Ⅴ-2-10-1-3-1　高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電装置の耐震性についての計算書

目次

1. ディーゼル機関 1
1.1 概要 1
1.2 一般事項 1
1.2.1 構造計画 1
1.2.2 評価方針 3
1.2.3 適用基準 3
1.2.4 記号の説明 4
1.2.5 計算精度と数値の丸め方 5
1.3 評価部位 6
1.4 固有周期 7
1.4.1 固有周期の計算方法 7
1.4.2 固有周期の計算条件 7
1.4.3 固有周期の計算結果 8
1.5 構造強度評価 8
1.5.1 構造強度評価方法 8
1.5.2 荷重の組合せ及び許容応力 9
1.5.3 設計用地震力 13
1.5.4 計算方法 14
1.5.5 計算条件 18
1.5.6 応力の評価 18
1.6 機能維持評価 19
1.6.1 機能維持評価方法 19
1.7 評価結果 20
1.7.1 設計基準対象施設としての評価結果 20
1.7.2 重大事故等対処設備としての評価結果 20
2. 発電機 27
2.1 概要 27
2.2 一般事項 27
2.2.1 構造計画 27
2.3 構造強度評価 29
2.3.1 構造強度評価方法 29
2.3.2 荷重の組合せ及び許容応力 30
2.4 機能維持評価 34

2.4.1　機能維持評価方法 34
2.5　評価結果 35
2.5.1　設計基準対象施設としての評価結果 35
2.5.2　重大事故等対処設備としての評価結果 35

1. ディーゼル機関

1.1 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機ディーゼル機関が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。その耐震評価は，応力評価及び機能維持評価により行う。

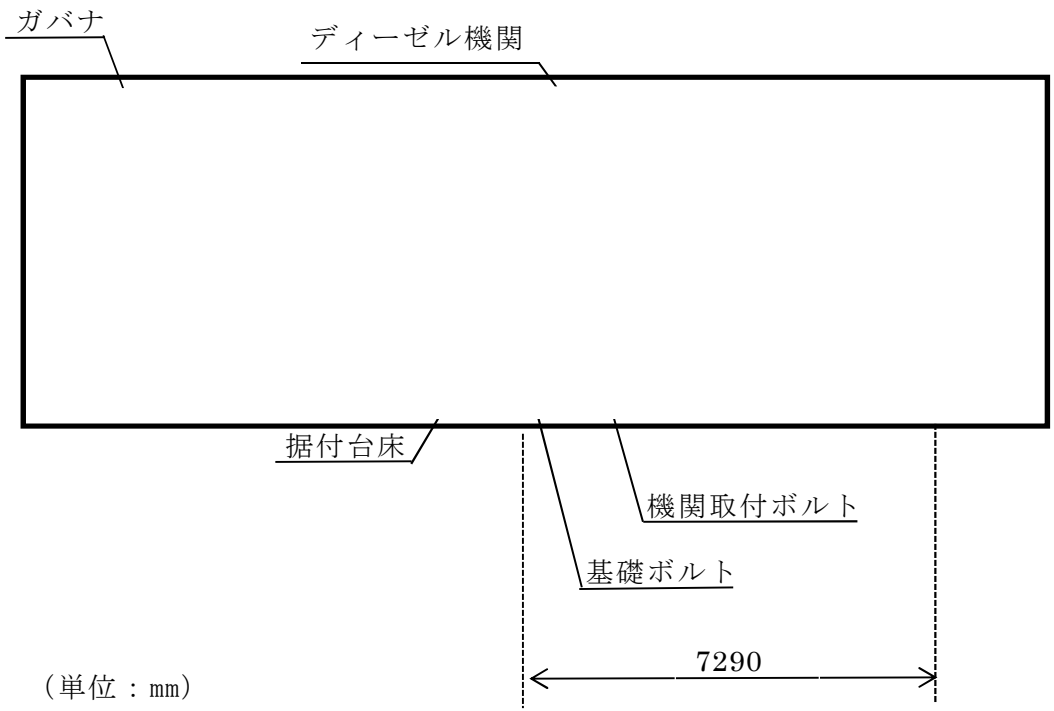
高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機ディーゼル機関は，設計基準対象施設においては既設のＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備に分類される。以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び動的機能維持評価を示す。

1.2 一般事項

1.2.1 構造計画

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機ディーゼル機関の構造計画を表 1-1 に示す。

表 1-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
ディーゼル機関を機関取付ボルトで据付台床に取り付け，据付台床を基礎ボルトで基礎に据え付ける。	４サイクル竪形１８気筒ディーゼル機関	

1.2.2　評価方針

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機ディーゼル機関の構造強度評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-9 機能維持の基本方針」のうち「3.1 構造強度上の制限」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「1.2.1 構造計画」にて示すディーゼル機関の部位を踏まえ「1.3 評価部位」にて設定する箇所において，「1.4 固有周期」にて算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界に収まることを，「1.5 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また，ディーゼル機関の機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-9 機能維持の基本方針」のうち「4.1 動的機能維持（2）回転機器及び弁」にて設定した動的機器の機能維持の方針に基づき，地震時の応答加速度が動的機能維持確認済加速度以下であることを，「1.6 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「1.7 評価結果」に示す。

高圧炉心スプレイ系ディーゼル機関の耐震評価フローを図 1-1 に示す。

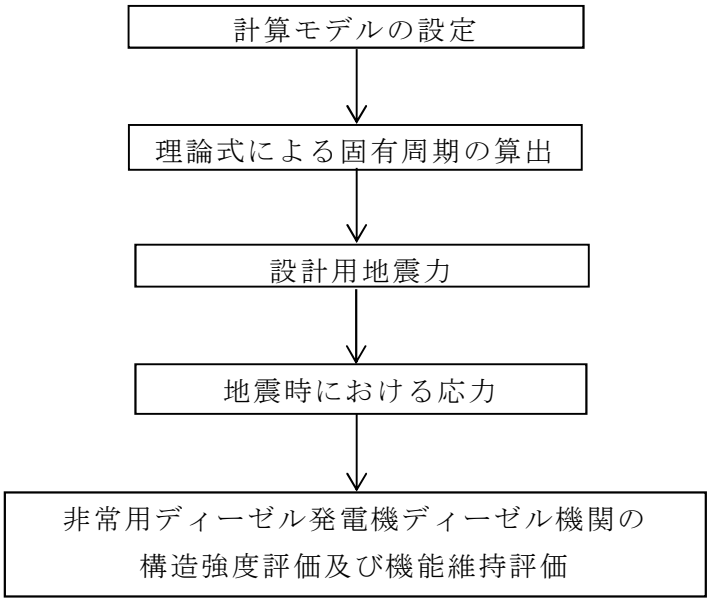


図 1-1　高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機ディーゼル機関の耐震評価フロー

1.2.3　適用基準

適用基準を以下に示す。

(1)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1987(日本電気協会)

(2)　原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１・補－1984（日本電気協会）

(3)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1991 追補版（日本電気協会）

(4)　発電用原子力設備規格　設計･建設規格(2005 年版(2007 年追補版含む。))　ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ1－2005/2007（日本機械学会）

1.2.4　記号の説明

記　号	記　　号　　の　　説　　明	単　位
A	最小断面積	mm^2
A_{bi}	ボルトの軸断面積	mm^2
A_S	最小有効せん断断面積	mm^2
C_{EH}	ディーゼル機関往復運動による水平方向震度	－
C_{EV}	ディーゼル機関往復運動による鉛直方向震度	－
C_H	水平方向設計震度	－
C_V	鉛直方向設計震度	－
d_i	ボルトの呼び径	mm
E	縦弾性係数	MPa
F_i	設計・建設規格 SSB-3131 に定める値	MPa
F_i^*	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値	MPa
F_{bi}	ボルトに作用する引張力（1 本当たり）	N
f_{sbi}	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力（f_sを 1.5 倍した値又はf_s^*を 1.5 倍した値）	MPa
f_{toi}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力（f_tを 1.5 倍した値又はf_t^*を 1.5 倍した値）	MPa
f_{tsi}	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力	MPa
G	せん断弾性係数	MPa
g	重力加速度（＝9.80665）	m/s^2
H	据付台床上面から重心までの距離	mm
h_i	据付面又は取付面から重心までの距離	mm
I	断面二次モーメント	mm^4
L	据付面から据付台床上面までの距離	mm
ℓ_{1i}	重心とボルト間の水平方向距離*	mm
ℓ_{2i}	重心とボルト間の水平方向距離*	mm
M_E	ディーゼル機関回転により作用するモーメント	N･mm
m_i	運転時質量	kg
N	回転速度（ディーゼル機関の定格回転速度）	min^{-1}
n_i	ボルトの本数	－
n_{fi}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数	－
P	ディーゼル機関出力	kW
Q_{bi}	ボルトに作用するせん断力	N
S_{ui}	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表 9 に定める値	MPa
S_{yi}	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表 8 に定める値	MPa
T_H	水平方向固有周期	s
T_V	鉛直方向固有周期	s
π	円周率	－

記　号	記　　号　　の　　説　　明	単　位
σ_{bi}	ボルトに生じる引張応力	MPa
τ_{bi}	ボルトに生じるせん断応力	MPa

注1：「設計・建設規格」とは，発電用原子力設備規格（設計・建設規格（2005年版（2007年追補版含む。））　ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ１－2005/2007）（日本機械学会2007年）をいう。

注2：A_{bi}，d_i，F_i，F_i^*，F_{bi}，f_{sbi}，f_{toi}，f_{tsi}，ℓ_{1i}，ℓ_{2i}，n_i，n_{fi}，Q_{bi}，S_{ui}，S_{yi}，σ_{bi}及びτ_{bi}の添字ｉの意味は，以下のとおりとする。

ｉ＝1：基礎ボルト

ｉ＝2：機関取付ボルト

注3：h_i及びm_iの添字ｉの意味は，以下のとおりとする。

ｉ＝1：据付面

ｉ＝2：機関取付面

注記＊：$\ell_{1i} \leqq \ell_{2i}$

1.2.5　計算精度と数値の丸め方

精度は6桁以上を確保する。表示する数値の丸め方は表1-2に示すとおりである。

表1-2　表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第4位	四捨五入	小数点以下第3位
震度	―	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位
温度	℃	―	―	整数位
質量	kg	―	―	整数位
長さ*1	mm	―	―	整数位
面積	mm^2	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
モーメント	N･mm	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力*3	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

注記＊1：設計上定める値が小数点以下の場合は，小数点以下表示とする。

＊2：絶対値が1000以上のときは，べき数表示とする。

＊3：設計・建設規格　付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び

降伏点は，比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨て，整数位までの値とする。

1.3　評価部位

ディーゼル機関の耐震評価は，「1.5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき，耐震評価上厳しくなる機関取付ボルト，基礎ボルトについて実施する。ディーゼル機関の耐震評価部位については，表1-1の概略構造図に示す。

1.4　固有周期

1.4.1　固有周期の計算方法

(1)　計算モデル

ディーゼル機関は,図 1-2 に示す下端固定の 1 質点系振動モデルとして考える。

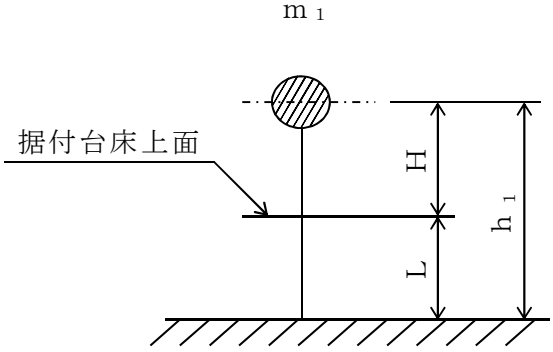


図 1-2　固有周期の計算モデル

(2)　水平方向固有周期

水平方向固有周期は次式で求める。

$$T_H = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m_1}{1000} \cdot \left(\frac{L^3}{3 \cdot E \cdot I} + \frac{L^2 \cdot H}{2 \cdot E \cdot I} + \frac{L}{A_S \cdot G} \right)} \quad \cdots\cdots\cdots (1.4.1.1)$$

(3)　鉛直方向固有周期

鉛直方向固有周期は次式で求める。

$$T_V = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m_1}{1000} \cdot \frac{h_1}{A \cdot E}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (1.4.1.2)$$

1.4.2　固有周期の計算条件

固有周期の計算に用いる計算条件は,「1.7.1 設計基準対象施設としての評価結果」の機器要目に示す。

1.4.3　固有周期の計算結果

固有周期の計算結果を，表 1-3 に示す。計算結果より，剛であることを確認した。

表 1-3　固有周期(s)

水平方向	鉛直方向

1.5　構造強度評価

1.5.1　構造強度評価方法

(1)　ディーゼル機関質量は，重心に集中するものとする。

(2)　地震力はディーゼル機関に対して水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。

(3)　ディーゼル機関は据付台床上にあり，据付台床は基礎ボルトで基礎に固定された固定端とする。また，ディーゼル機関は据付台床上に取付ボルトで固定されるものとする。

(4)　転倒方向は図 1-3 概要図における軸直角方向及び軸方向について検討し，計算書には計算結果の厳しい方を記載する。

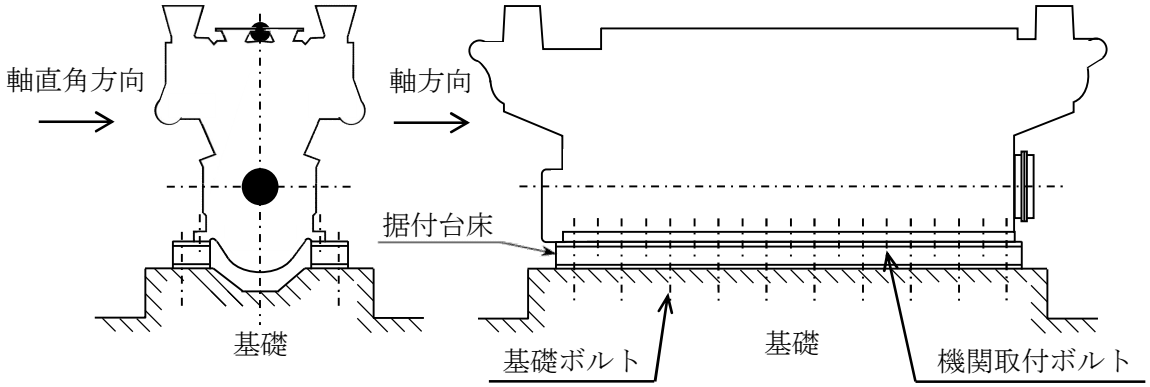


図 1－3　概要図

1.5.2　荷重の組合せ及び許容応力

1.5.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機ディーゼル機関の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 1-4 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 1-5 に示す。

1.5.2.2　許容応力

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機ディーゼル機関の許容応力は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき表 1-6 のとおりとする。

1.5.2.3　使用材料の許容応力評価条件

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機ディーゼル機関の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 1-7 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 1-8 に示す。

表 1-4　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震設計上の重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電用原子炉の附属施設	非常用電源設備	高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機ディーゼル機関	S	－*	$D+P_D+M_D+S_d$*	III_AS
					$D+P_D+M_D+S_s$	IV_AS

注記＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

表 1-5　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電用原子炉の附属施設	非常用電源設備	高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機ディーゼル機関	常設耐震／防止	－*3	$D+P_D+M_D+S_s$*2	IV_AS
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS（V_ASとして，IV_ASの許容限界を用いる。）

注記＊1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備を示す。

＊2：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

＊3：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

表 1-6　許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許　容　限　界*1, *2 （ボ　ル　ト　等）	
	一　次　応　力	
	引張り	せん断
$\mathrm{III}_{\mathrm{A}}\mathrm{S}$	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
$\mathrm{IV}_{\mathrm{A}}\mathrm{S}$	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
$\mathrm{V}_{\mathrm{A}}\mathrm{S}$ （$\mathrm{V}_{\mathrm{A}}\mathrm{S}$として$\mathrm{IV}_{\mathrm{A}}\mathrm{S}$の許容限界を用いる。）		

注記＊1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 1-7　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y(RT) (MPa)
基礎ボルト	SS41* (径＞40 mm)	周囲環境温度	[redacted]	211	394	―
機関取付ボルト	SS41* (径＞40 mm)	周囲環境温度		211	394	―

注記　＊：新ＪＩＳにおける SS400 相当

表 1-8　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y(RT) (MPa)
基礎ボルト	SS41* (径＞40 mm)	周囲環境温度	[redacted]	211	394	―
機関取付ボルト	SS41* (径＞40 mm)	周囲環境温度		211	394	―

注記　＊：新ＪＩＳにおける SS400 相当

1.5.3　設計用地震力

「弾性設計用地震動Ｓ$_d$又は静的震度」及び「基準地震動Ｓ$_s$」による地震力は添付書類「Ⅴ-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

耐震評価に用いる設計用地震力を表 1-9 及び表 1-10 に示す。

表 1-9 ディーゼル機関の設計用地震力（設計基準対象施設）

据付場所及び床面高さ（m）	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓ$_d$又は静的震度		基準地震動Ｓ$_s$	
	水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度
原子炉建屋 EL. -4.0*1	[redacted]		－*2	－*2	C_H＝0.87	C_V＝0.90

注記　＊1：基準床レベルを示す。

＊2：ⅢAＳについては，基準地震動Ｓ$_s$で評価する。

表 1-10 ディーゼル機関の設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所及び床面高さ（m）	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓ$_d$又は静的震度		基準地震動Ｓ$_s$	
	水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度
原子炉建屋 EL. -4.0*1	[redacted]		－	－	C_H＝0.87	C_V＝0.90

注記　＊1：基準床レベルを示す。

1.5.4　計算方法

1.5.4.1　基礎ボルトの応力

基礎ボルトの応力は地震による震度，ディーゼル機関の往復運動による震度及びディーゼル機関回転により作用するモーメントによって生じる引張力とせん断力について計算する。

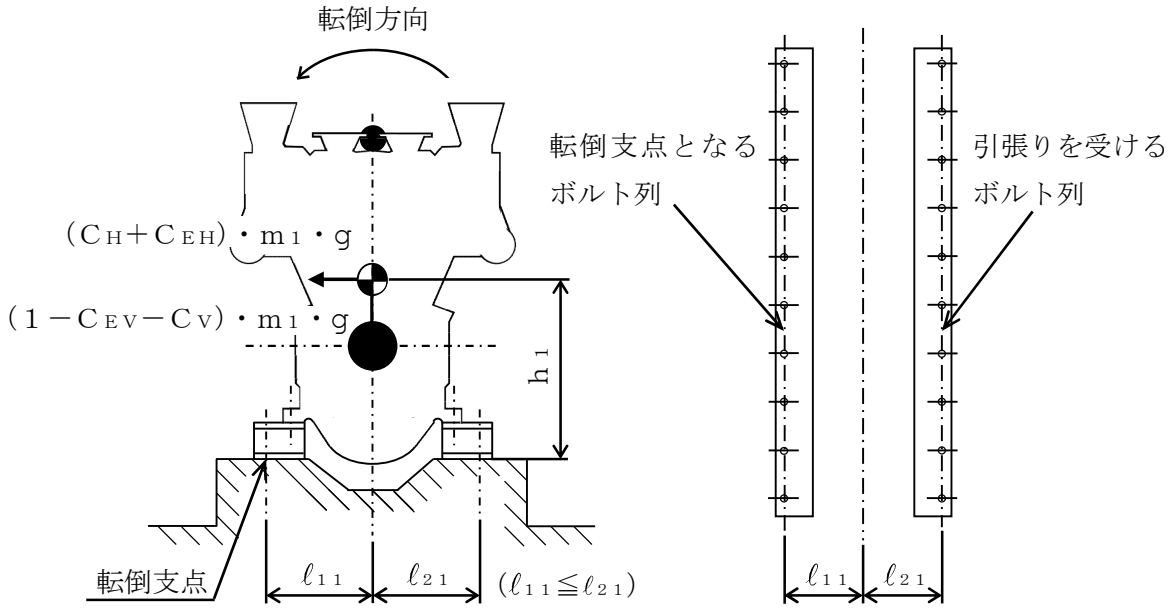


図 1-4　計算モデル（軸直角方向転倒）

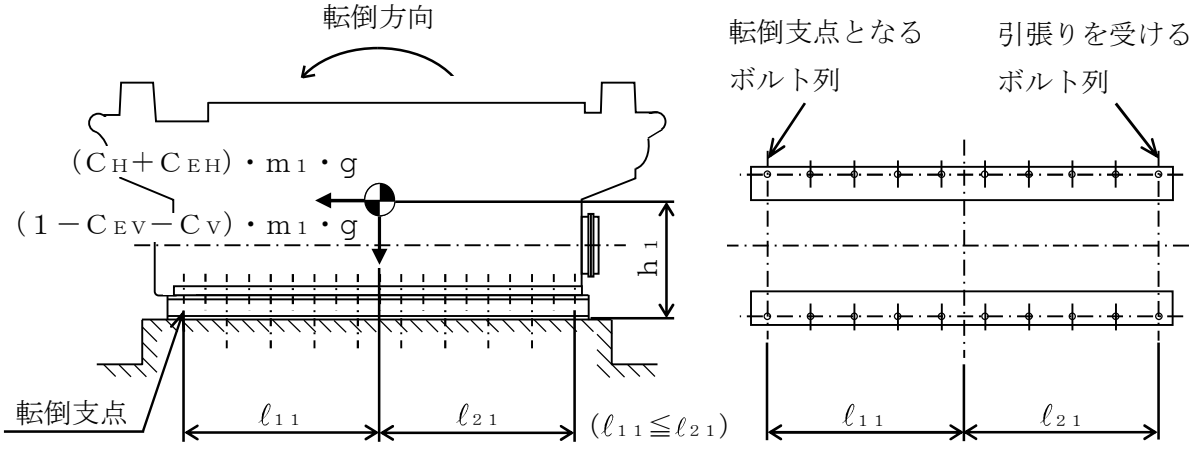


図 1-5　計算モデル（軸方向転倒）

(1) 引張応力

基礎ボルトに対する引張力は最も厳しい条件として，図 1-4 及び図 1-5 で基礎ボルトを支点とする転倒を考え，これを片側の列の基礎ボルトで受けるものとして計算する。なお，計算モデル図 1-5 の場合は，ディーゼル機関回転によるモーメント*は作用しない。

引張力

$$F_{b1}=\frac{(C_H+C_{EH})\cdot m_1\cdot g\cdot h_1+M_E-(1-C_{EV}-C_V)\cdot m_1\cdot g\cdot \ell_{11}}{n_{f1}\cdot(\ell_{11}+\ell_{21})} \quad \cdots\cdots\cdots(1.5.4.1)$$

注記＊：$M_E=\left(\frac{60}{2\cdot\pi\cdot N}\right)\cdot 10^6\cdot P$

(1 kW＝10^6 N･mm/s)

ここで，C_{EH}及びC_{EV}はディーゼル機関の往復運動による起振力及びディーゼル機関の回転速度を考慮して定める値である。

引張応力

$$\sigma_{b1}=\frac{F_{b1}}{A_{b1}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(1.5.4.2)$$

ここで，基礎ボルトの軸断面積A_{b1}は

$$A_{b1}=\frac{\pi}{4}\cdot d_1{}^2 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(1.5.4.3)$$

ただし，F_{b1}が負のとき基礎ボルトには引張力が生じないので，引張応力の計算は行わない。

(2) せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は基礎ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b1}=(C_H+C_{EH})\cdot m_1\cdot g \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(1.5.4.4)$$

せん断応力

$$\tau_{b1}=\frac{Q_{b1}}{n_1\cdot A_{b1}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(1.5.4.5)$$

1.5.4.2　機関取付ボルトの応力

機関取付ボルトの応力は地震による震度，ディーゼル機関の往復運動による震度及びディーゼル機関回転により作用するモーメントによって生じる引張力とせん断力について計算する。

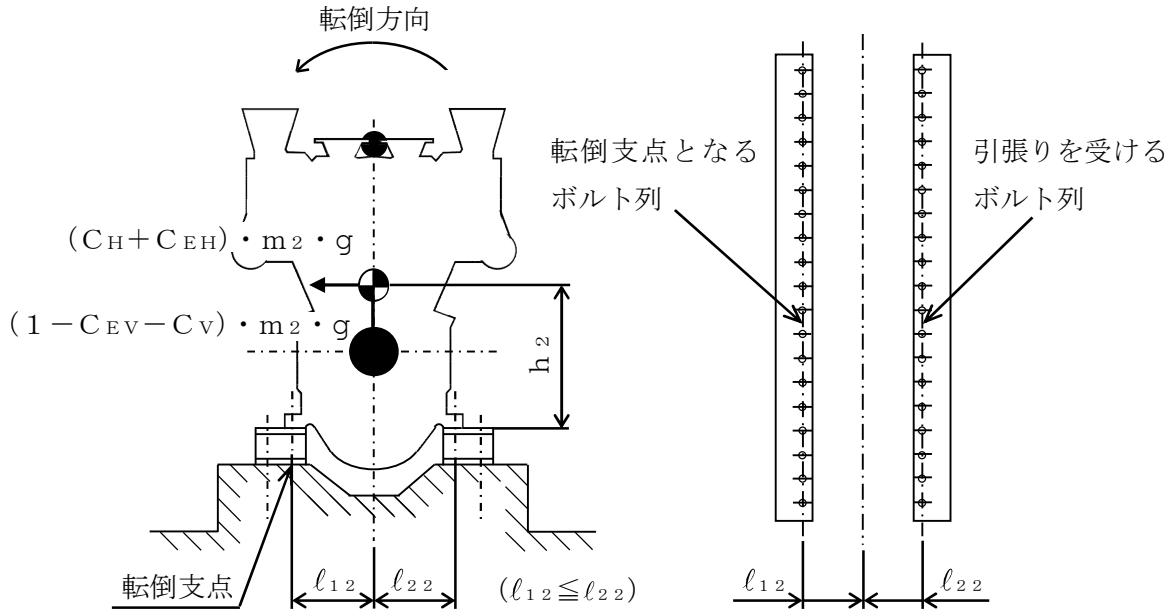


図 1-6　計算モデル（軸直角方向転倒）

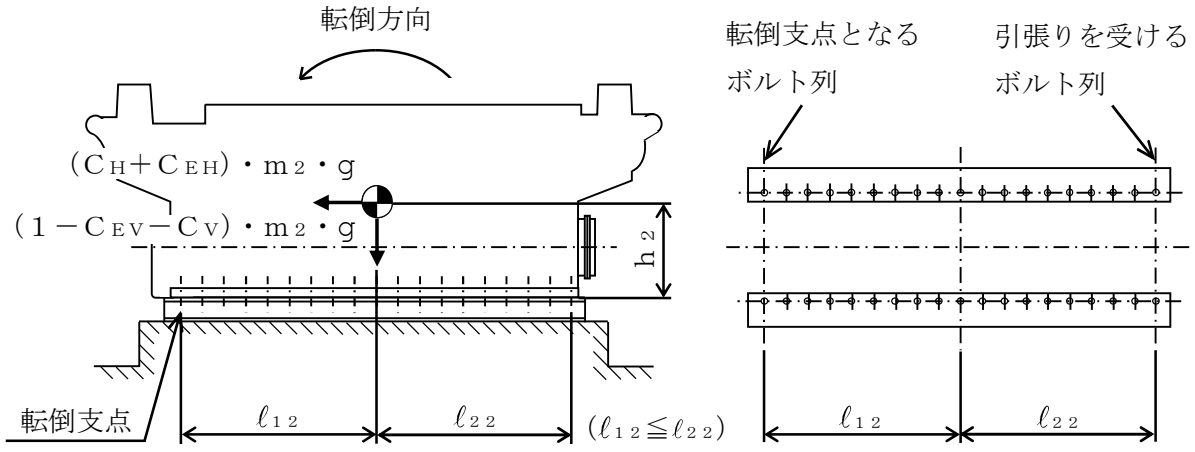


図 1-7　計算モデル（軸方向転倒）

(1) 引張応力

機関取付ボルトに対する引張力は最も厳しい条件として，図 1-6 及び図 1-7 で機関取付ボルトを支点とする転倒を考え，これを片側の列の機関取付ボルトで受けるものとして計算する。なお，計算モデル図 1-7 の場合は，ディーゼル機関回転によるモーメント*は作用しない。

引張力

$$F_{b2}=\frac{(C_H+C_{EH})\cdot m_2\cdot g\cdot h_2+M_E-(1-C_{EV}-C_V)\cdot m_2\cdot g\cdot \ell_{12}}{n_{f2}\cdot(\ell_{12}+\ell_{22})} \quad \cdots\cdots\cdots(1.5.4.6)$$

注記＊：$M_E=\left(\frac{60}{2\cdot\pi\cdot N}\right)\cdot 10^6\cdot P$

(1 kW＝10^6 N･mm/s)

ここで，C_{EH}及びC_{EV}はディーゼル機関の往復運動による起振力及びディーゼル機関の回転速度を考慮して定める値である。

引張応力

$$\sigma_{b2}=\frac{F_{b2}}{A_{b2}} \quad \cdots\cdots\cdots(1.5.4.7)$$

ここで，機関取付ボルトの軸断面積A_{b2}は

$$A_{b2}=\frac{\pi}{4}\cdot d_2{}^2 \quad \cdots\cdots\cdots(1.5.4.8)$$

ただし，F_{b2}が負のとき機関取付ボルトには引張力が生じないので，引張応力の計算は行わない。

(2) せん断応力

機関取付ボルトに対するせん断力は機関取付ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b2}=(C_H+C_{EH})\cdot m_2\cdot g \quad \cdots\cdots\cdots(1.5.4.9)$$

せん断応力

$$\tau_{b2}=\frac{Q_{b2}}{n_2\cdot A_{b2}} \quad \cdots\cdots\cdots(1.5.4.10)$$

1.5.5　計算条件

応力の計算に用いる計算条件は，本計算書の【高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機ディーゼル機関の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

1.5.6　応力の評価

1.5.6.1　ボルトの応力評価

1.5.4.1節で求めたボルトの引張応力σ_{bi}は次式より求めた許容引張応力f_{tsi}以下であること。

せん断応力τ_{bi}はせん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力f_{sbi}以下であること。

$$f_{tsi} = 1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (1.5.6.1)$$

かつ，

$$f_{tsi} \leqq f_{toi} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (1.5.6.2)$$

ただし，f_{toi}及びf_{sbi}は下表による。

	弾性設計用地震動S_d又は静的震度による荷重との組合せの場合	基準地震動S_sによる荷重との組合せの場合
許容引張応力 f_{toi}	$\frac{F_i}{2} \cdot 1.5$	$\frac{F_i^*}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 f_{sbi}	$\frac{F_i}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$	$\frac{F_i^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

1.6 機能維持評価

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機ディーゼル機関の地震時又は地震後の動的機能維持評価について，以下に示す。

1.6.1 機能維持評価方法

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機ディーゼル機関は地震時動的機能維持が確認された機種と類似の構造及び振動特性を持っているため，添付書類Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に記載の機能確認済加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 1-11 に示す。

表 1-11 機能確認済加速度 (×9.8 m/s^2)

評価部位	形式	方向	機能確認済加速度
機　関	中速形ディーゼル機関	水平	1.1
		鉛直	1.0
ガバナ		水平	1.8
		鉛直	1.0

1.7 評価結果

1.7.1 設計基準対象施設としての評価結果

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機ディーゼル機関の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

なお，弾性設計用地震動S_d及び静的震度は基準地震動S_sを下回っており，基準地震動S_sによる発生値が，弾性設計用地震動S_d又は静的震度に対する評価における許容限界を満足するため，弾性設計用地震動S_d又は静的震度による発生値の算出を省略した。

(2) 機能維持評価結果

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

1.7.2 重大事故等対処設備としての評価結果

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機ディーゼル機関の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機ディーゼル機関の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震設計上の重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		ディーゼル機関往復運動による水平方向震度	ディーゼル機関往復運動による鉛直方向震度	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度				
高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機ディーゼル機関	S	原子炉建屋 EL. -4.0*1			−*2	−*2	C_H=0.87	C_V=0.90			−	

注記*1：基準床レベルを示す。

注記*2：III_ASについては，基準地震動Ssで評価する。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i} (mm) *2		ℓ_{2i} (mm) *2		n_i	n_{fi} *2	
			弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s		弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i=1)			1105	1105	1105	1105	20	2	10
			3645	3645	3645	3645			2
機関取付ボルト (i=2)			955	955	955	955	38	2	19
			3645	3645	3645	3645			2

部材	A_{bi} (mm^2)	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i^* (MPa)	転倒方向		M_E (N·mm)	
				弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i=1)	3.217×10^3 (ϕ64)	211*1	394*1	211	253	軸	軸	−	−
機関取付ボルト (i=2)	1.810×10^3 (M48)	211*1	394*1	211	253	軸	軸	−	−

機関出力 P (kW)	回転速度 N (min^{-1})	縦弾性係数 E (MPa)	せん断弾性係数 G (MPa)	最小断面積 A (mm^2)	断面二次モーメント I (mm^4)	有効せん断断面積 A_S (mm^2)	据付面から据付台床上面までの距離 L (mm)	据付台床上面から重心までの距離 H (mm)
3050	429	201000*1	77300*1	7.926×10^5	1.883×10^{10}	3.733×10^4		

注記*1：周囲環境温度で算出

注記*2：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト（ｉ＝1）	8.845×10^4	8.845×10^4		
機関取付ボルト（ｉ＝2）	6.147×10^4	6.147×10^4		

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS41*1	引張り	$\sigma_{b1}=28$	$f_{ts1}=158$*2	$\sigma_{b1}=28$	$f_{ts1}=190$*2
		せん断	$\tau_{b1}=14$	$f_{sb1}=122$	$\tau_{b1}=14$	$f_{sb1}=146$
機関取付ボルト	SS41*1	引張り	$\sigma_{b2}=34$	$f_{ts2}=158$*2	$\sigma_{b2}=34$	$f_{ts2}=190$*2
		せん断	$\tau_{b2}=12$	$f_{sb2}=122$	$\tau_{b2}=12$	$f_{sb2}=146$

注記 ＊1：新ＪＩＳにおけるSS400相当

＊2：$f_{ts1}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

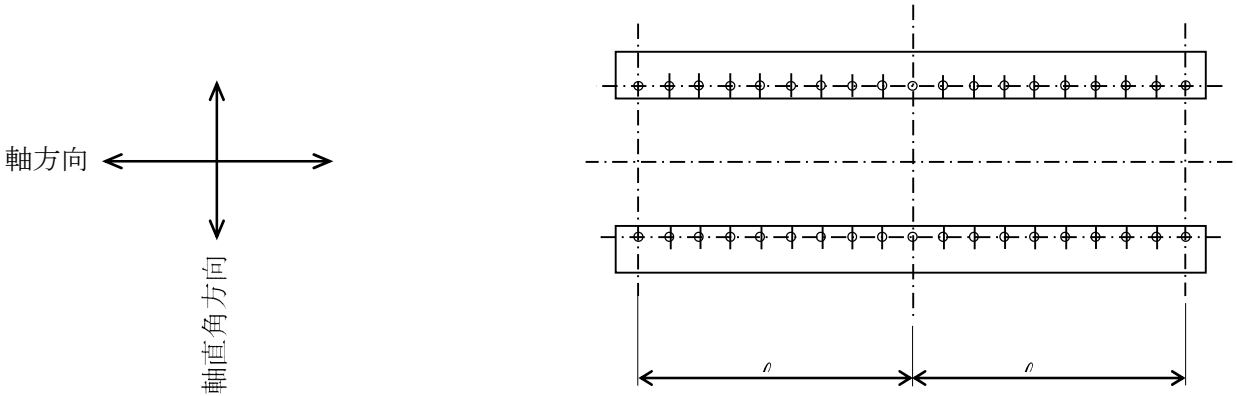
すべて許容応力以下である。

1.4.2 動的機能の評価結果

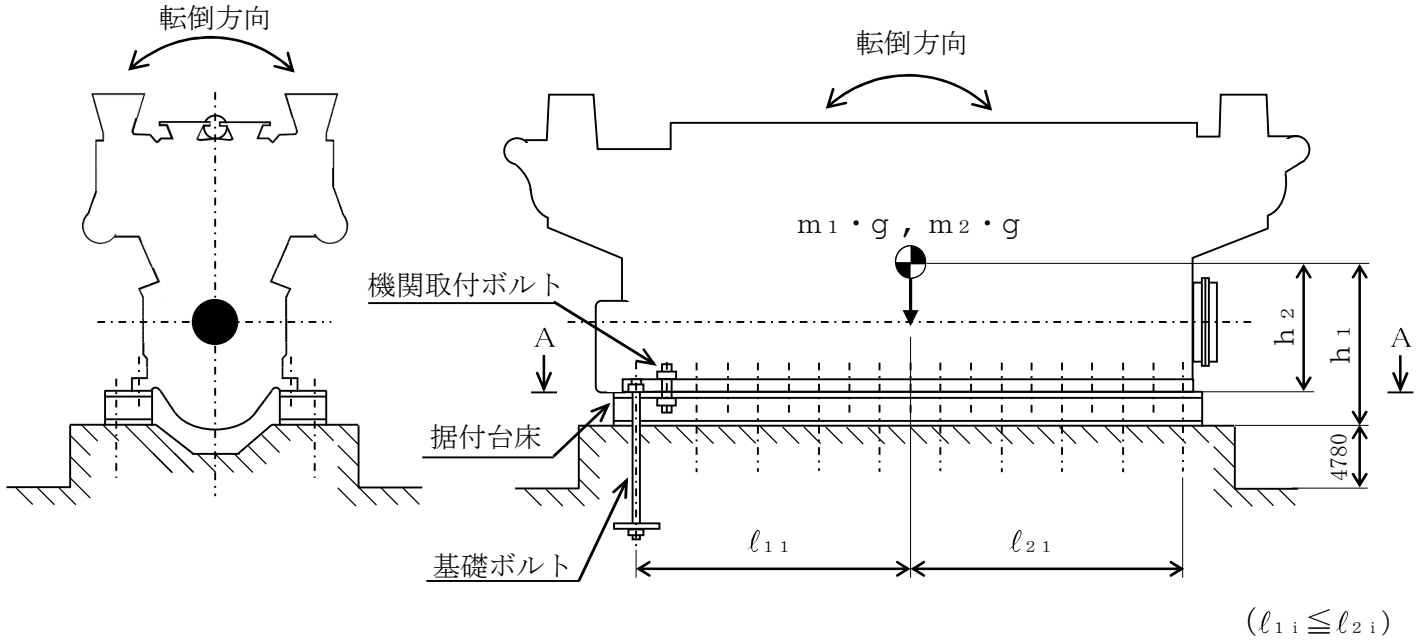
(×9.8 m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
機関	水平方向	0.72	1.1
	鉛直方向	0.75	1.0
ガバナ	水平方向	0.72	1.8
	鉛直方向	0.75	1.0

評価用加速度(1.0 ZPA)はすべて機能確認済加速度以下である。



A～A矢視図



$(\ell_{1i} \leqq \ell_{2i})$

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		ディーゼル機関往復運動による水平方向震度	ディーゼル機関往復運動による鉛直方向震度	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度				
高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機ディーゼル機関	常設耐震／防止	原子炉建屋 EL. -4.0*	[redacted]		－	－	C_H=0.87	C_V=0.90	[redacted]		－	[redacted]

注記＊：基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i} (mm) *2		ℓ_{2i} (mm) *2		n_i	n_{fi} *2	
			弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s		弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i=1)	[redacted]		－	1105	－	1105	20	－	10
			－	3645	－	3645		－	2
機関取付ボルト (i=2)			－	955	－	955	38	－	19
			－	3645	－	3645		－	2

部材	A_{bi} (mm^2)	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i^* (MPa)	転倒方向		M_E (N·mm)	
				弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i=1)	3.217×10^3 (ϕ64)	211*1	394*1	－	253	－	軸	－	－
機関取付ボルト (i=2)	1.810×10^3 (M48)	211*1	394*1	－	253	－	軸	－	－

機関出力 P (kW)	回転速度 N (min^{-1})	縦弾性係数 E (MPa)	せん断弾性係数 G (MPa)	最小断面積 A (mm^2)	断面二次モーメント I (mm^4)	有効せん断断面積 A_S (mm^2)	据付面から据付台床上面までの距離 L (mm)	据付台床上面から重心までの距離 H (mm)
3050	429	201000*1	77300*1	7.926×10^5	1.883×10^{10}	3.733×10^4	[redacted]	1315

注記＊1：周囲環境温度で算出

＊2：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i=1)	－	8.845×10^4		
機関取付ボルト (i=2)	－	6.147×10^4		

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS41*1	引張り	－	－	$\sigma_{b1}=28$	$f_{ts1}=190$*2
		せん断	－	－	$\tau_{b1}=14$	$f_{sb1}=146$
機関取付ボルト	SS41*1	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=34$	$f_{ts2}=190$*2
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=12$	$f_{sb2}=146$

注記 *1：新JISにおけるSS400相当

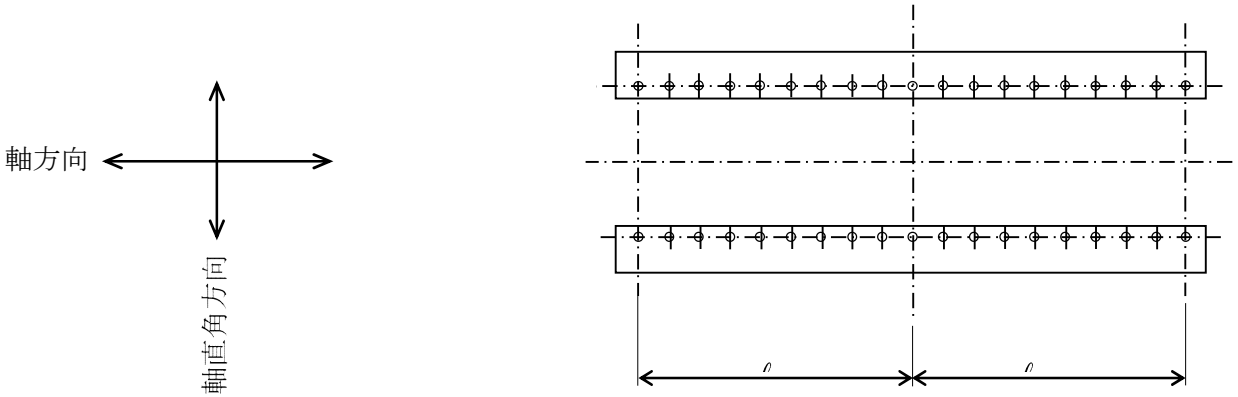
*2：$f_{ts1}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot\tau_{bi},\ f_{toi}]$

2.4.2 動的機能の評価結果

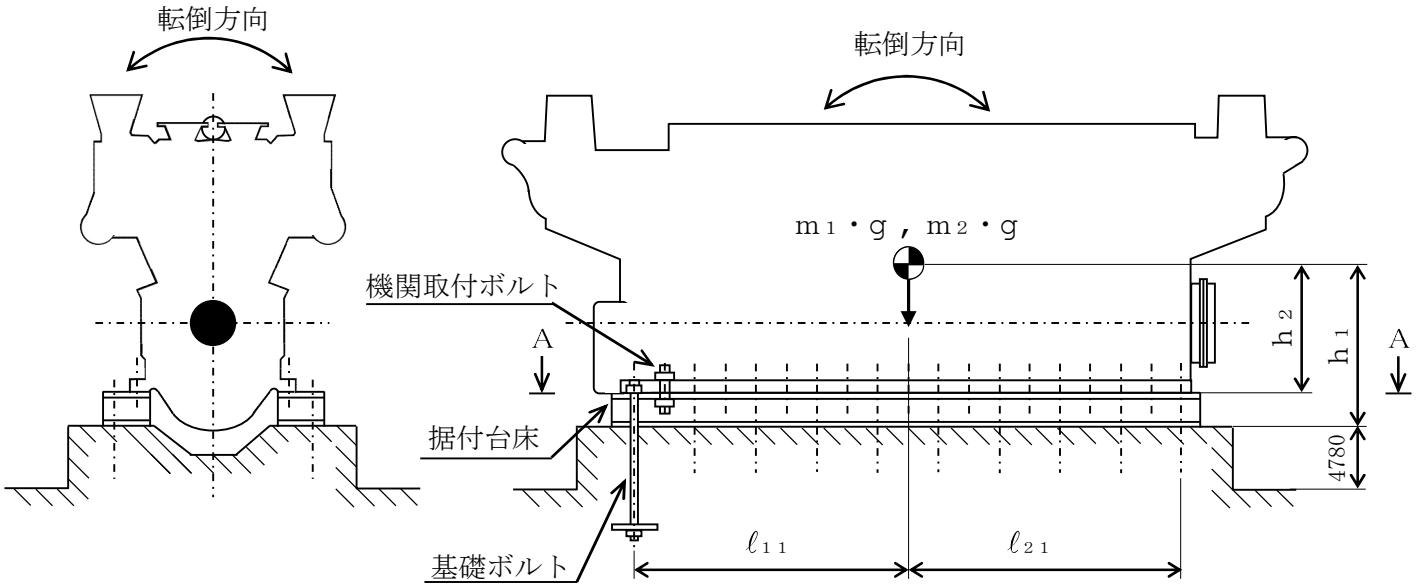
(×9.8 m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
機関	水平方向	0.72	1.1
	鉛直方向	0.75	1.0
ガバナ	水平方向	0.72	1.8
	鉛直方向	0.75	1.0

評価用加速度(1.0 ZPA)はすべて機能確認済加速度以下である。



A～A矢視図



$(\ell_{1i} \leqq \ell_{2i})$

2. 発電機

2.1 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。その耐震評価は，応力評価及び機能維持評価により行う。

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及に分類される。以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び動的機能維持評価を示す。

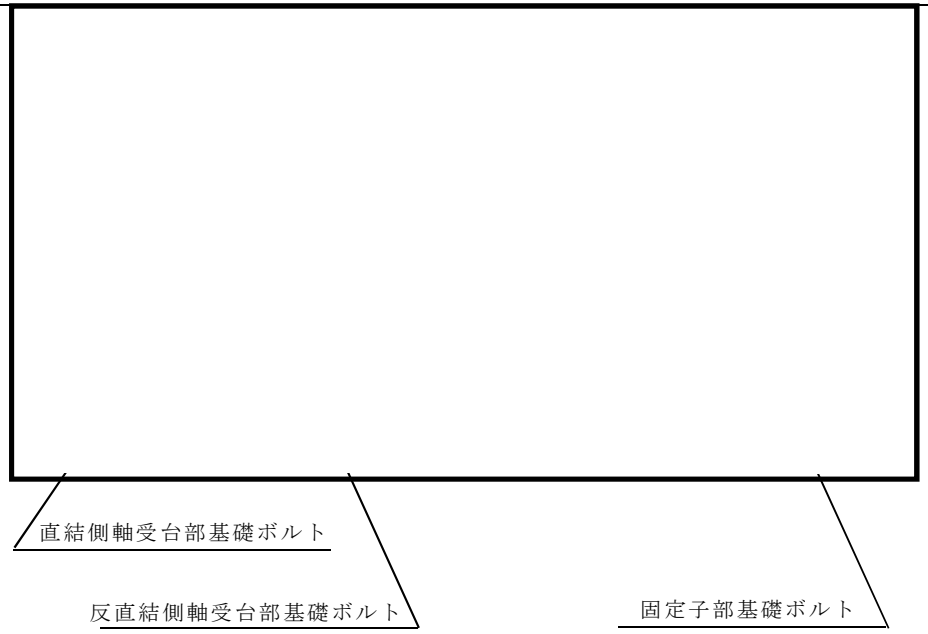
2.2 一般事項

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-4 横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を行う。

2.2.1 構造計画

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
直結側軸受台部，反直結側軸受台部及び固定子部を基礎ボルトで基礎に据え付ける。	直結側軸受台部，反直結側軸受台部及び固定子部からなる横軸回転界磁三相交流発電機	 （単位：mm）

2.3 構造強度評価

2.3.1 構造強度評価方法

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機の構造は横軸ポンプであるため，構造強度評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-4 横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。評価は以下の項目を考慮する。

(1) 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機質量は，重心に集中するものとする。

(2) 地震力は高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機に対して水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。

(3) 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機は基礎上にあり，基礎ボルトで固定されているものとする。

(4) 転倒方向は図 2-1 概要図における軸直角方向及び軸方向について検討し，計算書には計算結果の厳しい方を記載する。

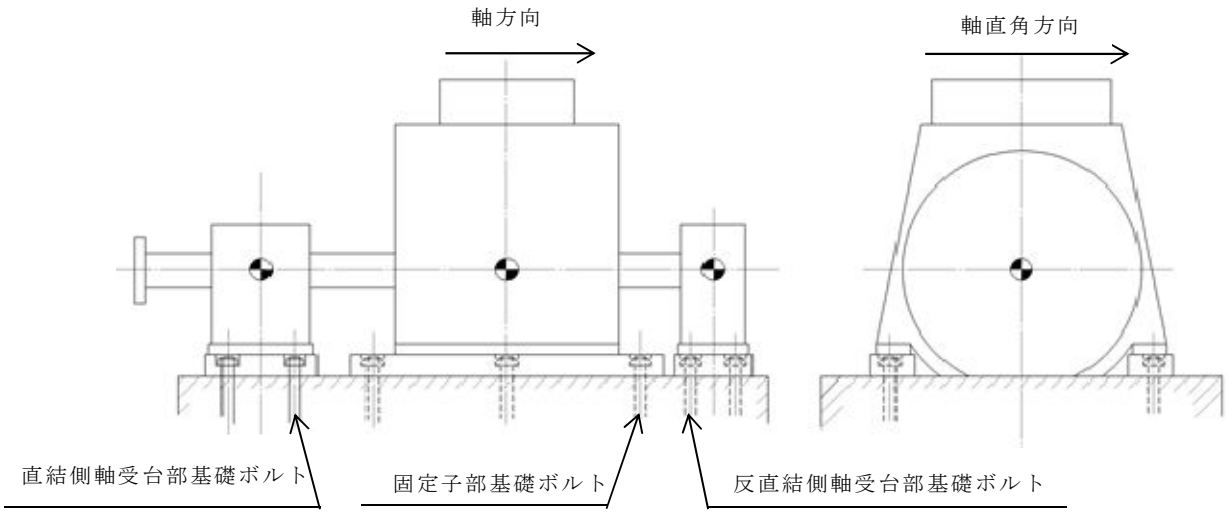


図 2-1 概要図

2.3.2　荷重の組合せ及び許容応力

2.3.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 2-2 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 2-3 に示す。

2.3.2.2　許容応力

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機の許容応力は，添付書類「Ⅴ-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 2-4 のとおりとする。

2.3.2.3　使用材料の許容応力評価条件

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 2-5 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 2-6 に示す。

表 2-2　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震設計上の重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源設備	非常用発電装置	高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機	S	—*	$D+P_D+M_D+S_d$*	III_AS
					$D+P_D+M_D+S_s$	IV_AS

注記　＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

表 2-3　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源設備	非常用発電装置	高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機	常設耐震／防止	—*2, *4	$D+P_D+M_D+S_s$*3	IV_AS
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS（V_ASとして，IV_ASの許容限界を用いる。）

注記　＊1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備を示す。

＊2：重大事故等クラス２容器の支持構造物を含む。

＊3：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

＊4：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

表 2－4　許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1，*2 （ボルト等）	
	一次応力	
	引張り	せん断
$Ⅲ_AS$	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
$Ⅳ_AS$	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
V_AS （V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）		

注記　＊1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 2-5　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y(RT) (MPa)
固定子部基礎ボルト	SS400 (40 mm＜径)	周囲環境温度	[redacted]	203	381	—
直結側軸受台部 基礎ボルト	SS400 (40 mm＜径)	周囲環境温度		203	381	—
反直結側軸受台部 基礎ボルト	SS400 (40 mm＜径)	周囲環境温度		203	381	—

表 2-6　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y(RT) (MPa)
固定子部基礎ボルト	SS400 (40 mm＜径)	周囲環境温度	[redacted]	203	381	—
直結側軸受台部 基礎ボルト	SS400 (40 mm＜径)	周囲環境温度		203	381	—
反直結側軸受台部 基礎ボルト	SS400 (40 mm＜径)	周囲環境温度		203	381	—

2.4　機能維持評価

2.4.1　機能維持評価方法

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機の地震時又は地震後の動的機能維持評価について，以下に示す。

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機は地震時動的機能維持が確認された機種と類似の構造及び振動特性を持っているため，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」に記載の機能確認済加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 2-7 に示す。

表 2-7　機能確認済加速度

評価部位	形式	方向	機能確認済加速度 (×9.8 m/s^2)
発 電 機	横形すべり軸受	水平	2.6
		鉛直	1.0

2.5 評価結果

2.5.1 設計基準対象施設としての評価結果

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有することを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

2.5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有することを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震設計上の重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		機器振動による震度	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
				水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度			
高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機	S	原子炉建屋 EL.-4.00*1		C_H=0.58	C_V=0.29	C_H=0.87	C_V=0.90		—	

注記 *1：基準床レベルを示す。

*2：固有周期については，東海第二発電所 工事計画軽微変更届出書 添付書類（Ⅲ-2-27，第21回申請）にて認可された工事計画の実績に基づく。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i} (mm) *2		ℓ_{2i} (mm) *2		n_i	n_{fi} *2	
			弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s		弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
固定子部基礎ボルト (i=1)			1450	1450	1450	1450	6	2	2
			725	725	725	725		2	2
直結側軸受台部基礎ボルト(i=2)			850	850	850	850	4	2	2
			225	225	225	225		2	2
反直結側軸受台部基礎ボルト(i=3)			850	850	850	850	4	2	2
			175	175	175	175		2	2

部材	A_{bi} (mm^2)	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i^* (MPa)	転倒方向		M_G (N・mm)	
				弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
固定子部基礎ボルト (i=1)	1.810×10^3 (M48)	203*1	381*1	203	243	軸	軸	—	—
直結側軸受台部基礎ボルト(i=2)	1.810×10^3 (M48)	203*1	381*1	203	243	軸	軸	—	—
反直結側軸受台部基礎ボルト(i=3)	1.810×10^3 (M48)	203*1	381*1	203	243	軸	軸	—	—

注記 *1：最高使用温度で算出

*2：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
固定子部基礎ボルト（ｉ＝1）	—*	3.489×10^{4}		
直結側軸受台部基礎ボルト（ｉ＝2）	6.405×10^{4}	1.343×10^{5}		
反直結側軸受台部基礎ボルト（ｉ＝3）	9.216×10^{4}	1.767×10^{5}		

注記 ＊：計算結果Fb_1は負となることから、計算モデルにおける転倒方向を想定した評価ボルトへの引張応力は生じない。

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
固定子部基礎ボルト（ｉ＝1）	SS400	引張り	σ_{b1}＝ —	f_{ts1}＝152*	σ_{b1}＝ 20	f_{ts1}＝182*
		せん断	τ_{b1}＝ 10	f_{sb1}＝117	τ_{b1}＝ 15	f_{sb1}＝140
直結側軸受台部基礎ボルト（ｉ＝2）	SS400	引張り	σ_{b2}＝ 36	f_{ts2}＝152*	σ_{b2}＝ 75	f_{ts2}＝182*
		せん断	τ_{b2}＝ 14	f_{sb2}＝117	τ_{b2}＝ 21	f_{sb2}＝140
反直結側軸受台部基礎ボルト（ｉ＝3）	SS400	引張り	σ_{b3}＝ 51	f_{ts3}＝152*	σ_{b3}＝ 98	f_{ts3}＝182*
		せん断	τ_{b3}＝ 14	f_{sb3}＝117	τ_{b3}＝ 21	f_{sb3}＝140

注記 ＊：f_{ts1}＝ Min[1.4・f_{toi}−1.6・τ_{bi}， f_{toi}]
すべて許容応力以下である。

1.4.2 動的機能の評価結果 (単位：×9.8 m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
発電機	水平方向	0.72	2.6
	鉛直方向	0.75	1.0

評価用加速度(1.0 ZPA)はすべて機能確認済加速度以下である。

【高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機の耐震性についての計算結果】

2. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)	弾性設計用地震動Sd又は静的震度		基準地震動Ss		機器振動による震度	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
				水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度			
高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機	常設耐震／防止	原子炉建屋 EL.-4.00*1		—	—	C_H=0.87	C_V=0.90		—	

注記 *1：基準床レベルを示す。

*2：固有周期については，東海第二発電所 工事計画軽微変更届出書 添付書類（Ⅲ-2-27，第21回申請）にて認可された工事計画の実績に基づく。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i} (mm) *2		ℓ_{2i} (mm) *2		n_i	n_{fi} *2	
			弾性設計用地震動Sd又は静的震度	基準地震動Ss	弾性設計用地震動Sd又は静的震度	基準地震動Ss		弾性設計用地震動Sd又は静的震度	基準地震動Ss
固定子部基礎ボルト (i=1)			—	1450	—	1450	6	—	2
			—	725	—	725		—	2
直結側軸受台部基礎ボルト(i=2)			—	850	—	850	4	—	2
			—	225	—	225		—	2
反直結側軸受台部基礎ボルト(i=3)			—	850	—	850	4	—	2
			—	175	—	175		—	2

部材	A_{bi} (mm^2)	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i^* (MPa)	転倒方向		M_G (N・mm)	
				弾性設計用地震動Sd又は静的震度	基準地震動Ss	弾性設計用地震動Sd又は静的震度	基準地震動Ss	弾性設計用地震動Sd又は静的震度	基準地震動Ss
固定子部基礎ボルト (i=1)	1.810×10^3 (M48)	203*1	381*1	—	243	—	軸	—	—
直結側軸受台部基礎ボルト(i=2)	1.810×10^3 (M48)	203*1	381*1	—	243	—	軸	—	—
反直結側軸受台部基礎ボルト(i=3)	1.810×10^3 (M48)	203*1	381*1	—	243	—	軸	—	—

注記 *1：最高使用温度で算出

*2：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
固定子部基礎ボルト（ｉ＝1）	—	3.489×10^{4}		
直結側軸受台部基礎ボルト（ｉ＝2）	—	1.343×10^{5}		
反直結側軸受台部基礎ボルト（ｉ＝3）	—	1.767×10^{5}		

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
固定子部基礎ボルト（ｉ＝１）	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b1}=20$	$f_{ts1}=182^{*}$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=15$	$f_{sb1}=140$
直結側軸受台部基礎ボルト（ｉ＝2）	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=75$	$f_{ts2}=182^{*}$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=21$	$f_{sb2}=140$
反直結側軸受台部基礎ボルト（ｉ＝3）	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b3}=98$	$f_{ts3}=182^{*}$
		せん断	—	—	$\tau_{b3}=21$	$f_{sb3}=140$

注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot\tau_{bi},\ f_{toi}]$
すべて許容応力以下である

1.4.2 動的機能の評価結果 ×9.8 m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
発電機	水平方向	0.72	2.6
	鉛直方向	0.75	1.0

評価用加速度(1.0 ZPA)はすべて機能確認済加速度以下である。

Ⅴ-2-10-1-3-2　高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機空気だめの耐震性についての計算書

目次

1. 概要 1
2. 一般事項 1
2.1 構造計画 1
2.2 評価方針 3
2.3 適用基準 4
2.4 記号の説明 5
2.5 計算精度と数値の丸め方 7
3. 評価部位 8
4. 固有周期 8
4.1 固有周期の計算方法 8
4.2 固有周期の計算条件 9
4.3 固有周期の計算結果 9
5. 地震応答解析及び構造強度評価 10
5.1 地震応答解析及び構造強度評価方法 10
5.2 荷重の組合せ及び許容応力 10
5.3 設計用地震力 15
5.4 解析モデル及び諸元 16
5.5 計算方法 18
5.6 計算条件 20
5.7 応力の評価 21
6. 評価結果 22
6.1 設計基準対象施設としての評価結果 22
6.2 重大事故等対処設備としての評価結果 22

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき，高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機空気だめが設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

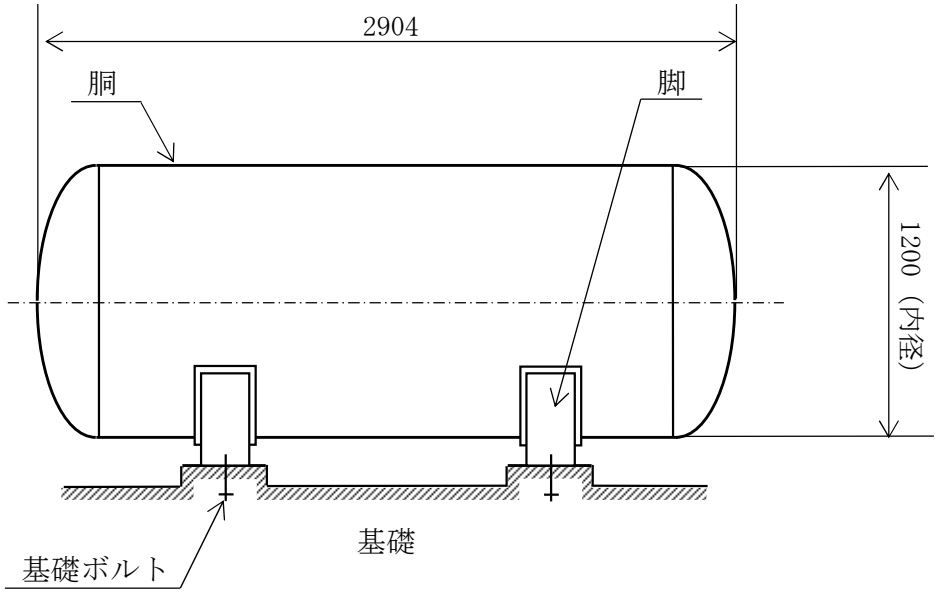
高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機空気だめは，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機空気だめの構造計画を表2-1に示す。

表2-1　構造計画

計　画　の　概　要		概略構造図
基礎･支持構造	主体構造	
胴を4個の脚で支持し，脚をそれぞれ基礎ボルトで基礎に据え付ける。	横置円筒形容器	

（単位：mm）

2.2　評価方針

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機空気だめの応力評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」のうち「3.1　構造強度上の制限」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.1　構造計画」にて示す高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機空気だめの部位を踏まえ「3.　評価部位」にて設定する箇所において，「4.　固有周期」にて算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを，「5.　地震応答解析及び構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「6.　評価結果」に示す。

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機空気だめの耐震評価フローを図 2-1 に示す。

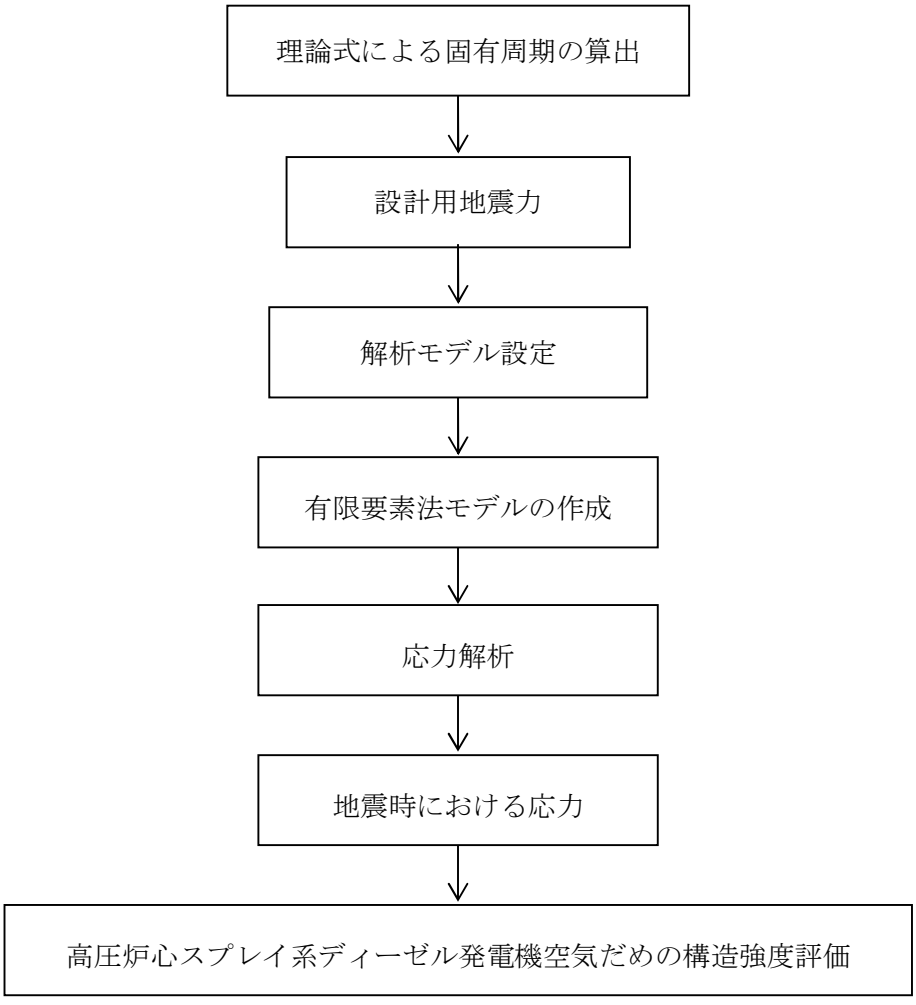


図 2-1　高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機空気だめの耐震評価フロー

2.3　適用基準

適用基準を以下に示す。

(1)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1987（日本電気協会）

(2)　原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１・補－1984（日本電気協会）

(3)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1991 追補版（日本電気協会）

(4)　発電用原子力設備規格　設計・建設規格（2005 年版（2007 年追補版含む。））　ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ 1－2005/2007（日本機械学会）

2.4　記号の説明

記　号	記　号　の　説　明	単　位
A_b	基礎ボルトの軸断面積	mm^2
A_s	固定脚の断面積	mm^2
A_{s1}	固定脚の長手方向に対する有効せん断断面積	mm^2
A_{s2}	固定脚の横方向に対する有効せん断断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	－
C_V	鉛直方向設計震度	－
D_i	胴の内径	mm
E	胴の縦弾性係数	MPa
E_s	脚の縦弾性係数	MPa
F	設計・建設規格　SSB-3121.1又はSSB-3131に定める値	MPa
F*	設計・建設規格　SSB-3121.3又はSSB-3133に定める値	MPa
F_{sb}	ボルト１本あたりに作用するせん断力	N
F_{tb}	ボルト１本あたりに作用する引張力	N
f_{sb}	せん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力（f_sを1.5倍した値又はf_s^*を1.5倍した値）	MPa
f_{to}	引張力のみを受ける基礎ボルトの許容引張応力（f_tを1.5倍した値又はf_t^*を1.5倍した値）	MPa
f_{ts}	引張力とせん断力を同時に受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
G	胴のせん断弾性係数	MPa
G_s	脚のせん断弾性係数	MPa
h_1	基礎から固定脚の胴付け根部までの高さ	mm
h_2	基礎から胴の中心までの高さ	mm
I_{sx}	固定脚の長手方向軸に対する断面二次モーメント	mm^4
I_{sy}	固定脚の横方向軸に対する断面二次モーメント	mm^4
K_c	固定脚のばね定数（胴の横方向に水平力が作用する場合）	N/m
K_ℓ	固定脚のばね定数（胴の長手方向に水平力が作用する場合）	N/m
K_v	固定脚のばね定数（胴に鉛直力が作用する場合）	N/m
m_0	容器の運転時質量	kg
n	基礎ボルトの本数	－
S	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表5に定める値	MPa
S_a	胴の許容応力	MPa
S_u	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表9に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表8に定める値	MPa
S_y（RT）	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表8に定める材料の40℃における値	MPa

記　号	記　号　の　説　明	単　位
T	胴の温度条件	℃
T_s	脚の温度条件	℃
T_1	長手方向固有周期	s
T_2	横方向固有周期	s
T_3	鉛直方向固有周期	s
t	固定脚側胴板の厚さ	mm
t_e	固定脚付け根部における胴の有効板厚	mm
σ_0	胴の一次一般膜応力の最大値	MPa
σ_{0x}	胴の長手方向一次一般膜応力	MPa
σ_{0y}	胴の周方向一次一般膜応力	MPa
σ_1	胴の一次応力の最大値	MPa
σ_{1x}	胴の長手方向一次応力	MPa
σ_{1y}	胴の周方向一次応力	MPa
σ_2	胴の一次応力と二次応力の和の変動値の最大値	MPa
σ_{2x}	胴の長手方向一次＋二次応力	MPa
σ_{2y}	胴の周方向一次＋二次応力	MPa
σ_b	基礎ボルトに生じる引張応力の最大値	MPa
σ_{s1}	脚の一次応力の最大値	MPa
σ_{s1x}	脚の要素座標系におけるｘ方向一次応力	MPa
σ_{s1y}	脚の要素座標系におけるｙ方向一次応力	MPa
σ_{s2}	脚の一次応力と二次応力の和の変動値の最大値	MPa
σ_{s2x}	脚の要素座標系におけるｘ方向一次＋二次応力	MPa
σ_{s2y}	脚の要素座標系におけるｙ方向一次＋二次応力	MPa
τ_b	基礎ボルトに生じるせん断応力の最大値	MPa
τ_{0xy}	胴の一次一般膜せん断応力	MPa
τ_{1xy}	胴の一次せん断応力	MPa
τ_{2xy}	胴の一次＋二次せん断応力	MPa
τ_{s1xy}	脚の要素座標系における一次せん断応力	MPa
τ_{s2xy}	脚の要素座標系における一次＋二次せん断応力	MPa

2.5　計算精度と数値の丸め方

精度は6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表2-2に示すとおりとする。

表 2-2　表示する数値の丸め方

数値の種類		単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期		s	小数点以下第4位	四捨五入	小数点以下第3位
震度		—	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位
最高使用圧力		MPa	—	—	小数点以下第2位
温度		℃	—	—	整数位
質量		kg	—	—	整数位
長さ	下記以外の長さ	mm	—	—	整数位*1
	胴の厚さ	mm	—	—	小数点以下第1位
面積*2		mm^2	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
モーメント		N･mm	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
力		N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
算出応力		MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力*3		MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

注記　＊1：設計上定める値が小数点以下の場合は，小数点以下表示とする。

＊2：絶対値が1000以上のときはべき数表示とする。

＊3：設計・建設規格　付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は，比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨て，整数位までの値とする。

3. 評価部位

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機空気だめの耐震評価は，「5.1　地震応答解析及び構造強度評価方法」に示す条件に基づき，耐震評価上厳しくなる胴，脚及び基礎ボルトについて実施する。高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機空気だめの耐震評価部位については，表2－1の概略構造図に示す。

4. 固有周期

4.1 固有周期の計算方法

容器及び内容物の質量は動の中心軸に集中するものとする。また，水平方向は，脚をはりと考え，変形モードは脚の曲げ及びせん断変形を考慮する。胴の水平方向及び水平方向及び鉛直方向は剛とみなす。

(1) 計算モデル

本容器は，図4-1，図4-2及び図4-3のような1質点系振動モデルとして考える。

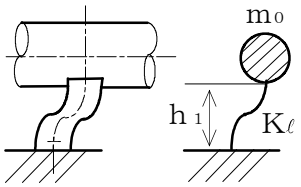


図 4-1　長手方向の固有周期計算モデル

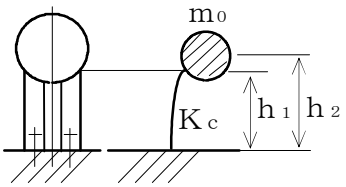


図 4-2　横方向の固有周期計算モデル

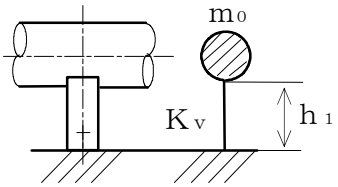


図 4-3　鉛直方向の固有周期計算モデル

(2) 脚の受ける荷重

脚の受ける荷重は全ての脚が下端固定構造であるため，機器の運転時質量m_0を全ての脚で受けるものとする。

(3) 長手方向の固有周期

図4-1におけるばね定数は次式で求める。

$$K_{\ell}=\frac{1000}{\frac{h_1^{\,3}}{12\cdot E_s\cdot I_{sy}}+\frac{h_1}{G_s\cdot A_{s1}}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (4.1.1)$$

固有周期は次式で求める。

$$T_1=2\cdot\pi\cdot\sqrt{\frac{m_0}{K_{\ell}}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (4.1.2)$$

NT2 補③ V-2-10-1-3-2 R1

(4) 横方向の固有周期

図4-2におけるばね定数は次式で求める。

$$K_c = \frac{1000}{\frac{h_1^{\,2} \cdot (3 \cdot h_2 - h_1)}{6 \cdot E_s \cdot I_{sx}} + \frac{(h_2 - h_1) \cdot h_1 \cdot (h_2 - h_1 / 2)}{E_s \cdot I_{sx}} + \frac{h_1}{G_s \cdot A_{s2}}} \quad \cdots\cdots (4.1.3)$$

固有周期は次式で求める。

$$T_2 = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m_0}{K_C}} \quad \cdots\cdots (4.1.4)$$

(5) 鉛直方向の固有周期

図4-3におけるばね定数は次式で求める。

$$K_v = \frac{1000}{\frac{h_1}{A_s \cdot E_s}} \quad \cdots\cdots (4.1.5)$$

固有周期は次式で求める。

$$T_3 = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m_0}{K_V}} \quad \cdots\cdots (4.1.6)$$

4.2 固有周期の計算条件

固有周期の計算に用いる計算条件は，「6.1 設計基準対象施設としての評価結果」及び「6.2 重大事故等対処設備としての評価結果」の機器要目に示す。

4.3 固有周期の計算結果

固有周期の計算結果を，表 4-1 に示す。計算結果より，0.05 秒以下であり剛であることを確認した。

表 4-1 固有周期(s)

水平方向		鉛直方向
長手方向	横方向	
0.005	0.017	0.002

5.　地震応答解析及び構造強度評価

5.1　地震応答解析及び構造強度評価方法

(1)　地震力は，容器に対して水平方向及び鉛直方向から個別に作用するものとし，原則として，強度評価において組合せるものとする。なお，基礎ボルトにおいては，作用する荷重の算出において組合せるものとする。

(2)　容器の胴は4個の脚で支持され，脚はそれぞれ基礎に基礎ボルトで取り付ける。

(3)　胴と脚との取付部において胴の局部変形を考慮する。

(4)　脚は全脚固定とし，水平方向荷重は全ての脚で受けるものとする。

(5)　耐震計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

5.2　荷重の組合せ及び許容応力

5.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機空気だめの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表5－1に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表5-2に示す。

5.2.2　許容応力

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機空気だめの許容応力は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき表5-3及び表5-4のとおりとする。

5.2.3　使用材料の許容応力評価条件

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機空気だめの許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表5-5に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表5-6に示す。

表 5-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震設計上の重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電用原子炉の附属施設	非常用電源設備	高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機 空気だめ	S	クラス３容器*1	$D+P_D+M_D+S_d$ *2	ⅢAS
					$D+P_D+M_D+S_s$	ⅣAS

注記　＊1：クラス３容器の支持構造物を含む。
　　＊2：S_sと組み合わせ，ⅢASの評価を実施する。

表 5-2　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電用原子炉の附属施設	非常用電源設備	高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機 空気だめ	常設耐震／防止	重大事故等クラス２容器*2	$D+P_D+M_D+S_s$ *3	ⅣAS
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	VAS （VASとして ⅣASの許容限界を用いる。）

注記　＊1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備を示す。
　　＊2：重大事故等クラス２容器の支持構造物を含む。
　　＊3：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表5-3　許容応力（クラス２，３容器及び重大事故等クラス２容器）

許容応力状態	許容限界*1			
	一次一般膜応力	一次膜応力＋ 一次曲げ応力	一次＋二次応力	一次＋二次＋ ピーク応力
ⅢAS	S_yと0.6・S_uの小さい方。 ただし，オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については上記値と1.2・Sのうち大きい方とする。	左欄の1.5倍の値	弾性設計用地震動S_d又は基準地震動S_sのみによる疲労解析を行い，疲労累積係数が1.0以下であること。*2 ただし，地震動のみによる一次＋二次応力の変動値が2・Ｓｙ以下であれば疲労解析は不要。	
ⅣAS	0.6・S_u	左欄の1.5倍の値		
VAS （VASとしてⅣASの許容限界を用いる。）			基準地震動S_sのみによる疲労解析を行い，疲労累積係数が1.0以下であること。*2 ただし，地震動のみによる一次＋二次応力の変動値が2・S_y以下であれば疲労解析は不要。	

注記　＊1：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

＊2：2・S_yを超えるときは弾塑性解析若しくは設計・建設規格PVB-3300（PVB-3313を除く。Ｓｍは2/3・S_yと読み替える。）の簡易弾塑性解析を用いる。

表5-4　許容応力（クラス２，３支持構造物及び重大事故等クラス２支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 （ボルト等）	
	一次応力	
	引張り	せん断
ⅢAS	1.5・f_t	1.5・f_s
ⅣAS	1.5・f_t^*	1.5・f_s^*
VAS （VASとしてⅣASの許容限界を用いる。）		

注記　＊1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 5-5　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S (MPa)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
胴	SM50B*1 (16mm＜厚さ≦40mm)	最高使用温度	60	—	304	471	—
脚		周囲環境温度		—	309	480	—
基礎ボルト		周囲環境温度		—	231	394	—

表 5-6　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S (MPa)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
胴	SM50B*1 (16mm＜厚さ≦40mm)	最高使用温度	60	—	304	471	—
脚		周囲環境温度		—	309	480	—
基礎ボルト		周囲環境温度		—	231	394	—

5.3　設計用地震力

「弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度」及び「基準地震動Ｓｓ」による地震力は，添付書類「Ⅴ-2-1-7　設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

評価に用いる設計用地震力を表5-7及び表5-8に示す。

表 5-7　設計用地震力（設計基準対象施設）

据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
	水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度
原子炉建屋 EL. -4.0*1	0.017	0.002	－*2	－*2	C_H＝0.87	C_V＝0.90

注記　＊1：基準床レベルを示す。

＊2：ⅢＡＳについては，基準地震動Ｓｓで評価する。

表 5-8　設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
	水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度
原子炉建屋 EL. -4.0*	0.017	0.002	－	－	C_H＝0.87	C_V＝0.90

注記　＊：基準床レベルを示す。

5.4　解析モデル及び諸元

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機空気だめの解析モデルを図5-1に，解析モデルの概要を以下に示す。また，機器の諸元を表5-9に示す。

(1)　空気だめをシェル要素でモデル化したＦＥＭモデルによって求める。

(2)　拘束条件は，脚を脚底面ボルト位置で変位3(X，Y，Z)方向拘束，脚底面を鉛直(X，Y，Z)方向フリーとする。

(3)　解析コードは，「ＡＢＡＱＵＳ」を使用し，胴，脚及び基礎ボルトの応力を求める。
なお，評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については，添付書類「Ⅴ-5-5　計算機プログラム（解析コード）の概要・ＡＢＡＱＵＳ」に示す。

表5-9　機器諸元

項目		記号	単位	入力値
材質		－	－	[redacted]
質量		m_0	kg	2000
温度条件（雰囲気温度）	胴	T	℃	60
	脚	T_s	℃	[redacted]
縦弾性係数	胴	E	MPa	201000
	脚	E_s	MPa	201000
ポアソン比		ν	－	0.3
要素数		－	個	13544
節点数		－	個	13522

[redacted]

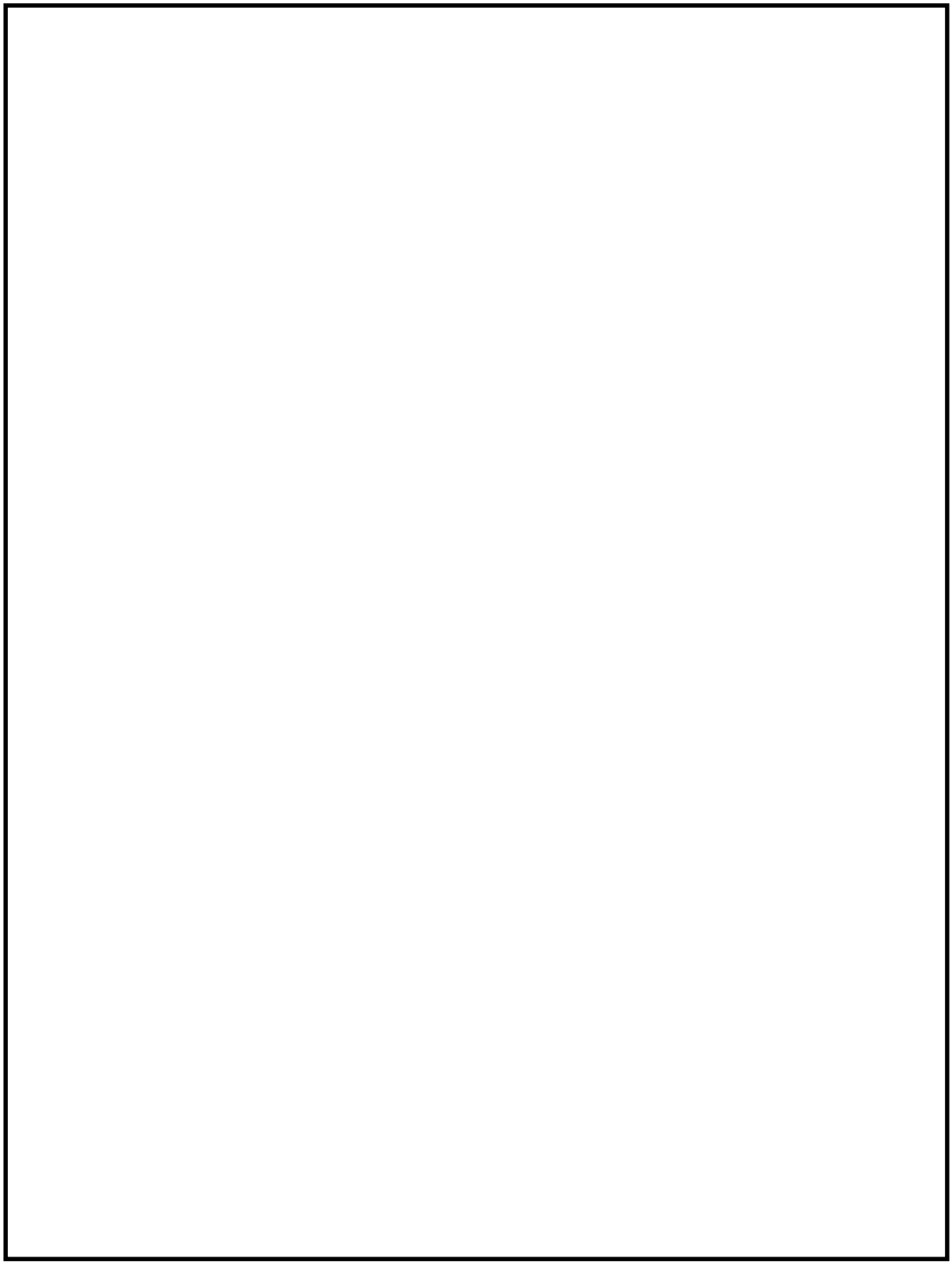


図5-1　解析モデル

5.5　計算方法

(1)　胴の応力

ＦＥＭ解析結果から得られる各部材の応力成分より各種応力を算出する。

胴については，以下の式を用いて応力を算出する。

a.　一次一般膜

$$\sigma_0 = \frac{1}{2} \cdot \left\{ (\sigma_{0x} + \sigma_{0y}) + \sqrt{(\sigma_{0x} - \sigma_{0y})^2 + 4 \cdot \tau_{0xy}^2} \right\} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.5.1)$$

b.　一次応力

$$\sigma_1 = \frac{1}{2} \cdot \left\{ (\sigma_{1x} + \sigma_{1y}) + \sqrt{(\sigma_{1x} - \sigma_{1y})^2 + 4 \cdot \tau_{1xy}^2} \right\} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.5.2)$$

c.　一次＋二次応力

$$\sigma_2 = \frac{1}{2} \cdot \left\{ (\sigma_{2x} + \sigma_{2y}) + \sqrt{(\sigma_{2x} - \sigma_{2y})^2 + 4 \cdot \tau_{2xy}^2} \right\} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.5.3)$$

表5-10　ＦＥＭ解析による胴の応力成分

項目	記号	単位	応力値
胴の長手方向一次一般膜応力	σ_{0x}	MPa	44.7
胴の周方向一次一般膜応力	σ_{0y}	MPa	89.8
胴の一次一般膜せん断応力	τ_{0xy}	MPa	0.0
胴の長手方向一次応力	σ_{1x}	MPa	41.3
胴の周方向一次応力	σ_{1y}	MPa	105.9
胴の一次せん断応力	τ_{1xy}	MPa	7.1
胴の長手方向一次＋二次応力	σ_{2x}	MPa	20.0
胴の周方向一次＋二次応力	σ_{2y}	MPa	23.4
胴の一次＋二次せん断応力	τ_{2xy}	MPa	8.6

(2)　脚の応力

ＦＥＭ解析結果から得られる各部材の応力成分より各種応力を算出する。

脚については，以下の式を用いて応力を算出する。

a.　一次応力

$$\sigma_{s1} = \frac{1}{2} \cdot \left\{ (\sigma_{s1x} + \sigma_{s1y}) + \sqrt{(\sigma_{s1x} - \sigma_{s1y})^2 + 4 \cdot \tau_{s1xy}^2} \right\} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.5.4)$$

b.　一次＋二次応力

$$\sigma_{s2} = \frac{1}{2} \cdot \left\{ (\sigma_{s2x} + \sigma_{s2y}) + \sqrt{(\sigma_{s2x} - \sigma_{s2y})^2 + 4 \cdot \tau_{s2xy}^2} \right\} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.5.5)$$

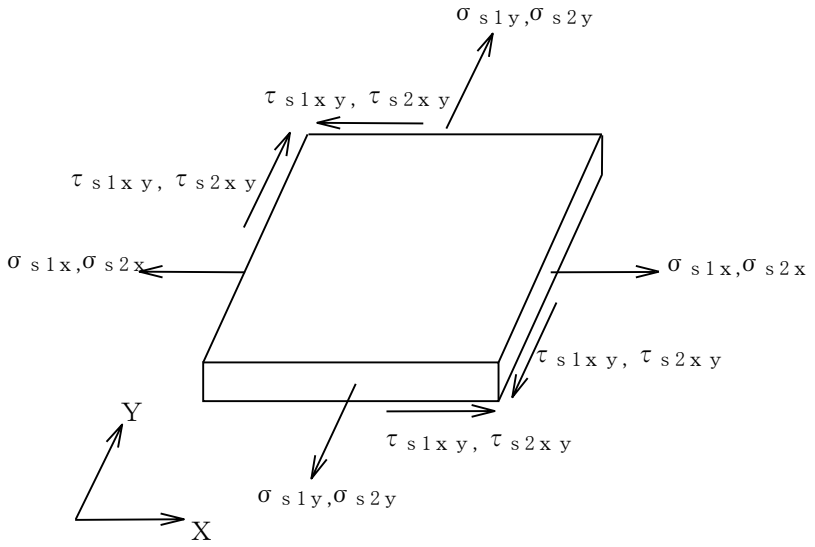


図 5-2　脚の応力計算モデル

表5-11　ＦＥＭ解析による脚の応力成分

項目	記号	単位	応力値
脚の要素座標系における x 方向一次応力	σ_{s1x}	MPa	79.6
脚の要素座標系における y 方向一次応力	σ_{s1y}	MPa	0.8
脚の要素座標系における一次せん断応力	τ_{s1xy}	MPa	4.1
脚の要素座標系における x 方向一次＋二次応力	σ_{s2x}	MPa	9.0
脚の要素座標系における y 方向一次＋二次応力	σ_{s2y}	MPa	28.0
脚の要素座標系における一次＋二次せん断応力	τ_{s2xy}	MPa	2.5

(3) 基礎ボルトの応力

ＦＥＭ解析結果から得られる基礎ボルト固定位置における最大荷重を用いて，各種応力を算出する。

基礎ボルトについては，以下の式を用いて応力を算出する。

a. 引張応力

$$\sigma_b = \frac{F_{tb}}{A_b} \quad \cdots\cdots (5.5.6)$$

b. せん断応力

$$\tau_b = \frac{F_{sb}}{A_b} \quad \cdots\cdots (5.5.7)$$

表5-12 ＦＥＭ解析による基礎ボルトの最大荷重

項目	記号	単位	荷重値
ボルト１本あたりに作用する引張力	F_{tb}	N	4.095×10^{3}
ボルト１本あたりに作用するせん断力	F_{sb}	N	2.726×10^{4}

5.6 計算条件

応力解析に用いる自重（胴，脚及び基礎ボルト）は，本計算書の【高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機空気だめの耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.7　応力の評価

5.7.1　胴及び脚の応力評価

4.6項で求めた組合せ応力が胴の最高使用温度及び脚の周囲環境温度における許容応力S_a以下であること。ただし，S_aは5.2.2項　表5-3による。

5.7.2　基礎ボルトの応力評価

4.6項で求めた基礎ボルトの引張応力σ_bは次式より求めた許容引張応力f_{ts}以下であること。ただし，f_{to}は下表による。

$$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}] \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \qquad (5.7.2.1)$$

せん断応力τ_bはせん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力f_{sb}以下であること。ただし，f_{sb}は下表による。

	弾性設計用地震動S_d又は静的震度による荷重との組合せの場合	基準地震動S_sによる荷重との組合せの場合
許容引張応力 f_{to}	$\frac{F}{2}\cdot 1.5$	$\frac{F^*}{2}\cdot 1.5$
許容せん断応力 f_{sb}	$\frac{F}{1.5\cdot\sqrt{3}}\cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5\cdot\sqrt{3}}\cdot 1.5$

6.　評価結果

6.1　設計基準対象施設としての評価結果

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機空気だめの設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1)　構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。なお，弾性設計用地震動S_d及び静的震度は基準地震動S_sを下回っており，基準地震動S_sによる発生値が，弾性設計用地震動S_d又は静的震度に対する評価における許容限界を満足するため，弾性設計用地震動S_d又は静的震度による発生値の算出を省略した。

6.2　重大事故等対処設備としての評価結果

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機空気だめの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1)　構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

【高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機空気だめの耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震設計上の重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度			
高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機空気だめ	S	原子炉建屋 EL. -4.0*1	0.017	0.002	－*2	－*2	C_H=0.87	C_V=0.90	3.24	60	□

注記 ＊1：基準床レベルを示す。
＊2：ⅢASについては，基準地震動S_sで評価する。

1.2 機器要目

m_0 (kg)	D_i (mm)	t (mm)	t_e (mm)	I_{sx} (mm^4)	I_{sy} (mm^4)
2000	1200	22.0	22.0	2.128×10^8	5.230×10^8

A_S (mm^2)	E (MPa)	E_S (MPa)	G_S (MPa)	A_{S1} (mm^2)	A_{S2} (mm^2)	n	A_b (mm^2)
5.333×10^4	201000 *1	201000 *2	77300	2.153×10^4	3.133×10^4	4	452.4 (M24)

S_y（胴板） (MPa)	S_u（胴板） (MPa)	S_y（脚） (MPa)	S_u（脚） (MPa)	S_y（基礎ボルト） (MPa)	S_u（基礎ボルト） (MPa)	F（基礎ボルト） (MPa)	F*（基礎ボルト） (MPa)
304 *1	471 *1	309 *2	480 *2	231 *2	394 *2	231	276

注記 ＊1：最高使用温度で算出
＊2：周囲環境温度で算出

1.3 計算数値

1.3.1 胴に生じる応力 （単位：MPa）

応　　力	弾性設計用地震動S_d 又は静的震度	基準地震動S_s
	発 生 応 力	発 生 応 力
一次一般膜	－	$\sigma_0 = 90$
一　　次	－	$\sigma_1 = 107$
一次＋二次	－	$\sigma_2 = 31$

1.3.2 脚に生じる応力 （単位：MPa）

応　　力	弾性設計用地震動S_d 又は静的震度	基準地震動S_s
	発 生 応 力	発 生 応 力
一　　次	－	$\sigma_{S1} = 80$
一次＋二次	－	$\sigma_{S2} = 29$

1.3.3 基礎ボルトに生じる応力 （単位：MPa）

応　　力	弾性設計用地震動S_d 又は静的震度	基準地震動S_s
	発 生 応 力	発 生 応 力
引　張　り	－	$\sigma_b = 9$
せ　ん　断	－	$\tau_b = 61$

1.4 結論

1.4.1 応力

（単位：MPa）

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力*1	許容応力	算出応力	許容応力
胴板	SM50B	一次一般膜	σ_0 ＝ 90	S_a ＝ 282	σ_0 ＝ 90	S_a ＝ 282
		一次	σ_1 ＝ 107	S_a ＝ 423	σ_1 ＝ 107	S_a ＝ 423
		一次＋二次	σ_2 ＝ 31	S_a ＝ 608	σ_2 ＝ 31	S_a ＝ 608
脚	[redacted]	一次	σ_{S1} ＝ 80	S_a ＝ 432	σ_{S1} ＝ 80	S_a ＝ 432
		一次＋二次	σ_{S2} ＝ 29	S_a ＝ 619	σ_{S2} ＝ 29	S_a ＝ 619
基礎ボルト		引張り	σ_b ＝ 9	f_{ts} ＝ 145*2	σ_b ＝ 9	f_{ts} ＝ 192*2
		せん断	τ_b ＝ 61	f_{sb} ＝ 133	τ_b ＝ 61	f_{sb} ＝ 159

すべて許容応力以下である。

注記 ＊1：基準地震動S_sによる算出値

＊2：f_{ts}＝Min[1.4・f_{to}－1.6・τ_b, f_{to}]より算出

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度			
高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機空気だめ	常設耐震／防止	原子炉建屋 EL. -4.0*	0.017	0.002	－	－	C_H=0.87	C_V=0.90	3.24	60	[redacted]

注記 ＊：基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

m_0 (kg)	D_i (mm)	t (mm)	t_e (mm)	I_{sx} (mm^4)	I_{sy} (mm^4)
2000	1200	22.0	22.0	2.128×10^8	5.230×10^8

A_S (mm^2)	E (MPa)	E_S (MPa)	G_S (MPa)	A_{S1} (mm^2)	A_{S2} (mm^2)	n	A_b (mm^2)
5.333×10^4	201000*1	201000*2	77300	2.153×10^4	3.133×10^4	4	452.4 (M24)

S_y（胴板） (MPa)	S_u（胴板） (MPa)	S_y（脚） (MPa)	S_u（脚） (MPa)	S_y（基礎ボルト） (MPa)	S_u（基礎ボルト） (MPa)	F*（基礎ボルト） (MPa)
304*1	471*1	309*2	480*2	231*2	394*2	276

注記 ＊1：最高使用温度で算出
＊2：周囲環境温度で算出

2.3 計算数値

2.3.1 胴に生じる応力 （単位：MPa）

応　　力	弾性設計用地震動S_d 又は静的震度	基準地震動S_s
	発 生 応 力	発 生 応 力
一次一般膜	－	$\sigma_0 = 90$
一　　次	－	$\sigma_1 = 107$
一次＋二次	－	$\sigma_2 = 31$

2.3.2 脚に生じる応力 （単位：MPa）

応　　力	弾性設計用地震動S_d 又は静的震度	基準地震動S_s
	発 生 応 力	発 生 応 力
一　　次	－	$\sigma_{S1} = 80$
一次＋二次	－	$\sigma_{S2} = 29$

2.3.3 基礎ボルトに生じる応力 （単位：MPa）

応　　力	弾性設計用地震動S_d 又は静的震度	基準地震動S_s
	発 生 応 力	発 生 応 力
引　張　り	－	$\sigma_b = 9$
せ　ん　断	－	$\tau_b = 61$

2.4 結論

2.4.1 応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
胴板	SM50B	一次一般膜	－	－	σ_0 ＝ 90	S_a ＝ 282
		一次	－	－	σ_1 ＝ 107	S_a ＝ 423
		一次＋二次	－	－	σ_2 ＝ 31	S_a ＝ 608
脚	[redacted]	一次	－	－	σ_{S1} ＝ 80	S_a ＝ 432
		一次＋二次	－	－	σ_{S2} ＝ 29	S_a ＝ 619
基礎ボルト		引張り	－	－	σ_b ＝ 9	f_{ts} ＝ 192*
		せん断	－	－	τ_b ＝ 61	f_{sb} ＝ 159

すべて許容応力以下である。

注記 ＊：f_{ts}＝Min[1.4・f_{to}－1.6・τ_b, f_{to}]より算出

Ⅴ-2-10-1-3-3　高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料油デイタンクの耐震性についての計算書

目次

1. 概要 1
2. 一般事項 1
2.1 構造計画 1
2.2 評価方針 3
2.3 適用基準 4
2.4 記号の説明 5
2.5 計算精度と数値の丸め方 7
3. 評価部位 8
4. 固有周期 8
4.1 固有周期の計算方法 8
4.2 固有周期の計算条件 9
4.3 固有周期の計算結果 9
5. 地震応答解析及び構造強度評価 10
5.1 地震応答解析及び構造強度評価方法 10
5.2 荷重の組合せ及び許容応力 10
5.3 設計用地震力 15
5.4 解析モデル及び諸元 16
5.5 計算方法 18
5.6 計算条件 20
5.7 応力の評価 21
6. 評価結果 22
6.1 設計基準対象施設としての評価結果 22
6.2 重大事故等対処設備としての評価結果 22

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき，高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料油デイタンクが設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

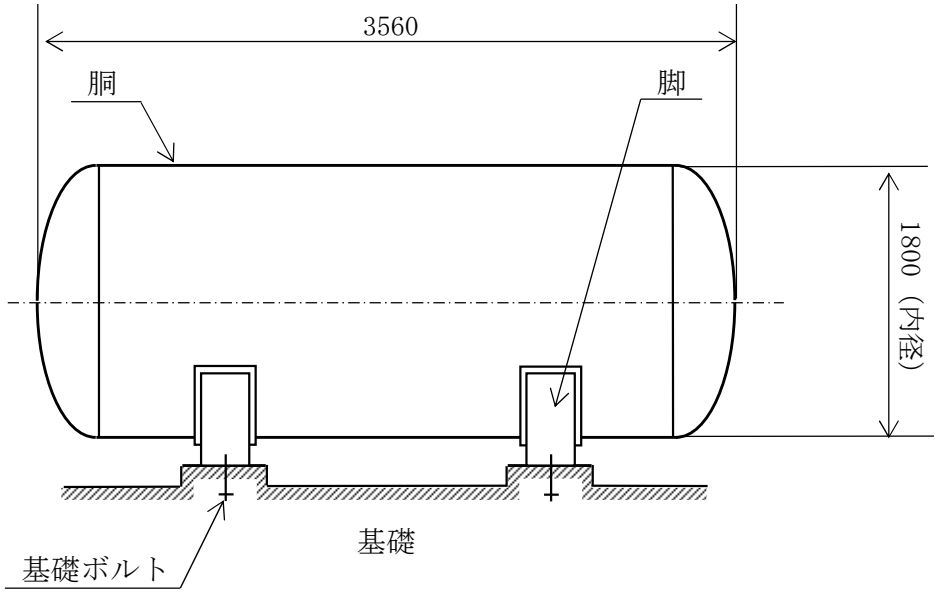
高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料油デイタンクは，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料油デイタンクの構造計画を表2-1に示す。

表2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎･支持構造	主体構造	
胴を4個の脚で支持し，脚をそれぞれ基礎ボルトで基礎に据え付ける。	横置円筒形容器	 （単位：mm）

2.2　評価方針

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料油デイタンクの応力評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-9 機能維持の基本方針」のうち「3.1　構造強度上の制限」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.1　構造計画」にて示す高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料油デイタンクの部位を踏まえ「3.　評価部位」にて設定する箇所において，「4.　固有周期」にて算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを，「5.　地震応答解析及び構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「6.　評価結果」に示す。

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料油デイタンクの耐震評価フローを図 2-1 に示す。

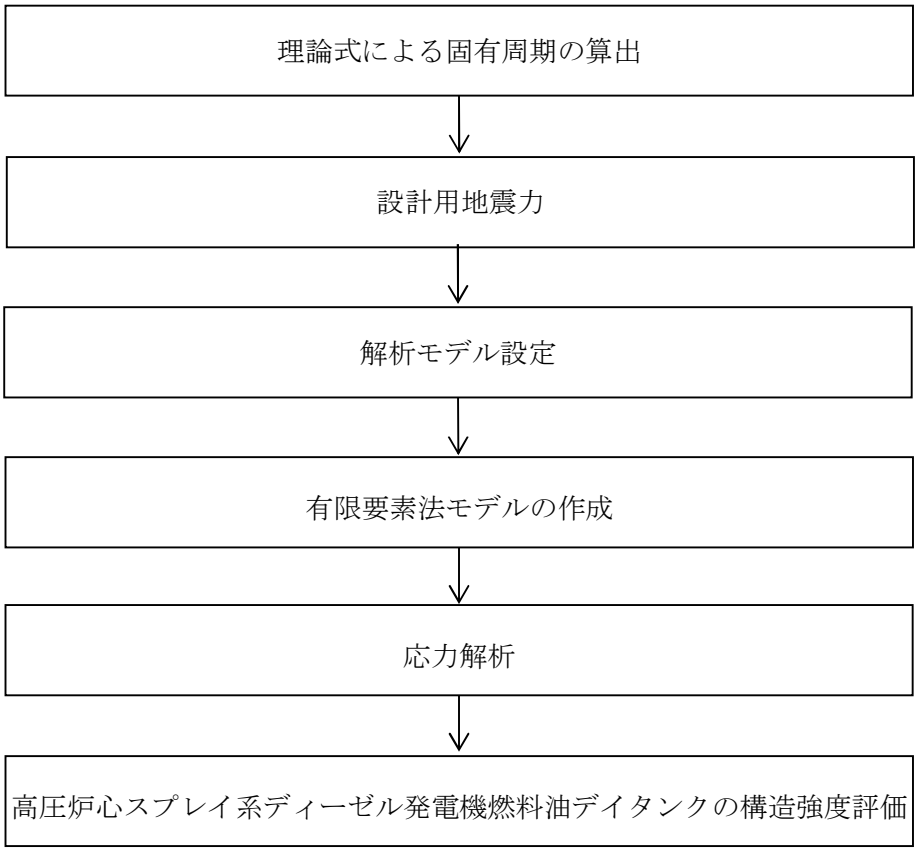


図 2-1　高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料油デイタンクの耐震評価フロー

2.3　適用基準

適用基準を以下に示す。

(1)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1987（日本電気協会）

(2)　原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１・補－1984（日本電気協会）

(3)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1991 追補版（日本電気協会）

(4)　発電用原子力設備規格　設計・建設規格（2005 年版（2007 年追補版含む。））　ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ 1－2005/2007（日本機械学会）

2.4　記号の説明

記　号	記　号　の　説　明	単　位
A_b	基礎ボルトの軸断面積	mm^2
A_s	固定脚の断面積	mm^2
A_{s1}	固定脚の長手方向に対する有効せん断断面積	mm^2
A_{s2}	固定脚の横方向に対する有効せん断断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	－
C_V	鉛直方向設計震度	－
D_i	胴の内径	mm
E	胴の縦弾性係数	MPa
E_s	脚の縦弾性係数	MPa
F	設計・建設規格　SSB-3121.1又はSSB-3131に定める値	MPa
F*	設計・建設規格　SSB-3121.3又はSSB-3133に定める値	MPa
F_{sb}	ボルト１本あたりに作用するせん断力	N
F_{tb}	ボルト１本あたりに作用する引張力	N
f_{sb}	せん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力（f_sを1.5倍した値又はf_s^*を1.5倍した値）	MPa
f_{to}	引張力のみを受ける基礎ボルトの許容引張応力（f_tを1.5倍した値又はf_t^*を1.5倍した値）	MPa
f_{ts}	引張力とせん断力を同時に受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
G	胴のせん断弾性係数	MPa
G_s	脚のせん断弾性係数	MPa
H	水頭	mm
h_1	基礎から固定脚の胴付け根部までの高さ	mm
h_2	基礎から胴の中心までの高さ	mm
I_{sx}	固定脚の長手方向軸に対する断面二次モーメント	mm^4
I_{sy}	固定脚の横方向軸に対する断面二次モーメント	mm^4
K_c	固定脚のばね定数（胴の横方向に水平力が作用する場合）	N/m
K_ℓ	固定脚のばね定数（胴の長手方向に水平力が作用する場合）	N/m
K_v	固定脚のばね定数（胴に鉛直力が作用する場合）	N/m
m_0	容器の運転時質量	kg
n	基礎ボルトの本数	－
S	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表5に定める値	MPa
S_a	胴の許容応力	MPa
S_u	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表9に定める値	MPa

記　号	記　号　の　説　明	単　位
S_y	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表8に定める値	MPa
S_y（RT）	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表8に定める材料の40℃における値	MPa
T	胴の温度条件	℃
T_s	脚の温度条件	℃
T_1	長手方向固有周期	s
T_2	横方向固有周期	s
T_3	鉛直方向固有周期	s
t	固定脚側胴板の厚さ	mm
t_e	固定脚付け根部における胴の有効板厚	mm
σ_0	胴の一次一般膜応力の最大値	MPa
σ_{0x}	胴の長手方向一次一般膜応力	MPa
σ_{0y}	胴の周方向一次一般膜応力	MPa
σ_1	胴の一次応力の最大値	MPa
σ_{1x}	胴の長手方向一次応力	MPa
σ_{1y}	胴の周方向一次応力	MPa
σ_2	胴の一次応力と二次応力の和の変動値の最大値	MPa
σ_{2x}	胴の長手方向一次＋二次応力	MPa
σ_{2y}	胴の周方向一次＋二次応力	MPa
σ_b	基礎ボルトに生じる引張応力の最大値	MPa
σ_{s1}	脚の一次応力の最大値	MPa
σ_{s1x}	脚の要素座標系におけるｘ方向一次応力	MPa
σ_{s1y}	脚の要素座標系におけるｙ方向一次応力	MPa
σ_{s2}	脚の一次応力と二次応力の和の変動値の最大値	MPa
σ_{s2x}	脚の要素座標系におけるｘ方向一次＋二次応力	MPa
σ_{s2y}	脚の要素座標系におけるｙ方向一次＋二次応力	MPa
τ_b	基礎ボルトに生じるせん断応力の最大値	MPa
τ_{0xy}	胴の一次一般膜せん断応力	MPa
τ_{1xy}	胴の一次せん断応力	MPa
τ_{2xy}	胴の一次＋二次せん断応力	MPa
τ_{s1xy}	脚の要素座標系における一次せん断応力	MPa
τ_{s2xy}	脚の要素座標系における一次＋二次せん断応力	MPa

2.5　計算精度と数値の丸め方

精度は6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表2-2に示すとおりとする。

表 2-2　表示する数値の丸め方

数値の種類		単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期		s	小数点以下第4位	四捨五入	小数点以下第3位
震度		—	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位
最高使用圧力		MPa	—	—	小数点以下第2位
温度		℃	—	—	整数位
質量		kg	—	—	整数位
長さ	下記以外の長さ	mm	—	—	整数位*1
	胴の厚さ	mm	—	—	小数点以下第1位
面積*2		mm^2	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
モーメント		N･mm	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
力		N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
算出応力		MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力*3		MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

注記　＊1：設計上定める値が小数点以下の場合は，小数点以下表示とする。

＊2：絶対値が1000以上のときはべき数表示とする。

＊3：設計・建設規格　付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は，比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨て，整数位までの値とする。

3. 評価部位

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料油デイタンクの耐震評価は，「5.1　地震応答解析及び構造強度評価方法」に示す条件に基づき，耐震評価上厳しくなる胴，脚及び基礎ボルトについて実施する。高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料油デイタンクの耐震評価部位については，表2-1の概略構造図に示す。

4. 固有周期

4.1 固有周期の計算方法

容器及び内容物の質量は動の中心軸に集中するものとする。また，水平方向は，脚をはりと考え，変形モードは脚の曲げ及びせん断変形を考慮する。胴の水平方向及び水平方向及び鉛直方向は剛とみなす。

(1) 計算モデル

本容器は，図4-1，図4-2及び図4-3のような1質点系振動モデルとして考える。

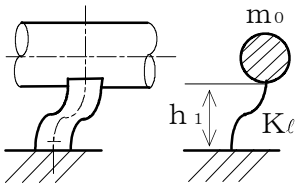


図 4-1　長手方向の固有周期計算モデル

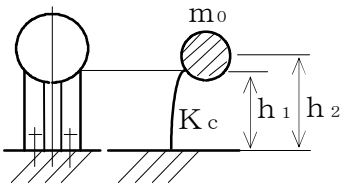


図 4-2　横方向の固有周期計算モデル

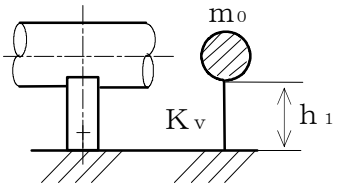


図 4-3　鉛直方向の固有周期計算モデル

(2) 脚の受ける荷重

脚の受ける荷重は全ての脚が下端固定構造であるため，機器の運転時質量m_0を全ての脚で受けるものとする。

(3) 長手方向の固有周期

図4-1におけるばね定数は次式で求める。

$$K_\ell = \frac{1000}{\frac{h_1^{\,3}}{12 \cdot E_s \cdot I_{sy}} + \frac{h_1}{G_s \cdot A_{s1}}} \quad \cdots\cdots (4.1.1)$$

固有周期は次式で求める。

$$T_1 = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m_0}{K_\ell}} \quad \cdots\cdots (4.1.2)$$

(4)　横方向の固有周期

図4-2におけるばね定数は次式で求める。

$$K_c = \frac{1000}{\frac{h_1^{\,2} \cdot (3 \cdot h_2 - h_1)}{6 \cdot E_s \cdot I_{sx}} + \frac{(h_2 - h_1) \cdot h_1 \cdot (h_2 - h_1 / 2)}{E_s \cdot I_{sx}} + \frac{h_1}{G_s \cdot A_{s2}}} \quad \cdots\cdots (4.1.3)$$

固有周期は次式で求める。

$$T_2 = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m_0}{K_C}} \quad \cdots\cdots (4.1.4)$$

(5)　鉛直方向の固有周期

図4-3におけるばね定数は次式で求める。

$$K_v = \frac{1000}{\frac{h_1}{A_s \cdot E_s}} \quad \cdots\cdots (4.1.5)$$

固有周期は次式で求める。

$$T_3 = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m_0}{K_V}} \quad \cdots\cdots (4.1.6)$$

4.2　固有周期の計算条件

固有周期の計算に用いる計算条件は，「6.1 設計基準対象施設としての評価結果」及び「6.2 重大事故等対処設備としての評価結果」の機器要目に示す。

4.3　固有周期の計算結果

固有周期の計算結果を，表 4-1 に示す。計算結果より，0.05 秒以下であり剛であることを確認した。

表 4-1　固有周期(s)

水平方向		鉛直方向
長手方向	横方向	
0.013	0.037	0.004

5.　地震応答解析及び構造強度評価

5.1　地震応答解析及び構造強度評価方法

(1)　地震力は，容器に対して水平方向及び鉛直方向から個別に作用するものとし，原則として，強度評価において組合せるものとする。なお，基礎ボルトにおいては，作用する荷重の算出において組合せるものとする。

(2)　容器の胴は4個の脚で支持され，脚はそれぞれ基礎に基礎ボルトで取り付ける。

(3)　胴と脚との取付部において胴の局部変形を考慮する。

(4)　脚は全脚固定とし，水平方向荷重は全ての脚で受けるものとする。

(5)　耐震計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

5.2　荷重の組合せ及び許容応力

5.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料油デイタンクの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表5－1に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表5-2に示す。

5.2.2　許容応力

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料油デイタンクの許容応力は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき表5-3及び表5-4のとおりとする。

5.2.3　使用材料の許容応力評価条件

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料油デイタンクの許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表5-5に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表5-6に示す。

表 5-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震設計上の重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電用原子炉の附属施設	非常用電源設備	高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料油デイタンク	S	—*1	$D+P_D+M_D+S_d$ *2	ⅢAS
					$D+P_D+M_D+S_s$	ⅣAS

注記　＊1：クラス２，３容器及びクラス２，３支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。
＊2：S_sと組み合わせ，ⅢASの評価を実施する。

表 5-2　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電用原子炉の附属施設	非常用電源設備	高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料油デイタンク	常設耐震／防止	重大事故等クラス２容器*2	$D+P_D+M_D+S_s$ *3	ⅣAS
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	VAS（VASとしてⅣASの許容限界を用いる。）

注記　＊1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備を示す。
＊2：重大事故等クラス２容器の支持構造物を含む。
＊3：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表5-3　許容応力（クラス２，３容器及び重大事故等クラス２容器）

許容応力状態	許容限界*1			
	一次一般膜応力	一次膜応力＋ 一次曲げ応力	一次＋二次応力	一次＋二次＋ ピーク応力
ⅢAS	S_yと0.6・S_uの小さい方。 ただし，オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については上記値と1.2・Sのうち大きい方とする。	左欄の1.5倍の値	弾性設計用地震動S_d又は基準地震動S_sのみによる疲労解析を行い，疲労累積係数が1.0以下であること。*2 ただし，地震動のみによる一次＋二次応力の変動値が2・S_y以下であれば疲労解析は不要。	
ⅣAS	0.6・S_u	左欄の1.5倍の値		
VAS （VASとしてⅣASの許容限界を用いる。）			基準地震動S_sのみによる疲労解析を行い，疲労累積係数が1.0以下であること。*2 ただし，地震動のみによる一次＋二次応力の変動値が2・S_y以下であれば疲労解析は不要。	

注記　＊1：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

＊2：2・S_yを超えるときは弾塑性解析若しくは設計・建設規格PVB-3300（PVB-3313を除く。Smは2/3・S_yと読み替える。）の簡易弾塑性解析を用いる。

表5-4　許容応力（クラス２，３支持構造物及び重大事故等クラス２支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 （ボルト等）	
	一次応力	
	引張り	せん断
ⅢAS	1.5・f_t	1.5・f_s
ⅣAS	1.5・f_t*	1.5・f_s*
VAS （VASとしてⅣASの許容限界を用いる。）		

注記　＊1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 5-5　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S (MPa)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
胴	SS41* (厚さ≦16mm)	最高使用温度	55	—	239	391	—
脚		周囲環境温度		—	231	394	—
基礎ボルト		周囲環境温度		—	231	394	—

表 5-6　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S (MPa)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
胴	SS41* (厚さ≦16mm)	最高使用温度	55	—	239	391	—
脚		周囲環境温度		—	231	394	—
基礎ボルト		周囲環境温度		—	231	394	—

5.3　設計用地震力

「弾性設計用地震動Ｓ$_d$又は静的震度」及び「基準地震動Ｓ$_s$」による地震力は，添付書類「Ⅴ-2-1-7　設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

評価に用いる設計用地震力を表5-7及び表5-8に示す。

表 5-7　設計用地震力（設計基準対象施設）

据付場所及び床面高さ(m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓ$_d$又は静的震度		基準地震動Ｓ$_s$	
	水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度
原子炉建屋 EL. 8.2*1	0.037	0.004	－*2	－*2	C_H＝1.10	C_V＝0.96

注記　＊1：基準床レベルを示す。

＊2：Ⅲ$_A$Ｓについては，基準地震動Ｓ$_s$で評価する。

表 5-8　設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所及び床面高さ(m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓ$_d$又は静的震度		基準地震動Ｓ$_s$	
	水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度
原子炉建屋 EL. 8.2*	0.037	0.004	－	－	C_H＝1.10	C_V＝0.96

注記　＊：基準床レベルを示す。

5.4　解析モデル及び諸元

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料油デイタンクの解析モデルを図5-1に，解析モデルの概要を以下に示す。また，機器の諸元を表5－9に示す。

(1)　燃料油デイタンクをシェル要素でモデル化したＦＥＭモデルによって求める。

(2)　拘束条件は，脚を脚底面ボルト位置で変位3(X，Y，Z)方向拘束，脚底面を鉛直(X，Y，Z)方向フリーとする。

(3)　解析コードは，「ＡＢＡＱＵＳ」を使用し，胴，脚及び基礎ボルトの応力を求める。
なお，評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については，添付書類「Ⅴ-5-5　計算機プログラム（解析コード）の概要・ＡＢＡＱＵＳ」に示す。

表5-9　機器諸元

項目		記号	単位	入力値
材質		－	－	[redacted]
質量		m_0	kg	8660
温度条件（雰囲気温度）	胴	T	℃	55
	脚	T_s	℃	[redacted]
縦弾性係数	胴	E	MPa	201000
	脚	E_s	MPa	201000
ポアソン比		ν	－	0.3
要素数		－	個	16428
節点数		－	個	16418

[redacted]

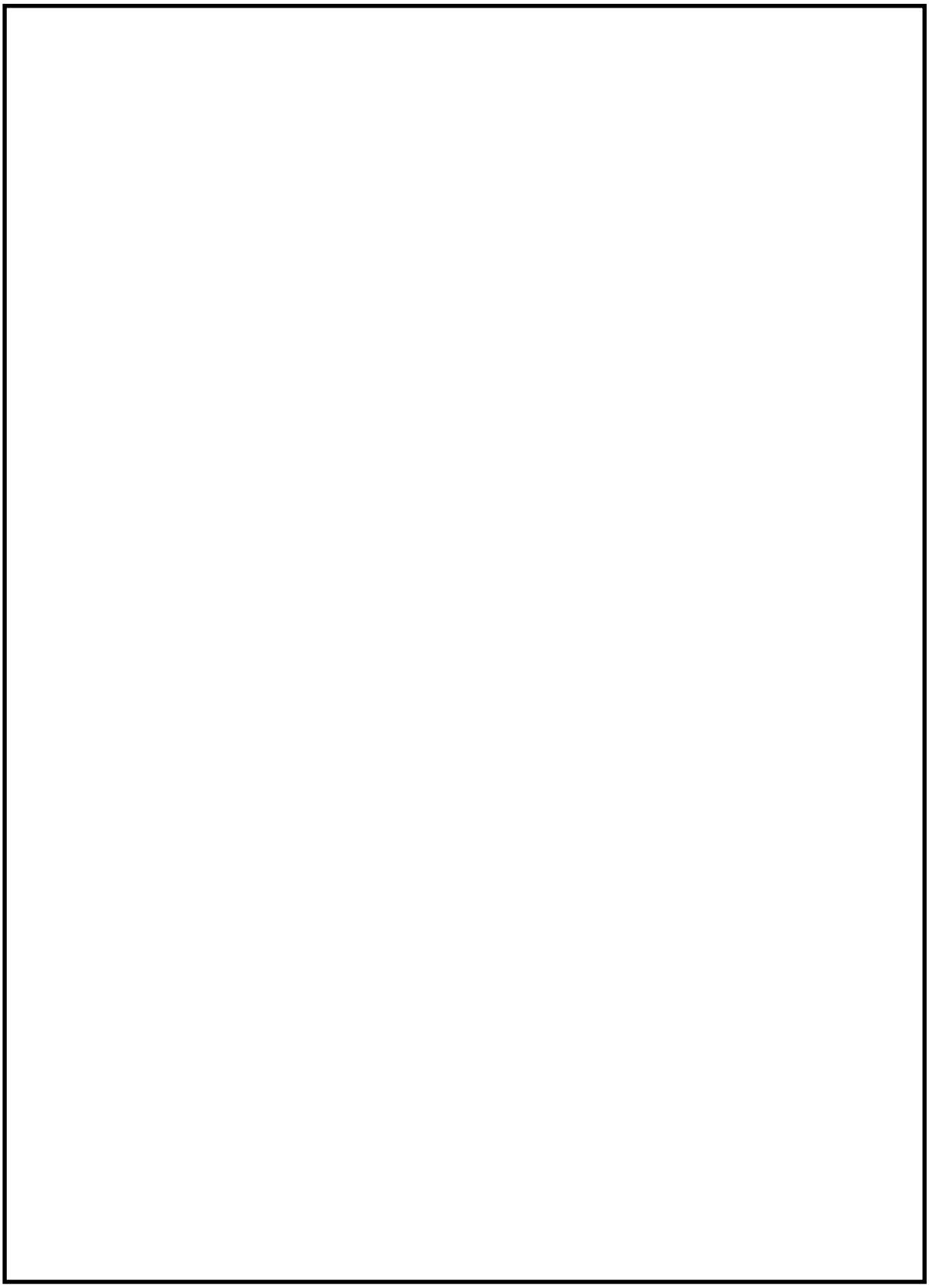


図5-1　解析モデル

5.5　計算方法

(1)　胴の応力

ＦＥＭ解析結果から得られる各部材の応力成分より各種応力を算出する。

胴については，以下の式を用いて応力を算出する。

a.　一次一般膜

$$\sigma_0 = \frac{1}{2} \cdot \left\{ (\sigma_{0x} + \sigma_{0y}) + \sqrt{(\sigma_{0x} - \sigma_{0y})^2 + 4 \cdot \tau_{0xy}^2} \right\} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.5.1)$$

b.　一次応力

$$\sigma_1 = \frac{1}{2} \cdot \left\{ (\sigma_{1x} + \sigma_{1y}) + \sqrt{(\sigma_{1x} - \sigma_{1y})^2 + 4 \cdot \tau_{1xy}^2} \right\} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.5.2)$$

c.　一次＋二次応力

$$\sigma_2 = \frac{1}{2} \cdot \left\{ (\sigma_{2x} + \sigma_{2y}) + \sqrt{(\sigma_{2x} - \sigma_{2y})^2 + 4 \cdot \tau_{2xy}^2} \right\} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.5.3)$$

表5-10　ＦＥＭ解析による胴の応力成分

項目	記号	単位	応力値
胴の長手方向一次一般膜応力	σ_{0x}	MPa	9.2
胴の周方向一次一般膜応力	σ_{0y}	MPa	0.8
胴の一次一般膜せん断応力	τ_{0xy}	MPa	0.0
胴の長手方向一次応力	σ_{1x}	MPa	27.5
胴の周方向一次応力	σ_{1y}	MPa	33.6
胴の一次せん断応力	τ_{1xy}	MPa	21.0
胴の長手方向一次＋二次応力	σ_{2x}	MPa	162.7
胴の周方向一次＋二次応力	σ_{2y}	MPa	325.7
胴の一次＋二次せん断応力	τ_{2xy}	MPa	80.2

(2)　脚の応力

ＦＥＭ解析結果から得られる各部材の応力成分より各種応力を算出する。

脚については，以下の式を用いて応力を算出する。

a.　一次応力

$$\sigma_{s1} = \frac{1}{2} \cdot \left\{ (\sigma_{s1x} + \sigma_{s1y}) + \sqrt{(\sigma_{s1x} - \sigma_{s1y})^2 + 4 \cdot \tau_{s1xy}^2} \right\} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.5.4)$$

b.　一次＋二次応力

$$\sigma_{s2} = \frac{1}{2} \cdot \left\{ (\sigma_{s2x} + \sigma_{s2y}) + \sqrt{(\sigma_{s2x} - \sigma_{s2y})^2 + 4 \cdot \tau_{s2xy}^2} \right\} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.5.5)$$

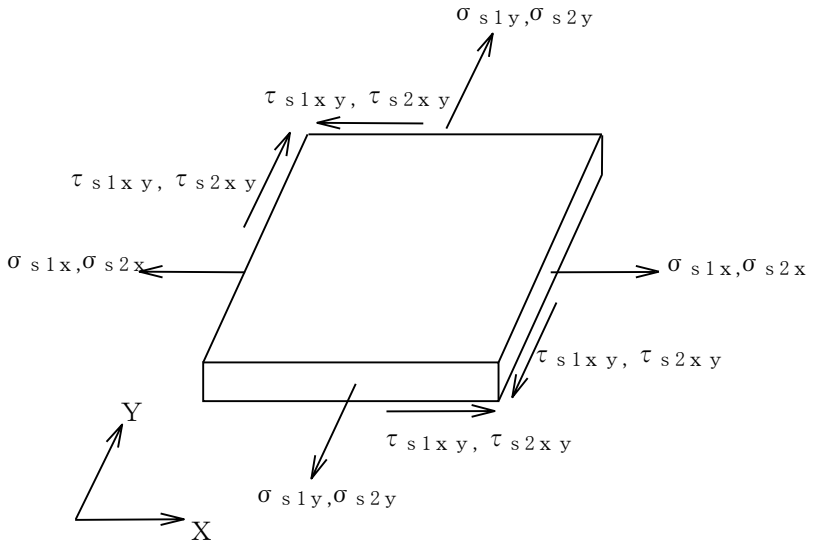


図 5-2　脚の応力計算モデル

表5-11　ＦＥＭ解析による脚の応力成分

項目	記号	単位	応力値
脚の要素座標系における x 方向一次応力	σ_{s1x}	MPa	78.4
脚の要素座標系における y 方向一次応力	σ_{s1y}	MPa	0.5
脚の要素座標系における一次せん断応力	τ_{s1xy}	MPa	0.5
脚の要素座標系における x 方向一次＋二次応力	σ_{s2x}	MPa	77.7
脚の要素座標系における y 方向一次＋二次応力	σ_{s2y}	MPa	328.8
脚の要素座標系における一次＋二次せん断応力	τ_{s2xy}	MPa	27.5

(3) 基礎ボルトの応力

ＦＥＭ解析結果から得られる基礎ボルト固定位置における最大荷重を用いて，各種応力を算出する。

基礎ボルトについては，以下の式を用いて応力を算出する。

a. 引張応力

$$\sigma_b = \frac{F_{tb}}{A_b} \quad \cdots\cdots (5.5.6)$$

b. せん断応力

$$\tau_b = \frac{F_{sb}}{A_b} \quad \cdots\cdots (5.5.7)$$

表5-12　ＦＥＭ解析による基礎ボルトの最大荷重

項目	記号	単位	荷重値
ボルト１本あたりに作用する引張力	F_{tb}	N	2.069×10^4
ボルト１本あたりに作用するせん断力	F_{sb}	N	3.131×10^4

5.6 計算条件

応力解析に用いる自重（胴，脚及び基礎ボルト）は，本計算書の【高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料油デイタンクの耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.7　応力の評価

5.7.1　胴及び脚の応力評価

4.6項で求めた組合せ応力が胴の最高使用温度及び脚の周囲環境温度における許容応力S_a以下であること。ただし，S_aは5.2.2項　表5-3による。

5.7.2　基礎ボルトの応力評価

4.6項で求めた基礎ボルトの引張応力σ_bは次式より求めた許容引張応力f_{ts}以下であること。ただし，f_{to}は下表による。

$$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}] \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \qquad (5.7.2.1)$$

せん断応力τ_bはせん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力f_{sb}以下であること。ただし，f_{sb}は下表による。

	弾性設計用地震動S_d又は静的震度による荷重との組合せの場合	基準地震動S_sによる荷重との組合せの場合
許容引張応力 f_{to}	$\frac{F}{2}\cdot 1.5$	$\frac{F^*}{2}\cdot 1.5$
許容せん断応力 f_{sb}	$\frac{F}{1.5\cdot\sqrt{3}}\cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5\cdot\sqrt{3}}\cdot 1.5$

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料油デイタンクの設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。なお，弾性設計用地震動S_d及び静的震度は基準地震動S_sを下回っており，基準地震動S_sによる発生値が，弾性設計用地震動S_d又は静的震度に対する評価における許容限界を満足するため，弾性設計用地震動S_d又は静的震度による発生値の算出を省略した。

6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料油デイタンクの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

【高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料油デイタンクの耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震設計上の重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度			
高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料油デイタンク	S	原子炉建屋 EL. 8.2*1	0.037	0.004	—*2	—*2	C_H=1.10	C_V=0.96	静水頭	55	□

注記 *1：基準床レベルを示す。

*2：ⅢASについては，基準地震動S_sで評価する。

1.2 機器要目

m_0 (kg)	D_i (mm)	t (mm)	t_e (mm)	H (mm)	I_{sx} (mm^4)	I_{sy} (mm^4)
8660	1800	9.0	12.0	1604	5.274×10^8	8.778×10^8

A_S (mm^2)	E (MPa)	E_S (MPa)	G_S (MPa)	A_{S1} (mm^2)	A_{S2} (mm^2)	n	A_b (mm^2)
5.555×10^4	201000*1	201000*2	77300	1.893×10^4	3.390×10^4	4	706.9 (M30)

S_y（胴板） (MPa)	S_u（胴板） (MPa)	S_y（脚） (MPa)	S_u（脚） (MPa)	S_y（基礎ボルト） (MPa)	S_u（基礎ボルト） (MPa)	F（基礎ボルト） (MPa)	F*（基礎ボルト） (MPa)
239*1	391*1	231*2	394*2	231*2	394*2	231	276

注記 *1：最高使用温度で算出

*2：周囲環境温度で算出

1.3 計算数値

1.3.1 胴に生じる応力 （単位：MPa）

応　　力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
	発 生 応 力	発 生 応 力
一次一般膜	－	$\sigma_0 = 10$
一　　次	－	$\sigma_1 = 52$
一次＋二次	－	$\sigma_2 = 359$

1.3.2 脚に生じる応力 （単位：MPa）

応　　力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
	発 生 応 力	発 生 応 力
一　　次	－	$\sigma_{S1} = 79$
一次＋二次	－	$\sigma_{S2} = 332$

1.3.3 基礎ボルトに生じる応力 （単位：MPa）

応　　力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
	発 生 応 力	発 生 応 力
引　張　り	－	$\sigma_b = 30$
せ　ん　断	－	$\tau_b = 45$

1.4 結論

1.4.1 応力

（単位：MPa）

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力*1	許容応力	算出応力	許容応力
胴板	SS41	一次一般膜	σ_0 ＝ 10	S_a ＝ 235	σ_0 ＝ 10	S_a ＝ 235
		一次	σ_1 ＝ 52	S_a ＝ 352	σ_1 ＝ 52	S_a ＝ 352
		一次＋二次	σ_2 ＝ 359	S_a ＝ 478	σ_2 ＝ 359	S_a ＝ 478
脚	[redacted]	一次	σ_{S1} ＝ 79	S_a ＝ 346	σ_{S1} ＝ 79	S_a ＝ 355
		一次＋二次	σ_{S2} ＝ 332	S_a ＝ 462	σ_{S2} ＝ 332	S_a ＝ 462
基礎ボルト		引張り	σ_b ＝ 30	f_{ts} ＝ 130*2	σ_b ＝ 30	f_{ts} ＝ 177*2
		せん断	τ_b ＝ 45	f_{sb} ＝ 133	τ_b ＝ 45	f_{sb} ＝ 159

すべて許容応力以下である。

注記 ＊1：基準地震動S_sによる算出値

＊2：f_{ts}＝Min[1.4・f_{to}－1.6・τ_b, f_{to}]より算出

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度			
高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料油デイタンク	常設耐震／防止	原子炉建屋 EL. 8.2*	0.037	0.002	－	－	C_H＝1.10	C_V＝0.96	静水頭	55	[redacted]

注記 ＊：基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

m_0 (kg)	D_i (mm)	t (mm)	t_e (mm)	H (mm)	I_{sx} (mm^4)	I_{sy} (mm^4)
8660	1800	9.0	12.0	1604	5.274×10^8	8.778×10^8

A_S (mm^2)	E (MPa)	E_S (MPa)	G_S (MPa)	A_{S1} (mm^2)	A_{S2} (mm^2)	n	A_b (mm^2)
5.555×10^4	201000 *1	201000 *2	77300	1.893×10^4	3.390×10^4	4	706.9 (M30)

S_y（胴板） (MPa)	S_u（胴板） (MPa)	S_y（脚） (MPa)	S_u（脚） (MPa)	S_y（基礎ボルト） (MPa)	S_u（基礎ボルト） (MPa)	F*（基礎ボルト） (MPa)
239 *1	391 *1	231 *2	394 *2	231 *2	394 *2	276

注記 ＊1：最高使用温度で算出
＊2：周囲環境温度で算出

2.3 計算数値

2.3.1 胴に生じる応力 （単位：MPa）

応　　力	弾性設計用地震動S_d 又は静的震度	基準地震動S_s
	発 生 応 力	発 生 応 力
一次一般膜	－	σ_0 ＝ 10
一　　次	－	σ_1 ＝ 52
一次＋二次	－	σ_2 ＝ 359

2.3.2 脚に生じる応力 （単位：MPa）

応　　力	弾性設計用地震動S_d 又は静的震度	基準地震動S_s
	発 生 応 力	発 生 応 力
一　　次	－	σ_{S1} ＝ 79
一次＋二次	－	σ_{S2} ＝ 332

2.3.3 基礎ボルトに生じる応力 （単位：MPa）

応　　力	弾性設計用地震動S_d 又は静的震度	基準地震動S_s
	発 生 応 力	発 生 応 力
引　張　り	－	σ_b ＝ 30
せ　ん　断	－	τ_b ＝ 45

2.4 結論

2.4.1 応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
胴板	SS41	一次一般膜	－	－	σ_0 ＝ 10	S_a ＝ 235
		一次	－	－	σ_1 ＝ 52	S_a ＝ 352
		一次＋二次	－	－	σ_2 ＝ 359	S_a ＝ 478
脚	[redacted]	一次	－	－	σ_{S1} ＝ 79	S_a ＝ 355
		一次＋二次	－	－	σ_{S2} ＝ 332	S_a ＝ 462
基礎ボルト		引張り	－	－	σ_b ＝ 30	f_{ts} ＝ 177*
		せん断	－	－	τ_b ＝ 45	f_{sb} ＝ 159

すべて許容応力以下である。

注記 ＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}]$より算出

Ⅴ-2-10-1-3-4　高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料移送ポンプの耐震性についての計算書

目次

1. 概要 ····· 1
2. 一般事項 ····· 1
2.1 構造計画 ····· 1
3. 構造強度評価 ····· 3
3.1 構造強度評価方法 ····· 3
3.2 荷重の組合せ及び許容応力 ····· 3
4. 機能維持評価 ····· 8
4.1 基本方針 ····· 8
4.2 ポンプの動的機能維持評価 ····· 9
4.3 ポンプ逃し弁の動的機能維持評価 ····· 18
4.4 原動機の動的機能維持評価 ····· 18
5. 評価結果 ····· 19
5.1 設計基準対象施設としての評価結果 ····· 19
5.2 重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 19
5.3 動的機能維持評価結果 ····· 19

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料移送ポンプが設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料移送ポンプは，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び動的機能維持評価を示す。

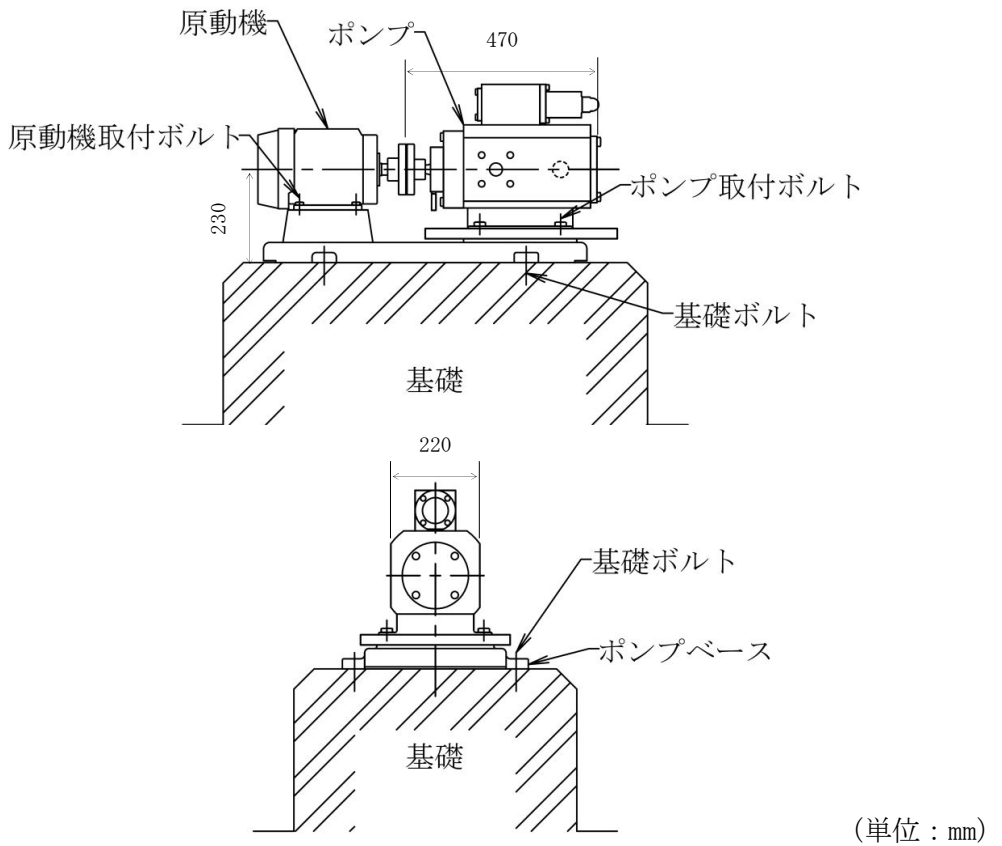
2. 一般事項

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-4　横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を行う。ただし，動的機能維持に係る評価は「4.　機能維持評価」に基づき行う。

2.1　構造計画

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料移送ポンプの構造計画を表2-1に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
ポンプはポンプベースに固定され，ポンプベースは基礎ボルトで基礎に据え付ける。	横形ポンプスクリュー式	

3.　構造強度評価

3.1　構造強度評価方法

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料移送ポンプは横軸ポンプと類似の構造であるため，構造強度評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-4　横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

3.2　荷重の組合せ及び許容応力

3.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料移送ポンプの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表3-1に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表3-2に示す。

3.2.2　許容応力

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料移送ポンプの許容応力は，添付書類「Ⅴ-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表3-3及び表3-4のとおりとする。

3.2.3　使用材料の許容応力評価条件

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料移送ポンプの使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表3-5に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表3-6に示す。

表 3-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震設計上の重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電用原子炉の附属施設	非常用電源設備	高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料移送ポンプ	S	－*	$D+P_D+M_D+S_d$*	III_AS
					$D+P_D+M_D+S_s$	IV_AS

注記　＊：その他のポンプ及びその他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 3-2　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電用原子炉の附属施設	非常用電源設備	高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料移送ポンプ	常設耐震／防止	－*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	IV_AS
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS（V_ASとしてIV_ASの許容限界を用いる。）

注記　＊1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備を示す。

＊2：その他のポンプ及びその他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

＊3：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 3-3　許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1，*2 （ボルト等）	
	一　次　応　力	
	引張り	せん断
ⅢＡＳ	1.5・f_t	1.5・f_s
ⅣＡＳ	1.5・f_t*	1.5・f_s*
ＶＡＳ （ＶＡＳとしてⅣＡＳの許容限界を用いる。）		

注記　＊1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 3-4　許容応力（その他のポンプ及び重大事故等その他のポンプ）

許容応力状態	許容限界*1，*2 （主軸等）	
	一次一般応力	一次膜応力＋一次曲げ応力
ⅢＡＳ	S_yと 0.6・S_uの小さい方 ただし，オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については上記値と 1.2・Ｓとの大きい方	左欄の 1.5 倍の値
ⅣＡＳ	0.6・S_u	左欄の 1.5 倍の値
ＶＡＳ （ＶＡＳとしてⅣＡＳの許容限界を用いる。）		

注記　＊1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 3-5　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
基礎ボルト		周囲環境温度		198	504	205
ポンプ取付ボルト		最高使用温度	55	710	827	—
原動機取付ボルト		最高使用温度	55	710	827	—

表 3-6　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
基礎ボルト		周囲環境温度		198	504	205
ポンプ取付ボルト		最高使用温度	55	710	827	—
原動機取付ボルト		最高使用温度	55	710	827	—
ポンプ主軸		最高使用温度	55	336	550	—

4. 機能維持評価

4.1 基本方針

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料移送ポンプは，添付書類「Ⅴ-2-1-9 機能維持の基本方針」に記載されていない横置きのスクリュー式ポンプであるため，原子力発電所耐震設計技術指針（ＪＥＡＧ４６０１－1991 追補版）（日本電気協会 電気技術基準調査委員会 平成3年6月）（以下「ＪＥＡＧ４６０１」という。）にて定められた評価部位の健全性を詳細評価することで動的機能維持の確認を行う。

(1) 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料移送ポンプは地震時においてもその機能が維持されるよう，動的機能維持の評価を行う。なお，本ポンプは添付書類「Ⅴ-2-1-9 機能維持の基本方針」に記載されていない横置きのスクリュー式ポンプであるため，機能維持評価は，ＪＥＡＧ４６０１にて定められた評価部位の健全性を確認することで動的機能維持の確認を行う。また，原動機については横形ころがり軸受電動機であるため，添付書類「Ⅴ-2-1-9 機能維持の基本方針」に記載の機能確認済加速度を適用する。

(2) 本ポンプは横置きの機器であることから，ＪＥＡＧ４６０１に従い構造的に一つの剛体として取扱う。

4.2　ポンプの動的機能維持評価

4.2.1　評価対象部位

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料移送ポンプは，容量等がＪＥＡＧ４６０１に記載されている横形遠心式ポンプを上回ることはなく，回転機能を担う構成要素も変わらない。したがって，基本的な構成要素はＪＥＡＧ４６０１に記載されている横形ポンプと同等であることから，ＪＥＡＧ４６０１に記載の横形ポンプの動的機能維持評価項目に従い，以下の部位について評価を実施する。

①基礎・取付ボルト

「a．基礎ボルト」「b．取付ボルト」については，「3．構造強度評価」に従い評価を行った「5．評価結果」にて十分な裕度を有していることを確認している。

②軸系としての評価

地震時の主軸発生応力の評価を行う。

③摺動部（軸系）

主軸とケーシング間の摺動部（主ねじ部）の評価として地震時の隙間評価を行う。

④軸受

軸受の地震時の面圧を評価する。

4.2.2　評価基準値

(1)　スクリュー式ポンプ

①軸系としての評価（主軸発生応力）

軸の許容応力はその他のポンプの許容応力状態ⅢＡＳに準拠し設定する。

②摺動部（軸系）

主軸の地震時の変形量が摺動部（主ねじ部）については主ねじとスリーブ間の隙間より小さいこと。

③軸受

主軸の地震時の軸受への荷重が，軸受の許容面圧以下であること。

4.2.3　記号の説明

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料移送ポンプの動的機能維持評価に使用する記号を表 4-2 に示す。

表 4-2　記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_{Ri}	ラジアル荷重を受ける軸受の投影面積	mm^2
A_T	スラスト荷重を受ける軸受の投影面積	mm^2
C_H	水平方向震度	－
C_V	鉛直方向震度	－
d_j	軸の評価箇所の軸径	mm
E	縦弾性係数	MPa
g	重力加速度（＝9.80665）	m/s^2
I_j	軸の評価箇所の断面二次モーメント	mm^4
ℓ	軸長さ	mm
ℓ_1	支点間距離	mm
ℓ_2	支点Ａから軸端までの距離	mm
M	軸に作用する最大曲げモーメント	N･mm
M_{Cj}	W_Cにより発生する軸の最大曲げモーメント	N･mm
M_{Sj}	wにより発生する軸の最大曲げモーメント	N･mm
M_P	ポンプ回転により作用するモーメント	N･mm
m_C	カップリング質量	kg
m_S	軸質量	kg
N	回転速度（原動機の同期回転速度）	min^{-1}
P	原動機出力	kW
P_R	ラジアル荷重による軸受の最大面圧	MPa
P_{Ri}	ラジアル荷重による軸受の面圧	MPa
P_T	スラスト荷重による軸受の面圧	MPa
T	軸に作用するねじりモーメント	N･mm
w	地震力を考慮した軸等分布荷重	N/mm
W_C	地震力を考慮した軸端部荷重	N
W_{Ri}	軸受にかかる地震時のラジアル荷重	N
W_{Ri1}	wにより発生する反力	N
W_{Ri2}	W_Cにより発生する反力	N
W_T	軸受にかかる地震時のスラスト荷重	N
W_2	軸受にかかる通常運転時スラスト荷重	N
x_1	支点Ｂから軸評価点までの距離	mm
x_2	支点Ａから軸評価点までの距離	mm
δ_{Cjk}	W_Cにより発生する軸のたわみ量	mm
δ_{Sjk}	wにより発生する軸のたわみ量	mm

記号	記号の説明	単位
δ_j	摺動部（主ねじ部）における軸のたわみ量	mm
π	円周率	－
τ_{max}	軸に生じる最大せん断応力	MPa

添字 i の意味は i=A　：支点Ａ　　，i=B　：支点Ｂ

添字 j の意味は j=１　：支点間　　，j=２　：張出部

添字 k の意味は k=s　：wによる評価　，k=c　：W_Cによる評価

4.2.4　評価方法

(1)　軸

軸の評価は，軸を単純はりとしてモデル化し，地震力が加わる場合のねじりと曲げの組合せによる軸の応力を算出する。

発生する応力値が，その許容応力値を下回ることを確認する。

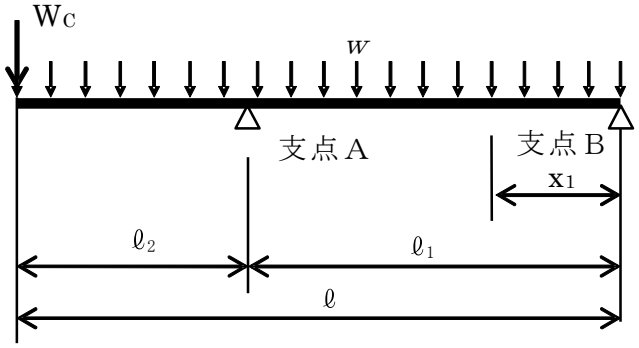


図 4-1　軸の評価モデル

軸に生じる最大せん断応力 τ_{max} は次式で求める。

$$\tau_{max} = \left(\frac{16}{\pi \cdot d_1{}^3}\right) \cdot \sqrt{M^2 + T^2} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (4.3.4.1)$$

ここで，ねじりモーメントTは，

$$T = M_P \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (4.3.4.2)$$

ここで，ポンプ回転により作用するモーメントM_Pは，

$$M_P = \left(\frac{60}{2 \cdot \pi \cdot N}\right) \cdot 10^6 \cdot P \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (4.3.4.3)$$

（1 kW＝10^6N･mm/s）

軸に作用する最大曲げモーメントM

$$M = \max\left(M_{S1} + M_{C1},\ M_{S2} + M_{C2}\right) \quad \cdots\cdots\cdots (4.3.4.4)$$

ここで，主軸質量に地震力を考慮した軸等分布荷重 w は，

$$w = \frac{m_s \cdot g \cdot \sqrt{C_H{}^2 + (1 + C_V)^2}}{\ell} \quad \cdots\cdots\cdots (4.3.4.5)$$

NT2 補③ V-2-10-1-3-4 R0

軸等分布荷重wが作用した場合の支点A-B間の最大モーメントは，

$x_1=\ell_1/2\{1-(\ell_2^2/\ell_1^2)\}$で生じる。

$$M_{S1}=\frac{w}{8\ell_1^2}(\ell_1+\ell_2)^2(\ell_1-\ell_2)^2 \quad \cdots\cdots\cdots (4.3.4.6)$$

支点Aからの張出部での最大モーメントM_{S2}は，支点A（$x_2=0$）で生じる。

$$M_{S2}=\frac{W\ell_2^2}{2} \quad \cdots\cdots\cdots (4.3.4.7)$$

張出部に軸端部荷重Wcが作用した場合の支点A-B間の最大モーメントは，

$$x_1=\frac{\ell_1}{2}\left\{1-\left(\frac{\ell_2^2}{\ell_1^2}\right)\right\} \text{で生じる。}$$

$$M_{C1}=\frac{Wc\ \ell_2}{\ell_2}\cdot\frac{\ell_1}{2}\cdot\left(1-\frac{\ell_2^2}{\ell_1^2}\right) \quad \cdots\cdots\cdots (4.3.4.8)$$

張出部にカップリングの質量m_Cが作用した場合の支点Aからの張出部での最大モーメントM_{C2}は，支点A（$x_2=0$）で，

$$M_{C2}=Wc\cdot\ell_2 \quad \cdots\cdots\cdots (4.3.4.9)$$

ここで，張出し部に作用する軸端荷重Wcは，

$$W_C=m_c\cdot g\cdot\sqrt{C_H^2+(1+C_V)^2} \quad \cdots\cdots\cdots (4.3.4.10)$$

支点Aと支点B間の最大モーメントは，主軸の等分布質量とカップリング質量により発生する最大モーメントは（$M_{S1}+M_{C1}$）となる。

支点Aからの張出部での最大モーメントも同様にして主軸の等分布質量とカップリング質量により発生する最大モーメントは（$M_{S2}+M_{C2}$）となる。

(2)　軸受

軸受の評価は，地震力が加わる場合に発生する全荷重を軸受が受けるものとし，地震による荷重が軸受の許容荷重（許容面圧）以下であることを確認する。

a.　ラジアル荷重

ラジアル荷重による軸受の面圧は次式で求める。

$$P_R = \max(P_{RA},\ P_{RB}) \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (4.3.4.11)$$

支点Ａの軸受の面圧　P_{RA}は，

$$P_{RA} = \frac{W_{RA}}{A_{RA}} \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (4.3.4.12)$$

支点Ｂの軸受の面圧　P_{RB}は，

$$P_{RB} = \frac{W_{RB}}{A_{RB}} \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (4.3.4.13)$$

ここで，軸受にかかる地震時のラジアル荷重W_{Ri}は，

$$\left.\begin{aligned} W_{RA} &= W_{RA1}+W_{RA2} \\ W_{RB} &= W_{RB1}+W_{RB2} \end{aligned}\right\} \qquad \cdots\cdots (4.3.4.14)$$

主軸の等分布荷重 wにより支点Ａに働く反力W_{RA1}は，

$$W_{RA1} = \frac{w}{2\ell_1}\cdot(\ell_1+\ell_2)^2 \qquad \cdots\cdots\cdots (4.3.4.15)$$

主軸の等分布荷重 wにより支点Ｂに働く反力W_{RB1}は，

$$W_{RB1} = \frac{w}{2\ell_1}\cdot(\ell_1^2-\ell_2^2) \qquad \cdots\cdots\cdots (4.3.4.16)$$

張出部に軸端荷重Ｗｃが作用した場合の支点Ａに働く反力
W_{RA2}は，

$$W_{RA2} = \frac{Wc}{\ell_1}\cdot(\ell_1+\ell_2) \qquad \cdots\cdots\cdots (4.3.4.17)$$

張出部に軸端部荷重Ｗｃが作用した場合の支点Ｂに働く反力

W_{RB2}は，

$$W_{RB2}=\frac{Wc\cdot\ell_2}{\ell_1} \qquad \cdots\cdots\cdots(4.3.4.18)$$

b. スラスト荷重

スラスト荷重による軸受の面圧は次式で求める。

$$P_T=\frac{W_T}{A_T} \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(4.3.4.19)$$

ここで，軸受にかかる地震時のスラスト荷重W_tは，

$$W_T=(m_S+m_C)\cdot g\cdot C_H+W_2 \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(4.3.4.20)$$

(3) 摺動部（主ねじ部）

摺動部の評価は，軸を単純はりとしてモデル化し，地震力が加わる場合の摺動部（主ねじ部）における軸のたわみ量を算出し，発生するたわみ量が主ねじとスリーブ間隙間内であることを確認する。

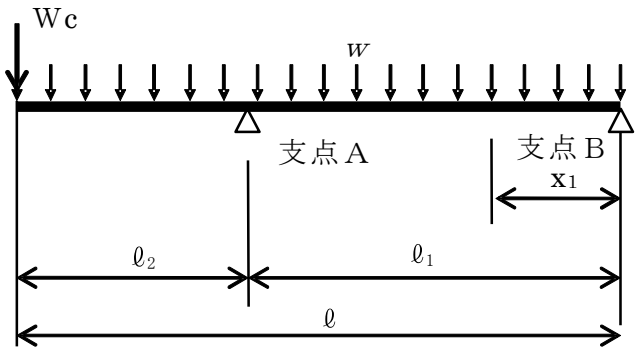


図 4-2 摺動部（主ねじ部）の評価モデル

摺動部（主ねじ部）支点Aと支点B間におけるwによる軸のたわみ量δ_{s1S}は次式で求める。

wによる最大たわみ点は $x_1=\ell_1/2\{1-(\ell_2^2/\ell_1^2)\}$である。

$$\delta_{s1S}=\frac{w\cdot x_1}{24EI_1\ell_1}\{\ell_1^4-2\ell_1^2x_1^2+x_1^3\ell_1-2\ell_2^2\ell_1^2+2\ell_2^2x_1^2\}\cdots(4.3.4.21)$$

摺動部（主ねじ部）支点Aと支点B間におけるwによる最大たわみ点でのWcによる軸のたわみ量δ_{c1s}は次式で求める。

$$\delta_{C1S} = \frac{Wc \cdot \ell_2 \cdot x_1}{6EI\ell_1} \left(\ell_1^2 - x_1^2\right) \quad \cdots (4.3.4.22)$$

摺動部（主ねじ部）支点Ａと支点Ｂ間におけるＷｃによる最大たわみ点での w による軸のたわみ量 δ_{S1C} は次式で求める。

Ｗｃによる最大たわみ点は　$x_1 = \frac{\ell_1}{\sqrt{3}}$ である。

$$\delta_{S1C} = \frac{w \cdot x_1}{24EI_1\ell_1}\left\{\ell_1^4 - 2\ell_1^2 x_1^2 + x_1^3\ell_1 - 2\ell_2^2\ell_1^2 + 2\ell_2^2 x_1^2\right\} \cdots (4.3.4.23)$$

摺動部（主ねじ部）支点Ａと支点Ｂ間におけるＷｃによる軸のたわみ量 δ_{C1C} は次式で求める。

$$\delta_{C1C} = \frac{W_C \ell_2 \ell_1^2}{9\sqrt{3}EI_1} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (4.3.4.24)$$

$$\delta_1 = \max\left(\delta_{S1S} + \delta_{C1S},\ \delta_{S1C} + \delta_{C1C}\right) \cdots\cdots\cdots (4.3.4.25)$$

4.4　ポンプ 逃し弁の動的機能維持評価

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料移送ポンプ用に逃し弁は，地震時動的機能維持が確認された機種と弁体がバネ等で弁座に押し付けられている類似の構造及び振動特性であることを考慮して，表 4-2 に記載の機能確認済加速度を適用する。

表 4-2　機能確認済加速度　　（× 9.8m/s^2）

評価部位	形式	方向	機能確認済加速度
逃し弁	特殊弁 安全弁	水平	1.0
		鉛直	1.0

4.5　原動機の動的機能維持評価

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料移送ポンプ用原動機は，地震時動的機能維持が確認された機種と類似の構造及び振動特性であるため,添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」に記載の機能確認済加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 4-3 に示す。

表 4-3　機能確認済加速度　　（×9.8 m/s^2）

評価部位	形式	方向	機能確認済加速度
原動機	横形ころがり 軸受電動機	水平	4.7
		鉛直	1.0

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料移送ポンプの設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有することを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料移送ポンプの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

5.3 動的機能維持評価結果

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料移送ポンプの動的機能維持評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な動的機能を有することを確認した。

(1) 機能維持評価結果

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料移送ポンプの耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震設計上の重要度分類	据付場所及び床面高さ（m）	固有周期（s）		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		ポンプ振動による震度	最高使用温度（℃）	周囲環境温度（℃）
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度			
高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料移送ポンプ	S	常設代替高圧電源装置置場 EL. 2. 00*1	－*2	－*2	C_H＝0. 41	C_V＝0. 36	C_H＝0. 81	C_V＝0. 71		55	

注記 ＊1：基準床レベルを示す。
＊2：固有周期は十分に小さく，計算は省略する。

1.2 機器要目

(1)構造強度評価

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}*1 (mm)	ℓ_{2i}*1 (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	n_{fi}*1	
							弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト（i＝1）						4	2	2
							2	2
ポンプ取付ボルト（i＝2）						4	2	2
							2	2
原動機取付ボルト（i＝3）						4	2	2
							2	2

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i^* (MPa)	転倒方向		M_P (N・mm)	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト（i＝1）	205*2	504*2	205	246	軸	軸直角	－	－
ポンプ取付ボルト（i＝2）	710*3	827*3	578	578	軸	軸	－	－
原動機取付ボルト（i＝3）	710*3	827*3	578	578	軸直角	軸直角	－	

注記 ＊1：各ボルトの機器要目における上段は軸方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は軸直角方向転倒に対する評価時の要目を示す。
＊2：周囲環境温度で算出
＊3：最高使用温度で算出

予想最大両振幅 (μm)	回転速度 (min^{-1})

(2)機能維持評価

m_S (kg)	m_C (kg)	ℓ (mm)	ℓ_1 (mm)	ℓ_2 (mm)	d_1 (mm)

A_{RA} (mm^2)	A_{RB} (mm^2)	A_T (mm^2)	E (MPa)	I_1 (mm^4)	N (min^{-1})	W_2 (N)

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i=1)	208.9		1.520×10^3	
ポンプ取付ボルト (i=2)	102.2		866.1	
原動機取付ボルト (i=3)	26.74		183.6	

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト		引張り				
		せん断				
ポンプ取付ボルト		引張り				
		せん断				
原動機取付ボルト		引張り				
		せん断				

注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出。
すべて許容応力以下である。

1.4.2 動的機能の評価結果

1.4.2.1 機能確認済加速度との比較 （×9.8 m/s²）

		評価用加速度	機能確認済加速度
逃し弁	水平方向	0.81	1.0
	鉛直方向	0.71	1.0
原動機	水平方向	0.81	4.7
	鉛直方向	0.71	1.0

逃し弁，原動機は，評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

1.4.2.2 スクリュー式ポンプの動的機能維持評価

1.4.2.2.1 代表評価項目の評価

基礎ボルト，取付ボルトについては，構造強度評価にて設計用地震力に対して十分な構造強度を有しているため，計算は省略する。

1.4.2.2.2 上記以外の基本評価項目の評価

(1) 軸の応力評価 （単位：MPa）

評価部位	発生応力	許容応力
軸	τ_{max}=8	495

すべて許容応力以下である。

(2) 軸受の評価 （単位：MPa）

評価部位	荷 重	発生面圧	許容面圧
軸 受	ラジアル（原動機側）	P_{RA}=0.0790	
	ラジアル（負荷側）	P_{RB}=0.1356	
	スラスト	P_{T}=0.1588	

すべて許容面圧以下である。

(3) 摺動部（主ねじ）の評価 （単位：mm）

評価部位	たわみ量	スリーブ間隙間
摺動部（主ねじ）		

すべてスリーブ間隙以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		ポンプ振動による震度	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度			
高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料移送ポンプ	常設耐震／防止	常設代替高圧電源装置置場 EL. 2.00*1	－*2	－*2	－	－	C_H=0.81	C_V=0.71		55	

注記 *1：基準床レベルを示す。
*2：固有周期は十分に小さく，計算は省略する。

2.2 機器要目

(1)構造強度評価

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}*1 (mm)	ℓ_{2i}*1 (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	n_{fi}*1	
							弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i=1)						4	－	2
								2
ポンプ取付ボルト (i=2)						4	－	2
								2
原動機取付ボルト (i=3)						4	－	2
								2

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i^* (MPa)	転倒方向		M_P (N・mm)	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i=1)	205*2	504*2	－	246	－	軸直角	－	－
ポンプ取付ボルト (i=2)	710*3	827*3	－	578	－	軸	－	－
原動機取付ボルト (i=3)	710*3	827*3	－	578	－	軸直角		

予想最大両振幅 (μm)	回転速度 (min^{-1})

注記 *1：各ボルトの機器要目における上段は軸方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は軸直角方向転倒に対する評価時の要目を示す。
*2：周囲環境温度で算出
*3：最高使用温度で算出

(2)機能維持評価

m_S (kg)	m_C (kg)	ℓ (mm)	ℓ_1 (mm)	ℓ_2 (mm)	d_1 (mm)

A_{RA} (mm^2)	A_{RB} (mm^2)	A_T (mm^2)	E (MPa)	I_1 (mm^4)	N (min^{-1})	W_2 (N)

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i=1)	－		－	
ポンプ取付ボルト (i=2)	－		－	
原動機取付ボルト (i=3)	－		－	

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト		引張り	－	－		*
		せん断	－	－		
ポンプ取付ボルト		引張り	－	－		
		せん断	－	－		
原動機取付ボルト		引張り	－	－		
		せん断	－	－		

すべて許容応力以下である。

注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

2.4.2 動的機能の評価結果

2.4.2.1 機能確認済加速度との比較 （×9.8 m/s²）

		評価用加速度	機能確認済加速度
逃し弁	水平方向	0.81	1.0
	鉛直方向	0.71	1.0
原動機	水平方向	0.81	4.7
	鉛直方向	0.71	1.0

逃し弁，原動機は，評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

2.4.2.2 スクリュー式ポンプの動的機能維持評価

2.4.2.2.1 代表評価項目の評価

基礎ボルト，取付ボルトについては，構造強度評価にて設計用地震力に対して十分な構造強度を有しているため，計算は省略する。

2.4.2.2.2 上記以外の基本評価項目の評価

(1) 軸の応力評価 （単位：MPa）

評価部位	発生応力	許容応力
軸	τ_{max}=8	495

すべて許容応力以下である。

(2) 軸受の評価 （単位：MPa）

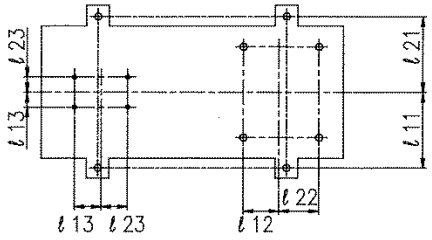
評価部位	荷 重	発生面圧	許容面圧
軸 受	ラジアル（原動機側）	P_{RA}=0.0790	
	ラジアル（負荷側）	P_{RB}=0.1356	
	スラスト	P_{T}=0.1588	

すべて許容面圧以下である。

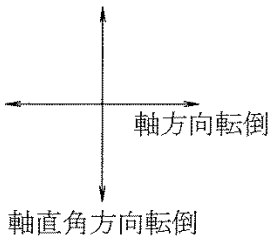
(3) 摺動部（主ねじ）の評価 （単位：mm）

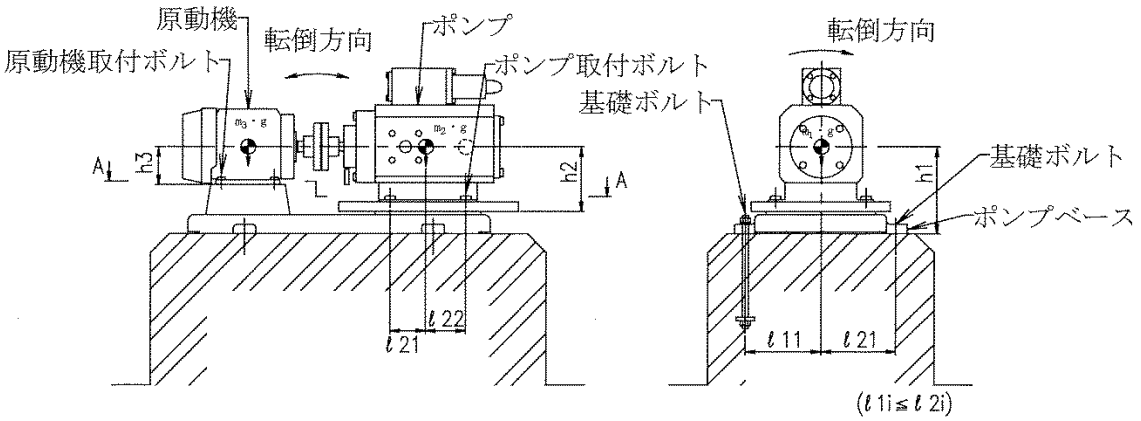
評価部位	たわみ量	スリーブ間隙間
摺動部（主ねじ）		

すべてスリーブ間隙以下である。


ℓ23
ℓ13
ℓ21
ℓ11
ℓ22
ℓ13 ℓ23
ℓ12

A-A矢視図


軸方向転倒
軸直角方向転倒


原動機
転倒方向
ポンプ
原動機取付ボルト
ポンプ取付ボルト
基礎ボルト
A
h3
h2
A
ℓ22
ℓ21
転倒方向
基礎ボルト
ポンプベース
h1
ℓ11
ℓ21
(ℓ1i≦ℓ2i)

Ⅴ-2-10-1-3-5　高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機制御盤の耐震性についての計算書

目次

1. 概要 ····· 1
2. 一般事項 ····· 1
2.1 構造計画 ····· 1
3. 固有周期 ····· 4
3.1 固有周期の算出方法 ····· 4
4. 構造強度評価 ····· 5
4.1 構造強度評価方法 ····· 5
4.2 荷重の組合せ及び許容応力 ····· 5
5. 機能維持評価 ····· 9
5.1 電気的機能維持評価方法 ····· 9
6. 評価結果 ····· 10
6.1 設計基準対象施設としての評価結果 ····· 10
6.2 重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 10

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機制御盤が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機制御盤は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備に分類される。以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機制御盤は，以下の表 1-1 に示す盤から構成される。本計算書においては，その各々の盤に対して耐震計算を行う。

表 1-1　高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機制御盤の構成

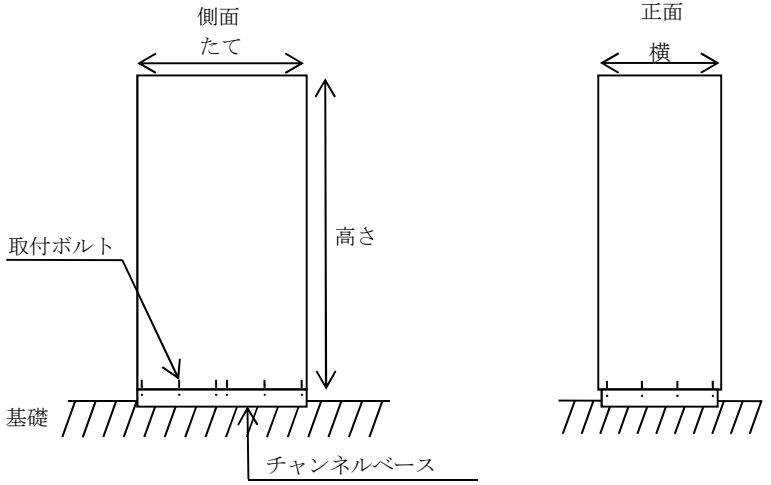
系統	盤名称	個数
高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機	制御盤（保護継電装置を含む）	1
	自動電圧調整器盤	1
	シリコン整流器盤（励磁装置を含む）	1
	シリコン整流器用変圧器盤	1
	交流リアクトル盤	1
	可飽和変流器盤	1
	中性点接地変圧器盤	1

2. 一般事項

2.1 構造計画

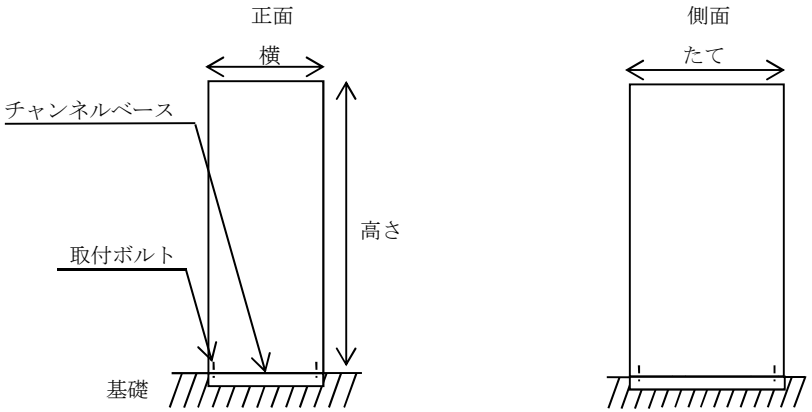
高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機制御盤の構造計画を表 2-1 及び表 2-2 に示す。

表 2-1　構造計画

<table>
<tr><th colspan="2">計画の概要</th><th rowspan="2">概略構造図</th></tr>
<tr><th>基礎・支持構造</th><th>主体構造</th></tr>
<tr><td>高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機制御盤のうち制御盤，自動電圧調整器盤及びシリコン整流器盤は，基礎に埋め込まれたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。</td><td>直立形
（鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤）</td><td>制御盤，自動電圧調整器盤及びシリコン整流器盤
 

<table>
<tr><th></th><th>制御盤</th><th>自動電圧調整器盤</th><th>シリコン整流器盤</th></tr>
<tr><td>たて</td><td>約 1600 mm</td><td>約 1900 mm</td><td>約 1900 mm</td></tr>
<tr><td>横</td><td>約 1000 mm</td><td>約 1200 mm</td><td>約 1000 mm</td></tr>
<tr><td>高さ</td><td>約 2300 mm</td><td>約 2300 mm</td><td>約 2300 mm</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

表 2-2　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機制御盤のうちシリコン整流器用変圧器盤，交流リアクトル盤，可飽和変流器盤及び中性点接地変圧器盤は，基礎に埋め込まれたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。	直立形 （鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤）	シリコン整流器用変圧器盤，交流リアクトル盤，可飽和変流器盤及び中性点接地変圧器盤 

	シリコン整流器用変圧器盤	交流リアクトル盤	可飽和変流器盤	中性点接地変圧器盤
たて	約 1900 mm	約 1900 mm	約 1900 mm	約 1900 mm
横	約 1200 mm	約 1000 mm	約 3500 mm	約 1200 mm
高さ	約 2300 mm	約 2300 mm	約 2300 mm	約 2300 mm

3. 固有周期

3.1 固有周期の算出方法

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機制御盤のうち制御盤，自動電圧調整器盤，シリコン整流器盤，シリコン整流器用変圧器盤，交流リアクトル盤及び中性点接地変圧器盤の固有周期は以下の通りとする。

水平方向の固有周期は，プラスチックハンマ等により当該装置に振動を与え，固有振動数測定装置（圧電式加速度ピックアップ，振動計，分析器）により固有振動数（共振周波数）を測定する。測定の結果，剛であることを確認した。鉛直方向の固有周期は，構造が同様な盤に対する打振試験の測定結果から，剛とする。

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機制御盤のうち可飽和変流器盤の固有周期は，構造が同様な盤に対する打振試験の測定結果から，剛とする。

固有周期を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期（s）

名称	方向	固有周期
制御盤	水平	[redacted]
	鉛直	0.05 以下
自動電圧調整器盤	水平	[redacted]
	鉛直	0.05 以下
シリコン整流器盤	水平	[redacted]
	鉛直	0.05 以下
シリコン整流器用変圧器盤	水平	[redacted]
	鉛直	0.05 以下
交流リアクトル盤	水平	[redacted]
	鉛直	0.05 以下
可飽和変流器盤	水平	0.05 以下
	鉛直	0.05 以下
中性点接地変圧器盤	水平	[redacted]
	鉛直	0.05 以下

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機制御盤の構造は直立形であるため，構造強度評価は，添付書類「V-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

4.2　荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機制御盤の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設としての評価に用いるものを表 4-1 に，重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-2 に示す。

4.2.2　許容応力

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機制御盤の許容応力を表 4-3 に示す。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機制御盤の使用材料の許容応力のうち設計基準対象施設としての評価に用いるものを表 4-4 に，重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-5 に示す。

表 4-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震設計上の重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源設備	非常用発電装置	高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機制御盤	S	―*	$D+P_D+M_D+S_d$*	III_AS
					$D+P_D+M_D+S_s$	IV_AS

注記　＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4-2　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源設備	非常用発電装置	高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機制御盤	常設耐震／防止	―*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	IV_AS
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS（V_ASとしてIV_ASの許容限界を用いる。）

注記　＊1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

＊3：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4-3　許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 （ボルト等）	
	一次応力	
	引張り	せん断
$Ⅲ_AS$	1.5・f_t	1.5・f_s
$Ⅳ_AS$	1.5・f_t*	1.5・f_s*
$Ⅴ_AS$ （$Ⅴ_AS$として$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）		

注記　＊1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-4　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件（℃）		Ｓｙ（MPa）	Ｓｕ（MPa）	Ｓｙ（ＲＴ）（MPa）
取付ボルト*1	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	215	400	－
取付ボルト*2	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	235	400	－

注記　＊1：制御盤，自動電圧調整器盤及びシリコン整流器盤の取付ボルトを示す。

＊2：シリコン整流器用変圧器盤，交流リアクトル盤，可飽和変流器盤及び中性点接地変圧器盤の取付ボルトを示す。

表 4-5　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件（℃）		Ｓｙ（MPa）	Ｓｕ（MPa）	Ｓｙ（ＲＴ）（MPa）
取付ボルト*1	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	215	400	－
取付ボルト*2	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	235	400	－

注記　＊1：制御盤，自動電圧調整器盤及びシリコン整流器盤の取付ボルトを示す。

＊2：シリコン整流器用変圧器盤，交流リアクトル盤，可飽和変流器盤及び中性点接地変圧器盤の取付ボルトを示す。

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機制御盤の電気的機能維持評価について，以下に示す。

電気的機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機制御盤のうち制御盤，自動電圧調整器盤及びシリコン整流器盤の機能確認済加速度には，同形式の器具の正弦波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した器具の加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

シリコン整流器用変圧器盤，交流リアクトル盤，可飽和変流器盤及び中性点接地変圧器盤は，ＪＥＡＧ４６０１－1987 において「装置」に分類され，機能維持評価は構造健全性を確認することとされている。したがって，これらの機能維持評価は，支持構造物が健全であることの確認により行う。

表 5-1　機能確認済加速度　（×9.8 m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
制御盤	水平	2.20
	鉛直	1.00
自動電圧調整器盤	水平	2.40
	鉛直	2.00
シリコン整流器盤	水平	4.00
	鉛直	2.00

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機制御盤の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機制御盤の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【制御盤の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震設計上の重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
制御盤	S	EL.0.70 (EL.2.00*)		0.05以下	C_H=0.58	C_V=0.48	C_H=0.96	C_V=0.92	

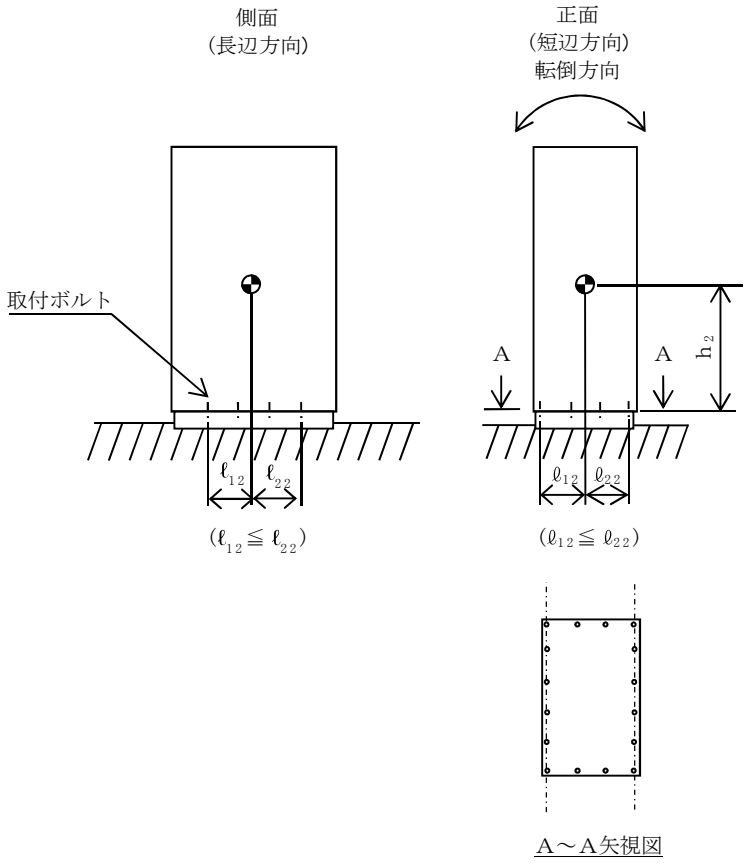
注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm²)	n_i	nf_i*
取付ボルト (i=2)							6
							4

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	215	400	215	258	短辺方向	短辺方向



A～A矢視図

1.3　計算数値

1.3.1　ボルトに作用する力　　(単位：N)

部　　材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト（i＝2）	912.0	2.275×10^3	6.825×10^3	1.130×10^4

1.4　結　　論

1.4.1　ボルトの応力　　(単位：MPa)

部　　材	材　料	応　力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	[redacted]	引張り	$\sigma_{b2}=5$	$f_{ts2}=161$*	$\sigma_{b2}=12$	$f_{ts2}=193$*
		せん断	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=124$	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=148$

すべて許容応力以下である。　　注記　＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

1.4.2　電気的機能維持の評価結果　　(単位：×9.8 m/s^2)

		評価用加速度	機能確認済加速度
制御盤	水平方向	0.80	2.20
	鉛直方向	0.77	1.00

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

【制御盤の耐震性についての計算結果】

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
制御盤	常設耐震／防止	EL.0.70 (EL.2.00*)		0.05以下	－	－	C_H=0.96	C_V=0.92	

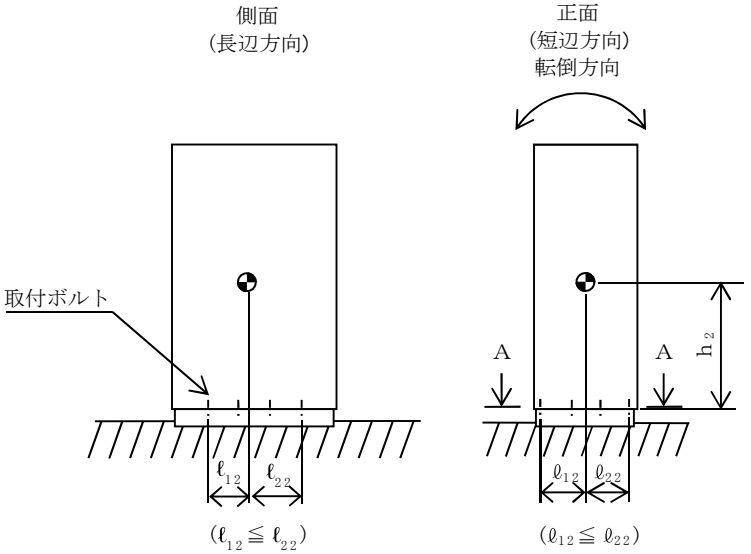
注記 ＊：基準床レベルを示す。

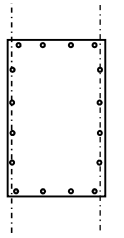
2.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	nf_i*
取付ボルト (i=2)							6
							4

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	215	400	－	258	－	短辺方向





A～A矢視図

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	－	2.275×10^3	－	1.130×10^4

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=12$	$f_{ts2}=193$*
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=148$

すべて許容応力以下である。

注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

2.4.2 電気的機能維持の評価結果 (単位：×9.8 m/s^2)

		評価用加速度	機能確認済加速度
制御盤	水平方向	0.80	2.20
	鉛直方向	0.77	1.00

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

【自動電圧調整器盤の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震設計上の重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
自動電圧調整器盤	S	EL.0.70 (EL.2.00*)		0.05以下	C_H=0.58	C_V=0.48	C_H=0.96	C_V=0.92	

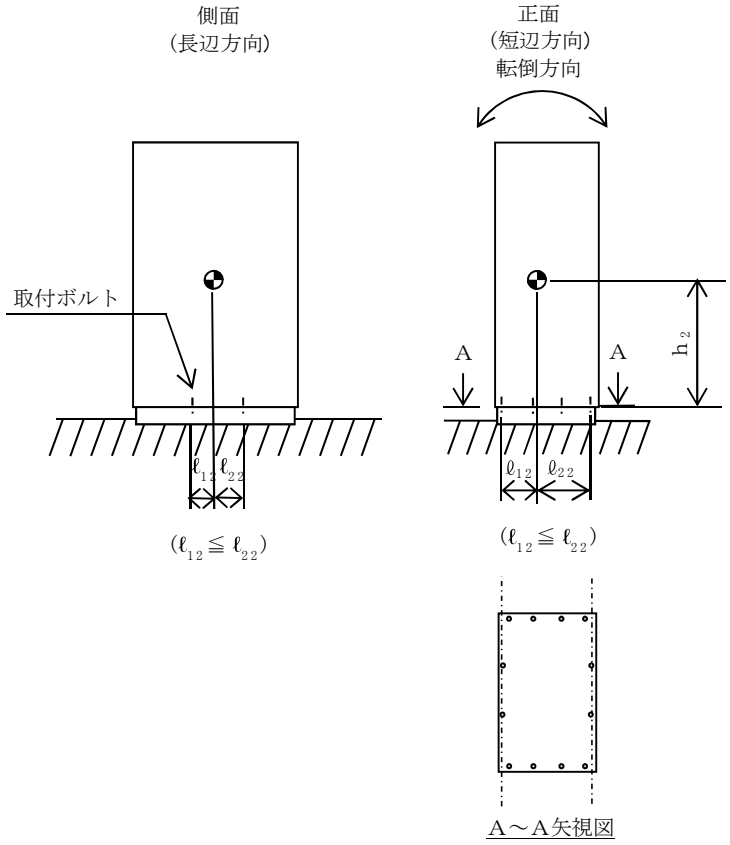
注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm²)	n_i	nf_i*
取付ボルト (i=2)							2
							4

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	215	400	215	258	短辺方向	短辺方向



1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	3.320×10^3	7.792×10^3	1.024×10^4	1.695×10^4

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	[redacted]	引張り	$\sigma_{b2}=17$	$f_{ts2}=161$*	$\sigma_{b2}=39$	$f_{ts2}=193$*
		せん断	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=124$	$\tau_{b2}=8$	$f_{sb2}=148$

すべて許容応力以下である。

注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 (単位：×9.8 m/s^2)

		評価用加速度	機能確認済加速度
自動電圧調整器盤	水平方向	0.80	2.40
	鉛直方向	0.77	2.00

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

【自動電圧調整器盤の耐震性についての計算結果】

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
自動電圧調整器盤	常設耐震／防止	EL.0.70 (EL.2.00*)		0.05以下	－	－	C_H=0.96	C_V=0.92	

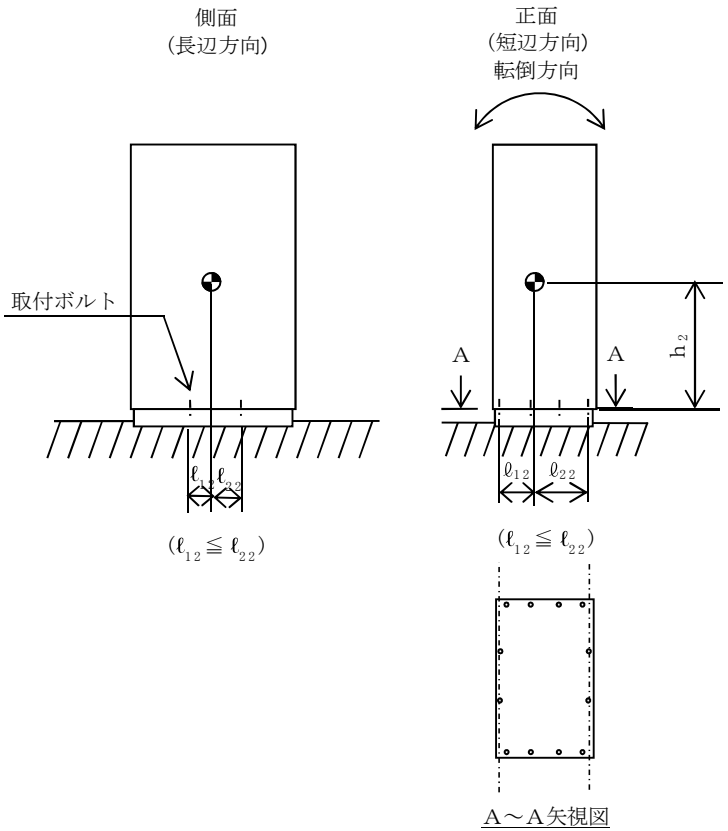
注記 ＊：基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	nf_i*
取付ボルト (i=2)							2
							4

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	215	400	－	258	－	短辺方向



2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	－	7.792×10^3	－	1.695×10^4

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=39$	$f_{ts2}=193$*
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=8$	$f_{sb2}=148$

すべて許容応力以下である。

注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot\tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

2.4.2 電気的機能維持の評価結果 (単位：×9.8 m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
自動電圧調整器盤	水平方向	0.80	2.40
	鉛直方向	0.77	2.00

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

【シリコン整流器盤の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震設計上の重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
シリコン整流器盤	S	EL.0.70 (EL.2.00*)		0.05以下	C_H=0.58	C_V=0.48	C_H=0.96	C_V=0.92	

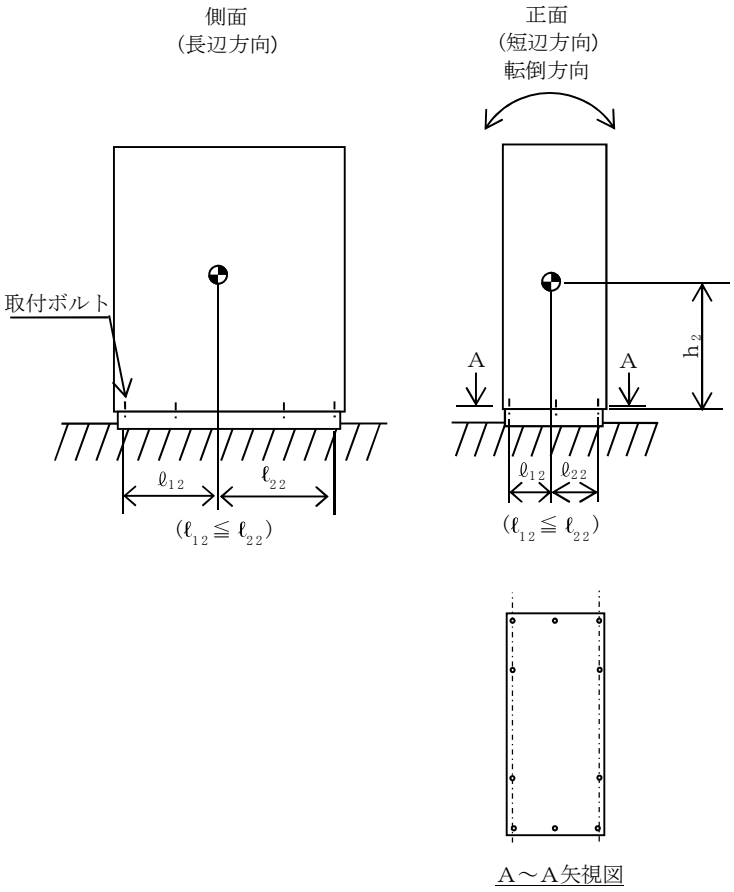
注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm²)	n_i	nf_i*
取付ボルト (i=2)							4
							3

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	215	400	215	258	短辺方向	短辺方向



A～A矢視図

1.3　計算数値

1.3.1　ボルトに作用する力　　(単位：N)

部　　材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト（i＝2）	1.726×10^3	4.230×10^3	8.532×10^3	1.412×10^4

1.4　結論

1.4.1　ボルトの応力　　(単位：MPa)

部　　材	材　料	応　力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	[redacted]	引張り	$\sigma_{b2}=6$	$f_{ts2}=161^*$	$\sigma_{b2}=14$	$f_{ts2}=193^*$
		せん断	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=124$	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=148$

すべて許容応力以下である。

注記　＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

1.4.2　電気的機能維持の評価結果　　(単位：×9.8 m/s^2)

		評価用加速度	機能確認済加速度
シリコン整流器盤	水平方向	0.80	4.00
	鉛直方向	0.77	2.00

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

【シリコン整流器盤の耐震性についての計算結果】

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
シリコン整流器盤	常設耐震／防止	EL. 0. 70 (EL. 2. 00*)		0.05 以下	－	－	C_H＝0.96	C_V＝0.92	

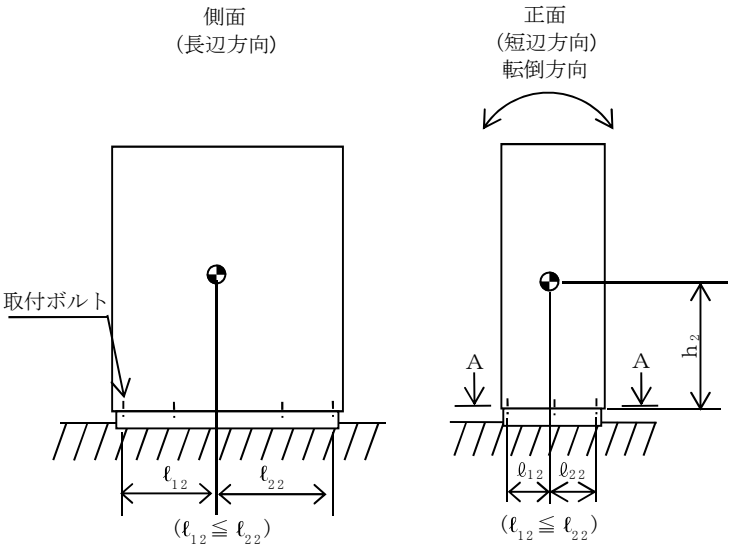
注記 ＊：基準床レベルを示す。

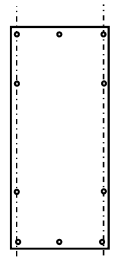
2.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm²)	n_i	nf_i*
取付ボルト (i＝2)							4
							3

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i＝2)	215	400	－	258	－	短辺方向





A～A矢視図

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	－	4.230×10^3	－	1.412×10^4

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=14$	$f_{ts2}=193$*
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=148$

すべて許容応力以下である。

注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

2.4.2 電気的機能維持の評価結果 (単位：×9.8 m/s^2)

		評価用加速度	機能確認済加速度
シリコン整流器盤	水平方向	0.80	4.00
	鉛直方向	0.77	2.00

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

【シリコン整流器用変圧器盤の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震設計上の重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
シリコン整流器用変圧器盤	S	EL.0.70 (EL.2.00*)		0.05以下	C_H=0.58	C_V=0.48	C_H=0.96	C_V=0.92	

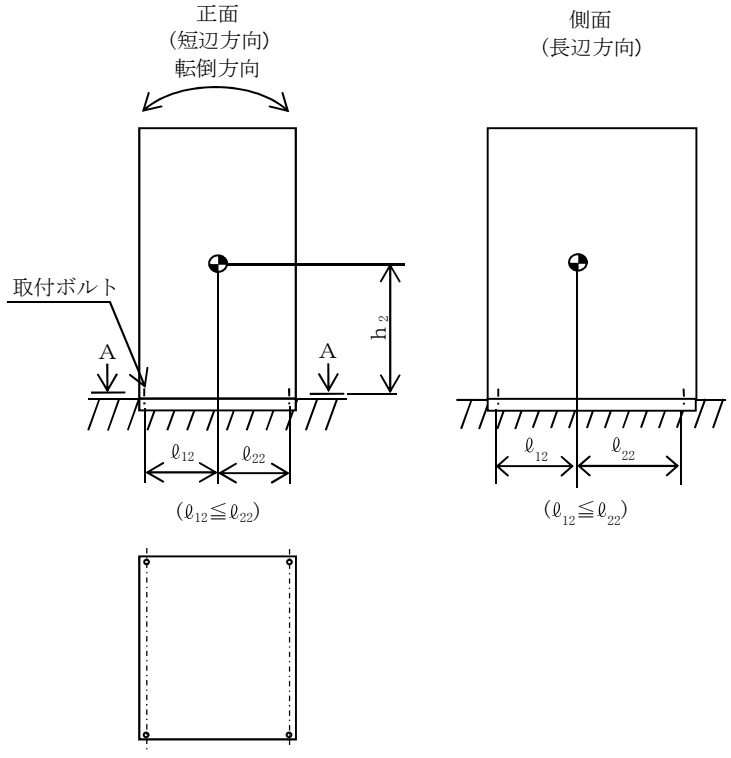
注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm²)	n_i	nf_i*
取付ボルト (i=2)							2
							2

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	235	400	235	280	短辺方向	短辺方向



A～A矢視図

1.3　計算数値

1.3.1　ボルトに作用する力　　(単位：N)

部　　材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト（i＝2）	5.585×10^3	1.537×10^4	1.820×10^4	3.013×10^4

1.4　結　　論

1.4.1　ボルトの応力　　(単位：MPa)

部　　材	材　料	応　力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	[redacted]	引張り	σ_{b2}＝18	f_{ts2}＝176*	σ_{b2}＝49	f_{ts2}＝210*
		せん断	τ_{b2}＝15	f_{sb2}＝135	τ_{b2}＝24	f_{sb2}＝161

すべて許容応力以下である。

注記　＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

【シリコン整流器用変圧器盤の耐震性についての計算結果】

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
シリコン整流器用変圧器盤	常設耐震／防止	EL. 0. 70 (EL. 2. 00*)		0. 05 以下	―	―	C_H＝0. 96	C_V＝0. 92	

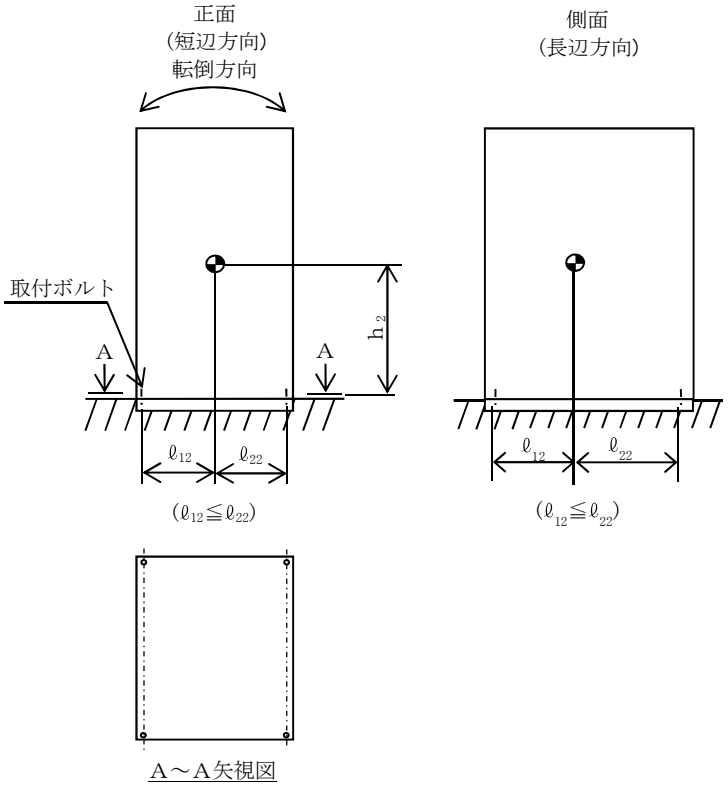
注記 ＊：基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	nf_i*
取付ボルト (i＝2)							2
							2

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i＝2)	235	400	―	280	―	短辺方向



A～A矢視図

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	—	1.537×10^4	—	3.013×10^4

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	[redacted]	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=49$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=24$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

【交流リアクトル盤の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震設計上の重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
交流リアクトル盤	S	EL.0.70 (EL.2.00*)		0.05以下	C_H=0.58	C_V=0.48	C_H=0.96	C_V=0.92	

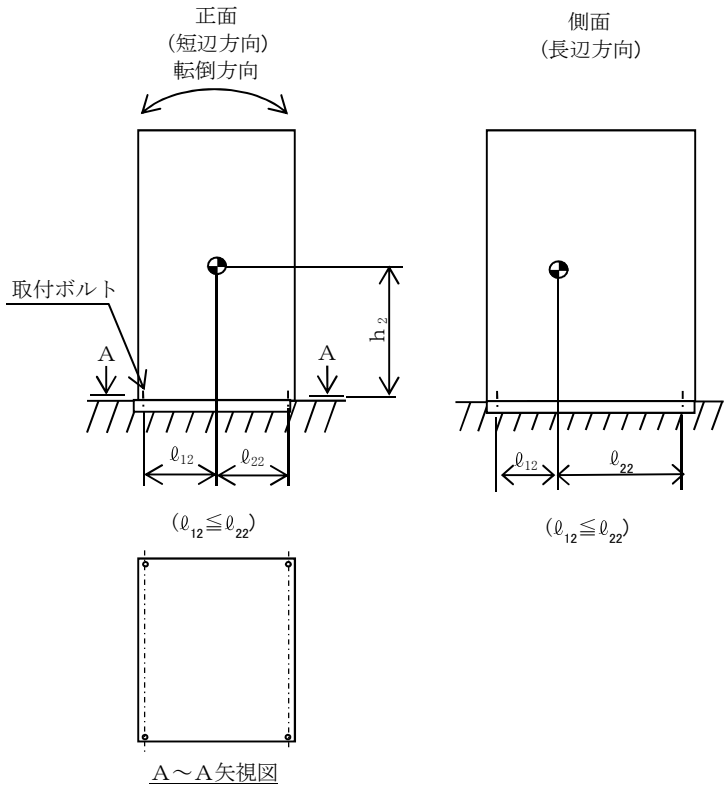
注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm²)	n_i	nf_i*
取付ボルト (i=2)							2
							2

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	235	400	235	280	短辺方向	短辺方向



A～A矢視図

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	4.789×10^3	1.176×10^4	1.138×10^4	1.883×10^4

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	[redacted]	引張り	$\sigma_{b2}=16$	$f_{ts2}=176$*	$\sigma_{b2}=38$	$f_{ts2}=210$*
		せん断	$\tau_{b2}=9$	$f_{sb2}=135$	$\tau_{b2}=15$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

【交流リアクトル盤の耐震性についての計算結果】

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
交流リアクトル盤	常設耐震／防止	EL. 0. 70 (EL. 2. 00*)		0. 05 以下	―	―	C_H＝0. 96	C_V＝0. 92	

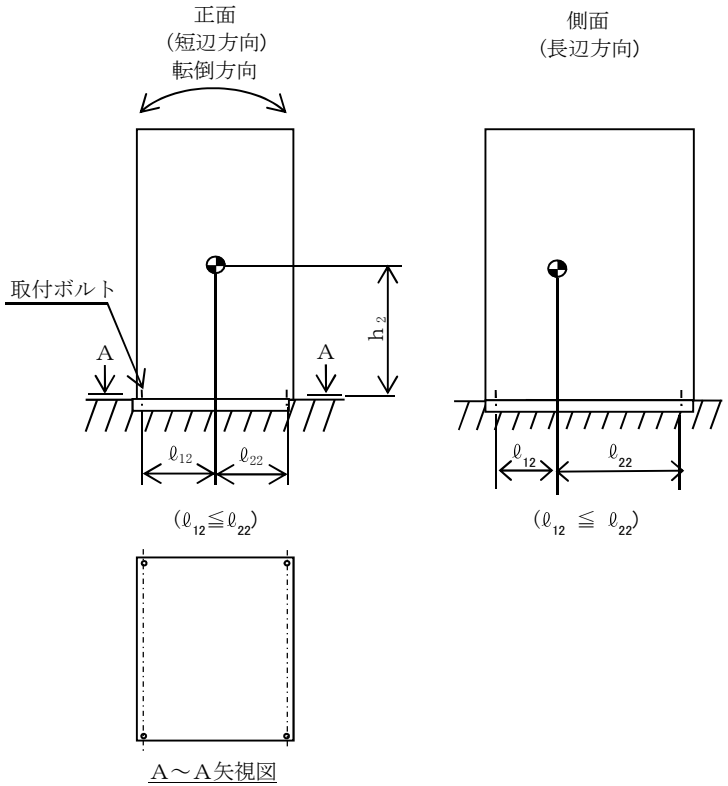
注記 ＊：基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm²)	n_i	nf_i*
取付ボルト (i＝2)							2
							2

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i＝2)	235	400	―	280	―	短辺方向



A～A矢視図

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	―	1.176×10^4	―	1.883×10^4

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	[redacted]	引張り	―	―	$\sigma_{b2}=38$	$f_{ts2}=210$*
		せん断	―	―	$\tau_{b2}=15$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

【可飽和変流器盤の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震設計上の重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
可飽和変流器盤	S	EL.0.70 (EL.2.00*)	0.05以下	0.05以下	C_H=0.58	C_V=0.48	C_H=0.96	C_V=0.92	

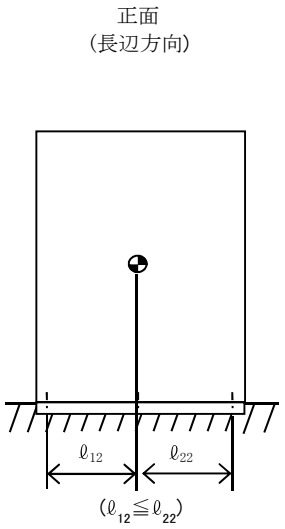
注記 ＊：基準床レベルを示す。

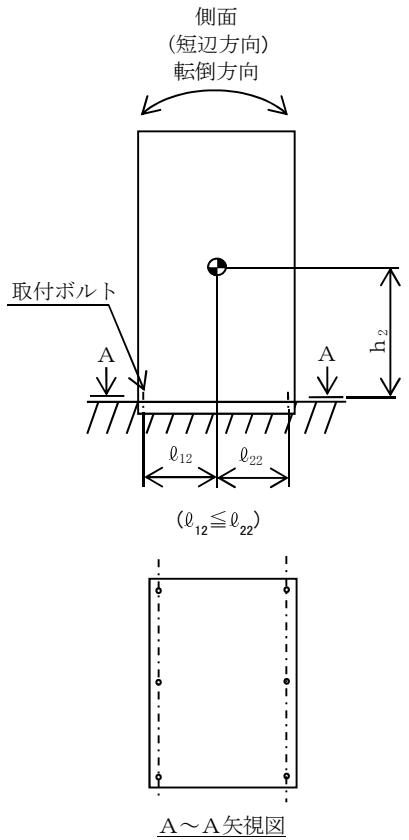
1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm²)	n_i	nf_i*
取付ボルト (i=2)							3
							2

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	235	400	235	280	短辺方向	短辺方向





A～A矢視図

1.3　計算数値

1.3.1　ボルトに作用する力　　(単位：N)

部　　材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト（i＝2）	2.339×10^3	1.039×10^4	2.906×10^4	4.811×10^4

1.4　結　　論

1.4.1　ボルトの応力　　(単位：MPa)

部　　材	材　料	応　力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	[redacted]	引張り	σ_{b2}＝8	f_{ts2}＝176*	σ_{b2}＝33	f_{ts2}＝210*
		せん断	τ_{b2}＝16	f_{sb2}＝135	τ_{b2}＝26	f_{sb2}＝161

すべて許容応力以下である。

注記　＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

【可飽和変流器盤の耐震性についての計算結果】

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
可飽和変流器盤	常設耐震／防止	EL.0.70 (EL.2.00*)	0.05以下	0.05以下	—	—	C_H=0.96	C_V=0.92	

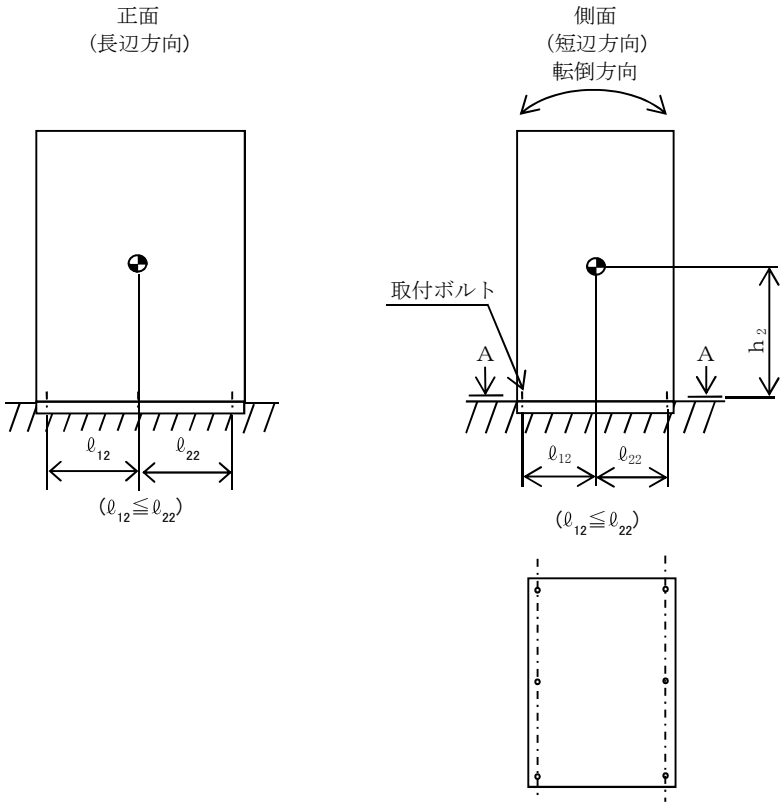
注記 ＊：基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	nf_i*
取付ボルト (i=2)							3
							2

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	235	400	—	280	—	短辺方向



2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	—	1.039×10^4	—	4.811×10^4

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	[redacted]	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=33$	$f_{ts2}=210$*
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=26$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

【中性点接地変圧器盤の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震設計上の重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
中性点接地変圧器盤	S	EL.0.70 (EL.2.00*)		0.05以下	C_H=0.58	C_V=0.48	C_H=0.96	C_V=0.92	

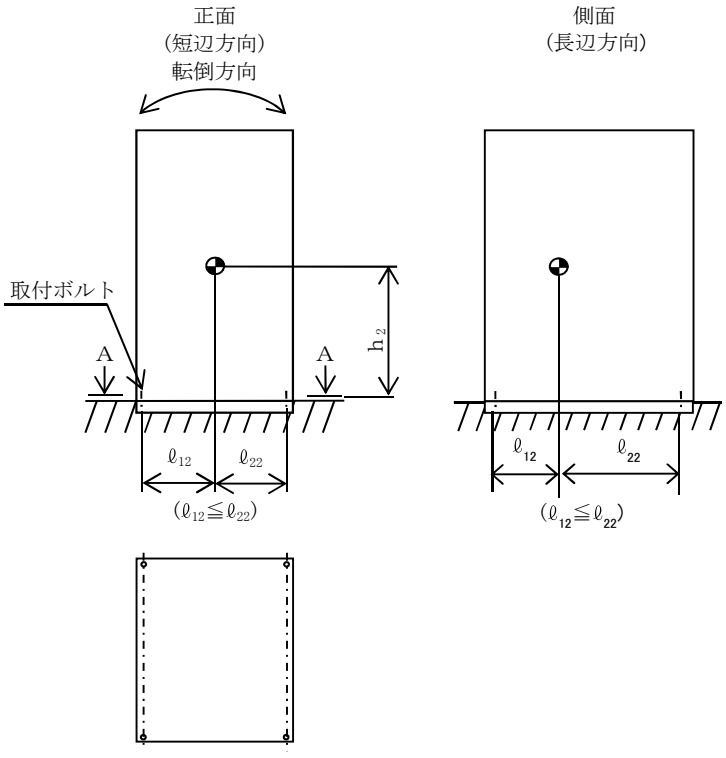
注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm²)	n_i	nf_i*
取付ボルト (i=2)							2
							2

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	235	400	235	280	短辺方向	短辺方向



A～A矢視図

1.3　計算数値

1.3.1　ボルトに作用する力　　(単位：N)

部　　材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト（i＝2）	3.665×10^3	1.009×10^4	1.194×10^4	1.977×10^4

1.4　結　　論

1.4.1　ボルトの応力　　(単位：MPa)

部　　材	材　料	応　力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	[redacted]	引張り	σ_{b2}＝12	f_{ts2}＝176*	σ_{b2}＝33	f_{ts2}＝210*
		せん断	τ_{b2}＝10	f_{sb2}＝135	τ_{b2}＝16	f_{sb2}＝161

すべて許容応力以下である。

注記　＊：f_{tsi}＝Min[1.4・f_{toi}－1.6・τ_{bi}，f_{toi}]より算出

【中性点接地変圧器盤の耐震性についての計算結果】

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
中性点接地変圧器盤	常設耐震／防止	EL.0.70 (EL.2.00*)		0.05以下	—	—	C_H=0.96	C_V=0.92	

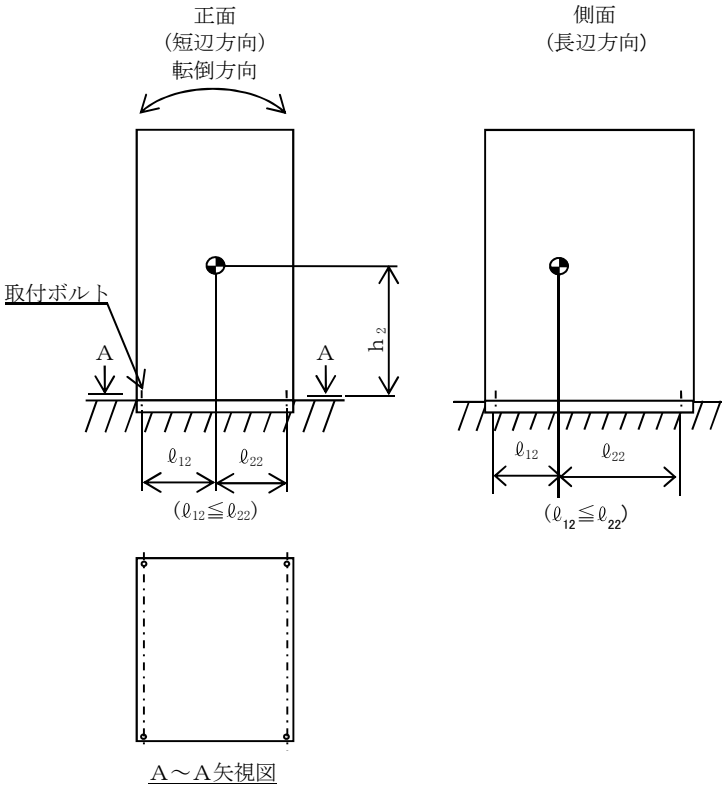
注記 ＊：基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm²)	n_i	nf_i*
取付ボルト (i=2)							2
							2

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	235	400	—	280	—	短辺方向



A～A矢視図

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	—	1.009×10^4	—	1.977×10^4

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	[redacted]	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=33$	$f_{ts2}=210$*
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=16$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

注記 *：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot\tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

Ⅴ-2-10-1-3-6　高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプの耐震性についての計算書

目次

1. 概要 ····· 1
2. 一般事項 ····· 1
2.1 構造計画 ····· 1
3. 固有値解析及び構造強度評価 ····· 3
3.1 固有値解析及び構造強度評価方法 ····· 3
3.2 荷重の組合せ及び許容応力 ····· 3
3.3 解析モデル及び諸元 ····· 9
3.4 固有周期 ····· 9
3.5 設計用地震力 ····· 10
4. 機能維持評価 ····· 11
4.1 動的機能維持評価方法 ····· 11
5. 評価結果 ····· 12
5.1 設計基準対象施設としての評価結果 ····· 12
5.2 重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 12

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプが設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプは，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び動的機能維持評価を示す。

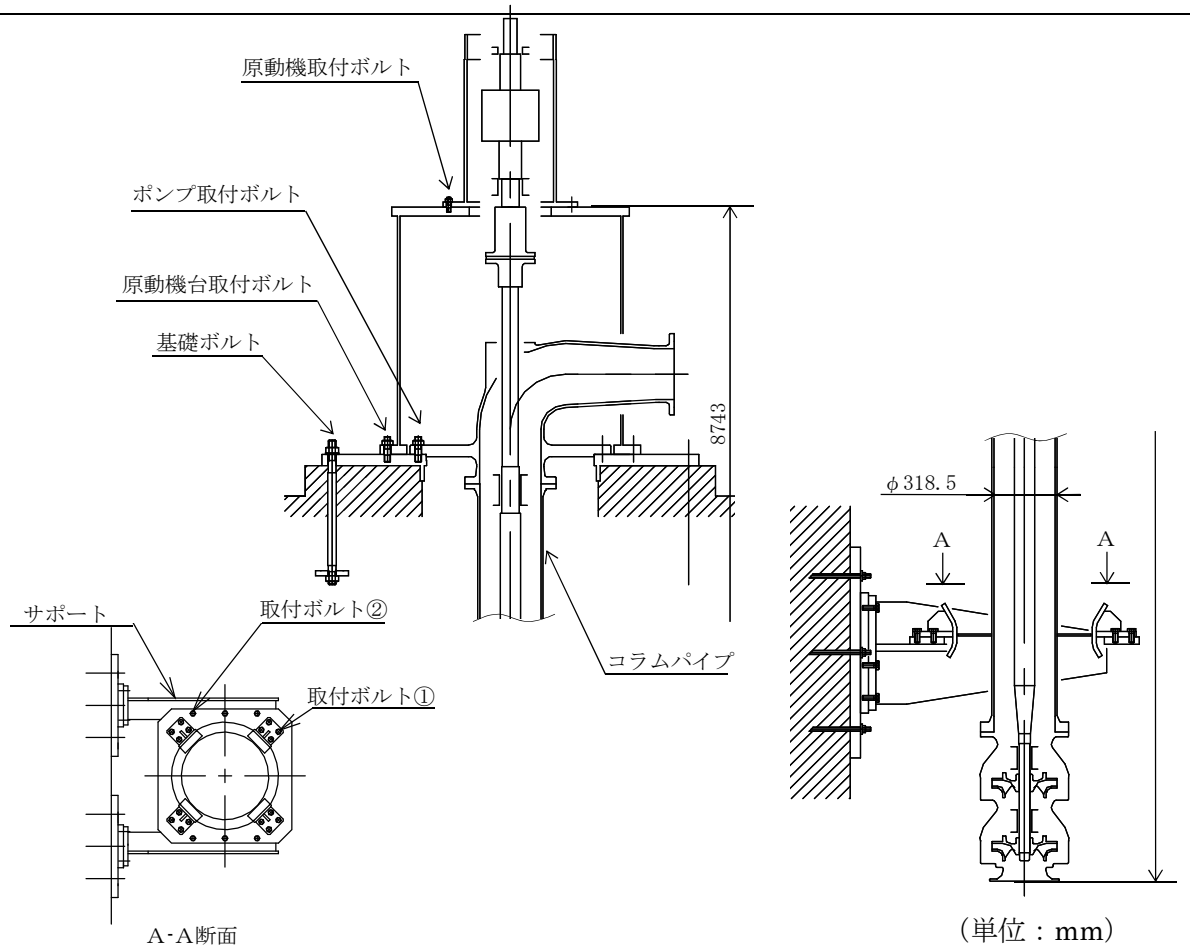
2. 一般事項

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-5　たて軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を行う。

2.1 構造計画

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプの構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
ポンプはポンプベースに固定され，ポンプベースは基礎ボルトで基礎に据え付ける。また，コラムパイプの先端はサポートにて水平方向を支持されている。	ターボ形たて軸ポンプ	

3.　固有値解析及び構造強度評価

3.1　固有値解析及び構造強度評価方法

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプの構造はたて軸ポンプであるため，固有値解析及び構造強度評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-5　たて軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

3.2　荷重の組合せ及び許容応力

3.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 3-1 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-2 に示す。

3.2.2　許容応力

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプの許容応力は，添付書類「Ⅴ-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 3-3 及び表 3-4 のとおりとする。

3.2.3　使用材料の許容応力評価条件

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプの使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 3-5 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-6 に示す。

表 3-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震設計上の重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電用原子炉の附属設備	非常用電源設備	高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプ	S	Non*1	$D+P_D+M_D+S_d^*$ *2	III_AS
					$D+P_D+M_D+S_s$	IV_AS

注記　＊1：クラス３ポンプの荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。また，クラス３ポンプの支持構造物を含む。

＊2：S_sと組合せ，III_ASの評価を実施する。

表 3-2　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類 ＊1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電用原子炉の附属設備	非常用電源設備	高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプ	常設耐震／防止	重大事故等クラス２ポンプ*2	$D+P_D+M_D+S_s$ *3	IV_AS
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS（V_ASとしてIV_ASの許容限界を用いる。）

注記　＊1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備を示す。

＊2：重大事故等クラス２ポンプの支持構造物を含む。

＊3：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 3-3　許容応力（クラス２，３ポンプ及び重大事故等クラス２ポンプ）

許容応力状態	許容限界*			
	一次一般膜応力	一次膜応力＋ 一次曲げ応力	一次＋二次応力	一次＋二次＋ ピーク応力
ⅢAS	S_yと 0.6・S_uの小さい方 ただし，オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については上記値と 1.2・S との大きい方	左欄の 1.5 倍の値	弾性設計用地震動S_d又は基準地震動S_sのみによる疲労解析を行い，疲労累積係数が 1.0 以下であること。 ただし，地震動のみによる一次＋二次応力の変動値が 2・S_y以下であれば，疲労解析は行わない。	
ⅣAS	0.6・S_u	左欄の 1.5 倍の値		
ⅤAS （ⅤASとしてⅣASの許容限界を用いる。）			基準地震動S_sのみによる疲労解析を行い，疲労累積係数が 1.0 以下であること。 ただし，地震動のみによる一次＋二次応力の変動値が 2・S_y以下であれば，疲労解析は行わない。	

注記　＊：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 3-4　許容応力（クラス２，３支持構造物及び重大事故等クラス２支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1 （ボルト等以外）	許容限界*1，*2 （ボルト等）	
	一次応力	一次応力	
	曲げ	引張り	せん断
ⅢAS	1.5・f_b	1.5・f_t	1.5・f_s
ⅣAS	1.5・f_b^*	1.5・f_t^*	1.5・f_s^*
VAS （VASとしてⅣASの許容限界を用いる。）			

注記　＊1：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

＊2：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

表 3-5　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S (MPa)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
コラムパイプ		最高使用温度	50	110	169	472	—
基礎ボルト		周囲環境温度		—	241	391	—
ポンプ取付ボルト		最高使用温度	50	—	198	504	205
原動機台取付ボルト		周囲環境温度		—	198	504	205
原動機取付ボルト		周囲環境温度		—	198	504	205
サポート		周囲環境温度		—	169	472	175
サポート取付ボルト①		周囲環境温度		—	199	511	205
サポート取付ボルト②		周囲環境温度		—	199	511	205

表 3-6　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S (MPa)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
コラムパイプ		最高使用温度	50	110	169	472	—
基礎ボルト		周囲環境温度		—	241	391	—
ポンプ取付ボルト		最高使用温度	50	—	198	504	205
原動機台取付ボルト		周囲環境温度		—	198	504	205
原動機取付ボルト		周囲環境温度		—	198	504	205
サポート		周囲環境温度		—	169	472	175
サポート取付ボルト①		周囲環境温度		—	199	511	205
サポート取付ボルト②		周囲環境温度		—	199	511	205

3.3　解析モデル及び諸元

固有値解析及び構造評価に用いる解析モデル及び諸元は，本計算書の【高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプの耐震性についての計算結果】のその他の機器要目に示す。解析コードは，「ＭＳＣ　ＮＡＳＴＲＡＮ」を使用し，解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については，添付書類「Ⅴ-5-1　計算機プログラム（解析コード）の概要・ＭＳＣ　ＮＡＳＴＲＡＮ」に示す。

3.4　固有周期

固有値解析の結果を表 3-7 に，振動モード図を図 3-1 に示す。鉛直方向は，3 次モード以降で卓越し，固有周期は 0.05 秒以下であり剛であることを確認した。

表 3-7　固有値解析結果

モード	固有周期（ｓ）	卓越方向	刺激係数	
			X	Y
1次	0.074	水平	-0.237	0.000
2次	0.036	水平	－	－

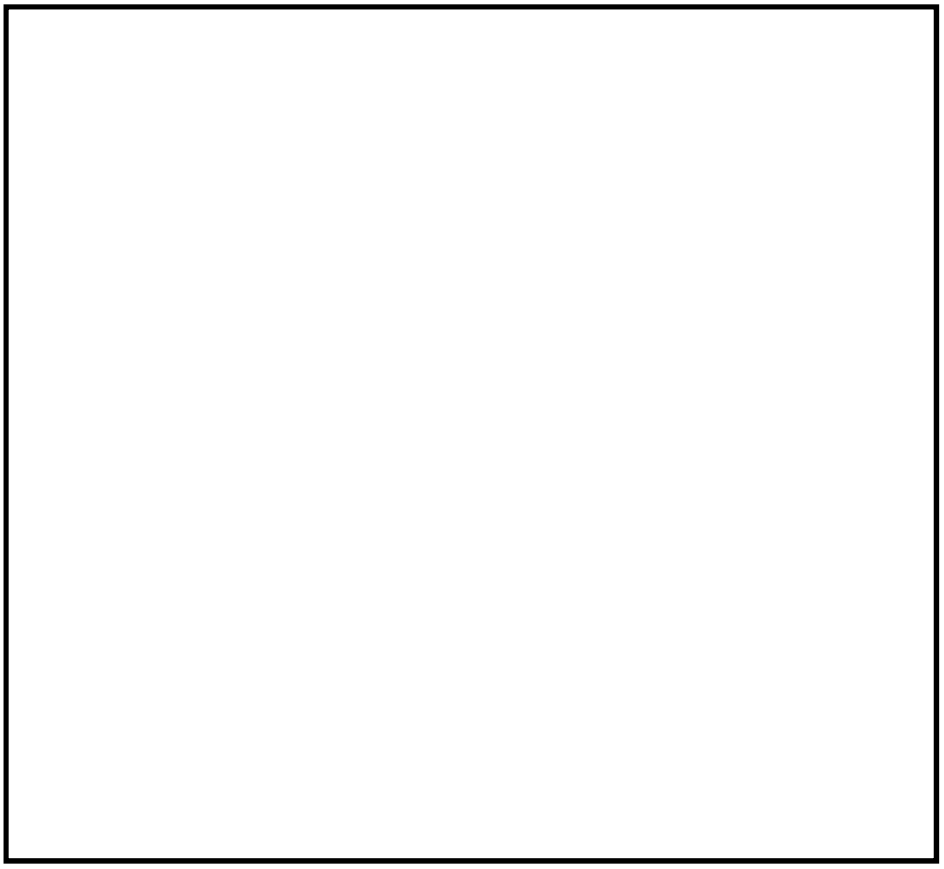


図 3-1　振動モード（１次モード　水平方向　0.074ｓ）

3.5　設計用地震力

「弾性設計用地震動Ｓ$_d$又は静的震度」及び「基準地震動Ｓ$_s$」による地震力は，添付書類「Ⅴ-2-1-7　設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。また，減衰定数は添付書類「Ⅴ-2-1-6　地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

評価に用いる設計用地震力を表3-8及び表3-9に示す。

表 3-8　設計用地震力（設計基準対象施設）

据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓ$_d$又は静的震度		基準地震動Ｓ$_s$		減衰定数 (%)	
	水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平	鉛直
海水ポンプ室 EL. 0.8*1	0.074	0.05 以下*2	－*3	－*3	C_H＝1.10 又は＊4	C_V＝1.03	1.0	－

注記　＊1：基準床レベルを示す。

＊2：固有値解析より 0.05 秒以下であり剛であることを確認した。

＊3：ⅢAＳについては，基準地震動Ｓ$_s$で評価する。

＊4：基準地震動Ｓ$_s$に基づく設備評価用床応答曲線より得られる値。

表 3－9　設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓ$_s$		減衰定数 (%)	
	水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平	鉛直
海水ポンプ室 EL. 0.8*1	0.074	0.05 以下*2	－	－	C_H＝1.10 又は＊3	C_V＝1.03	1.0	－

注記　＊1：基準床レベルを示す。

＊2：固有値解析より 0.05 秒以下であり剛であることを確認した。

＊3：基準地震動Ｓ$_s$に基づく設備評価用床応答曲線より得られる値

4. 機能維持評価

4.1 動的機能維持評価方法

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプの地震後の動的機能維持評価について，以下に示す。

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプは地震時動的機能維持が確認された機種と類似の構造及び振動特性であるため，添付書類「Ⅴ-2-1-9 機能維持の基本方針」に記載の機能確認済加速度を適用する。機能確認済加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 機能確認済加速度 (×9.8 m/s^2)

評価部位	形式	方向	機能確認済加速度
ポンプ	立形斜流ポンプ	水平	10.0
		鉛直	1.0
原動機	立形ころがり軸受電動機	水平	2.5
		鉛直	1.0

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプの設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。なお，弾性設計用地震動S_d及び静的震度は基準地震動S_sを下回っており，基準地震動S_sによる発生値が，弾性設計用地震動S_d又は静的震度に対する評価における許容限界を満足するため，弾性設計用地震動S_d又は静的震度による発生値の算出を省略した。

(2) 機能維持評価結果

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプの耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震設計上の重要度分類	据付場所及び床面高さ（m）	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		ポンプ振動による震度	最高使用温度(℃)	周囲環境温度(℃)	最高使用圧力(MPa)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度				
高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプ	S	取水ポンプ室 EL. 0.3*1	0.074	0.05 以下*2	－*3	－*3	C_H＝1.10 又は＊4	C_V＝1.03	C_p＝0.09	50		0.70

注記 ＊1：基準床レベルを示す。
＊2：固有値解析より 0.05 秒以下であり剛であることを確認した。
＊3：III_ASについては，基準地震動Ｓｓで評価する。
＊4：基準地震動S_sに基づく設備評価用床応答曲線より得られる値。

1.2 機器要目

(1)ボルト

部材	m_i (kg)	D_i（L_i） (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	n_{fi}	M_p (N･mm)	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i^* (MPa)
基礎ボルト（i＝1）				4	2	－	241*2	391*2	241	274
ポンプ取付ボルト（i＝2）				12	12	3.501×10^5	198*1	504*1	205	246
原動機台取付ボルト（i＝3）				10	10	3.501×10^5	198*2	504*2	205	246
原動機取付ボルト（i＝4）				8	8	3.501×10^5	198*2	504*2	205	246

注記 ＊1：最高使用温度で算出
＊2：周囲環境温度で算出

(2)コラムパイプ

部材	S (MPa)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	D_c (mm)	t (mm)
コラムパイプ	110*	169*	472*	298.5	10.0

注記 ＊：最高使用温度で算出

(3)サポート

部材	L (mm)	Z_s (mm^3)	E (MPa)	A_f (mm^2)	ℓ_b (mm)	h (mm)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)	F (MPa)	F^* (MPa)
サポート							169*	472*	175	175	210

注記 ＊：周囲環境温度で算出

(4)サポート取付ボルト

部　　材	A_{sbj} (mm²)	n_{sj}	S_{yj} (MPa)	S_{uj} (MPa)	S_{yj} (RT) (MPa)	F_j (MPa)	F_j^* (MPa)
サポート取付ボルト① (j＝1)	[redacted]	4	199*	511*	205	205	246
サポート取付ボルト② (j＝2)		6	199*	511*	205	205	246

注記　＊：周囲環境温度で算出

予想最大両振幅 (μm)	回転速度 (min⁻¹)
H_p＝[redacted]	N＝[redacted]

1.3　計算数値

(1) ボルトに作用する力

部　　材	M_i (N・mm)		F_{bi} (N)		Q_{bi} (N)	
	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s
基礎ボルト (i＝1)	－	[redacted]	－	[redacted]	－	[redacted]
ポンプ取付ボルト (i＝2)	－		－		－	
原動機台取付ボルト (i＝3)	－		－		－	
原動機取付ボルト (i＝4)	－		－		－	

(2) コラムパイプに作用する力

(単位：N・mm)

部材	M	
	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s
コラムパイプ	－	[redacted]

(3)サポート及びサポート取付ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	W	
	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s
サポート	－	[redacted]
サポート取付ボルト①	－	
サポート取付ボルト②	－	

1.4 結　論

1.4.1 固有周期

モード	固有周期（s）	卓越方向
1次	0.074	水平

1.4.2 ボルトの応力　（単位：MPa）

部　材	材　料	応　力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力*1	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト		引張り	σ_{b1}=25	f_{ts1}=180*2	σ_{b1}=25	f_{ts1}=205*2
		せん断	τ_{b1}=10	f_{sb1}=139	τ_{b1}=10	f_{sb1}=158
ポンプ取付ボルト		引張り	σ_{b2}=11	f_{ts2}=153*2	σ_{b2}=11	f_{ts2}=184*2
		せん断	τ_{b2}= 3	f_{sb2}=118	τ_{b2}= 3	f_{sb2}=142
原動機台取付ボルト		引張り	σ_{b3}= 7	f_{ts3}=153*2	σ_{b3}= 7	f_{ts3}=184*2
		せん断	τ_{b3}= 4	f_{sb3}=118	τ_{b3}= 4	f_{sb3}=142
原動機取付ボルト		引張り	σ_{b4}=10	f_{ts4}=153*2	σ_{b4}=10	f_{ts4}=184*2
		せん断	τ_{b4}=10	f_{sb4}=118	τ_{b4}=10	f_{sb4}=142

注記　*1：基準地震動Ｓｓによる算出値

*2：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

すべて許容応力以下である。

1.4.3 コラムパイプの応力　（単位：MPa）

部材	材料	一次一般膜応力		
			算出応力	許容応力
コラムパイプ		弾性設計用地震動S_d又は静的震度	σ=22*	S_a=169
		基準地震動S_s	σ=22	S_a=283

すべて許容応力以下である。　注記　*：基準地震動Ｓｓによる算出値

1.4.4 サポート及びポート取付ボルトの応力　（単位：MPa）

部　材	材　料	応　力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力*	許容応力	算出応力	許容応力
サポート		曲げ	σ_s=32	f_{bs}=175	σ_s=32	f_{bs}=210
サポート取付ボルト①		せん断	τ_{sb1}=10	f_{ssb1}=118	τ_{sb1}=10	f_{ssb1}=142
サポート取付ボルト②		せん断	τ_{sb2}= 7	f_{ssb2}=118	τ_{sb2}= 7	f_{ssb2}=142

すべて許容応力以下である。　注記　*：基準地震動S_sによる算出値

1.4.4　動的機能の評価結果

1.4.4.1　機能確認済加速度との比較　　(×9.8 m/s^2)

		評価用加速度	機能確認済加速度
ポンプ	水平方向	0.91*1	10.0
	鉛直方向	0.86*2	1.0
原動機	水平方向	0.91*1	2.5
	鉛直方向	0.86*2	1.0

注記　＊1：水平方向評価用加速度はコラム先端の応答加速度又は1.0ZPAのうちいずれか大きい値。

＊2：鉛直方向評価用加速度は1.0ZPA。

評価用加速度はすべて機能維持確認済加速度以下である。

1.5　その他の機器要目

(1)　節点データ

節点番号	節点座標(mm)		
	x	y	z
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			
31			
32			
33			
34			
35			
36			
37			
38			
39			
40			
41			
42			
43			
44			
45			
46			
47			
48			
49			
50			

(2) 要素の断面性状

断面特性番号 (要素番号)	要素両端の節点 番号	材料 番号	断面積 (mm^2)	断面二次 モーメント (mm^4)	断面二次 極モーメント (mm^4)
1	1-2	1		6.362×10^{5}	1.272×10^{6}
2	2-3	1		6.362×10^{5}	1.272×10^{6}
3	3-4	1		6.362×10^{5}	1.272×10^{6}
4	4-45	1		6.362×10^{5}	1.272×10^{6}
5	45-5	1		5.555×10^{5}	1.111×10^{6}
6	5-6	1		4.715×10^{6}	9.431×10^{6}
7	6-7	1		4.715×10^{6}	9.431×10^{6}
8	7-8	1		4.909×10^{6}	9.817×10^{6}
9	8-9	1		2.330×10^{6}	4.659×10^{6}
10	9-10	1		4.909×10^{6}	9.817×10^{6}
11	10-46	1		4.715×10^{6}	9.431×10^{6}
12	46-11	1		4.715×10^{6}	9.431×10^{6}
13	11-12	1		4.909×10^{6}	9.817×10^{6}
14	12-13	1		4.909×10^{6}	9.817×10^{6}
15	13-14	1		1.771×10^{6}	3.542×10^{6}
16	14-15	1		1.771×10^{6}	3.542×10^{6}
17	15-16	1		2.011×10^{6}	4.021×10^{6}
18	16-17	2		2.485×10^{7}	4.970×10^{7}
19	17-18	3		2.562×10^{6}	5.125×10^{6}
20	18-49	3		6.678×10^{6}	1.336×10^{7}
21	19-20	3		8.762×10^{5}	1.752×10^{6}
22	21-22	1		3.010×10^{7}	6.020×10^{7}
23	22-23	1		3.532×10^{8}	7.063×10^{8}
24	23-24	1		3.532×10^{8}	7.063×10^{8}
25	24-25	1		3.532×10^{8}	7.063×10^{8}
26	25-47	1		3.532×10^{8}	7.063×10^{8}
27	47-26	1		3.532×10^{8}	7.063×10^{8}
28	26-27	1		1.154×10^{8}	2.308×10^{8}
29	27-28	1		1.154×10^{8}	2.308×10^{8}
30	28-29	1		1.154×10^{8}	2.308×10^{8}
31	29-30	1		1.154×10^{8}	2.308×10^{8}
32	30-31	1		1.154×10^{8}	2.308×10^{8}
33	31-48	1		1.154×10^{8}	2.308×10^{8}
34	48-32	1		1.154×10^{8}	2.308×10^{8}
35	32-33	1		1.154×10^{8}	2.308×10^{8}
36	33-34	1		1.705×10^{8}	3.411×10^{8}
37	34-35	1		1.705×10^{8}	3.411×10^{8}
38	35-36	1		1.705×10^{8}	3.411×10^{8}
39	43-37	2		7.981×10^{10}	1.596×10^{11}
40	43-38	2		3.841×10^{10}	7.682×10^{10}
41	38-39	2		6.070×10^{9}	1.214×10^{10}
42	39-40	4		4.530×10^{8}	9.060×10^{8}
43	40-50	4		4.530×10^{8}	9.060×10^{8}
44	41-42	4		3.802×10^{8}	7.604×10^{8}
45	49-19	3		4.909×10^{6}	9.817×10^{6}
46	50-41	4		4.530×10^{8}	9.060×10^{8}

(3) ばね結合部の指定

ばねの両端の節点番号		ばね定数
2	23	
4	25	
7	28	
9	30	
11	32	
18	40	
19	41	
27	44	
19	41	
34	37	
34	37	

(4) 節点の質量

節点番号	質量 (kg)
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	
23	
24	
25	
26	
27	
28	
29	
30	
31	
32	
33	
34	
35	
36	
37	
38	
39	
40	
41	
42	
43	
44	
45	
46	
47	
48	
49	
50	

(5) 材料物性値

材料番号	温度（℃）	縦弾性係数（MPa）	質量密度（kg/mm^3）	ポアソン比（－）	材質	部位
1		1.93×10^{5}	7.920×10^{-6}	0.3		ポンプ
2		2.01×10^{5}	7.860×10^{-6}	0.3		ポンプ
3		1.93×10^{5}	7.850×10^{-6}	0.3		原動機
4		1.98×10^{5}	7.860×10^{-6}	0.3		原動機

【高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプの耐震性についての計算結果】

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		ポンプ振動による震度	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)	最高使用圧力 (MPa)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度				
高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプ	常設耐震／防止	取水ポンプ室 EL. 0.3*	0.074	0.05 以下*2	－	－	C_H＝1.10 又は＊3	C_V＝1.03	C_p＝0.09	50	[redacted]	0.70

注記 ＊1：基準床レベルを示す。
＊2：固有値解析より 0.05 秒以下であり剛であることを確認した。
＊3：基準地震動Ｓｓに基づく設備評価用床応答曲線より得られる値

2.2 機器要目

(1) ボルト

部材	m_i (kg)	D_i (L_i) (mm)	A_{bi} (mm²)	n_i	n_{fi}	M_p (N・mm)	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i^* (MPa)
基礎ボルト (i＝1)	[redacted]			4	2	－	241*2	391*2	－	274
ポンプ取付ボルト (i＝2)				12	12	3.501×10^5	198*1	504*1	－	246
原動機台取付ボルト (i＝3)				10	10	3.501×10^5	198*2	504*2	－	246
原動機取付ボルト (i＝4)				8	8	3.501×10^5	198*2	504*2	－	246

注記 ＊1：最高使用温度で算出
＊2：周囲環境温度で算出

(2) コラムパイプ

部材	S (MPa)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	D_c (mm)	t (mm)
コラムパイプ	110*	169*	472*	298.5	10.0

注記 ＊：最高使用温度で算出

(3)サポート

部材	L (mm)	Z_s (mm³)	E (MPa)	A_f (mm²)	ℓ_b (mm)	h (mm)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y (RT) (MPa)	F (MPa)	F^* (MPa)
サポート	[redacted]						169*	472*	175	175	210

注記 ＊：周囲環境温度で算出

(4)サポート取付ボルト

部　　材	A_{sbj} (mm²)	n_{sj}	S_{yj} (MPa)	S_{uj} (MPa)	S_{yj} (RT) (MPa)	F_j (MPa)	F_j* (MPa)
サポート取付ボルト① (j＝1)	[redacted]	4	199*	511*	205	205	246
サポート取付ボルト② (j＝2)		6	199*	511*	205	205	246

注記　＊：周囲環境温度で算出

予想最大両振幅 (μm)	回転速度 (min⁻¹)
H_p＝[redacted]	N＝[redacted]

2.3　計算数値

(1) ボルトに作用する力

部　　材	M_i (N・mm)		F_{bi} (N)		Q_{bi} (N)	
	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s
基礎ボルト (i＝1)	－	[redacted]	－	[redacted]	－	[redacted]
ポンプ取付ボルト (i＝2)	－		－		－	
原動機台取付ボルト (i＝3)	－		－		－	
原動機取付ボルト (i＝4)	－		－		－	

(2) コラムパイプに作用する力

(単位：N・mm)

部材	M	
	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s
コラムパイプ	－	[redacted]

(3)サポート及びサポート取付ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	W	
	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s
サポート	－	[redacted]
サポート取付ボルト①	－	
サポート取付ボルト②	－	

2.4 結　論

2.4.1 固有周期

モード	固有周期（s）	卓越方向
1次	0.074	水平

2.4.2 ボルトの応力

（単位：MPa）

部　材	材　料	応　力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト		引張り	－	－	σ_{b1}=25	f_{ts1}=205*
		せん断	－	－	τ_{b1}=10	f_{sb1}=158
ポンプ取付ボルト		引張り	－	－	σ_{b2}=11	f_{ts2}=184*
		せん断	－	－	τ_{b2}= 3	f_{sb2}=142
原動機台取付ボルト		引張り	－	－	σ_{b3}= 7	f_{ts3}=184*
		せん断	－	－	τ_{b3}= 4	f_{sb3}=142
原動機取付ボルト		引張り	－	－	σ_{b4}=10	f_{ts4}=184*
		せん断	－	－	τ_{b4}=10	f_{sb4}=142

すべて許容応力以下である。

注記　＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

2.4.3 コラムパイプの応力

（単位：MPa）

部材	材料	一次一般膜応力		
			算出応力	許容応力
コラムパイプ		弾性設計用地震動S_d又は静的震度	－	－
		基準地震動S_s	σ=22	S_a=283

すべて許容応力以下である。

2.4.4 サポート及びサポート取付ボルトの応力

（単位：MPa）

部　材	材　料	応　力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
サポート		曲げ	－	－	σ_s=32	f_{bs}=210
サポート取付ボルト①		せん断	－	－	τ_{sb1}=10	f_{ssb1}=142
サポート取付ボルト②		せん断	－	－	τ_{sb2}= 7	f_{ssb2}=142

すべて許容応力以下である。

2.4.4　動的機能の評価結果

2.4.4.1　機能確認済加速度との比較　　(×9.8 m/s^2)

		評価用加速度	機能確認済加速度
ポンプ	水平方向	0.91*1	10.0
	鉛直方向	0.86*2	1.0
原動機	水平方向	0.91*1	2.5
	鉛直方向	0.86*2	1.0

注記　＊1：水平方向評価用加速度はコラム先端の応答加速度又は1.0ZPAのうちいずれか大きい値。

＊2：鉛直方向評価用加速度は1.0ZPA。

評価用加速度はすべて機能維持確認済加速度以下である。

2.5　その他の機器要目

(1)　節点データ

節点番号	節点座標(mm)		
	x	y	z
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			
31			
32			
33			
34			
35			
36			
37			
38			
39			
40			
41			
42			
43			
44			
45			
46			
47			
48			
49			
50			

(2) 要素の断面性状

断面特性番号 (要素番号)	要素両端の節点 番号	材料 番号	断面積 (mm^2)	断面二次 モーメント (mm^4)	断面二次 極モーメント (mm^4)
1	1-2	1		6.362×10^{5}	1.272×10^{6}
2	2-3	1		6.362×10^{5}	1.272×10^{6}
3	3-4	1		6.362×10^{5}	1.272×10^{6}
4	4-45	1		6.362×10^{5}	1.272×10^{6}
5	45-5	1		5.555×10^{5}	1.111×10^{6}
6	5-6	1		4.715×10^{6}	9.431×10^{6}
7	6-7	1		4.715×10^{6}	9.431×10^{6}
8	7-8	1		4.909×10^{6}	9.817×10^{6}
9	8-9	1		2.330×10^{6}	4.659×10^{6}
10	9-10	1		4.909×10^{6}	9.817×10^{6}
11	10-46	1		4.715×10^{6}	9.431×10^{6}
12	46-11	1		4.715×10^{6}	9.431×10^{6}
13	11-12	1		4.909×10^{6}	9.817×10^{6}
14	12-13	1		4.909×10^{6}	9.817×10^{6}
15	13-14	1		1.771×10^{6}	3.542×10^{6}
16	14-15	1		1.771×10^{6}	3.542×10^{6}
17	15-16	1		2.011×10^{6}	4.021×10^{6}
18	16-17	2		2.485×10^{7}	4.970×10^{7}
19	17-18	3		2.562×10^{6}	5.125×10^{6}
20	18-49	3		6.678×10^{6}	1.336×10^{7}
21	19-20	3		8.762×10^{5}	1.752×10^{6}
22	21-22	1		3.010×10^{7}	6.020×10^{7}
23	22-23	1		3.532×10^{8}	7.063×10^{8}
24	23-24	1		3.532×10^{8}	7.063×10^{8}
25	24-25	1		3.532×10^{8}	7.063×10^{8}
26	25-47	1		3.532×10^{8}	7.063×10^{8}
27	47-26	1		3.532×10^{8}	7.063×10^{8}
28	26-27	1		1.154×10^{8}	2.308×10^{8}
29	27-28	1		1.154×10^{8}	2.308×10^{8}
30	28-29	1		1.154×10^{8}	2.308×10^{8}
31	29-30	1		1.154×10^{8}	2.308×10^{8}
32	30-31	1		1.154×10^{8}	2.308×10^{8}
33	31-48	1		1.154×10^{8}	2.308×10^{8}
34	48-32	1		1.154×10^{8}	2.308×10^{8}
35	32-33	1		1.154×10^{8}	2.308×10^{8}
36	33-34	1		1.705×10^{8}	3.411×10^{8}
37	34-35	1		1.705×10^{8}	3.411×10^{8}
38	35-36	1		1.705×10^{8}	3.411×10^{8}
39	43-37	2		7.981×10^{10}	1.596×10^{11}
40	43-38	2		3.841×10^{10}	7.682×10^{10}
41	38-39	2		6.070×10^{9}	1.214×10^{10}
42	39-40	4		4.530×10^{8}	9.060×10^{8}
43	40-50	4		4.530×10^{8}	9.060×10^{8}
44	41-42	4		3.802×10^{8}	7.604×10^{8}
45	49-19	3		4.909×10^{6}	9.817×10^{6}
46	50-41	4		4.530×10^{8}	9.060×10^{8}

(3) ばね結合部の指定

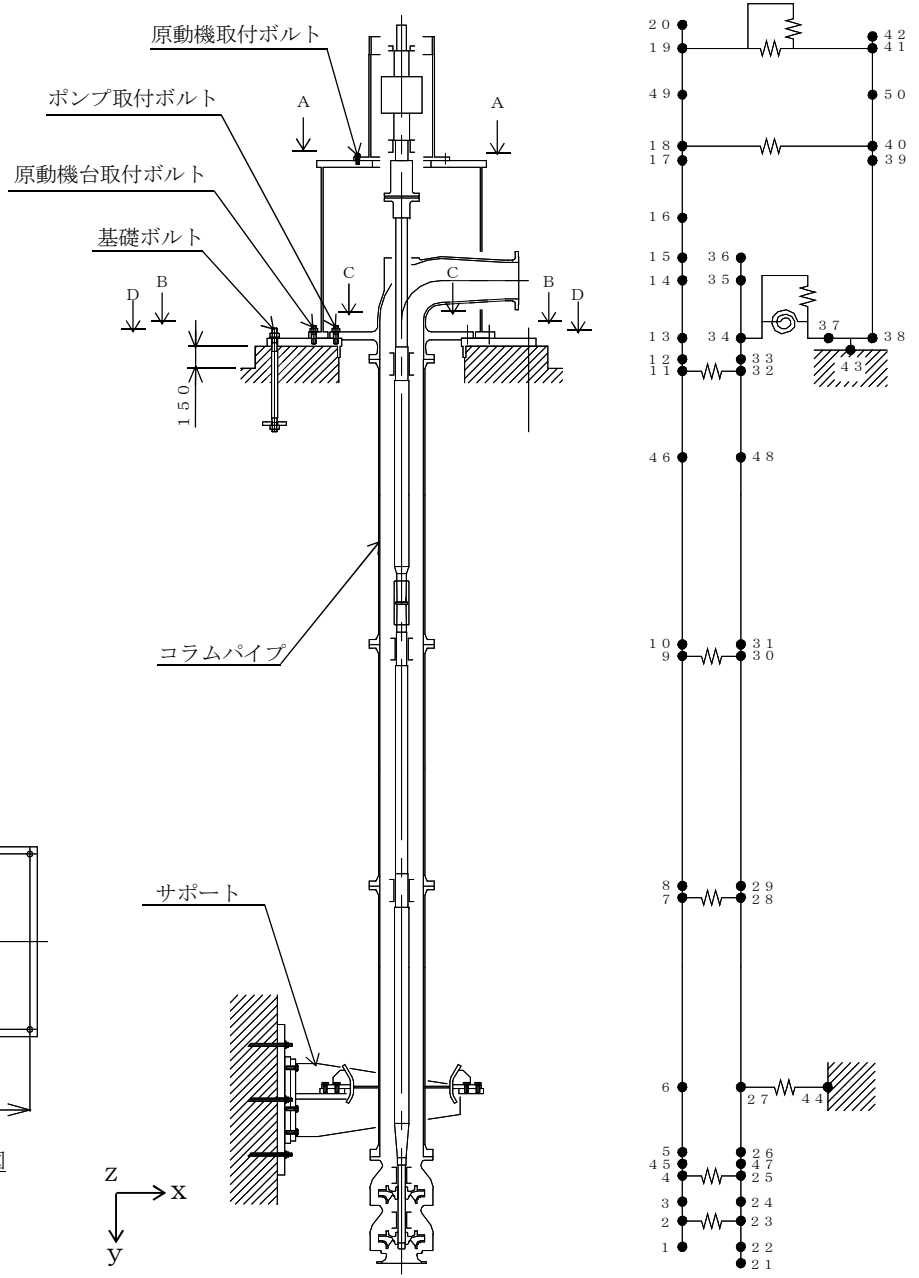
ばねの両端の節点番号		ばね定数
2	23	
4	25	
7	28	
9	30	
11	32	
18	40	
19	41	
27	44	
19	41	
34	37	
34	37	

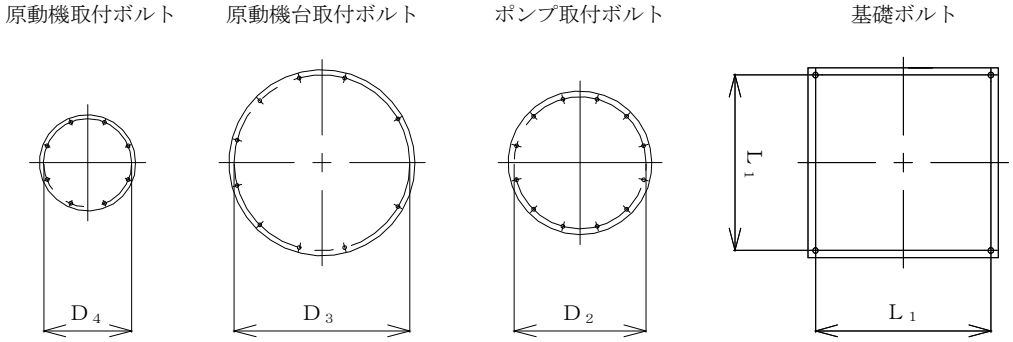
(4) 節点の質量

節点番号	質量 (kg)
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	
23	
24	
25	
26	
27	
28	
29	
30	
31	
32	
33	
34	
35	
36	
37	
38	
39	
40	
41	
42	
43	
44	
45	
46	
47	
48	
49	
50	

(5) 材料物性値

材料番号	温度（℃）	縦弾性係数（MPa）	質量密度（kg/mm^3）	ポアソン比（－）	材質	部位
1		1.93×10^5	7.920×10^{-6}	0.3		ポンプ
2		2.01×10^5	7.860×10^{-6}	0.3		ポンプ
3		1.93×10^5	7.850×10^{-6}	0.3		原動機
4		1.98×10^5	7.860×10^{-6}	0.3		原動機





A～A矢視図　B～B矢視図　C～C矢視図　D～D矢視図

Ⅴ-2-10-1-3-7　高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用
海水ストレーナの耐震性についての計算書

目次

1. 概要 1
2. 一般事項 1
2.1 構造計画 1
2.2 評価方針 3
2.3 適用基準 3
2.4 記号の説明 4
2.5 計算精度と数値の丸め方 5
3. 評価部位 5
4. 固有周期 5
5. 構造強度評価 6
5.1 構造強度評価方法 6
5.2 荷重の組合せ及び許容応力 7
5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態 7
5.2.2 許容応力 7
5.2.3 使用材料の許容応力評価条件 7
5.3 設計用地震力 11
5.4 計算方法 12
5.5 計算条件 14
5.6 応力の評価 14
6. 評価結果 14
6.1 設計基準対象施設としての評価結果 14
6.2 重大事故等対処設備としての評価結果 14

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の基本方針に基づき，高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ストレーナが設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

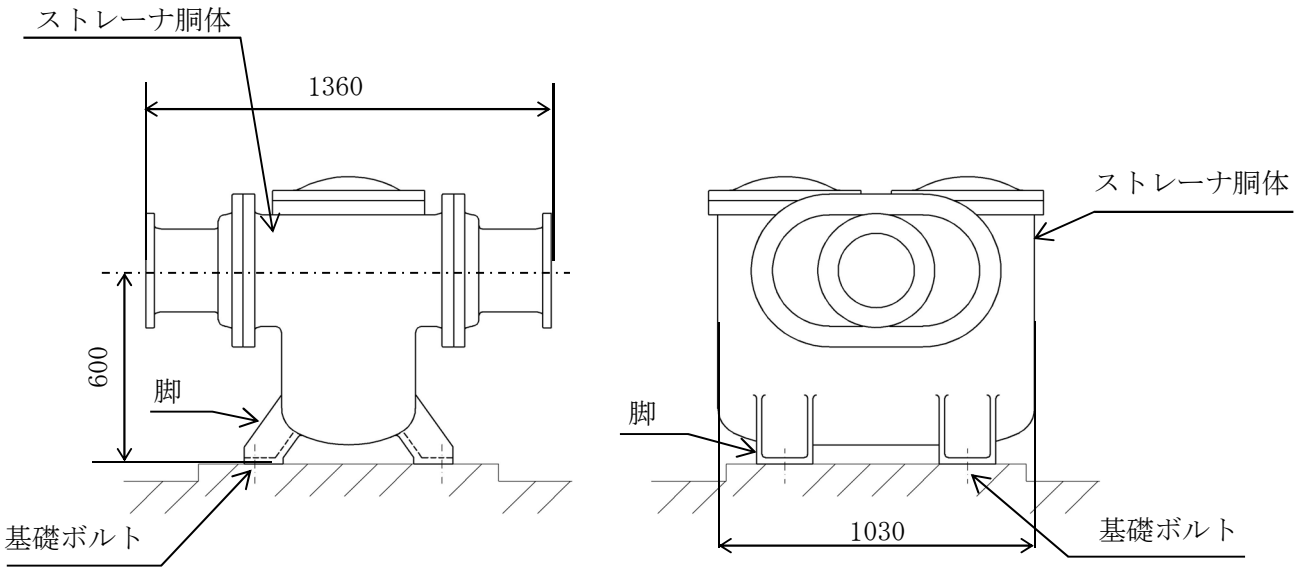
高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ストレーナは設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備に分類される。以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ストレーナの構造計画を表 2-1 に示す。

表2－1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
ストレーナは胴と一体の脚で支持し，脚を基礎ボルトで支持する。	たて置円筒形ストレーナ	

（単位：mm）

2.2　評価方針

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ストレーナの構造強度評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」のうち「3.1　構造強度上の制限」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.1　構造計画」にて示す高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ストレーナの部位を踏まえ「3.　評価部位」にて設定する箇所において「4.　固有周期」に基づく設計用地震力による応力等が許容限界に収まることを，「5.　構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「6.　評価結果」に示す。

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ストレーナの耐震評価フローを図 2-1 に示す。

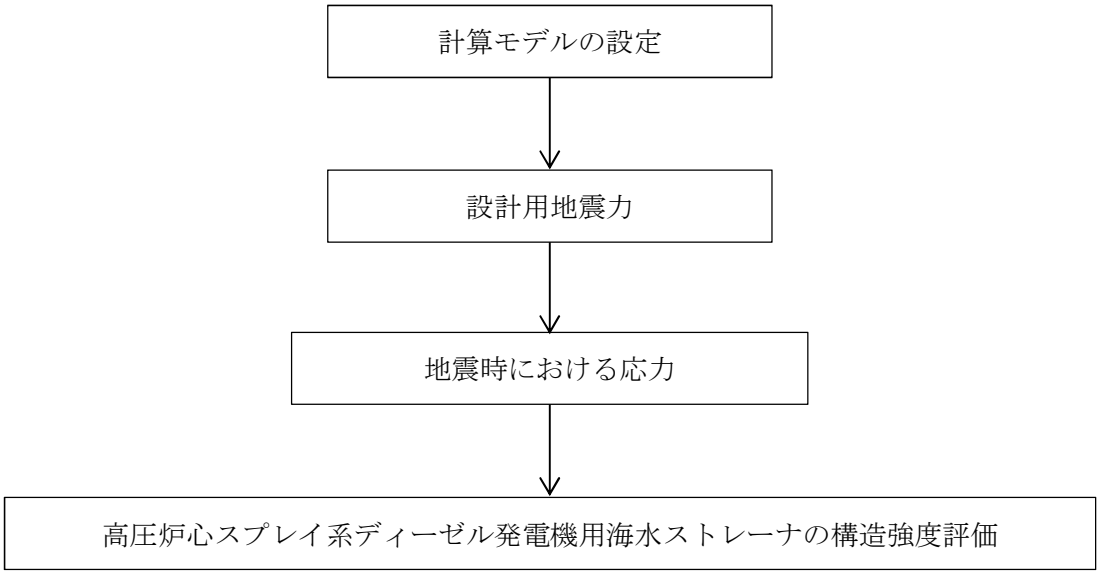


図 2-1　高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ストレーナの耐震評価フロー

2.3　適用基準

適用基準を以下に示す。

(1)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1987（日本電気協会）

(2)　原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１・補－1984（日本電気協会）

(3)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1991 追補版（日本電気協会）

(4)　発電用原子力設備規格　設計・建設規格（2005 年版（2007 年追補版含む。））　ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ1－2005/2007（日本機械学会）

NT2　補③　Ⅴ-2-10-1-3-7　R0

2.4　記号の説明

記　号	記　　号　　の　　説　　明	単　位
A_b	基礎ボルトの軸断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	－
C_V	鉛直方向設計震度	－
d	基礎ボルトの呼び径	mm
F	設計・建設規格　SSB-3131 に定める値	MPa
F*	設計・建設規格　SSB-3133 に定める値	MPa
F_b	基礎ボルトに作用する引張力（１本当たり）	N
f_{sb}	せん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力（f_sを1.5倍した値又はf_s^*を1.5倍した値）	MPa
f_{to}	引張力のみを受ける基礎ボルトの許容引張応力（f_tを1.5倍した値又はf_t^*を1.5倍した値）	MPa
f_{ts}	引張力とせん断力を同時に受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
g	重力加速度（＝9.80665）	m/s^2
h	基礎から重心までの距離	mm
ℓ_1	重心と基礎ボルト間の水平方向距離	mm
ℓ_2	重心と基礎ボルト間の水平方向距離	mm
m	運転時質量	kg
n	基礎ボルトの本数	－
n_f	評価上引張力を受けるとして期待する基礎ボルトの本数	－
Q_b	基礎ボルトに作用するせん断力	N
S_u	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表９に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表８に定める値	MPa
π	円周率	－
σ_b	基礎ボルトに生じる引張応力	MPa
τ_b	基礎ボルトに生じるせん断応力	MPa

注１：$\ell_1 \leqq \ell_2$

2.5　計算精度と数値の丸め方

精度は6桁以上を確保すること。
表示する数値の丸め方は表2-2に示すとおりとする。

表2-2　表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
震度	－	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位
温度	℃	－	－	整数位
質量	kg	－	－	整数位
長さ*1	mm	－	－	整数位
面積	mm^2	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力*3	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

注記　＊1：設計上定める値が小数点以下の場合は，小数点以下表示とする。
＊2：絶対値が1000以上のときは，べき数表示とする。
＊3：設計・建設規格　付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は，比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨て，整数位までの値とする。

3.　評価部位

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ストレーナの耐震評価は，「5.1　構造強度評価方法」に示す条件に基づき，耐震評価上厳しくなる基礎ボルトについて実施する。高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ストレーナの評価部位については，表2-1の概略構造図に示す。

4.　固有周期

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ストレーナは1個の大きなブロック状をしており，重心の位置がブロック状のほぼ中心にあり，かつ，下面が基礎ボルトにて固定されている。したがって全体を一つの剛体とみなせるため，固有周期は十分に小さく，固有周期の計算は省略する。

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

(1) ストレーナ及び内容物の質量は重心に集中するものとする。

(2) 地震力はストレーナに対して水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。

(3) ストレーナは基礎ボルトで基礎に固定された固定端とする。ここで，基礎については剛となるよう設計する。

(4) 転倒方向は図5－1により検討し，計算条件の厳しい方で耐震性についての計算を行う。

(5) 耐震計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

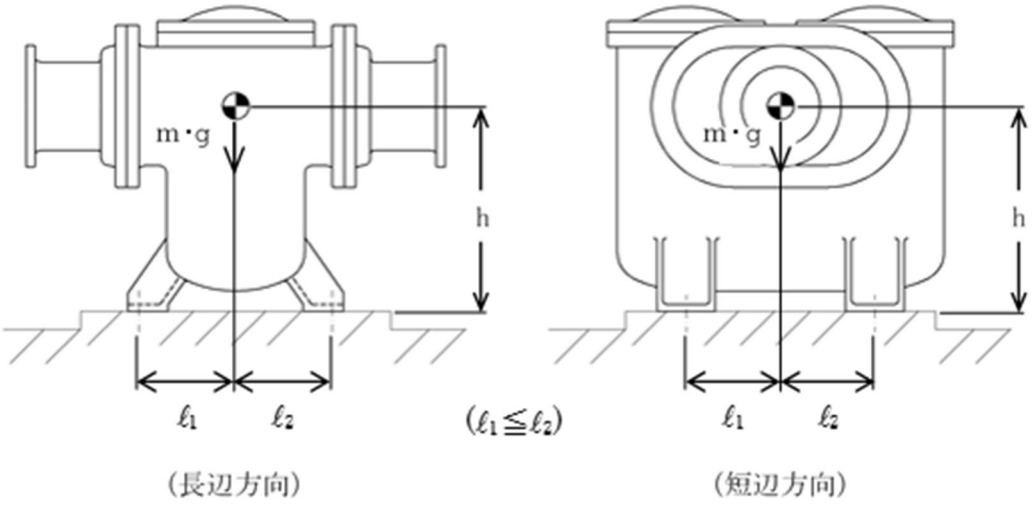


図5－1 概 要 図

5.2　荷重の組合せ及び許容応力

5.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ストレーナの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 5-1 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-2 に示す。

5.2.2　許容応力

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ストレーナの許容応力は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき表 5-3 のとおりとする。

5.2.3　使用材料の許容応力評価条件

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ストレーナの使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 5-4 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-5 に示す。

表5-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震設計上の重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電用原子炉の附属施設	非常用電源設備	高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ストレーナ	S	クラス３容器*	$D+P_D+M_D+S_d$*	III_AS
					$D+P_D+M_D+S_s$	IV_AS

注記＊：クラス３容器の支持構造物を含む。

表5-2　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電用原子炉の附属施設	非常用電源設備	高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ストレーナ	常設耐震／防止	重大事故等クラス２容器*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	IV_AS
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS（V_ASとして，IV_ASの許容限界を用いる。）

注記　＊1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備を示す。

＊2：重大事故等クラス２容器の支持構造物を含む。

＊3：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表5－3　許容応力（クラス２，３支持構造物及び重大事故等クラス２支持構造物）

許容応力状態	許　容　限　界*1, *2 （ボ　ル　ト　等）	
	一　次　応　力	
	引張り	せん断
ⅢAS	1.5・f_t	1.5・f_s
ⅣAS	1.5・f_t^*	1.5・f_s^*
VAS （VASとして，ⅣASの許容限界を用いる。）		

注記　＊1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能な場合は評価を省略する。

表5-4　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	231	394

表5-5　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	231	394

5.3　設計用地震力

「弾性設計用地震動Ｓ$_d$又は静的震度」及び「基準地震動Ｓ$_s$」による地震力は，添付書類「Ⅴ-2-1-7　設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

評価に用いる設計用地震力を表 5-6 及び表 5-7 に示す。

表 5-6　設計用地震力（設計基準対象施設）

据付場所及び床面高さ(m)	固有周期(s)	弾性設計用地震動Ｓ$_d$又は静的震度		基準地震動Ｓ$_s$	
		水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度
海水ポンプ室 EL. 0.30*1	－*2	C_H＝0.81	C_V＝1.23	C_H＝1.38	C_V＝2.70

注記　＊1：基準床レベルを示す。

＊2：固有周期は十分に小さく，計算は省略する。

表 5-7　設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所及び床面高さ(m)	固有周期(s)	弾性設計用地震動Ｓ$_d$又は静的震度		基準地震動Ｓ$_s$	
		水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度
海水ポンプ室 EL. 0.30*1	－*2	－	－	C_H＝1.38	C_V＝2.70

注記　＊1：基準床レベルを示す。

＊2：固有周期は十分に小さく，計算は省略する。

5.4　計算方法

基礎ボルトの応力は，地震による引張応力とせん断応力について計算する。

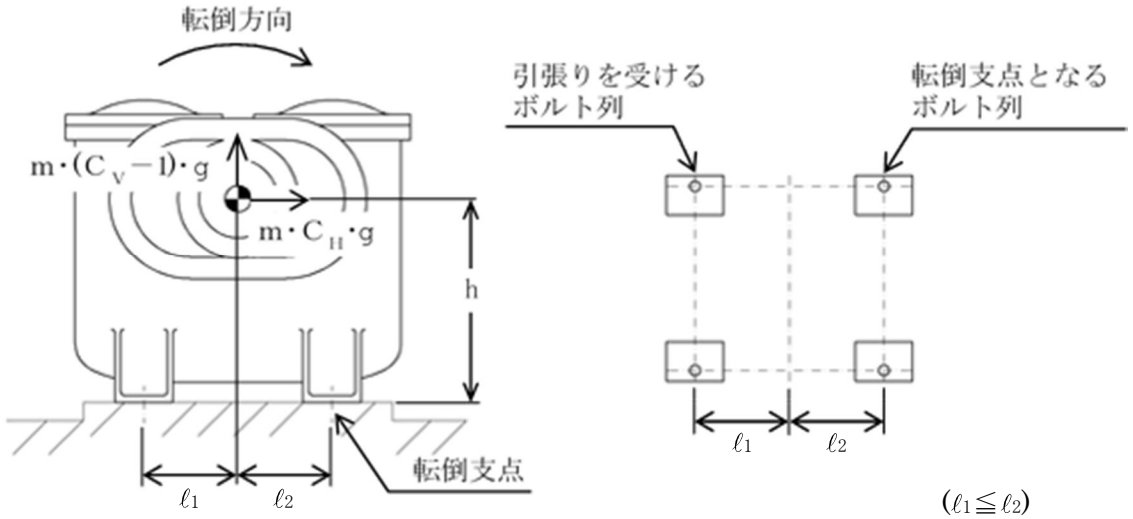


図 5－2　計算モデル（短辺方向転倒）

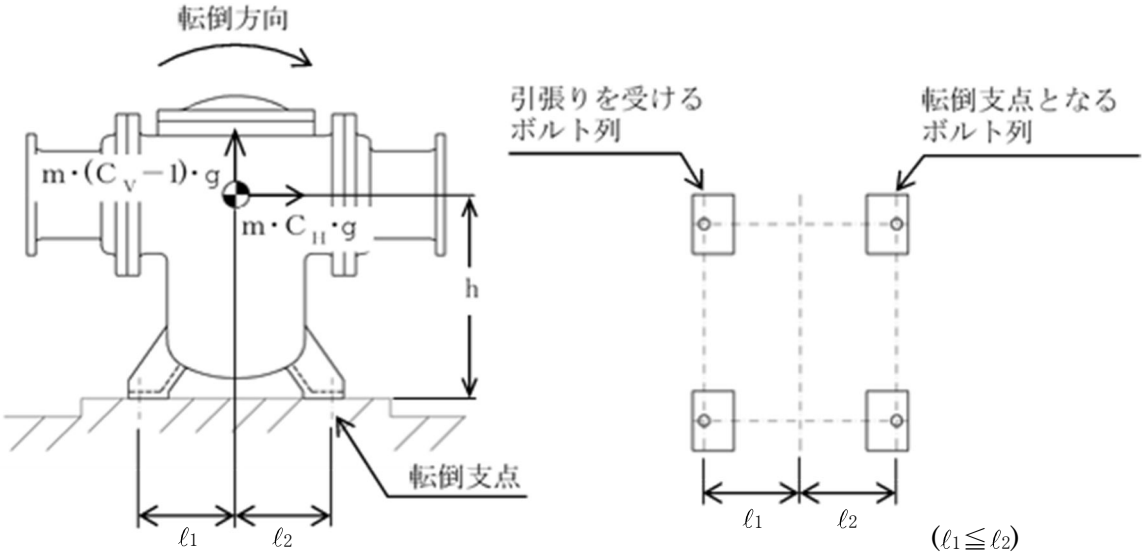


図 5－3　計算モデル（長辺方向転倒）

(1) 引張応力

基礎ボルトに対する引張力は最も厳しい条件として，図 5－2 で基礎ボルトを支点とする転倒を考え，これを片側の基礎ボルトで受けるものとして計算する。

引張力

$$F_b = \frac{m \cdot g \cdot C_H \cdot h - m \cdot g \cdot (1 - C_V) \cdot \ell_2}{n_f \cdot (\ell_1 + \ell_2)} \quad \cdots\cdots \quad (5.2.1)$$

引張応力

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b} \quad \cdots\cdots \quad (5.2.2)$$

ここで，基礎ボルトの軸断面積A_bは

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \quad \cdots\cdots \quad (5.2.3)$$

ただし，F_bが負のとき基礎ボルトには引張力が生じないので，引張応力の計算は行なわない。

(2) せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は，基礎ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_b = C_H \cdot m \cdot g \quad \cdots\cdots \quad (5.2.4)$$

せん断応力

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n \cdot A_b} \quad \cdots\cdots \quad (5.2.5)$$

5.5　計算条件

応力の計算に用いる計算条件は，本計算書の【高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ストレーナの耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.6　応力の評価

5.2.4項で求めた基礎ボルトの引張応力σ_bは，次式より求めた許容引張応力f_{ts}以下であること。

せん断応力τ_bはせん断力のみ受ける基礎ボルトの許容せん断応力f_{sb}以下であること。

$$f_{ts}=1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (5.2.6)$$

かつ，

$$f_{ts}\leqq f_{to} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (5.2.7)$$

ただし，f_{to}及びf_{sb}は下表による。

	弾性設計用地震動S_d又は静的震度による荷重との組合せの場合	基準地震動S_sによる荷重との組合せの場合
許容引張応力f_{to}	$\frac{F}{2}\cdot 1.5$	$\frac{F^*}{2}\cdot 1.5$
許容せん断応力f_{sb}	$\frac{F}{1.5\cdot\sqrt{3}}\cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5\cdot\sqrt{3}}\cdot 1.5$

6.　評価結果

6.1　設計基準対象施設としての評価結果

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ストレーナの設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は評価基準値を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有することを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価結果を次頁以降の表に示す。

6.2　重大事故等対処設備としての評価結果

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ストレーナの重大事故等対処設備としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は評価基準値を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有することを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価結果を次頁以降の表に示す。

【高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ストレーナの計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震設計上の重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_S		最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
				水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度		
高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ストレーナ	S	海水ポンプ室 EL. 0.30*1	—*2	C_H=0.81	C_V=1.23	C_H=1.38	C_V=2.70	−	□

注記 *1：基準床レベルを示す。
*2：固有周期は十分に小さく，計算は省略する。

1.2 機器要目

部材	m (kg)	h (mm)	ℓ_1* (mm)	ℓ_2* (mm)	A_b (mm^2)	n	n_f*
基礎ボルト					314.2 (M20)	4	2
							2

注記 *：ボルトの機器要目における上段は短辺方向に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向に対する評価時の要目を示す。

部材	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F (MPa)		転倒方向
			弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_S	
基礎ボルト	231	394	231	276	短辺

1.3　計算数値

ボルトに作用する力　　（単位：N）

部　材	F_b		Q_b	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト	1.020×10^4	2.396×10^4	1.628×10^4	2.774×10^4

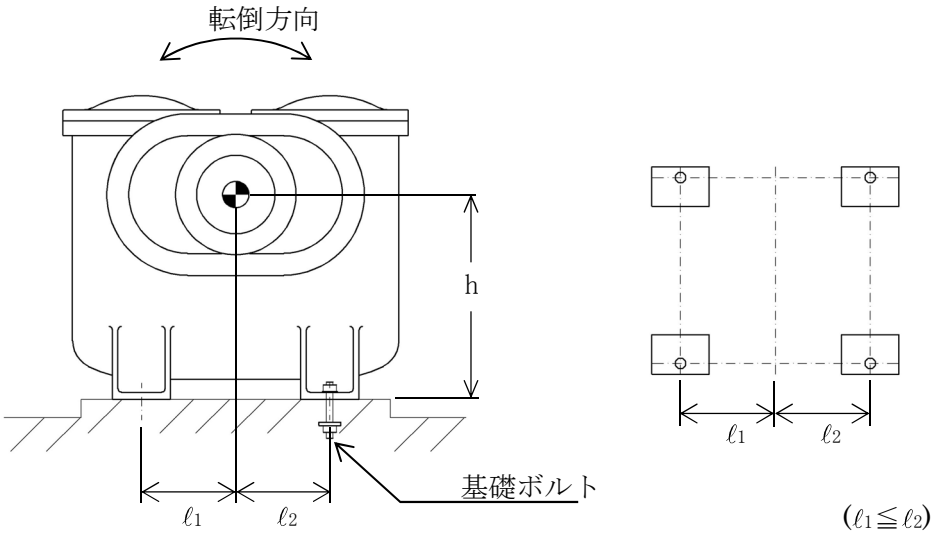
1.4　結　論

ボルトの応力　　（単位：MPa）

部　材	材　料	応　力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト		引　張　り	σ_b ＝ 33	f_{ts}＝ 173*	σ_b ＝ 77	f_{ts}＝ 207*
		せ　ん　断	τ_b ＝ 13	f_{sb}＝ 133	τ_b ＝ 22	f_{sb}＝ 159

すべて許容応力以下である。

注記＊：Min[1.4・f_{toi}−1.6・τ_{bi}，f_{toi}]



【高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ストレーナの耐震性についての計算結果】

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
				水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度		
高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ストレーナ	常設耐震／防止	海水ポンプ室 EL. 0.30*1	—*2	—	—	C_H=1.38	C_V=2.70	−	□

注記 *1：基準床レベルを示す。

*2：固有周期は十分に小さく，計算は省略する。

2.2 機器要目

部材	m (kg)	h (mm)	ℓ_1* (mm)	ℓ_2* (mm)	A_b (mm^2)	n	n_f*
基礎ボルト					314.2 (M20)	4	2
							2

注記 *：ボルトの機器要目における上段は短辺方向に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向に対する評価時の要目を示す。

部材	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F (MPa)		転倒方向
			弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	
基礎ボルト	231	394	—	276	短辺

2.3 計算数値

ボルトに作用する力 （単位：N）

部材	F_b		Q_b	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト	—	2.396×10^4	—	2.774×10^4

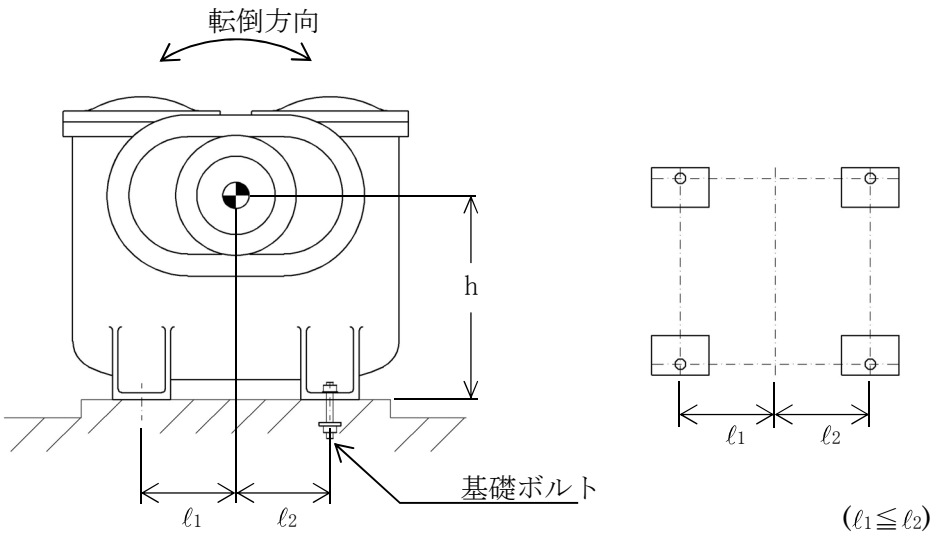
2.4 結論

ボルトの応力 （単位：MPa）

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	—	—	$\sigma_b = 77$	$f_{ts} = 207^*$
		せん断	—	—	$\tau_b = 22$	$f_{sb} = 159$

すべて許容応力以下である。

注記＊：$\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$



Ⅴ-2-10-1-3-8　管の耐震性についての計算書

まえがき

本書は，高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電装置の管の耐震性についての計算書である。
本書は，以下により構成される。

第一部　燃料設備の管の耐震性についての計算書
第二部　冷却設備の管の耐震性についての計算書

第一部　燃料設備の管の耐震性についての計算書

目次

1. 概要 ····· 1-1
2. 概略系統図及び鳥瞰図 ····· 1-2
2.1 概略系統図 ····· 1-2
2.2 鳥瞰図 ····· 1-7
3. 計算条件 ····· 1-16
3.1 荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 1-16
3.2 設計条件 ····· 1-17
3.3 材料及び許容応力 ····· 1-25
3.4 設計用地震力 ····· 1-26
4. 解析結果及び評価 ····· 1-27
4.1 固有周期及び設計震度 ····· 1-27
4.2 評価結果 ····· 1-38
4.2.1 管の応力評価結果 ····· 1-38
4.2.2 支持構造物評価結果 ····· 1-39
4.2.3 弁の動的機能維持評価結果 ····· 1-40
4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果 ····· 1-41

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」，「Ⅴ-2-1-12-1　配管及び支持構造物の耐震計算について」及び「Ⅴ-2-1-13-6　管の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき，管，支持構造物及び弁が設計用地震力に対して十分な構造強度又は動的機能を有していることを説明するものである。

評価結果記載方法は以下に示す通りである。

(1)　管

工事計画記載範囲の管のうち，各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また，全１８モデルのうち，各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（裕度）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図，計算条件及び評価結果を記載する。代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を4.2.4に記載する。

(2)　支持構造物

工事計画記載範囲の支持点のうち，種類及び型式ごとの反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。

(3)　弁

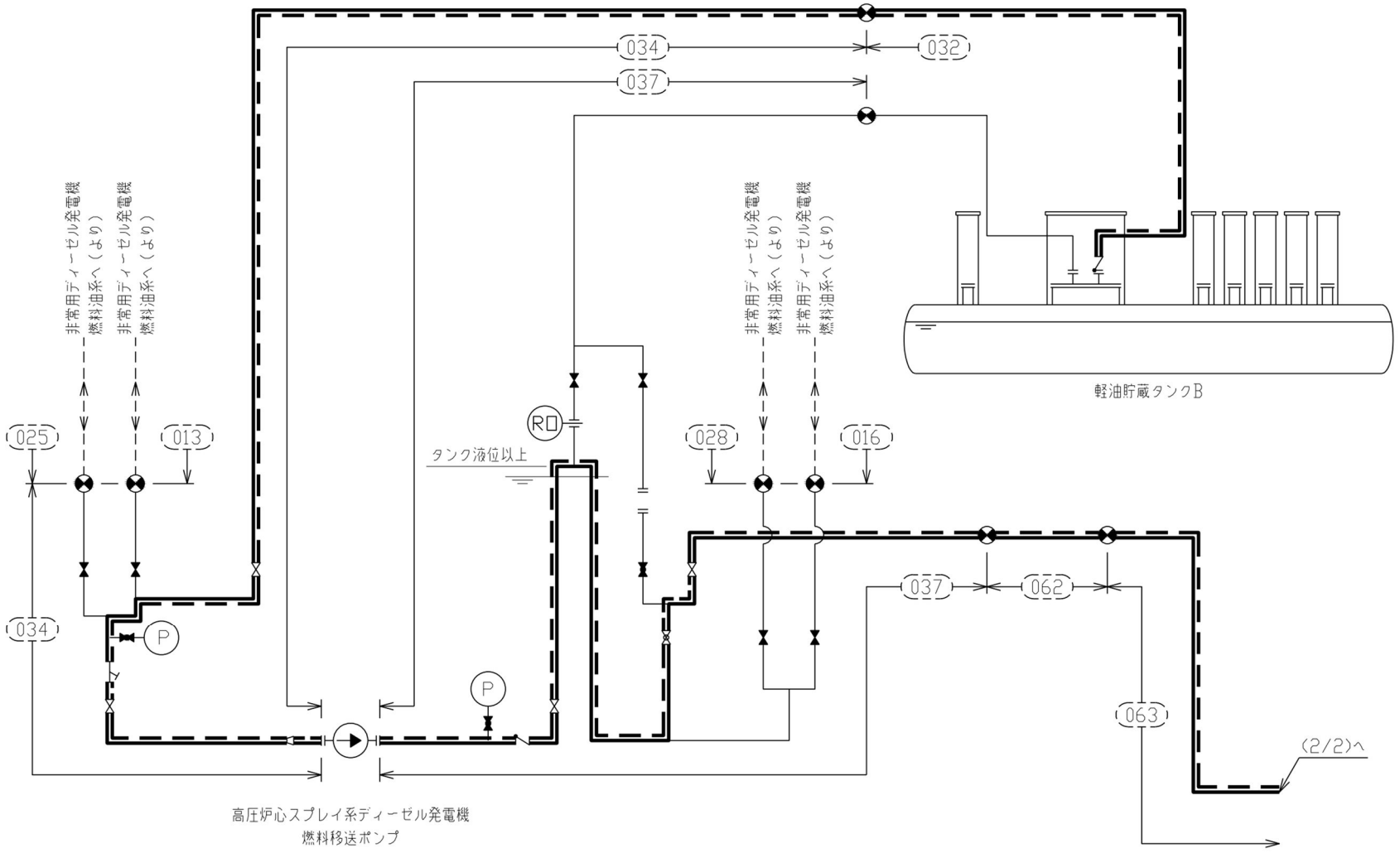
機能確認済加速度の応答加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として評価結果を記載する。

2.　概略系統図及び鳥瞰図

2.1　概略系統図

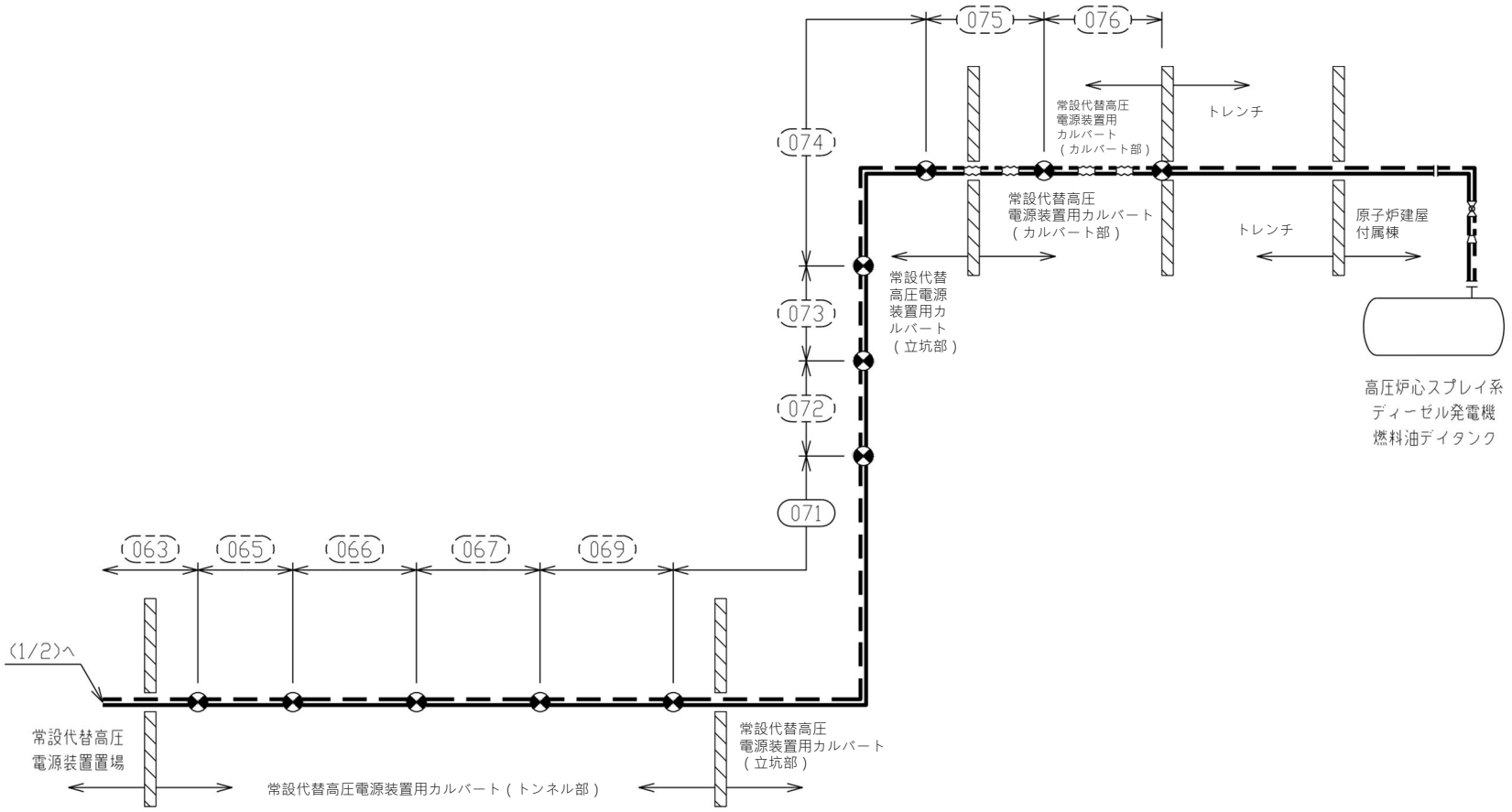
概略系統図記号凡例

記 号	内 容
（太線）	工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管（重大事故等対処設備）
（太破線）	工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管（設計基準対象施設）
（細線）	工事計画記載範囲の管のうち，本系統の管であって他計算書記載範囲の管
（破線）	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち，他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管
○○-○-○○	鳥瞰図番号（鳥瞰図，計算条件及び評価結果を記載する範囲）
○○-○-○○	鳥瞰図番号（評価結果のみ記載する範囲）
	アンカ
［管クラス］	
火技	火力技術基準適用の管



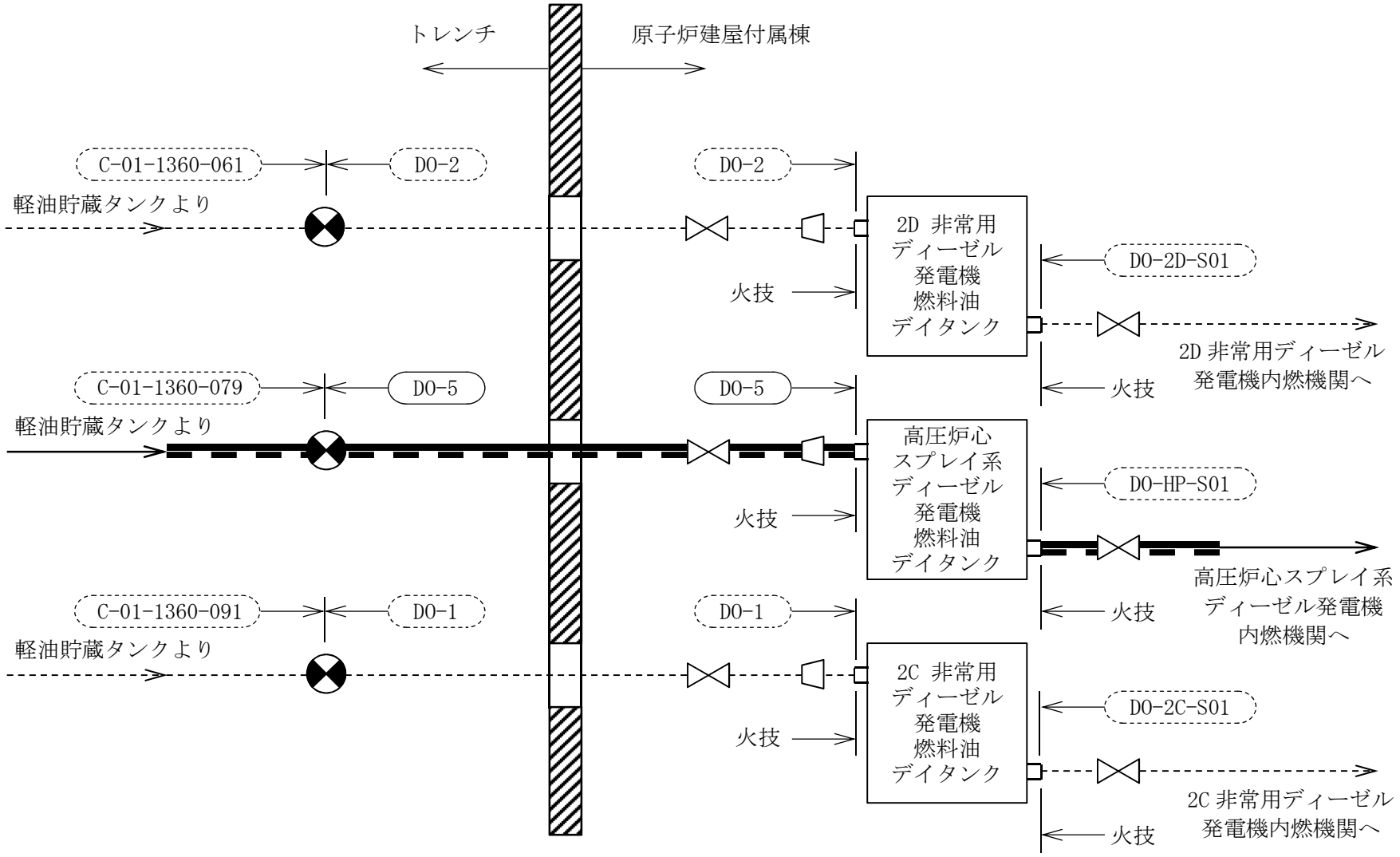
注1：図中，鳥瞰図番号先頭の「C-01-1360」を省略している。
注2：太線は管クラス火技，その他は工事計画記載範囲外とする。

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料油系概略系統図(1/4)

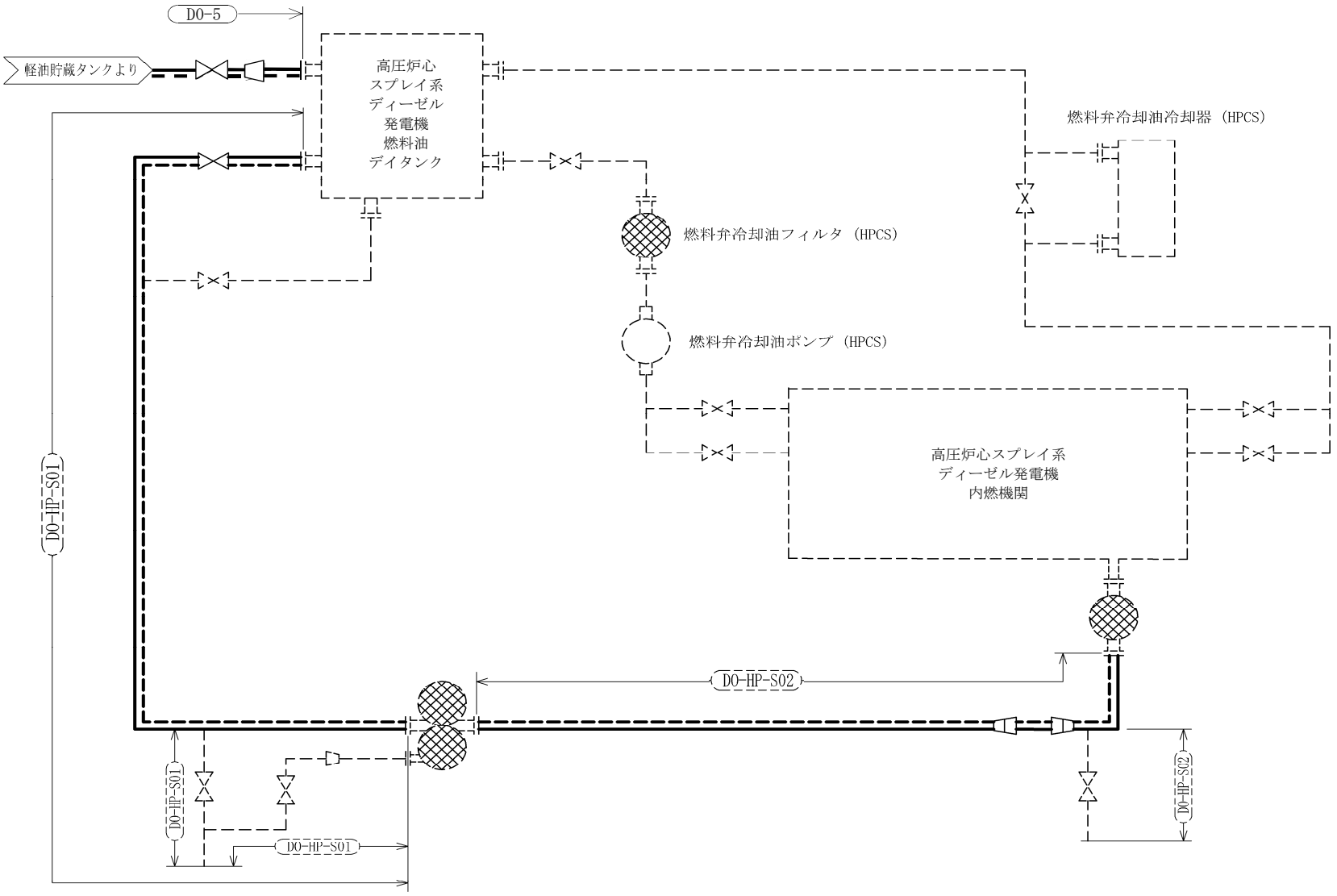


注1：図中，鳥瞰図番号先頭の「C-01-1360」を省略している。
注2：太線は管クラス火技，その他は工事計画記載範囲外とする。

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料油系概略系統図(2/4)



高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料油系概略系統図(3/4)



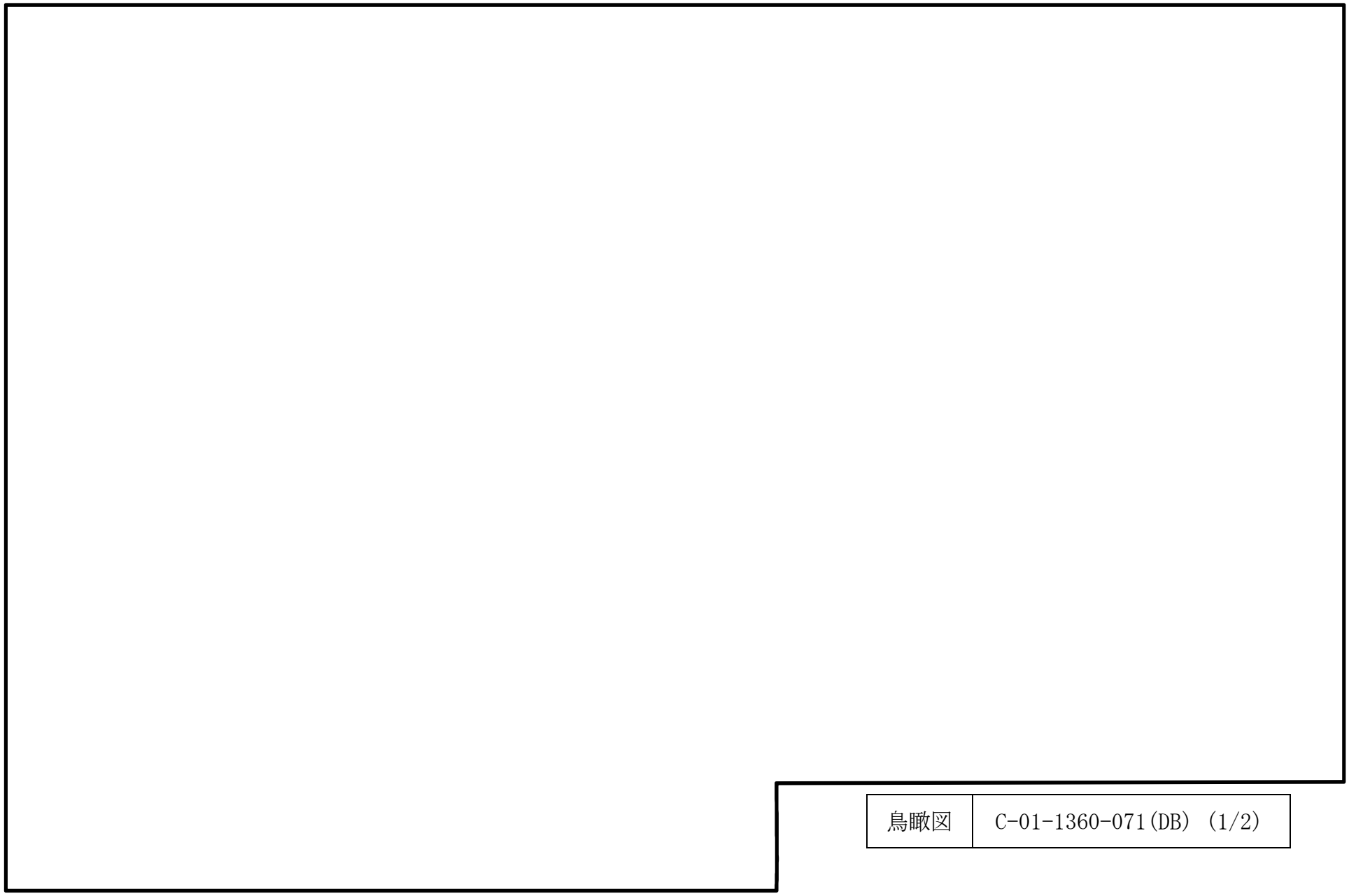
注1：太線は管クラス火技，その他は工事計画記載範囲外とする。

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料油系概略系統図(4/4)

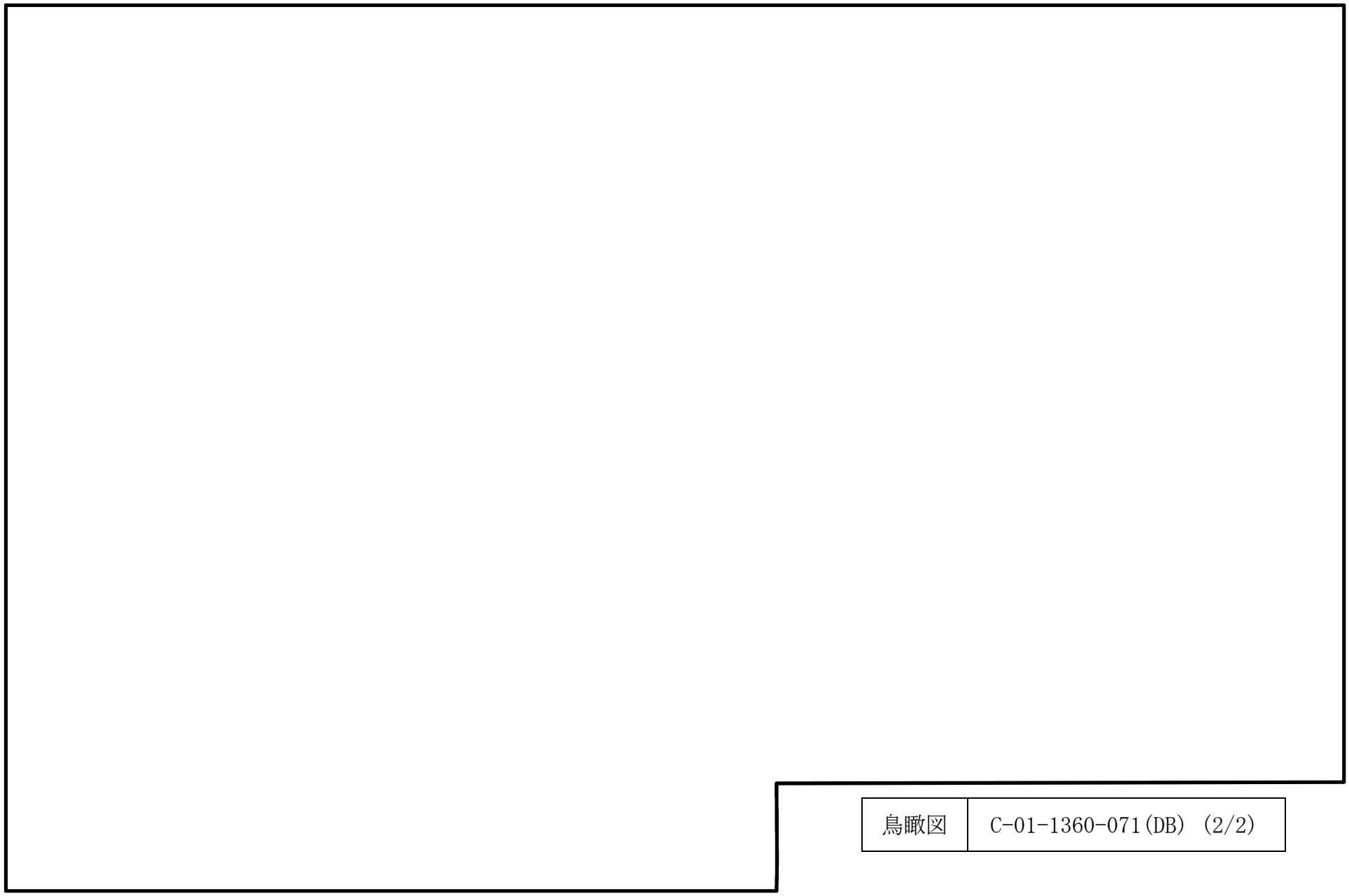
2.2　鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

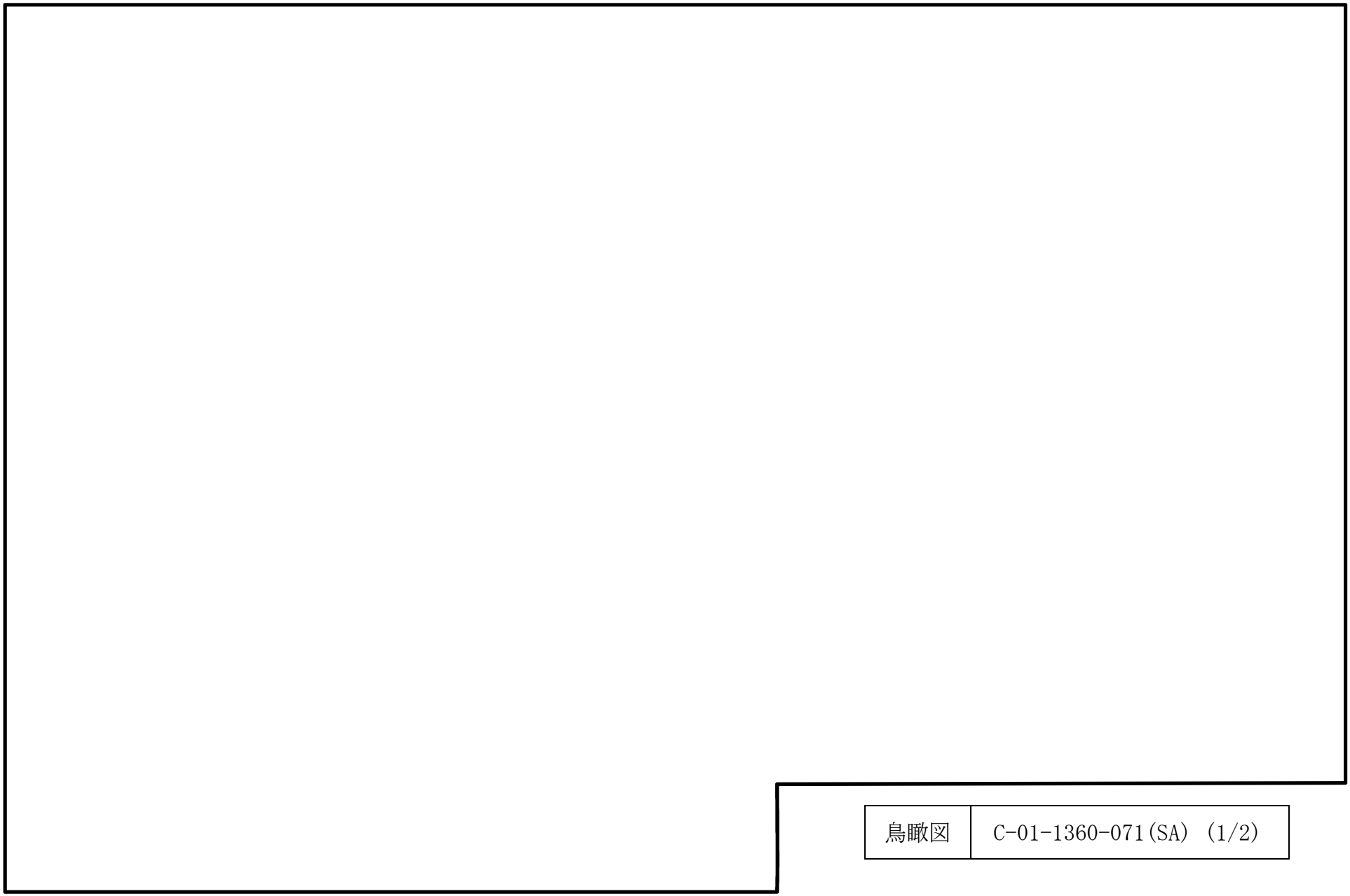
記　　号	内　　容
（太線）	工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管（重大事故等対処設備の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(SA)」，設計基準対象施設の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(DB)」とする。）
（細線）	工事計画記載範囲の管のうち，本系統の管であって他計算書記載範囲の管
○	節　　点
◎	質　　点
●	質　　点
	ア　ン　カ
	ア　ン　カ
	レストレイント
*	拘束点の地震による相対変位量(mm) （ * は評価点番号，矢印は拘束方向を示す。また，□内に変位量を記載する。）
	注：　鳥瞰図中の寸法の単位はmmである。



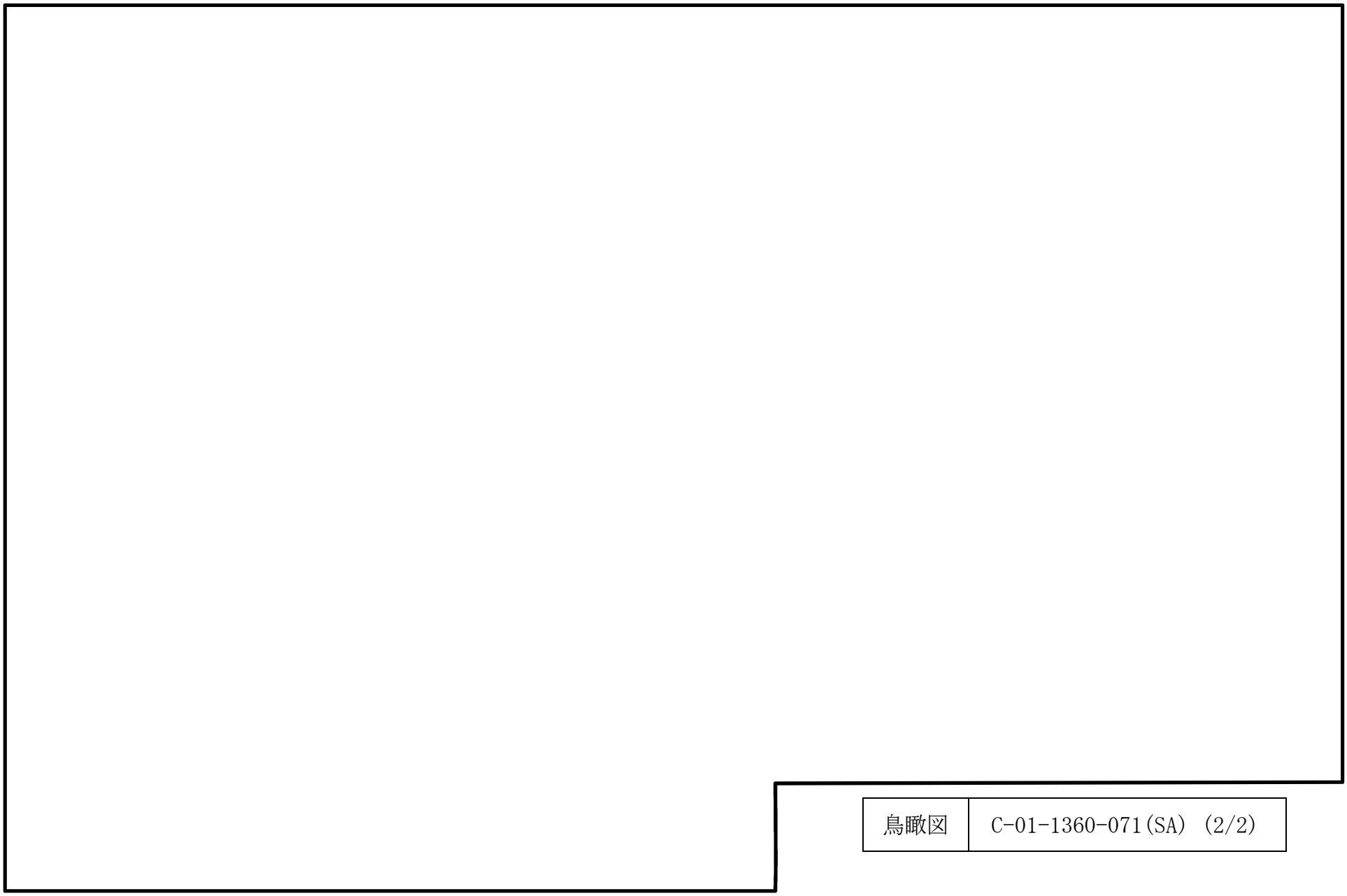
鳥瞰図	C-01-1360-071(DB) (1/2)



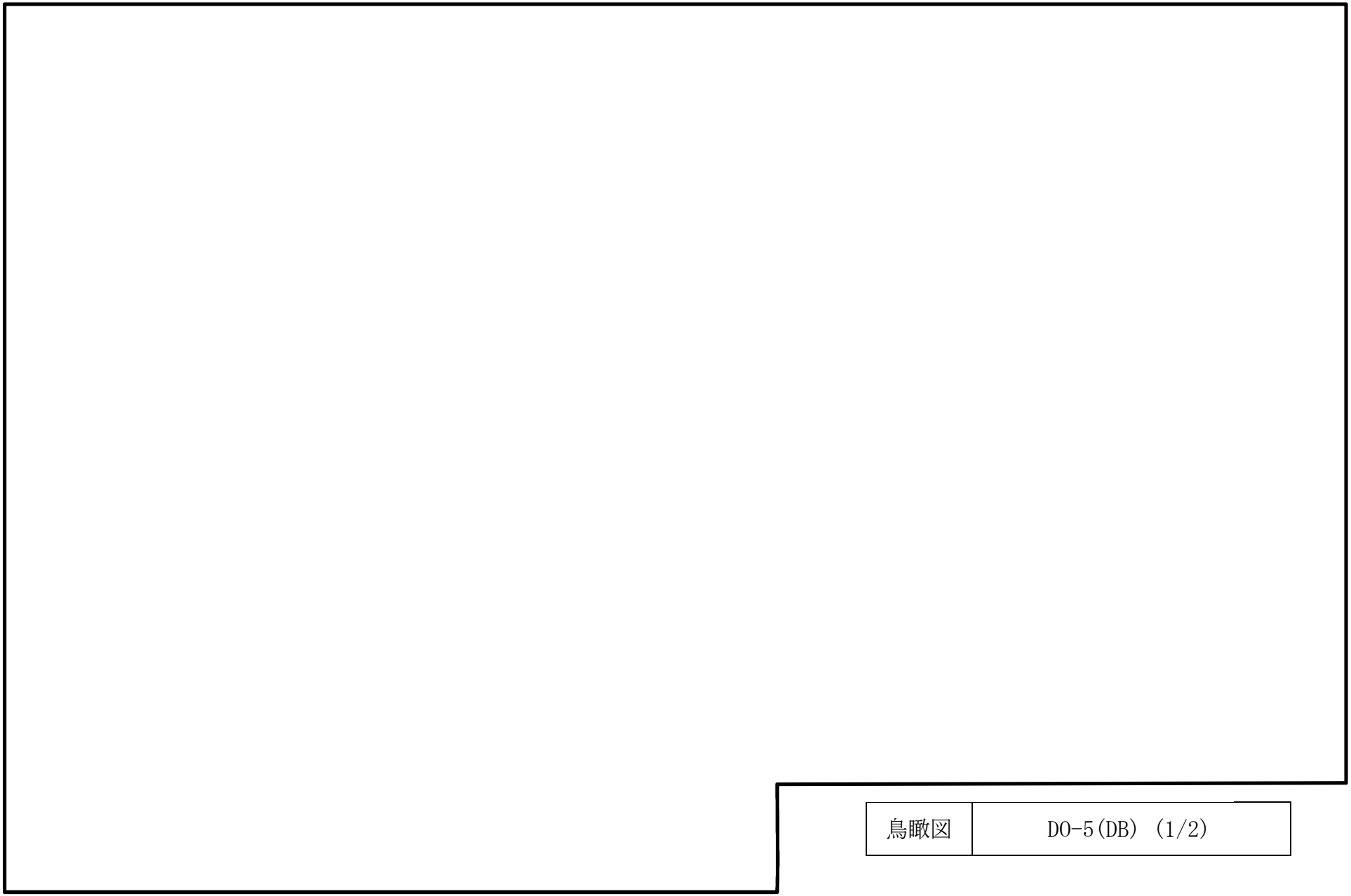
鳥瞰図	C-01-1360-071(DB) (2/2)



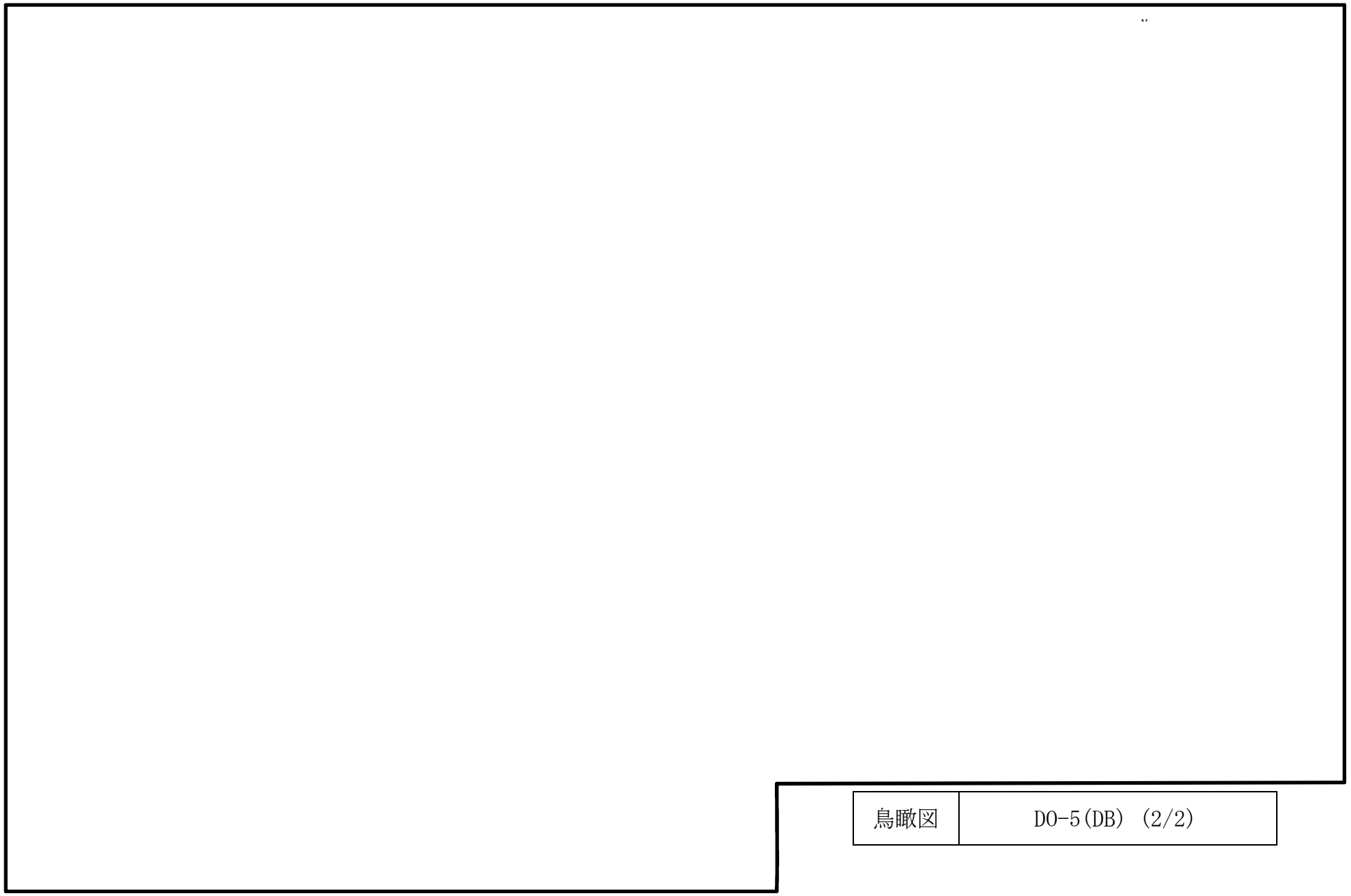
鳥瞰図	C-01-1360-071(SA) (1/2)



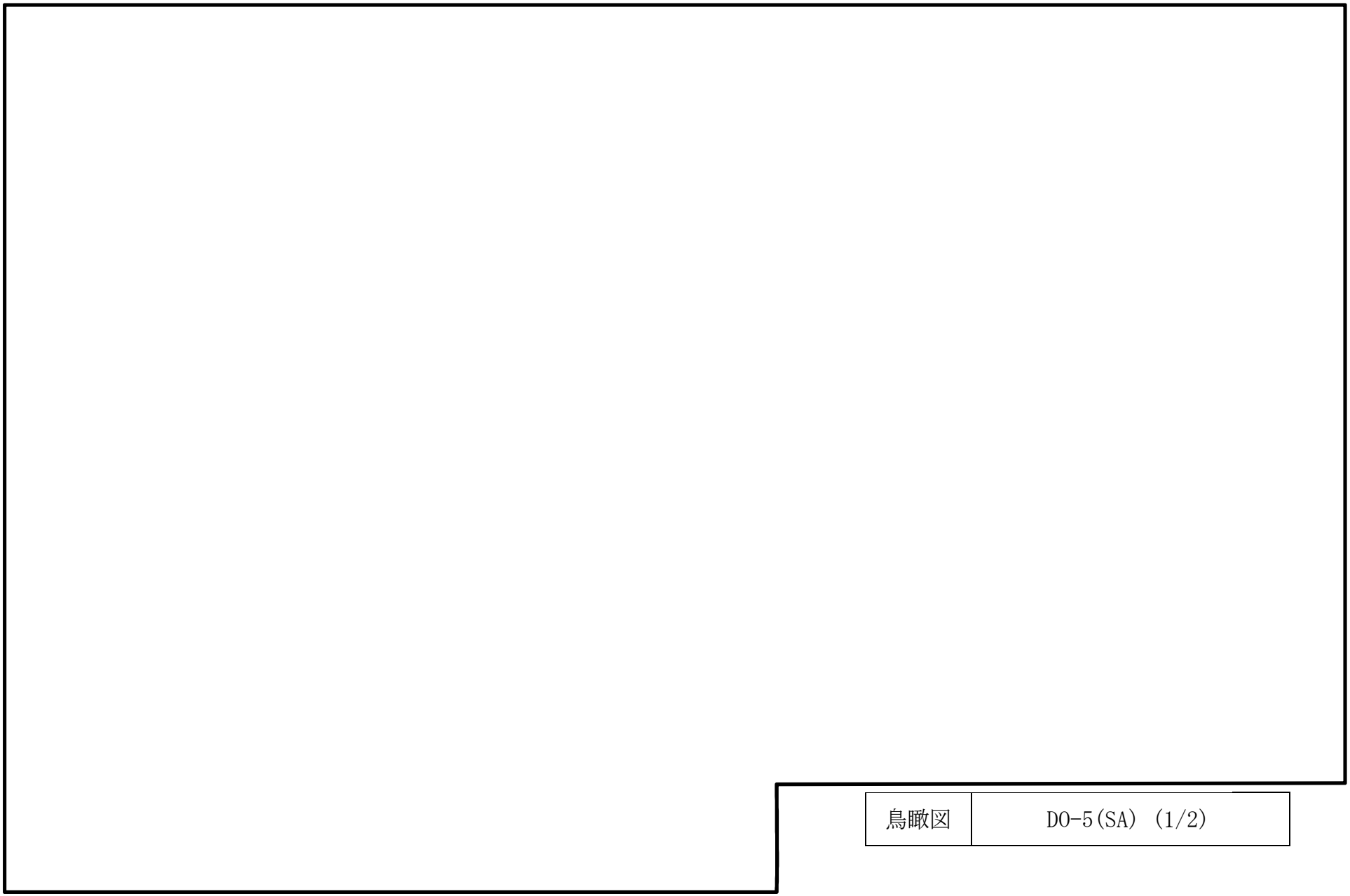
鳥瞰図	C-01-1360-071(SA) (2/2)



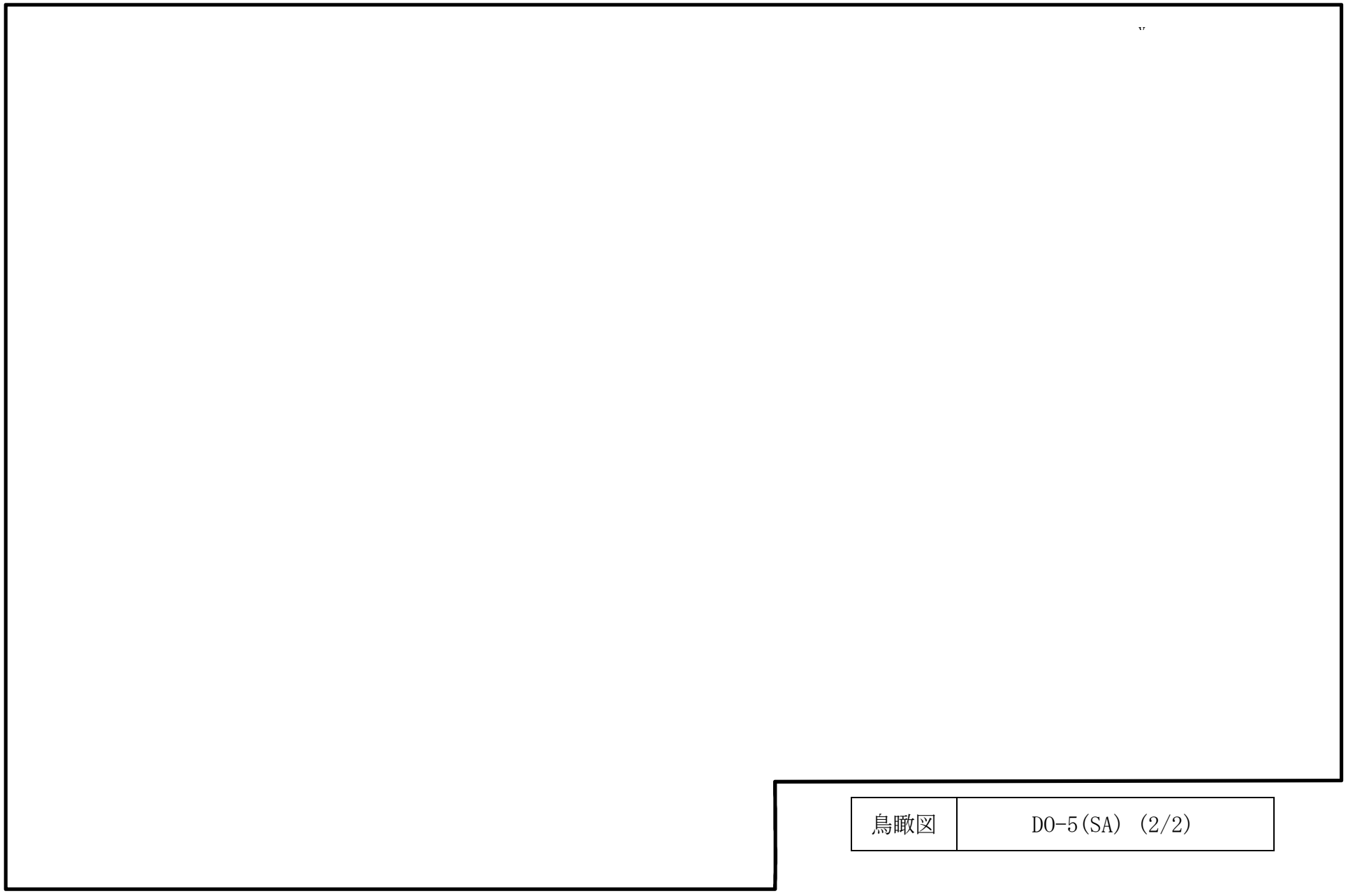
鳥瞰図	DO-5(DB) (1/2)



鳥瞰図	DO-5(DB) (2/2)



鳥瞰図	DO-5(SA) (1/2)



鳥瞰図	DO-5(SA) (2/2)

3. 計算条件

3.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設分類*1	設備分類*2	機器等の区分	耐震設計上の重要度分類	荷重の組合せ*5,6	許容応力状態*7
その他発電用原子炉の附属施設	非常用電源設備の非常用発電装置	高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電装置	ＤＢ	－	－*3	Ｓ	I_L+S_d	III_AS
							II_L+S_d	
							I_L+S_s	IV_AS
							II_L+S_s	
			ＳＡ	常設耐震／防止	－*4	－	V_L+S_s	V_AS

注記 ＊1： ＤＢは設計基準対象施設，ＳＡは重大事故等対処設備を示す。

＊2： 「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊3： クラス２，３管の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

＊4： 重大事故等クラス２管の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

＊5： 運転状態の添字Ｌは荷重，(Ｌ)は荷重が長期間作用している状態，(ＬＬ)は(Ｌ)より更に長期的に荷重が作用している状態を示す。

＊6： 許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

＊7： 許容応力状態V_ASは許容応力状態IV_ASの許容限界を使用し，許容応力状態IV_ASとして評価を実施する。

3.2　設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し，管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図　C-01-1360-071

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震設計上の重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
P1	A00～A22	1.00	55	42.7	4.9	SUS304TP	S	

鳥 瞰 図　DO-5

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震設計上の重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	801,600, 1, 3, 802, 4, 6,803, 7, 9, 10, 12, 601,804, 13, 15, 16, 18,501,805, 602,806,502, 19, 21,603,807,604, 808,605,809, 22, 24,810, 25, 27, 606,811,607,812, 28, 30,608, 31, 33,813,609,814, 34, 36, 37, 39, 610,815,611,816, 40, 42, 44,817, 45, 47,818, 48, 50, 51, 53,612, 54, 56, 57, 59, 819,613,820,614, 821,615, 60, 62, 822, 63, 65, 66, 68,616,823,617, 824,618,825,619, 69, 71,826, 72, 74,827, 75, 77, 620,503	1.00	55	42.7	4.9	SUS304TP	S	

鳥 瞰 図　DO-5

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震設計上の重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	828,621, 78, 80, 829, 81, 83,622, 830, 84, 86,301, 901,302, 87, 89, 831,623,211	1.00	55	42.7	4.9	SUS304TP	S	[redacted]
2	212, 90, 92,504, 1001	1.00	55	48.6	5.1	SUS304TP	S	

配管の付加質量

鳥 瞰 図　D0-5

質量	対応する評価点
[redacted]	801,600, 1, 3, 802, 4, 6,803, 7, 9, 10, 12,601,804 13, 15, 16, 18, 501,805,602,806,502, 19, 21,603,807,604 808,605,809, 22, 24,810, 25, 27,606,811,607,812, 28, 30 608, 31, 33,813, 609,814, 34, 36, 37, 39,610,815,611,816 40, 42, 44,817, 45, 47,818, 48, 50, 51, 53,612, 54, 56 57, 59,819,613, 820,614,821,615, 60, 62,822, 63, 65, 66 68,616,823,617, 824,618,825,619, 69, 71,826, 72, 74,827 75, 77,620,503, 828,621, 78, 80,829, 81, 83,622,830, 84 86,301,901,302, 87, 89,831,623,211
[redacted]	212, 90, 92,504,1001

フランジ部の質量

鳥 瞰 図　D0-5

質量	対応する評価点
[redacted]	501
	502
	503
	504

弁部の質量

鳥 瞰 図　D0-5

質量	対応する評価点
[redacted]	901

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図　C-01-1360-071

支持点番号	各軸方向ばね定数 (N/mm)			各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
A00						
A01						
A02						
A03						
A04						
A05						
A06						
A07						
A11						
A12						
A14						
A15						
A16						
A18						
A19						
A20						
A22						

鳥 瞰 図　DO-5

支持点番号	各軸方向ばね定数 (N/mm)			各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
801						
802						
803						
804						
805						
806						
807						
808						
809						
810						
811						
812						
813						
814						
815						
816						
817						
818						
819						
820						
821						
822						
823						
824						
825						
826						
827						
828						
829						
830						
831						
1001						

3.3　材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

材 料	最高使用温度 (℃)	許容応力 (MPa)			
		S_m	S_y	S_u	S_h
SUS304TP	55	－	195	496	127

3.4　設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設備評価用床応答曲線を下表に示す。

なお，設備評価用床応答曲線は，添付書類「Ⅴ-2-1-7　設計用床応答曲線の作成方針」に基づき策定したものを用いる。また，減衰定数は添付書類「Ⅴ-2-1-6　地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

鳥瞰図	建物・構築物	標高	減衰定数（%）
C-01-1360-071	[redacted]	EL. -8.000 m	[redacted]
		EL.-28.100 m	
DO-5		EL.　8.200 m	
		EL.　2.000 m	

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 C-01-1360-071

耐震設計上の重要度分類		S					
適用する地震動等		S_d及び静的震度			S_s		
モード	固有周期(s)	応答水平震度		応答鉛直震度	応答水平震度		応答鉛直震度
		X方向	Z方向	Y方向	X方向	Z方向	Y方向
1 次							
2 次							
3 次							
動 的 震 度							
静 的 震 度							

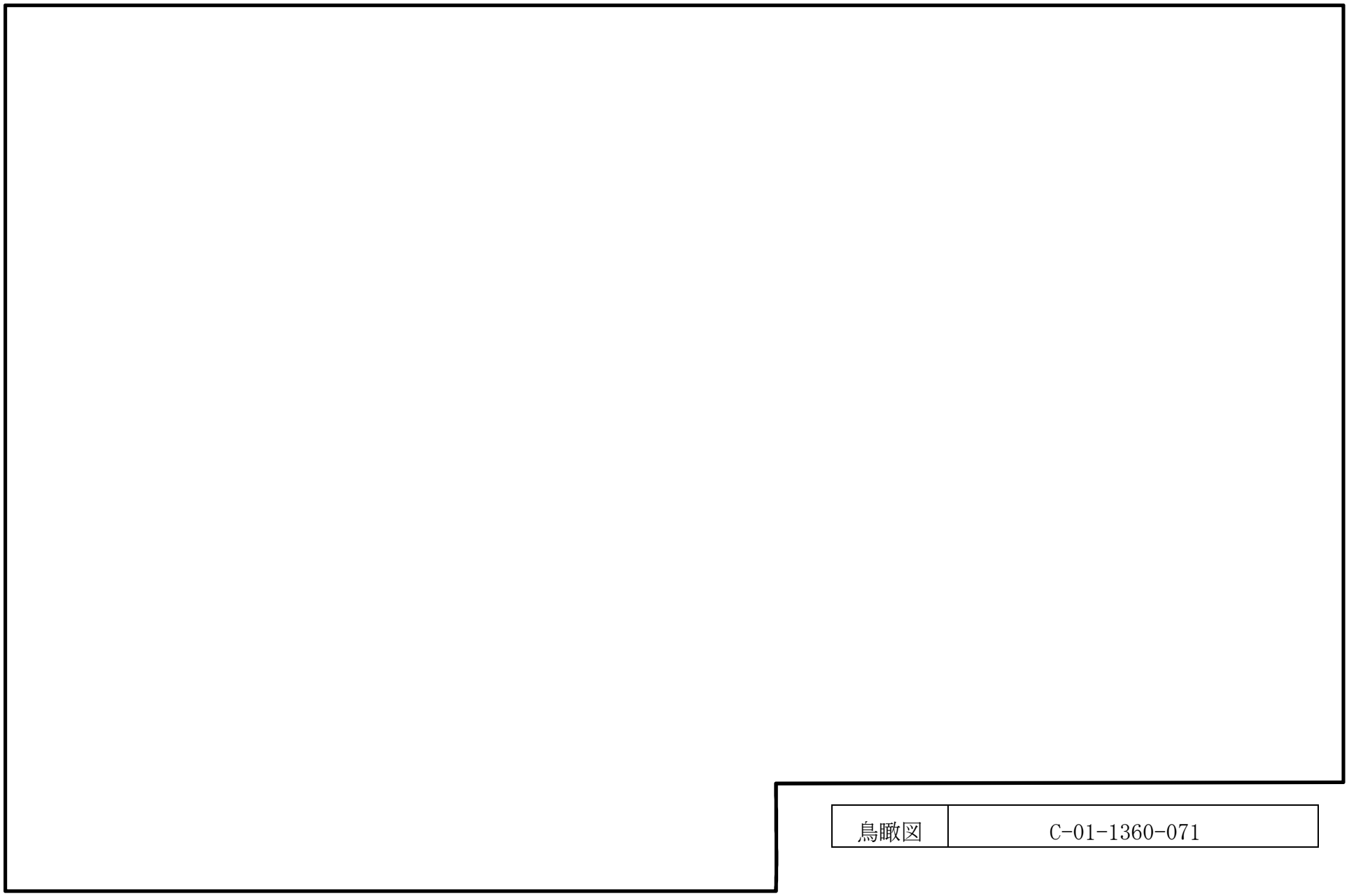
各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図　C-01-1360-071

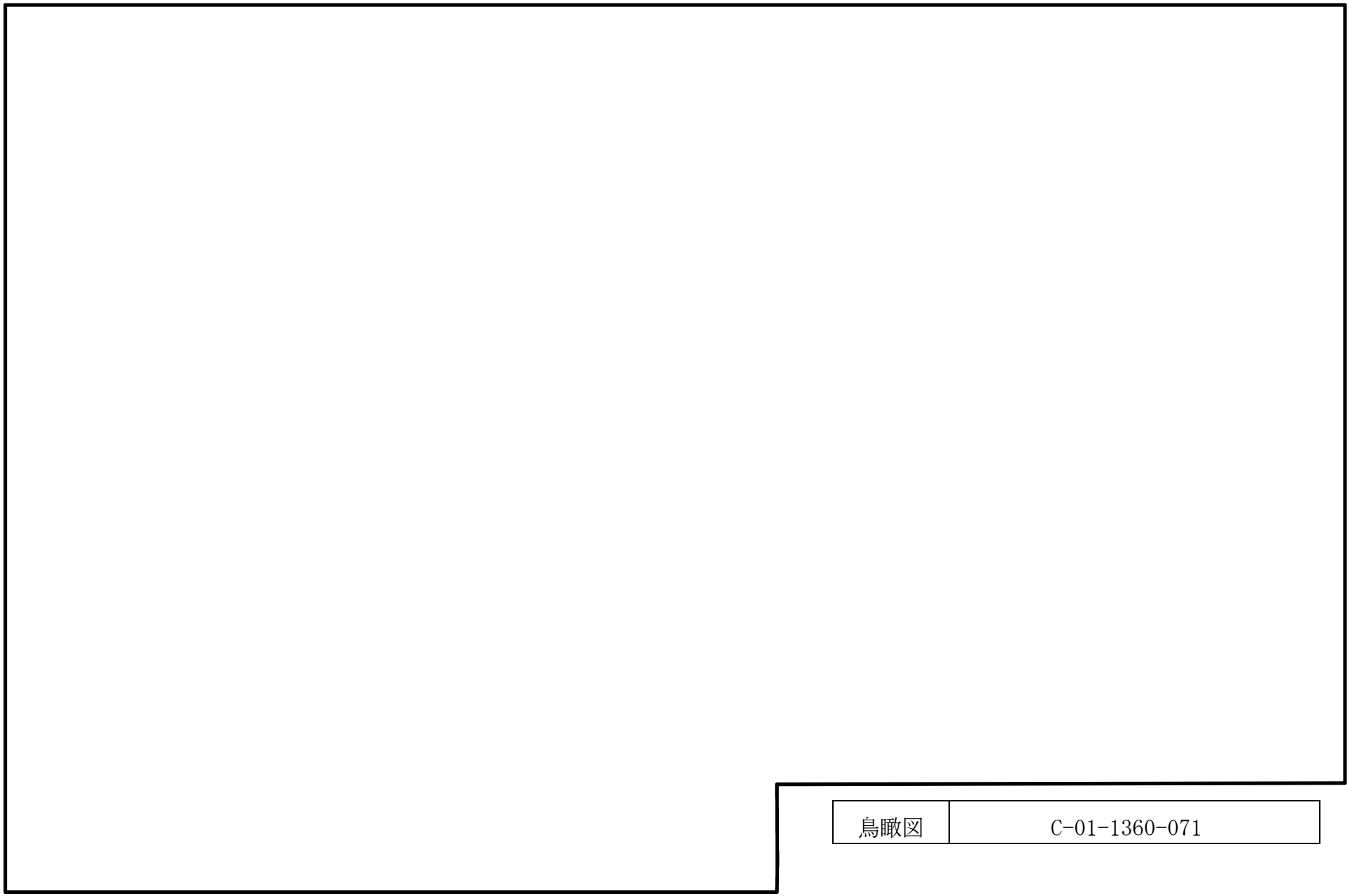
モード	固有周期 (s)	刺激係数		
		X方向	Y方向	Z方向
1 次				
2 次				

代表的振動モード図

振動モード図は，3次モードまでを代表とし，各質点の変位の相対量・方向を赤線で図示し，次ページ以降に示す。



鳥瞰図	C-01-1360-071



鳥瞰図	C-01-1360-071

固有周期及び設計震度

鳥瞰図番号　D0-5

耐震設計上の重要度分類		S					
適用する地震動等		S_d及び静的震度			S_s		
モード	固有周期(s)	応答水平震度		応答鉛直震度	応答水平震度		応答鉛直震度
		X方向	Z方向	Y方向	X方向	Z方向	Y方向
1次							
2次							
3次							
4次							
5次							
6次							
7次							
8次							
44次							
45次							
動的震度							
静的震度							

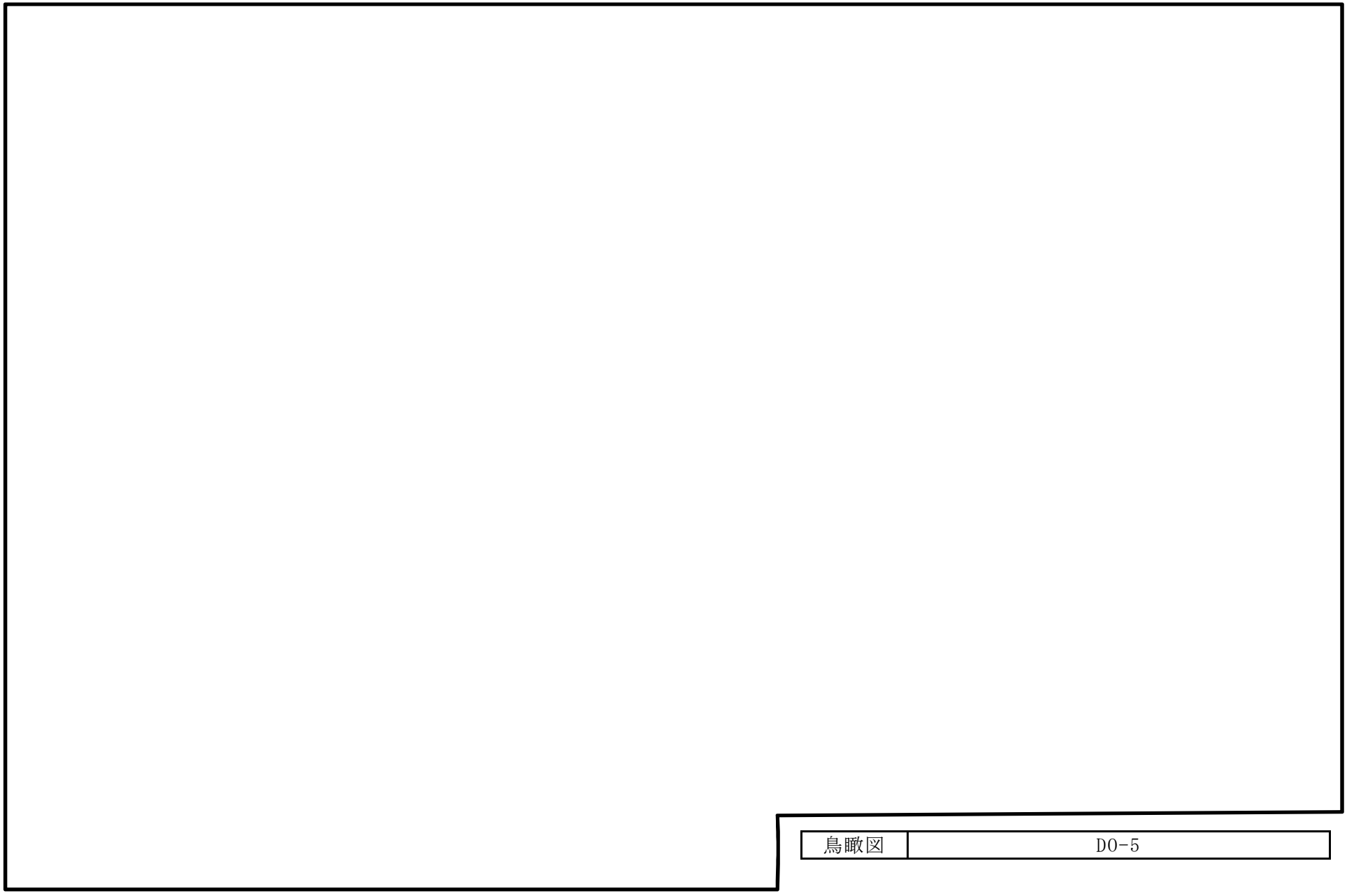
各モードに対応する刺激係数

鳥瞰図番号　D0-5

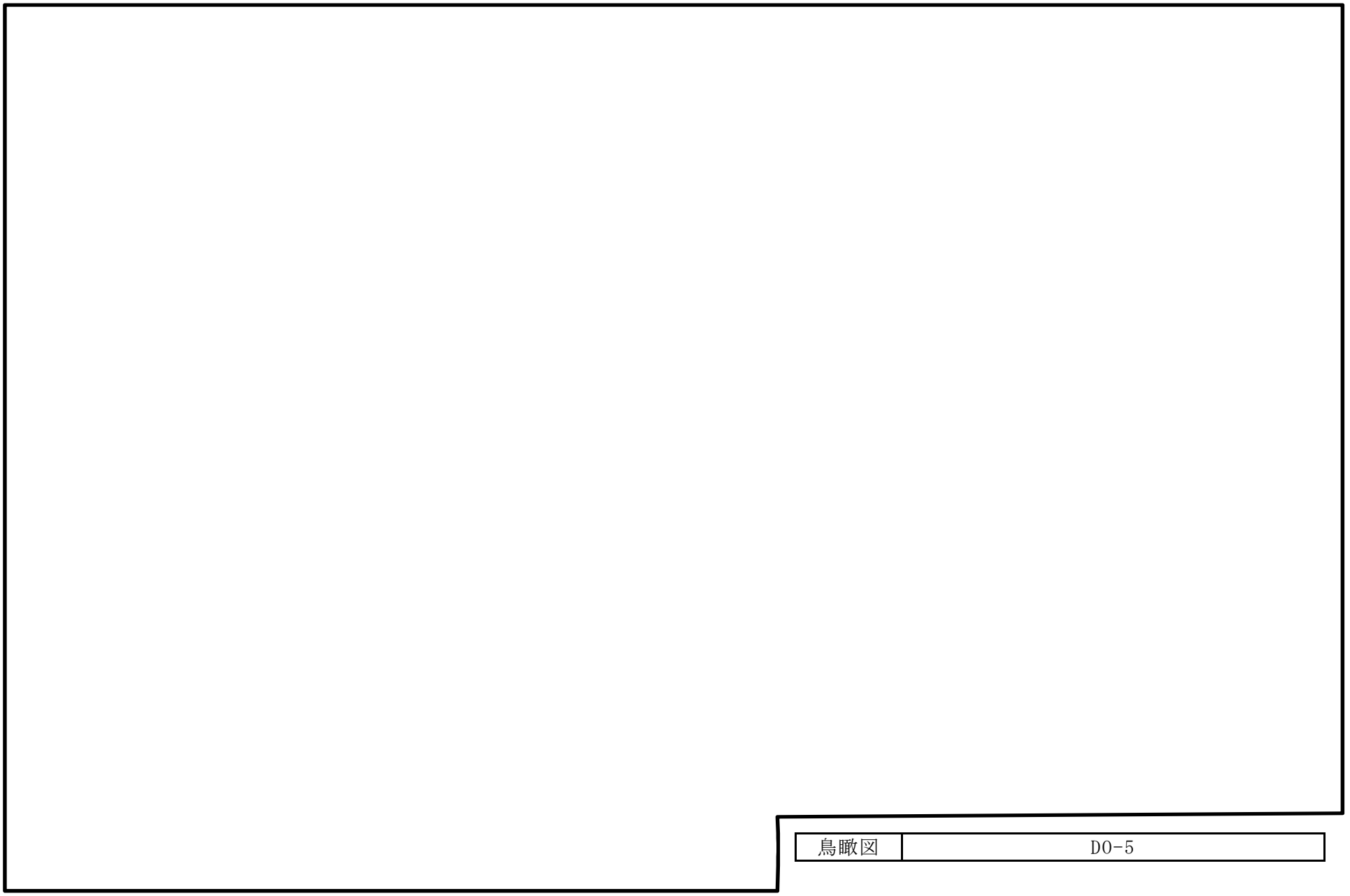
モード	固有周期 (s)	刺激係数		
		X方向	Y方向	Z方向
1次				
2次				
3次				
4次				
5次				
6次				
7次				
8次				
44次				
45次				

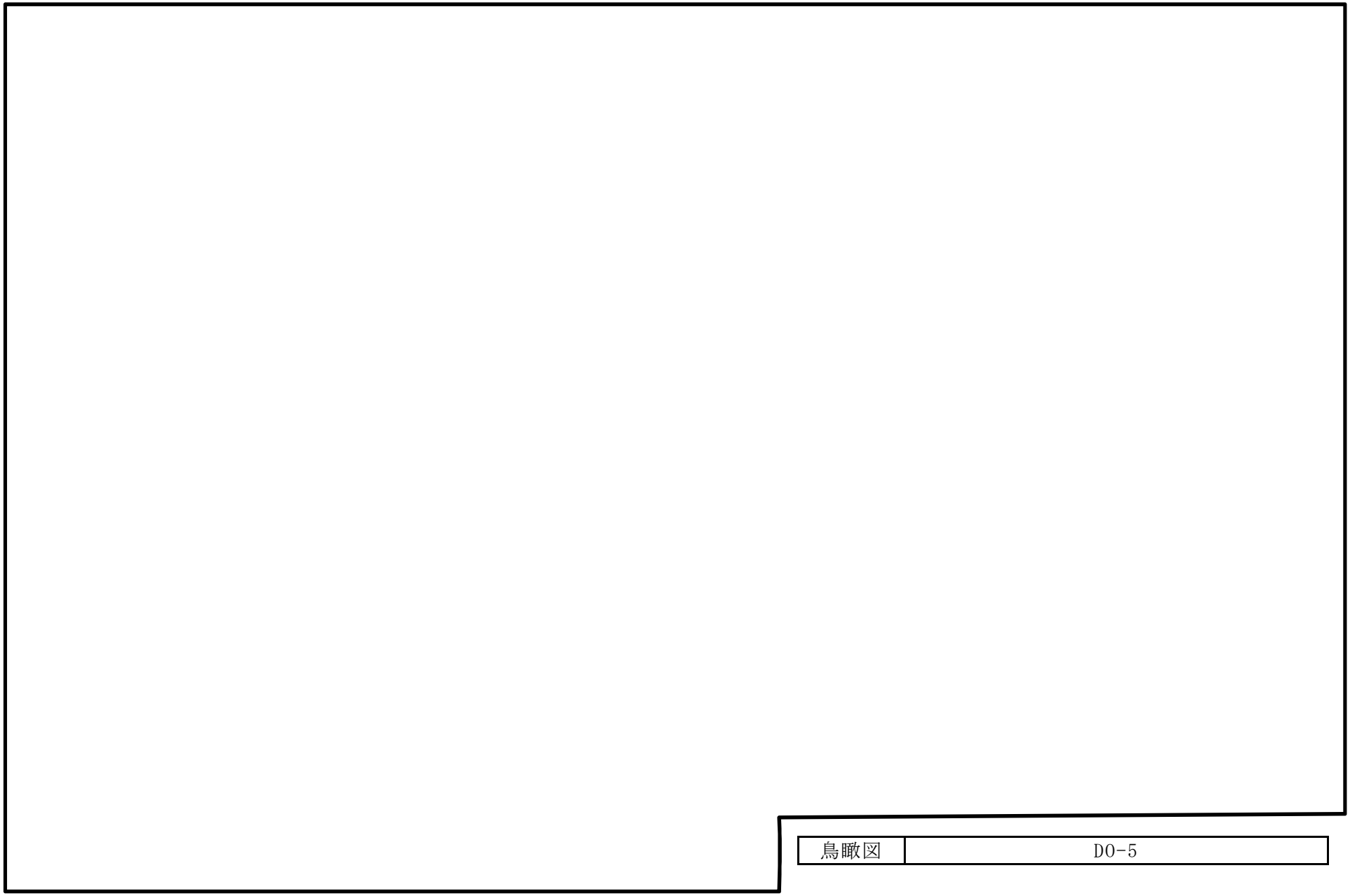
代表的振動モード図

振動モード図は，3次モードまでを代表とし，各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し，次ページ以降に示す。



鳥瞰図	DO-5


鳥瞰図
DO-5


鳥瞰図
DO-5

4.2 評価結果

4.2.1 管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス２管であってクラス２以下の管

鳥瞰図	許容応力状態	最大応力評価点	最大応力区分	一次応力評価（MPa）		一次＋二次応力評価（MPa）		疲労評価
				計算応力 S_{prm}（S_d）S_{prm}（S_s）	許容応力 S_y[*1] 0.9S_u	計算応力 S_n（S_s）	許容応力 $2S_y$	疲労累積係数 US_s
C-01-1360-071	ⅢAS	A17N	S_{prm}（S_d）	31[*3]	195	－	－	－
C-01-1360-071	ⅣAS	A17N	S_{prm}（S_s）	31	446	－	－	－
C-01-1360-071	ⅣAS	A17F	S_n（S_s）	－	－	254	390	－
DO-5	ⅢAS	609	S_{prm}（S_d）	46	195	－	－	－
DO-5	ⅣAS	609	S_{prm}（S_s）	69	446	－	－	－
DO-5	ⅣAS	609	S_n（S_s）	－	－	103	390	－[*2]

注記 ＊1 ： オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については，S_yと1.2S_hのうち大きい方とする。

＊2 ：一次＋二次応力が2S_y以下の場合は「－」と記載する。

＊3 ：基準地震動S_sによる算出値。

4.2.2 支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果（荷重評価）

支持構造物番号	種類	型式	材質	温度(℃)	評価結果	
					計算荷重(kN)	許容荷重(kN)
－	－	－	－	－	－	－

支持構造物評価結果(応力評価)

支持構造物番号	種類	型式	材質	温度(℃)	支持点荷重						評価結果		
					反力（kN）			モーメント（kN･m）			応力分類	計算応力(MPa)	許容応力(MPa)
					F_X	F_Y	F_Z	M_X	M_Y	M_Z			
RE-DO-A18	レストレイント	Uボルト	SUS304	55	3	1	－	－	－	－	組合せ	58	195
AN-DO-A22	アンカ	ラグ	SUS304	55	1	1	3	1	1	1	組合せ	81	195

4.2.3　弁の動的機能維持評価結果

下表に示すとおり応答加速度が機能確認済加速度以下又は計算応力が許容応力以下である。

弁番号	形式	要求機能	応答加速度 (×9.8 m/s²)		機能確認済加速度 (×9.8 m/s²)		構造強度評価結果 (MPa)	
			水平	鉛直	水平	鉛直	計算応力	許容応力
－	－	－	－	－	－	－	－	－

4.2.4　代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し，応力分類毎に裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図，計算条件及び評価結果を記載している。下表に，代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（クラス２，３及び重大事故等クラス２評価範囲）（1/2）*1

No	配管モデル	許容応力状態 III_AS					許容応力状態 IV_AS												
		一次応力					一次応力					一次＋二次応力					疲労評価		
		評価点	計算応力*2 [MPa]	許容応力 [MPa]	裕度	代表	評価点	計算応力 [MPa]	許容応力 [MPa]	裕度	代表	評価点	計算応力 [MPa]	許容応力 [MPa]	裕度	代表	評価点	疲労累積係数	代表
1	C-01-1360-032	A09	28	215	7.67	－	A09	28	333	11.89	－	A09	48	430	8.95	－	－	－	－
2	C-01-1360-034	D14	31	195	6.29	－	D14	31	446	14.38	－	F01	55	390	7.09	－	－	－	－
3	C-01-1360-037	A02	31	195	6.29	－	A02	31	446	14.38	－	A02	53	390	7.35	－	－	－	－
4	C-01-1360-062	A08	12	195	16.25	－	A08	11	446	40.54	－	A08	8	390	48.75	－	－	－	－
5	C-01-1360-063	A36	40	195	4.87	－	A36	40	446	11.15	－	A36	250	390	1.56	－	－	－	－
6	C-01-1360-065	A06	13	195	15.00	－	A06	13	446	34.30	－	A11F	15	390	26.00	－	－	－	－
7	C-01-1360-066	A17	24	195	8.12	－	A17	24	446	18.58	－	A17	32	390	12.18	－	－	－	－
8	C-01-1360-067	A15	26	195	7.50	－	A15	26	446	17.15	－	A16N	36	390	10.83	－	－	－	－
9	C-01-1360-069	A17	22	195	8.86	－	A17	22	446	20.27	－	A12N	29	390	13.44	－	－	－	－
10	C-01-1360-071	A18	31	195	6.29	－	A18	31	446	14.38	－	A17N	254	390	1.53	○	－	－	－
11	C-01-1360-072	A05	9	195	21.66	－	A05	9	446	49.55	－	A05	12	390	32.50	－	－	－	－
12	C-01-1360-073	A00	9	195	21.66	－	A00	9	446	49.55	－	A00	13	390	30.00	－	－	－	－
13	C-01-1360-074	A02	7	195	27.85	－	A02	7	446	63.71	－	A02	7	390	55.71	－	－	－	－
14	C-01-1360-075	A03	6	195	32.50	－	A03	6	446	74.33	－	A04N	6	390	65.00	－	－	－	－
15	C-01-1360-076	A00	22	195	8.86	－	A00	22	446	20.27	－	A00	40	390	9.75	－	－	－	－

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（クラス２，３及び重大事故等クラス２評価範囲）（2/2）*1

No	配管モデル	許容応力状態 $\mathrm{III_AS}$					許容応力状態 $\mathrm{IV_AS}$												
		一次応力					一次応力					一次＋二次応力					疲労評価		
		評価点	計算応力 [MPa]	許容応力 [MPa]	裕度	代表	評価点	計算応力 [MPa]	許容応力 [MPa]	裕度	代表	評価点	計算応力 [MPa]	許容応力 [MPa]	裕度	代表	評価点	疲労累積係数	代表
16	DO-5	609	46	195	4.23	○	609	69	446	6.46	○	609	103	390	3.78	－	－	－	－
17	DO-HP-S01	20	17	206	12.11	－	20	29	327	11.27	－	19	55	412	7.49	－	－	－	－
18	DO-HP-S02	25	10	206	20.60	－	25	15	327	21.80	－	49	26	412	15.84	－	－	－	－

注記＊1 ：$\mathrm{III_AS}$の一次＋二次応力の許容値は$\mathrm{IV_AS}$と同様であることから，地震荷重が大きい$\mathrm{IV_AS}$の一次＋二次応力裕度最小を代表とする。$\mathrm{IV_AS}$の計算応力は，$\mathrm{V_AS}$と$\mathrm{IV_AS}$の大きい方を記載している。

＊2 ：No.1～15 は基準地震動$\mathrm{S_s}$による算出値。

第二部　冷却設備の管の耐震性についての計算書

目　　次

1.　概要 ····· 2-1
2.　概略系統図及び鳥瞰図 ····· 2-2
2.1　概略系統図 ····· 2-2
2.2　鳥瞰図 ····· 2-5
3.　計算条件 ····· 2-8
3.1　荷重の組合せ及び許容応力 ····· 2-8
3.2　設計条件 ····· 2-9
3.3　材料及び許容応力 ····· 2-17
3.4　設計用地震力 ····· 2-18
4.　解析結果及び評価 ····· 2-19
4.1　固有周期及び設計震度 ····· 2-19
4.2　評価結果 ····· 2-25
4.2.1　管の応力評価結果 ····· 2-25
4.2.2　支持構造物評価結果 ····· 2-26
4.2.3　弁の動的機能維持評価結果 ····· 2-27
4.2.4　代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果 ····· 2-28

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」，「Ⅴ-2-1-12-1　配管及び支持構造物の耐震計算について」及び「Ⅴ-2-1-13-6　管の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき，管，支持構造物及び弁が設計用地震力に対して十分な構造強度又は動的機能を有していることを説明するものである。

評価結果の記載方法は以下に示す通りである。

(1)　管

工事計画記載範囲の管のうち，各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また，全６モデルのうち，各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（裕度）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図，計算条件及び評価結果を記載する。代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を4.2.4に記載する。

(2)　支持構造物

工事計画記載範囲の支持点のうち，種類及び型式ごとの反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。

(3)　弁

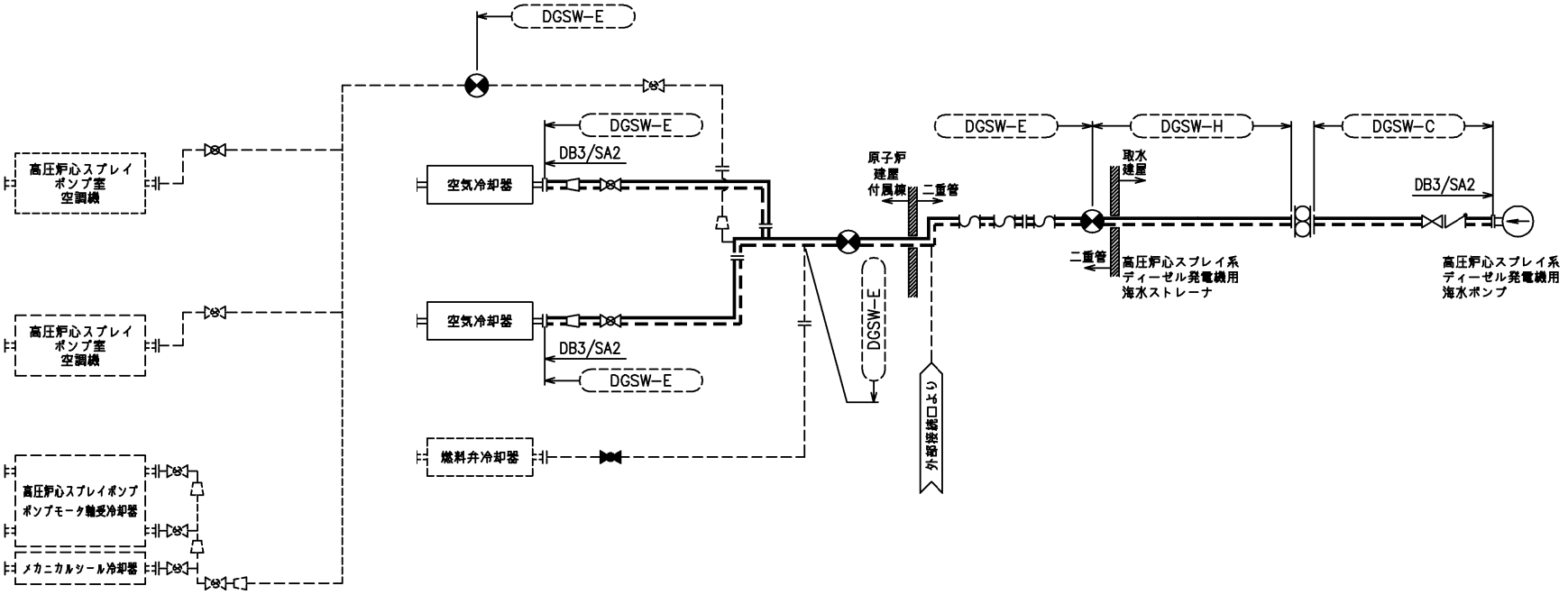
機能確認済加速度の応答加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として評価結果を記載する。

2.　概略系統図及び鳥瞰図

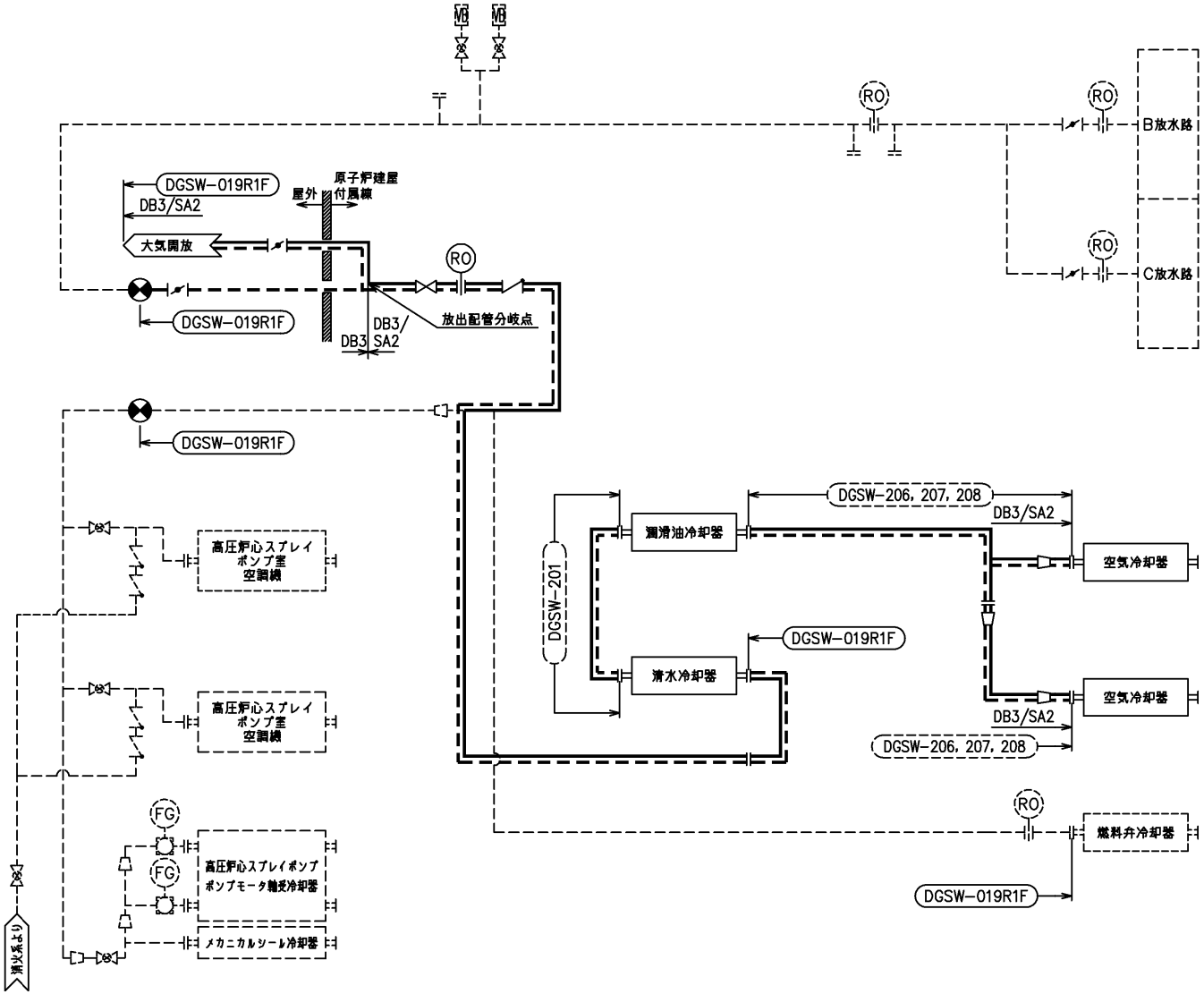
2.1　概略系統図

概略系統図記号凡例

記　　号	内　　容
━━━━━（太線）	工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管（重大事故等対処設備）
━ ━ ━（太破線）	工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管（設計基準対象施設）
―――――（細線）	工事計画記載範囲の管のうち，本系統の管であって他計算書記載範囲の管
― ― ― ― ― ―（破線）	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち，他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管
○○-○-○○	鳥瞰図番号（鳥瞰図，計算条件及び評価結果を記載する範囲）
○○-○-○○	鳥瞰図番号（評価結果のみ記載する範囲）
⊗	アンカ
［管クラス］	
DB1	クラス１管
DB2	クラス２管
DB3	クラス３管
DB4	クラス４管
SA2	重大事故等クラス２管
SA3	重大事故等クラス３管
DB1/SA2	重大事故等クラス２管であってクラス１管
DB2/SA2	重大事故等クラス２管であってクラス２管
DB3/SA2	重大事故等クラス２管であってクラス３管
DB4/SA2	重大事故等クラス２管であってクラス４管



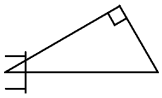
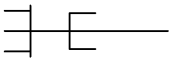
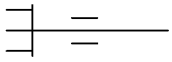
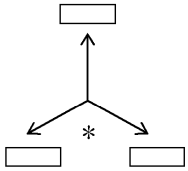
高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電装置概略系統図（１／２）

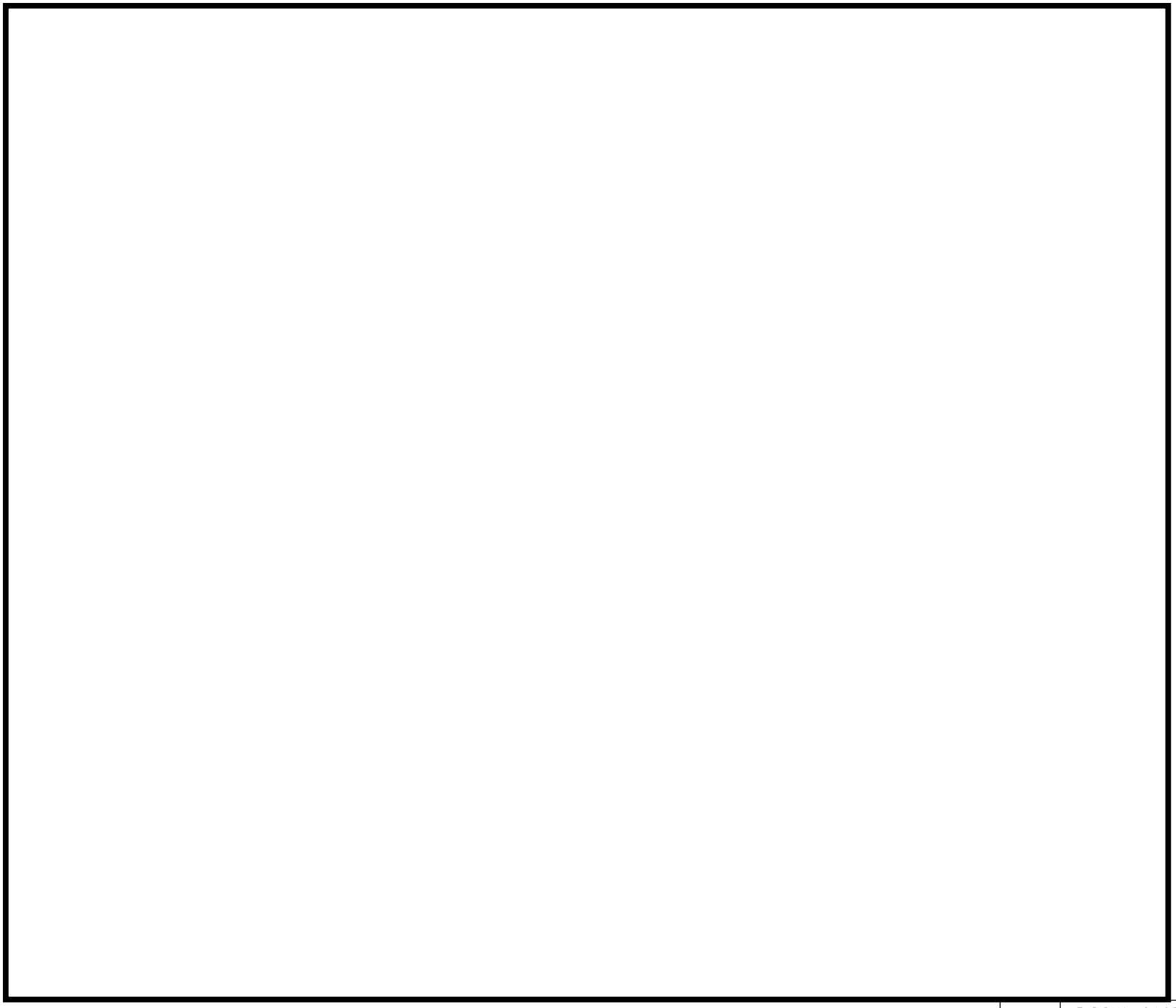


高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電装置概略系統図（２／２）

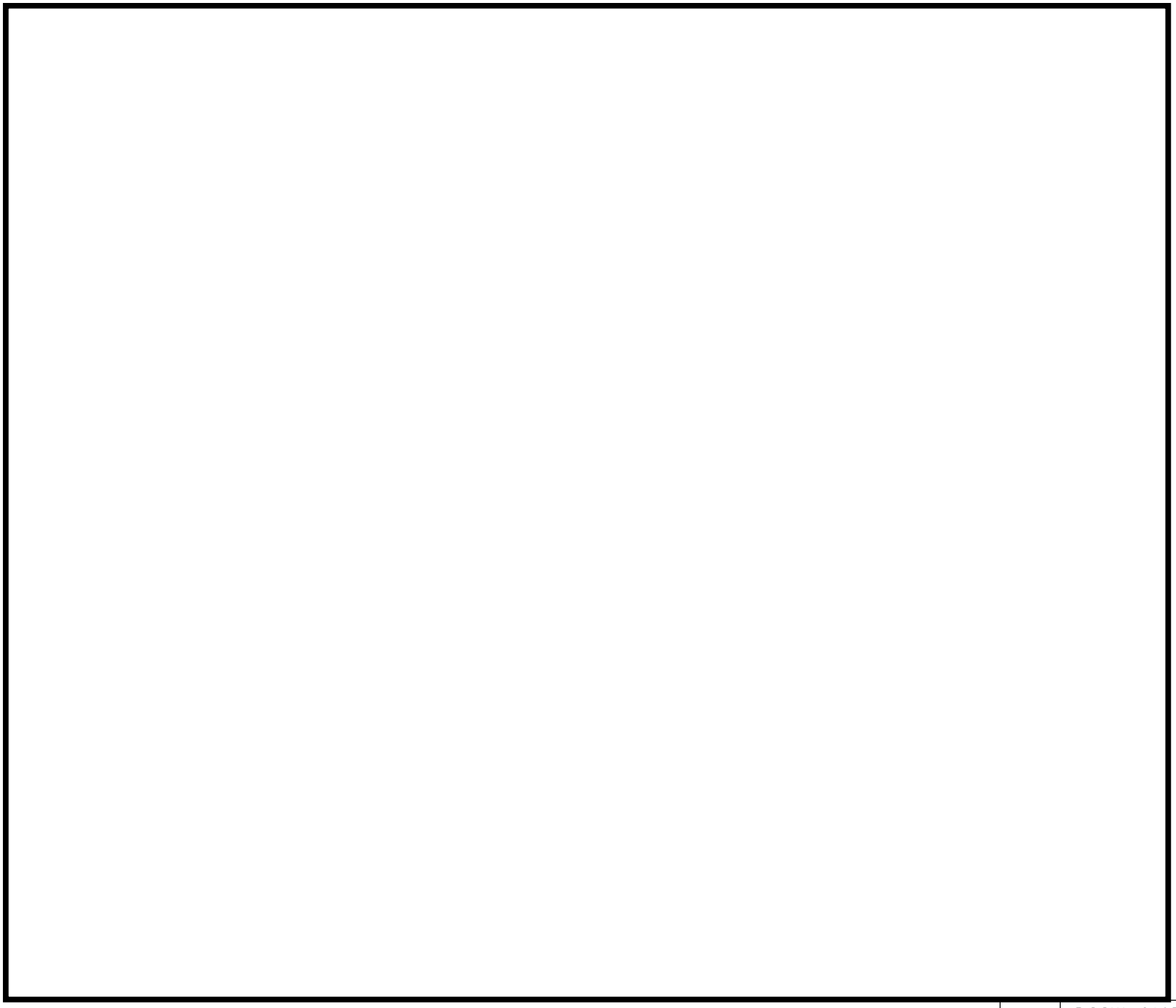
2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

記　　号	内　　容
━━━ （太線）	工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管 （重大事故等対処設備の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(SA)」，設計基準対象施設の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(DB)」とする。）
――― （細線）	工事計画記載範囲の管のうち，本系統の管であって他計算書記載範囲の管
― ― ― （破線）	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち，他系統の管であって解析モデルの概略を示すために表記する管
●	質　　点
⊗	ア　ン　カ
	レストレイント （本図は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。スナッバについても同様とする。）
	スナッバ
	ハンガ
	リジットハンガ
	拘束点の地震による相対変位量(mm) （＊は評価点番号，矢印は拘束方向を示す。また，□内に変位量を記載する。）
	注：鳥瞰図中の寸法の単位は mm である。



鳥瞰図	DGSW-019R1F(1/2)



鳥瞰図	DGSW-019R1F(2/2)

3. 計算条件

3.1 荷重の組合せ及び許容応力

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設分類*1	設備分類*2	機器等の区分	耐震設計上の重要度分類	荷重の組合せ*3,4	許容応力状態*5
その他発電用原子炉の附属施設	非常用電源設備	高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電装置	ＤＢ	－	クラス３管	Ｓ	I_L+S_d	III_AS
							II_L+S_d	
							$IV_L(L)+S_d$	
							I_L+S_s	IV_AS
							II_L+S_s	
			ＳＡ	常設耐震／防止	重大事故等クラス２管	－	V_L+S_s	V_AS

注記 ＊1：ＤＢは設計基準対象施設，ＳＡは重大事故等対処設備を示す。
＊2：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。
＊3：運転状態の添字Ｌは荷重，（Ｌ）は荷重が長期間作用している状態，（ＬＬ）は（Ｌ）より更に長期的に荷重が作用している状態を示す。
＊4：許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。
＊5：許容応力状態V_ASは許容応力状態IV_ASの許容限界を使用し，許容応力状態IV_ASとして評価を実施する。

3.2 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し，管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 DGSW-019R1F

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震設計上の重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	A75～A76, A78～A81, A83～A85, A88N～A88F, A91～A94, A96～A99, A101～A103	0.70	50	267.4	9.3	STPT410	S	
2	A76～A78, A81～A83, A85～A88N, A88F～A91, A94～A96, A99～A101, A103～A104	0.70	50	267.4	9.3	SF440A	S	
3	B02N～B02F, B06N～B06F, B09～B12, B17～B21, B23～B28, B31N～B31F, B34～B39, B41～B43F, B46～B51, B53～B56, B58N～B58F, B62～B63, B26～E01, E03～E05, E07～E09F, E12～E15F, F01～F04	0.70	66	267.4	9.3	STPT410	S	

鳥　瞰　図　DGSW-019R1F

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震設計上の重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
4	A105～B02N,B02F～B06N, B06F～B09,B12～B13,B16～B17, B21～B23,B28～B31N,B31F～B34, B39～B41,B43F～B46,B51～B53, B55～B58N,B58F～B60,B61～B62, E01～E03,E05～E07,E09F～E12, E15F～E17,E18～F01	0.70	66	267.4	9.3	SF440A	S	
5	A75～C02	0.70	50	216.3	8.2	STPT410	S	
6	C02～C03	0.70	50	216.3	8.2	SF440A	S	
7	C03～C10	0.70	50	216.3	8.2	STPT370	S	

配管の付加質量

鳥　瞰　図　DGSW-019R1F

質量	対応する評価点
[redacted]	A75～C10
	A75～B37,B26～E14

フランジ部の質量

鳥　瞰　図　DGSW-019R1F

質量	対応する評価点
[redacted]	A77, A82, B22, B29, B33, B40, B45, B52, B56, E02, E06, E11
	A86
	A90, A95, A100, B04, B08
	A104, A105, B13
	B16, B60, B61, E17, E18
	C03
	C06, C08
	C10

オリフィス部の質量

鳥　瞰　図　DGSW-019R1F

質量	対応する評価点
[redacted]	B08

弁部の寸法

鳥　瞰　図　DGSW-019R1F

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
A104～A105				B13～B16			
B16～B501				B501～B502			
B60～B61				E17～E18			

弁部の質量

鳥　瞰　図　DGSW-019R1F

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
[redacted]	A104～A105	[redacted]	B13, B16
	B15		B501, B502
	B60～B61, E17～E18		

支持点及び貫通部ばね定数

鳥　瞰　図　DGSW-019R1F

支持点番号	各軸方向ばね定数（N/mm）			各軸回り回転ばね定数（N・mm/rad）		
	X	Y	Z	X	Y	Z
A79						
A93						
A98						
A105						
B10						
B20						
B35						
B47						
B63						
C05						
E08						
F02						

3.3　材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

材　　料	最高使用温度 (℃)	許容応力 (MPa)			
		S_m	S_y	S_u	S_h
STPT410	50	—	239	409	—
SF440A	50	—	222	428	—
STPT410	66	—	231	407	—
SF440A	66	—	217	411	—
STPT370	50	—	209	366	—

3.4　設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設備評価用床応答曲線を下表に示す。

なお，設備評価用床応答曲線は添付書類「Ⅴ-2-1-7　設計用床応答曲線の作成方針」に基づき策定したものを用いる。また，減衰定数は添付書類「Ⅴ-2-1-6　地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

鳥瞰図	建物・構築物	標高	減衰定数 (%)
DGSW-019R1F	原子炉建屋		

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 DGSW-019R1F

耐震設計上の重要度分類		S					
適用する地震動等		S_d及び静的震度			S_s		
モード	固有周期(s)	応答水平震度		応答鉛直震度	応答水平震度		応答鉛直震度
		X方向	Z方向	Y方向	X方向	Z方向	Y方向
1次							
2次							
3次							
4次							
5次							
6次							
7次							
8次							
25次							
26次							
動的震度							
静的震度							

各モードに対応する刺激係数

鳥　瞰　図　DGSW-019R1F

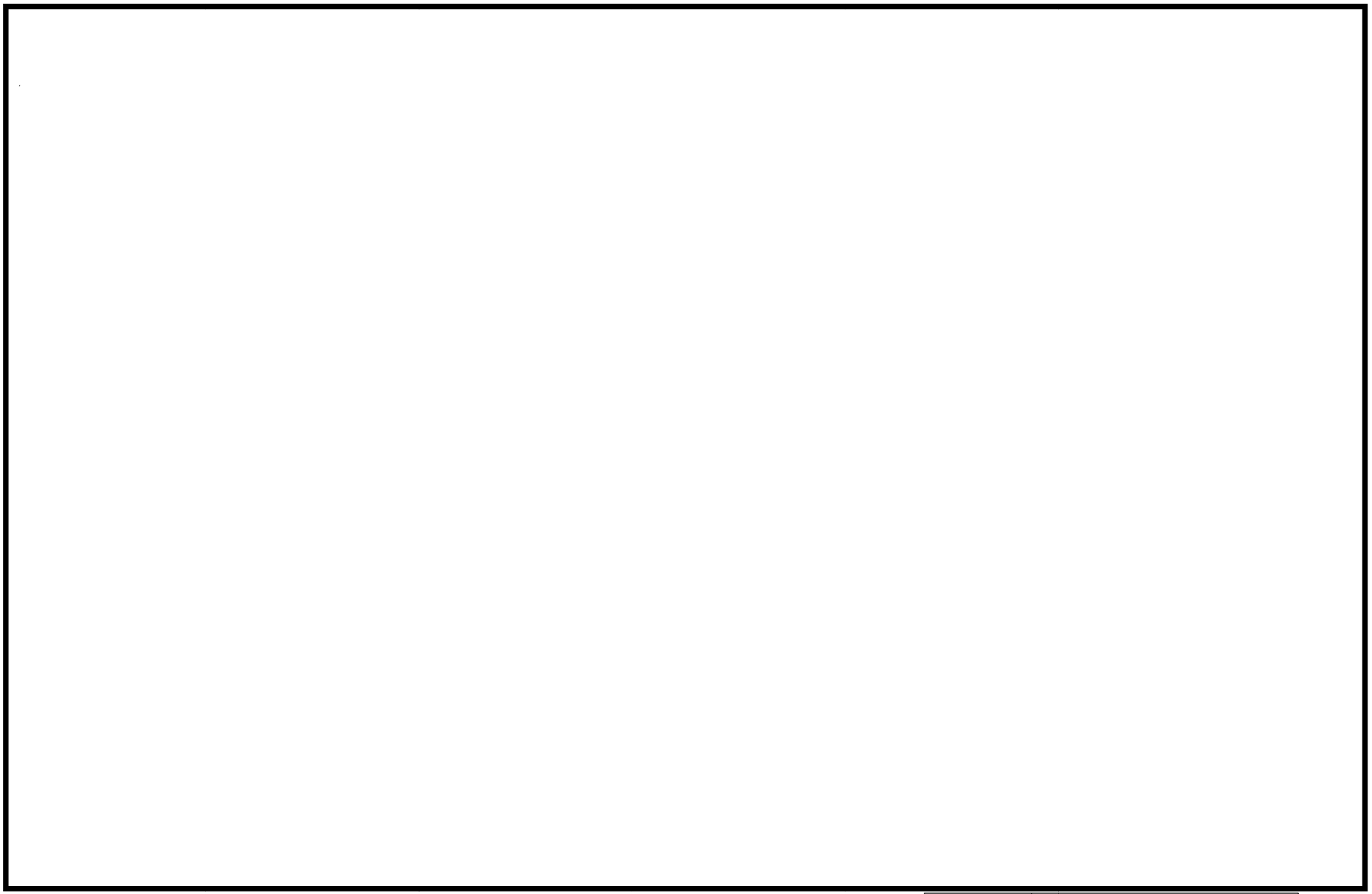
モード	固　有　周　期 (s)	刺　激　係　数		
		X方向	Y方向	Z方向
1次				
2次				
3次				
4次				
5次				
6次				
7次				
8次				
25次				
26次				

代表的振動モード図

振動モード図は，3次モードまでを代表とし，各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し，次ページ以降に示す。

鳥瞰図	DGSW-019R1F

鳥瞰図	DGSW-019R1F



鳥瞰図	DGSW-019R1F

4.2　評価結果

4.2.1　管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス２管であってクラス３管

鳥瞰図	許容応力状態（供用状態）	最大応力評価点	最大応力区分	一次応力評価（MPa）		一次＋二次応力評価（MPa）		疲労評価
				計算応力 S_{prm}（S_d）S_{prm}（S_s）	許容応力 S_y $0.9S_u$	計算応力 S_n（S_s）	許容応力 $2S_y$	疲労累積係数 US_s
DGSW-019R1F	III_AS	B31N	S_{prm}（S_d）	50	217	－	－	－
DGSW-019R1F	IV_AS	A97F	S_{prm}（S_s）	81	368	－	－	－
DGSW-019R1F	IV_AS	B16	S_n（S_s）	－	－	122	434	－

4.2.2　支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果（荷重評価）

支持構造物番号	種類	型式	材質	温度(℃)	評価結果	
					計算荷重(kN)	許容荷重(kN)
－	－	－	－		－	－

支持構造物評価結果（応力評価）

支持構造物番号	種類	型式	材質	温度(℃)	支持点荷重						評価結果		
					反力（kN）			モーメント（kN・m）			応力分類	計算応力(MPa)	許容応力(MPa)
					F_X	F_Y	F_Z	M_X	M_Y	M_Z			
RE-DGSW-H1026-1	レストレイント	ラグ	SM400B	40	783.0	27.7	6.7	－	－	－	組合せ	56	148
RH-DGSW-115B	リジットハンガ	台座	STKR400 SS400	40	0	8.5	0	－	－	－	圧縮	14	94
DGSW-209ANC	アンカ	ラグ	SM400B	66	15.4	44.0	28.3	25.5	7.7	18.8	組合せ	166	269

4.2.3　弁の動的機能維持評価結果

下表に示すとおり応答加速度が機能確認済加速度以下又は計算応力が許容応力以下である。

弁番号	形式	要求機能	応答加速度*（×9.8 m/s^2）		機能確認済加速度（×9.8 m/s^2）		構造強度評価結果（MPa）	
			水平	鉛直	水平	鉛直	計算応力	許容応力
－	－	－	－	－	－	－	－	－

注記　＊：応答加速度は，打ち切り振動数を 50Hz として計算した結果を示す。

4.2.4　代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し，応力分類毎に裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図，計算条件及び評価結果を記載している。下表に，代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（重大事故等クラス２管であってクラス３管範囲）

No	配管モデル	許容応力状態 III_AS					許容応力状態 IV_AS												
		一次応力					一次応力					一次＋二次応力					疲労評価		
		評価点	計算応力 [MPa]	許容応力 [MPa]	裕度	代表	評価点	計算応力 [MPa]	許容応力 [MPa]	裕度	代表	評価点	計算応力 [MPa]	許容応力 [MPa]	裕度	代表	評価点	疲労累積係数	代表
1	DGSW-C	20	18	245	13.61	—	20	23	369	16.04	—	20	28	490	17.50	—	—	—	—
2	DGSW-E	37	40	245	6.12	—	37	57	369	6.47	—	37	87	490	5.63	—	—	—	—
3	DGSW-H	603	41	245	5.97	—	603	55	369	6.70	—	603	85	490	5.76	—	—	—	—
4	DGSW-206,207,208(HPCS)	2	16	209	13.06	—	364	22	329	14.95	—	364	34	418	12.29	—	—	—	—
5	DGSW-201(HPCS)	1	9	209	23.22	—	1	10	329	32.90	—	1	6	418	69.66	—	—	—	—
6	DGSW-019R1F	B31N	50	217	4.34	○	A97F	81	368	4.54	○	B16	122	434	3.56	○	—	—	—

Ⅴ-2-10-1-4-1-1　常設代替高圧電源装置内燃機関（No.1～No.5）の耐震性についての計算書

目次

1. 概要 1
2. 基本方針 1
2.1 構造の説明 1
2.2 評価方針 5
3. 耐震評価箇所 8
4. 車両の加振試験 9
4.1 基本方針 9
4.2 試験構成 9
4.3 入力地震動 9
4.4 許容限界 9
4.5 加振試験結果 9
5. 車両の評価 11
5.1 応力評価 11
5.2 機能維持評価 22
6. 内燃機関の評価 23
6.1 応力評価 23
6.2 機能維持評価 31
7. 評価結果 32

1. 概要

本資料は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，常設代替高圧電源装置内燃機関（No.1～No.5）が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。その耐震評価は応力評価及び機能維持評価により行う。

また，常設代替高圧電源装置（No.1～No.5）のうち間接支持構造物である車両が設計用地震力に対して十分な支持機能を有していることを説明するものである。その耐震評価は応力評価及び機能維持評価により行う。

常設代替高圧電源装置（No.1～No.5）は，重大事故等対処設備において常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，この分類に応じた耐震評価を示す。

2. 基本方針

2.1 構造の説明

常設代替高圧電源装置（No.1～No.5）の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　常設代替高圧電源装置（No.1～No.5）の構造計画

設備名称	計画の概要		説明図
	支持構造	主体構造	
常設代替高圧電源装置車両（No.1～No.5）	コンテナを車両フレームに取付ボルトにて固定する。	コンテナ（発電装置本体，遮断器盤）	図 2-1 図 2-2 図 2-3 図 2-4
	車載設備の自重を支持するフレームをサスペンションを有する車両に設置する。	フレーム（トレーラ）	
常設代替高圧電源装置内燃機関（No.1～No.5）	車載式の内燃機関は，発電機との共通台板に取付ボルトにて固定する。	4 サイクル空冷直接噴射式 16 気筒ディーゼル機関	図 2-5 図 2-6

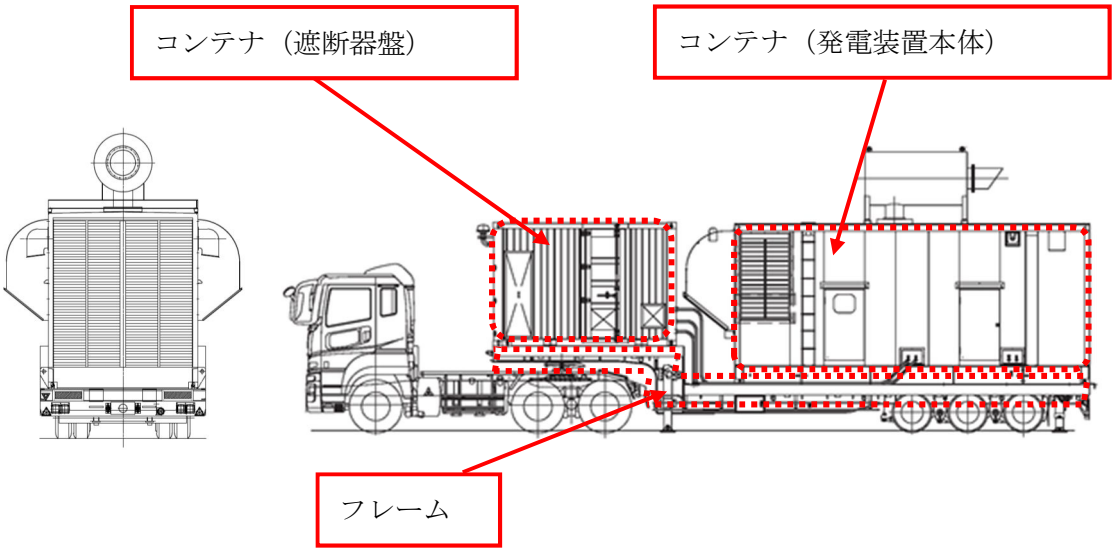


図 2-1　常設代替高圧電源装置車両（No.1～No.5）の構造図



図 2-2　常設代替高圧電源装置車両（No.1～No.5）のフレーム概略図

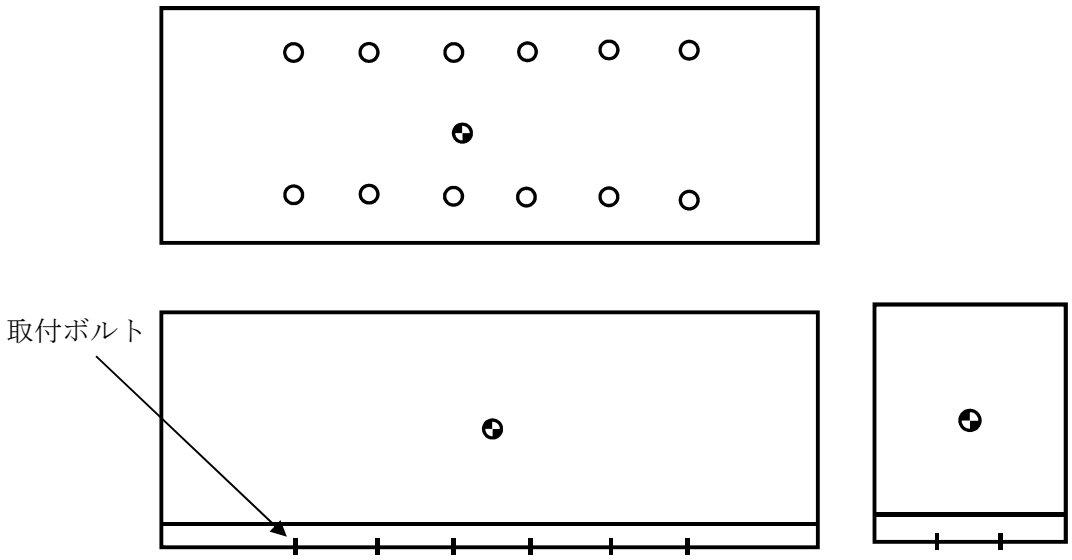


図 2-3　コンテナ（発電装置本体）取付ボルト配置図

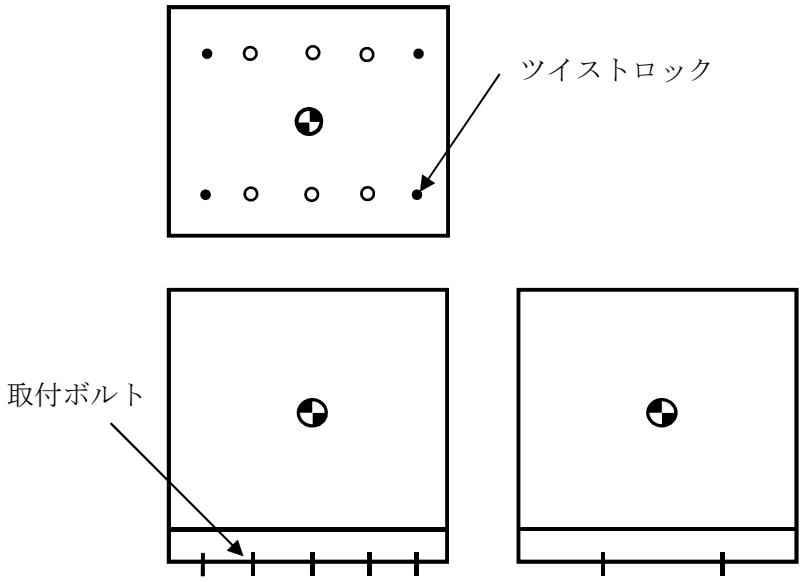


図 2-4　コンテナ（遮断器盤）取付ボルト配置図

図 2-5　常設代替高圧電源装置内燃機関（No.1～No.5）の配置図

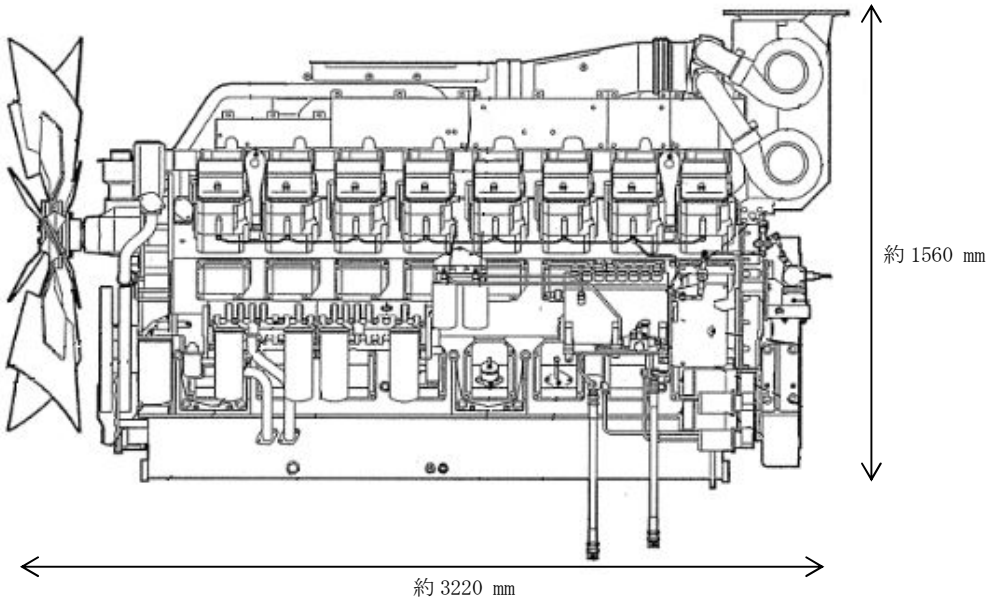


図 2-6　常設代替高圧電源装置内燃機関（No.1～No.5）の構造図

2.2　評価方針

間接支持構造物である常設代替高圧電源装置車両（No.1～No.5）の機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-1-2-9　機能維持の基本方針」にて設定した支持機能維持の方針及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.1　構造の説明」にて示す車両の部位を踏まえ，「3.　耐震評価箇所」にて設定する箇所に発生する応力等が許容限界内に収まることを，「4.　車両の加振試験」で得られた最大応答加速度を用いて設計用加速度を設定し，「5.　車両の評価」の「5.1　応力評価」にて示す方法にて確認することで実施する。

また，常設代替高圧電源装置車両（No.1～No.5）の機能維持評価は，間接支持構造物として十分な支持機能を有していることを，「4.　車両の加振試験」で得られた加振台の最大加速度を機能確認済加速度として設定し，「5.　車両の評価」の「5.2　機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「7.　評価結果」に示す。

常設代替高圧電源装置車両（No.1～No.5）の耐震評価フローを図 2-7 に示す。

常設代替高圧電源装置内燃機関（No.1～No.5）の応力評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.1　構造の説明」にて示す内燃機関の部位を踏まえ「3.　耐震評価箇所」にて設定する箇所に発生する応力等が許容限界内に収まることを，「4.　車両の加振試験」で得られた最大応答加速度を用い，「6.　内燃機関の評価」の「6.1　応力評価」にて示す方法にて確認することで実施する。

また，常設代替高圧電源装置内燃機関（No.1～No.5）の機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定した動的機能維持の方針に基づき，設置場所の最大応答加速度が機能確認済加速度（加振試験における加振台の最大加速度）以下であることを，「6.内燃機関の評価」の「6.2　機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「7.　評価結果」に示す。

常設代替高圧電源装置内燃機関（No.1～No.5）の耐震評価フローを図 2-8 に示す。

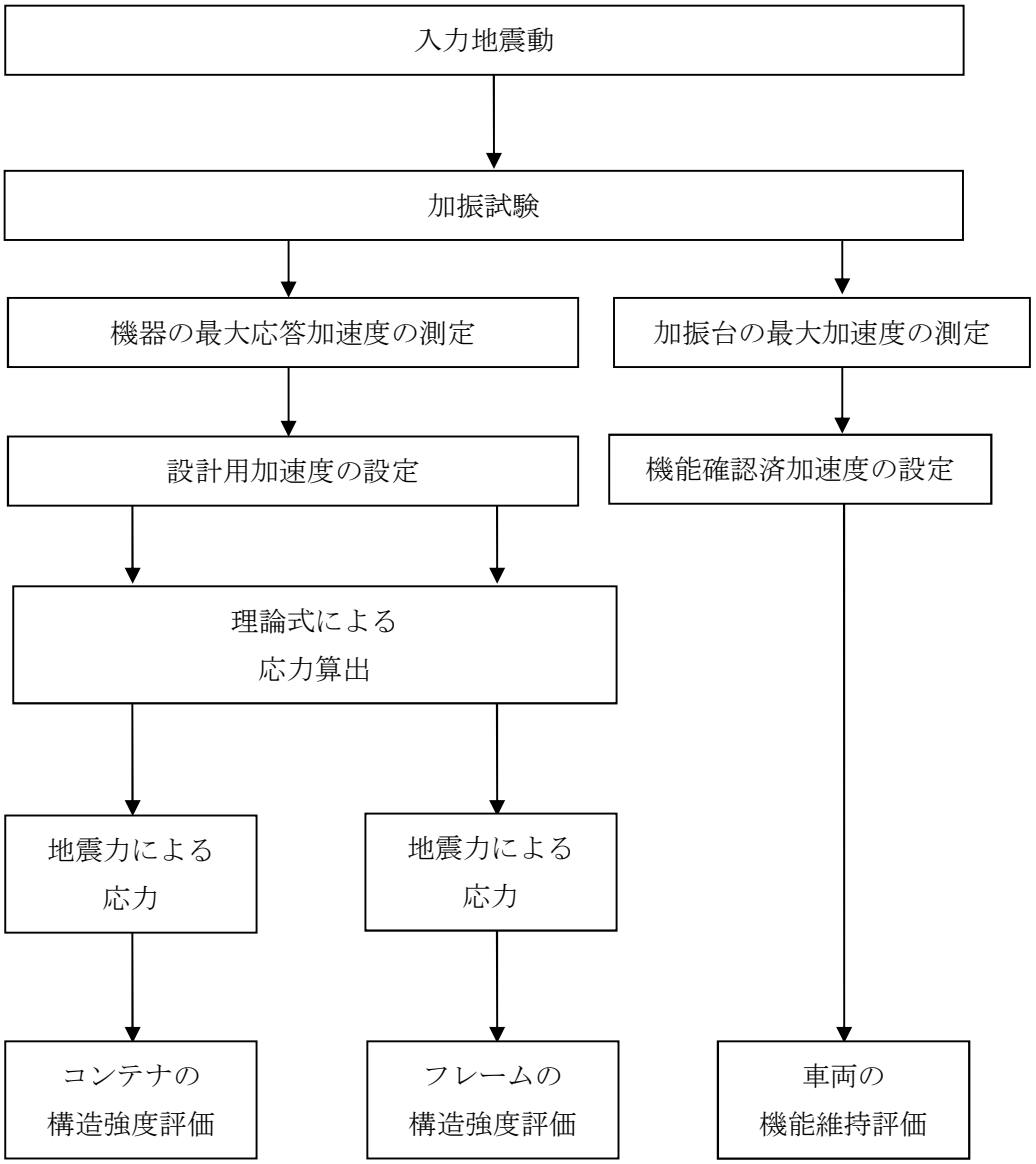


図 2-7　常設代替高圧電源装置車両（No.1～No.5）の耐震評価フロー

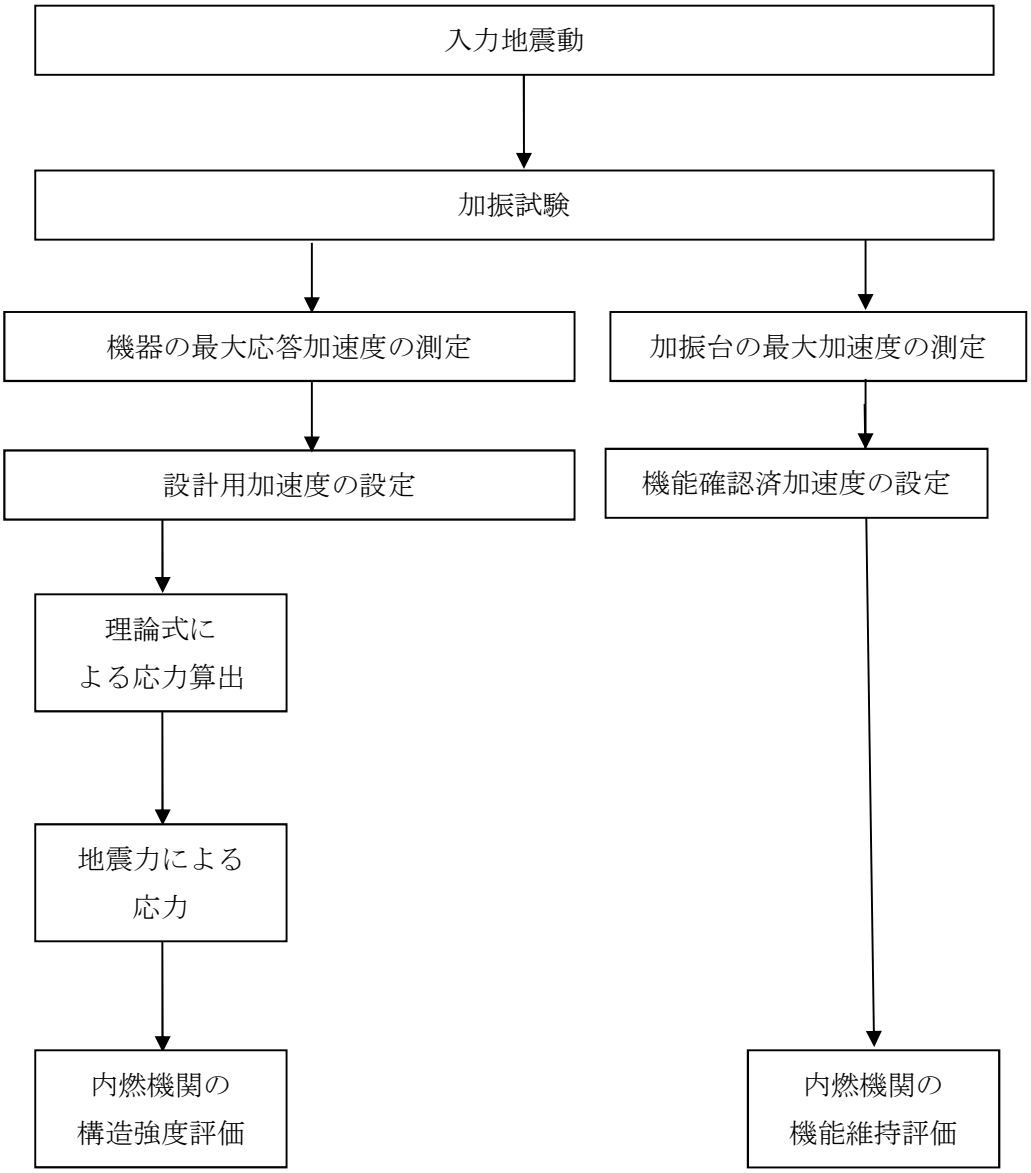


図 2-8　常設代替高圧電源装置内燃機関（No.1～No.5）の耐震評価フロー

3. 耐震評価箇所

間接支持構造物である常設代替高圧電源装置車両（No.1～No.5）の耐震評価は，自重を支持している車両のフレーム，車両部（コンテナ台板，コンテナ取付ボルト）のうち断面積の最も小さく，応力評価上厳しくなるコンテナを固定するボルトであるコンテナ取付ボルトを評価対象部位とする。

常設代替高圧電源装置内燃機関（No.1～No.5）の耐震評価は，耐震評価上厳しくなる取付ボルトを選定して実施する。

4.　車両の加振試験

地震時に車両に発生する各機器頂部の最大応答加速度及び機能確認済加速度を求めるため，加振試験を実施する。

4.1　基本方針

重大事故等に対処するための機能を保持するために，車両全体として安定性を有し，転倒しないこと，主要な構造部材が必要な構造強度を有すること及び支持機能，動的及び電気的機能が保持できることを加振試験の結果を踏まえて評価することから，以下の「4.3　入力地震動」に示す入力地震動を用いて，加振試験を実施する。なお，加振台の最大加速度を機能確認済加速度とする。

4.2　試験構成

図 2-1 に示す常設代替高圧電源装置車両（No.1～No.5）全体を固縛装置にて固定した状態で加振台に設置する。

4.3　入力地震動

入力地震動は，常設代替高圧電源装置置場における地盤条件を考慮し，常設代替高圧電源装置置場における基準地震動を包絡するスペクトル特性を有する時刻歴波とする。

4.4　許容限界

機能確認済加速度を求める際，車両全体として安定性を有し，転倒しないこと，また，車両に搭載している発電装置の発電機能並びにこの駆動源となる内燃機関等の動的及び電気的機能が保持できることを許容限界として設定し，加振試験後にこれらを確認する。

4.5　加振試験結果

加振試験結果により得られた各機器頂部の最大応答加速度を表 4-1 から表 4-6 に，また機能維持確認済加速度を表 4-7 に示す。

表 4-1　コンテナ（発電装置本体）頂部の最大応答加速度

項目	最大応答加速度（m/s^2）
水平	32.5
鉛直	27.2

表 4-2　コンテナ（遮断器盤）頂部の最大応答加速度

項目	最大応答加速度（m/s^2）
水平	57.5
鉛直	43.2

表 4-3　内燃機関頂部の最大応答加速度

項目	最大応答加速度（m/s^2）
水平	27.9
鉛直	36.9

表 4-4　燃料油サービスタンク頂部の最大応答加速度

項目	最大応答加速度（m/s^2）
水平	34.5
鉛直	22.8

表 4-5　発電機頂部の最大応答加速度

項目	最大応答加速度（m/s^2）
水平	34.0
鉛直	25.2

表 4-6　制御盤頂部の最大応答加速度

項目	最大応答加速度（m/s^2）
水平	27.0
鉛直	27.2

表 4-7　機能確認済加速度

項目	加振台の最大加速度（×9.8 m/s^2）
水平	1.37
鉛直	1.41

5.　車両の評価

常設代替高圧電源装置（No.1～No.5）のうち間接支持構造物である車両について，その支持機能が地震時に維持されることを確認する。

5.1　応力評価

5.1.1　基本方針

(1)　コンテナ取付ボルトの解析モデルは，1 質点系モデルとし，コンテナの重心位置に「4. 車両の加振試験」で得られた各コンテナ頂部の最大応答加速度の 1.2 倍が作用するものとする。

(2)　車両のフレームの解析モデルは，2 点支持はりモデルとし，「4.　車両の加振試験」で得られたコンテナ（発電装置本体）頂部の最大応答加速度の 1.2 倍の加速度によりフレームに作用する分布荷重による応力を理論式により求める。

はりモデル化にあたっては，発生応力が保守側となるよう車両前方の片端支持部を考慮しないものとする。

(3)　許容応力についてＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ１－2005/2007 の付録材料図表を用いて計算する際に，温度が付録材料図表記載値の中間の値の場合は，比例法を用いて計算する。

但し，比例法を用いる場合の端数処理は，小数第 1 位以下を切り捨てた値を用いるものとする。

(4)　応力計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

5.1.2　設計用地震力

耐震計算に用いる設計用地震力には，添付書類「Ⅴ-2-1-7　設計用床応答曲線の作成方針」にて作成した床応答曲線を上回るように設定した入力地震動を用いて「4.　車両の加振試験」を実施し，当該加振試験により得られた，各コンテナ頂部における最大応答加速度の 1.2 倍を用いる。

5.1.3　荷重の組合せ及び許容応力

5.1.3.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

常設代替高圧電源装置車両（No.1～No.5）の荷重の組合せ及び許容応力状態について，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-1 に示す。

5.1.3.2　許容応力

常設代替高圧電源装置車両（No.1～No.5）の許容応力を表 5-2 に示す。

5.1.3.3　使用材料の許容応力評価条件

常設代替高圧電源装置車両（No.1～No.5）の使用材料の許容応力評価条件のうち重

NT2 補③ Ⅴ-2-10-1-4-1-1 R2

大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-3 に示す。

表 5-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源設備	非常用発電装置	常設代替高圧電源装置車両 (No.1～No.5)	常設耐震／防止 常設／緩和	－*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	IV_AS
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS （V_ASとしてIV_ASの許容限界を用いる。）

注記　＊1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

＊3：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 5-2　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2, *3（ボルト以外）				許容限界*2（ボルト等）	
	一次応力				一次応力	
	引張	せん断	圧縮	曲げ	引張	せん断
$Ⅳ_AS$	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$1.5 \cdot f_c^*$	$1.5 \cdot f_b^*$	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
V_AS（V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）						

注記　＊1：「鋼構造設計規準　ＳＩ単位版」（2002 年日本建築学会）等の幅厚比の制限を満足させる。
＊2：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。
＊3：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 5-3　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部位	材質	温度条件（℃）		S_y（MPa）	S_u（MPa）	F*（MPa）
取付ボルト	SCM435	周囲環境温度	40	785	930	651
フレーム	SM490（16 mm＜厚さ≦40 mm）	周囲環境温度	40	315	490	343

5.1.3　応力評価方法

5.1.3.1　コンテナ取付ボルトの応力評価方法

(1)　記号の説明

記　号	定　義	単　位
A_{Cbt}	取付ボルト軸断面積	mm^2
a_H	水平設計用加速度 （加振試験で得られたコンテナ頂部の最大応答加速度の 1.2 倍）	m/s^2
a_V	鉛直設計用加速度 （加振試験で得られたコンテナ頂部の最大応答加速度の 1.2 倍）	m/s^2
g	重力加速度(＝9.80665)	m/s^2
h_{CG}	取付面からコンテナ重心までの高さ	mm
L_C	支点となる取付ボルトから評価対象となる取付ボルトまでの距離（短辺方向）	mm
L_{C1}	支点となる取付ボルトから評価対象となる取付ボルトまでの距離（長辺方向）	mm
L_{C2}	支点となる取付ボルトから評価対象となる取付ボルトまでの距離（長辺方向）	mm
L_{C3}	支点となる取付ボルトから評価対象となる取付ボルトまでの距離（長辺方向）	mm
L_{CG}	支点となる取付ボルトから重心までの距離（短辺方向）	mm
L_{CGX}	支点となる取付ボルトから重心までの距離（長辺方向）	mm
m_C	コンテナの質量	kg
n_C	せん断応力評価用の取付ボルト本数	本
n_{C1}	引張応力評価用の取付ボルト本数（短辺方向評価用）	本
n_{C2}	引張応力評価用の取付ボルト本数（長辺方向評価用）	本
σ_{bt}	取付ボルト引張応力	MPa
τ_b	取付ボルトせん断応力	MPa

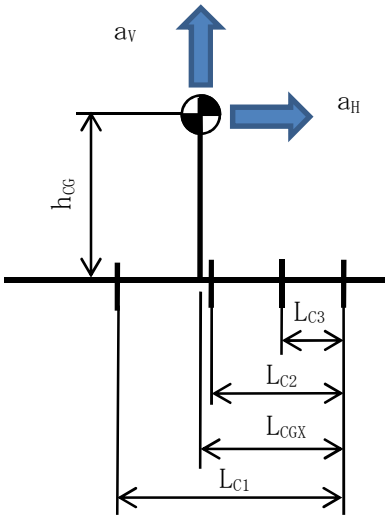
(2)　応力計算方法

コンテナ取付ボルトの応力評価を行う。応力評価にあたっては，「4.　車両の加振試験」で得られた最大応答加速度を用いて実施する。

a.　引張応力の評価

引張応力は，取付ボルトを支点とする転倒を考え，これを片側の取付ボルトで受けるものとして計算する。

【長辺方向の計算モデル図】



【短辺方向の計算モデル図】

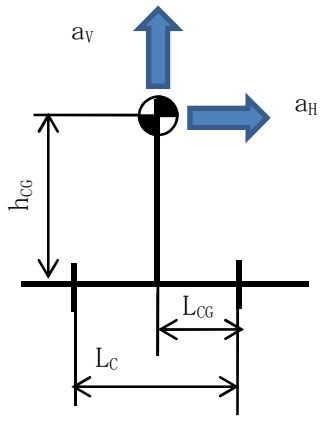


図 5-1　コンテナ取付ボルトの計算モデル図

コンテナ取付ボルトの計算モデル図である図 5-1 に示すモーメントのつり合い式より以下の各計算式が得られる。

【長辺方向の引張応力計算式】

$$\sigma_{bt} = \frac{\left\{\sqrt{(m_C \cdot a_H \cdot h_{CG})^2 + (m_C \cdot a_V \cdot L_{CGX})^2} - m_C \cdot g \cdot L_{CGX}\right\} \cdot L_{C1}}{n_{C2} \cdot (L_{C1}^2 + L_{C2}^2 + L_{C3}^2) \cdot A_{Cbt}}$$

【短辺方向の引張応力計算式】

$$\sigma_{bt} = \frac{\sqrt{(m_C \cdot a_H \cdot h_{CG})^2 + (m_C \cdot a_V \cdot L_{CG})^2} - m_C \cdot g \cdot L_{CG}}{n_{C1} \cdot A_{Cbt} \cdot L_C}$$

b. せん断応力の評価

せん断応力は，全ボルトで受けるものとして計算する。

$$\tau_b = \frac{m_C \cdot a_H}{n_C \cdot A_{Cbt}}$$

c. 組合せ応力の評価

引張応力とせん断応力の組合せ応力をＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ１－2005/2007　ＳＳＢ－３１３３に基づき次式で評価する。

$$\sigma_{bt} \leqq \min\left(1.4 \times 1.5f_t^* - 1.6\tau_b,\ 1.5f_t^*\right)$$

5.1.3.2　フレームの応力評価方法

(1)　記号の説明

記　号	定　義	単　位
$A_H(x)$, $A_V(x)$	それぞれ水平，鉛直方向に対する支持位置 A から距離 x におけるフレームの断面積	mm^2
a_H	水平設計用加速度（加振試験で得られたコンテナ頂部の最大応答加速度の 1.2 倍）	m/s^2
a_V	鉛直設計用加速度（加振試験で得られたコンテナ頂部の最大応答加速度の 1.2 倍）	m/s^2
a_V'	水平方向地震による鉛直方向加速度＝$\frac{h_c}{\ell_1}a_H$	m/s^2
h_c	車両の重心高さ	mm
ℓ_1	フレームの支持位置間の距離	mm
$F_H(x)$, $F_V(x)$, $F_V'(x)$	それぞれ a_H, a_V, a_V' による支持位置 A から距離 x における せん断荷重	N
$M_H(x)$, $M_V(x)$, $M_V'(x)$	それぞれ a_H, a_V, a_V' による支持位置 A から距離 x における曲げモーメント	N･mm
x	支持位置 A からの距離	mm
w(x)	支持位置 A から距離 x における分布質量	kg/mm
$Z_H(x)$, $Z_V(x)$	それぞれ水平，鉛直方向に対する支持位置 A から距離 x におけるフレームの断面係数	mm^3
$\sigma_H(x)$, $\sigma_V(x)$, $\sigma_V'(x)$	それぞれ a_H, a_V, a_V' による支持位置 A から距離 x におけるフレームの組合せ応力	MPa
$\sigma_{bH}(x)$, $\sigma_{bV}(x)$, $\sigma_{bV}'(x)$	それぞれ a_H, a_V, a_V' による支持位置 A から距離 x におけるフレームの曲げ応力	MPa
$\tau_H(x)$, $\tau_V(x)$, $\tau_V'(x)$	それぞれ a_H, a_V, a_V' による支持位置 A から距離 x におけるフレームのせん断応力	MPa
σ	組合せ応力	MPa

(2) 曲げモーメント及びせん断荷重の算出

トレーラと車両の接合部（支持位置 A）とタイヤ中心（支持位置 B）を支持固定とした，各々の設備の分布荷重が作用するはりモデルとして，曲げモーメントとせん断荷重を算出する。

図 5-2 に計算モデルを示す。計算モデルは，「5.1.1　基本方針」に示す通り，片端支持部である支持位置 A から前方を考慮しないものとする。ただし，保守的にコンテナ（遮断器盤）の重量は全て支持位置 A より後方に付加するものとする。

図 5-2 の計算モデルより，支持位置 A からの距離 x において，以下の各計算式が得られる。

a. 曲げモーメントの算出式

支持位置 A から距離 x における各加速度による曲げモーメントは，その間の単位加速度当りの質量分布を考慮し以下の通り計算する。

$$\mathrm{M_H}(x) = a_H \cdot \int_0^x w(x) \cdot x \,\mathrm{dx}$$

$$\mathrm{M_V}(x) = a_V \cdot \int_0^x w(x) \cdot x \,\mathrm{dx}$$

$$\mathrm{M_V}'(x) = a_V{}' \cdot \int_0^x w(x) \cdot x \,\mathrm{dx}$$

b. せん断荷重の算出式

支持位置 A から距離 x における各加速度によるせん断荷重は，その間の単位加速度当りの質量分布を考慮し以下の通り計算する。

$$\mathrm{F_H}(x) = a_H \cdot \int_0^x w(x) \,\mathrm{dx}$$

$$\mathrm{F_V}(x) = a_V \cdot \int_0^x w(x) \,\mathrm{dx}$$

$$\mathrm{F_V}'(x) = a_V{}' \cdot \int_0^x w(x) \,\mathrm{dx}$$

(3) 応力計算方法

前項にて算出した曲げモーメントとせん断荷重を用いて，曲げ応力及びせん断応力を算出し，組合せ（ミーゼス）応力にて評価する。

なお，水平，鉛直方向，それぞれの方向で組合せ応力を算出し，それらの発生応力を二乗和平方根法にて組み合わせて評価することとする。

a. 曲げ応力の算出式

フレームに発生する曲げ応力は，各加速度に対し以下の通り計算する。

$$\sigma_{bH}(x) = \frac{M_H(x)}{Z_H(x)}$$

$$\sigma_{bV}(x) = \frac{M_V(x)}{Z_V(x)}$$

$$\sigma_{bV}'(x) = \frac{M_V'(x)}{Z_V(x)}$$

b. せん断応力の算出式

フレームに発生するせん断応力は，各加速度に対し以下の通り計算する。

$$\tau_H(x) = \frac{F_H(x)}{A_H(x)}$$

$$\tau_V(x) = \frac{F_V(x)}{A_V(x)}$$

$$\tau_V'(x) = \frac{F_V'(x)}{A_V(x)}$$

c. 各方向の組合せ応力の算出式

曲げ応力とせん断応力の最大値から，各加速度に対し組合せ応力を次式に基づき算出する。

$$\sigma_H = \sqrt{\sigma_{bH}{}^2 + 3\tau_H{}^2}$$

$$\sigma_V = \sqrt{\sigma_{bV}{}^2 + 3\tau_V{}^2}$$

$$\sigma_V{}' = \sqrt{\sigma_{bV}{}'^2 + 3\tau_V{}'^2}$$

d. 組合せ応力の評価

各加速度に対する組合せ応力から車両フレームの組合せ応力を求め，下式を満足することを確認する。

$$\sigma = \sqrt{\left(\sigma_H + \sigma_V{}'\right)^2 + \sigma_V{}^2} \leqq 1.5f_t^*$$

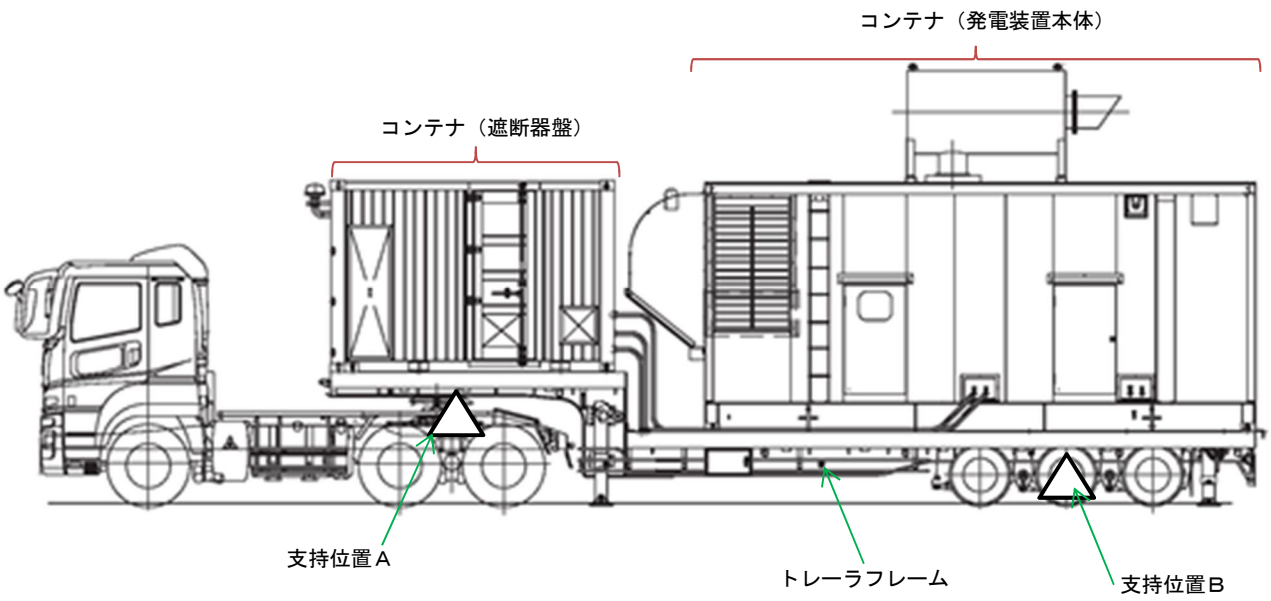


図 5-2　車両フレームの計算モデル図

5.2　機能維持評価

常設代替高圧電源装置（No.1～No.5）の間接支持構造物である車両について，その支持機能の維持のために地震時に車両が転倒しないことを確認する。

5.2.1　機能維持評価方法

車両の支持機能が維持されており，車両全体として安定性を有し，転倒しないことを確認した機能確認済加速度と設置場所の最大応答加速度を比較することで実施する。

機能確認済加速度を表 5-4 に示す。

表 5-4　機能確認済加速度

項　目	機能確認済加速度 （×9.8 m/s^2）
水　平	1.37
鉛　直	1.41

6. 内燃機関の評価

6.1 応力評価

6.1.1 基本方針

(1) 内燃機関の解析モデルは，1 質点系モデルとし，内燃機関の重心位置に地震荷重，内燃機関の運転による加速度及び内燃機関の運転により働くモーメントが作用するものとする。

(2) 内燃機関は，厚肉構造の低重心であるため，剛として取り扱うこととする。

(3) 内燃機関は，「4. 車両の加振試験」で測定された内燃機関頂部における最大応答加速度の 1.2 倍を用いて発生応力を算出し，応力評価を行う。

(4) 許容応力についてＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ１－2005/2007 の付録材料図表を用いて計算する際に，温度が付録材料図表記載値の中間の値の場合は，比例法を用いて計算する。

但し，比例法を用いる場合の端数処理は，小数第 1 位以下を切り捨てた値を用いるものとする。

(5) 耐震計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

6.1.2　設計用地震力

耐震計算に用いる設計用地震力には，添付書類「Ⅴ-2-2-22　常設代替高圧電源装置置場及び西側淡水貯水設備の地震応答計算書」にて作成した床応答曲線を上回るように設定した入力地震動を用いて実施した「4.　車両の加振試験」で得られた，内燃機関頂部における最大応答加速度の 1.2 倍を用いる。

6.1.3　荷重の組合せ及び許容応力

6.1.3.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

常設代替高圧電源装置内燃機関（No.1～No.5）の荷重の組合せ及び許容応力状態について，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 6-1 に示す。

6.1.3.2　許容応力

常設代替高圧電源装置内燃機関（No.1～No.5）の許容応力を表 6-2 に示す。

6.1.3.3　使用材料の許容応力評価条件

常設代替高圧電源装置内燃機関（No.1～No.5）の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 6-3 に示す。

表 6-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源設備	非常用発電装置	常設代替高圧電源装置内燃機関 (No.1～No.5)	常設耐震／防止 常設／緩和	－*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS （V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記　＊1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

＊3：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 6-2　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 （ボルト等）	
	一次応力	
	引張	せん断
$Ⅳ_AS$	1.5・f_t*	1.5・f_s*
$Ⅴ_AS$ （$Ⅴ_AS$として$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）		

注記　＊1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。
＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 6-3　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部位	強度区分	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	F* (MPa)
取付ボルト	10.9 *	周囲環境温度	40	900	1000	700

注記　＊：ＪＩＳ　Ｂ　１０５１に規定される材料を使用。

6.1.4　応力評価方法

6.1.4.1　内燃機関の取付ボルト応力評価方法

(1)　記号の説明

記　号	定　義	単　位
A_{bt}	取付ボルト軸断面積	mm^2
a_H	水平設計用加速度（加振試験で得られた内燃機関頂部の最大応答加速度の 1.2 倍）	m/s^2
a_V	鉛直設計用加速度（加振試験で得られた内燃機関頂部の最大応答加速度の 1.2 倍）	m/s^2
a_p	回転体振動による加速度	m/s^2
g	重力加速度（＝9.80665）	m/s^2
h_G	取付面からディーゼル機関重心までの高さ	mm
L_1	支点となる取付ボルトから評価対象となる取付ボルトまでの距離（軸直角方向）	mm
L_{1X}	支点となる取付ボルトから評価対象となる取付ボルトまでの距離（軸方向）	mm
L_{2X}	支点となる取付ボルトから評価対象となる取付ボルトまでの距離（軸方向）	mm
L_{3X}	支点となる取付ボルトから評価対象となる取付ボルトまでの距離（軸方向）	mm
L_{4X}	支点となる取付ボルトから評価対象となる取付ボルトまでの距離（軸方向）	mm
L_{5X}	支点となる取付ボルトから評価対象となる取付ボルトまでの距離（軸方向）	mm
L_G	支点となる取付ボルトから重心までの距離（軸直角方向）	mm
L_{GX}	支点となる取付ボルトから重心までの距離（軸方向）	mm
m_{DG}	ディーゼル機関質量	kg
M_p	回転体回転により働くモーメント	N・mm
n	取付ボルト総本数	本
n_{t1}	軸方向に設けた取付ボルトの片側本数	本
n_{t2}	軸直角方向に設けた取付ボルトの片側本数	本
p	回転体の許容振幅	μm
P	原動機出力	kW
R	機関定格回転数	min^{-1}

記　号	定　義	単　位
σ_{bt}	取付ボルト引張応力	MPa
τ_{b}	取付ボルトせん断応力	MPa

(2)　応力計算方法

内燃機関の取付ボルトの応力評価を行う。応力評価にあたっては，「4.　車両の加振試験」で得られた最大応答加速度を用いて実施する。

a.　引張応力の評価

引張応力は，取付ボルトを支点とする転倒を考え，これを片側の取付ボルトで受けるものとして計算する。

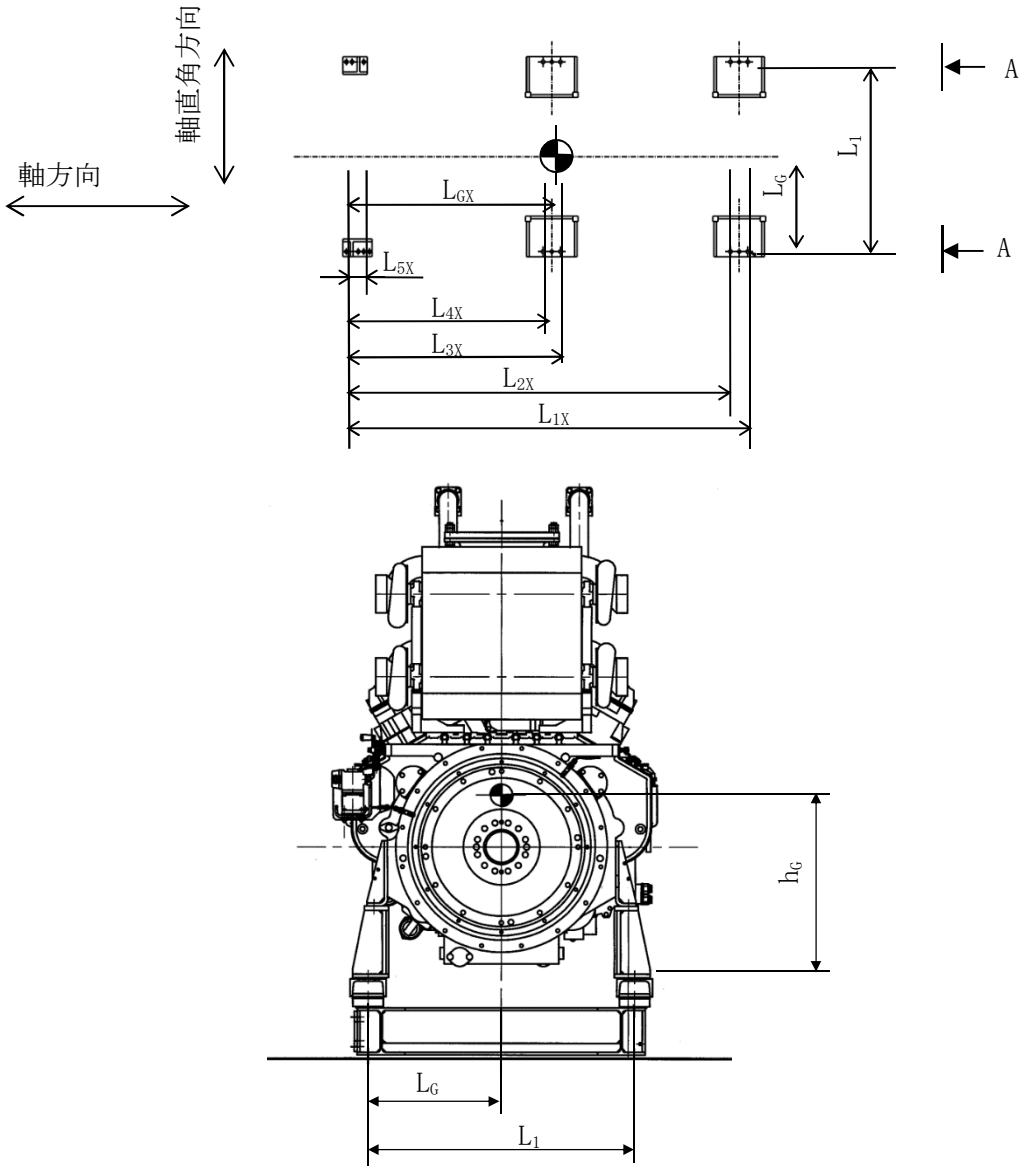


図 6-1　内燃機関　取付ボルトの計算モデル図

図 6-1 に示すモーメントのつり合い式より以下の各計算式が得られる。

【軸直角方向の引張応力計算式】

$$\sigma_{bt} = \frac{m_{DG} \cdot (a_H + a_P) \cdot h_G + M_P - m_{DG} \cdot \left(g - a_V - a_P \right) \cdot L_G}{n_{t1} \cdot A_{bt} \cdot L_1}$$

【軸方向の引張応力計算式】

$$\sigma_{bt} = \frac{\{m_{DG} \cdot (a_H + a_P) \cdot h_G - m_{DG} \cdot \left(g - a_V - a_P \right) \cdot L_{GX}\} \cdot L_{1X}}{n_{t2} \cdot (L_{1X}^2 + L_{2X}^2 + L_{3X}^2 + L_{4X}^2 + L_{5X}^2) \cdot A_{bt}}$$

σ_{bt} は，上式で得られる大きい方の値とする。

【回転体回転によるモーメントの計算式】

$$M_P = \frac{60P}{2\pi \cdot R} \times 10^6$$

【回転体振動による加速度の計算式】

$$a_P = \left(2\pi \cdot \frac{R}{60} \right)^2 \cdot \frac{p \cdot 10^{-6}}{2}$$

b. せん断応力の評価

せん断応力は，全ボルトで受けるものとして計算する。

$$\tau_b = \frac{m_{DG} \cdot (a_H + a_P)}{n \cdot A_{bt}}$$

c. 組合せ応力の評価

引張応力とせん断応力の組合せ応力をＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ１－2005/2007　ＳＳＢ－３１３３に基づき次式で評価する。

$$\sigma_{bt} \leqq \min\left(1.4 \times 1.5 f_t^* - 1.6\tau_b,\ 1.5 f_t^*\right)$$

6.2　機能維持評価

常設代替高圧電源装置内燃機関（No.1～No.5）の地震後の機能維持評価について，以下に示す。

6.2.1　機能維持評価方法

車両に搭載している内燃機関の動的機能維持を確認した機能確認済加速度と設置場所の最大応答加速度を比較し，設置場所の最大応答加速度が機能確認済加速度以下であることを確認することで実施する。

機能確認済加速度を表 6-4 に示す。

表 6-4　機能確認済加速度

項　目	機能確認済加速度 （×9.8 m/s^2）
水　平	1.37
鉛　直	1.41

7. 評価結果

常設代替高圧電源装置車両（No.1～No.5）について，耐震計算結果を次頁以降に示す。発生値は許容応力以下であり，耐震性を有することを確認した。また，常設代替高圧電源装置置場の最大応答加速度は機能確認済加速度以下であり，基準地震動Ｓ$_s$に対して動的機能が維持されることを確認した。

常設代替高圧電源装置内燃機関（No.1～No.5）について耐震計算結果を次頁以降に示す。発生値は許容応力以下であり，耐震性を有することを確認した。また，常設代替高圧電源装置置場の最大応答加速度は機能確認済加速度以下であり，基準地震動Ｓ$_s$に対して動的機能が維持されることを確認した。

東海第二発電所　常設代替高圧電源装置内燃機関（No.1～No.5）の耐震計算書

1.　設計条件

設備分類	設置場所 (m)	取付ボルト 配置状態	周囲環境温度（℃）		
			コンテナ	フレーム	内燃機関
常設耐震／防止 常設／緩和	[redacted] EL.11.00	矩形配置	40	40	40

2.　設計用加速度及び評価用加速度

評価用加速度（m/s^2） （機能維持評価）（内燃機関）		設計用加速度（m/s^2） （応力評価）（内燃機関）		回転体振動による 加速度(m/s^2)		回転によるモーメント（取付ボルトのみ） M_p(N･mm)
水　平	鉛　直	水　平（a_H）	鉛　直（a_V）	水　平（a_p）	鉛　直（a_p）	
4.51	4.12	33.5	44.4	3.71	3.71	9230986.7

設計用加速度(m/s^2) （応力評価）（コンテナ）		設計用加速度(m/s^2) （応力評価）（フレーム）		
水　平（a_H）	鉛　直（a_V）	水　平（a_H）	鉛　直（a_V）	水平加速度によって作用する鉛直方向の加速度(a_V’)
69.1	52.0	39.0	32.7	72.1

3.　機器要目

a.　コンテナ*1

評価部位	m_C (kg)	h_{CG} (mm)	A_{Cbt} (mm^2)	n_C (本)	n_{C1} (本)	n_{C2} (本)	L_C (mm)	L_{C1} (mm)	L_{C2} (mm)	L_{C3} (mm)	L_{CG} (mm)	L_{CGX} (mm)
取付ボルト	6125	1113.5	314.1	6	3	2	2910	2420	1610	800	1,455	1,705

注記　＊1：評価上，最も厳しいコンテナ（遮断器盤）を示す。

b.　フレーム

評価部位	ℓ_1 (mm)	h_c (mm)	評価部位	A_H*2 (mm^2)	Z_H*2 (mm^3)	評価部位	A_V*2 (mm^2)	Z_V*2 (mm^3)
フレーム	[redacted]		フレーム （水平方向）	[redacted]		フレーム （鉛直方向）	[redacted]	

注記　＊2：応力が最大となる箇所（フレームＢ中央付近）の値を示す。

c.　内燃機関

評価部位	m_{DG} (kg)	h_G (mm)	A_{bt} (mm^2)	n (本)	n_{t1} (本)	n_{t2} (本)	L_1 (mm)	L_{1X} (mm)	L_{2X} (mm)	L_{3X} (mm)	L_{4X} (mm)	L_{5X} (mm)	L_G (mm)	L_{GX} (mm)	R (min^{-1})	p (μm)	P (kW)
取付ボルト	[redacted]			12	6	2	1070	2270.5	2172.5	1210.5	1112.5	98	535	1224	1500	300	1450

4. 結　果

4.1 車両の応力評価結果

a. コンテナ取付ボルトの応力評価結果

評価部位	材　料	評価応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
取付ボルト	SCM435	引張	262	487
		せん断	225	375
		組合せ	262	321

発生応力は全て許容値以下である。

b. フレームの応力評価結果

評価部位	材　料	評価応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
フレーム	SM490	組合せ	310	342

発生応力は全て許容値以下である。

4.2 車両の機能維持評価結果

		評価用加速度 ($\times$9.8 m/s^2)	機能確認済加速度 ($\times$9.8 m/s^2)
車両	水平	0.46	1.37
	鉛直	0.42	1.41

評価用加速度は，すべて機能確認済加速度以下である。

4.3 内燃機関の応力評価結果

評価部位	強度区分	評価応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
取付ボルト	10.9	引張	150	525
		せん断	76	403
		組合せ	150	525

発生応力は全て許容値以下である。

4.4 内燃機関の機能維持評価結果

		評価用加速度 ($\times$9.8 m/s^2)	機能確認済加速度 ($\times$9.8 m/s^2)
内燃機関	水平	0.46	1.37
	鉛直	0.42	1.41

評価用加速度は，すべて機能確認済加速度以下である。

Ⅴ-2-10-1-4-1-2　常設代替高圧電源装置内燃機関（No.6）の耐震性についての計算書

目次

1. 概要 1
2. 基本方針 1
2.1 構造の説明 1
2.2 評価方針 5
3. 耐震評価箇所 8
4. 車両の加振試験 9
4.1 基本方針 9
4.2 試験構成 9
4.3 入力地震動 9
4.4 許容限界 9
4.5 加振試験結果 9
5. 車両の評価 11
5.1 応力評価 11
5.2 機能維持評価 24
6. 内燃機関の評価 25
6.1 応力評価 25
6.2 機能維持評価 33
7. 評価結果 34

1. 概要

本資料は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，常設代替高圧電源装置内燃機関（No.6）が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。その耐震評価は応力評価及び機能維持評価により行う。

また，常設代替高圧電源装置（No.6）のうち間接支持構造物である車両が設計用地震力に対して十分な支持機能を有していることを説明するものである。その耐震評価は応力評価及び機能維持評価により行う。

常設代替高圧電源装置（No.6）は，重大事故等対処設備において常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，この分類に応じた耐震評価を示す。

2. 基本方針

2.1 構造の説明

常設代替高圧電源装置（No.6）の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　常設代替高圧電源装置（No.6）の構造計画

設備名称	計画の概要		説明図
	支持構造	主体構造	
常設代替高圧電源装置車両（No.6）	コンテナを車両フレームに取付ボルトにて固定する。	コンテナ （発電装置本体，遮断器盤）	図 2-1 図 2-2 図 2-3 図 2-4
	車載設備の自重を支持するフレームをサスペンションを有する車両に設置する。	フレーム （トレーラ）	
常設代替高圧電源装置内燃機関（No.6）	車載式の内燃機関は，発電機との共通台板に取付ボルトにて固定する。	4 サイクル空冷直接噴射式 16 気筒ディーゼル機関	図 2-5 図 2-6

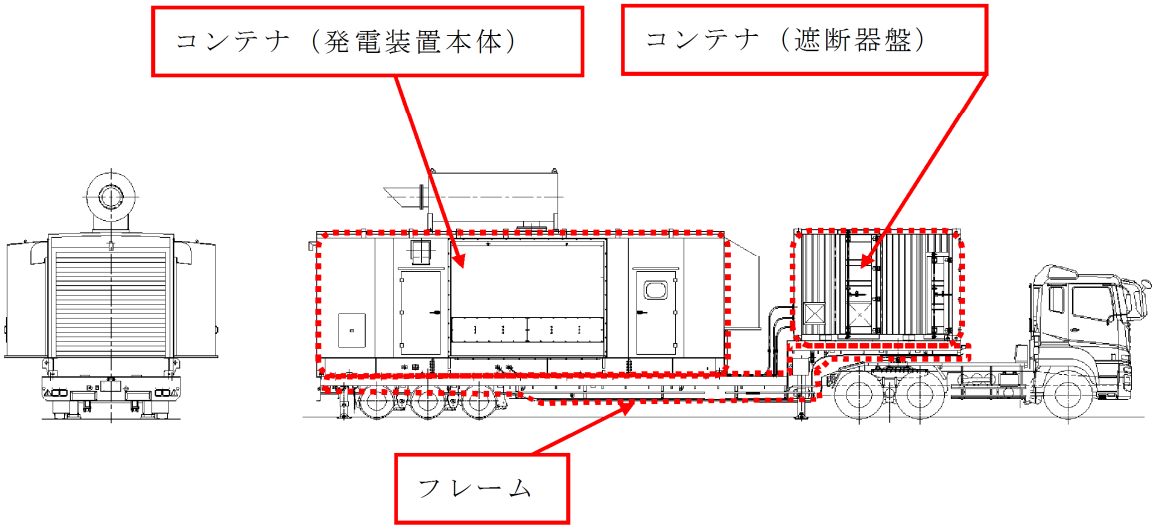


図 2-1　常設代替高圧電源装置車両（No.6）の構造図

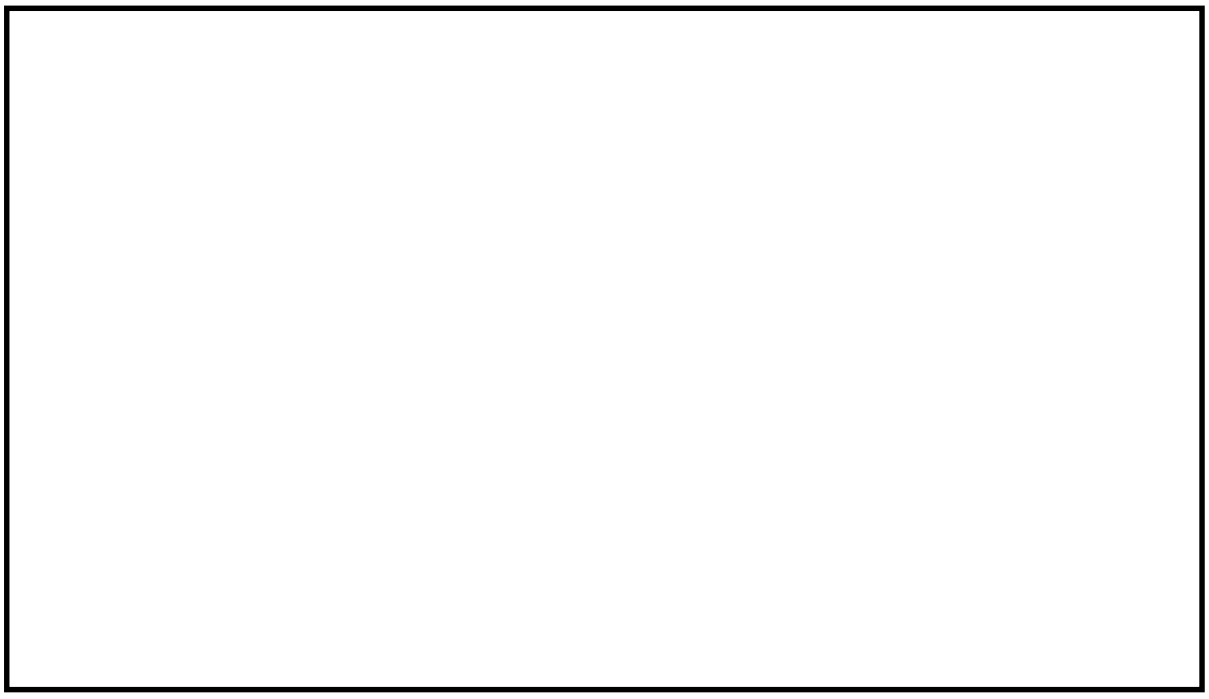


図 2-2　常設代替高圧電源装置車両（No.6）のフレーム概略図

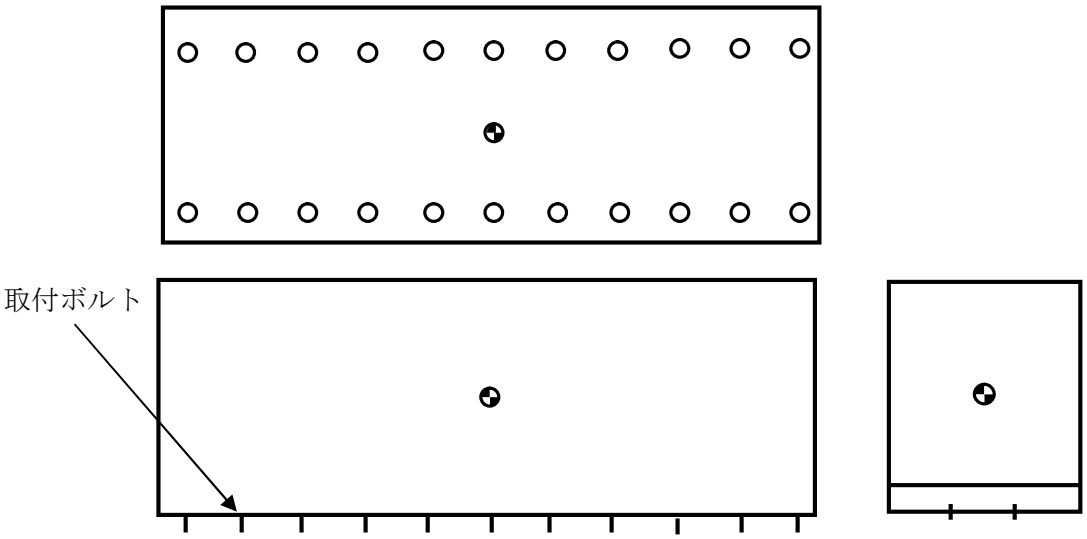


図 2-3　コンテナ（発電装置本体）取付ボルト配置図

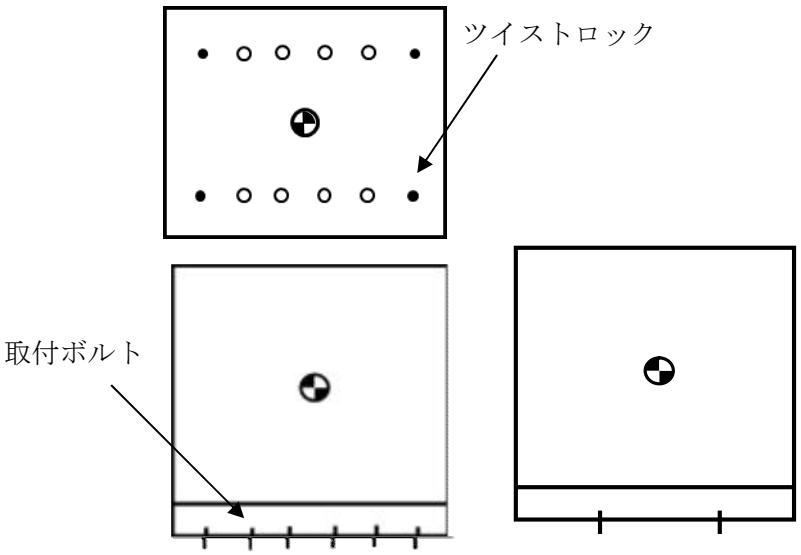


図 2-4　コンテナ（遮断器盤）取付ボルト配置図

図 2-5　常設代替高圧電源装置内燃機関（No.6）の配置図

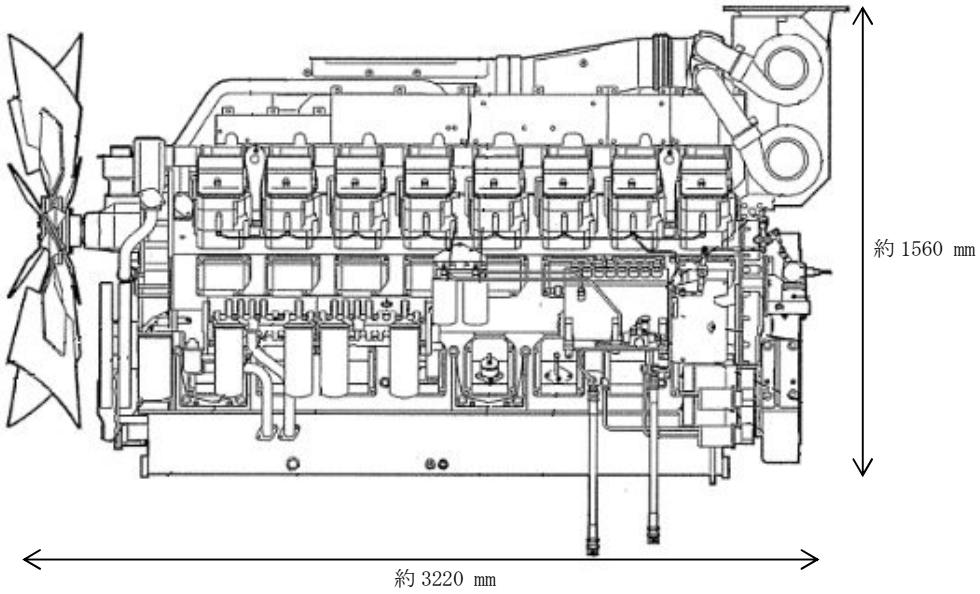


図 2-6　常設代替高圧電源装置内燃機関（No.6）の構造図

2.2　評価方針

間接支持構造物である常設代替高圧電源装置車両（No.6）の機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定した支持機能維持の方針及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.1　構造の説明」にて示す車両の部位を踏まえ，「3.　耐震評価箇所」にて設定する箇所に発生する応力等が許容限界内に収まることを，「4.　車両の加振試験」で得られた最大応答加速度を用いて設計用加速度を設定し，「5.　車両の評価」の「5.1　応力評価」にて示す方法にて確認することで実施する。

また，常設代替高圧電源装置車両（No.6）の機能維持評価は，間接支持構造物として十分な支持機能を有していることを，「4.　車両の加振試験」で得られた加振台の最大加速度を機能確認済加速度として設定し，「5.　車両の評価」の「5.2　機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「7.　評価結果」に示す。

常設代替高圧電源装置車両（No.6）の耐震評価フローを図 2-7 に示す。

常設代替高圧電源装置内燃機関（No.6）の応力評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.1　構造の説明」にて示す内燃機関の部位を踏まえ「3.　耐震評価箇所」にて設定する箇所に発生する応力等が許容限界内に収まることを，「4.　車両の加振試験」で得られた最大応答加速度を用い，「6.内燃機関の評価」の「6.1　応力評価」にて示す方法にて確認することで実施する。

また，常設代替高圧電源装置内燃機関（No.6）の機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定した動的機能維持の方針に基づき，設置場所の最大応答加速度が機能確認済加速度（加振試験における加振台の最大加速度）以下であることを，「6.　内燃機関の評価」の「6.2　機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「7.　評価結果」に示す。

常設代替高圧電源装置内燃機関（No.6）の耐震評価フローを図 2-8 に示す。

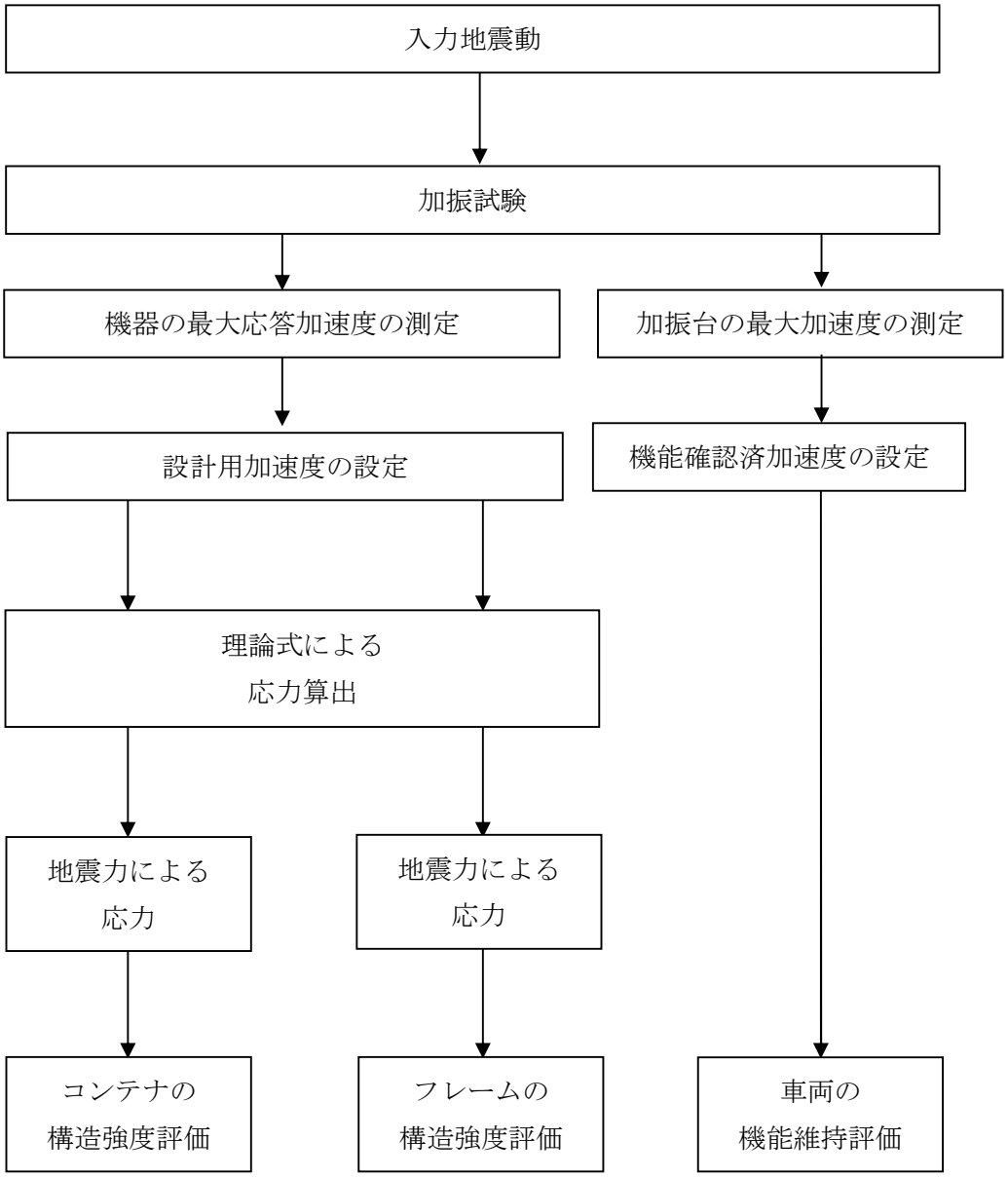


図 2-7　常設代替高圧電源装置車両（No.6）の耐震評価フロー

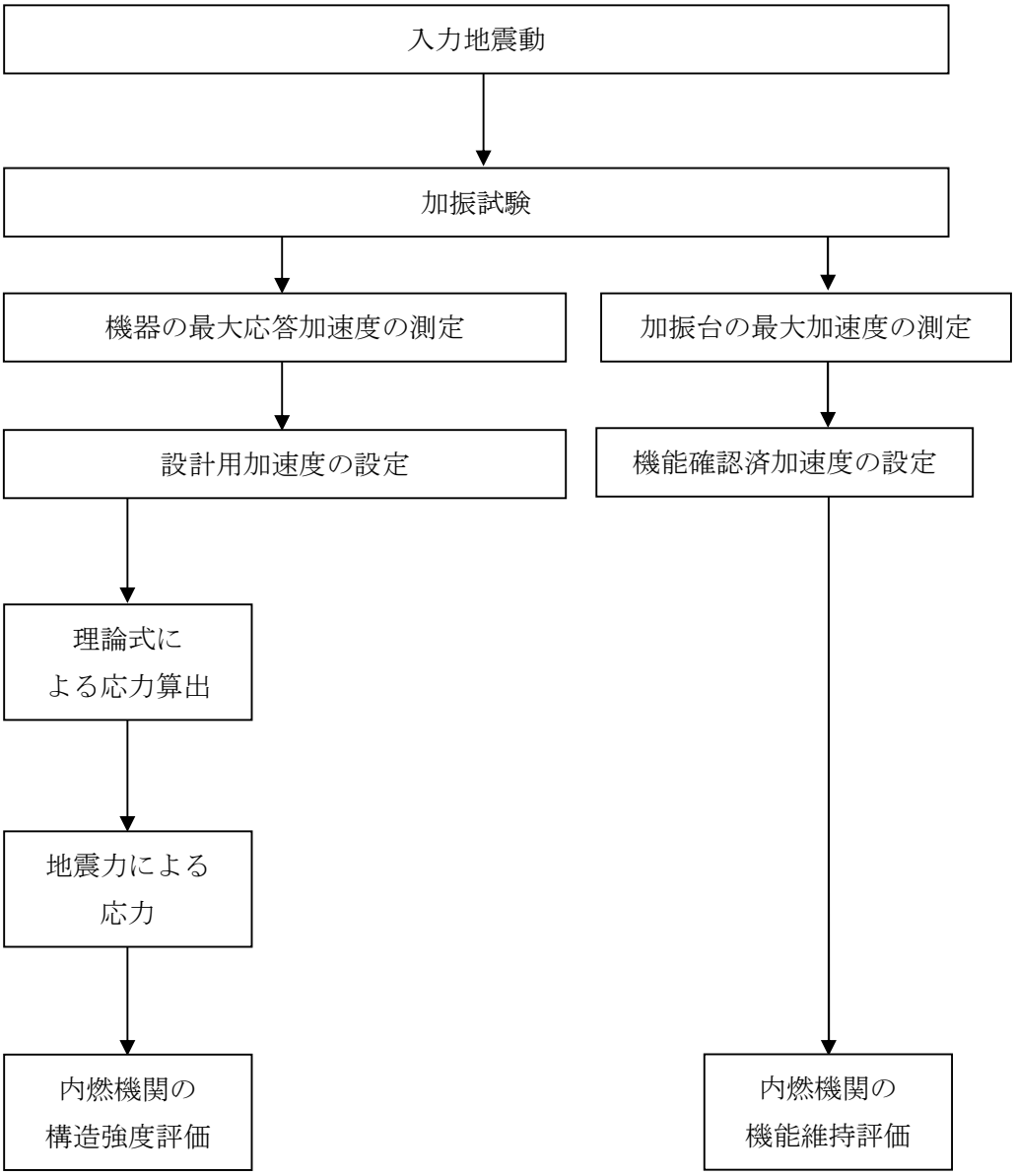


図 2-8　常設代替高圧電源装置内燃機関（No.6）の耐震評価フロー

3. 耐震評価箇所

間接支持構造物である常設代替高圧電源装置車両（No.6）の耐震評価は，自重を支持している車両のフレーム，車両部（コンテナ台板，コンテナ取付ボルト）のうち断面積の最も小さく，応力評価上厳しくなるコンテナを固定するボルトであるコンテナ取付ボルトを評価対象部位とする。

常設代替高圧電源装置内燃機関（No.6）の耐震評価は，耐震評価上厳しくなる取付ボルトを選定して実施する。

4.　車両の加振試験

地震時に車両に発生する車両重心位置，フレーム床部，内燃機関，発電機頂部及び制御盤頂部の最大応答加速度及び機能確認済加速度を求めるため，加振試験を実施する。

4.1　基本方針

重大事故等に対処するための機能を保持するために，車両全体として安定性を有し，転倒しないこと，主要な構造部材が必要な構造強度を有すること及び支持機能，動的及び電気的機能が保持できることを加振試験の結果を踏まえて評価することから，以下の「4.3　入力地震動」に示す入力地震動を用いて，加振試験を実施する。なお，加振台の最大加速度を機能確認済加速度とする。

4.2　試験構成

図 2-1 に示す常設代替高圧電源装置車両（No.6）全体を加振台に設置する。

4.3　入力地震動

入力地震動は，常設代替高圧電源装置置場における地盤条件を考慮し，常設代替高圧電源装置置場における基準地震動を包絡するスペクトル特性を有する時刻歴波とする。

4.4　許容限界

機能確認済加速度を求める際，車両全体として安定性を有し，転倒しないこと，また，車両に搭載している発電装置の発電機能並びにこの駆動源となる内燃機関等の動的及び電気的機能が保持できることを許容限界として設定し，加振試験後にこれらを確認する。

4.5　加振試験結果

加振試験結果により得られた車両重心位置，フレーム床部，内燃機関，発電機頂部及び制御盤頂部の最大応答加速度を表 4-1 から表 4-5 に，また機能確認済加速度を表 4-6 に示す。

表 4-1　車両重心位置の最大応答加速度

項目	最大応答加速度（m/s^2）
水平	38.1
鉛直	45.6

表 4-2　フレーム床部の最大応答加速度

項目	最大応答加速度（m/s^2）
水平	21.2
鉛直	28.4

表 4-3　内燃機関の最大応答加速度

項目	最大応答加速度（m/s^2）
水平	28.0
鉛直	50.2

表 4-4　発電機頂部の最大応答加速度

項目	最大応答加速度（m/s^2）
水平	36.2
鉛直	55.3

表 4-5　制御盤頂部の最大応答加速度

項目	最大応答加速度（m/s^2）
水平	24.6
鉛直	43.9

表 4-6　機能確認済加速度

項目	加振台の最大加速度（$\times 9.8\ m/s^2$）
水平	2.04
鉛直	1.14

5.　車両の評価

常設代替高圧電源装置（No.6）のうち間接支持構造物である車両について，その支持機能が地震時に維持されることを確認する。

5.1　応力評価

5.1.1　基本方針

(1)　コンテナ取付ボルトの解析モデルは，1質点系モデルとする。

(2)　車両のフレームの解析モデルは，2 点支持はりモデルとし，「4.　車両の加振試験」で得られたフレーム床部の最大応答加速度の1.2倍の加速度と車両重心位置の最大応答加速度の1.2倍の加速度によりフレームに作用する分布荷重による応力を理論式により求める。

はりモデル化にあたっては，発生応力が保守側となるよう車両前方の片端支持部を考慮しないものとする。

(3)　コンテナ取付ボルトについてはコンテナの重心位置に「4.　車両の加振試験」で得られた車両重心位置の最大応答加速度を車両の走行軸直角方向への応答（転倒）挙動における回転中心相当である車軸を起点として，車両重心高さとコンテナの重心高さまでの比を用いて割増しし、さらに1.2倍した設計用加速度により発生応力を算出し，応力評価を行う。

車両のフレームについては，フレーム床部，車両重心位置の高さがフレーム重心高さ以下であるため，高さ比による割り増しは行わない。

(4)　許容応力についてＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ１－2005/2007 の付録材料図表を用いて計算する際に，温度が付録材料図表記載値の中間の値の場合は，比例法を用いて計算する。

ただし，比例法を用いる場合の端数処理は，小数第 1 位以下を切り捨てた値を用いるものとする。

(5)　応力計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

5.1.2　設計用地震力

耐震計算に用いる設計用地震力には，添付書類「Ⅴ-2-1-7　設計用床応答曲線の作成方針」にて作成した床応答曲線を上回るように設定した入力地震動を用いて「4.　車両の加振試験」を実施し，当該加振試験により得られた，フレーム床部及び車両重心位置における最大応答加速度の1.2倍を用いる。コンテナ取付ボルトの評価においては，車両重心位置における最大応答加速度を車両重心高さとコンテナの重心高さまでの比により割増しする。

5.1.3　荷重の組合せ及び許容応力

5.1.3.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

常設代替高圧電源装置車両（No.6）の荷重の組合せ及び許容応力状態について，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-1 に示す。

5.1.3.2　許容応力

常設代替高圧電源装置車両（No.6）の許容応力を表 5-2 に示す。

5.1.3.3　使用材料の許容応力評価条件

常設代替高圧電源装置車両（No.6）の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-3 に示す。

表 5-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源設備	非常用発電装置	常設代替高圧電源装置車両 (No.6)	常設耐震／防止 常設／緩和	－*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS （V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記　＊1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

＊3：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 5-2　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2, *3（ボルト以外）				許容限界*2（ボルト等）	
	一次応力				一次応力	
	引張	せん断	圧縮	曲げ	引張	せん断
$Ⅳ_AS$	1.5・f_t*	1.5・f_s*	1.5・f_c*	1.5・f_b*	1.5・f_t*	1.5・f_s*
V_AS（V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）						

注記　＊1：「鋼構造設計規準　ＳＩ単位版」（2002 年日本建築学会）等の幅厚比の制限を満足させる。
＊2：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。
＊3：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 5-3　許容応力評価条件（その他の支持構造物（重大事故等対処設備））

評価部位	材質	温度条件（℃）		S_y（MPa）	S_u（MPa）	F*（MPa）
取付ボルト	SCM435	周囲環境温度	40	785	930	651
フレーム	SM570（16 mm＜厚さ≦40 mm）	周囲環境温度	40	450	570	399

5.1.3　応力評価方法

5.1.3.1　コンテナ取付ボルトの応力評価方法

(1)　記号の説明

記　号	定　義	単　位
A_{Cbt}	取付ボルト軸断面積	mm^2
a_H	水平設計用加速度 （コンテナ重心高さ相当の応答加速度の 1.2 倍）	m/s^2
a_H'	加振試験で得られた車両重心位置での最大応答加速度（水平）	m/s^2
a_V	鉛直設計用加速度 （コンテナ重心高さ相当の応答加速度の 1.2 倍）	m/s^2
a_V'	加振試験で得られた車両重心位置での最大応答加速度（鉛直）	m/s^2
g	重力加速度（＝9.80665）	m/s^2
h_{CG}	取付面からコンテナ重心までの高さ	mm
h_G'	車両の回転中心相当位置（車軸高さ）から車両重心高さ	mm
h_G''	車両の回転中心相当位置（車軸高さ）からコンテナの重心高さ	mm
L_C	支点となる取付ボルトから評価対象となる取付ボルトまでの距離（短辺方向）	mm
L_{C1}	支点となる取付ボルトから評価対象となる取付ボルトまでの距離（長辺方向）	mm
L_{C2}	支点となる取付ボルトから評価対象となる取付ボルトまでの距離（長辺方向）	mm
L_{C3}	支点となる取付ボルトから評価対象となる取付ボルトまでの距離（長辺方向）	mm
L_{C4}	支点となる取付ボルトから評価対象となる取付ボルトまでの距離（長辺方向）	mm
L_{CG}	支点となる取付ボルトから重心までの距離（短辺方向）	mm
L_{CGX}	支点となる取付ボルトから重心までの距離（長辺方向）	mm
m_C	コンテナの質量	kg
n_C	せん断応力評価用の取付ボルト本数	本
n_{C1}	引張応力評価用の取付ボルト本数（短辺方向評価用）	本
n_{C2}	引張応力評価用の取付ボルト本数（長辺方向評価用）	本
α_H	車両の回転中心相当位置（車軸高さ）における床応答加速度 （保守的に 0 とする）（水平）	－

記　号	定　義	単　位
α_V	車両の回転中心相当位置（車軸高さ）における床応答加速度（保守的に0とする）（鉛直）	－
σ_{bt}	取付ボルト引張応力	MPa
τ_b	取付ボルトせん断応力	MPa

(2)　応力計算方法

コンテナ取付ボルトの応力評価を行う。応力評価にあたっては，車両の走行軸直角方向への応答（転倒）挙動における回転中心相当である車軸を基点として，車両重心高さとコンテナの重心高さまでの比を用いて，応答加速度の割増しを行う。応答加速度の割り増し概要図を図 5-1 に示す。

＜評価位置高さの応答加速度の計算式＞

a_H（a_V）／a_H’（a_V’）＝h_G”／h_G’

a_H（a_V）＝（h_G”／h_G’）×a_H’（a_V’）

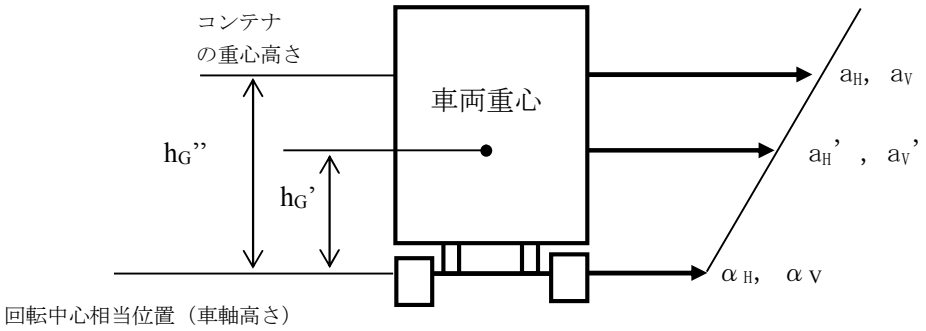
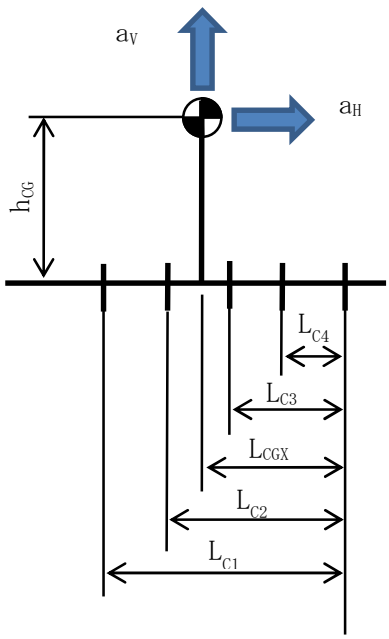


図 5-1　応答加速度（応力評価）の割り増し概要図

a.　引張応力の評価

引張応力は，取付ボルトを支点とする転倒を考え，これを片側の取付ボルトで受けるものとして計算する。

【長辺方向の計算モデル図】



【短辺方向の計算モデル図】

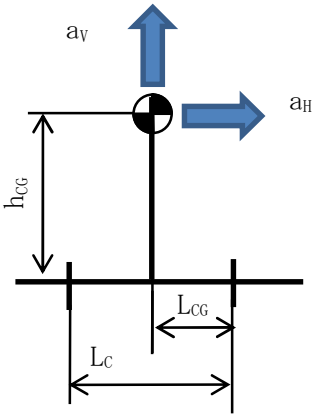


図 5-2　コンテナ取付ボルトの計算モデル図

コンテナ取付ボルトの計算モデル図である図 5-2 に示すモーメントのつり合い式より以下の各計算式が得られる。

【長辺方向の引張応力計算式】

$$\sigma_{bt} = \frac{\left\{\sqrt{(m_C \cdot a_H \cdot h_{CG})^2 + (m_C \cdot a_V \cdot L_{CGX})^2} - m_C \cdot g \cdot L_{CGX}\right\} \cdot L_{C1}}{n_{C2} \cdot (L_{C1}^2 + L_{C2}^2 + L_{C3}^2 + L_{C4}^2) \cdot A_{Cbt}}$$

【短辺方向の引張応力計算式】

$$\sigma_{bt} = \frac{\sqrt{(m_C \cdot a_H \cdot h_{CG})^2 + (m_C \cdot a_V \cdot L_{CG})^2} - m_C \cdot g \cdot L_{CG}}{n_{C1} \cdot A_{Cbt} \cdot L_C}$$

b. せん断応力の評価

せん断応力は，全ボルトで受けるものとして計算する。

$$\tau_b = \frac{m_C \cdot a_H}{n_C \cdot A_{Cbt}}$$

c. 組合せ応力の評価

引張応力とせん断応力の組合せ応力をＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ１－2005/2007　ＳＳＢ－３１３３に基づき次式で評価する。

$$\sigma_{bt} \leqq \min\left(1.4 \times 1.5f_t^* - 1.6\tau_b,\ 1.5f_t^*\right)$$

5.1.3.2　フレームの応力評価方法

(1)　記号の説明

記　号	定　義	単　位
$A_H(x)$, $A_V(x)$	それぞれ水平，鉛直方向に対する支持位置 A から距離 x におけるフレームの断面積	mm^2
a_{H1}	フレーム床における水平設計用加速度（加振試験で得られたフレーム床の最大応答加速度の 1.2 倍）	m/s^2
a_{V1}	フレーム床における鉛直設計用加速度（加振試験で得られたフレーム床の最大応答加速度の 1.2 倍）	m/s^2
a_{V1}'	フレーム床における水平方向地震による鉛直方向加速度 $=\frac{h_c}{\ell_1}a_{H1}$	m/s^2
a_{H2}	車両重心位置における水平設計用加速度（加振試験で得られた車両重心位置の最大応答加速度の 1.2 倍）	m/s^2
a_{V2}	車両重心位置における鉛直設計用加速度（加振試験で得られた車両重心位置の最大応答加速度の 1.2 倍）	m/s^2
a_{V2}'	車両重心位置における水平方向地震による鉛直方向加速度$=\frac{h_c}{\ell_1}a_{H2}$	m/s^2
h_c	車両の重心高さ	mm
ℓ_1	フレームの支持位置間の距離	mm
$F_H(x)$, $F_V(x)$, $F_V'(x)$	それぞれ $a_{H1,2}$，$a_{V1,2}$，$a_{V1',2'}$ による支持位置 A から距離 x におけるせん断荷重	N
$M_H(x)$, $M_V(x)$, $M_V'(x)$	それぞれ $a_{H1,2}$，$a_{V1,2}$，$a_{V1',2'}$ による支持位置 A から距離 x における曲げモーメント	N･mm
x	支持位置 A からの距離	mm
w(x)	支持位置 A から距離 x における分布質量	kg/mm
$Z_H(x)$, $Z_V(x)$	それぞれ水平、鉛直方向に対する支持位置 A から距離 x におけるフレームの断面係数	mm^3
$\sigma_H(x)$, $\sigma_V(x)$, $\sigma_V'(x)$	それぞれ $a_{H1,2}$，$a_{V1,2}$，$a_{V1',2'}$ による支持位置 A から距離 x におけるフレームの組合せ応力	MPa
$\sigma_{bH}(x)$, $\sigma_{bV}(x)$, $\sigma_{bV}'(x)$	それぞれ $a_{H1,2}$，$a_{V1,2}$，$a_{V1',2'}$ による支持位置 A から距離 x におけるフレームの曲げ応力	MPa

記　号	定　義	単　位
$\tau_H(x)$，$\tau_V(x)$，$\tau_{V}'(x)$	それぞれ $a_{H1,2}$，$a_{V1,2}$，$a_{V1',2'}$ による支持位置 A から距離 x におけるフレームのせん断応力	MPa
σ	組合せ応力	MPa

(2)　曲げモーメント及びせん断荷重の算出

トレーラと車両の接合部（支持位置 A）とタイヤ中心（支持位置 B）を支持固定とした，各々の設備の分布荷重が作用するはりモデルとして，曲げモーメントとせん断荷重を算出する。

図 5-3 に計算モデルを示す。計算モデルは，「5.1.1　基本方針」に示す通り，片端支持部である支持位置 A から前方を考慮しないものとする。ただし，保守的にコンテナ（遮断器盤）の重量は全て支持位置 A より後方に付加するものとする。

図 5-3 の計算モデルより，支持位置 A からの距離 x において，以下の各計算式が得られる。

a.　曲げモーメントの算出式

支持位置 A から距離 x における各加速度による曲げモーメントは，その間の単位加速度当りの質量分布を考慮し以下の通り計算する。

$$M_H(x) = a_{H1,2} \cdot \int_0^x w(x) \cdot x dx$$

$$M_V(x) = a_{V1,2} \cdot \int_0^x w(x) \cdot x dx$$

$$M_V'(x) = a_{V1',2'} \cdot \int_0^x w(x) \cdot x dx$$

b.　せん断荷重の算出式

支持位置 A から距離 x における各加速度によるせん断荷重は，その間の単位加速度当りの質量分布を考慮し以下の通り計算する。

$$F_H(x) = a_{H1,2} \cdot \int_0^x w(x) dx$$

$$F_V(x) = a_{V1,2} \cdot \int_0^x w(x) dx$$

$$F_V'(x) = a_{V1',2'} \cdot \int_0^x w(x) dx$$

(3) 応力計算方法

前項にて算出した曲げモーメントとせん断荷重を用いて，曲げ応力及びせん断応力を算出し，組合せ（ミーゼス）応力にて評価する。

なお，水平，鉛直方向，それぞれの方向で組合せ応力を算出し，それらの発生応力を二乗和平方根法にて組み合わせて評価することとする。

a. 曲げ応力の算出式

フレームに発生する曲げ応力は，各加速度に対し以下の通り計算する。

$$\sigma_{bH}(x) = \frac{M_H(x)}{Z_H(x)}$$

$$\sigma_{bV}(x) = \frac{M_V(x)}{Z_V(x)}$$

$$\sigma_{bV}'(x) = \frac{M_V'(x)}{Z_V(x)}$$

b. せん断応力の算出式

フレームに発生するせん断応力は，各加速度に対し以下の通り計算する。

$$\tau_H(x) = \frac{F_H(x)}{A_H(x)}$$

$$\tau_V(x) = \frac{F_V(x)}{A_V(x)}$$

$$\tau_V'(x) = \frac{F_V'(x)}{A_V(x)}$$

c. 各方向の組合せ応力の算出式

曲げ応力とせん断応力の最大値から，各加速度に対し組合せ応力を次式に基づき算出する。

$$\sigma_H = \sqrt{\sigma_{bH}{}^2 + 3\tau_H{}^2}$$

$$\sigma_V = \sqrt{\sigma_{bV}{}^2 + 3\tau_V{}^2}$$

$$\sigma_V{}' = \sqrt{\sigma_{bV}{}'^2 + 3\tau_V{}'^2}$$

d. 組合せ応力の評価

各加速度に対する組合せ応力から車両フレームの組合せ応力を求め，下式を満足することを確認する。

$$\sigma = \sqrt{\left(\sigma_H + \sigma_V'\right)^2 + \sigma_V^2} \leqq 1.5f_t^*$$

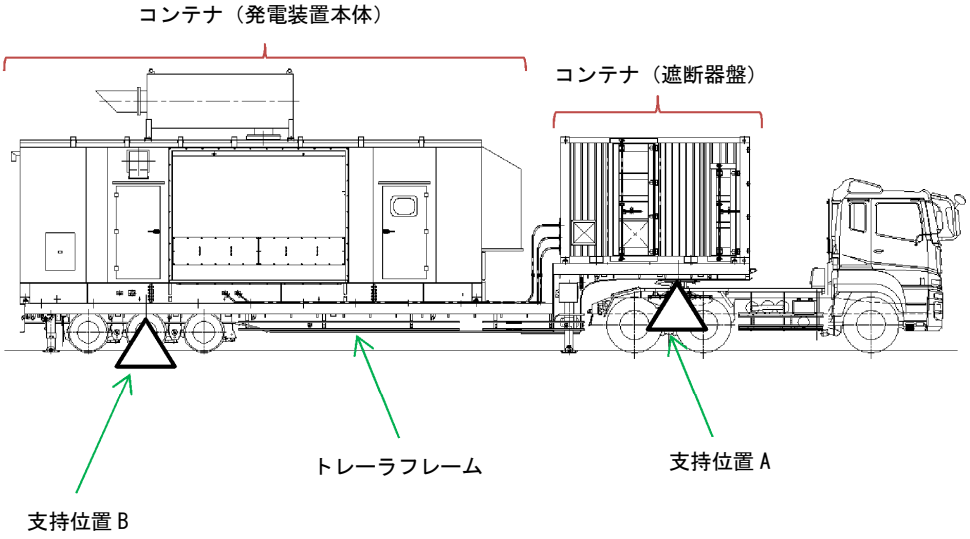


図 5-3　車両フレームの計算モデル図

5.2　機能維持評価

常設代替高圧電源装置（No.6）の間接支持構造物である車両について，その支持機能の維持のために地震時に車両が転倒しないことを確認する。

5.2.1　機能維持評価方法

車両の支持機能が維持されており，車両全体として安定性を有し，転倒しないことを確認した機能確認済加速度と設置場所の最大応答加速度を比較することで実施する。

機能確認済加速度を表 5-4 に示す。

表 5-4　機能確認済加速度

項　目	機能確認済加速度 （×9.8 m/s^2）
水　平	2.04
鉛　直	1.14

6. 内燃機関の評価

6.1 応力評価

6.1.1 基本方針

(1) 内燃機関の解析モデルは，1 質点系モデルとし，内燃機関の重心位置に地震荷重，内燃機関の運転による加速度及び内燃機関の運転により働くモーメントが作用するものとする。

(2) 内燃機関は，厚肉構造の低重心であるため，剛として取り扱うこととする。

(3) 内燃機関は，「4. 車両の加振試験」で測定された内燃機関における最大応答加速度を用いて，内燃機関の重心高さまでの比により割増し，さらに 1.2 倍した設計用加速度により発生応力を算出し，応力評価を行う。

(4) 許容応力についてＪＳＭＥ Ｓ ＮＣ１－2005/2007 の付録材料図表を用いて計算する際に，温度が付録材料図表記載値の中間の値の場合は，比例法を用いて計算する。

但し，比例法を用いる場合の端数処理は，小数第 1 位以下を切り捨てた値を用いるものとする。

(5) 耐震計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

6.1.2　設計用地震力

耐震計算に用いる設計用地震力には，添付書類「Ⅴ-2-2-22　常設代替高圧電源装置置場及び西側淡水貯水設備の地震応答計算書」にて作成した床応答曲線を上回るように設定した入力地震動を用いて実施した「4.　車両の加振試験」で得られた，内燃機関における最大応答加速度の 1.2 倍を用いる。また，内燃機関における最大応答加速度を内燃機関重心高さまでの比により割増しする。

6.1.3　荷重の組合せ及び許容応力

6.1.3.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

常設代替高圧電源装置内燃機関（No.6）の荷重の組合せ及び許容応力状態について，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 6-1 に示す。

6.1.3.2　許容応力

常設代替高圧電源装置内燃機関（No.6）の許容応力を表 6-2 に示す。

6.1.3.3　使用材料の許容応力評価条件

常設代替高圧電源装置内燃機関（No.6）の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 6-3 に示す。

表 6-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源設備	非常用発電装置	常設代替高圧電源装置内燃機関（No.6）	常設耐震／防止 常設／緩和	－*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS（V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記　＊1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

＊3：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 6-2　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 （ボルト等）	
	一次応力	
	引張	せん断
$Ⅳ_AS$	1.5・f_t*	1.5・f_s*
$Ⅴ_AS$ （$Ⅴ_AS$として$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）		

注記　＊1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。
＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 6-3　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部位	強度区分	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	F* (MPa)
取付ボルト	10.9 *	周囲環境温度	40	900	1000	700

注記　＊：ＪＩＳ　Ｂ　１０５１に規定される材料を使用。

6.1.4　応力評価方法

6.1.4.1　内燃機関の取付ボルト応力評価方法

(1)　記号の説明

記　号	定　義	単　位
A_{bt}	取付ボルト軸断面積	mm^2
a_H	水平設計用加速度 （内燃機関重心高さ相当の応答加速度の 1.2 倍）	m/s^2
a_H'	加振試験で得られた内燃機関の最大応答加速度（水平）	m/s^2
a_V	鉛直設計用加速度 （内燃機関重心高さ相当の応答加速度の 1.2 倍）	m/s^2
a_V'	加振試験で得られた内燃機関の最大応答加速度（鉛直）	m/s^2
a_p	回転体振動による加速度	m/s^2
g	重力加速度（＝9.80665）	m/s^2
h_G	取付面からディーゼル機関重心までの高さ	mm
h_G'	車両の回転中心相当位置（車軸高さ）から内燃機関測定点高さ	mm
h_G''	車両の回転中心相当位置（車軸高さ）から内燃機関の重心高さ	mm
L_1	支点となる取付ボルトから評価対象となる取付ボルトまでの距離（軸直角方向）	mm
L_{1X}	支点となる取付ボルトから評価対象となる取付ボルトまでの距離（軸方向）	mm
L_{2X}	支点となる取付ボルトから評価対象となる取付ボルトまでの距離（軸方向）	mm
L_{3X}	支点となる取付ボルトから評価対象となる取付ボルトまでの距離（軸方向）	mm
L_{4X}	支点となる取付ボルトから評価対象となる取付ボルトまでの距離（軸方向）	mm
L_{5X}	支点となる取付ボルトから評価対象となる取付ボルトまでの距離（軸方向）	mm
L_G	支点となる取付ボルトから重心までの距離（軸直角方向）	mm
L_{GX}	支点となる取付ボルトから重心までの距離（軸方向）	mm
m_{DG}	ディーゼル機関質量	kg
M_p	回転体回転により働くモーメント	N・mm
n	取付ボルト総本数	本
n_{t1}	軸方向に設けた取付ボルトの片側本数	本

記　号	定　義	単　位
n_{t2}	軸直角方向に設けた取付ボルトの片側本数	本
p	回転体の許容振幅	μm
P	原動機出力	kW
R	機関定格回転数	min^{-1}
α_H	車両の回転中心相当位置（車軸高さ）における床応答加速度（保守的に 0 とする）（水平）	―
α_V	車両の回転中心相当位置（車軸高さ）における床応答加速度（保守的に 0 とする）（鉛直）	―
σ_{bt}	取付ボルト引張応力	MPa
τ_b	取付ボルトせん断応力	MPa

(2)　応力計算方法

内燃機関取付ボルトの応力評価を行う。応力評価にあたっては，内燃機関測定点高さと内燃機関重心高さまでの比を用いて，応答加速度の割増を行う。応答加速度の割り増し概要図を図 6-1 に示す。

＜評価位置高さの応答加速度の計算式＞

a_H（a_V）／a_H’（a_V’）＝h_G”／h_G’

a_H（a_V）＝(h_G”／h_G’)×a_H’（a_V’）

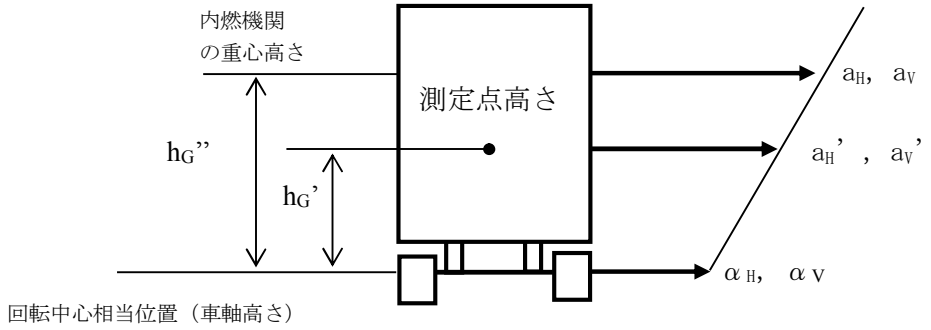


図 6-1　応答加速度（応力評価）の割り増し概要図

a.　引張応力の評価

引張応力は，取付ボルトを支点とする転倒を考え，これを片側の取付ボルトで受けるものとして計算する。

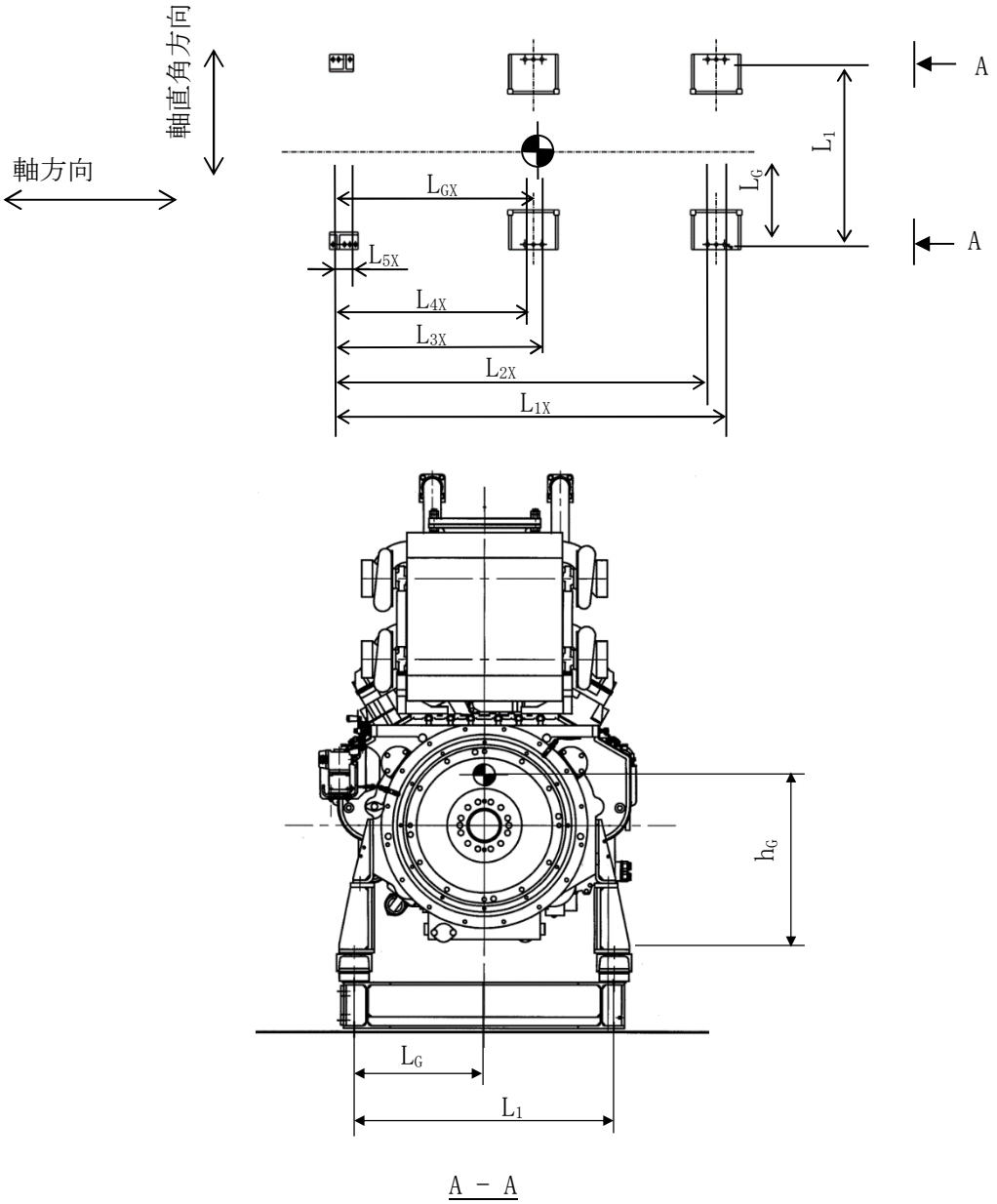


図 6-2　内燃機関　取付ボルトの計算モデル図

図 6-2 に示すモーメントのつり合い式より以下の各計算式が得られる。

【軸直角方向の引張応力計算式】

$$\sigma_{bt} = \frac{m_{DG} \cdot (a_H + a_P) \cdot h_G + M_P - m_{DG} \cdot \left(g - a_V - a_P \right) \cdot L_G}{n_{t1} \cdot A_{bt} \cdot L_1}$$

【軸方向の引張応力計算式】

$$\sigma_{bt} = \frac{\{m_{DG} \cdot (a_H + a_P) \cdot h_G - m_{DG} \cdot \left(g - a_V - a_P \right) \cdot L_{GX}\} \cdot L_{1X}}{n_{t2} \cdot (L_{1X}^2 + L_{2X}^2 + L_{3X}^2 + L_{4X}^2 + L_{5X}^2) \cdot A_{bt}}$$

σ_{bt} は，上式で得られる大きい方の値とする。

【回転体回転によるモーメントの計算式】

$$M_P = \frac{60P}{2\pi \cdot R} \times 10^6$$

【回転体振動による加速度の計算式】

$$a_P = \left(2\pi \cdot \frac{R}{60} \right)^2 \cdot \frac{p \cdot 10^{-6}}{2}$$

b. せん断応力の評価

せん断応力は，全ボルトで受けるものとして計算する。

$$\tau_b = \frac{m_{DG} \cdot (a_H + a_P)}{n \cdot A_{bt}}$$

c. 組合せ応力の評価

引張応力とせん断応力の組合せ応力をＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ１－2005/2007　ＳＳＢ－３１３３に基づき次式で評価する。

$$\sigma_{bt} \leqq \min\left(1.4 \times 1.5 f_t^* - 1.6\tau_b,\ 1.5 f_t^*\right)$$

6.2　機能維持評価

常設代替高圧電源装置内燃機関（No.6）の地震後の機能維持評価について，以下に示す。

6.2.1　機能維持評価方法

車両に搭載している内燃機関の動的機能維持を確認した機能確認済加速度と設置場所の最大応答加速度を比較し，設置場所の最大応答加速度が機能確認済加速度以下であることを確認することで実施する。

機能確認済加速度を表 6-4 に示す。

表 6-4　機能確認済加速度

項　目	機能確認済加速度 （×9.8 m/s^2）
水　平	2.04
鉛　直	1.14

7. 評価結果

常設代替高圧電源装置車両（No.6）について，耐震計算結果を次頁以降に示す。発生値は許容応力以下であり，耐震性を有することを確認した。また，常設代替高圧電源装置置場の最大応答加速度は機能確認済加速度以下であり，基準地震動Ｓ$_s$に対して動的機能が維持されることを確認した。

常設代替高圧電源装置内燃機関（No.6）について耐震計算結果を次頁以降に示す。発生値は許容応力以下であり，耐震性を有することを確認した。また，常設代替高圧電源装置置場の最大応答加速度は機能確認済加速度以下であり，基準地震動Ｓ$_s$に対して動的機能が維持されることを確認した。

東海第二発電所　常設代替高圧電源装置内燃機関（No.6）の耐震計算書

1.　設計条件

設備分類	設置場所 (m)	取付ボルト 配置状態	周囲環境温度（℃）		
			コンテナ	フレーム	内燃機関
常設耐震／防止 常設／緩和	[redacted] EL. 11.00	矩形配置	40	40	40

2.　設計用加速度及び評価用加速度

評価用加速度（m/s^2） （機能維持評価）（内燃機関）		設計用加速度（m/s^2） （応力評価）（内燃機関）		回転体振動による 加速度(m/s^2)		回転によるモーメント（取付ボルトのみ） M_p(N・mm)
水　平	鉛　直	水　平（a_H）	鉛　直（a_V）	水　平（a_p）	鉛　直（a_p）	
4.51	4.12	45.3	81.1	3.71	3.71	9230986.7

設計用加速度（m/s^2） （応力評価）（コンテナ）		設計用加速度（m/s^2） （応力評価）（フレーム）（フレーム床における加速度）			設計用加速度（m/s^2） （応力評価）（フレーム）（車両重心位置における加速度）		
水　平（a_H）	鉛　直（a_V）	水　平（a_{H1}）	鉛　直（a_{V1}）	水平加速度によって作用する鉛直方向の加速度(a_{V1}’）	水　平（a_{H2}）	鉛　直（a_{V2}）	水平加速度によって作用する鉛直方向の加速度(a_{V2}’）
80.8	96.7	25.6	34.2	30.2	45.8	36.9	53.9

3.　機器要目

a.　コンテナ*1

評価部位	m_C (kg)	h_{CG} (mm)	A_{Cbt} (mm^2)	n_C (本)	n_{C1} (本)	n_{C2} (本)	L_C (mm)	L_{C1} (mm)	L_{C2} (mm)	L_{C3} (mm)	L_{C4} (mm)	L_{CG} (mm)	L_{CGX} (mm)
取付ボルト	6100	1106	314.1	8	4	2	2910	2418.5	1878.5	1338.5	798.5	1455	1614.5

注記　＊1：評価上，最も厳しいコンテナ（遮断器盤）を示す。

b.　フレーム*2

評価部位	ℓ_1 (mm)	h_c (mm)	評価部位	A_H (mm^2)	Z_H (mm^3)	評価部位	A_V (mm^2)	Z_V (mm^3)
フレーム	[redacted]		フレーム （水平方向）	[redacted]		フレーム （鉛直方向）	[redacted]	

注記　＊2：応力が最大となる箇所（フレームＢ中央付近）の値を示す。

c.　内燃機関

評価部位	m_{DG} (kg)	h_G (mm)	A_{bt} (mm^2)	n (本)	n_{t1} (本)	n_{t2} (本)	L_1 (mm)	L_{1X} (mm)	L_{2X} (mm)	L_{3X} (mm)	L_{4X} (mm)	L_{5X} (mm)	L_G (mm)	L_{GX} (mm)	R (min^{-1})	p (μm)	P (kW)
取付ボルト	[redacted]			12	6	2	1070	2270.5	2172.5	1158	1060	98	535	1135.2	1500	300	1450

4. 結　果

4.1　車両の応力評価結果

a.　コンテナ取付ボルトの応力評価結果

評価部位	材　料	評価応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
取付ボルト	SCM435	引張	255	487
		せん断	197	375
		組合せ	255	366

発生応力は全て許容値以下である。

b.　フレームの応力評価結果

評価部位	材　料	評価応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
フレーム	SM570	組合せ	367	399

発生応力は全て許容値以下である。

4.2　車両の機能維持評価結果

		評価用加速度 ($\times$9.8 m/s^2)	機能確認済加速度 ($\times$9.8 m/s^2)
車両	水平	0.46	2.04
	鉛直	0.42	1.14

評価用加速度は，すべて機能確認済加速度以下である。

4.3　内燃機関の応力評価結果

評価部位	強度区分	評価応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
取付ボルト	10.9	引張	283	525
		せん断	115	403
		組合せ	283	525

発生応力は全て許容値以下である。

4.4　内燃機関の機能維持評価結果

		評価用加速度 ($\times$9.8 m/s^2)	機能確認済加速度 ($\times$9.8 m/s^2)
ディーゼル機関	水平	0.46	2.04
	鉛直	0.42	1.14

評価用加速度は，すべて機能確認済加速度以下である。

Ⅴ-2-10-1-4-2-1　常設代替高圧電源装置燃料油サービスタンク（No.1～No.5）の耐震性についての計算書

目次

1. 概要 1
2. 基本方針 1
2.1 構造の説明 1
2.2 評価方針 3
3. 耐震評価箇所 4
4. 応力評価 4
4.1 基本方針 4
4.2 設計用地震力 5
4.3 荷重の組合せ及び許容応力 5
4.4 応力評価方法 9
5. 評価結果 15

1. 概要

本資料は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき，常設代替高圧電源装置燃料油サービスタンク（No.1～No.5）が設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。その耐震評価は，応力評価により行う。

また，間接支持構造物である車両が設計用地震力に対して十分な支持機能を有していることは，添付書類「Ⅴ-2-10-1-4-1-1　常設代替高圧電源装置内燃機関（No.1～No.5）の耐震性についての計算書」で説明している。

常設代替高圧電源装置燃料油サービスタンク（No.1～No.5）は，重大事故等対処設備において常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，この分類に応じた耐震評価を示す。

2. 基本方針

2.1 構造の説明

常設代替高圧電源装置燃料油サービスタンク（No.1～No.5）の構造計画を表2-1に示す。

表2-1　常設代替高圧電源装置燃料油サービスタンク（No.1～No.5）の構造計画

設備名称	計画の概要		説明図
	支持構造	主体構造	
常設代替高圧電源装置燃料油サービスタンク（No.1～No.5）	車載式のディーゼル発電装置で，燃料油サービスタンクは，フレーム上に取付ボルトにて固定する。	角型 （角型平底大気開放容器）	図2-1 図2-2

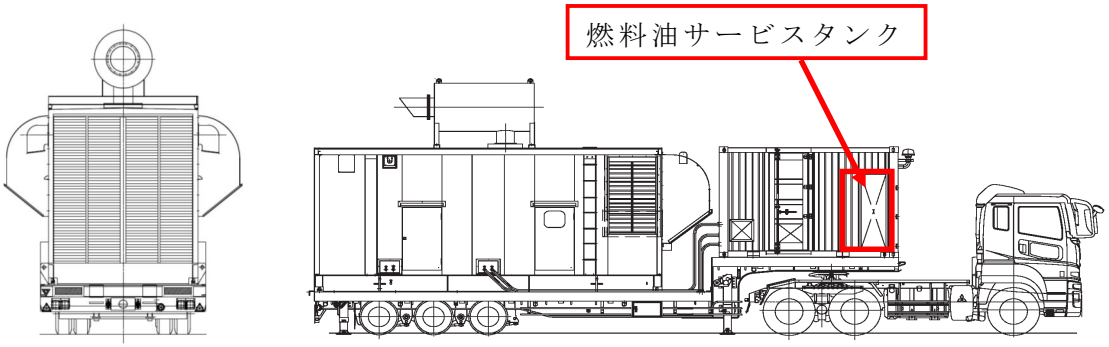


図 2-1　常設代替高圧電源装置燃料油サービスタンク（No.1～No.5）の配置図

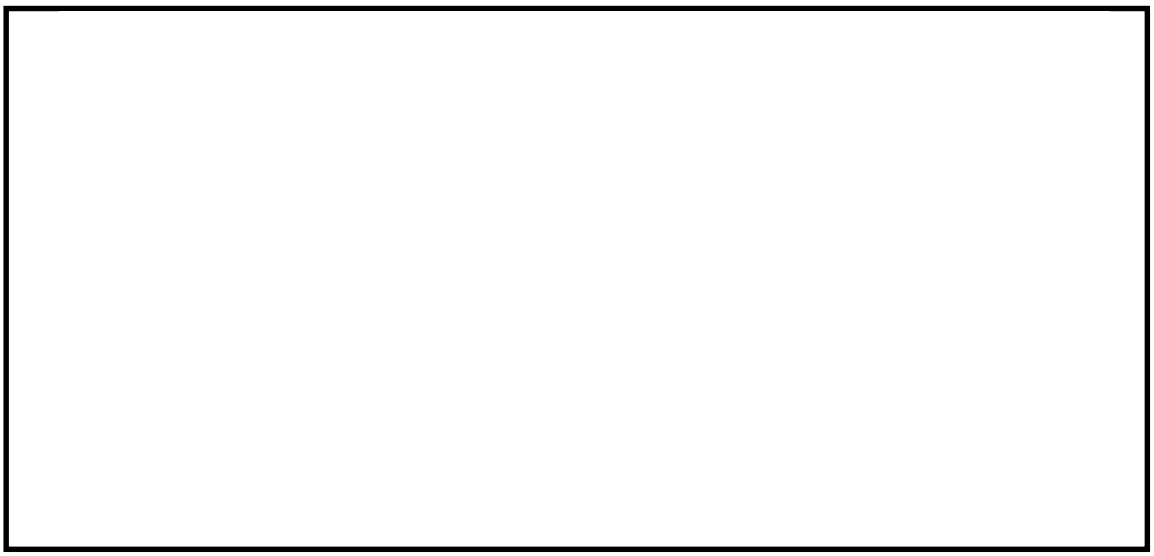


図 2-2　常設代替高圧電源装置燃料油サービスタンク（No.1～No.5）の構造図

2.2　評価方針

常設代替高圧電源装置燃料油サービスタンク（No.1～No.5）の応力評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.1　構造の説明」にて示す常設代替高圧電源装置燃料油サービスタンク（No.1～No.5）の部位を踏まえ「3.　耐震評価箇所」にて設定する箇所に発生する応力等が許容限界内に収まることを，添付書類「Ⅴ-2-10-1-4-1-1　常設代替高圧電源装置内燃機関（No.1～No.5）の耐震性についての計算書」の「4.　車両の加振試験」で得られた最大応答加速度を用いて設計用加速度を設定し，「4.　応力評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「6.　評価結果」に示す。

常設代替高圧電源装置燃料油サービスタンク（No.1～No.5）の耐震評価フローを図 2-3 に示す。

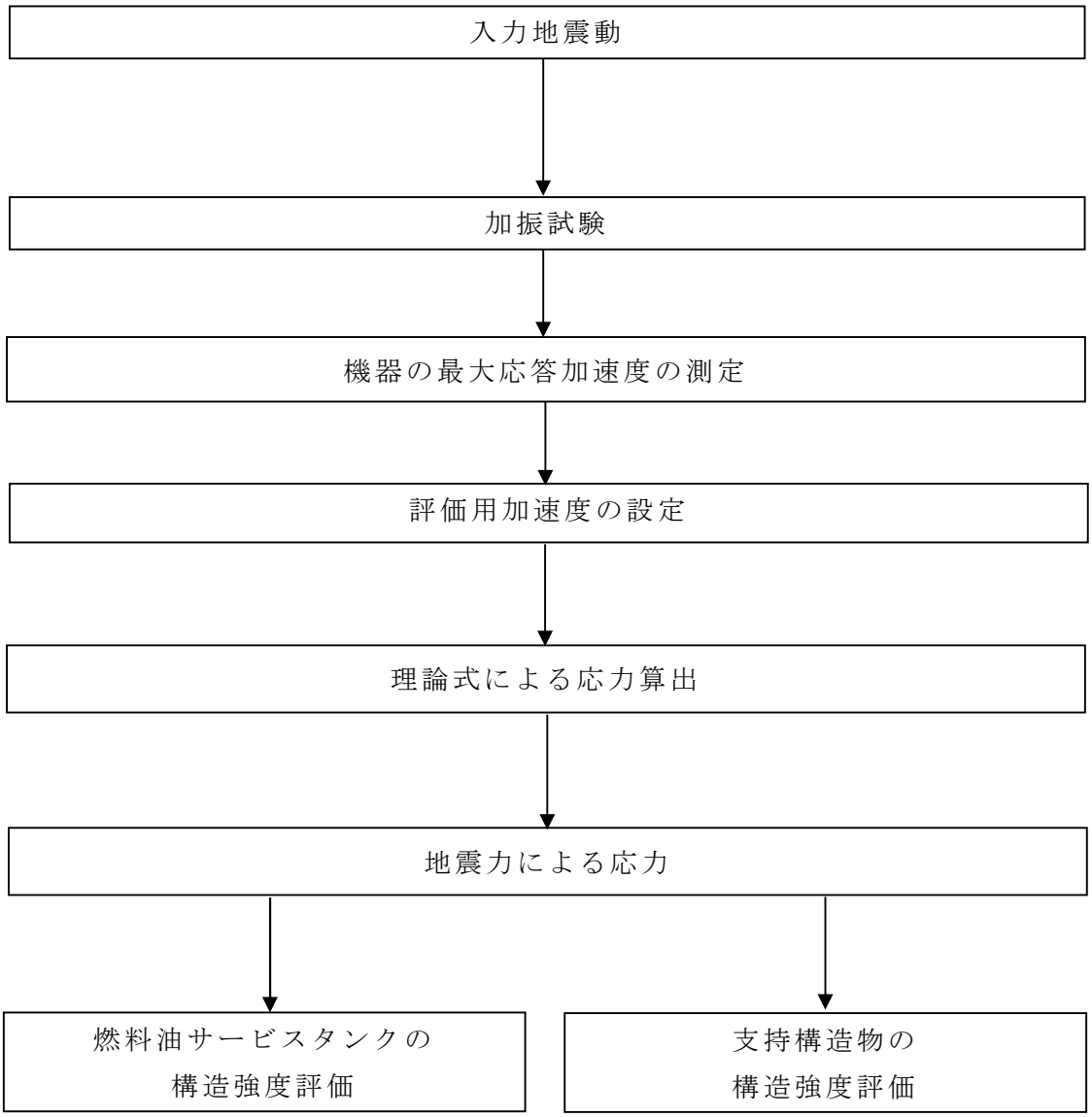


図 2-3　常設代替高圧電源装置燃料油サービスタンク(No.1～No.5)の耐震評価フロー

3. 耐震評価箇所

常設代替高圧電源装置燃料油サービスタンク（No.1～No.5）の耐震評価は，耐震評価上厳しくなる胴板及びスカート並びに取付ボルトを選定して実施する。

4. 応力評価

4.1 基本方針

(1) 燃料油サービスタンクの応力計算モデルは1質点系モデルとする。

(2) 加振試験により測定された燃料油サービスタンク頂部における最大応答加速度の1.2倍を用いて発生応力を算出し，応力評価を行う。

(3) 許容応力についてＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ１－2005/2007 の付録材料図表を用いて計算する際に，温度が付録材料図表記載値の中間の値の場合は，比例法を用いて計算する。

ただし，比例法を用いる場合の端数処理は，小数第1位以下を切り捨てた値を用いるものとする。

(4) 耐震計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

4.2　設計用地震力

耐震計算に用いる設計用地震力には，添付書類「Ⅴ-2-1-7　設計用床応答曲線の作成方針」にて作成した床応答曲線を上回るように設定した入力地震動を用いて，添付書類「Ⅴ-2-10-1-4-1-1　常設代替高圧電源装置内燃機関（No.1～No.5）の耐震性についての計算書」の「4.　車両の加振試験」を実施し，当該加振試験により得られた，燃料油サービスタンク頂部における最大応答加速度の 1.2 倍を用いる。

4.3　荷重の組合せ及び許容応力

4.3.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

常設代替高圧電源装置燃料油サービスタンク（No.1～No.5）の荷重の組合せ及び許容応力状態について，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.3.2　許容応力

常設代替高圧電源装置燃料油サービスタンク（No.1～No.5）の許容応力を表 4-2～表 4-3 に示す。

4.3.3　使用材料の許容応力評価条件

常設代替高圧電源装置燃料油サービスタンク（No.1～No.5）の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-4 に示す。

表 4-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源設備	非常用発電装置	常設代替高圧電源装置 燃料油サービスタンク (No.1～No.5)	常設耐震／防止 常設／緩和	－*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS （V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記　＊1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

＊3：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4-2　許容応力（容器（重大事故等対処設備））

許容応力状態	許容限界			
	一次一般膜応力	一次膜応力＋一次曲げ応力	一次＋二次応力	一次＋二次＋ピーク応力
$\mathrm{IV_AS}$	0.6Su	左欄の 1.5 倍の値	S_s地震動のみによる疲労解析を行い，疲労累積係数が 1.0 以下であること。* ただし，地震動のみによる一次＋二次応力の変動値が 2Sy 以下であれば，疲労解析は行わない。	
$\mathrm{V_AS}$（$\mathrm{V_AS}$として$\mathrm{IV_AS}$の許容限界を用いる。）				

注記　＊：2Sy を超える場合は弾塑性解析を行う。この場合，ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ１　ＰＶＢ－３３００（同ＰＶＢ－３３１３を除く。また，Sm は 2/3Sy に読み替える。）の簡易弾塑性解析を用いる。

表 4-3　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, 2（ボルト以外）				許容限界*2（ボルト等）	
	一次応力				一次応力	
	引張	せん断	圧縮	曲げ	引張	せん断
$\mathrm{IV_AS}$	$1.5 \cdot f_t$*	$1.5 \cdot f_s$*	$1.5 \cdot f_c$*	$1.5 \cdot f_b$*	$1.5 \cdot f_t$*	$1.5 \cdot f_s$*
$\mathrm{V_AS}$（$\mathrm{V_AS}$として$\mathrm{IV_AS}$の許容限界を用いる。）						

注記　＊1：「鋼構造設計規準　ＳＩ単位版」（2002 年日本建築学会）等の幅厚比の制限を満足させる。

＊2：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

表 4-4　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部位	材質	温度条件 (℃)		圧力条件 (MPa)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F* (MPa)
胴板（タンク）	SS400 (厚さ≦16 mm)	最高使用温度	50	0 (大気開放)	241	394	－
スカート	SS400 (厚さ≦16 mm)	最高使用温度	50	0 (大気開放)	241	394	275
取付ボルト	SS400 (径≦16 mm)	最高使用温度	50	－	241	394	275

4.4　応力評価方法

4.4.1　記号の説明

記　　号	定　　義	単　　位
A	容器胴の断面積	mm^2
A_{sk}	容器スカートの断面積	mm^2
A_b	ボルトの呼び径断面積	mm^2
A_s	容器胴のせん断断面積	mm^2
A_{ssk}	容器スカートのせん断断面積	mm^2
a，b	応力係数 β 算定に用いる長方形の辺の長さ（タンク内径）	mm
a_H	水平設計用加速度（加振試験で得られた燃料油サービスタンク頂部の最大応答加速度の 1.2 倍）	m/s^2
a_V	鉛直設計用加速度（加振試験で得られた燃料油サービスタンク頂部の最大応答加速度の 1.2 倍）	m/s^2
E	胴板の縦弾性係数	MPa
E_{sk}	スカートの縦弾性係数	MPa
F_{sb}	取付ボルトへ作用するせん断荷重	N
F_{tb1}	取付ボルトへ作用する引張荷重（短辺方向）	N
F_{tb2}	取付ボルトへ作用する引張荷重（長辺方向）	N
G	胴板のせん断弾性係数	MPa
G_{sk}	スカートのせん断弾性係数	MPa
g	重力加速度（9.80665）	m/s^2
H	水頭高さ	mm
I	胴の断面２次モーメント	mm^4
I_{sk}	スカートの断面２次モーメント	mm^4
L_1	支点から片側のボルト位置までの距離（短辺方向）	mm
L_2	支点から片側のボルト位置までの距離（長辺方向）	mm
ℓ_1	容器重心からボルト位置までの距離（短辺方向）	mm
ℓ_2	容器重心からボルト位置までの距離（長辺方向）	mm
ℓ_g	スカート上面から容器重心までの距離	mm
ℓ_{gsk}	基礎からスカート重心までの距離	mm
m_0	満水質量	kg
m_e	空質量	kg

記　　号	定　　義	単　　位
n_b	ボルトの全本数	本
n_{fb1}	引張が作用するボルトの本数（短辺方向）	本
n_{fb2}	引張が作用するボルトの本数（長辺方向）	本
p	容器底部の最大圧力	MPa
t	側板板厚	mm
Z	容器胴の断面係数	mm^3
Z_{sk}	容器スカートの断面係数	mm^3
β_1	応力係数	－
ρ	内容物（油）の密度	kg/mm^3
σ_1	容器胴に作用する組合せ応力	MPa
σ_{s1}	スカートに作用する圧縮応力（短辺方向）	MPa
σ_{s2}	スカートに作用する圧縮応力（長辺方向）	MPa
σ_{s3}	スカートに作用する軸方向応力	MPa
σ_{b1}	取付ボルトに作用する引張応力（短辺方向）	MPa
σ_{b2}	取付ボルトに作用する引張応力（長辺方向）	MPa
σ_x	容器胴に作用する軸方向応力	MPa
σ_{x2}	容器胴に作用する空質量による応力	MPa
σ_{x3}	水平方向地震により容器胴板に作用する応力	MPa
$\sigma_{x\phi 1}$	容器胴に作用する静水頭による応力	MPa
σ_ϕ	容器胴の周方向応力	MPa
σ_{sb}	スカートに作用する曲げモーメントによる軸圧縮応力	MPa
σ_{sc}	スカートに作用する軸圧縮荷重による軸圧縮応力	MPa
τ	水平方向地震により容器胴板に作用するせん断応力	MPa
τ_s	水平方向地震により容器スカートに作用するせん断応力	MPa
τ_{sb}	取付ボルトに作用するせん断応力	MPa

4.4.2　胴板（タンク）の応力計算

応力評価は，ＪＥＡＧ４６０１-1987 に記載の平底たて置円筒形容器の評価式をベースに矩形タンクの要素を考慮した評価式にて評価を行う。

(1)　静水頭による応力 $\sigma_{x\phi 1}$

$$\sigma_{x\phi 1} = \beta_1 \frac{p \cdot a^2}{t^2}$$

ここで，

β_1：図 4-1 に基づく b/a に対する応力係数

ここでは，b/a＝1.65 より，安全側に β_1=0.6 とする。

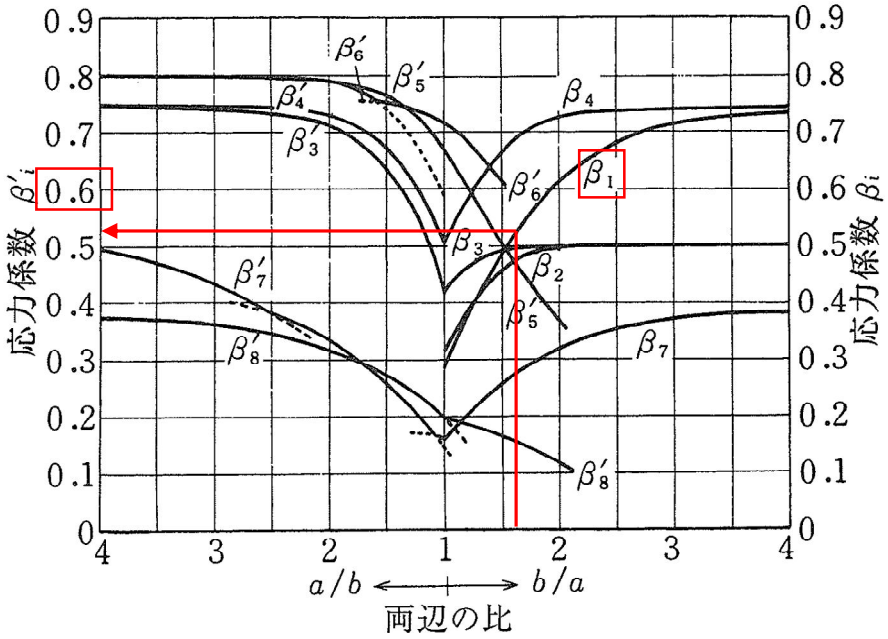


図 5･16　長方形板 No. 1～No. 8 の応力の係数 β_i，β'_i

（機械工学便覧「材料力学」抜粋）

図 4-1　応力係数算出グラフ

NT2 補② V-2-10-1-4-2-1 R2

(2)　空質量による応力 σ_{x2}

$$\sigma_{x2} = \frac{m_e \cdot \left(g + a_V \right)}{A}$$

(3)　水平方向地震による応力 σ_{x3}，τ

$$\sigma_{x3} = \frac{m_0 \cdot a_H \cdot \ell_g}{Z}$$

$$\tau = \frac{m_0 \cdot a_H}{A_s}$$

(4)　組合せ応力

上記(1)～(3)項によって求めた胴の応力を以下のように組み合わせる。

a.　一次一般膜応力

・周方向応力 σ_{ϕ}

$\sigma_{\phi} = \sigma_{x\phi1}$

・軸方向応力 σ_{x}

$\sigma_{x} = \sigma_{x\phi1} + \sigma_{x2} + \sigma_{x3}$

・組合せ応力 σ_{1}

組合せ応力は，周方向応力 σ_{ϕ}，軸方向応力 σ_{x}及びせん断応力 τ を組合せて算出する。

$$\sigma_1 = \frac{1}{2}\left\{\left(\sigma_{\phi} + \sigma_{x}\right) + \sqrt{\left(\sigma_{\phi} - \sigma_{x}\right)^2 + 4 \times \tau^2}\right\}$$

b.　一次応力

一次応力は，一次一般膜応力に示す式により組合せ応力として算出した値と同じである。

4.4.3　スカートの応力計算

(1)　満水質量による引張応力 σ_{s1}，σ_{s2}

$$\sigma_{s1} = \frac{m_0 \cdot g}{A_{sk}}$$

$$\sigma_{s2} = \frac{m_0 \cdot a_V}{A_{sk}}$$

(2) 水平方向地震による応力 σ_{s3}，τ_s

$$\sigma_{s3}=\frac{m_0\cdot a_H\cdot(\ell_g+\ell_{gsk})}{Z_{sk}}$$

$$\tau_s=\frac{m_0\cdot a_H}{A_{ssk}}$$

(3) 組合せ応力

組合せ応力は，周方向応力 σ_ϕ，軸方向応力 σ_x及びせん断応力 τ を組合せて算出する。

$$\sigma_s=\sqrt{(\sigma_{s1}+\sigma_{s2}+\sigma_{s3})^2+3\times\tau_s^{\,2}}$$

(4) 座屈応力

座屈応力は，軸圧縮荷重による軸圧縮応力 σ_{sc}と曲げモーメントによる軸圧縮応力 σ_{sb}を組合せて評価する。

$$\sigma_{sc}=\sigma_{s1}+\sigma_{s2}$$

$$\sigma_{sb}=\sigma_{s3}$$

$$\frac{\sigma_{sc}}{1.5\cdot f_c^{\,*}}+\frac{\sigma_{sb}}{1.5\cdot f_b^{\,*}}$$

4.4.4　取付けボルトの応力計算

(1)　引張応力 σ_{b1}, σ_{b2}

$$F_{tb1} = \frac{1}{L_1}\left\{m_0 \cdot a_H \cdot \left(\ell_g + \ell_{gsk}\right) - m_0 \cdot \left(g - a_V\right) \cdot \ell_1\right\}$$

$$\sigma_{b1} = \frac{F_{tb1}}{n_{fb1} \cdot A_b}$$

$$F_{tb2} = \frac{1}{L_2}\left\{m_0 \cdot a_H \cdot \left(\ell_g + \ell_{gsk}\right) - m_0 \cdot \left(g - a_V\right) \cdot \ell_2\right\}$$

$$\sigma_{b2} = \frac{F_{tb2}}{n_{fb2} \cdot A_b}$$

(2)　せん断応力 τ_{sb}

$F_{sb} = m_0 \cdot a_H$

$$\tau_{sb} = \frac{F_{sb}}{n_b \cdot A_b}$$

(3)　組合せ応力

ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ１－2005/2007　ＳＳＢ－３１３３に基づき次式で評価する。

$$\sigma_b \leqq \min\left(1.4 \times 1.5f_t^* - 1.6\tau_b,\ 1.5f_t^*\right)$$

5. 評価結果

常設代替高圧電源装置燃料油サービスタンク（No.1～No.5）について，耐震計算結果を次頁以降に示す。発生値は許容応力以下であり，耐震性を有することを確認した。

東海第二発電所　常設代替高圧電源装置燃料油サービスタンク（No.1～No.5）の耐震計算書

1．設計条件

設備分類	設置場所 (m)	取付ボルト 配置状態	最高使用温度(℃)
常設耐震／防止 常設／緩和	[redacted] EL. 11.00	矩形配置	50

2．設計用加速度

設計用加速度(m/s^2) (応力評価)	
水　平（a_H）	鉛　直（a_V）
41.48	27.46

3．機器要目

評価部位	m_o (kg)	m_e (kg)	t (mm)	ℓ_g (mm)	ℓ_{gsk} (mm)	a (mm)	b (mm)	ρ (kg/mm^3)	H (mm)	I (mm^4)	I_{sk} (mm^4)	A (mm^2)	A_{sk} (mm^2)	Z (mm^3)	Z_{sk} (mm^3)
胴板 スカート 取付ボルト	1500	645	6.0	329.0	654.0	640.0	1050.0	0.86×10^{-6}	593.0	6.15×10^9	3.94×10^9	3.05×10^4	2.02×10^4	1.16×10^7	5.56×10^6
	A_s (mm^2)	A_{ssk} (mm^2)	E (MPa)	E_{sk} (MPa)	G (MPa)	G_{sk} (MPa)	ℓ_1 (mm)	ℓ_2 (mm)	L_1 (mm)	L_2 (mm)	n_{fb1} (本)	n_{fb2} (本)	n_b (本)	A_b (mm^2)	
	1.26×10^4	6.90×10^3	2.01×10^5	2.01×10^5	7.73×10^4	7.73×10^4	560.0	775.0	1120.0	1550.0	4	3	10	201.1	

4. 結　果

4.1　胴板の応力評価結果

評価部位	材　料	評価応力		発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
胴板	SS400	一次一般膜	周方向	130	236
			軸方向	133	
		組合せ一次		137	

発生応力は全て許容値以下である。

4.2　スカートの応力評価結果

評価部位	材　料	評価応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
スカート	SS400	組合せ	21	274
		座屈	0.06	1

発生応力は全て許容値以下である。

4.3　取付ボルトの応力評価結果

評価部位	材　料	評価応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
取付ボルト	SS400	引張	88	205
		せん断	31	157
		組合せ	88	205

発生応力は全て許容値以下である。

Ⅴ-2-10-1-4-2-2　常設代替高圧電源装置燃料油サービスタンク（No.6）の耐震性についての計算書

目次

1. 概要 1
2. 基本方針 1
2.1 構造の説明 1
2.2 評価方針 3
3. 耐震評価箇所 4
4. 応力評価 4
4.1 基本方針 4
4.2 設計用地震力 5
4.3 荷重の組合せ及び許容応力 5
4.4 応力評価方法 9
5. 評価結果 17

1. 概要

本資料は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき，常設代替高圧電源装置燃料油サービスタンク（No.6）が設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。その耐震評価は，応力評価により行う。

また，間接支持構造物である車両が設計用地震力に対して十分な支持機能を有していることは，添付書類「Ⅴ-2-10-1-4-1-2　常設代替高圧電源装置内燃機関（No.6）の耐震性についての計算書」で説明している。

常設代替高圧電源装置燃料油サービスタンク（No.6）は，重大事故等対処設備において常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，この分類に応じた耐震評価を示す。

2. 基本方針

2.1 構造の説明

常設代替高圧電源装置燃料油サービスタンク（No.6）の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　常設代替高圧電源装置燃料油サービスタンク（No.6）の構造計画

設備名称	計画の概要		説明図
	支持構造	主体構造	
常設代替高圧電源装置燃料油サービスタンク（No.6）	車載式のディーゼル発電装置で，燃料油サービスタンクは，フレーム上に取付ボルトにて固定する。	角型 （角型平底大気開放容器）	図 2-1 図 2-2

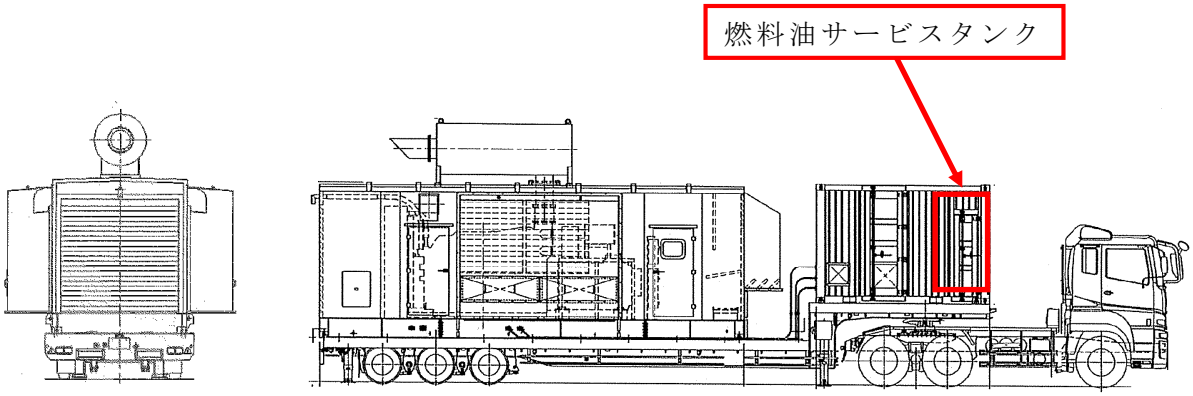


図 2-1　常設代替高圧電源装置の燃料油サービスタンク（No.6）の配置図

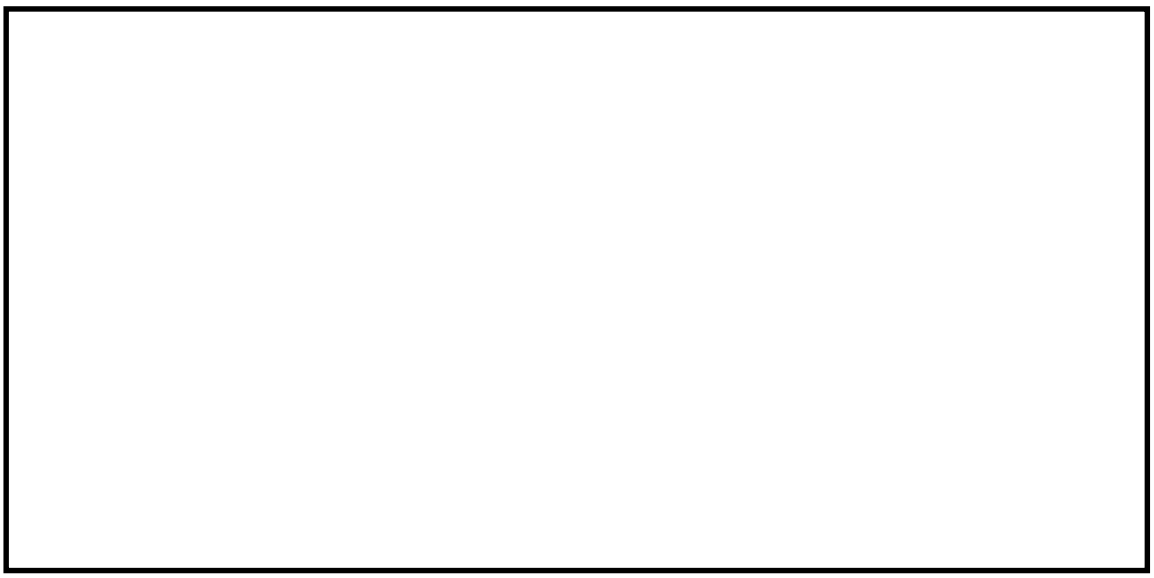


図 2-2　常設代替高圧電源装置燃料油サービスタンク（No.6）の構造図

2.2　評価方針

常設代替高圧電源装置燃料油サービスタンク（No.6）の応力評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.1　構造の説明」にて示す常設代替高圧電源装置燃料油サービスタンク（No.6）の部位を踏まえ「3.　耐震評価箇所」にて設定する箇所に発生する応力等が許容限界内に収まることを，添付書類「Ⅴ-2-10-1-4-1-2　常設代替高圧電源装置内燃機関（No.6）の耐震性についての計算書」の「4.　車両の加振試験」で得られた最大応答加速度を用いて設計用加速度を設定し，「4.　応力評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「6.　評価結果」に示す。

常設代替高圧電源装置燃料油サービスタンク（No.6）の耐震評価フローを図2-3に示す。

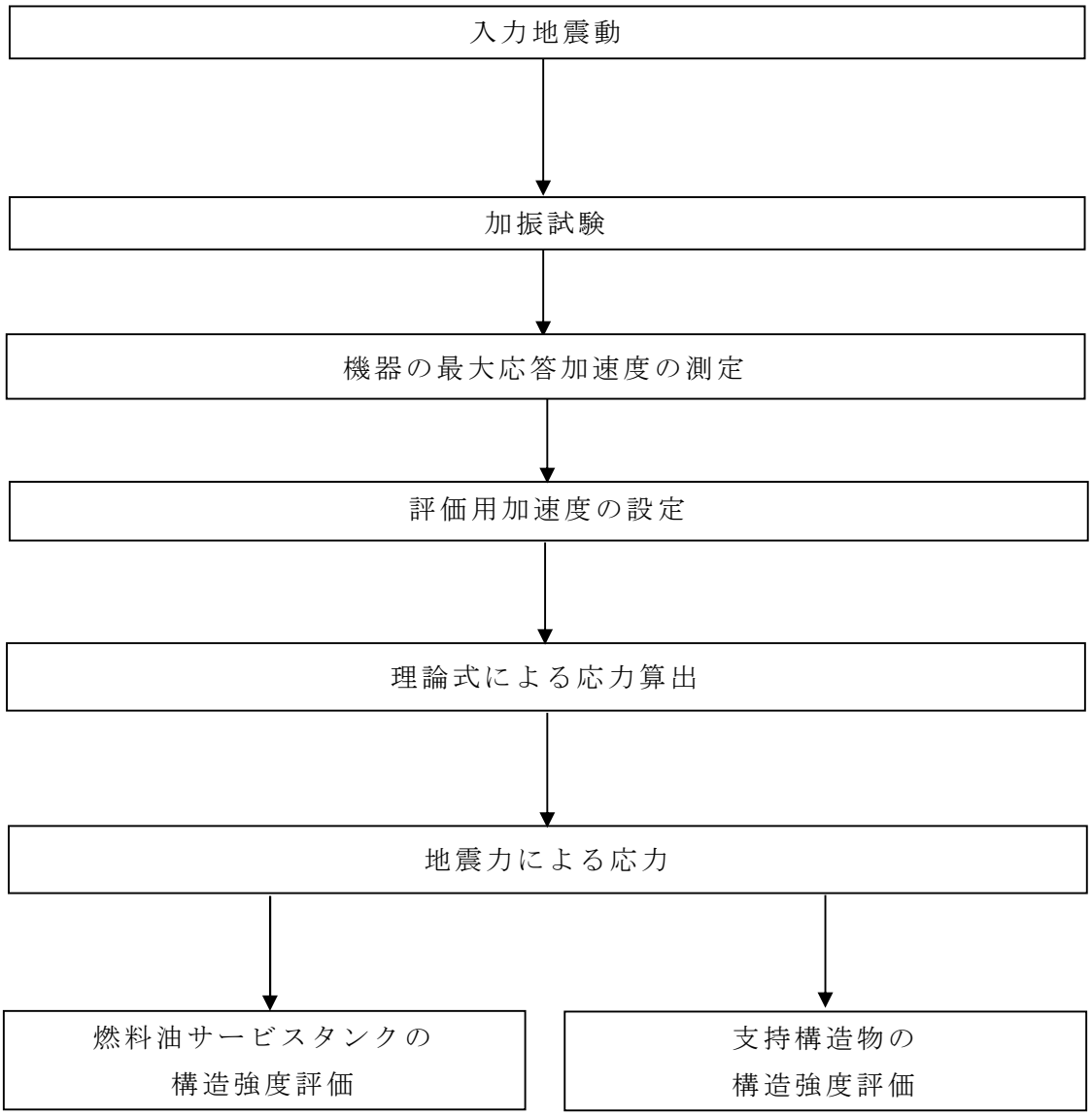


図2-3　常設代替高圧電源装置燃料油サービスタンク（No.6）の耐震評価フロー

NT2 補③ Ⅴ-2-10-1-4-2-2 R2

3.　耐震評価箇所

常設代替高圧電源装置燃料油サービスタンク（No.6）の耐震評価は，耐震評価上厳しくなる胴板及びスカート並びに取付ボルトを選定して実施する。

4.　応力評価

4.1　基本方針

(1)　燃料油サービスタンクの応力計算モデルは1質点系モデルとする。

(2)　燃料油サービスタンクの重心位置に添付書類「Ⅴ-2-10-1-4-1-2　常設代替高圧電源装置（No.6）の耐震性についての計算書」の「4.　車両の加振試験」で得られた車両重心位置の最大応答加速度を、車両の走行軸直角方向への応答（転倒）挙動における回転中心相当である車軸を基点として，車両重心高さと燃料油サービスタンクの重心高さまでの比を用いて割増し、さらに1.2倍した設計用加速度が作用するものとして発生応力を算出し，応力評価を行う。

(3)　許容応力についてＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ１－2005/2007 の付録材料図表を用いて計算する際に，温度が付録材料図表記載値の中間の値の場合は，比例法を用いて計算する。

ただし，比例法を用いる場合の端数処理は，小数第 1 位以下を切り捨てた値を用いるものとする。

(4)　耐震計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

4.2　設計用地震力

耐震計算に用いる設計用地震力には，添付書類「Ⅴ-2-1-7　設計用床応答曲線の作成方針」にて作成した床応答曲線を上回るように設定した入力地震動を用いて，添付書類「Ⅴ-2-10-1-4-1-2　常設代替高圧電源装置内燃機関（No.6）の耐震性についての計算書」の「4.　車両の加振試験」を実施し，当該加振試験により得られた，車両重心位置における最大応答加速度の 1.2 倍を用いる。また，車両重心位置における最大応答加速度を燃料油サービスタンクの重心高さまでの比により割増しする。

4.3　荷重の組合せ及び許容応力

4.3.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

常設代替高圧電源装置燃料油サービスタンク（No.6）の荷重の組合せ及び許容応力状態について，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.3.2　許容応力

常設代替高圧電源装置燃料油サービスタンク（No.6）の許容応力を表 4-2～表 4-3 に示す。

4.3.3　使用材料の許容応力評価条件

常設代替高圧電源装置燃料油サービスタンク（No.6）の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-4 に示す。

表 4-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用 電源設備	非常用 発電装置	常設代替高圧電源装置 燃料油サービスタンク (No.6)	常設耐震／防止 常設／緩和	－*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS （V_ASとして$Ⅳ_AS$の 許容限界を用いる。）

注記　＊1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

＊3：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4-2　許容応力（容器（重大事故等対処設備））

許容応力状態	許容限界			
	一次一般膜応力	一次膜応力＋一次曲げ応力	一次＋二次応力	一次＋二次＋ピーク応力
$\mathrm{IV_AS}$	0.6Su	左欄の 1.5 倍の値	S_s地震動のみによる疲労解析を行い，疲労累積係数が 1.0 以下であること。* ただし，地震動のみによる一次＋二次応力の変動値が 2Sy 以下であれば，疲労解析は行わない。	
$\mathrm{V_AS}$（$\mathrm{V_AS}$として$\mathrm{IV_AS}$の許容限界を用いる。）				

注記　＊：2Sy を超える場合は弾塑性解析を行う。この場合，ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ１　ＰＶＢ－３３００（同ＰＶＢ－３３１３を除く。また，Sm は 2/3Sy に読み替える。）の簡易弾塑性解析を用いる。

表 4-3　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, 2（ボルト以外）				許容限界*2（ボルト等）	
	一次応力				一次応力	
	引張	せん断	圧縮	曲げ	引張	せん断
$\mathrm{IV_AS}$	$1.5 \cdot f_t$*	$1.5 \cdot f_s$*	$1.5 \cdot f_c$*	$1.5 \cdot f_b$*	$1.5 \cdot f_t$*	$1.5 \cdot f_s$*
$\mathrm{V_AS}$（$\mathrm{V_AS}$として$\mathrm{IV_AS}$の許容限界を用いる。）						

注記　＊1：「鋼構造設計規準　ＳＩ単位版」（2002 年日本建築学会）等の幅厚比の制限を満足させる。

＊2：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

表 4-4　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部位	材質	温度条件 (℃)		圧力条件 (MPa)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F* (MPa)
胴板（タンク）	SS400 (厚さ≦16 mm)	最高使用温度	50	0 (大気開放)	241	394	－
スカート	SS400 (厚さ≦16 mm)	最高使用温度	50	0 (大気開放)	241	394	275
取付ボルト	SCM435	最高使用温度	50	－	764	906	634

4.4　応力評価方法

4.4.1　記号の説明

記　　号	定　　義	単　　位
A	容器胴の断面積	mm^2
A_{sk}	容器スカートの断面積	mm^2
A_b	ボルトの呼び径断面積	mm^2
A_s	容器胴のせん断断面積	mm^2
A_{ssk}	容器スカートのせん断断面積	mm^2
a，b	応力係数 β 算定に用いる長方形の辺の長さ（タンク内径）	mm
a_H	水平設計用加速度 （燃料油サービスタンク重心高さ相当の応答加速度の 1.2 倍）	m/s^2
a_H’	加振試験で得られた車両重心位置の最大応答加速度（水平）	m/s^2
a_V	鉛直設計用加速度 （燃料油サービスタンク重心高さ相当の応答加速度の 1.2 倍）	m/s^2
a_V’	加振試験で得られた車両重心位置の最大応答加速度（鉛直）	m/s^2
E	胴板の縦弾性係数	MPa
E_{sk}	スカートの縦弾性係数	MPa
F_{sb}	取付ボルトへ作用するせん断荷重	N
F_{tb1}	取付ボルトへ作用する引張荷重（短辺方向）	N
F_{tb2}	取付ボルトへ作用する引張荷重（長辺方向）	N
G	胴板のせん断弾性係数	MPa
G_{sk}	スカートのせん断弾性係数	MPa
g	重力加速度（9.80665）	m/s^2
H	水頭高さ	mm
h_G	車両の回転中心相当位置（車軸高さ）から車両重心高さ	mm
h_G’	車両の回転中心相当位置（車軸高さ）から燃料油サービスタンクの重心高さ	mm
I	胴の断面２次モーメント	mm^4
I_{sk}	スカートの断面２次モーメント	mm^4
L_1	支点から片側のボルト位置までの距離（短辺方向）	mm

記　　号	定　　義	単　　位
L_2	支点から片側のボルト位置までの距離（長辺方向）	mm
ℓ_1	容器重心からボルト位置までの距離（短辺方向）	mm
ℓ_2	容器重心からボルト位置までの距離（長辺方向）	mm
ℓ_g	スカート上面から容器重心までの距離	mm
ℓ_{gsk}	基礎からスカート重心までの距離	mm
m_0	満水質量	kg
m_e	空質量	kg
n_b	ボルトの全本数	本
n_{fb1}	引張が作用するボルトの本数（短辺方向）	本
n_{fb2}	引張が作用するボルトの本数（長辺方向）	本
p	容器底部の最大圧力	MPa
t	側板板厚	mm
Z	容器胴の断面係数	mm^3
Z_{sk}	容器スカートの断面係数	mm^3
α_H	車両の回転中心相当位置（車軸高さ）における床応答加速度（保守的に0とする）（水平）	－
α_V	車両の回転中心相当位置（車軸高さ）における床応答加速度（保守的に0とする）（鉛直）	－
β_1	応力係数	－
ρ	内容物（油）の密度	kg/mm^3
σ_1	容器胴に作用する組合せ応力	MPa
σ_{s1}	スカートに作用する圧縮応力（短辺方向）	MPa
σ_{s2}	スカートに作用する圧縮応力（長辺方向）	MPa
σ_{s3}	スカートに作用する軸方向応力	MPa
σ_{b1}	取付ボルトに作用する引張応力（短辺方向）	MPa
σ_{b2}	取付ボルトに作用する引張応力（長辺方向）	MPa
σ_x	容器胴に作用する軸方向応力	MPa
σ_{x2}	容器胴に作用する空質量による応力	MPa
σ_{x3}	水平方向地震により容器胴板に作用する応力	MPa
$\sigma_{x\phi 1}$	容器胴に作用する静水頭による応力	MPa
σ_ϕ	容器胴の周方向応力	MPa
σ_{sb}	スカートに作用する曲げモーメントによる軸圧縮応力	MPa

記　　号	定　　義	単　　位
σ_{sc}	スカートに作用する軸圧縮荷重による軸圧縮応力	MPa
τ	水平方向地震により容器胴板に作用するせん断応力	MPa
τ_{s}	水平方向地震により容器スカートに作用するせん断応力	MPa
τ_{sb}	取付ボルトに作用するせん断応力	MPa

4.4.2　胴板（タンク）の応力計算

応力評価は，ＪＥＡＧ４６０１-1987 に記載の平底たて置円筒形容器の評価式をベースに矩形タンクの要素を考慮した評価式にて評価を行う。応力評価にあたっては，車両の走行軸直角方向への応答（転倒）挙動における回転中心相当である車軸を基点として，車両重心高さと燃料油サービスタンクの重心高さまでの比を用いて，応答加速度の割り増しを行う。応答加速度の割り増し概要図を図 4-1 に示す。

＜評価位置高さにおける最大応答加速度の計算式＞

a_H（a_V）／a_H’（a_V’）＝h_G’／h_G

a_H（a_V）＝(h_G’／h_G)×a_H’（a_V’）

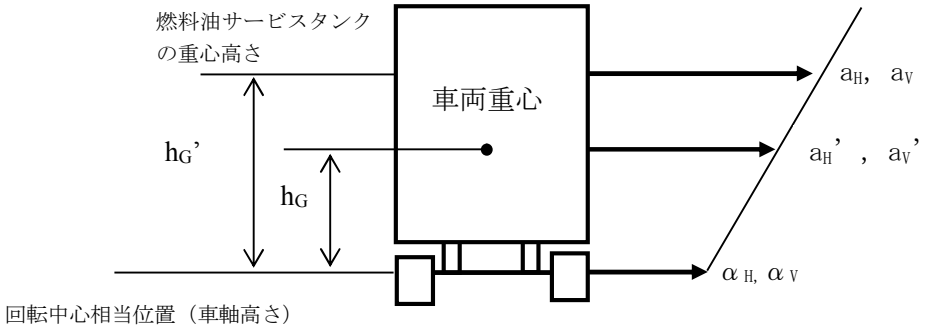


図 4-1　応答加速度（応力評価）の割り増し概要図

(1)　静水頭による応力 $\sigma_{x\phi 1}$

$$\sigma_{x\phi 1}=\beta_1\frac{p\cdot a^2}{t^2}$$

ここで,

β_1：図 4-2 に基づく b/a に対する応力係数

ここでは，b/a＝1.65 より，安全側に β_1＝0.6 とする。

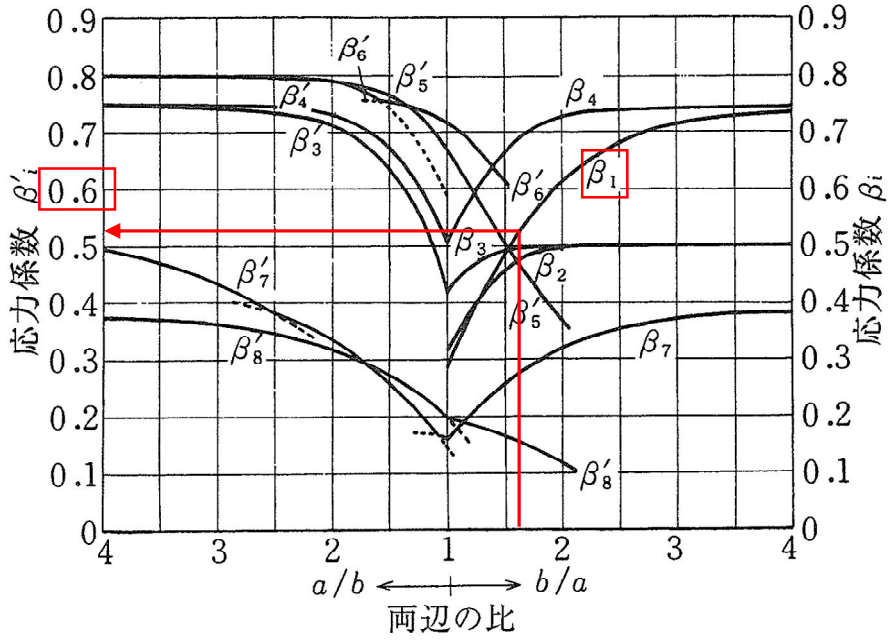


図 5･16　長方形板 No. 1～No. 8 の応力の係数 β_i，β'_i

（機械工学便覧「材料力学」抜粋）

図 4-2　応力係数算出グラフ

NT2 補③ V-2-10-1-4-2-2 R2

(2)　空質量による応力 σ_{x2}

$$\sigma_{x2}=\frac{m_e\cdot\left(g+a_V\right)}{A}$$

(3)　水平方向地震による応力 σ_{x3}，τ

$$\sigma_{x3}=\frac{m_0\cdot a_H\cdot \ell_g}{Z}$$

$$\tau=\frac{m_0\cdot a_H}{A_s}$$

(4)　組合せ応力

上記(1)～(3)項によって求めた胴の応力を以下のように組み合わせる。

a.　一次一般膜応力

・周方向応力 σ_{ϕ}

$\sigma_{\phi}=\sigma_{x\phi1}$

・軸方向応力 σ_x

$\sigma_x=\sigma_{x\phi1}+\sigma_{x2}+\sigma_{x3}$

・組合せ応力 σ_1

組合せ応力は，周方向応力 σ_{ϕ}，軸方向応力 σ_x及びせん断応力 τ を組合せて算出する。

$$\sigma_1=\frac{1}{2}\left\{\left(\sigma_{\phi}+\sigma_x\right)+\sqrt{\left(\sigma_{\phi}-\sigma_x\right)^2+4\times\tau^2}\right\}$$

b.　一次応力

一次応力は，一次一般膜応力に示す式により組合せ応力として算出した値と同じである。

4.4.3　スカートの応力計算

(1)　満水質量による引張応力 σ_{s1}，σ_{s2}

$$\sigma_{s1}=\frac{m_0\cdot g}{A_{sk}}$$

$$\sigma_{s2}=\frac{m_0\cdot a_V}{A_{sk}}$$

(2)　水平方向地震による応力 σ_{s3}，τ_s

$$\sigma_{s3}=\frac{m_0\cdot a_H\cdot(\ell_g+\ell_{gsk})}{Z_{sk}}$$

$$\tau_s=\frac{m_0\cdot a_H}{A_{ssk}}$$

(3)　組合せ応力

組合せ応力は，周方向応力 σ_ϕ，軸方向応力 σ_x及びせん断応力 τ を組合せて算出する。

$$\sigma_s=\sqrt{(\sigma_{s1}+\sigma_{s2}+\sigma_{s3})^2+3\times\tau_s{}^2}$$

(4)　座屈応力

座屈応力は，軸圧縮荷重による軸圧縮応力 σ_{sc}と曲げモーメントによる軸圧縮応力 σ_{sb}を組合せて評価する。

$\sigma_{sc}=\sigma_{s1}+\sigma_{s2}$

$\sigma_{sb}=\sigma_{s3}$

$$\frac{\sigma_{sc}}{1.5\cdot f_c{}^*}+\frac{\sigma_{sb}}{1.5\cdot f_b{}^*}$$

4.4.4　取付けボルトの応力計算

(1)　引張応力 σ_{b1}, σ_{b2}

$$F_{tb1} = \frac{1}{L_1}\left\{m_0 \cdot a_H \cdot \left(\ell_g + \ell_{gsk}\right) - m_0 \cdot \left(g - a_V\right) \cdot \ell_1\right\}$$

$$\sigma_{b1} = \frac{F_{tb1}}{n_{fb1} \cdot A_b}$$

$$F_{tb2} = \frac{1}{L_2}\left\{m_0 \cdot a_H \cdot \left(\ell_g + \ell_{gsk}\right) - m_0 \cdot \left(g - a_V\right) \cdot \ell_2\right\}$$

$$\sigma_{b2} = \frac{F_{tb2}}{n_{fb2} \cdot A_b}$$

(2)　せん断応力 τ_{sb}

$F_{sb} = m_0 \cdot a_H$

$$\tau_{sb} = \frac{F_{sb}}{n_b \cdot A_b}$$

(3)　組合せ応力

ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ１－2005/2007　ＳＳＢ－３１３３に基づき次式で評価する。

$$\sigma_b \leqq \min\left(1.4 \times 1.5f_t^* - 1.6\tau_b,\ 1.5f_t^*\right)$$

5. 評価結果

常設代替高圧電源装置燃料油サービスタンク（No.6）について，耐震計算結果を次頁以降に示す。発生値は許容応力以下であり，耐震性を有することを確認した。

東海第二発電所　常設代替高圧電源装置燃料油サービスタンク（No.6）の耐震計算書

1．設計条件

設備分類	設置場所 (m)	取付ボルト 配置状態	最高使用温度(℃)
常設耐震／防止 常設／緩和	[redacted] EL. 11.00	矩形配置	50

2．設計用加速度

設計用加速度(m/s^2) (応力評価)	
水　平（a_H）	鉛　直（a_V）
81.98	97.97

3．機器要目

評価部位	m_o (kg)	m_e (kg)	t (mm)	ℓ_g (mm)	ℓ_{gsk} (mm)	a (mm)	b (mm)	ρ (kg/mm^3)	H (mm)	I (mm^4)	I_{sk} (mm^4)	A (mm^2)	A_{sk} (mm^2)	Z (mm^3)	Z_{sk} (mm^3)
胴板 スカート 取付ボルト	1700	745	9.0	329.0	654.0	640.0	1050.0	0.86×10^{-6}	593.0	9.30×10^9	5.79×10^9	4.59×10^4	2.97×10^4	1.74×10^7	8.14×10^6
	A_s (mm^2)	A_{ssk} (mm^2)	E (MPa)	E_{sk} (MPa)	G (MPa)	G_{sk} (MPa)	ℓ_1 (mm)	ℓ_2 (mm)	L_1 (mm)	L_2 (mm)	n_{fb1} (本)	n_{fb2} (本)	n_b (本)	A_b (mm^2)	
	1.89×10^4	1.04×10^4	2.01×10^5	2.01×10^5	7.73×10^4	7.73×10^4	560.0	775.0	1120.0	1550.0	4	3	10	201.1	

4. 結　果

4.1　胴板の応力評価結果

評価部位	材　料	評価応力		発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
胴板	SS400	一次一般膜	周方向	167	236
			軸方向	172	
		組合せ一次		177	

発生応力は全て許容値以下である。

4.2　スカートの応力評価結果

評価部位	材　料	評価応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
スカート	SS400	組合せ	33	274
		座屈	0.09	1

発生応力は全て許容値以下である。

4.3　取付ボルトの応力評価結果

評価部位	材　料	評価応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
取付ボルト	SCM435	引張	271	475
		せん断	70	366
		組合せ	271	475

発生応力は全て許容値以下である。

Ⅴ-2-10-1-4-3　常設代替高圧電源装置燃料移送ポンプの耐震性についての計算書

目　　次

1.　概要 ····· 1
2.　一般事項 ····· 1
2.1　構造計画 ····· 1
3.　構造強度評価 ····· 3
3.1　構造強度評価方法 ····· 3
3.2　荷重の組合せ及び許容応力 ····· 3
4.　機能維持評価 ····· 8
4.1　基本方針 ····· 8
4.2　ポンプの動的機能維持評価 ····· 9
4.3　ポンプ逃し弁の動的機能維持評価 ····· 18
4.4　原動機の動的機能維持評価 ····· 18
5.　評価結果 ····· 19
5.1　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 19
5.2　動的機能維持評価結果 ····· 19

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，常設代替高圧電源装置燃料移送ポンプが設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

常設代替高圧電源装置燃料移送ポンプは，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び動的機能維持評価を示す。

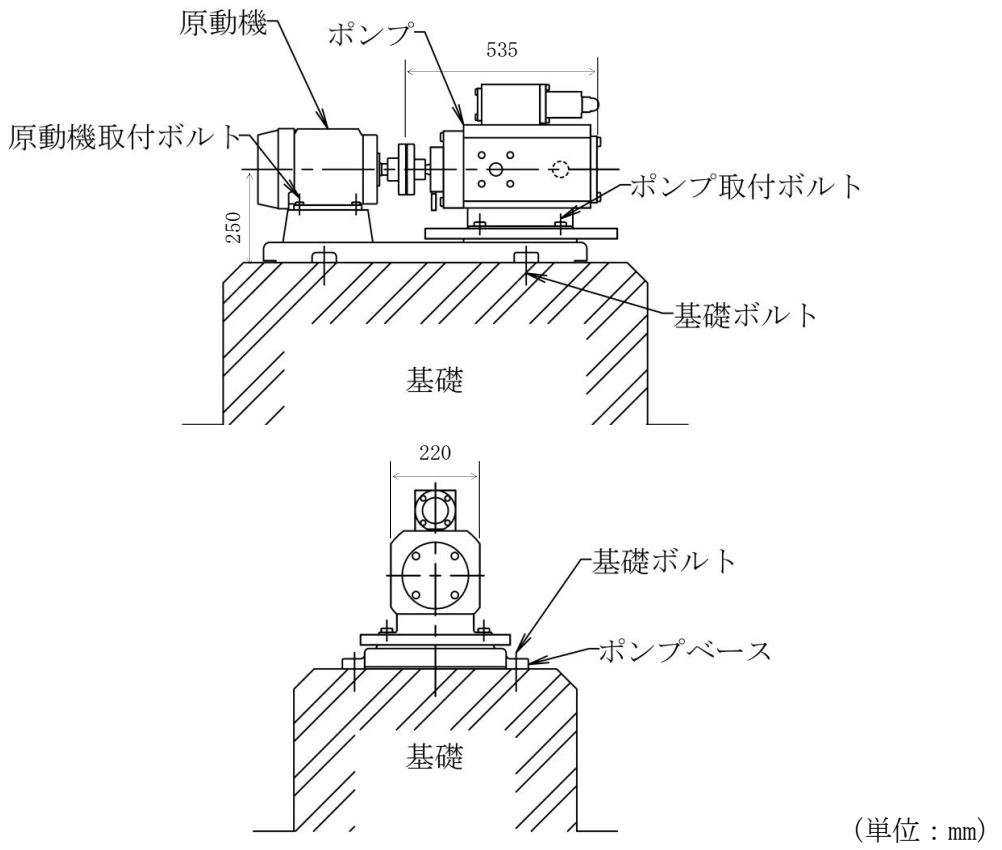
2. 一般事項

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-4　横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を行う。ただし，動的機能維持に係る評価は「4.　機能維持評価」に基づき行う。

2.1　構造計画

常設代替高圧電源装置燃料移送ポンプの構造計画を表2-1に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
ポンプはポンプベースに固定され，ポンプベースは基礎ボルトで基礎に据え付ける。	横形ポンプスクリュー式	

3. 構造強度評価

3.1 構造強度評価方法

常設代替高圧電源装置燃料移送ポンプは横軸ポンプと類似の構造であるため，構造強度評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-4 横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

3.2 荷重の組合せ及び許容応力

3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

常設代替高圧電源装置燃料移送ポンプの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表3-1に示す。

3.2.2 許容応力

常設代替高圧電源装置燃料移送ポンプの許容応力は，添付書類「Ⅴ-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表3-2及び表3-3のとおりとする。

3.2.3 使用材料の許容応力評価条件

常設代替高圧電源装置燃料移送ポンプの使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表3-4に示す。

表 3-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源設備	非常用発電装置	常設代替高圧電源装置用燃料移送ポンプ	常設耐震／防止	－*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS（V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記　＊1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備を示す。

＊2：その他のポンプ及びその他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

＊3：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 3-2　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1，*2 （ボルト等）	
	一　次　応　力	
	引張り	せん断
ⅣＡＳ	1.5・f_t^*	1.5・f_s^*
ＶＡＳ （ＶＡＳとしてⅣＡＳの許容限界を用いる。）		

注記　＊1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 3-3　許容応力（その他のポンプ及び重大事故等その他のポンプ）

許容応力状態	許容限界*1，*2 （主軸等）	
	一次一般応力	一次膜応力＋一次曲げ応力
ⅣＡＳ	0.6・S_u	左欄の 1.5 倍の値
ＶＡＳ （ＶＡＳとしてⅣＡＳの許容限界を用いる。）		

注記　＊1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 3-4　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
基礎ボルト		周囲環境温度		198	504	205
ポンプ取付ボルト		最高使用温度	55	710	827	—
原動機取付ボルト		最高使用温度	55	710	827	—
ポンプ主軸		最高使用温度	55	336	550	—

4. 機能維持評価

4.1 基本方針

常設代替高圧電源装置燃料移送ポンプは，添付書類「Ⅴ-2-1-9 機能維持の基本方針」に記載されていない横置きのスクリュー式ポンプであるため，原子力発電所耐震設計技術指針（ＪＥＡＧ４６０１－1991 追補版）（日本電気協会 電気技術基準調査委員会 平成3年6月）（以下「ＪＥＡＧ４６０１」という。）にて定められた評価部位の健全性を詳細評価することで動的機能維持の確認を行う。

(1) 常設代替高圧電源装置燃料移送ポンプは地震時においてもその機能が維持されるよう，動的機能維持の評価を行う。なお，本ポンプは添付書類「Ⅴ-2-1-9 機能維持の基本方針」に記載されていない横置きのスクリュー式ポンプであるため，機能維持評価は，ＪＥＡＧ４６０１にて定められた評価部位の健全性を確認することで動的機能維持の確認を行う。また，原動機については横形ころがり軸受電動機であるため，添付書類「Ⅴ-2-1-9 機能維持の基本方針」に記載の機能確認済加速度を適用する。

(2) 本ポンプは横置きの機器であることから，ＪＥＡＧ４６０１に従い構造的に一つの剛体として取扱う。

4.2　ポンプの動的機能維持評価

4.2.1　評価対象部位

常設代替高圧電源装置燃料移送ポンプは，容量等がＪＥＡＧ４６０１に記載されている横形遠心式ポンプを上回ることはなく，回転機能を担う構成要素も変わらない。したがって，基本的な構成要素はＪＥＡＧ４６０１に記載されている横形ポンプと同等であることから，ＪＥＡＧ４６０１に記載の横形ポンプの動的機能維持評価項目に従い，以下の部位について評価を実施する。

①基礎・取付ボルト

「a．基礎ボルト」「b．取付ボルト」については，「3．構造強度評価」に従い評価を行った「5．評価結果」にて十分な裕度を有していることを確認している。

②軸系としての評価

地震時の主軸発生応力の評価を行う。

③摺動部（軸系）

主軸とケーシング間の摺動部（主ねじ部）の評価として地震時の隙間評価を行う。

④軸受

軸受の地震時の面圧を評価する。

4.2.2　評価基準値

(1)スクリュー式ポンプ

①軸系としての評価（主軸発生応力）

軸の許容応力はその他のポンプの許容応力状態ⅢＡＳに準拠し設定する。

②摺動部（軸系）

主軸の地震時の変形量が摺動部（主ねじ部）については主ねじとスリーブ間の隙間より小さいこと。

③軸受

主軸の地震時の軸受への荷重が，軸受の許容面圧以下であること。

4.2.3　記号の説明

常設代替高圧電源装置燃料移送ポンプの動的機能維持評価に使用する記号を表4-2に示す。

表 4-2　記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_{Ri}	ラジアル荷重を受ける軸受の投影面積	mm^2
A_T	スラスト荷重を受ける軸受の投影面積	mm^2
C_H	水平方向震度	－
C_V	鉛直方向震度	－
d_j	軸の評価箇所の軸径	mm
E	縦弾性係数	MPa
g	重力加速度（＝9.80665）	m/s^2
I_j	軸の評価箇所の断面二次モーメント	mm^4
ℓ	軸長さ	mm
ℓ_1	支点間距離	mm
ℓ_2	支点Aから軸端までの距離	mm
M	軸に作用する最大曲げモーメント	N･mm
M_{Cj}	W_Cにより発生する軸の最大曲げモーメント	N･mm
M_{Sj}	wにより発生する軸の最大曲げモーメント	N･mm
M_P	ポンプ回転により作用するモーメント	N･mm
m_C	カップリング質量	kg
m_S	軸質量	kg
N	回転速度（原動機の同期回転速度）	min^{-1}
P	原動機出力	kW
P_R	ラジアル荷重による軸受の最大面圧	MPa
P_{Ri}	ラジアル荷重による軸受の面圧	MPa
P_T	スラスト荷重による軸受の面圧	MPa
T	軸に作用するねじりモーメント	N･mm
w	地震力を考慮した軸等分布荷重	N/mm
W_C	地震力を考慮した軸端部荷重	N
W_{Ri}	軸受にかかる地震時のラジアル荷重	N
W_{Ri1}	*w*により発生する反力	N
W_{Ri2}	W_Cにより発生する反力	N
W_T	軸受にかかる地震時のスラスト荷重	N
W_2	軸受にかかる通常運転時スラスト荷重	N
x_1	支点Bから軸評価点までの距離	mm
x_2	支点Aから軸評価点までの距離	mm
δ_{Cjk}	W_Cにより発生する軸のたわみ量	mm
δ_{Sjk}	*w*により発生する軸のたわみ量	mm

記号	記号の説明	単位
δ_j	摺動部（主ねじ部）における軸のたわみ量	mm
π	円周率	－
τ_{max}	軸に生じる最大せん断応力	MPa

添字 i の意味は i=A　：支点Ａ　　，i=B　：支点Ｂ

添字 j の意味は j=１　：支点間　　，j=２　：張出部

添字 k の意味は k=s　：wによる評価　，k=c　：W_Cによる評価

4.2.4　評価方法

(1)　軸

軸の評価は，軸を単純はりとしてモデル化し，地震力が加わる場合のねじりと曲げの組合せによる軸の応力を算出する。

発生する応力値が，その許容応力値を下回ることを確認する。

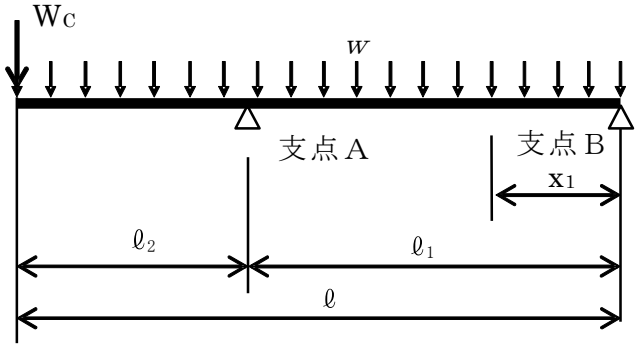


図 4－1　軸の評価モデル

軸に生じる最大せん断応力 τ_{max} は次式で求める。

$$\tau_{max} = \left(\frac{16}{\pi \cdot d_1{}^3}\right) \cdot \sqrt{M^2 + T^2} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (4.3.4.1)$$

ここで，ねじりモーメントTは，

$$T = M_P \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (4.3.4.2)$$

ここで，ポンプ回転により作用するモーメント M_P は，

$$M_P = \left(\frac{60}{2 \cdot \pi \cdot N}\right) \cdot 10^6 \cdot P \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (4.3.4.3)$$

（1 kW＝10^6 N･mm/s）

軸に作用する最大曲げモーメントM

$$M = \max\left(M_{S1} + M_{C1},\ M_{S2} + M_{C2}\right) \quad \cdots\cdots\cdots (4.3.4.4)$$

ここで，主軸質量に地震力を考慮した軸等分布荷重 w は，

$$w = \frac{m_s \cdot g \cdot \sqrt{C_H{}^2 + (1 + C_V)^2}}{\ell} \quad \cdots\cdots\cdots (4.3.4.5)$$

NT2 補③ V-2-10-1-4-3 R0

軸等分布荷重wが作用した場合の支点A-B間の最大モーメントは，

$x_1=\ell_1/2\{1-(\ell_2^2/\ell_1^2)\}$で生じる。

$$M_{S1}=\frac{w}{8\ell_1^2}(\ell_1+\ell_2)^2(\ell_1-\ell_2)^2 \quad \cdots\cdots\cdots (4.3.4.6)$$

支点Aからの張出部での最大モーメントM_{S2}は，支点A（$x_2=0$）で生じる。

$$M_{S2}=\frac{W\ell_2^2}{2} \quad \cdots\cdots\cdots (4.3.4.7)$$

張出部に軸端部荷重Wcが作用した場合の支点A-B間の最大モーメントは，

$$x_1=\frac{\ell_1}{2}\{1-(\frac{\ell_2^2}{\ell_1^2})\}$$ で生じる。

$$M_{C1}=\frac{Wc\ \ell_2}{\ell_2}\cdot\frac{\ell_1}{2}\cdot(1-\frac{\ell_2^2}{\ell_1^2}) \quad \cdots\cdots\cdots (4.3.4.8)$$

張出部にカップリングの質量m_Cが作用した場合の支点Aからの張出部での最大モーメントM_{C2}は，支点A（$x_2=0$）で，

$$M_{C2}=Wc\cdot\ell_2 \quad \cdots\cdots\cdots (4.3.4.9)$$

ここで，張出し部に作用する軸端荷重Wcは，

$$W_C=m_c\cdot g\cdot\sqrt{C_H^2+(1+C_V)^2} \quad \cdots\cdots\cdots (4.3.4.10)$$

支点Aと支点B間の最大モーメントは，主軸の等分布質量とカップリング質量により発生する最大モーメントは（$M_{S1}+M_{C1}$）となる。

支点Aからの張出部での最大モーメントも同様にして主軸の等分布質量とカップリング質量により発生する最大モーメントは（$M_{S2}+M_{C2}$）となる。

(2)　軸受

軸受の評価は，地震力が加わる場合に発生する全荷重を軸受が受けるものとし，地震による荷重が軸受の許容荷重（許容面圧）以下であることを確認する。

a.　ラジアル荷重

ラジアル荷重による軸受の面圧は次式で求める。

$$P_R = \max(P_{RA},\ P_{RB}) \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (4.3.4.11)$$

支点Ａの軸受の面圧　P_{RA}は，

$$P_{RA} = \frac{W_{RA}}{A_{RA}} \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (4.3.4.12)$$

支点Ｂの軸受の面圧　P_{RB}は，

$$P_{RB} = \frac{W_{RB}}{A_{RB}} \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (4.3.4.13)$$

ここで，軸受にかかる地震時のラジアル荷重W_{Ri}は，

$$\left.\begin{aligned} W_{RA} &= W_{RA1}+W_{RA2} \\ W_{RB} &= W_{RB1}+W_{RB2} \end{aligned}\right\} \qquad \cdots\cdots (4.3.4.14)$$

主軸の等分布荷重 wにより支点Ａに働く反力W_{RA1}は，

$$W_{RA1} = \frac{w}{2\ell_1}\cdot(\ell_1+\ell_2)^{\,2} \qquad \cdots\cdots\cdots (4.3.4.15)$$

主軸の等分布荷重 wにより支点Ｂに働く反力W_{RB1}は，

$$W_{RB1} = \frac{w}{2\ell_1}\cdot(\ell_1^{\,2}-\ell_2^{\,2}) \qquad \cdots\cdots\cdots (4.3.4.16)$$

張出部に軸端荷重Ｗｃが作用した場合の支点Ａに働く反力
W_{RA2}は，

$$W_{RA2} = \frac{Wc}{\ell_1}\cdot(\ell_1+\ell_2) \qquad \cdots\cdots\cdots (4.3.4.17)$$

張出部に軸端部荷重Ｗｃが作用した場合の支点Ｂに働く反力
W_{RB2}は，

$$W_{RB2}=\frac{Wc\cdot\ell_2}{\ell_1} \qquad \cdots\cdots\cdots(4.3.4.18)$$

b. スラスト荷重

スラスト荷重による軸受の面圧は次式で求める。

$$P_T=\frac{W_T}{A_T} \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(4.3.4.19)$$

ここで，軸受にかかる地震時のスラスト荷重W_tは，

$$W_T=(m_S+m_C)\cdot g\cdot C_H+W_2 \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(4.3.4.20)$$

(3) 摺動部（主ねじ部）

摺動部の評価は，軸を単純はりとしてモデル化し，地震力が加わる場合の摺動部（主ねじ部）における軸のたわみ量を算出し，発生するたわみ量が主ねじとスリーブ間隙間内であることを確認する。

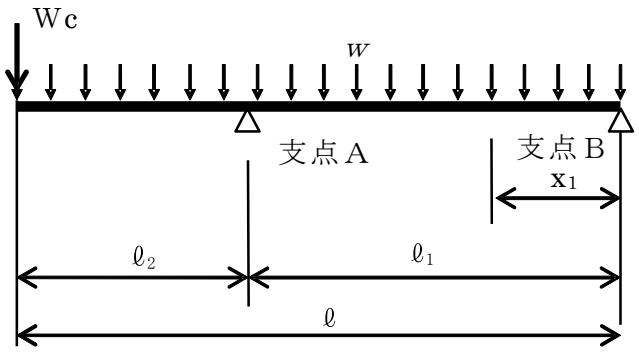


図 4-2　摺動部（主ねじ部）の評価モデル

摺動部（主ねじ部）支点Ａと支点Ｂ間におけるwによる軸のたわみ量δ_{s1S}は次式で求める。

wによる最大たわみ点は　$x_1=\ell_1/2\{1-(\ell_2^2/\ell_1^2)\}$である。

$$\delta_{s1S}=\frac{w\cdot x_1}{24EI_1\ell_1}\{\ell_1^4-2\ell_1^2x_1^2+x_1^3\ell_1-2\ell_2^2\ell_1^2+2\ell_2^2x_1^2\} \quad \cdots(4.3.4.21)$$

摺動部（主ねじ部）支点Ａと支点Ｂ間における *w* による最大たわみ点でのＷｃによる軸のたわみ量δ_{C1S}は次式で求める。

$$\delta_{C1S} = \frac{Wc \cdot \ell_2 \cdot x_1}{6EI\ell_1}\left(\ell_1^2 - x_1^2\right) \quad \cdots (4.3.4.22)$$

摺動部（主ねじ部）支点Ａと支点Ｂ間におけるＷｃによる最大たわみ点での *w* による軸のたわみ量δ_{S1C}は次式で求める。

Ｗｃによる最大たわみ点は　$x_1 = \frac{\ell_1}{\sqrt{3}}$ である。

$$\delta_{S1C} = \frac{w \cdot x_1}{24EI_1\ell_1}\left\{\ell_1^4 - 2\ell_1^2 x_1^2 + x_1^3\ell_1 - 2\ell_2^2\ell_1^2 + 2\ell_2^2 x_1^2\right\} \cdots (4.3.4.23)$$

摺動部（主ねじ部）支点Ａと支点Ｂ間におけるＷｃによる軸のたわみ量δ_{C1C}は次式で求める。

$$\delta_{C1C} = \frac{W_C \ell_2 \ell_1^2}{9\sqrt{3}EI_1} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (4.3.4.24)$$

$$\delta_1 = \max\left(\delta_{S1S} + \delta_{C1S},\ \delta_{S1C} + \delta_{C1C}\right) \cdots\cdots\cdots (4.3.4.25)$$

4.3　ポンプ逃し弁の動的機能維持評価

常設代替高圧電源装置燃料移送ポンプ用に逃し弁は，地震時動的機能維持が確認された機種と弁体がバネ等で弁座に押し付けられている類似の構造及び振動特性であることを考慮して，表 4-2 に記載の機能確認済加速度を適用する。

表 4-2　機能確認済加速度　　（×9.8 m/s^2）

評価部位	形式	方向	機能確認済加速度
逃し弁	特殊弁 安全弁	水平	1.0
		鉛直	1.0

4.4　原動機の動的機能維持評価

常設代替高圧電源装置燃料移送ポンプ用原動機は，地震時動的機能維持が確認された機種と類似の構造及び振動特性であるため，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」に記載の機能確認済加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 4-3 に示す。

表 4-3　機能確認済加速度　　（×9.8 m/s^2）

評価部位	形式	方向	機能確認済加速度
原動機	横形ころがり 軸受電動機	水平	4.7
		鉛直	1.0

5. 評価結果

5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

常設代替高圧電源装置燃料移送ポンプの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

5.2 動的機能維持評価結果

常設代替高圧電源装置燃料移送ポンプの動的機能維持評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な動的機能を有することを確認した。

(1) 機能維持評価結果

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【常設代替高圧電源装置燃料移送ポンプの耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		ポンプ振動による震度	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度			
常設代替高圧電源装置燃料移送ポンプ	常設耐震／防止	常設代替高圧電源装置置場 EL. 2.00*1	－*2	－*2	－	－	C_H=0.81	C_V=0.71	[redacted]	55	[redacted]

注記 ＊1：基準床レベルを示す。
＊2：固有周期は十分に小さく，計算は省略する。

1.2 機器要目

(1)構造強度評価

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}*1 (mm)	ℓ_{2i}*1 (mm)	A_{bi} (mm²)	n_i	n_{fi}*1	
							弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i=1)	[redacted]					4	2	2
							2	2
ポンプ取付ボルト (i=2)						4	2	2
							2	2
原動機取付ボルト (i=3)						4	2	2
							2	2

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向		M_P (N・mm)	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i=1)	205*2	504*2	－	246	－	軸直角	－	－
ポンプ取付ボルト (i=2)	710*3	827*3	－	578	－	軸	－	－
原動機取付ボルト (i=3)	710*3	827*3	－	578	－	軸	－	－

注記 ＊1：各ボルトの機器要目における上段は軸方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は軸直角方向転倒に対する評価時の要目を示す。
＊2：周囲環境温度で算出
＊3：最高使用温度で算出

予想最大両振幅 (μm)	回転速度 (min⁻¹)
[redacted]	[redacted]

(2)機能維持評価

m_S (kg)	m_C (kg)	ℓ (mm)	ℓ_1 (mm)	ℓ_2 (mm)	d_1 (mm)
3	3	513	345	156	24.5

A_{RA} (mm^2)	A_{RB} (mm^2)	A_T (mm^2)	E (MPa)	I_1 (mm^4)	N (min^{-1})	W_2 (N)
1.776×10^3	480	402.9	1.996×10^5	1.769×10^3	1.500×10^3	23.6

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i=1)	－	[redacted]	－	[redacted]
ポンプ取付ボルト (i=2)	－		－	
原動機取付ボルト (i=3)	－		－	

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	[redacted]	引張り	－	－	[redacted]	[redacted]*
		せん断	－	－		
ポンプ取付ボルト		引張り	－	－		*
		せん断	－	－		
原動機取付ボルト		引張り	－	－		*
		せん断	－	－		

すべて許容応力以下である。

注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

1.4.2 動的機能の評価結果

1.4.2.1 機能確認済加速度との比較 （×9.8 m/s²）

		評価用加速度	機能確認済加速度
逃し弁	水平方向	0.81	1.0
	鉛直方向	0.71	1.0
原動機	水平方向	0.81	4.7
	鉛直方向	0.71	1.0

逃し弁，原動機は，評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

1.4.2.2 スクリュー式ポンプの動的機能維持評価

1.4.2.2.1 代表評価項目の評価

基礎ボルト，取付ボルトについては，構造強度評価にて設計用地震力に対して十分な構造強度を有しているため，計算は省略する。

1.4.2.2.2 上記以外の基本評価項目の評価

(1) 軸の応力評価 （単位：MPa）

評価部位	発生応力	許容応力
軸	τ_{max}=6	495

すべて許容応力以下である。

(2) 軸受の評価 （単位：MPa）

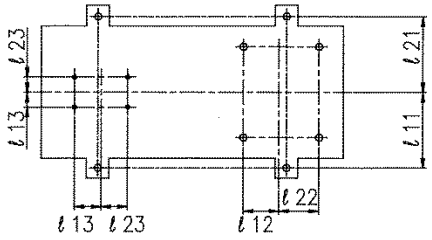
評価部位	荷 重	発生面圧	許容面圧
軸 受	ラジアル（原動機側）	P_{RA}=0.0678	
	ラジアル（負荷側）	P_{RB}=0.0835	
	スラスト	P_{T}=0.1769	

すべて許容面圧以下である。

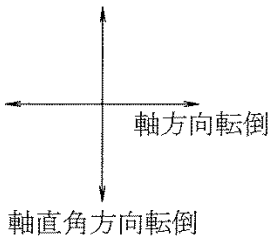
(3) 摺動部（主ねじ）の評価 （単位：mm）

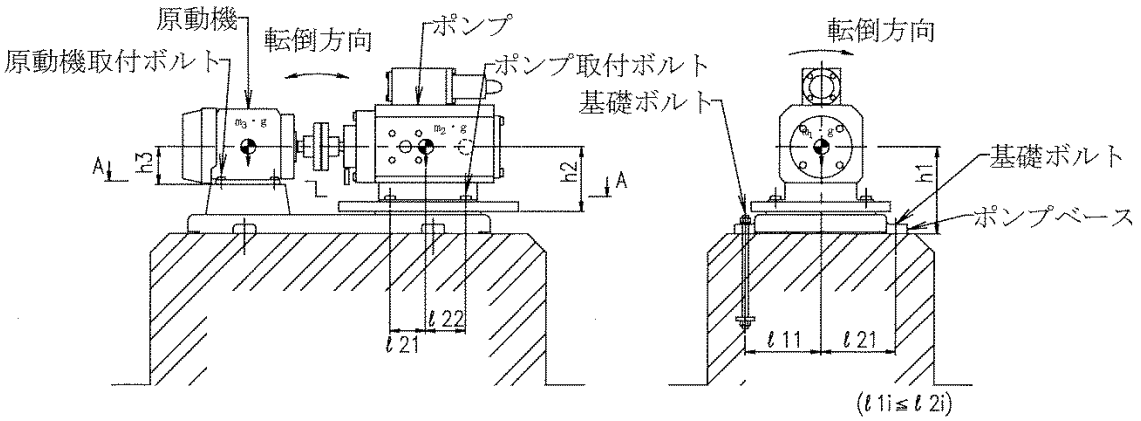
評価部位	たわみ量	スリーブ間隙間
摺動部（主ねじ）		

すべてスリーブ間隙以下である。


ℓ23
ℓ13
ℓ21
ℓ11
ℓ22
ℓ13 ℓ23
ℓ12

A-A矢視図


軸方向転倒
軸直角方向転倒


原動機
転倒方向
ポンプ
原動機取付ボルト
ポンプ取付ボルト
基礎ボルト
A
h3
h2
A
ℓ22
ℓ21
転倒方向
基礎ボルト
ポンプベース
h1
ℓ11
ℓ21
(ℓ1i≦ℓ2i)

Ⅴ-2-10-1-4-4-1　常設代替高圧電源装置発電機（No.1～No.5）の耐震性についての計算書

目次

1. 概要 1
2. 基本方針 1
2.1 構造の説明 1
2.2 評価方針 3
3. 耐震評価箇所 5
4. 応力評価 5
4.1 基本方針 5
4.2 設計用地震力 5
4.3 荷重の組合せ及び許容応力 5
4.4 応力評価方法 8
5. 機能維持評価 11
5.1 評価方法 11
6. 評価結果 11

1. 概要

本資料は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，常設代替高圧電源装置発電機（No.1～No.5）が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。その耐震評価は応力評価及び機能維持評価により行う。

また，間接支持構造物である車両が設計用地震力に対して十分な支持機能を有していることは，添付書類「Ⅴ-2-10-1-4-1-1「常設代替高圧電源装置内燃機関（No.1～No.5）の耐震性についての計算書」で説明している。

常設代替高圧電源装置発電機（No.1～No.5）は，重大事故等対処設備において常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，この分類に応じた耐震評価を示す。

2. 基本方針

2.1 構造の説明

常設代替高圧電源装置発電機（No.1～No.5）の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　常設代替高圧電源装置発電機の構造計画

設備名称	計画の概要		説明図
	支持構造	主体構造	
常設代替高圧電源装置発電機（No.1～No.5）	車載式のディーゼル発電装置で，発電機は内燃機関と共通台板に取付ボルトにて固定する。	防滴保護，空気冷却自己自由通風型三相交流発電機	図 2-1 図 2-2 図 2-3

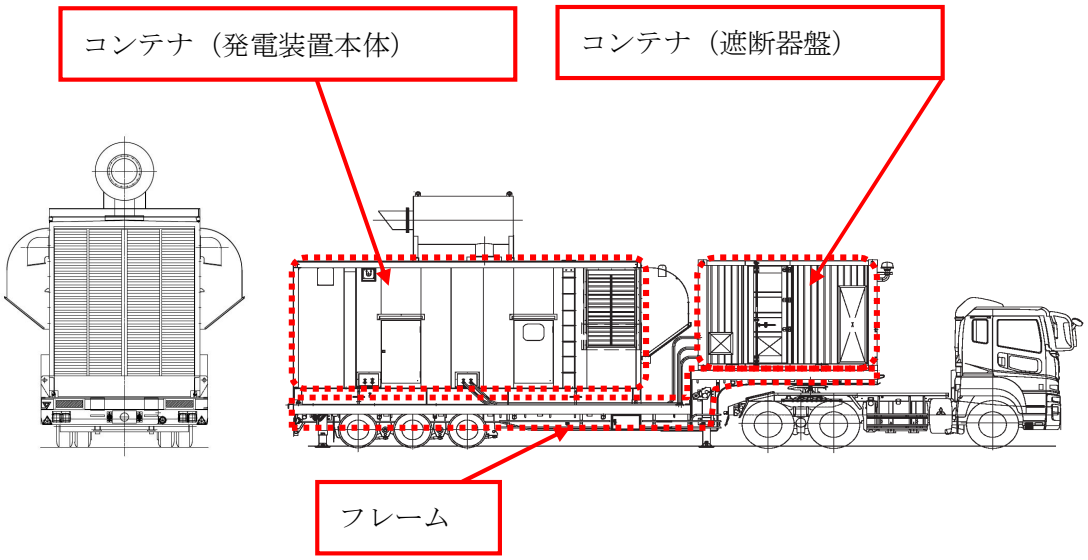


図 2-1　常設代替高圧電源装置車両（No.1～No.5）の構造図

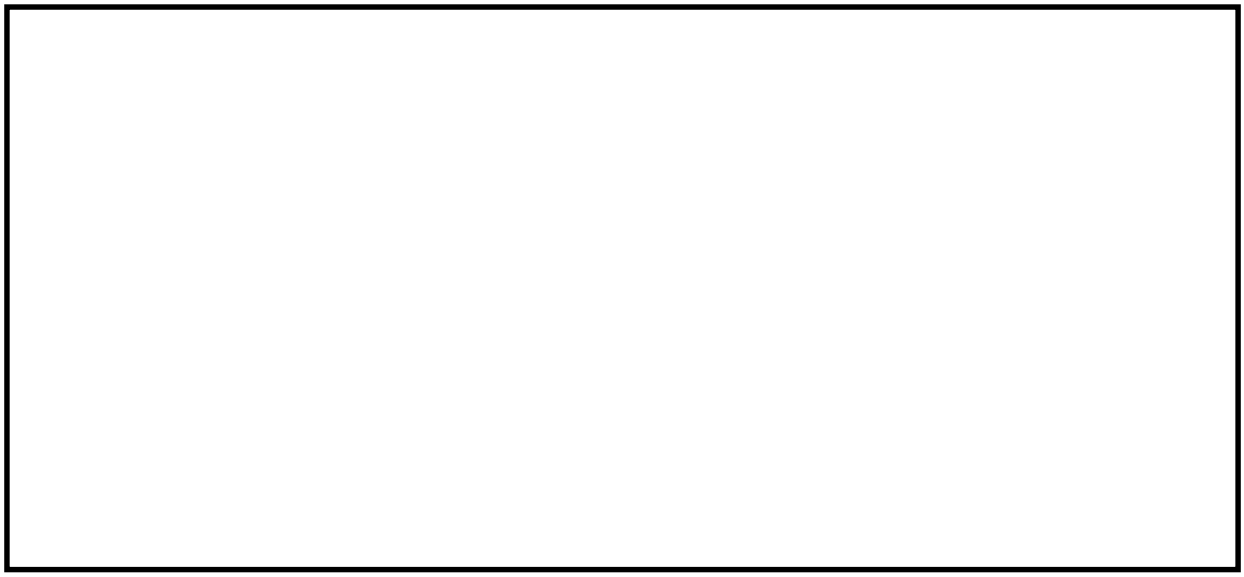


図 2-2　常設代替高圧電源装置発電機（No.1～No.5）の配置図

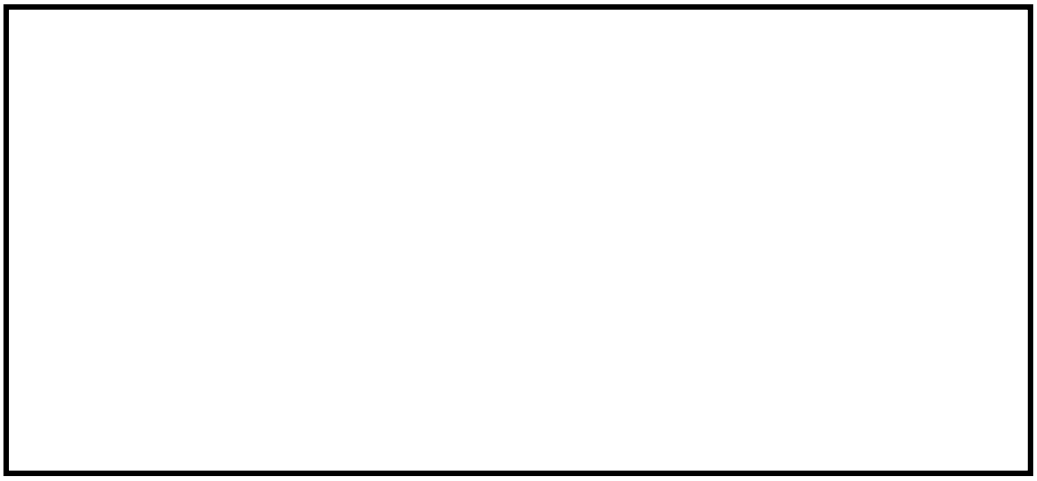


図 2-3　常設代替高圧電源装置発電機（No.1～No.5）の外形図

2.2　評価方針

常設代替高圧電源装置発電機（No.1～No.5）の応力評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.1　構造の説明」にて示す発電機の部位を踏まえ，「3.　耐震評価箇所」にて設定する箇所に発生する応力等が許容限界内に収まることを，添付書類「Ⅴ-2-10-1-4-1-1　常設代替高圧電源装置内燃機関（No.1～No.5）の耐震性についての計算書」の「4.　車両の加振試験」で得られた最大応答加速度を用いて設計用加速度を設定し，「4.　応力評価」にて示す方法にて確認することで実施する。

また，常設代替高圧電源装置発電機（No.1～No.5）の機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した動的機能維持の方針に基づき，設置場所の最大応答加速度が機能確認済加速度（加振試験における加振台の最大加速度）以下であることを，「5.　機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「6.　評価結果」に示す。

常設代替高圧電源装置発電機（No.1～No.5）の耐震評価フローを図 2-4 に示す。

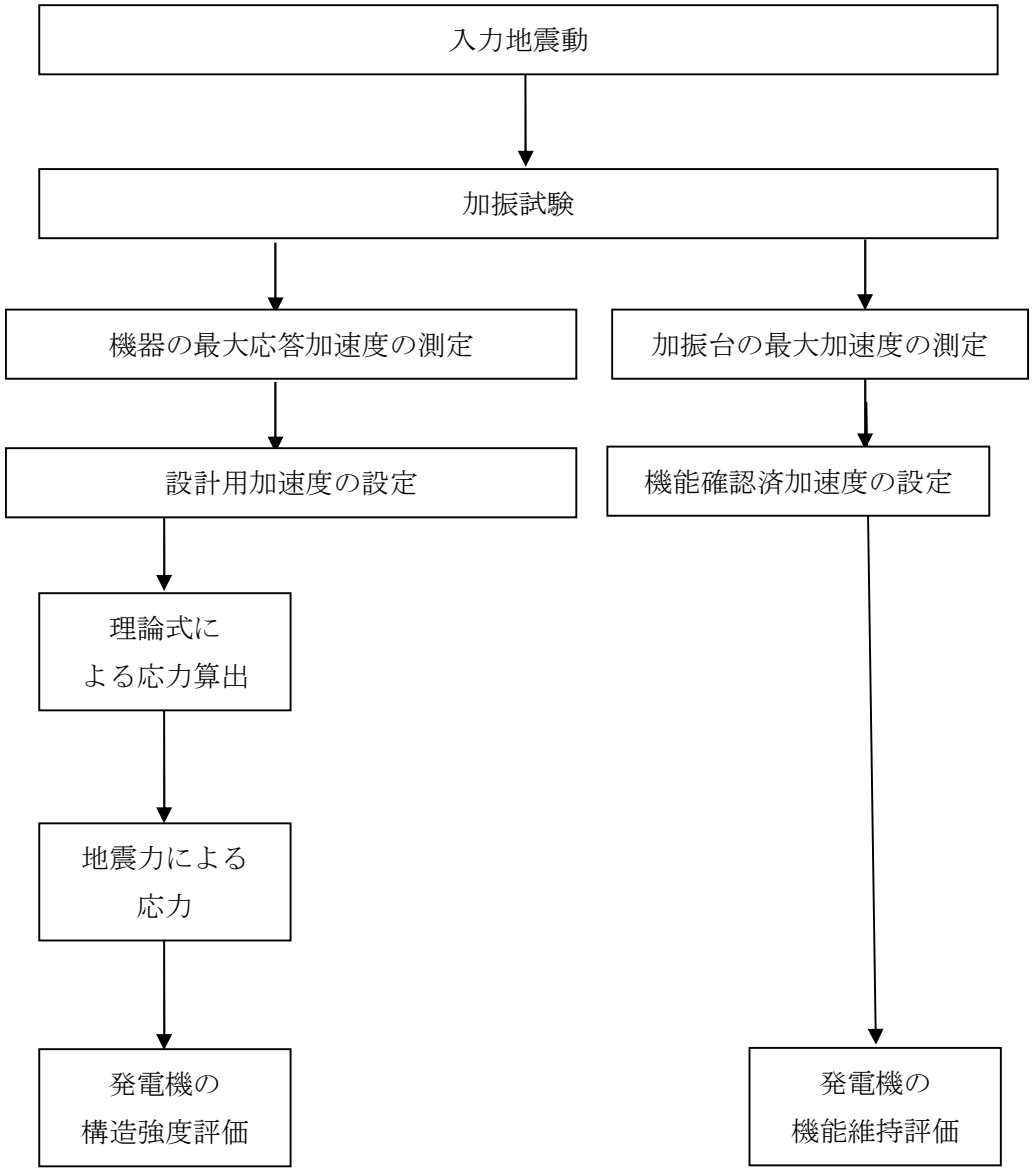


図 2-4　常設代替高圧電源装置発電機（No.1～No.5）の耐震評価フロー

3.　耐震評価箇所

常設代替高圧電源装置発電機（No.1～No.5）の耐震評価は，耐震評価上厳しくなる発電機の取付ボルトを選定して実施する。

4.　応力評価

4.1　基本方針

(1)　解析モデルは，1 質点系モデルとし，発電機の重心位置に地震荷重，発電機の運転による加速度及び発電機の運転により働くモーメントが作用するものとする。

(2)　発電機は，ＪＥＡＧ　４６０１－1987 に従い一つの剛体として取り扱うこととする。

(3)　加振試験により測定された発電機頂部における最大応答加速度の 1.2 倍を用いて発生応力を算出し，応力評価を行う。

(4)　許容応力についてＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ１－2005/2007 の付録材料図表を用いて計算する際に，温度が付録材料図表記載値の中間の値の場合は，比例法を用いて計算する。

ただし，比例法を用いる場合の端数処理は，小数第 1 位以下を切り捨てた値を用いるものとする。

(5)　耐震計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

4.2　設計用地震力

耐震計算に用いる設計用地震力には，添付書類「Ⅴ-2-1-7　設計用床応答曲線の作成方針」にて作成した床応答曲線を上回るように設定した入力地震動を用いて，添付書類「Ⅴ-2-10-1-4-1-1　常設代替高圧電源装置内燃機関（No.1～No.5）の耐震性についての計算書」の「4. 車両の加振試験」を実施し，当該加振試験により得られた，発電機頂部における最大応答加速度の 1.2 倍を用いる。

4.3　荷重の組合せ及び許容応力

4.3.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

常設代替高圧電源装置発電機（No.1～No.5）の荷重の組合せ及び許容応力状態について，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.3.2　許容応力

常設代替高圧電源装置発電機（No.1～No.5）の許容応力を表 4-2 に示す。

4.3.3　使用材料の許容応力評価条件

常設代替高圧電源装置発電機（No.1～No.5）の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-3 に示す。

表 4-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源設備	非常用発電装置	常設代替高圧電源装置発電機 (No.1～No.5)	常設耐震／防止 常設／緩和	－*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	$\mathrm{IV_AS}$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	$\mathrm{V_AS}$ （$\mathrm{V_AS}$として$\mathrm{IV_AS}$の許容限界を用いる。）

注記　＊1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

＊3：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4-2　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*（ボルト等）	
	一次応力	
	引張	せん断
$Ⅳ_AS$	1.5・f_t*	1.5・f_s*
V_AS（V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）		

注記　＊：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

表 4-3　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部位	強度区分	温度条件（℃）		S_y（MPa）	S_u（MPa）	F*（MPa）
取付ボルト	10.9*	周囲環境温度	40	900	1000	700

注記　＊：ＪＩＳ　Ｂ　１０５１に規定される材料を使用。

4.4　応力評価方法

4.4.1　記号の説明

記　号	定　義	単　位
A_{bt}	取付ボルト軸断面積	mm^2
a_H	水平設計用加速度（加振試験で得られた発電機頂部の最大応答加速度の 1.2 倍）	m/s^2
a_V	鉛直設計用加速度（加振試験で得られた発電機頂部の最大応答加速度の 1.2 倍）	m/s^2
a_p	回転体振動による加速度	m/s^2
g	重力加速度（＝9.80665）	m/s^2
h_G	取付面から発電機重心までの高さ	mm
L_1	支点となる取付ボルトから評価対象となる取付ボルトまでの距離（軸直角方向）	mm
L_2	支点となる取付ボルトから重心までの距離（軸直角方向）	mm
L_{1X}	支点となる取付ボルトから評価対象となる取付ボルトまでの距離（軸方向）	mm
L_{2X}	支点となる取付ボルトから重心までの距離（軸方向）	mm
m	発電機の質量	kg
M_p	回転体回転により働くモーメント	N･mm
n	取付ボルト総本数	本
n_1	軸方向及び軸直角方向に設けた取付ボルトの片側本数	本
p	回転体の許容振幅	μm
P	発電機出力	kW
R	発電機定格回転数	min^{-1}
σ_{bt}	取付ボルト引張応力	MPa
τ_b	取付ボルトせん断応力	MPa

4.4.2　応力計算方法

発電機の取付ボルトの応力評価を行う。応力評価にあたっては，添付書類「Ⅴ-2-10-1-4-1-1　常設代替高圧電源装置内燃機関（No.1～No.5）の耐震性についての計算書」の「4. 車両の加振試験」で得られた最大応答加速度を用いて実施する。

4.4.3　引張応力の評価

引張応力は，取付ボルトを支点とする転倒を考え，これを片側の取付ボルトで受けるものとして計算する。

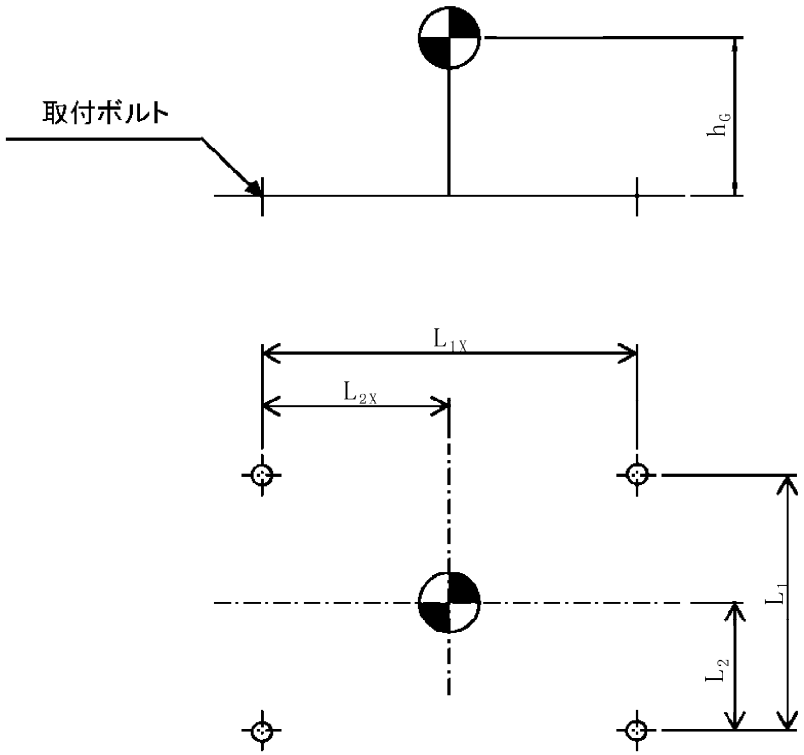


図 4-1　発電機　取付ボルトの計算モデル図

図 4-1 に示すモーメントのつり合い式より以下の各計算式が得られる。

【軸直角方向の引張応力計算式】

$$\sigma_{bt} = \frac{m \cdot (a_H + a_P) \cdot h_G + M_P - m \cdot \left(g - a_V - a_P \right) \cdot L_2}{n_1 \cdot A_{bt} \cdot L_1}$$

【軸方向の引張応力計算式】

$$\sigma_{bt} = \frac{m \cdot (a_H + a_P) \cdot h_G - m \cdot \left(g - a_V - a_P \right) \cdot L_{2X}}{n_1 \cdot A_{bt} \cdot L_{1X}}$$

σ_{bt} は，上式で得られる大きい方の値とする。

ここで，回転体回転によるモーメント M_p は，発電機の出力及び定格回転数を考慮して定める値である。回転体振動による加速度 a_P は，回転体の許容振幅及び発電機の定格回転数を考慮して定める値である。

【回転体回転によるモーメントの計算式】

$$M_P = \frac{60P}{2\pi \cdot R} \times 10^6$$

【回転体振動による加速度の計算式】

$$a_P = \left(2\pi \cdot \frac{R}{60} \right)^2 \cdot \frac{p \cdot 10^{-6}}{2}$$

4.4.4　せん断応力の評価

せん断応力は，全ボルトで受けるものとして計算する。

$$\tau_b = \frac{m \cdot (a_H + a_P)}{n \cdot A_{bt}}$$

4.4.5　組合せ応力の評価

引張応力とせん断応力の組合せ応力をＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ１－2005/2007　ＳＳＢ－３１３３に基づき次式で評価する。

$$\sigma_{bt} \leqq \min\left(1.4 \times 1.5 f_t^* - 1.6\tau_b,\ 1.5 f_t^*\right)$$

5. 機能維持評価

常設代替高圧電源装置発電機（No.1～No.5）の地震後の機能維持評価について，以下に示す。

5.1 評価方法

車両に搭載している発電機の動的機能維持を確認した機能確認済加速度と設置場所の最大応答加速度を比較し，設置場所の最大応答加速度が機能確認済加速度以下であることを確認することで実施する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度

項　目	機能確認済加速度 （×9.8 m/s^2）
水　平	1.37
鉛　直	1.41

6. 評価結果

常設代替高圧電源装置発電機（No.1～No.5）について，耐震計算結果を次頁以降に示す。発生値は許容応力以下であり，耐震性を有することを確認した。また，常設代替高圧電源装置置場の最大応答加速度は機能確認済加速度以下であり，基準地震動Ｓ$_s$に対して動的機能が維持されることを確認した。

東海第二発電所　常設代替高圧電源装置発電機（No.1～No.5）の耐震計算書

1．設計条件

設備分類	設置場所 (m)	取付ボルト 配置状態	周囲環境温度 (℃)
常設耐震／防止 常設／緩和	[redacted] EL.11.00	矩形配置	40

2．設計用加速度及び評価用加速度

評価用加速度(m/s^2) (機能維持評価)		設計用加速度(m/s^2) (応力評価)		回転体振動による 加速度(m/s^2)		回転によるモーメント（取付ボルトのみ） M_p(N･mm)
水　平	鉛　直	水　平（a_H）	鉛　直（a_V）	水　平 (a_p)	鉛　直 (a_p)	
4.51	4.12	40.9	30.3	3.71	3.71	8785352.9

3．機器要目

評価部位	m (kg)	h_G (mm)	A_{bt} (mm^2)	n (本)	n_1 (本)	L_1 (mm)	L_2 (mm)	L_{1X} (mm)	L_{2X} (mm)	R (min^{-1})	P (kW)	p (μm)
取付ボルト	[redacted]	[redacted]	452.3	4	2	889.0	444.5	1460.5	752.35	1500	1380	[redacted]

4．結　果

4.1　応力評価結果

評価部位	材　料	評価応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
取付ボルト	10.9	引　張	276	525
		せん断	147	403
		組合せ	276	499

評価応力は全て許容値以下である。

4.2　機能維持評価結果

		評価用加速度 ($\times$9.8 m/s^2)	機能確認済加速度 ($\times$9.8 m/s^2)
発電機	水平	0.46	1.37
	鉛直	0.42	1.41

評価用加速度は，すべて機能確認済加速度以下である。

Ⅴ-2-10-1-4-4-2　常設代替高圧電源装置発電機（No.6）の耐震性についての計算書

目次

1. 概要 1
2. 基本方針 1
2.1 構造の説明 1
2.2 評価方針 3
3. 耐震評価箇所 5
4. 応力評価 5
4.1 基本方針 5
4.2 設計用地震力 5
4.3 荷重の組合せ及び許容応力 5
4.4 応力評価方法 8
5. 機能維持評価 11
5.1 評価方法 11
6. 評価結果 11

1. 概要

本資料は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，常設代替高圧電源装置発電機（No.6）が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。その耐震評価は応力評価及び機能維持評価により行う。

また，間接支持構造物である車両が設計用地震力に対して十分な支持機能を有していることは，添付書類「Ⅴ-2-10-1-4-1-2　常設代替高圧電源装置内燃機関（No.6）の耐震性についての計算書」で説明している。

常設代替高圧電源装置発電機（No.6）は，重大事故等対処設備において常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，この分類に応じた耐震評価を示す。

2. 基本方針

2.1 構造の説明

常設代替高圧電源装置発電機（No.6）の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　常設代替高圧電源装置発電機（No.6）の構造計画

設備名称	計画の概要		説明図
	支持構造	主体構造	
常設代替高圧電源装置発電機（No.6）	車載式のディーゼル発電装置で，発電機は内燃機関と共通台板に取付ボルトにて固定する。	防滴保護，空気冷却自己自由通風型三相交流発電機	図 2-1 図 2-2 図 2-3

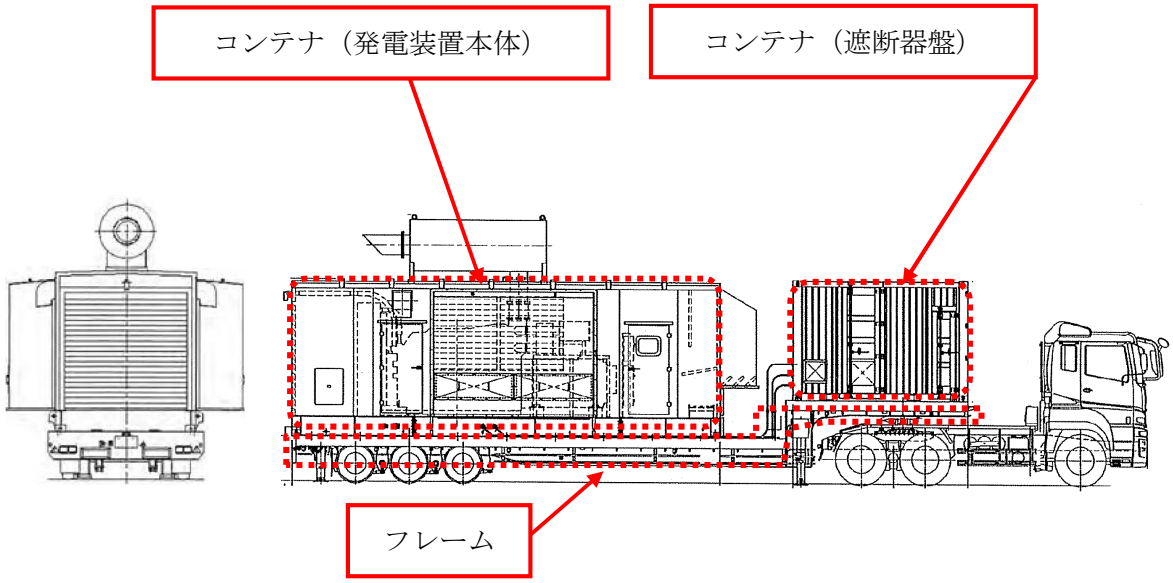


図 2-1　常設代替高圧電源装置（No.6）の構造図

図 2-2　常設代替高圧電源装置発電機（No.6）の配置図

図 2-3　常設代替高圧電源装置発電機（No.6）の外形図

2.2　評価方針

常設代替高圧電源装置発電機（No.6）の応力評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.1　構造の説明」にて示す発電機の部位を踏まえ「3.　耐震評価箇所」にて設定する箇所に発生する応力等が許容限界内に収まることを，添付書類「Ⅴ-2-10-1-4-1-2　常設代替高圧電源装置内燃機関（No.6）の耐震性についての計算書」の「4.　車両の加振試験」で得られた最大応答加速度を用いて設計用加速度を設定し，「4.　応力評価」にて示す方法にて確認することで実施する。

また，常設代替高圧電源装置発電機（No.6）の機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定した動的機能維持の方針に基づき，設置場所の最大応答加速度が機能確認済加速度（加振試験における加振台の最大床加速度）以下であることを，「5.　機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「6.　評価結果」に示す。

常設代替高圧電源装置発電機（No.6）の耐震評価フローを図 2-4 に示す。

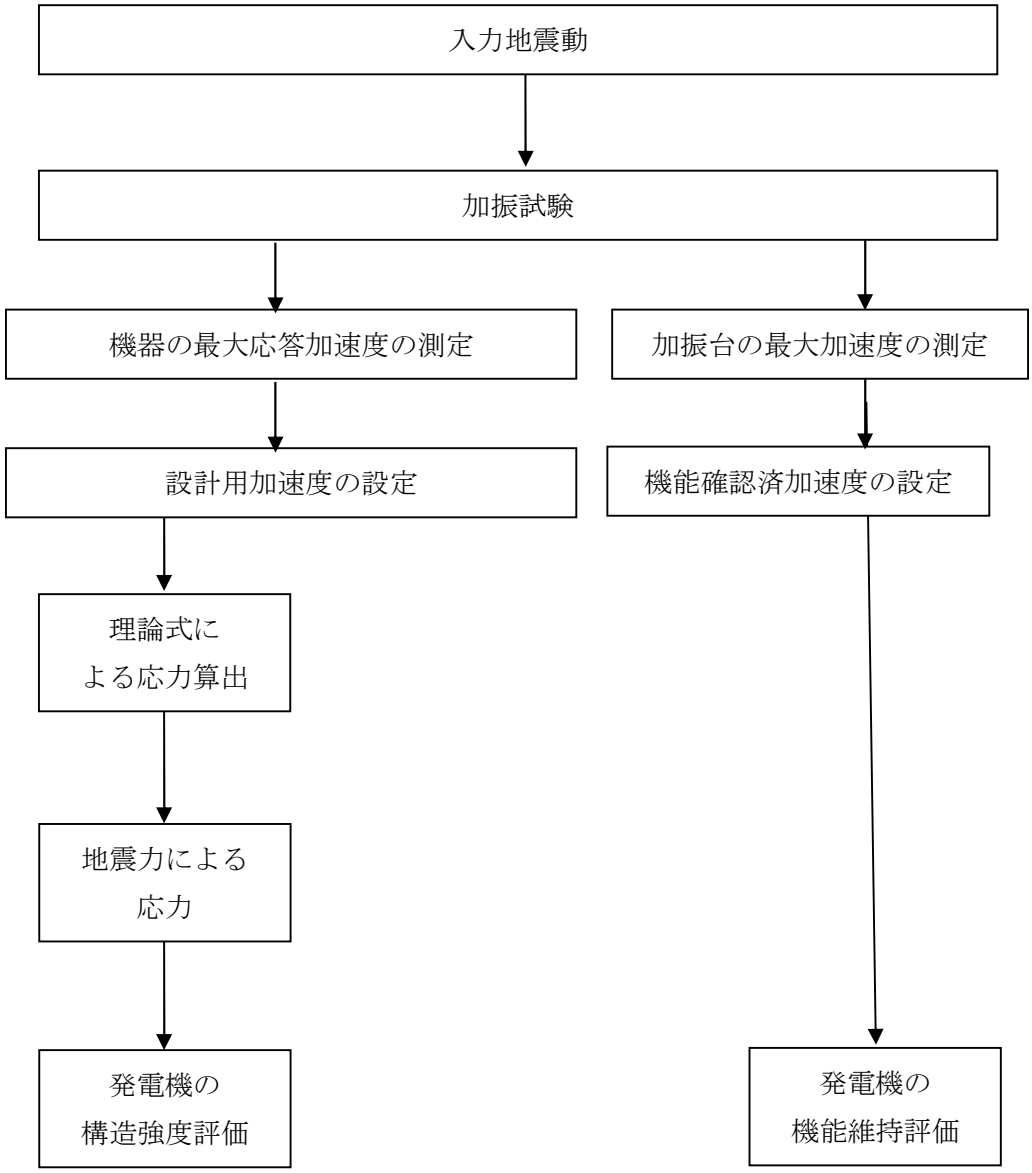


図 2-4　常設代替高圧電源装置発電機（No.6）の耐震評価フロー

3.　耐震評価箇所

常設代替高圧電源装置発電機（No.6）の耐震評価は，耐震評価上厳しくなる発電機の取付ボルトを選定して実施する。

4.　応力評価

4.1　基本方針

(1)　解析モデルは，1 質点系モデルとし，発電機の重心位置に地震荷重，発電機の運転による加速度及び発電機運転により働くモーメントが作用するものとする。

(2)　発電機は，ＪＥＡＧ　４６０１－1987 に従い一つの剛体として取り扱うこととする。

(3)　加振試験により測定された発電機頂部における最大応答加速度の 1.2 倍を用いて発生応力を算出し，応力評価を行う。

(4)　許容応力についてＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ１－2005/2007 の付録材料図表を用いて計算する際に，温度が付録材料図表記載値の中間の値の場合は，比例法を用いて計算する。

ただし，比例法を用いる場合の端数処理は，小数第 1 位以下を切り捨てた値を用いるものとする。

(5)　耐震計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

4.2　設計用地震力

耐震計算に用いる設計用地震力には，添付書類「Ⅴ-2-1-7　設計用床応答曲線の作成方針」にて作成した床応答曲線を上回るように設定した入力地震動を用いて，「Ⅴ-2-10-1-4-1-2 常設代替高圧電源装置内燃機関（No.6）の耐震性についての計算書」の「4.　車両の加振試験」を実施し，当該加振試験により得られた，発電機頂部における最大応答加速度の 1.2 倍を用いる。

4.3　荷重の組合せ及び許容応力

4.3.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

常設代替高圧電源装置発電機（No.6）の荷重の組合せ及び許容応力状態について，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.3.2　許容応力

常設代替高圧電源装置発電機（No.6）の許容応力を表 4-2 に示す。

4.3.3　使用材料の許容応力評価条件

常設代替高圧電源装置発電機（No.6）の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-3 に示す。

NT2 補③ Ⅴ-2-10-1-4-4-2 R1

表 4-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源設備	非常用発電装置	常設代替高圧電源装置発電機 (No. 6)	常設耐震／防止 常設／緩和	－*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	IV_AS
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS（V_ASとしてIV_ASの許容限界を用いる。）

注記　＊1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

＊3：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4-2　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*（ボルト等）	
	一次応力	
	引張	せん断
ⅣAS	1.5・f_t*	1.5・f_s*
VAS（VASとしてⅣASの許容限界を用いる。）		

注記　＊：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

表 4-3　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部位	強度区分	温度条件（℃）		S_y (MPa)	S_u (MPa)	F* (MPa)
取付ボルト	10.9*	周囲環境温度	40	900	1000	700

注記　＊：ＪＩＳ　Ｂ　１０５１に規定される材料を使用。

4.4　応力評価方法

4.4.1　記号の説明

記　号	定　義	単　位
A_{bt}	取付ボルト軸断面積	mm^2
a_H	水平設計用加速度 （加振試験で得られた発電機頂部の最大応答加速度の 1.2 倍）	m/s^2
a_V	鉛直設計用加速度 （加振試験で得られた発電機頂部の最大応答加速度の 1.2 倍）	m/s^2
a_p	回転体振動による加速度	m/s^2
g	重力加速度（＝9.80665）	m/s^2
h_G	取付面から発電機重心までの高さ	mm
L_1	支点となる取付ボルトから評価対象となる取付ボルトまでの距離（軸直角方向）	mm
L_G	支点となる取付ボルトから重心までの距離（軸直角方向）	mm
L_{1X}	支点となる取付ボルトから評価対象となる取付ボルトまでの距離（軸方向）	mm
L_{2X}	支点となる取付ボルトから評価対象となる取付ボルトまでの距離（軸方向）	mm
L_{GX}	支点となる取付ボルトから重心までの距離（軸方向）	mm
m	発電機の質量	kg
M_p	回転体回転により働くモーメント	N･mm
n	取付ボルト総本数	本
n_1	軸方向に設けた取付ボルトの片側本数	本
n_2	軸直角方向に設けた取付ボルトの片側本数	本
p	回転体の許容振幅	μm
P	発電機出力	kW
R	発電機定格回転数	min^{-1}
σ_{bt}	取付ボルト引張応力	MPa
τ_b	取付ボルトせん断応力	MPa

4.4.2　応力計算方法

発電機取付ボルトの応力評価を行う。応力評価にあたっては，添付書類「Ⅴ-2-10-1-4-1-2　常設代替高圧電源装置内燃機関（No.6）の耐震性についての計算書」の「4.　車両の加振試験」で得られた最大応答加速度を用いて実施する。

4.4.3　引張応力の評価

引張応力は，取付ボルトを支点とする転倒を考え，これを片側の取付ボルトで受けるものとして計算する。

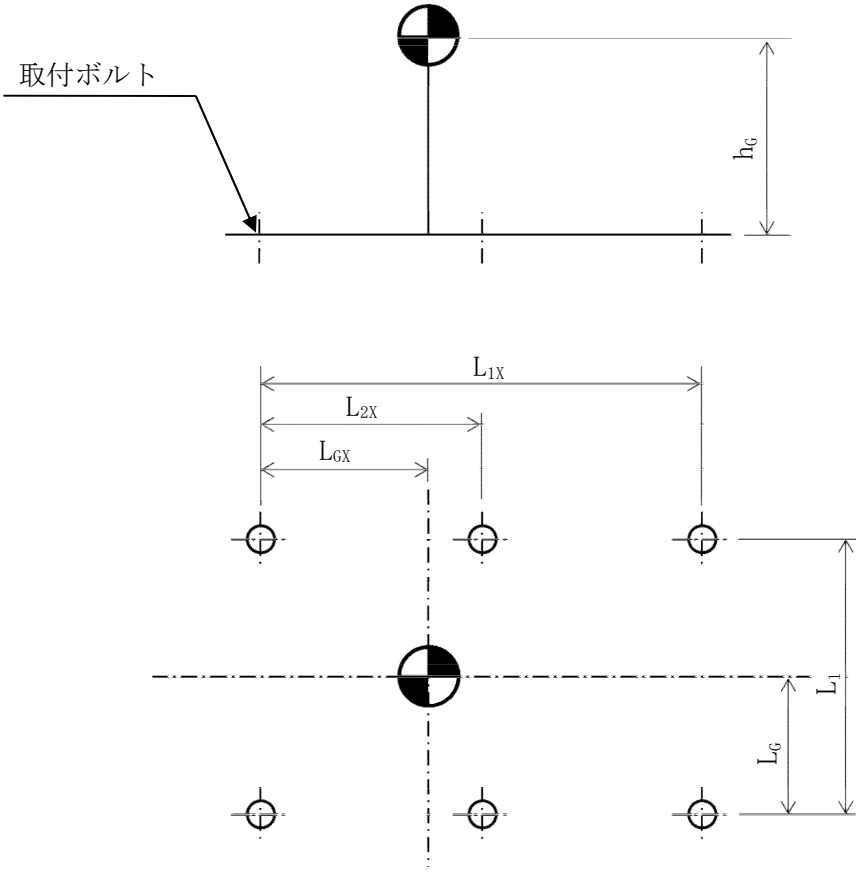


図 4-1　発電機　取付ボルトの計算モデル図

図 4-1 に示すモーメントのつり合い式より以下の各計算式が得られる。

【軸直角方向の引張応力計算式】

$$\sigma_{bt} = \frac{m \cdot (a_H + a_P) \cdot h_G + M_P - m \cdot \left(g - a_V - a_P \right) \cdot L_G}{n_1 \cdot A_{bt} \cdot L_1}$$

【軸方向の引張応力計算式】

$$\sigma_{bt} = \frac{\{m \cdot (a_H + a_P) \cdot h_G - m \cdot \left(g - a_V - a_P \right) \cdot L_{GX}\} \cdot L_{1X}}{n_2 \cdot (L_{1X}^2 + L_{2X}^2) \cdot A_{bt}}$$

σ_{bt} は，上式で得られる大きい方の値とする。

ここで，回転体回転によるモーメント M_p は，発電機の出力及び定格回転数を考慮して定める値である。回転体振動による加速度 a_P は，回転体の許容振幅及び発電機の定格回転数を考慮して定める値である。

【回転体回転によるモーメントの計算式】

$$M_P = \frac{60P}{2\pi \cdot R} \times 10^6$$

【回転体振動による加速度の計算式】

$$a_P = \left(2\pi \cdot \frac{R}{60} \right)^2 \cdot \frac{p \cdot 10^{-6}}{2}$$

4.4.4　せん断応力の評価

せん断応力は，全ボルトで受けるものとして計算する。

$$\tau_b = \frac{m \cdot (a_H + a_P)}{n \cdot A_{bt}}$$

4.4.5　組合せ応力の評価

引張応力とせん断応力の組合せ応力をＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ１－2005/2007　ＳＳＢ－３１３３に基づき次式で評価する。

$$\sigma_{bt} \leqq \min\left(1.4 \times 1.5 f_t^* - 1.6\tau_b,\ 1.5 f_t^*\right)$$

5. 機能維持評価

常設代替高圧電源装置発電機（No.6）の地震後の機能維持評価について，以下に示す。

5.1 評価方法

車両に搭載している発電機の動的機能維持を確認した機能確認済加速度と設置場所の最大応答加速度を比較し，設置場所の最大応答加速度が機能確認済加速度以下であることを確認することで実施する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度

項　目	機能確認済加速度 （×9.8 m/s^2）
水　平	2.04
鉛　直	1.14

6. 評価結果

常設代替高圧電源装置発電機（No.6）について，耐震計算結果を次頁以降に示す。発生値は許容応力以下であり，耐震性を有することを確認した。また，常設代替高圧電源装置置場の加速度は機能確認済加速度以下であり，基準地震動Ｓ$_s$に対して動的機能が維持されることを確認した。

東海第二発電所　常設代替高圧電源装置発電機（No.6）の耐震計算書

1．設計条件

設備分類	設置場所 (m)	取付ボルト 配置状態	周囲環境温度 (℃)
常設耐震／防止 常設／緩和	[redacted] EL. 11.00	矩形配置	40

2．設計用加速度及び評価用加速度

評価用加速度(m/s^2) (機能維持評価)		設計用加速度(m/s^2) (応力評価)		回転体振動による 加速度(m/s^2)		回転によるモーメント（取付ボルトのみ） M_p(N･mm)
水　平	鉛　直	水　平（a_H）	鉛　直（a_V）	水　平 (a_p)	鉛　直 (a_p)	
4.51	4.12	43.5	66.4	3.71	3.71	8785352.9

3．機器要目

評価部位	m (kg)	h_G (mm)	A_{bt} (mm^2)	n (本)	n_1 (本)	n_2 (本)	L_1 (mm)	L_G (mm)	L_{1X} (mm)	L_{2X} (mm)	L_{GX} (mm)	R (min^{-1})	P (kW)	p (μm)
取付ボルト	[redacted]		380.1	6	3	2	890	445	1128	564	478	1500	1380	[redacted]

4．結　果

4.1　応力評価結果

評価部位	材　料	評価応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
取付ボルト	10.9	引　張	237	525
		せん断	102	403
		組合せ	237	525

評価応力は全て許容値以下である。

4.2　機能維持評価結果

		評価用加速度 (×9.8 m/s^2)	機能確認済加速度 (×9.8 m/s^2)
発電機	水平	0.46	2.04
	鉛直	0.42	1.14

評価用加速度は，すべて機能確認済加速度以下である。

Ⅴ-2-10-1-4-5-1　常設代替高圧電源装置制御盤（No.1～No.5）の耐震性についての計算書

目次

1. 概要 1
2. 基本方針 1
2.1 構造の説明 1
2.2 評価方針 3
3. 耐震評価箇所 4
4. 応力評価 4
4.1 基本方針 4
4.2 設計用地震力 4
4.3 荷重の組合せ及び許容応力 4
4.4 応力評価方法 7
5. 機能維持評価 10
5.1 機能維持評価方法 10
6. 評価結果 10

1. 概要

本資料は，添付書類「V-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，常設代替高圧電源装置制御盤（No.1～No.5）が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。その耐震評価は応力評価及び機能維持評価により行う。

また，間接支持構造物である車両が設計用地震力に対して十分な支持機能を有していることは，添付書類「V-2-10-1-4-1-1　常設代替高圧電源装置内燃機関（No.1～No.5）の耐震性についての計算書」で説明している。

常設代替高圧電源装置制御盤（No.1～No.5）は，重大事故等対処設備において常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，この分類に応じた耐震評価を示す。

2. 基本方針

2.1 構造の説明

常設代替高圧電源装置制御盤（No.1～No.5）の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　常設代替高圧電源装置制御盤（No.1～No.5）の構造計画

設備名称	計画の概要		説明図
	支持構造	主体構造	
常設代替高圧電源装置制御盤（No.1～No.5）	車載式のディーゼル発電装置で，制御盤は取付ボルトにて車体に固定する。	直立形（鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤）	図 2-1 図 2-2 図 2-3

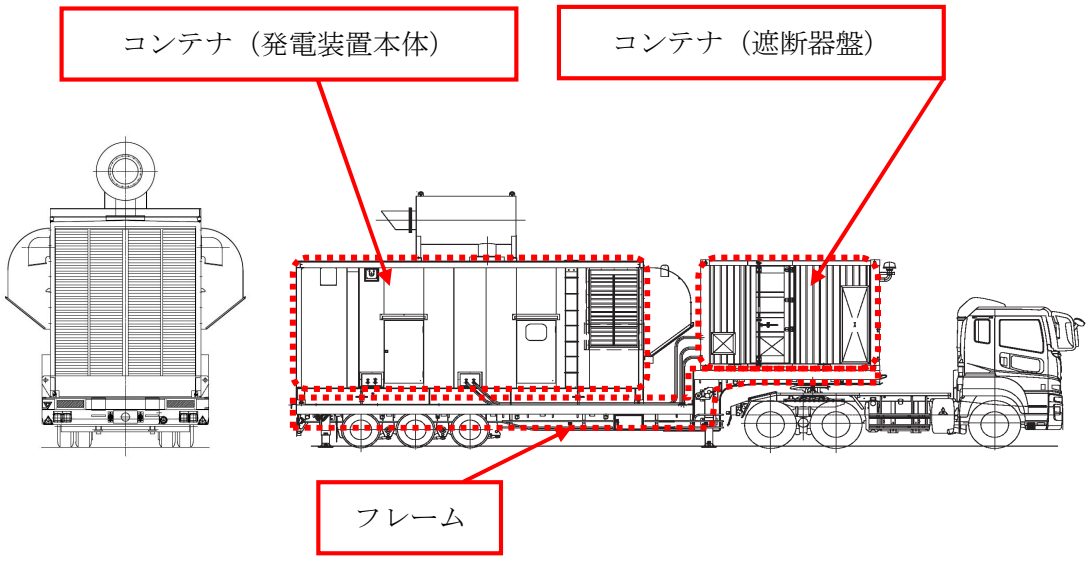
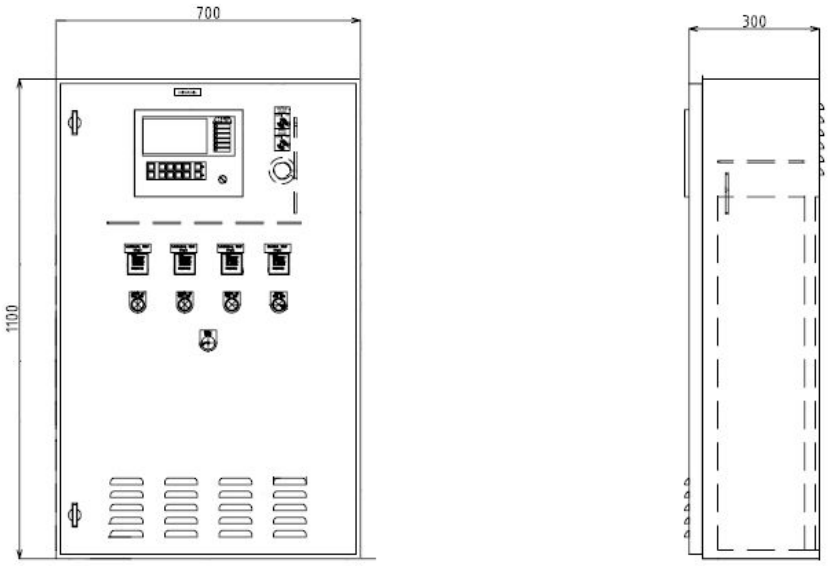


図 2-1　常設代替高圧電源装置（No.1～No.5）の構造図

図 2-2　常設代替高圧電源装置制御盤（No.1～No.5）の配置図



（単位：mm）

図 2-3　常設代替高圧電源装置制御盤（No.1～No.5）の外形図

2.2　評価方針

常設代替高圧電源装置制御盤（No.1～No.5）の応力評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.1　構造の説明」にて示す制御盤の部位を踏まえ「3.　耐震評価箇所」にて設定する箇所に発生する応力等が許容限界内に収まることを，添付書類「Ⅴ-2-10-1-4-1-1　常設代替高圧電源装置内燃機関（No.1～No.5）の耐震性についての計算書」の「4.　車両の加振試験」で得られた最大応答加速度を用いて設計用加速度を設定し，「4.　応力評価」にて示す方法にて確認することで実施する。

また，常設代替高圧電源装置制御盤（No.1～No.5）の機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した電気的機能維持の方針に基づき，設置場所の最大応答加速度が機能確認済加速度（加振試験における加振台の最大加速度）以下であることを，「5.　機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「6.　評価結果」に示す。

常設代替高圧電源装置制御盤（No.1～No.5）の耐震評価フローを図 2-4 に示す。

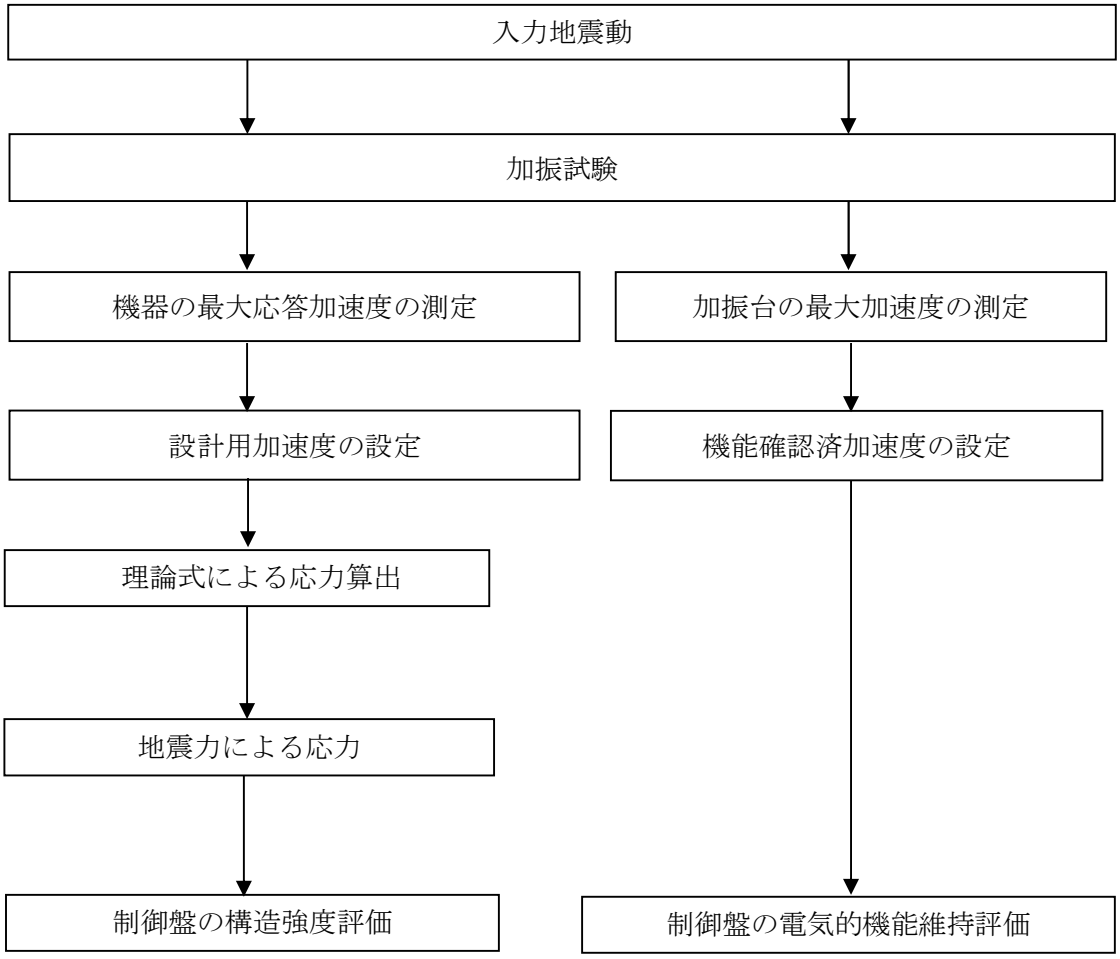


図 2-4　常設代替高圧電源装置制御盤（No.1～No.5）の耐震評価フロー

3.　耐震評価箇所

常設代替高圧電源装置制御盤（No.1～No.5）の耐震評価は，耐震評価上厳しくなる取付ボルトを選定して実施する。

4.　応力評価

4.1　基本方針

(1)　常設代替高圧電源装置制御盤（No.1～No.5）の応力計算モデルは，1 質点系モデルとする。

(2)　加振試験により得られた制御盤頂部における最大応答加速度の 1.2 倍を用いて発生応力を算出し，応力評価を行う。

(3)　許容応力についてＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ１－2005/2007 の付録材料図表を用いて計算する際に，温度が付録材料図表記載値の中間の値の場合は，比例法を用いて計算する。

ただし，比例法を用いる場合の端数処理は，小数第 1 位以下を切り捨てた値を用いるものとする。

(4)　耐震計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

4.2　設計用地震力

耐震計算に用いる設計用地震力には，添付書類「Ⅴ-2-1-7　設計用床応答曲線の作成方針」にて作成した床応答曲線を上回るように設定した入力地震動を用いて，添付書類「Ⅴ-2-10-1-4-1-1　常設代替高圧電源装置内燃機関（No.1～No.5）の耐震性についての計算書」の「4. 車両の加振試験」を実施し，当該加振試験により得られた，制御盤頂部における最大応答加速度の 1.2 倍を用いる。

4.3　荷重の組合せ及び許容応力

4.3.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

常設代替高圧電源装置制御盤（No.1～No.5）の荷重の組合せ及び許容応力状態について，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.3.2　許容応力

常設代替高圧電源装置制御盤（No.1～No.5）の許容応力を表 4-2 に示す。

4.3.3　使用材料の許容応力評価条件

常設代替高圧電源装置制御盤（No.1～No.5）の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-3 に示す。

表 4-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源設備	非常用発電装置	常設代替高圧電源装置制御盤（No.1～No.5）	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS （V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記　＊1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

＊3：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4-2　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界* (ボルト等)	
	一次応力	
	引張	せん断
$Ⅳ_AS$	1.5・f_t*	1.5・f_s*
$Ⅴ_AS$ （$Ⅴ_AS$として$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）		

注記　＊：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

表 4-3　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部位	強度区分	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	F* (MPa)
取付ボルト	10.9*	周囲環境温度	40	900	1000	700

注記　＊：ＪＩＳ　Ｂ　１０５１に規定される材料を使用。

4.4　応力評価方法

4.4.1　記号の説明

記　号	定　義	単　位
A_{bt}	取付ボルト軸断面積	mm^2
a_H	水平設計用加速度（加振試験で得られた制御盤頂部の最大応答加速度の 1.2 倍）	m/s^2
a_V	鉛直設計用加速度（加振試験で得られた制御盤頂部の最大応答加速度の 1.2 倍）	m/s^2
g	重力加速度（=9.80665）	m/s^2
h_G	取付面から制御盤重心までの高さ	mm
L_1	支点となる取付ボルトから評価対象となる取付ボルトまでの距離（短辺方向）	mm
ℓ_1	支点となる取付ボルトから重心までの距離（短辺方向）	mm
L_{1X}	支点となる取付ボルトから評価対象となる取付ボルトまでの距離（長辺方向）	mm
L_{2X}	支点となる取付ボルトから評価対象となる取付ボルトまでの距離（長辺方向）	mm
ℓ_{1X}	支点となる取付ボルトから重心までの距離（長辺方向）	mm
m	制御盤の質量	kg
n	取付ボルト総本数	本
n_1	短辺方向に設けた取付ボルトの片側本数	本
n_2	長辺方向に設けた取付ボルトの片側本数	本
σ_{bt}	取付ボルト引張応力	MPa
τ_b	取付ボルトせん断応力	MPa

4.4.2　応力計算方法

取付ボルトの応力評価を行う。応力評価にあたっては，ＪＥＡＧ４６０１－1987 の評価式にて評価を行う。

4.4.3　引張応力の評価

引張応力は，取付ボルトを支点とする転倒を考え，これを片側の取付ボルトで受けるものとして計算する。

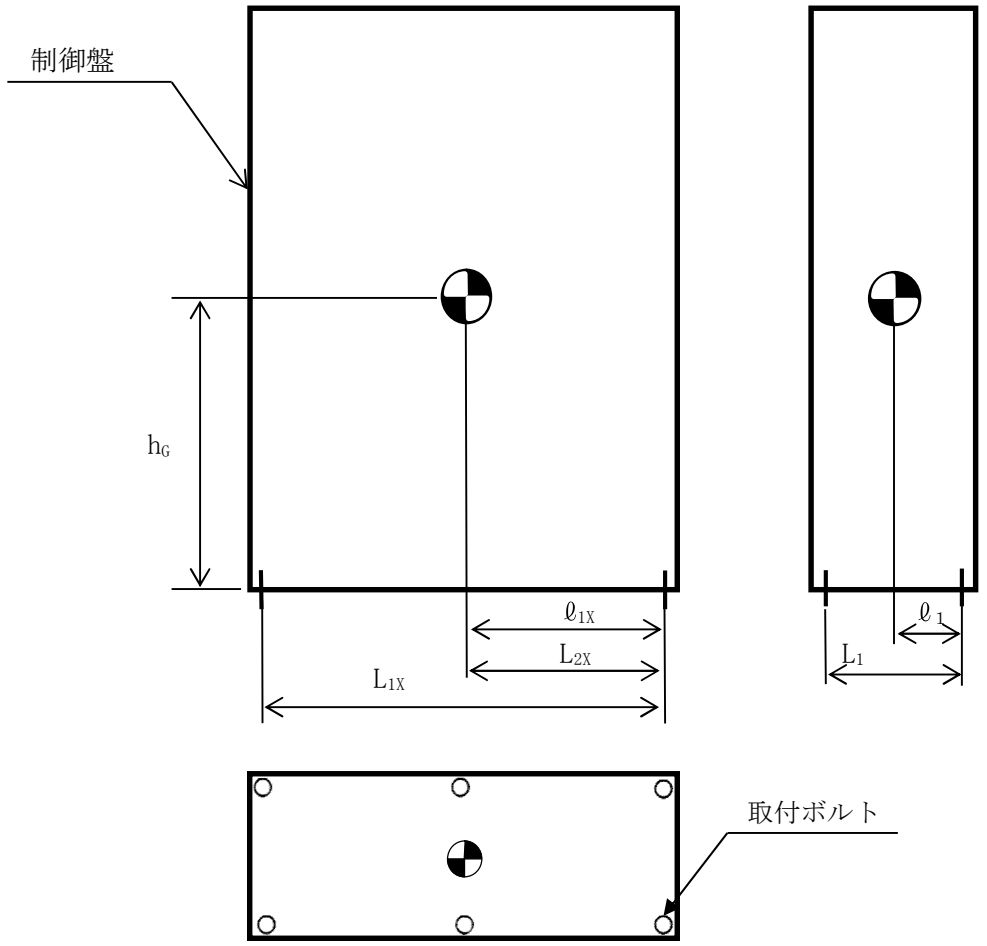


図 4-1　制御盤　取付ボルトの計算モデル図

図 4-1 に示すモーメントのつり合い式より以下の各計算式が得られる。

【長辺方向の引張応力計算式】

$$\sigma_{bt} = \frac{\{m \cdot a_H \cdot h_G - m \cdot (g - a_V) \cdot \ell_{1X}\} \cdot L_{1X}}{n_1 \cdot (L_{1X}^2 + L_{2X}^2) \cdot A_{bt}}$$

【短辺方向の引張応力計算式】

$$\sigma_{bt} = \frac{m \cdot a_H \cdot h_G - m \cdot (g - a_V) \cdot \ell_1}{n_2 \cdot A_{bt} \cdot L_1}$$

σ_{bt} は，上式で得られる大きい方の値とする。

4.4.4　せん断応力の評価

せん断応力は，全ボルトで受けるものとして計算する。

$$\tau_b = \frac{m \cdot a_H}{n \cdot A_{bt}}$$

4.4.5　組合せ応力の評価

引張応力とせん断応力の組合せ応力をＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ１－2005/2007　ＳＳＢ－３１３３に基づき次式で評価する。

$$\sigma_{bt} \leqq \min\left(1.4 \times 1.5 f_t^* - 1.6\tau_b,\ 1.5 f_t^*\right)$$

5.　機能維持評価

常設代替高圧電源装置制御盤（No.1～No.5）の地震後の機能維持評価について，以下に示す。

5.1　機能維持評価方法

車両に搭載している制御盤の電気的機能維持を確認した機能確認済加速度と設置場所の最大応答加速度を比較し，設置場所の最大応答加速度が機能確認済加速度以下であることを確認することで実施する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1　機能確認済加速度

項　目	機能確認済加速度 （×9.8 m/s^2）
水　平	1.37
鉛　直	1.41

6.　評価結果

常設代替高圧電源装置制御盤（No.1～No.5）について，耐震計算結果を次頁以降に示す。発生値は許容応力以下であり，耐震性を有することを確認した。また，常設代替高圧電源装置置場の最大応答加速度は機能確認済加速度以下であり，基準地震動Ｓ$_s$に対して電気的機能が維持されることを確認した。

東海第二発電所　常設代替高圧電源装置制御盤（No.1～No.5）の耐震計算書

1．設計条件

設備分類	設置場所 (m)	取付ボルト 配置状態	周囲環境温度 (℃)
常設耐震／防止 常設／緩和	[redacted] EL. 11.00	矩形配置	40

2．設計用加速度及び評価用加速度

評価用加速度(m/s^2) (機能維持評価)		設計用加速度(m/s^2) (応力評価)	
水　平	鉛　直	水　平（a_H）	鉛　直（a_V）
4.51	4.12	32.6	32.8

3．機器要目

評価部位	A_{bt} (mm^2)	g (m/s^2)	h_G (mm)	L_1 (mm)	ℓ_1 (mm)	L_{1X} (mm)	L_{2X} (mm)	ℓ_{1X} (mm)	m (kg)	n (本)	n_1 (本)	n_2 (本)
取付ボルト	78.5	9.80665	[redacted]								2	3

4．結　果

4.1　応力評価結果

評価部位	材　料	評価応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
取付ボルト	10.9	引　張	42	525
		せん断	7	403
		組合せ	42	525

評価応力は全て許容値以下である。

4.2　機能維持評価結果

		評価用加速度 ($\times 9.8\ m/s^2$)	機能確認済加速度 ($\times 9.8\ m/s^2$)
制御盤	水平	0.46	1.37
	鉛直	0.42	1.41

評価用加速度は，すべて機能確認済加速度以下である。

Ⅴ-2-10-1-4-5-2　常設代替高圧電源装置制御盤（No.6）の耐震性についての計算書

目次

1. 概要 1
2. 基本方針 1
2.1 構造の説明 1
2.2 評価方針 3
3. 耐震評価箇所 4
4. 応力評価 4
4.1 基本方針 4
4.2 設計用地震力 4
4.3 荷重の組合せ及び許容応力 4
4.4 応力評価方法 7
5. 機能維持評価 10
5.1 機能維持評価方法 10
6. 評価結果 10

1. 概要

本資料は，添付書類「V-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，常設代替高圧電源装置制御盤（No.6）が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。その耐震評価は応力評価及び機能維持評価により行う。

また，間接支持構造物である車両が設計用地震力に対して十分な支持機能を有していることは，添付書類「V-2-10-1-4-1-2　常設代替高圧電源装置内燃機関（No.6）の耐震性についての計算書」で説明している。

常設代替高圧電源装置制御盤（No.6）は，重大事故等対処設備において常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，この分類に応じた耐震評価を示す。

2. 基本方針

2.1 構造の説明

常設代替高圧電源装置制御盤（No.6）の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　常設代替高圧電源装置制御盤（No.6）の構造計画

設備名称	計画の概要		説明図
	支持構造	主体構造	
常設代替高圧電源装置制御盤（No.6）	車載式のディーゼル発電装置で，制御盤は取付ボルトにて車体に固定する。	直立形（鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤）	図 2-1 図 2-2 図 2-3

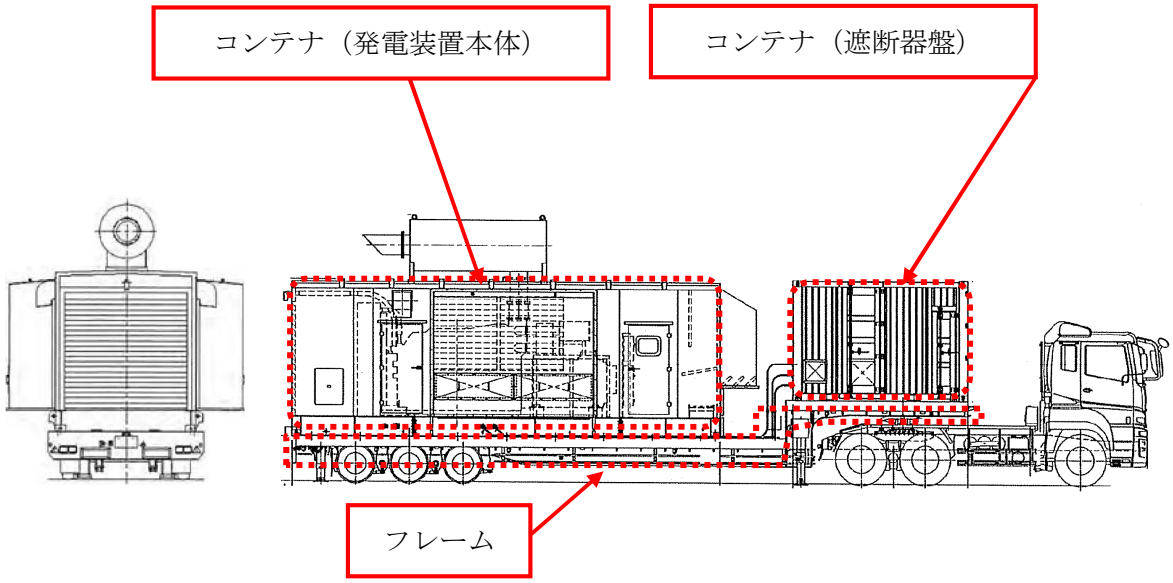
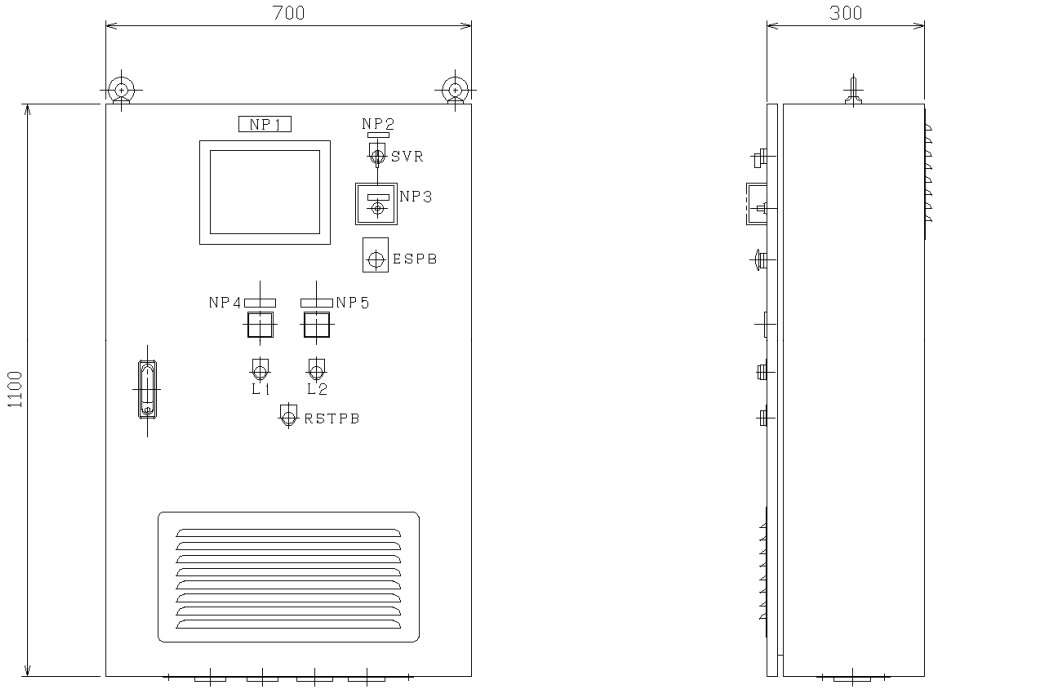


図 2-1　常設代替高圧電源装置（No.6）の構造図

図 2-2　常設代替高圧電源装置制御盤（No.6）の配置図



（単位：mm）

図 2-3　常設代替高圧電源装置制御盤（No.6）の外形図

2.2　評価方針

常設代替高圧電源装置制御盤（No.6）の応力評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.1　構造の説明」にて示す制御盤の部位を踏まえ「3.　耐震評価箇所」にて設定する箇所に発生する応力等が許容限界内に収まることを，添付書類「Ⅴ-2-10-1-4-1-2　常設代替高圧電源装置内燃機関（No.6）の耐震性についての計算書」の「4.　車両の加振試験」で得られた最大応答加速度を用いて設計用加速度を設定し，「4.　応力評価」にて示す方法にて確認することで実施する。

また，常設代替高圧電源装置制御盤（No.6）の機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定した電気的機能維持の方針に基づき，設置場所の最大応答加速度が機能確認済加速度（加振試験における加振台の最大加速度）以下であることを，「5.　機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「6.　評価結果」に示す。

常設代替高圧電源装置制御盤（No.6）の耐震評価フローを図 2-4 に示す。

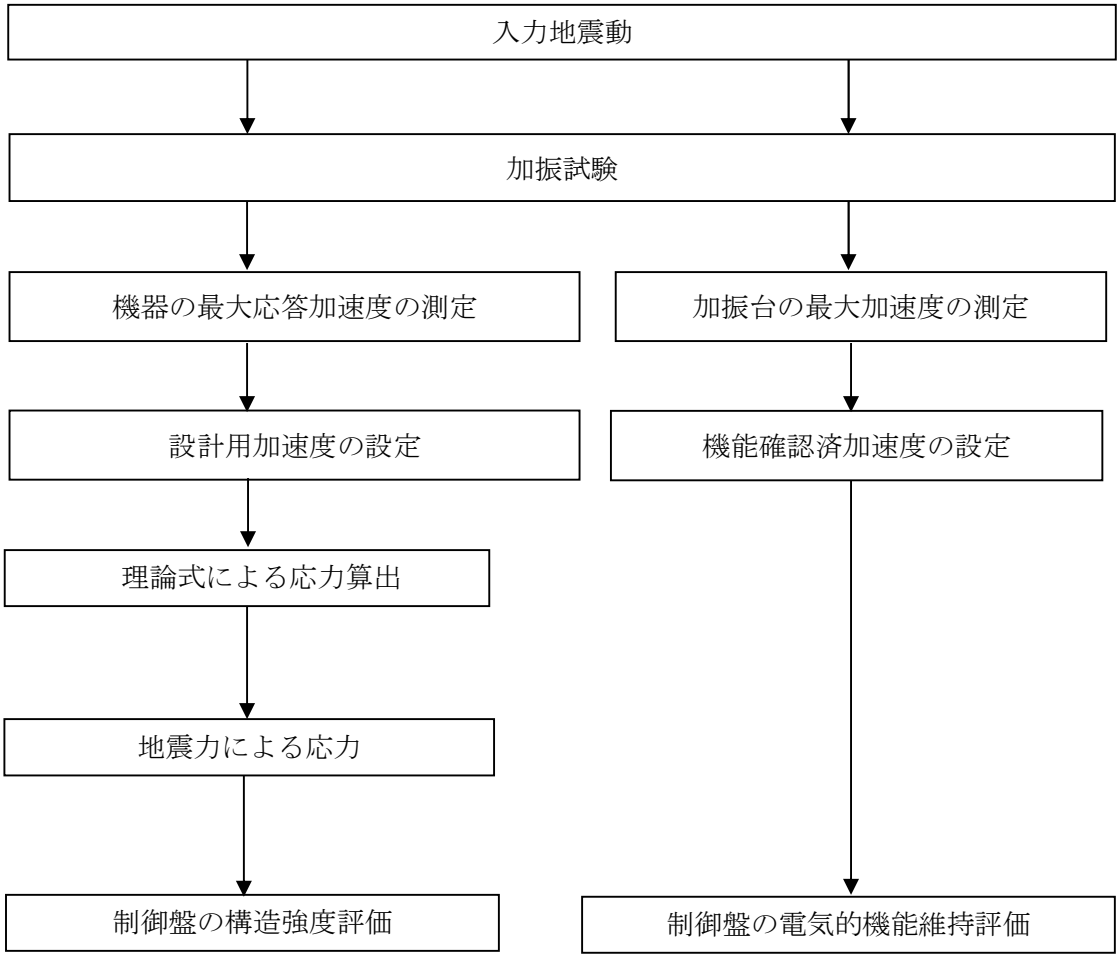


図 2-4　常設代替高圧電源装置制御盤（No.6）の耐震評価フロー

3.　耐震評価箇所

常設代替高圧電源装置制御盤（No.6）の耐震評価は，耐震評価上厳しくなる取付ボルトを選定して実施する。

4.　応力評価

4.1　基本方針

(1)　常設代替高圧電源装置制御盤（No.6）の応力計算モデルは，1質点系モデルとする。

(2)　加振試験により得られた制御盤頂部における最大応答加速度の1.2倍を用いて発生応力を算出し，応力評価を行う。

(3)　許容応力についてＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ１－2005/2007 の付録材料図表を用いて計算する際に，温度が付録材料図表記載値の中間の値の場合は，比例法を用いて計算する。

ただし，比例法を用いる場合の端数処理は，小数第1位以下を切り捨てた値を用いるものとする。

(4)　耐震計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

4.2　設計用地震力

耐震計算に用いる設計用地震力には，添付書類「Ⅴ-2-1-7　設計用床応答曲線の作成方針」にて作成した床応答曲線を上回るように設定した入力地震動を用いて，添付書類「Ⅴ-2-10-1-4-1-2　常設代替高圧電源装置内燃機関（No.6）の耐震性についての計算書」の「4.　車両の加振試験」を実施し，当該加振試験により得られた，制御盤頂部における最大応答加速度の1.2倍を用いる。

4.3　荷重の組合せ及び許容応力

4.3.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

常設代替高圧電源装置制御盤（No.6）の荷重の組合せ及び許容応力状態について，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-1に示す。

4.3.2　許容応力

常設代替高圧電源装置制御盤（No.6）の許容応力を表4-2に示す。

4.3.3　使用材料の許容応力評価条件

常設代替高圧電源装置制御盤（No.6）の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-3に示す。

表 4-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源設備	非常用発電装置	常設代替高圧電源装置制御盤（No.6）	常設耐震／防止常設／緩和	—*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS（V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記　＊1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

＊3：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4-2　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界* (ボルト等)	
	一次応力	
	引張	せん断
$Ⅳ_AS$	$1.5 \cdot f_t$*	$1.5 \cdot f_s$*
$Ⅴ_AS$ （$Ⅴ_AS$として$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）		

注記　＊：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

表 4-3　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部位	強度区分	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	F* (MPa)
取付ボルト	10.9*	周囲環境温度	40	900	1000	700

注記　＊：ＪＩＳ　Ｂ　１０５１に規定される材料を使用。

4.4　応力評価方法

4.4.1　記号の説明

記　号	定　義	単　位
A_{bt}	取付ボルト軸断面積	mm^2
a_H	水平設計用加速度（加振試験で得られた制御盤頂部の最大応答加速度の 1.2 倍）	m/s^2
a_V	鉛直設計用加速度（加振試験で得られた制御盤頂部の最大応答加速度の 1.2 倍）	m/s^2
g	重力加速度（=9.80665）	m/s^2
h_G	取付面から制御盤重心までの高さ	mm
L_1	支点となる取付ボルトから評価対象となる取付ボルトまでの距離（短辺方向）	mm
ℓ_1	支点となる取付ボルトから重心までの距離（短辺方向）	mm
L_{1X}	支点となる取付ボルトから評価対象となる取付ボルトまでの距離（長辺方向）	mm
ℓ_{1X}	支点となる取付ボルトから重心までの距離（長辺方向）	mm
m	制御盤の質量	kg
n	取付ボルト総本数	本
n_1	短辺方向に設けた取付ボルトの片側本数	本
n_2	長辺方向に設けた取付ボルトの片側本数	本
σ_{bt}	取付ボルト引張応力	MPa
τ_b	取付ボルトせん断応力	MPa

4.4.2　応力計算方法

取付ボルトの応力評価を行う。応力評価にあたっては，ＪＥＡＧ４６０１－1987 の評価式にて評価を行う。

4.4.3　引張応力の評価

引張応力は，取付ボルトを支点とする転倒を考え，これを片側の取付ボルトで受けるものとして計算する。

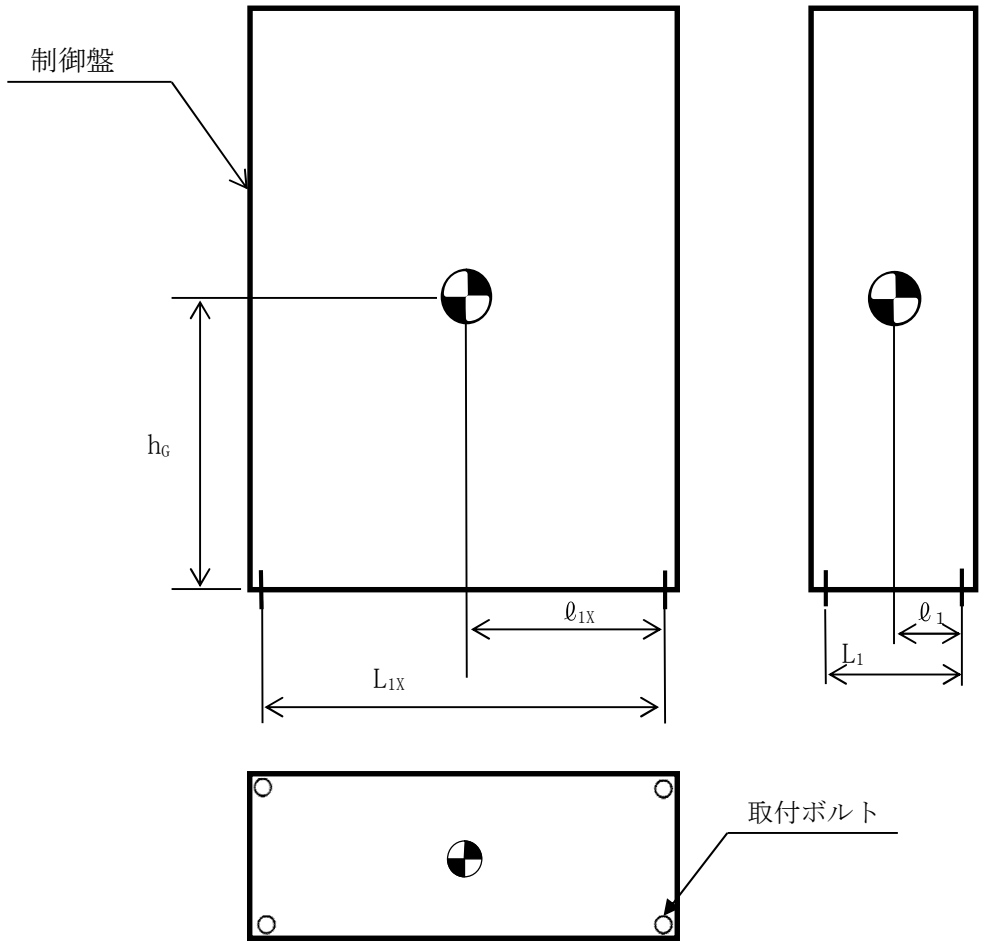


図 4-1　制御盤　取付ボルトの計算モデル図

図 4-1 に示すモーメントのつり合い式より以下の各計算式が得られる。

【長辺方向の引張応力計算式】

$$\sigma_{bt} = \frac{m \cdot a_H \cdot h_G - m \cdot \left(g - a_V \right) \cdot \ell_{1X}}{n_1 \cdot A_{bt} \cdot L_{1X}}$$

【短辺方向の引張応力計算式】

$$\sigma_{bt} = \frac{m \cdot a_H \cdot h_G - m \cdot \left(g - a_V \right) \cdot \ell_1}{n_2 \cdot A_{bt} \cdot L_1}$$

σ_{bt} は，上式で得られる大きい方の値とする。

4.4.4　せん断応力の評価

せん断応力は，全ボルトで受けるものとして計算する。

$$\tau_b = \frac{m \cdot a_H}{n \cdot A_{bt}}$$

4.4.5　組合せ応力の評価

引張応力とせん断応力の組合せ応力をＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ１－2005/2007　ＳＳＢ－３１３３に基づき次式で評価する。

$$\sigma_{bt} \leqq \min\left(1.4 \times 1.5 f_t^* - 1.6\tau_b,\ 1.5 f_t^*\right)$$

5. 機能維持評価

常設代替高圧電源装置制御盤（No.6）の地震後の機能維持評価について，以下に示す。

5.1 機能維持評価方法

車両に搭載している制御盤の電気的機能維持を確認した機能確認済加速度と設置場所の最大応答加速度を比較し，設置場所の最大応答加速度が機能確認済加速度以下であることを確認することで実施する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度

項 目	機能確認済加速度 （×9.8 m/s^2）
水 平	2.04
鉛 直	1.14

6. 評価結果

常設代替高圧電源装置制御盤（No.6）について，耐震計算結果を次頁以降に示す。発生値は許容応力以下であり，耐震性を有することを確認した。また，常設代替高圧電源装置置場の最大応答加速度は機能確認済加速度以下であり，基準地震動Ｓ$_s$に対して電気的機能が維持されることを確認した。

東海第二発電所　常設代替高圧電源装置制御盤（No.6）の耐震計算書

1．設計条件

設備分類	設置場所 (m)	取付ボルト 配置状態	周囲環境温度 (℃)
常設耐震／防止 常設／緩和	[redacted] EL. 11.00	矩形配置	40

2．設計用加速度及び評価用加速度

評価用加速度(m/s^2) (機能維持評価)		設計用加速度(m/s^2) (応力評価)	
水　平	鉛　直	水　平（a_H）	鉛　直（a_V）
4.51	4.12	29.6	52.8

3．機器要目

評価部位	A_{bt} (mm^2)	g (m/s^2)	h_G (mm)	L_1 (mm)	ℓ_1 (mm)	L_{1X} (mm)	ℓ_{1X} (mm)	m (kg)	n (本)	n_1 (本)	n_2 (本)
取付ボルト	78.5	9.80665	[redacted]							2	2

4．結　果

4.1　応力評価結果

評価部位	材　料	評価応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
取付ボルト	10.9	引　張	64	525
		せん断	10	403
		組合せ	64	525

評価応力は全て許容値以下である。

4.2　機能維持評価結果

		評価用加速度 ($\times 9.8\ m/s^2$)	機能確認済加速度 ($\times 9.8\ m/s^2$)
制御盤	水平	0.46	2.04
	鉛直	0.42	1.14

評価用加速度は，すべて機能確認済加速度以下である。

Ⅴ-2-10-1-4-6　管の耐震性についての計算書

目　　次

1.　概要 ･･･ 1
2.　概略系統図及び鳥瞰図 ･････････････････････････････････ 2
2.1　概略系統図 ･･ 2
2.2　鳥瞰図 ･･ 6
3.　計算条件 ･･･ 15
3.1　荷重の組合せ及び許容応力状態･･････････････････････････ 15
3.2　設計条件 ･･ 16
3.3　材料及び許容応力 ･････････････････････････････････････24
3.4　設計用地震力 ･･････････････････････････････････････ 25
4.　解析結果及び評価 ････････････････････････････････････26
4.1　固有周期及び設計震度 ･･･････････････････････････････ 26
4.2　評価結果 ･･ 32
4.2.1　管の応力評価結果 ･････････････････････････････････ 32
4.2.2　支持構造物評価結果 ･･･････････････････････････････ 33
4.2.3　弁の動的機能維持評価結果 ･･････････････････････････34
4.2.4　代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果 ･･･････････ 35

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」，「Ⅴ-2-1-12-1　配管及び支持構造物の耐震計算について」及び「Ⅴ-2-1-13-6　管の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき，管，支持構造物及び弁が設計用地震力に対して十分な構造強度又は動的機能を有していることを説明するものである。

評価結果記載方法は以下に示す通りである。

(1) 管

工事計画記載範囲の管のうち，各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また，全１３モデルのうち，各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（裕度）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図，計算条件及び評価結果を記載する。代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を4.2.4に記載する。

(2) 支持構造物

工事計画記載範囲の支持点のうち，種類及び型式ごとの反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。

(3) 弁

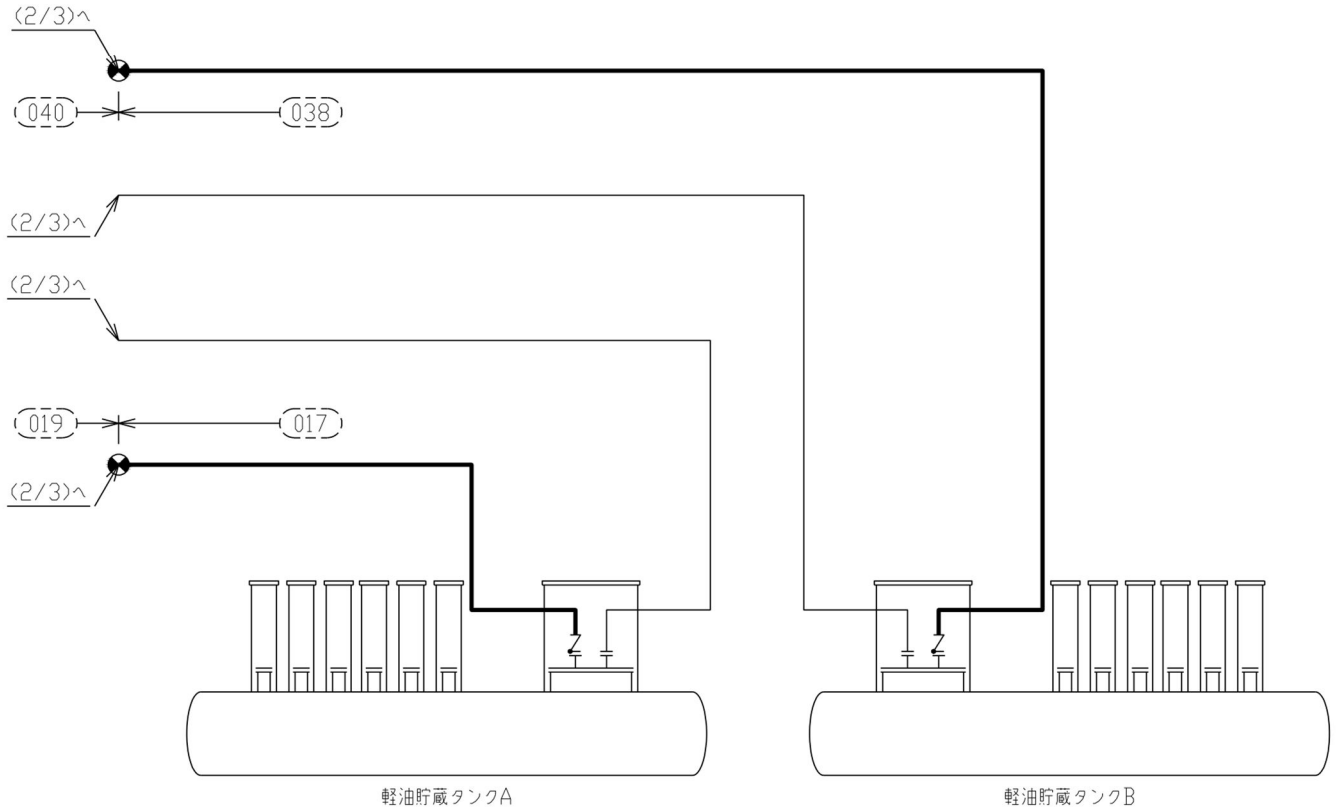
機能確認済加速度の応答加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として評価結果を記載する。

2.　概略系統図及び鳥瞰図

2.1　概略系統図

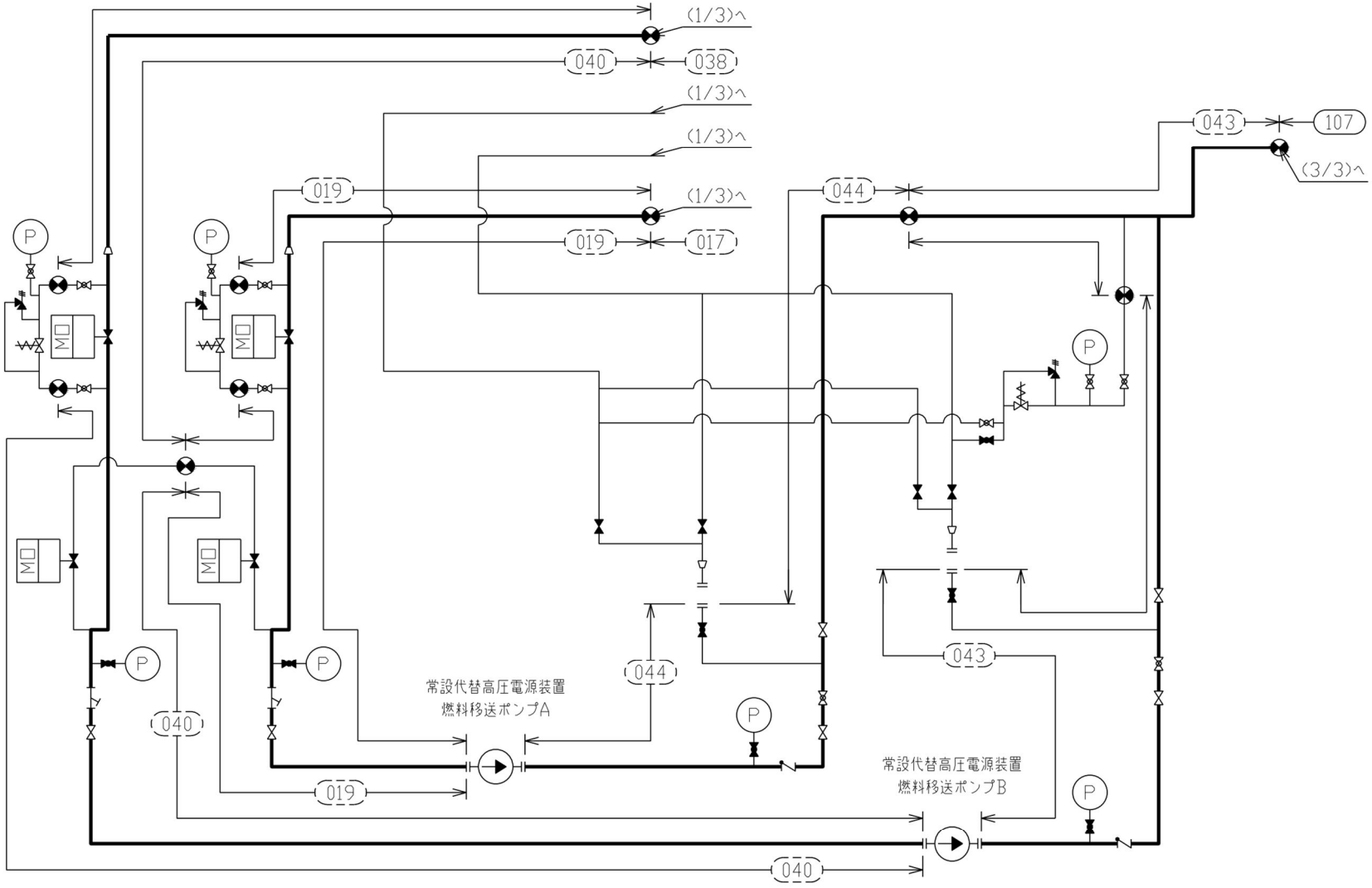
概略系統図記号凡例

記　　号	内　　容
━━━━━（太線）	工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管（重大事故等対処設備）
━ ━ ━（太破線）	工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管（設計基準対象施設）
―――――（細線）	工事計画記載範囲の管のうち，本系統の管であって他計算書記載範囲の管
― ― ― ― ―（破線）	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち，他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管
○○-○-○○	鳥瞰図番号（鳥瞰図，計算条件及び評価結果を記載する範囲）
○○-○-○○	鳥瞰図番号（評価結果のみ記載する範囲）
	アンカ
［管クラス］ 火技	火力技術基準適用の管



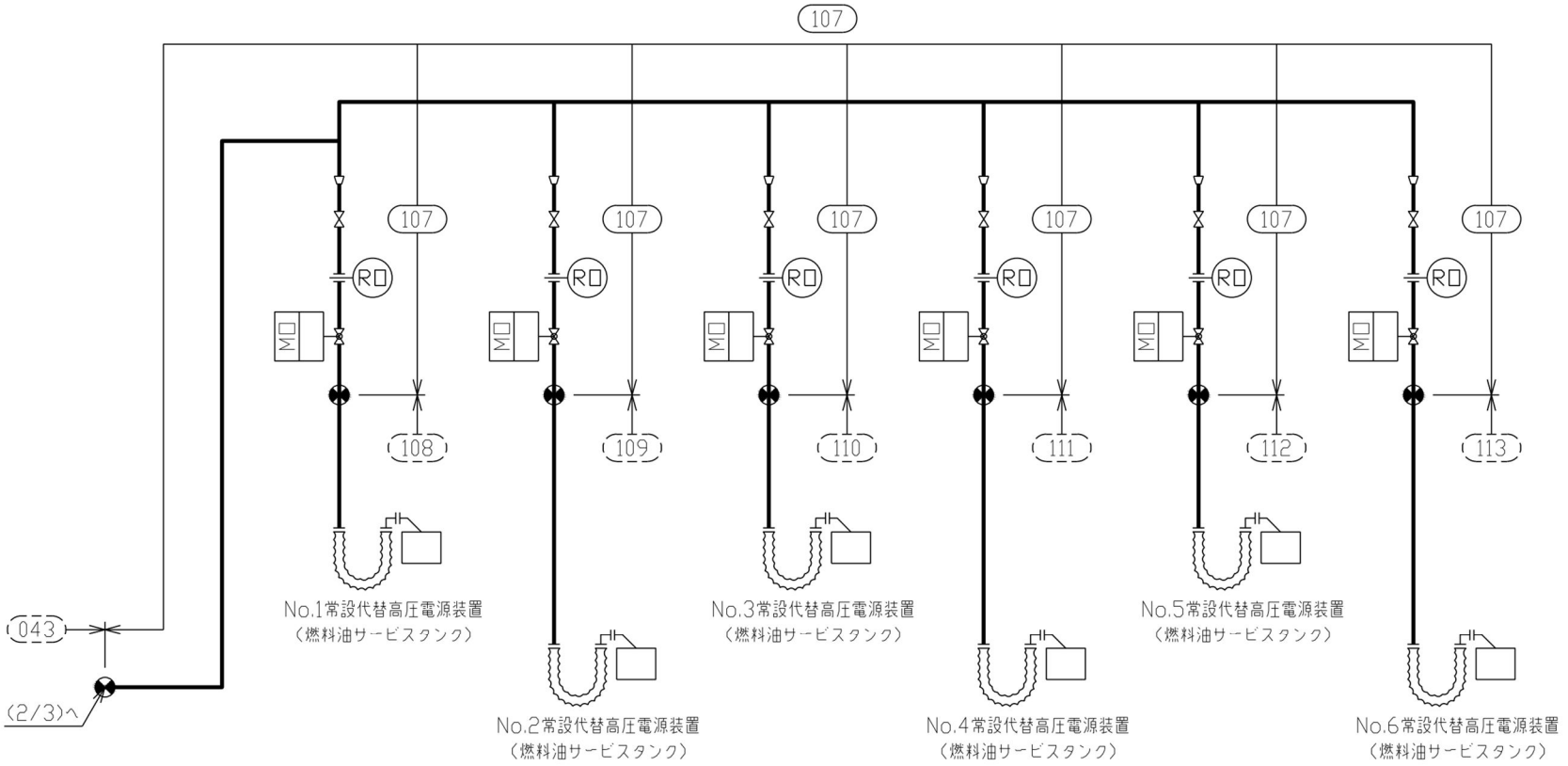
注1：図中，鳥瞰図番号先頭の「C-01-1360」を省略している。
注2：太線は管クラス火技，その他は工事計画記載範囲外とする。

常設代替高圧電源装置燃料油系概略系統図（1/3）



注1：図中，鳥瞰図番号先頭の「C-01-1360」を省略している。
注2：太線は管クラス火技，その他は工事計画記載範囲外とする。

常設代替高圧電源装置燃料油系概略系統図（2/3）

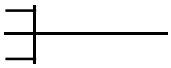
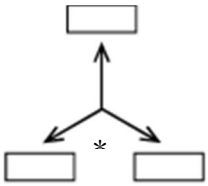


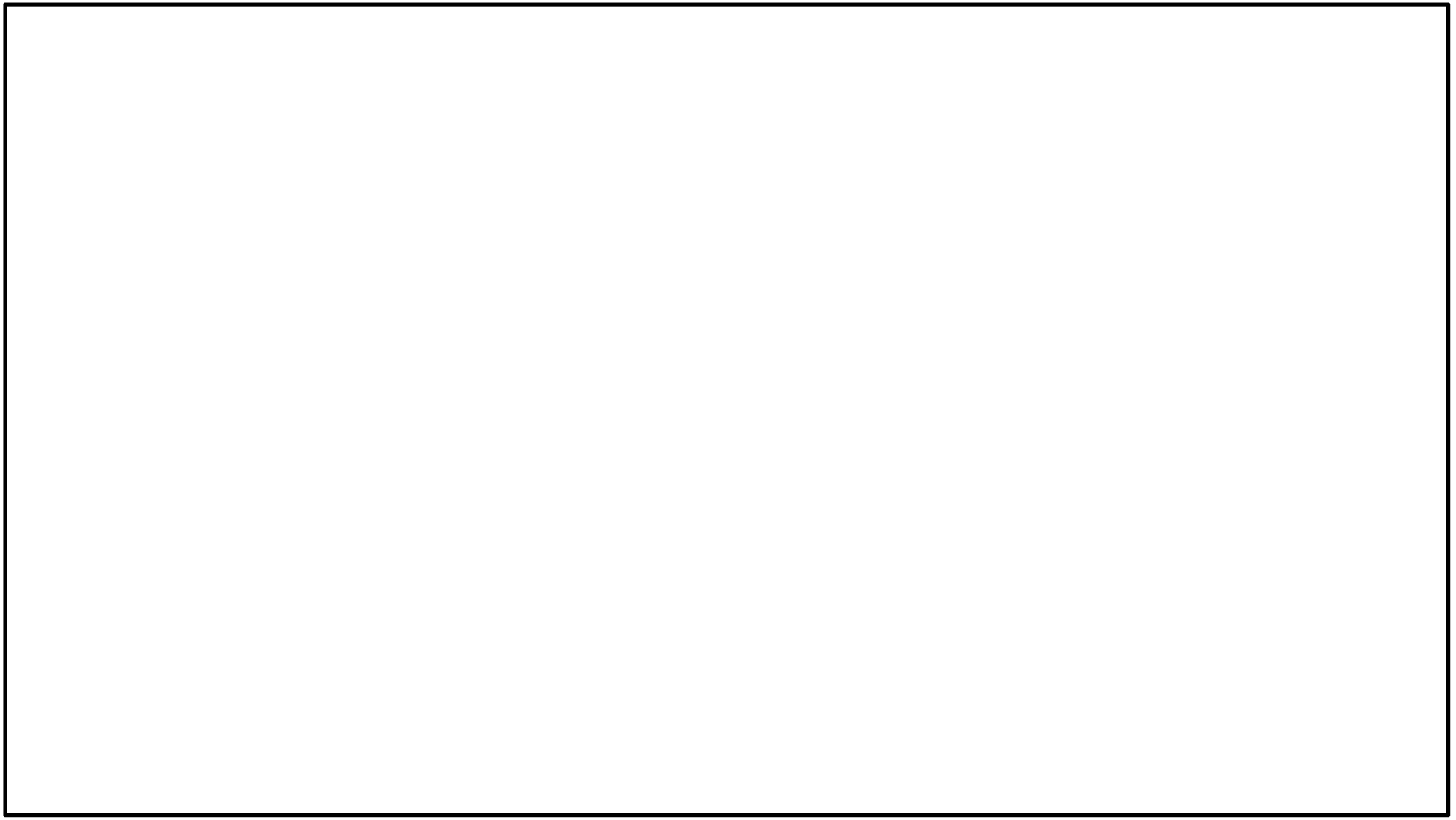
注1：図中，鳥瞰図番号先頭の「C-01-1360」を省略している。
注2：太線は管クラス火技，その他は工事計画記載範囲外とする。

常設代替高圧電源装置燃料油系概略系統図（3/3）

2.2　鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

記　　号	内　　容
（太線）	工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管 （重大事故等対処設備の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(SA)」,設計基準対象施設の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(DB)」とする。）
（細線）	工事計画記載範囲の管のうち，本系統の管であって他計算書記載範囲の管
●	質　　点
	ア　ン　カ
	レストレイント
	拘束点の地震による相対変位量（mm） （＊は評価点番号，矢印は拘束方向を示す。また,□内に変位量を記載する。）
	注：　鳥瞰図中の寸法の単位はmmである。

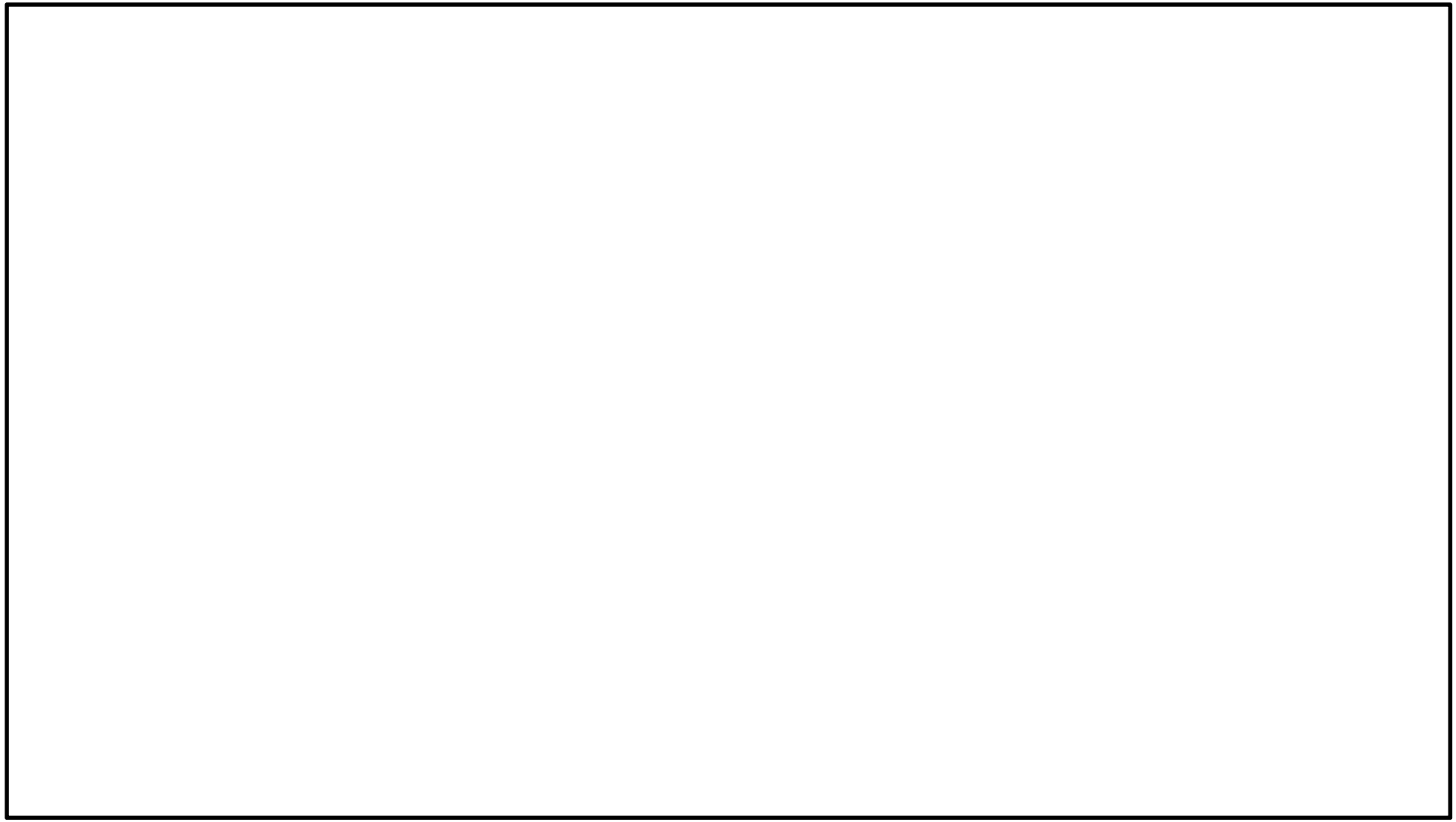


注　：特記無きエルボはロングエルボである。
　　エルボ部の曲げ半径はＪＩＳ　Ｂ　２３１２による。

鳥瞰図	C-01-1360-107(SA) (1/8)

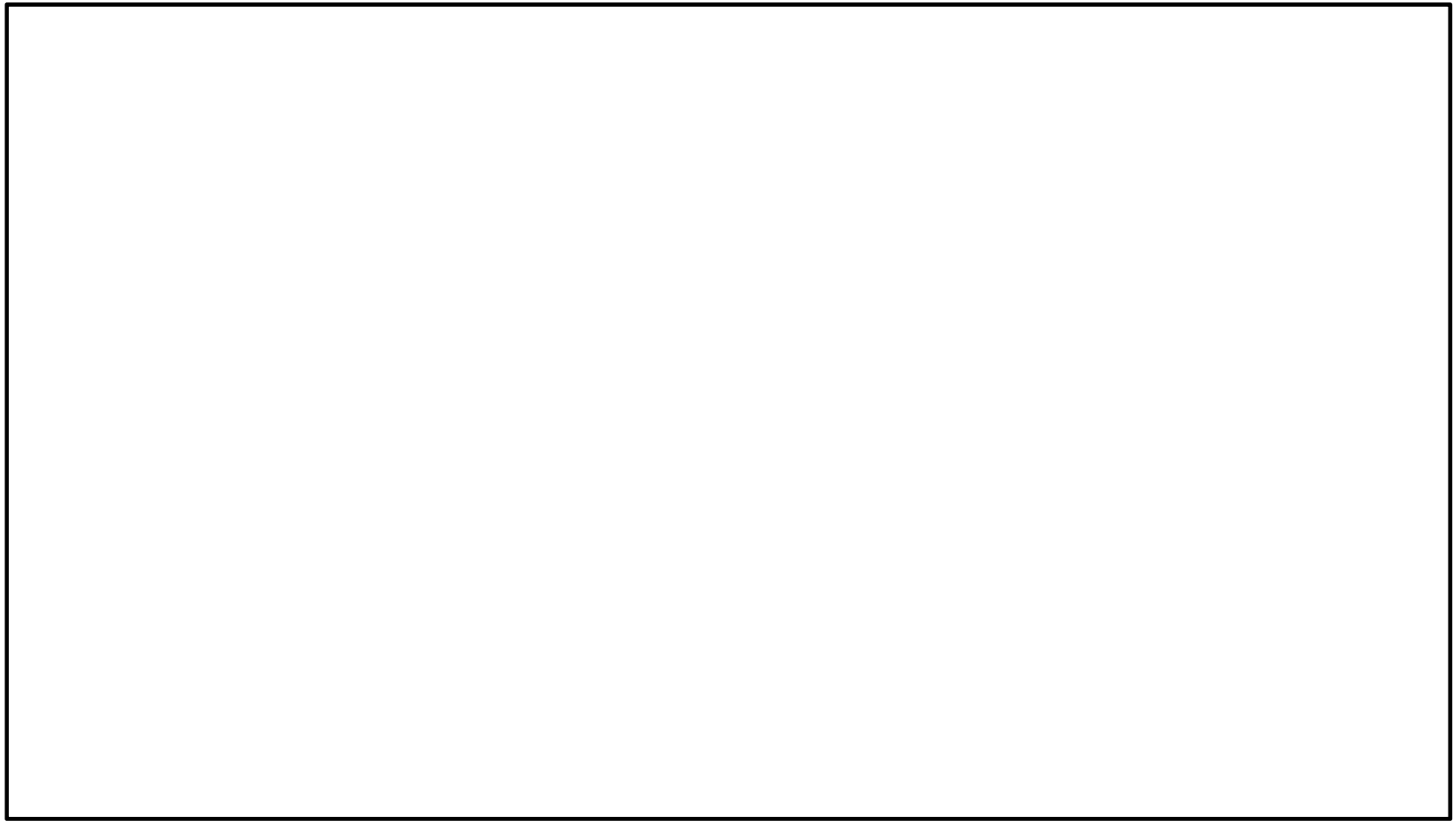
注　：特記無きエルボはロングエルボである。
　　エルボ部の曲げ半径はＪＩＳ　Ｂ　２３１２による。

鳥瞰図	C-01-1360-107(SA) (2/8)



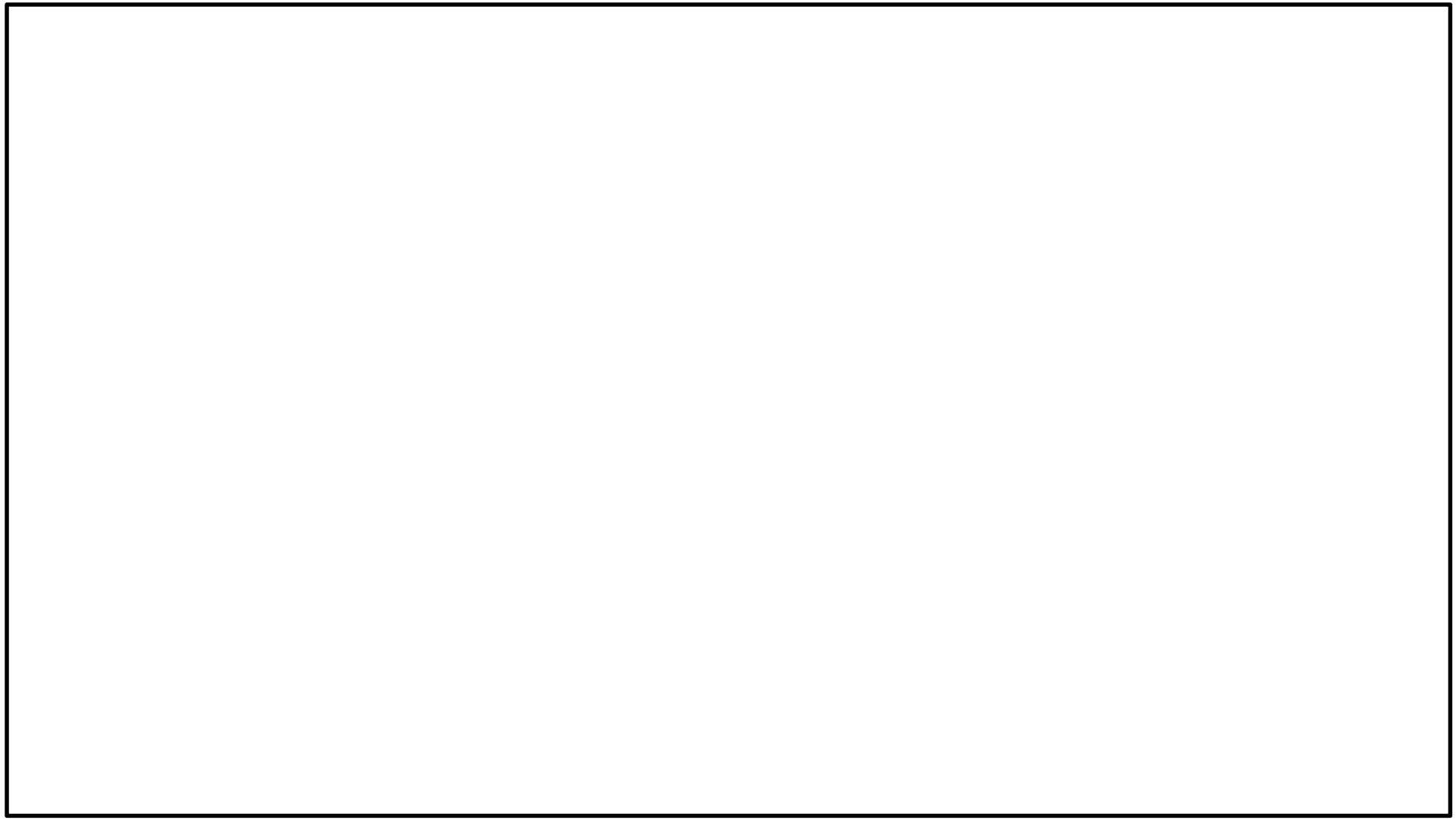
注　：特記無きエルボはロングエルボである。
　　エルボ部の曲げ半径はＪＩＳ　Ｂ　２３１２による。

鳥瞰図	C-01-1360-107(SA) (3/8)



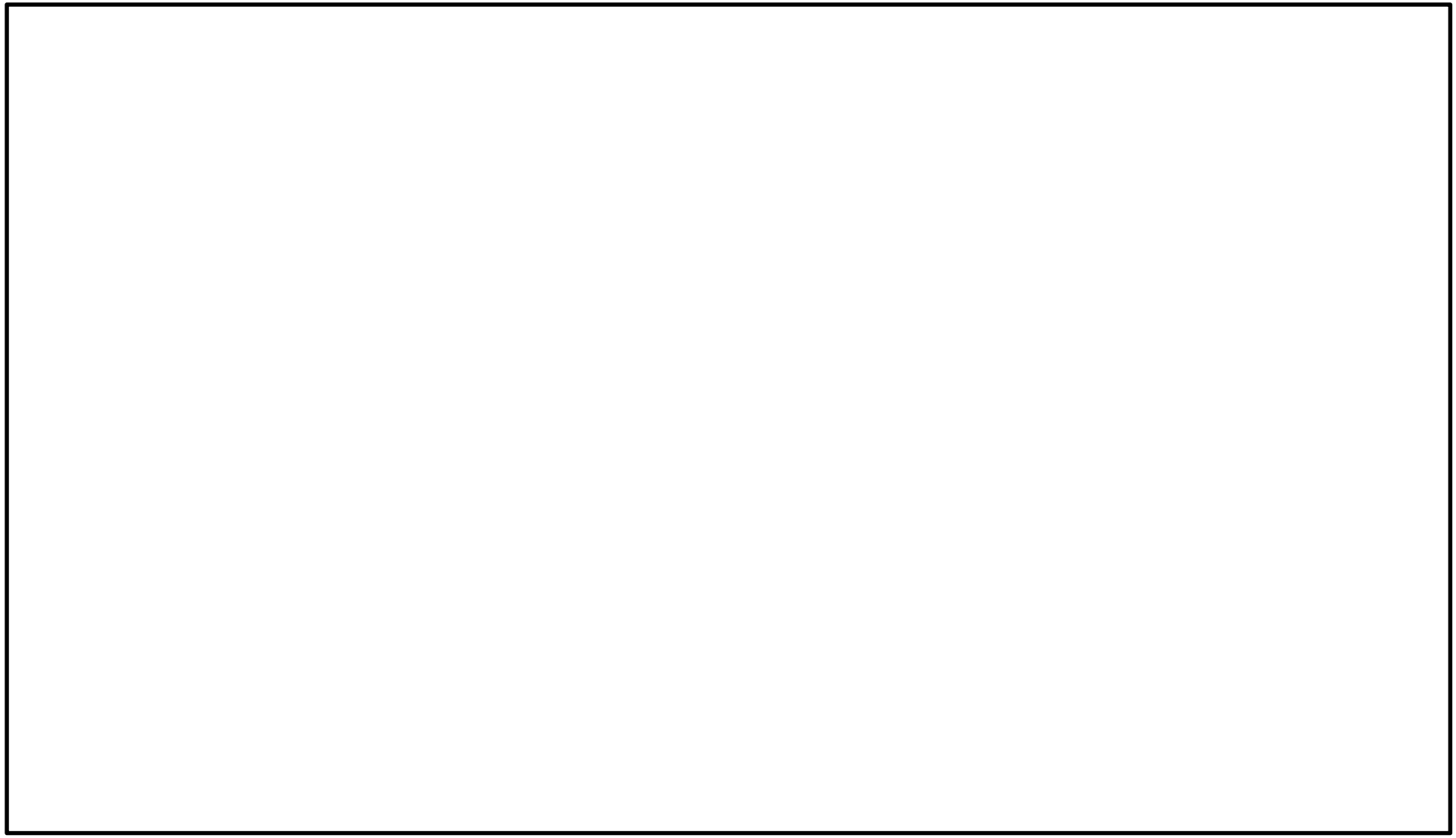
注　：特記無きエルボはロングエルボである。
　　エルボ部の曲げ半径はＪＩＳ　Ｂ　２３１２による。

鳥瞰図	C-01-1360-107(SA) (4/8)



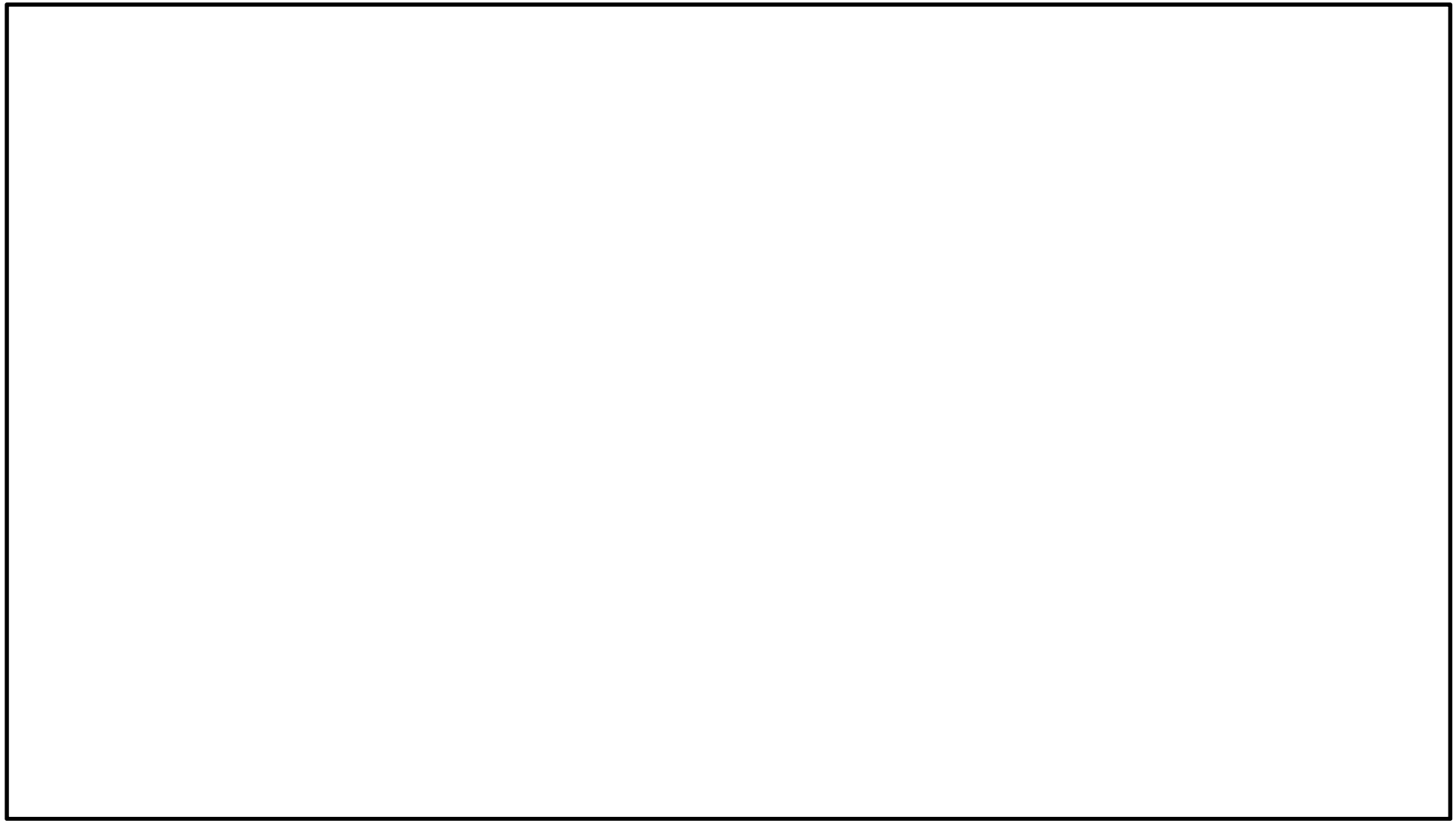
注　：特記無きエルボはロングエルボである。
　　エルボ部の曲げ半径はＪＩＳ　Ｂ　２３１２による。

鳥瞰図	C-01-1360-107(SA) (5/8)



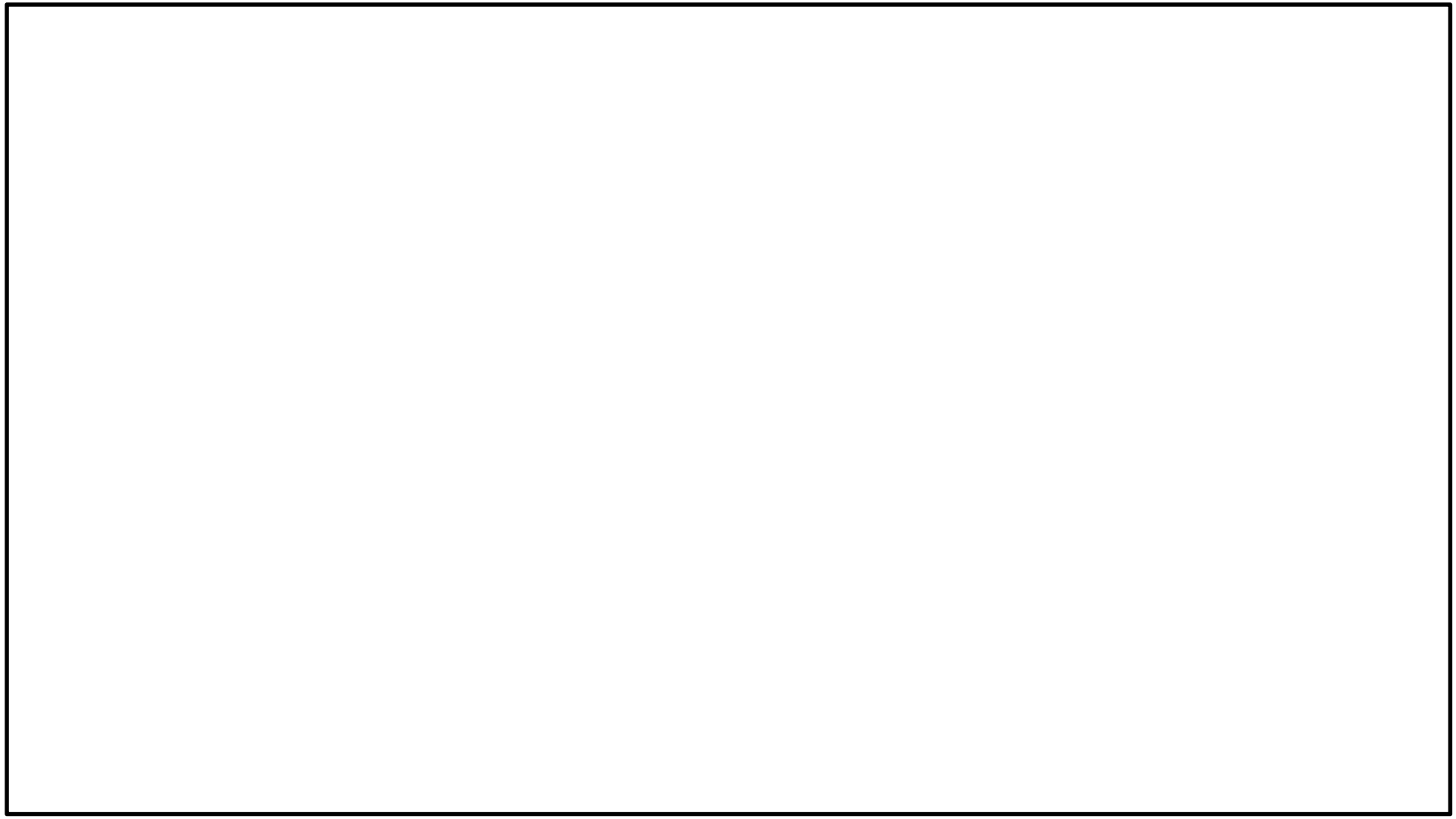
注　：特記無きエルボはロングエルボである。
　　エルボ部の曲げ半径はＪＩＳ　Ｂ　２３１２による。

鳥瞰図	C-01-1360-107(SA) (6/8)



注　：特記無きエルボはロングエルボである。
　　エルボ部の曲げ半径はＪＩＳ　Ｂ　２３１２による。

鳥瞰図	C-01-1360-107(SA) (7/8)



注　：特記無きエルボはロングエルボである。
　　エルボ部の曲げ半径はＪＩＳ　Ｂ　２３１２による。

鳥瞰図	C-01-1360-107(SA) (8/8)

3. 計算条件

3.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設分類*1	設備分類*2	機器等の区分	耐震設計上の重要度分類	荷重の組合せ*4,5	許容応力状態*6
その他発電用原子炉の附属施設	非常用電源設備の非常用発電装置	常設代替高圧電源装置	ＳＡ	常設耐震／防止 常設／緩和	－*3	Ｓ	V_L+S_s	V_AS

注記 ＊1： ＳＡは重大事故等対処設備を示す。

＊2： 「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊3： 重大事故等クラス２管の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

＊4： 運転状態の添字Ｌは荷重，(Ｌ)は荷重が長期間作用している状態，(ＬＬ)は(Ｌ)より更に長期的に荷重が作用している状態を示す。

＊5： 許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

＊6： 許容応力状態V_ASは許容応力状態IV_ASの許容限界を使用し，許容応力状態IV_ASとして評価を実施する。

3.2　設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し，管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図　C-01-1360-107

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震設計上の重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
P1	A00～A08,A61～A69 C13～C21,D17～D25 F15～F23,G14～G22	1.00	55	60.5	3.9	SUS304TP	S	
P2	A08～A61,A30～C13 A33～D17,A41～F15 A44～G14	1.00	55	89.1	5.5	SUS304TP	S	
P3	A19～B06	1.00	55	48.6	5.1	SUS304TP	S	

配管の付加質量

鳥 瞰 図　C-01-1360-107

質量	対応する評価点
[redacted]	A04,A65,C17,D21,F19,G18

フランジ部の質量

鳥 瞰 図　C-01-1360-107

質量	対応する評価点
[redacted]	A04, A04, A65, A65, C17, C17, D21, D21, F19, F19, G18, G18
	A06, A07, A62, A63, C14, C15, D18, D19, F16, F17, G15, G16

弁部の質量

鳥 瞰 図　C-01-1360-107

質量	対応する評価点
[redacted]	A01,A02,A67,A68,C19,C20,D23,D24,F21,F22,G20,G21
	H01,I01,J01,K01,L01,M01
	A06～A07,A62～A63,C14～C15,D18～D19,F16～F17,G15～G16, A01M,A67M,C19M,D23M,F21M,G20M
	H02,I02,J02,K02,L02,M02

弁部の寸法

鳥 瞰 図　C-01-1360-107

評価点	外径 (mm)	厚さ (mm)	長さ (mm)
A06～A07,A62～A63,C14～C15, D18～D19,F16～F17,G15～G16			
A01～A02,A67～A68,C19～C20, D23～D24,F21～F22,G20～G21			

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図　C-01-1360-107

支持点番号	各軸方向ばね定数（N/mm）			各軸回り回転ばね定数（N・mm/rad）		
	X	Y	Z	X	Y	Z
A00						
A03						
A05						
A10						
A11						
A12						
A13						
A14						
A15						
A16						
A17						
A18						
A20						
A21						
A25						
A26						
A27						
A31						
A32						
A36						
A37						
A40						
＊　A40A　＊						
A42						
A43						
A47						
A48						
A49						
A51						
A52						
A54						
A55						
A56						
A57						
A58						
A59						
A64						
A66						
A69						

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図　C-01-1360-107

支持点番号	各軸方向ばね定数（N/mm）			各軸回り回転ばね定数（N・mm/rad）		
	X	Y	Z	X	Y	Z
B06						
C02						
C03						
C04						
C07						
C08						
C09						
C10						
C11						
C16						
C18						
C21						
D01						
D02						
D05						
D07						
D08						
D09						
D10						
D11						
D12						
D13						
D14						
D15						
D20						
D22						
D25						
F01						
F02						
F05						
F06						
F09						
F10						
F11						
F12						
F13						
F18						
F20						
F23						

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図　C-01-1360-107

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
G02						
G03						
G04						
G05						
G06						
G07						
G08						
G09						
G10						
G11						
G12						
G17						
G19						
G22						

3.3　材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

材 料	最高使用温度 (℃)	許容応力 (MPa)			
		S_m	S_y	S_u	S_h
SUS304TP	55	―	195	496	―

3.4　設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設備評価用床応答曲線を下表に示す。

なお，設備評価用床応答曲線は，添付書類「Ⅴ-2-1-7　設計用床応答曲線の作成方針」に基づき策定したものを用いる。また，減衰定数は添付書類「Ⅴ-2-1-6　地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

鳥瞰図	建物・構築物	標高	減衰定数(%)
C-01-1360-107	[redacted]	EL. 11.000 m	[redacted]

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 C-01-1360-107

耐震設計上の重要度分類		S					
適用する地震動等		静的震度			Ss		
モード	固有周期(s)	応答水平震度		応答鉛直震度	応答水平震度		応答鉛直震度
		X方向	Z方向	Y方向	X方向	Z方向	Y方向
1 次							
2 次							
3 次							
4 次							
5 次							
6 次							
動 的 震 度							
静 的 震 度							

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図　C-01-1360-107

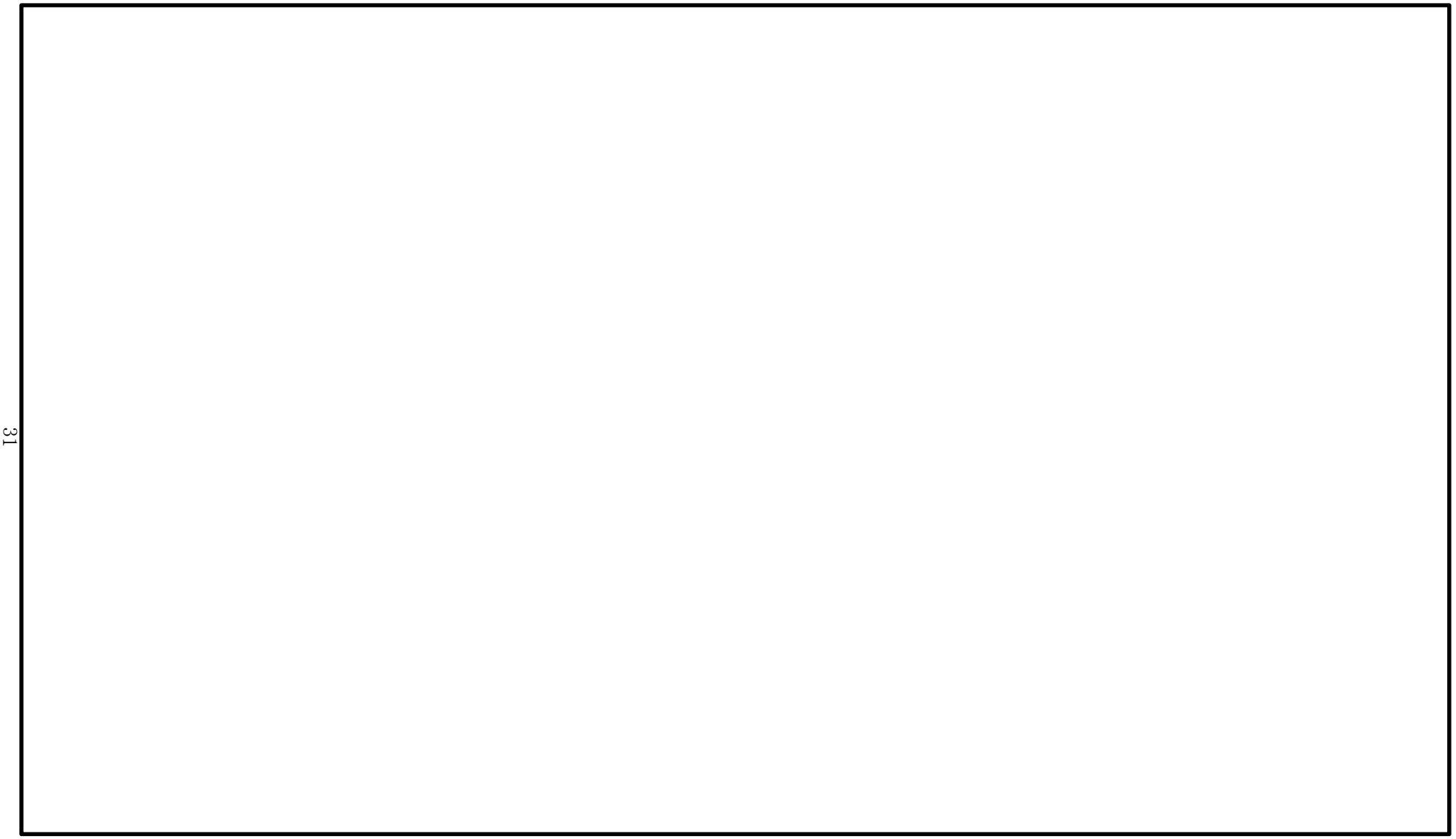
モード	固 有 周 期 (s)	刺 激 係 数		
		X方向	Y方向	Z方向
1 次				
2 次				
3 次				
4 次				
5 次				

代表的振動モード図

振動モード図は，3次モードまでを代表とし，各質点の変位の相対量・方向を赤線で図示し，次ページ以降に示す。

鳥瞰図	C-01-1360-107

鳥瞰図	C-01-1360-107



鳥瞰図	C-01-1360-107

4.2　評価結果

4.2.1　管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス２管であってクラス２以下の管

鳥瞰図	許容応力状態	最大応力評価点	最大応力区分	一次応力評価（MPa）		一次＋二次応力評価（MPa）		疲労評価
				計算応力 S_{prm}（S_s）	許容応力 $0.9S_u$	計算応力 S_n（S_s）	許容応力 $2S_y$	疲労累積係数 US_s
C-01-1360-107	$Ⅳ_AS$	D03	S_{prm}（S_s）	66	446	－	－	－
C-01-1360-107	$Ⅳ_AS$	D03	S_n（S_s）	－	－	86	390	－*

注記　＊：一次＋二次応力が$2S_y$以下の場合は「－」と記載する。

4.2.2 支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果（荷重評価）

支持構造物番号	種類	型式	材質	温度(℃)	評価結果	
					計算荷重(kN)	許容荷重(kN)
－	－	－	－	－	－	－

支持構造物評価結果（応力評価）

支持構造物番号	種類	型式	材質	温度(℃)	支持点荷重						評価結果		
					反力(kN)			モーメント(kN･m)			応力分類	計算応力(MPa)	許容応力(MPa)
					F_X	F_Y	F_Z	M_X	M_Y	M_Z			
RE-RFE-A42	レストレイント	Uボルト	SUS304	55	8	2	－	－	－	－	組合せ	85	195
AN-RFE-A00	アンカ	ラグ	SUS304	55	18	6	1	1	1	1	組合せ	113	195

4.2.3　弁の動的機能維持評価結果

下表に示すとおり応答加速度が機能確認済加速度以下又は計算応力が許容応力以下である。

弁番号	形式	要求機能	応答加速度 (×9.8 m/s^2)		機能確認済加速度 (×9.8 m/s^2)		構造強度評価結果 (MPa)	
			水平	鉛直	水平	鉛直	計算応力	許容応力
－	－	－	－	－	－	－	－	－

4.2.4　代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し，応力分類毎に裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図，計算条件及び評価結果を記載している。下表に，代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（重大事故等クラス２評価範囲）

No	配管モデル	許容応力状態 V_AS											
		一次応力					一次＋二次応力					疲労評価		
		評価点	計算応力 [MPa]	許容応力 [MPa]	裕度	代表	評価点	計算応力 [MPa]	許容応力 [MPa]	裕度	代表	評価点	疲労累積係数	代表
1	C-01-1360-017	A10	34	333	9.79	－	A11	58	430	7.41	－	－	－	－
2	C-01-1360-019	A14	45	446	9.91	－	N04	44	390	8.86	－	－	－	－
3	C-01-1360-038	A09	31	333	10.74	－	A09	51	430	8.43	－	－	－	－
4	C-01-1360-040	M04	56	446	7.96	－	M04	66	390	5.90	－	－	－	－
5	C-01-1360-043	A10	15	446	29.73	－	A10	23	390	16.95	－	－	－	－
6	C-01-1360-044	A04	38	446	11.73	－	A04	41	390	9.51	－	－	－	－
7	C-01-1360-107	D03	66	446	6.75	○	D03	86	390	4.53	○	－	－	－
8	C-01-1360-108	A01N	32	446	13.93	－	A01N	49	390	7.95	－	－	－	－
9	C-01-1360-109	A01N	32	446	13.93	－	A01N	49	390	7.95	－	－	－	－
10	C-01-1360-110	A01N	32	446	13.93	－	A01N	49	390	7.95	－	－	－	－
11	C-01-1360-111	A01N	32	446	13.93	－	A01N	49	390	7.95	－	－	－	－
12	C-01-1360-112	A01N	32	446	13.93	－	A01N	49	390	7.95	－	－	－	－
13	C-01-1360-113	A01N	32	446	13.93	－	A01N	49	390	7.95	－	－	－	－

Ⅴ-2-10-1-5-1　緊急時対策所用発電機内燃機関の耐震性についての計算書

目　　次

1.　概要 …… 1
2.　一般事項 …… 1
2.1　構造計画 …… 1
3.　構造強度評価 …… 3
3.1　構造強度評価方法 …… 3
3.2　荷重の組合せ及び許容応力 …… 3
4.　機能維持評価 …… 7
4.1　動的機能維持評価方法 …… 7
5.　評価結果 …… 8
5.1　重大事故等対処設備としての評価結果 …… 8

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，緊急時対策所用発電機内燃機関が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

緊急時対策所用発電機内燃機関は，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び動的機能維持評価を示す。

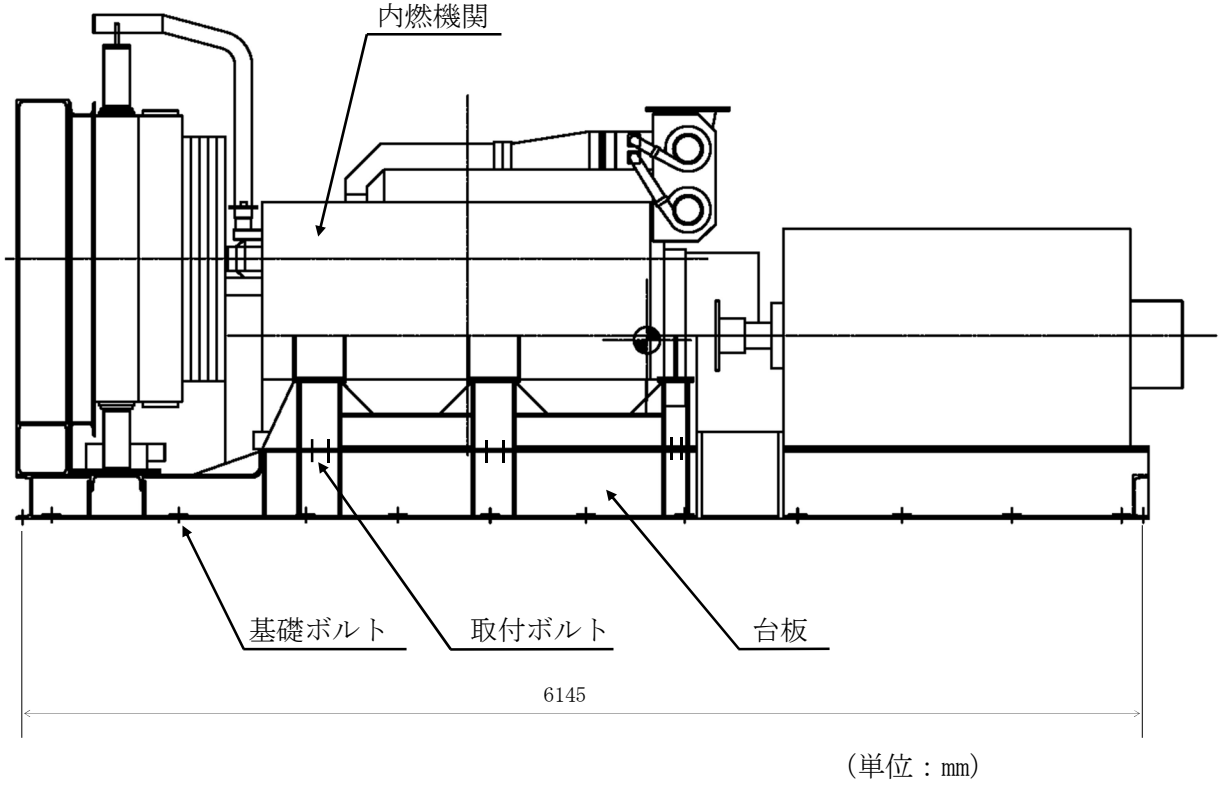
2. 一般事項

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-4　横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を行う。ただし，動的機能維持に係る評価は「4.　機能維持評価」に基づき行う。

2.1　構造計画

緊急時対策所用発電機内燃機関の構造計画を表2-1に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
内燃機関は台板に固定され，台板は基礎ボルトで基礎に据え付ける。	4サイクル空冷直接噴射式16気筒ディーゼル機関	 （単位：mm）

3.　構造強度評価

3.1　構造強度評価方法

緊急時対策所用発電機内燃機関は横軸ポンプと類似の構造であるため，構造強度評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-4　横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

3.2　荷重の組合せ及び許容応力

3.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

緊急時対策所用発電機内燃機関の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表3-1に示す。

3.2.2　許容応力

緊急時対策所用発電機内燃機関の許容応力は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき表3-2のとおりとする。

3.2.3　使用材料の許容応力評価条件

緊急時対策所用発電機内燃機関の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表3-3に示す。

表 3-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源設備	非常用発電装置	緊急時対策所用発電機内燃機関	常設／防止 常設／緩和	―*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS（V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記　＊1：「常設／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊2：その他のポンプ及びその他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

＊3：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 3-2　許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界＊1，＊2 （ボルト等）	
	一　次　応　力	
	引張り	せん断
$Ⅳ_AS$	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
$Ⅴ_AS$ （$Ⅴ_AS$として$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）		

注記　＊1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 3-3　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
基礎ボルト		周囲環境温度		725	930	－
取付ボルト		周辺環境温度		235	400	－

4. 機能維持評価

4.1 動的機能維持評価方法

緊急時対策所用発電機内燃機関の動的機能維持評価について，以下に示す。

動的機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-4 横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

緊急時対策所用発電機内燃機関の機能確認済加速度には，同形式の内燃機関の地震波加振試験において，動的機能の健全性を確認した内燃機関の加速度を適用する。

機能維持評価方法としては，緊急時対策所用発電機内燃機関の設置床の最大応答加速度が同形式の内燃機関の加振試験で得られた機能確認済加速度以下であることにより確認する。

機能確認済加速度を第 4-1 表に示す。

第 4-1 表 機能確認済加速度 （×9.8 m/s^2）

項 目	機能確認済加速度
水 平	1.6
鉛 直	2.3

5. 評価結果

5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

緊急時対策所用発電機内燃機関の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【緊急時対策所用発電機内燃機関の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ(m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		内燃機関振動による震度	最高使用温度(℃)	周囲環境温度(℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度			
緊急時対策所用発電機内燃機関	常設／防止 常設／緩和	緊急時対策所建屋 EL. 23.30*1	－*2	－*2	－	－	C_H=1.43	C_V=1.27	[redacted]	－	[redacted]

注記 *1：基準床レベルを示す。
*2：固有周期は十分に小さく，計算は省略する。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}*1 (mm)	ℓ_{2i}*1 (mm)	A_{bi} (mm²)	n_i	n_{fi}*1	
							弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i=1)	[redacted]				706.8 (M30)	29	－	2
							－	6
取付ボルト (i=2)					254.4 (M18)	12	－	2
							－	13

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i^* (MPa)	転倒方向		M_P (N・mm)	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i=1)	725*2	930*2	－	651	－	軸	－	－
取付ボルト (i=2)	235*2	400*2	－	280	－	軸	－	[redacted]

予想最大両振幅 (μm)	内燃機関回転速度 (min^{-1})
[redacted]	[redacted]

注記 *1：各ボルトの機器要目における上段は軸方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は軸直角方向転倒に対する評価時の要目を示す。
*2：周囲環境温度で算出

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 （単位：N）

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト（i＝1）	－		－	
ポンプ取付ボルト（i＝2）	－		－	

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 （単位：MPa）

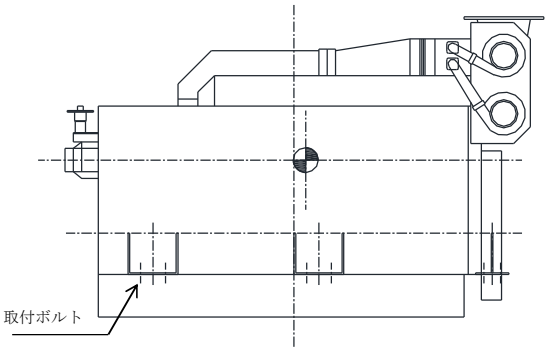
部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト		引張り	－	－		
		せん断	－	－		
ポンプ取付ボルト		引張り	－	－		
		せん断	－	－		

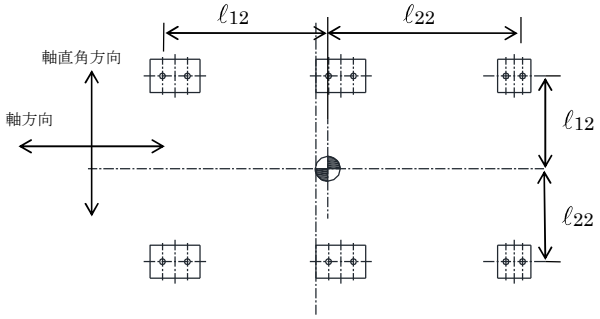
すべて許容応力以下である。

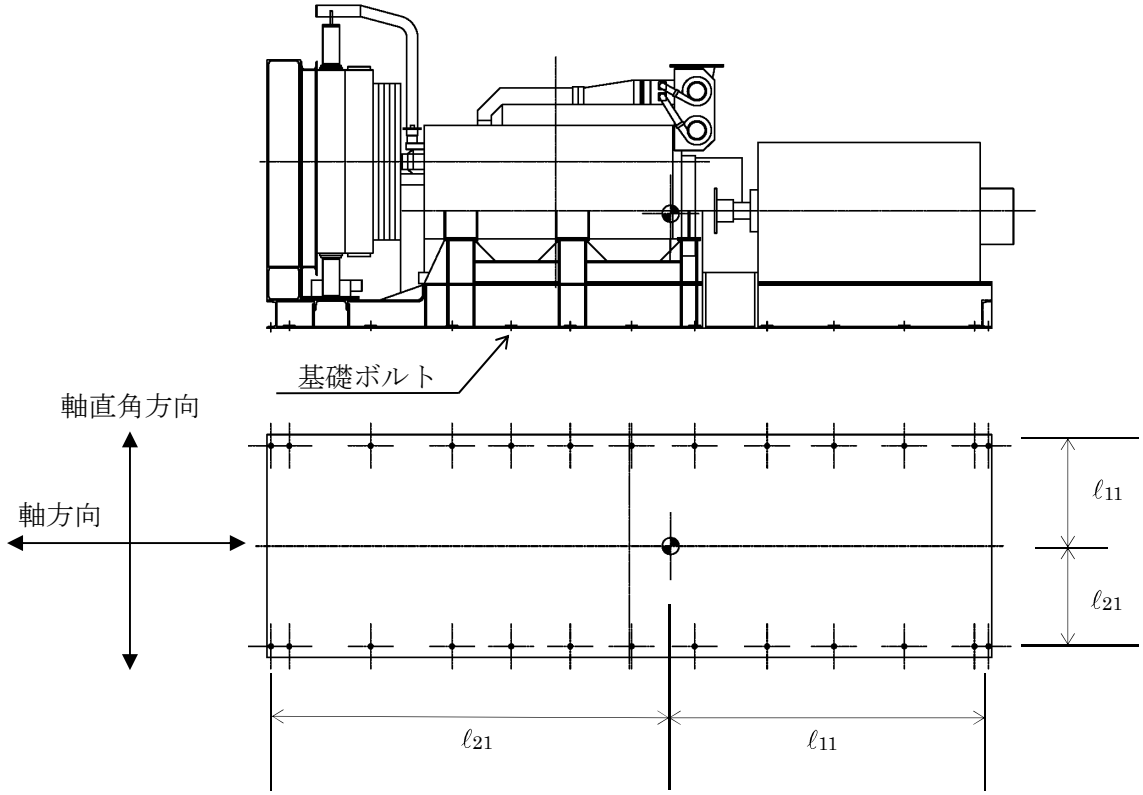
注記 ＊：f_{tsi}＝Min[1.4・f_{toi}－1.6・τ_{bi}，f_{toi}]より算出

1.4.2 内燃機関の機能維持評価結果 （×9.8 m/s²）

		評価用加速度	機能確認済加速度
緊急時対策所用発電機内燃機関	水平方向	1.20	1.6
	鉛直方向	1.06	2.3


取付ボルト


ℓ_{12}
ℓ_{22}
軸直角方向
軸方向
ℓ_{12}
ℓ_{22}


基礎ボルト
軸直角方向
軸方向
ℓ_{11}
ℓ_{21}
ℓ_{21}
ℓ_{11}

Ⅴ-2-10-1-5-2　緊急時対策所用発電機燃料油サービスタンクの耐震性についての計算書

目次

1. 概　要 …… 1
2. 一般事項 …… 1
2.1 構造計画 …… 1
3. 構造強度評価 …… 2
3.1 構造強度評価方法 …… 2
3.2 荷重の組合せ及び許容応力 …… 2
4. 評価結果 …… 5
4.1 重大事故等対処設備としての評価結果 …… 5

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき，緊急時対策所用発電機燃料油サービスタンクが設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

緊急時対策所用発電機燃料油サービスタンクは，重大事故等対処設備においては常設重要重大事故防止設備及び常設重要重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

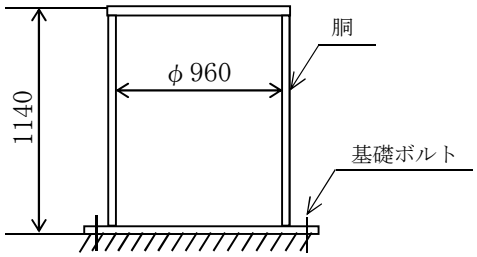
2. 一般事項

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-3　平底たて置円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を行う。

2.1　構造計画

緊急時対策所用発電機燃料油サービスタンクの構造計画を表2-1に示す。

表2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎･支持構造	主体構造	
底板により床に基礎ボルトで設置する。	下面及び上面に平板を有するたて置円筒形容器	 （単位：mm）

3. 構造強度評価

3.1 構造強度評価方法

緊急時対策所用発電機燃料油サービスタンクの構造は平底たて置円筒形容器であるため，構造強度評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-3 平底たて置円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

3.2 荷重の組合せ及び許容応力

3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

緊急時対策所用発電機燃料油サービスタンクの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表3-1に示す。

3.2.2 許容応力

緊急時対策所用発電機燃料油サービスタンクの許容応力を表3-2～表3-3に示す。

3.2.3 使用材料の許容応力評価条件

緊急時対策所用発電機燃料油サービスタンクの使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処施設の評価に用いるものを表3-4に示す。

表 3-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電用原子炉の附属施設	緊急時対策所用代替電源設備	緊急時対策所用発電機燃料油サービスタンク	常設／防止 常設／緩和	－*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS （V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる）

注記　＊1：「常設／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備，「常設／緩和」常設重大事故緩和設備を示す。

＊2：重大事故等クラス２容器（クラス２容器）及び重大事故等クラス２支持構造物（クラス２支持構造物）の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

＊3：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 3-2　許容応力（クラス２容器及び重大事故等クラス２容器）

許容応力状態	許容限界*1，*2			
	一次一般膜応力	一次膜応力＋ 一次曲げ応力	一次＋二次応力	一次＋二次＋ ピーク応力
$Ⅳ_AS$	$0.6・S_u$	左欄の 1.5 倍の値	基準地震動S_sのみによる疲労解析を行い，疲労累積係数が 1.0 以下であること。 ただし，地震動のみによる一次＋二次応力の変動値が$2・S_y$以下であれば，疲労解析は行わない。	
V_AS （V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる）				

注記　＊1：座屈に対する評価は，クラスＭＣ容器の座屈に対する評価式による。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 3-3　許容応力（クラス２，３支持構造物及び重大事故等クラス２支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 （ボルト等）	
	一次応力	
	引張り	せん断
IV_AS	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
V_AS （V_ASとしてIV_ASの許容限界を用いる）		

注記　＊1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 3-4　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 （℃）		S_y （MPa）	S_u （MPa）	S （MPa）	F （MPa）	F* （MPa）
胴板	SM400B	最高使用温度	50	241	394	－	241	275
基礎ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	241	394	－	241	275

4. 評価結果

4.1 重大事故等対処設備としての評価結果

緊急時対策所用発電機燃料油サービスタンクの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は評価基準値を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有することを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

【緊急時対策所用発電機燃料油サービスタンクの耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設 計 条 件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)	比重
			水平方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度				
緊急時対策所用発電機燃料油サービスタンク	常設／防止 常設／緩和	緊急時対策所 EL. 23.3*		－	－			静水頭	45		

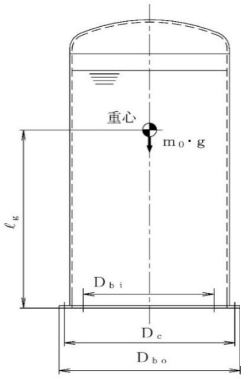
注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機 器 要 目

m_o (kg)	m_e (kg)	D_i (mm)	t (mm)	E (MPa)	G (MPa)	ℓ_g (mm)	H (mm)	s	n
		960	6.0	*1	*1				

D_c (mm)	D_{bo} (mm)	D_{bi} (mm)	A_b (mm^2)	S_y（胴板） (MPa)	S_u（胴板） (MPa)	S（胴板） (MPa)	S_y（基礎ボルト） (MPa)	S_u（基礎ボルト） (MPa)	F（基礎ボルト） (MPa)	F*（基礎ボルト） (MPa)
				243 *1	397 *1	－	243 *1	397 *1	243 *1	277 *1

注記 ＊1：最高使用温度で算出



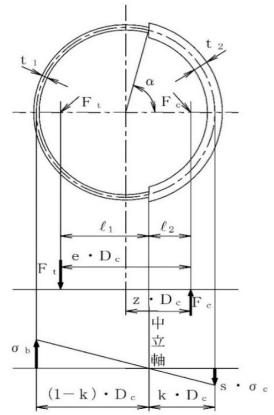
1.3 計 算 数 値

1.3.1 胴に生じる応力

(1) 一次一般膜応力

（単位：MPa）

応力の種類		弾性設計用地震動S_d又は静的震度			基準地震動S_s		
		周方向応力	軸方向応力	せん断応力	周方向応力	軸方向応力	せん断応力
静水頭による応力		－	－	－			
鉛直方向地震による引張応力		－	－				
空質量による圧縮応力		－	－	－			
鉛直方向地震による軸方向応力		－	－				
水平方向地震による応力		－	－	－			
応力の和	引張側	－	－				
	圧縮側	－	－	－			
組合せ応力	引張り	－					
	圧縮	－					



(2) 地震動のみによる一次応力と二次応力の和の変動値

(単位：MPa)

応力の種類		弾性設計用地震動S_d又は静的震度			基準地震動S_s		
		周方向応力	軸方向応力	せん断応力	周方向応力	軸方向応力	せん断応力
鉛直方向地震による応力		－	－				
水平方向地震による応力		－	－				
応力の和	引張側	－	－	－			
	圧縮側	－	－	－			
組合せ応力（変動値）	引張り	－					
	圧縮	－					

1.3.2 基礎ボルトに生じる応力

(単位：MPa)

	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
引張応力	－	
せん断応力	－	

1.4 結論

1.4.1 固有周期

(単位：s)

方向	固有周期
水平方向	

1.4.2 応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
				算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
胴板	SM400B	一次一般膜	周方向	－	－		
			軸方向	－	－		
		組合せ一次		－	－		
		圧縮と曲げの組合せ（座屈の評価）		－			
				－			
基礎ボルト		引張り		－	－		
		せん断		－	－		

すべて許容応力以下である。

注記 ＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}]$より算出

Ⅴ-2-10-1-5-3　緊急時対策所用発電機給油ポンプの耐震性についての計算書

目次

1. 概要 ····· 1
2. 一般事項 ····· 1
2.1 構造計画 ····· 1
3. 構造強度評価 ····· 3
3.1 構造強度評価方法 ····· 3
3.2 荷重の組合せ及び許容応力 ····· 3
4. 機能維持評価 ····· 8
4.1 基本方針 ····· 8
4.2 ポンプの動的機能維持評価 ····· 9
4.3 ポンプ逃し弁の動的機能維持評価 ····· 14
4.4 原動機の動的機能維持評価 ····· 14
5. 評価結果 ····· 15
5.1 重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 15
5.2 動的機能維持評価結果 ····· 15

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，緊急時対策所用発電機給油ポンプが設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

緊急時対策所用発電機給油ポンプは，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び動的機能維持評価を示す。

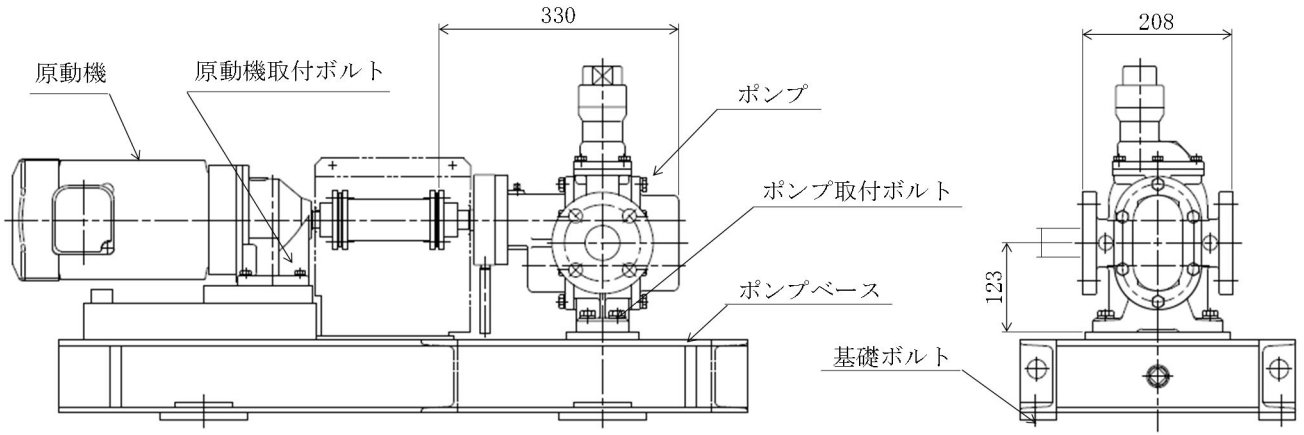
2. 一般事項

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-4　横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を行う。ただし，動的機能維持に係る評価は「4.　機能維持評価」に基づき行う。

2.1　構造計画

緊急時対策所用発電機給油ポンプの構造計画を表2-1に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
ポンプはポンプベースに固定され，ポンプベースは基礎ボルトで基礎に据え付ける。	横形ポンプギヤ式	 （単位：mm）

3.　構造強度評価

3.1　構造強度評価方法

緊急時対策所用発電機給油ポンプは横軸ポンプと類似の構造であるため，構造強度評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-4　横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

3.2　荷重の組合せ及び許容応力

3.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

緊急時対策所用発電機給油ポンプの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表3-1に示す。

3.2.2　許容応力

緊急時対策所用発電機給油ポンプの許容応力は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき表3-2及び表3-3のとおりとする。

3.2.3　使用材料の許容応力評価条件

緊急時対策所用発電機給油ポンプの使用材料の許容応力評価条件のうち，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表3-4に示す。

表 3-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源設備	非常用発電装置	緊急時対策所用発電機給油ポンプ	常設／防止 常設／緩和	－*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS （V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記　＊1：「常設／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊2：その他のポンプ及びその他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

＊3：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 3-2　許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1，*2 （ボルト等）	
	一　次　応　力	
	引張り	せん断
ⅣＡＳ	1.5・f_t^*	1.5・f_s^*
ＶＡＳ （ＶＡＳとしてⅣＡＳの許容限界を用いる。）		

注記　＊1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 3-2　許容応力（その他のポンプ及び重大事故等その他のポンプ）

許容応力状態	許容限界*1，*2 （主軸等）	
	一次一般応力	一次膜応力＋一次曲げ応力
ⅣＡＳ	0.6・S_u	左欄の 1.5 倍の値
ＶＡＳ （ＶＡＳとしてⅣＡＳの許容限界を用いる。）		

注記　＊1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 3-5　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	725	930	－
ポンプ取付ボルト		最高使用温度	45	243	397	－
原動機取付ボルト		最高使用温度	45	243	397	－
ポンプ主軸		最高使用温度	45	－	967	－

4. 機能維持評価

4.1 基本方針

緊急時対策所用発電機給油ポンプは，添付書類「Ⅴ-2-1-9 機能維持の基本方針」に記載されていない横置きのギヤ式ポンプであるため，原子力発電所耐震設計技術指針（ＪＥＡＧ４６０１－1991 追補版）（日本電気協会 電気技術基準調査委員会 平成3年6月）（以下「ＪＥＡＧ４６０１」という。）にて定められた評価部位の健全性を詳細評価することで動的機能維持の確認を行う。

(1) 緊急時対策所用発電機給油ポンプは地震時においてもその機能が維持されるよう，動的機能維持の評価を行う。なお，本ポンプは添付書類「Ⅴ-2-1-9 機能維持の基本方針」に記載されていない横置きのギヤ式ポンプであるため，機能維持評価は，ＪＥＡＧ４６０１にて定められた評価部位の健全性を確認することで動的機能維持の確認を行う。また，原動機については横形ころがり軸受機であるため，添付書類「Ⅴ-2-1-9 機能維持の基本方針」に記載の機能確認済加速度を適用する。

(2) 本ポンプは横置きの機器であることから，ＪＥＡＧ４６０１に従い構造的に一つの剛体として取扱う。

4.2　ポンプの動的機能維持評価

4.2.1　評価対象部位

緊急時対策所用発電機給油ポンプは，容量等がＪＥＡＧ４６０１に記載されている横形遠心式ポンプを上回ることはなく，回転機能を担う構成要素も変わらない。したがって，基本的な構成要素はＪＥＡＧ４６０１に記載されている横形ポンプと同等であることから，ＪＥＡＧ４６０１に記載の横形ポンプの動的機能維持評価項目に従い，以下の部位について評価を実施する。

①基礎・取付ボルト

「a. 基礎ボルト」「b. 取付ボルト」については，「3. 構造強度評価」に従い評価を行った「5. 評価結果」にて十分な裕度を有していることを確認している。

② 軸系としての評価

地震時の主軸発生応力の評価を行う。

③ 摺動部（ギヤ部）

摺動部（ギア部）の評価は，摺動部を両端支持の単純はりとモデル化し，地震力を考慮した等分布荷重によるたわみ量を算出し，たわみ量がギアとケーシングのクリアランス内であることを確認する。

④　軸受

軸受の地震時の面圧を評価する。

4.2.2　評価基準値

(1)ギヤ式ポンプ

①軸系としての評価（主軸発生応力）

軸の許容応力はその他のポンプの許容応力状態ⅣＡＳに準拠し設定する。

②摺動部（ギヤ部）

摺動部（ギア部）の評価は，摺動部を両端支持の単純はりとモデル化し，地震力を考慮した等分布荷重によるたわみ量を算出し，たわみ量がギアとケーシングのクリアランス内であること。

③軸受

主軸の地震時の軸受への荷重が、軸受の許容面圧以下であること。

4.2.3　記号の説明

緊急時対策所用発電機給油ポンプの動的機能維持評価に使用する記号を表 4-1 に示す。

表 4-1　記号の説明

記号	記　　号　　の　　説　　明	単位
A	最小軸直径部の軸断面積	mm^2
As	軸受面積	mm^2
ω	地震力を考慮した等分布荷重	N/mm
Hs	ハイドロスラスト荷重	N
ℓ	軸及び摺動部（ギア部）の支持間長さ	mm
W_0	軸及び摺動部（ギア部）の質量	kg
M	等分布荷重により働くモーメント	N･mm
Z	断面係数	mm^3
δ	たわみ量	mm
E	摺動部（ギア部）のヤング率	MPa
I	断面二次モーメント	mm^4
σ_{b2}	軸に発生する引張応力	MPa
σ_c	軸に発生する圧縮応力	MPa
σ_t	軸に発生する曲げ応力	MPa
τ_{sb2}	軸に発生するせん断応力	MPa
σ_1	軸に発生する一次一般膜応力と曲げ応力	MPa
σ_2	軸に発生する一次一般膜応力	MPa
P	軸に作用する面圧	MPa

4.2.4　評価方法

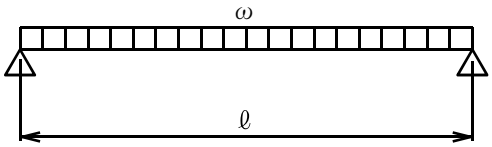
(1) 軸

軸を両端支持の単純はりとモデル化し，地震力を考慮した荷重による引張応力，圧縮応力，曲げ応力，せん断応力，組合せ応力を算出する。許容応力は，第 5 表に示す値とし発生する応力値が，許容応力値を下回ることを確認する。

a. 引張応力

σ_{b2}の算出式は，以下の通り。

$$\sigma_{b2}=\frac{\omega\cdot\ell+Hs}{A}$$



第 5 図　評価モデル

ここで，

$$\omega=\frac{W_0\times\sqrt{a_H{}^2+(9.80665+a_V)^2}}{\ell}$$

b. 圧縮応力

σ_cの算出式は，以下の通り。

$$\sigma_c=\frac{\omega\cdot\ell+Hs}{A}$$

c. 曲げ応力

M，σ_tの算出式は，以下の通り。

$$M=\frac{\omega\cdot\ell^2}{8}$$

$$\sigma_t=\frac{M}{Z}$$

d. せん断応力

τ_{sb2}の算出式は，以下の通り。

$$\tau_{sb2}=\frac{\omega\cdot\ell}{A}$$

e. 一次一般膜応力と曲げ応力

σ_1の算出式は，以下の通り。

$$\sigma_1 = \sigma_{11} - \sigma_{21}$$

ここで，

$$\sigma_{11} = \frac{1}{2}(\sigma_t + \sigma_b) + \frac{1}{2}\sqrt{(\sigma_t + \sigma_b)^2 + 4\tau^2}$$

$$\sigma_{21} = \frac{1}{2}(\sigma_t + \sigma_b) - \frac{1}{2}\sqrt{(\sigma_t + \sigma_b)^2 + 4\tau^2}$$

f. 一次一般膜応力

σ_2の算出式は，以下の通り。

$$\sigma_2 = \sigma_{12} - \sigma_{22}$$

ここで，

$$\sigma_{12} = \frac{1}{2}\sigma_t + \frac{1}{2}\sqrt{\sigma_t^2 + 4\tau^2}$$

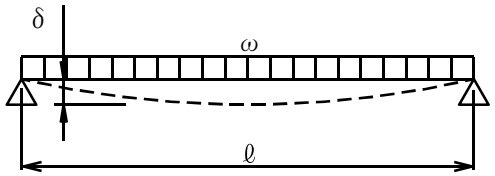
$$\sigma_{22} = \frac{1}{2}\sigma_t - \frac{1}{2}\sqrt{\sigma_t^2 + 4\tau^2}$$

(2) 摺動部（ギア部）

摺動部（ギア部）の評価は，摺動部を両端支持の単純はりとモデル化し，地震力を考慮した等分布荷重によるたわみ量を算出し，たわみ量がギアとケーシングのクリアランス内であることを確認する。

たわみ量の算出式は，以下の通り。

$$\delta = \frac{5\omega \cdot \ell^4}{384E \cdot I}$$



第 6 図　評価モデル

(3) 軸受

軸受の評価は，地震時に作用する全荷重を軸受が受けるものとし，地震による面圧が，軸受メーカカタログ記載の荷重値（許容面圧）内であることを確認する。

面圧の算出式は，以下の通り。

$$P = \frac{\omega \cdot \ell}{A_s}$$

4.3　ポンプ 逃し弁の動的機能維持評価

緊急時対策所用発電機給油ポンプ用に逃し弁は，地震時動的機能維持が確認された機種と弁体がバネ等で弁座に押し付けられている類似の構造及び振動特性であることを考慮して，表 4-2 に記載の機能確認済加速度を適用する。

表 4-2　機能確認済加速度　　(×9.8m/s^2)

評価部位	形式	方向	機能確認済加速度
逃し弁	特殊弁 安全弁	水平	1.0
		鉛直	1.0

4.4　原動機の動的機能維持評価

緊急時対策所用発電機給油ポンプ用原動機は，地震時動的機能維持が確認された機種と類似の構造及び振動特性であるため,添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」に記載の機能確認済加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 4-3 に示す。

表 4-3　機能確認済加速度　　(×9.8m/s^2)

評価部位	形式	方向	機能確認済加速度
原動機	横形ころがり 軸受電動機	水平	4.7
		鉛直	1.0

5. 評価結果

5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

緊急時対策所用発電機給油ポンプの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

5.2 動的機能維持評価

緊急時対策所用発電機給油ポンプの動的機能維持評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な動的機能を有することを確認した。

(1) 機能維持評価結果

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		ポンプ振動による震度	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度			
緊急時対策所用発電機給油ポンプ	常設／防止 常設／緩和	緊急時対策所建屋 EL. 19.30*1	－*2	－*2	－	－	C_H=1.43	C_V=1.27	[redacted]	45	[redacted]

注記 ＊1：基準床レベルを示す。
＊2：固有周期は十分に小さく，計算は省略する。

1.2 機器要目

(1)構造強度評価

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm²)	n_i	n_{fi}*	
							弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i=1)	[redacted]					4	－	2
								2
ポンプ取付ボルト (i=2)						4	－	2
								2
原動機取付ボルト (i=3)						4	－	2
								2

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向		M_P (N・mm)	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i=1)	725*2	930*2	－	651	－	軸直角	－	[redacted]
ポンプ取付ボルト (i=2)	243*3	397*3	－	277	－	軸	－	
原動機取付ボルト (i=3)	243*3	397*3	－	277	－	軸		

注記 ＊1：各ボルトの機器要目における上段は軸方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は軸直角方向転倒に対する評価時の要目を示す。
＊2：周囲環境温度で算出
＊3：最高使用温度で算出

予想最大両振幅 (μm)	ポンプ回転速度 (min^{-1})
[redacted]	[redacted]

(2)機能維持評価

A (mm^2)	A_S (mm^2)	H_S (N)	ℓ (mm)	W_0 (kg)	Z (mm^3)	E (MPa)	I (mm^4)
804.2	1440	0	115	2.4	3.22×10^3	2.03×10^5	5.15×10^4

1.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i=1)	－	[redacted]	－	[redacted]
ポンプ取付ボルト (i=2)	－		－	
原動機取付ボルト (i=3)	－		－	

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	[redacted]	引張り	－	－	[redacted]	*
		せん断	－	－		
ポンプ取付ボルト		引張り	－	－		*
		せん断	－	－		
原動機取付ボルト		引張り	－	－		*
		せん断	－	－		

すべて許容応力以下である。

注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

1.4.2 動的機能の評価結果

1.4.2.1 機能確認済加速度との比較 （単位：×9.8m/s²）

		評価用加速度	機能確認済加速度
逃し弁	水平方向	0.65	1.0
	鉛直方向	0.55	1.0
原動機	水平方向	0.65	4.7
	鉛直方向	0.55	1.0

逃し弁原動機は，評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

1.4.2.2 ギヤ式ポンプの動的機能維持評価

1.4.2.2.1 代表評価項目の評価

基礎ボルト，取付ボルトについては，構造強度評価にて設計用地震力に対して十分な構造強度を有しているため，計算は省略する。

1.4.2.2.2 上記以外の基本評価項目の評価

(1) 軸の応力評価 （単位：MPa）

評価部位	発生応力	許容応力
軸	τ_{max}= 4	870

すべて許容応力以下である。

(2) 軸受の評価 （単位：MPa）

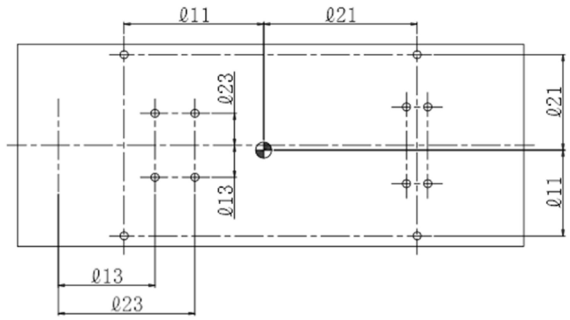
評価部位	荷　重	発生面圧	許容面圧
軸　受	ラジアル（原動機側）	P_{RA}= 1	
	ラジアル（負荷側）	P_{RB}= 1	
	スラスト	P_{T}= 1	

すべて許容面圧以下である。

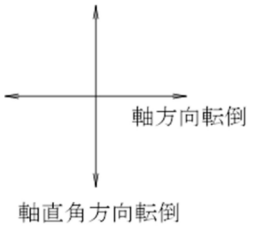
2.3.2.2.3 摺動部（ギア部）の評価 （単位：mm）

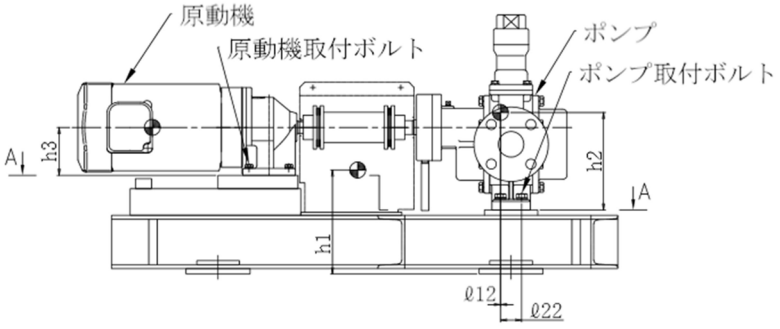
評価部位	変位量（mm）	クリアランス（mm）
摺動部（ギア部）		

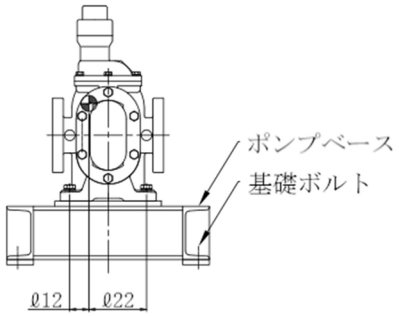
すべてスリーブ間隙以下である。



A-A矢視図







(ℓ1i≦ℓ2i)

Ⅴ-2-10-1-5-4　緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンクの耐震性についての計算書

目　　次

1. 概　　要 …… 1
2. 一般事項 …… 1
2.1 構造計画 …… 1
3. 構造強度評価 …… 3
3.1 構造強度評価方法 …… 3
3.2 荷重の組合せ及び許容応力 …… 3
4. 評価結果 …… 6
4.1 重大事故等対処設備としての評価結果 …… 6

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき，緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンクが設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンクは，重大事故等対処設備においては常設重要重大事故防止設備及び常設重要重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

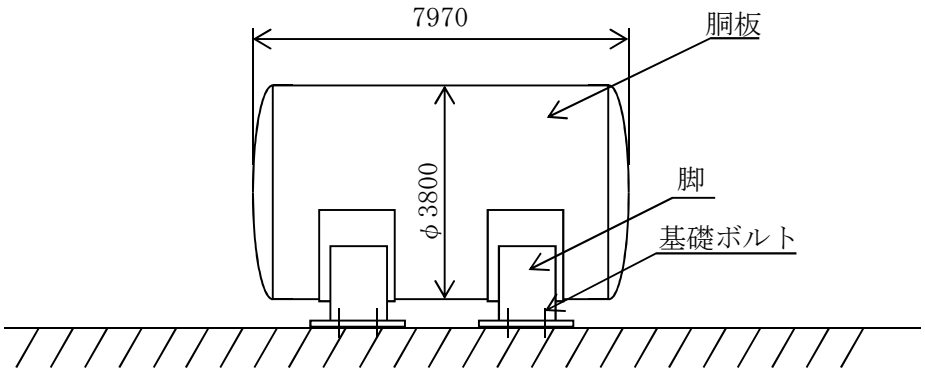
2. 一般事項

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-2　横置一胴円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を行う。

2.1 構造計画

緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンクの構造計画を表2-1に示す。

表2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎･支持構造	主体構造	
胴を2個の脚で支持し，脚をそれぞれ基礎ボルトで基礎に据え付ける。	横置円筒形容器	 （単位：mm）

3.　構造強度評価

3.1　地震応答解析及び構造強度評価方法

緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンクの構造は横置円筒形容器であるため，構造強度評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-2　横置一胴円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

3.2　荷重の組合せ及び許容応力

3.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンクの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表3-1に示す。

3.2.2　許容応力

緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンクの許容応力を表3-2～表3-3に示す。

3.2.3　使用材料の許容応力評価条件

緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンクの許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表3-4に示す。

表 3-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電用原子炉の附属施設	非常用電源設備	緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク	常設／防止 常設／緩和	—*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS （V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる）

注記　＊1：「常設／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊2：重大事故等クラス２容器（クラス２容器）及び重大事故等２支持構造物（クラス２支持構造物）の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

＊3：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表3-2　許容応力（クラス２，３容器及び重大事故等クラス２容器（クラス２，３容器））

許容応力状態	許容限界*			
	一次一般膜応力	一次膜応力＋一次曲げ応力	一次＋二次応力	一次＋二次＋ピーク応力
$Ⅳ_AS$	$0.6・S_u$	左欄の1.5倍の値	基準地震動S_sのみによる疲労解析を行い，疲労累積係数が1.0以下であること。 ただし，地震動のみによる一次＋二次応力の変動値が$2・S_y$以下であれば疲労解析は不要。	
V_AS（V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる）				

注記　＊：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 3-3　許容応力（その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1,*2 (ボルト等以外)	許容限界*1,*2 (ボルト等)	
	一次応力	一次応力	
	引張り	引張り	せん断
$\mathrm{IV_AS}$	1.5・f_t*	1.5・f_t*	1.5・f_s*
$\mathrm{V_AS}$ （$\mathrm{V_AS}$として$\mathrm{IV_AS}$の許容限界を用いる）	1.5・f_t*	1.5・f_t*	1.5・f_s*

注記　*1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。
　　*2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 3-4　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S (MPa)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
胴	SM400B	最高使用温度	40	100	235	400	－
脚	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	－	235	400	－
基礎ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	－	725	930	－

4. 評価結果

4.1 重大事故等対処設備としての評価結果

緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンクの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は評価基準値を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有することを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

【緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンクの耐震性についての計算結果】

1.　重大事故等対処設備

1.1 評価条件

耐震重要度分類	据付場所 及び床面高さ (m)	構造概要	最高使用圧力 P_r (MPa)	最高使用温度 (℃)	液体の比重 ρ
C（S_s）	緊急時対策所 EL.23.3m	横置円筒形	大気圧	40	0.865

1.2 評価用加速度

減衰定数 (%)	固有周期 T (s)	基準地震動S_s	
		評価用加速度 (m/s^2)	
		水平	鉛直
1.0	0.031	17.08	22.01

1.3 機器要目

m_0 (kg)	m_s (kg)	D_i (mm)	t (mm)	t_e (mm)	ℓ_o (mm)	h_1 (mm)	h_2 (mm)	C_1 (mm)	C_2 (mm)
99100	2758	3800	20	58	3200	1349	2300	1711.5	500

I_x (mm^4)	I_y (mm^4)	Z_{sx} (mm^3)	Z_{sy} (mm^3)	θ_o (rad)	A_s (mm^2)	E_s (MPa)	G_s (MPa)	A_{s1} (mm^2)	A_{s2} (mm^2)	A_{s3} (mm^2)	A_{s4} (mm^2)
3.95×10^{11}	1.33×10^{10}	2.14×10^{8}	2.67×10^{7}	2.08	2.73×10^{5}	2.02×10^{5}	7.76×10^{4}	1.07×10^{5}	9.04×10^{4}	1.07×10^{5}	9.04×10^{4}

s (-)	n (-)	n_1 (-)	n_2 (-)	a (mm)	b (mm)	A_b (mm^2)	d_1 (mm)	d_2 (mm)	d_3 (mm)
10	8	4	2	1000	3700	1809.6 (M48)	100	450	1450

評価部材	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
胴板	235	400	100	－	－
支持脚	235	400	－	235	280
基礎ボルト	725	930	－	651	651

1.4 結論

	基準地震動S_sによる力
摩擦力 F (N)	1.0×10^6
水平地震力 F_H (N)	1.7×10^6
評価結果	F＜F_Hより，基礎(取付)ボルトの組合せ応力評価を実施する

(応力の単位：MPa)

評価部材	材料	応力	基準地震動S_sによる応力	
			算出応力	許容応力
胴板	SM400B	一次一般膜	σ_0＝29	S_0＝240
		一次	σ_1＝105	S_I＝360
		一次＋二次	σ_2＝234	S_{II}＝235
支持脚	SM400B	組合せ	σ_s＝59	1.5f_t*＝279
		圧縮と曲げの組合せ (座屈の評価)	$\frac{\alpha\cdot\sigma_{xc}}{f_{cb}}+\frac{\alpha\cdot\sigma_{xb}}{f_{bb}}\leqq1$	
			0.19	
基礎ボルト	SUS630-B	引張	σ_b＝264	1.5f_t*＝487
		せん断	τ_b＝117	1.5f_s*＝375
		組合せ	σ_b＝264	1.5f_t*＝487

それぞれの算出応力は許容値を満足する。

Ⅴ-2-10-1-5-5　緊急時対策所用発電機の耐震性についての計算書

目次

1. 概要 1
2. 一般事項 1
2.1 構造計画 1
3. 構造強度評価 3
3.1 構造強度評価方法 3
3.2 荷重の組合せ及び許容応力 3
4 機能維持評価 7
4.1 動的機能維持評価方法 7
5 評価結果 8
5.1 重大事故等対処設備としての評価結果 8

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，緊急時対策所用発電機が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

緊急時対策所用発電機は，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び動的機能維持評価を示す。

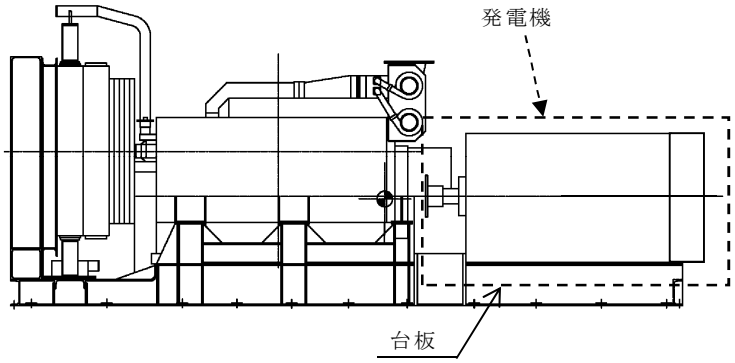
2. 一般事項

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-4　横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を行う。

2.1 構造計画

緊急時対策所用発電機の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
緊急時対策所用発電機は内燃機関と共通台板に取付ボルトにて固定する。	防滴保護，空気冷却自己自由通風型三相交流発電機	緊急時対策所用発電機概略構造図  発電機構造図

3. 構造強度評価

3.1 構造強度評価方法

緊急時対策所用発電機は横軸ポンプと類似の構造であるため，構造強度評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-4 横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

3.2 荷重の組合せ及び許容応力

3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

緊急時対策所用発電機の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-1 に示す。

3.2.2 許容応力

緊急時対策所用発電機の許容応力は，添付書類「Ⅴ-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 3-2 のとおりとする。

3.2.3 使用材料の許容応力評価条件

緊急時対策所用発電機の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-3 に示す。

表 3-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源設備	非常用発電装置	緊急時対策所用発電機	常設／防止 常設／緩和	—*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	VAS（VASとしてⅣASの許容限界を用いる。）

注記　＊1：「常設／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊2：その他のポンプ及びその他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

＊3：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 3-2　許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1，*2 （ボルト等）	
	一　次　応　力	
	引張り	せん断
IV_AS	1.5・f_t*	1.5・f_s*
V_AS （V_ASとしてIV_ASの許容限界を用いる。）		

注記　＊1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 3-3　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y(RT) (MPa)
取付ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	235	400	—

4　機能維持評価

4.1　動的機能維持評価方法

緊急時対策所用発電機の動的機能維持評価について，以下に示す。

緊急時対策所用発電機は地震時動的機能維持が確認された機種と類似の構造及び振動特性であるため，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」に記載の機能確認済加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1　機能確認済加速度

評価部位	形式	方向	機能確認済加速度 (×9.8 m/s^2)
緊急時対策所用 発電機	横型ころがり 軸受電動機	水平	4.7
		鉛直	1.0

5　評価結果

5.1　重大事故等対処設備としての評価結果

緊急時対策所用発電機の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを確認した。

(1)　構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2)　機能維持評価結果

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【緊急時対策所用発電機の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		機器振動による震度	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度			
緊急時対策所用発電機	常設／防止 常設／緩和	緊急時対策所建屋 EL. 23.30*1	－*2	－*2	－	－	C_H=1.43	C_V=1.27	[redacted]	－	[redacted]

注記 ＊1：基準床レベルを示す。

＊2：固有周期は十分に小さく，計算は省略する。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}*1 (mm)	ℓ_{2i}*1 (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	n_{fi}*1	
							弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	[redacted]					6	－	3
							－	2

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向		M_P (N・mm)	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	235*2	400*2	－	280	－	軸	－	－

注記 ＊1：各ボルトの機器要目における上段は軸方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は軸直角方向転倒に対する評価時の要目を示す。

＊2：周囲環境温度で算出

予想最大両振幅 (μm)	発電機回転速度 (min^{-1})
H_P=[redacted]	N=[redacted]

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部　　材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i＝2)	－	[redacted]	－	[redacted]

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部　　材	材　料	応　力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	σ_{b2}＝81	f_{ts2}＝210*
		せん断	－	－	τ_{b2}＝46	f_{sb2}＝160

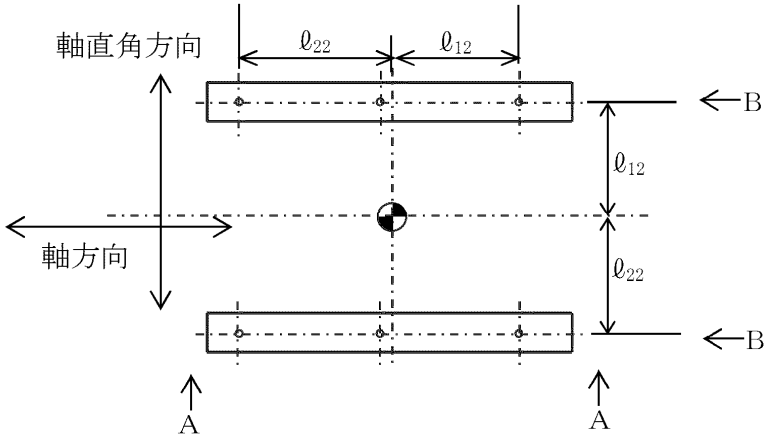
すべて許容応力以下である。

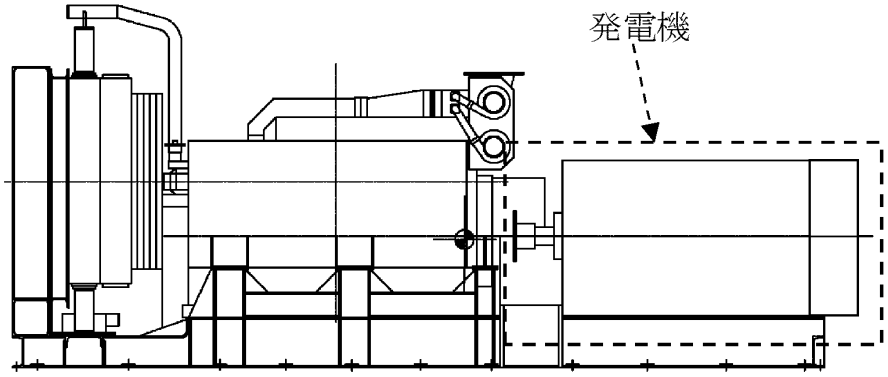
注記　＊：f_{tsi}＝Min[1.4・f_{toi}－1.6・τ_{bi}, f_{toi}]より算出

1.4.2 動的機能の評価結果 (×9.8 m/s^2)

		評価用加速度	機能確認済加速度
緊急時対策所用発電機	水平方向	0.65	4.7
	鉛直方向	0.55	1.0

評価用加速度(1.0 ZPA)はすべて機能確認済加速度以下である。





緊急時対策所発電機

Ⅴ-2-10-1-5-6　緊急時対策所用発電機制御盤の耐震性についての計算書

目次

1. 制御盤 ····· 1
1.1 概要 ····· 1
1.2 一般事項 ····· 1
1.2.1 構造計画 ····· 1
1.2.2 評価方針 ····· 3
1.2.3 適用基準 ····· 4
1.2.4 記号の説明 ····· 5
1.2.5 計算精度と数値の丸め方 ····· 6
1.3 評価部位 ····· 7
1.4 固有周期 ····· 7
1.4.1 基本方針 ····· 7
1.4.2 固有周期の算出方法 ····· 7
1.4.3 固有周期の算出結果 ····· 7
1.5 構造強度評価 ····· 8
1.5.1 構造強度評価方法 ····· 8
1.5.2 荷重の組合せ及び許容応力 ····· 8
1.5.3 設計用地震力 ····· 12
1.5.4 計算方法 ····· 13
1.5.5 計算条件 ····· 16
1.5.6 応力の評価 ····· 17
1.6 機能維持評価 ····· 18
1.6.1 電気的機能維持評価方法 ····· 18
1.7 評価結果 ····· 19
1.7.1 重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 19
2. 保護継電装置盤 ····· 22
2.1 概要 ····· 22
2.2 一般事項 ····· 22
2.2.1 構造計画 ····· 22
2.2.2 評価方針 ····· 24
2.2.3 適用基準 ····· 25
2.2.4 記号の説明 ····· 26
2.2.5 計算精度と数値の丸め方 ····· 27
2.3 評価部位 ····· 28
2.4 地震応答解析及び構造強度評価 ····· 28

2.4.1　地震応答解析及び構造強度評価方法 ····· 28
2.4.2　荷重の組合せ及び許容応力 ····· 28
2.4.3　解析モデル及び緒元 ····· 32
2.4.4　固有周期 ····· 34
2.4.5　設計用地震力 ····· 37
2.4.6　計算方法 ····· 38
2.4.7　計算条件 ····· 39
2.4.8　応力の評価 ····· 40
2.5　機能維持評価 ····· 41
2.5.1　電気的機能維持評価方法 ····· 41
2.6　評価結果 ····· 42
2.6.1　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 42

1. 制御盤

1.1 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，緊急時対策所用発電機制御盤が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

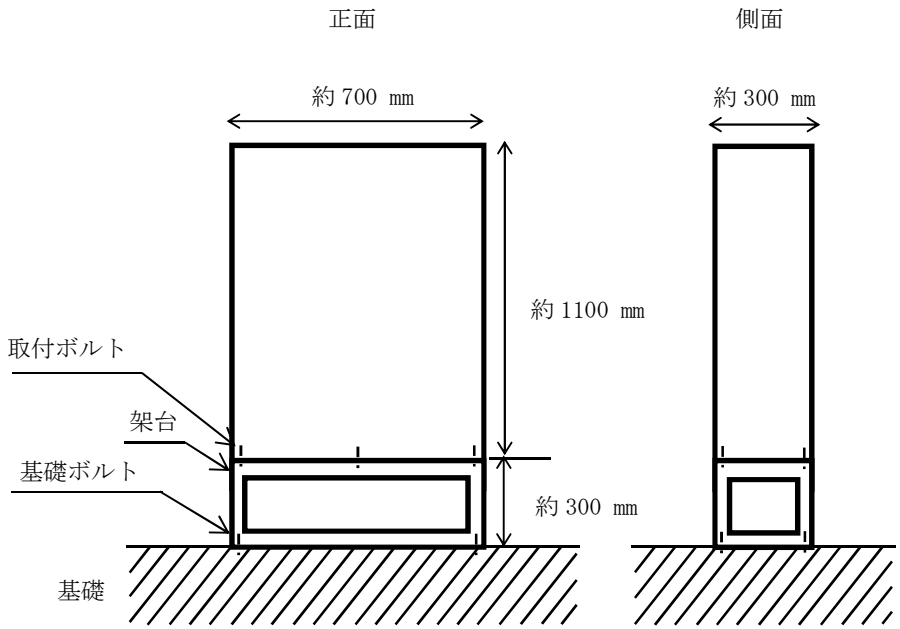
緊急時対策所用発電機制御盤は，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

1.2 一般事項

1.2.1 構造計画

緊急時対策所用発電機制御盤の構造計画を表 1-1 に示す。

表 1-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
緊急時対策所用発電機制御盤は，架台に取付ボルトにて固定する。架台は基礎ボルトにて基礎に固定する。	直立形 （鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤）	

1.2.2　評価方針

緊急時対策所用発電機制御盤の応力評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針 3.1　構造強度上の制限」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「1.2.1　構造計画」にて示す緊急時対策所用発電機制御盤の部位を踏まえ「1.3　評価部位」にて設定する箇所において，「1.4　固有周期」で測定した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを，「1.5　構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また，緊急時対策所用発電機制御盤の機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針　4.2　電気的機能維持」にて設定した電気的機能維持の方針に基づき，地震時の応答加速度が電気的機能確認済加速度以下であることを，「1.6 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「1.7　評価結果」に示す。

緊急時対策所用発電機制御盤の耐震評価フローを図 1-1 に示す。

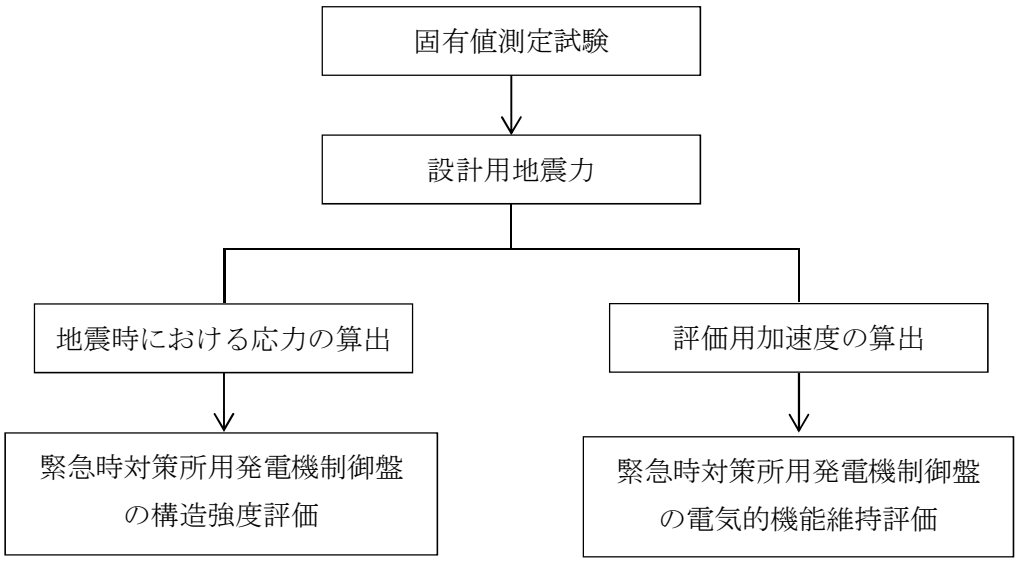


図 1-1　緊急時対策所用発電機制御盤の耐震評価フロー

1.2.3　適用基準

適用基準を以下に示す。

(1)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1987（日本電気協会）

(2)　原子力発電所耐震設計技術指針　重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１・補－1984（日本電気協会）

(3)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1991　追補版（日本電気協会）

(4)　発電用原子力設備規格（設計・建設規格(2005 年版（2007 年追補版含む。)）ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ1－2005/2007）（日本機械学会）（以下「設計・建設規格」という。）

1.2.4　記号の説明

記　号	記　　号　　の　　説　　明	単　位
A_{bi}	ボルトの軸断面積*1	mm^2
C_H	水平方向設計震度	－
C_V	鉛直方向設計震度	－
d_i	ボルトの呼び径*1	mm
F_i	設計・建設規格 SSB-3131に定める値*1	MPa
F_i^*	設計・建設規格 SSB-3133に定める値*1	MPa
F_{bi}	ボルトに作用する引張力（1本当たり）*1	N
f_{sbi}	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力（f_s^*を1.5倍した値）*1	MPa
f_{toi}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力（f_t^*を1.5倍した値）*1	MPa
f_{tsi}	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力*1	MPa
g	重力加速度（＝9.80665）	m/s^2
h_i	据付面又は取付面から重心までの距離*2	mm
ℓ_{1i}	重心とボルト間の水平方向距離（直立形）*1, *3	mm
ℓ_{2i}	重心とボルト間の水平方向距離（直立形）*1, *3	mm
m_i	運転時質量*2	kg
n_i	ボルトの本数*1	－
nf_i	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数（直立形）*1	－
Q_{bi}	ボルトに作用するせん断力*1	N
S_{ui}	設計・建設規格 付録材料図表　Part5　表9に定める値*1	MPa
S_{yi}	設計・建設規格 付録材料図表　Part5　表8に定める値*1	MPa
S_{yi}（RT）	設計・建設規格 付録材料図表　Part5　表8に定める材料の40℃における値*1	MPa
π	円周率	－
σ_{bi}	ボルトに生じる引張応力*1	MPa
τ_{bi}	ボルトに生じるせん断応力*1	MPa

注記　＊1：A_{bi}, d_i, F_i, F_i^*, F_{bi}, f_{sbi}, f_{toi}, f_{tsi}, ℓ_{1i}, ℓ_{2i}, n_i, nf_i, Q_{bi}, S_{ui}, S_{yi}, σ_{bi}及びτ_{bi}の添字iの意味は，以下のとおりとする。

i＝1：基礎ボルト

i＝2：取付ボルト

＊2：h_i及びm_iの添字iの意味は，以下のとおりとする。

i＝1：据付面

i＝2：取付面

＊3：$\ell_{1i} \leqq \ell_{2i}$

1.2.5　計算精度と数値の丸め方

精度は6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は，表1-2に示すとおりとする。

表1-2　表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第4位	四捨五入	小数点以下第3位
震度	－	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位
温度	℃	－	－	整数位
質量	kg	－	－	整数位
長さ*1	mm	－	－	整数位
面積*2	mm^2	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力*3	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

注記　＊1：設計上定める値が小数点以下の場合は，小数点以下表示とする。

＊2：絶対値が1000以上のときは，べき数表示とする。

＊3：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨て，整数位までの値とする。

1.3　評価部位

緊急時対策所用発電機制御盤の耐震評価は，「1.5.1　構造強度評価方法」に示す条件に基づき，耐震評価上厳しくなる基礎ボルト及び取付ボルトについて実施する。

緊急時対策所用発電機制御盤の耐震評価部位については，表 1-1 の概略構造図に示す。

1.4　固有周期

1.4.1　基本方針

緊急時対策所用発電機制御盤の固有周期は，振動試験（加振試験）にて求める。

1.4.2　固有周期の算出方法

振動試験装置により固有周期を測定する。緊急時対策所用発電機制御盤の外形図を表 1-1 の構造計画に示す。

1.4.3　固有周期の算出結果

固有周期の算出結果を表 1-3 に示す。水平方向のうち短辺方向は［　　］秒，長辺方向は［　　］秒であることを確認した。また，鉛直方向は固有周期が 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。

表 1-3　固有周期(s)

水平方向		鉛直方向
短辺方向	長辺方向	0.05 以下
［　　］	［　　］	

1.5　構造強度評価

1.5.1　構造強度評価方法

(1)　緊急時対策所用発電機制御盤の質量は，重心に集中しているものとする。

(2)　地震力は，緊急時対策所用発電機制御盤に対して，水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。

(3)　緊急時対策所用発電機制御盤は取付ボルトで架台に固定し，架台は基礎ボルトで基礎に固定されており，固定端とする。

(4)　転倒方向は，図 1-2(1)～(4)計算モデルにおける短辺方向及び長辺方向について検討し，計算書には計算結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。

(5)　耐震計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

1.5.2　荷重の組合せ及び許容応力

1.5.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

緊急時対策所用発電機制御盤の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 1-4 に示す。

1.5.2.2　許容応力

緊急時対策所用発電機制御盤の許容応力は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき表 1-5 のとおりとする。

1.5.2.3　使用材料の許容応力評価条件

緊急時対策所用発電機制御盤の使用材料の許容応力評価条件のうち，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 1-6 に示す。

表 1-4　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用 電源設備	非常用 発電装置	緊急時対策所用 発電機制御盤	常設／防止 常設／緩和	－*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS （V_ASとして $Ⅳ_AS$の許容限 界を用いる。）

注記　＊1：「常設／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

＊3：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 1-5　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 （ボルト等）	
	一次応力	
	引張り	せん断
$Ⅳ_AS$	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
$Ⅴ_AS$ （$Ⅴ_AS$として$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）		

注記　＊1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 1-6　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y(RT) (MPa)
基礎ボルト i ＝1	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	725	930	－
取付ボルト i ＝2	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	245	400	－

1.5.3　設計用地震力

「基準地震動Ｓ$_s$」による地震力は，添付書類「Ⅴ-2-1-7　設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。また，減衰定数は，添付書類「Ⅴ-2-1-6　地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

耐震評価に用いる設計用地震力を表 1-7 に示す。

表 1-7　設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所及び床面高さ（m）	固有周期（s）		基準地震動Ｓ$_s$		減衰定数（%）	
	水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向	鉛直方向
緊急時対策所建屋 EL. 23.30	短辺方向 [redacted] 長辺方向 [redacted]	0.05*1 以下	C_H= 1.43 又は＊2 （短辺方向：2.58） （長辺方向：1.43）	C_V=1.27	1.0*3	－

注記　＊1：加振試験より固有値は，0.05 秒以下であり剛であることを確認した。

＊2：基準地震動Ｓ$_s$に基づく設備評価用床応答曲線より得られる値。

＊3：電気盤に対しては，水平方向の減衰定数 4.0%を適用できるが，保守的に溶接構造物の減衰定数 1.0%を適用した。

1.5.4　計算方法

1.5.4.1　応力の計算方法

1.5.4.1.1　基礎ボルト及び取付ボルトの計算方法

基礎ボルト及び取付ボルトの応力は，地震による震度により作用するモーメントによって生じる引張力とせん断力について計算する。

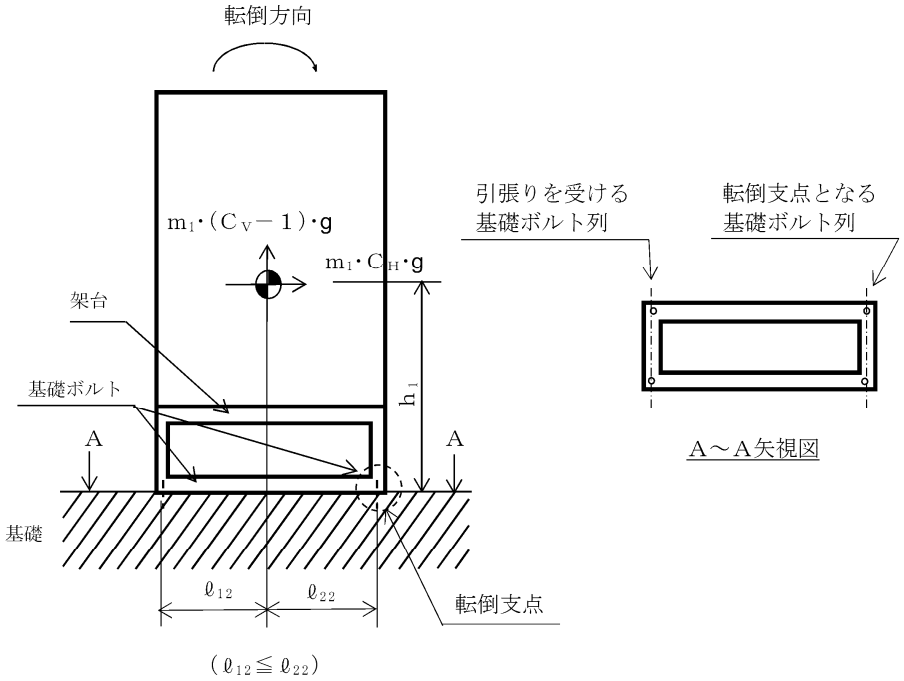


図1-2(1)　計算モデル

（直立形（基礎ボルト）　長辺方向転倒の場合）

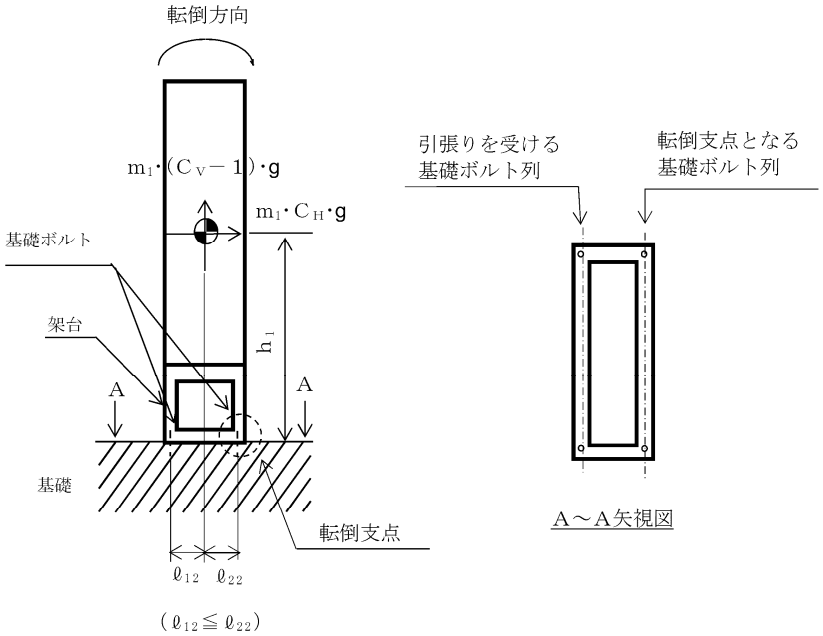


図1-2(2)　計算モデル

（直立形（基礎ボルト）　短辺方向転倒の場合）

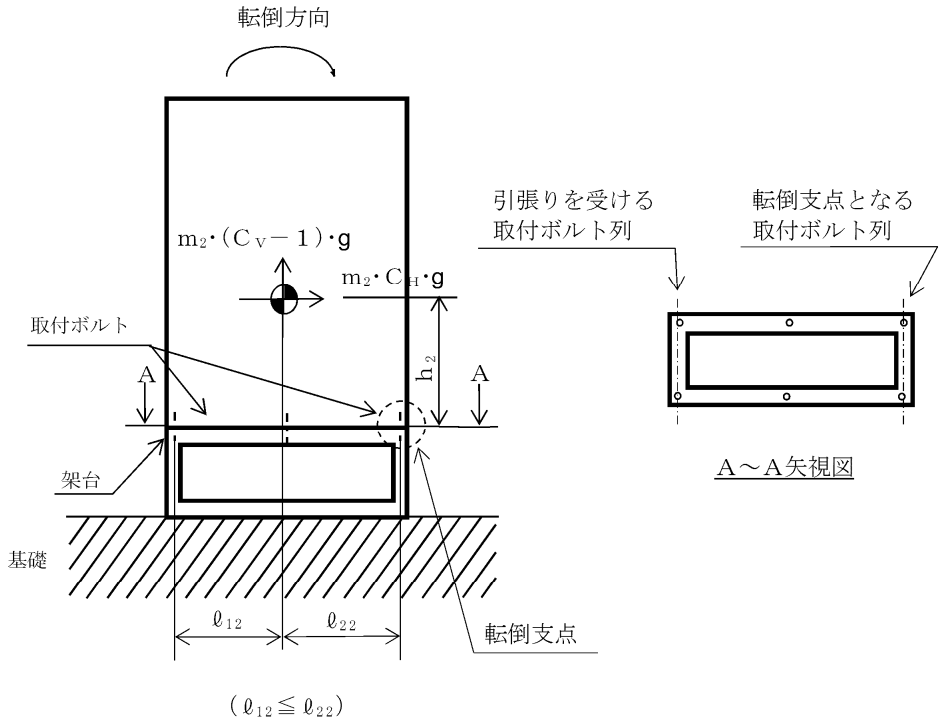


図1-2(3)　計算モデル

（直立形（取付ボルト）　長辺方向転倒の場合）

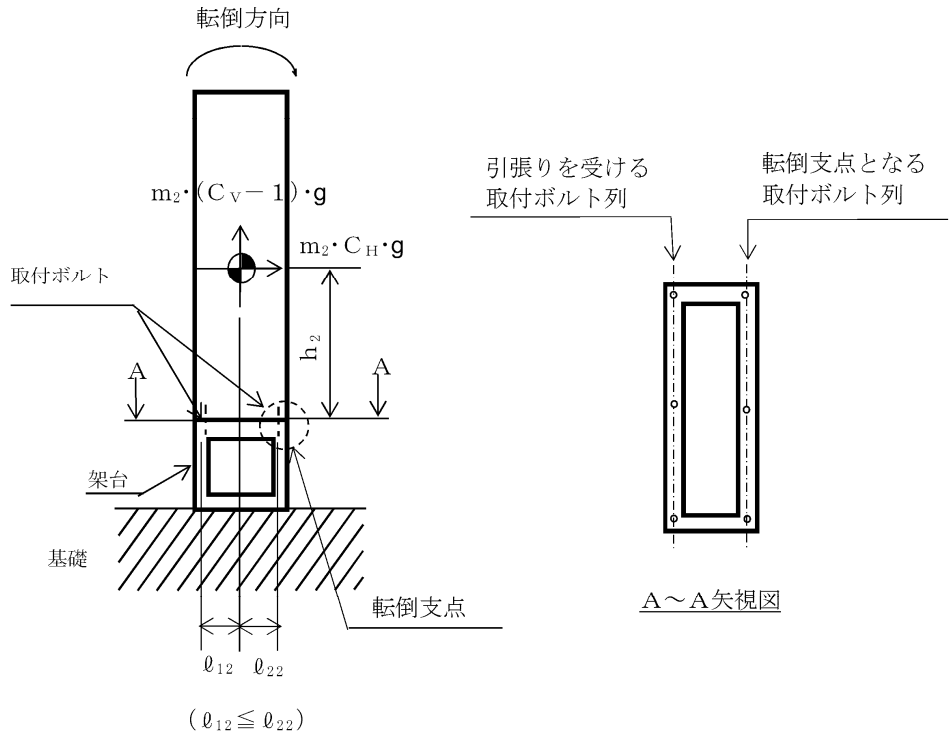


図1-2(4)　計算モデル

（直立形（取付ボルト）　短辺方向転倒の場合）

(1) 引張応力

基礎ボルト及び取付ボルトに対する引張力は，最も厳しい条件として，図1-2で最外列の基礎ボルトを支点とする転倒を考え，これを片側の最外列の基礎ボルトで受けるものとして計算する。

引張力（F_{bi}）

計算モデル，図1-2の場合の引張力

$$F_{bi}=\frac{m_i \cdot C_H \cdot h_i \cdot g - m_i \cdot (1-C_V) \cdot \ell_{2i} \cdot g}{n_{fi} \cdot (\ell_{1i}+\ell_{2i})} \quad \cdots\cdots (1.5.4.1.1.1)$$

引張応力（σ_{bi}）

$$\sigma_{bi}=\frac{F_{bi}}{A_{bi}} \quad \cdots\cdots (1.5.4.1.1.2)$$

ここで，基礎ボルト及び取付ボルトの軸断面積A_{bi}は次式により求める。

$$A_{bi}=\frac{\pi}{4} \cdot d_i^2 \quad \cdots\cdots (1.5.4.1.1.3)$$

ただし，F_{bi}が負のときボルトには引張力が生じないので，引張応力の計算は行わない。

(2) せん断応力

基礎ボルト及び取付ボルトに対するせん断力は，ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

a. ベンチ形，直立形の場合

$$Q_{bi}=m_i \cdot C_H \cdot g \quad \cdots\cdots (1.5.4.1.1.4)$$

せん断応力

$$\tau_{bi}=\frac{Q_{bi}}{n_i \cdot A_{bi}} \quad \cdots\cdots (1.5.4.1.1.5)$$

1.5.5　計算条件

1.5.5.1　基礎ボルト及び取付ボルトの応力計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【緊急時対策所用発電機制御盤の耐震性についての計算結果】の設計条件および機器要目に示す。

1.5.6　応力の評価

1.5.6.1　ボルトの応力評価

1.5.4.1.1 項で求めたボルトの引張応力 σ_b は次式より求めた許容引張応力 f_{ts} 以下であること。ただし，f_{to} は下表による。

$$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}] \quad \cdots\cdots (1.5.6.1.1)$$

せん断応力 τ_b はせん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力 f_{sb} 以下であること。ただし，f_{sb} は下表による。

	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度による荷重との組合せの場合	基準地震動 S_s による荷重との組合せの場合
許容引張応力 f_{to}	$\frac{F_i}{2}\cdot 1.5$	$\frac{F_i^*}{2}\cdot 1.5$
許容せん断応力 f_{sb}	$\frac{F_i}{1.5\cdot\sqrt{3}}\cdot 1.5$	$\frac{F_i^*}{1.5\cdot\sqrt{3}}\cdot 1.5$

1.6　機能維持評価

1.6.1　電気的機能維持評価方法

緊急時対策所用発電機制御盤の電気的機能維持評価について以下に示す。

緊急時対策所用発電機制御盤の機能確認済加速度には，同形式の盤の地震波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した評価部位の加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 1-8 に示す。

表 1-8　機能確認済加速度　　（×9.8 m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
緊急時対策所用 発電機制御盤	水平	1.30
	鉛直	4.12

1.7　評価結果

1.7.1　重大事故等対処設備としての評価結果

緊急時対策所用発電機制御盤の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1)　構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2)　機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【緊急時対策所用発電機制御盤の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
緊急時対策所用発電機制御盤	常設／防止 常設／緩和	緊急時対策所建屋 EL. 23.30	短辺方向 [redacted] 長辺方向 [redacted]	0.05 以下*1	－	－	C_H＝1.43 又は＊2 (短辺方向：2.58) (長辺方向：1.43)	C_V＝1.27	[redacted]

注記 ＊1：加振試験より 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。

＊2：基準地震動S_sに基づく設備評価用床応答曲線より得られる値。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}*3 (mm)	ℓ_{2i}*3 (mm)	A_{bi} (mm²)	n_i	nf_i*3
基礎ボルト (i＝1)	[redacted]						2
							2
取付ボルト (i＝2)							2
							3

注記 ＊3：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i＝1)	725	930	－	651	－	短辺方向
取付ボルト (i＝2)	245	400	－	280	－	短辺方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部　　材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i＝1)	－	1.027×10^4	－	4.301×10^3
取付ボルト (i＝2)	－	2.704×10^3	－	3.036×10^3

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部　　材	材　料	応　力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b1}=91$	$f_{ts1}=487$*1
		せん断	－	－	$\tau_{b1}=10$	$f_{sb1}=375$
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=35$	$f_{ts2}=210$*1
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=7$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

注記　*1：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot\tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 (×9.8 m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
緊急時対策所用発電機制御盤	水平方向	0.65	1.30
	鉛直方向	0.55	4.12

評価用加速度（1.0ZPA）は，すべて機能確認済加速度以下である。

2. 保護継電装置盤

2.1 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，緊急時対策所用発電機保護継電装置盤が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

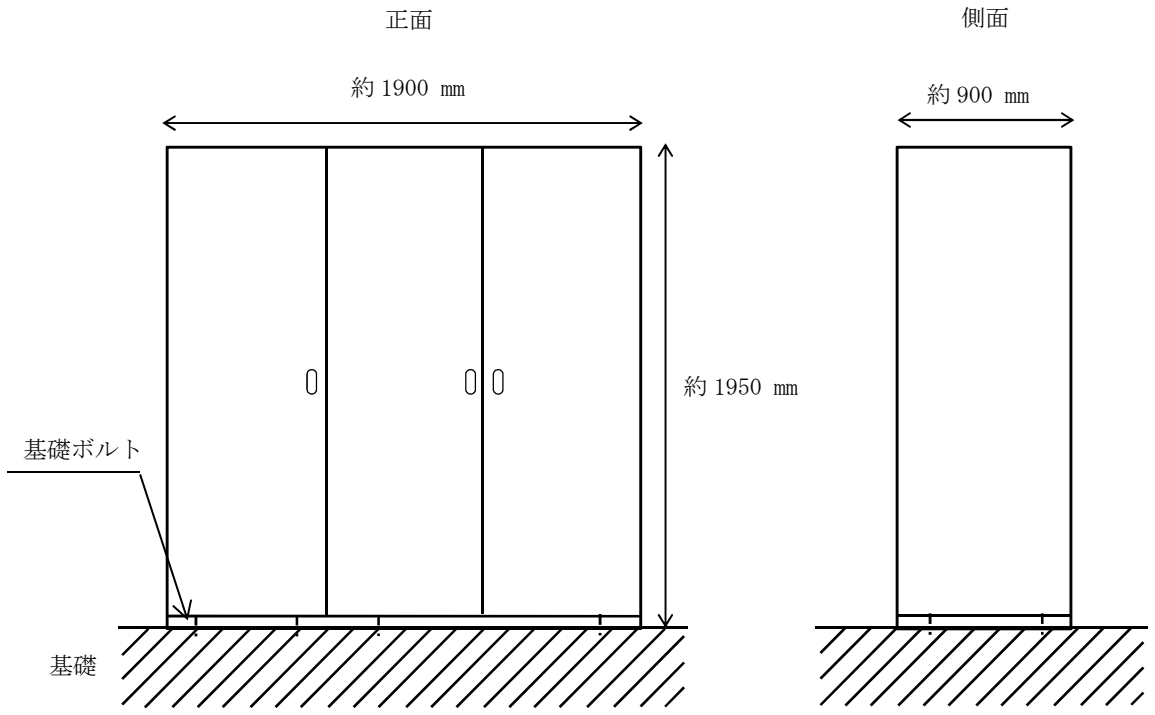
緊急時対策所用発電機保護継電装置盤は，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

2.2 一般事項

2.2.1 構造計画

緊急時対策所用発電機保護継電装置盤の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
緊急時対策所用発電機保護継電装置盤は，基礎ボルトにて基礎に固定する。	直立形 (鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤)	

2.2.2　評価方針

緊急時対策所用発電機保護継電装置盤の応力評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針　3.1　構造強度上の制限」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.2.1　構造計画」にて示す緊急時対策所用発電機保護継電装置盤の部位を踏まえ「2.3　評価部位」にて設定する箇所において，「2.2.4　解析モデル及び諸元」及び「2.4.4　固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを，「2.4　地震応答解析及び構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また，緊急時対策所用発電機保護継電装置盤の機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-9 機能維持の基本方針　4.3　電気的機能維持」にて設定した電気的機能維持の方針に基づき，地震時の応答加速度が電気的機能確認済加速度以下であることを，「2.5　機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「2.6　評価結果」に示す。

緊急時対策所用発電機保護継電装置盤の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

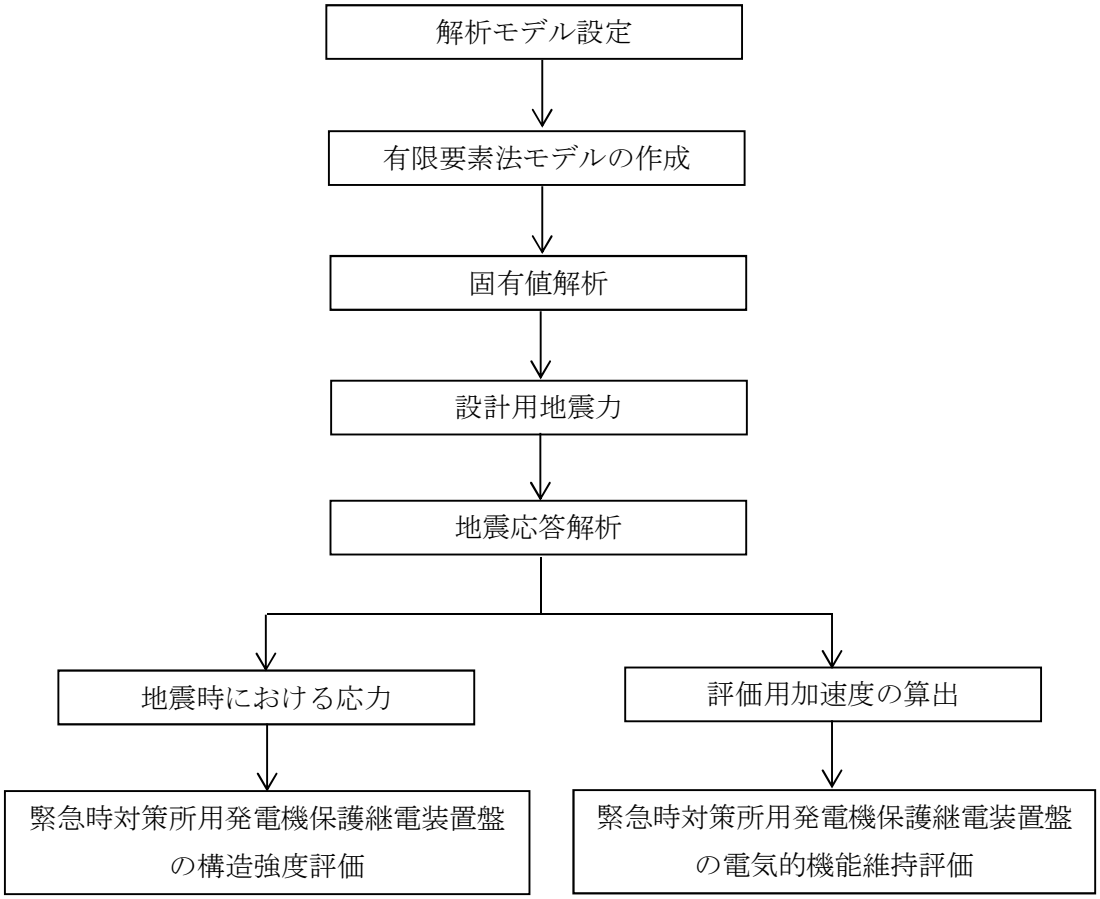


図 2-1　緊急時対策所用発電機保護継電装置盤の耐震評価フロー

2.2.3　適用基準

適用基準を以下に示す。

(1)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1987（日本電気協会）

(2)　原子力発電所耐震設計技術指針　重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１・補－1984（日本電気協会）

(3)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1991　追補版（日本電気協会）

(4)　発電用原子力設備規格（設計・建設規格(2005 年版（2007 年追補版含む。)）ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ1－2005/2007)（日本機械学会）（以下「設計・建設規格」という。）

2.2.4　記号の説明

記　号	記　　号　　の　　説　　明	単位
A_b	ボルトの軸断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	－
C_V	鉛直方向設計震度	－
T	温度条件（周囲環境温度）	℃
E	縦弾性係数	MPa
ν	ポアソン比	－
d_i	ボルトの呼び径	mm
F*	設計・建設規格 SSB-3133に定める値	MPa
F_b	ボルトに作用する引張力（1本当たり）	N
f_{sb}	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力（f_s*を1.5倍した値）	MPa
f_{to}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力（f_t*を1.5倍した値）	MPa
f_{ts}	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力	MPa
g	重力加速度（＝9.80665）	m/s^2
m	質量	kg
n	ボルトの本数	－
Q_b	ボルトに作用するせん断力	N
Q_x	ボルトに作用するX軸方向のせん断力	N
Q_y	ボルトに作用するY軸方向のせん断力	N
S_u	設計・建設規格 付録材料図表　Part5　表9に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格 付録材料図表　Part5　表8に定める値	MPa
S_y（RT）	設計・建設規格 付録材料図表　Part5　表8に定める材料の40℃における値	MPa
π	円周率	－
σ_b	ボルトに生じる引張応力	MPa
τ_b	ボルトに生じるせん断応力	MPa

2.2.5　計算精度と数値の丸め方

精度は6桁以上を確保する。表示する数値の丸め方は，表2-2に示すとおりとする。

表2-2　表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第4位	四捨五入	小数点以下第3位
震度	－	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位
温度	℃	－	－	整数位
質量	kg	－	－	整数位
長さ*1	mm	－	－	整数位
面積*2	mm^2	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
モーメント	N･mm	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力*3	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

注記　＊1：設計上定める値が小数点以下の場合は，小数点以下表示とする。

＊2：絶対値が1000以上のときは，べき数表示とする。

＊3：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨て，整数位までの値とする。

2.3　評価部位

緊急時対策所用発電機保護継電装置盤の耐震評価は，基礎ボルトについて実施する。

緊急時対策所用発電機保護継電装置盤の耐震評価部位については，表 2－1 の概略構造図に示す。

2.4　地震応答解析及び構造強度評価

2.4.1　地震応答解析及び構造強度評価方法

(1)　固有周期及び荷重を求めるため，盤を構成する鋼材をはり要素，鋼板をシェル要素としてモデル化した3次元FEMモデルによる固有値解析を行う。固有周期が0.05秒以下である場合は，1.2倍した設置床の最大応答加速度を用いた静解析を実施する。0.05秒を超える場合は，設備評価用床応答曲線を用いたスペクトルモーダル解析を実施する。

(2)　緊急時対策所用発電機保護継電装置盤は，建屋の床面に設置し，基礎ボルトにより固定されるものとする。

(3)　解析モデルの質量には，盤の質量と取付器具の質量を考慮する。

(4)　耐震計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

2.4.2　荷重の組合せ及び許容応力

2.4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

緊急時対策所用発電機保護継電装置盤の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 2-3 に示す。

2.4.2.2　許容応力

緊急時対策所用発電機保護継電装置盤の許容応力は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき表 2-4 に示す。

2.4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

緊急時対策所用発電機保護継電装置盤の使用材料の許容応力評価条件のうち，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 2-5 に示す。

表 2-3　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源設備	非常用発電装置	緊急時対策所用発電機保護継電装置盤	常設／防止 常設／緩和	—*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS （V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記　＊1：「常設／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

＊3：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 2-4　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 （ボルト等）	
	一次応力	
	引張り	せん断
$Ⅳ_AS$	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
$Ⅴ_AS$ （$Ⅴ_AS$として$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）		

注記　＊1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 2-5　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	725	930	－

2.4.3　解析モデル及び諸元

解析モデルは，盤を構成する鋼材をはり要素，鋼板をシェル要素としてモデル化した 3 次元 FEM モデルである。解析モデルの概要を図 2-2 及び図 2-3 に，解析モデルの諸元を表 2-6 に示す。

(1)　拘束条件は，基礎ボルトの固定点において並進3方向を拘束することで，取付床面上に基礎ボルトにて固定されている状態とする。

(2)　解析コードは，「ＭＳＣ　ＮＡＳＴＲＡＮ」を使用し，解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については，添付書類「Ⅴ-5-1　計算機プログラム（解析コード）の概要・ＭＳＣ　ＮＡＳＴＲＡＮ」に示す。

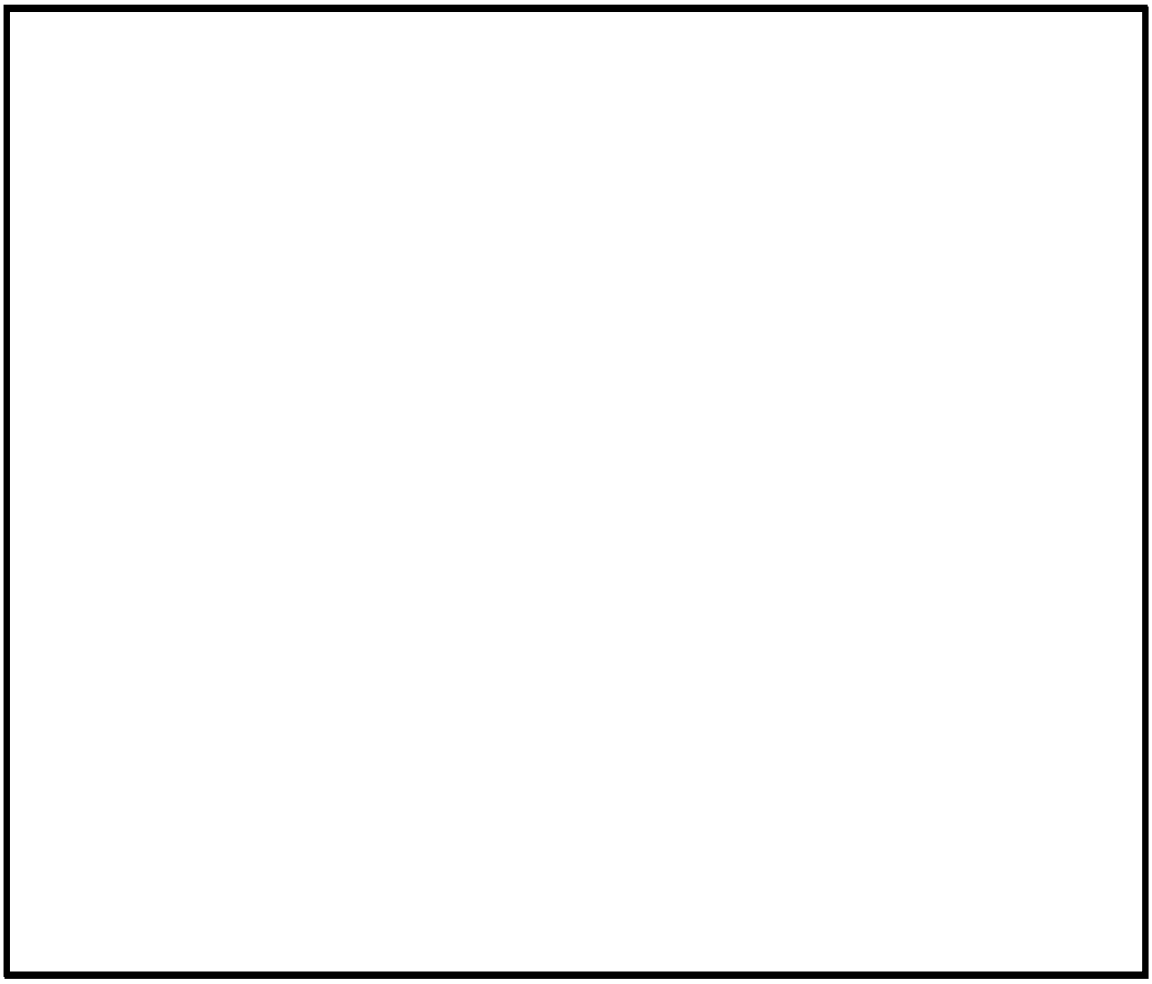


図 2-2　解析モデル

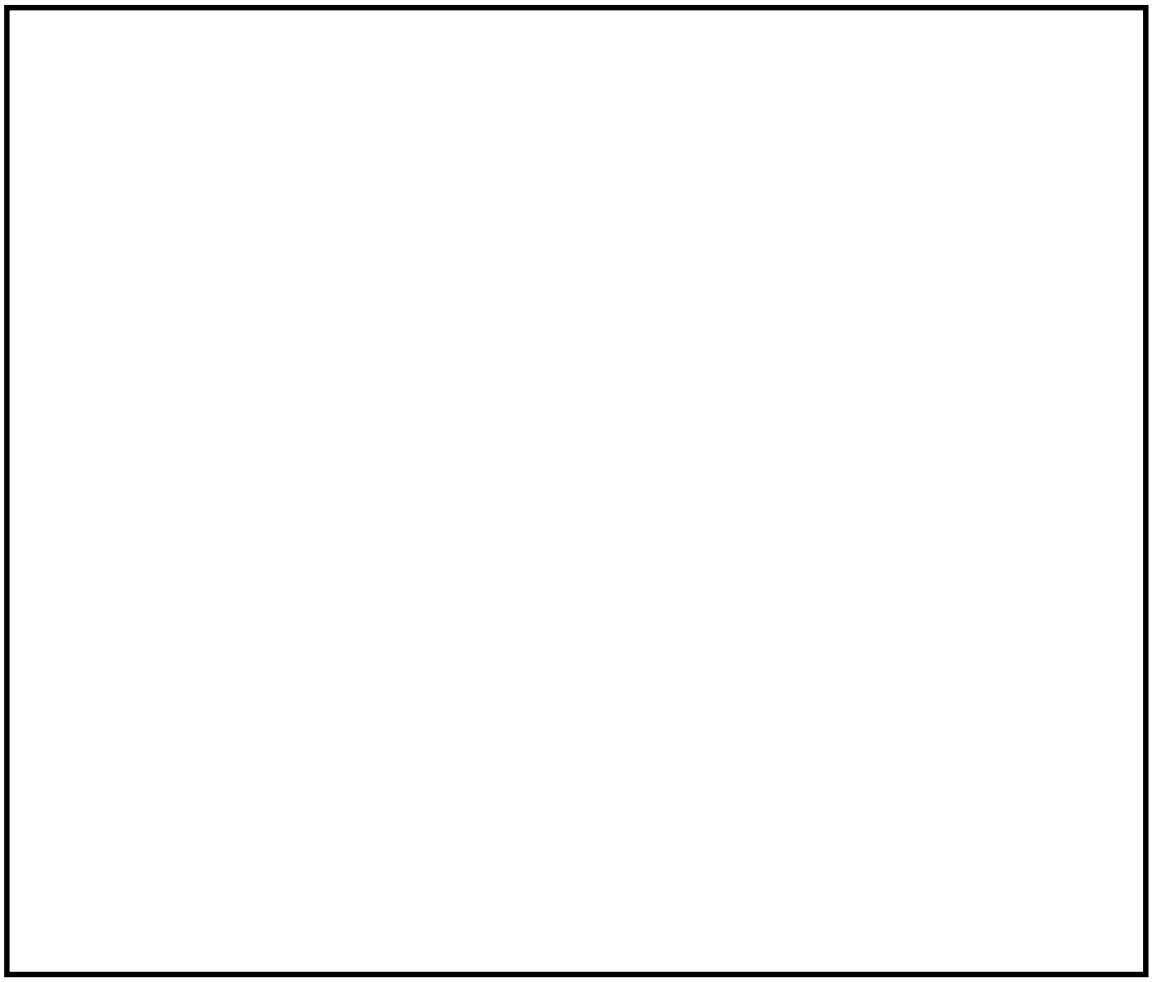


図 2-3　解析モデル（基礎ボルト位置）

表 2-6　機器諸元

項目	記号	単位	入力値
材質	－	－	
質量	m	kg	
温度条件 (周囲環境温度)	T	℃	
縦弾性係数	E	MPa	
ポアソン比	ν	－	
要素数	－	個	
節点数	－	個	
ボルト本数	n	－	

2.4.4　固有周期

固有値解析結果を表 2-7 に，振動モード図を図 2-4～図 2-6 に示す。

1 次モードは水平方向のうち短辺方向に卓越し，固有周期が［　　］秒であり，2 次モードは水平方向のうち長辺方向に卓越し，固有周期が［　　］秒であることを確認した。また，9 次モードは鉛直方向に卓越し，固有周期は［　　］秒であることを確認した。

表 2-7　固有周期（s）

モード	固有周期（s）	卓越方向	刺激係数		
			X	Y	Z
1 次					
2 次					
3 次					
4 次					
5 次					
6 次					
7 次					
8 次					
9 次					
10 次					
11 次					
12 次					
13 次					
14 次					
15 次					
16 次					
17 次					
18 次					
19 次					
20 次					
21 次					
22 次					
23 次					
24 次					
25 次					

モード	固有周期（s）	卓越方向	刺激係数		
			X	Y	Z
26 次					
27 次					
28 次					
29 次					
30 次					
31 次					
32 次					

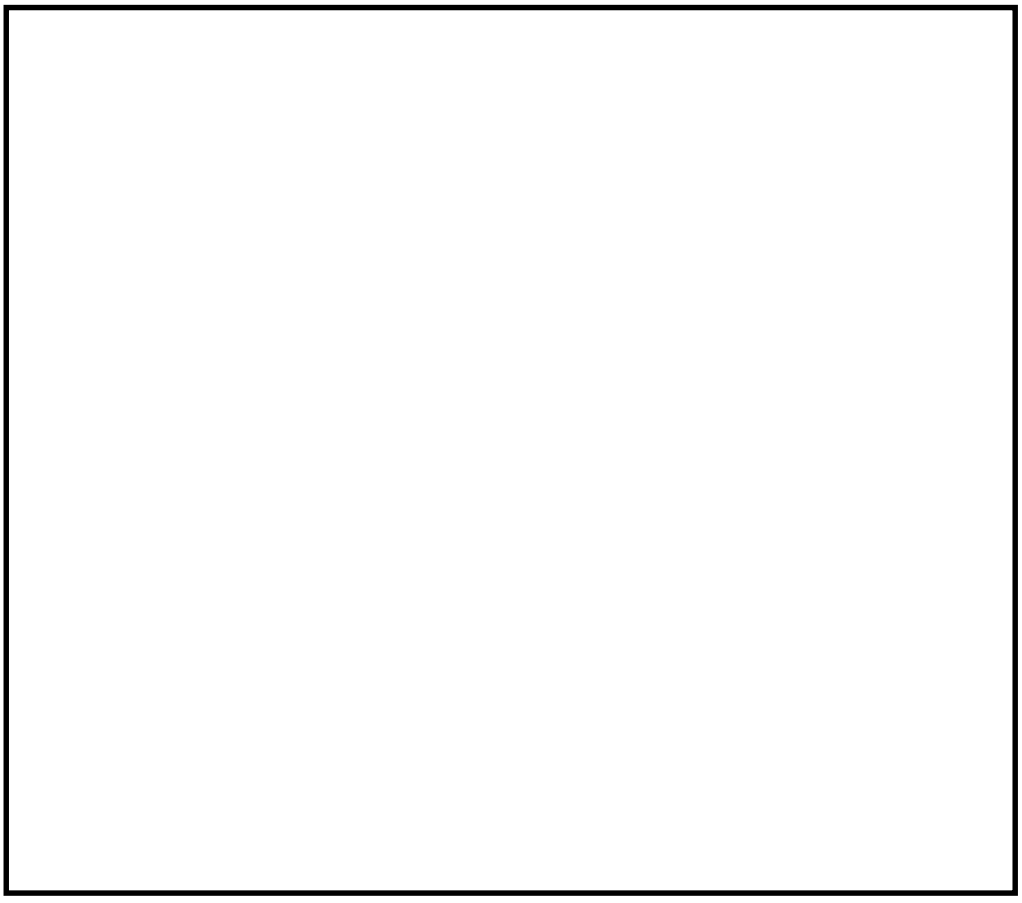


図 2-4　振動モード（1 次モード　水平方向

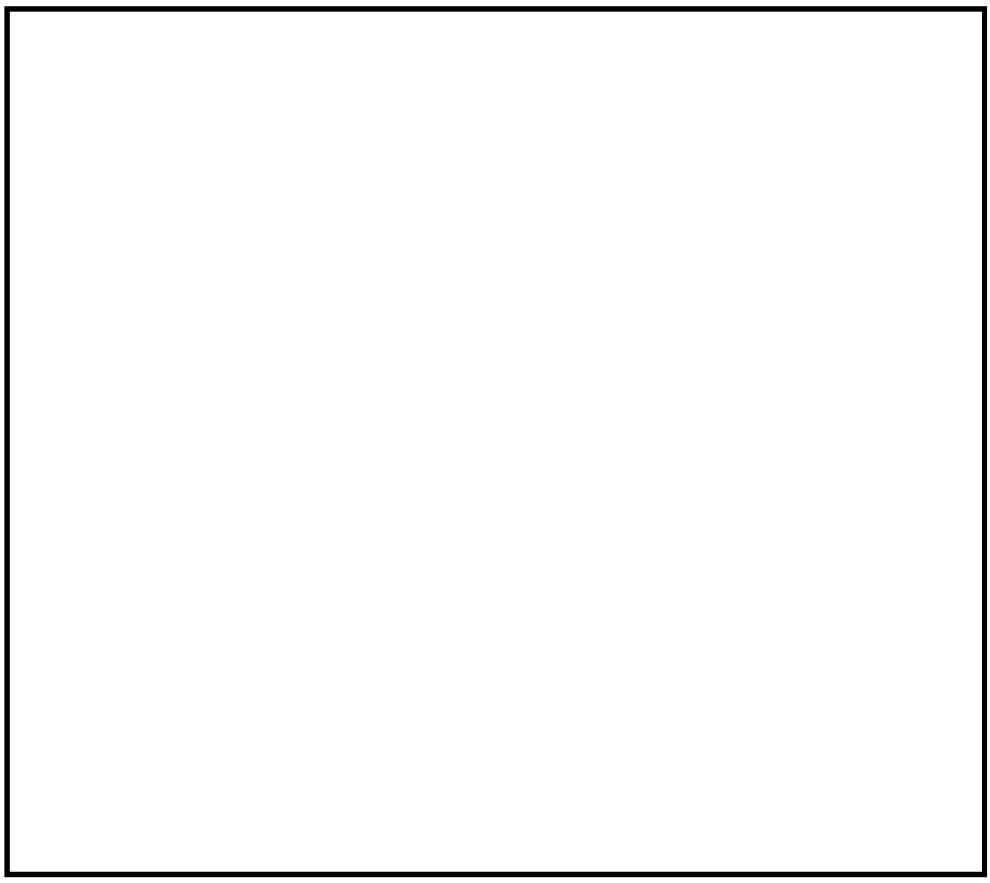


図 2-5　振動モード（2 次モード　水平方向

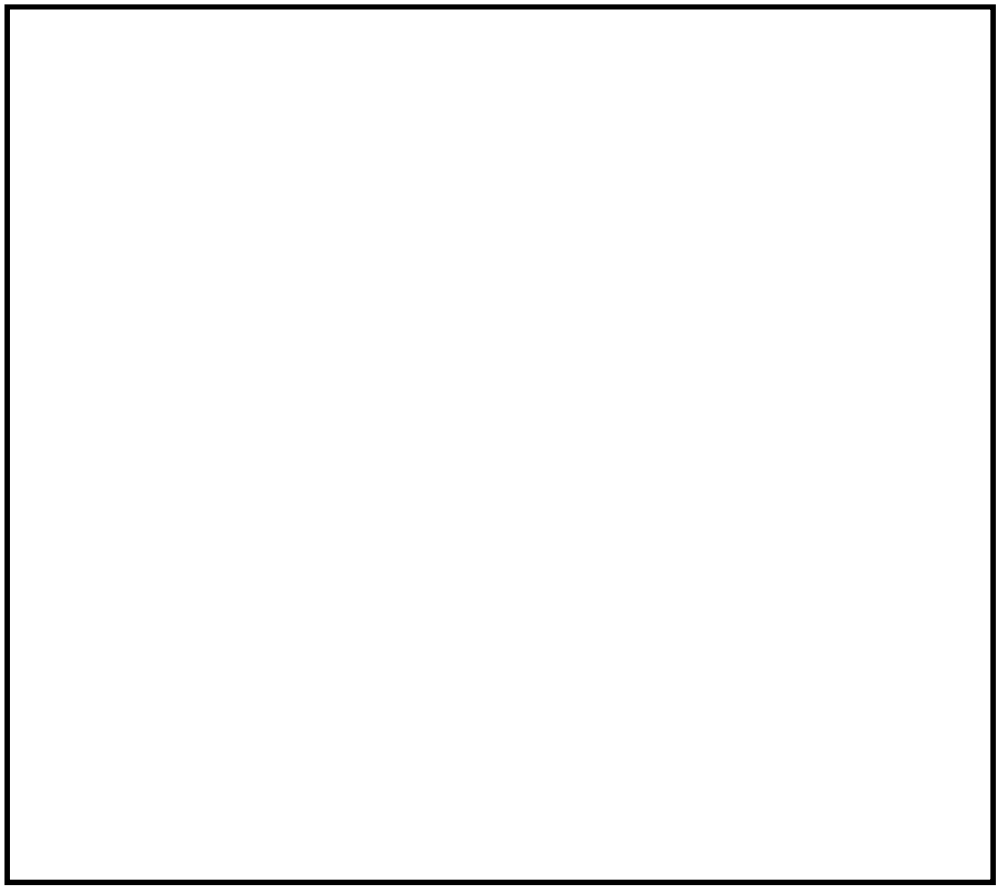


図 2-6　振動モード（9 次モード　鉛直方向

2.4.5　設計用地震力

「基準地震動Ｓ$_s$」による地震力は，添付書類「Ⅴ-2-1-7　設計用床応答曲線の作成方針」に基づく。また，減衰定数は，添付書類「Ⅴ-2-1-6　地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

耐震評価に用いる設計用地震力を表 2-8 に示す。

表 2-8　設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所及び床面高さ（m）	固有周期（s）		基準地震動Ｓ$_s$		減衰定数*2（%）	
	水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向	鉛直方向
緊急時対策所建屋 EL. 23.30	短辺方向 [redacted] 長辺方向 [redacted]	[redacted]	C_H= 1.43 又は＊1	C_V= 1.27 又は＊1	1.0	1.0

注記　＊1：基準地震動Ｓ$_s$に基づく設備評価用床応答曲線より得られる値。

＊2：電気盤に対しては，水平方向の減衰定数 4.0%を適用できるが，保守的に溶接構造物の減衰定数 1.0%を適用した。鉛直方向の減衰定数は溶接構造物に適用される減衰定数の値。

2.4.6　計算方法

2.5.4.1　基礎ボルトの応力計算式

FEM解析の結果から得られる基礎ボルト部の最大荷重を用いて，表2-9の式により最大応力及び組合せ応力を算出する。

表 2-9　応力計算式

応力の種類	単位	応力計算式
引張応力　σ_b	MPa	$\frac{F_b}{A_b}$
せん断応力　τ_b	MPa	$\frac{Q_b}{A_b}$

ここで，基礎ボルトに作用するせん断力

$$Q_b = \sqrt{Q_x^2 + Q_y^2}$$

2.4.7　計算条件

(1)　基礎ボルト

記号	説明	単位	値
F_b	基礎ボルトに作用する引張力	N	2.956×10^4
Q_b	基礎ボルトに作用するせん断力	N	2.091×10^4
A_b	基礎ボルトの断面積（M16 ボルト）	mm^2	201
F^*	設計・建設規格　SSB-3133 に定める値	MPa	651

2.4.8　応力の評価

2.4.8.1　ボルトの応力評価

2.5.4.1.1 項で求めた基礎ボルトの引張応力 σ_b は次式より求めた許容引張応力 f_{ts} 以下であること。ただし，f_{to} は下表による。

$$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}] \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (2.4.8.1.1)$$

せん断応力 τ_b はせん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力 f_{sb} 以下であること。ただし，f_{sb} は下表による。

	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度による荷重との組合せの場合	基準地震動 S_s による荷重との組合せの場合
許容引張応力 f_{to}	$\frac{F}{2}\cdot 1.5$	$\frac{F^*}{2}\cdot 1.5$
許容せん断応力 f_{sb}	$\frac{F}{1.5\cdot\sqrt{3}}\cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5\cdot\sqrt{3}}\cdot 1.5$

2.5　機能維持評価

2.5.1　電気的機能維持評価方法

緊急時対策所用発電機保護継電装置盤の電気的機能維持評価について以下に示す。

緊急時対策所用発電機保護継電装置盤の機能確認済加速度は，同形式の盤の地震波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した評価部位の加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 2-10 に示す。

表 2-10　機能確認済加速度　　(×9.8 m/s^2)

評価部位	方向	機能確認済加速度
緊急時対策所用発電機 保護継電装置盤	水平	1.52
	鉛直	3.77

2.6　評価結果

2.6.1　重大事故等対処設備としての評価結果

緊急時対策所用発電機保護継電装置盤の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。

発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1)　構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2)　機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【緊急時対策所用発電機保護継電装置盤の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	耐震設計上の重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
緊急時対策所用発電機保護継電装置盤	常設／防止 常設／緩和	緊急時対策所建屋 EL.23.30	短辺方向 □ 長辺方向 □	□	－	－	C_H＝ 1.43 又は*1	C_V＝ 1.27 又は*1	□

注記 ＊1：基準地震動S_sに基づく設備評価用床応答曲線より得られる値。

1.2 機器要目

2.4.3 項に示すとおり。

1.3 計算数値

2.4.7 項に示すとおり。

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

（単位：MPa）

部　　材	材　料	応　力	弾性設計用地震動Ｓ$_d$又は静的震度		基準地震動Ｓ$_s$	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト		引張り	－	－	σ_b=147	f_{ts}=487*1
		せん断	－	－	τ_b=104	f_{sb}=375

すべて許容応力以下である。

注記　＊1：f_{ts}=Min[1.4・f_{to}－1.6・τ_b，f_{to}]より算出

1.4.2 電気的機能維持の評価結果

（×9.8 m/s^2）

		評価用加速度	機能確認済加速度
緊急時対策所用発電機保護継電装置盤	水平方向	0.65	1.52
	鉛直方向	0.55	3.77

評価用加速度（1.0ZPA）は，すべて機能確認済加速度以下である。

Ⅴ-2-10-1-6-1　非常用無停電電源装置の耐震性についての計算書

目次

1. 概要 ····· 1
2. 一般事項 ····· 1
2.1 構造計画 ····· 1
3. 固有周期 ····· 3
4. 構造強度評価 ····· 3
4.1 構造強度評価方法 ····· 3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力 ····· 3
5. 機能維持評価 ····· 7
5.1 電気的機能維持評価方法 ····· 7
6. 評価結果 ····· 8
6.1 設計基準対象施設としての評価結果 ····· 8
6.2 重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 8

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，非常用無停電電源装置が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

非常用無停電電源装置は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

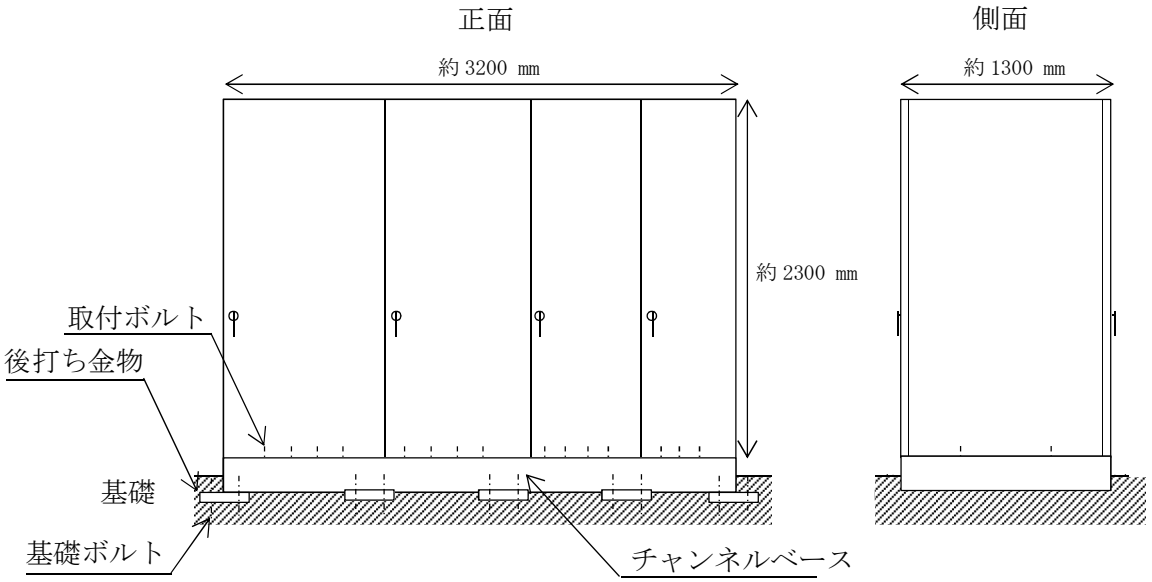
2. 一般事項

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を行う。

2.1 構造計画

非常用無停電電源装置の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
非常用無停電電源装置は，取付ボルトにてチャンネルベースに固定する。チャンネルベースは後打ち金物と基礎ボルトにて基礎に固定する。	直立形 （鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤）	

3.　固有周期

非常用無停電電源装置の固有周期は，構造が同様な盤に対する打振試験の測定結果から，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛とする。固有周期を表 3-1 に示す。

表 3-1　固有周期（s）

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

非常用無停電電源装置の構造は直立形であるため，構造強度評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

4.2　荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

非常用無停電電源装置の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設としての評価に用いるものを表 4-1 に，重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-2 に示す。

4.2.2　許容応力

非常用無停電電源装置の許容応力は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき表 4-3 のとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

非常用無停電電源装置の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設としての評価に用いるものを表 4-4 に，重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-5 に示す。

表 4-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震設計上の重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源設備	その他の電源装置	非常用無停電電源装置	S	－*	$D+P_D+M_D+S_d$*	$Ⅲ_AS$
					$D+P_D+M_D+S_s$	$Ⅳ_AS$

注記　＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4-2　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源設備	その他の電源装置	非常用無停電電源装置	常設耐震／防止常設／緩和	－*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS（V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記　＊1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

＊3：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4-3　許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 （ボルト等）	
	一次応力	
	引張り	せん断
ⅢAS	1.5・f_t	1.5・f_s
ⅣAS	1.5・f_t*	1.5・f_s*
VAS （VASとしてⅣASの許容限界を用いる。）		

注記　＊1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-4　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y(RT) (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	245	400	—
取付ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	215	400	—

表 4-5　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y(RT) (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	245	400	—
取付ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	215	400	—

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

非常用無停電電源装置の電気的機能維持評価について，以下に示す。

電気的機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

非常用無停電電源装置の機能確認済加速度には，同形式の器具の正弦波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した器具の加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 （×9.8 m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
非常用無停電電源装置	水平	4.00
	鉛直	3.00

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

非常用無停電電源装置の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

非常用無停電電源装置の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【非常用無停電電源装置の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震設計上の重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
非常用無停電電源装置	S	EL.8.20*	0.05以下	0.05以下	C_H=0.63	C_V=0.50	C_H=1.10	C_V=0.96	

注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	nf_i*
基礎ボルト (i=1)							10
							4
取付ボルト (i=2)							15
							2

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i=1)	245	400	245	280	短辺方向	短辺方向
取付ボルト (i=2)	215	400	215	258	短辺方向	長辺方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト（i＝1）	2.653×10^3	7.532×10^3	4.448×10^4	7.767×10^4
取付ボルト（i＝2）	1.586×10^3	1.216×10^4	4.108×10^4	7.174×10^4

1.4 結　論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	$\sigma_{b1}=24$	$f_{ts1}=147$*	$\sigma_{b1}=67$	$f_{ts1}=168$*
		せん断	$\tau_{b1}=10$	$f_{sb1}=113$	$\tau_{b1}=18$	$f_{sb1}=129$
取付ボルト	SS400	引張り	$\sigma_{b2}=8$	$f_{ts2}=161$*	$\sigma_{b2}=61$	$f_{ts2}=193$*
		せん断	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=124$	$\tau_{b2}=8$	$f_{sb2}=148$

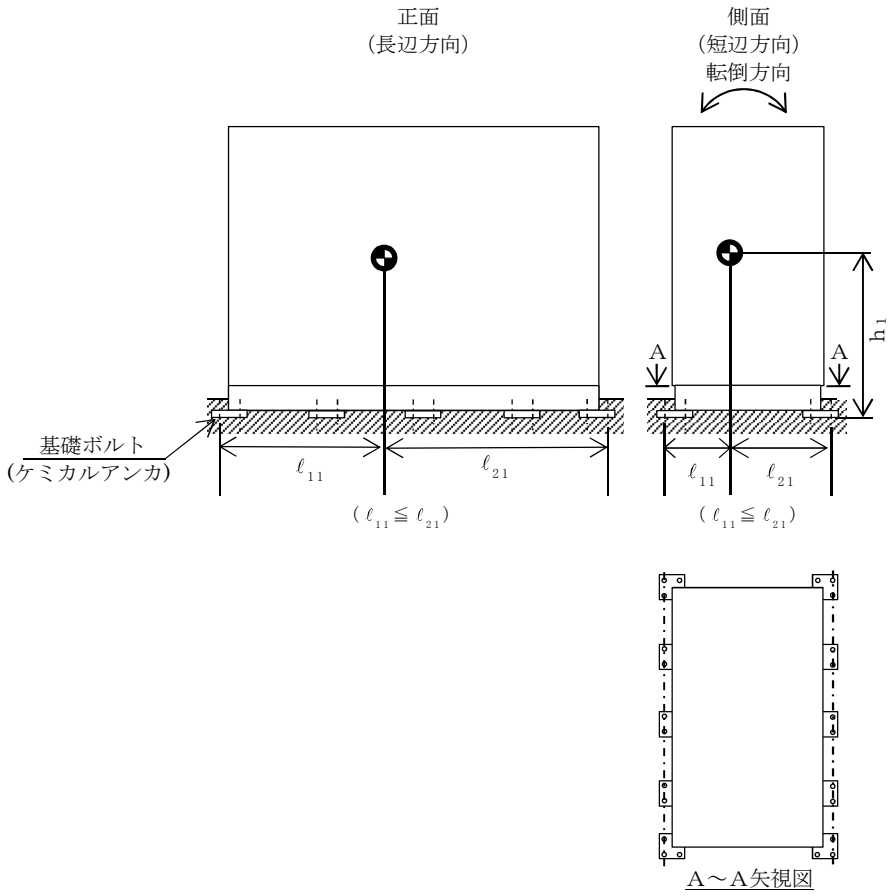
すべて許容応力以下である。

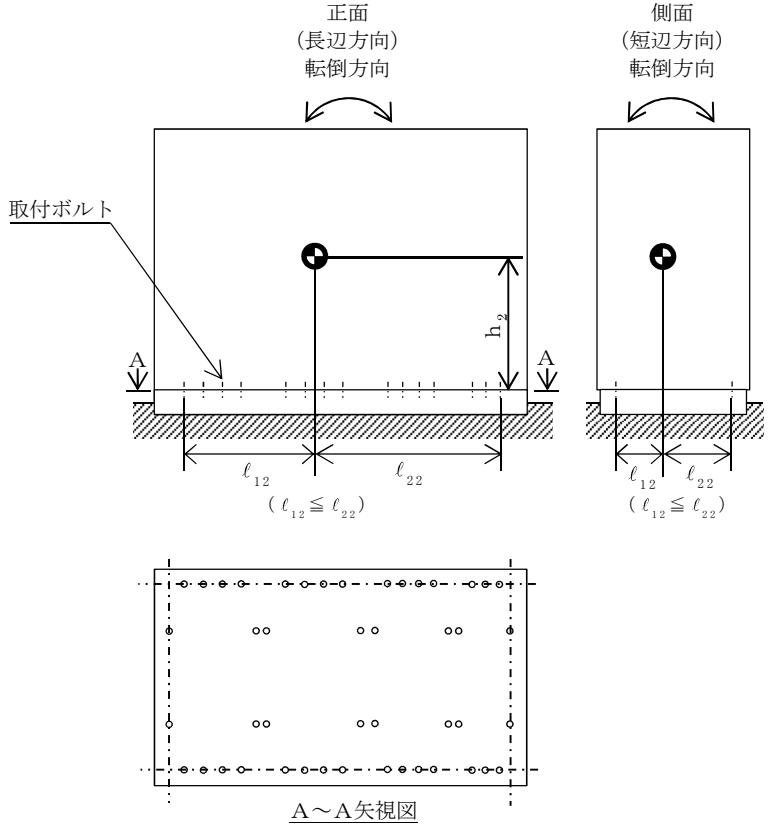
注記　＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($\times9.8\ m/s^2$)

		評価用加速度	機能確認済加速度
非常用無停電電源装置	水平方向	0.92	4.00
	鉛直方向	0.80	3.00

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


正面
(長辺方向)
側面
(短辺方向)
転倒方向
基礎ボルト
(ケミカルアンカ)
A
A
h_1
ℓ_{11}
ℓ_{21}
($\ell_{11} \leqq \ell_{21}$)
A～A矢視図


正面
(長辺方向)
転倒方向
側面
(短辺方向)
転倒方向
取付ボルト
A
A
h_2
ℓ_{12}
ℓ_{22}
($\ell_{12} \leqq \ell_{22}$)
A～A矢視図

【非常用無停電電源装置の耐震性についての計算結果】

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
非常用無停電電源装置	常設耐震／防止常設／緩和	EL.8.20*	0.05以下	0.05以下	－	－	C_H＝1.10	C_V＝0.96	

注記 ＊：基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	nf_i*
基礎ボルト (i＝1)							10
							4
取付ボルト (i＝2)							15
							2

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i＝1)	245	400	－	280	－	短辺方向
取付ボルト (i＝2)	215	400	－	258	－	長辺方向

2.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト（i＝1）	－	7.532×10^3	－	7.767×10^4
取付ボルト（i＝2）	－	1.216×10^4	－	7.174×10^4

2.4 結　論

2.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	－	－	$\sigma_{b1}=67$	$f_{ts1}=168^*$
		せん断	－	－	$\tau_{b1}=18$	$f_{sb1}=129$
取付ボルト	SS400	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=61$	$f_{ts2}=193^*$
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=8$	$f_{sb2}=148$

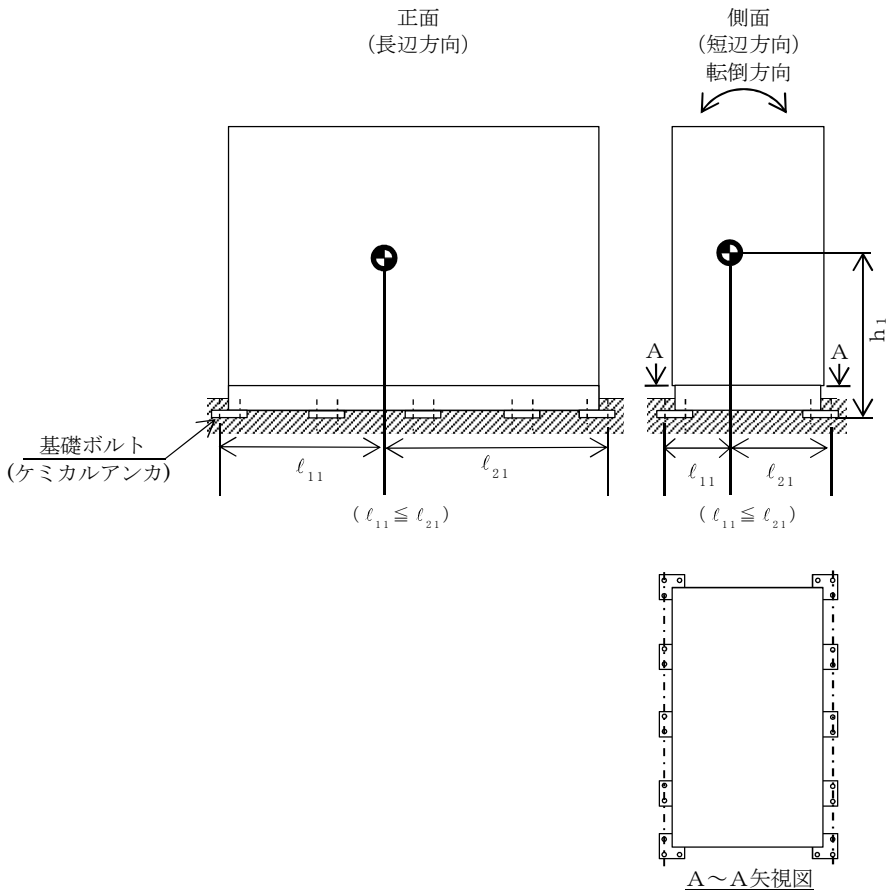
すべて許容応力以下である。

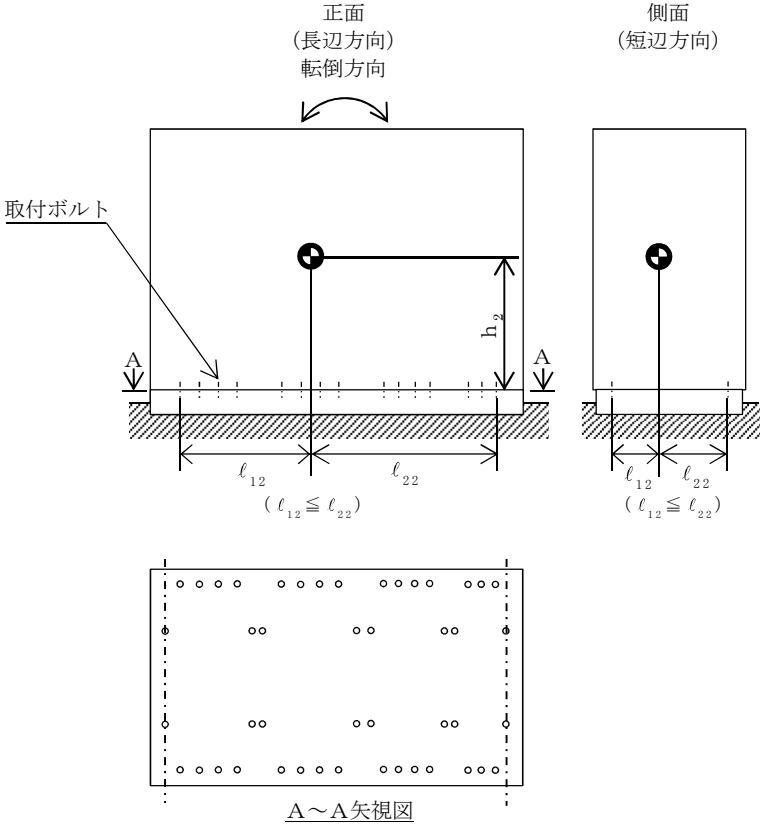
注記　＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

2.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($\times9.8\ m/s^2$)

		評価用加速度	機能確認済加速度
非常用無停電電源装置	水平方向	0.92	4.00
	鉛直方向	0.80	3.00

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


正面
(長辺方向)
側面
(短辺方向)
転倒方向
基礎ボルト
(ケミカルアンカ)
A
A
h_1
ℓ_{11}
ℓ_{21}
($\ell_{11} \leqq \ell_{21}$)
A～A矢視図


正面
(長辺方向)
転倒方向
側面
(短辺方向)
取付ボルト
A
A
h_2
ℓ_{12}
ℓ_{22}
($\ell_{12} \leqq \ell_{22}$)
A～A矢視図

Ⅴ-2-10-1-6-2　緊急用無停電電源装置の耐震性についての計算書

目次

1. 概要 ····· 1
2. 一般事項 ····· 1
2.1 構造計画 ····· 1
3. 固有周期 ····· 3
4. 構造強度評価 ····· 3
4.1 構造強度評価方法 ····· 3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力 ····· 3
5. 機能維持評価 ····· 7
5.1 電気的機能維持評価方法 ····· 7
6. 評価結果 ····· 8
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 8

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，緊急用無停電電源装置が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

緊急用無停電電源装置は，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

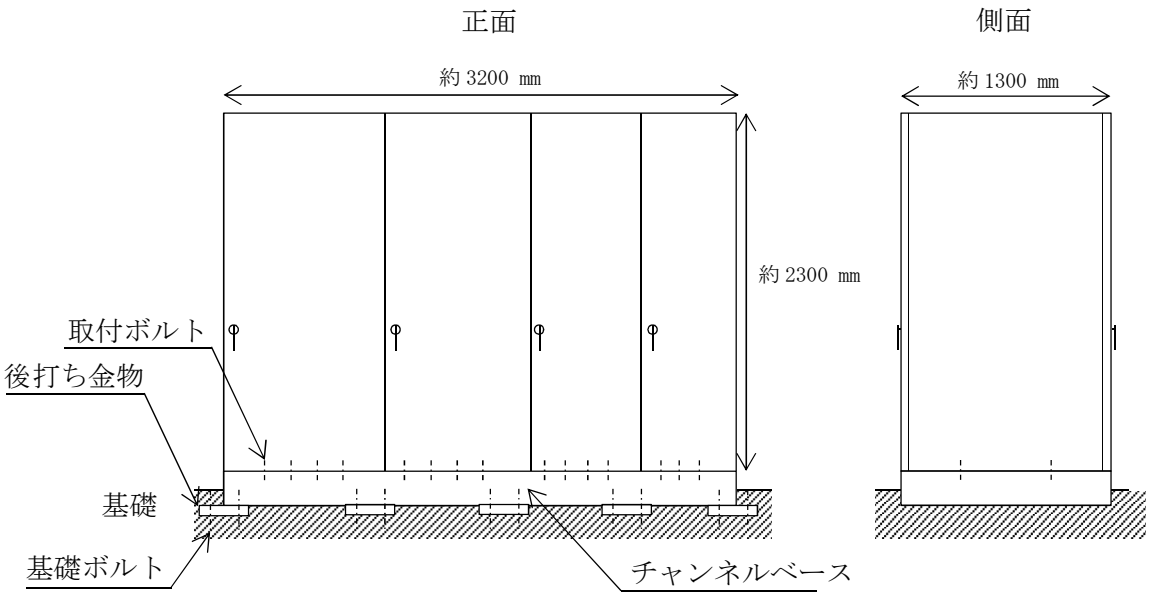
2. 一般事項

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を行う。

2.1 構造計画

緊急用無停電電源装置の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
緊急用無停電電源装置は，取付ボルトにてチャンネルベースに固定する。チャンネルベースは後打ち金物と基礎ボルトにて基礎に固定する。	直立形 （鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤）	

3.　固有周期

緊急用無停電電源装置の固有周期は，構造が同様な盤に対する打振試験の測定結果から，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛とする。固有周期を表 3-1 に示す。

表 3-1　固有周期（s）

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

緊急用無停電電源装置の構造は直立形であるため，構造強度評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

4.2　荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

緊急用無停電電源装置の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2　許容応力

緊急用無停電電源装置の許容応力は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき表 4-3 のとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

緊急用無停電電源装置の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-3 に示す。

表 4-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源設備	その他の電源装置	緊急用無停電電源装置	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS （V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記　＊1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

＊3：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4-2　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 （ボルト等）	
	一次応力	
	引張り	せん断
$Ⅳ_AS$	1.5・f_t*	1.5・f_s*
$Ⅴ_AS$ （$Ⅴ_AS$として$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）		

注記　＊1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-3　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	245	400	—
取付ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	215	400	—

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

緊急用無停電電源装置の電気的機能維持評価について，以下に示す。

電気的機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

緊急用無停電電源装置の機能確認済加速度には，同形式の器具の正弦波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した器具の加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 （×9.8 m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
緊急用無停電電源装置	水平	4.00
	鉛直	3.00

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

緊急用無停電電源装置の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【緊急用無停電電源装置の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
緊急用無停電電源装置	常設耐震／防止常設／緩和	EL.8.20*	0.05以下	0.05以下	－	－	C_H=1.10	C_V=0.96	

注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	nf_i*
基礎ボルト (i=1)							10
							4
取付ボルト (i=2)							15
							2

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i=1)	245	400	－	280	－	短辺方向
取付ボルト (i=2)	215	400	－	258	－	長辺方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i=1)	－	7.532×10^3	－	7.767×10^4
取付ボルト (i=2)	－	1.216×10^4	－	7.174×10^4

1.4 結　論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b1}=67$	$f_{ts1}=168^*$
		せん断	－	－	$\tau_{b1}=18$	$f_{sb1}=129$
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=61$	$f_{ts2}=193^*$
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=8$	$f_{sb2}=148$

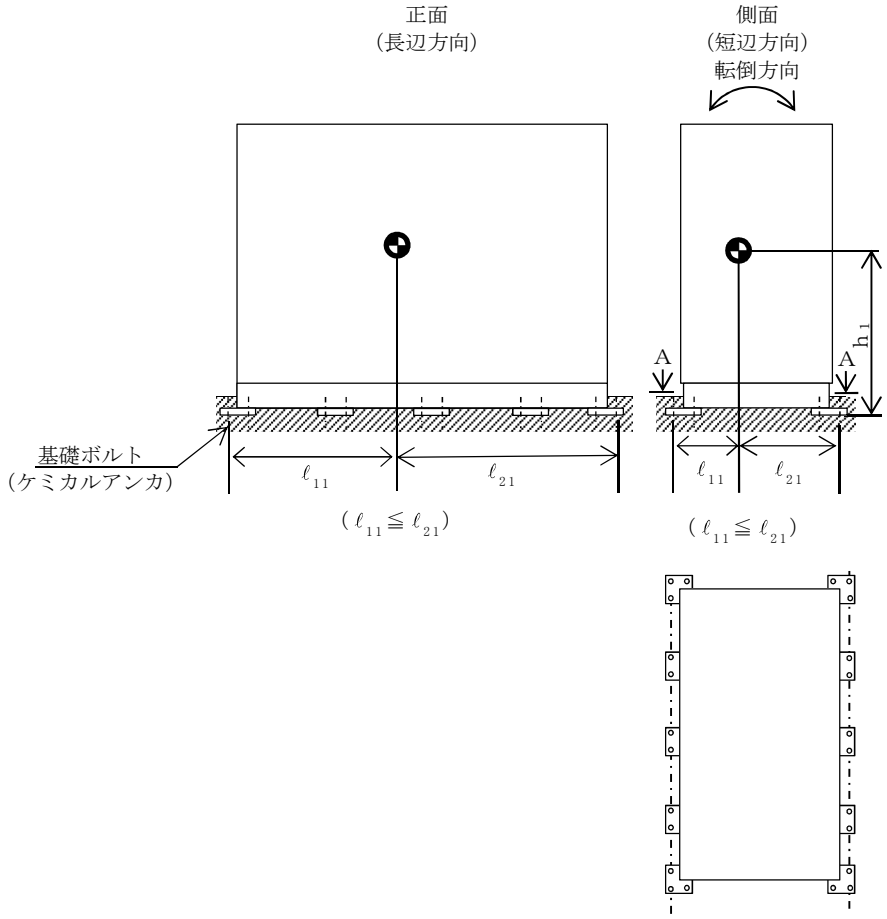
すべて許容応力以下である。

注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

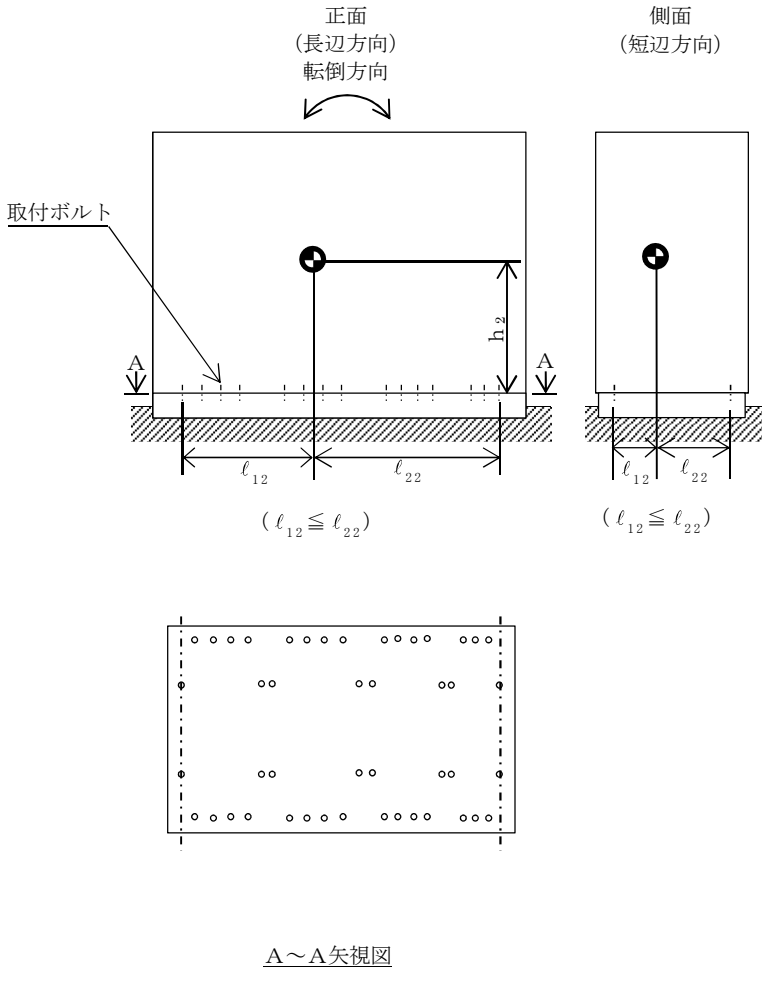
1.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($\times9.8\ m/s^2$)

		評価用加速度	機能確認済加速度
緊急用無停電電源装置	水平方向	0.92	4.00
	鉛直方向	0.80	3.00

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


正面
(長辺方向)
側面
(短辺方向)
転倒方向
基礎ボルト
(ケミカルアンカ)
A
A
h_1
ℓ_{11}
ℓ_{21}
ℓ_{11}
ℓ_{21}
($\ell_{11} \leqq \ell_{21}$)
($\ell_{11} \leqq \ell_{21}$)

A～A矢視図


正面
(長辺方向)
転倒方向
側面
(短辺方向)
取付ボルト
A
A
h_2
ℓ_{12}
ℓ_{22}
ℓ_{12}
ℓ_{22}
($\ell_{12} \leqq \ell_{22}$)
($\ell_{12} \leqq \ell_{22}$)

A～A矢視図

Ⅴ-2-10-1-6-3　125V 系蓄電池 A 系／B 系の耐震性についての計算書

目次

1. 概要 ····· 1
2. 一般事項 ····· 1
2.1 構造計画 ····· 1
3. 固有周期 ····· 3
3.1 固有周期の算出方法 ····· 3
4. 構造強度評価 ····· 3
4.1 構造強度評価方法 ····· 3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力 ····· 3
5. 機能維持評価 ····· 7
5.1 電気的機能維持評価方法 ····· 7
6. 評価結果 ····· 8
6.1 設計基準対象施設としての評価結果 ····· 8
6.2 重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 8

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，125V 系蓄電池 A 系／B 系が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

125V 系蓄電池 A 系／B 系は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

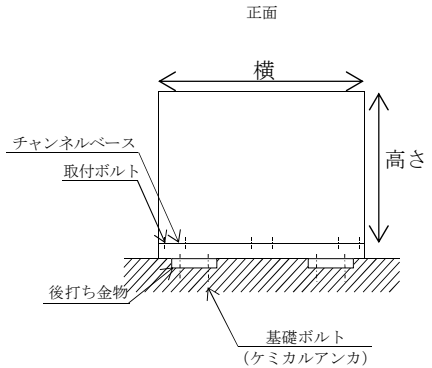
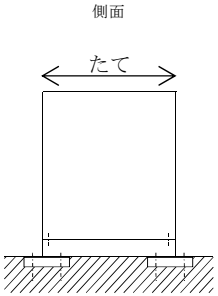
2. 一般事項

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を行う。

2.1 構造計画

125V 系蓄電池 A 系／B 系の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
125V 系蓄電池 A 系／B 系は，取付ボルトにてチャンネルベースに固定する。チャンネルベースは後打ち金物と基礎ボルトにて基礎に固定する。	直立形 （鋼製架台に固定された制御弁式据置鉛蓄電池）	 

	4 個並び 2 段 1 列	3 個並び 2 段 1 列
たて	約 960 mm	約 960 mm
横	約 1580 mm	約 1240 mm
高さ	約 1230 mm	約 1230 mm

3.　固有周期

3.1　固有周期の算出方法

125V 系蓄電池 A 系／B 系のうち 4 個並び 2 段 1 列の水平方向の固有周期は，プラスチックハンマ等により当該装置に振動を与え，固有振動数測定装置（圧電式加速度ピックアップ，振動計，分析器）により固有振動数（共振周波数）を測定する。測定の結果，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。鉛直方向の固有周期は，構造が同様な装置に対する打振試験の測定結果から，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛とする。

125V 系蓄電池 A 系／B 系のうち 3 個並び 2 段 1 列の固有周期は，構造が同様な装置に対する打振試験の測定結果から，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛とする。

固有周期を表 3-1 に示す。

表 3-1　固有周期（s）

名称	方向	固有周期
125V 系蓄電池 （4 個並び 2 段 1 列）	水平	[redacted]
	鉛直	0.05 以下
125V 系蓄電池 （3 個並び 2 段 1 列）	水平	0.05 以下
	鉛直	0.05 以下

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

125V 系蓄電池 A 系／B 系の構造は直立形であるため，構造強度評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

4.2　荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

125V 系蓄電池 A 系／B 系の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設としての評価に用いるものを表 4-1 に，重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-2 に示す。

4.2.2　許容応力

125V 系蓄電池 A 系／B 系の許容応力は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき表 4-3 のとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

125V 系蓄電池 A 系／B 系の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設としての評価に用いるものを表 4-4 に，重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-5 に示す。

表 4-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震設計上の重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源設備	その他の電源装置	125V 系蓄電池 A 系／B 系	S	－*	$D+P_D+M_D+S_d$*	III_AS
					$D+P_D+M_D+S_s$	IV_AS

注記　＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4-2　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源設備	その他の電源装置	125V 系蓄電池 A 系／B 系	常設耐震／防止常設／緩和	－*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	IV_AS
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS（V_ASとしてIV_ASの許容限界を用いる。）

注記　＊1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

＊3：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4-3　許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 （ボルト等）	
	一次応力	
	引張り	せん断
$Ⅲ_AS$	1.5・f_t	1.5・f_s
$Ⅳ_AS$	1.5・f_t*	1.5・f_s*
$Ⅴ_AS$ （$Ⅴ_AS$として$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）		

注記　＊1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-4　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件（℃）		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	241	394	―
取付ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	231	394	―

表 4-5　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件（℃）		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	241	394	―
取付ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	231	394	―

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

125V 系蓄電池 A 系／B 系の電気的機能維持評価について，以下に示す。

蓄電池はＪＥＡＧ４６０１－1987 において「装置」に分類され，機能維持評価は構造健全性を確認することとされている。したがって，125V 系蓄電池 A 系／B 系の機能維持評価は，支持構造物が健全であることの確認により行う。

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

125V 系蓄電池 A 系／B 系の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価は支持構造物が健全であることの確認により行うため,評価結果は(1)構造強度評価結果による。

6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

125V 系蓄電池 A 系／B 系の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価は支持構造物が健全であることの確認により行うため,評価結果は(1)構造強度評価結果による。

【125V 系蓄電池 A 系(4 個並び 2 段 1 列)の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震設計上の重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
125V 系蓄電池 A 系 (4 個並び 2 段 1 列)	S	EL. 10.50 (EL. 14.00*)		0.05 以下	C_H=0.69	C_V=0.53	C_H=1.13	C_V=0.99	

注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	n_{fi}*
基礎ボルト (i=1)							4
							4
取付ボルト (i=2)							6
							2

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i=1)	241	394	241	276	短辺方向	短辺方向
取付ボルト (i=2)	231	394	231	276	短辺方向	長辺方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i=1)	1.556×10^3	4.727×10^3	1.583×10^4	2.593×10^4
取付ボルト (i=2)	1.156×10^3	5.584×10^3	1.533×10^4	2.510×10^4

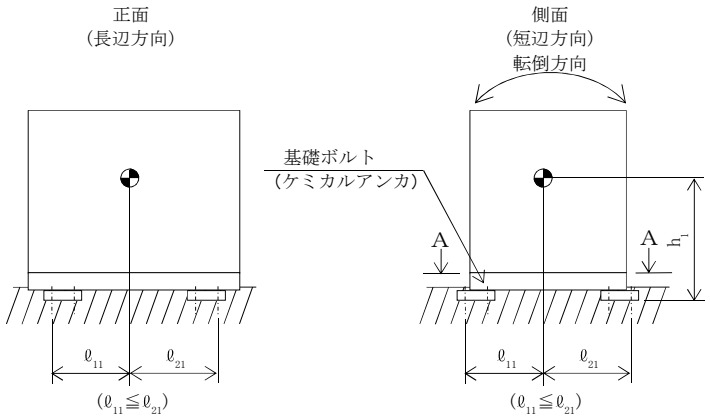
1.4 結論

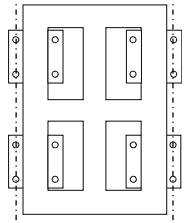
1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	[redacted]	引張り	$\sigma_{b1}=14$	$f_{ts1}=144^*$	$\sigma_{b1}=42$	$f_{ts1}=165^*$
		せん断	$\tau_{b1}=9$	$f_{sb1}=111$	$\tau_{b1}=15$	$f_{sb1}=127$
取付ボルト	[redacted]	引張り	$\sigma_{b2}=6$	$f_{ts2}=173^*$	$\sigma_{b2}=28$	$f_{ts2}=207^*$
		せん断	$\tau_{b2}=7$	$f_{sb2}=133$	$\tau_{b2}=11$	$f_{sb2}=159$

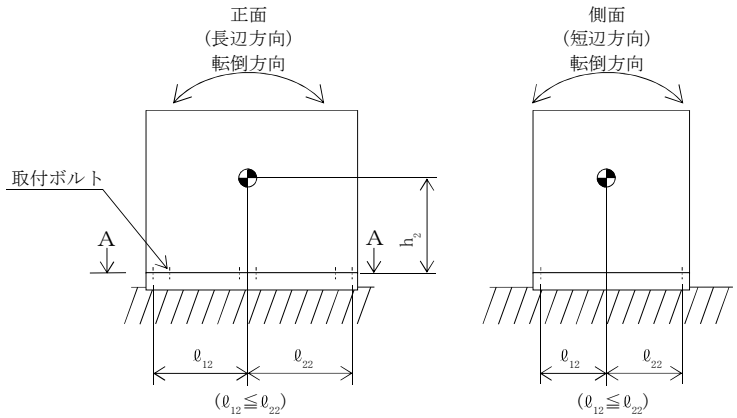
すべて許容応力以下である。

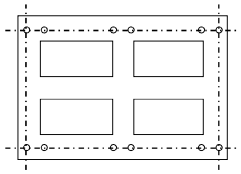
注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot\tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出


正面
(長辺方向)
側面
(短辺方向)
転倒方向
基礎ボルト
(ケミカルアンカ)
A
A
h_1
ℓ_{11}
ℓ_{21}
$(\ell_{11} \leqq \ell_{21})$
ℓ_{11}
ℓ_{21}
$(\ell_{11} \leqq \ell_{21})$



A～A矢視図


正面
(長辺方向)
転倒方向
側面
(短辺方向)
転倒方向
取付ボルト
A
A
h_2
ℓ_{12}
ℓ_{22}
$(\ell_{12} \leqq \ell_{22})$
ℓ_{12}
ℓ_{22}
$(\ell_{12} \leqq \ell_{22})$



A～A矢視図

【125V 系蓄電池 A 系(3 個並び 2 段 1 列)の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震設計上の重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
125V 系蓄電池 A 系 (3 個並び 2 段 1 列)	S	[redacted] EL. 10.50 (EL. 14.00*)	0.05 以下	0.05 以下	C_H=0.69	C_V=0.53	C_H=1.13	C_V=0.99	[redacted]

注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	n_{fi}*
基礎ボルト (i=1)	[redacted]						4 4
取付ボルト (i=2)							6 2

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i=1)	241	394	241	276	短辺方向	短辺方向
取付ボルト (i=2)	231	394	231	276	長辺方向	長辺方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i=1)	1.398×10^3	3.976×10^3	1.265×10^4	2.071×10^4
取付ボルト (i=2)	1.508×10^3	5.746×10^3	1.221×10^4	2.000×10^4

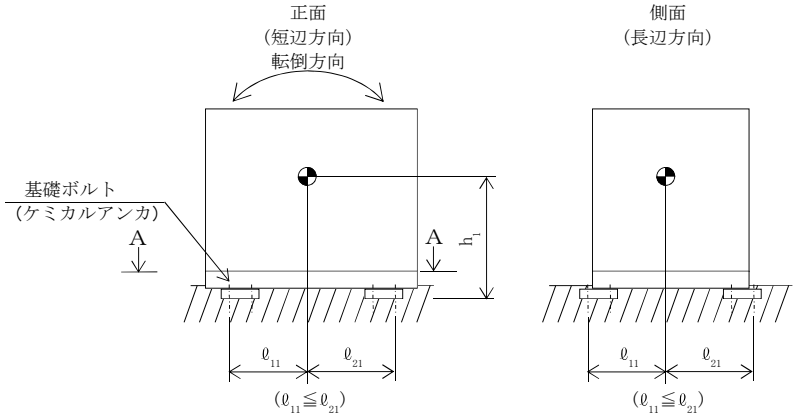
1.4 結論

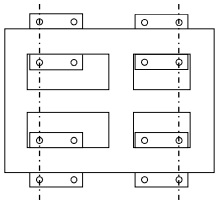
1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	[redacted]	引張り	$\sigma_{b1}=13$	$f_{ts1}=144^*$	$\sigma_{b1}=36$	$f_{ts1}=165^*$
		せん断	$\tau_{b1}=7$	$f_{sb1}=111$	$\tau_{b1}=12$	$f_{sb1}=127$
取付ボルト	[redacted]	引張り	$\sigma_{b2}=8$	$f_{ts2}=173^*$	$\sigma_{b2}=29$	$f_{ts2}=207^*$
		せん断	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=133$	$\tau_{b2}=9$	$f_{sb2}=159$

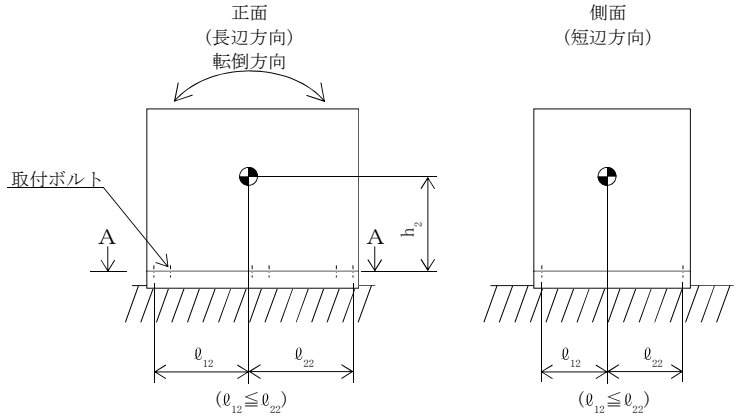
すべて許容応力以下である。

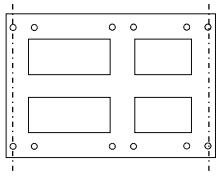
注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot\tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出


正面
(短辺方向)
転倒方向
側面
(長辺方向)
基礎ボルト
(ケミカルアンカ)
A
A
h_1
ℓ_{11}
ℓ_{21}
$(\ell_{11} \leqq \ell_{21})$



A～A矢視図


正面
(長辺方向)
転倒方向
側面
(短辺方向)
取付ボルト
A
A
h_2
ℓ_{12}
ℓ_{22}
$(\ell_{12} \leqq \ell_{22})$



A～A矢視図

【125V 系蓄電池 B 系(4 個並び 2 段 1 列)の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震設計上の重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
125V 系蓄電池 B 系 (4 個並び 2 段 1 列)	S	EL.8.20*		0.05 以下	C_H=0.63	C_V=0.50	C_H=1.10	C_V=0.96	

注記 *：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	n_{fi}*
基礎ボルト (i=1)							4
							4
取付ボルト (i=2)							6
							2

注記 *：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i=1)	241	394	241	276	短辺方向	短辺方向
取付ボルト (i=2)	231	394	231	276	短辺方向	長辺方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i=1)	1.217×10^3	4.515×10^3	1.446×10^4	2.524×10^4
取付ボルト (i=2)	924.6	5.267×10^3	1.399×10^4	2.443×10^4

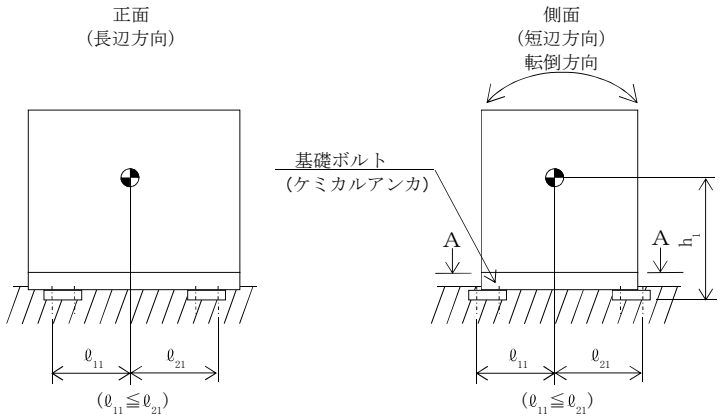
1.4 結　論

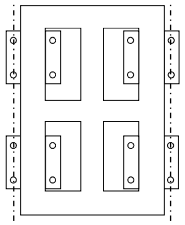
1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	[redacted]	引張り	$\sigma_{b1}=11$	$f_{ts1}=144$*	$\sigma_{b1}=40$	$f_{ts1}=165$*
		せん断	$\tau_{b1}=8$	$f_{sb1}=111$	$\tau_{b1}=14$	$f_{sb1}=127$
取付ボルト	[redacted]	引張り	$\sigma_{b2}=5$	$f_{ts2}=173$*	$\sigma_{b2}=27$	$f_{ts2}=207$*
		せん断	$\tau_{b2}=6$	$f_{sb2}=133$	$\tau_{b2}=11$	$f_{sb2}=159$

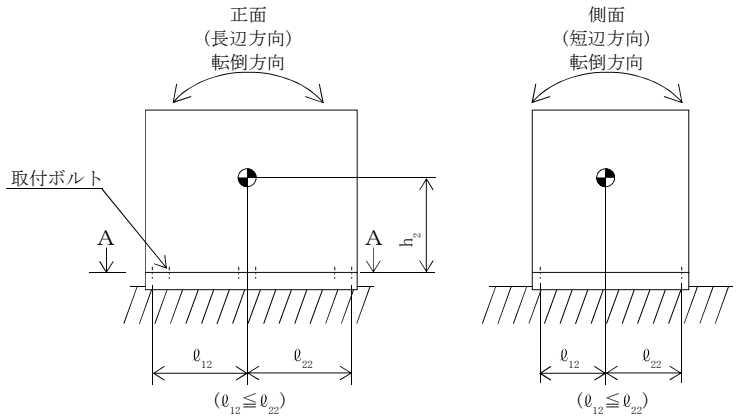
すべて許容応力以下である。

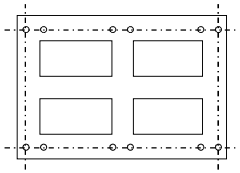
注記　＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot\tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出


正面
(長辺方向)
側面
(短辺方向)
転倒方向
基礎ボルト
(ケミカルアンカ)
A
A
h_1
ℓ_{11}
ℓ_{21}
$(\ell_{11} \leqq \ell_{21})$



A～A矢視図


正面
(長辺方向)
転倒方向
側面
(短辺方向)
転倒方向
取付ボルト
A
A
h_2
ℓ_{12}
ℓ_{22}
$(\ell_{12} \leqq \ell_{22})$



A～A矢視図

【125V 系蓄電池 B 系(3 個並び 2 段 1 列)の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震設計上の重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
125V 系蓄電池 B 系 (3 個並び 2 段 1 列)	S	EL. 8. 20*	0.05 以下	0.05 以下	C_H=0.63	C_V=0.50	C_H=1.10	C_V=0.96	

注記 *：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	n_{fi}*
基礎ボルト (i=1)							4
							4
取付ボルト (i=2)							6
							2

注記 *：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i=1)	241	394	241	276	短辺方向	短辺方向
取付ボルト (i=2)	231	394	231	276	長辺方向	長辺方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i=1)	1.119×10^3	3.803×10^3	1.155×10^4	2.016×10^4
取付ボルト (i=2)	1.071×10^3	5.463×10^3	1.115×10^4	1.947×10^4

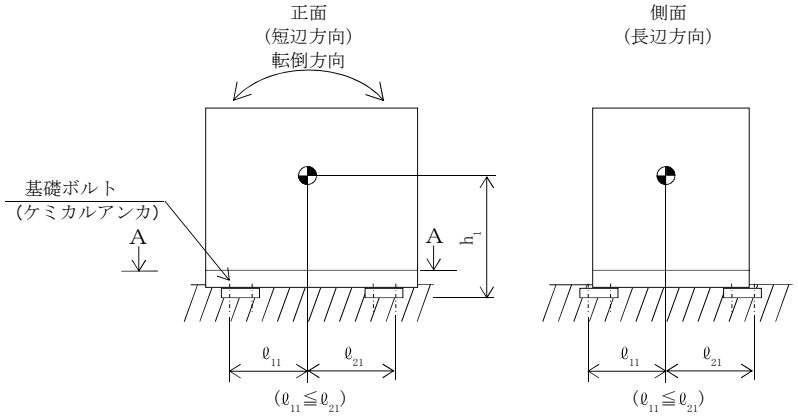
1.4 結論

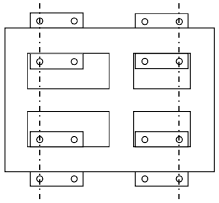
1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	[redacted]	引張り	$\sigma_{b1}=10$	$f_{ts1}=144$*	$\sigma_{b1}=34$	$f_{ts1}=165$*
		せん断	$\tau_{b1}=7$	$f_{sb1}=111$	$\tau_{b1}=12$	$f_{sb1}=127$
取付ボルト	[redacted]	引張り	$\sigma_{b2}=6$	$f_{ts2}=173$*	$\sigma_{b2}=28$	$f_{ts2}=207$*
		せん断	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=133$	$\tau_{b2}=8$	$f_{sb2}=159$

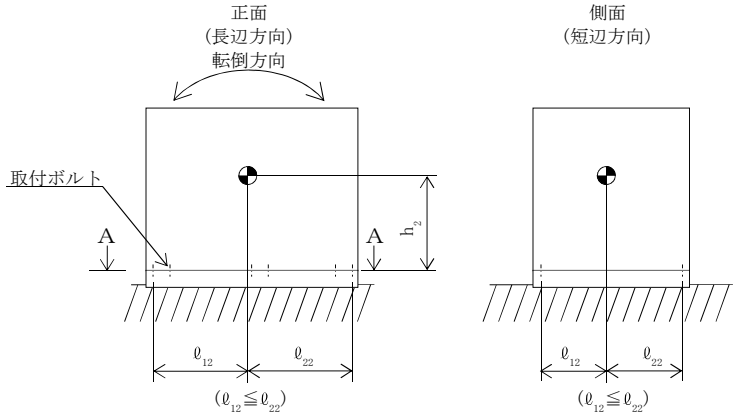
すべて許容応力以下である。

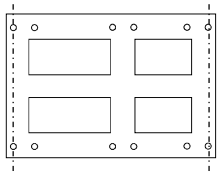
注記 *：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot\tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出


正面
(短辺方向)
転倒方向
側面
(長辺方向)
基礎ボルト
(ケミカルアンカ)
A
A
h_1
ℓ_{11}
ℓ_{21}
($\ell_{11} \leqq \ell_{21}$)



A～A矢視図


正面
(長辺方向)
転倒方向
側面
(短辺方向)
取付ボルト
A
A
h_2
ℓ_{12}
ℓ_{22}
($\ell_{12} \leqq \ell_{22}$)



A～A矢視図

【125V 系蓄電池 A 系(4 個並び 2 段 1 列)の耐震性についての計算結果】

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
125V 系蓄電池 A 系 (4 個並び 2 段 1 列)	常設耐震／防止常設／緩和	EL. 10.50 (EL. 14.00*)		0.05 以下	－	－	C_H=1.13	C_V=0.99	

注記 ＊：基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	n_{fi}*
基礎ボルト (i=1)							4
							4
取付ボルト (i=2)							6
							2

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i=1)	241	394	－	276	－	短辺方向
取付ボルト (i=2)	231	394	－	276	－	長辺方向

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i=1)	－	4.727×10^3	－	2.593×10^4
取付ボルト (i=2)	－	5.584×10^3	－	2.510×10^4

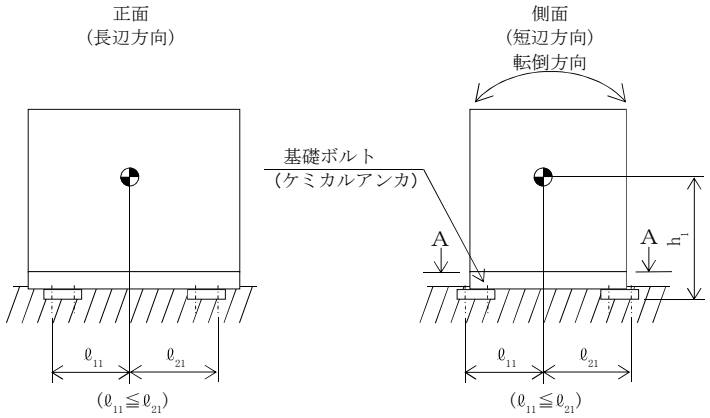
2.4 結論

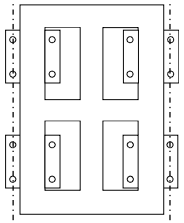
2.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b1}=42$	$f_{ts1}=165$*
		せん断	－	－	$\tau_{b1}=15$	$f_{sb1}=127$
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=28$	$f_{ts2}=207$*
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=11$	$f_{sb2}=159$

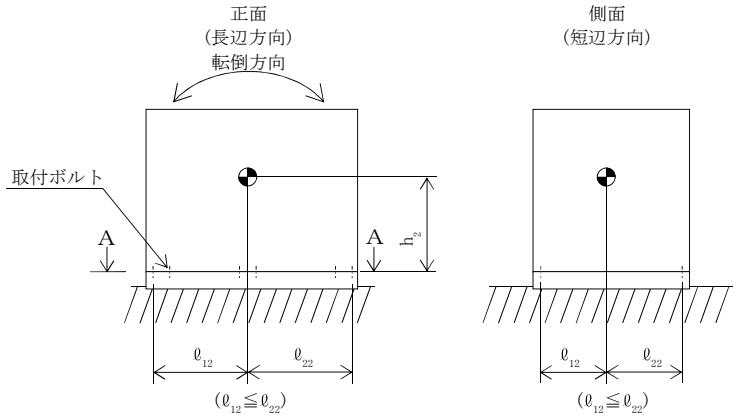
すべて許容応力以下である。

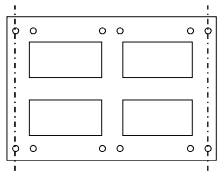
注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出


正面
(長辺方向)
側面
(短辺方向)
転倒方向
基礎ボルト
(ケミカルアンカ)
A
A
h_1
ℓ_{11}
ℓ_{21}
$(\ell_{11} \leqq \ell_{21})$
ℓ_{11}
ℓ_{21}
$(\ell_{11} \leqq \ell_{21})$



A～A矢視図


正面
(長辺方向)
転倒方向
側面
(短辺方向)
取付ボルト
A
A
h_2
ℓ_{12}
ℓ_{22}
$(\ell_{12} \leqq \ell_{22})$
ℓ_{12}
ℓ_{22}
$(\ell_{12} \leqq \ell_{22})$



A～A矢視図

【125V 系蓄電池 A 系(3 個並び 2 段 1 列)の耐震性についての計算結果】

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
125V 系蓄電池 A 系 (3 個並び 2 段 1 列)	常設耐震／防止常設／緩和	EL. 10.50 (EL. 14.00*)	0.05 以下	0.05 以下	－	－	C_H=1.13	C_V=0.99	

注記 ＊：基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	n_{fi}*
基礎ボルト (i=1)							4
							4
取付ボルト (i=2)							6
							2

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i=1)	241	394	－	276	－	短辺方向
取付ボルト (i=2)	231	394	－	276	－	長辺方向

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト（i＝1）	－	3.976×10^3	－	2.071×10^4
取付ボルト（i＝2）	－	5.746×10^3	－	2.000×10^4

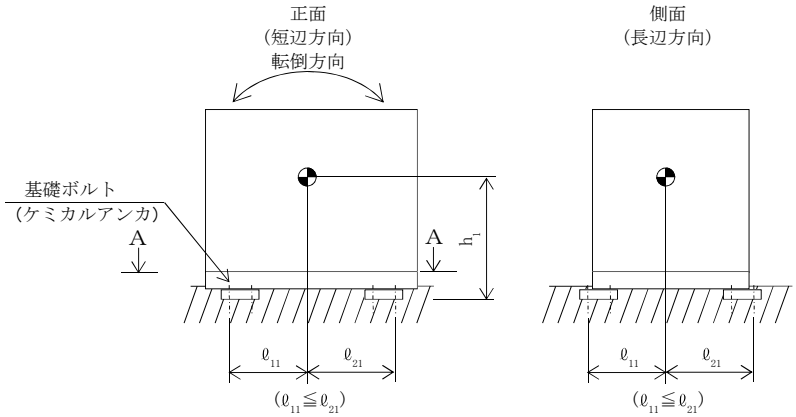
2.4 結論

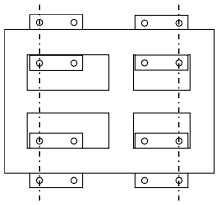
2.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b1}=36$	$f_{ts1}=165$*
		せん断	－	－	$\tau_{b1}=12$	$f_{sb1}=127$
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=29$	$f_{ts2}=207$*
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=9$	$f_{sb2}=159$

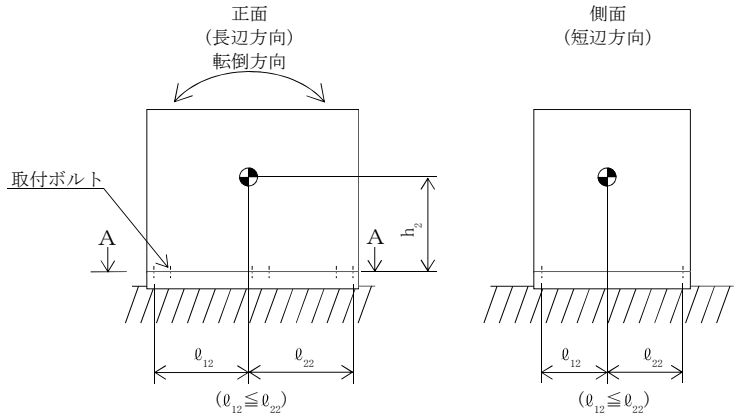
すべて許容応力以下である。

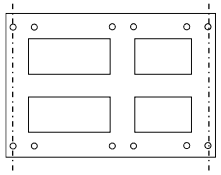
注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出


正面
(短辺方向)
転倒方向
側面
(長辺方向)
基礎ボルト
(ケミカルアンカ)
A
A
h_1
ℓ_{11}
ℓ_{21}
$(\ell_{11} \leqq \ell_{21})$
ℓ_{11}
ℓ_{21}
$(\ell_{11} \leqq \ell_{21})$



A～A矢視図


正面
(長辺方向)
転倒方向
側面
(短辺方向)
取付ボルト
A
A
h_2
ℓ_{12}
ℓ_{22}
$(\ell_{12} \leqq \ell_{22})$
ℓ_{12}
ℓ_{22}
$(\ell_{12} \leqq \ell_{22})$



A～A矢視図

【125V 系蓄電池 B 系(4 個並び 2 段 1 列)の耐震性についての計算結果】

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
125V 系蓄電池 B 系 (4 個並び 2 段 1 列)	常設耐震／防止常設／緩和	EL. 8. 20*		0.05 以下	－	－	C_H=1.10	C_V=0.96	

注記 ＊：基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	n_{fi}*
基礎ボルト (i=1)							4
							4
取付ボルト (i=2)							6
							2

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i=1)	241	394	－	276	－	短辺方向
取付ボルト (i=2)	231	394	－	276	－	長辺方向

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i=1)	－	4.515×10^3	－	2.524×10^4
取付ボルト (i=2)	－	5.267×10^3	－	2.443×10^4

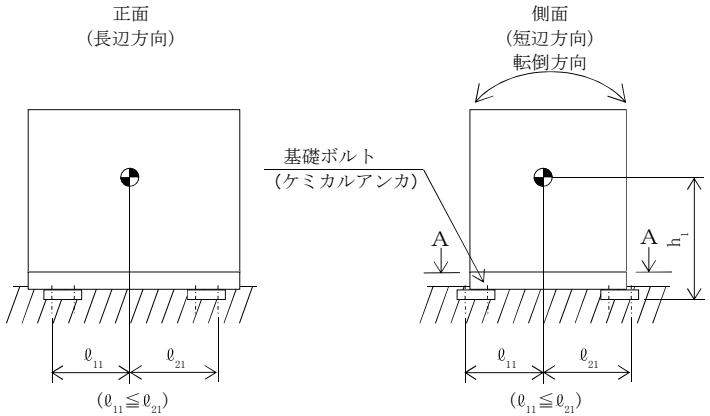
2.4 結　論

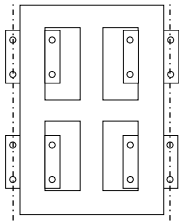
2.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b1}=40$	$f_{ts1}=165$*
		せん断	－	－	$\tau_{b1}=14$	$f_{sb1}=127$
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=27$	$f_{ts2}=207$*
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=11$	$f_{sb2}=159$

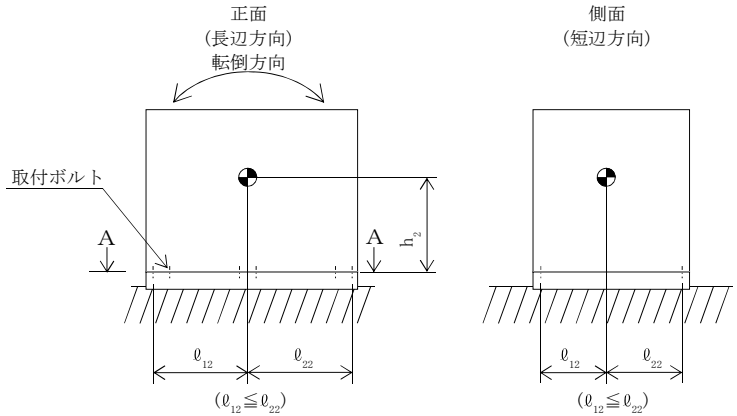
すべて許容応力以下である。

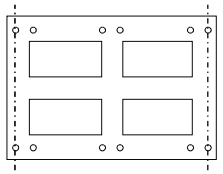
注記　＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出


正面
(長辺方向)
側面
(短辺方向)
転倒方向
基礎ボルト
(ケミカルアンカ)
A
A
h_1
ℓ_{11}
ℓ_{21}
$(\ell_{11} \leqq \ell_{21})$
ℓ_{11}
ℓ_{21}
$(\ell_{11} \leqq \ell_{21})$



A～A矢視図


正面
(長辺方向)
転倒方向
側面
(短辺方向)
取付ボルト
A
A
h_2
ℓ_{12}
ℓ_{22}
$(\ell_{12} \leqq \ell_{22})$
ℓ_{12}
ℓ_{22}
$(\ell_{12} \leqq \ell_{22})$



A～A矢視図

【125V 系蓄電池 B 系(3 個並び 2 段 1 列)の耐震性についての計算結果】

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
125V 系蓄電池 B 系 (3 個並び 2 段 1 列)	常設耐震／防止常設／緩和	EL.8.20*	0.05 以下	0.05 以下	－	－	C_H=1.10	C_V=0.96	

注記 ＊：基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	n_{fi}*
基礎ボルト (i=1)							4
							4
取付ボルト (i=2)							6
							2

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i=1)	241	394	－	276	－	短辺方向
取付ボルト (i=2)	231	394	－	276	－	長辺方向

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i=1)	－	3.803×10^3	－	2.016×10^4
取付ボルト (i=2)	－	5.463×10^3	－	1.947×10^4

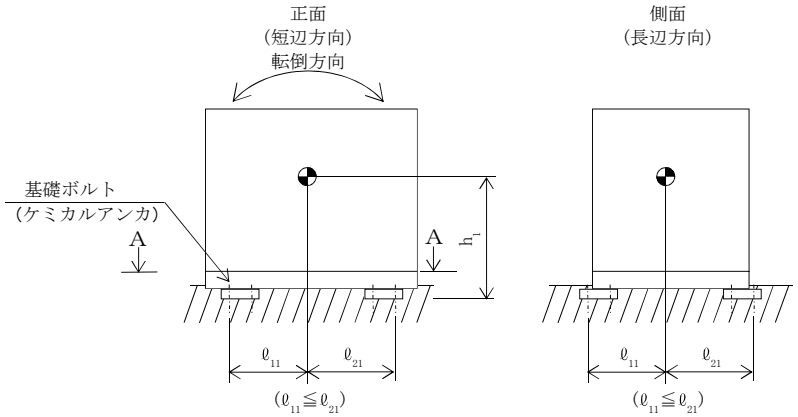
2.4 結論

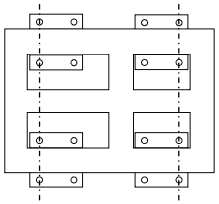
2.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b1}=34$	$f_{ts1}=165$*
		せん断	－	－	$\tau_{b1}=12$	$f_{sb1}=127$
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=28$	$f_{ts2}=207$*
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=8$	$f_{sb2}=159$

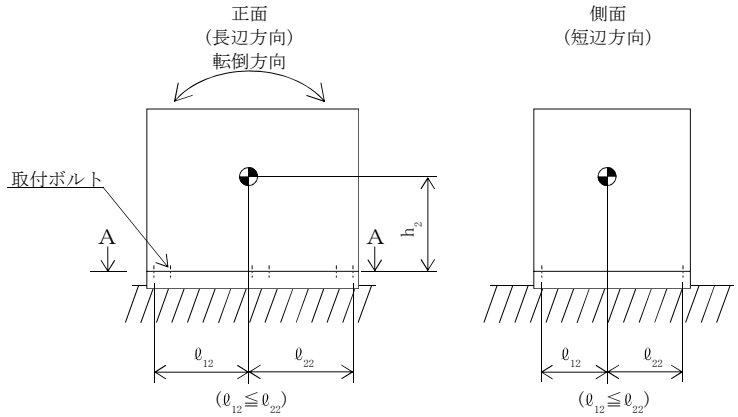
すべて許容応力以下である。

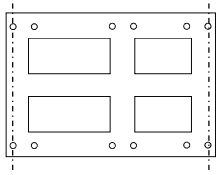
注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot\tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出


正面
(短辺方向)
転倒方向
側面
(長辺方向)
基礎ボルト
(ケミカルアンカ)
A
A
h_1
ℓ_{11}
ℓ_{21}
$(\ell_{11} \leqq \ell_{21})$
ℓ_{11}
ℓ_{21}
$(\ell_{11} \leqq \ell_{21})$



A～A矢視図


正面
(長辺方向)
転倒方向
側面
(短辺方向)
取付ボルト
A
A
h_2
ℓ_{12}
ℓ_{22}
$(\ell_{12} \leqq \ell_{22})$
ℓ_{12}
ℓ_{22}
$(\ell_{12} \leqq \ell_{22})$



A～A矢視図

Ⅴ-2-10-1-6-4　125V 系蓄電池 HPCS 系の耐震性についての計算書

目次

1. 概要 ····· 1
2. 一般事項 ····· 1
2.1 構造計画 ····· 1
3. 固有周期 ····· 3
3.1 固有周期の算出方法 ····· 3
4. 構造強度評価 ····· 3
4.1 構造強度評価方法 ····· 3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力 ····· 3
5. 機能維持評価 ····· 7
5.1 電気的機能維持評価方法 ····· 7
6. 評価結果 ····· 8
6.1 設計基準対象施設としての評価結果 ····· 8
6.2 重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 8

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，125V 系蓄電池 HPCS 系が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

125V 系蓄電池 HPCS 系は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備に分類される。以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

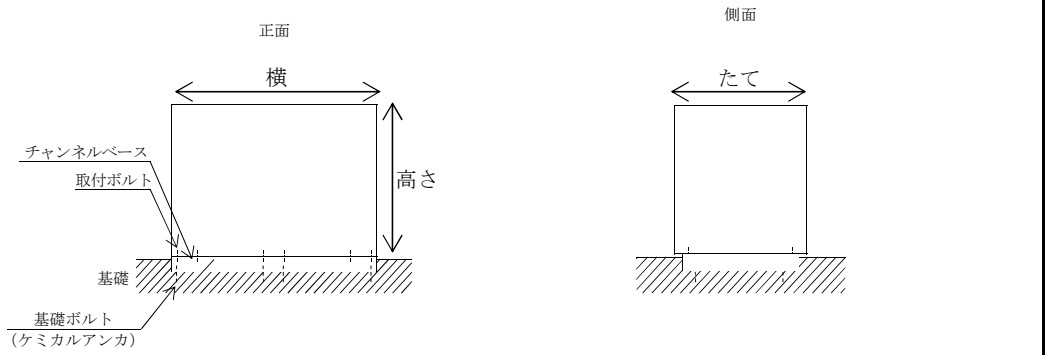
2. 一般事項

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を行う。

2.1 構造計画

125V 系蓄電池 HPCS 系の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
125V 系蓄電池 HPCS 系は，取付ボルトにてチャンネルベースに固定する。チャンネルベースは基礎ボルトにて基礎に固定する。	直立形 （鋼製架台に固定された制御弁式据置鉛蓄電池）	

	8 個並び 2 段 2 列	6, 7 個並び 2 段 2 列
たて	約 750 mm	約 750 mm
横	約 1560 mm	約 1390 mm
高さ	約 1220 mm	約 1220 mm

3.　固有周期

3.1　固有周期の算出方法

水平方向の固有周期は，プラスチックハンマ等により当該装置に振動を与え，固有振動数測定装置（圧電式加速度ピックアップ，振動計，分析器）により固有振動数（共振周波数）を測定する。測定の結果，固有周期は0.05秒以下であり，剛であることを確認した。鉛直方向の固有周期は,構造が同様な装置に対する打振試験の測定結果から,固有周期は0.05秒以下であり，剛とする。

固有周期を表3-1に示す。

表3-1　固有周期（s）

名称	方向	固有周期
125V系蓄電池HPCS系 （8個並び2段2列）	水平	[redacted]
	鉛直	0.05以下
125V系蓄電池HPCS系 （6,7個並び2段2列）	水平	[redacted]
	鉛直	0.05以下

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

125V系蓄電池HPCS系の構造は直立形であるため，構造強度評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

4.2　荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

125V系蓄電池HPCS系の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設としての評価に用いるものを表4-1に，重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表4-2に示す。

4.2.2　許容応力

125V系蓄電池HPCS系の許容応力は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき表4-3のとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

125V系蓄電池HPCS系の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設としての評価に用いるものを表4-4に，重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表4-5に示す。

表 4-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震設計上の重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源設備	その他の電源装置	125V 系蓄電池 HPCS 系	S	－*	$D+P_D+M_D+S_d$*	III_AS
					$D+P_D+M_D+S_s$	IV_AS

注記　＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4-2　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源設備	その他の電源装置	125V 系蓄電池 HPCS 系	常設耐震／防止	－*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	IV_AS
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS（V_ASとしてIV_ASの許容限界を用いる。）

注記　＊1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

＊3：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4-3　許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 （ボルト等）	
	一次応力	
	引張り	せん断
$Ⅲ_AS$	1.5・f_t	1.5・f_s
$Ⅳ_AS$	1.5・f_t*	1.5・f_s*
$Ⅴ_AS$ （$Ⅴ_AS$として$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）		

注記　＊1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-4　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	241	394	—
取付ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	231	394	—

表 4-5　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	241	394	—
取付ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	231	394	—

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

125V 系蓄電池 HPCS 系の電気的機能維持評価について，以下に示す。

蓄電池はＪＥＡＧ４６０１－1987 において「装置」に分類され，機能維持評価は構造健全性を確認することとされている。したがって，125V 系蓄電池 HPCS 系の機能維持評価は，支持構造物が健全であることの確認により行う。

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

125V 系蓄電池 HPCS 系の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次ページ以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価は支持構造物が健全であることの確認により行うため、評価結果は(1)構造強度評価結果による。

6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

125V 系蓄電池 HPCS 系の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価は支持構造物が健全であることの確認により行うため,評価結果は(1)構造強度評価結果による。

【125V 系蓄電池 HPCS 系(8 個並び 2 段 2 列)の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震設計上の重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
125V 系蓄電池 HPCS 系 (8 個並び 2 段 2 列)	S	EL. 10.50 (EL. 14.00*)		0.05 以下	C_H=0.69	C_V=0.53	C_H=1.13	C_V=0.99	

注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	nf_i*
基礎ボルト (i=1)							3
							2
取付ボルト (i=2)							6
							2

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i=1)	241	394	241	276	短辺方向	短辺方向
取付ボルト (i=2)	231	394	231	276	短辺方向	長辺方向

1.3　計算数値

1.3.1　ボルトに作用する力　　(単位：N)

部　　材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i＝1)	6.711×10^3	1.321×10^4	1.208×10^4	1.978×10^4
取付ボルト (i＝2)	1.618×10^3	4.108×10^3	1.144×10^4	1.873×10^4

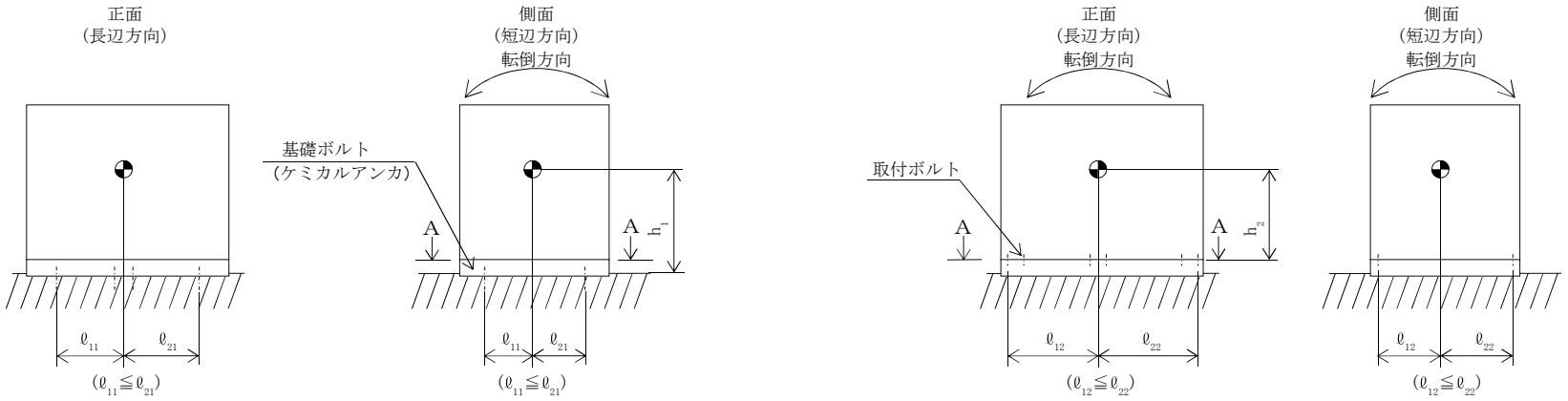
1.4　結　　論

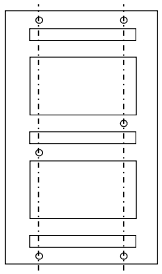
1.4.1　ボルトの応力　　(単位：MPa)

部　　材	材　料	応　力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	[redacted]	引張り	$\sigma_{b1}=34$	$f_{ts1}=144$*	$\sigma_{b1}=66$	$f_{ts1}=165$*
		せん断	$\tau_{b1}=10$	$f_{sb1}=111$	$\tau_{b1}=17$	$f_{sb1}=127$
取付ボルト	[redacted]	引張り	$\sigma_{b2}=8$	$f_{ts2}=173$*	$\sigma_{b2}=21$	$f_{ts2}=207$*
		せん断	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=133$	$\tau_{b2}=8$	$f_{sb2}=159$

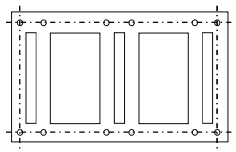
すべて許容応力以下である。

注記　＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出


正面
(長辺方向)
側面
(短辺方向)
転倒方向
基礎ボルト
(ケミカルアンカ)
A
A
h_1
ℓ_{11}
ℓ_{21}
($\ell_{11} \leqq \ell_{21}$)
正面
(長辺方向)
転倒方向
側面
(短辺方向)
転倒方向
取付ボルト
A
A
h_2
ℓ_{12}
ℓ_{22}
($\ell_{12} \leqq \ell_{22}$)



A～A矢視図



A～A矢視図

【125V 系蓄電池 HPCS 系(6,7 個並び 2 段 2 列)の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震設計上の重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
125V 系蓄電池 HPCS 系 (6,7 個並び 2 段 2 列)	S	[redacted] EL. 10.50 (EL. 14.00*)	[redacted]	0.05 以下	C_H=0.69	C_V=0.53	C_H=1.13	C_V=0.99	[redacted]

注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm²)	n_i	nf_i*
基礎ボルト (i=1)	[redacted]						3
							2
取付ボルト (i=2)							6
							2

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i=1)	241	394	241	276	短辺方向	短辺方向
取付ボルト (i=2)	231	394	231	276	短辺方向	長辺方向

1.3　計算数値

1.3.1　ボルトに作用する力　　(単位：N)

部　　材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i＝1)	5.573×10^3	1.104×10^4	1.042×10^4	1.707×10^4
取付ボルト (i＝2)	1.316×10^3	3.825×10^3	9.812×10^3	1.607×10^4

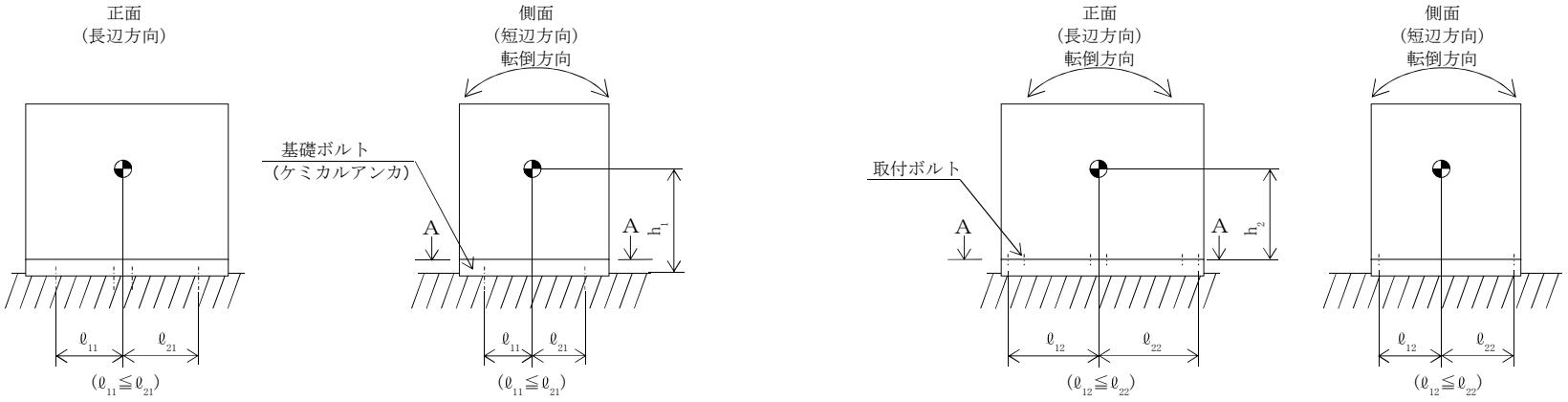
1.4　結　　論

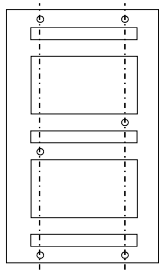
1.4.1　ボルトの応力　　(単位：MPa)

部　　材	材　料	応　力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	[redacted]	引張り	σ_{b1}＝28	f_{ts1}＝144*	σ_{b1}＝55	f_{ts1}＝165*
		せん断	τ_{b1}＝9	f_{sb1}＝111	τ_{b1}＝15	f_{sb1}＝127
取付ボルト	[redacted]	引張り	σ_{b2}＝7	f_{ts2}＝173*	σ_{b2}＝19	f_{ts2}＝207*
		せん断	τ_{b2}＝4	f_{sb2}＝133	τ_{b2}＝7	f_{sb2}＝159

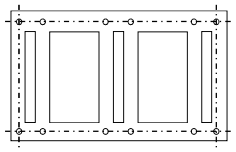
すべて許容応力以下である。

注記　＊：f_{tsi}＝Min[1.4・f_{toi}－1.6・τ_{bi}，f_{toi}]より算出


正面
(長辺方向)
側面
(短辺方向)
転倒方向
基礎ボルト
(ケミカルアンカ)
A
A
h_1
ℓ_{11}
ℓ_{21}
$(\ell_{11} \leqq \ell_{21})$
ℓ_{11}
ℓ_{21}
$(\ell_{11} \leqq \ell_{21})$
正面
(長辺方向)
転倒方向
側面
(短辺方向)
転倒方向
取付ボルト
A
A
h_2
ℓ_{12}
ℓ_{22}
$(\ell_{12} \leqq \ell_{22})$
ℓ_{12}
ℓ_{22}
$(\ell_{12} \leqq \ell_{22})$



A～A矢視図



A～A矢視図

【125V 系蓄電池 HPCS 系(8 個並び 2 段 2 列)の耐震性についての計算結果】

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
125V 系蓄電池 HPCS 系 (8 個並び 2 段 2 列)	常設耐震／防止	EL. 10.50 (EL. 14.00*)		0.05 以下	－	－	C_H＝1.13	C_V＝0.99	

注記 ＊：基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	nf_i*
基礎ボルト (i＝1)							3
							2
取付ボルト (i＝2)							6
							2

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i＝1)	241	394	－	276	－	短辺方向
取付ボルト (i＝2)	231	394	－	276	－	長辺方向

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i=1)	－	1.321×10^4	－	1.978×10^4
取付ボルト (i=2)	－	4.108×10^3	－	1.873×10^4

2.4 結論

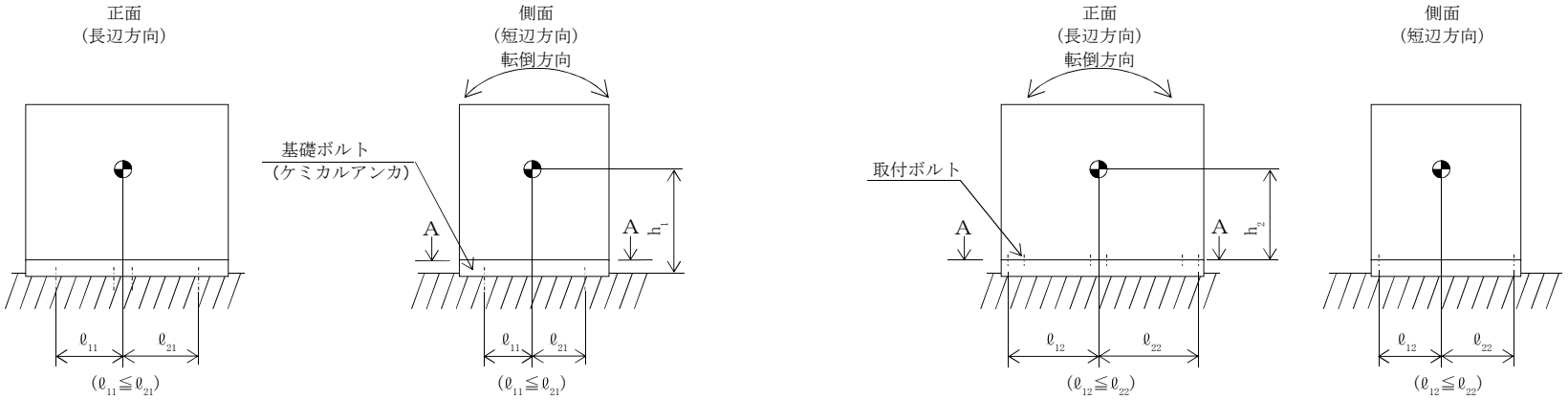
2.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b1}=66$	$f_{ts1}=165$*
		せん断	－	－	$\tau_{b1}=17$	$f_{sb1}=127$
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=21$	$f_{ts2}=207$*
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=8$	$f_{sb2}=159$

すべて許容応力以下である。

注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出


正面
(長辺方向)
側面
(短辺方向)
転倒方向
基礎ボルト
(ケミカルアンカ)
A
A
h_1
ℓ_{11}
ℓ_{21}
$(\ell_{11} \leqq \ell_{21})$
正面
(長辺方向)
転倒方向
側面
(短辺方向)
取付ボルト
A
A
h_2
ℓ_{12}
ℓ_{22}
$(\ell_{12} \leqq \ell_{22})$

A～A矢視図

A～A矢視図

【125V 系蓄電池 HPCS 系(6,7 個並び 2 段 2 列)の耐震性についての計算結果】

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
125V 系蓄電池 HPCS 系 (6,7 個並び 2 段 2 列)	常設耐震／防止	EL. 10.50 (EL. 14.00*)		0.05 以下	－	－	C_H＝1.13	C_V＝0.99	

注記 ＊：基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm²)	n_i	nf_i*
基礎ボルト (i＝1)							3
							2
取付ボルト (i＝2)							6
							2

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i＝1)	241	394	－	276	－	短辺方向
取付ボルト (i＝2)	231	394	－	276	－	長辺方向

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i=1)	－	1.104×10^4	－	1.707×10^4
取付ボルト (i=2)	－	3.825×10^3	－	1.607×10^4

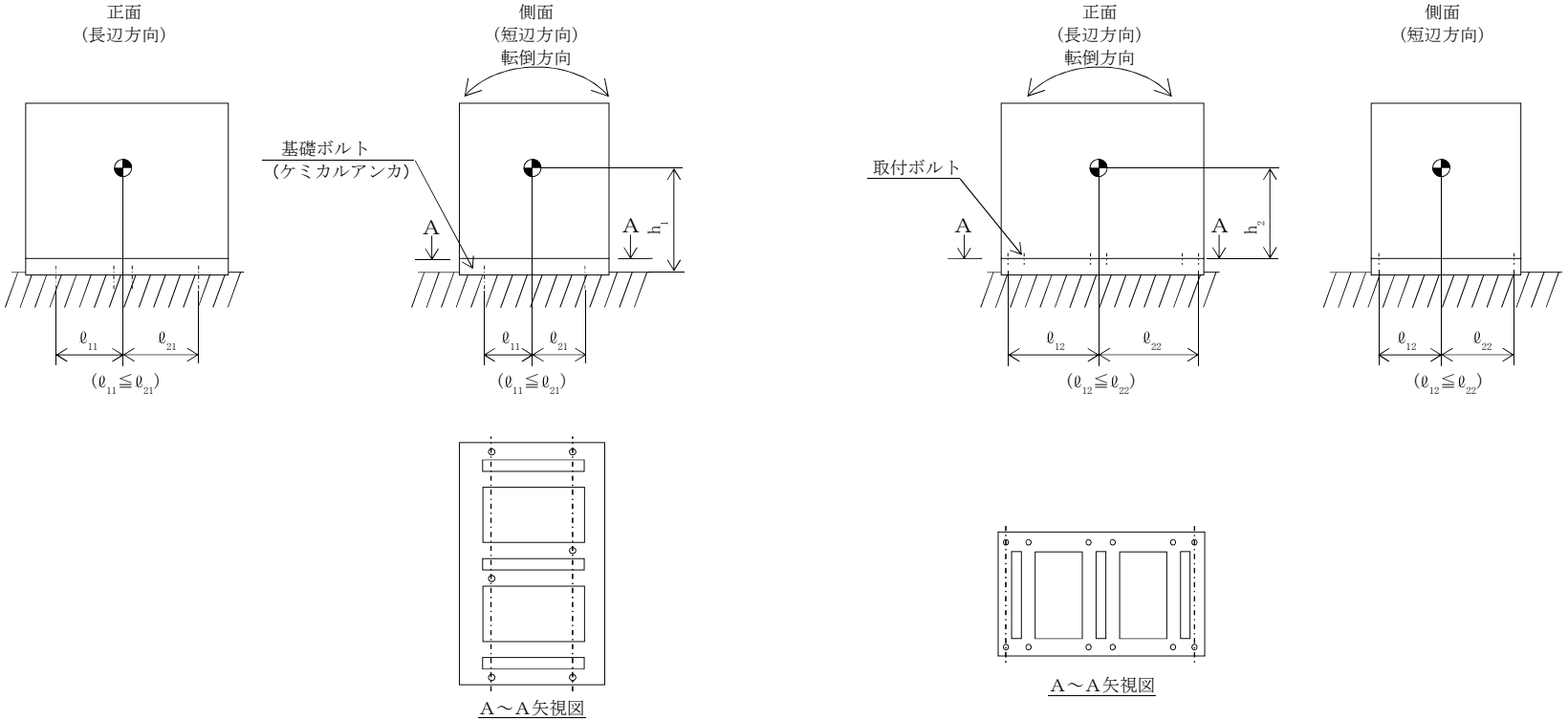
2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b1}=55$	$f_{ts1}=165$*
		せん断	－	－	$\tau_{b1}=15$	$f_{sb1}=127$
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=19$	$f_{ts2}=207$*
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=7$	$f_{sb2}=159$

すべて許容応力以下である。

注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau bi,\ f_{toi}]$より算出


正面
(長辺方向)
側面
(短辺方向)
転倒方向
基礎ボルト
(ケミカルアンカ)
A
A
h_1
ℓ_{11}
ℓ_{21}
$(\ell_{11} \leqq \ell_{21})$
A～A矢視図
正面
(長辺方向)
転倒方向
側面
(短辺方向)
取付ボルト
A
A
h_{23}
ℓ_{12}
ℓ_{22}
$(\ell_{12} \leqq \ell_{22})$
A～A矢視図

Ⅴ-2-10-1-6-5　中性子モニタ用蓄電池の耐震性についての計算書

目次

1. 概要 ····· 1
2. 一般事項 ····· 1
2.1 構造計画 ····· 1
3. 固有周期 ····· 3
3.1 固有周期の算出方法 ····· 3
4. 構造強度評価 ····· 3
4.1 構造強度評価方法 ····· 3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力 ····· 3
5. 機能維持評価 ····· 7
5.1 電気的機能維持評価方法 ····· 7
6. 評価結果 ····· 8
6.1 設計基準対象施設としての評価結果 ····· 8
6.2 重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 8

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，中性子モニタ用蓄電池が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

中性子モニタ用蓄電池は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備に分類される。以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

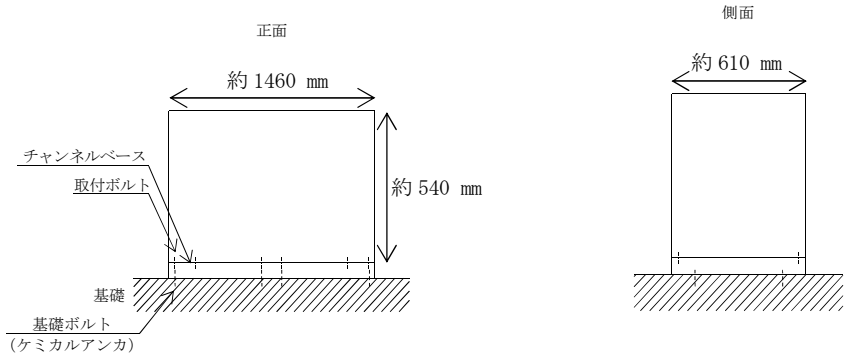
2. 一般事項

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を行う。

2.1 構造計画

中性子モニタ用蓄電池の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
中性子モニタ用蓄電池は，取付ボルトにてチャンネルベースに固定する。チャンネルベースは基礎ボルトにて基礎に固定する。	直立形 （鋼製架台に固定された制御弁式据置鉛蓄電池）	

3.　固有周期

3.1　固有周期の算出方法

水平方向の固有周期は，プラスチックハンマ等により当該装置に振動を与え，固有振動数測定装置（圧電式加速度ピックアップ，振動計，分析器）により固有振動数（共振周波数）を測定する。測定の結果，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。鉛直方向の固有周期は,構造が同様な装置に対する打振試験の測定結果から,固有周期は 0.05 秒以下であり，剛とする。

固有周期を表 3-1 に示す。

表 3-1　固有周期（s）

水平方向	鉛直方向
[redacted]	0.05 以下

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

中性子モニタ用蓄電池の構造は直立形であるため，構造強度評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

4.2　荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

中性子モニタ用蓄電池の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設としての評価に用いるものを表 4-1 に，重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-2 に示す。

4.2.2　許容応力

中性子モニタ用蓄電池の許容応力は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき表 4-3 のとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

中性子モニタ用蓄電池の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設としての評価に用いるものを表 4-4 に，重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-5 に示す。

表 4-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震設計上の重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源設備	その他の電源装置	中性子モニタ用蓄電池	S	－*	$D+P_D+M_D+S_d$*	$Ⅲ_AS$
					$D+P_D+M_D+S_s$	$Ⅳ_AS$

注記　＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4-2　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源設備	その他の電源装置	中性子モニタ用蓄電池	常設耐震／防止	－*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS（V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記　＊1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

＊3：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4-3　許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 （ボルト等）	
	一次応力	
	引張り	せん断
ⅢAS	1.5・f_t	1.5・f_s
ⅣAS	1.5・f_t*	1.5・f_s*
VAS （VASとしてⅣASの許容限界を用いる。）		

注記　＊1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-4　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件（℃）		S_y（MPa）	S_u（MPa）	S_y（RT）（MPa）
基礎ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	241	394	―
取付ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	231	394	―

表 4-5　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件（℃）		S_y（MPa）	S_u（MPa）	S_y（RT）（MPa）
基礎ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	241	394	―
取付ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	231	394	―

5.　機能維持評価

5.1　電気的機能維持評価方法

中性子モニタ用蓄電池の電気的機能維持評価について，以下に示す。

蓄電池はＪＥＡＧ４６０１－1987 において「装置」に分類され，機能維持評価は構造健全性を確認することとされている。したがって，中性子モニタ用蓄電池の機能維持評価は，支持構造物が健全であることの確認により行う。

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

中性子モニタ用蓄電池の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価は支持構造物が健全であることの確認により行うため,評価結果は(1)構造強度評価結果による。

6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

中性子モニタ用蓄電池の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価は支持構造物が健全であることの確認により行うため,評価結果は(1)構造強度評価結果による。

【中性子モニタ用蓄電池の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震設計上の重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
中性子モニタ用蓄電池	S	EL.8.20*		0.05以下	C_H=0.63	C_V=0.50	C_H=1.10	C_V=0.96	

注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	n_{fi}*
基礎ボルト (i=1)							2
							2
取付ボルト (i=2)							6
							2

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i=1)	241	394	241	276	短辺方向	短辺方向
取付ボルト (i=2)	231	394	231	276	短辺方向	長辺方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i=1)	1.811×10^3	4.469×10^3	3.954×10^3	6.904×10^3
取付ボルト (i=2)	143.1	653.5	3.398×10^3	5.933×10^3

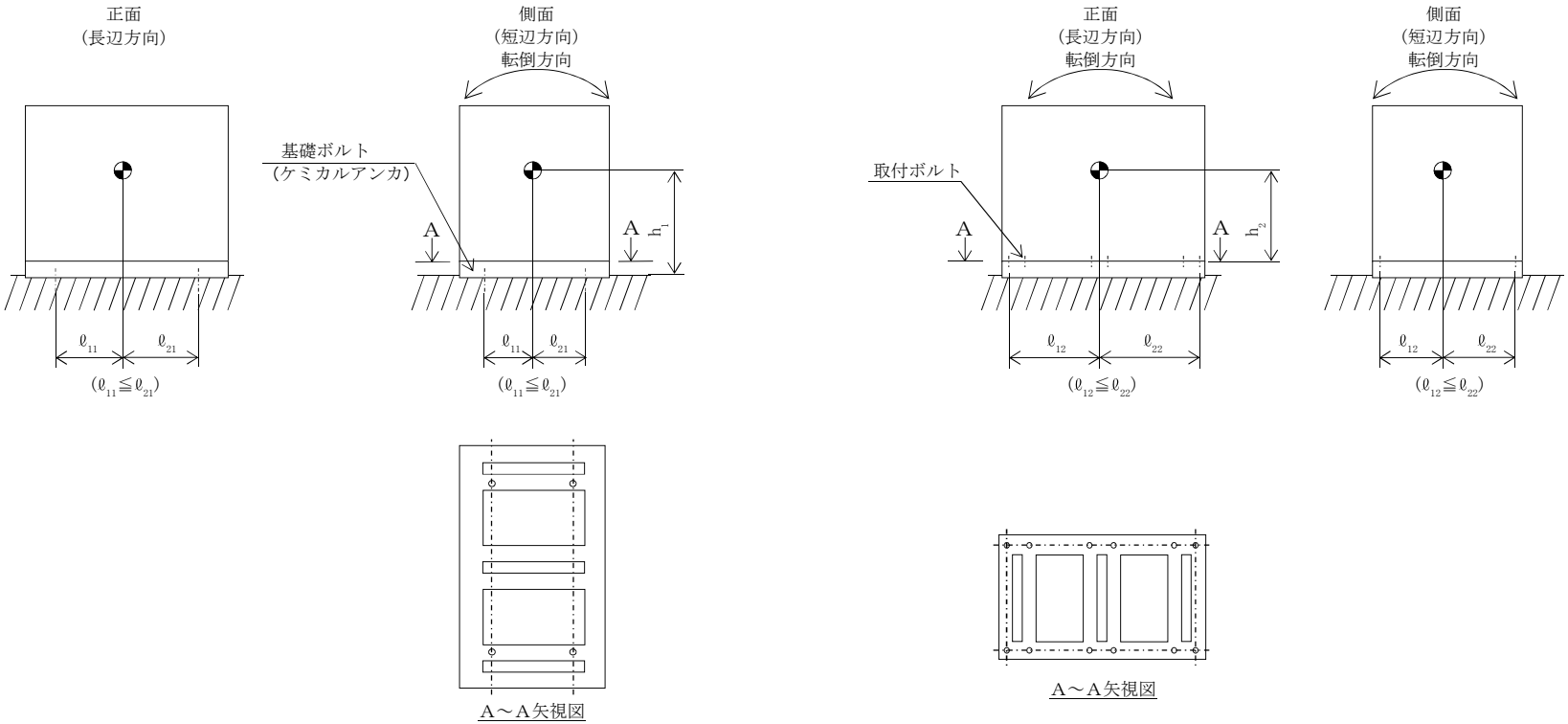
1.4 結　論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	[redacted]	引張り	$\sigma_{b1}=9$	$f_{ts1}=144$*	$\sigma_{b1}=23$	$f_{ts1}=165$*
		せん断	$\tau_{b1}=5$	$f_{sb1}=111$	$\tau_{b1}=9$	$f_{sb1}=127$
取付ボルト	[redacted]	引張り	$\sigma_{b2}=1$	$f_{ts2}=173$*	$\sigma_{b2}=4$	$f_{ts2}=207$*
		せん断	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2}=133$	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=159$

すべて許容応力以下である。

注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot\tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出


正面
(長辺方向)
側面
(短辺方向)
転倒方向
基礎ボルト
(ケミカルアンカ)
A
A
h_1
ℓ_{11}
ℓ_{21}
$(\ell_{11} \leqq \ell_{21})$
A～A矢視図
正面
(長辺方向)
転倒方向
側面
(短辺方向)
転倒方向
取付ボルト
A
A
h_2
ℓ_{12}
ℓ_{22}
$(\ell_{12} \leqq \ell_{22})$
A～A矢視図

【中性子モニタ用蓄電池の耐震性についての計算結果】

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
中性子モニタ用蓄電池	常設耐震／防止	EL.8.20*		0.05以下	－	－	C_H=1.10	C_V=0.96	

注記 ＊：基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	n_{fi}*
基礎ボルト (i=1)							2
							2
取付ボルト (i=2)							6
							2

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i=1)	241	394	－	276	－	短辺方向
取付ボルト (i=2)	231	394	－	276	－	長辺方向

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i=1)	－	4.469×10^3	－	6.904×10^3
取付ボルト (i=2)	－	653.5	－	5.933×10^3

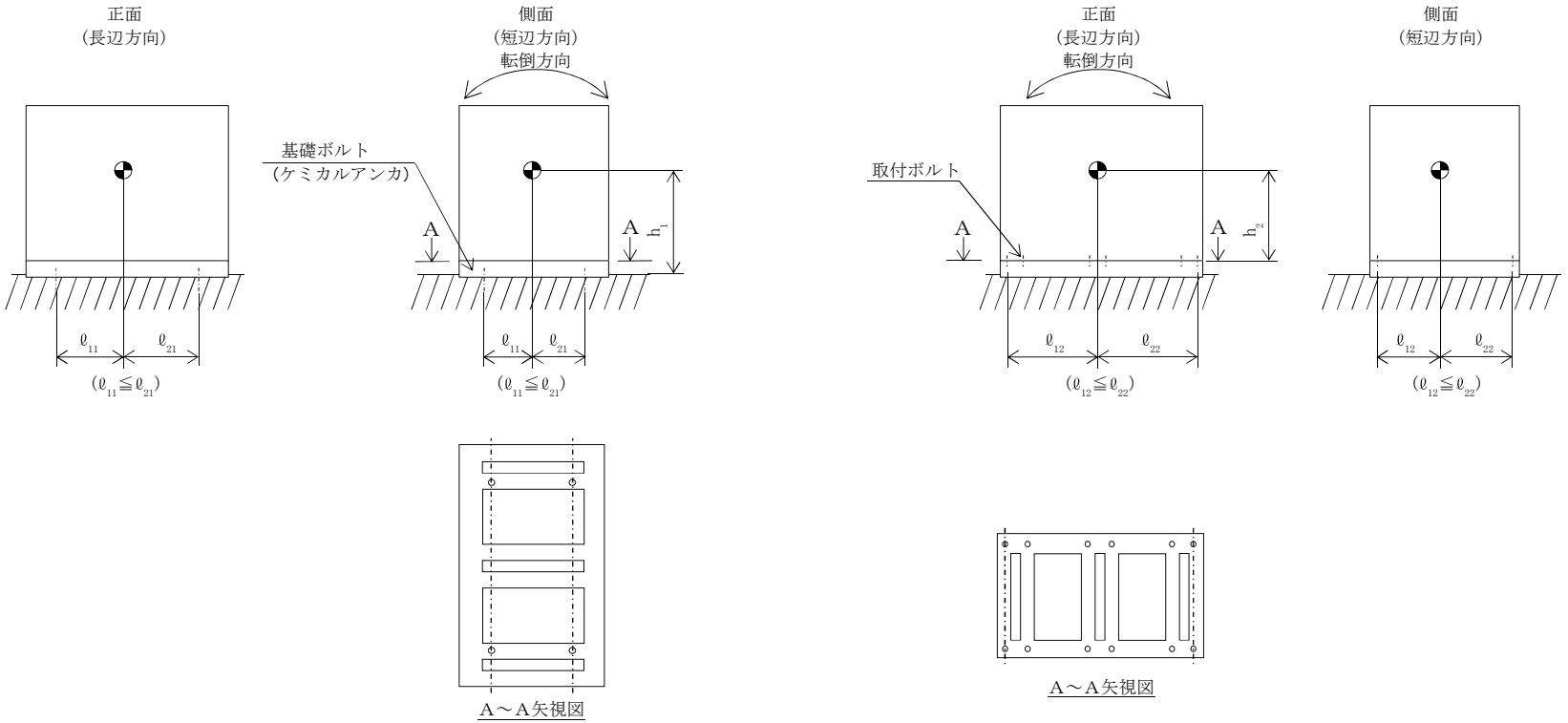
2.4 結　論

2.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b1}=23$	$f_{ts1}=165$*
		せん断	－	－	$\tau_{b1}=9$	$f_{sb1}=127$
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=4$	$f_{ts2}=207$*
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=159$

すべて許容応力以下である。

注記　＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出


正面
(長辺方向)
側面
(短辺方向)
転倒方向
基礎ボルト
(ケミカルアンカ)
A
A
h_1
ℓ_{11}
ℓ_{21}
$(\ell_{11} \leqq \ell_{21})$
A～A矢視図
正面
(長辺方向)
転倒方向
側面
(短辺方向)
取付ボルト
A
A
h_2
ℓ_{12}
ℓ_{22}
$(\ell_{12} \leqq \ell_{22})$
A～A矢視図

Ⅴ-2-10-1-6-6　緊急用 125V 系蓄電池の耐震性についての計算書

目次

1. 概要 ····· 1
2. 一般事項 ····· 1
2.1 構造計画 ····· 1
3. 固有周期 ····· 3
3. 固有周期の算出方法 ····· 3
4. 構造強度評価 ····· 3
4.1 構造強度評価方法 ····· 3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力 ····· 3
5. 機能維持評価 ····· 7
5.1 電気的機能維持評価方法 ····· 7
6. 評価結果 ····· 8
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 8

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，緊急用 125V 系蓄電池が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

緊急用 125V 系蓄電池は，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

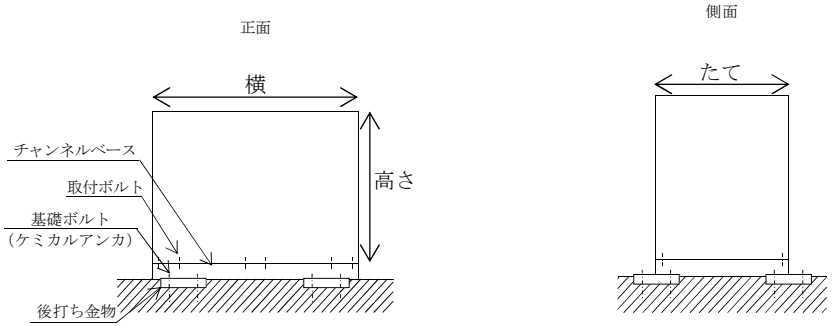
2. 一般事項

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を行う。

2.1 構造計画

緊急用 125V 系蓄電池の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
緊急用 125V 系蓄電池は，取付ボルトにてチャンネルベースに固定する。チャンネルベースは基礎ボルトにて基礎に固定する。	直立形 （鋼製架台に固定された制御弁式据置鉛蓄電池）	

	4 個並び 2 段 1 列	3 個並び 2 段 1 列
たて	約 960 mm	約 960 mm
横	約 1580 mm	約 1240 mm
高さ	約 1230 mm	約 1230 mm

3.　固有周期

3.1　固有周期の算出方法

緊急用 125V 系蓄電池のうち 4 個並び 2 段 1 列の水平方向の固有周期は,プラスチックハンマ等により当該装置に振動を与え，固有振動数測定装置（圧電式加速度ピックアップ，振動計，分析器）により固有振動数（共振周波数）を測定する。測定の結果，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。鉛直方向の固有周期は，構造が同様な装置に対する打振試験の測定結果から，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛とする。

緊急用 125V 系蓄電池のうち 3 個並び 2 段 1 列の固有周期は,構造が同様な装置に対する打振試験の測定結果から，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛とする。

固有周期を表 3-1 に示す。

表 3-1　固有周期（s）

名称	方向	固有周期
緊急用 125V 系蓄電池 （4 個並び 2 段 1 列）	水平	[redacted]
	鉛直	0.05 以下
緊急用 125V 系蓄電池 （3 個並び 2 段 1 列）	水平	0.05 以下
	鉛直	0.05 以下

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

緊急用 125V 系蓄電池の構造は直立形であるため，構造強度評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

4.2　荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

緊急用 125V 系蓄電池の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2　許容応力

緊急用 125V 系蓄電池の許容応力は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

緊急用 125V 系蓄電池の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-3 に示す。

表 4-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源設備	その他の電源装置	緊急用 125V 系蓄電池	常設耐震／防止 常設／緩和	－*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS （V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記　＊1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

＊3：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4-2　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 （ボルト等）	
	一次応力	
	引張り	せん断
$Ⅳ_AS$	1.5・f_t*	1.5・f_s*
V_AS （V_ASとして$Ⅳ_AS$の 許容限界を用いる。）		

注記　＊1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-3　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y(RT) (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	241	394	—
取付ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	231	394	—

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

緊急用 125V 系蓄電池の電気的機能維持評価について，以下に示す。

蓄電池はＪＥＡＧ４６０１－1987 において「装置」に分類され，機能維持評価は構造健全性を確認することとされている。したがって，緊急用 125V 系蓄電池の機能維持評価は，支持構造物が健全であることの確認により行う。

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

緊急用 125V 系蓄電池の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次ページ以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価は支持構造物が健全であることの確認により行うため、評価結果は(1)構造強度評価結果による。

【緊急用 125V 系蓄電池(4 個並び 2 段 1 列)の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
緊急用 125V 系蓄電池 (4 個並び 2 段 1 列)	常設耐震／防止常設／緩和	EL. 8.20／EL. 10.50 (EL. 14.00*)	[redacted]	0.05 以下	－	－	C_H＝1.13	C_v＝0.99	[redacted]

注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	n_{fi}*
基礎ボルト (i＝1)	[redacted]						4
							4
取付ボルト (i＝2)							6
							2

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i^* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i＝1)	241	394	—	276	—	短辺方向
取付ボルト (i＝2)	231	394	－	276	－	長辺方向

1.3　計算数値

1.3.1　ボルトに作用する力　　(単位：N)

部　　材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト（i＝1）	－	4.727×10^3	－	2.593×10^4
取付ボルト（i＝2）	－	5.584×10^3	－	2.510×10^4

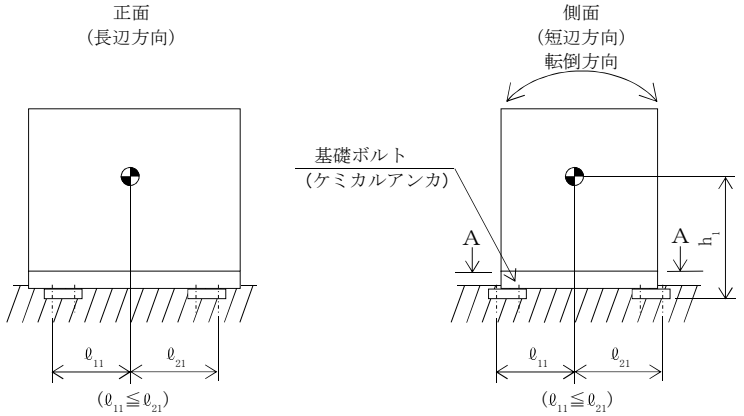
1.4　結　　論

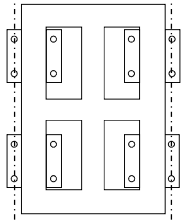
1.4.1　ボルトの応力　　(単位：MPa)

部　　材	材　料	応　力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b1}=42$	$f_{ts1}=165$*
		せん断	－	－	$\tau_{b1}=15$	$f_{sb1}=127$
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=28$	$f_{ts2}=207$*
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=11$	$f_{sb2}=159$

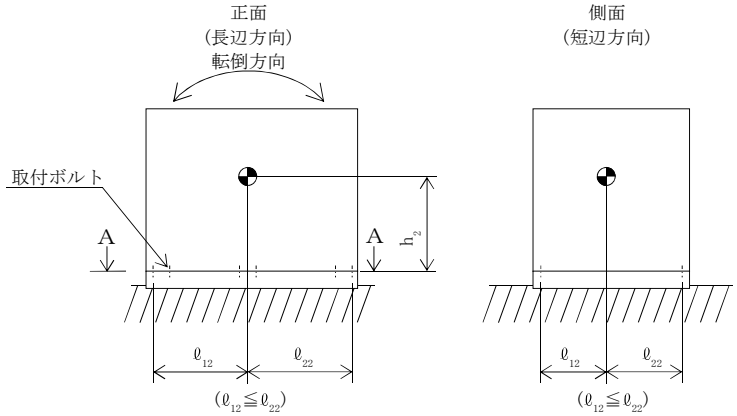
すべて許容応力以下である。

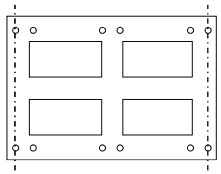
注記　＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出


正面
(長辺方向)
側面
(短辺方向)
転倒方向
基礎ボルト
(ケミカルアンカ)
A
A
h_1
ℓ_{11}
ℓ_{21}
$(\ell_{11} \leqq \ell_{21})$



A～A矢視図


正面
(長辺方向)
転倒方向
側面
(短辺方向)
取付ボルト
A
A
h_2
ℓ_{12}
ℓ_{22}
$(\ell_{12} \leqq \ell_{22})$



A～A矢視図

【緊急用 125V 系蓄電池(3 個並び 2 段 1 列)の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
緊急用 125V 系蓄電池 (3 個並び 2 段 1 列)	常設耐震／防止常設／緩和	[redacted] EL. 8.20／EL. 10.50 (EL. 14.00*)	0.05 以下	0.05 以下	－	－	C_H＝1.13	C_V＝0.99	[redacted]

注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	n_{fi}*
基礎ボルト (i＝1)	[redacted]						4
							4
取付ボルト (i＝2)							6
							2

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i^* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i＝1)	241	394	－	276	－	短辺方向
取付ボルト (i＝2)	231	394	－	276	－	長辺方向

1.3　計算数値

1.3.1　ボルトに作用する力　　(単位：N)

部　　材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト（i＝1）	－	3.976×10^3	－	2.071×10^4
取付ボルト（i＝2）	－	5.746×10^3	－	2.000×10^4

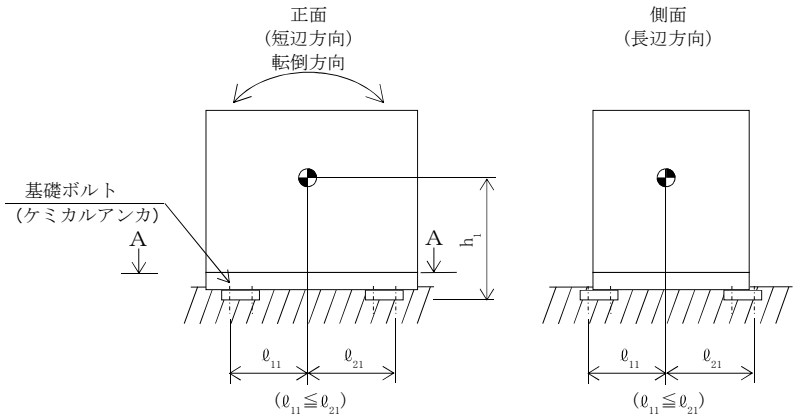
1.4　結　　論

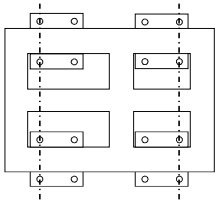
1.4.1　ボルトの応力　　(単位：MPa)

部　　材	材　料	応　力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	[redacted]	引張り	－	－	σ_{b1}＝36	f_{ts1}＝165*
		せん断	－	－	τ_{b1}＝12	f_{sb1}＝127
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	σ_{b2}＝29	f_{ts2}＝207*
		せん断	－	－	τ_{b2}＝9	f_{sb2}＝159

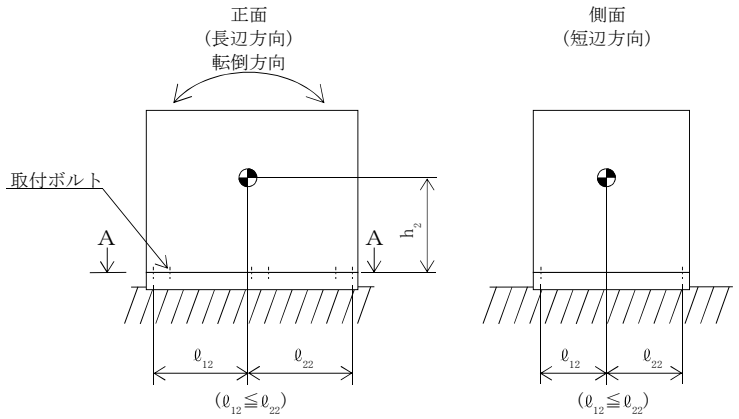
すべて許容応力以下である。

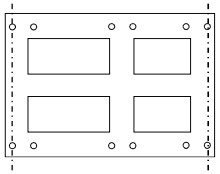
注記　＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出


正面
(短辺方向)
転倒方向
側面
(長辺方向)
基礎ボルト
(ケミカルアンカ)
A
A
h1
ℓ11
ℓ21
(ℓ11≦ℓ21)
ℓ11
ℓ21
(ℓ11≦ℓ21)



A～A矢視図


正面
(長辺方向)
転倒方向
側面
(短辺方向)
取付ボルト
A
A
h2
ℓ12
ℓ22
(ℓ12≦ℓ22)
ℓ12
ℓ22
(ℓ12≦ℓ22)



A～A矢視図

Ⅴ-2-10-1-6-7　緊急時対策所用 125V 系蓄電池の耐震性についての計算書

目次

1. 概要 ····· 1
2. 一般事項 ····· 1
2.1 構造計画 ····· 1
3. 固有周期 ····· 3
4. 構造強度評価 ····· 3
4.1 構造強度評価方法 ····· 3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力 ····· 3
5. 機能維持評価 ····· 7
5.1 電気的機能維持評価方法 ····· 7
6. 評価結果 ····· 8
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 8

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，緊急時対策所用 125V 系蓄電池が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

緊急時対策所用 125V 系蓄電池は，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

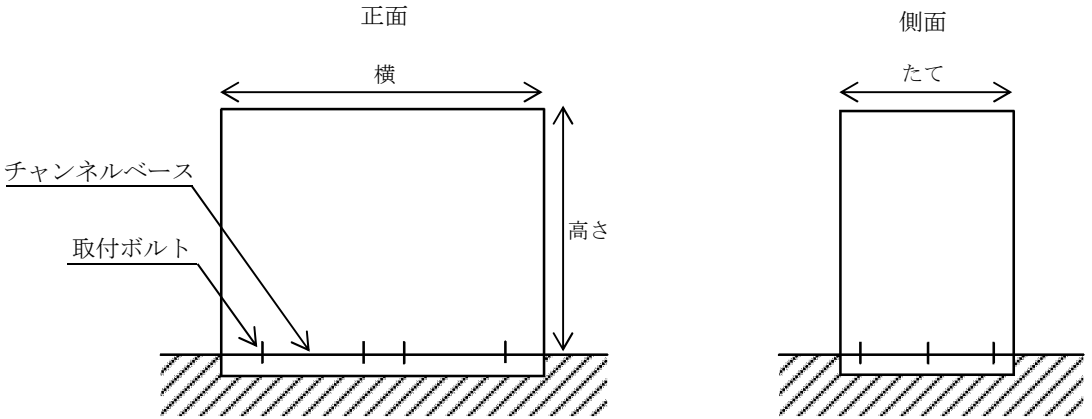
2. 一般事項

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を行う。

2.1 構造計画

緊急時対策所用 125V 系蓄電池の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
緊急時対策所用 125V 系蓄電池は、基礎に埋め込まれた埋込金物で固定されたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。	蓄電池 （鋼製架台に固定された制御弁式据置鉛蓄電池）	

	6 個並び 2 段 1 列	8 個並び 2 段 1 列
たて	約 860 mm	約 860 mm
横	約 1250 mm	約 1590 mm
高さ	約 1210 mm	約 1210 mm

3.　固有周期

緊急時対策所用 125V 系蓄電池の固有周期は,構造が同様な盤に対する打振試験の測定結果から,固有周期は 0.05 秒以下であり，剛とする。固有周期を表 3-1 に示す。

表 3-1　固有周期（s）

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

緊急時対策所用 125V 系蓄電池は直立形であるため,構造強度評価は,添付書類「Ⅴ-2-1-13-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

4.2　荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

緊急時対策所用 125V 系蓄電池の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2　許容応力

緊急時対策所用 125V 系蓄電池の許容応力は,添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

緊急時対策所用 125V 系蓄電池の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-3 に示す。

表 4-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源設備	その他の電源装置	緊急時対策所用125V 系蓄電池	常設／防止 常設／緩和	—*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS （V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記　＊1：「常設／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

＊3：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4-2　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 （ボルト等）	
	一次応力	
	引張り	せん断
$Ⅳ_AS$	1.5・f_t*	1.5・f_s*
$Ⅴ_AS$ （$Ⅴ_AS$として$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）		

注記　＊1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-3　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y(RT) (MPa)
取付ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	235	400	－

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

緊急時対策所用 125V 系蓄電池の電気的機能維持評価について，以下に示す。

蓄電池はＪＥＡＧ４６０１－1987 において「装置」に分類され，機能維持評価は構造健全性を確認することとされている。したがって，緊急時対策所用 125V 系蓄電池の機能維持評価は，支持構造物が健全であることの確認により行う。

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

緊急時対策所用 125V 系蓄電池の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次項以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価は支持構造物が健全であることの確認により行うため,評価結果は(1)構造強度評価結果による。

【緊急時対策所用125V系蓄電池（8個並び2段1列）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

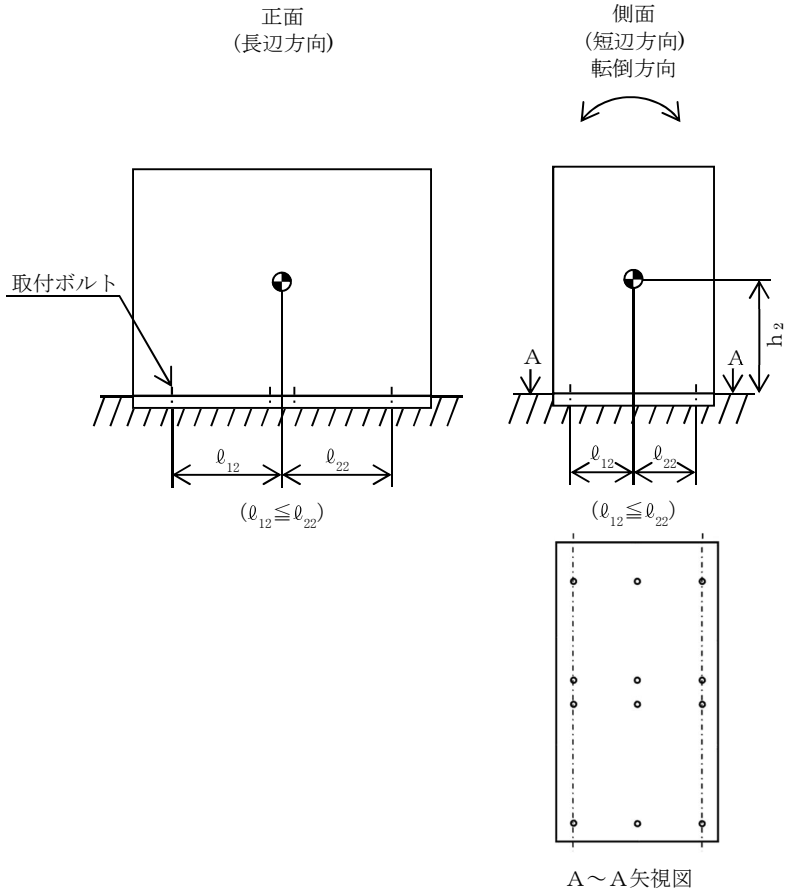
機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
緊急時対策所用125V系蓄電池（8個並び2段1列）	常設／防止 常設／緩和	EL. 37.00	0.05以下	0.05以下	－	－	C_H＝1.62	C_v＝1.41	

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm²)	n_i	n_{fi}*
取付ボルト（i＝2）							4 3

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト（i＝2）	235	400	－	280	－	短辺方向



A～A矢視図

1.3　計算数値

1.3.1　ボルトに作用する力　　(単位：N)

部　　材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト（i＝2）	－	7.441×10^{3}	－	2.860×10^{4}

1.4　結　　論

1.4.1　ボルトの応力　　(単位：MPa)

部　　材	材　料	応　力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	σ_{b2}＝37	f_{ts2}＝210*
		せん断	－	－	τ_{b2}＝12	f_{sb2}＝161

すべて許容応力以下である。

注記　＊：f_{tsi}＝Min[1.4・f_{toi}－1.6・τ_{bi}，f_{toi}]より算出

【緊急時対策所用125V系蓄電池（6個並び2段1列）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

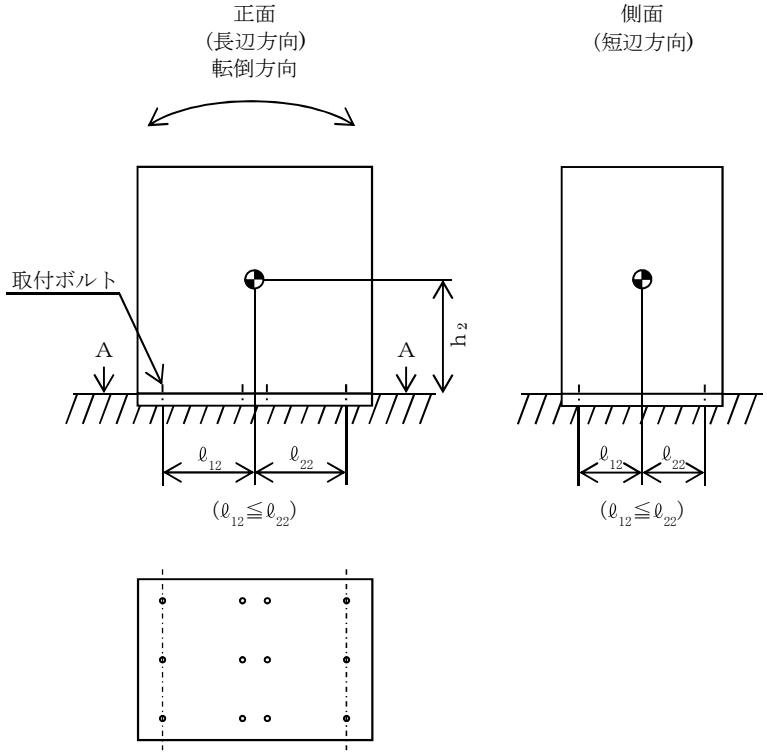
機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
緊急時対策所用125V系蓄電池（6個並び2段1列）	常設／防止 常設／緩和	EL. 37.00	0.05以下	0.05以下	－	－	C_H＝1.62	C_v＝1.41	

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	n_{fi}*
取付ボルト（i＝2）							4
							3

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト（i＝2）	235	400	－	280	－	長辺方向



A～A矢視図

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	－	7.343×10^3	－	2.343×10^4

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=37$	$f_{ts2}=210$*
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=10$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

Ⅴ-2-10-1-7-1　メタルクラッド開閉装置の耐震性についての計算書

目次

1. 概要 ····· 1
2. 一般事項 ····· 1
2.1 構造計画 ····· 1
3. 固有周期 ····· 3
3.1 固有周期の算出方法 ····· 3
4. 構造強度評価 ····· 3
4.1 構造強度評価方法 ····· 3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力 ····· 3
5. 機能維持評価 ····· 7
5.1 電気的機能維持評価方法 ····· 7
6. 評価結果 ····· 8
6.1 設計基準対象施設としての評価結果 ····· 8
6.2 重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 8

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，メタルクラッド開閉装置が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

メタルクラッド開閉装置は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

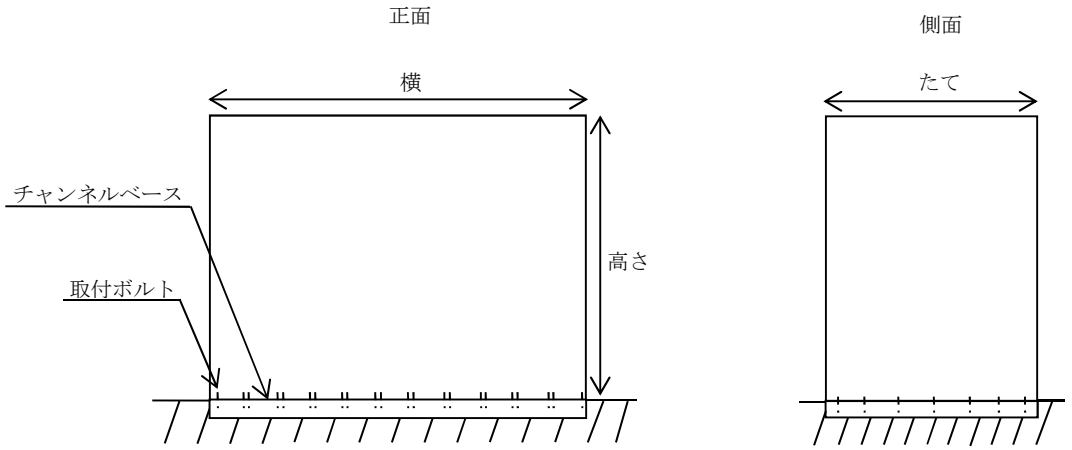
2. 一般事項

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を行う。

2.1 構造計画

メタルクラッド開閉装置の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
メタルクラッド開閉装置は，基礎に埋め込まれたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。	直立形 （鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤）	

	メタルクラッド開閉装置 2C	メタルクラッド開閉装置 2D	メタルクラッド開閉装置 HPCS
たて	約 2700 mm	約 2700 mm	約 2700 mm
横	約 11100 mm	約 12100 mm	約 7100 mm
高さ	約 2600 mm	約 2600 mm	約 2600 mm

3.　固有周期

3.1　固有周期の算出方法

プラスチックハンマ等により当該装置に振動を与え，固有振動数測定装置（圧電式加速度ピックアップ，振動計，分析器）により固有振動数（共振周波数）を測定する。測定の結果，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。固有周期を表 3-1 に示す。

表 3-1　固有周期（s）

名称	方向	固有周期
メタルクラッド開閉装置 2C	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]
メタルクラッド開閉装置 2D	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]
メタルクラッド開閉装置 HPCS	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

メタルクラッド開閉装置の構造は直立形であるため，構造強度評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

4.2　荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

メタルクラッド開閉装置の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設としての評価に用いるものを表 4-1 に，重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-2 に示す。

4.2.2　許容応力

メタルクラッド開閉装置の許容応力は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき表 4-3 のとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

メタルクラッド開閉装置の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設としての評価に用いるものを表 4-4 に，重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-5 に示す。

表 4-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震設計上の重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源設備	その他	メタルクラッド開閉装置	S	―*	$D+P_D+M_D+S_d$*	III_AS
					$D+P_D+M_D+S_s$	IV_AS

注記　＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4-2　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源設備	その他	メタルクラッド開閉装置	常設耐震／防止 常設／緩和	―*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	IV_AS
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS （V_ASとしてIV_ASの許容限界を用いる。）

注記　＊1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

＊3：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4-3　許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 （ボルト等）	
	一次応力	
	引張り	せん断
$Ⅲ_AS$	1.5・f_t	1.5・f_s
$Ⅳ_AS$	1.5・f_t*	1.5・f_s*
$Ⅴ_AS$ （$Ⅴ_AS$として$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）		

注記　＊1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-4　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
取付ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	235	400	―

表 4-5　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
取付ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	235	400	―

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

メタルクラッド開閉装置の電気的機能維持評価について，以下に示す。

電気的機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

メタルクラッド開閉装置の機能確認済加速度には，同形式の器具の正弦波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した器具の加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 （×9.8 m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
メタルクラッド開閉装置	水平	2.30
	鉛直	1.00

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

メタルクラッド開閉装置の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

メタルクラッド開閉装置の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【メタルクラッド開閉装置2Cの耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震設計上の重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
メタルクラッド開閉装置2C	S	EL.-4.00*			C_H=0.58	C_v=0.48	C_H=0.87	C_v=0.90	

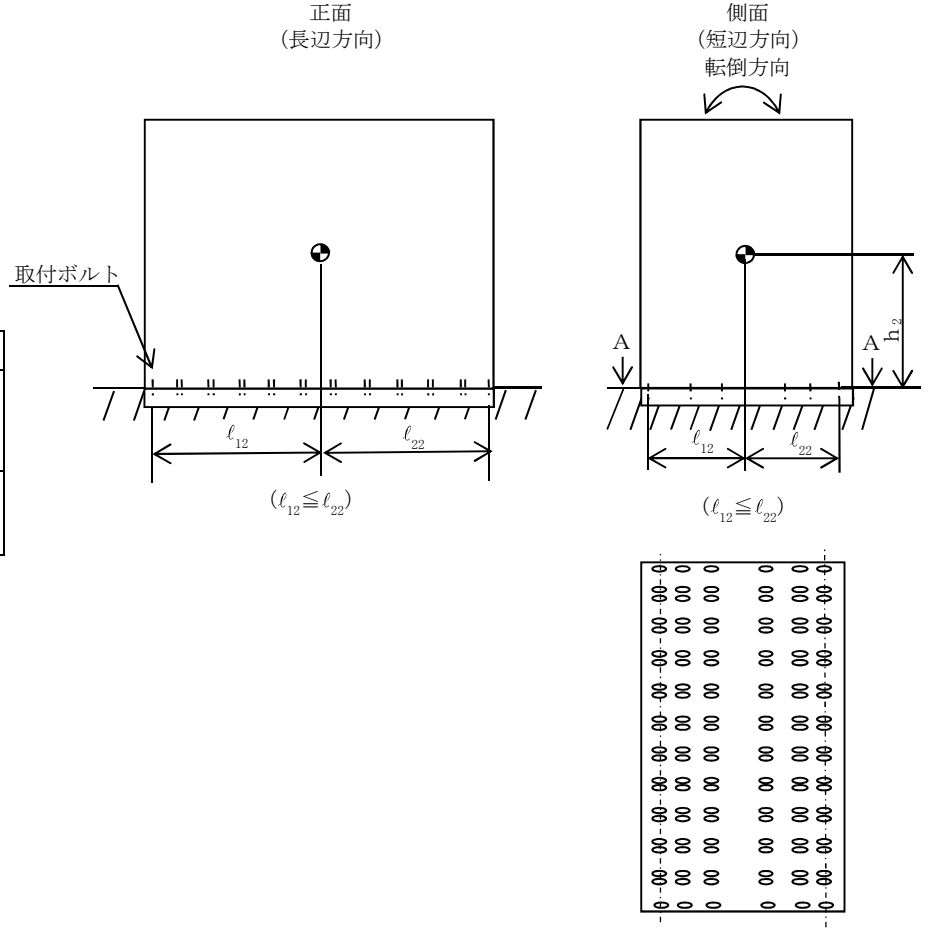
注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	n_{fi}*
取付ボルト (i=2)							22
							6

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	235	400	235	280	短辺方向	短辺方向



A～A矢視図

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	37.19	3.533×10^3	1.519×10^5	2.278×10^5

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	[redacted]	引張り	$\sigma_{b2}=1$	$f_{ts2}=176$*	$\sigma_{b2}=18$	$f_{ts2}=210$*
		せん断	$\tau_{b2}=6$	$f_{sb2}=135$	$\tau_{b2}=9$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

注記 *：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($\times9.8\ m/s^2$)

		評価用加速度	機能確認済加速度
メタルクラッド開閉装置 2C	水平方向	0.72	2.30
	鉛直方向	0.75	1.00

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

【メタルクラッド開閉装置2Dの耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震設計上の重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
メタルクラッド開閉装置2D	S	EL. 2.56 (EL. 8.20*)			C_H=0.63	C_v=0.50	C_H=1.10	C_v=0.96	

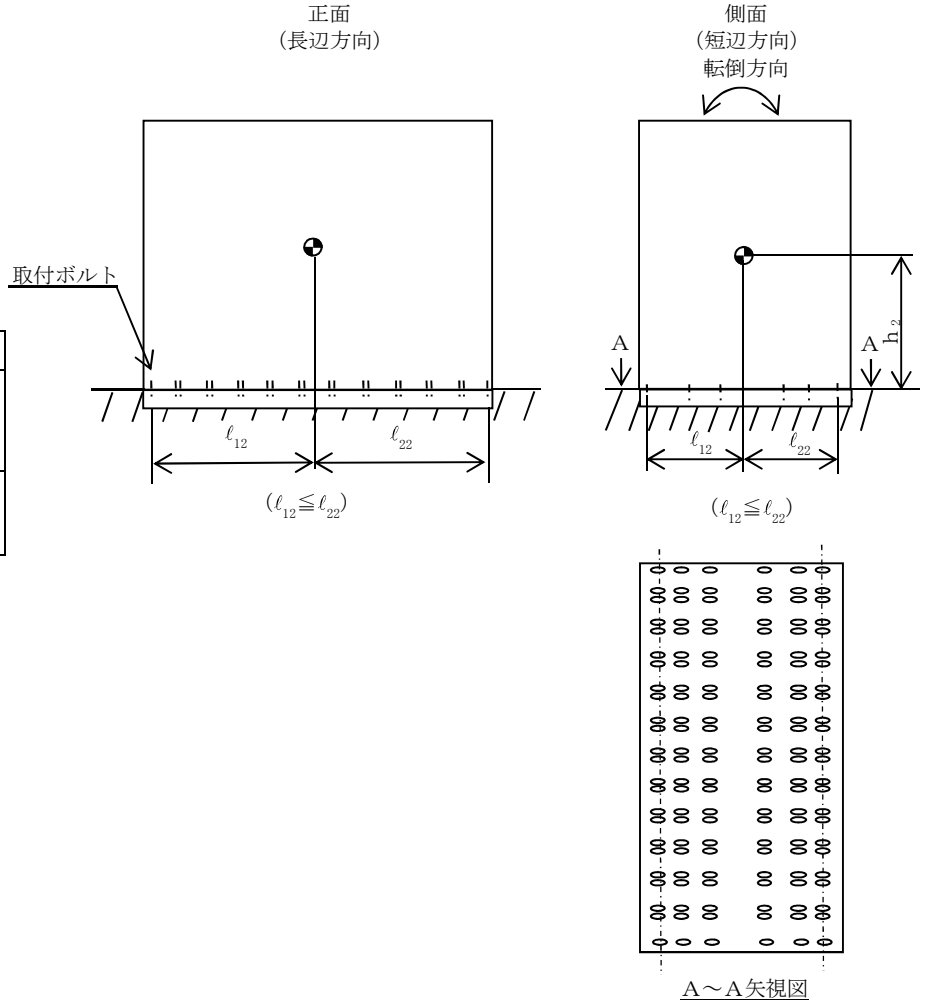
注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	n_{fi}*
取付ボルト (i=2)							24
							6

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	235	400	235	280	短辺方向	短辺方向



A～A矢視図

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	371.6	4.905×10^3	1.798×10^5	3.139×10^5

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	[redacted]	引張り	$\sigma_{b2}=2$	$f_{ts2}=176^*$	$\sigma_{b2}=25$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	$\tau_{b2}=7$	$f_{sb2}=135$	$\tau_{b2}=11$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($\times9.8\ m/s^2$)

		評価用加速度	機能確認済加速度
メタルクラッド開閉装置 2D	水平方向	0.92	2.30
	鉛直方向	0.80	1.00

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

【メタルクラッド開閉装置HPCSの耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震設計上の重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
メタルクラッド開閉装置HPCS	S	EL. -4.00*			C_H=0.58	C_v=0.48	C_H=0.87	C_v=0.90	

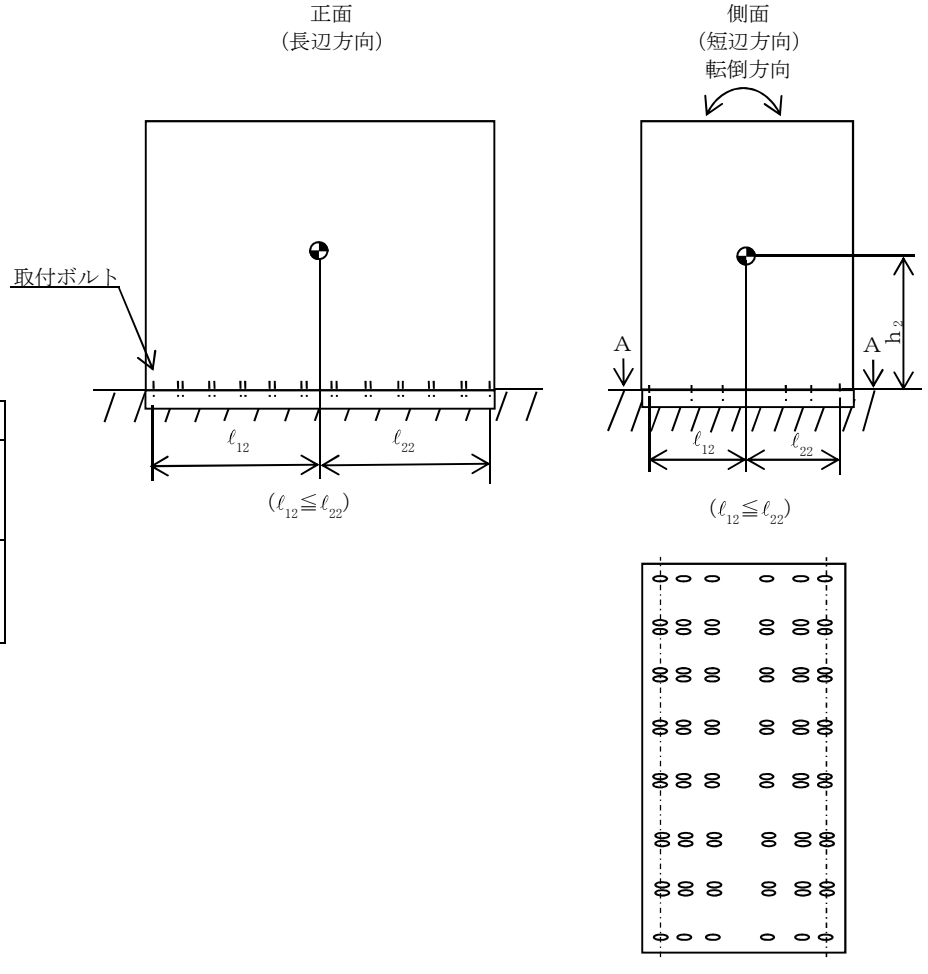
注記 *：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	n_{fi}*
取付ボルト (i=2)							14
							6

注記 *：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	235	400	235	280	短辺方向	短辺方向



A～A矢視図

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	37.43	3.556×10^3	9.726×10^4	1.459×10^5

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	[redacted]	引張り	$\sigma_{b2}=1$	$f_{ts2}=176^*$	$\sigma_{b2}=18$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	$\tau_{b2}=6$	$f_{sb2}=135$	$\tau_{b2}=9$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

1.4.2 電気的機能維持の評価結果

(×9.8 m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
メタルクラッド開閉装置 HPCS	水平方向	0.72	2.30
	鉛直方向	0.75	1.00

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

【メタルクラッド開閉装置2Cの耐震性についての計算結果】

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
メタルクラッド開閉装置2C	常設耐震／防止 常設／緩和	EL.-4.00*			－	－	C_H=0.87	C_v=0.90	

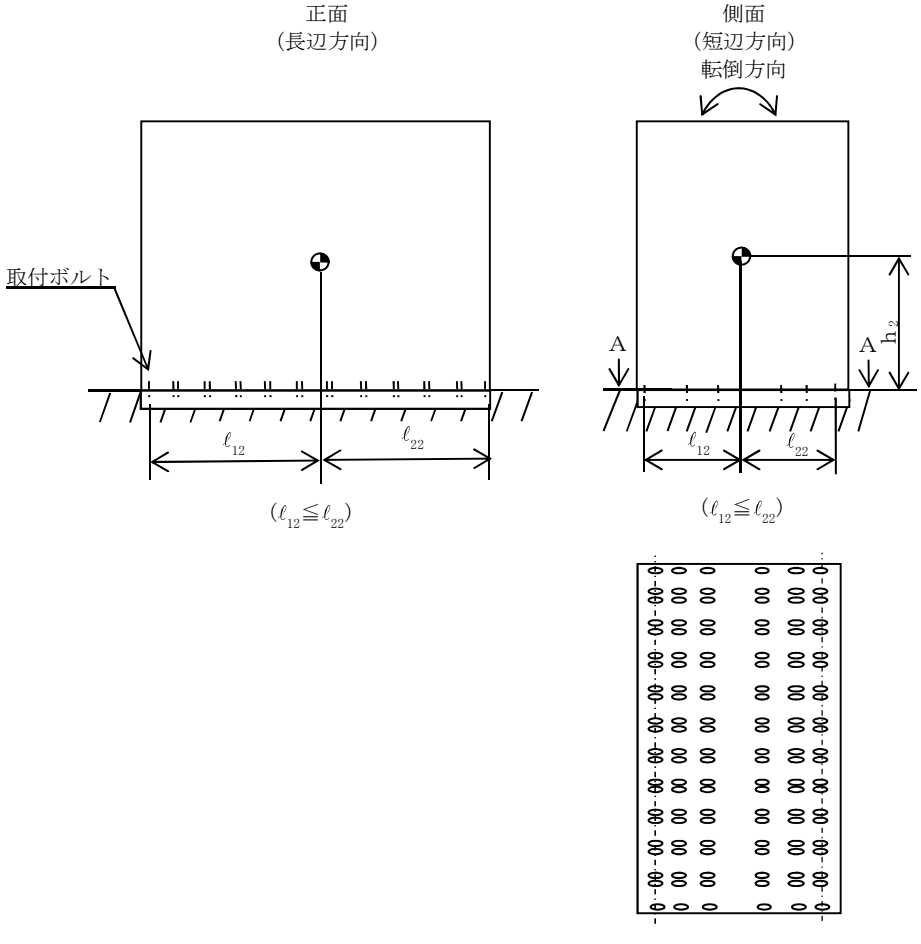
注記 ＊：基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	n_{fi}*
取付ボルト (i=2)							22
							6

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	235	400	－	280	－	短辺方向



A～A矢視図

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	－	3.533×10^{3}	－	2.278×10^{5}

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=18$	$f_{ts2}=210^{*}$
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=9$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

2.4.2 電気的機能維持の評価結果 (×9.8 m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
メタルクラッド開閉装置 2C	水平方向	0.72	2.30
	鉛直方向	0.75	1.00

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

【メタルクラッド開閉装置2Dの耐震性についての計算結果】

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
メタルクラッド開閉装置2D	常設耐震／防止常設／緩和	EL. 2.56 (EL. 8.20*)			－	－	C_H＝1.10	C_v＝0.96	

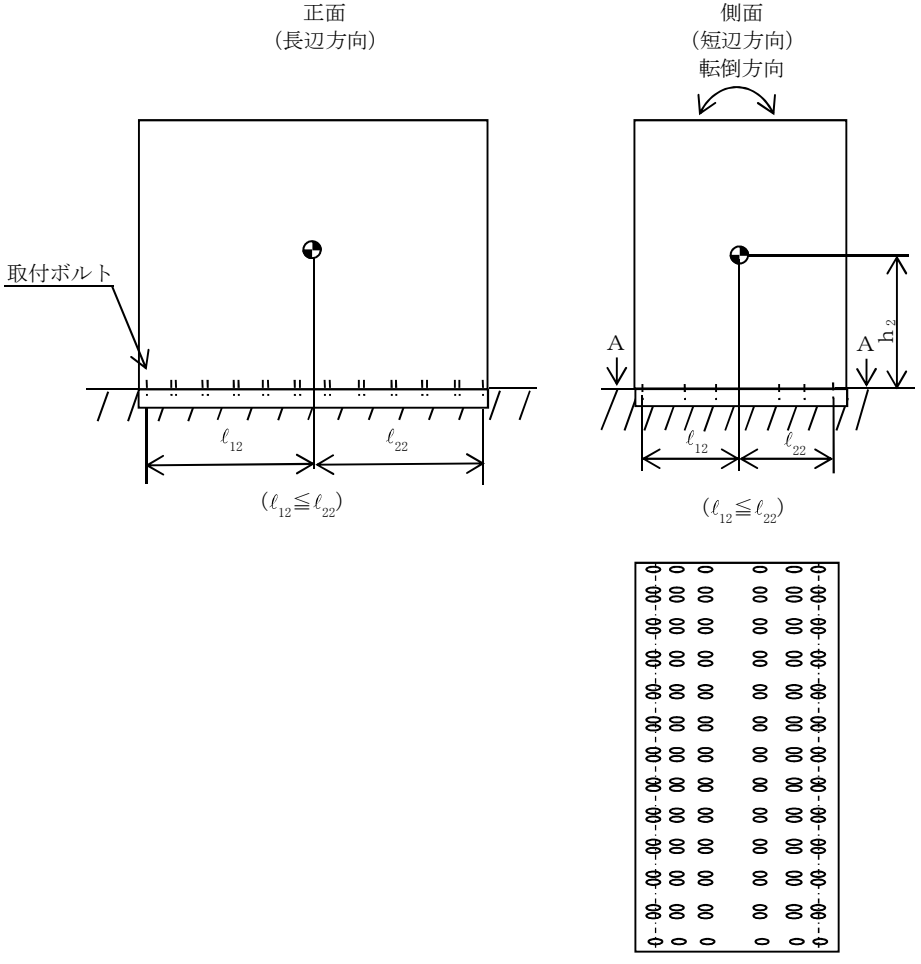
注記 ＊：基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	n_{fi}*
取付ボルト (i＝2)							24
							6

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i＝2)	235	400	－	280	－	短辺方向



A～A矢視図

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	－	4.905×10^3	－	3.139×10^5

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=25$	$f_{ts2}=210$*
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=11$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

2.4.2 電気的機能維持の評価結果 (×9.8 m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
メタルクラッド開閉装置 2D	水平方向	0.92	2.30
	鉛直方向	0.80	1.00

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

【メタルクラッド開閉装置HPCSの耐震性についての計算結果】

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
メタルクラッド開閉装置HPCS	常設耐震／防止	EL. -4.00*			－	－	C_H＝0.87	C_v＝0.90	

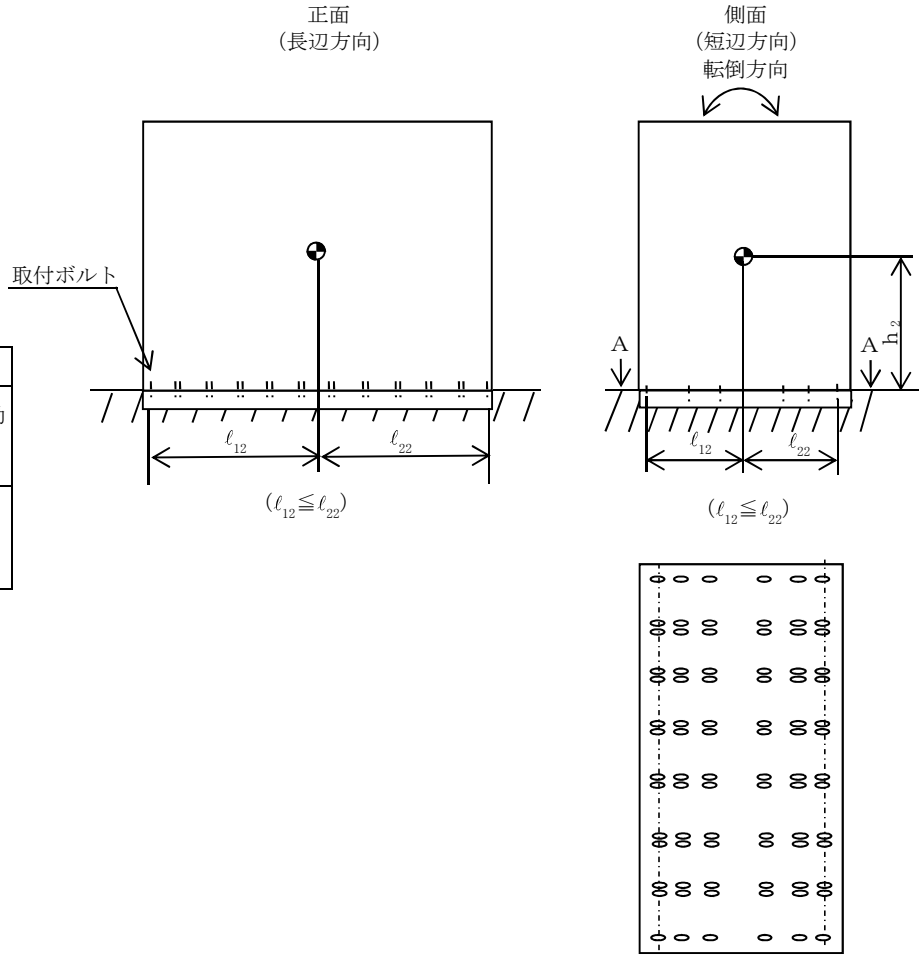
注記 ＊：基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	n_{fi}*
取付ボルト (i＝2)							14
							6

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i＝2)	235	400	－	280	－	短辺方向



A～A矢視図

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	－	3.556×10^3	－	1.459×10^5

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=18$	$f_{ts2}=210$*
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=9$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

2.4.2 電気的機能維持の評価結果

(×9.8 m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
メタルクラッド開閉装置 HPCS	水平方向	0.72	2.30
	鉛直方向	0.75	1.00

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

Ⅴ-2-10-1-7-2　パワーセンタの耐震性についての計算書

目次

1. 概要 ····· 1
2. 一般事項 ····· 1
2.1 構造計画 ····· 1
3. 固有周期 ····· 3
3.1 固有周期の算出方法 ····· 3
4. 構造強度評価 ····· 3
4.1 構造強度評価方法 ····· 3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力 ····· 3
5. 機能維持評価 ····· 7
5.1 電気的機能維持評価方法 ····· 7
6. 評価結果 ····· 8
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 8

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，パワーセンタが設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

パワーセンタは，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

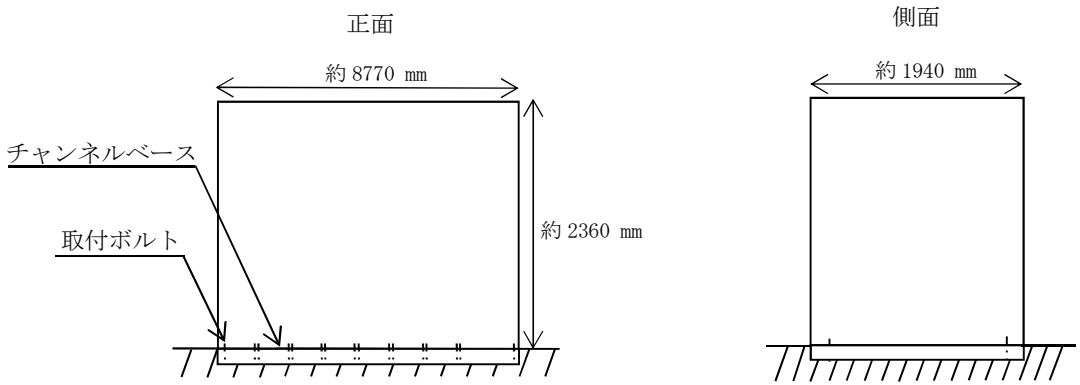
2. 一般事項

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を行う。

2.1 構造計画

パワーセンタの構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
パワーセンタは、基礎に埋め込まれたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。	直立形 （鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤）	

3.　固有周期

3.1　固有周期の算出方法

プラスチックハンマ等により当該装置に振動を与え，固有振動数測定装置（圧電式加速度ピックアップ，振動計，分析器）により固有振動数（共振周波数）を測定する。測定の結果，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。固有周期を表 3-1 に示す。

表 3-1　固有周期（s）

水平方向	鉛直方向
[redacted]	[redacted]

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

パワーセンタの構造は直立形であるため，構造強度評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

4.2　荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

パワーセンタの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2　許容応力

パワーセンタの許容応力は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

パワーセンタの使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-3 に示す。

表 4-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源設備	その他	パワーセンタ	常設耐震／防止 常設／緩和	－*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS （V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記　＊1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

＊3：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4-2　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 （ボルト等）	
	一次応力	
	引張り	せん断
$Ⅳ_AS$	1.5・f_t*	1.5・f_s*
$Ⅴ_AS$ （$Ⅴ_AS$として$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）		

注記　＊1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-3　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
取付ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	235	400	－

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

パワーセンタの電気的機能維持評価について，以下に示す。

電気的機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

パワーセンタの機能確認済加速度には，同形式の器具の正弦波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した器具の加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 （×9.8 m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
パワーセンタ	水平	2.30
	鉛直	1.00

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

パワーセンタの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【パワーセンタ 2C の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
パワーセンタ 2C	常設耐震／防止 常設／緩和	EL. -4.00*			－	－	C_H＝0.87	C_v＝0.90	

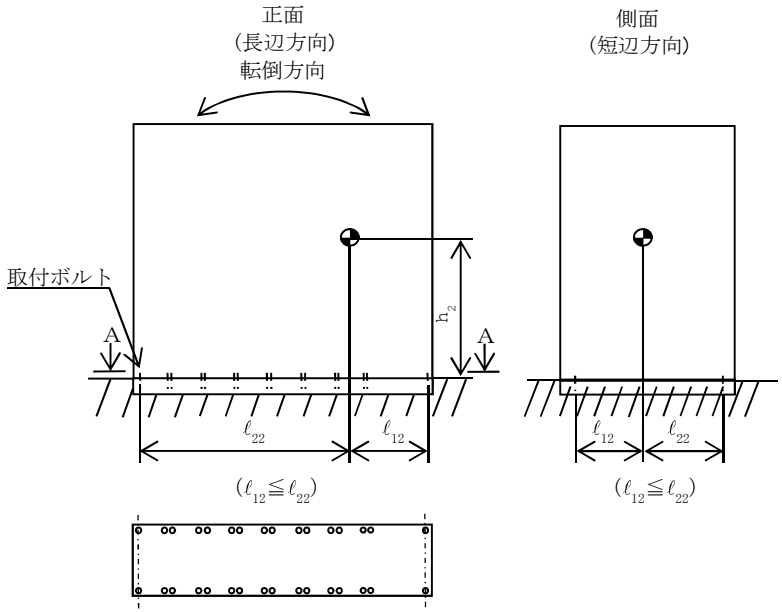
注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm²)	n_i	nf_i*
取付ボルト (i＝2)							16
							2

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i＝2)	235	400	－	280	－	長辺方向



A～A矢視図

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	－	8.023×10^{3}	－	1.693×10^{5}

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=26$	$f_{ts2}=210^{*}$
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=17$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

1.4.2 電気的機能維持の評価結果

(×9.8 m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
パワーセンタ 2C	水平方向	0.72	2.30
	鉛直方向	0.75	1.00

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

【パワーセンタ 2D の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
パワーセンタ 2D	常設耐震／防止 常設／緩和	EL. 2.56 (EL. 8.20*)			－	－	C_H＝1.10	C_v＝0.96	

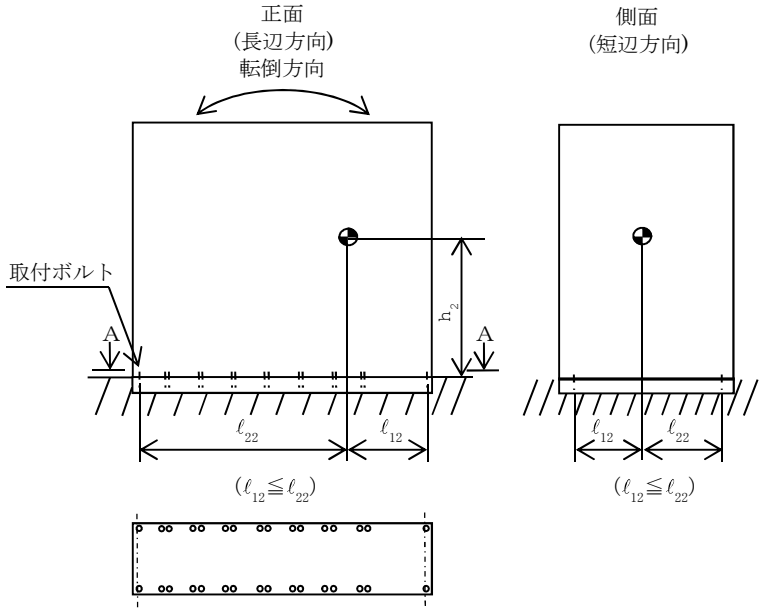
注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm²)	n_i	nf_i*
取付ボルト (i＝2)							16 2

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s
取付ボルト (i＝2)	235	400	－	280	－	長辺方向



A～A矢視図

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	－	1.340×10^4	－	2.140×10^5

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=43$	$f_{ts2}=210$*
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=22$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

1.4.2 電気的機能維持の評価結果

(×9.8 m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
パワーセンタ 2D	水平方向	0.92	2.30
	鉛直方向	0.80	1.00

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

Ⅴ-2-10-1-7-3　モータコントロールセンタの耐震性についての計算書

目次

1. 概要 ····· 1
2. 一般事項 ····· 1
2.1 構造計画 ····· 1
3. 固有周期 ····· 3
3.1 固有周期の算出方法 ····· 3
4. 構造強度評価 ····· 4
4.1 構造強度評価方法 ····· 4
4.2 荷重の組合せ及び許容応力 ····· 4
5. 機能維持評価 ····· 8
5.1 電気的機能維持評価方法 ····· 8
6. 評価結果 ····· 9
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 9

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の検討方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，モータコントロールセンタが設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

モータコントロールセンタは，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

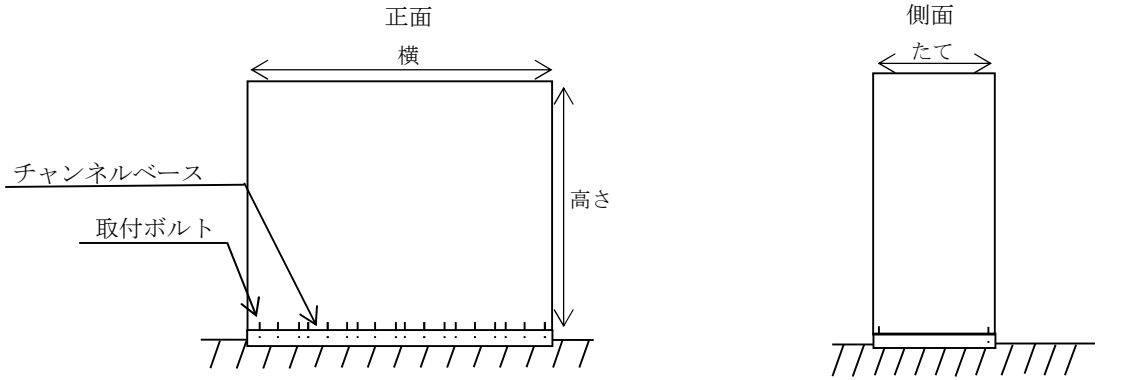
2. 一般事項

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を行う。

2.1　構造計画

モータコントロールセンタの構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
モータコントロールセンタは，基礎に埋め込まれたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。	直立形 （鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤）	

	モータコントロールセンタ 2C-3	モータコントロールセンタ 2C-4(1)	モータコントロールセンタ 2C-4(2)	モータコントロールセンタ 2C-5	モータコントロールセンタ 2C-6
たて	約 900 mm	約 900 mm	約 900 mm	約 900 mm	約 700 mm
横	約 7380 mm	約 3780 mm	約 1860 mm	約 4980 mm	約 3910 mm
高さ	約 2300 mm	約 2300 mm	約 2300 mm	約 2300 mm	約 2300 mm
	モータコントロールセンタ 2C-7	モータコントロールセンタ 2C-8	モータコントロールセンタ 2C-9	モータコントロールセンタ 2D-3	モータコントロールセンタ 2D-4(1)
たて	約 900 mm	約 900 mm	約 900 mm	約 900 mm	約 900 mm
横	約 4990 mm	約 5580 mm	約 4380 mm	約 6780 mm	約 3780 mm
高さ	約 2300 mm	約 2300 mm	約 2300 mm	約 2300 mm	約 2300 mm
	モータコントロールセンタ 2D-4(2)	モータコントロールセンタ 2D-5	モータコントロールセンタ 2D-6	モータコントロールセンタ 2D-7	モータコントロールセンタ 2D-8
たて	約 900 mm	約 900 mm	約 700 mm	約 900 mm	約 900 mm
横	約 1860 mm	約 4980 mm	約 3910 mm	約 4990 mm	約 5580 mm
高さ	約 2300 mm	約 2300 mm	約 2300 mm	約 2300 mm	約 2300 mm
	モータコントロールセンタ 2D-9	モータコントロールセンタ HPCS(1)	モータコントロールセンタ HPCS(2)		
たて	約 900 mm	約 590 mm	約 590 mm		
横	約 4380 mm	約 3060 mm	約 3830 mm		
高さ	約 2300 mm	約 2300 mm	約 2300 mm		

3. 固有周期

3.1 固有周期の算出方法

モータコントロールセンタのうちモータコントロールセンタ 2C-4(2)，モータコントロールセンタ 2C-7，モータコントロールセンタ 2C-8，モータコントロールセンタ 2C-9，モータコントロールセンタ 2D-7，モータコントロールセンタ 2D-8，モータコントロールセンタ 2D-9 の固有周期は以下の通りとする。

水平方向の固有周期は，プラスチックハンマ等により当該装置に振動を与え，固有振動数測定装置（圧電式加速度ピックアップ，振動計，分析器）により固有振動数（共振周波数）を測定する。測定の結果，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。鉛直方向の固有周期は，構造が同様な盤に対する打振試験の測定結果から，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛とする。

上記以外のモータコントロールセンタの固有周期は，構造が同様な盤に対する打振試験の測定結果から，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛とする。

固有周期を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期（s）

名称	方向	固有周期
モータコントロールセンタ 2C-4(2)	水平	[redacted]
	鉛直	0.05 以下
モータコントロールセンタ 2C-7，2D-7	水平	[redacted]
	鉛直	0.05 以下
モータコントロールセンタ 2C-8，2D-8	水平	[redacted]
	鉛直	0.05 以下
モータコントロールセンタ 2C-9，2D-9	水平	[redacted]
	鉛直	0.05 以下
上記以外のモータコントロールセンタ	水平	0.05 以下
	鉛直	0.05 以下

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

モータコントロールセンタの構造は直立形であるため，構造強度評価は，添付書類「V-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

4.2　荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

モータコントロールセンタの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2　許容応力

モータコントロールセンタの許容応力は，添付書類「V-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

モータコントロールセンタの使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-3 に示す。

表 4-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源設備	その他	モータコントロールセンタ	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS （V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記　＊1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

＊3：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4-2　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 （ボルト等）	
	一次応力	
	引張り	せん断
$Ⅳ_AS$	1.5・f_t*	1.5・f_s*
$Ⅴ_AS$ （$Ⅴ_AS$として$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）		

注記　＊1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-3　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
取付ボルト*1	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	235	400	－
取付ボルト*2	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	212	373	－

注記　＊1：MCC 2C-4(1)，MCC 2C-4(2)，MCC 2C-6，MCC 2D-4(1)，MCC 2D-4(2)，MCC 2D-6，MCC HPCS(1)，MCC HPCS(2)の取付ボルトを示す。

＊2：MCC 2C-3，MCC 2C-5，MCC 2C-7，MCC 2C-8，MCC 2C-9，MCC 2D-3，MCC 2D-5，MCC 2D-7，MCC 2D-8，MCC 2D-9の取付ボルトを示す。

注　：MCC はモータコントロールセンタの略称。

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

モータコントロールセンタの電気的機能維持評価について，以下に示す。

電気的機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

モータコントロールセンタの機能確認済加速度には，同形式の器具の正弦波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した器具の加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 （×9.8 m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
MCC 2C-3，MCC 2C-4(1)，MCC 2C-4(2)，MCC 2C-5，MCC 2C-7，MCC 2C-8，MCC 2C-9，MCC 2D-3，MCC 2D-4(1)，MCC 2D-4(2)，MCC 2D-5，MCC 2D-7，MCC 2D-8，MCC 2D-9，MCC HPCS(1)，MCC HPCS(2)	水平	3.00
	鉛直	1.00
MCC 2C-6，MCC 2D-6	水平	3.00
	鉛直	2.00

注 ：MCC はモータコントロールセンタの略称。

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

モータコントロールセンタ（以下「MCC」という。）の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【MCC 2C-3の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
MCC 2C-3	常設耐震／防止 常設／緩和	EL. 2.00*	0.05以下	0.05以下	－	－	C_H＝0.96	C_v＝0.92	

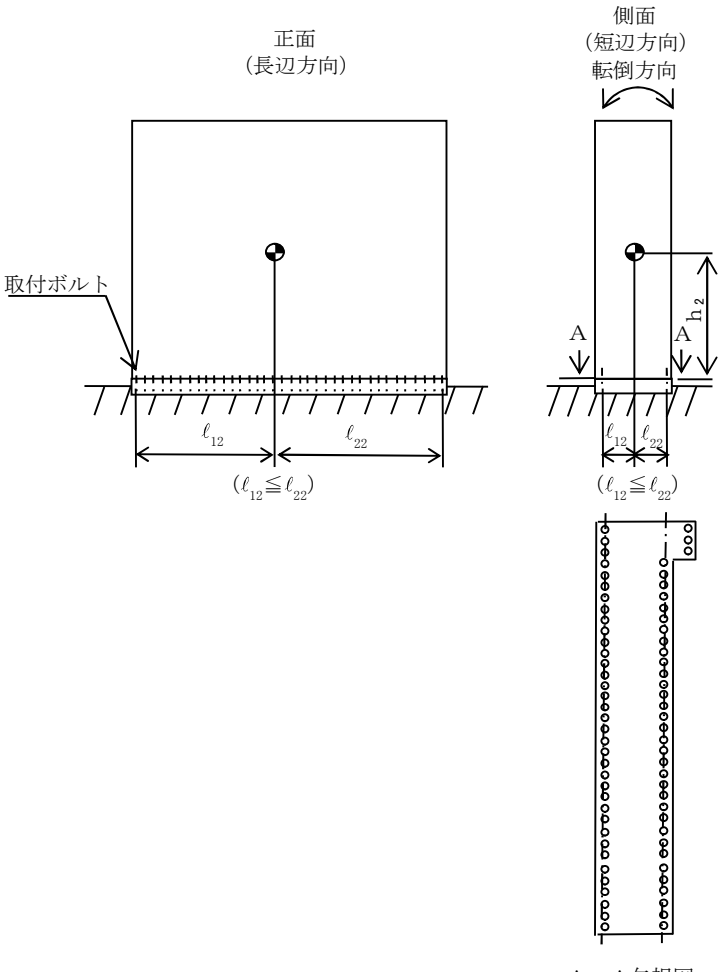
注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm²)	n_i	nf_i*
取付ボルト (i＝2)							36 2

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i＝2)	212	373	－	254	－	短辺方向



A～A矢視図

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	－	2.726×10^{3}	－	4.246×10^{4}

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=14$	$f_{ts2}=190$*
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=146$

すべて許容応力以下である。

注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 (×9.8 m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
MCC 2C-3	水平方向	0.80	3.00
	鉛直方向	0.77	1.00

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

【MCC 2C-4(1)の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
MCC 2C-4(1)	常設耐震／防止 常設／緩和	EL. 0.70 (EL. 2.00*)	0.05 以下	0.05 以下	－	－	C_H＝0.96	C_v＝0.92	

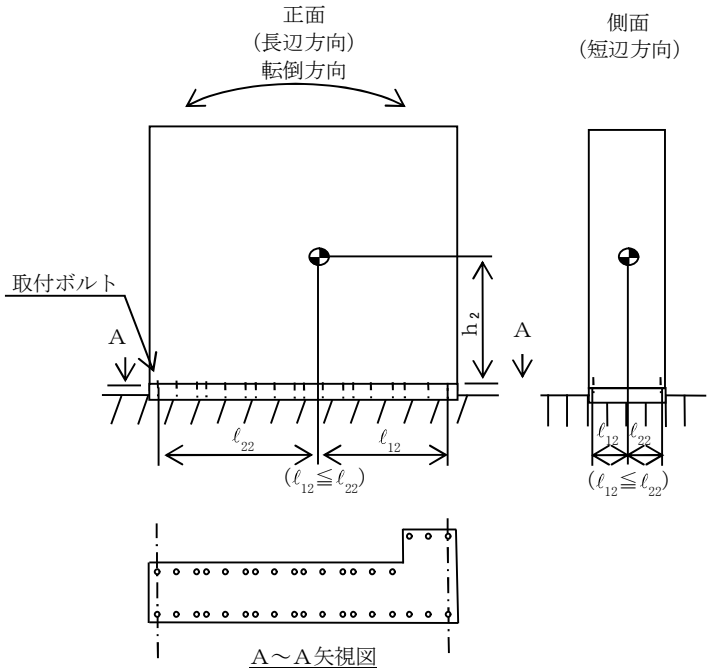
注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm²)	n_i	nf_i*
取付ボルト (i＝2)							18 2

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i＝2)	235	400	－	280	－	長辺方向



A～A矢視図

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	－	3.401×10^{3}	－	2.269×10^{4}

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=17$	$f_{ts2}=210$*
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

1.4.2 電気的機能維持の評価結果

(×9.8 m/s^2)

		評価用加速度	機能確認済加速度
MCC 2C-4(1)	水平方向	0.80	3.00
	鉛直方向	0.77	1.00

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

【MCC 2C-4(2)の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
MCC 2C-4(2)	常設耐震／防止 常設／緩和	EL. 0.70 (EL. 2.00*)		0.05 以下	－	－	C_H＝0.96	C_v＝0.92	

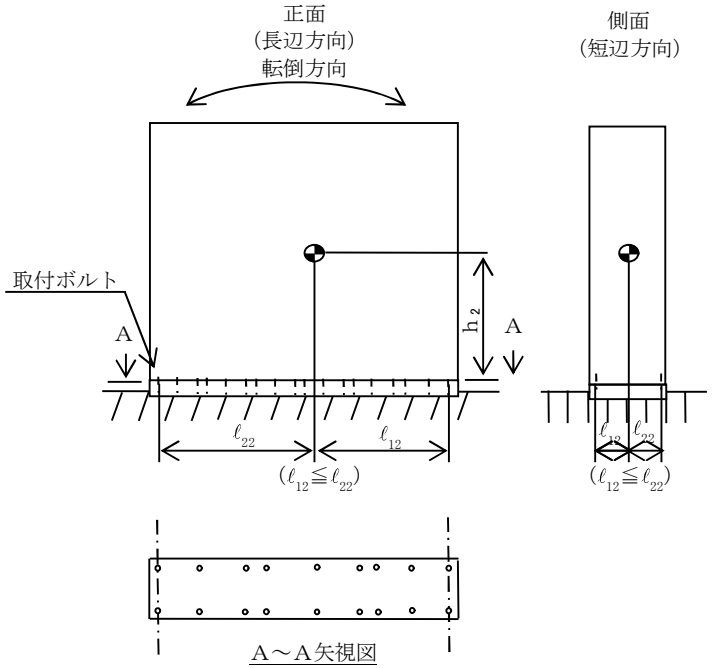
注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm²)	n_i	nf_i*
取付ボルト (i＝2)							9 2

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i＝2)	235	400	－	280	－	長辺方向



1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	－	3.471×10^3	－	1.045×10^4

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=18$	$f_{ts2}=210$*
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($\times9.8\ m/s^2$)

		評価用加速度	機能確認済加速度
MCC 2C-4(2)	水平方向	0.80	3.00
	鉛直方向	0.77	1.00

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

【MCC 2C-5の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
MCC 2C-5	常設耐震／防止 常設／緩和	EL.2.00*	0.05以下	0.05以下	－	－	C_H＝0.96	C_v＝0.92	

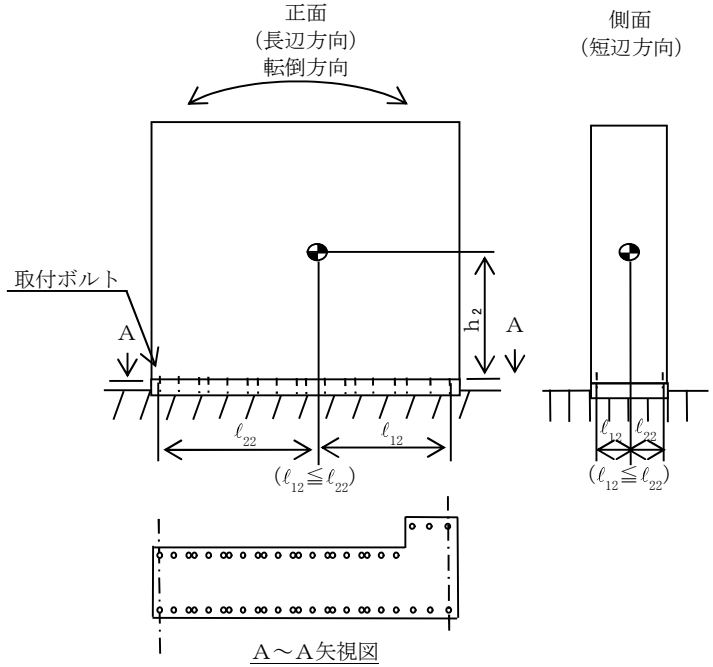
注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm²)	n_i	nf_i*
取付ボルト (i＝2)							24 2

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i＝2)	212	373	－	254	－	長辺方向



A～A矢視図

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	－	3.128×10^3	－	2.928×10^4

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	$_{許}$容応力
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=16$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=146$

すべて許容応力以下である。

注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 (×9.8 m/s^2)

		評価用加速度	機能確認済加速度
MCC 2C-5	水平方向	0.80	3.00
	鉛直方向	0.77	1.00

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

【MCC 2C-6の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
MCC 2C-6	常設耐震／防止 常設／緩和	[redacted] EL.8.20*	0.05以下	0.05以下	－	－	C_H＝1.10	C_v＝0.96	[redacted]

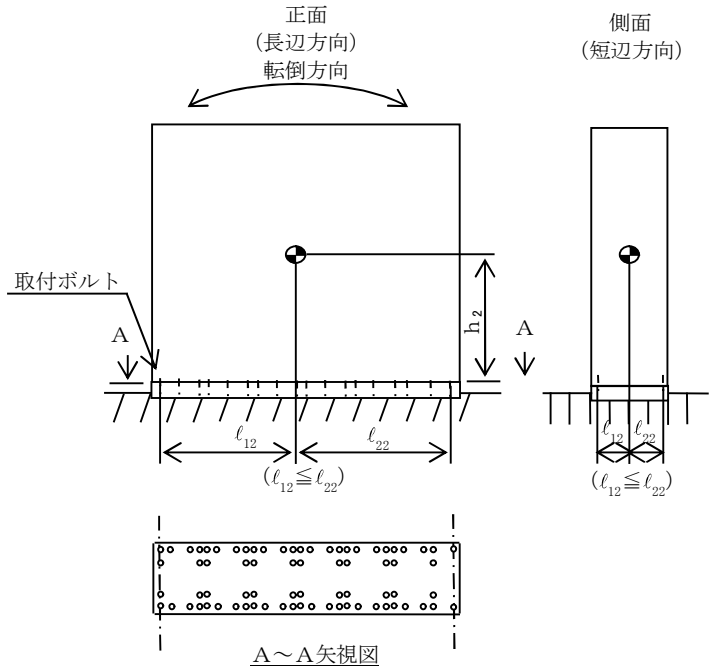
注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm²)	n_i	nf_i*
取付ボルト (i＝2)	[redacted]						25 2

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i＝2)	235	400	－	280	－	長辺方向



A～A矢視図

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	－	5.597×10^{3}	－	3.776×10^{4}

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=28$	$f_{ts2}=210$*
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

1.4.2 電気的機能維持の評価結果

(×9.8 m/s^2)

		評価用加速度	機能確認済加速度
MCC 2C-6	水平方向	0.92	3.00
	鉛直方向	0.80	2.00

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

【MCC 2C-7の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
MCC 2C-7	常設耐震／防止 常設／緩和	EL. 20.30*		0.05以下	－	－	C_H＝1.34	C_v＝1.01	

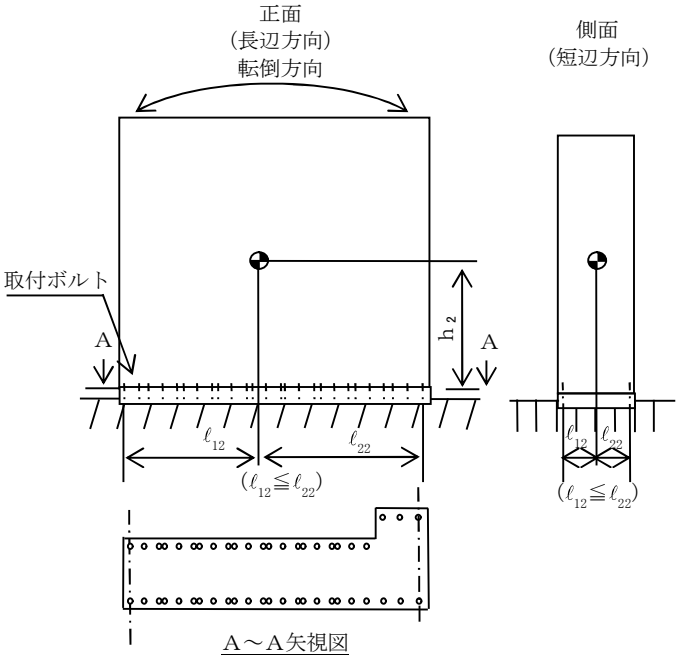
注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm²)	n_i	nf_i*
取付ボルト (i＝2)							24 2

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i＝2)	212	373	－	254	－	長辺方向



A～A矢視図

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	－	5.713×10^3	－	4.455×10^4

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=29$	$f_{ts2}=190$*
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=146$

すべて許容応力以下である。

注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($\times9.8$ m/s^2)

		評価用加速度	機能確認済加速度
MCC 2C-7	水平方向	1.11	3.00
	鉛直方向	0.84	1.00

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

【MCC 2C-8の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
MCC 2C-8	常設耐震／防止 常設／緩和	EL. 20.30*		0.05以下	－	－	C_H＝1.34	C_v＝1.01	

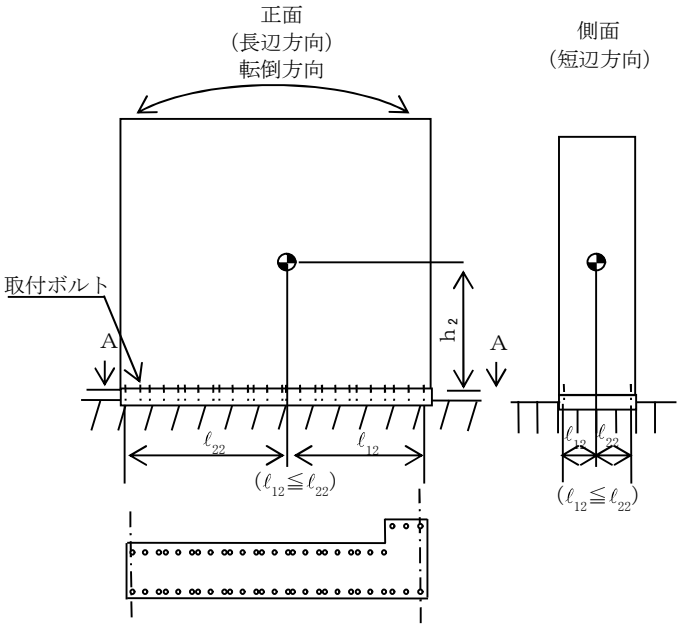
注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm²)	n_i	nf_i*
取付ボルト (i＝2)							27 2

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i＝2)	212	373	－	254	－	長辺方向



A～A矢視図

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	－	5.189×10^{3}	－	4.547×10^{4}

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=26$	$f_{ts2}=190$*
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=146$

すべて許容応力以下である。

注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

1.4.2 電気的機能維持の評価結果

(×9.8 m/s^2)

		評価用加速度	機能確認済加速度
MCC 2C-8	水平方向	1.11	3.00
	鉛直方向	0.84	1.00

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

【MCC 2C-9の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
MCC 2C-9	常設耐震／防止常設／緩和	EL. 29.00*		0.05以下	－	－	C_H＝1.55	C_v＝1.17	

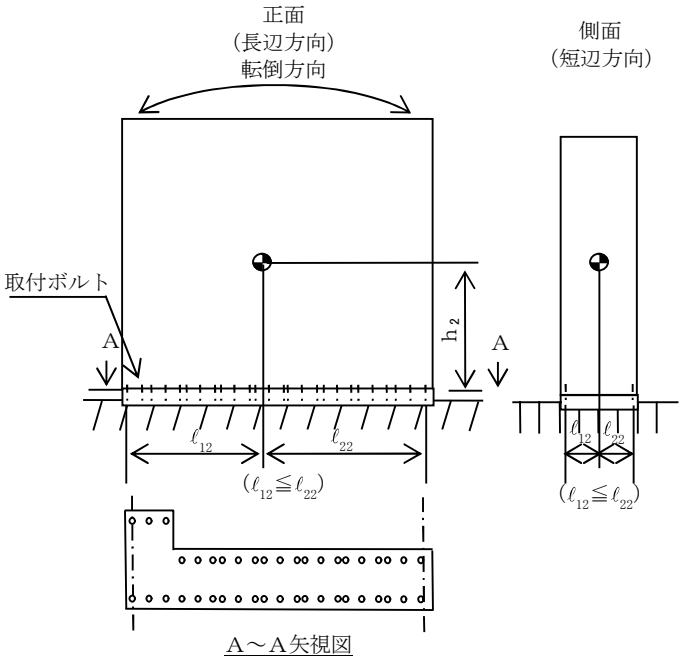
注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm²)	n_i	nf_i*
取付ボルト (i＝2)							21
							2

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i＝2)	212	373	－	254	－	長辺方向



A～A矢視図

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	－	7.302×10^3	－	4.195×10^4

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=37$	$f_{ts2}=190$*
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=146$

すべて許容応力以下である。

注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($\times9.8$ m/s^2)

		評価用加速度	機能確認済加速度
MCC 2C-9	水平方向	1.29	3.00
	鉛直方向	0.98	1.00

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

【MCC 2D-3の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
MCC 2D-3	常設耐震／防止 常設／緩和	EL. 2.00*	0.05 以下	0.05 以下	－	－	C_H＝0.96	C_v＝0.92	

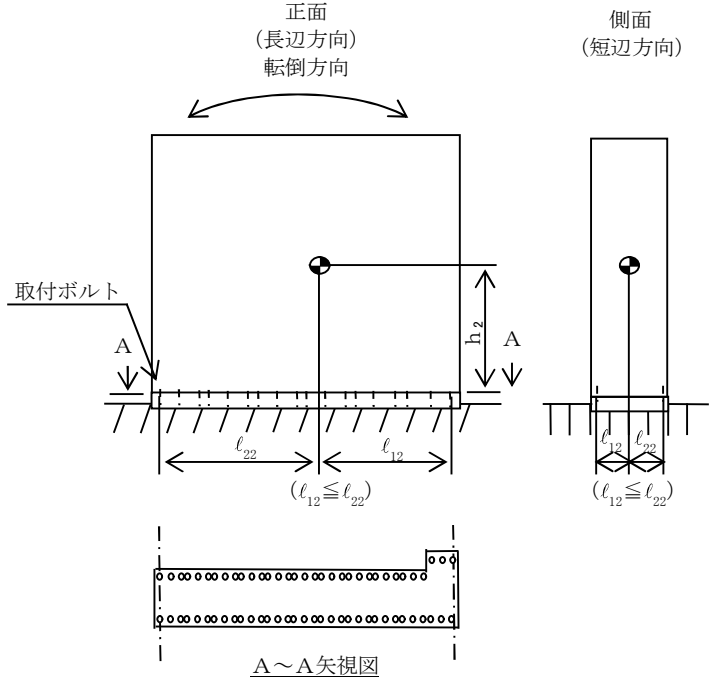
注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm²)	n_i	nf_i*
取付ボルト (i＝2)							33 2

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i＝2)	212	373	－	254	－	長辺方向



A～A矢視図

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	－	2.813×10^3	－	3.916×10^4

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=14$	$f_{ts2}=190$*
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=146$

すべて許容応力以下である。

注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 (×9.8 m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
MCC 2D-3	水平方向	0.80	3.00
	鉛直方向	0.77	1.00

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

【MCC 2D-4(1)の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
MCC 2D-4(1)	常設耐震／防止 常設／緩和	EL. 0.70 (EL. 2.00*)	0.05 以下	0.05 以下	－	－	C_H＝0.96	C_v＝0.92	

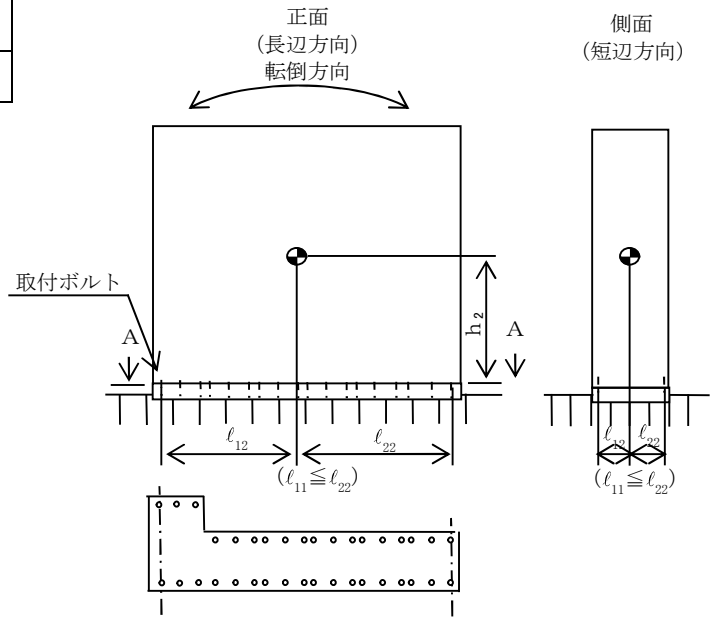
注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm²)	n_i	nf_i*
取付ボルト (i＝2)							18 2

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i＝2)	235	400	－	280	－	長辺方向



A～A矢視図

1.3　計算数値

1.3.1　ボルトに作用する力　　(単位：N)

部　　材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト（i＝2）	－	3.742×10^{3}	－	2.504×10^{4}

1.4　結　　論

1.4.1　ボルトの応力　　(単位：MPa)

部　　材	材　料	応　力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=19$	$f_{ts2}=210^{*}$
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。　　注記　＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

1.4.2　電気的機能維持の評価結果　　(×9.8 m/s^2)

		評価用加速度	機能確認済加速度
MCC 2D-4(1)	水平方向	0.80	3.00
	鉛直方向	0.77	1.00

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

【MCC 2D-4(2)の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
MCC 2D-4(2)	常設耐震／防止 常設／緩和	EL. 0.70 (EL. 2.00*)	0.05 以下	0.05 以下	－	－	C_H＝0.96	C_v＝0.92	

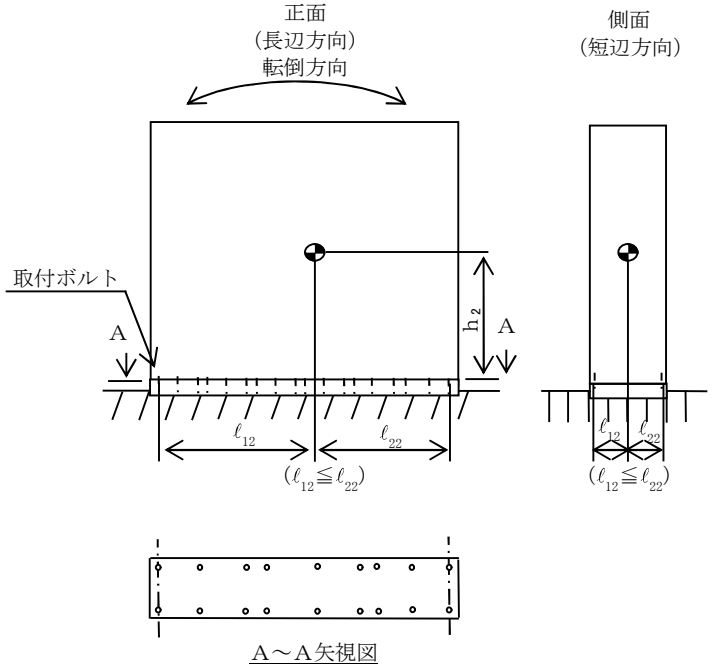
注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm²)	n_i	nf_i*
取付ボルト (i＝2)							9 2

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i＝2)	235	400	－	280	－	長辺方向



A～A矢視図

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	－	3.940×10^{3}	－	1.186×10^{4}

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=20$	$f_{ts2}=210$*
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

1.4.2 電気的機能維持の評価結果

(×9.8 m/s^2)

		評価用加速度	機能確認済加速度
MCC 2D-4(2)	水平方向	0.80	3.00
	鉛直方向	0.77	1.00

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

【MCC 2D-5の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
MCC 2D-5	常設耐震／防止 常設／緩和	EL. 2.00*	0.05以下	0.05以下	－	－	C_H＝0.96	C_v＝0.92	

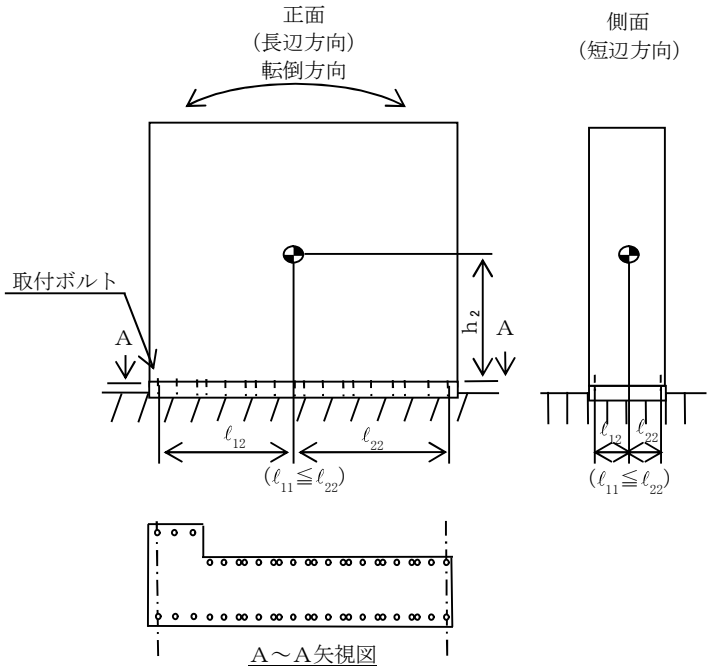
注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	nf_i*
取付ボルト (i＝2)							24 2

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i＝2)	212	373	－	254	－	長辺方向



A～A矢視図

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	－	3.131×10^3	－	2.928×10^4

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=16$	$f_{ts2}=190$*
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=146$

すべて許容応力以下である。

注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 (×9.8 m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
MCC 2D-5	水平方向	0.80	3.00
	鉛直方向	0.77	1.00

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

【MCC 2D-6の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
MCC 2D-6	常設耐震／防止 常設／緩和	EL.8.20*	0.05以下	0.05以下	－	－	C_H＝1.10	C_v＝0.96	

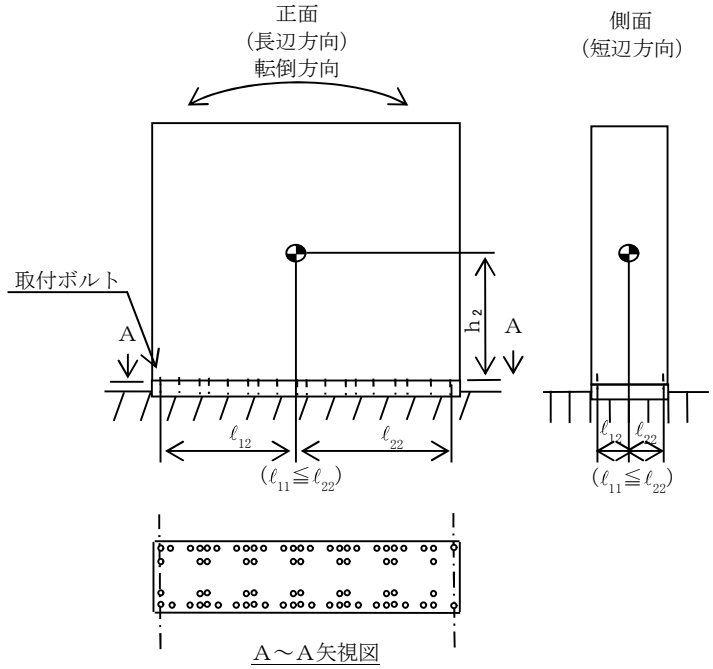
注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm²)	n_i	nf_i*
取付ボルト (i＝2)							25 2

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i＝2)	235	400	－	280	－	長辺方向



A～A矢視図

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	－	5.597×10^3	－	3.776×10^4

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=28$	$f_{ts2}=210$*
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($\times9.8\ m/s^2$)

		評価用加速度	機能確認済加速度
MCC 2D-6	水平方向	0.92	3.00
	鉛直方向	0.80	2.00

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

【MCC 2D-7の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
MCC 2D-7	常設耐震／防止常設／緩和	EL. 20.30*		0.05以下	－	－	C_H＝1.34	C_v＝1.01	

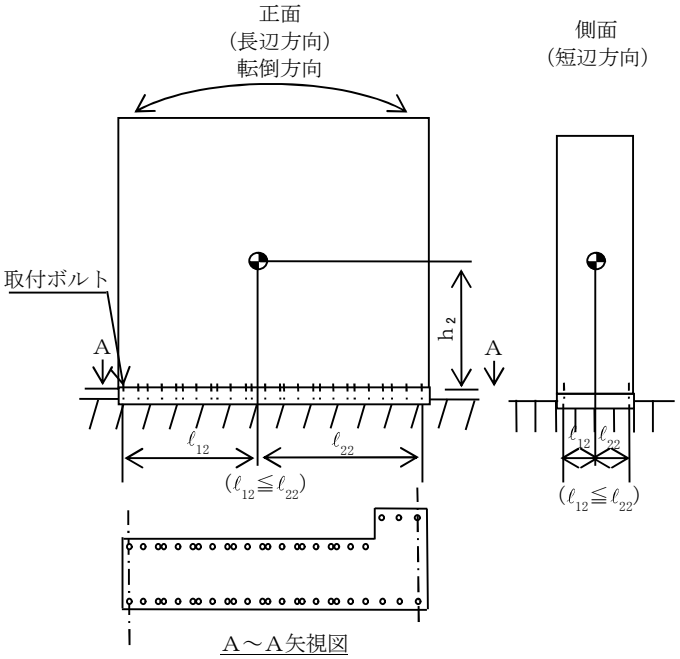
注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm²)	n_i	nf_i*
取付ボルト (i＝2)							24
							2

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i＝2)	212	373	－	254	－	長辺方向



A～A矢視図

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	－	5.713×10^3	－	4.455×10^4

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=29$	$f_{ts2}=190$*
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=146$

すべて許容応力以下である。

注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 (×9.8 m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
MCC 2D-7	水平方向	1.11	3.00
	鉛直方向	0.84	1.00

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

【MCC 2D-8の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
MCC 2D-8	常設耐震／防止 常設／緩和	EL. 20.30*		0.05以下	－	－	C_H＝1.34	C_v＝1.01	

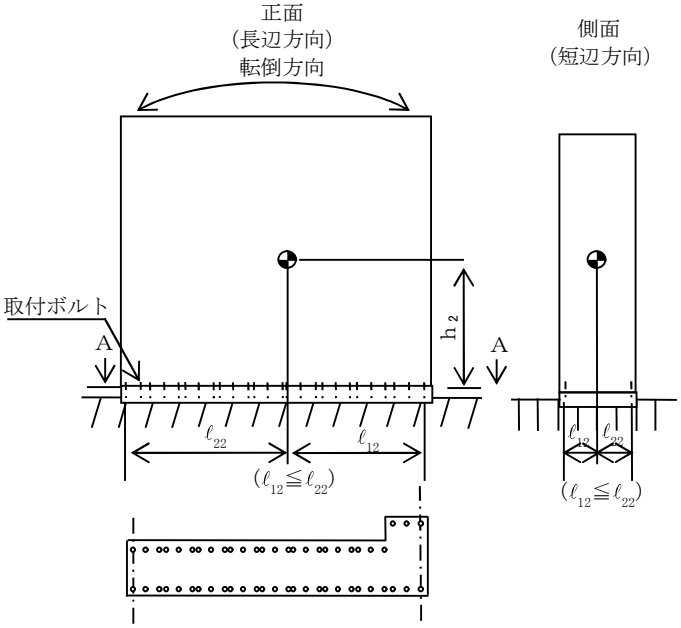
注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm²)	n_i	nf_i*
取付ボルト (i＝2)							27 2

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i＝2)	212	373	－	254	－	長辺方向



A～A矢視図

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	－	5.189×10^3	－	4.547×10^4

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=26$	$f_{ts2}=190$*
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=146$

すべて許容応力以下である。

注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 (×9.8 m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
MCC 2D-8	水平方向	1.11	3.00
	鉛直方向	0.84	1.00

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

【MCC 2D-9の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
MCC 2D-9	常設耐震／防止 常設／緩和	EL. 29.00*		0.05以下	－	－	C_H＝1.55	C_v＝1.17	

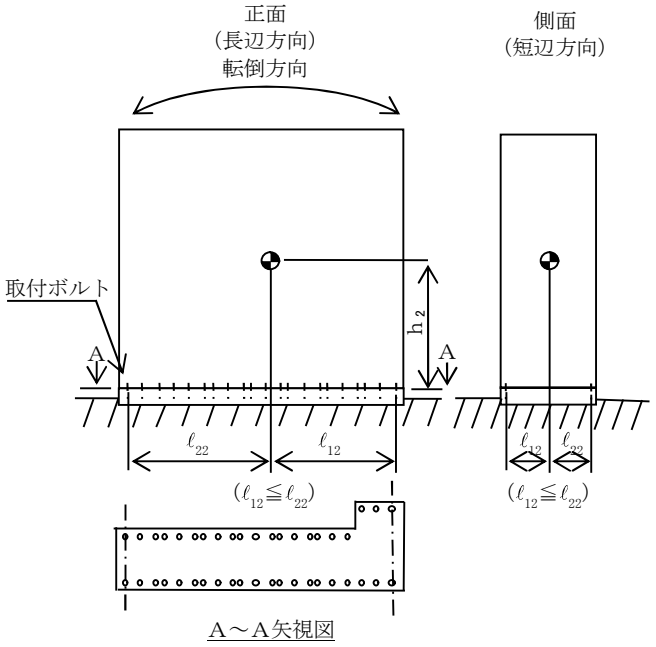
注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm²)	n_i	nf_i*
取付ボルト (i＝2)							21 2

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i＝2)	212	373	－	254	－	長辺方向



A～A矢視図

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	－	7.296×10^3	－	4.195×10^4

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=37$	$f_{ts2}=190$*
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=146$

すべて許容応力以下である。

注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 (×9.8 m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
MCC 2D-9	水平方向	1.29	3.00
	鉛直方向	0.98	1.00

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

【MCC HPCS(1)の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
MCC HPCS(1)	常設耐震／防止	EL.0.70 (EL.2.00*)	0.05以下	0.05以下	－	－	C_H＝0.96	C_v＝0.92	

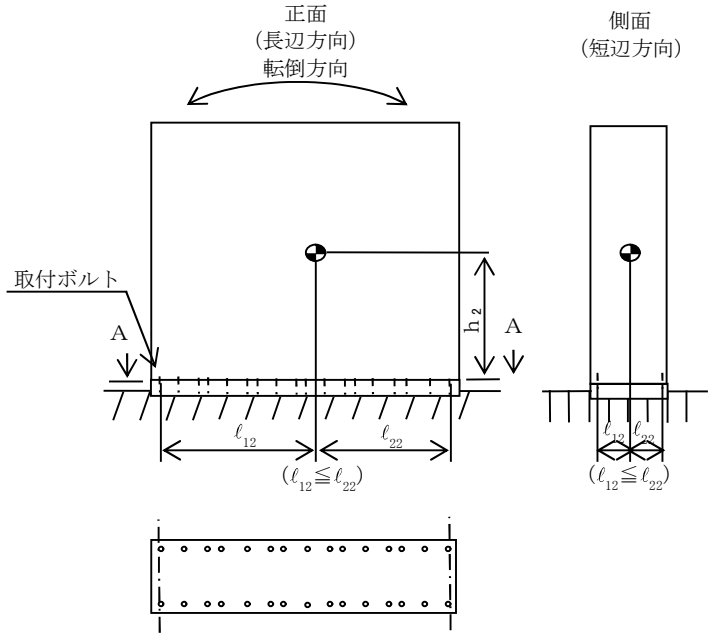
注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm²)	n_i	nf_i*
取付ボルト (i＝2)							15
							2

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i＝2)	235	400	－	280	－	長辺方向



A～A矢視図

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	－	3.171×10^{3}	－	1.704×10^{4}

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=16$	$f_{ts2}=210$*
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($\times9.8\ m/s^2$)

		評価用加速度	機能確認済加速度
MCC HPCS(1)	水平方向	0.80	3.00
	鉛直方向	0.77	1.00

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

【MCC HPCS(2)の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
MCC HPCS(2)	常設耐震／防止	EL. 0.70 (EL. 2.00*)	0.05 以下	0.05 以下	－	－	C_H＝0.96	C_v＝0.92	

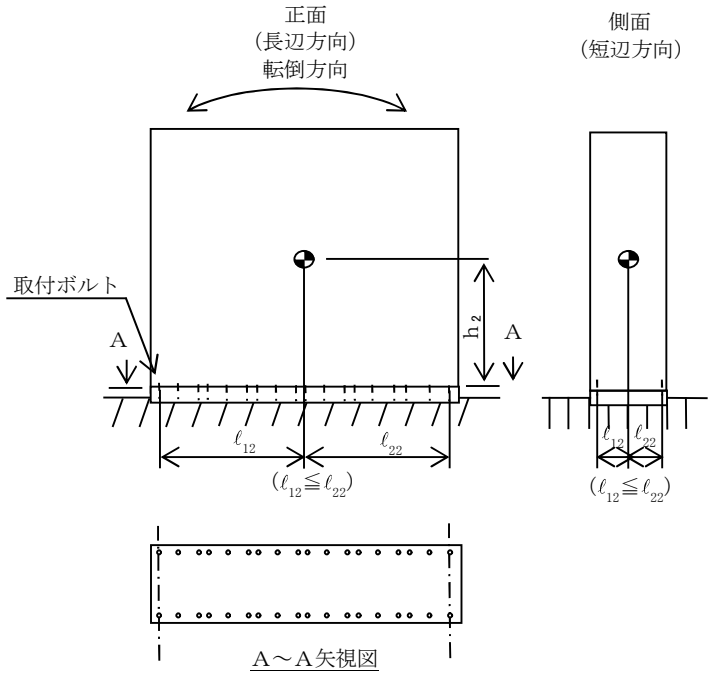
注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm²)	n_i	nf_i*
取付ボルト (i＝2)							18
							2

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i＝2)	235	400	－	280	－	長辺方向



1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	－	3.062×10^3	－	2.034×10^4

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=16$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($\times9.8\ m/s^2$)

		評価用加速度	機能確認済加速度
MCC HPCS(2)	水平方向	0.80	3.00
	鉛直方向	0.77	1.00

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

Ⅴ-2-10-1-7-4　動力変圧器の耐震性についての計算書

目次

1. 概要 ····· 1
2. 一般事項 ····· 1
2.1 構造計画 ····· 1
3. 固有周期 ····· 3
4. 構造強度評価 ····· 3
4.1 構造強度評価方法 ····· 3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力 ····· 3
5. 機能維持評価 ····· 7
5.1 電気的機能維持評価方法 ····· 7
6. 評価結果 ····· 8
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 8

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，動力変圧器が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

動力変圧器は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

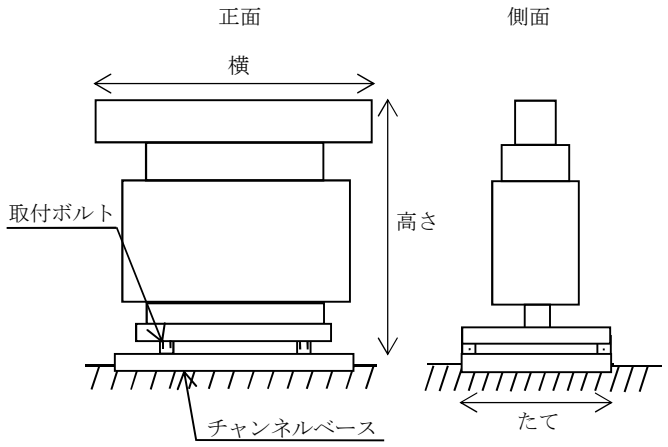
2. 一般事項

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を行う。

2.1 構造計画

動力変圧器の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
動力変圧器は，基礎に埋め込まれたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。	直立形 （変圧器）	

	動力変圧器 2C	動力変圧器 2D	動力変圧器 HPCS
たて	約 1940 mm	約 1940 mm	約 1050 mm
横	約 3000 mm	約 3000 mm	約 1830 mm
高さ	約 2300 mm	約 2300 mm	約 1570 mm

3.　固有周期

動力変圧器の固有周期については，変圧器はＪＥＡＧ４６０１－1987 において「装置」に分類される。装置は一般に剛構造とされていることから，振動試験を省略する。

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

動力変圧器の構造は直立形であるため，構造強度評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

4.2　荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

動力変圧器の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2　許容応力

動力変圧器の許容応力は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

動力変圧器の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-3 に示す。

表 4-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源設備	その他	動力変圧器	常設耐震／防止 常設／緩和	－*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS （V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記　＊1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

＊3：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4-2　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 （ボルト等）	
	一次応力	
	引張り	せん断
$Ⅳ_AS$	1.5・f_t*	1.5・f_s*
V_AS （V_ASとして$Ⅳ_AS$の 許容限界を用いる。）		

注記　＊1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-3　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
取付ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	235	400	－

5.　機能維持評価

5.1　電気的機能維持評価方法

動力変圧器の電気的機能維持評価について，以下に示す。

変圧器はＪＥＡＧ４６０１－1987 において「装置」に分類され，機能維持評価は構造健全性を確認することとされている。したがって，動力変圧器の機能維持評価は，支持構造物が健全であることの確認により行う。

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

動力変圧器の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次項以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価は支持構造物が健全であることの確認により行うため,評価結果は(1)構造強度評価結果による。

【動力変圧器2Cの耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
動力変圧器2C	常設耐震／防止 常設／緩和	[redacted] EL. -4.00*	－	－	－	－	C_H＝0.87	C_v＝0.90	[redacted]

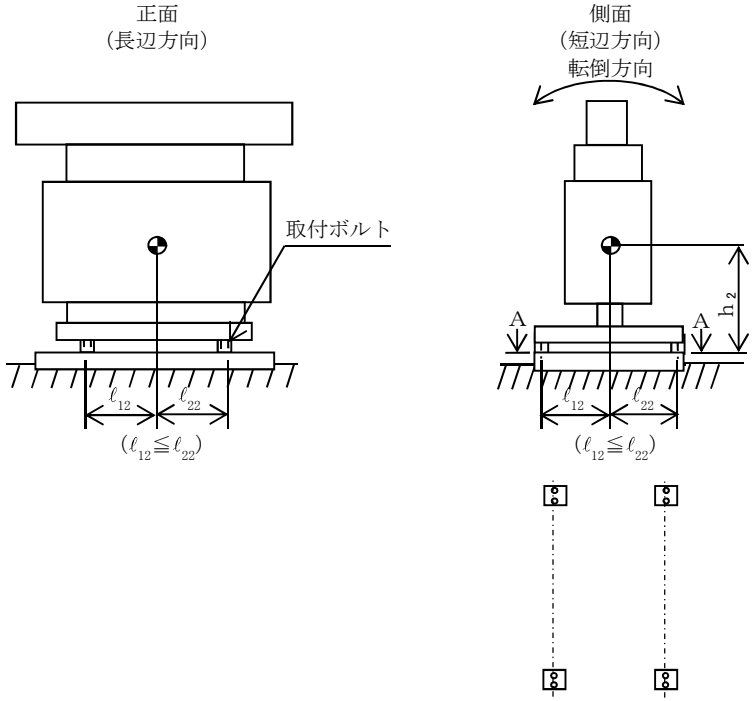
注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm²)	n_i	nf_i*
取付ボルト (i＝2)	[redacted]						4 2

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i＝2)	235	400	－	280	－	短辺方向



A～A矢視図

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	－	2.215×10^4	－	6.143×10^4

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=71$	$f_{ts2}=210$*
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=25$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

【動力変圧器2Dの耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
動力変圧器2D	常設耐震／防止 常設／緩和	EL. 2.56 (EL. 8.20*)	－	－	－	－	C_H＝1.10	C_v＝0.96	

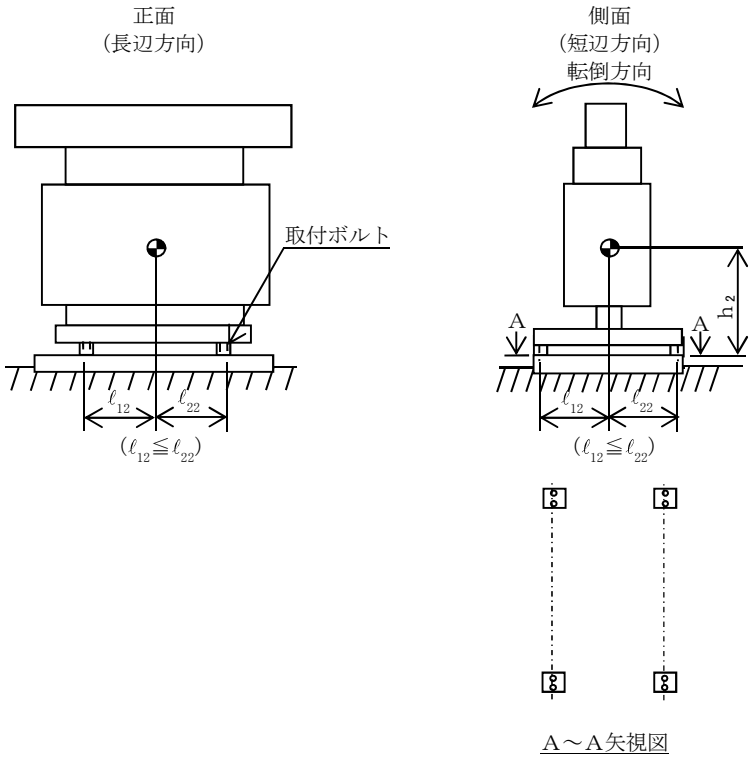
注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm²)	n_i	nf_i*
取付ボルト (i＝2)							4 2

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i＝2)	235	400	－	280	－	短辺方向



A～A矢視図

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	－	2.877×10^4	－	7.767×10^4

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=92$	$f_{ts2}=210$*
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=31$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

【動力変圧器HPCSの耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
動力変圧器HPCS	常設耐震／防止	EL. -4.00*	－	－	－	－	C_H＝0.87	C_v＝0.90	

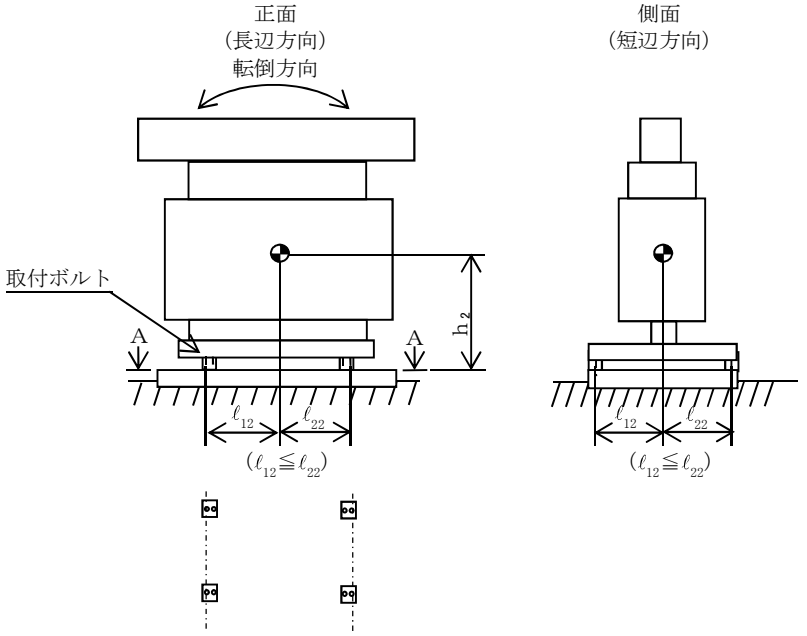
注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	nf_i*
取付ボルト (i＝2)							4
							2

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i＝2)	235	400	－	280	－	長辺方向



A～A矢視図

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	－	6.125×10^3	－	1.920×10^4

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=31$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=12$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

Ⅴ-2-10-1-7-5　緊急用断路器の耐震性についての計算書

目次

1. 概要 ····· 1
2. 一般事項 ····· 1
2.1 構造計画 ····· 1
3. 固有周期 ····· 3
4. 構造強度評価 ····· 3
4.1 構造強度評価方法 ····· 3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力 ····· 3
5. 機能維持評価 ····· 7
5.1 電気的機能維持評価方法 ····· 7
6. 評価結果 ····· 8
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 8

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，緊急用断路器が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

緊急用断路器は，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

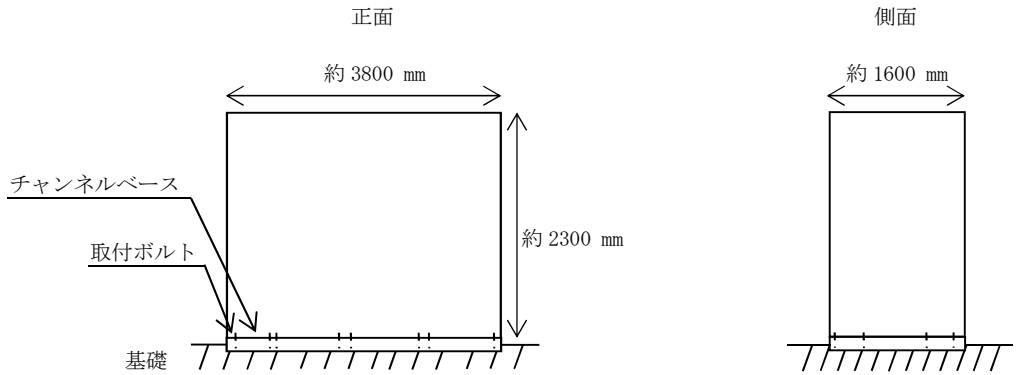
2. 一般事項

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を行う。

2.1 構造計画

緊急用断路器の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
緊急用断路器は，基礎に埋め込まれたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。	直立形 （鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤）	

3.　固有周期

緊急用断路器の固有周期は，構造が同様な盤に対する打振試験の測定結果から，固有周期は0.05秒以下であり，剛とする。固有周期を表3-1に示す。

表3-1　固有周期（s）

水平方向	鉛直方向
0.05以下	0.05以下

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

緊急用断路器の構造は直立形であるため，構造強度評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

4.2　荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

緊急用断路器の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表4-1に示す。

4.2.2　許容応力

緊急用断路器の許容応力は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき表4-2のとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

緊急用断路器の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表4-3に示す。

表 4-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源設備	その他	緊急用断路器	常設耐震／防止 常設／緩和	－*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS （V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記　＊1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

＊3：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4-2　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 （ボルト等）	
	一次応力	
	引張り	せん断
$Ⅳ_AS$	1.5・f_t*	1.5・f_s*
$Ⅴ_AS$ （$Ⅴ_AS$として$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）		

注記　＊1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-3　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
取付ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	235	400	－

5.　機能維持評価

5.1　電気的機能維持評価方法

緊急用断路器の電気的機能維持評価について，以下に示す。

緊急用断路器はＪＥＡＧ４６０１－1987 において「装置」に分類され，機能維持評価は構造健全性を確認することとされている。したがって，緊急用断路器の機能維持評価は，支持構造物が健全であることの確認により行う。

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

緊急用断路器の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次項以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価は支持構造物が健全であることの確認により行うため,評価結果は(1)構造強度評価結果による。

【緊急用断路器の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
緊急用断路器	常設耐震／防止常設／緩和	常設代替高圧電源装置置場 EL. 2.00*	0.05 以下	0.05 以下	－	－	C_H＝0.81	C_V＝0.71	

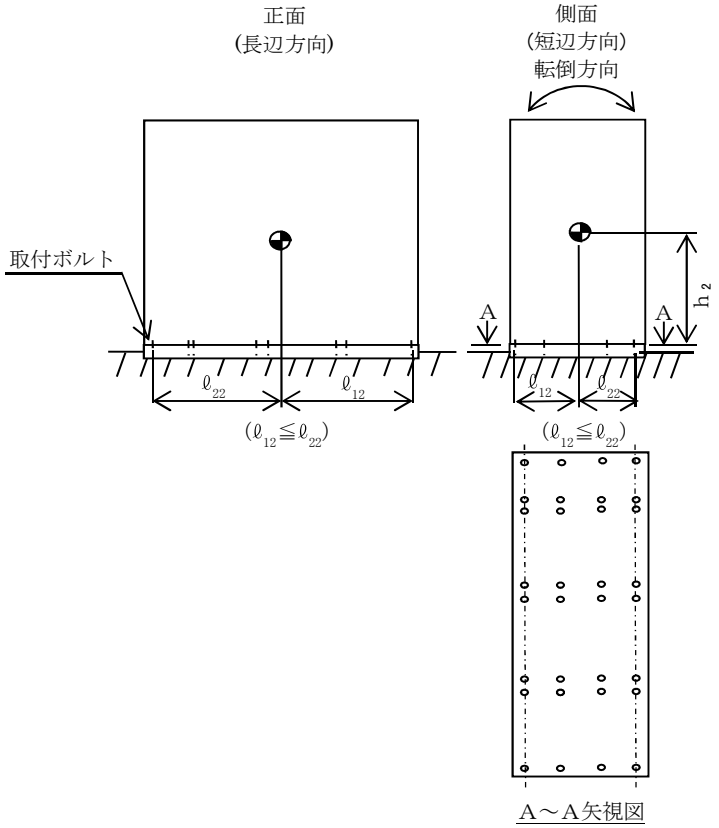
注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm²)	n_i	nf_i*
取付ボルト (i＝2)							8
							4

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i＝2)	235	400	－	280	－	短辺方向



1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	－	5.387×10^3	－	6.355×10^4

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=27$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=10$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

Ⅴ-2-10-1-7-6　緊急用メタルクラッド開閉装置の耐震性についての計算書

目次

1. 概要 ····· 1
2. 一般事項 ····· 1
2.1 構造計画 ····· 1
3. 固有周期 ····· 3
4. 構造強度評価 ····· 3
4.1 構造強度評価方法 ····· 3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力 ····· 3
5. 機能維持評価 ····· 7
5.1 電気的機能維持評価方法 ····· 7
6. 評価結果 ····· 8
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 8

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，緊急用メタルクラッド開閉装置が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

緊急用メタルクラッド開閉装置は，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

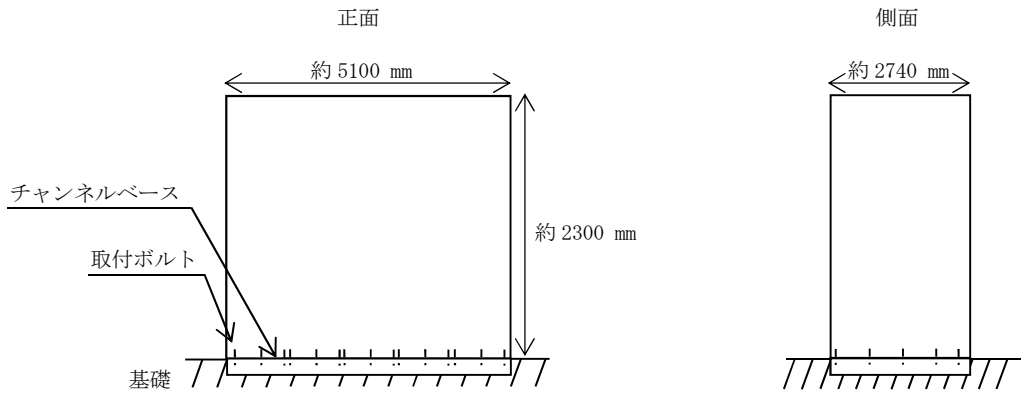
2. 一般事項

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を行う。

2.1 構造計画

緊急用メタルクラッド開閉装置の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
緊急用メタルクラッド開閉装置は，基礎に埋め込まれたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。	直立形 （鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤）	

3.　固有周期

緊急用メタルクラッド開閉装置の固有周期は，構造が同様な盤に対する打振試験の測定結果から，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛とする。固有周期を表 3-1 に示す。

表 3-1　固有周期（s）

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

緊急用メタルクラッド開閉装置の構造は直立形であるため，構造強度評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

4.2　荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

緊急用メタルクラッド開閉装置の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2　許容応力

緊急用メタルクラッド開閉装置の許容応力は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

緊急用メタルクラッド開閉装置の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-3 に示す。

表 4-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源設備	その他	緊急用メタルクラッド開閉装置	常設耐震／防止 常設／緩和	－*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS （V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記　＊1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

＊3：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4-2　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 （ボルト等）	
	一次応力	
	引張り	せん断
$Ⅳ_AS$	1.5・f_t*	1.5・f_s*
$Ⅴ_AS$ （$Ⅴ_AS$として$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）		

注記　＊1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-3　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
取付ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	235	400	－

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

緊急用メタルクラッド開閉装置の電気的機能維持評価について，以下に示す。

電気的機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

緊急用メタルクラッド開閉装置の機能確認済加速度には，同形式の器具の正弦波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した評価部位の加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 （×9.8 m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
緊急用メタルクラッド開閉装置	水平	2.30
	鉛直	2.00

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

緊急用メタルクラッド開閉装置の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【緊急用メタルクラッド開閉装置の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
緊急用メタルクラッド開閉装置	常設耐震／防止常設／緩和	常設代替高圧電源装置置場 EL. 2.00*	0.05 以下	0.05 以下	－	－	C_H＝0.81	C_V＝0.71	

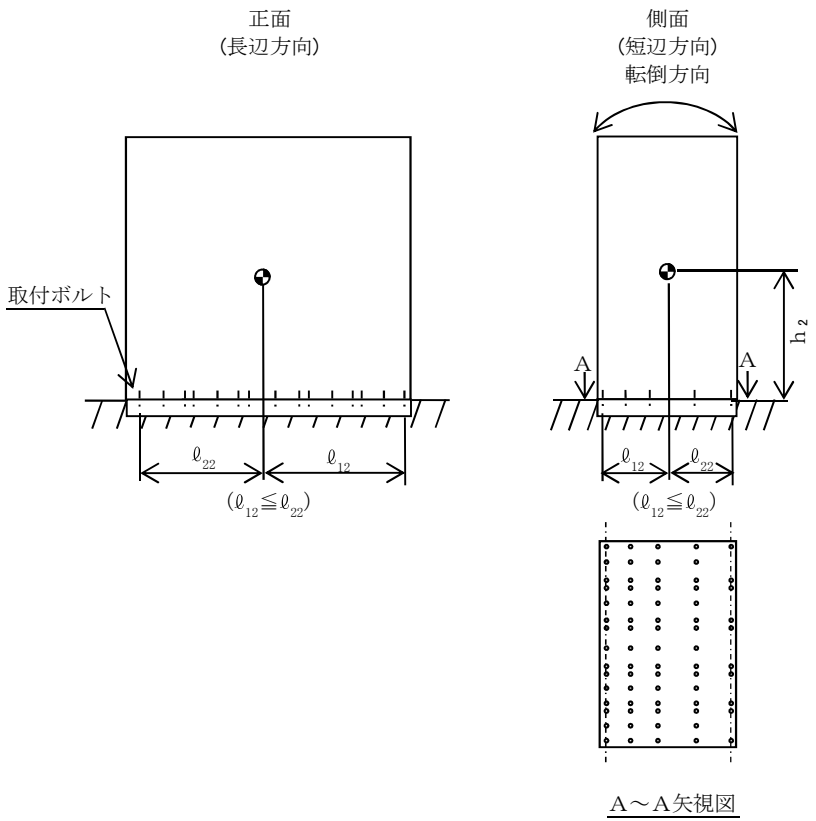
注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm²)	n_i	nf_i*
取付ボルト (i＝2)							10
							5

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i＝2)	235	400	－	280	－	短辺方向



A～A矢視図

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	－	4.432×10^3	－	1.517×10^5

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=22$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=11$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($\times9.8\ m/s^2$)

		評価用加速度	機能確認済加速度
緊急用メタルクラッド開閉装置	水平方向	0.68	2.30
	鉛直方向	0.59	2.00

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

Ⅴ-2-10-1-7-7　緊急用動力変圧器の耐震性についての計算書

目次

1. 概要 ····· 1
2. 一般事項 ····· 1
2.1 構造計画 ····· 1
3. 固有周期 ····· 3
4. 構造強度評価 ····· 3
4.1 構造強度評価方法 ····· 3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力 ····· 3
5. 機能維持評価 ····· 7
5.1 電気的機能維持評価方法 ····· 7
6. 評価結果 ····· 8
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 8

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，緊急用動力変圧器が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

緊急用動力変圧器は，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

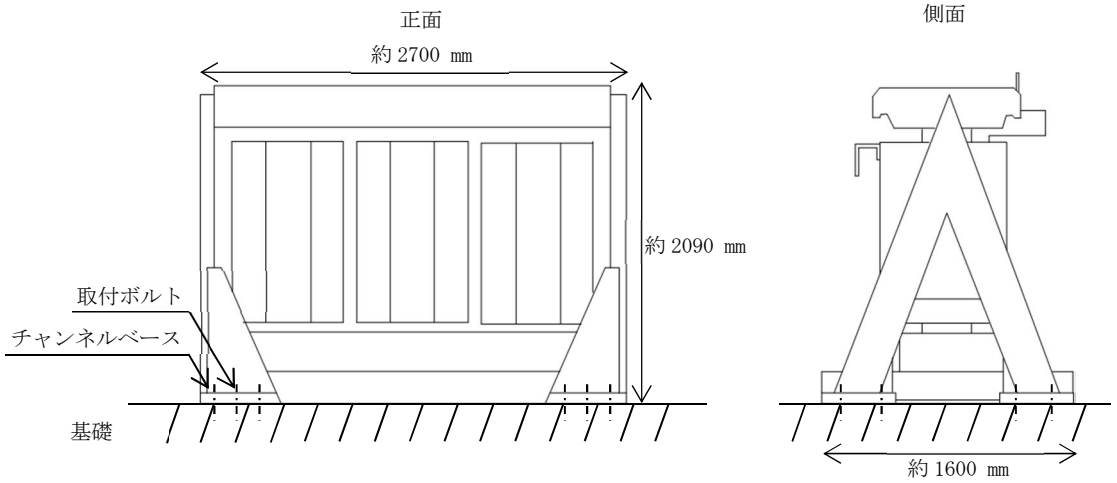
2. 一般事項

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を行う。

2.1 構造計画

緊急用動力変圧器の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
緊急用動力変圧器は，基礎に埋め込まれたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。	直立形 （変圧器）	

3.　固有周期

緊急用動力変圧器の固有周期については，変圧器はＪＥＡＧ４６０１－1987 において「装置」に分類される。装置は一般に剛構造とされていることから，振動試験を省略する。

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

緊急用動力変圧器の構造は直立形であるため，構造強度評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

4.2　荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

緊急用動力変圧器の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2　許容応力

緊急用動力変圧器の許容応力は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

緊急用動力変圧器の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-3 に示す。

表 4-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源設備	その他	緊急用動力変圧器	常設耐震／防止 常設／緩和	－*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS （V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記　＊1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

＊3：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4-2　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 （ボルト等）	
	一次応力	
	引張り	せん断
$Ⅳ_AS$	1.5・f_t*	1.5・f_s*
$Ⅴ_AS$ （$Ⅴ_AS$として$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）		

注記　＊1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-3　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
取付ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	235	400	－

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

緊急用動力変圧器の電気的機能維持評価について，以下に示す。

変圧器はＪＥＡＧ４６０１－1987 において「装置」に分類され，機能維持評価は構造健全性を確認することとされている。したがって，緊急用動力変圧器の機能維持評価は，支持構造物が健全であることの確認により行う。

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

緊急用動力変圧器の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価は支持構造物が健全であることの確認により行うため,評価結果は(1)構造強度評価結果による。

【緊急用動力変圧器の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
緊急用動力変圧器	常設耐震／防止常設／緩和	常設代替高圧電源装置置場 EL. 2.00*	－	－	－	－	C_H=0.81	C_V=0.71	

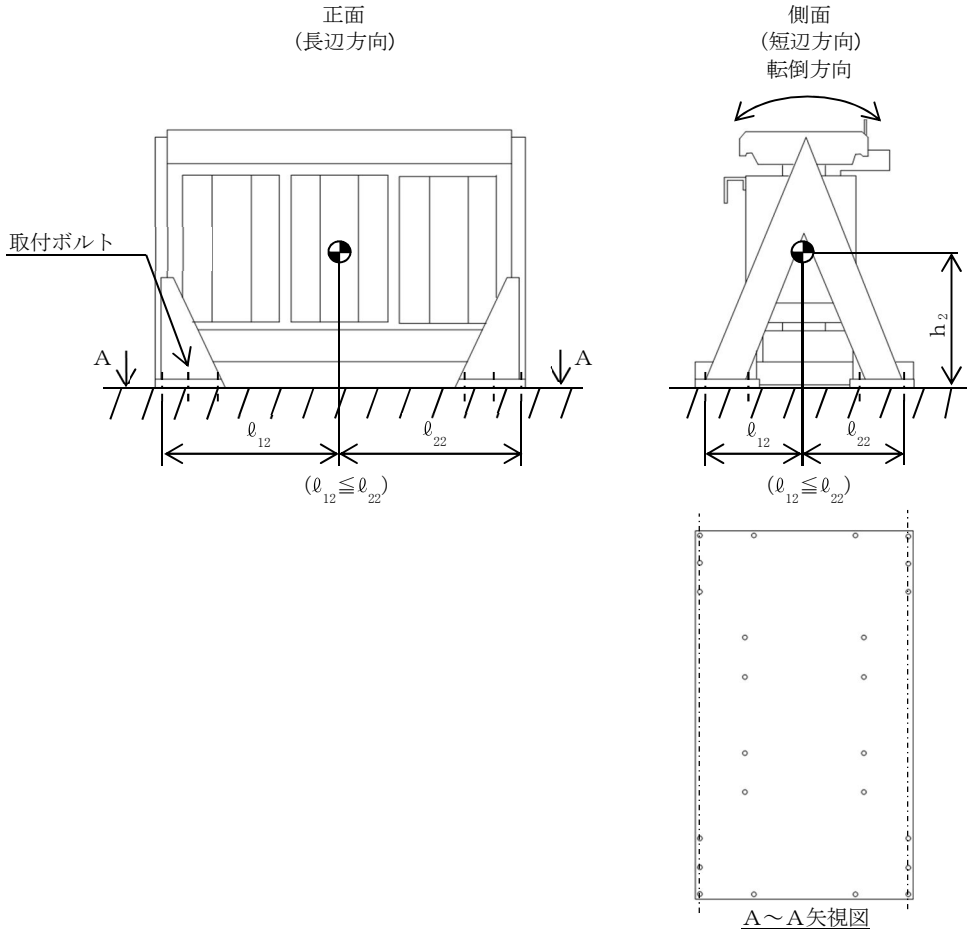
注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	nf_i*
取付ボルト (i=2)							6
							4

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	235	400	－	280	－	短辺方向



1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	－	7.279×10^3	－	8.341×10^4

1.4 結 論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=16$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=8$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot\tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

Ⅴ-2-10-1-7-8　緊急用パワーセンタの耐震性についての計算書

目次

1. 概要 ····· 1
2. 一般事項 ····· 1
2.1 構造計画 ····· 1
3. 固有周期 ····· 3
4. 構造強度評価 ····· 3
4.1 構造強度評価方法 ····· 3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力 ····· 3
5. 機能維持評価 ····· 7
5.1 電気的機能維持評価方法 ····· 7
6. 評価結果 ····· 8
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 8

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，緊急用パワーセンタが設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

緊急用パワーセンタは，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

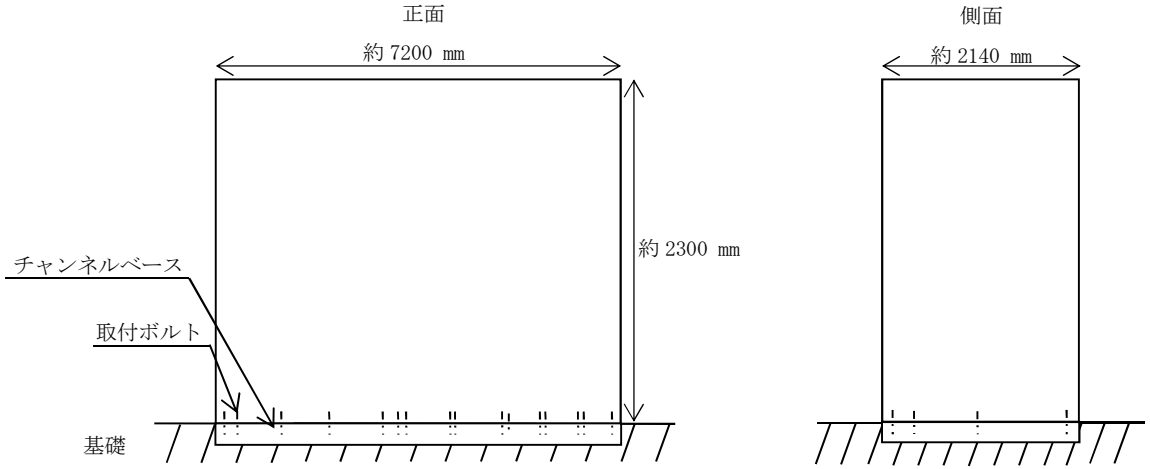
2. 一般事項

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を行う。

2.1 構造計画

緊急用パワーセンタの構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
緊急用パワーセンタは，基礎に埋め込まれたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。	直立形 （鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤）	

3.　固有周期

緊急用パワーセンタの固有周期は，構造が同様な盤に対する打振試験の測定結果から，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛とする。固有周期を表 3-1 に示す。

表 3-1　固有周期（s）

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

緊急用パワーセンタの構造は直立形であるため，構造強度評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

4.2　荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

緊急用パワーセンタの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2　許容応力

緊急用パワーセンタの許容応力は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

緊急用パワーセンタの使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-3 に示す。

表 4-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源設備	その他	緊急用パワーセンタ	常設耐震／防止 常設／緩和	－*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS （V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記　＊1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

＊3：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4-2　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1，*2 （ボルト等）	
	一次応力	
	引張り	せん断
$Ⅳ_AS$	1.5・f_t*	1.5・f_s*
$Ⅴ_AS$ （$Ⅴ_AS$として$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）		

注記　＊1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-3　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
取付ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	235	400	－

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

緊急用パワーセンタの電気的機能維持評価について，以下に示す。

電気的機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

緊急用パワーセンタの機能確認済加速度には，同形式の器具の正弦波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した器具の加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 （×9.8 m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
緊急用パワーセンタ	水平	2.30
	鉛直	2.00

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

緊急用パワーセンタの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【緊急用パワーセンタの耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
緊急用パワーセンタ	常設耐震／防止常設／緩和	常設代替高圧電源装置置場 EL. 2.00*	0.05 以下	0.05 以下	－	－	C_H=0.81	C_V=0.71	

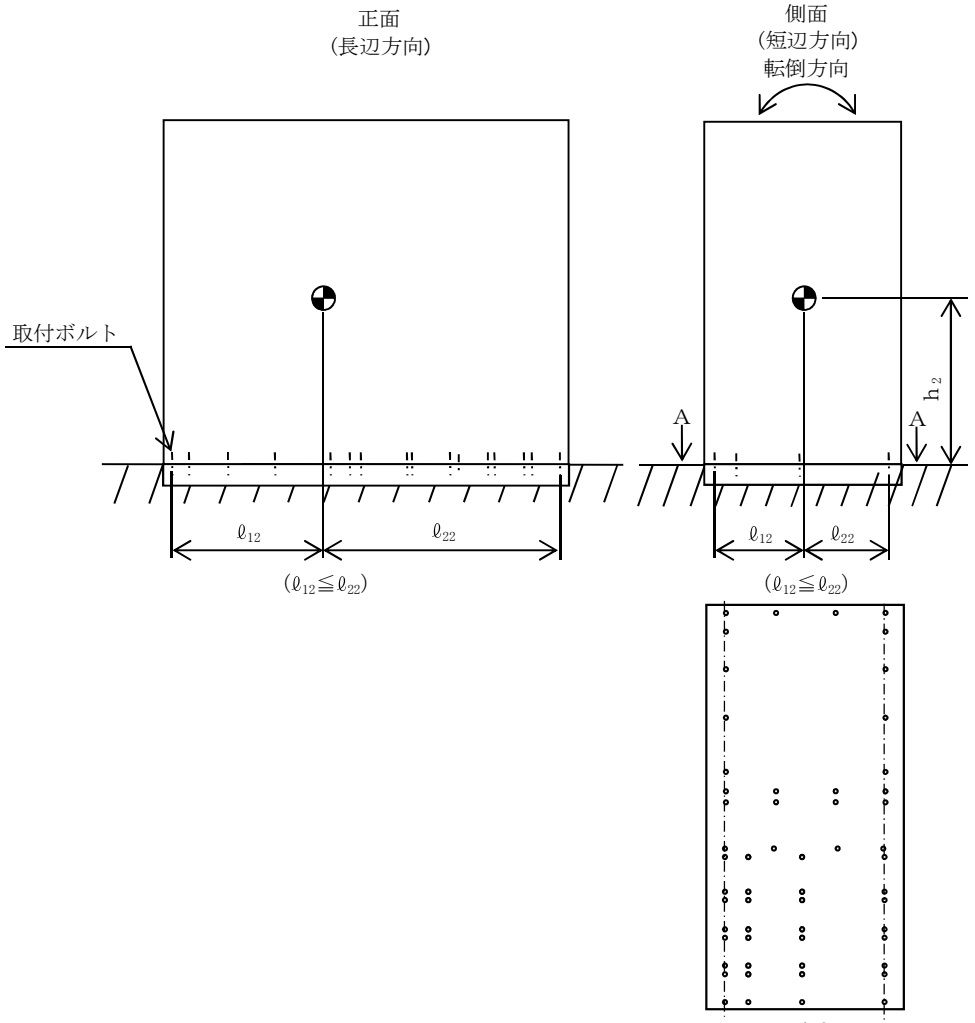
注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm²)	n_i	nf_i*
取付ボルト (i=2)							16 4

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	235	400	－	280	－	短辺方向



A～A矢視図

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	－	5.719×10^{3}	－	1.950×10^{5}

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=29$	$f_{ts2}=210^{*}$
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=18$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

1.4.2 電気的機能維持の評価結果

(×9.8 m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
緊急用パワーセンタ	水平方向	0.68	2.30
	鉛直方向	0.59	2.00

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

Ⅴ-2-10-1-7-9　緊急用モータコントロールセンタの耐震性についての計算書

目次

1. 概要 ····· 1
2. 一般事項 ····· 1
2.1 構造計画 ····· 1
3. 固有周期 ····· 3
4. 構造強度評価 ····· 3
4.1 構造強度評価方法 ····· 3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力 ····· 3
5. 機能維持評価 ····· 7
5.1 電気的機能維持評価方法 ····· 7
6. 評価結果 ····· 8
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 8

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，緊急用モータコントロールセンタが設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

緊急用モータコントロールセンタは，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

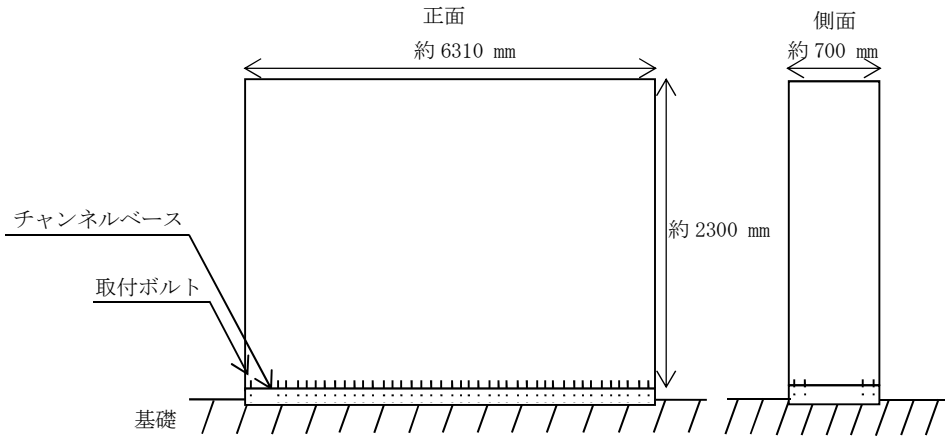
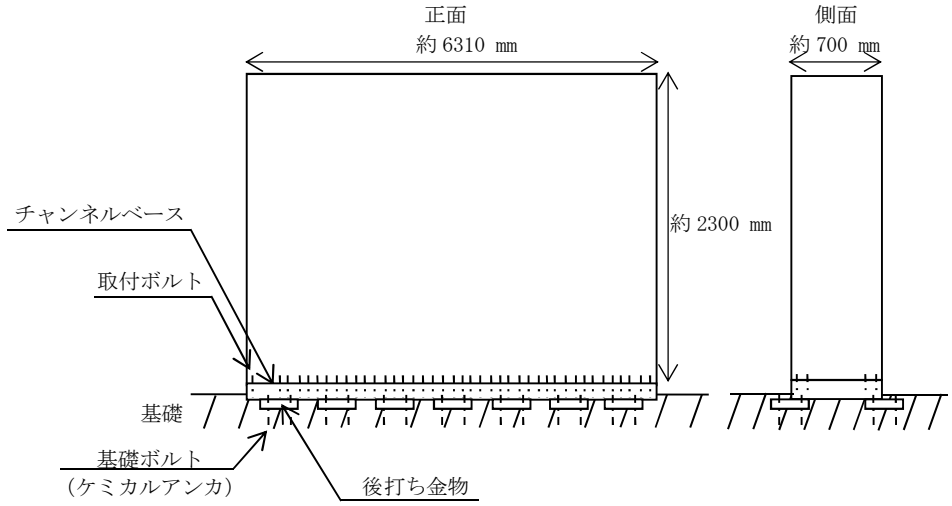
2. 一般事項

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を行う。

2.1 構造計画

緊急用モータコントロールセンタの構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
緊急用モータコントロールセンタ 1,2 は，取付ボルトにてチャンネルベースに固定する。チャンネルベースは後打ち金物と基礎ボルトにて基礎に固定する。緊急用モータコントロールセンタ 3 は，基礎に埋め込まれたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。	直立形 （鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤）	（緊急用モータコントロールセンタ 3 の概略構造図）  （緊急用モータコントロールセンタ 1,2 の概略構造図） 

3.　固有周期

緊急用モータコントロールセンタの固有周期は，構造が同様な盤に対する打振試験の測定結果から，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛とする。固有周期を表 3-1 に示す。

表 3-1　固有周期（s）

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

緊急用モータコントロールセンタの構造は直立形であるため，構造強度評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

4.2　荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

緊急用モータコントロールセンタの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2　許容応力

緊急用モータコントロールセンタの許容応力は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

緊急用モータコントロールセンタの使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-3 に示す。

表 4-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源設備	その他	緊急用モータ コントロールセンタ	常設耐震／防止 常設／緩和	－*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS （V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記　＊1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

＊3：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4-2　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 （ボルト等）	
	一次応力	
	引張り	せん断
$Ⅳ_AS$	1.5・f_t*	1.5・f_s*
$Ⅴ_AS$ （$Ⅴ_AS$として$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）		

注記　＊1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-3　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	245	400	－
取付ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	235	400	－

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

緊急用モータコントロールセンタの電気的機能維持評価について，以下に示す。

電気的機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

緊急用モータコントロールセンタの機能確認済加速度には，同形式の器具の正弦波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した器具の加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 （×9.8 m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
緊急用モータ コントロールセンタ	水平	3.00
	鉛直	2.00

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

緊急用モータコントロールセンタの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【緊急用モータコントロールセンタ 1，2 の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
緊急用モータコントロールセンタ 1，2	常設耐震／防止常設／緩和	[redacted] EL. 8.20*	0.05 以下	0.05 以下	－	－	C_H=1.10	C_V=0.96	[redacted]

注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm²)	n_i	nf_i*
基礎ボルト (i=1)	[redacted]						14 4
取付ボルト (i=2)	[redacted]						41 2

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i=1)	245	400	－	280	－	短辺方向
取付ボルト (i=2)	235	400	－	280	－	長辺方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i=1)	－	7.093×10^3	－	6.490×10^4
取付ボルト (i=2)	－	5.372×10^3	－	6.149×10^4

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b1}=63$	$f_{ts1}=168^*$
		せん断	－	－	$\tau_{b1}=11$	$f_{sb1}=129$
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=27$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=161$

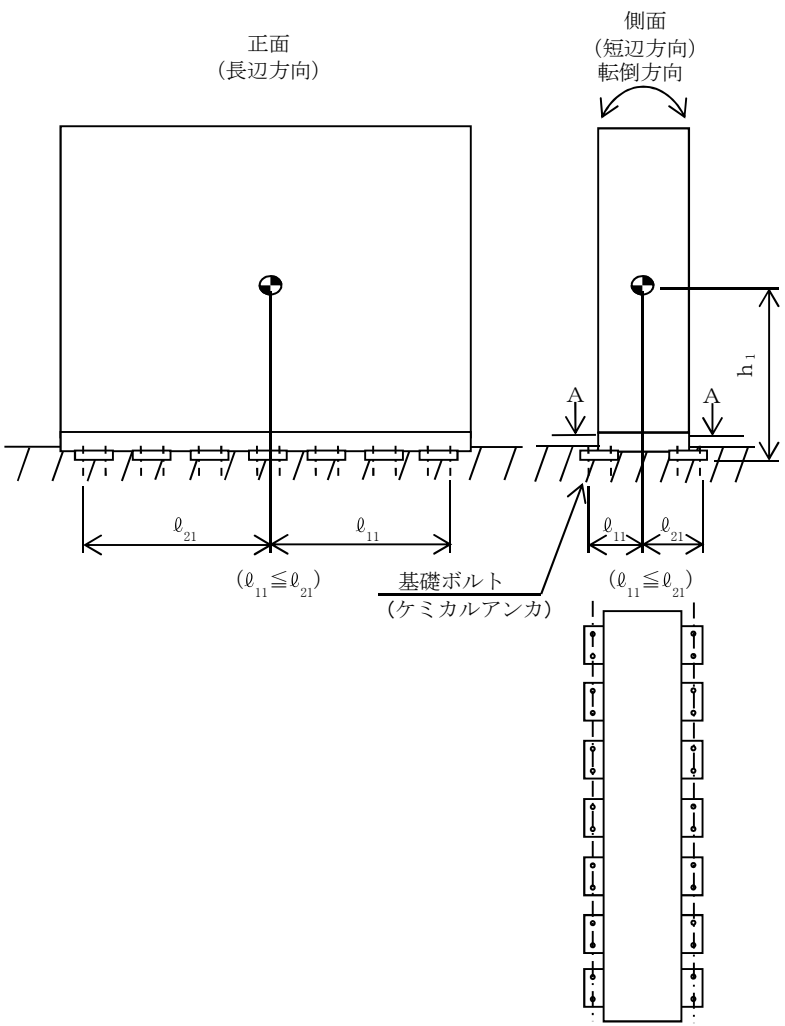
すべて許容応力以下である。

注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

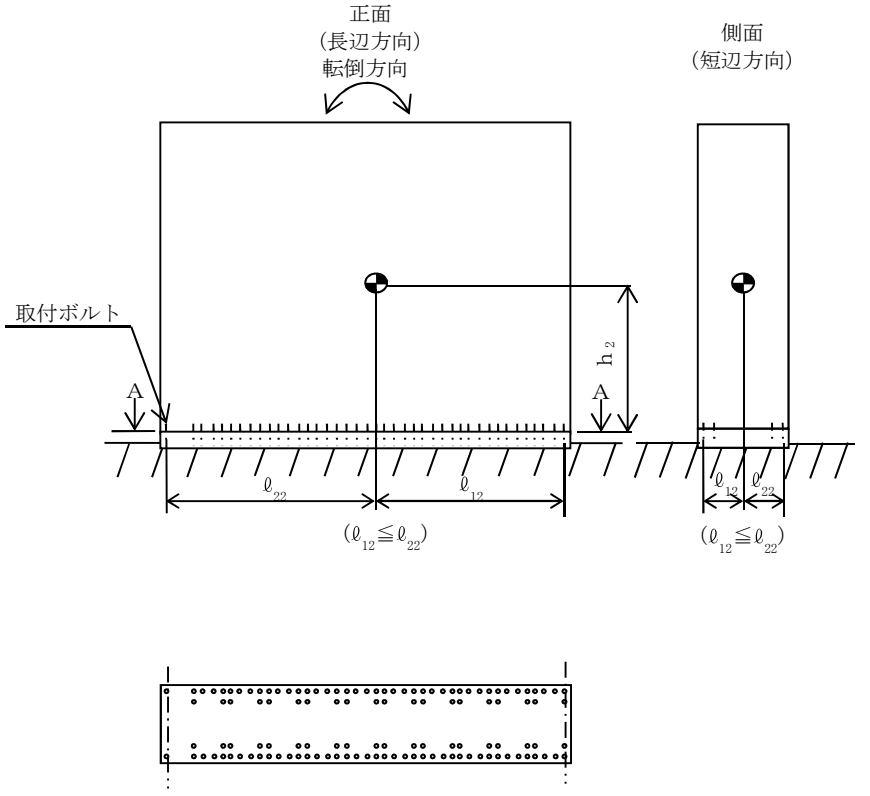
1.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($\times9.8$ m/s^2)

		評価用加速度	機能確認済加速度
緊急用モータ コントロールセンタ1，2	水平方向	0.92	3.00
	鉛直方向	0.80	2.00

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


正面
(長辺方向)
側面
(短辺方向)
転倒方向
A
A
h1
ℓ21
ℓ11
(ℓ11≦ℓ21)
基礎ボルト
(ケミカルアンカ)
ℓ11
ℓ21
(ℓ11≦ℓ21)

A～A矢視図


正面
(長辺方向)
転倒方向
側面
(短辺方向)
取付ボルト
A
A
h2
ℓ22
ℓ12
(ℓ12≦ℓ22)
ℓ12
ℓ22
(ℓ12≦ℓ22)

A～A矢視図

【緊急用モータコントロールセンタ3の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
緊急用モータコントロールセンタ3	常設耐震／防止常設／緩和	常設代替高圧電源装置置場 EL. 2.00*	0.05以下	0.05以下	－	－	C_H=0.81	C_V=0.71	

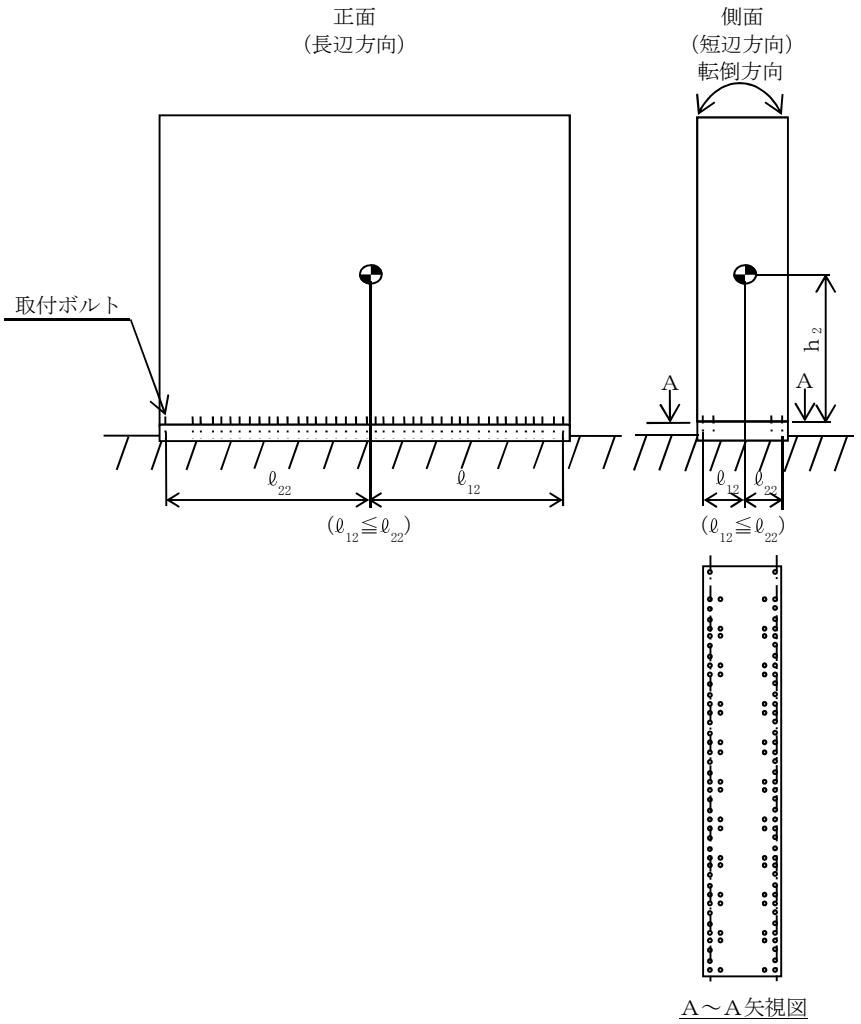
注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm²)	n_i	nf_i*
取付ボルト (i=2)							41
							2

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	235	400	－	280	－	短辺方向



A～A矢視図

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	－	1.975×10^3	－	4.528×10^4

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=10$	$f_{ts2}=210$*
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot\tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

1.4.2 電気的機能維持の評価結果

(×9.8 m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
緊急用モータコントロールセンタ 3	水平方向	0.68	3.00
	鉛直方向	0.59	2.00

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

Ⅴ-2-10-1-7-10　緊急用計装交流主母線盤の耐震性についての計算書

目次

1. 概要 ····· 1
2. 一般事項 ····· 1
2.1 構造計画 ····· 1
3. 固有周期 ····· 3
4. 構造強度評価 ····· 3
4.1 構造強度評価方法 ····· 3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力 ····· 3
5. 機能維持評価 ····· 7
5.1 電気的機能維持評価方法 ····· 7
6. 評価結果 ····· 8
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 8

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，緊急用計装交流主母線盤が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

緊急用計装交流主母線盤は，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

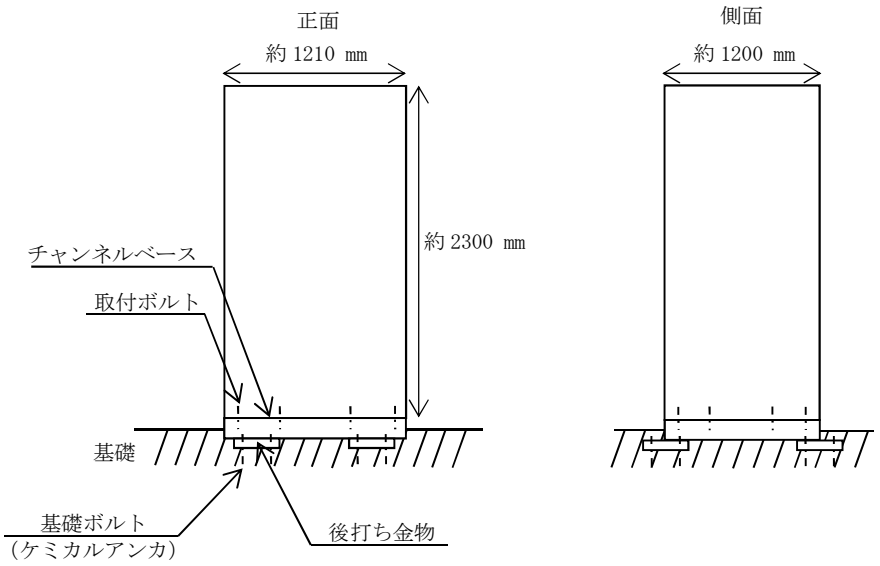
2. 一般事項

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を行う。

2.1 構造計画

緊急用計装交流主母線盤の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
緊急用計装交流主母線盤は，取付ボルトにてチャンネルベースに固定する。チャンネルベースは後打ち金物と基礎ボルトにて基礎に固定する。	直立形 （鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤）	

3.　固有周期

緊急用計装交流主母線盤の固有周期は，構造が同様な盤に対する打振試験の測定結果から，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛とする。固有周期を表 3-1 に示す。

表 3-1　固有周期（s）

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

緊急用計装交流主母線盤の構造は直立形であるため,構造強度評価は,添付書類「Ⅴ-2-1-13-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

4.2　荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

緊急用計装交流主母線盤の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2　許容応力

緊急用計装交流主母線盤の許容応力は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

緊急用計装交流主母線盤の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-3 に示す。

表 4-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源設備	その他	緊急用計装交流主母線盤	常設耐震／防止 常設／緩和	－*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS （V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記　＊1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

＊3：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4-2　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1，*2 （ボルト等）	
	一次応力	
	引張り	せん断
$Ⅳ_AS$	1.5・f_t*	1.5・f_s*
$Ⅴ_AS$ （$Ⅴ_AS$として$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）		

注記　＊1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-3　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y(RT) (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	245	400	―
取付ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	235	400	―

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

緊急用計装交流主母線盤の電気的機能維持評価について，以下に示す。

電気的機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

緊急用計装交流主母線盤の機能確認済加速度には，同形式の器具の正弦波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した器具の加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 （×9.8 m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
緊急用計装交流主母線盤	水平	4.00
	鉛直	2.00

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

緊急用計装交流主母線盤の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【緊急用計装交流主母線盤の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
緊急用計装交流主母線盤	常設耐震／防止常設／緩和	EL. 8.20*	0.05 以下	0.05 以下	－	－	C_H=1.10	C_V=0.96	

注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	nf_i*
基礎ボルト (i=1)							4
							4
取付ボルト (i=2)							4
							4

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i=1)	245	400	－	280	－	短辺方向
取付ボルト (i=2)	235	400	－	280	－	短辺方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i=1)	－	7.998×10^3	－	1.942×10^4
取付ボルト (i=2)	－	4.775×10^3	－	1.834×10^4

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b1}=71$	$f_{ts1}=168$*
		せん断	－	－	$\tau_{b1}=11$	$f_{sb1}=129$
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=24$	$f_{ts2}=210$*
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=8$	$f_{sb2}=161$

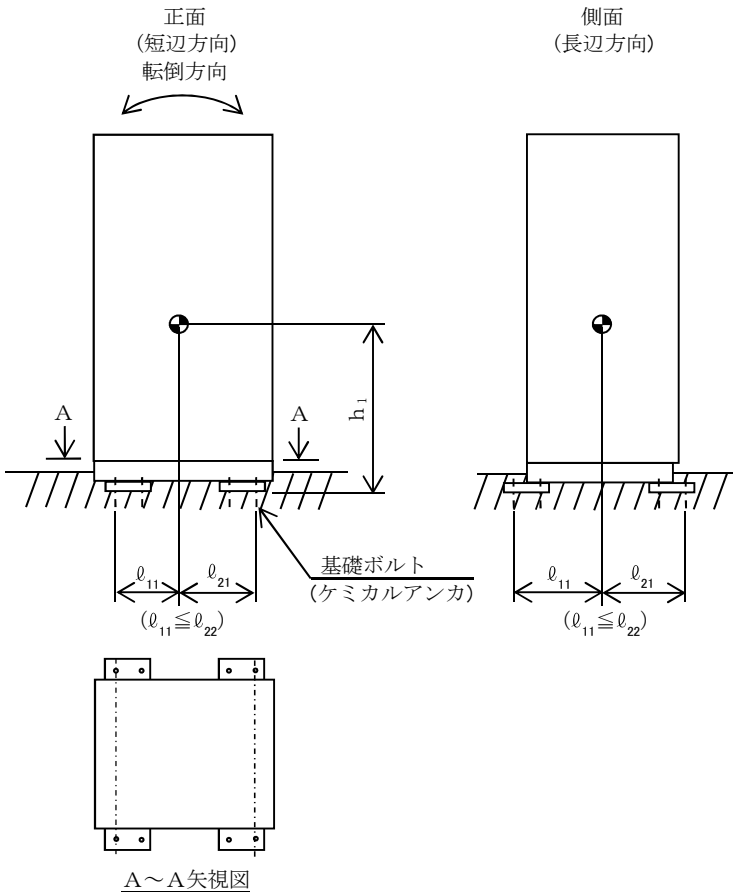
すべて許容応力以下である。

注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

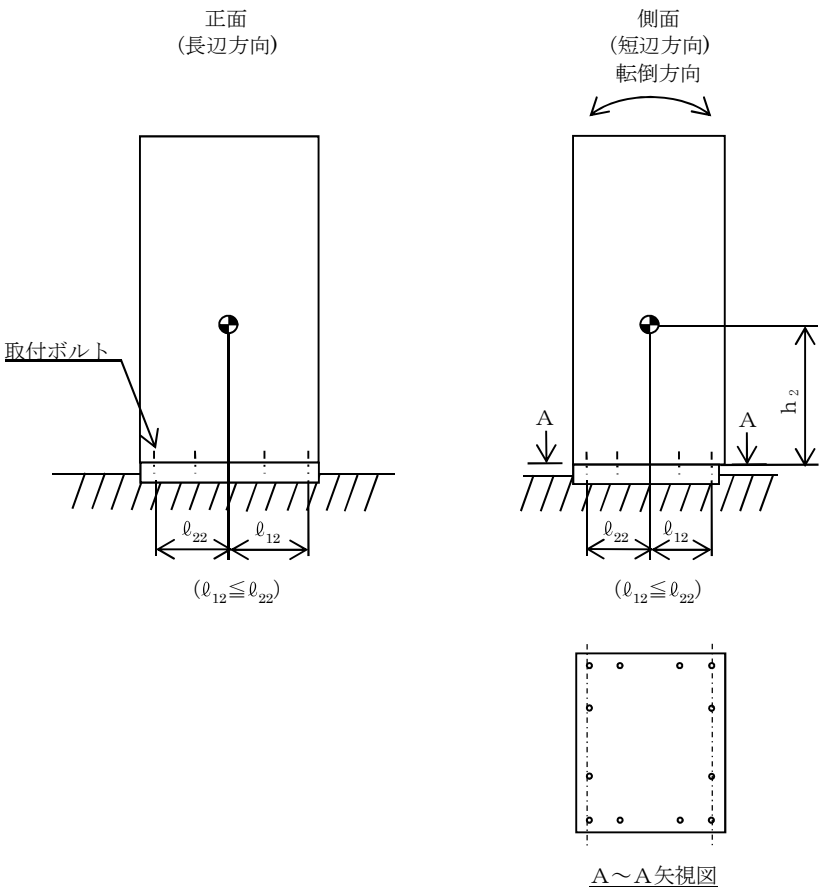
1.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($\times9.8$ m/s^2)

		評価用加速度	機能確認済加速度
緊急用計装交流主母線盤	水平方向	0.92	4.00
	鉛直方向	0.80	2.00

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


正面
(短辺方向)
転倒方向
側面
(長辺方向)
A
A
h1
基礎ボルト
(ケミカルアンカ)
ℓ11
ℓ21
(ℓ11≦ℓ22)
ℓ11
ℓ21
(ℓ11≦ℓ22)

A～A矢視図


正面
(長辺方向)
取付ボルト
ℓ22
ℓ12
(ℓ12≦ℓ22)
側面
(短辺方向)
転倒方向
A
A
h2
ℓ22
ℓ12
(ℓ12≦ℓ22)

A～A矢視図

Ⅴ-2-10-1-7-11　緊急用電源切替盤の耐震性についての計算書

目次

1. 概要 ····· 1
2. 一般事項 ····· 1
2.1 構造計画 ····· 1
3. 固有周期 ····· 4
4. 構造強度評価 ····· 4
4.1 構造強度評価方法 ····· 4
4.2 荷重の組合せ及び許容応力 ····· 4
5. 機能維持評価 ····· 8
5.1 電気的機能維持評価方法 ····· 8
6. 評価結果 ····· 9
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 9

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，緊急用電源切替盤が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

緊急用電源切替盤は，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

2. 一般事項

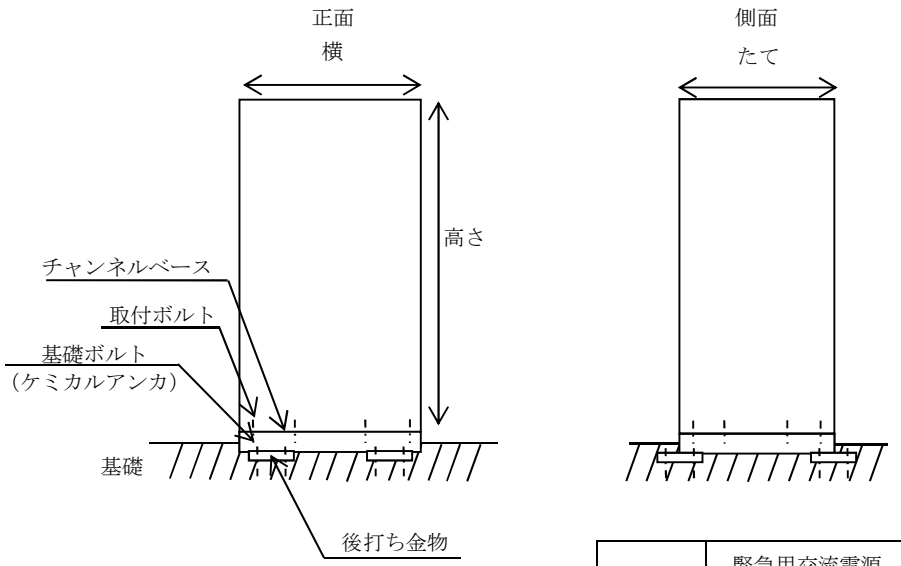
本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を行う。

2.1　構造計画

緊急用電源切替盤の構造計画を表 2-1 及び表 2-2 に示す。

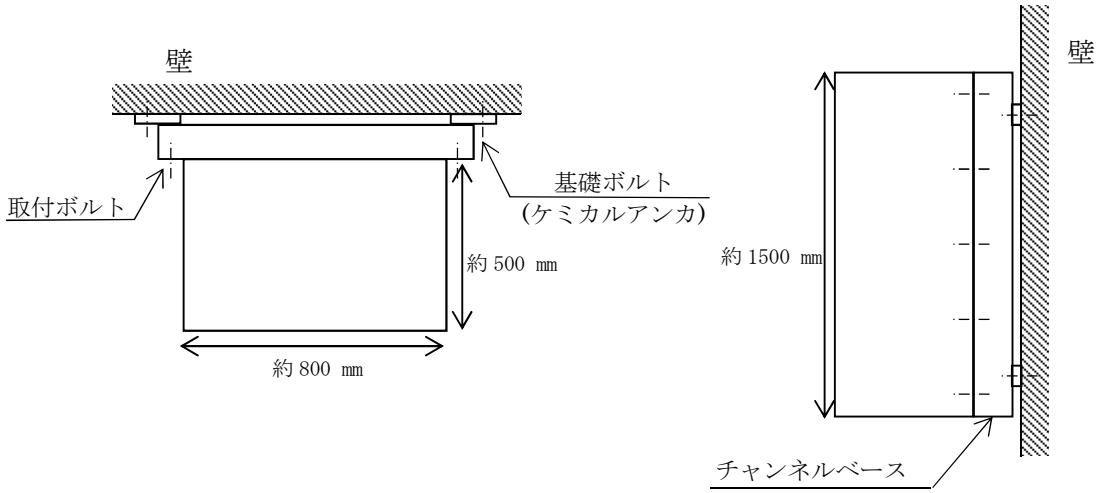
表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
緊急用電源切替盤のうち緊急用交流電源切替盤及び緊急用直流電源切替盤は，取付ボルトにてチャンネルベースに固定する。チャンネルベースは後打ち金物と基礎ボルトにて基礎に固定する。	直立形 （鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤）	緊急用交流電源切替盤及び緊急用直流電源切替盤



	緊急用交流電源切替盤	緊急用直流電源切替盤
たて	約 1000 mm	約 1000 mm
横	約 2410 mm	約 1210 mm
高さ	約 2300 mm	約 2300 mm

表 2-2　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
緊急用電源切替盤のうち緊急用無停電計装電源切替盤及び緊急用直流計装電源切替盤は，チャンネルベースに取付ボルトで固定する。チャンネルベースは壁に基礎ボルトで固定する。	壁掛形 （鋼材及び鋼板を組み合わせた壁掛形の盤）	緊急用無停電計装電源切替盤及び緊急用直流計装電源切替盤  （水平方向）　（鉛直方向）

3.　固有周期

緊急用電源切替盤の固有周期は，構造が同様な盤に対する打振試験の測定結果から，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛とする。固有周期を表 3-1 に示す。

表 3-1　固有周期（s）

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

緊急用電源切替盤の構造は直立形又は壁掛形であるため，構造強度評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

4.2　荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

緊急用電源切替盤の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2　許容応力

緊急用電源切替盤の許容応力は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

緊急用電源切替盤の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-3 に示す。

表 4-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源設備	その他	緊急用電源切替盤	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS （V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記　＊1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

＊3：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4-2　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 （ボルト等）	
	一次応力	
	引張り	せん断
$Ⅳ_AS$	1.5・f_t*	1.5・f_s*
$Ⅴ_AS$ （$Ⅴ_AS$として$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）		

注記　＊1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-3　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件（℃）		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
基礎ボルト*1	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	221	373	－
取付ボルト*1	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	212	373	－
基礎ボルト*2	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	205	520	－
取付ボルト*2	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	235	400	－

注記　＊1：緊急用交流電源切替盤及び緊急用直流電源切替盤の各ボルトを示す。

＊2：緊急用無停電計装電源切替盤及び緊急用直流計装電源切替盤の各ボルトを示す。

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

緊急用電源切替盤の電気的機能維持評価について，以下に示す。

電気的機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

緊急用電源切替盤の機能確認済加速度には，同形式の器具の正弦波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した器具の加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 （×9.8 m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
緊急用交流電源切替盤 緊急用直流電源切替盤	水平	4.00
	鉛直	2.00
緊急用無停電計装電源切替盤 緊急用直流計装電源切替盤	水平	4.00
	鉛直	3.00

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

緊急用電源切替盤の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【緊急用直流電源切替盤の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
緊急用直流電源切替盤	常設耐震／防止常設／緩和	EL. 14.00*	0.05 以下	0.05 以下	－	－	C_H=1.13	C_V=0.99	

注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	nf_i*
基礎ボルト (i=1)							4
							4
取付ボルト (i=2)							4
							4

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i=1)	221	373	－	261	－	短辺方向
取付ボルト (i=2)	212	373	－	254	－	短辺方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i=1)	－	1.014×10^4	－	1.954×10^4
取付ボルト (i=2)	－	7.837×10^3	－	1.884×10^4

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b1}=90$	$f_{ts1}=156^*$
		せん断	－	－	$\tau_{b1}=11$	$f_{sb1}=120$
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=39$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=8$	$f_{sb2}=146$

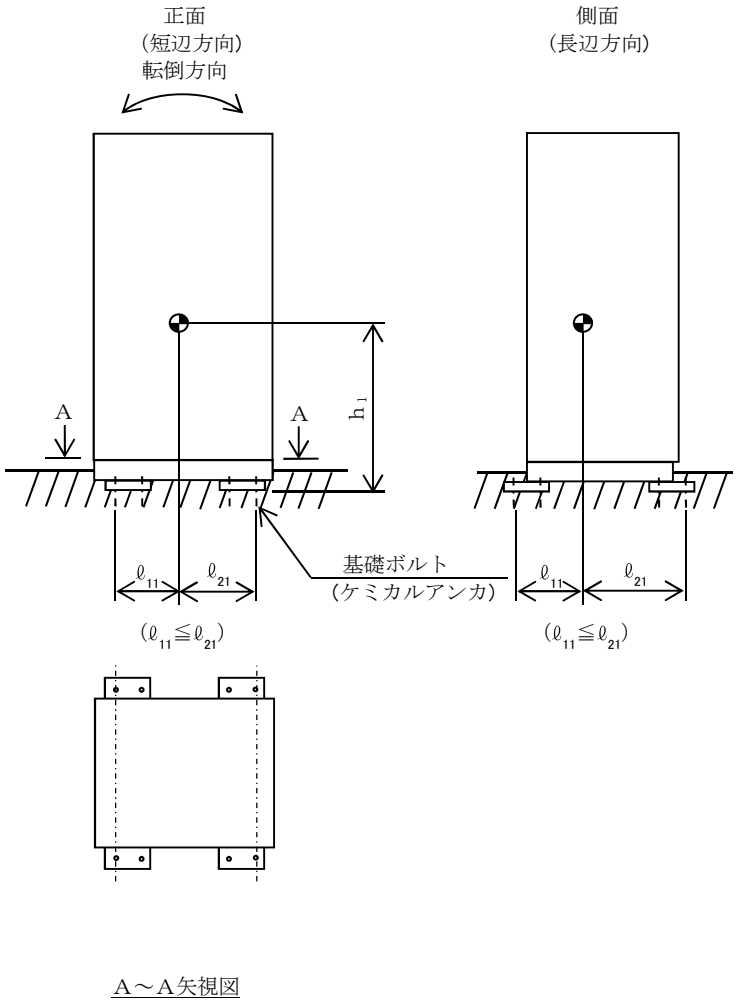
すべて許容応力以下である。

注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

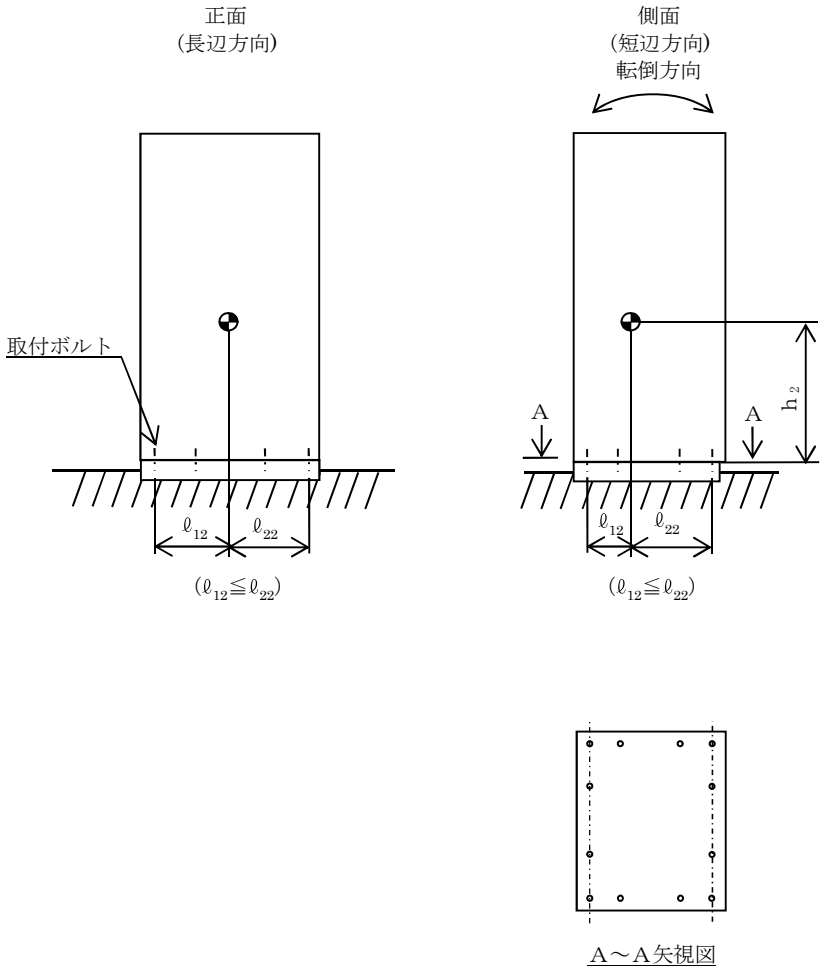
1.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($\times9.8\ m/s^2$)

		評価用加速度	機能確認済加速度
緊急用直流電源切替盤	水平方向	0.95	4.00
	鉛直方向	0.83	2.00

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


正面
(短辺方向)
転倒方向
側面
(長辺方向)
A
A
h1
基礎ボルト
(ケミカルアンカ)
ℓ11
ℓ21
(ℓ11≦ℓ21)
(ℓ11≦ℓ21)

A～A矢視図


正面
(長辺方向)
側面
(短辺方向)
転倒方向
取付ボルト
A
A
h2
ℓ12
ℓ22
(ℓ12≦ℓ22)
(ℓ12≦ℓ22)

A～A矢視図

【緊急用交流電源切替盤Aの耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
緊急用交流電源切替盤A	常設耐震／防止常設／緩和	EL. 14.00*	0.05以下	0.05以下	－	－	C_H=1.13	C_V=0.99	

注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	nf_i*
基礎ボルト (i=1)							6
							4
取付ボルト (i=2)							8
							4

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i=1)	221	373	－	261	－	短辺方向
取付ボルト (i=2)	212	373	－	254	－	短辺方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i=1)	－	7.351×10^3	－	3.464×10^4
取付ボルト (i=2)	－	6.915×10^3	－	3.324×10^4

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b1}=65$	$f_{ts1}=156^*$
		せん断	－	－	$\tau_{b1}=13$	$f_{sb1}=120$
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=35$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=7$	$f_{sb2}=146$

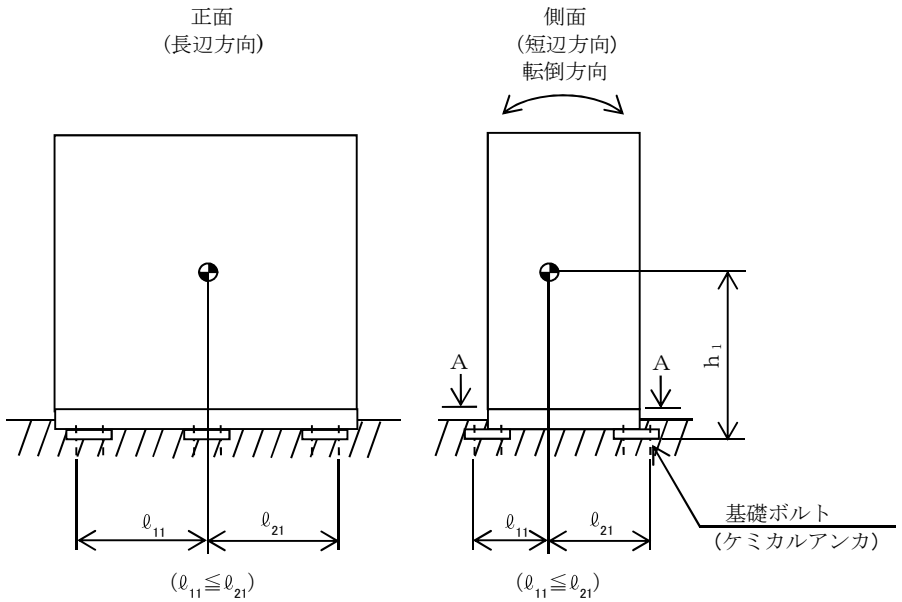
すべて許容応力以下である。

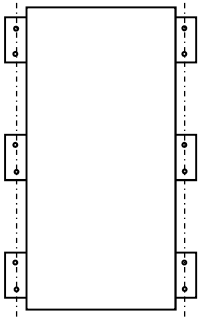
注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($\times9.8\ m/s^2$)

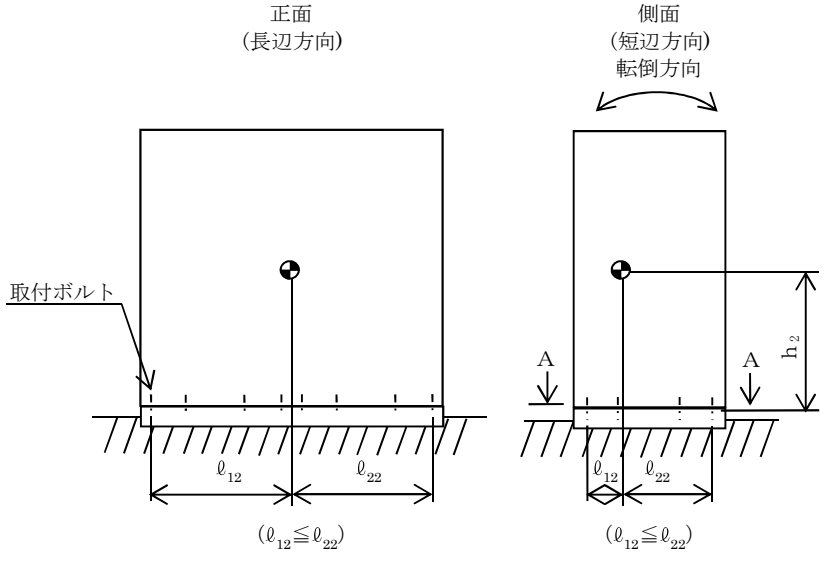
		評価用加速度	機能確認済加速度
緊急用交流電源切替盤 A	水平方向	0.95	4.00
	鉛直方向	0.83	2.00

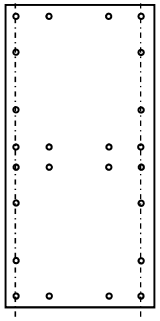
評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


正面
(長辺方向)
側面
(短辺方向)
転倒方向
A
A
h_1
ℓ_{11}
ℓ_{21}
基礎ボルト
(ケミカルアンカ)
($\ell_{11} \leqq \ell_{21}$)
($\ell_{11} \leqq \ell_{21}$)



A～A矢視図


正面
(長辺方向)
側面
(短辺方向)
転倒方向
取付ボルト
A
A
h_2
ℓ_{12}
ℓ_{22}
ℓ_{12}
ℓ_{22}
($\ell_{12} \leqq \ell_{22}$)
($\ell_{12} \leqq \ell_{22}$)



A～A矢視図

【緊急用交流電源切替盤Bの耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
緊急用交流電源切替盤B	常設耐震／防止常設／緩和	EL. 38.80*	0.05以下	0.05以下	－	－	C_H=1.67	C_V=1.44	

注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	nf_i*
基礎ボルト (i=1)							6
							4
取付ボルト (i=2)							8
							4

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i=1)	221	373	－	261	－	短辺方向
取付ボルト (i=2)	212	373	－	254	－	短辺方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i=1)	－	1.234×10^4	－	5.119×10^4
取付ボルト (i=2)	－	1.137×10^4	－	4.913×10^4

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b1}=109$	$f_{ts1}=156^*$
		せん断	－	－	$\tau_{b1}=19$	$f_{sb1}=120$
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=57$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=11$	$f_{sb2}=146$

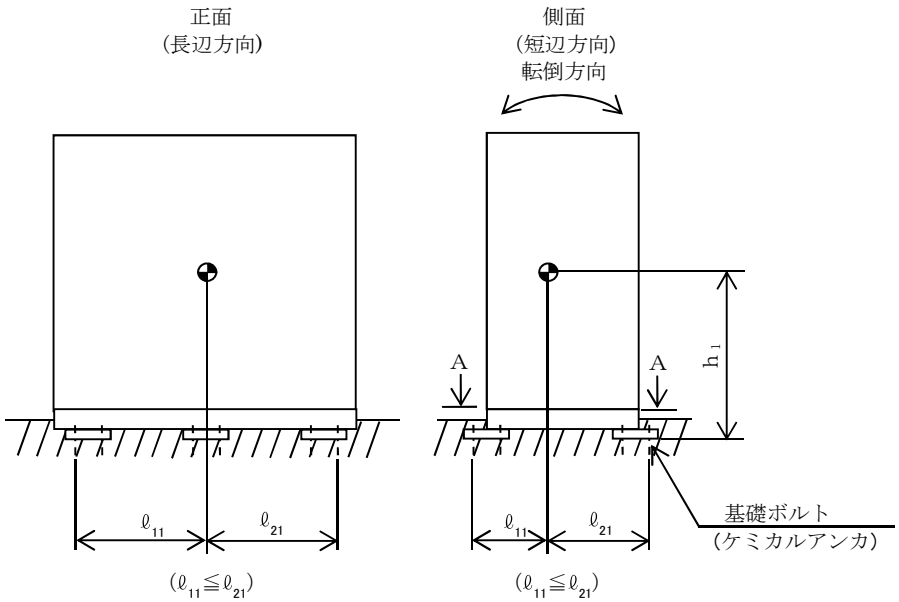
すべて許容応力以下である。

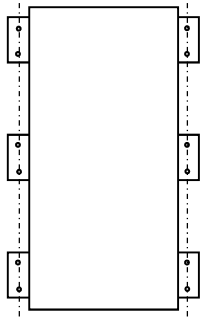
注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($\times9.8\ m/s^2$)

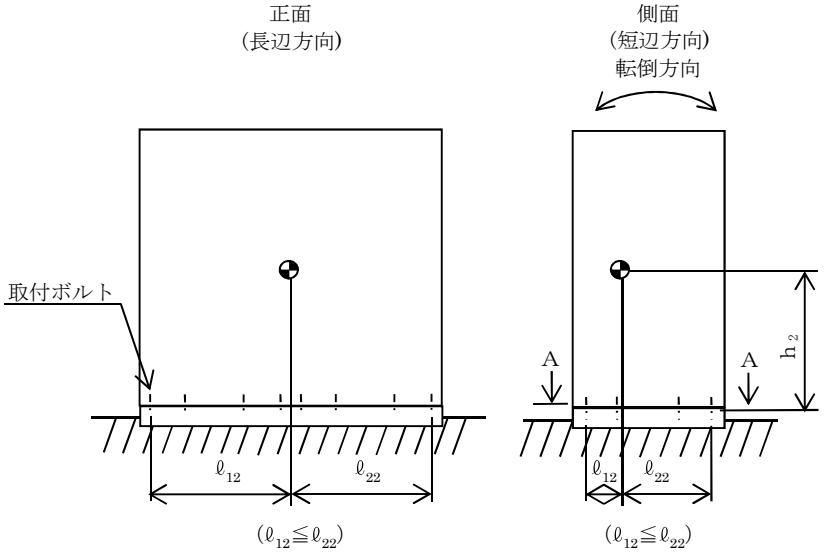
		評価用加速度	機能確認済加速度
緊急用交流電源切替盤 B	水平方向	1.40	4.00
	鉛直方向	1.00	2.00

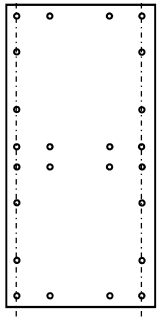
評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


正面
(長辺方向)
側面
(短辺方向)
転倒方向
A
A
h_1
ℓ_{11}
ℓ_{21}
基礎ボルト
(ケミカルアンカ)
($\ell_{11} \leqq \ell_{21}$)
($\ell_{11} \leqq \ell_{21}$)



A～A矢視図


正面
(長辺方向)
側面
(短辺方向)
転倒方向
取付ボルト
A
A
h_2
ℓ_{12}
ℓ_{22}
ℓ_{12}
ℓ_{22}
($\ell_{12} \leqq \ell_{22}$)
($\ell_{12} \leqq \ell_{22}$)



A～A矢視図

【緊急用無停電計装電源切替盤の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
緊急用無停電計装電源切替盤	常設耐震／防止常設／緩和	[redacted] EL. 18.00 (EL. 20.30*)	0.05 以下	0.05 以下	－	－	C_H=1.34	C_V=1.01	[redacted]

注記 ：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i} (mm)	ℓ_{2i} (mm)	ℓ_{3i} (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	n_{fVi}	n_{fHi}
基礎ボルト (i=1)	[redacted]							2	2
取付ボルト (i=2)	[redacted]							2	5

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i^* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i=1)	205	520	－	246	－	鉛直方向
取付ボルト (i=2)	235	400	－	280	－	鉛直方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i=1)	－	2.999×10^3	－	1.054×10^4
取付ボルト (i=2)	－	2.431×10^3	－	9.476×10^3

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b1}=27$	$f_{ts1}=147^*$
		せん断	－	－	$\tau_{b1}=24$	$f_{sb1}=113$
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=12$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=161$

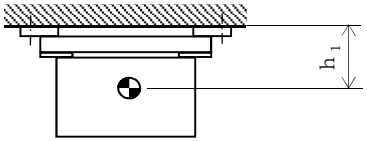
すべて許容応力以下である。

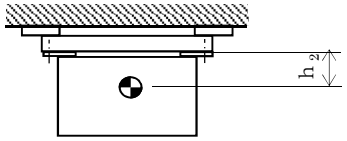
注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot\tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

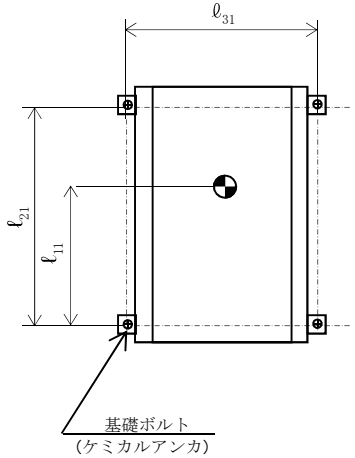
1.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($\times9.8\ m/s^2$)

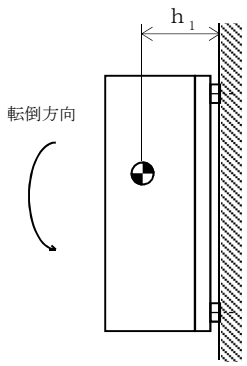
		評価用加速度	機能確認済加速度
緊急用無停電計装電源切替盤	水平方向	1.11	4.00
	鉛直方向	0.84	3.00

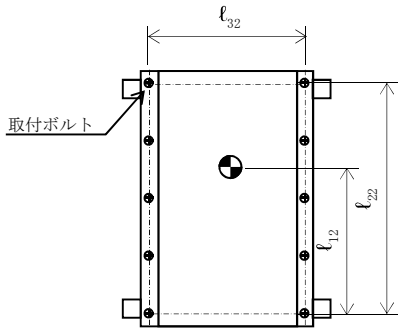
評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

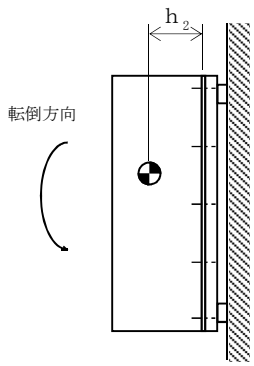

h1


h2


ℓ31
ℓ21
ℓ11
基礎ボルト
（ケミカルアンカ）


h1
転倒方向


ℓ32
取付ボルト
ℓ22
ℓ12


h2
転倒方向

【緊急用直流計装電源切替盤Aの耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
緊急用直流計装電源切替盤A	常設耐震／防止常設／緩和	[redacted] EL. 18.00 (EL. 20.30*)	0.05以下	0.05以下	－	－	C_H=1.34	C_V=1.01	[redacted]

注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i} (mm)	ℓ_{2i} (mm)	ℓ_{3i} (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	n_{fVi}	n_{fHi}
基礎ボルト (i=1)	[redacted]							2	2
取付ボルト (i=2)	[redacted]							2	5

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i^* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i=1)	205	520	－	246	－	鉛直方向
取付ボルト (i=2)	235	400	－	280	－	鉛直方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i=1)	－	2.999×10^3	－	1.054×10^4
取付ボルト (i=2)	－	2.431×10^3	－	9.476×10^3

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b1}=27$	$f_{ts1}=147^*$
		せん断	－	－	$\tau_{b1}=24$	$f_{sb1}=113$
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=12$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=161$

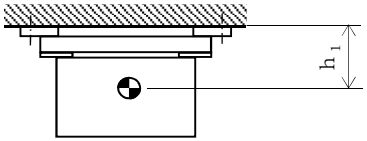
すべて許容応力以下である。

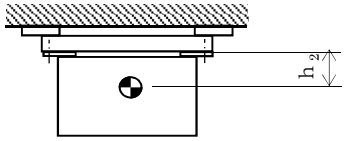
注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

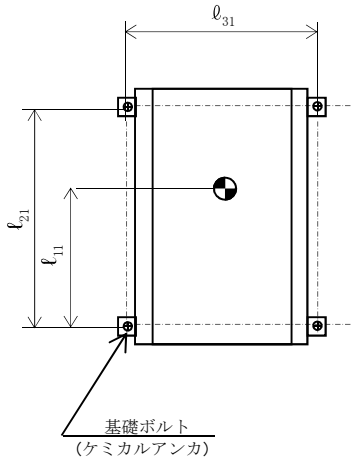
1.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($\times9.8\ m/s^2$)

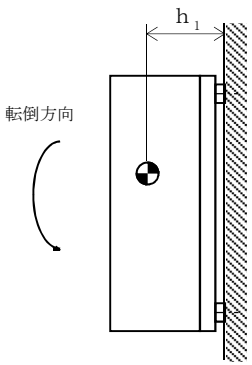
		評価用加速度	機能確認済加速度
緊急用直流計装 電源切替盤A	水平方向	1.11	4.00
	鉛直方向	0.84	3.00

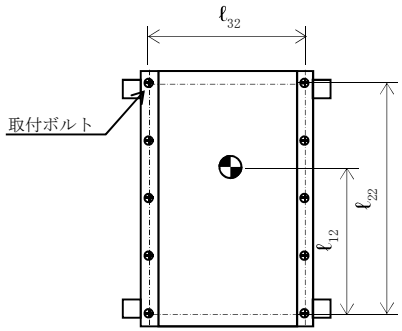
評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

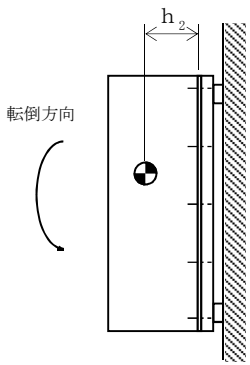

h1


h2


ℓ31
ℓ21
ℓ11
基礎ボルト
（ケミカルアンカ）


h1
転倒方向


ℓ32
取付ボルト
ℓ12
ℓ22


h2
転倒方向

【緊急用直流計装電源切替盤Bの耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
緊急用直流計装電源切替盤B	常設耐震／防止常設／緩和	[redacted] EL. 18.00 (EL. 20.30*)	0.05以下	0.05以下	－	－	C_H=1.34	C_V=1.01	[redacted]

注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i} (mm)	ℓ_{2i} (mm)	ℓ_{3i} (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	n_{fVi}	n_{fHi}
基礎ボルト (i=1)	[redacted]							2	2
取付ボルト (i=2)	[redacted]							2	5

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i^* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i=1)	205	520	－	246	－	鉛直方向
取付ボルト (i=2)	235	400	－	280	－	鉛直方向

1.3　計算数値

1.3.1　ボルトに作用する力　　(単位：N)

部　　材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i=1)	－	2.999×10^3	－	1.054×10^4
取付ボルト (i=2)	－	2.431×10^3	－	9.476×10^3

1.4　結　　論

1.4.1　ボルトの応力　　(単位：MPa)

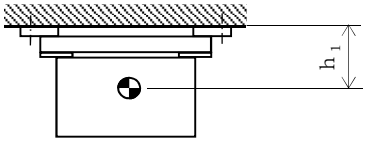
部　　材	材　料	応　力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b1}=27$	$f_{ts1}=147$*
		せん断	－	－	$\tau_{b1}=24$	$f_{sb1}=113$
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=12$	$f_{ts2}=210$*
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=161$

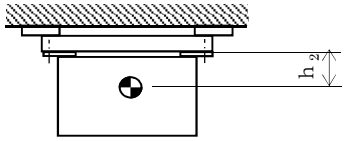
すべて許容応力以下である。　　注記　＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

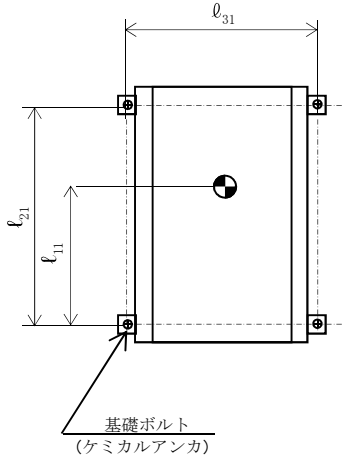
1.4.2　電気的機能維持の評価結果　　($\times9.8$ m/s^2)

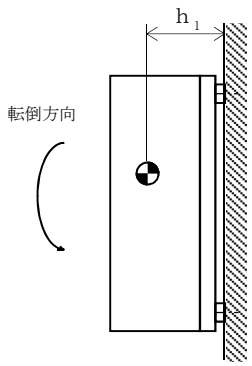
		評価用加速度	機能確認済加速度
緊急用直流計装電源切替盤B	水平方向	1.11	4.00
	鉛直方向	0.84	3.00

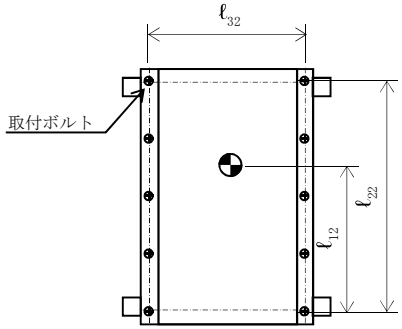
評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

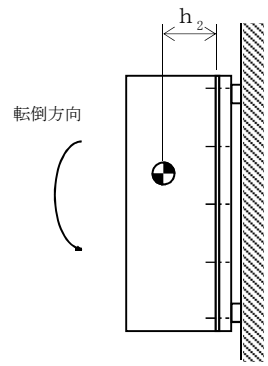

h1


h2


ℓ31
ℓ21
ℓ11
基礎ボルト
（ケミカルアンカ）


h1
転倒方向


ℓ32
取付ボルト
ℓ12
ℓ22


h2
転倒方向

Ⅴ-2-10-1-7-12　緊急用無停電計装分電盤の耐震性についての計算書

目次

1. 概要 ····· 1
2. 一般事項 ····· 1
2.1 構造計画 ····· 1
3. 固有周期 ····· 3
4. 構造強度評価 ····· 3
4.1 構造強度評価方法 ····· 3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力 ····· 3
5. 機能維持評価 ····· 7
5.1 電気的機能維持評価方法 ····· 7
6. 評価結果 ····· 8
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 8

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，緊急用無停電計装分電盤が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

緊急用無停電計装分電盤は，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

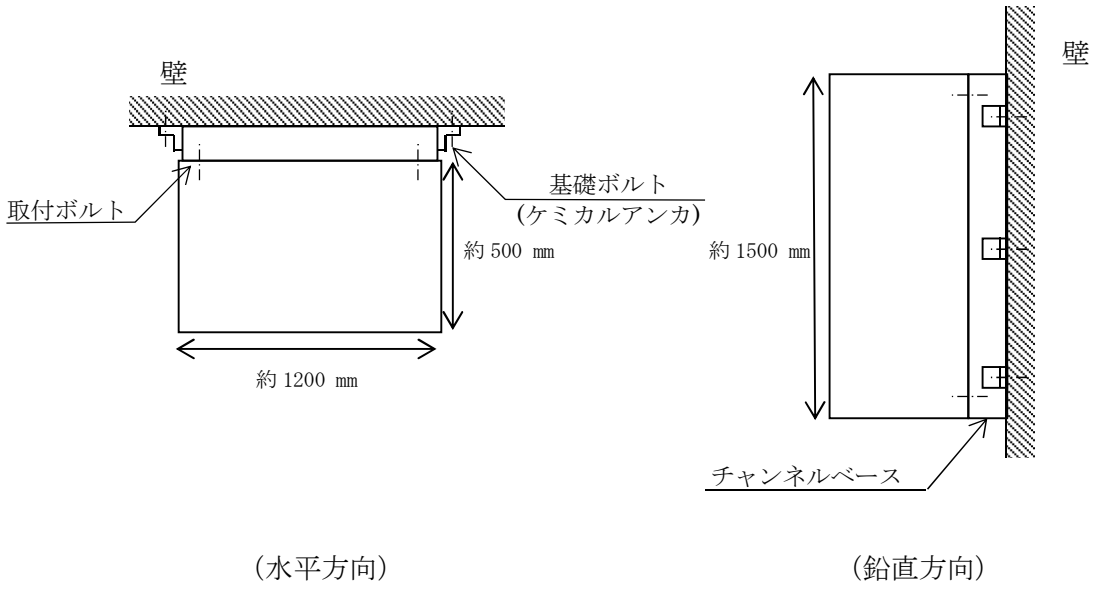
2. 一般事項

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を行う。

2.1 構造計画

緊急用無停電計装分電盤の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
緊急用無停電計装分電盤は，チャンネルベースに取付ボルトで固定する。チャンネルベースは壁に基礎ボルトで固定する。	壁掛形 （鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤）	

3.　固有周期

緊急用無停電計装分電盤の固有周期は，構造が同様な盤に対する打振試験の測定結果から，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛とする。固有周期を表 3-1 に示す。

表 3-1　固有周期（s）

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

緊急用無停電計装分電盤の構造は壁掛形であるため,構造強度評価は,添付書類「Ⅴ-2-1-13-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

4.2　荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

緊急用無停電計装分電盤の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2　許容応力

緊急用無停電計装分電盤の許容応力は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

緊急用無停電計装分電盤の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-3 に示す。

表 4-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源設備	その他	緊急用無停電計装分電盤	常設耐震／防止 常設／緩和	－*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS （V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記　＊1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

＊3：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4-2　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 （ボルト等）	
	一次応力	
	引張り	せん断
$Ⅳ_AS$	1.5・f_t*	1.5・f_s*
$Ⅴ_AS$ （$Ⅴ_AS$として$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）		

注記　＊1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-3　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	205	520	－
取付ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	235	400	－

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

緊急用無停電計装分電盤の電気的機能維持評価について，以下に示す。

電気的機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

緊急用無停電計装分電盤の機能確認済加速度には，同形式の器具の正弦波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した器具の加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 （×9.8 m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
緊急用無停電計装分電盤	水平	4.00
	鉛直	3.00

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

緊急用無停電計装分電盤の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【緊急用無停電計装分電盤の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
緊急用無停電計装分電盤	常設耐震／防止常設／緩和	[redacted] EL. 8.20 (EL. 14.00*)	0.05 以下	0.05 以下	－	－	C_H＝1.13	C_V＝0.99	[redacted]

注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i} (mm)	ℓ_{2i} (mm)	ℓ_{3i} (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	n_{fVi}	n_{fHi}
基礎ボルト (i＝1)	[redacted]							2	2
取付ボルト (i＝2)	[redacted]							2	5

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i^* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i＝1)	205	520	－	246	－	鉛直方向
取付ボルト (i＝2)	235	400	－	280	－	鉛直方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i=1)	－	2.745×10^3	－	1.010×10^4
取付ボルト (i=2)	－	2.209×10^3	－	8.977×10^3

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト		引張り	－	－	$\sigma_{b1}=25$	$f_{ts1}=147^*$
		せん断	－	－	$\tau_{b1}=23$	$f_{sb1}=113$
取付ボルト		引張り	－	－	$\sigma_{b2}=11$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=161$

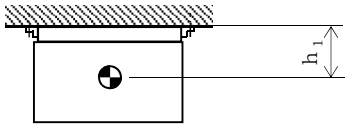
すべて許容応力以下である。

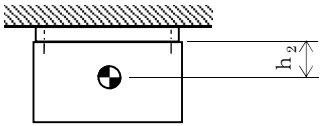
注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

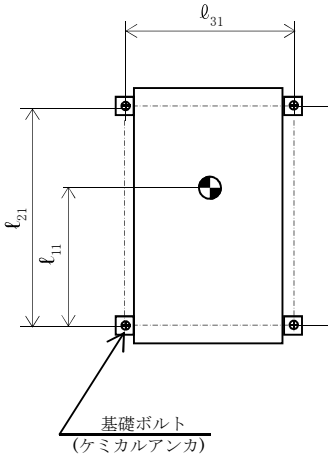
1.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($\times9.8\ m/s^2$)

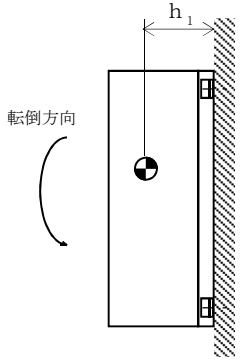
		評価用加速度	機能確認済加速度
緊急用無停電計装分電盤	水平方向	0.95	4.00
	鉛直方向	0.83	3.00

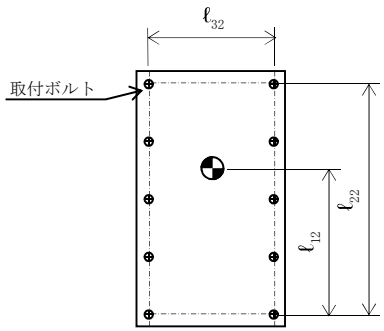
評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

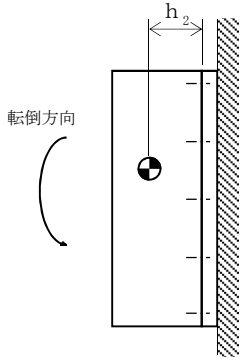

h1


h2


ℓ31
ℓ21
ℓ11
基礎ボルト
(ケミカルアンカ)


h1
転倒方向


ℓ32
取付ボルト
ℓ12
ℓ22


h2
転倒方向

Ⅴ-2-10-1-7-13　緊急用直流 125V 充電器の耐震性についての計算書

目次

1. 概要 ····· 1
2. 一般事項 ····· 1
2.1 構造計画 ····· 1
3. 固有周期 ····· 3
4. 構造強度評価 ····· 3
4.1 構造強度評価方法 ····· 3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力 ····· 3
5. 機能維持評価 ····· 7
5.1 電気的機能維持評価方法 ····· 7
6. 評価結果 ····· 8
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 8

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，緊急用直流 125V 充電器が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

緊急用直流 125V 充電器は，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

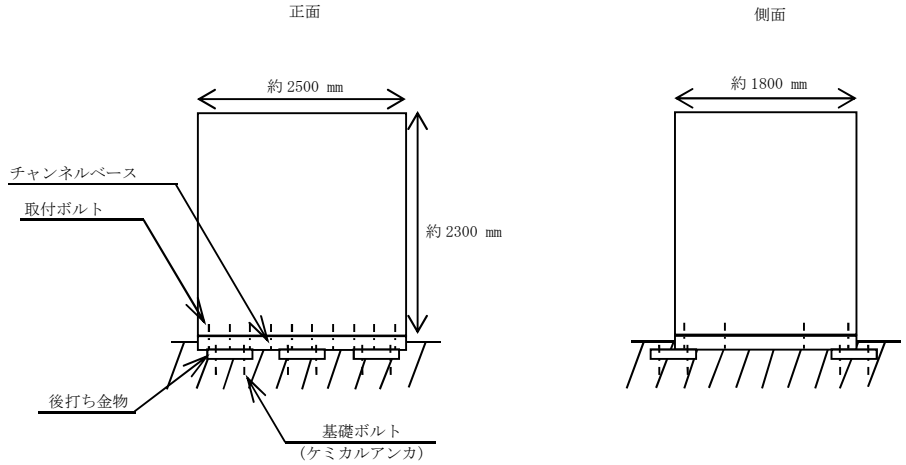
2. 一般事項

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を行う。

2.1 構造計画

緊急用直流 125V 充電器の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
緊急用直流 125V 充電器は，取付ボルトにてチャンネルベースに固定する。チャンネルベースは後打ち金物と基礎ボルトにて基礎に固定する。	直立形 （鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤）	

3.　固有周期

緊急用直流 125V 充電器の固有周期は，構造が同様な盤に対する打振試験の測定結果から，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛とする。固有周期を表 3-1 に示す。

表 3-1　固有周期（s）

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

緊急用直流 125V 充電器の構造は直立形であるため，構造強度評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

4.2　荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

緊急用直流 125V 充電器の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2　許容応力

緊急用直流 125V 充電器の許容応力は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

緊急用直流 125V 充電器の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-3 に示す。

表 4-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源設備	その他	緊急用直流 125V 充電器	常設耐震／防止 常設／緩和	－*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	$\mathrm{IV_AS}$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	$\mathrm{V_AS}$ （$\mathrm{V_AS}$として$\mathrm{IV_AS}$の許容限界を用いる。）

注記　＊1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

＊3：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4-2　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 （ボルト等）	
	一次応力	
	引張り	せん断
$Ⅳ_AS$	1.5・f_t*	1.5・f_s*
$Ⅴ_AS$ （$Ⅴ_AS$として$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）		

注記　＊1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-3　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	245	400	－
取付ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	235	400	－

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

緊急用直流 125V 充電器の電気的機能維持評価について，以下に示す。

電気的機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

緊急用直流 125V 充電器の機能確認済加速度には，同形式の器具の正弦波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した器具の加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 （×9.8 m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
緊急用直流 125V 充電器	水平	3.00
	鉛直	1.00

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

緊急用直流 125V 充電器の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【緊急用直流125V充電器の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
緊急用直流125V充電器	常設耐震／防止常設／緩和	EL. 8.20*	0.05以下	0.05以下	—	—	C_H=1.10	C_V=0.96	

注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	nf_i*
基礎ボルト (i=1)							6
							4
取付ボルト (i=2)							10
							4

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i=1)	245	400	—	280	—	長辺方向
取付ボルト (i=2)	235	400	—	280	—	長辺方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i=1)	－	6.876×10^3	－	5.005×10^4
取付ボルト (i=2)	－	5.499×10^3	－	4.854×10^4

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b1}=61$	$f_{ts1}=168$*
		せん断	－	－	$\tau_{b1}=19$	$f_{sb1}=129$
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=28$	$f_{ts2}=210$*
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=9$	$f_{sb2}=161$

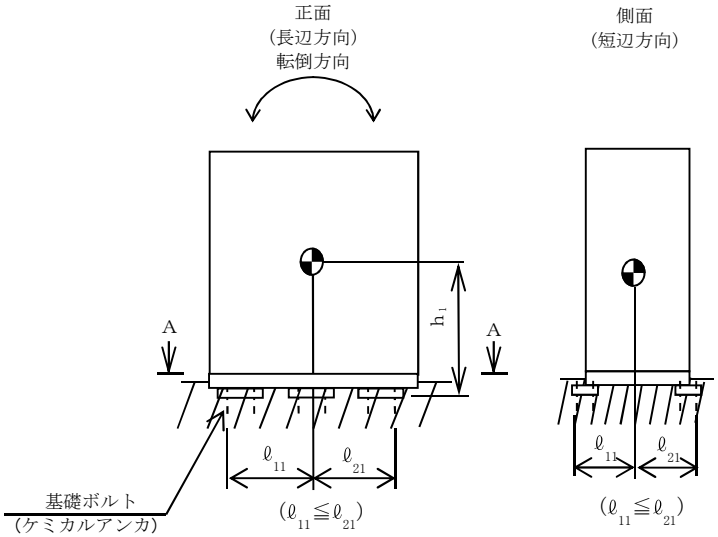
すべて許容応力以下である。

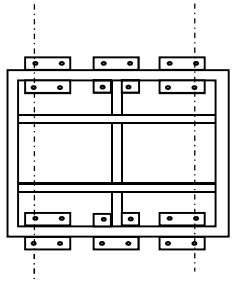
注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 (×9.8 m/s²)

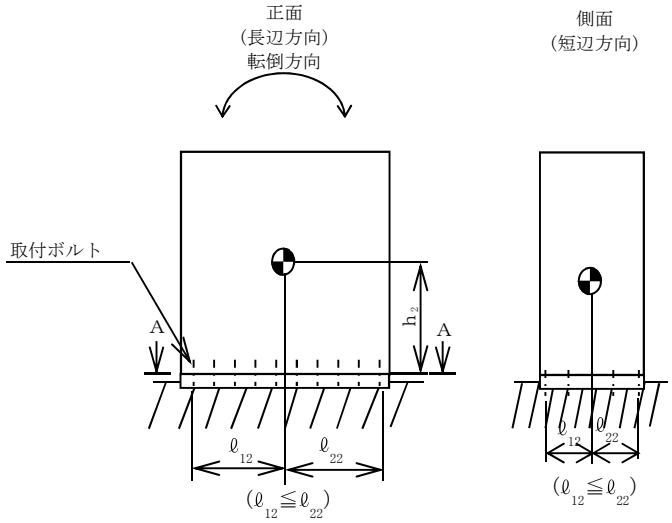
		評価用加速度	機能確認済加速度
緊急用直流125V充電器	水平方向	0.92	3.00
	鉛直方向	0.80	1.00

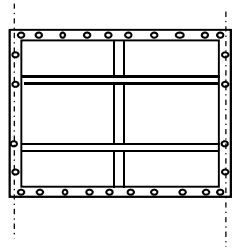
評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


正面
(長辺方向)
転倒方向
側面
(短辺方向)
A
A
h_1
基礎ボルト
(ケミカルアンカ)
ℓ_{11}
ℓ_{21}
$(\ell_{11} \leqq \ell_{21})$
ℓ_{11}
ℓ_{21}
$(\ell_{11} \leqq \ell_{21})$



A～A矢視図


正面
(長辺方向)
転倒方向
側面
(短辺方向)
取付ボルト
A
A
h_2
ℓ_{12}
ℓ_{22}
$(\ell_{12} \leqq \ell_{22})$
ℓ_{12}
ℓ_{22}
$(\ell_{12} \leqq \ell_{22})$



A～A矢視図

Ⅴ-2-10-1-7-14　緊急用直流 125V 主母線盤の耐震性についての計算書

目次

1. 概要 ····· 1
2. 一般事項 ····· 1
2.1 構造計画 ····· 1
3. 固有周期 ····· 3
4. 構造強度評価 ····· 3
4.1 構造強度評価方法 ····· 3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力 ····· 3
5. 機能維持評価 ····· 7
5.1 電気的機能維持評価方法 ····· 7
6. 評価結果 ····· 8
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 8

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，緊急用直流 125V 主母線盤が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

緊急用直流 125V 主母線盤は，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

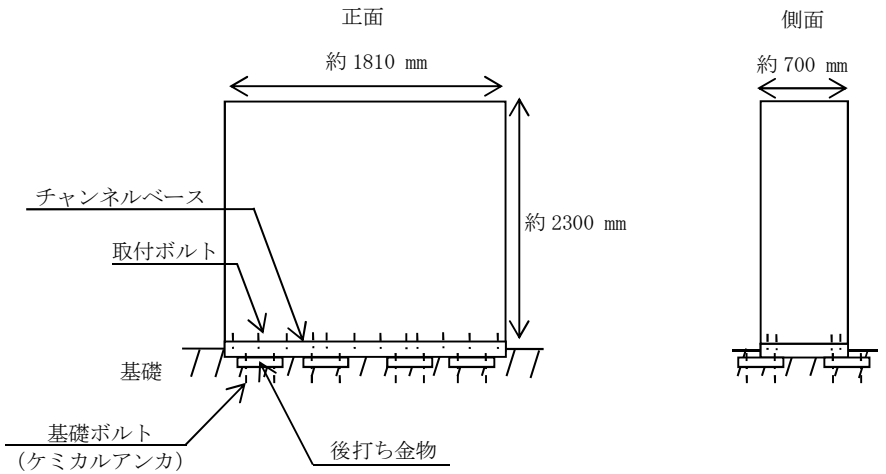
2. 一般事項

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を行う。

2.1　構造計画

緊急用直流 125V 主母線盤の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
緊急用直流 125V 主母線盤は，取付ボルトにてチャンネルベースに固定する。チャンネルベースは後打ち金物と基礎ボルトにて基礎に固定する。	直立形 （鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤）	

3.　固有周期

緊急用直流 125V 主母線盤の固有周期は，構造が同様な盤に対する打振試験の測定結果から，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛とする。固有周期を表 3-1 に示す。

表 3-1　固有周期（s）

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

緊急用直流 125V 主母線盤の構造は直立形であるため，構造強度評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

4.2　荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

緊急用直流 125V 主母線盤の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2　許容応力

緊急用直流 125V 主母線盤の許容応力は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

緊急用直流 125V 主母線盤の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-3 に示す。

表 4-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源設備	その他	緊急用直流 125V 主母線盤	常設耐震／防止 常設／緩和	－*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS （V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記　＊1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

＊3：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4-2　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1，*2 （ボルト等）	
	一次応力	
	引張り	せん断
$Ⅳ_AS$	1.5・f_t*	1.5・f_s*
$Ⅴ_AS$ （$Ⅴ_AS$として$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）		

注記　＊1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-3　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	245	400	－
取付ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	235	400	－

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

緊急用直流 125V 主母線盤の電気的機能維持評価について，以下に示す。

電気的機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

緊急用直流 125V 主母線盤の機能確認済加速度には，同形式の器具の正弦波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した器具の加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 （×9.8 m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
緊急用直流 125V 主母線盤	水平	4.00
	鉛直	2.00

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

緊急用直流 125V 主母線盤の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【緊急用直流 125V 主母線盤の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
緊急用直流 125V 主母線盤	常設耐震／防止常設／緩和	[redacted] EL. 8.20*	0.05 以下	0.05 以下	－	－	C_H＝1.10	C_V＝0.96	[redacted]

注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm²)	n_i	nf_i*
基礎ボルト (i＝1)	[redacted]						8
							4
取付ボルト (i＝2)							12
							4

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i＝1)	245	400	－	280	－	長辺方向
取付ボルト (i＝2)	235	400	－	280	－	長辺方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i=1)	－	3.576×10^3	－	1.699×10^4
取付ボルト (i=2)	－	2.823×10^3	－	1.672×10^4

1.4 結　論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

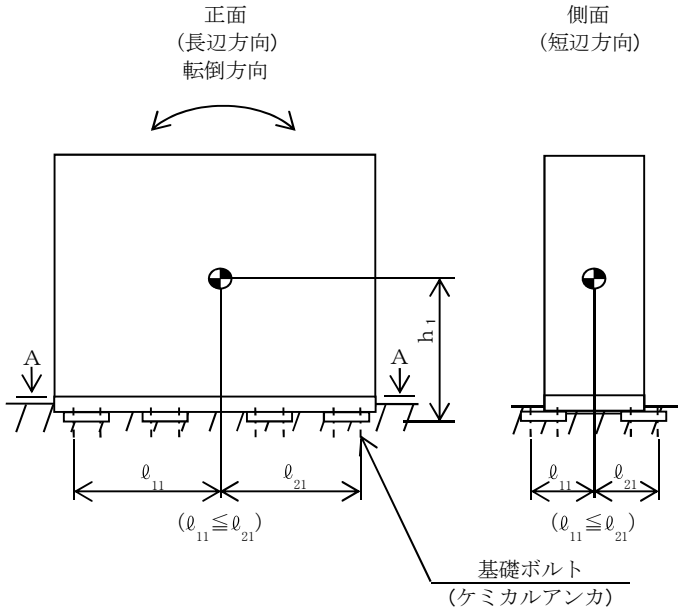
部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b1}=32$	$f_{ts1}=168$*
		せん断	－	－	$\tau_{b1}=5$	$f_{sb1}=129$
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=14$	$f_{ts2}=210$*
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=161$

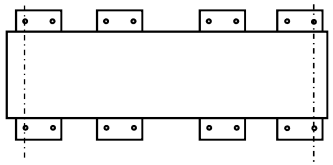
すべて許容応力以下である。　注記　＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($\times9.8$ m/s^2)

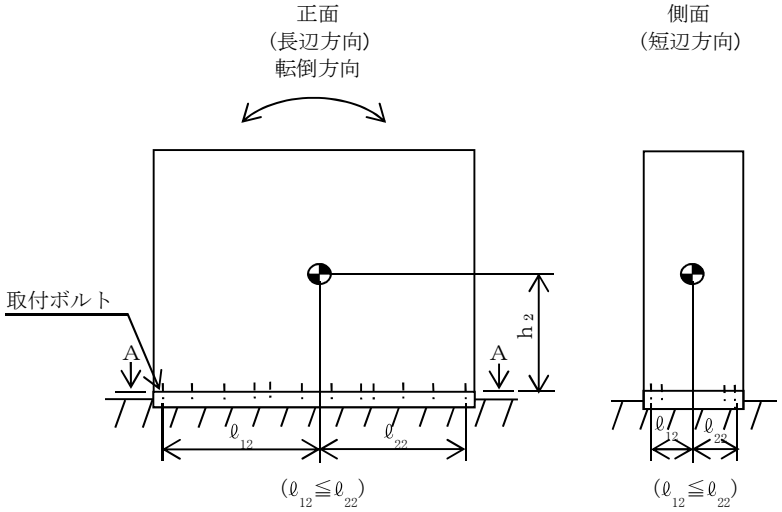
		評価用加速度	機能確認済加速度
緊急用直流125V主母線盤	水平方向	0.92	4.00
	鉛直方向	0.80	2.00

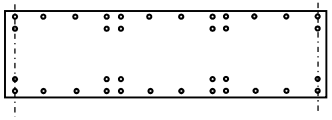
評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


正面
(長辺方向)
転倒方向
側面
(短辺方向)
A
A
h1
ℓ11
ℓ21
(ℓ11≦ℓ21)
ℓ11
ℓ21
(ℓ11≦ℓ21)
基礎ボルト
(ケミカルアンカ)



A～A矢視図


正面
(長辺方向)
転倒方向
側面
(短辺方向)
取付ボルト
A
A
h2
ℓ12
ℓ22
(ℓ12≦ℓ22)
ℓ12
ℓ22
(ℓ12≦ℓ22)



A～A矢視図

Ⅴ-2-10-1-7-15　緊急用直流 125V モータコントロールセンタの耐震性についての計算書

目次

1. 概要 ····· 1
2. 一般事項 ····· 1
2.1 構造計画 ····· 1
3. 固有周期 ····· 3
4. 構造強度評価 ····· 3
4.1 構造強度評価方法 ····· 3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力 ····· 3
5. 機能維持評価 ····· 7
5.1 電気的機能維持評価方法 ····· 7
6. 評価結果 ····· 8
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 8

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，緊急用直流 125V モータコントロールセンタが設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

緊急用直流 125V モータコントロールセンタは，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

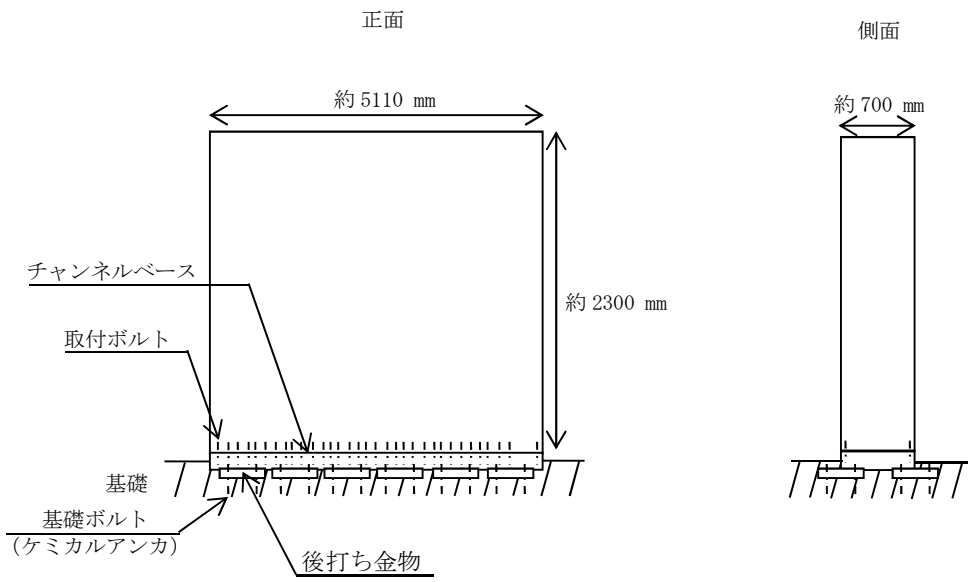
2. 一般事項

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を行う。

2.1 構造計画

緊急用直流 125V モータコントロールセンタの構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
緊急用直流 125V モータコントロールセンタは，取付ボルトにてチャンネルベースに固定する。チャンネルベースは後打ち金物と基礎ボルトにて基礎に固定する。	直立形 （鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤）	

3.　固有周期

緊急用直流 125V モータコントロールセンタの固有周期は,構造が同様な盤に対する打振試験の測定結果から，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛とする。固有周期を表 3-1 に示す。

表 3-1　固有周期（s）

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

緊急用直流 125V モータコントロールセンタの構造は直立形であるため，構造強度評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

4.2　荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

緊急用直流 125V モータコントロールセンタの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2　許容応力

緊急用直流 125V モータコントロールセンタの許容応力は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

緊急用直流 125V モータコントロールセンタの使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-3 に示す。

表 4-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源設備	その他	緊急用直流 125V モータコントロールセンタ	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS（V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記　＊1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

＊3：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4-2　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1，*2 （ボルト等）	
	一次応力	
	引張り	せん断
$Ⅳ_AS$	1.5・f_t*	1.5・f_s*
$Ⅴ_AS$ （$Ⅴ_AS$として$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）		

注記　＊1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-3　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	245	400	－
取付ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	235	400	－

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

緊急用直流 125V モータコントロールセンタの電気的機能維持評価について，以下に示す。

電気的機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

緊急用直流 125V モータコントロールセンタの機能確認済加速度には，同形式の器具の正弦波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した器具の加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 （×9.8 m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
緊急用直流 125V モータコントロールセンタ	水平	3.00
	鉛直	2.00

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

緊急用直流 125V モータコントロールセンタの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【緊急用直流 125V モータコントロールセンタの耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
緊急用直流 125V モータコントロールセンタ	常設耐震／防止常設／緩和	[redacted] EL. 14.00*	0.05 以下	0.05 以下	－	－	C_H=1.13	C_V=0.99	[redacted]

注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm²)	n_i	nf_i*
基礎ボルト (i=1)	[redacted]						12
							4
取付ボルト (i=2)	[redacted]						33
							2

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i=1)	245	400	－	280	－	短辺方向
取付ボルト (i=2)	235	400	－	280	－	長辺方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i=1)	－	6.923×10^3	－	5.381×10^4
取付ボルト (i=2)	－	5.972×10^3	－	5.097×10^4

1.4 結　論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b1}=62$	$f_{ts1}=168^*$
		せん断	－	－	$\tau_{b1}=10$	$f_{sb1}=129$
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=30$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=161$

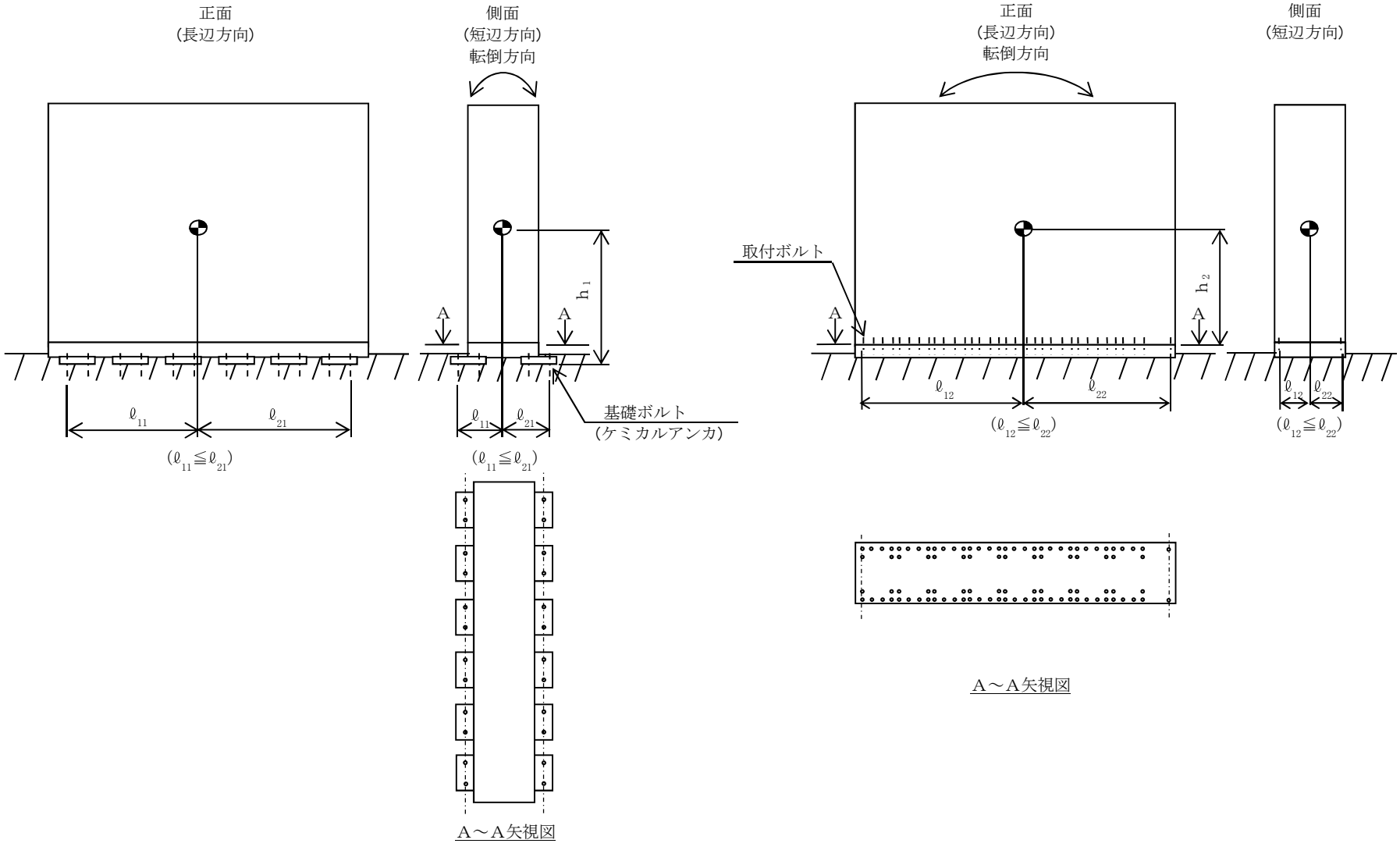
すべて許容応力以下である。

注記　＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($\times9.8\ m/s^2$)

		評価用加速度	機能確認済加速度
緊急用直流125V モータコントロールセンタ	水平方向	0.95	3.00
	鉛直方向	0.83	2.00

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


正面
(長辺方向)
側面
(短辺方向)
転倒方向
A
A
h_1
ℓ_{11}
ℓ_{21}
($\ell_{11} \leqq \ell_{21}$)
基礎ボルト
(ケミカルアンカ)
A～A矢視図
正面
(長辺方向)
転倒方向
側面
(短辺方向)
取付ボルト
A
A
h_2
ℓ_{12}
ℓ_{22}
($\ell_{12} \leqq \ell_{22}$)
A～A矢視図

Ⅴ-2-10-1-7-16　緊急用直流 125V 計装分電盤の耐震性についての計算書

目次

1. 概要 ····· 1
2. 一般事項 ····· 1
2.1 構造計画 ····· 1
3. 固有周期 ····· 3
4. 構造強度評価 ····· 3
4.1 構造強度評価方法 ····· 3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力 ····· 3
5. 機能維持評価 ····· 7
5.1 電気的機能維持評価方法 ····· 7
6. 評価結果 ····· 8
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 8

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，緊急用直流 125V 計装分電盤が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

緊急用直流 125V 計装分電盤は，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

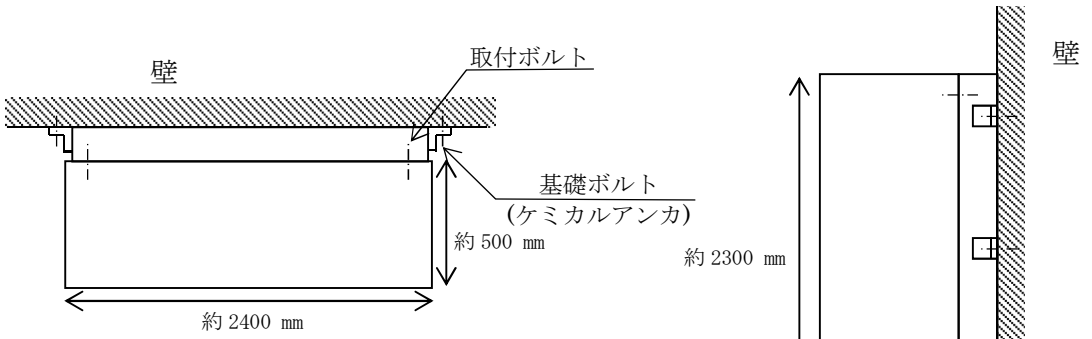
2. 一般事項

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を行う。

2.1 構造計画

緊急用直流 125V 計装分電盤の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
緊急用直流 125V 計装分電盤は，チャンネルベースに取付ボルトで固定する。チャンネルベースは壁に基礎ボルトで固定する。	壁掛形 （鋼材及び鋼板を組み合わせた壁掛形の盤）	 （水平方向）　（鉛直方向）

3.　固有周期

緊急用直流 125V 計装分電盤の固有周期は，構造が同様な盤に対する打振試験の測定結果から，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛とする。固有周期を表 3-1 に示す。

表 3-1　固有周期（s）

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

緊急用直流 125V 計装分電盤の構造は壁掛形であるため，構造強度評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

4.2　荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

緊急用直流 125V 計装分電盤の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2　許容応力

緊急用直流 125V 計装分電盤の許容応力は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

緊急用直流 125V 計装分電盤の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-3 に示す。

表 4-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源設備	その他	緊急用直流125V 計装分電盤	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	$\mathrm{IV_AS}$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	$\mathrm{V_AS}$ （$\mathrm{V_AS}$として$\mathrm{IV_AS}$の許容限界を用いる。）

注記　＊1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

＊3：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4-2　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 （ボルト等）	
	一次応力	
	引張り	せん断
$Ⅳ_AS$	1.5・f_t*	1.5・f_s*
V_AS （V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）		

注記　＊1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-3　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	205	520	－
取付ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	235	400	－

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

緊急用直流 125V 計装分電盤の電気的機能維持評価について，以下に示す。

電気的機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

緊急用直流 125V 計装分電盤の機能確認済加速度には，同形式の器具の正弦波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した器具の加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 （×9.8 m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
緊急用直流 125V 計装分電盤	水平	4.00
	鉛直	3.00

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

緊急用直流 125V 計装分電盤の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【緊急用直流125V計装分電盤の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
緊急用直流125V計装分電盤	常設耐震／防止常設／緩和	[redacted] EL. 8.20 (EL. 14.00*)	0.05以下	0.05以下	－	－	C_H=1.13	C_V=0.99	[redacted]

注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i} (mm)	ℓ_{2i} (mm)	ℓ_{3i} (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	n_{fVi}	n_{fHi}
基礎ボルト (i=1)	[redacted]							2	3
取付ボルト (i=2)	[redacted]							4	6

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i^* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i=1)	205	520	－	246	－	鉛直方向
取付ボルト (i=2)	235	400	－	280	－	鉛直方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i=1)	－	5.930×10^3	－	2.873×10^4
取付ボルト (i=2)	－	2.370×10^3	－	2.469×10^4

1.4 結　論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b1}=53$	$f_{ts1}=138^*$
		せん断	－	－	$\tau_{b1}=43$	$f_{sb1}=113$
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=12$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=6$	$f_{sb2}=161$

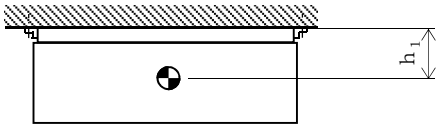
すべて許容応力以下である。

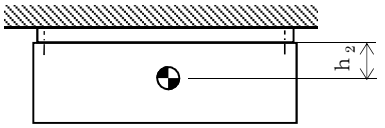
注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot\tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

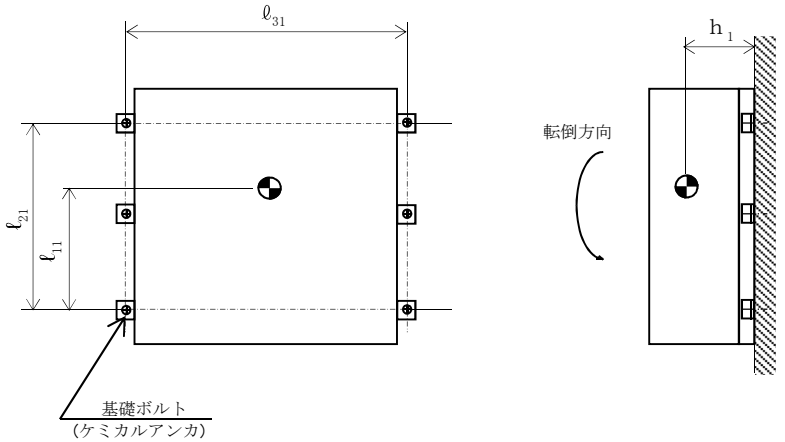
1.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($\times9.8\ m/s^2$)

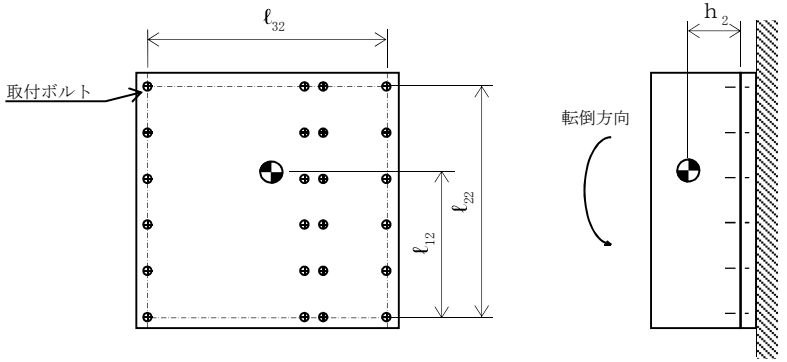
		評価用加速度	機能確認済加速度
緊急用直流125V計装分電盤	水平方向	0.95	4.00
	鉛直方向	0.83	3.00

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


h1


h2


ℓ31
ℓ21
ℓ11
h1
転倒方向
基礎ボルト
(ケミカルアンカ)


ℓ32
取付ボルト
ℓ22
ℓ12
h2
転倒方向

Ⅴ-2-10-1-7-17　常設代替高圧電源装置遠隔操作盤の耐震性についての計算書

目次

1. 概要 1
2. 一般事項 1
2.1 構造計画 1
2.2 評価方針 3
2.3 適用基準 4
2.4 記号の説明 5
2.5 計算精度と数値の丸め方 7
3. 評価部位 8
4. 構造強度評価 8
4.1 構造強度評価方法 8
4.2 荷重の組合せ及び許容応力 8
4.3 解析モデル及び諸元 12
4.4 固有周期 15
4.5 設計用地震力 15
4.6 計算方法 16
4.7 計算条件 19
4.8 応力の評価 21
5. 機能維持評価 23
5.1 電気的機能維持評価方法 23
6. 評価結果 24
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果 24

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，常設代替高圧電源装置遠隔操作盤が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

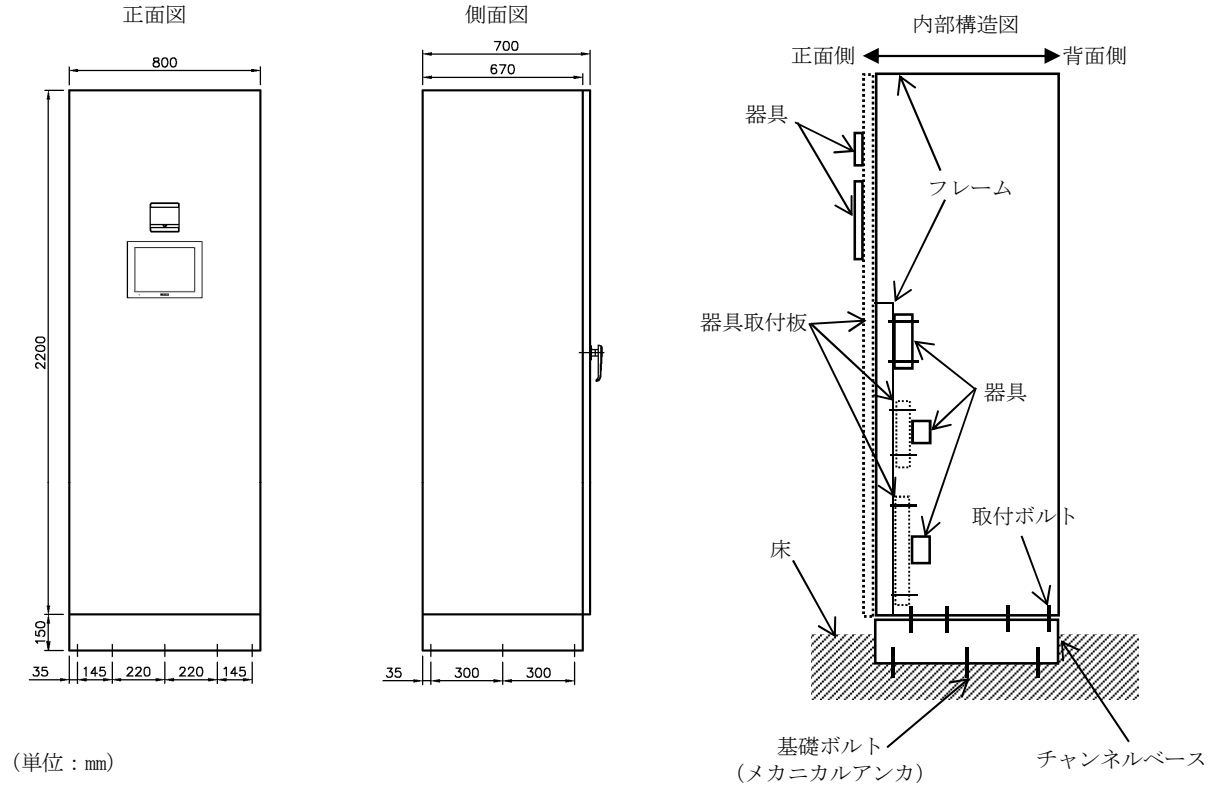
常設代替高圧電源装置遠隔操作盤は，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

常設代替高圧電源装置遠隔操作盤の構造計画を表2-1に示す。

表2-1　構造計画

計　画　の　概　要		概略構造図
基礎･支持構造	主体構造	
器具は器具取付板及びフレームに固定する。 器具取付板はボルト及び溶接にてフレームに固定する。 フレームは取付ボルトにてチャンネルベースに固定する。 チャンネルベースは基礎ボルトにて床面に据え付ける。	直立形 (鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤)	 (単位：mm)

2.2　評価方針

常設代替高圧電源装置遠隔操作盤の応力評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」のうち「3.1　構造強度上の制限」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.1　構造計画」にて示す常設代替高圧電源装置遠隔操作盤の部位を踏まえ，「3.　評価部位」にて設定する箇所において，「4.3　解析モデル及び諸元」及び「4.4　固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを，「4.　構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また，常設代替高圧電源装置遠隔操作盤の機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」のうち「4.2　電気的機能維持」にて設定した方針に基づき，地震時の応答加速度が電気的機能確認済加速度以下であることを「5.　機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「6.評価結果」に示す。常設代替高圧電源装置遠隔操作盤の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

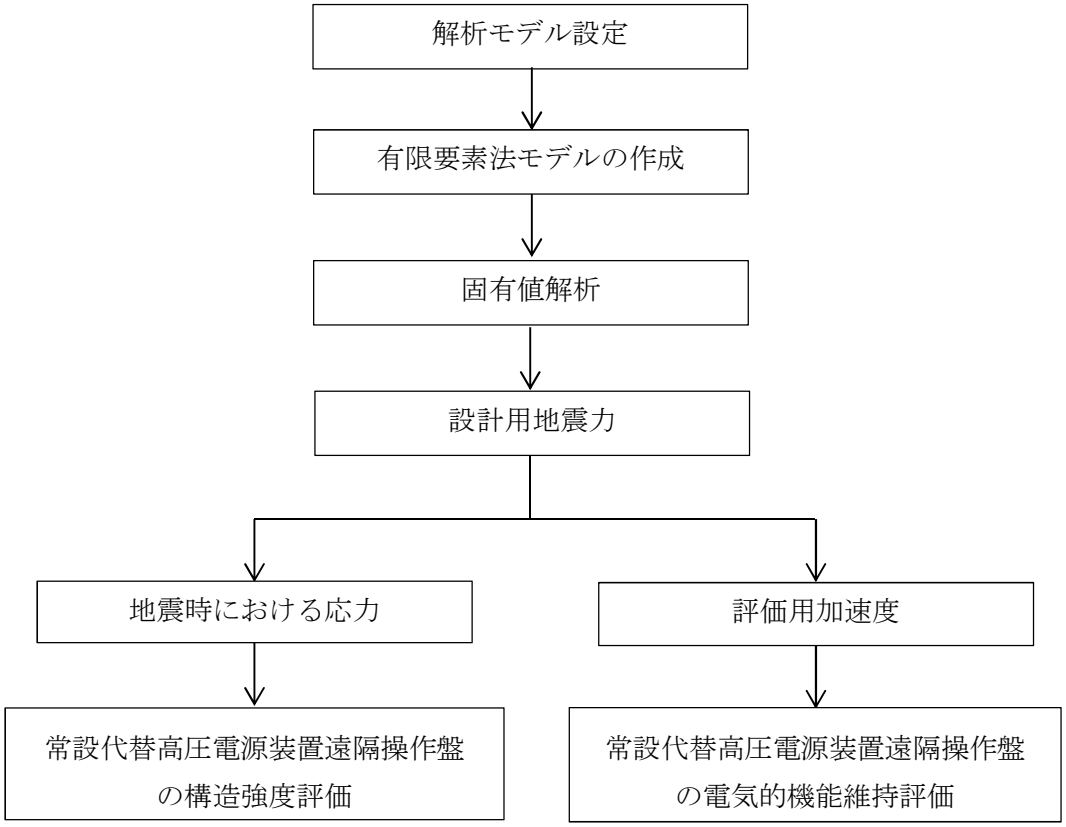


図 2-1　常設代替高圧電源装置遠隔操作盤の耐震評価フロー

2.3　適用基準

適用基準を以下に示す。

(1)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1987（日本電気協会）

(2)　原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１・補－1984（日本電気協会）

(3)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1991 追補版（日本電気協会）

(4)　発電用原子力設備規格　設計・建設規格（2005 年版（2007 年追補版含む。））　ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ1－2005/2007（日本機械学会）

2.4　記号の説明

記　　号	記　　号　　の　　説　　明	単位
C_H	水平方向設計震度	－
C_V	鉛直方向設計震度	－
T	温度条件（雰囲気温度）	℃
E	縦弾性係数	MPa
ν	ポアソン比	－
S_u	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表9に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表8に定める値	MPa
F^*	設計・建設規格　SSB-3121.3又はSSB-3133に定める値	MPa
フレームの応力計算に使用する記号		
A	フレームの断面積	mm^2
I_y	フレームの断面二次モーメント（Y軸）	mm^4
I_z	フレームの断面二次モーメント（Z軸）	mm^4
J	フレームのねじり定数	mm^4
A_y	フレームの有効せん断断面積（Y軸）	mm^2
A_z	フレームの有効せん断断面積（Z軸）	mm^2
Z_y	フレームのY軸まわりの断面係数	mm^3
Z_z	フレームのZ軸まわりの断面係数	mm^3
Z_p	フレームのねじり断面係数	mm^3
F_t	フレームに作用する引張力	N
F_c	フレームに作用する圧縮力	N
F_y	フレームに作用するY軸方向のせん断力	N
F_z	フレームに作用するZ軸方向のせん断力	N
M_y	フレームに作用するY軸周りの曲げモーメント	N･mm
M_z	フレームに作用するZ軸周りの曲げモーメント	N･mm
M_x	フレームに作用するねじりモーメント	N･mm
A_t	引張力が作用するフレームの断面積	mm^2
A_c	圧縮力が作用するフレームの断面積	mm^2
f_t	フレームの許容引張応力（f_t^*を1.5倍した値）	MPa
f_s	フレームの許容せん断応力（f_s^*を1.5倍した値）	MPa
f_c	フレームの許容圧縮応力（f_c^*を1.5倍した値）	MPa
f_b	フレームの許容曲げ応力（f_b^*を1.5倍した値）	MPa
σ_t	フレームに生じる引張応力	MPa
τ	フレームに生じるせん断応力	MPa
σ_c	フレームに生じる圧縮応力	MPa
σ_b	フレームに生じる曲げ応力	MPa

器具取付板及びチャンネルベースの応力計算に使用する記号		
σ_x, σ_y	膜＋曲げ応力	MPa
τ_{xy}	せん断応力	MPa
取付ボルト及び基礎ボルトの応力計算に使用する記号		
F_b	ボルトに作用する引張力	N
Q_b	ボルトに作用するせん断力	N
Q_y	ボルトに作用するＹ軸方向のせん断力	N
Q_z	ボルトに作用するＺ軸方向のせん断力	N
A_b	ボルトの断面積	mm^2
f_{to}	引張力のみを受ける基礎ボルトの許容引張応力（f_t*を1.5倍した値）	MPa
f_{sb}	せん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力（f_s*を1.5倍した値）	MPa
f_{ts}	引張力とせん断力を同時に受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
σ_{bt}	基礎ボルトに生じる引張応力	MPa
τ_b	基礎ボルトに生じるせん断応力	MPa

2.5　計算精度と数値の丸め方

精度は6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表2-2に示すとおりとする。

表2-2　表示する数値の丸め方

数値の種類		単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期		s	小数点以下第4位	四捨五入	小数点以下第3位
震度		－	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位
温度		℃	－	－	整数位
長さ	下記以外の長さ	mm	－	－	整数位*1
	板の厚さ	mm	－	－	小数点以下第1位
面積		mm^2	有効数字4桁目	四捨五入	有効数字3桁*2
モーメント		N･mm	有効数字4桁目	四捨五入	有効数字3桁*2
力		N	有効数字4桁目	四捨五入	有効数字3桁*2
算出応力		MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力*3		MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

注記　＊1：設計上定める値が小数点以下の場合は，小数点以下表示とする。

＊2：絶対値が1000以上のときはべき数表示とする。

＊3：設計・建設規格　付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は，比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨て，整数位までの値とする。

3. 評価部位

常設代替高圧電源装置遠隔操作盤の耐震評価は，耐震評価上厳しくなるフレーム，器具取付板，チャンネルベース，取付ボルト及び基礎ボルトについて実施する。常設代替高圧電源装置遠隔操作盤の評価部位については，表2-1の概略構造図に示す。

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

(1) 固有周期及び荷重を求めるため，盤を構成する鋼材をはり要素，鋼板及びチャンネルベースをシェル要素としてモデル化した3次元FEMモデルによる固有値解析を行う。固有周期が0.05秒以下であり，剛であることを確認した上で，1.2倍した設置床の最大応答加速度を用いた静解析を実施する。

(2) 常設代替高圧電源装置遠隔操作盤は，建屋の床面に設置し，基礎ボルトにより固定されるものとする。

(3) 解析モデルの質量には，盤の質量と取付器具の質量を考慮する。

(4) 耐震計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

常設代替高圧電源装置遠隔操作盤の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-1に示す。

4.2.2 許容応力

常設代替高圧電源装置遠隔操作盤の許容応力を表4-2は，添付書類「Ⅴ-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表4-2のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

常設代替高圧電源装置遠隔操作盤の使用材料の許容応力評価条件のうち，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-3に示す。

表4-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源設備	その他	常設代替高圧電源装置 遠隔操作盤	常設耐震／防止 常設／緩和	－*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS （V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記　＊1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

＊3：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表4-2　許容応力（その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2, *3（ボルト以外）				許容限界*2, *3（ボルト等）	
	一次応力				一次応力	
	引張	せん断	圧縮	曲げ	引張	せん断
$\mathrm{IV_AS}$	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$1.5 \cdot f_c^*$	$1.5 \cdot f_b^*$	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
$\mathrm{V_AS}$（$\mathrm{V_AS}$として$\mathrm{IV_AS}$の許容限界を用いる。）						

注記　＊1：「鋼構造設計基準　ＳＩ単位版」（2002年日本建築学会）等の幅厚比の制限を満足させる。

＊2：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊3：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-3　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y(RT) (MPa)
フレーム 器具取付板		周囲環境温度		245	400	—
チャンネル ベース				245	400	—
				235	400	—
取付ボルト				245	400	—
基礎ボルト						

4.3　解析モデル及び諸元

解析モデルは，盤を構成する鋼材をはり要素，鋼板及びチャンネルベースをシェル要素としてモデル化した 3 次元 FEM モデルである。解析モデルを図 4-1 に，解析モデルの諸元を表 4-4，外形図を図 4-2 に示す。

(1)　取付器具は，取付位置に質量要素として付加し，■ で示す。

(2)　拘束条件は，基礎ボルト位置で並進3方向を拘束する。

(3)　部材の機器要目を表4-5に示す。

(4)　解析コードは「ＭＳＣ　ＮＡＳＴＲＡＮ」を使用する。なお，評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については，添付書類「Ⅴ-5-1　計算機プログラム（解析コード）の概要　・ＭＳＣ　ＮＡＳＴＲＡＮ」に示す。

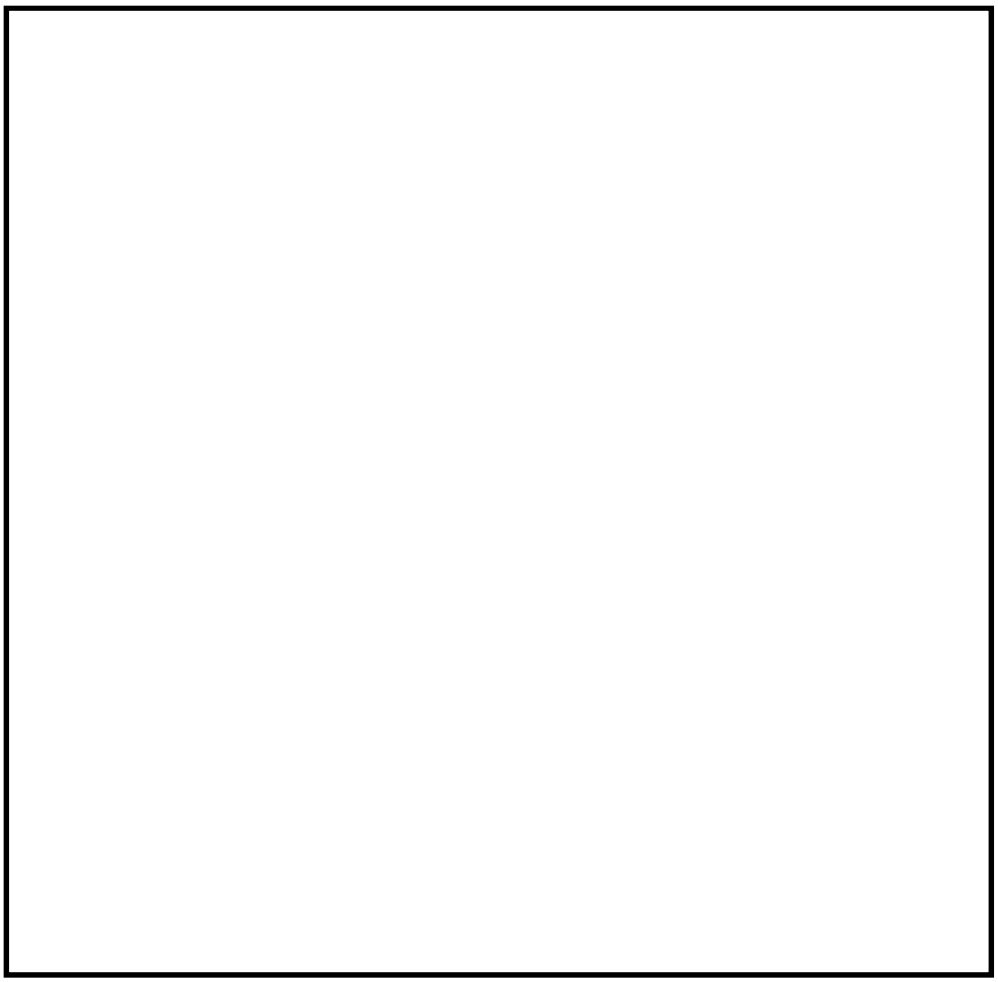


図 4-1　解析モデル

表 4-4　解析モデルの諸元

項目	記号	単位	入力値
材質	－	－	
温度条件(周囲環境温度)	T	℃	
縦弾性係数	E	MPa	
ポアソン比	ν	－	
要素数	－	個	
節点数	－	個	
寸法	－	－	図 4-2
質量（盤＋取付器具＋チャンネルベース)	－	kg	

表 4-5 部材の機器要目

機器名称			常設代替高圧電源装置遠隔操作盤		
対象要素			フレーム（枠組）	フレーム（その他形鋼）	フレーム（その他形鋼）
材料					
断面形状					
寸法		mm			
断面積	A	mm^2			
断面二次モーメント	I_z	mm^4			
	I_y	mm^4			
ねじり定数	J	mm^4			
せん断面積	A_y	mm^2			
	A_z	mm^2			
断面係数	Z_y	mm^3			
	Z_z	mm^3			

注記　＊：幅厚比を満足しないため，応力算出時の断面特性値は以下のとおりとする。

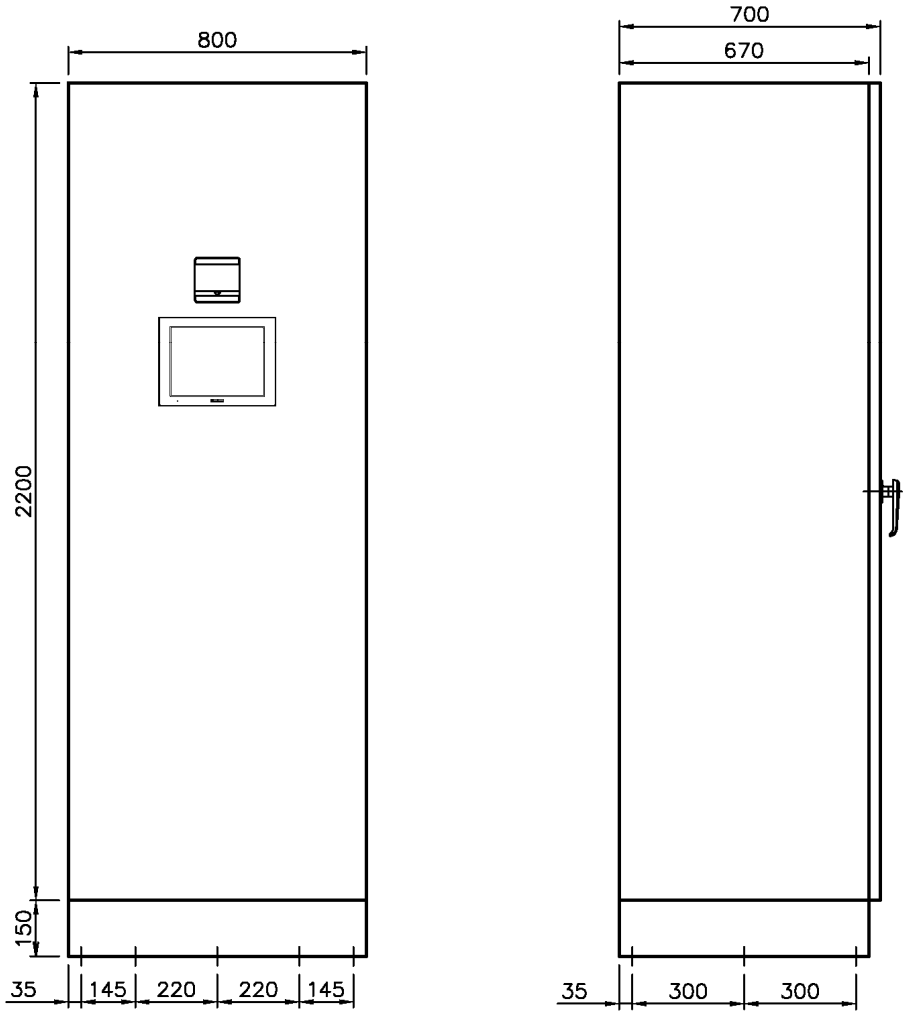


図 4-2　常設代替高圧電源装置遠隔操作盤　外形図

4.4　固有周期

固有値解析の結果を表 4-6 に示す。

1次モードは水平方向に卓越し，固有周期が0.05秒以下であり，剛であることを確認した。また，鉛直方向は 2 次モード以降で卓越し，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。

表 4-6　固有値解析結果

モード	固有周期 (s)	卓越方向
1 次	[redacted]	水平

4.5　設計用地震力

「基準地震動Ｓ$_s$」による地震力は，添付書類「Ⅴ-2-1-7　設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

評価に用いる設計用地震力を表4-7に示す。

表 4-7　設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		基準地震動Ｓ$_s$	
	水平 方向	鉛直 方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
[redacted] EL. 18. 00 (EL. 20. 30*1)	[redacted]	0. 05 以下*2	C_H＝1. 34	C_V＝1. 01

注記　＊1：基準床レベルを示す。

＊2：固有値解析より 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。

4.6　計算方法

4.6.1　器具取付板及びチャンネルベースの応力計算式

ＦＥＭ解析の結果から得られる器具取付板及びチャンネルベース部分のシェル要素の応力成分を用いて，表4-8の式により最大の組合せ応力を算出する。また，最大応力発生部位を図4-4に示す。

表 4-8　応力計算式

応力の種類	単位	応力計算式
組合せ	MPa	$\sqrt{\sigma_x^2+\sigma_y^2-\sigma_x\sigma_y+3\tau_{xy}^2}$

4.6.2　フレームの応力計算式

ＦＥＭ解析の結果から得られるフレーム部分のはり要素の荷重，モーメントを用いて，表4-9の式により最大応力及び組合せ応力を算出する。また，最大応力発生部位を図4-4に示す。

表 4-9　応力計算式

応力の種類		単位	応力計算式
引張応力 σ_t		MPa	$\frac{F_t}{A_t}$
せん断応力 τ		MPa	$\frac{F_y}{A_y}+\frac{F_z}{A_z}+\frac{M_x}{Z_p}$
圧縮応力 σ_c		MPa	$\frac{F_c}{A_c}$
曲げ応力 σ_b		MPa	$\frac{M_y}{Z_y}+\frac{M_z}{Z_z}$
組合せ	引張+曲げ	－	$\frac{\sigma_t+\sigma_b}{f_t}\leqq 1$
	圧縮+曲げ	－	$\frac{\sigma_c}{f_c}+\frac{\sigma_b}{f_b}\leqq 1$

4.6.3　取付ボルト及び基礎ボルトの応力計算式

FEM解析の結果から得られる取付ボルト及び基礎ボルト部の最大荷重を用いて，表4-10の式により最大応力及び組合せ応力を算出する。また，最大応力発生部位を図4-4に示す。

表 4-10　応力計算式

応力の種類	単位	応力計算式
引張応力　σ_{bt}	MPa	$\frac{F_b}{A_b}$
せん断応力　τ_b	MPa	$\frac{Q_b}{A_b}$

ここで，

基礎ボルトに作用するせん断力　$Q_b=\sqrt{Q_y^2+Q_z^2}$

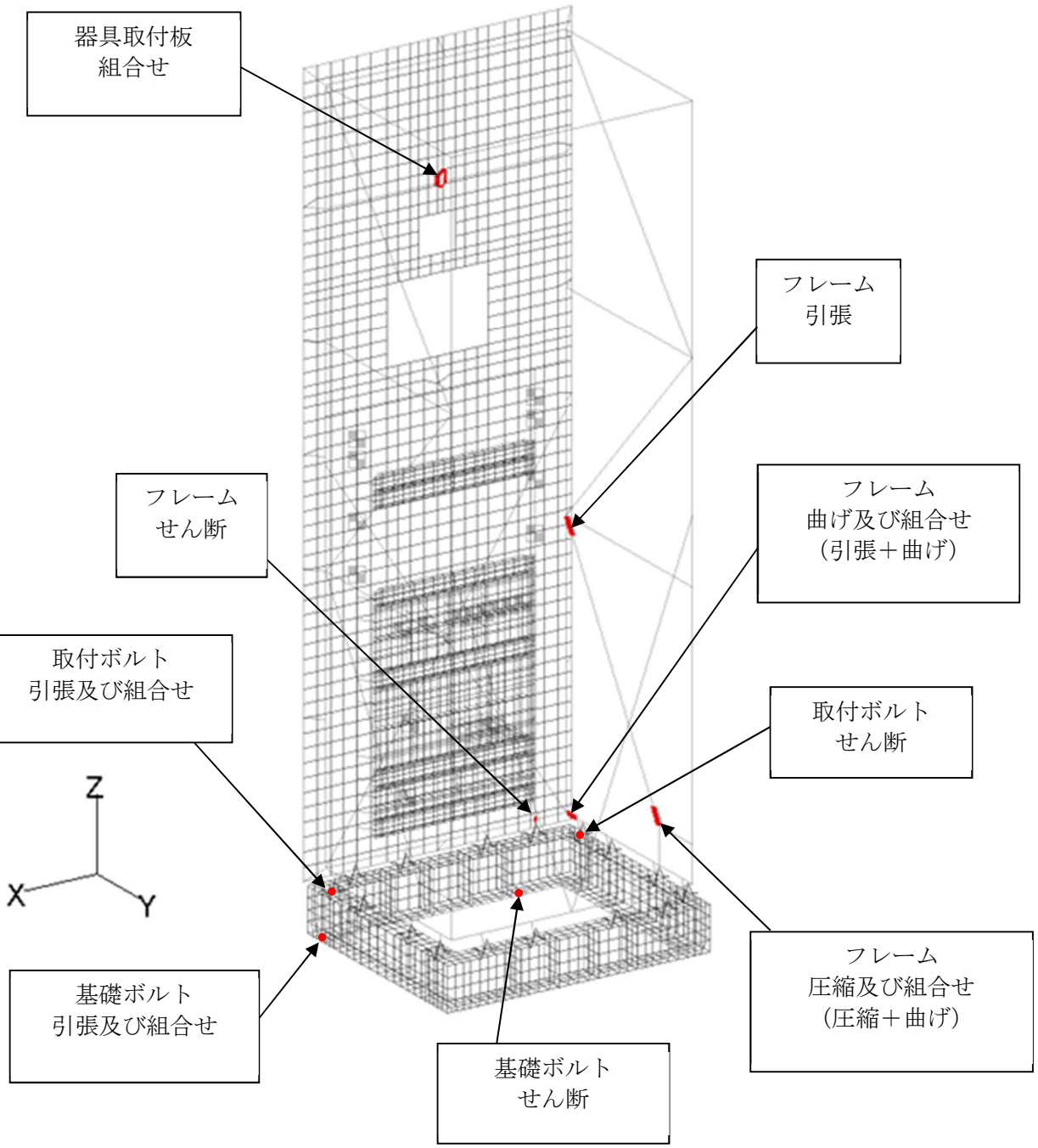


図 4-4　最大応力発生部位

4.7　計算条件

(1)　フレーム

（前後+上下）

記号	説明	単位	値
F_t	フレームに作用する引張力	N	4.26×10^3
F_c	フレームに作用する圧縮力	N	4.43×10^3
F_y	フレームに作用するＹ軸方向のせん断力	N	465
F_z	フレームに作用するＺ軸方向のせん断力	N	3.76×10^3
M_y	フレームに作用するＹ軸周りの曲げモーメント	N･mm	1.59×10^5
M_z	フレームに作用するＺ軸周りの曲げモーメント	N･mm	4.27×10^4
M_x	フレームに作用するねじりモーメント	N･mm	1.84×10^4
A_t	引張力が作用するフレームの断面積	mm^2	873
A_c	圧縮力が作用するフレームの断面積	mm^2	873
A_y	フレームの有効せん断断面積（Y 軸）	mm^2	450
A_z	フレームの有効せん断断面積（Z 軸）	mm^2	450
Z_y	フレームのＹ軸まわりの断面係数	mm^3	8.47×10^3
Z_z	フレームのＺ軸まわりの断面係数	mm^3	8.47×10^3
Z_p	フレームのねじり断面係数	mm^3	1.72×10^3
F^*	設計・建設規格　SSB-3121.3 に定める値	MPa	280

（左右+上下）

記号	説明	単位	値
F_t	フレームに作用する引張力	N	2.33×10^3
F_c	フレームに作用する圧縮力	N	3.41×10^3
F_y	フレームに作用するＹ軸方向のせん断力	N	311
F_z	フレームに作用するＺ軸方向のせん断力	N	4.35×10^3
M_y	フレームに作用するＹ軸周りの曲げモーメント	N･mm	1.98×10^5
M_z	フレームに作用するＺ軸周りの曲げモーメント	N･mm	2.75×10^4
M_x	フレームに作用するねじりモーメント	N･mm	7.95×10^3
A_t	引張力が作用するフレームの断面積	mm^2	564
A_c	圧縮力が作用するフレームの断面積	mm^2	873
A_y	フレームの有効せん断断面積（Ｙ軸）	mm^2	450
A_z	フレームの有効せん断断面積（Ｚ軸）	mm^2	450
Z_y	フレームのＹ軸まわりの断面係数	mm^3	8.47×10^3
Z_z	フレームのＺ軸まわりの断面係数	mm^3	8.47×10^3
Z_p	フレームのねじり断面係数	mm^3	1.72×10^3
F^*	設計・建設規格　SSB-3121.3 に定める値	MPa	280

(2) 取付ボルト及び基礎ボルト

取付ボルト（前後+上下）

記号	説明	単位	値
F_b	取付ボルトに作用する引張力	N	3.21×10^3
Q_y	取付ボルトに作用するY軸方向のせん断力	N	2.08×10^3
Q_z	取付ボルトに作用するZ軸方向のせん断力	N	471
A_b	取付ボルトの断面積（M12ボルト）	mm^2	113
F^*	設計・建設規格　SSB-3133に定める値	MPa	280

取付ボルト（左右+上下）

記号	説明	単位	値
F_b	取付ボルトに作用する引張力	N	4.15×10^3
Q_y	取付ボルトに作用するY軸方向のせん断力	N	1.40×10^3
Q_z	取付ボルトに作用するZ軸方向のせん断力	N	2.58×10^3
A_b	取付ボルトの断面積（M12ボルト）	mm^2	113
F^*	設計・建設規格　SSB-3133に定める値	MPa	280

基礎ボルト（前後+上下）

記号	説明	単位	値
F_b	基礎ボルトに作用する引張力	N	4.28×10^3
Q_y	基礎ボルトに作用するY軸方向のせん断力	N	777
Q_z	基礎ボルトに作用するZ軸方向のせん断力	N	1.95×10^3
A_b	基礎ボルトの断面積（M16ボルト）	mm^2	201
F^*	設計・建設規格　SSB-3133に定める値	MPa	280

基礎ボルト（左右+上下）

記号	説明	単位	値
F_b	基礎ボルトに作用する引張力	N	5.51×10^3
Q_y	基礎ボルトに作用するY軸方向のせん断力	N	2.21×10^3
Q_z	基礎ボルトに作用するZ軸方向のせん断力	N	232
A_b	基礎ボルトの断面積（M16ボルト）	mm^2	201
F^*	設計・建設規格　SSB-3133に定める値	MPa	280

4.8　応力の評価

4.8.1　フレームの応力評価

(1)　4.6.1項で求めた各応力が下表で定めた許容応力以下であること。ただし，許容組合せ応力は f_t 以下であること。

		基準地震動Ｓ$_s$による荷重との組合せの場合
許容引張応力 f_t		$\frac{F^*}{1.5}\cdot 1.5$
許容せん断応力 f_s		$\frac{F^*}{1.5\cdot\sqrt{3}}\cdot 1.5$
許容圧縮応力 f_c	($\lambda \leqq \Lambda$)	$\left\{1-0.4\cdot\left(\frac{\lambda}{\Lambda}\right)^2\right\}\cdot\frac{F^*}{\nu}\cdot 1.5$
	($\lambda > \Lambda$)	$0.277\cdot F^*\cdot\left(\frac{\Lambda}{\lambda}\right)^2\cdot 1.5$
許容曲げ応力 f_b		$\frac{F^*}{1.5}\cdot 1.5$

ただし，

$$\lambda = \frac{\ell_k}{i}$$

$$\Lambda = \sqrt{\frac{\pi^2\cdot E}{0.6\cdot F^*}}$$

$$\nu = 1.5+\frac{2}{3}\cdot\left(\frac{\lambda}{\Lambda}\right)^2$$

(2)　引張力と曲げモーメントを受ける部材の応力は次式を満足すること。

$$\frac{\sigma_t + \sigma_b}{f_t} \leqq 1$$

(3)　圧縮力と曲げモーメントを受ける部材の応力は次式を満足すること。

$$\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_b}{f_b} \leqq 1$$

4.8.2　基礎ボルトの応力評価

4.6.2項で求めた基礎ボルトの引張応力σ_{bt}は次式より求めた許容引張応力 f_{ts} 以下であること。ただし，f_{to}は下表による。

$$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}]$$

せん断応力τ_bは，せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 f_{sb} 以下であること。ただし， f_{sb} は下表による。

	基準地震動S_sによる荷重との組合せの場合
許容引張応力 f_{to}	$\dfrac{F^*}{2}\cdot 1.5$
許容せん断応力 f_{sb}	$\dfrac{F^*}{1.5\cdot\sqrt{3}}\cdot 1.5$

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

常設代替高圧電源装置遠隔操作盤の電気的機能維持評価について，以下に示す。

常設代替高圧電源装置遠隔操作盤の機能確認済加速度には，同形式の器具の正弦波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した加振台の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表5-1 機能確認済加速度 （×9.8 m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
常設代替高圧電源装置遠隔操作盤	水平	10.00
	鉛直	5.00

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

常設代替高圧電源装置遠隔操作盤の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【常設代替高圧電源装置遠隔操作盤の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
常設代替高圧電源装置遠隔操作盤	常設耐震／防止 常設／緩和	[redacted] EL. 18.00 (EL. 20.30*1)	[redacted]	0.05 以下*2	C_H＝1.34	C_V＝1.01	[redacted]

注記 ＊1：基準床レベルを示す。

＊2：固有値解析より 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。

1.2 機器要目

4.3 項に示すとおり。

1.3 計算数値

4.7 項に示すとおり。

1.4 結論

1.4.1 応力

部材	材料	応力	加速度の方向	基準地震動S_s	
				算出応力	許容応力
フレーム		引張り	前後+上下	σ_t = 5	f_t = 280
			左右+上下	σ_t = 5	
		せん断	前後+上下	τ = 21	f_s = 161
			左右+上下	τ = 15	
		圧縮	前後+上下	σ_c = 6	f_c = 46
			左右+上下	σ_c = 4	
		曲げ	前後+上下	σ_b = 24	f_b = 280
			左右+上下	σ_b = 27	
		引張＋曲げの組合せ	－	$\frac{\sigma_t + \sigma_b}{f_t} \leqq 1$	
			前後+上下	0.09（無次元）	
			左右+上下	0.10（無次元）	
		圧縮＋曲げの組合せ	－	$\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_b}{f_b} \leqq 1$	
			前後+上下	0.13（無次元）	
			左右+上下	0.13（無次元）	
器具取付板 チャンネルベース		組合せ	前後+上下	σ_f = 34	f_t = 280
			左右+上下	σ_f = 32	
取付ボルト		引張り	前後+上下	σ_{bt} = 29	f_{ts} = 210*
			左右+上下	σ_{bt} = 37	
		せん断	前後+上下	τ_b = 19	f_{sb} = 161
			左右+上下	τ_b = 26	
基礎ボルト		引張り	前後+上下	σ_{bt} = 22	f_{ts} = 168*
			左右+上下	σ_{bt} = 28	
		せん断	前後+上下	τ_b = 11	f_{sb} = 129
			左右+上下	τ_b = 12	

すべて許容応力以下である。　　＊：f_{ts}＝Min[1.4・f_{to}－1.6・τ_b，f_{to}]より算出

1.4.2 電気的機能維持の評価結果　　（×9.8 m/s²）

		評価用加速度	機能確認済加速度
常設代替高圧電源装置 遠隔操作盤	水平方向	1.11	10.00
	鉛直方向	0.84	5.00

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

Ⅴ-2-10-1-7-18　緊急時対策所用メタルクラッド開閉装置の耐震性についての計算書

目次

1. 概要 ····· 1
2. 一般事項 ····· 1
2.1 構造計画 ····· 1
3. 固有周期 ····· 3
4. 構造強度評価 ····· 3
4.1 構造強度評価方法 ····· 3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力 ····· 3
5. 機能維持評価 ····· 7
5.1 電気的機能維持評価方法 ····· 7
6. 評価結果 ····· 8
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 8

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，緊急時対策所用メタルクラッド開閉装置が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

緊急時対策所用メタルクラッド開閉装置は，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

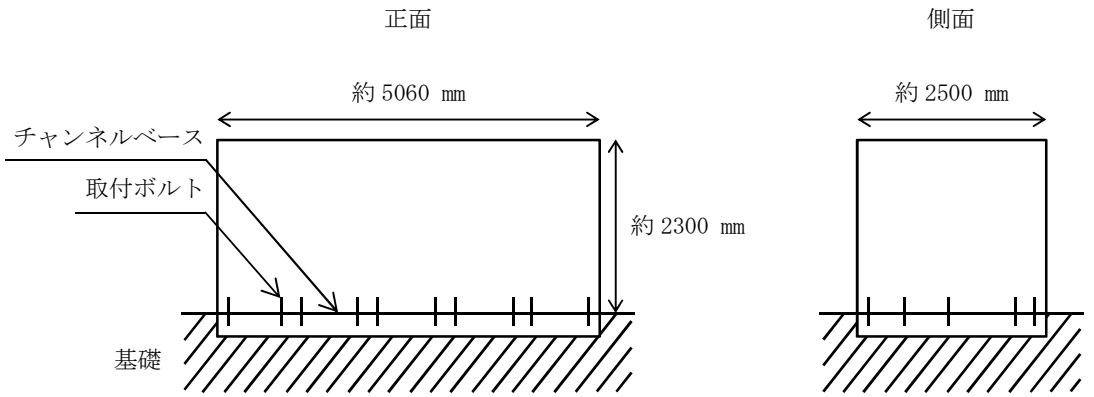
2. 一般事項

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を行う。

2.1 構造計画

緊急時対策所用メタルクラッド開閉装置の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
緊急時対策所用メタルクラッド開閉装置は，基礎に埋め込まれた埋込金物で固定されたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。	直立形 （鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤）	

3.　固有周期

緊急時対策所用メタルクラッド開閉装置の固有周期は，構造が同様な盤に対する打振試験の測定結果から，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛とする。固有周期を表 3-1 に示す。

表 3-1　固有周期（s）

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

緊急時対策所用メタルクラッド開閉装置は直立形であるため，構造強度評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

4.2　荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

緊急時対策所用メタルクラッド開閉装置の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2　許容応力

緊急時対策所用メタルクラッド開閉装置の許容応力は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

緊急時対策所用メタルクラッド開閉装置の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-3 に示す。

表 4-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源設備	その他	緊急時対策所用メタルクラッド開閉装置	常設／防止 常設／緩和	—*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS （V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記　＊1：「常設／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

＊3：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4-2　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 （ボルト等）	
	一次応力	
	引張り	せん断
$Ⅳ_AS$	1.5・f_t*	1.5・f_s*
$Ⅴ_AS$ （$Ⅴ_AS$として$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）		

注記　＊1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-3　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y(RT) (MPa)
取付ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	235	400	－

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

緊急時対策所用メタルクラッド開閉装置の電気的機能維持評価について，以下に示す。

電気的機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

緊急時対策所用メタルクラッド開閉装置に設置される器具の機能確認済加速度には，同形式の器具の地震波加振試験又は正弦波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した器具の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 （×9.8 m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
緊急時対策所用メタルクラッド開閉装置	水平	3.70
	鉛直	2.00

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

緊急時対策所用メタルクラッド開閉装置の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次項以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次項以降の表に示す。

【緊急時対策所用メタルクラッド開閉装置の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

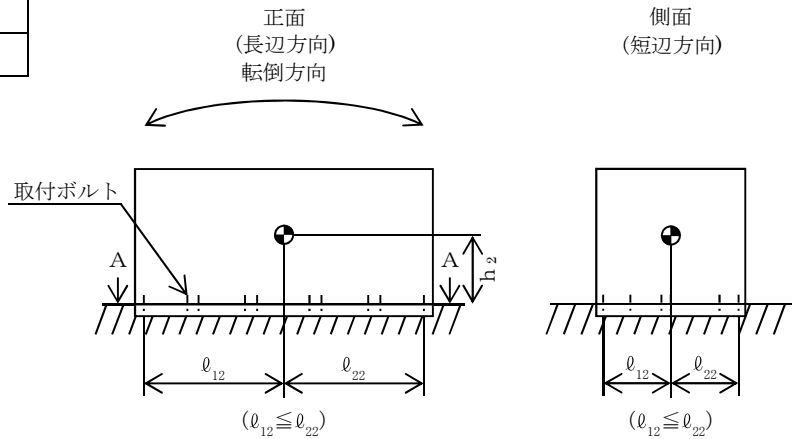
機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
緊急時対策所用メタルクラッド開閉装置	常設／防止 常設／緩和	緊急時対策所建屋 EL. 37. 00	0. 05 以下	0. 05 以下	－	－	C_H＝1. 62	C_v＝1. 41	40

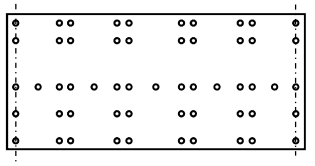
1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	n_{fi}*
取付ボルト (i＝2)							10
							5

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i＝2)	235	400	－	280	－	長辺方向





A～A矢視図

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	－	1.432×10^4	－	2.040×10^5

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=46$	$f_{ts2}=210$*
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=12$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot\tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

1.4.2 電気的機能維持の評価結果

(×9.8 m/s^2)

		評価用加速度	機能確認済加速度
緊急時対策所用メタルクラッド開閉装置	水平方向	1.35	3.70
	鉛直方向	1.17	2.00

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

Ⅴ-2-10-1-7-19　緊急時対策所用動力変圧器の耐震性についての計算書

目次

1. 概要 ····· 1
2. 一般事項 ····· 1
2.1 構造計画 ····· 1
3. 固有周期 ····· 3
4. 構造強度評価 ····· 3
4.1 構造強度評価方法 ····· 3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力 ····· 3
5. 機能維持評価 ····· 7
5.1 電気的機能維持評価方法 ····· 7
6. 評価結果 ····· 8
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 8

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，緊急時対策所用動力変圧器が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

緊急時対策所用動力変圧器は，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

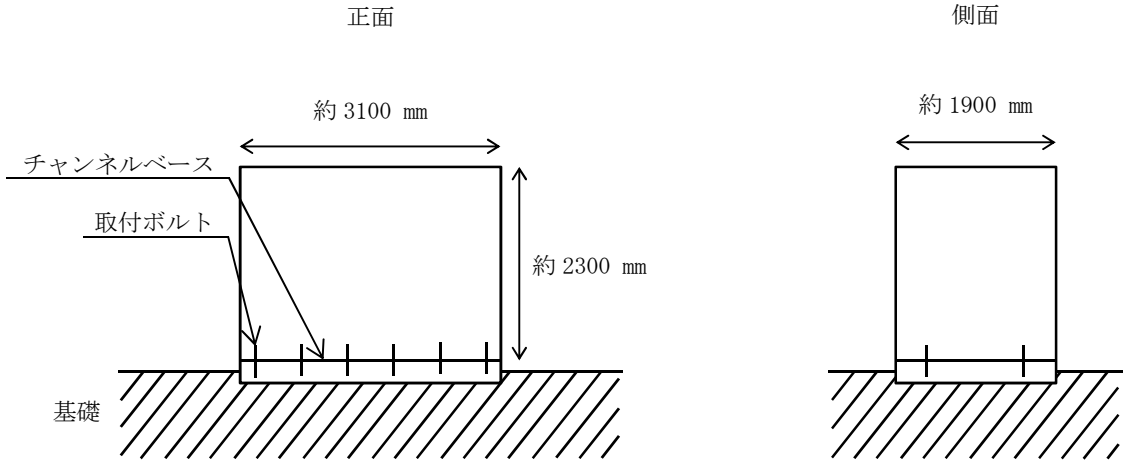
2. 一般事項

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を行う。

2.1 構造計画

緊急時対策所用動力変圧器の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
緊急時対策所用動力変圧器は，基礎に埋め込まれた埋込金物で固定されたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。	直立形 （鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤）	

3.　固有周期

緊急時対策所用動力変圧器の固有周期は，構造が同様な盤に対する打振試験の測定結果から，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛とする。固有周期を表 3-1 に示す。

表 3-1　固有周期（s）

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

緊急時対策所用動力変圧器は直立形であるため，構造強度評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

4.2　荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

緊急時対策所用動力変圧器の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2　許容応力

緊急時対策所用動力変圧器の許容応力は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

緊急時対策所用動力変圧器の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-3 に示す。

表 4-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源設備	その他	緊急時対策所用動力変圧器	常設／防止 常設／緩和	―*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS （V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記　＊1：「常設／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

＊3：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4-2　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 （ボルト等）	
	一次応力	
	引張り	せん断
$Ⅳ_AS$	1.5・f_t*	1.5・f_s*
$Ⅴ_AS$ （$Ⅴ_AS$として$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）		

注記　＊1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-3　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y(RT) (MPa)
取付ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	235	400	－

5.　機能維持評価

5.1　電気的機能維持評価方法

緊急時対策所用動力変圧器の電気的機能維持評価について，以下に示す。

変圧器はＪＥＡＧ４６０１－1987 において「装置」に分類され，機能維持評価は構造健全性を確認することとされている。したがって，緊急時対策所用動力変圧器の機能維持評価は，支持構造物が健全であることの確認により行う。

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

緊急時対策所用動力変圧器の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次項以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価は支持構造物が健全であることの確認により行うため,評価結果は(1)構造強度評価結果による。

【緊急時対策所用動力変圧器の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

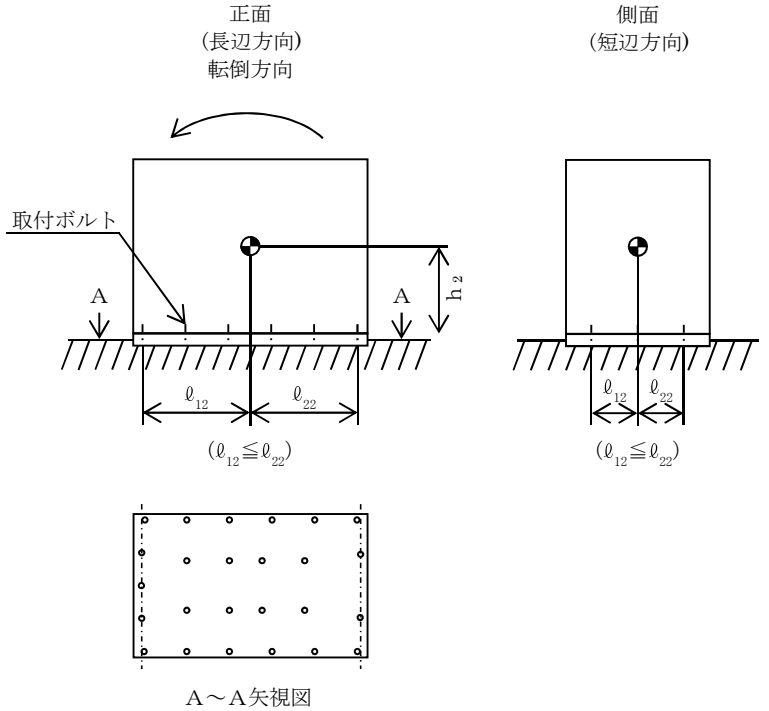
機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
緊急時対策所用動力変圧器	常設／防止 常設／緩和	緊急時対策所建屋 EL. 37.00	0.05 以下	0.05 以下	－	－	C_H＝1.62	C_v＝1.41	

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i} *1 (mm)	ℓ_{2i} *1 (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	n_{fi} *1
取付ボルト (i＝2)							6 2*2

注記 ＊1：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。
＊2：転倒方向に対して取付ボルトの本数が異なるため，評価上厳しくなる方向で耐震計算を行う。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i＝2)	235	400	－	280	－	長辺方向



A～A矢視図

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	－	2.801×10^4	－	1.346×10^5

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=90$	$f_{ts2}=210$*
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=18$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot\tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

Ⅴ-2-10-1-7-20　緊急時対策所用パワーセンタの耐震性についての計算書

目次

1. 概要 ····· 1
2. 一般事項 ····· 1
2.1 構造計画 ····· 1
3. 固有周期 ····· 3
4. 構造強度評価 ····· 3
4.1 構造強度評価方法 ····· 3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力 ····· 3
5. 機能維持評価 ····· 7
5.1 電気的機能維持評価方法 ····· 7
6. 評価結果 ····· 8
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 8

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，緊急時対策所用パワーセンタが設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

緊急時対策所用パワーセンタは，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

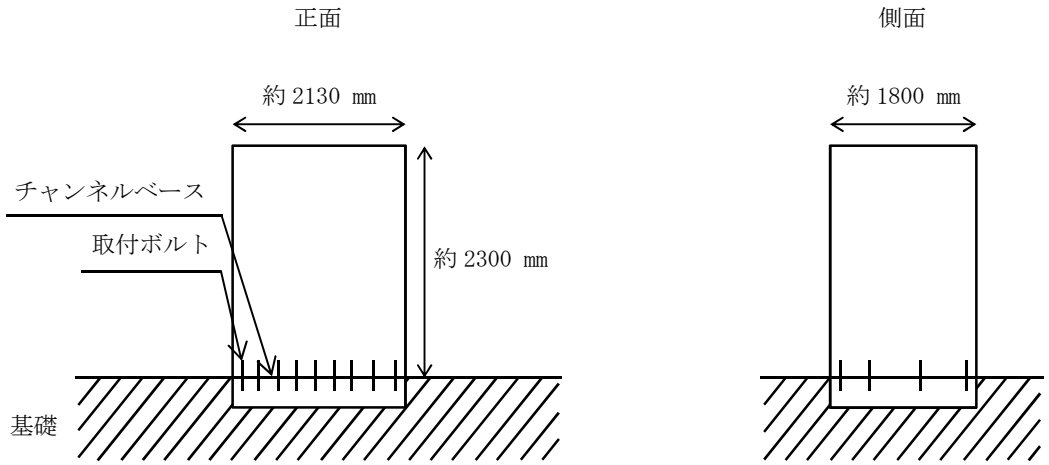
2. 一般事項

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を行う。

2.1 構造計画

緊急時対策所用パワーセンタの構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
緊急時対策所用パワーセンタは，基礎に埋め込まれた埋込金物で固定されたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。	直立形 （鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤）	

3.　固有周期

緊急時対策所用パワーセンタの固有周期は,構造が同様な盤に対する打振試験の測定結果から,固有周期は 0.05 秒以下であり，剛とする。固有周期を表 3-1 に示す。

表 3-1　固有周期（s）

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

緊急時対策所用パワーセンタは直立形であるため，構造強度評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

4.2　荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

緊急時対策所用パワーセンタの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2　許容応力

緊急時対策所用パワーセンタの許容応力は,添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

緊急時対策所用パワーセンタの使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-3 に示す。

表 4-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源設備	その他	緊急時対策所用パワーセンタ	常設／防止 常設／緩和	－*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS （V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記　＊1：「常設／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

＊3：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4-2　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 （ボルト等）	
	一次応力	
	引張り	せん断
$Ⅳ_AS$	1.5・f_t*	1.5・f_s*
$Ⅴ_AS$ （$Ⅴ_AS$として$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）		

注記　＊1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-3　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
取付ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	235	400	－

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

緊急時対策所用パワーセンタの電気的機能維持評価について，以下に示す。

電気的機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

緊急時対策所用パワーセンタに設置される器具の機能確認済加速度には，同形式の器具の地震波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した器具の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 （×9.8 m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
緊急時対策所用パワーセンタ	水平	1.93
	鉛直	1.64

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

緊急時対策所用パワーセンタの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次項以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次項以降の表に示す。

【緊急時対策所用パワーセンタの耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

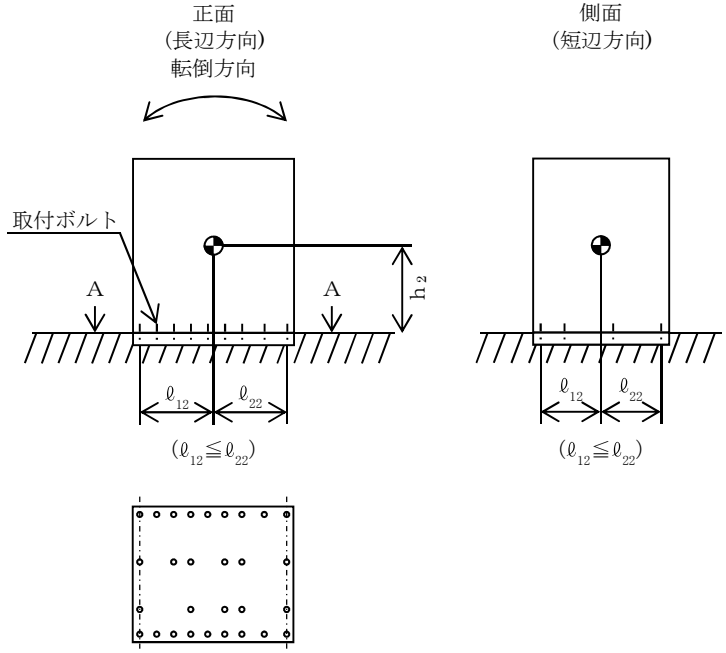
機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
緊急時対策所用パワーセンタ	常設／防止 常設／緩和	緊急時対策所建屋 EL. 37.00	0.05 以下	0.05 以下	－	－	C_H＝1.62	C_v＝1.41	[redacted]

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	n_{fi}*
取付ボルト (i＝2)	[redacted]						9
							4

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i＝2)	235	400	－	280	－	長辺方向



A～A矢視図

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	－	1.242×10^4	－	7.300×10^4

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=40$	$f_{ts2}=210$*
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=8$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot\tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($\times9.8\ m/s^2$)

		評価用加速度	機能確認済加速度
緊急時対策所用パワーセンタ	水平方向	1.35	1.93
	鉛直方向	1.17	1.64

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

Ⅴ-2-10-1-7-21　緊急時対策所用モータコントロールセンタの耐震性についての計算書

目次

1. 概要 ····· 1
2. 一般事項 ····· 1
2.1 構造計画 ····· 1
3. 固有周期 ····· 3
4. 構造強度評価 ····· 3
4.1 構造強度評価方法 ····· 3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力 ····· 3
5. 機能維持評価 ····· 7
5.1 電気的機能維持評価方法 ····· 7
6. 評価結果 ····· 8
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 8

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，緊急時対策所用モータコントロールセンタが設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

緊急時対策所用モータコントロールセンタは，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

緊急時対策所用モータコントロールセンタは，以下の表 1-1 に示す盤から構成される。本計算書においては，その各々の盤に対して耐震計算を行う。

表 1-1　緊急時対策所用モータコントロールセンタの構成

系統	盤名称	個数
緊急時対策所用モータコントロールセンタ 2A	緊急時対策所用 480V モータコントロールセンタ	1
	緊急時対策所用 210V モータコントロールセンタ	1
	緊急時対策所用モータコントロールセンタ変圧器盤	1
緊急時対策所用モータコントロールセンタ 2B	緊急時対策所用 480V モータコントロールセンタ	1
	緊急時対策所用 210V モータコントロールセンタ	1
	緊急時対策所用モータコントロールセンタ変圧器盤	1

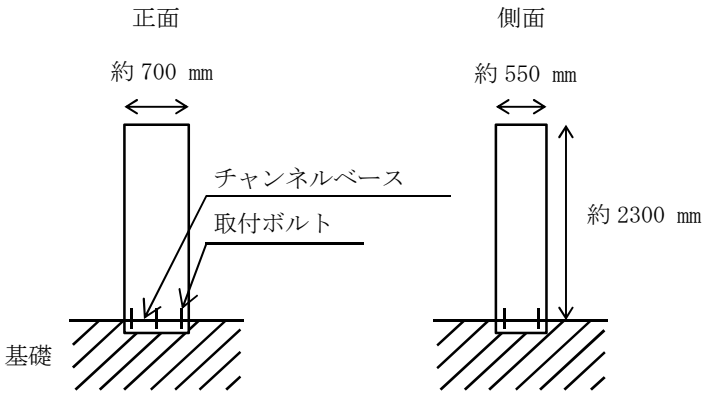
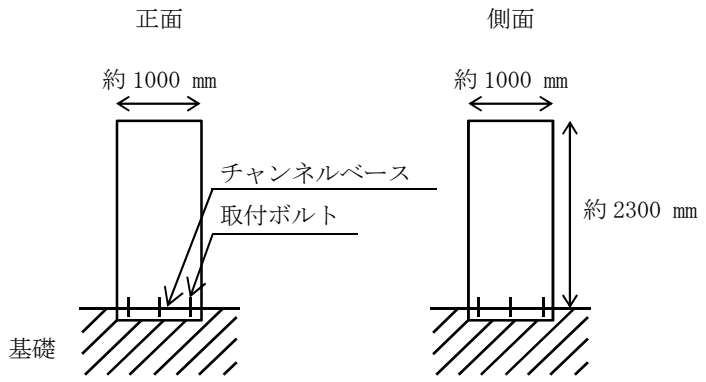
2. 一般事項

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を行う。

2.1　構造計画

緊急時対策所用モータコントロールセンタの構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
緊急時対策所用モータコントロールセンタは，基礎に埋め込まれた埋込金物で固定されたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。	直立形 （鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤）	（緊急時対策所用モータコントロールセンタ 2A/2B(480V，210V)の概略構造図）  （緊急時対策所用モータコントロールセンタ 2A/2B(変圧器盤)の概略構造図） 

3.　固有周期

緊急時対策所用モータコントロールセンタの固有周期は，構造が同様な盤に対する打振試験の測定結果から，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛とする。固有周期を表 3-1 に示す。

表 3-1　固有周期（s）

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

緊急時対策所用モータコントロールセンタは直立形であるため，構造強度評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

4.2　荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

緊急時対策所用モータコントロールセンタの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2　許容応力

緊急時対策所用モータコントロールセンタの許容応力は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

緊急時対策所用モータコントロールセンタの使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-3 に示す。

表 4-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源設備	その他	緊急時対策所用モータコントロールセンタ	常設／防止 常設／緩和	―*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS （V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記　＊1：「常設／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

＊3：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4-2　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 （ボルト等）	
	一次応力	
	引張り	せん断
$Ⅳ_AS$	1.5・f_t*	1.5・f_s*
$Ⅴ_AS$ （$Ⅴ_AS$として$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）		

注記　＊1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-3　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y(RT) (MPa)
取付ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	235	400	－

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

緊急時対策所用モータコントロールセンタの電気的機能維持評価について，以下に示す。

電気的機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

緊急時対策所用モータコントロールセンタに設置される器具の機能確認済加速度には，同形式の器具の正弦波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した器具の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

緊急時対策所用モータコントロールセンタ変圧器盤は，ＪＥＡＧ４６０１－1987 において「装置」に分類され，機能維持評価は構造健全性を確認することとされている。したがって，これらの機能維持評価は，支持構造物が健全であることの確認により行う。

表 5-1 機能確認済加速度 （×9.8 m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
緊急時対策所用モータコントロールセンタ	水平	2.40
	鉛直	2.00

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

緊急時対策所用モータコントロールセンタの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次項以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次項以降の表に示す。

【緊急時対策所用モータコントロールセンタ 2A/2B(480V, 210V)の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

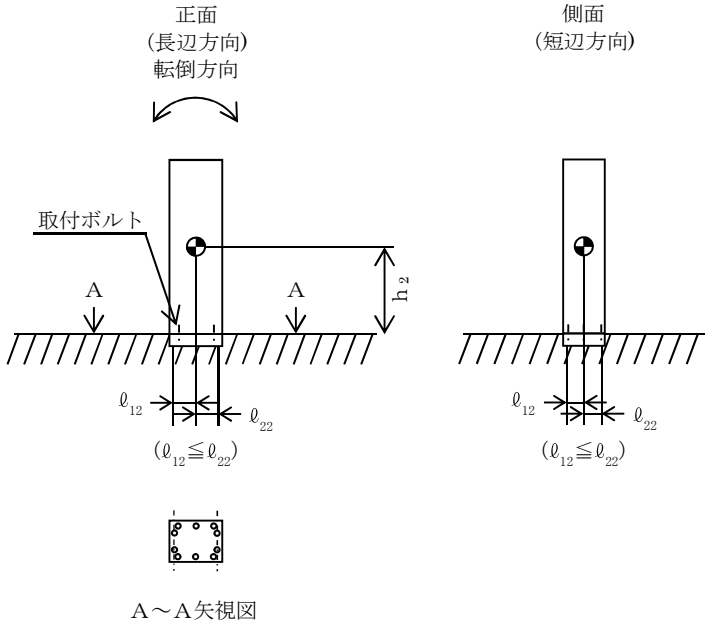
機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
緊急時対策所用モータコントロールセンタ 2A/2B(480V, 210V)	常設／防止 常設／緩和	緊急時対策所建屋 EL. 37.00	0.05 以下	0.05 以下	－	－	C_H＝1.62	C_v＝1.41	

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	n_{fi}*
取付ボルト (i＝2)							3
							2

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i＝2)	235	400	－	280	－	長辺方向



A～A矢視図

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	－	9.542×10^3	－	8.738×10^3

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=31$	$f_{ts2}=210$*
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

1.4.2 電気的機能維持の評価結果

(×9.8 m/s^2)

		評価用加速度	機能確認済加速度
緊急時対策所用モータコントロールセンタ 2A/2B(480V, 210V)	水平方向	1.35	2.40
	鉛直方向	1.17	2.00

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

【緊急時対策所用モータコントロールセンタ 2A/2B(変圧器盤)の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

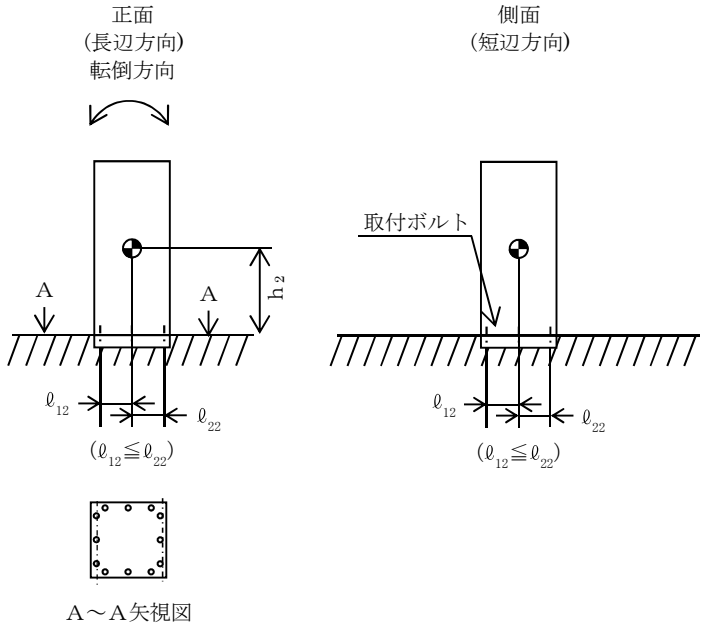
機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
緊急時対策所用モータコントロールセンタ 2A/2B(変圧器盤)	常設／防止 常設／緩和	緊急時対策所建屋 EL. 37.00	0.05 以下	0.05 以下	－	－	C_H＝1.62	C_v＝1.41	

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	n_{fi}*
取付ボルト (i＝2)							3 3

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i＝2)	235	400	－	280	－	長辺方向



A～A矢視図

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	－	9.546×10^3	－	2.145×10^4

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=31$	$f_{ts2}=210$*
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=6$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot\tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

Ⅴ-2-10-1-7-22　緊急時対策所用 100V 分電盤の耐震性についての計算書

目次

1. 概要 ····· 1
2. 一般事項 ····· 1
2.1 構造計画 ····· 1
3. 固有周期 ····· 4
4. 構造強度評価 ····· 4
4.1 構造強度評価方法 ····· 4
4.2 荷重の組合せ及び許容応力 ····· 4
5. 機能維持評価 ····· 8
5.1 電気的機能維持評価方法 ····· 8
6. 評価結果 ····· 9
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 9

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，緊急時対策所用 100V 分電盤が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

緊急時対策所用 100V 分電盤は，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

緊急時対策所用 100V 分電盤は，以下の表 1-1 に示す盤から構成される。本計算書においては，その各々の盤に対して耐震計算を行う。

表 1-1　緊急時対策所用 100V 分電盤の構成

系統	盤名称	個数
緊急時対策所用 100V 分電盤	緊急時対策所用 100V 分電盤 1	1
	緊急時対策所用 100V 分電盤 2-1	1
	緊急時対策所用 100V 分電盤 2-2	1

2. 一般事項

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を行う。

2.1　構造計画

緊急時対策所用 100V 分電盤の構造計画を表 2-1 及び表 2-2 に示す。

表 2-1　構造計画（緊急時対策所用 100V 分電盤 1，緊急時対策所用 100V 分電盤 2-1）

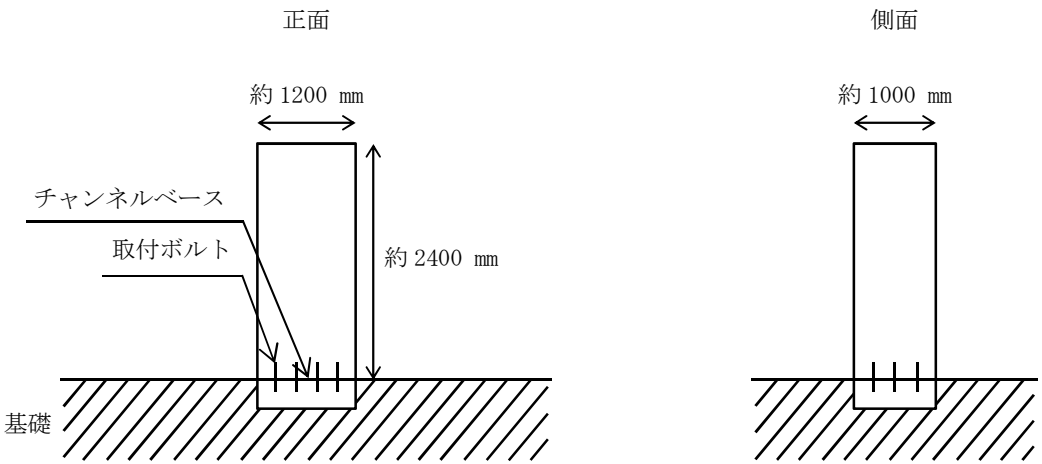
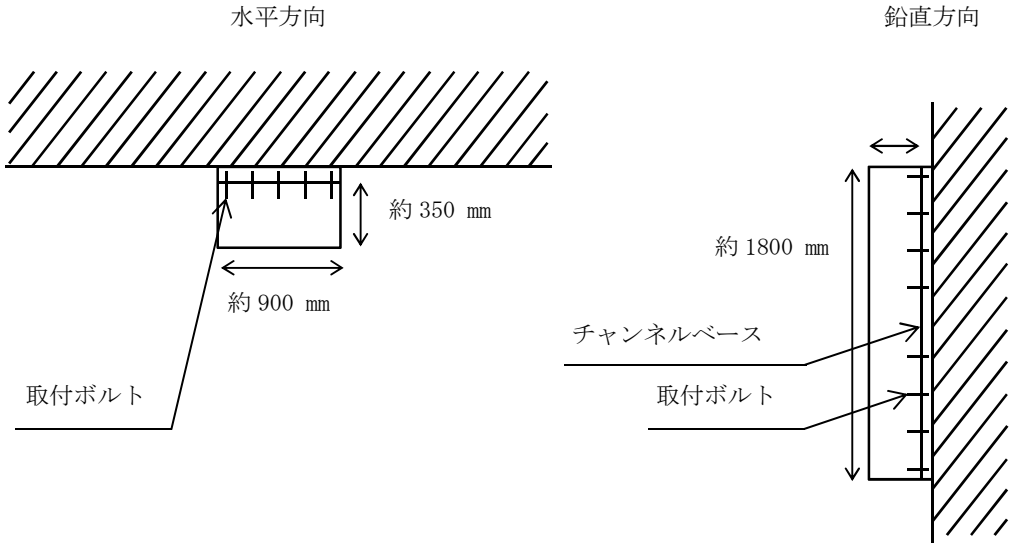
計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
緊急時対策所用 100V 分電盤のうち緊急時対策所用 100V 分電盤 1 及び緊急時対策所用 100V 分電盤 2-1 は，基礎に埋め込まれた埋込金物で固定されたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。	直立形 （鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤）	

表 2-2　構造計画（緊急時対策所用 100V 分電盤 2-2）

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
緊急時対策所用 100V 分電盤のうち緊急時対策所用 100V 分電盤 2-2 は，基礎に埋め込まれた埋込金物で固定されたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。	壁掛形 （鋼材及び鋼板を組み合わせた壁掛形の盤）	

3. 固有周期

緊急時対策所用 100V 分電盤の固有周期は，構造が同様な盤に対する打振試験の測定結果から，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛とする。固有周期を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期（s）

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

緊急時対策所用 100V 分電盤は直立形又は壁掛形であるため，構造強度評価は，添付書類「V-2-1-13-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

緊急時対策所用 100V 分電盤の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

緊急時対策所用 100V 分電盤の許容応力は，添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

緊急時対策所用 100V 分電盤の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-3 に示す。

表 4-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源設備	その他	緊急時対策所用100V 分電盤	常設／防止 常設／緩和	―*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS （V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記　＊1：「常設／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

＊3：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4-2　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 （ボルト等）	
	一次応力	
	引張り	せん断
$Ⅳ_AS$	1.5・f_t*	1.5・f_s*
$Ⅴ_AS$ （$Ⅴ_AS$として$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）		

注記　＊1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-3　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
取付ボルト*1	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	235	400	－
取付ボルト*2	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	245	400	－

注記　＊1：緊急時対策所用 100V 分電盤 1 及び緊急時対策所用 100V 分電盤 2-1 の各ボルトを示す。

＊2：緊急時対策所用 100V 分電盤 2-2 の各ボルトを示す。

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

緊急時対策所用 100V 分電盤の電気的機能維持評価について，以下に示す。

電気的機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

緊急時対策所用 100V 分電盤に設置される器具の機能確認済加速度には，同形式の器具の正弦波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した器具の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 （×9.8 m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
緊急時対策所用 100V 分電盤	水平	4.00
	鉛直	2.00

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

緊急時対策所用 100V 分電盤の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次項以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次項以降の表に示す。

【緊急時対策所用100V分電盤1の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

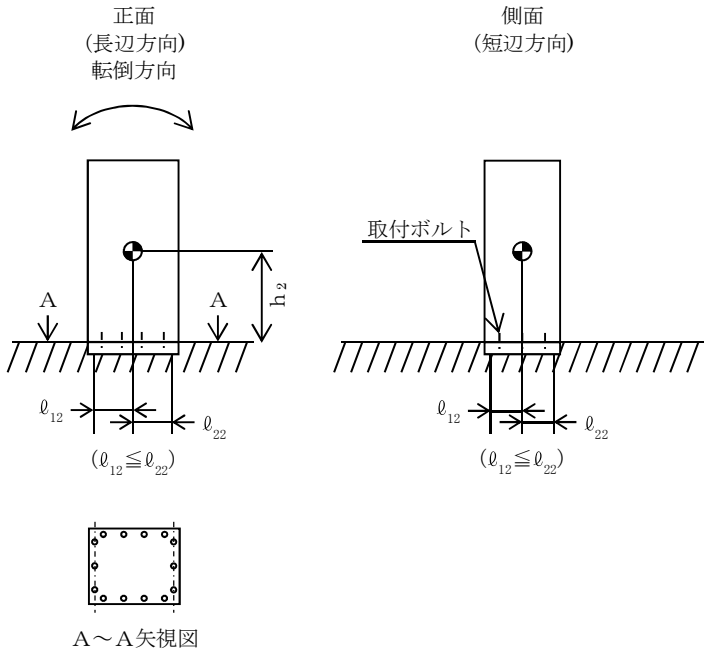
機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
緊急時対策所用100V分電盤1	常設／防止 常設／緩和	緊急時対策所建屋 EL. 23.30	0.05以下	0.05以下	－	－	C_H=1.43	C_v=1.27	

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	n_{fi}*
取付ボルト (i=2)							4 3

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	235	400	－	280	－	長辺方向



A～A矢視図

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	－	7.103×10^3	－	1.963×10^4

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=23$	$f_{ts2}=210$*
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($\times9.8$ m/s^2)

		評価用加速度	機能確認済加速度
緊急時対策所用 100V 分電盤 1	水平方向	1.20	4.00
	鉛直方向	1.06	2.00

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

【緊急時対策所用100V分電盤2-1の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

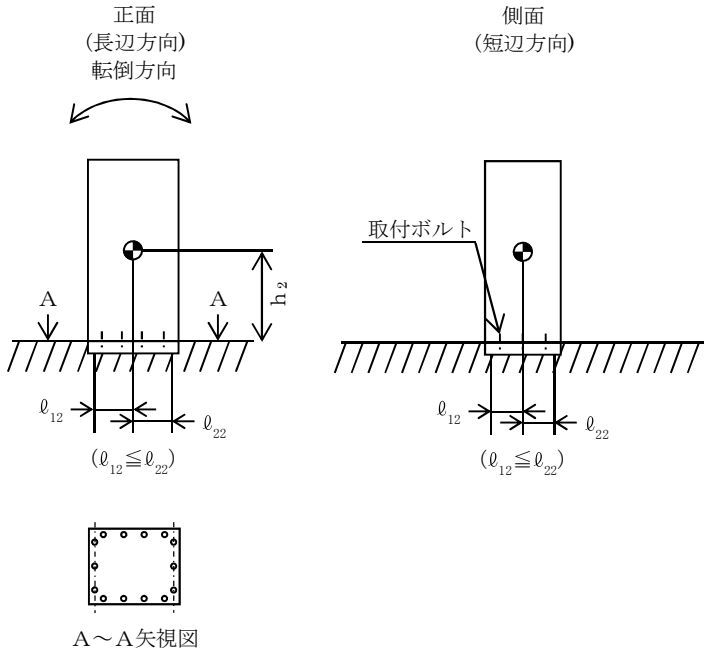
機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
緊急時対策所用100V分電盤2-1	常設／防止 常設／緩和	緊急時対策所建屋 EL. 30. 30	0.05以下	0.05以下	－	－	C_H=1.54	C_v=1.36	

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	n_{fi}*
取付ボルト (i=2)							4 3

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	235	400	－	280	－	長辺方向



A～A矢視図

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	－	7.808×10^3	－	2.114×10^4

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=25$	$f_{ts2}=210$*
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

1.4.2 電気的機能維持の評価結果

(×9.8 m/s^2)

		評価用加速度	機能確認済加速度
緊急時対策所用 100V 分電盤 2-1	水平方向	1.28	4.00
	鉛直方向	1.14	2.00

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

【緊急時対策所用100V分電盤2-2の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

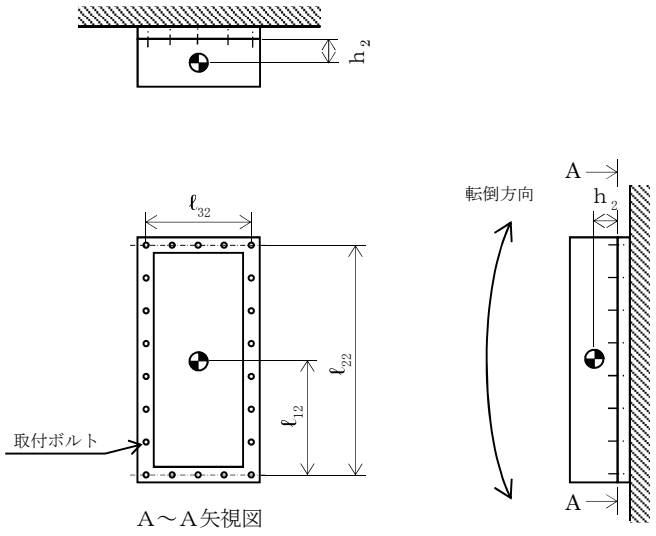
機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
緊急時対策所用100V分電盤2-2	常設／防止 常設／緩和	緊急時対策所建屋 EL. 30. 30 (EL. 37. 00*)	0. 05以下	0. 05以下	－	－	C_H＝1. 62	C_v＝1. 41	

注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i} (mm)	ℓ_{2i} (mm)	ℓ_{3i} (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	n_{fVi}	n_{fHi}
取付ボルト (i＝2)								5	8

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i＝2)	245	400	－	280	－	鉛直方向



A～A矢視図

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	－	1.032×10^3	－	1.424×10^4

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=10$	$f_{ts2}=210$*
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=6$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot\tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($\times9.8$ m/s^2)

		評価用加速度	機能確認済加速度
緊急時対策所用 100V 分電盤 2-2	水平方向	1.35	4.00
	鉛直方向	1.17	2.00

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

Ⅴ-2-10-1-7-23　緊急時対策所用直流 125V 主母線盤の耐震性についての計算書

目次

1. 概要 ····· 1
2. 一般事項 ····· 1
2.1 構造計画 ····· 1
3. 固有周期 ····· 3
4. 構造強度評価 ····· 3
4.1 構造強度評価方法 ····· 3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力 ····· 3
5. 機能維持評価 ····· 7
5.1 電気的機能維持評価方法 ····· 7
6. 評価結果 ····· 8
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 8

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，緊急時対策所用直流 125V 主母線盤が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

緊急時対策所用直流 125V 主母線盤は，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

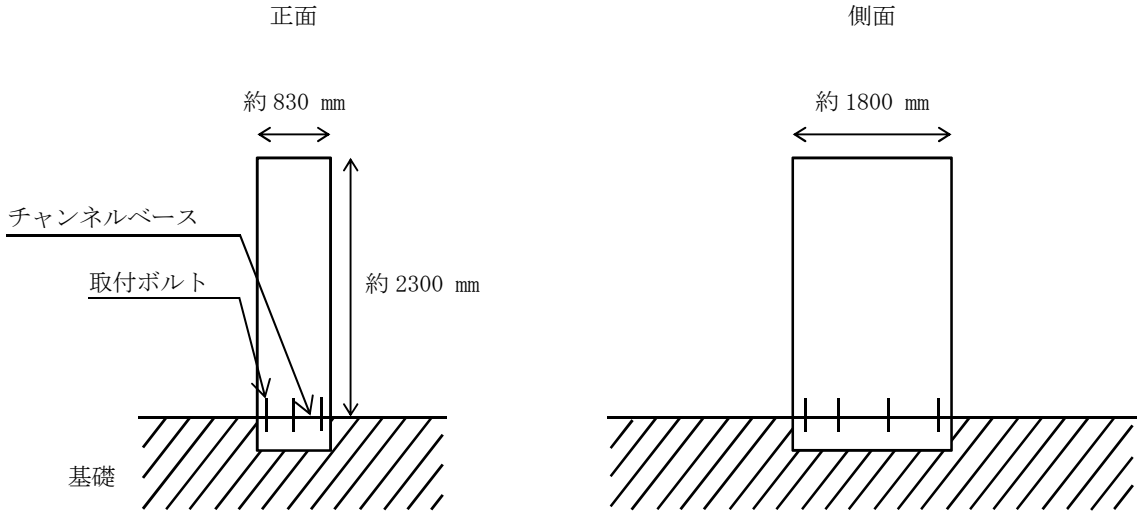
2. 一般事項

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を行う。

2.1 構造計画

緊急時対策所用直流 125V 主母線盤の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
緊急時対策所用直流 125V 主母線盤は，基礎に埋め込まれた埋込金物で固定されたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。	直立形 （鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤）	

3.　固有周期

緊急時対策所用直流 125V 主母線盤の固有周期は,構造が同様な盤に対する打振試験の測定結果から，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛とする。固有周期を表 3-1 に示す。

表 3-1　固有周期（s）

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

緊急時対策所用直流 125V 主母線盤は直立形であるため，構造強度評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

4.2　荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

緊急時対策所用直流 125V 主母線盤の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2　許容応力

緊急時対策所用直流 125V 主母線盤の許容応力は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

緊急時対策所用直流 125V 主母線盤の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-3 に示す。

表 4-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源設備	その他	緊急時対策所用直流 125V 主母線盤	常設／防止 常設／緩和	－*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS （V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記　＊1：「常設／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

＊3：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4-2　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 （ボルト等）	
	一次応力	
	引張り	せん断
$Ⅳ_AS$	1.5・f_t*	1.5・f_s*
$Ⅴ_AS$ （$Ⅴ_AS$として$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）		

注記　＊1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-3　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y(RT) (MPa)
取付ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	235	400	－

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

緊急時対策所用直流 125V 主母線盤の電気的機能維持評価について，以下に示す。

電気的機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

緊急時対策所用直流 125V 主母線盤に設置される器具の機能確認済加速度には，同形式の器具の地震波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した器具の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 （×9.8 m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
緊急時対策所用直流 125V 主母線盤	水平	1.93
	鉛直	1.64

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

緊急時対策所用直流 125V 主母線盤の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次項以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次項以降の表に示す。

【緊急時対策所用直流125V主母線盤の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

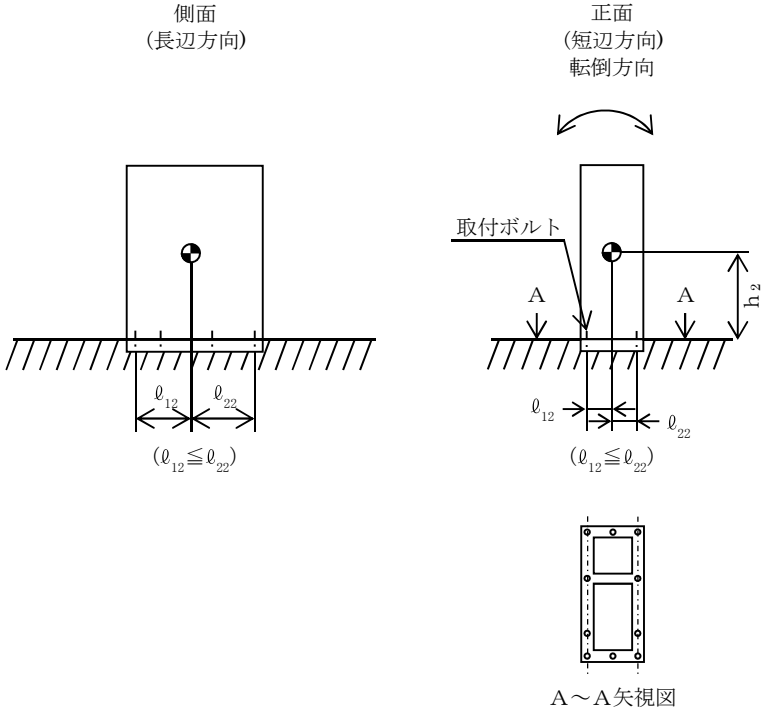
機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
緊急時対策所用直流125V主母線盤	常設／防止 常設／緩和	緊急時対策所建屋 EL. 37. 00	0.05以下	0.05以下	－	－	C_H＝1.62	C_v＝1.41	

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	n_{fi}*
取付ボルト (i＝2)							4 3

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i＝2)	235	400	－	280	－	短辺方向



1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	－	9.981×10^{3}	－	2.351×10^{4}

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=32$	$f_{ts2}=210$*
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=8$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

1.4.2 電気的機能維持の評価結果

(×9.8 m/s^2)

		評価用加速度	機能確認済加速度
緊急時対策所用 直流125V主母線盤	水平方向	1.35	1.93
	鉛直方向	1.17	1.64

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

Ⅴ-2-10-1-7-24　緊急時対策所用直流 125V 分電盤の耐震性についての計算書

目次

1. 概要 ····· 1
2. 一般事項 ····· 1
2.1 構造計画 ····· 1
3. 固有周期 ····· 3
4. 構造強度評価 ····· 3
4.1 構造強度評価方法 ····· 3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力 ····· 3
5. 機能維持評価 ····· 7
5.1 電気的機能維持評価方法 ····· 7
6. 評価結果 ····· 8
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 8

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，緊急時対策所用直流 125V 分電盤が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

緊急時対策所用直流 125V 分電盤は，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

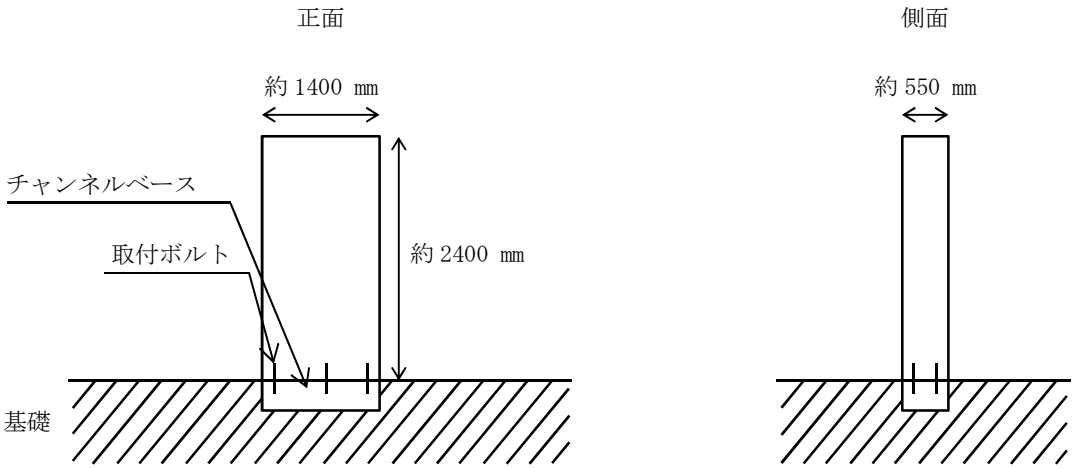
2. 一般事項

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を行う。

2.1 構造計画

緊急時対策所用直流 125V 分電盤の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
緊急時対策所用直流 125V 分電盤は，基礎に埋め込まれた埋込金物で固定されたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。	直立形 （鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤）	

3.　固有周期

緊急時対策所用直流 125V 分電盤の固有周期は,構造が同様な盤に対する打振試験の測定結果から，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛とする。固有周期を表 3-1 に示す。

表 3-1　固有周期（s）

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

緊急時対策所用直流 125V 分電盤は直立形であるため，構造強度評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

4.2　荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

緊急時対策所用直流 125V 分電盤の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2　許容応力

緊急時対策所用直流 125V 分電盤の許容応力は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

緊急時対策所用直流 125V 分電盤の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-3 に示す。

表 4-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源設備	その他	緊急時対策所用直流 125V 分電盤	常設／防止 常設／緩和	―*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS （V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記　＊1：「常設／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

＊3：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4-2　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 （ボルト等）	
	一次応力	
	引張り	せん断
$Ⅳ_AS$	1.5・f_t*	1.5・f_s*
$Ⅴ_AS$ （$Ⅴ_AS$として$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）		

注記　＊1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-3　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
取付ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	235	400	－

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

緊急時対策所用直流 125V 分電盤の電気的機能維持評価について，以下に示す。

電気的機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

緊急時対策所用直流 125V 分電盤に設置される器具の機能確認済加速度には，同形式の器具の正弦波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した器具の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 （×9.8 m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
緊急時対策所用 直流 125V 分電盤	水平	4.00
	鉛直	2.00

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

緊急時対策所用直流 125V 分電盤の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次項以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次項以降の表に示す。

【緊急時対策所用直流125V分電盤の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

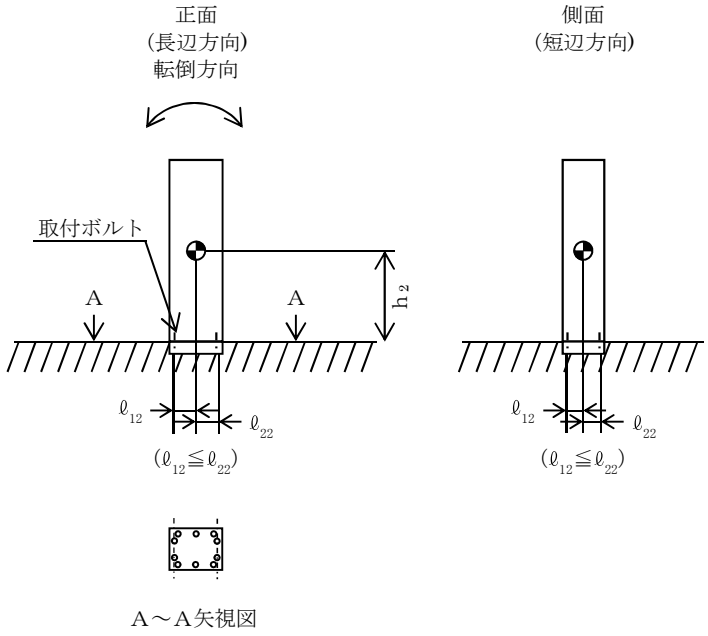
機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
緊急時対策所用直流125V分電盤	常設／防止 常設／緩和	緊急時対策所建屋 EL. 37. 00	0.05以下	0.05以下	－	－	C_H＝1.62	C_v＝1.41	

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	n_{fi}*
取付ボルト (i＝2)							3
							2

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i＝2)	235	400	－	280	－	長辺方向



A～A矢視図

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	－	9.505×10^3	－	8.738×10^3

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=31$	$f_{ts2}=210$*
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($\times9.8$ m/s^2)

		評価用加速度	機能確認済加速度
緊急時対策所用直流125V分電盤	水平方向	1.35	4.00
	鉛直方向	1.17	2.00

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

Ⅴ-2-10-1-7-25　緊急時対策所用災害対策本部操作盤の耐震性についての計算書

目次

1. 概要 ····· 1
2. 一般事項 ····· 1
2.1 構造計画 ····· 1
3. 固有周期 ····· 3
4. 構造強度評価 ····· 3
4.1 構造強度評価方法 ····· 3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力 ····· 3
5. 機能維持評価 ····· 7
5.1 電気的機能維持評価方法 ····· 7
6. 評価結果 ····· 8
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 8

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，緊急時対策所用災害対策本部操作盤が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

緊急時対策所用災害対策本部操作盤は，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

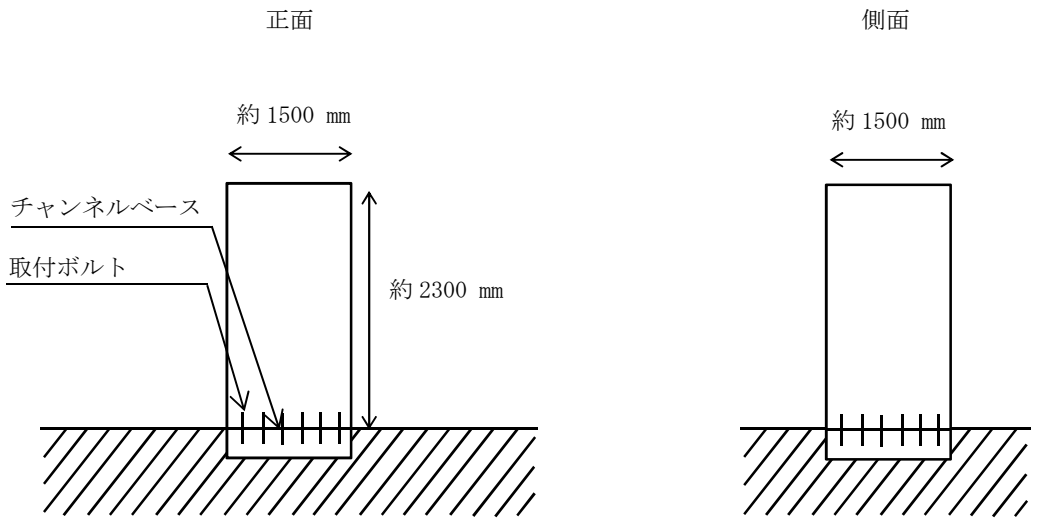
2. 一般事項

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を行う。

2.1 構造計画

緊急時対策所用災害対策本部操作盤の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
緊急時対策所用災害対策本部操作盤は，基礎に埋め込まれた埋込金物で固定されたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。	直立形 （鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤）	

3.　固有周期

緊急時対策所用災害対策本部操作盤の固有周期は，構造が同様な盤に対する打振試験の測定結果から，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛とする。固有周期を表 3-1 に示す。

表 3-1　固有周期（s）

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

緊急時対策所用災害対策本部操作盤は直立形であるため，構造強度評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

4.2　荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

緊急時対策所用災害対策本部操作盤の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2　許容応力

緊急時対策所用災害対策本部操作盤の許容応力は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

緊急時対策所用災害対策本部操作盤の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-3 に示す。

表 4-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源設備	その他	緊急時対策所用災害対策本部操作盤	常設／防止 常設／緩和	－*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS （V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記　＊1：「常設／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

＊3：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4-2　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 （ボルト等）	
	一次応力	
	引張り	せん断
$Ⅳ_AS$	1.5・f_t*	1.5・f_s*
$Ⅴ_AS$ （$Ⅴ_AS$として$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）		

注記　＊1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-3　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
取付ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	235	400	－

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

緊急時対策所用災害対策本部操作盤の電気的機能維持評価について，以下に示す。

電気的機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

緊急時対策所用災害対策本部操作盤に設置される器具の機能確認済加速度には，同形式の器具の正弦波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した器具の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 （×9.8 m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
緊急時対策所用 災害対策本部操作盤	水平	4.00
	鉛直	2.00

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

緊急時対策所用災害対策本部操作盤の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次項以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次項以降の表に示す。

【緊急時対策所用災害対策本部操作盤の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

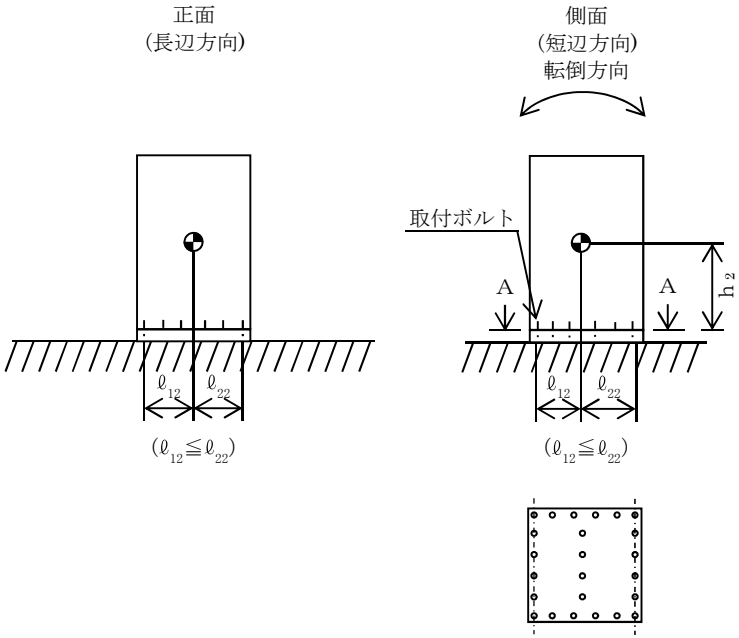
機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
緊急時対策所用災害対策本部操作盤	常設／防止 常設／緩和	緊急時対策所建屋 EL. 30. 30	0.05 以下	0.05 以下	－	－	C_H＝1.54	C_v＝1.36	

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	n_{fi}*
取付ボルト (i＝2)							6
							6

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i＝2)	235	400	－	280	－	短辺方向



A～A矢視図

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	－	2.820×10^3	－	1.812×10^4

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=14$	$f_{ts2}=210$*
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($\times9.8\ m/s^2$)

		評価用加速度	機能確認済加速度
緊急時対策所用災害対策本部操作盤	水平方向	1.28	4.00
	鉛直方向	1.14	2.00

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

Ⅴ-2-10-1-7-26　緊急時対策所用非常用換気空調設備操作盤の耐震性についての計算書

目次

1. 概要 ····· 1
2. 一般事項 ····· 1
2.1 構造計画 ····· 1
3. 固有周期 ····· 4
4. 構造強度評価 ····· 4
4.1 構造強度評価方法 ····· 4
4.2 荷重の組合せ及び許容応力 ····· 4
5. 機能維持評価 ····· 8
5.1 電気的機能維持評価方法 ····· 8
6. 評価結果 ····· 9
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 9

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，緊急時対策所用非常用換気空調設備操作盤が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

緊急時対策所用非常用換気空調設備操作盤は，重大事故等対処設備においては常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

緊急時対策所用非常用換気空調設備操作盤は，以下の表 1-1 に示す盤から構成される。本計算書においては，その各々の盤に対して耐震計算を行う。

表 1-1　緊急時対策所用非常用換気空調設備操作盤の構成

系統	盤名称	個数
緊急時対策所用非常用換気空調設備操作盤	操作盤	2
	補機補助盤	2
	オペレータコンソール机	1

2. 一般事項

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を行う。

2.1　構造計画

緊急時対策所用非常用換気空調設備操作盤の構造計画を表 2-1 及び表 2-2 に示す。

表 2-1　構造計画（操作盤，補機補助盤）

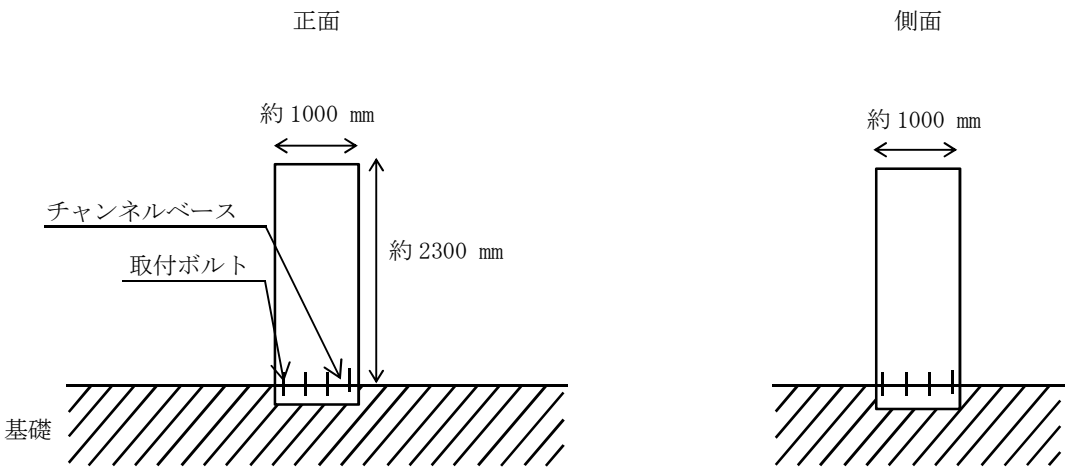
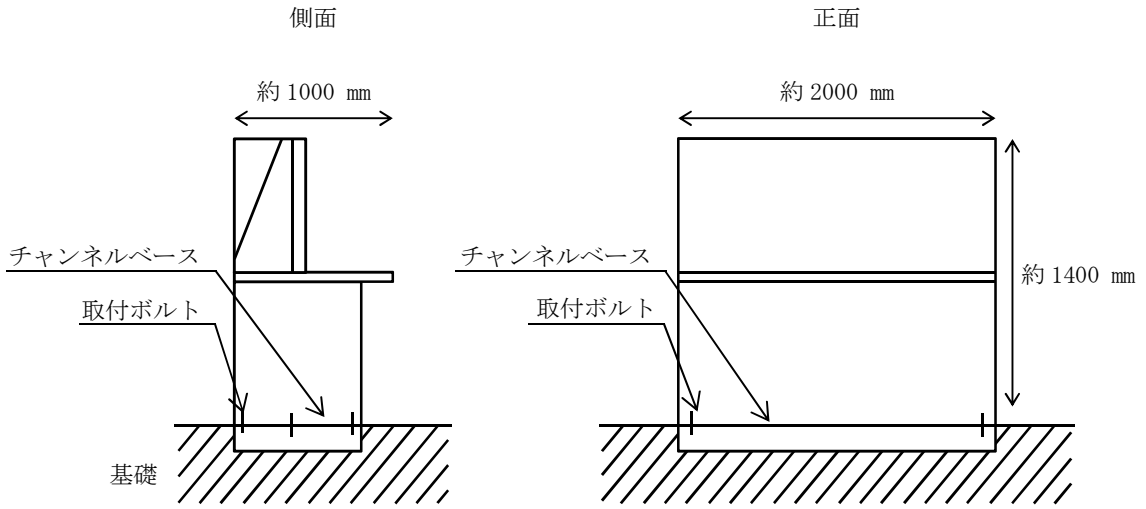
計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
緊急時対策所用非常用換気空調設備操作盤のうち操作盤及び補機補助盤は，基礎に埋め込まれた埋込金物で固定されたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。	直立形 （鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤）	

表 2-2　構造計画（オペレータコンソール机）

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
緊急時対策所用非常用換気空調設備操作盤のうちオペレータコンソール机は，基礎に埋め込まれた埋込金物で固定されたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。	ベンチ形 （鋼材及び鋼板を組み合わせたベンチ形の操作卓）	

3. 固有周期

緊急時対策所用非常用換気空調設備操作盤の固有周期は，構造が同様な盤に対する打振試験の測定結果から，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛とする。固有周期を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期（s）

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

緊急時対策所用非常用換気空調設備操作盤の構造は直立形及びベンチ形であるため，構造強度評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

緊急時対策所用非常用換気空調設備操作盤の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

緊急時対策所用非常用換気空調設備操作盤の許容応力は，添付書類「Ⅴ-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力

緊急時対策所用非常用換気空調設備操作盤の使用材料の許容応力のうち重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-3 に示す。

表 4-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源設備	その他	緊急時対策所用非常用換気空調設備操作盤	常設／緩和	－*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS（V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記　＊1：「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

＊3：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4-2　許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 （ボルト等）	
	一次応力	
	引張り	せん断
IV_AS	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
V_AS （V_ASとしてIV_ASの 許容限界を用いる。）		

注記　＊1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-3　使用材料の許容応力（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y(RT) (MPa)
取付ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	235	400	―

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

緊急時対策所用非常用換気空調設備操作盤の電気的機能維持評価について，以下に示す。

電気的機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

緊急時対策所用非常用換気空調設備操作盤に設置される器具の機能確認済加速度には，同形式の器具の正弦波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した器具の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 （×9.8 m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
緊急時対策所用非常用換気空調設備操作盤	水平	4.00
	鉛直	2.00

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

緊急時対策所用非常用換気空調設備操作盤の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【操作盤の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

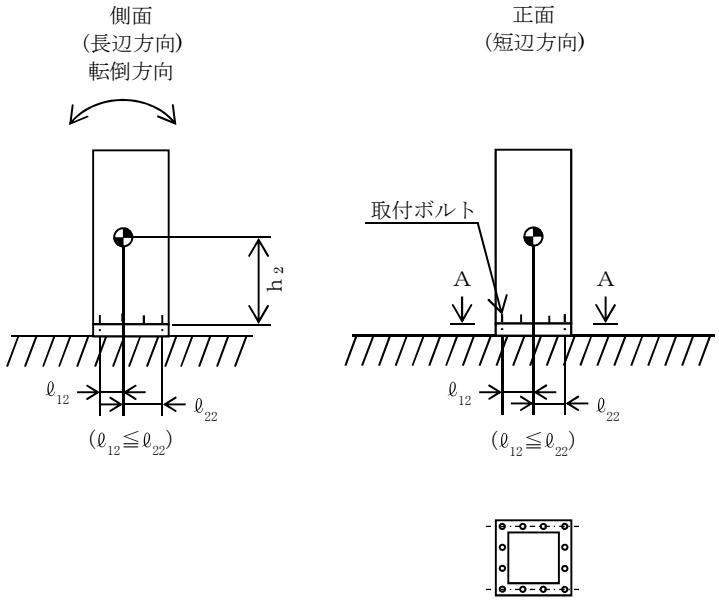
機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
操作盤	常設／緩和	緊急時対策所建屋 EL 30.30	0.05 以下	0.05 以下	－	－	C_H＝1.54	C_V＝1.36	

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	n_{fi}*
取付ボルト (i＝2)							4
							4

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i＝2)	235	400	－	280	－	長辺方向



A～A矢視図

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	－	5.549×10^3	－	1.510×10^4

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=28$	$f_{ts2}=210$*
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=7$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 (×9.8 m/s^2)

		評価用加速度	機能確認済加速度
制御盤	水平方向	1.28	4.00
	鉛直方向	1.14	2.00

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

【補機補助盤の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

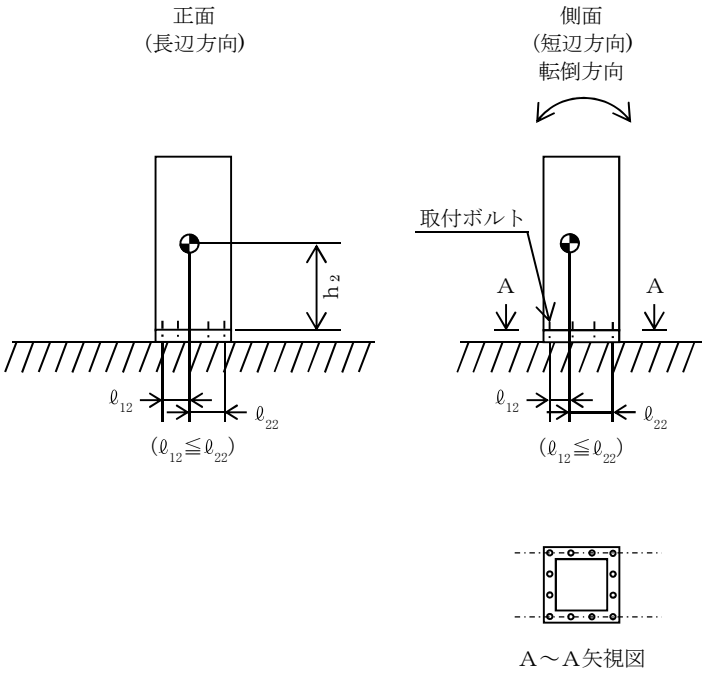
機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
補機補助盤	常設／緩和	緊急時対策所建屋 EL 30.30	0.05以下	0.05以下	－	－	C_H=1.54	C_V=1.36	

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	nf_i*
取付ボルト (i=2)							4
							4

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	235	400	－	280	－	短辺方向



1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	－	4.568×10^3	－	1.359×10^4

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=23$	$f_{ts2}=210$*
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=6$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 (×9.8 m/s^2)

		評価用加速度	機能確認済加速度
補機補助盤	水平方向	1.28	4.00
	鉛直方向	1.14	2.00

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

【オペレータコンソール机の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

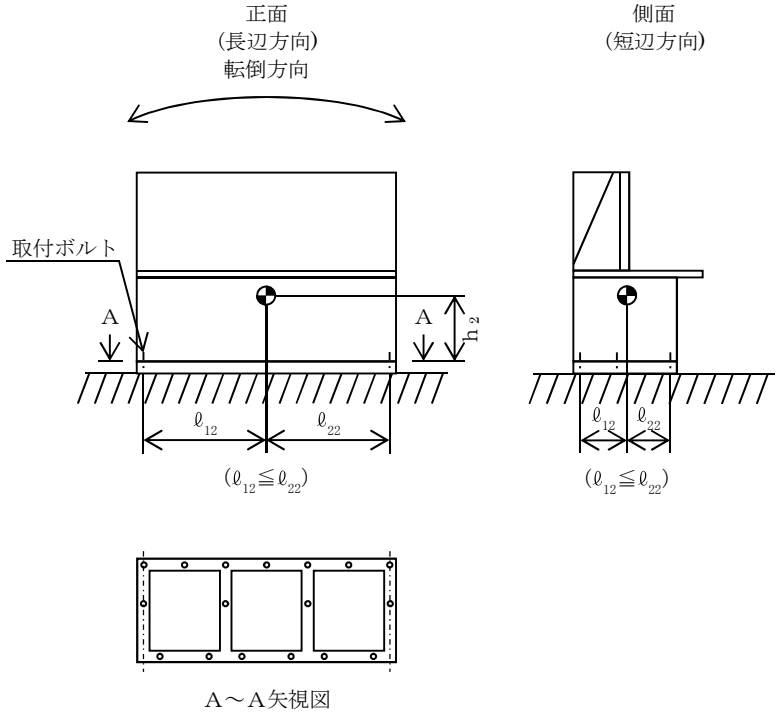
機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
オペレータコンソール机	常設／緩和	緊急時対策所建屋 EL.30.30	0.05以下	0.05以下	－	－	C_H=1.54	C_V=1.36	

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm²)	n_i	nf_i*
取付ボルト (i=2)							6
							2

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	235	400	－	280	－	長辺方向



A～A矢視図

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	－	2.271×10^3	－	1.284×10^4

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=12$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($\times9.8$ m/s^2)

		評価用加速度	機能確認済加速度
オペレータコンソール机	水平方向	1.28	4.00
	鉛直方向	1.14	2.00

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

Ⅴ-2-10-1-7-27　可搬型代替低圧電源車接続盤の耐震性についての計算書

目次

1. 概要 ····· 1
2. 一般事項 ····· 1
2.1 構造計画 ····· 1
3. 固有周期 ····· 3
4. 構造強度評価 ····· 3
4.1 構造強度評価方法 ····· 3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力 ····· 3
5. 機能維持評価 ····· 7
5.1 電気的機能維持評価方法 ····· 7
6. 評価結果 ····· 8
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 8

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，可搬型代替低圧電源車接続盤が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

可搬型代替低圧電源車接続盤は，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

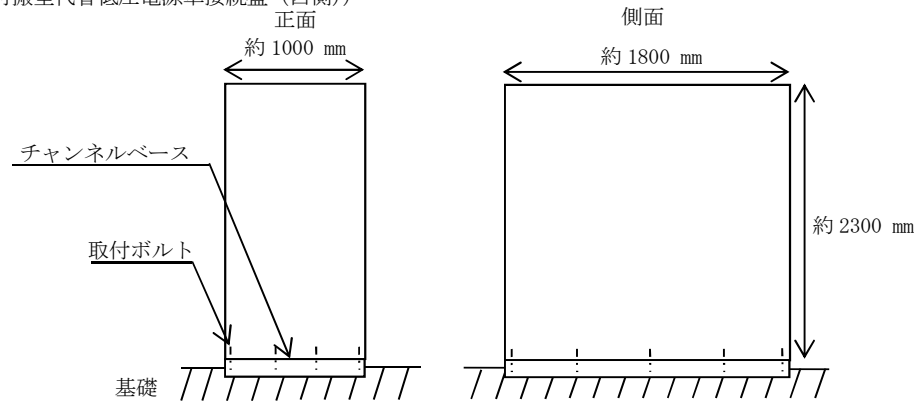
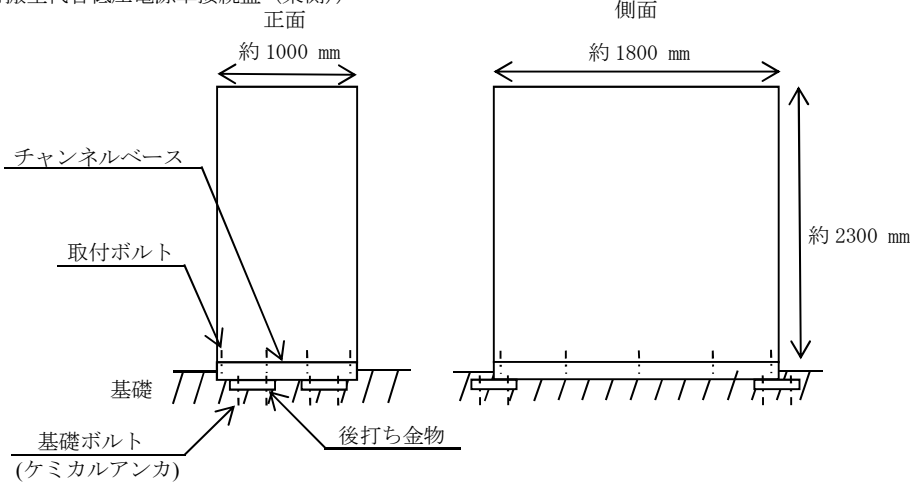
2. 一般事項

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を行う。

2.1 構造計画

可搬型代替低圧電源車接続盤の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
可搬型代替低圧電源車接続盤（西側）は，基礎に埋め込まれたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。 可搬型代替低圧電源車接続盤（東側）は，取付ボルトにてチャンネルベースに固定する。 チャンネルベースは後打ち金物と基礎ボルトにて基礎に固定する。	直立形 （鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤）	（可搬型代替低圧電源車接続盤（西側））  （可搬型代替低圧電源車接続盤（東側）） 

3.　固有周期

可搬型代替低圧電源車接続盤の固有周期は,構造が同様な盤に対する打振試験の測定結果から,固有周期は 0.05 秒以下であり，剛とする。固有周期を表 3-1 に示す。

表 3-1　固有周期（s）

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

可搬型代替低圧電源車接続盤の構造は直立形であるため，構造強度評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

4.2　荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

可搬型代替低圧電源車接続盤の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2　許容応力

可搬型代替低圧電源車接続盤の許容応力は,添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

可搬型代替低圧電源車接続盤の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-3 に示す。

表 4-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源設備	その他	可搬型代替低圧電源車接続盤	常設耐震／防止 常設／緩和	－*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS （V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記　＊1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

＊3：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4-2　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 （ボルト等）	
	一次応力	
	引張り	せん断
$Ⅳ_AS$	1.5・f_t*	1.5・f_s*
$Ⅴ_AS$ （$Ⅴ_AS$として$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）		

注記　＊1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-3　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	245	400	－
取付ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	235	400	－

5.　機能維持評価

5.1　電気的機能維持評価方法

可搬型代替低圧電源車接続盤の電気的機能維持評価について，以下に示す。

可搬型代替低圧電源車接続盤はＪＥＡＧ４６０１－1987 において「装置」に分類され，機能維持評価は構造健全性を確認することとされている。したがって，可搬型代替低圧電源車接続盤の機能維持評価は，支持構造物が健全であることの確認により行う。

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

可搬型代替低圧電源車接続盤の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次項以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価は支持構造物が健全であることの確認により行うため,評価結果は(1)構造強度評価結果による。

【可搬型代替低圧電源車接続盤（東側）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
可搬型代替低圧電源車接続盤（東側）	常設耐震／防止常設／緩和	EL. 8.20*	0.05 以下	0.05 以下	－	－	C_H＝1.10	C_V＝0.96	

注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	nf_i*
基礎ボルト (i＝1)							4
							4
取付ボルト (i＝2)							5
							4

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i＝1)	245	400	－	280	－	短辺方向
取付ボルト (i＝2)	235	400	－	280	－	短辺方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i=1)	－	6.297×10^3	－	1.656×10^4
取付ボルト (i=2)	－	3.480×10^3	－	1.510×10^4

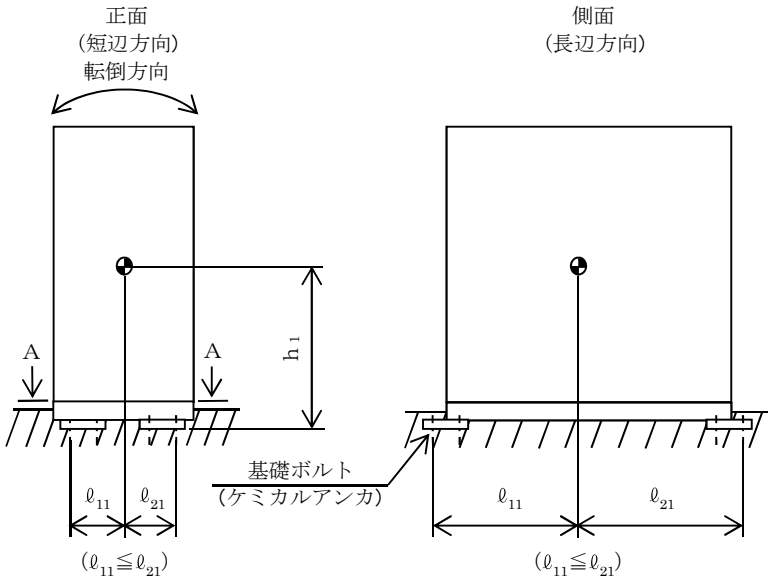
1.4 結　論

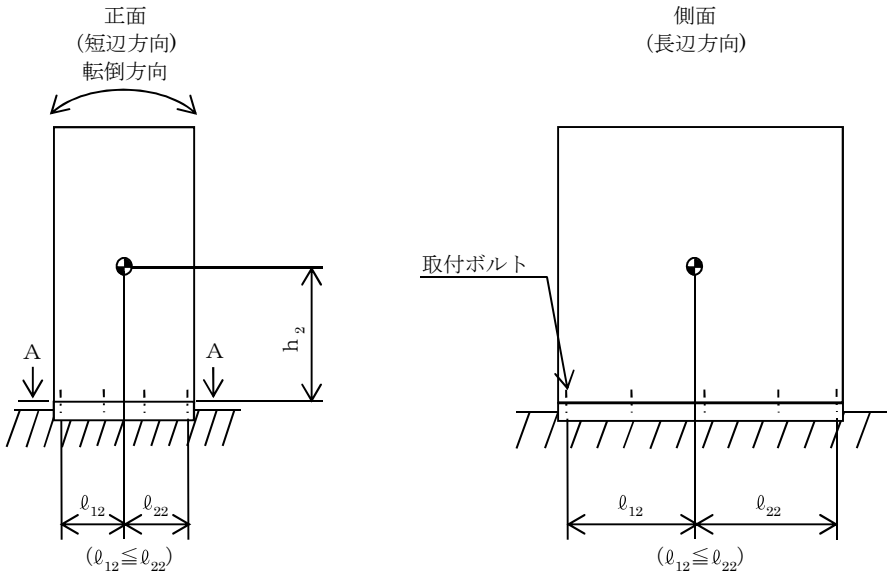
1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

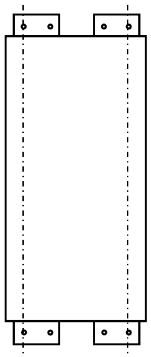
部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b1}=56$	$f_{ts1}=168^*$
		せん断	－	－	$\tau_{b1}=10$	$f_{sb1}=129$
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=18$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=6$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

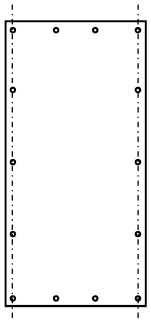
注記　＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出


正面
(短辺方向)
転倒方向
側面
(長辺方向)
A
A
h1
基礎ボルト
(ケミカルアンカ)
ℓ11
ℓ21
(ℓ11≦ℓ21)
ℓ11
ℓ21
(ℓ11≦ℓ21)


正面
(短辺方向)
転倒方向
側面
(長辺方向)
A
A
h2
取付ボルト
ℓ12
ℓ22
(ℓ12≦ℓ22)
ℓ12
ℓ22
(ℓ12≦ℓ22)



A～A矢視図



A～A矢視図

【可搬型代替低圧電源車接続盤（西側）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
可搬型代替低圧電源車接続盤（西側）	常設耐震／防止常設／緩和	常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）EL. 2. 70*	0. 05 以下	0. 05 以下	－	－	C_H＝0. 82	C_V＝0. 61	

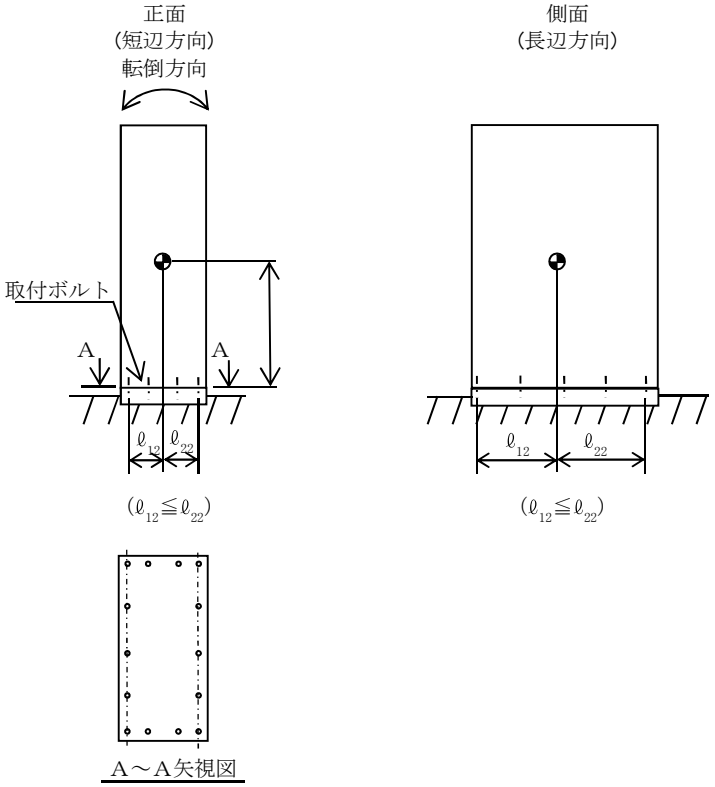
注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm²)	n_i	nf_i*
取付ボルト（i＝2）							5
							4

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト（i＝2）	235	400	－	280	－	短辺方向



1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	－	2.099×10^{3}	－	1.126×10^{4}

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=11$	$f_{ts2}=210^{*}$
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

Ⅴ-2-10-1-7-28　可搬型代替直流電源設備用電源切替盤の耐震性についての計算書

目次

1. 概要 ····· 1
2. 一般事項 ····· 1
2.1 構造計画 ····· 1
3. 固有周期 ····· 3
4. 構造強度評価 ····· 3
4.1 構造強度評価方法 ····· 3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力 ····· 3
5. 機能維持評価 ····· 7
5.1 電気的機能維持評価方法 ····· 7
6. 評価結果 ····· 8
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 8

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，可搬型代替直流電源設備用電源切替盤が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

可搬型代替直流電源設備用電源切替盤は，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

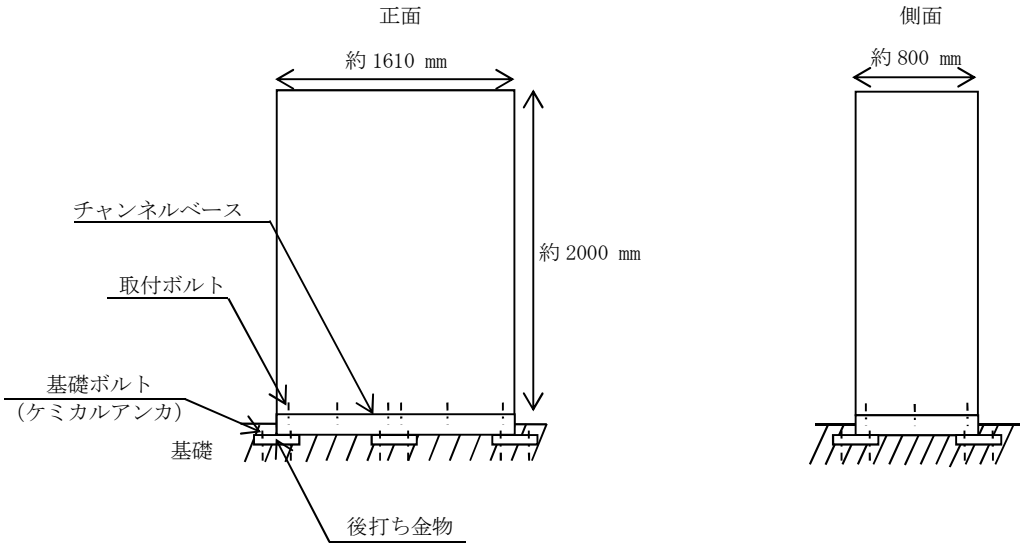
2. 一般事項

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を行う。

2.1 構造計画

可搬型代替直流電源設備用電源切替盤の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
可搬型代替直流電源設備用電源切替盤は，取付ボルトにてチャンネルベースに固定する。チャンネルベースは後打ち金物と基礎ボルトにて基礎に固定する。	直立形 （鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤）	

3.　固有周期

可搬型代替直流電源設備用電源切替盤の固有周期は，構造が同様な盤に対する打振試験の測定結果から，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛とする。固有周期を表 3-1 に示す。

表 3-1　固有周期（s）

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

可搬型代替直流電源設備用電源切替盤の構造は直立形であるため，構造強度評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

4.2　荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

可搬型代替直流電源設備用電源切替盤の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2　許容応力

可搬型代替直流電源設備用電源切替盤の許容応力は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

可搬型代替直流電源設備用電源切替盤の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-3 に示す。

表 4-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源設備	その他	可搬型代替直流電源設備用電源切替盤	常設耐震／防止 常設／緩和	－*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS （V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記　＊1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

＊3：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4-2　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 （ボルト等）	
	一次応力	
	引張り	せん断
$Ⅳ_AS$	1.5・f_t*	1.5・f_s*
$Ⅴ_AS$ （$Ⅴ_AS$として$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）		

注記　＊1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-3　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y(RT) (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	245	400	―
取付ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	235	400	―

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

可搬型代替直流電源設備用電源切替盤の電気的機能維持評価について，以下に示す。

電気的機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

可搬型代替直流電源設備用電源切替盤の機能確認済加速度には，同形式の器具の正弦波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した器具の加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 （×9.8 m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
可搬型代替直流電源設備用電源切替盤	水平	4.00
	鉛直	2.00

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

可搬型代替直流電源設備用電源切替盤の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【可搬型代替直流電源設備用電源切替盤の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
可搬型代替直流電源設備用電源切替盤	常設耐震／防止常設／緩和	[redacted] EL. 2.56 (EL. 8.20*)	0.05 以下	0.05 以下	－	－	C_H＝1.10	C_V＝0.96	[redacted]

注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	nf_i*
基礎ボルト (i＝1)	[redacted]						6
							4
取付ボルト (i＝2)							6
							3

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i＝1)	245	400	－	280	－	短辺方向
取付ボルト (i＝2)	235	400	－	280	－	短辺方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i=1)	－	3.171×10^3	－	1.711×10^4
取付ボルト (i=2)	－	4.165×10^3	－	1.618×10^4

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b1}=28$	$f_{ts1}=168^*$
		せん断	－	－	$\tau_{b1}=7$	$f_{sb1}=129$
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=21$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=161$

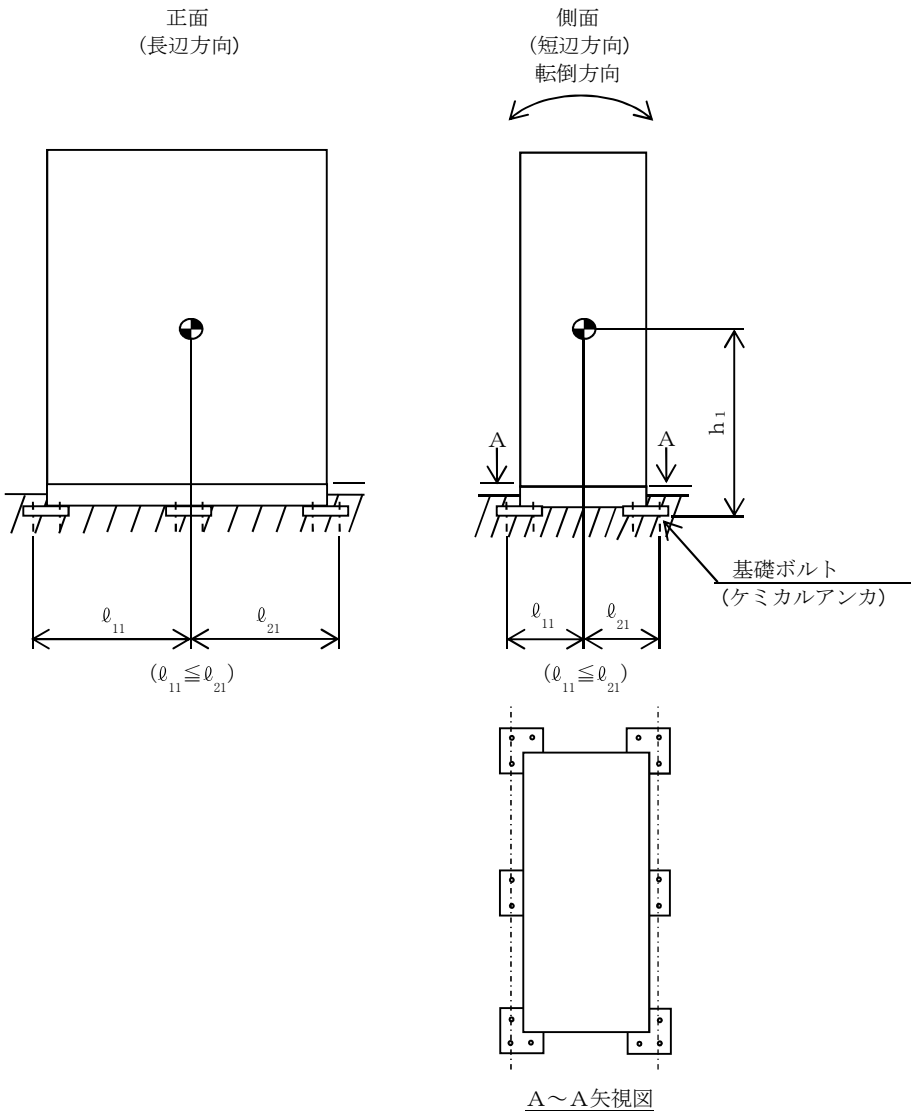
すべて許容応力以下である。

注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($\times9.8$ m/s^2)

		評価用加速度	機能確認済加速度
可搬型代替直流電源設備用電源切替盤	水平方向	0.92	4.00
	鉛直方向	0.80	2.00

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


正面
(長辺方向)
側面
(短辺方向)
転倒方向
A
A
h1
基礎ボルト
(ケミカルアンカ)
ℓ11
ℓ21
(ℓ11≦ℓ21)
A～A矢視図
正面
(長辺方向)
取付ボルト
A
A
ℓ12
ℓ22
(ℓ12≦ℓ22)
側面
(短辺方向)
転倒方向
h2
ℓ12
ℓ22
(ℓ12≦ℓ22)
A～A矢視図

Ⅴ-2-10-1-7-29　可搬型整流器用変圧器の耐震性についての計算書

目次

1. 概要 ····· 1
2. 一般事項 ····· 1
2.1 構造計画 ····· 1
3. 固有周期 ····· 3
4. 構造強度評価 ····· 3
4.1 構造強度評価方法 ····· 3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力 ····· 3
5. 機能維持評価 ····· 7
5.1 電気的機能維持評価方法 ····· 7
6. 評価結果 ····· 8
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 8

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，可搬型整流器用変圧器が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

可搬型整流器用変圧器は，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

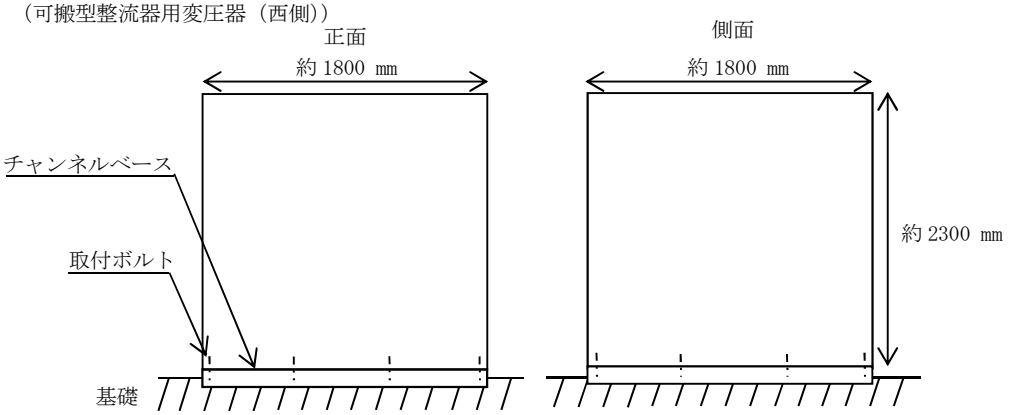
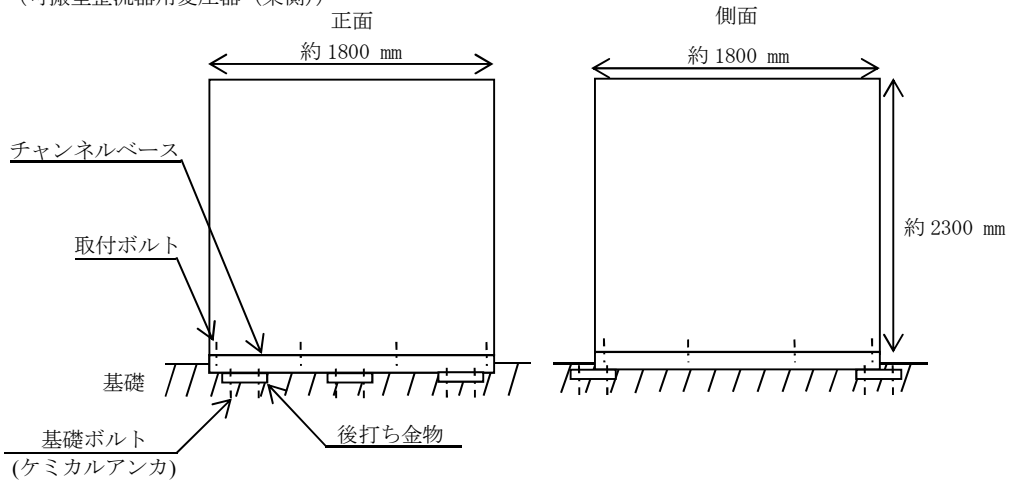
本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を行う。

2.1 構造計画

可搬型整流器用変圧器の構造計画を表 2-1 に示す。

NT2 補② Ⅴ-2-10-1-7-29 R1

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
可搬型整流器用変圧器（西側）は，基礎に埋め込まれたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。 可搬型整流器用変圧器（東側）は，取付ボルトにてチャンネルベースに固定する。チャンネルベースは後打ち金物と基礎ボルトにて基礎に固定する。	直立形 （鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤）	（可搬型整流器用変圧器（西側））  （可搬型整流器用変圧器（東側）） 

3.　固有周期

可搬型整流器用変圧器の固有周期は，構造が同様な盤に対する打振試験の測定結果から，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛とする。固有周期を表 3-1 に示す。

表 3-1　固有周期（s）

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

可搬型整流器用変圧器の構造は直立形であるため，構造強度評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

4.2　荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

可搬型整流器用変圧器の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2　許容応力

可搬型整流器用変圧器の許容応力は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

可搬型整流器用変圧器の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対設備としての評価に用いるものを表 4-3 に示す。

表 4-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源設備	その他	可搬型整流器用変圧器	常設耐震／防止 常設／緩和	－*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS （V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記　＊1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

＊3：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4-2　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 （ボルト等）	
	一次応力	
	引張り	せん断
$Ⅳ_AS$	1.5・f_t*	1.5・f_s*
$Ⅴ_AS$ （$Ⅴ_AS$として$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）		

注記　＊1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-3　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y(RT) (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	245	400	―
取付ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	235	400	―

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

可搬型整流器用変圧器の電気的機能維持評価について，以下に示す。

電気的機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

可搬型整流器用変圧器の機能確認済加速度には，同形式の器具の正弦波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した器具の加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 （×9.8 m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
可搬型整流器用変圧器	水平	4.00
	鉛直	2.00

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

可搬型整流器用変圧器の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【可搬型整流器用変圧器（東側）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
可搬型整流器用変圧器（東側）	常設耐震／防止常設／緩和	EL. 8.20*	0.05 以下	0.05 以下	－	－	C_H=1.10	C_V=0.96	

注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	nf_i*
基礎ボルト (i=1)							4
							6
取付ボルト (i=2)							4
							4

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i=1)	245	400	－	280	－	短辺方向
取付ボルト (i=2)	235	400	－	280	－	短辺方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i=1)	－	8.487×10^3	－	4.547×10^4
取付ボルト (i=2)	－	7.044×10^3	－	4.315×10^4

1.4 結　論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b1}=75$	$f_{ts1}=168^*$
		せん断	－	－	$\tau_{b1}=17$	$f_{sb1}=129$
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=35$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=18$	$f_{sb2}=161$

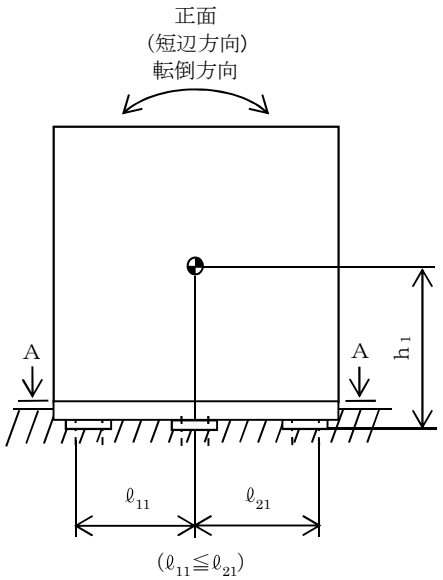
すべて許容応力以下である。

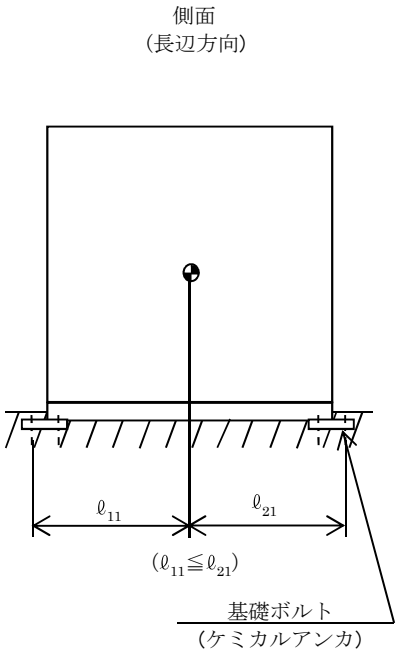
注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

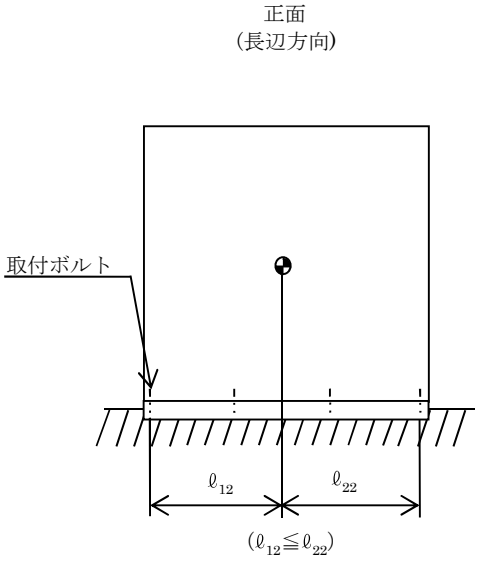
1.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($\times9.8$ m/s^2)

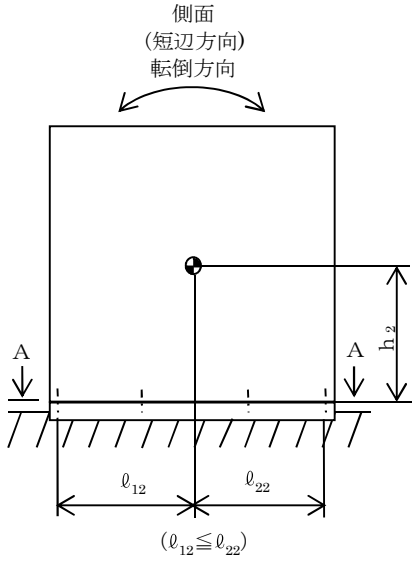
		評価用加速度	機能確認済加速度
可搬型整流器用変圧器（東側）	水平方向	0.92	4.00
	鉛直方向	0.80	2.00

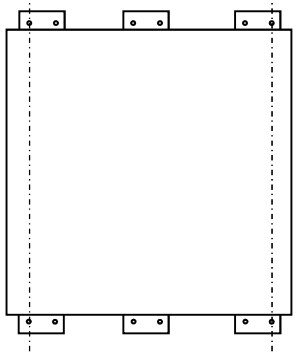
評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


正面
(短辺方向)
転倒方向
A
A
h_1
ℓ_{11}
ℓ_{21}
($\ell_{11} \leqq \ell_{21}$)

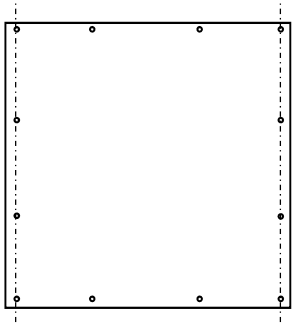

側面
(長辺方向)
ℓ_{11}
ℓ_{21}
($\ell_{11} \leqq \ell_{21}$)
基礎ボルト
(ケミカルアンカ)


正面
(長辺方向)
取付ボルト
ℓ_{12}
ℓ_{22}
($\ell_{12} \leqq \ell_{22}$)


側面
(短辺方向)
転倒方向
A
A
h_2
ℓ_{12}
ℓ_{22}
($\ell_{12} \leqq \ell_{22}$)



A～A矢視図



A～A矢視図

【可搬型整流器用変圧器（西側）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
可搬型整流器用変圧器（西側）	常設耐震／防止常設／緩和	常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部） EL. 2. 70*	0. 05 以下	0. 05 以下	－	－	C_H＝0. 82	C_V＝0. 61	

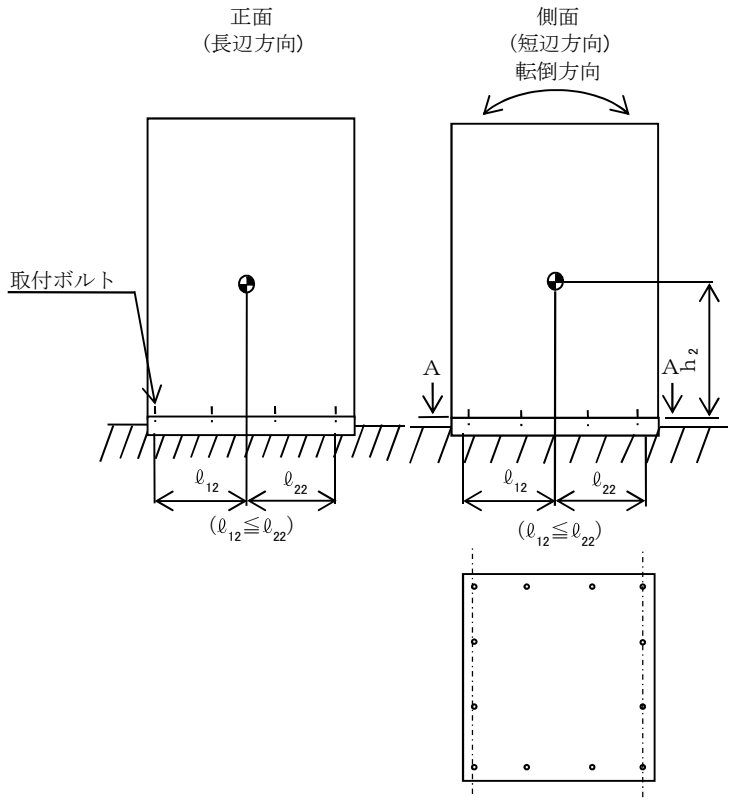
注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	nf_i*
取付ボルト (i＝2)							4
							4

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i＝2)	235	400	－	280	－	短辺方向



A～A矢視図

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	－	3.528×10^3	－	3.217×10^4

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=18$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=14$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($\times9.8\ m/s^2$)

		評価用加速度	機能確認済加速度
可搬型整流器用変圧器（西側）	水平方向	0.68	4.00
	鉛直方向	0.51	2.00

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

Ⅴ-2-10-1-7-30　直流 125V 主母線盤の耐震性についての計算書

目次

1. 概要 ····· 1
2. 一般事項 ····· 1
2.1 構造計画 ····· 1
3. 固有周期 ····· 3
4. 構造強度評価 ····· 3
4.1 構造強度評価方法 ····· 3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力 ····· 3
5. 機能維持評価 ····· 7
5.1 電気的機能維持評価方法 ····· 7
6. 評価結果 ····· 8
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 8

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，直流 125V 主母線盤が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

直流 125V 主母線盤は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

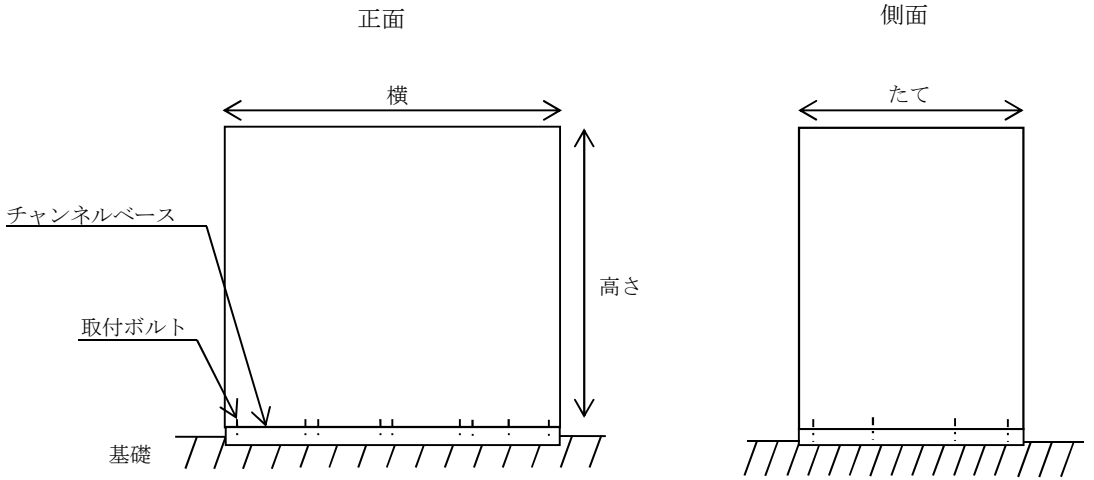
2. 一般事項

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を行う。

2.1　構造計画

直流 125V 主母線盤の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
直流 125V 主母線盤は，基礎に埋め込まれたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。	直立形 （鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤）	

	直流 125V 主母線盤 2A(1)	直流 125V 主母線盤 2A(2)	直流 125V 主母線盤 2B(1)	直流 125V 主母線盤 2B(2)
たて	約 1600 mm	約 1600 mm	約 1600 mm	約 1600 mm
横	約 800 mm	約 2800 mm	約 800 mm	約 2600 mm
高さ	約 2300 mm	約 2300 mm	約 2300 mm	約 2300 mm

3.　固有周期

直流 125V 主母線盤の固有周期は，構造が同様な盤に対する打振試験の測定結果から，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛とする。固有周期を表 3-1 に示す。

表 3-1　固有周期（s）

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

直流 125V 主母線盤の構造は直立形であるため，構造強度評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

4.2　荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

直流 125V 主母線盤の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2　許容応力

直流 125V 主母線盤の許容応力は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力

直流 125V 主母線盤の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-3 に示す。

表 4-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源設備	その他	直流 125V 主母線盤	常設耐震／防止 常設／緩和	－*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS （V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記　＊1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

＊3：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4-2　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 （ボルト等）	
	一次応力	
	引張り	せん断
$Ⅳ_AS$	1.5・f_t*	1.5・f_s*
$Ⅴ_AS$ （$Ⅴ_AS$として$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）		

注記　＊1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-3　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
取付ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	235	400	－

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

直流 125V 主母線盤の電気的機能維持評価について，以下に示す。

電気的機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

直流 125V 主母線盤の機能確認済加速度には，同形式の器具の正弦波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した器具の加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 （×9.8 m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
直流 125V 主母線盤	水平	4.00
	鉛直	2.00

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

直流 125V 主母線盤の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており,設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【直流 125V 主母線盤 2A(1)の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
直流 125V 主母線盤 2A(1)	常設耐震／防止常設／緩和	EL. 8.20*	0.05 以下	0.05 以下	－	－	C_H＝1.10	C_V＝0.96	

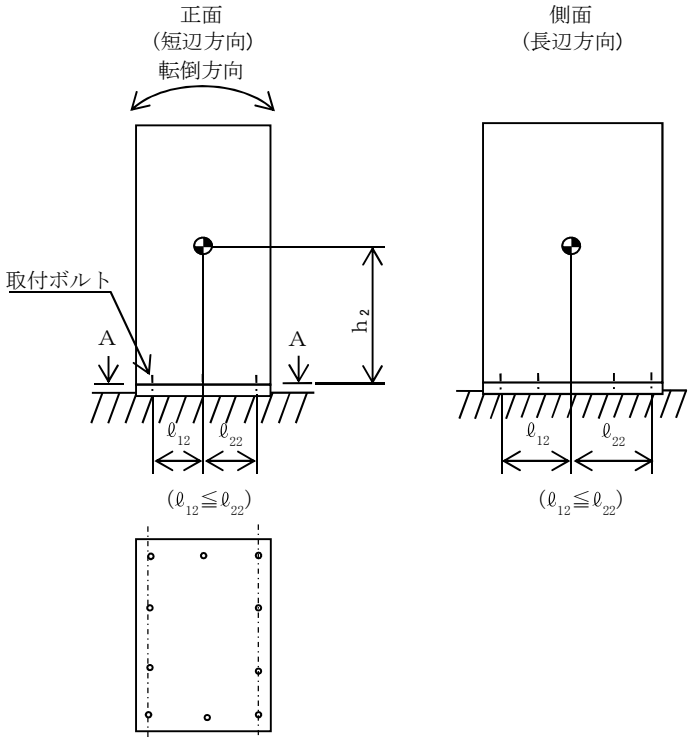
注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm²)	n_i	nf_i*
取付ボルト (i＝2)							4
							3

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i＝2)	235	400	－	280	－	短辺方向



A～A矢視図

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	－	8.691×10^3	－	2.050×10^4

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=44$	$f_{ts2}=210$*
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=11$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot\tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

1.4.2 電気的機能維持の評価結果

(×9.8 m/s^2)

		評価用加速度	機能確認済加速度
直流125V主母線盤2A (1)	水平方向	0.92	4.00
	鉛直方向	0.80	2.00

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

【直流 125V 主母線盤 2A(2)の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
直流 125V 主母線盤 2A(2)	常設耐震／防止常設／緩和	EL. 8.20*	0.05 以下	0.05 以下	－	－	C_H＝1.10	C_V＝0.96	

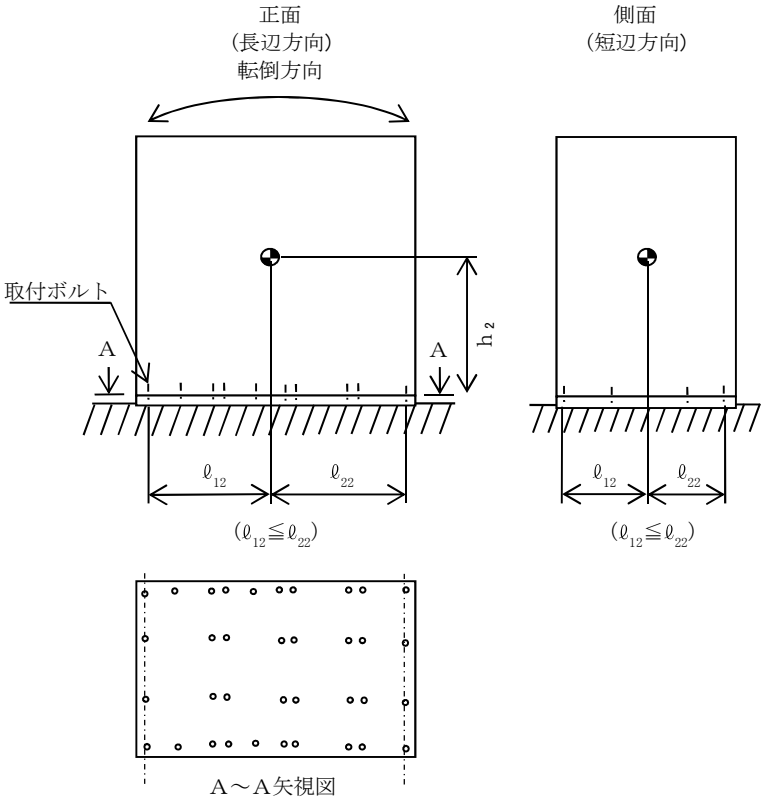
注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm²)	n_i	nf_i*
取付ボルト (i＝2)							10 4

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i＝2)	235	400	－	280	－	長辺方向



1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	－	6.068×10^3	－	5.663×10^4

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=31$	$f_{ts2}=210$*
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=8$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 (×9.8 m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
直流125V主母線盤2A (2)	水平方向	0.92	4.00
	鉛直方向	0.80	2.00

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

【直流 125V 主母線盤 2B(1)の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
直流 125V 主母線 2B(1)	常設耐震／防止常設／緩和	EL. 8.20*	0.05 以下	0.05 以下	－	－	C_H＝1.10	C_V＝0.96	

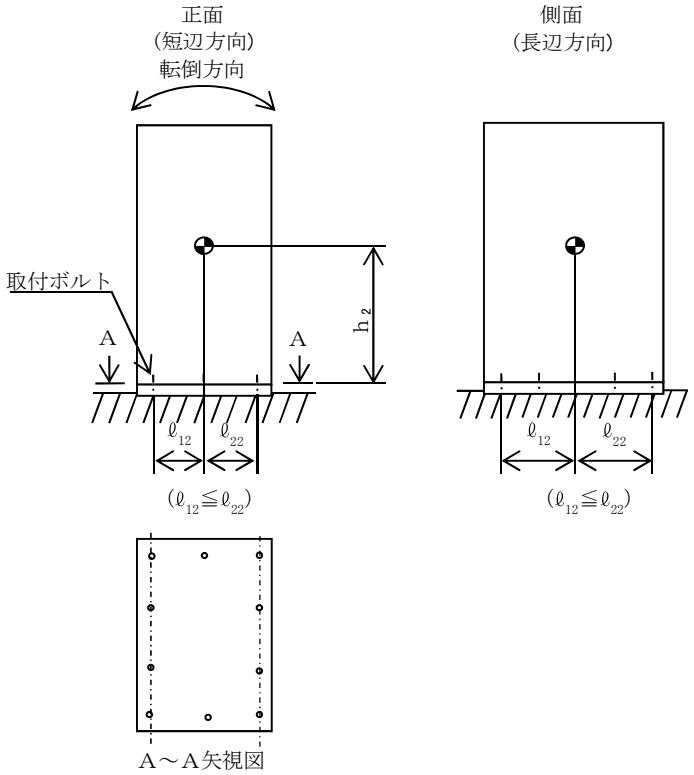
注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm²)	n_i	nf_i*
取付ボルト (i＝2)							4
							3

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i＝2)	235	400	－	280	－	短辺方向



1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	－	8.691×10^3	－	2.050×10^4

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=44$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=11$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($\times9.8\ m/s^2$)

		評価用加速度	機能確認済加速度
直流125V主母線盤2B (1)	水平方向	0.92	4.00
	鉛直方向	0.80	2.00

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

【直流 125V 主母線盤 2B(2)の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
直流 125V 主母線盤 2B(2)	常設耐震／防止常設／緩和	EL. 8.20*	0.05 以下	0.05 以下	－	－	C_H＝1.10	C_V＝0.96	

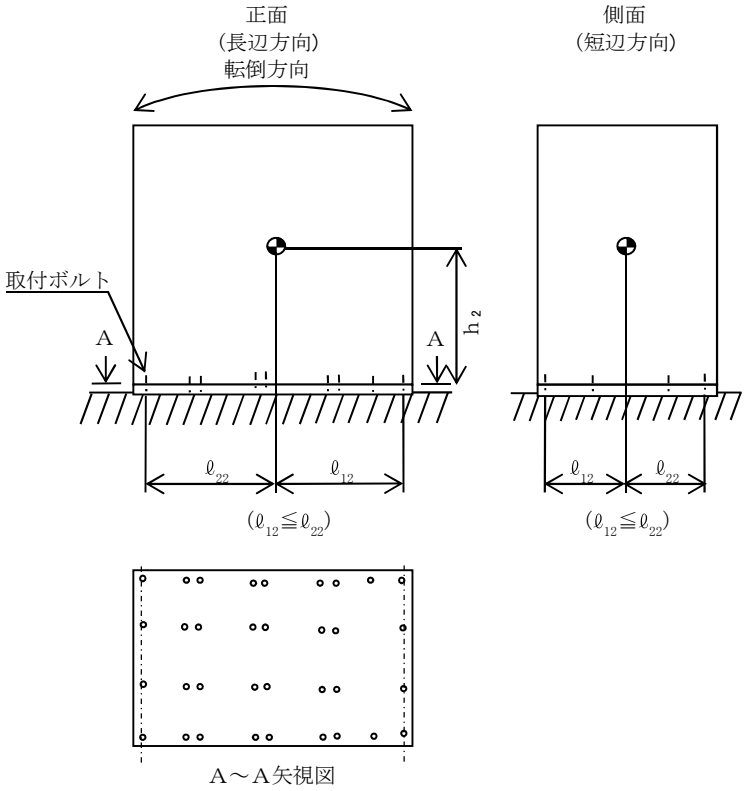
注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm²)	n_i	nf_i*
取付ボルト (i＝2)							8 4

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i＝2)	235	400	－	280	－	長辺方向



1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	－	5.381×10^3	－	4.639×10^4

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=27$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=7$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($\times9.8\ m/s^2$)

		評価用加速度	機能確認済加速度
直流125V主母線盤 2B(2)	水平方向	0.92	4.00
	鉛直方向	0.80	2.00

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

Ⅴ-2-10-1-7-31　直流 125V モータコントロールセンタの耐震性についての計算書

目次

1. 概要 ····· 1
2. 一般事項 ····· 1
2.1 構造計画 ····· 1
3. 固有周期 ····· 3
3.1 固有周期の算出方法 ····· 3
4. 構造強度評価 ····· 3
4.1 構造強度評価方法 ····· 3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力 ····· 3
5. 機能維持評価 ····· 7
5.1 電気的機能維持評価方法 ····· 7
6. 評価結果 ····· 8
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 8

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，直流 125V モータコントロールセンタが設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

直流 125V モータコントロールセンタは，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

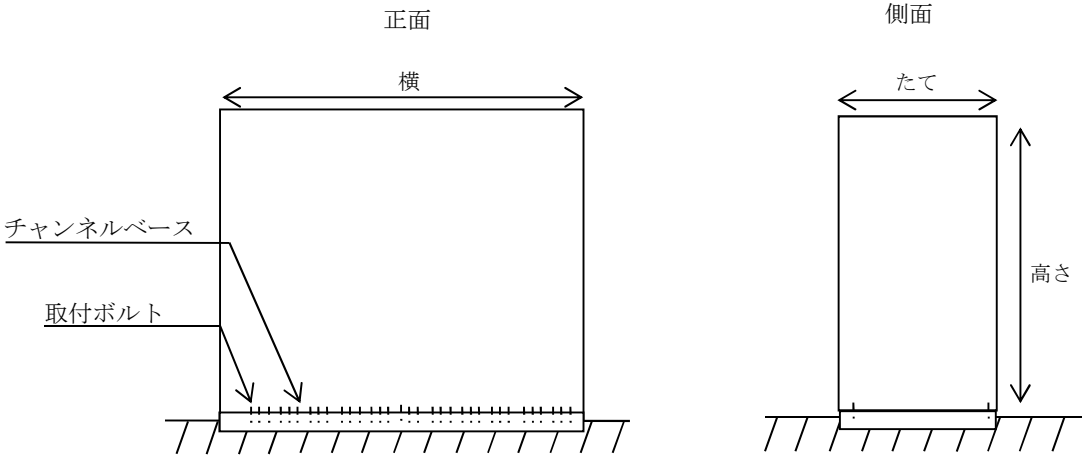
2. 一般事項

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を行う。

2.1 構造計画

直流 125V モータコントロールセンタの構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
直流 125V モータコントロールセンタは，基礎に埋め込まれたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。	直立形 （鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤）	

	直流 125V モータコントロールセンタ 2A-1	直流 125V モータコントロールセンタ 2A-2
たて	約 560 mm	約 560 mm
横	約 6830 mm	約 4430 mm
高さ	約 2300 mm	約 2300 mm

3. 固有周期

3.1 固有周期の算出方法

直流125V モータコントロールセンタのうち直流125V モータコントロールセンタ2A-1の固有周期は，構造が同様な盤に対する打振試験の測定結果から，固有周期は0.05秒以下であり，剛とする。

直流125V モータコントロールセンタのうち直流125V モータコントロールセンタ2A-2の固有周期は以下の通りとする。

水平方向の固有周期は，プラスチックハンマ等により当該装置に振動を与え，固有振動数測定装置（圧電式加速度ピックアップ，振動計，分析器）により固有振動数（共振周波数）を測定する。測定の結果，固有周期は0.05秒以下であり，剛であることを確認した。鉛直方向の固有周期は，構造が同様な盤に対する打振試験の測定結果から，固有周期は0.05秒以下であり，剛とする。固有周期を表3-1に示す。

表3-1 固有周期（s）

名称	方向	固有周期
直流125V モータコントロールセンタ 2A-1	水平	0.05以下
	鉛直	0.05以下
直流125V モータコントロールセンタ 2A-2	水平	
	鉛直	0.05以下

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

直流125V モータコントロールセンタの構造は直立形であるため，構造強度評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

直流125V モータコントロールセンタの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表4-1に示す。

4.2.2 許容応力

直流125V モータコントロールセンタの許容応力は，添付書類「Ⅴ-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表4-2のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

直流125V モータコントロールセンタの使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表4-3に示す。

表 4-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源設備	その他	直流 125V モータコントロールセンタ	常設耐震／防止 常設／緩和	－*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS （V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記　＊1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

＊3：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4-2　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
ⅣAS	1.5・f_t*	1.5・f_s*
VAS (VASとしてⅣASの許容限界を用いる。)		

注記　*1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

*2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-3　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
取付ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	212	373	－

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

直流 125V モータコントロールセンタの電気的機能維持評価について，以下に示す。

電気的機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

直流 125V モータコントロールセンタの機能確認済加速度には，同形式の器具の正弦波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した器具の加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 （×9.8 m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
直流 125V モータコントロールセンタ	水平	3.00
	鉛直	1.00

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

直流 125V モータコントロールセンタの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次項以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次項以降の表に示す。

【直流 125V モータコントロールセンタ 2A-1 の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
直流 125V コントロールセンタ 2A-1	常設耐震／防止常設／緩和	EL. 2.00*	0.05 以下	0.05 以下	－	－	C_H＝0.96	C_v＝0.92	

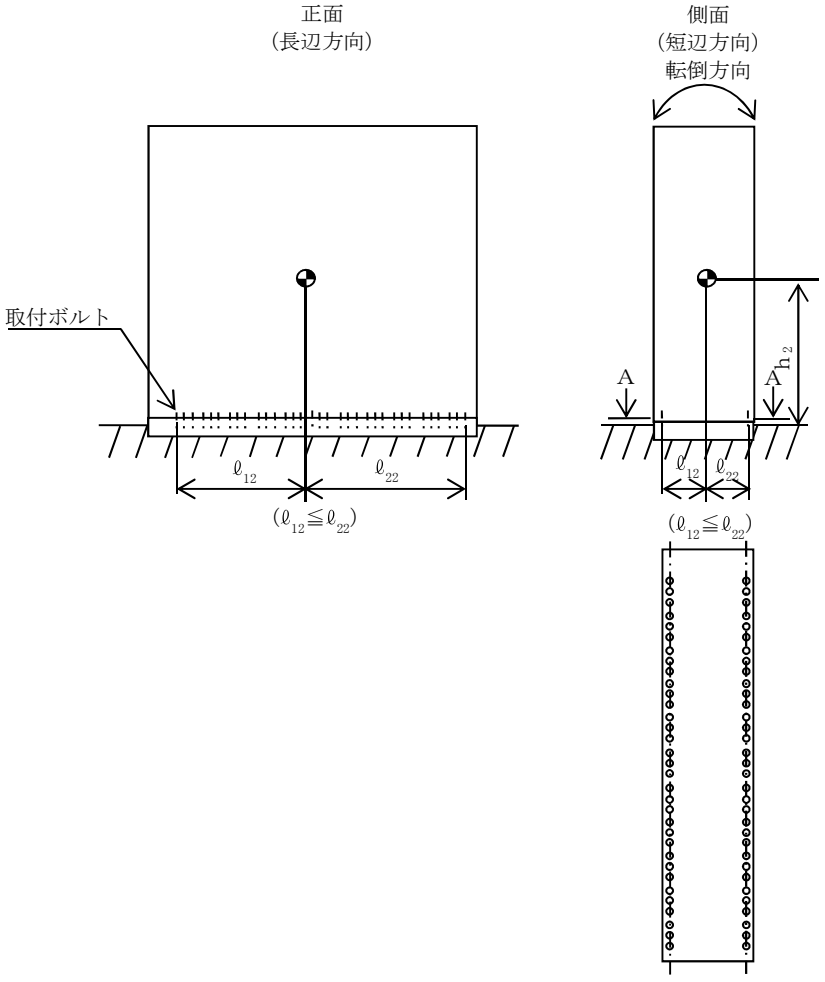
注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm²)	n_i	nf_i*
取付ボルト (i＝2)							33 2

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i＝2)	212	373	－	254	－	短辺方向



A～A矢視図

1.3　計算数値

1.3.1　ボルトに作用する力　　(単位：N)

部　　材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i＝2)	－	3.464×10^{3}	－	4.453×10^{4}

1.4　結　　論

1.4.1　ボルトの応力　　(単位：MPa)

部　　材	材　料	応　力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=18$	$f_{ts2}=190^{*}$
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=146$

すべて許容応力以下である。

注記　＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

1.4.2　電気的機能維持の評価結果　　(×9.8 m/s^2)

		評価用加速度	機能確認済加速度
直流125V モータコントロールセンタ 2A-1	水平方向	0.80	3.00
	鉛直方向	0.77	1.00

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

【直流 125V モータコントロールセンタ 2A-2 の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
直流 125V モータコントロールセンタ 2A-2	常設耐震／防止常設／緩和	EL. 29.00*		0.05 以下	－	－	C_H＝1.55	C_v＝1.17	100

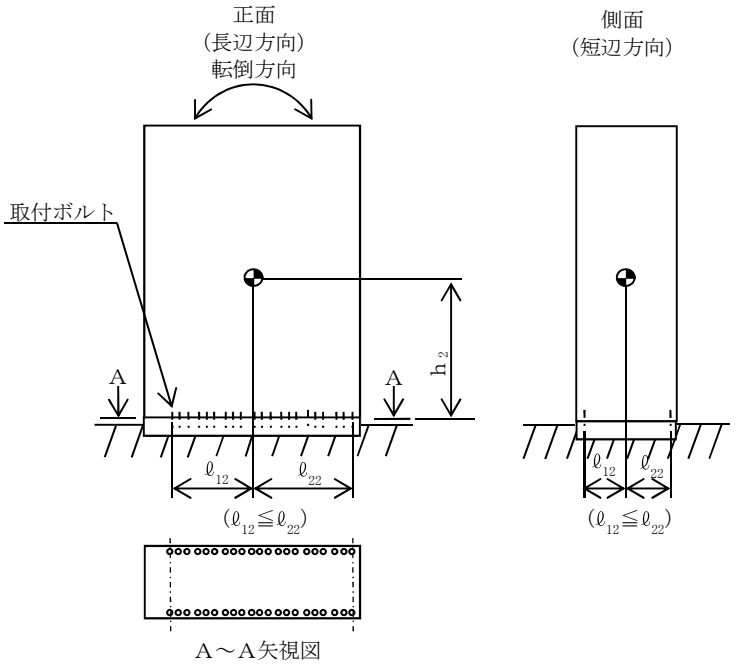
注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm²)	n_i	nf_i*
取付ボルト (i＝2)						42	21
							2

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i＝2)	212	373	－	254	－	長辺方向



A～A矢視図

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	－	8.398×10^3	－	4.697×10^4

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=42$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=6$	$f_{sb2}=146$

すべて許容応力以下である。

注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($\times9.8$ m/s^2)

		評価用加速度	機能確認済加速度
直流125V モータコントロールセンタ 2A-2	水平方向	1.29	3.00
	鉛直方向	0.98	1.00

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

Ⅴ-2-10-1-7-32　非常用無停電計装分電盤の耐震性についての計算書

目次

1. 概要 ····· 1
2. 一般事項 ····· 1
2.1 構造計画 ····· 1
3. 固有周期 ····· 3
4. 構造強度評価 ····· 3
4.1 構造強度評価方法 ····· 3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力 ····· 3
5. 機能維持評価 ····· 7
5.1 電気的機能維持評価方法 ····· 7
6. 評価結果 ····· 8
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 8

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，非常用無停電計装分電盤が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

非常用無停電計装分電盤は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

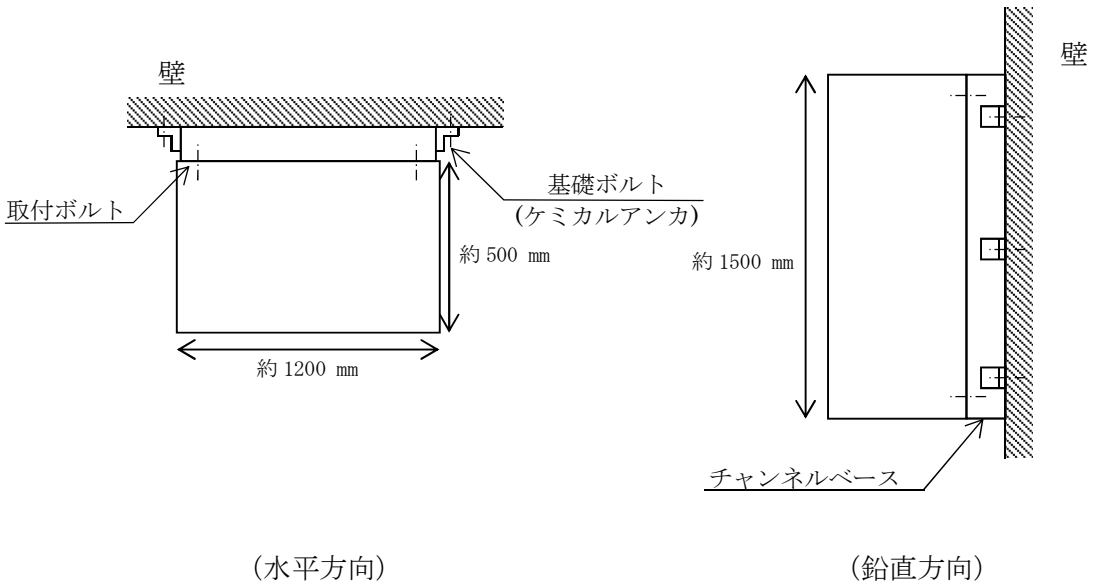
2. 一般事項

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を行う。

2.1 構造計画

非常用無停電計装分電盤の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
非常用無停電計装分電盤は，チャンネルベースに取付ボルトで固定する。チャンネルベースは壁に基礎ボルトで固定する。	壁掛形 （鋼材及び鋼板を組み合わせた壁掛形の盤）	

3.　固有周期

非常用無停電計装分電盤の固有周期は，構造が同様な盤に対する打振試験の測定結果から，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛とする。固有周期を表 3-1 に示す。

表 3-1　固有周期（s）

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

非常用無停電計装分電盤の構造は壁掛形であるため,構造強度評価は,添付書類「Ⅴ-2-1-13-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

4.2　荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

非常用無停電計装分電盤の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2　許容応力

非常用無停電計装分電盤の許容応力は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

非常用無停電計装分電盤の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-3 に示す。

表 4-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源設備	その他	非常用無停電計装分電盤	常設耐震／防止 常設／緩和	－*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS （V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記　＊1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

＊3：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4-2　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 （ボルト等）	
	一次応力	
	引張り	せん断
$Ⅳ_AS$	1.5・f_t*	1.5・f_s*
V_AS （V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）		

注記　＊1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-3　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y(RT) (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	205	520	－
取付ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	235	400	－

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

緊急用無停電計装分電盤の電気的機能維持評価について，以下に示す。

電気的機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

緊急用無停電計装分電盤の機能確認済加速度には，同形式の器具の正弦波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した器具の加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 （×9.8 m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
緊急用無停電計装分電盤	水平	4.00
	鉛直	3.00

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

非常用無停電計装分電盤の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【非常用無停電計装分電盤の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
非常用無停電計装分電盤	常設耐震／防止常設／緩和	EL. 8.20 (EL. 14.00*)	0.05 以下	0.05 以下	－	－	C_H=1.13	C_V=0.99	

注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i} (mm)	ℓ_{2i} (mm)	ℓ_{3i} (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	n_{fVi}	n_{fHi}
基礎ボルト (i=1)								2	2
取付ボルト (i=2)								2	5

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i^* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i=1)	205	520	－	246	－	鉛直方向
取付ボルト (i=2)	235	400	－	280	－	鉛直方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
基礎ボルト (i=1)	－	2.745×10^3	－	1.010×10^4
取付ボルト (i=2)	－	2.209×10^3	－	8.977×10^3

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b1}=25$	$f_{ts1}=147^*$
		せん断	－	－	$\tau_{b1}=23$	$f_{sb1}=113$
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=11$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=161$

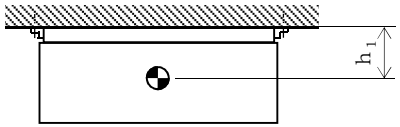
すべて許容応力以下である。

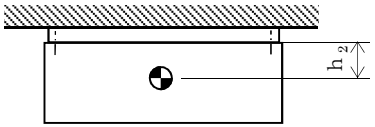
注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

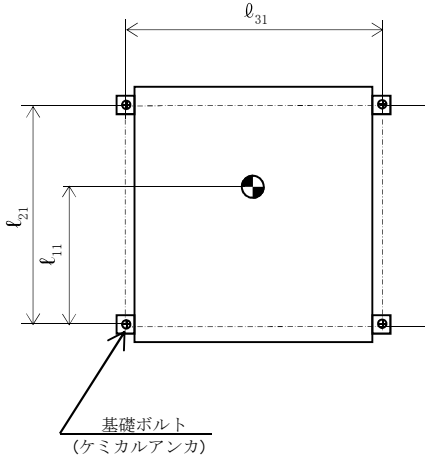
1.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($\times9.8\ m/s^2$)

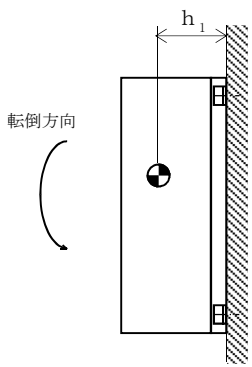
		評価用加速度	機能確認済加速度
非常用無停電計装分電盤	水平方向	0.95	4.00
	鉛直方向	0.83	3.00

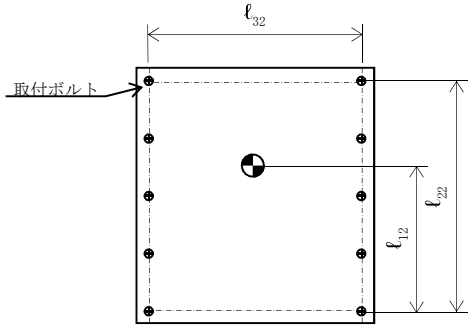
評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

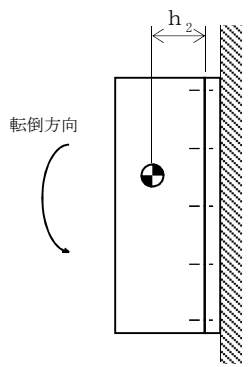

h1


h2


ℓ31
ℓ21
ℓ11
基礎ボルト
(ケミカルアンカ)


h1
転倒方向


ℓ32
取付ボルト
ℓ12
ℓ22


h2
転倒方向

Ⅴ-2-10-1-7-33　直流 125V 主母線盤 HPCS の耐震性についての計算書

目次

1. 概要 ····· 1
2. 一般事項 ····· 1
2.1 構造計画 ····· 1
3. 固有周期 ····· 3
4. 構造強度評価 ····· 3
4.1 構造強度評価方法 ····· 3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力 ····· 3
5. 機能維持評価 ····· 7
5.1 電気的機能維持評価方法 ····· 7
6. 評価結果 ····· 8
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 8

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，直流 125V 主母線盤 HPCS が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

直流 125V 主母線盤 HPCS は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

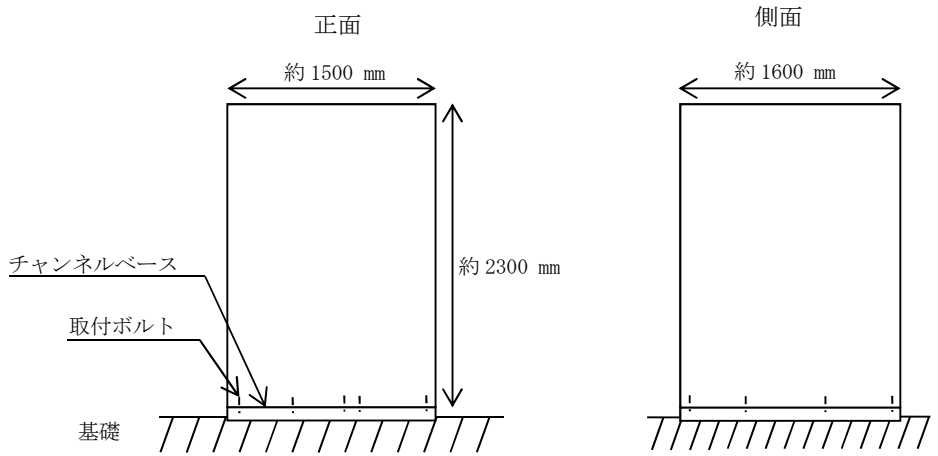
2. 一般事項

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を行う。

2.1 構造計画

直流 125V 主母線盤 HPCS の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
直流 125V 主母線盤 HPCS は，基礎に埋め込まれたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。	直立形 （鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤）	

3.　固有周期

直流 125V 主母線盤 HPCS の固有周期は，構造が同様な盤に対する打振試験の測定結果から，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛とする。固有周期を表 3-1 に示す。

表 3-1　固有周期（s）

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

直流 125V 主母線盤 HPCS の構造は直立形であるため,構造強度評価は,添付書類「Ⅴ-2-1-13-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

4.2　荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

直流 125V 主母線盤 HPCS の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2　許容応力

直流 125V 主母線盤 HPCS の許容応力は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力

直流 125V 主母線盤 HPCS の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-3 に示す。

表 4-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源設備	その他	直流 125V 主母線盤 HPCS	常設耐震／防止	－*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS（V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記　＊1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

＊3：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4-2　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 （ボルト等）	
	一次応力	
	引張り	せん断
$Ⅳ_AS$	1.5・f_t*	1.5・f_s*
$Ⅴ_AS$ （$Ⅴ_AS$として$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）		

注記　＊1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-3　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
取付ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	235	400	－

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

直流 125V 主母線盤 HPCS の電気的機能維持評価について，以下に示す。

電気的機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

直流125V主母線盤HPCSの機能確認済加速度には，同形式の器具の正弦波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した器具の加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 （×9.8 m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
直流125V主母線盤HPCS	水平	4.00
	鉛直	2.00

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

直流125V主母線盤HPCSの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【直流125V主母線盤HPCSの耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
直流125V主母線盤HPCS	常設耐震／防止	EL. 8.20*	0.05以下	0.05以下	－	－	C_H=1.10	C_V=0.96	

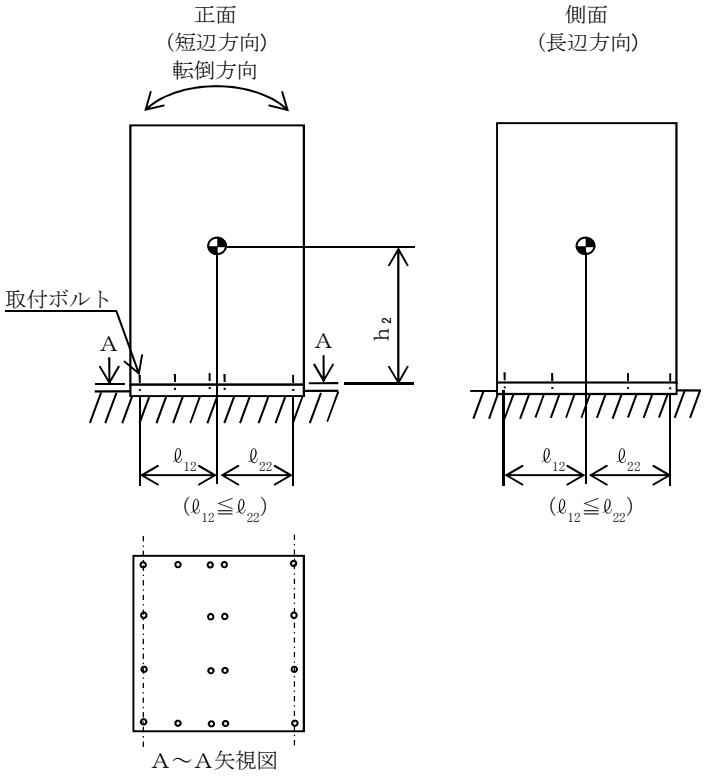
注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	A_{bi} (mm²)	n_i	nf_i*
取付ボルト (i=2)							4
							5

注記 ＊：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	235	400	－	280	－	短辺方向



A～A矢視図

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	－	6.974×10^3	－	3.074×10^4

1.4 結　論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=35$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=9$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($\times9.8\ m/s^2$)

		評価用加速度	機能確認済加速度
直流125V主母線盤HPCS	水平方向	0.92	4.00
	鉛直方向	0.80	2.00

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

Ⅴ-2-10-1-7-34　直流±24V 中性子モニタ用分電盤の耐震性についての計算書

目次

1. 概要 ····· 1
2. 一般事項 ····· 1
2.1 構造計画 ····· 1
3. 固有周期 ····· 3
4. 構造強度評価 ····· 3
4.1 構造強度評価方法 ····· 3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力 ····· 3
5. 機能維持評価 ····· 7
5.1 電気的機能維持評価方法 ····· 7
6. 評価結果 ····· 8
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 8

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，直流±24V 中性子モニタ用分電盤が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

直流±24V 中性子モニタ用分電盤は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

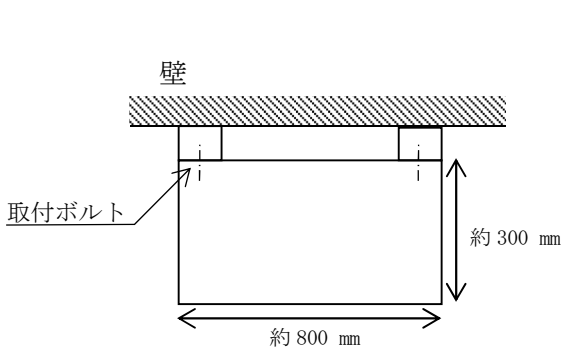
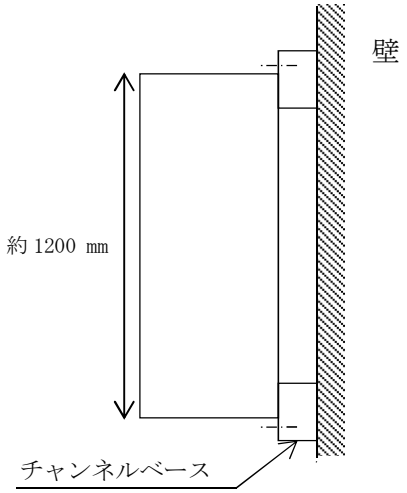
2. 一般事項

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を行う。

2.1　構造計画

直流±24V 中性子モニタ用分電盤の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
直流±24V 中性子モニタ用分電盤は，壁に埋め込まれた埋込金物で固定されたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。	壁掛形 （鋼材及び鋼板を組み合わせた壁掛形の盤）	 （水平方向）  （鉛直方向）

3.　固有周期

直流±24V 中性子モニタ用分電盤の固有周期は，構造が同様な盤に対する打振試験の測定結果から，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛とする。固有周期を表 3-1 に示す。

表 3-1　固有周期（s）

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

直流±24V 中性子モニタ用分電盤の構造は壁掛形であるため，構造強度評価は，添付書類「V-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

4.2　荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

直流±24V 中性子モニタ用分電盤の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2　許容応力

直流±24V 中性子モニタ用分電盤の許容応力は，添付書類「V-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

直流±24V 中性子モニタ用分電盤の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備としての評価に用いるものを表 4-3 に示す。

表 4-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源設備	その他	直流±24V 中性子モニタ用分電盤	常設耐震／防止	－*2	$D+P_D+M_D+S_s$*3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS（V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記　＊1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

＊3：「$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4-2　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 （ボルト等）	
	一次応力	
	引張り	せん断
$Ⅳ_AS$	1.5・f_t*	1.5・f_s*
$Ⅴ_AS$ （$Ⅴ_AS$として$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）		

注記　＊1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-3　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
取付ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	215	400	－

5. 評価結果

5.1 電気的機能維持評価方法

直流±24V 中性子モニタ用分電盤の電気的機能維持評価について，以下に示す。

電気的機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

直流±24V 中性子モニタ用分電盤の機能確認済加速度には，同形式の器具の正弦波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した器具の加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 （×9.8 m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
直流±24V 中性子モニタ用分電盤	水平	3.00
	鉛直	1.00

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

直流±24V 中性子モニタ用分電盤の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【直流±24V 中性子モニタ用分電盤の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

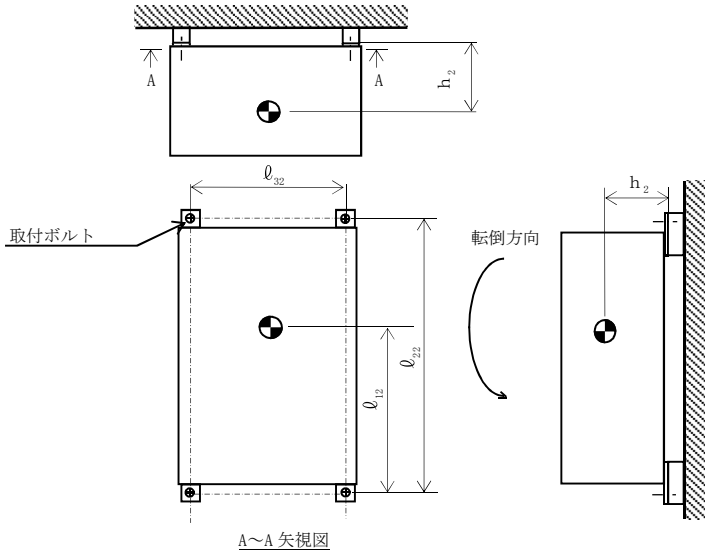
機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
直流±24V 中性子モニタ用分電盤	常設耐震／防止	EL. 8.20 (EL. 14.00*)	0.05 以下	0.05 以下	－	－	C_H＝1.13	C_V＝0.99	

注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i} (mm)	ℓ_{2i} (mm)	ℓ_{3i} (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	n_{fVi}	n_{fHi}
取付ボルト (i＝2)								2	2

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i^* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i＝2)	215	400	－	258	－	鉛直方向



A～A 矢視図

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	－	394.1	－	2.244×10^3

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=2$	$f_{ts2}=193$*
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=148$

すべて許容応力以下である。

注記 ＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($\times9.8\ m/s^2$)

		評価用加速度	機能確認済加速度
直流±24V 中性子モニタ用分電盤	水平方向	0.95	3.00
	鉛直方向	0.83	1.00

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

Ⅴ-2-10-2-1　浸水防護施設の耐震計算結果

目　次

1.　概要……1
2.　耐震評価条件整理……1

1. 概要

本添付書類は，浸水防護施設の設備の耐震計算の手法及び条件の整理について説明するものである。

2. 耐震評価条件整理

浸水防護施設に対して，設計基準対象施設の耐震クラス，重大事故等対処施設の設備分類を整理した。また，重大事故等対処施設のうち，設計基準対象施設であるものについては，重大事故等対処施設の評価条件と設計基準対象施設の評価条件の差異の有無を整理した。結果を表 2－1 に示す。

浸水防護施設のうち，新設又は新規登録の設計基準対象施設並びに重大事故等対処施設の耐震計算は表 2－1 に示す計算書に記載することとする。

表 2－1　耐震評価条件整理一覧表（1／14）

評価対象設備			設計基準対象施設			重大事故等対処施設		
			耐震クラス	新規制基準施工前に認可された実績との差異	耐震計算の記載箇所	設備分類	設計基準対象施設との評価条件の差異	耐震計算の記載箇所
浸水防護施設	外郭浸水防護設備	防潮堤（鋼製防護壁）	S＊2（新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-2-1	－	－	－
		防潮堤（鉄筋コンクリート防潮壁）＊1	S＊2（新規登録）	－	Ⅴ-2-2-39	－	－	－
		防潮堤（鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁）	S＊2（新規登録）	－	Ⅴ-2-2-37	－	－	－
		防潮扉 1	S＊2（新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-2-2	－	－	－
		防潮扉 2	S＊2（新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-2-2	－	－	－
		放水路ゲート 1,2,3	S＊2（新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-3	－	－	－
		構内排水路逆流防止設備 1,2,3,4,7,8,9	S＊2（新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-4	－	－	－
		構内排水路逆流防止設備 5,6	S＊2（新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-4	－	－	－

＊1　「防潮堤（鉄筋コンクリート防潮壁）」及び「防潮堤（鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア））」を示す。

＊2　浸水防止設備としての耐震クラスを示す。

表 2－1　耐震評価条件整理一覧表（2／14）

評価対象設備			設計基準対象施設			重大事故等対処施設		
			耐震クラス	新規制基準施工前に認可された実績との差異	耐震計算の記載箇所	設備分類	設計基準対象施設との評価条件の差異	耐震計算の記載箇所
浸水防護施設	外郭浸水防護設備	取水路点検用開口部浸水防止蓋 1,10	S＊（新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-5-1	－	－	－
		取水路点検用開口部浸水防止蓋 2,3,4,5,6,7,8,9	S＊（新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-5-1	－	－	－
		海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁 1,2	S＊（新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-6-1	－	－	－
		取水ピット空気抜き配管逆止弁 1,2,3	S＊（新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-6-2	－	－	－
		放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋 1,2,3	S＊（新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-5-2	－	－	－
		ＳＡ用海水ピット開口部浸水防止蓋 1,2,3,4,5,6	S＊（新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-5-3	－	－	－
		緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋	S＊（新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-5-4	－	－	－
		緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋	S＊（新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-5-5	－	－	－

＊　浸水防止設備としての耐震クラスを示す。

表 2－1　耐震評価条件整理一覧表（3／14）

評価対象設備			設計基準対象施設			重大事故等対処施設		
			耐震クラス	新規制基準施工前に認可された実績との差異	耐震計算の記載箇所	設備分類	設計基準対象施設との評価条件の差異	耐震計算の記載箇所
浸水防護施設	外郭浸水防護設備	緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋	S＊（新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-5-6	－	－	－
		緊急用海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁	S＊（新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-6-3	－	－	－
		緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口逆止弁	S＊（新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-6-4	－	－	－
		格納容器圧力逃がし装置格納槽点検用水密ハッチA	S＊（新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-5-7	－	－	－
		格納容器圧力逃がし装置格納槽点検用水密ハッチB	S＊（新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-5-7	－	－	－
		常設低圧代替注水系格納槽点検用水密ハッチ	S＊（新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-5-8	－	－	－
		常設低圧代替注水系格納槽可搬型ポンプ用水密ハッチA，B	S＊（新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-5-9	－	－	－
		常設代替高圧電源装置用カルバート原子炉建屋側水密扉	S＊（新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-8-1	－	－	－

＊　浸水防止設備としての耐震クラスを示す。

表 2－1　耐震評価条件整理一覧表（4／14）

評価対象設備			設計基準対象施設			重大事故等対処施設		
			耐震クラス	新規制基準施工前に認可された実績との差異	耐震計算の記載箇所	設備分類	設計基準対象施設との評価条件の差異	耐震計算の記載箇所
浸水防護施設	外郭浸水防護設備	原子炉建屋原子炉棟水密扉	S＊（新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-8-1	－	－	－
		原子炉建屋付属棟東側水密扉	S＊（新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-8-1	－	－	－
		原子炉建屋付属棟西側水密扉	S＊（新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-8-1	－	－	－
		原子炉建屋付属棟南側水密扉	S＊（新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-8-1	－	－	－
		原子炉建屋付属棟北側水密扉 1	S＊（新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-8-1	－	－	－
		原子炉建屋付属棟北側水密扉 2	S＊（新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-8-1	－	－	－
		貯留堰	S＊（新規登録）	－	Ⅴ-2-10-4-4	－	－	－

＊　浸水防止設備としての耐震クラスを示す。

表 2－1　耐震評価条件整理一覧表（5／14）

評価対象設備			設計基準対象施設			重大事故等対処施設		
			耐震クラス	新規制基準施工前に認可された実績との差異	耐震計算の記載箇所	設備分類	設計基準対象施設との評価条件の差異	耐震計算の記載箇所
浸水防護施設	内郭浸水防護設備	残留熱除去系 A 系ポンプ室水密扉	Ｃ－２＊２（新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-8-2	－	－	－
		原子炉隔離時冷却系室北側水密扉	Ｃ－２＊２（新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-8-2	－	－	－
		原子炉隔離時冷却系室南側水密扉	Ｃ－２＊２（新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-8-2	－	－	－
		高圧炉心スプレイ系ポンプ室水密扉	Ｃ－２＊２（新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-8-2	－	－	－
		海水ポンプ室ケーブル点検口浸水防止蓋	Ｓ＊１ Ｃ－２＊２（新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-5-10	－	－	－
		原子炉建屋原子炉棟溢水拡大防止堰 B1-1	Ｃ－２＊２（新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-10	－	－	－
		原子炉建屋原子炉棟溢水拡大防止堰 B1-2	Ｃ－２＊２（新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-10	－	－	－

＊１　浸水防止設備としての耐震クラスを示す。

＊２　溢水の伝播を防止する設備としての耐震クラスを示す。

表 2－1　耐震評価条件整理一覧表（6／14）

評価対象設備			設計基準対象施設			重大事故等対処施設		
			耐震クラス	新規制基準施工前に認可された実績との差異	耐震計算の記載箇所	設備分類	設計基準対象施設との評価条件の差異	耐震計算の記載箇所
浸水防護施設	内郭浸水防護設備	原子炉建屋原子炉棟溢水拡大防止堰 B1-3	Ｃ－２＊２（新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-10	－	－	－
		原子炉建屋原子炉棟溢水拡大防止堰 B1-4	Ｃ－２＊（新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-10	－	－	－
		原子炉建屋原子炉棟溢水拡大防止堰 1-1	Ｃ－２＊（新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-10	－	－	－
		原子炉建屋原子炉棟溢水拡大防止堰 1-2	Ｃ－２＊（新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-10	－	－	－
		原子炉建屋原子炉棟溢水拡大防止堰 1-3	Ｃ－２＊（新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-10	－	－	－
		原子炉建屋原子炉棟溢水拡大防止堰 2-1	Ｃ－２＊（新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-10	－	－	－
		原子炉建屋原子炉棟溢水拡大防止堰 2-2	Ｃ－２＊（新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-10	－	－	－
		原子炉建屋原子炉棟溢水拡大防止堰 3-1	Ｃ－２＊（新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-10	－	－	－

＊　溢水の伝播を防止する設備としての耐震クラスを示す。

表 2－1　耐震評価条件整理一覧表（7／14）

評価対象設備			設計基準対象施設			重大事故等対処施設		
			耐震クラス	新規制基準施工前に認可された実績との差異	耐震計算の記載箇所	設備分類	設計基準対象施設との評価条件の差異	耐震計算の記載箇所
浸水防護施設	内郭浸水防護設備	原子炉建屋原子炉棟溢水拡大防止堰 3-2	Ｃ－２＊（新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-10	－	－	－
		原子炉建屋原子炉棟溢水拡大防止堰 4-1	Ｃ－２＊（新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-10	－	－	－
		原子炉建屋原子炉棟溢水拡大防止堰 5-1	Ｃ－２＊（新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-10	－	－	－
		原子炉建屋原子炉棟溢水拡大防止堰 5-2	Ｃ－２＊（新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-10	－	－	－
		原子炉建屋原子炉棟溢水拡大防止堰 6-1	Ｃ－２＊（新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-10	－	－	－
		原子炉建屋原子炉棟溢水拡大防止堰 6-2	Ｃ－２＊（新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-10	－	－	－
		原子炉建屋原子炉棟溢水拡大防止堰 6-3	Ｃ－２＊（新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-10	－	－	－
		原子炉建屋原子炉棟溢水拡大防止堰 6-4	Ｃ－２＊（新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-10	－	－	－

＊　溢水の伝播を防止する設備としての耐震クラスを示す。

表 2－1　耐震評価条件整理一覧表（8／14）

評価対象設備			設計基準対象施設			重大事故等対処施設		
			耐震クラス	新規制基準施工前に認可された実績との差異	耐震計算の記載箇所	設備分類	設計基準対象施設との評価条件の差異	耐震計算の記載箇所
浸水防護施設	内郭浸水防護設備	原子炉建屋原子炉棟溢水拡大防止堰 6-5	Ｃ－２＊（新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-10	－	－	－
		原子炉建屋付属棟溢水拡大防止堰	Ｃ－２＊（新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-10	－	－	－
		原子炉建屋廃棄物処理棟管理区域外伝播防止堰 1-1	Ｃ－２＊（新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-11	－	－	－
		原子炉建屋廃棄物処理棟管理区域外伝播防止堰 1-２	Ｃ－２＊（新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-11	－	－	－
		タービン建屋管理区域外伝播防止堰 1-1	Ｂ＊	－	－	－	－	－
		タービン建屋管理区域外伝播防止堰 1-2	Ｂ＊	－	－	－	－	－
		タービン建屋管理区域外伝播防止堰 1-3	Ｂ＊	－	－	－	－	－
		タービン建屋管理区域外伝播防止堰 1-4	Ｂ＊	－	－	－	－	－

＊　溢水の伝播を防止する設備としての耐震クラスを示す。

表 2－1　耐震評価条件整理一覧表（9／14）

評価対象設備			設計基準対象施設			重大事故等対処施設		
			耐震クラス	新規制基準施工前に認可された実績との差異	耐震計算の記載箇所	設備分類	設計基準対象施設との評価条件の差異	耐震計算の記載箇所
浸水防護施設	内郭浸水防護設備	原子炉建屋原子炉棟止水板 B2-1	Ｃ－２＊（新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-10	－	－	－
		原子炉建屋原子炉棟止水板 B2-2	Ｃ－２＊（新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-10	－	－	－
		原子炉建屋原子炉棟止水板 B2-3	Ｃ－２＊（新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-10	－	－	－
		原子炉建屋原子炉棟止水板 B1-1	Ｃ－２＊（新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-10	－	－	－
		原子炉建屋原子炉棟止水板 B1-2	Ｃ－２＊（新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-10	－	－	－
		原子炉建屋原子炉棟止水板 B1-3	Ｃ－２＊（新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-10	－	－	－
		原子炉建屋原子炉棟止水板 2-1	Ｃ－２＊（新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-10	－	－	－
		原子炉建屋原子炉棟止水板 3-1	Ｃ－２＊（新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-10	－	－	－

＊　溢水の伝播を防止する設備としての耐震クラスを示す。

表 2－1　耐震評価条件整理一覧表（10／14）

評価対象設備			設計基準対象施設			重大事故等対処施設		
			耐震クラス	新規制基準施工前に認可された実績との差異	耐震計算の記載箇所	設備分類	設計基準対象施設との評価条件の差異	耐震計算の記載箇所
浸水防護施設	内郭浸水防護設備	原子炉建屋原子炉棟止水板 3-2	Ｃ－２＊（新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-10	－	－	－
		原子炉建屋原子炉棟止水板 3-3	Ｃ－２＊（新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-10	－	－	－
		原子炉建屋原子炉棟止水板 3-4	Ｃ－２＊（新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-10	－	－	－
		原子炉建屋原子炉棟止水板 3-5	Ｃ－２＊（新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-10	－	－	－
		原子炉建屋原子炉棟止水板 3-6	Ｃ－２＊（新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-10	－	－	－
		原子炉建屋原子炉棟止水板 3-7	Ｃ－２＊（新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-10	－	－	－
		原子炉建屋原子炉棟止水板 4-1	Ｃ－２＊（新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-10	－	－	－
		原子炉建屋原子炉棟止水板 4-2	Ｃ－２＊（新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-10	－	－	－

＊　溢水の伝播を防止する設備としての耐震クラスを示す。

表 2－1　耐震評価条件整理一覧表（11／14）

評価対象設備			設計基準対象施設			重大事故等対処施設		
			耐震クラス	新規制基準施工前に認可された実績との差異	耐震計算の記載箇所	設備分類	設計基準対象施設との評価条件の差異	耐震計算の記載箇所
浸水防護施設	内郭浸水防護設備	原子炉建屋原子炉棟止水板 4-3	Ｃ－２＊ （新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-10	－	－	－
		原子炉建屋原子炉棟止水板 4-4	Ｃ－２＊２ （新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-10	－	－	－
		原子炉建屋原子炉棟止水板 4-5	Ｃ－２＊２ （新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-10	－	－	－
		原子炉建屋原子炉棟止水板 5-1	Ｃ－２＊２ （新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-10	－	－	－
		緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋	Ｓ＊１ Ｃ－２＊２ （新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-5-5	－	－	－
		緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋	Ｓ＊１ Ｃ－２＊２ （新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-5-6	－	－	－

＊１　浸水防止設備としての耐震クラスを示す。

＊２　溢水の伝播を防止する設備としての耐震クラスを示す。

表 2－1　耐震評価条件整理一覧表（12／14）

評価対象設備			設計基準対象施設			重大事故等対処施設		
			耐震クラス	新規制基準施工前に認可された実績との差異	耐震計算の記載箇所	設備分類	設計基準対象施設との評価条件の差異	耐震計算の記載箇所
浸水防護施設	内郭浸水防護設備	格納容器圧力逃がし装置格納槽点検用水密ハッチA	S＊1 C－2＊2 （新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-5-7	－	－	－
		格納容器圧力逃がし装置格納槽点検用水密ハッチB	S＊1 C－2＊2 （新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-5-7	－	－	－
		常設低圧代替注水系格納槽点検用水密ハッチ	S＊1 C－2＊2 （新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-5-8	－	－	－
		常設低圧代替注水系格納槽可搬型ポンプ用水密ハッチA，B	S＊1 C－2＊2 （新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-5-9	－	－	－
		常設代替高圧電源装置用カルバート原子炉建屋側水密扉	S＊1 C－2＊2 （新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-8-1	－	－	－

＊１　浸水防止設備としての耐震クラスを示す。

＊２　溢水の伝播を防止する設備としての耐震クラスを示す。

表２－１　耐震評価条件整理一覧表（13／14）

評価対象設備			設計基準対象施設			重大事故等対処施設		
			耐震クラス	新規制基準施工前に認可された実績との差異	耐震計算の記載箇所	設備分類	設計基準対象施設との評価条件の差異	耐震計算の記載箇所
浸水防護施設	内郭浸水防護設備	原子炉建屋原子炉棟水密扉	S＊1（新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-8-1	－	－	－
		原子炉建屋付属棟東側水密扉	S＊1（新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-8-1	－	－	－
		原子炉建屋付属棟西側水密扉	S＊1（新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-8-1	－	－	－
		原子炉建屋付属棟南側水密扉	S＊1（新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-8-1	－	－	－
		原子炉建屋付属棟北側水密扉１	S＊1（新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-8-1	－	－	－
		原子炉建屋付属棟北側水密扉２	S＊1（新規登録）	－	Ⅴ-2-10-2-8-1	－	－	－
		キャスク搬出入用出入口	B＊2	－	－	－	－	－
		サイトバンカトラックエリア出入口	B＊2	－	－	－	－	－

＊１　浸水防止設備としての耐震クラスを示す。

＊２　溢水の伝播を防止する設備としての耐震クラスを示す。

表２－１　耐震評価条件整理一覧表（14／14）

評価対象設備			設計基準対象施設			重大事故等対処施設		
			耐震クラス	新規制基準施工前に認可された実績との差異	耐震計算の記載箇所	設備分類	設計基準対象施設との評価条件の差異	耐震計算の記載箇所
浸水防護施設	内郭浸水防護設備	廃棄物処理建屋機器搬出入用出入口	Ｂ＊	－	－	－	－	－
		雑固体ドラム搬入用出入口	Ｂ＊	－	－	－	－	－
		ドラム搬出入室出入口	Ｂ＊	－	－	－	－	－
		廃棄物処理建屋出入口	Ｂ＊	－	－	－	－	－
		焼却設備機器搬出入用出入口	Ｂ＊	－	－	－	－	－

＊　溢水の伝播を防止する設備としての耐震クラスを示す。

Ⅴ-2-10-2-2-1　防潮堤（鋼製防護壁）の耐震性についての計算書

防潮堤（鋼製防護壁）の耐震性についての計算書

1. 防潮堤（鋼製防護壁）の基礎及び上部構造に関する耐震計算書
2. 防潮堤（鋼製防護壁）の止水機構に関する耐震計算書

Ⅴ-2-10-2-2-1　防潮堤（鋼製防護壁）の耐震性についての計算書

1.　防潮堤（鋼製防護壁）の基礎及び上部構造に関する耐震計算書

目　次

1.　概要……1
2.　基本方針……2
2.1　位置……2
2.2　構造概要……3
2.3　評価方針……14
2.4　適用基準……17
3.　地震応答解析……18
3.1　評価対象断面……18
3.2　解析方法……21
3.3　荷重及び荷重の組合せ……23
3.4　入力地震動……25
3.5　解析モデル及び諸元……54
4.　耐震評価……61
4.1　評価対象部位……61
4.2　解析方法……62
4.3　荷重及び荷重の組合せ……63
4.4　許容限界……65
4.5　解析モデル及び諸元……68
4.6　評価方法……73
5.　耐震評価結果……79
5.1　構造部材の健全性に対する評価結果……79
5.2　基礎地盤の支持性能に対する評価結果……134
5.3　構造物の変形性に対する評価結果……138

1. 概要

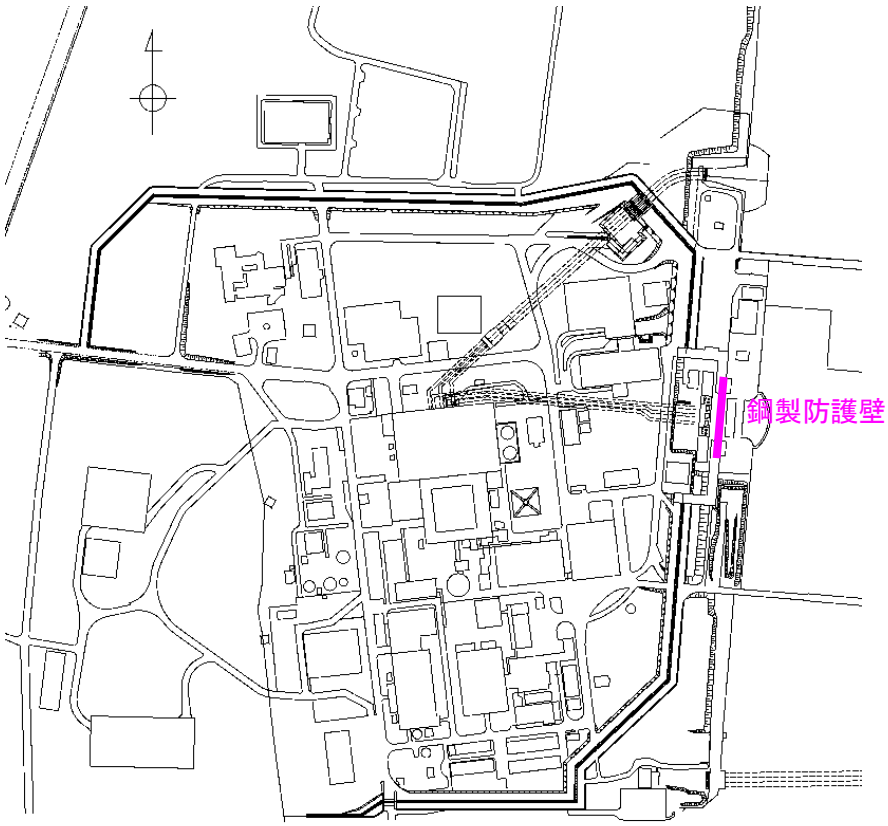
本資料は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」に設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，鋼製防護壁が基準地震動Ｓ$_s$に対して十分な構造強度及び支持性能並びに止水機能を有していることを確認するものである。

鋼製防護壁に要求される機能の維持を確認するに当たっては，地震応答解析に基づく構造部材の健全性評価，基礎地盤の支持性能評価及び構造物の変形性評価により行う。

2. 基本方針

2.1 位置

鋼製防護壁の位置図を第 2-1 図に示す。



第 2-1 図　鋼製防護壁位置図

2.2　構造概要

鋼製防護壁は，幅約 81 m，高さ約 17 m，奥行き約 5 m の鋼製の構造物であり，幅約 50 m の取水構造物を横断し，取水構造物の側方の地中連続壁基礎を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置する。

鋼製防護壁の検討対象位置平面図を第 2-2 図に，構造概要図を第 2-3 図に，構造図を第 2-4 図に示す。

鋼製防護壁は鉛直及び水平方向に配置された鋼板で構成される鋼殻構造であり，施工性を考慮して分割したブロックの集合体として全体を構成する。各ブロックは添接板と高力ボルトを用いた摩擦接合により固定するため，地震時及び津波時にブロック同士の変位は生じない設計である。継ぎ手部にはシール材を設置し，漏えいが生じないようにする。

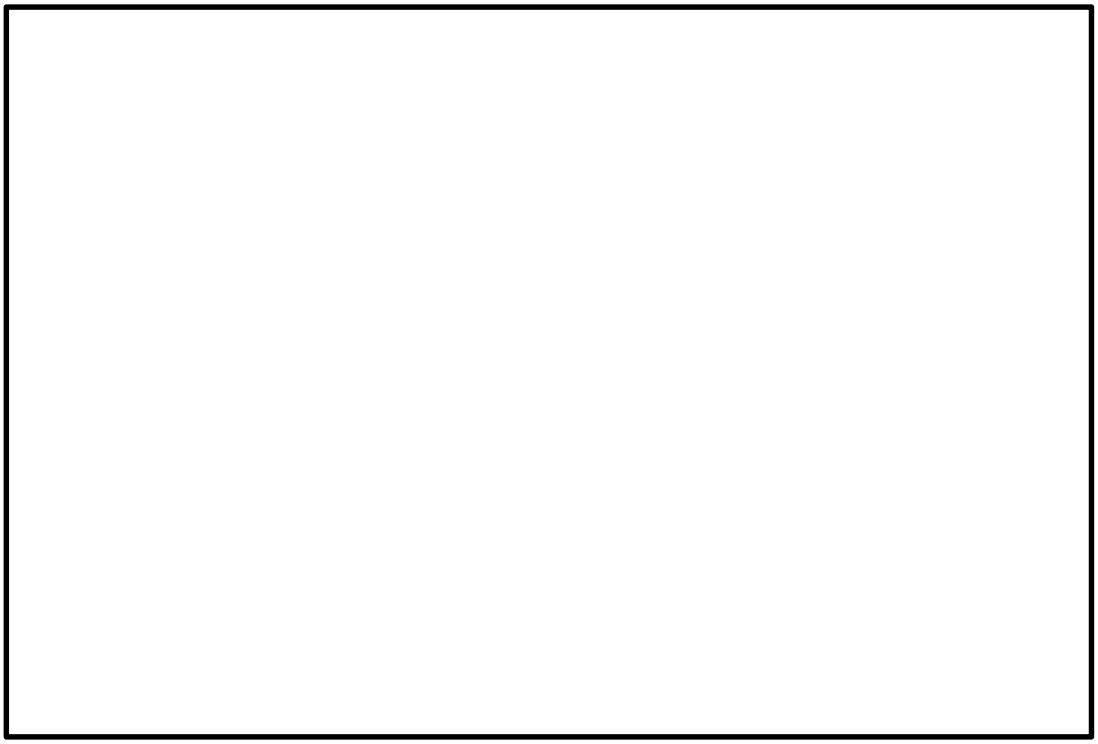
基礎部は，第 2-5 図に示すとおり，南北両側に配置した地中連続壁基礎にて構成され，津波荷重等を受ける鋼製防護壁を支持する。地中連続壁基礎の内側には中実鉄筋コンクリートを充填し，地中連続壁基礎と中実鉄筋コンクリートはスタッドにより一体化し，両者で発生断面力を負担する。

第 2-6 図に鋼製防護壁の構造概要を示す。鋼製防護壁は，下端標高 T.P.＋3.20 m から天端標高 T.P.＋20.0 m までを頂部鋼板を含めて 10 層の水平隔壁に分割した構造とし，法線，法線直交方向の鉛直隔壁並びに外面鋼板で構成される。各層は，第 2-6 図に示すブロックが複数結合された構造である。鋼材ブロック継目部の添接板の間に止水性の維持のためシール材を設置する。また，止水性維持のため，鋼製防護壁と鉄筋コンクリート防潮壁の境界部に止水ジョイント部を，鋼製防護壁の底面と既設取水構造物との境界部に止水機構を設置する。

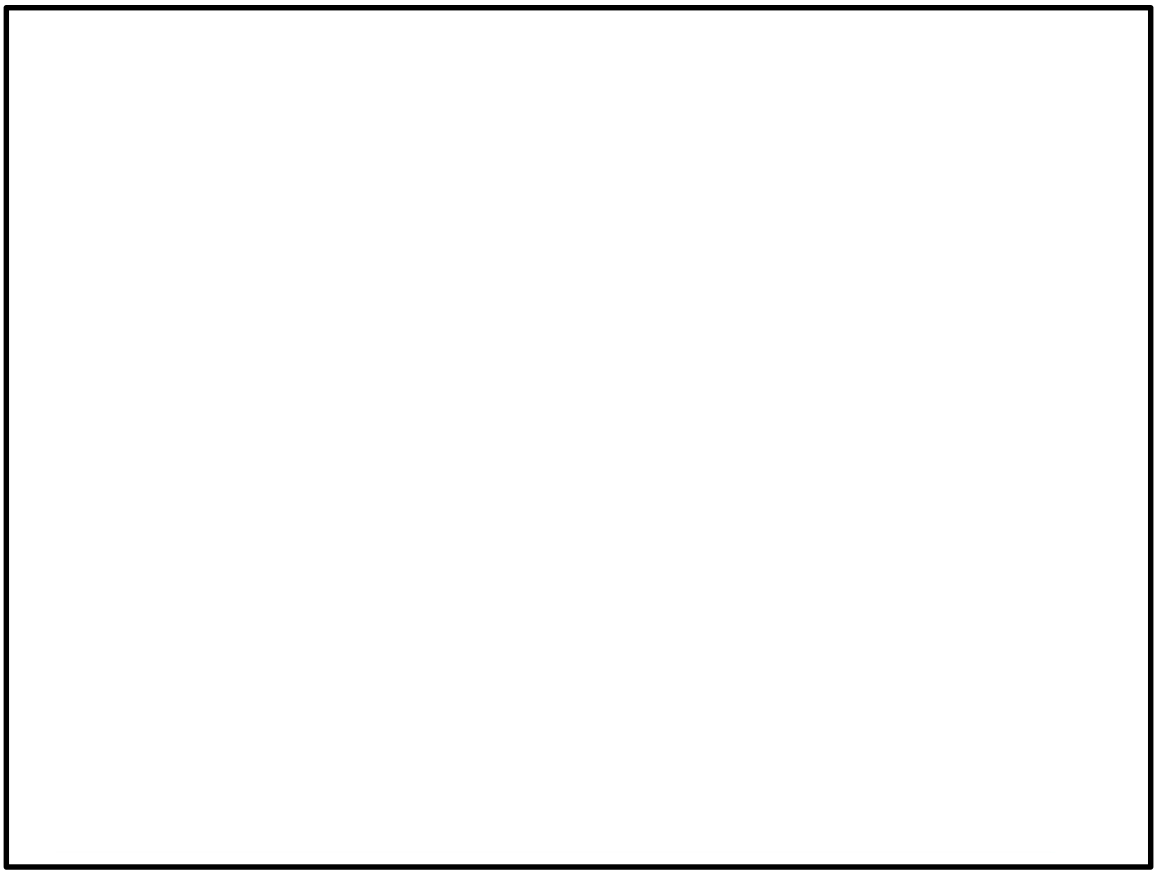
鋼製防護壁と地中連続壁基礎とは鋼製防護壁アンカーによって剛結合され，上部工からの軸力と水平軸回りの曲げモーメントを引抜き力，押込力として基礎上部の頂版鉄筋コンクリートに伝達することで一体構造として挙動する。鋼製防護壁の基礎直上は第 2-7 図に示すとおり，鋼殻内に必要な高さまで中詰め鉄筋コンクリートを打設して鋼殻と一体化し，下部構造への確実な荷重伝達を図る。

鋼製防護壁と地中連続壁基礎との結合部の概要図を第 2-8 図に，結合部構造図を第 2-9 図に示す。また，各部材の設計上の役割を第 2-1 表に示す。

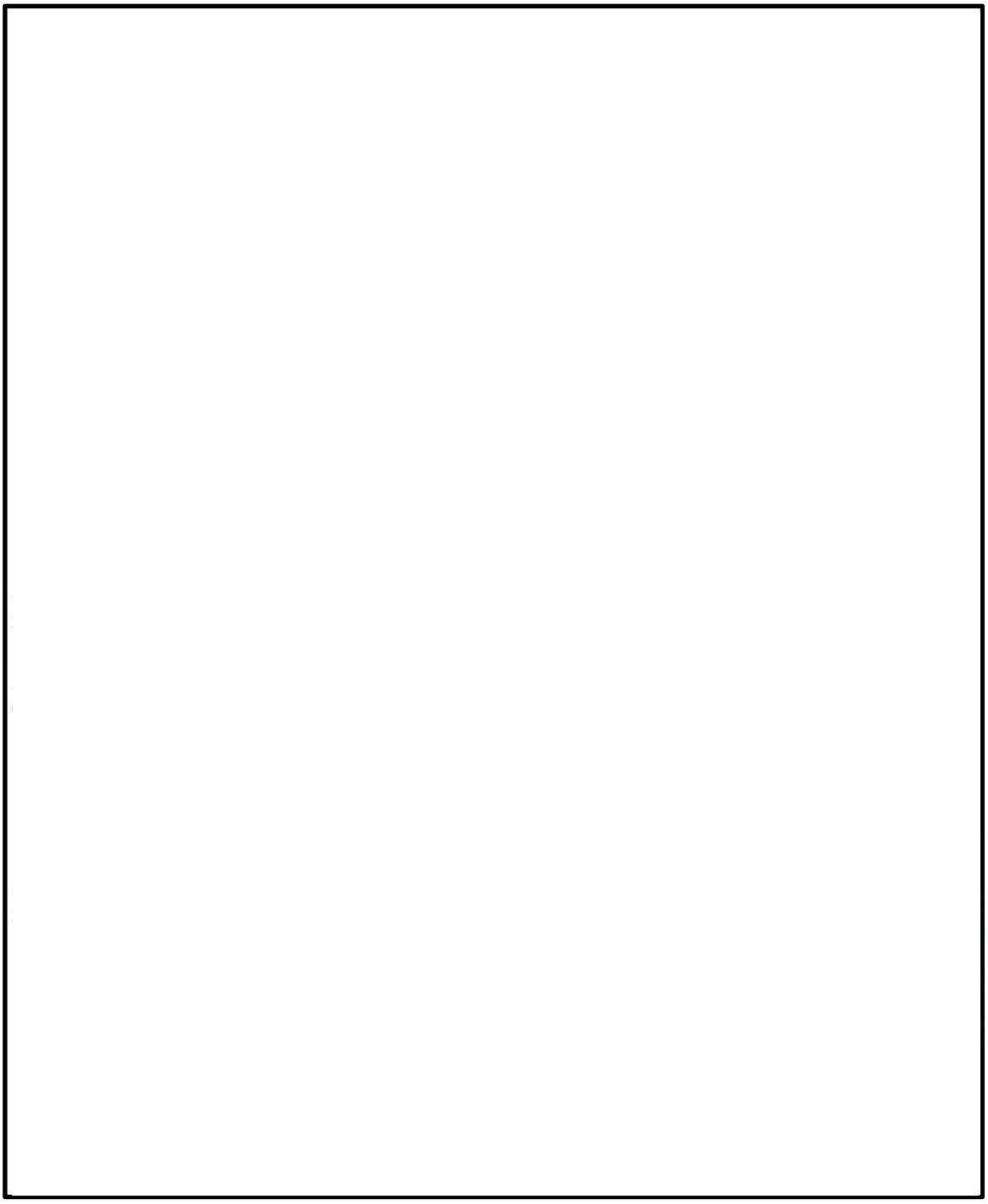
また，鋼製防護壁と鉄筋コンクリート防潮壁との境界部に止水性維持のために止水ジョイント部を設置する。鋼製防護壁の底面と取水構造物との境界部には，止水性維持のために止水機構を設置する。



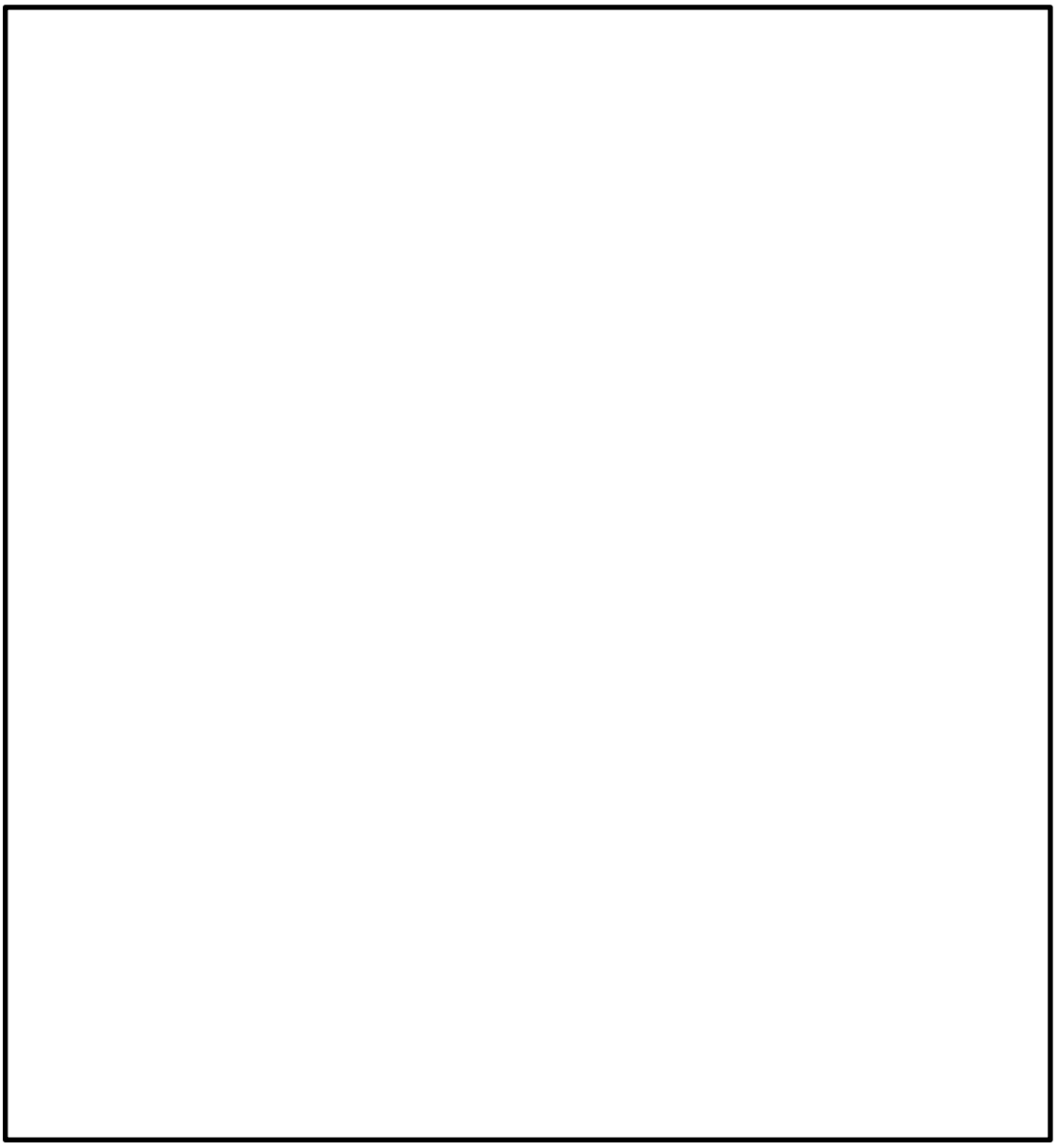
第 2-2 図　鋼製防護壁　検討対象位置平面図



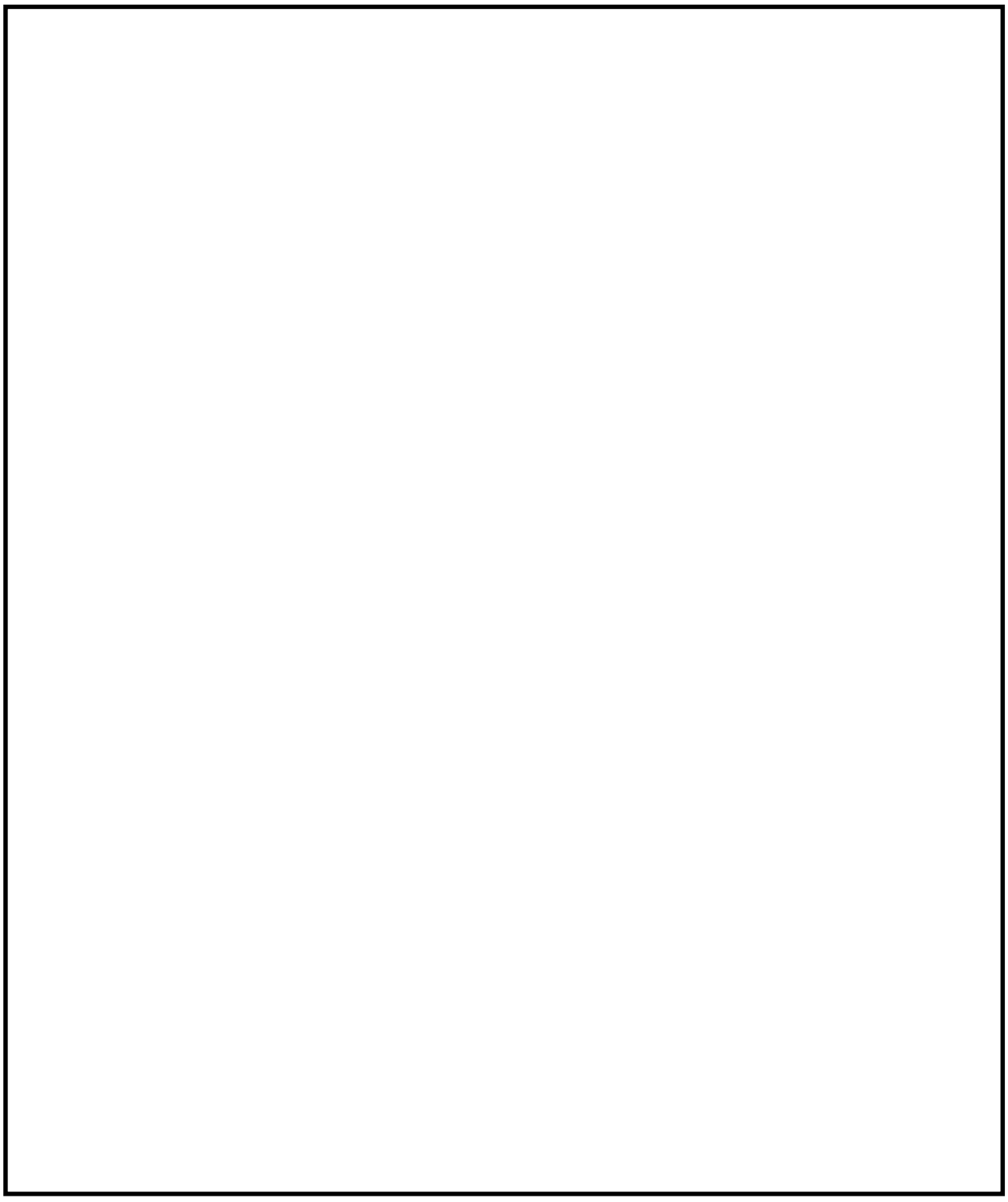
第 2-3 図　鋼製防護壁の構造概要図



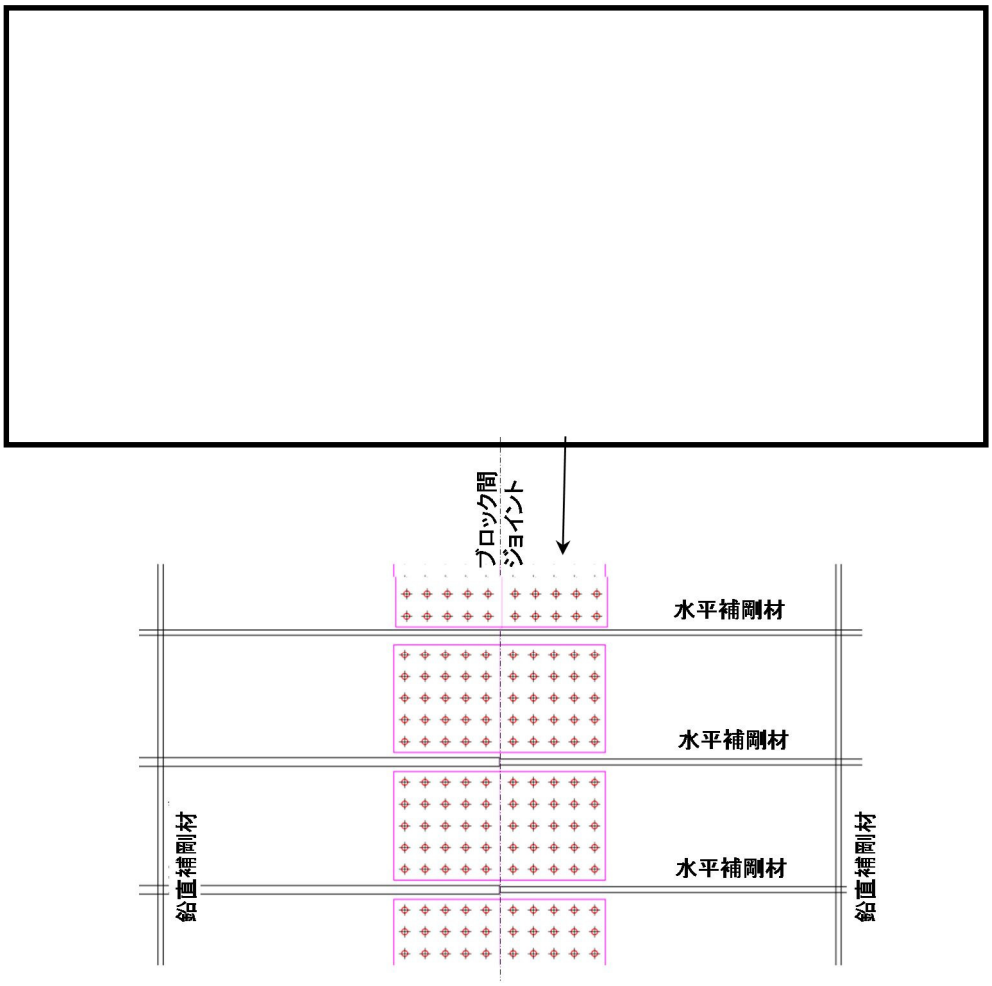
第 2-4 図　鋼製防護壁構造図



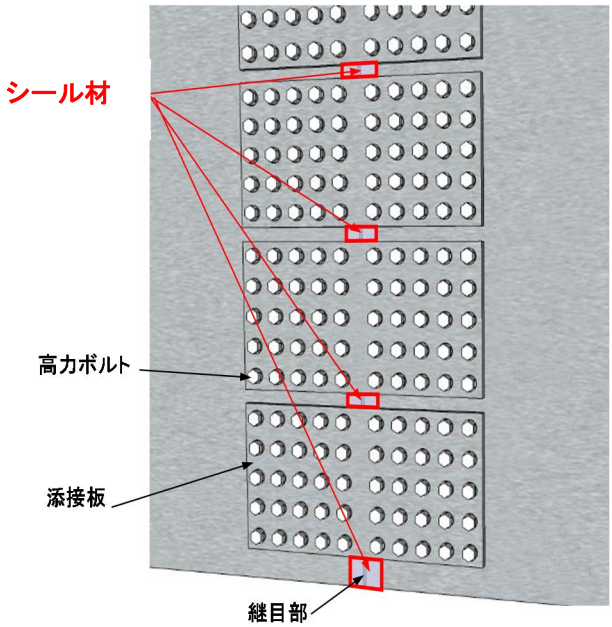
第 2-5 図　鋼製防護壁全体の構造イメージ図



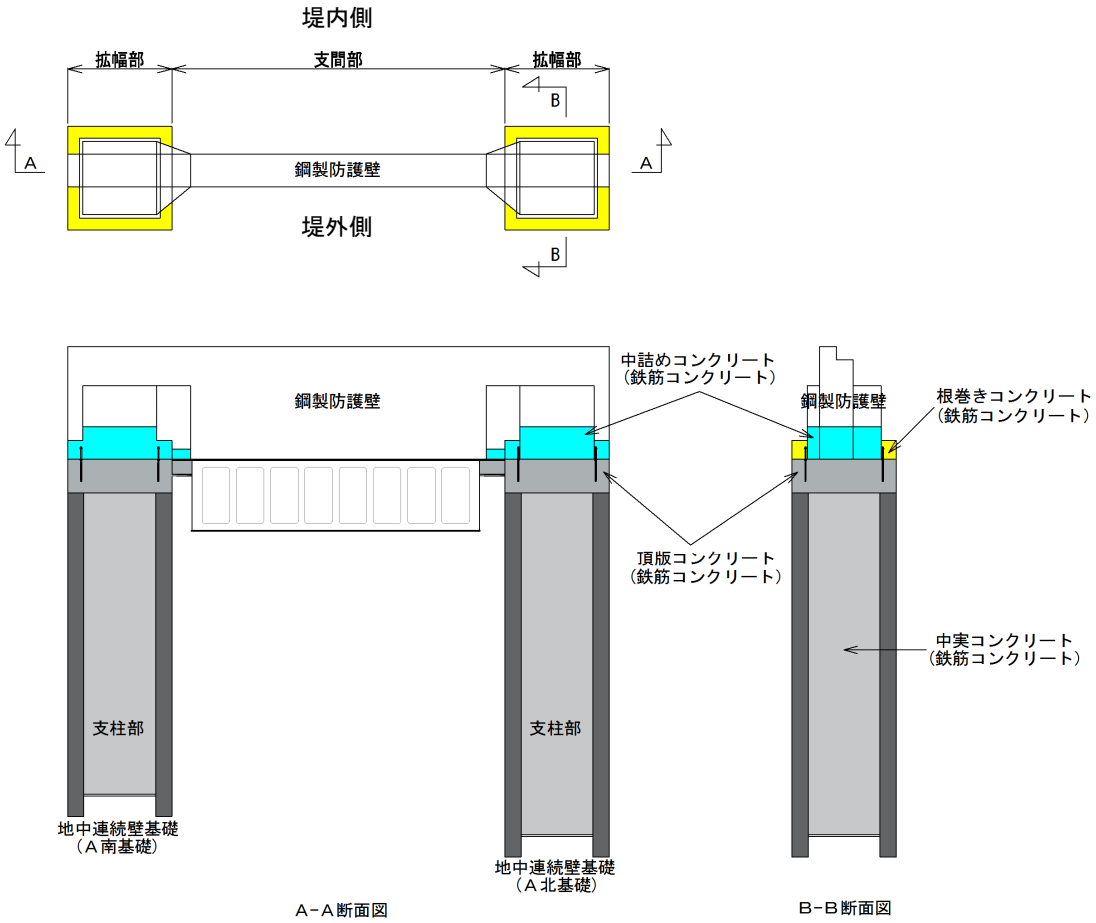
第 2-6 図（1）　鋼製防護壁上部工の構造イメージ図



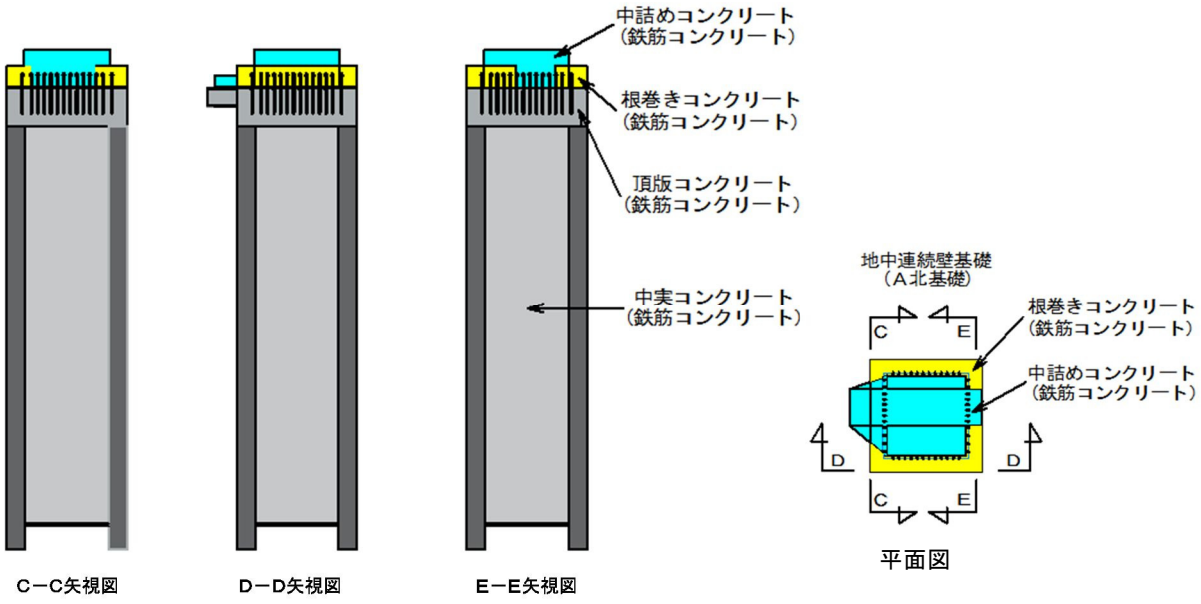
第 2-6 図（2）　鋼製防護壁上部構造の構造イメージ図



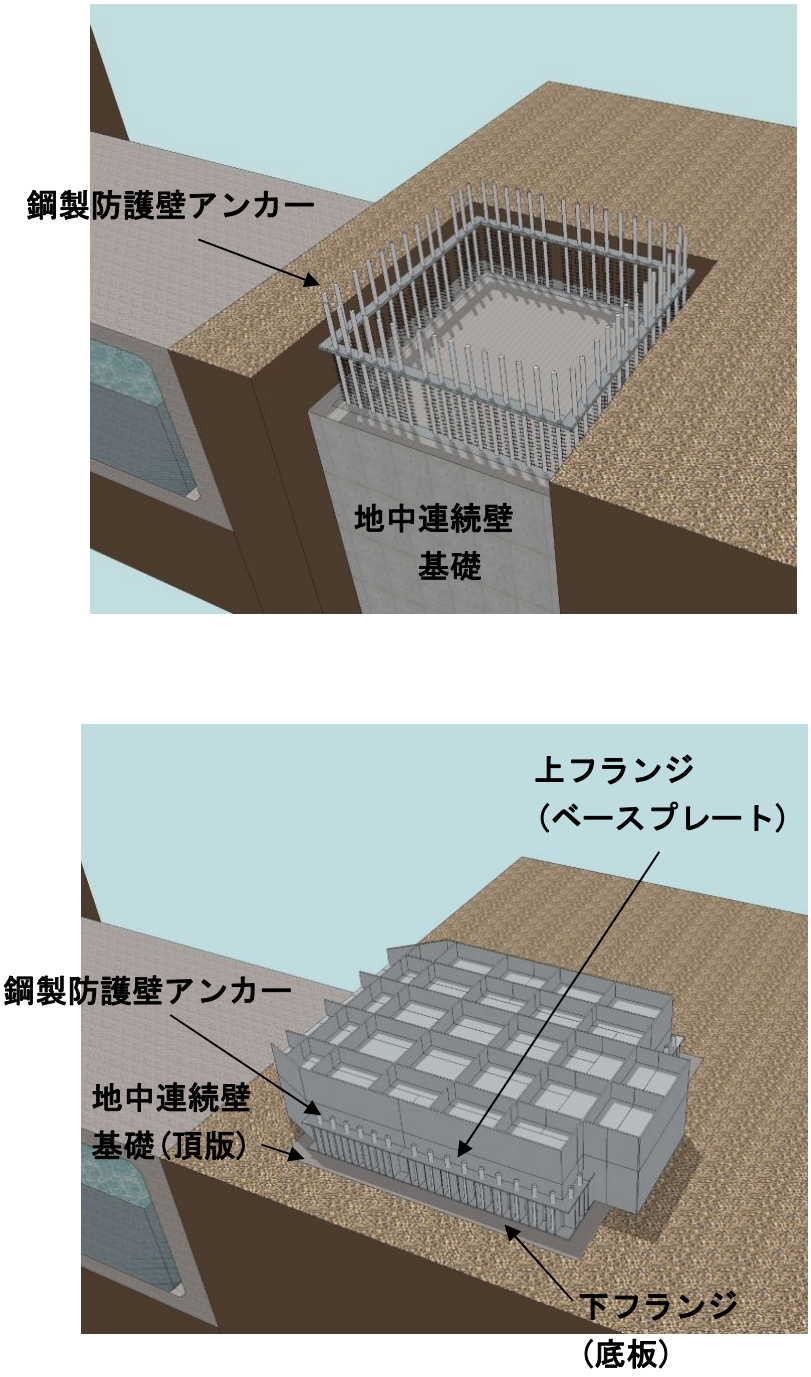
第 2-6 図（3）　鋼製防護壁上部構造の構造イメージ図（シール材）



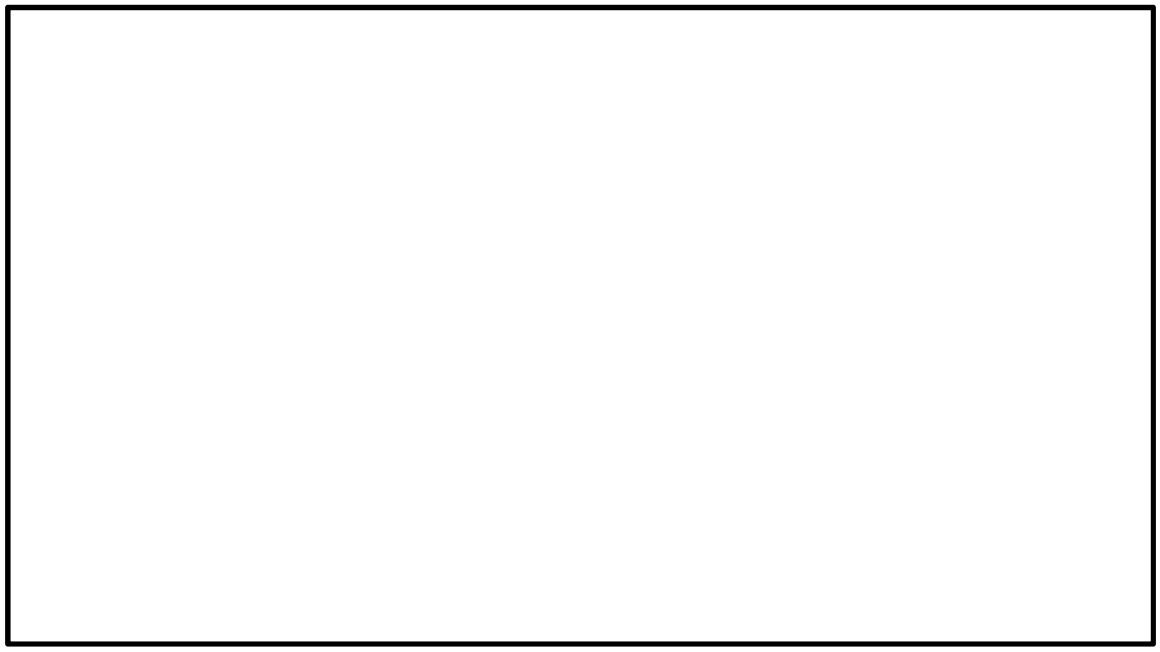
第 2-7 図（1）　鋼製防護壁の全体構成図



第 2-7 図（2）　鋼製防護壁（地中連続壁基礎）の構成図



第 2-8 図　鋼製防護壁と地中連続壁基礎との結合部概要図



第 2-9 図（1）　鋼製防護壁と地中連続壁基礎との結合部構造図（Ａ－Ａ断面）



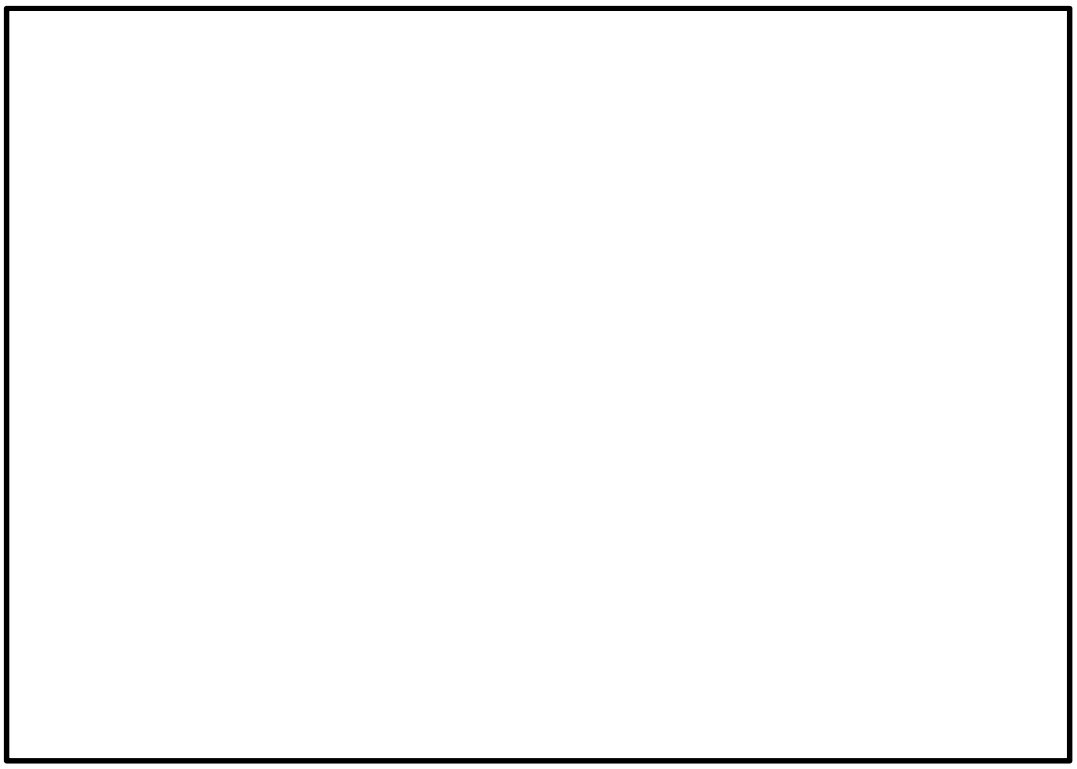
第 2-9 図（2）　鋼製防護壁と地中連続壁基礎との結合部構造図（Ｂ－Ｂ断面）



第 2-9 図（3）　鋼製防護壁と地中連続壁基礎との結合部構造図（Ｃ－Ｃ断面）



第 2-9 図（4）　鋼製防護壁と地中連続壁基礎との結合部構造図（Ｄ－Ｄ断面）



第 2-9 図 (5)　鋼製防護壁と地中連続壁基礎との結合部構造図（Ｅ－Ｅ断面）

第 2-1 表　各部材の設計上の役割

部材名	設計上の役割
中詰め鉄筋コンクリート (f'_{ck} =50 N/mm^2)	鋼殻内部の鉄筋コンクリートで，水平方向のせん断力と水平回転モーメントを頂版鉄筋コンクリートに伝達する。
アンカーボルト (SM520B 相当)	引抜き力を頂版鉄筋コンクリートに伝達する。
頂版(フーチング) 鉄筋コンクリート (f'_{ck} =50 N/mm^2)	水平方向のせん断力と水平回転モーメントを地中連続壁基礎及び中実鉄筋コンクリートに伝達する。
地中連続壁基礎及び 中実鉄筋コンクリート (f'_{ck} =40 N/mm^2)	地中連続壁基礎は，基礎外面を形成し基礎の主要部材となる。 中実鉄筋コンクリートは，地中連続壁基礎内部の鉄筋コンクリートで，地中連続壁基礎と一体となって発生断面力を負担する。
根巻き鉄筋コンクリート (f'_{ck} =24 N/mm^2)	アンカー頭部の防食などを目的とした鉄筋コンクリートであり，非構造部材として設計する。

2.3　評価方針

防潮堤（鋼製防護壁）は，Ｓクラス施設である浸水防護施設に分類される。

鋼製防護壁の耐震評価は，設計基準対象施設の評価として，第 2-2 表に示すとおり，構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を行う。

構造部材の健全性評価については，地震応答解析から得られた荷重を用いた応力解析に基づく発生応力が許容限界以下であることを確認する。基礎地盤の支持性能評価については，基礎地盤に作用する接地圧が極限支持力に基づく許容限界以下であることを確認する。

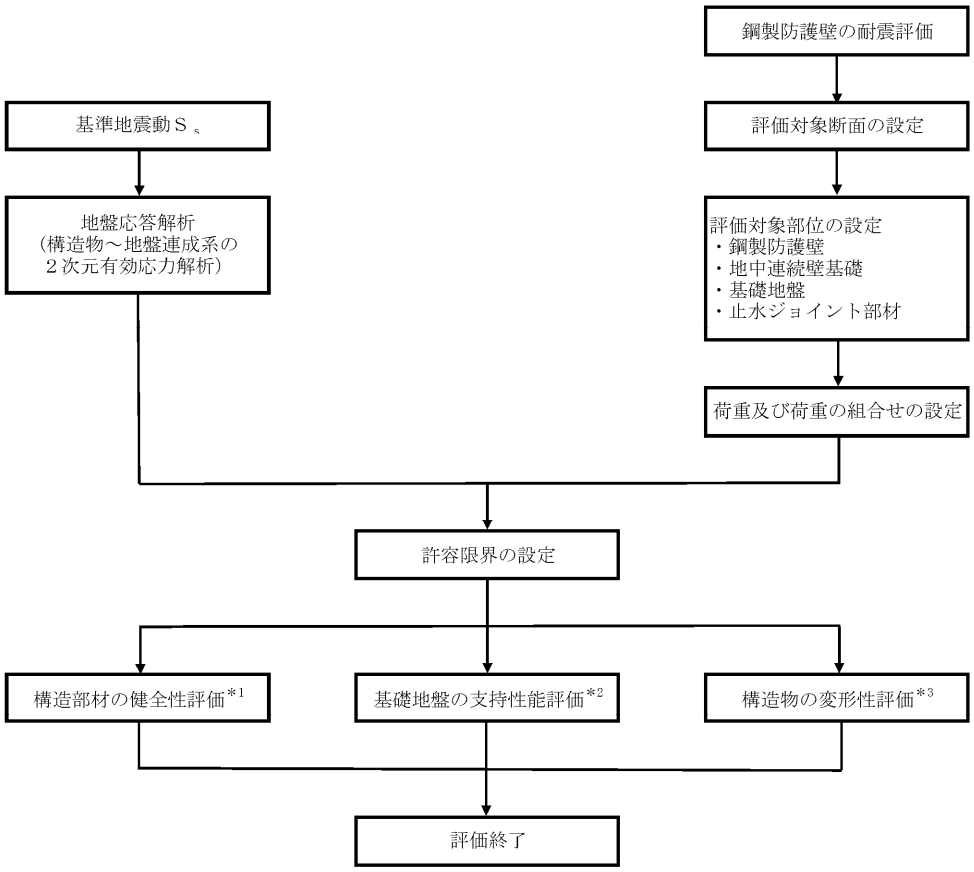
構造物の変形性評価については，止水ジョイント部材の変形量を算定し，試験により確認した許容限界以下であることを確認する。

鋼製防護壁の耐震評価フローを第 2-10 図に示す。

第 2-2 表　鋼製防護壁の評価項目

評価方針	評価項目	部位		評価方法	許容限界
構造強度を有すること	構造部材の健全性	鋼製防護壁		発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		地中連続壁基礎（中実鉄筋コンクリート）		発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		鋼製防護壁アンカー（アンカーボルト，頂版鉄筋コンクリート，中詰め鉄筋コンクリート）		発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤		接地圧が許容限界以下であることを確認	極限支持力*
止水性を損なわないこと	構造部材の健全性	鋼製防護壁		発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		地中連続壁基礎（中実鉄筋コンクリート）		発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		鋼製防護壁アンカー（アンカーボルト，頂版鉄筋コンクリート，中詰め鉄筋コンクリート）		発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤		接地圧が許容限界以下であることを確認	極限支持力*
	構造物の変形性	止水ジョイント部	止水ジョイント部材	発生変形量が許容限界以下であることを確認	有意な漏えいが生じないことを確認した変形量

注記　＊：妥当な安全余裕を考慮する。



注記　＊1：構造部材の健全性評価を実施することで，第 2-2 表に示す「構造強度を有すること」及び「止水性を損なわないこと」を満足することを確認する。

＊2：基礎地盤の支持性能評価を実施することで，第 2-2 表に示す「構造強度を有すること」及び「止水性を損なわないこと」を満足することを確認する。

＊3：構造物の変形性評価を実施することで，第 2-2 表に示す「止水性を損なわないこと」を満足することを確認する。

第 2-10 図　鋼製防護壁の耐震評価フロー

2.4 適用基準

適用する規格，基準類を以下に示す。

・コンクリート標準示方書［構造性能照査編］（（社）土木学会，2002 年制定）
・道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅱ鋼橋編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 14 年 3 月）
・道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 24 年 3 月）
・道路橋示方書（Ⅱ鋼橋・鋼部材編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 29 年 11 月）
・道路橋示方書（Ⅴ耐震設計編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 24 年 3 月）
・道路土工カルバート工指針（平成 21 年度版）（（社）日本道路協会，平成 22 年 3 月）
・原子力発電所耐震設計技術指針ＪＥＡＧ４６０１－1987 （（社）日本電気協会）
・鋼構造物設計基準（Ⅱ鋼製橋脚編，名古屋高速道路公社，平成 15 年 10 月）

3.　地震応答解析

3.1　評価対象断面

評価対象断面は，鋼製防護壁の構造上の特徴や周辺地盤状況を踏まえて選定する。第 3-1 図に評価対象断面位置図を，第 3-2 図に評価対象断面図を示す。

耐震評価は，縦断方向 1 断面（①－①断面）及び南北基礎の横断方向（堤軸に対して直交する方向）2 断面（②－②断面，③－③断面）を用いて実施する。

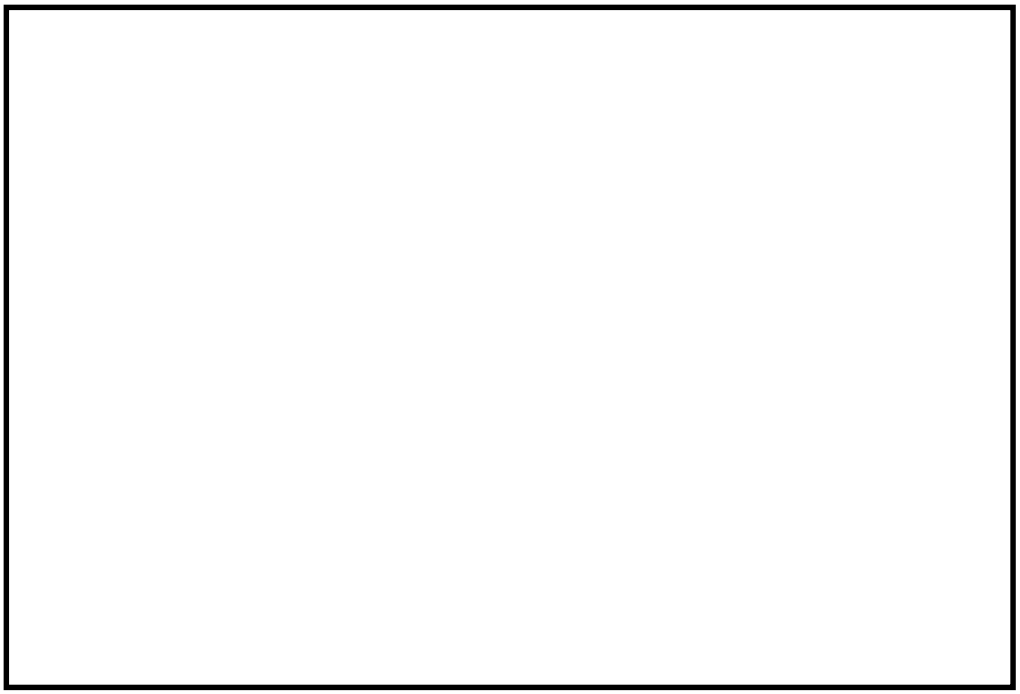
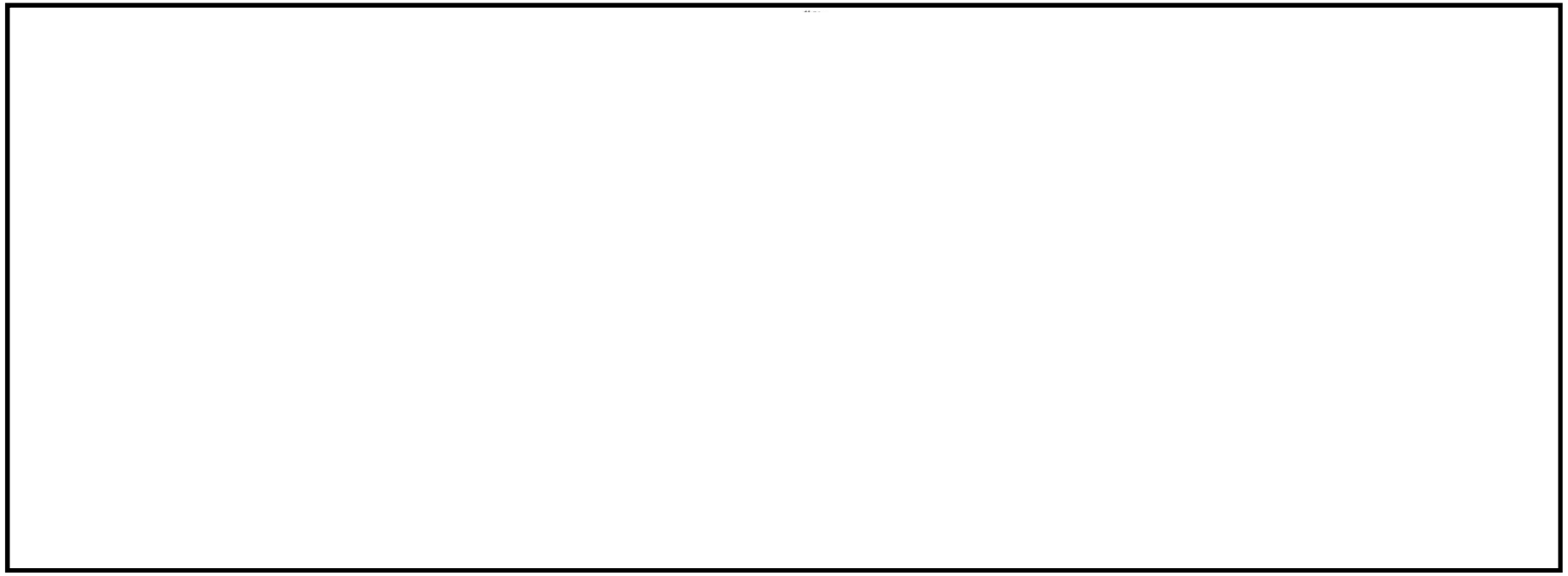
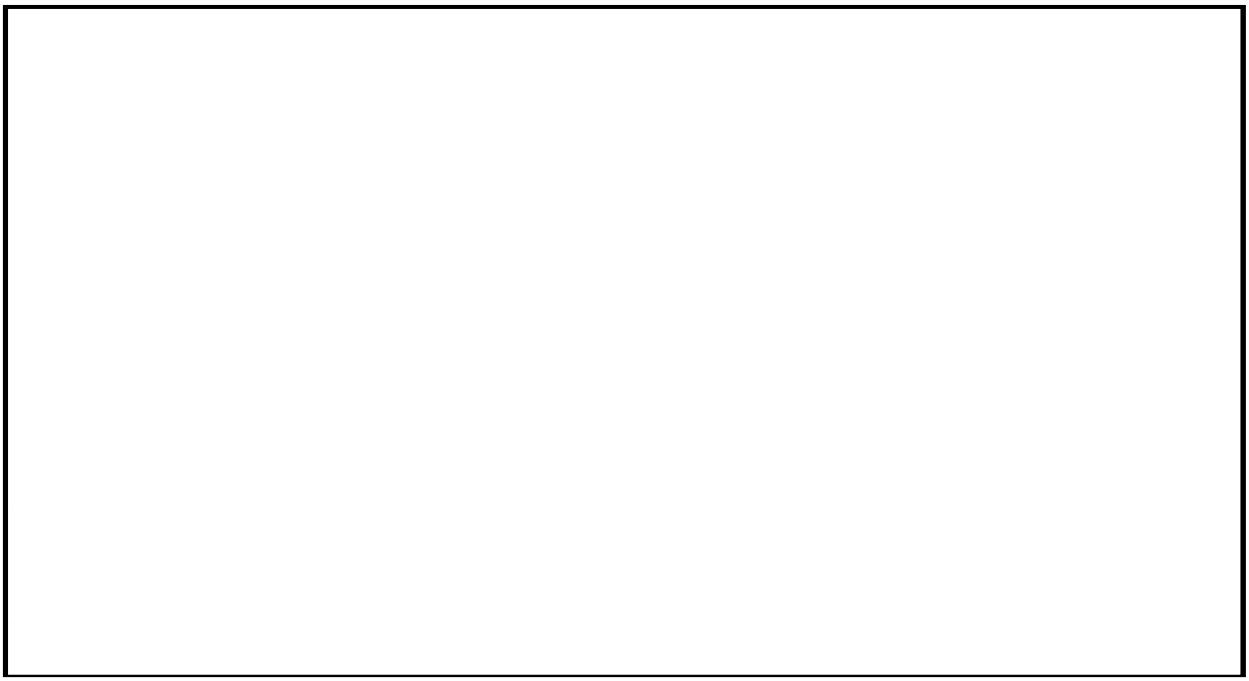


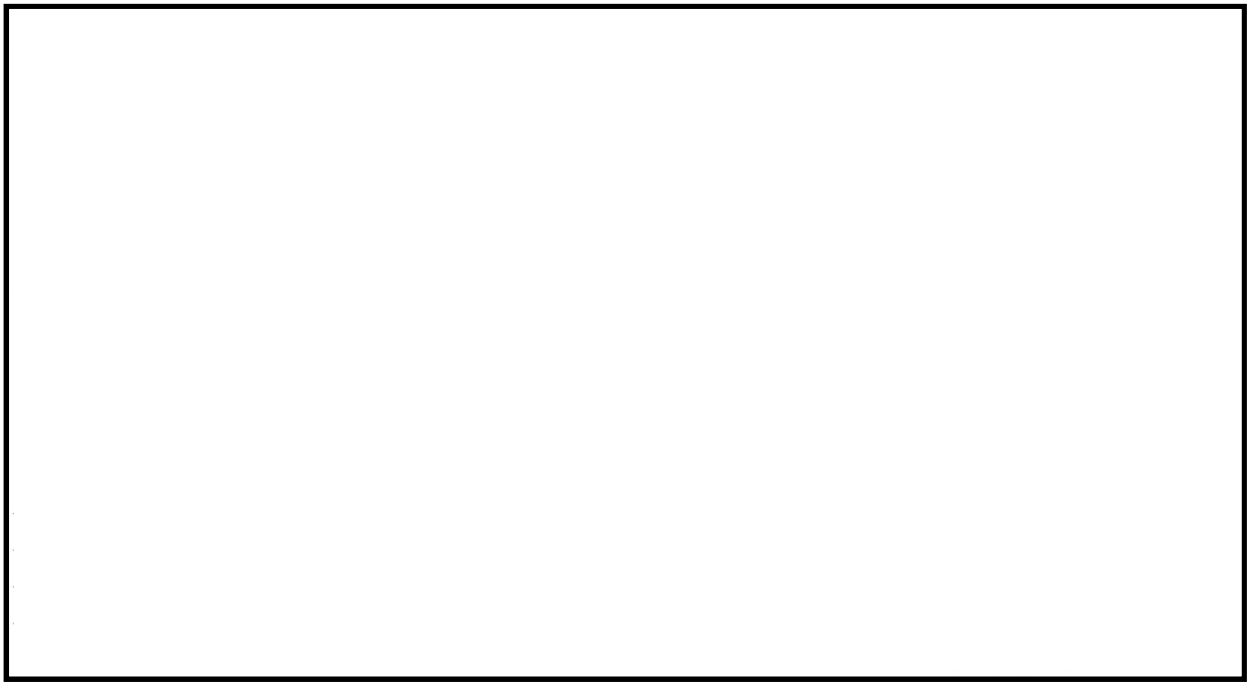
図 3-1 図　鋼製防護壁　検討対象断面位置図



第 3-2 図 (1)　鋼製防護壁評価対象断面図（①－①断面）



第 3-2 図 (2)　鋼製防護壁評価対象断面図（②－②断面）



第 3-2 図 (3)　鋼製防護壁評価対象断面図（③－③断面）

3.2　解析方法

地震応答解析は，添付書類「Ⅴ-2-1-6　地震応答解析の基本方針」のうち，「2.3　屋外重要土木構造物」に示す解析方法及び解析モデルを踏まえて実施する。

地震応答計算では，地震時における地盤の有効応力の変化に伴う影響を考慮できる有効応力解析を実施する。有効応力解析に用いる液状化強度特性は，敷地の原地盤における代表性及び網羅性を踏まえた上で保守性を考慮して設定することを基本とする。

地中土木構造物への地盤変位に対する保守的な配慮として，地盤を強制的に液状化させることを仮定した影響を考慮する場合は，原地盤よりも十分に小さい液状化強度特性（敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性）を設定する。

上部土木構造物及び機器・配管系への加速度応答に対する保守的な配慮として，地盤の非液状化の影響を考慮する場合は，原地盤において非液状化の条件を仮定した解析を実施する。

地震応答解析には，解析コード「FLIP Ver. 7.3.0_2」を使用する。なお，解析コードの検証及び妥当性確認の概要については，添付書類「Ⅴ-5-10　計算機プログラム（解析コード）の概要・ＦＬＩＰ」に示す。

3.2.1　構造部材

構造部材は，線形はり要素によりモデル化する。

3.2.2　地盤

地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線の構成則を有効応力解析へ適用する際は，地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線に関するせん断ひずみ及び有効応力の変化に応じた特徴を適切に表現できるモデルを用いる必要がある。

一般に，地盤は荷重を与えることによりせん断ひずみを増加させていくと，地盤のせん断応力は上限値に達し，それ以上はせん断応力が増加しなくなる特徴がある。また，地盤のせん断応力の上限値は有効応力に応じて変化する特徴がある。

よって，耐震評価における有効応力解析では，地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線の構成則として，地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線に関するせん断ひずみ及び有効応力の変化に応じたこれら２つの特徴を表現できる双曲線モデル（H-D モデル）を選定する。

3.2.3　減衰定数

固有値解析により求められる固有振動数及び初期減衰定数に基づく要素剛性比例型減衰を考慮する。また，非線形特性をモデル化する地盤の履歴減衰を考慮する。

3.2.4　地震応答解析の検討ケース

耐震設計における検討ケースを第 3-1 表に示す。

耐震評価においては，全ての基準地震動Ｓ$_s$に対して実施する①の検討ケース（基本ケース）において，せん断力照査及び曲げ軸力照査をはじめとした全ての評価項目について，各照査値が最も厳しい（許容限界に対する余裕が最も小さい）地震動を用い，②～⑥

より追加検討ケースを実施する。

第 3-1 表　耐震設計における検討ケース

検討ケース	① 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース (基本ケース)	② 地盤物性のばらつきを考慮（＋１σ）した解析ケース	③ 地盤物性のばらつきを考慮（－１σ）した解析ケース	④ 地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース	⑤ 原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース	⑥ 地盤物性のばらつきを考慮（＋１σ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース
液状化強度特性の設定	原地盤に基づく液状化強度特性（標準偏差を考慮）	原地盤に基づく液状化強度特性（標準偏差を考慮）	原地盤に基づく液状化強度特性（標準偏差を考慮）	敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性	液状化パラメータを非適用	液状化パラメータを非適用

構造物間の相対変位の算定を行う場合は，上記の実施ケースにおいて変位量が厳しいケースで行う。

3.3　荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき設定する。

3.3.1　耐震評価上考慮する状態

鋼製防護壁の地震応答解析において，地震以外に考慮する状態を以下に示す。

(1)　運転時の状態

発電用原子炉が運転状態にあり，通常の条件下におかれている状態。ただし，運転時の異常な過渡変化時の影響を受けないことから考慮しない。

(2)　設計基準事故時の状態

設計基準事故時の影響を受けないことから考慮しない。

(3)　設計用自然条件

積雪及び風荷重を考慮する。

(4)　重大事故等時の状態

重大事故等時の状態の影響を受けないことから考慮しない。

3.3.2　荷重

鋼製防護壁の地震応答解析において，考慮する荷重を以下に示す。

(1)　固定荷重(G)

固定荷重として，躯体自重を考慮する。

(2)　積載荷重(P)

積載荷重として機器及び配管荷重を考慮する。

なお，考慮する機器・配管荷重は第3-2表のとおりである。

第3-2表　機器・配管荷重一覧表

機器	備考
スクリーン室クレーン	840 kN

(3)　地震荷重(K_s)

基準地震動S_sによる荷重を考慮する。

(4)　積雪荷重(P_s)

積雪荷重については，「建築基準法施行令第 86 条」及び「茨城県建築基準法施工細則第16条の4」に従って設定する。積雪の厚さ1 cmあたりの荷重を20 N/m^2/cmとして，積雪量は30 cmとしていることから積雪荷重は600 N/m^{2}であるが，地震時短期荷重として積雪荷重の0.35倍である0.21 kN/m^{2}を考慮する。

(5)　風荷重(P_k)

風荷重として，風速30 m/s の風圧力を考慮する。

3.3.3　荷重の組合せ

荷重の組合せを第 3-3 表に示す。

第 3-3 表　荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
地震時（S_s）	$G+P+K_s+P_s+P_k$

G：固定荷重

P：積載荷重

K_s：地震荷重

P_s：積雪荷重

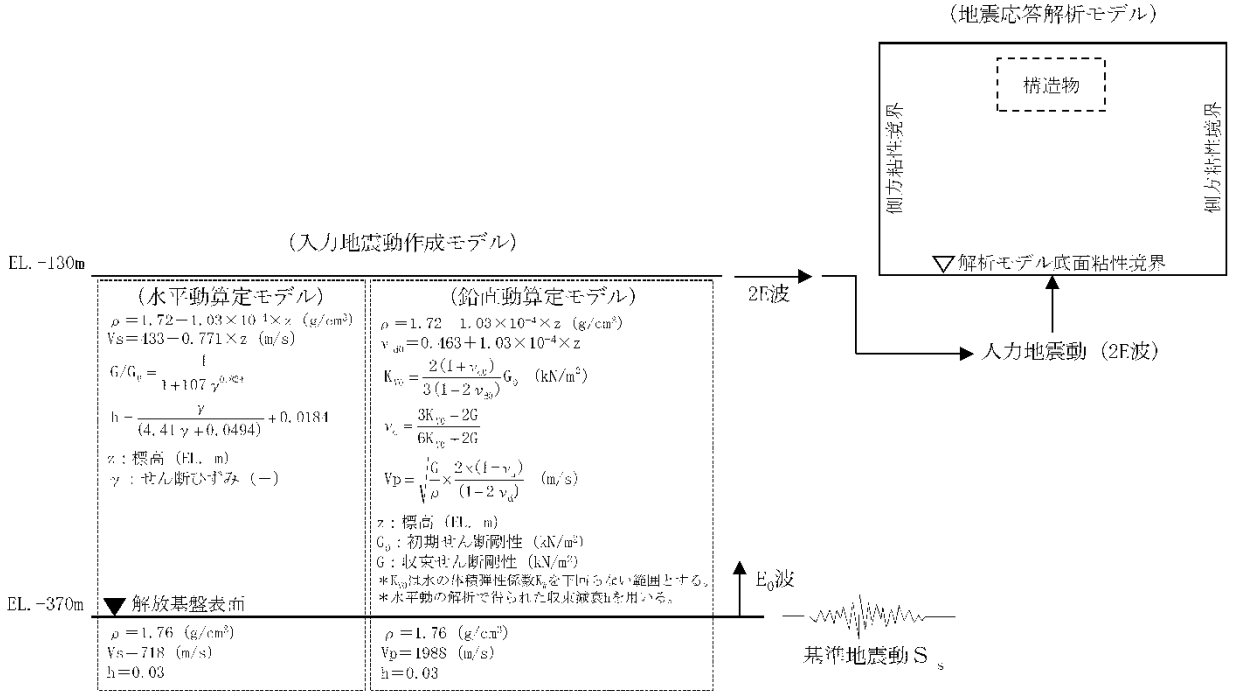
P_k：風荷重

3.4　入力地震動

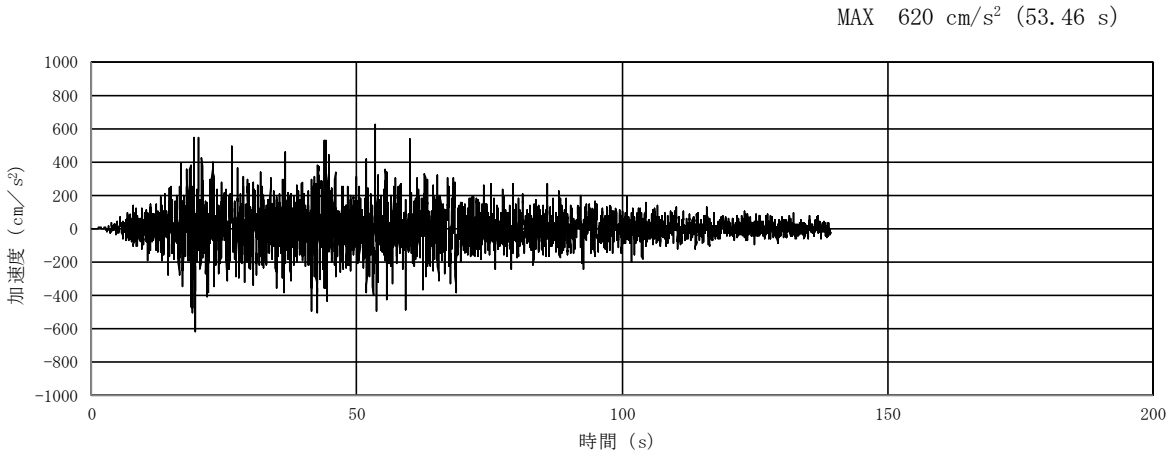
入力地震動は，添付書類「Ⅴ-2-1-6　地震応答解析の基本方針」のうち「2.3　屋外重量土木構造物」に示す入力地震動の設定方針を踏まえて設定する。

地震応答解析に用いる入力地震動は，解放基盤表面で定義される基準地震動Ｓ$_s$を１次元波動論により地震応答解析モデル底面位置で評価したものを用いる。入力地震動算定の概念図を第 3-3 図に示す。第 3-4 図に入力地震動の加速度時刻歴波形並びに加速度応答スペクトルを示す。

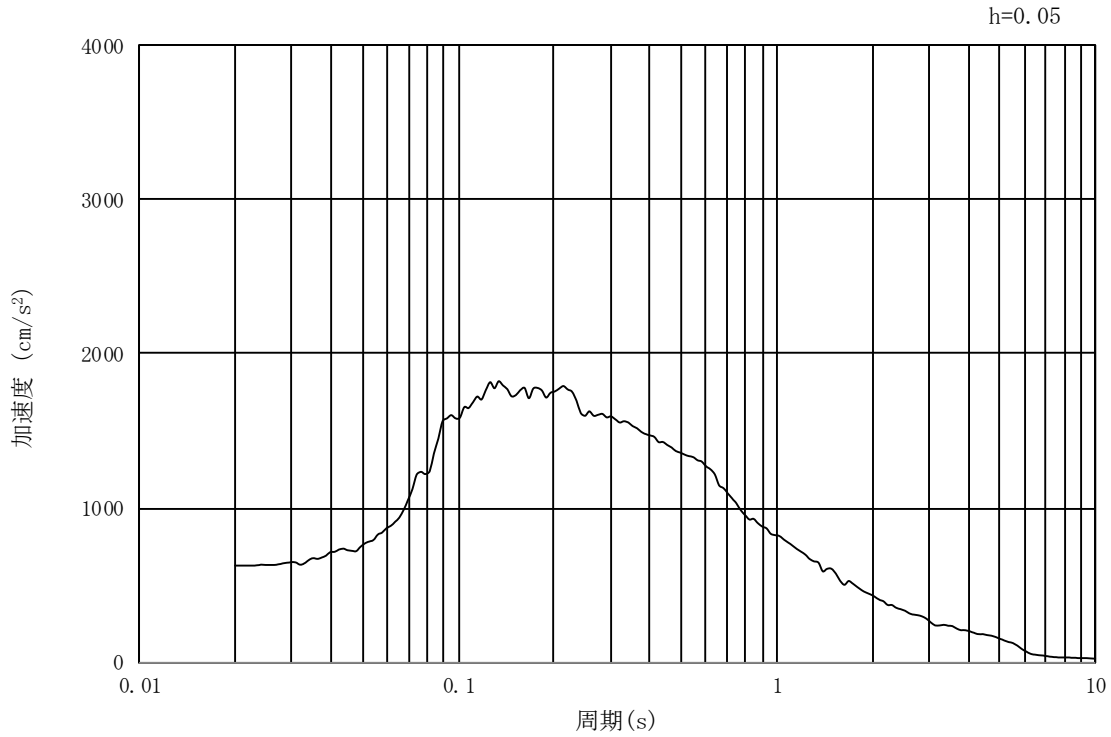
入力地震動の算定には，解析コード「k-SHAKE Ver. 6.2.0」を使用する。解析コードの検証及び妥当性確認の概要については，添付書類「Ⅴ-5-25　計算機プログラム(解析コード）の概要・ｋ－ＳＨＡＫＥ」に示す。



第 3-3 図　入力地震動算定の概念図

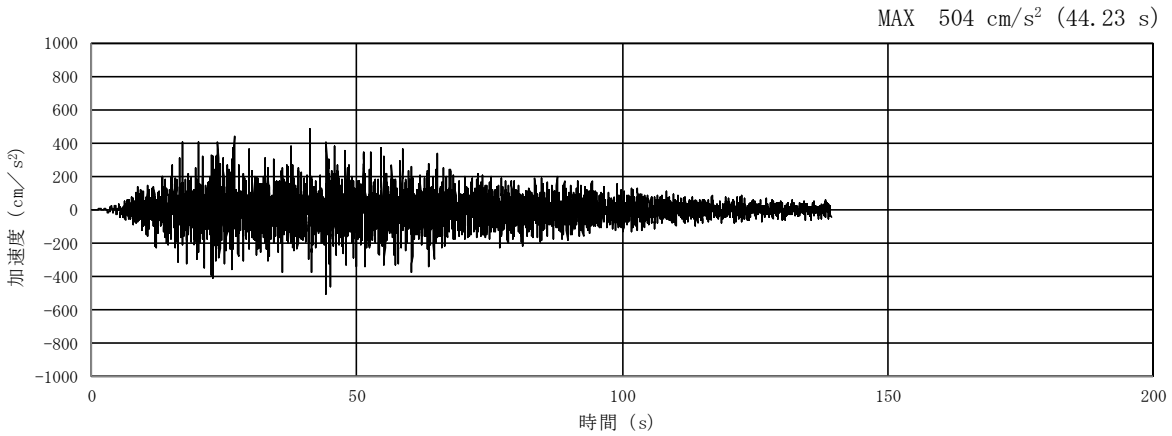


(a) 加速度時刻歴波形

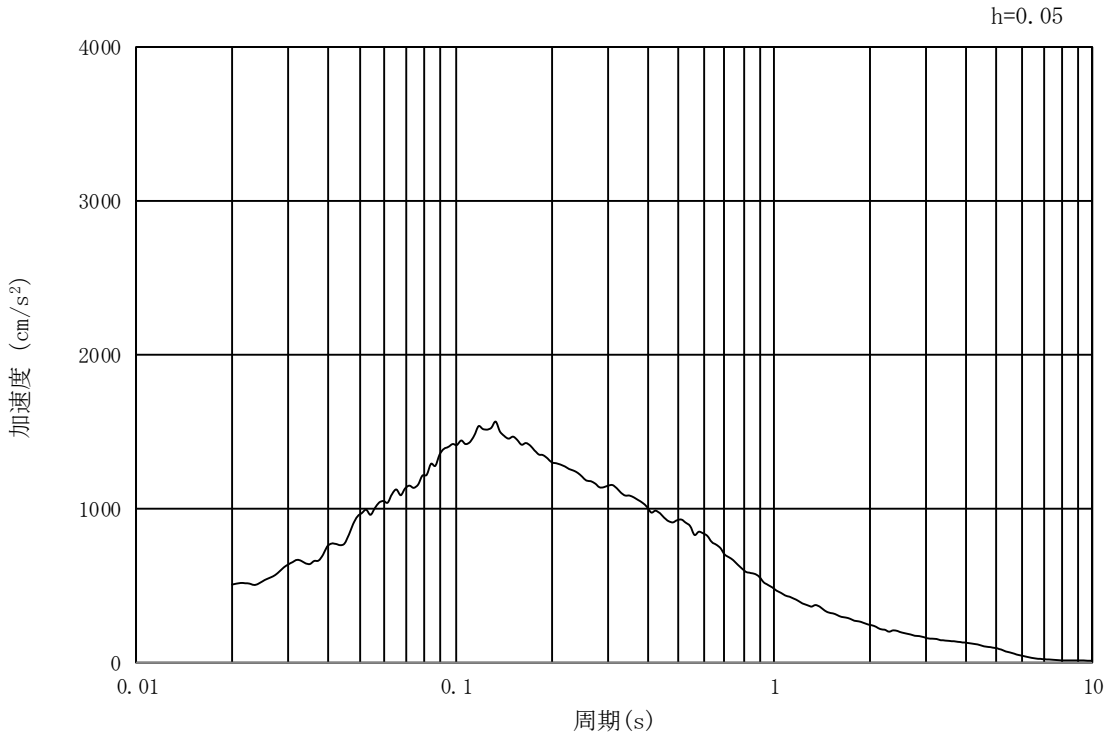


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 (1)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(①－①断面，②－②断面及び③－③断面，水平成分：Ｓ$_s$－Ｄ１)

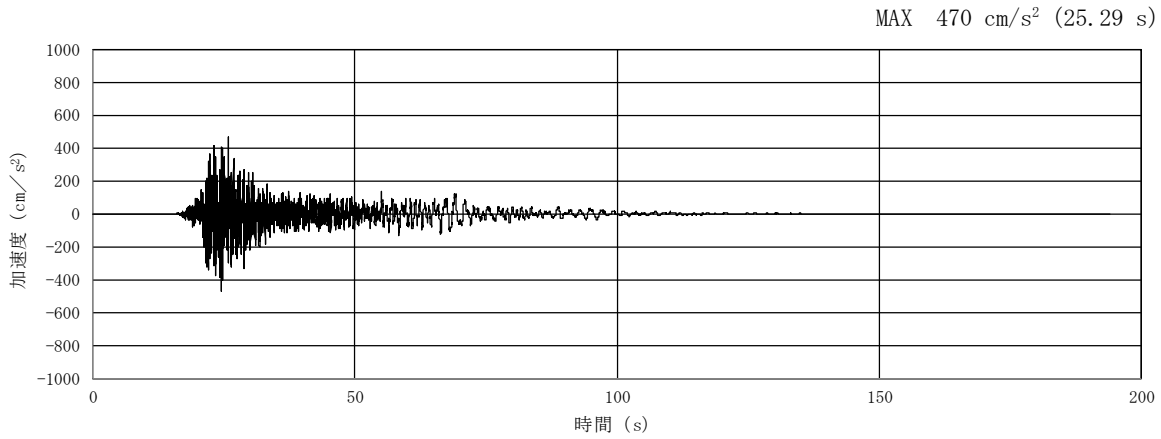


(a) 加速度時刻歴波形

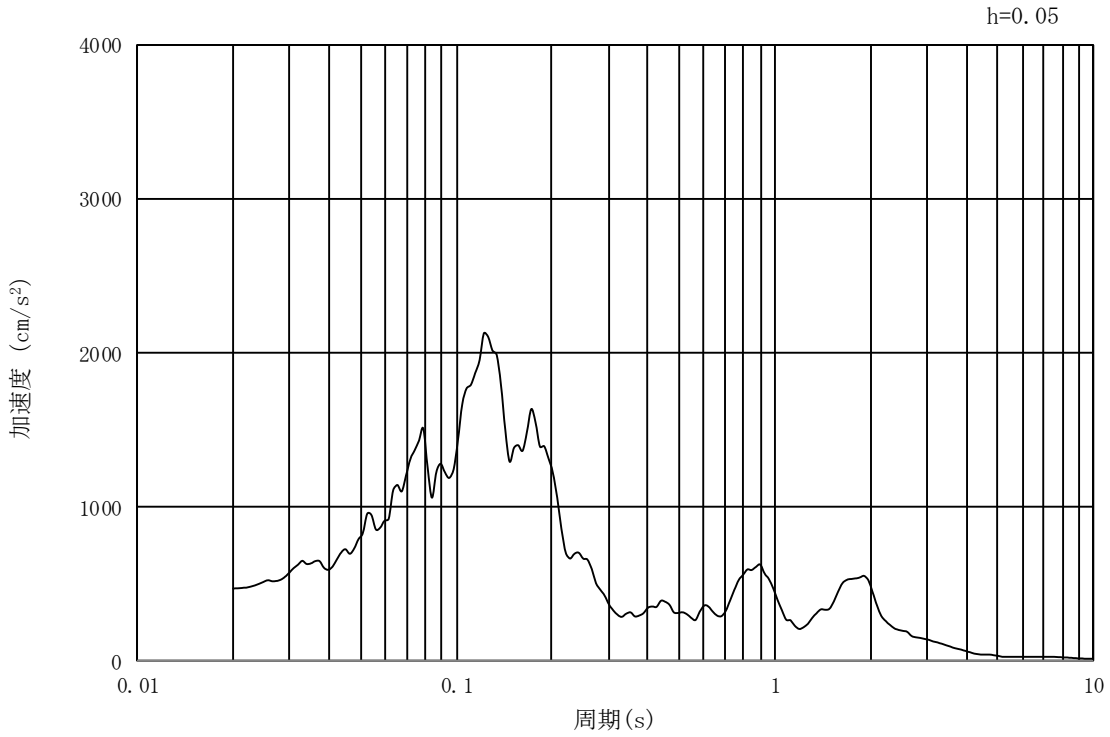


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 (2)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(①－①断面，②－②断面及び③－③断面，鉛直成分：S_s－D１)

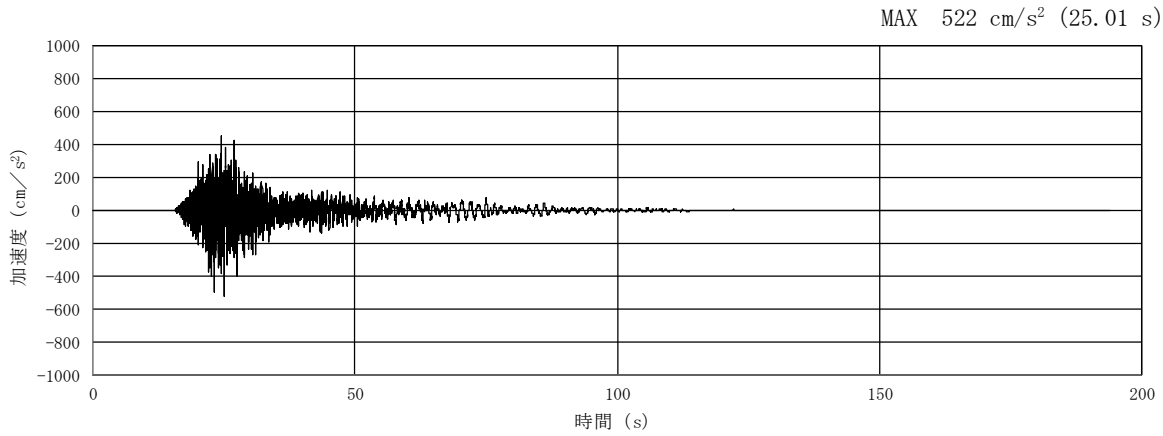


(a) 加速度時刻歴波形

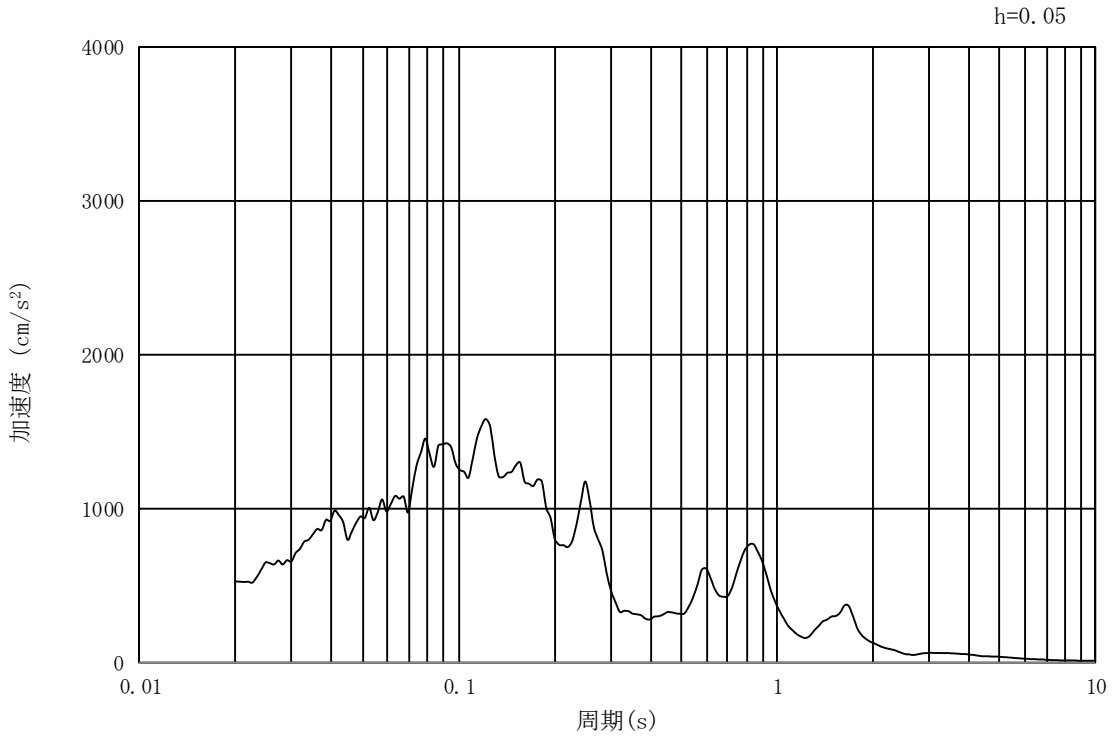


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 (3)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(①－①断面，水平成分：Ｓｓ－１１)

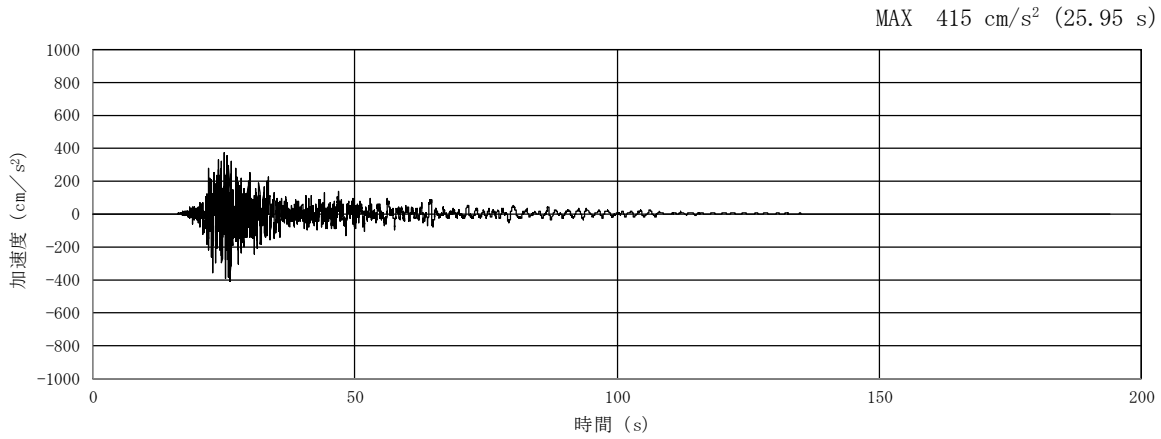


(a) 加速度時刻歴波形

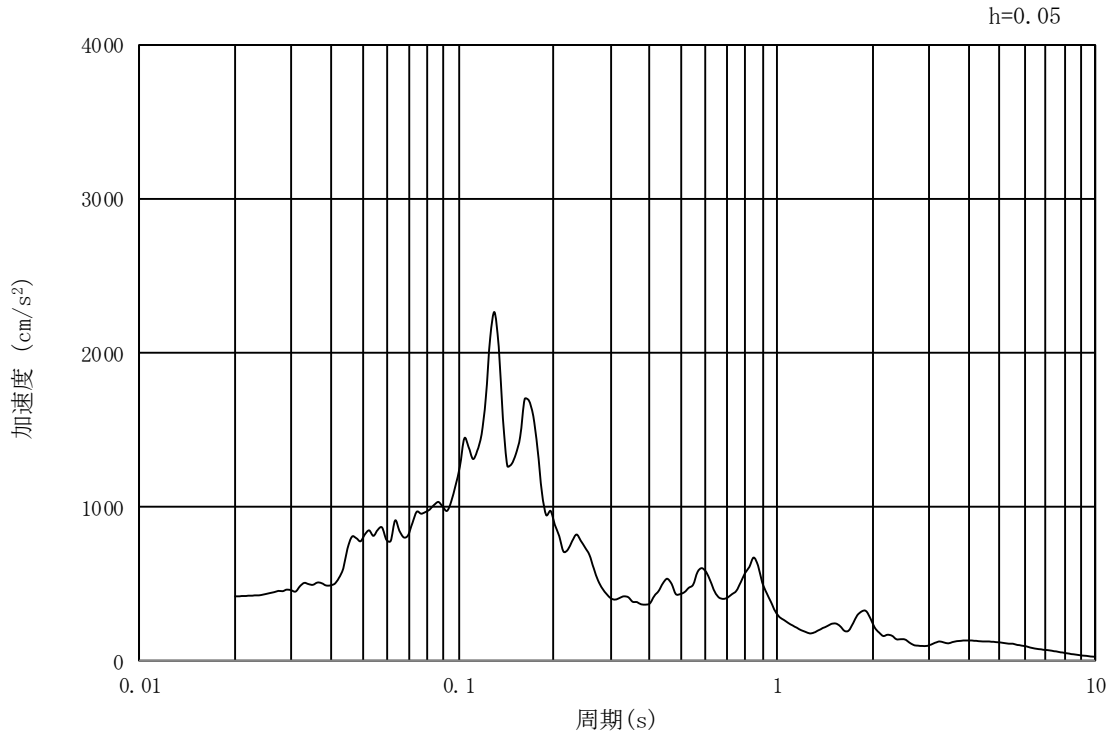


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 (4)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(①－①断面，鉛直成分：Ｓ$_s$－１１)

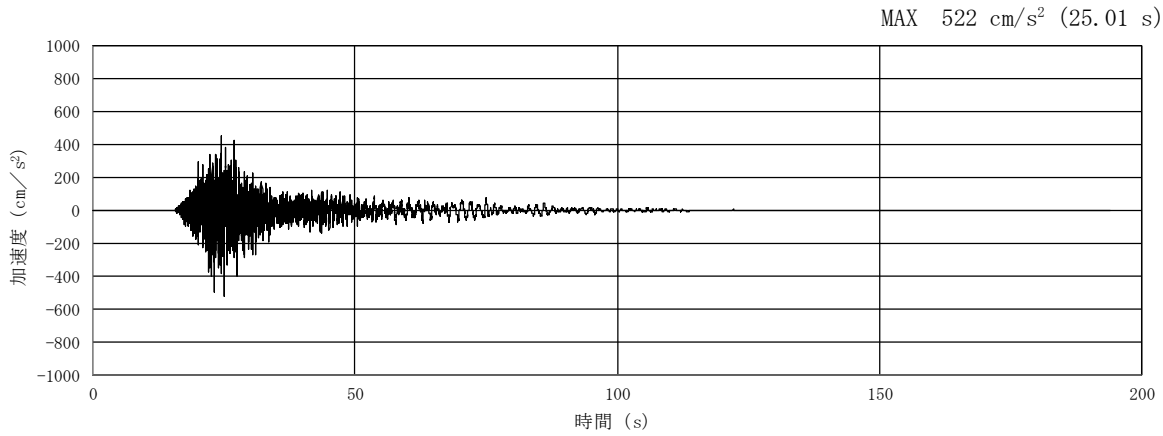


(a) 加速度時刻歴波形

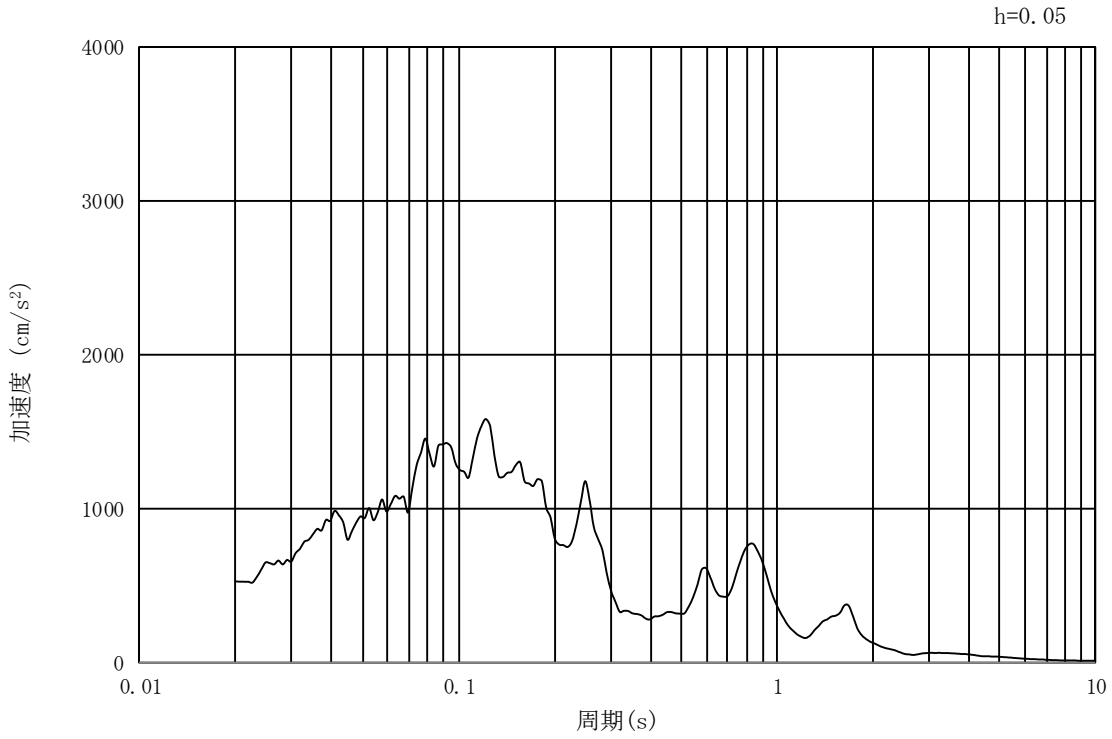


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 (5)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(②－②断面及び③－③断面，水平成分：S_s－１１)

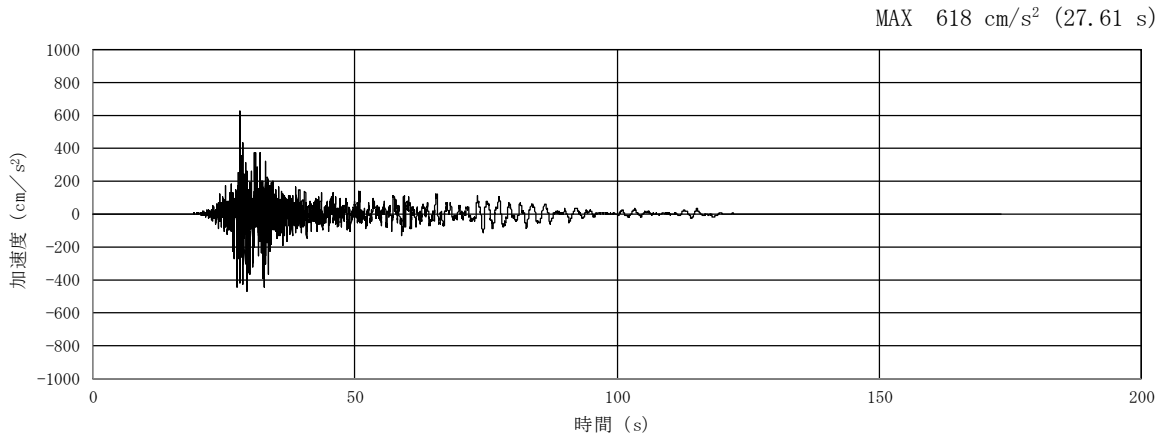


(a) 加速度時刻歴波形

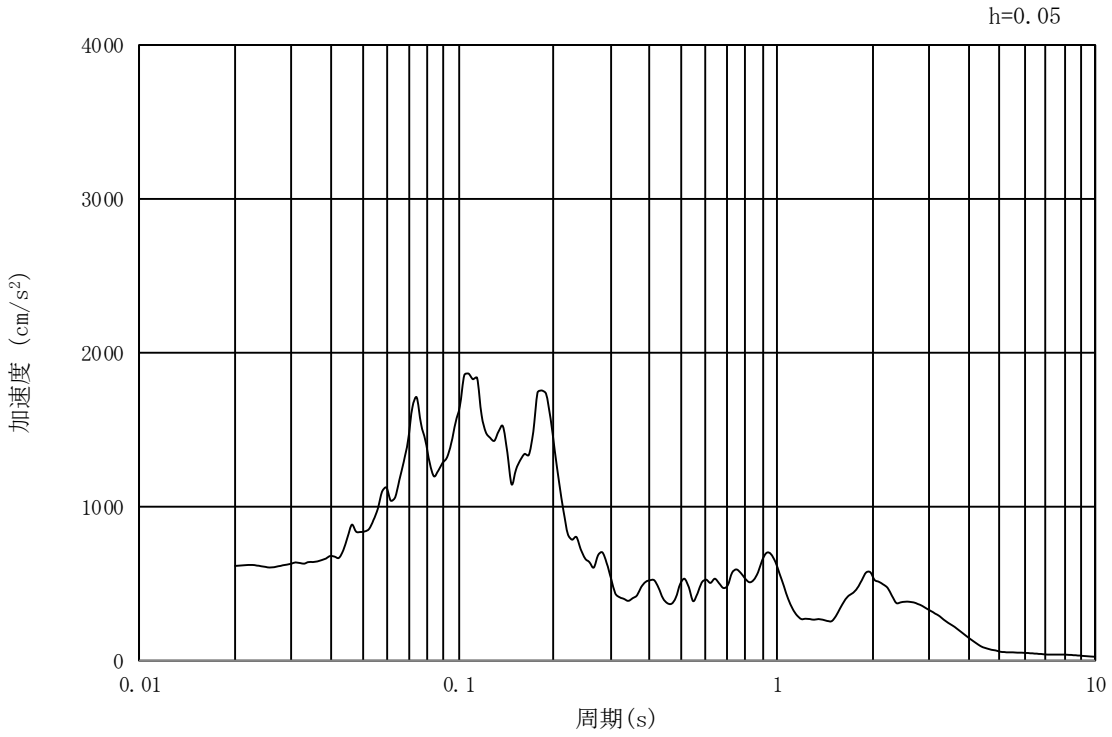


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 (6)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（②－②断面及び③－③断面，鉛直成分：S_s－１１）

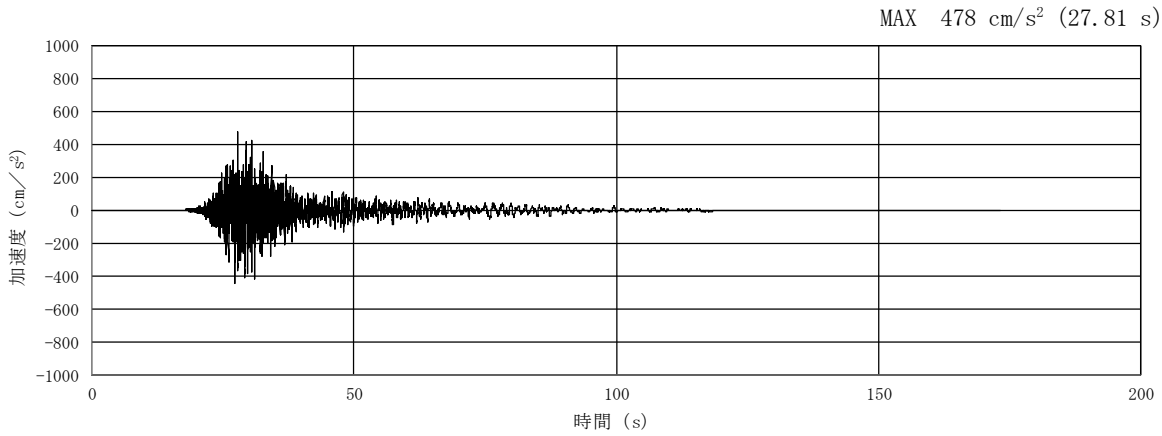


(a) 加速度時刻歴波形

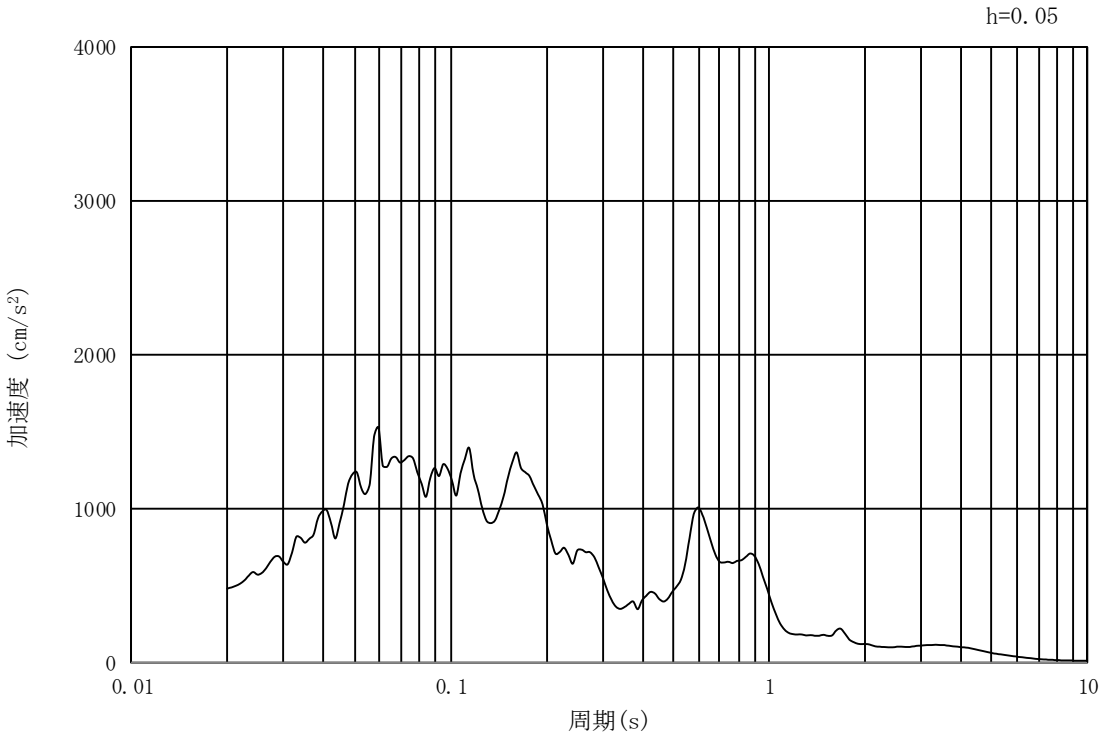


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 (7)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(①－①断面，水平成分：Ｓｓ－１２)

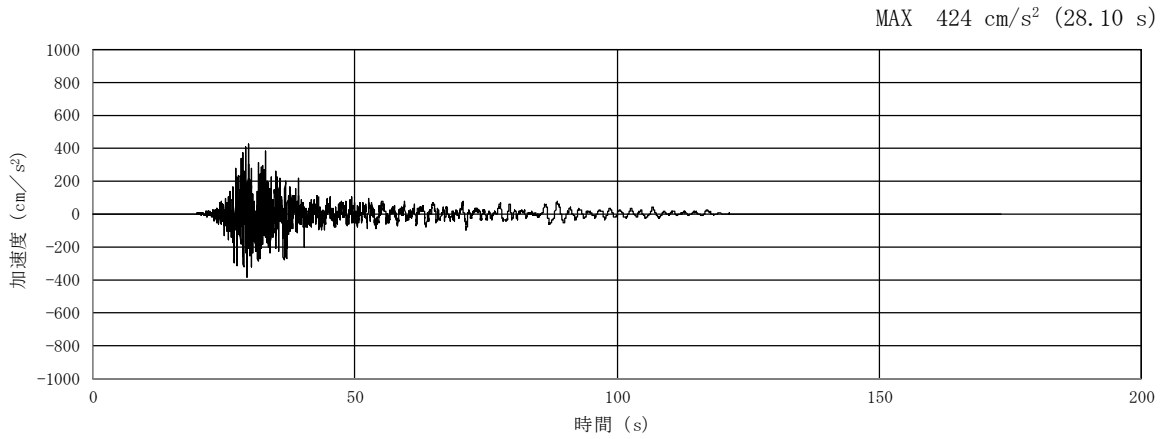


(a) 加速度時刻歴波形

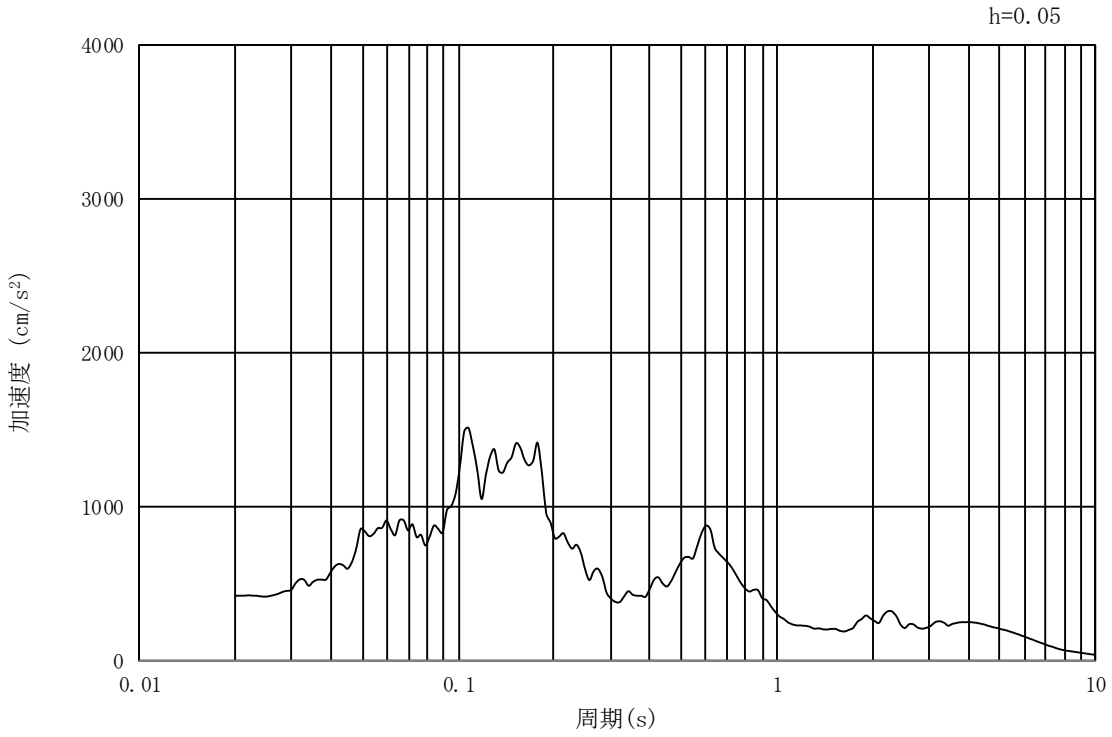


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 (8)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（①－①断面，鉛直成分：Ｓ$_s$－１２）

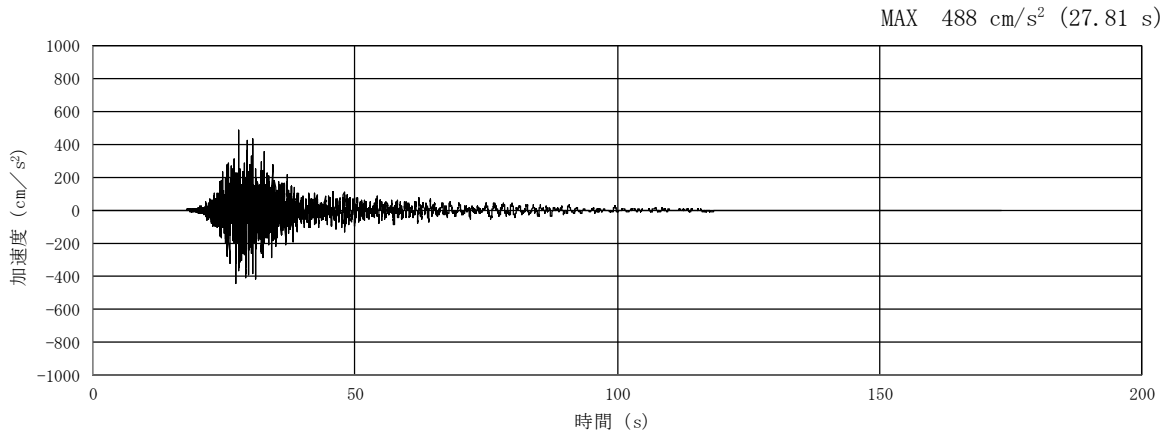


(a) 加速度時刻歴波形

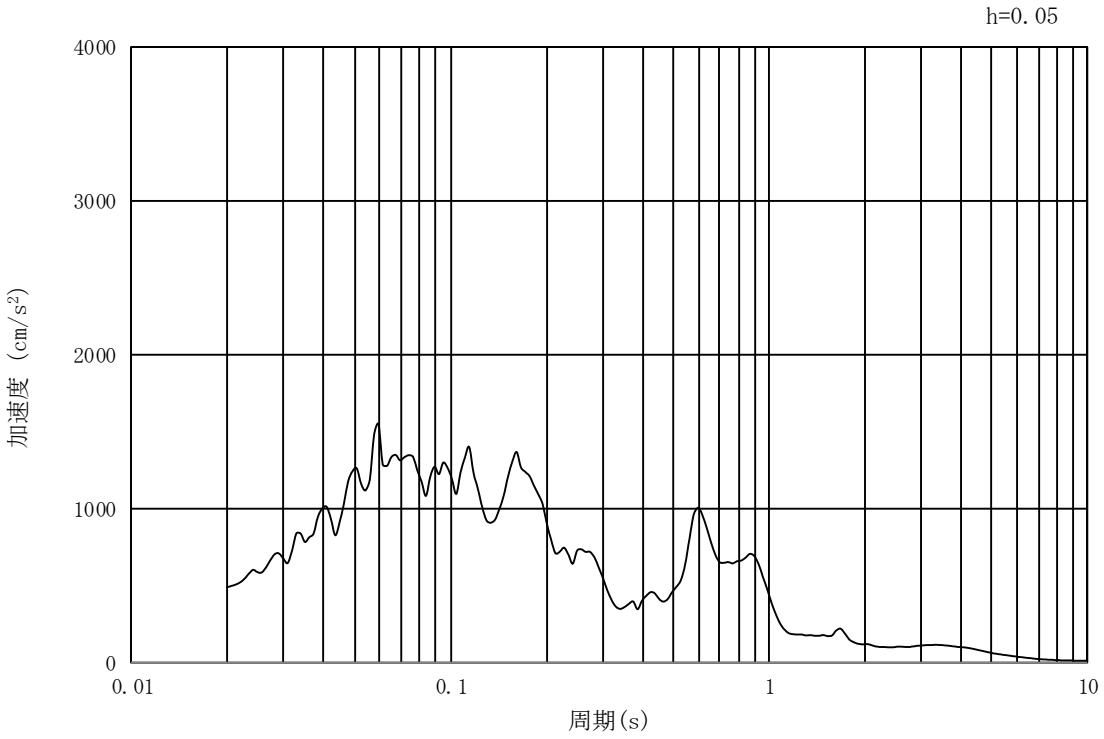


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 (9)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（②－②断面及び③－③断面，水平成分：Ｓ$_s$－１２）

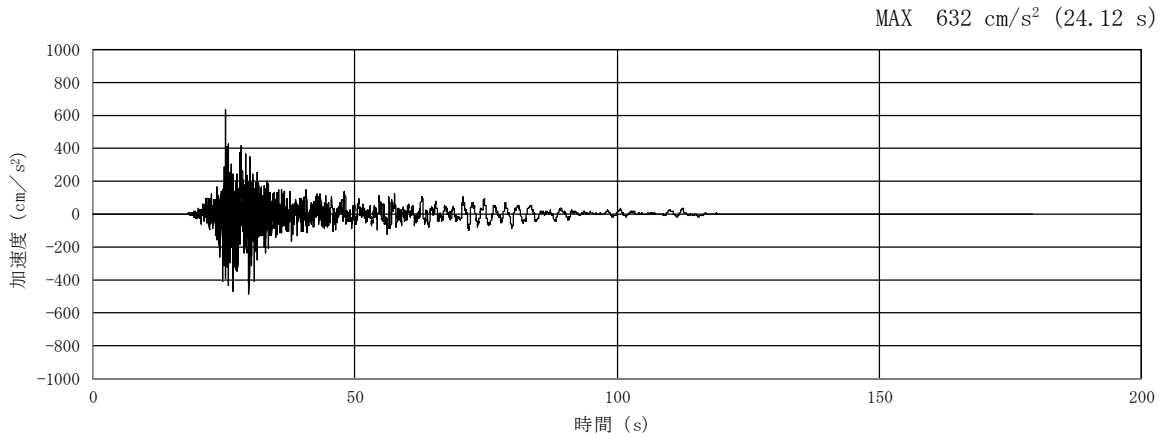


(a) 加速度時刻歴波形

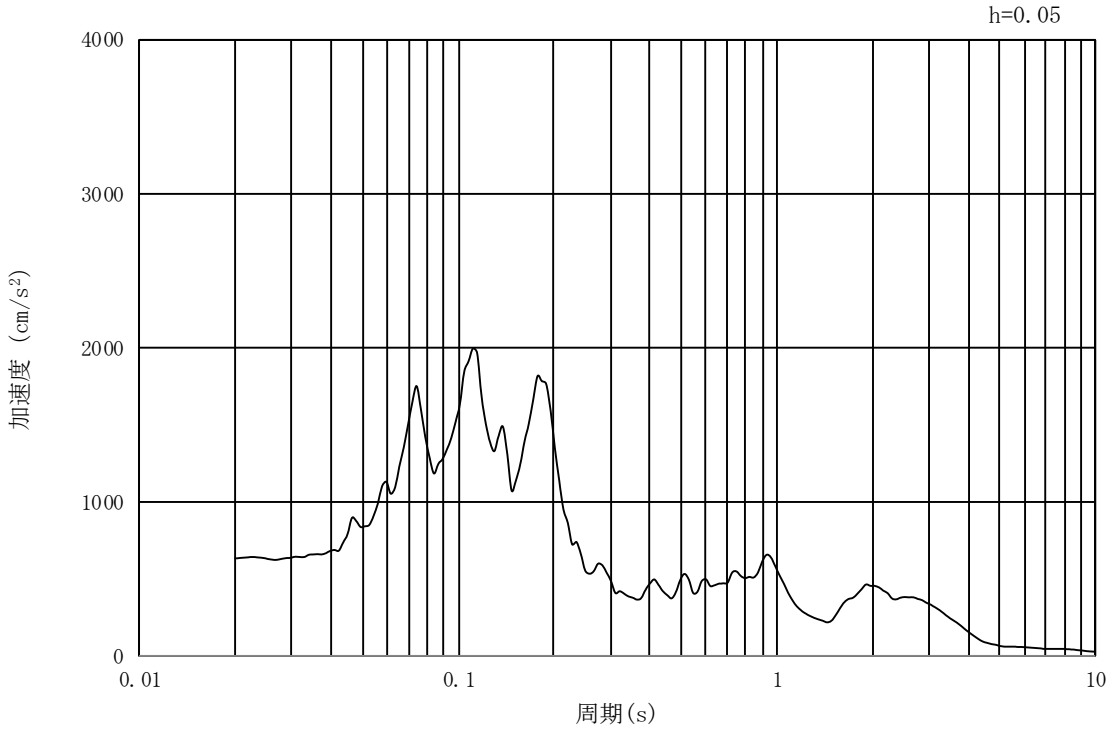


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 (10)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(②－②断面及び③－③断面，鉛直成分：S_s－１２)

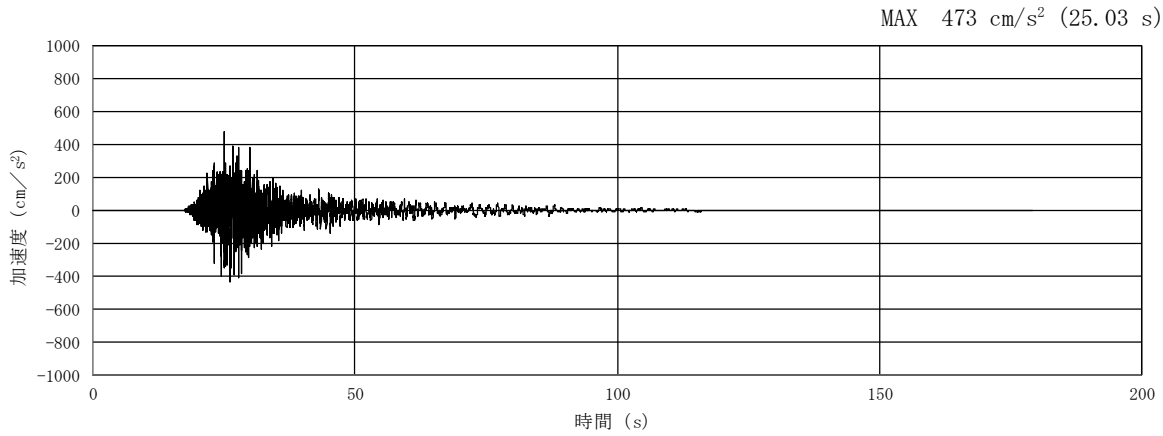


(a) 加速度時刻歴波形

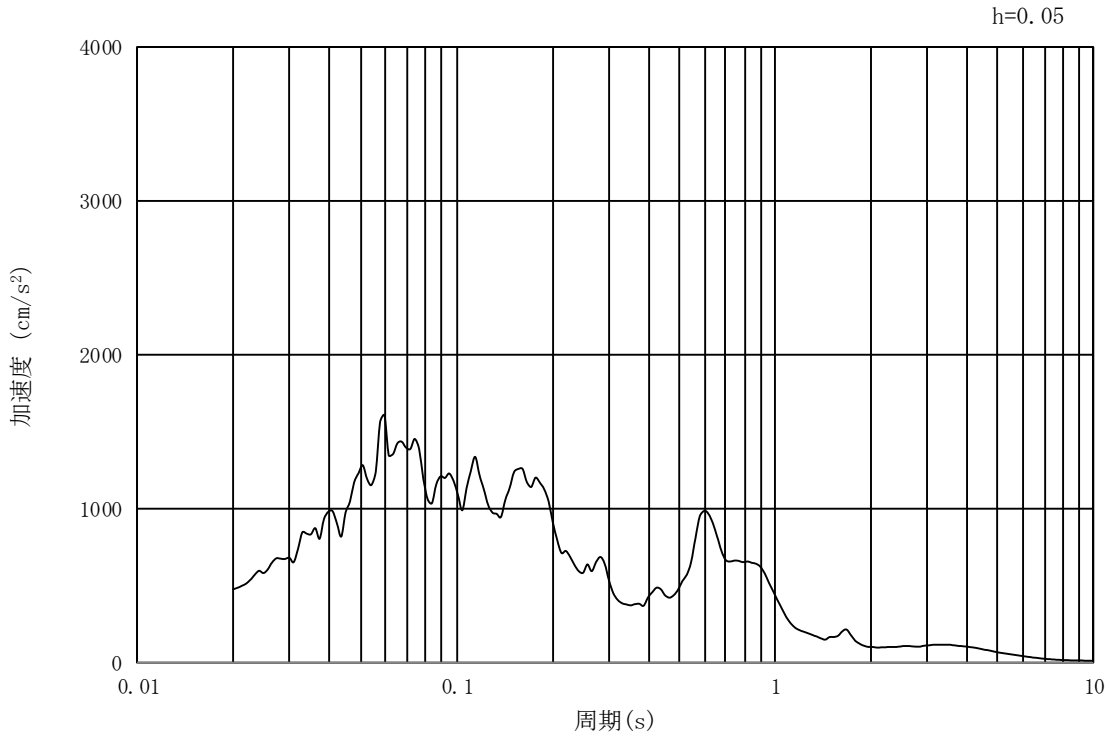


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 (11)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(①－①断面及び水平成分：Ｓ$_s$－１３)

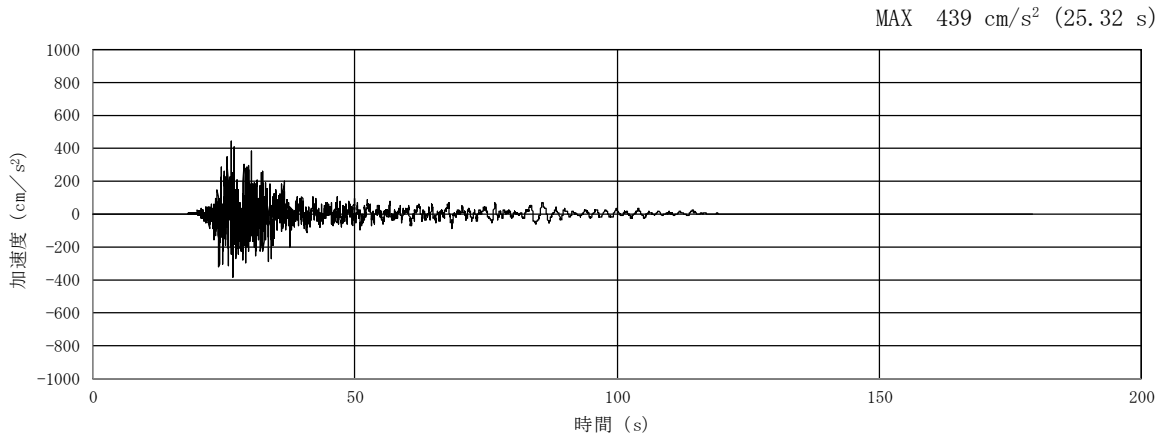


(a) 加速度時刻歴波形

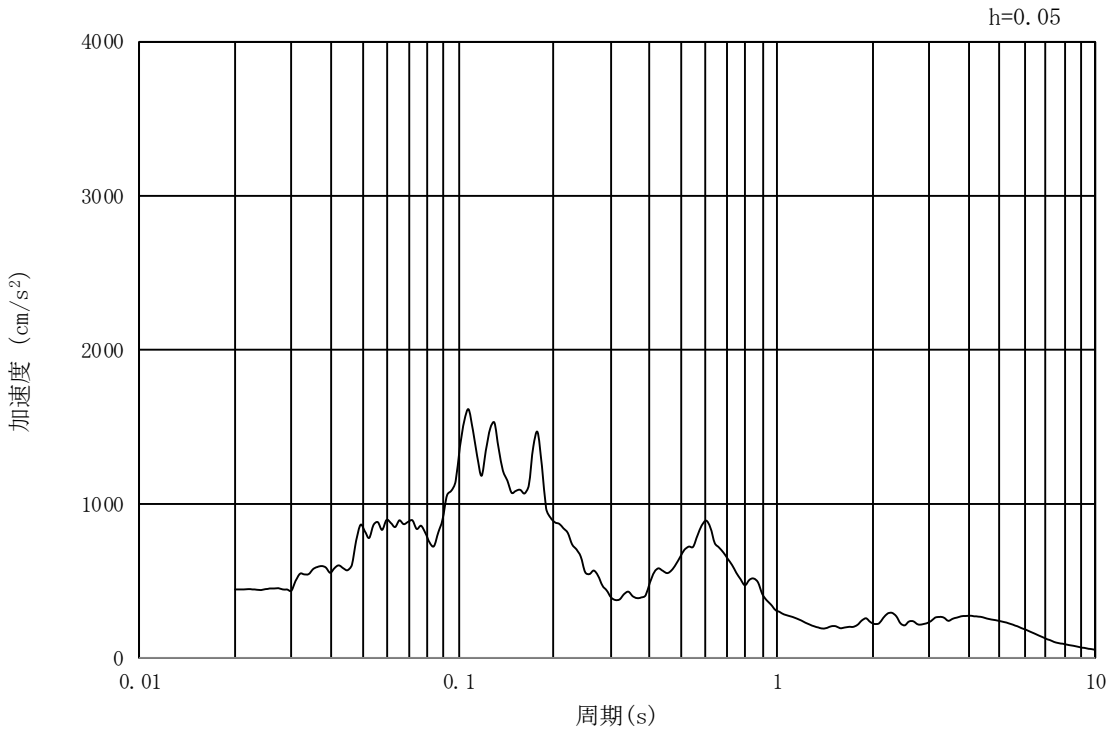


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 (12)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(①－①断面，鉛直成分：Ｓ$_s$－１３)

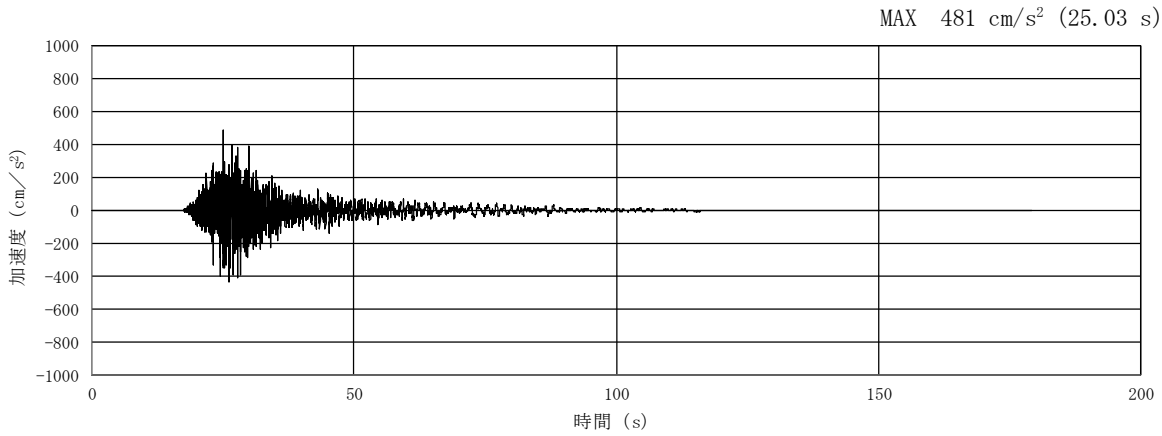


(a) 加速度時刻歴波形

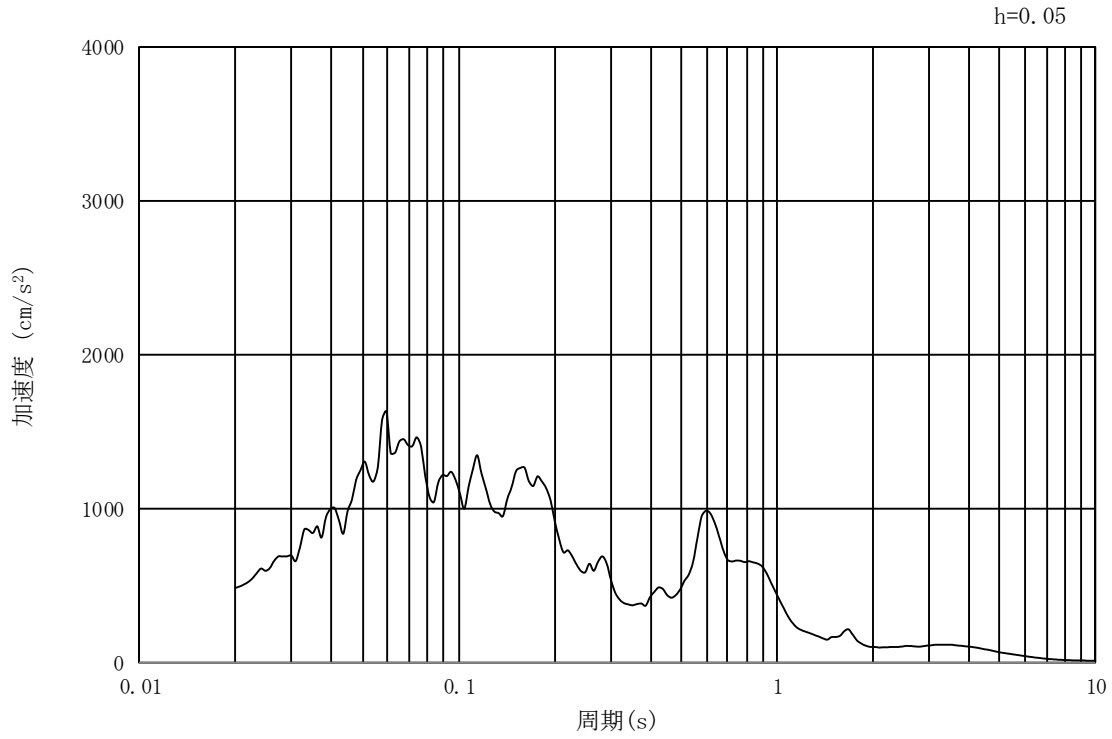


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 (13)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(②－②断面及び③－③断面，水平成分：Ｓ$_s$－１３)

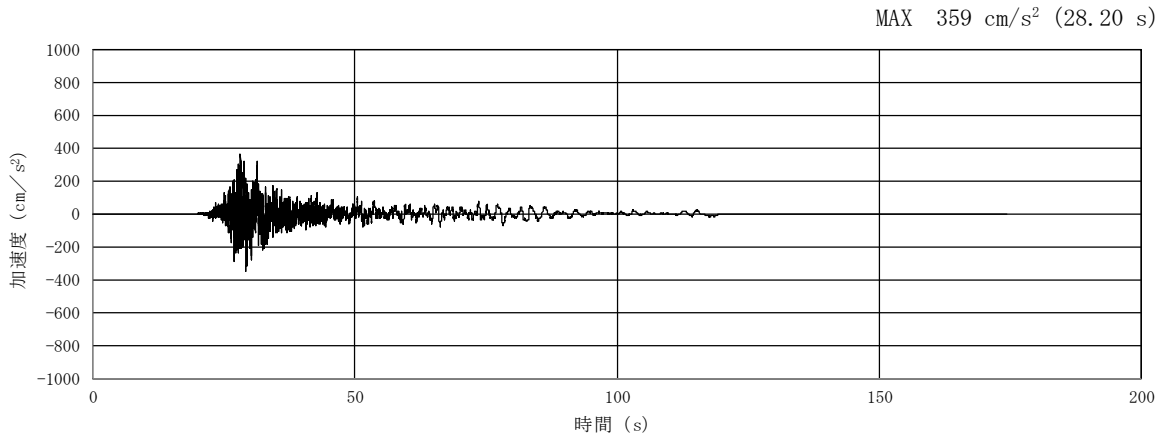


(a) 加速度時刻歴波形

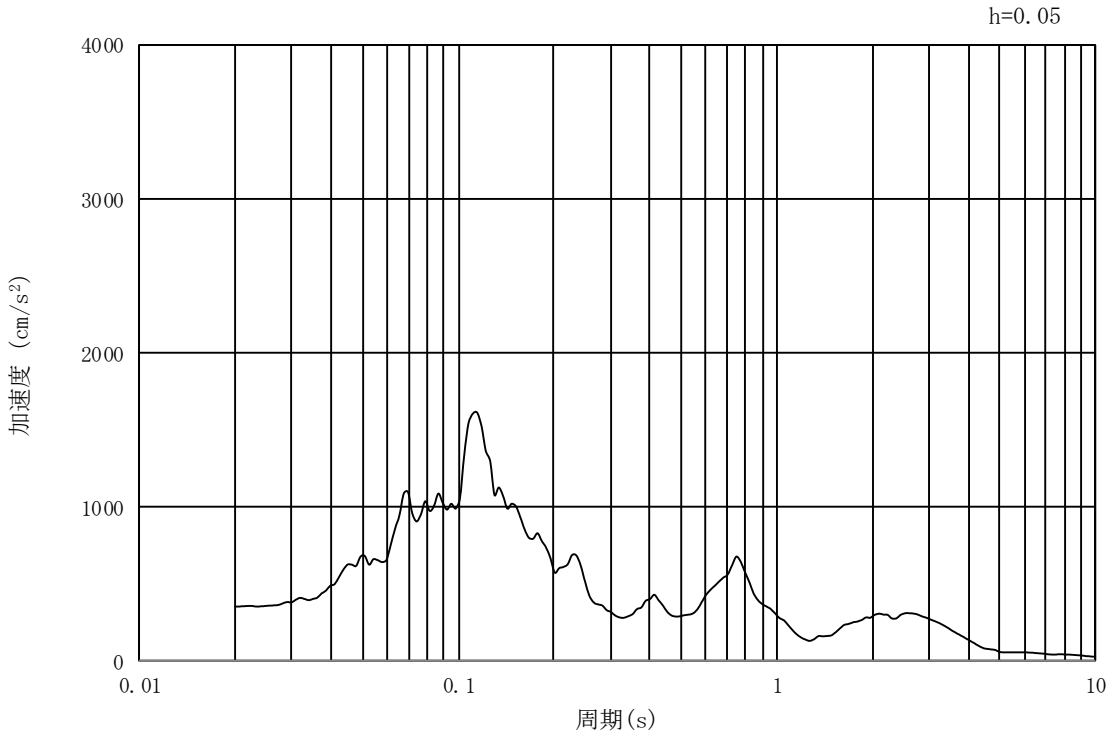


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 (14)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（②－②断面及び③－③断面，鉛直成分：Ｓ$_s$－１３）

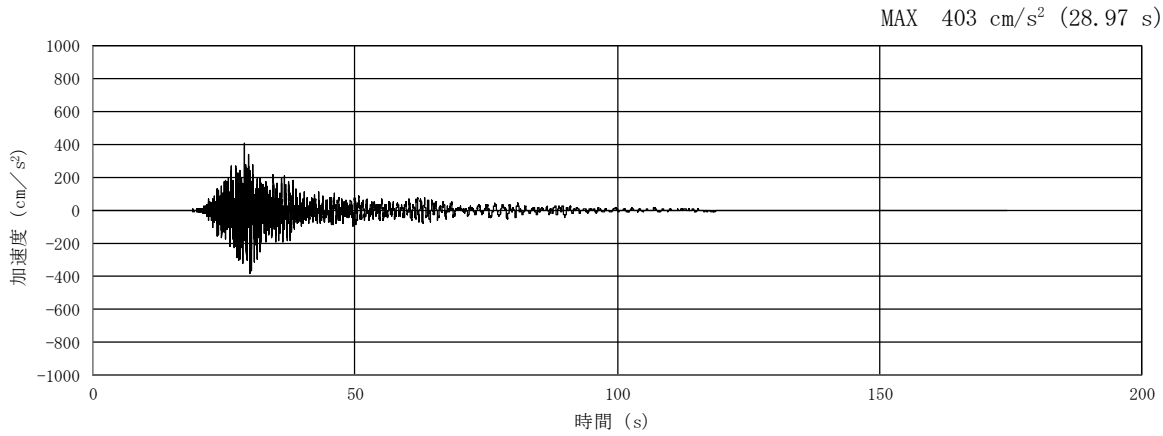


(a) 加速度時刻歴波形

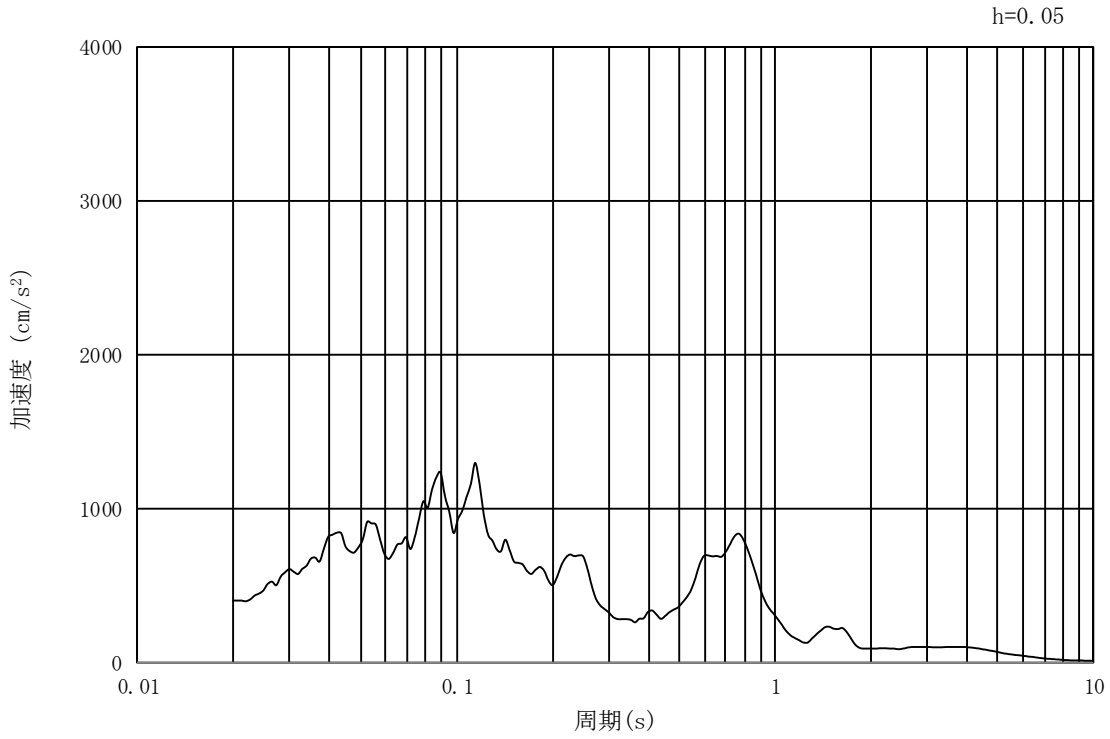


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 (15)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(①－①断面，水平成分：Ｓ$_s$－１４)

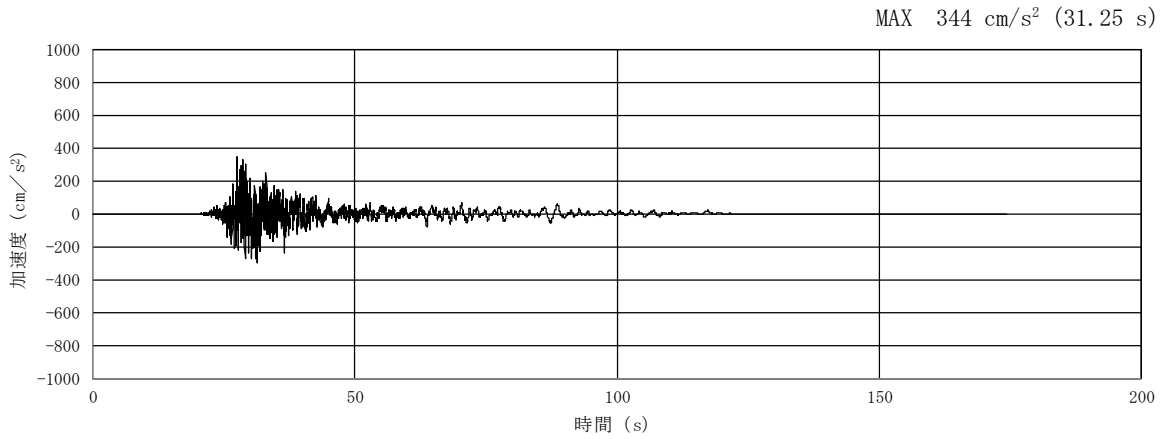


(a) 加速度時刻歴波形

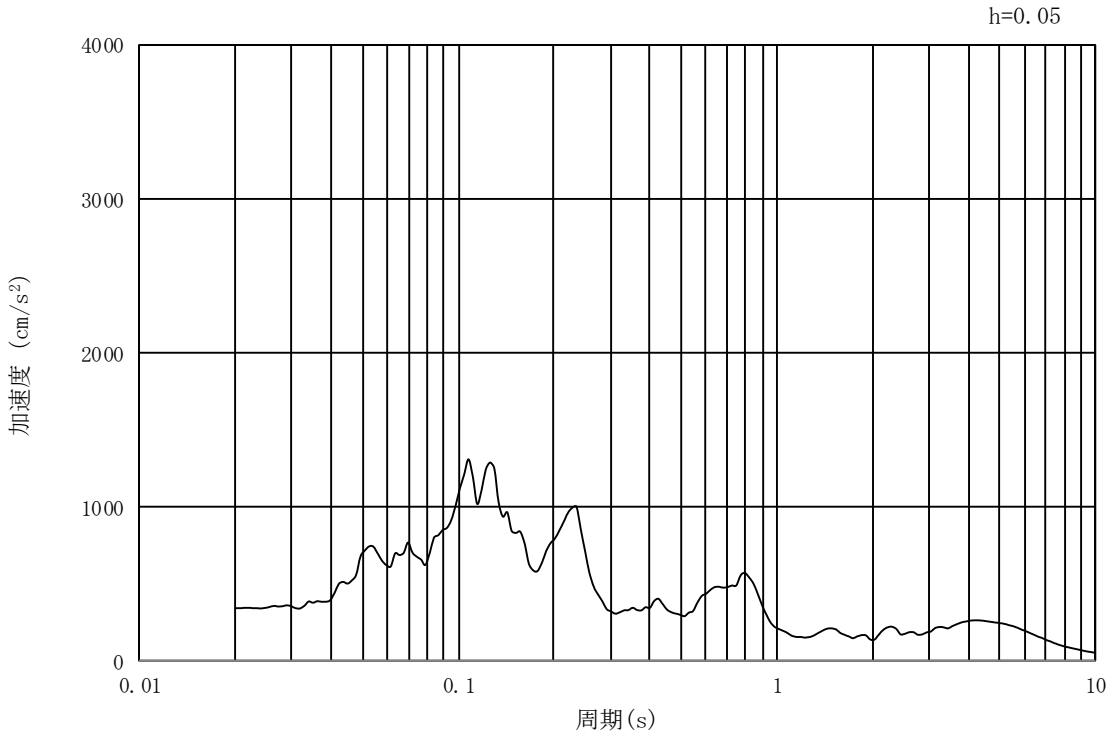


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 16)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（①－①断面，鉛直成分：Ｓ$_s$－１４）

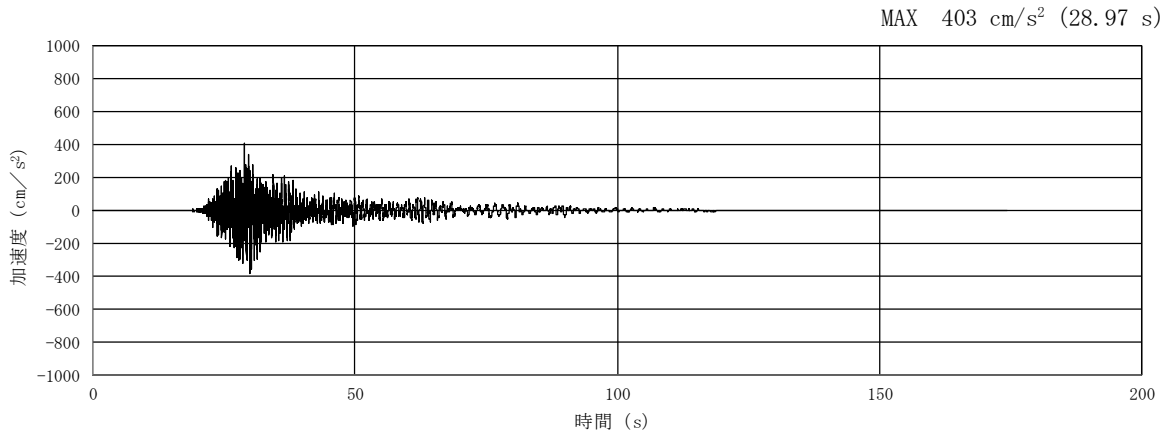


(a) 加速度時刻歴波形

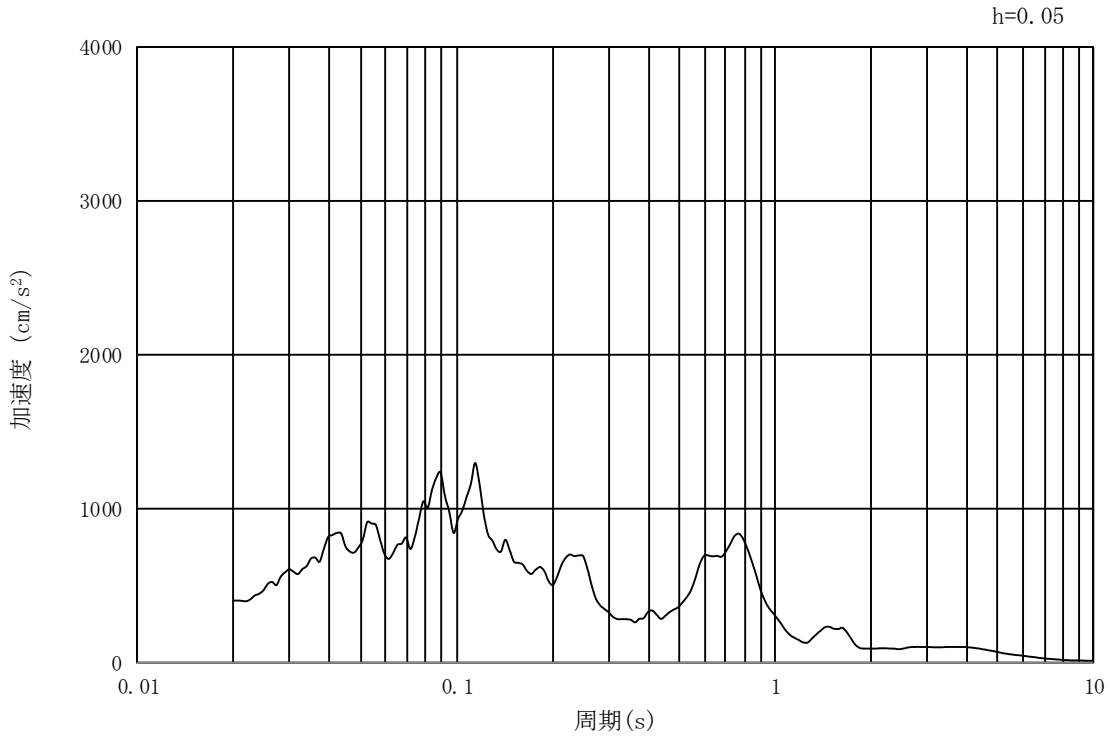


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 (17)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(②－②断面及び③－③断面，水平成分：S_s－１４)

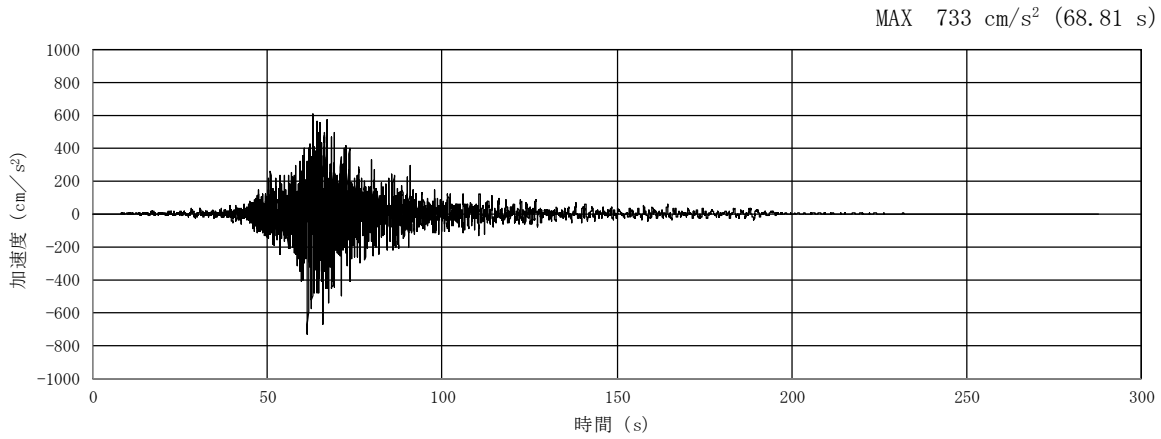


(a) 加速度時刻歴波形

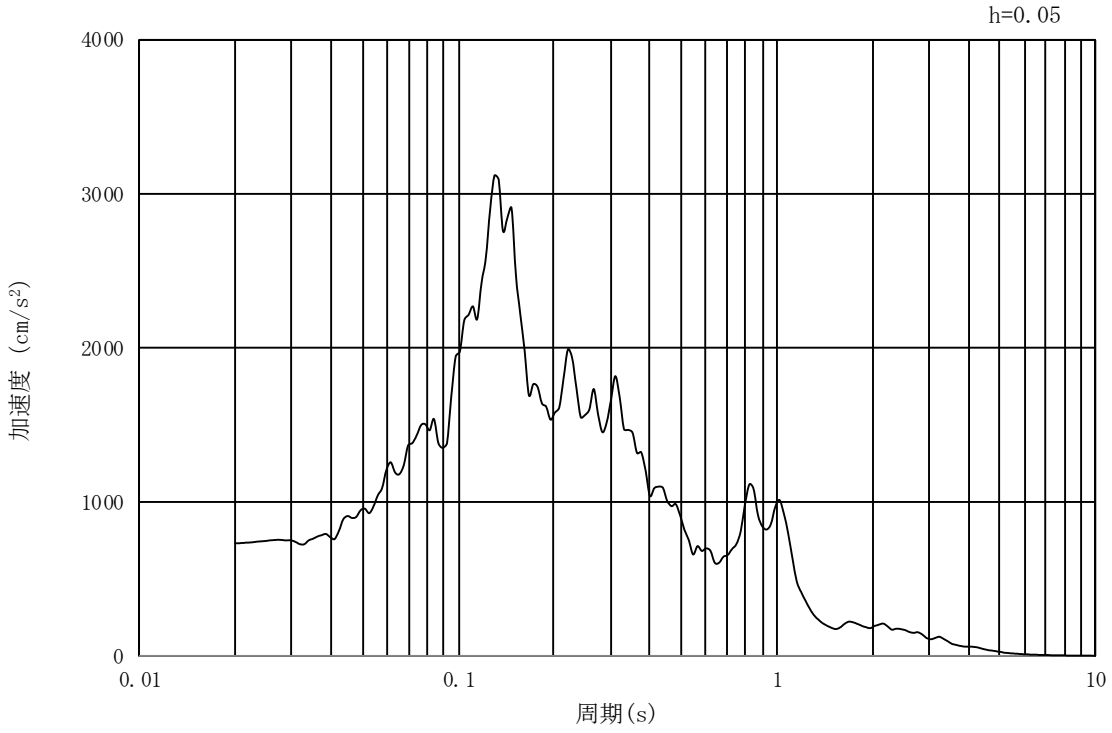


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 (18)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(②－②断面及び③－③断面，鉛直成分：S_s－１４)

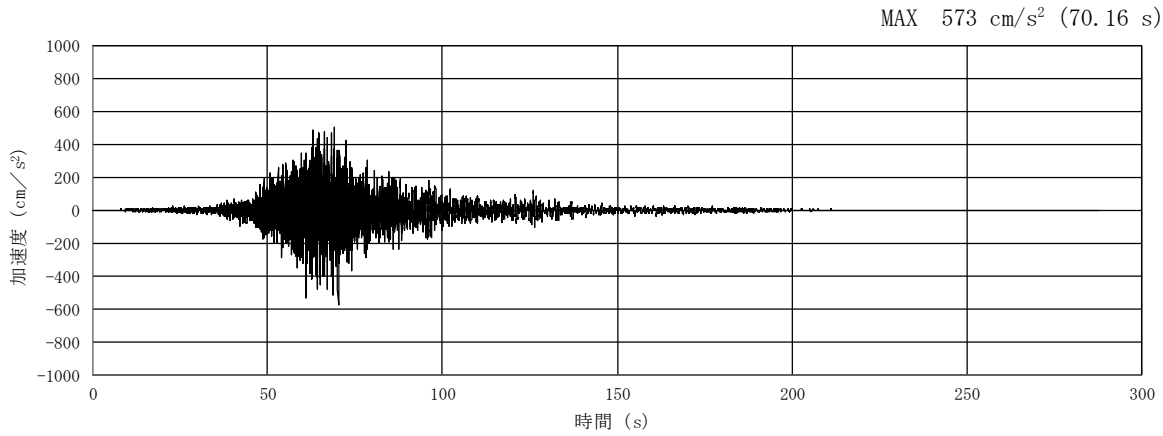


(a) 加速度時刻歴波形

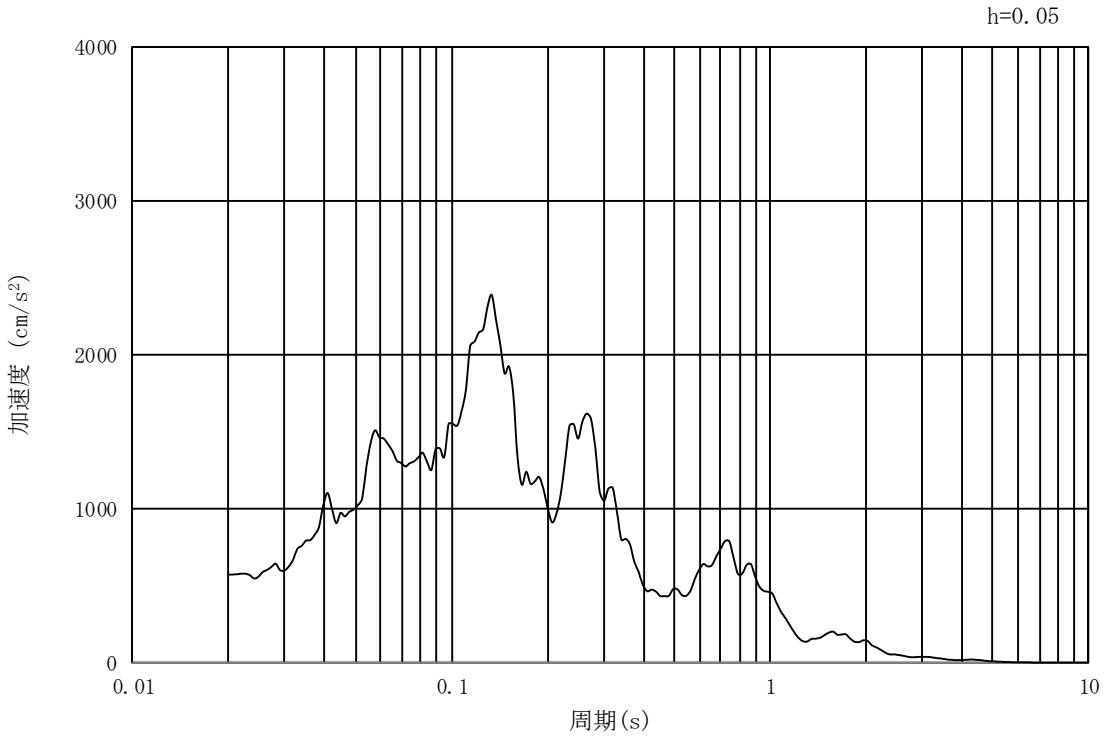


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 (19)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(①－①断面，水平成分：Ｓｓ－２１)

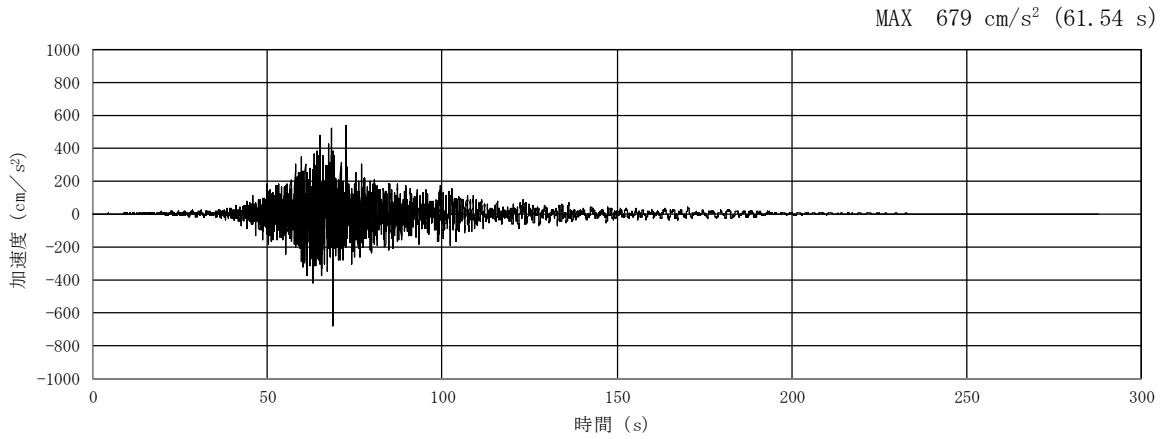


(a) 加速度時刻歴波形

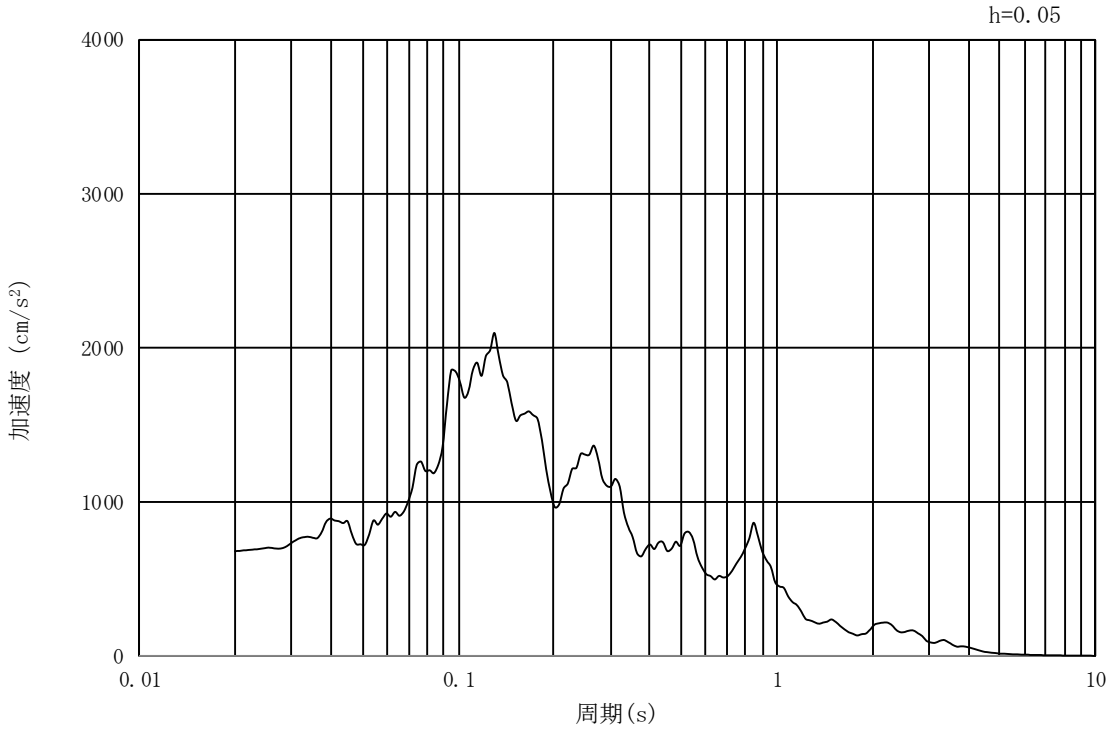


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 (20)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(①－①断面，鉛直成分：Ｓ$_s$－２１)

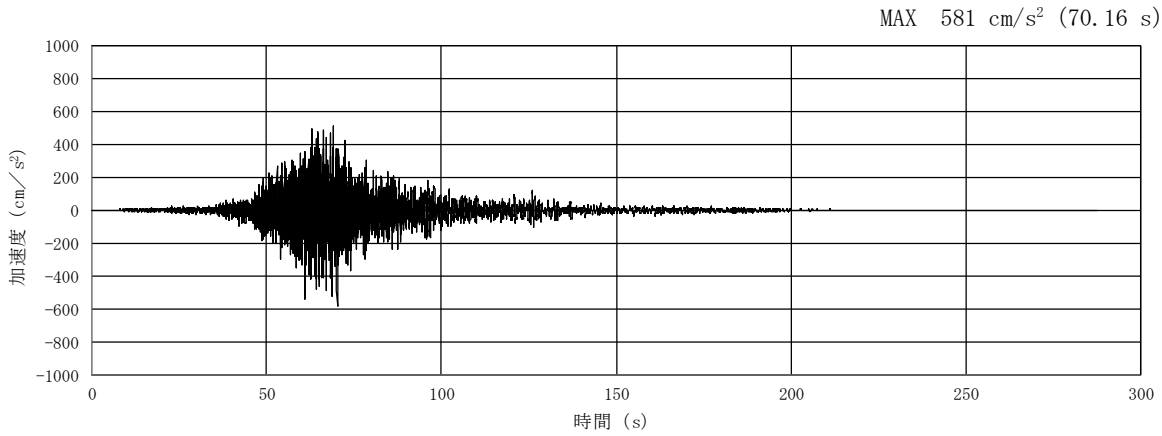


(a) 加速度時刻歴波形

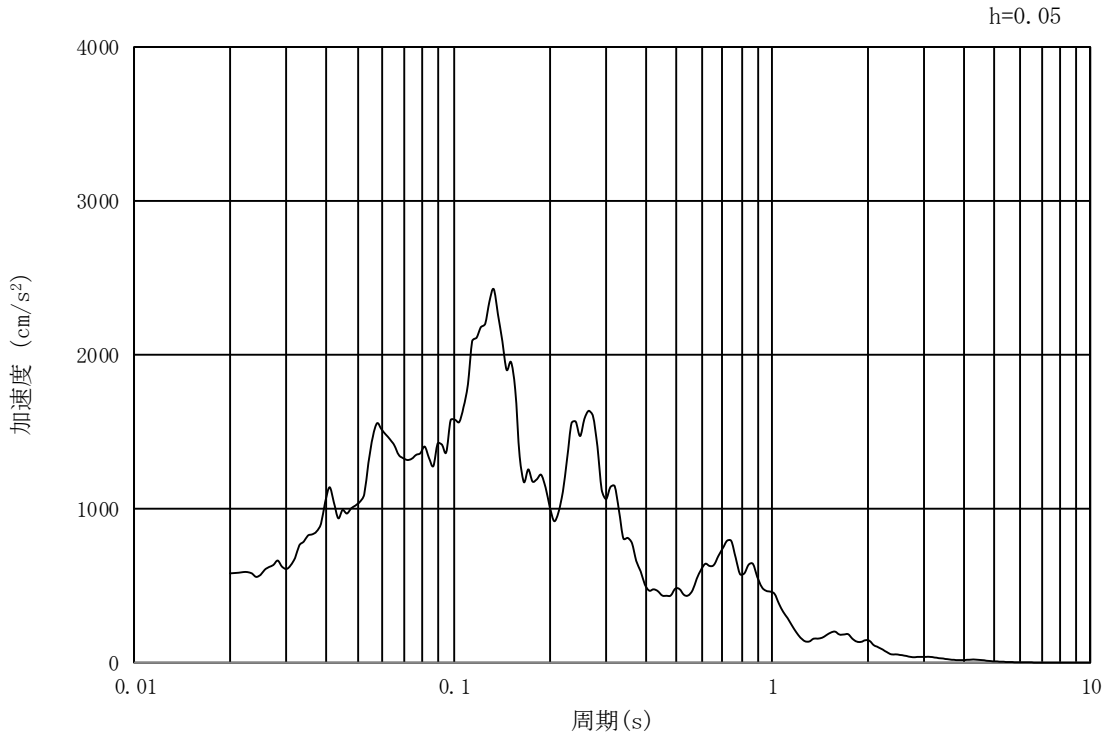


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 (21)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(②－②断面及び③－③断面，水平成分：Ｓｓ－２１)

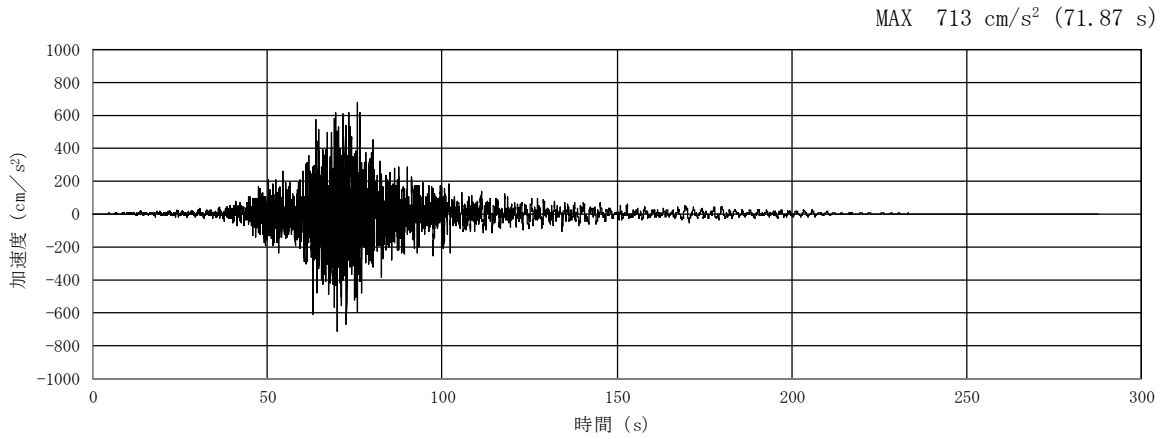


(a) 加速度時刻歴波形

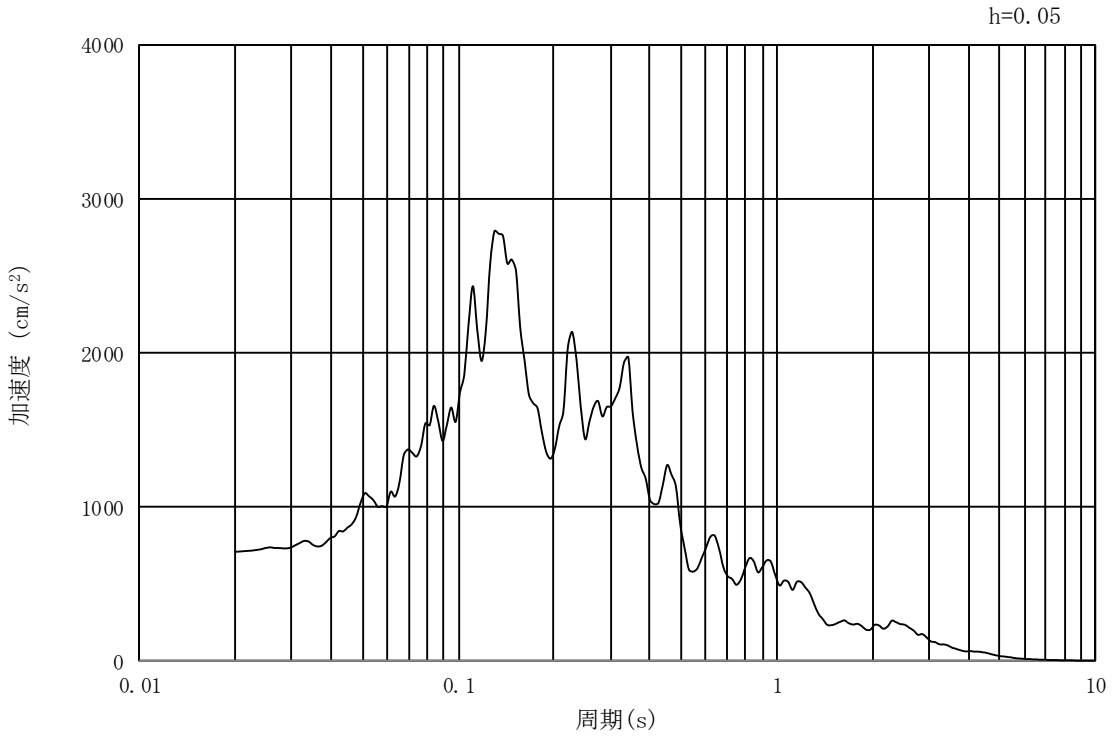


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 (22)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(②－②断面及び③－③断面，鉛直成分：Ｓ$_s$－２１)

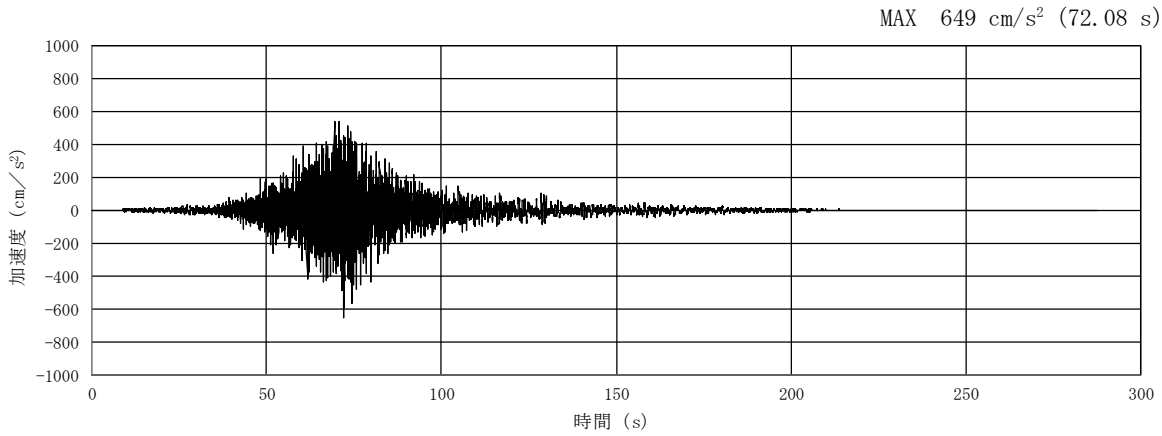


(a) 加速度時刻歴波形

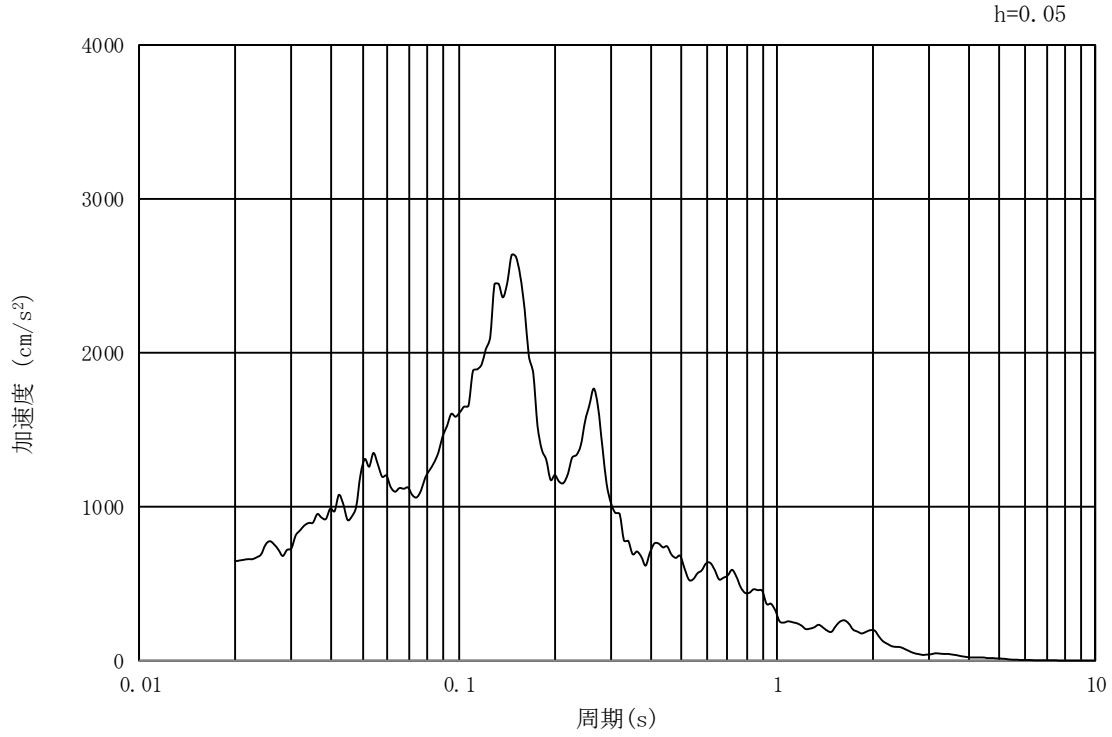


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 (23)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(①－①断面，水平成分：Ｓ$_s$－２２)

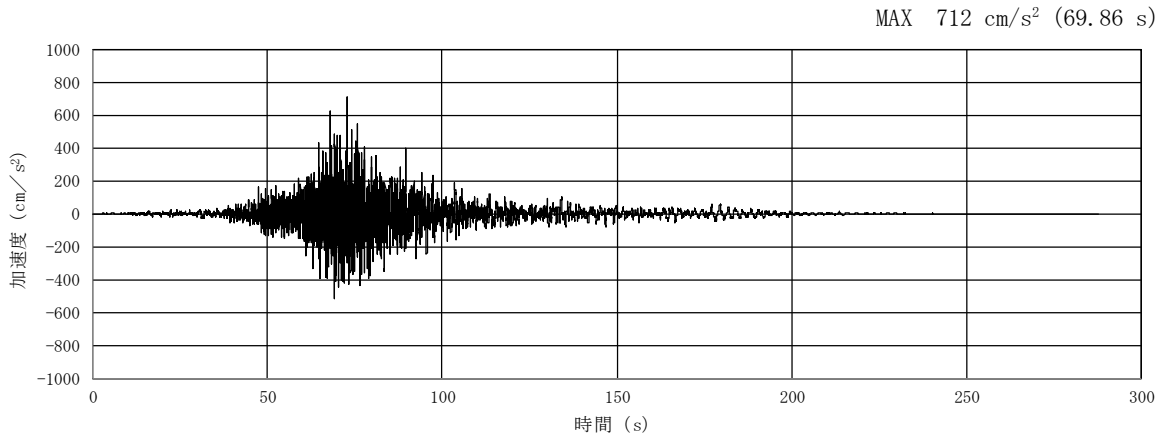


(a) 加速度時刻歴波形

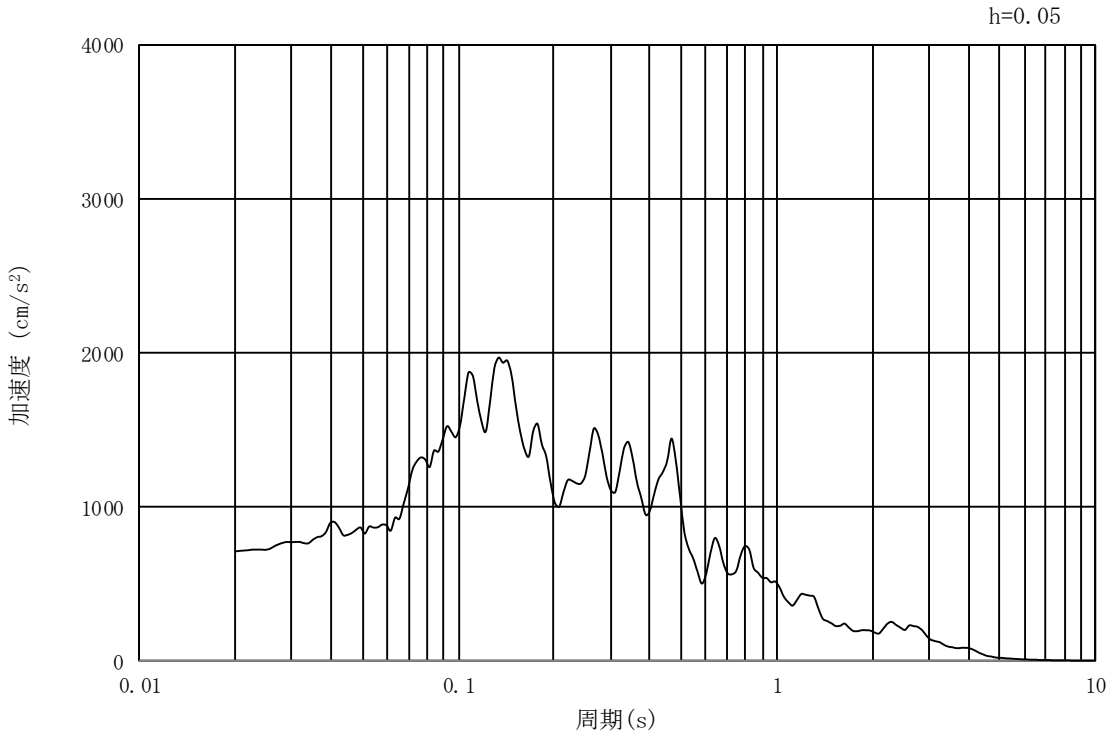


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 (24)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(①－①断面，鉛直成分：Ｓ$_s$－２２)

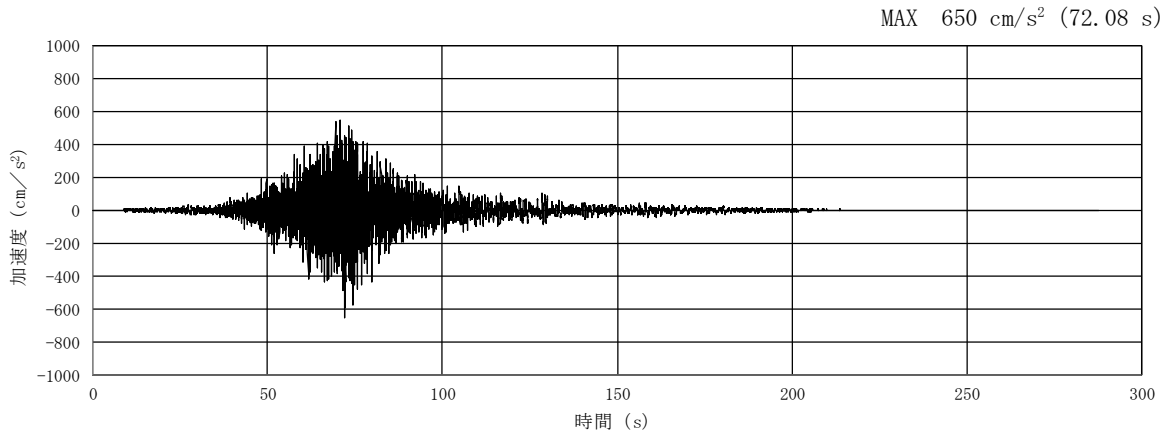


(a) 加速度時刻歴波形

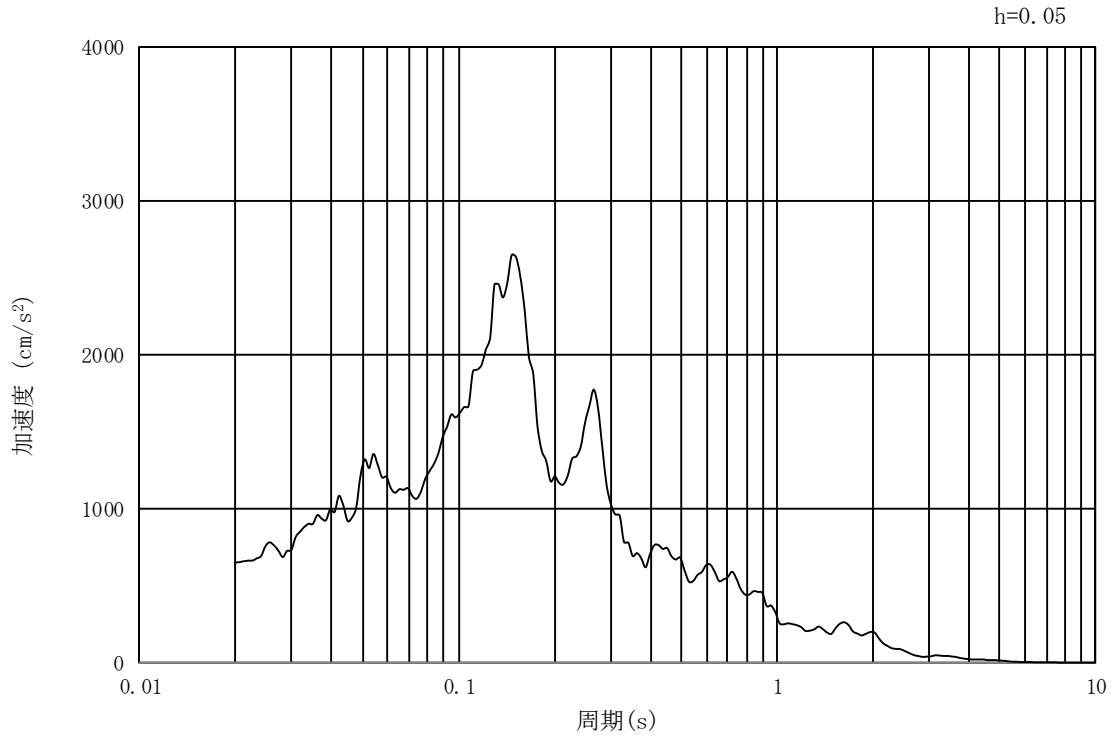


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 (25)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(②－②断面及び③－③断面，水平成分：Ｓ$_s$－２２)

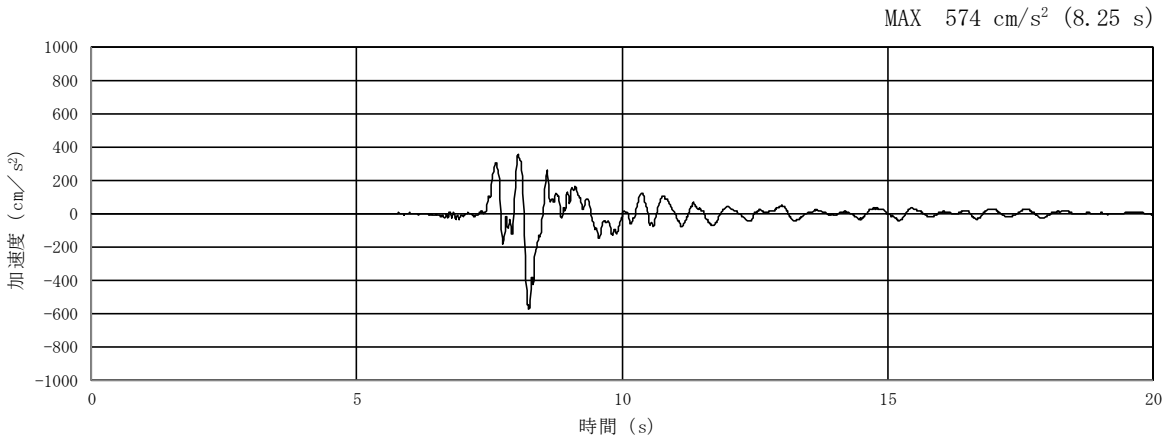


(a) 加速度時刻歴波形

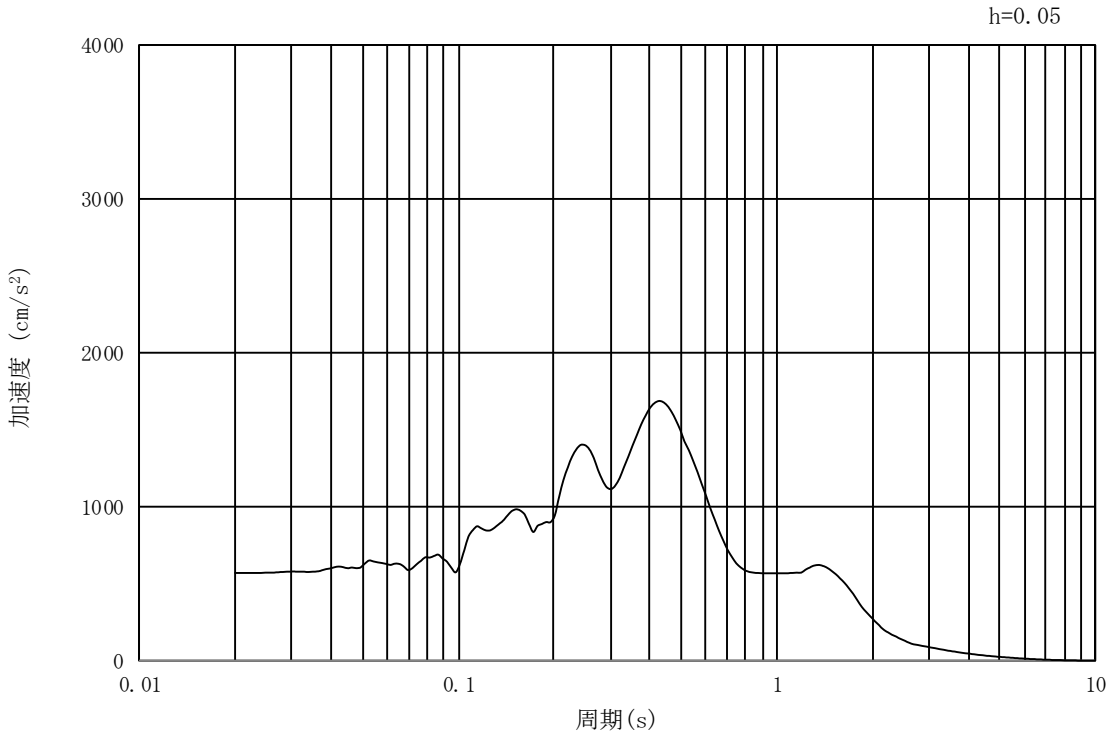


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 (26)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(②－②断面及び③－③断面，鉛直成分：Ｓ$_s$－２２)

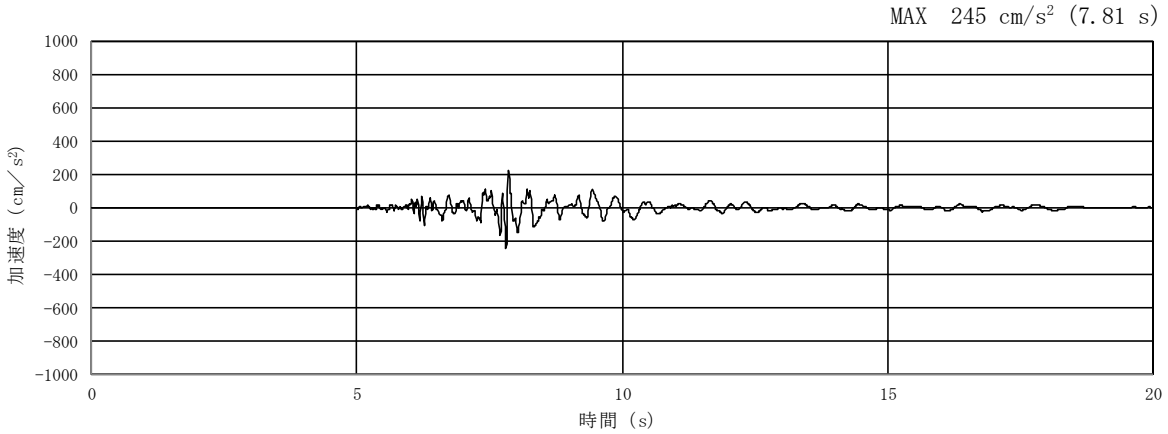


(a) 加速度時刻歴波形

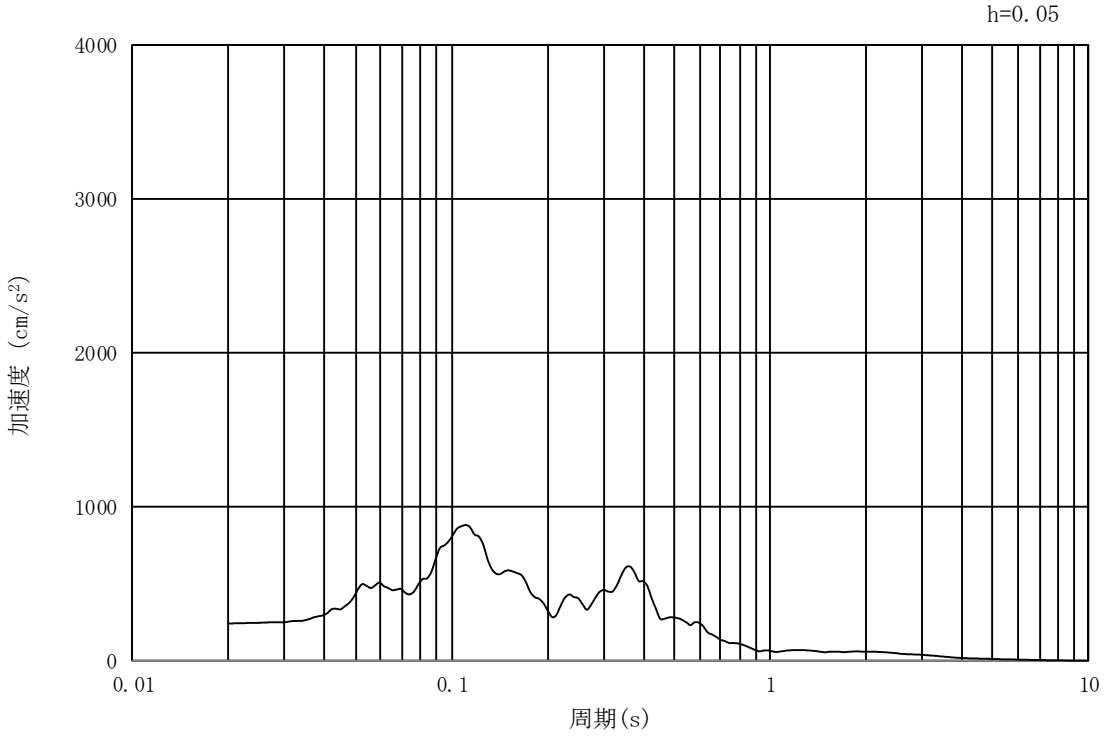


(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 (27)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（①－①断面，②－②断面及び③－③断面，水平成分：Ｓ$_s$－３１）



(a) 加速度時刻歴波形



(b) 加速度応答スペクトル

第 3-4 図 (28)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（①－①断面，②－②断面及び③－③断面，鉛直成分：Ｓ$_s$－３１）

3.5　解析モデル及び諸元

3.5.1　解析モデル

鋼製防護壁の地震応答解析モデルを第 3-5 図に示す。

(1)　解析領域

地震応答解析モデル領域は，境界条件の影響が地盤及び構造物の応力状態に影響を及ぼさないよう，十分広い領域とする。

(2)　境界条件

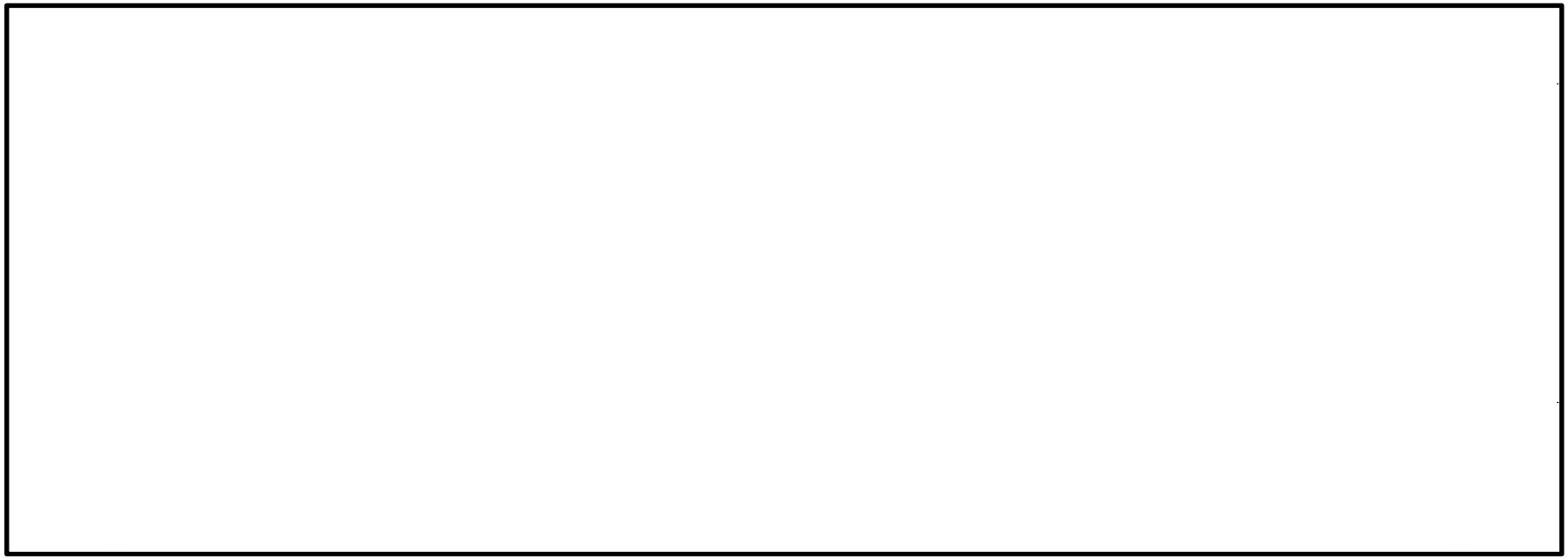
地震応答解析時の境界条件については，有限要素解析における半無限地盤を模擬するため，粘性境界を設ける。

(3)　構造物のモデル化

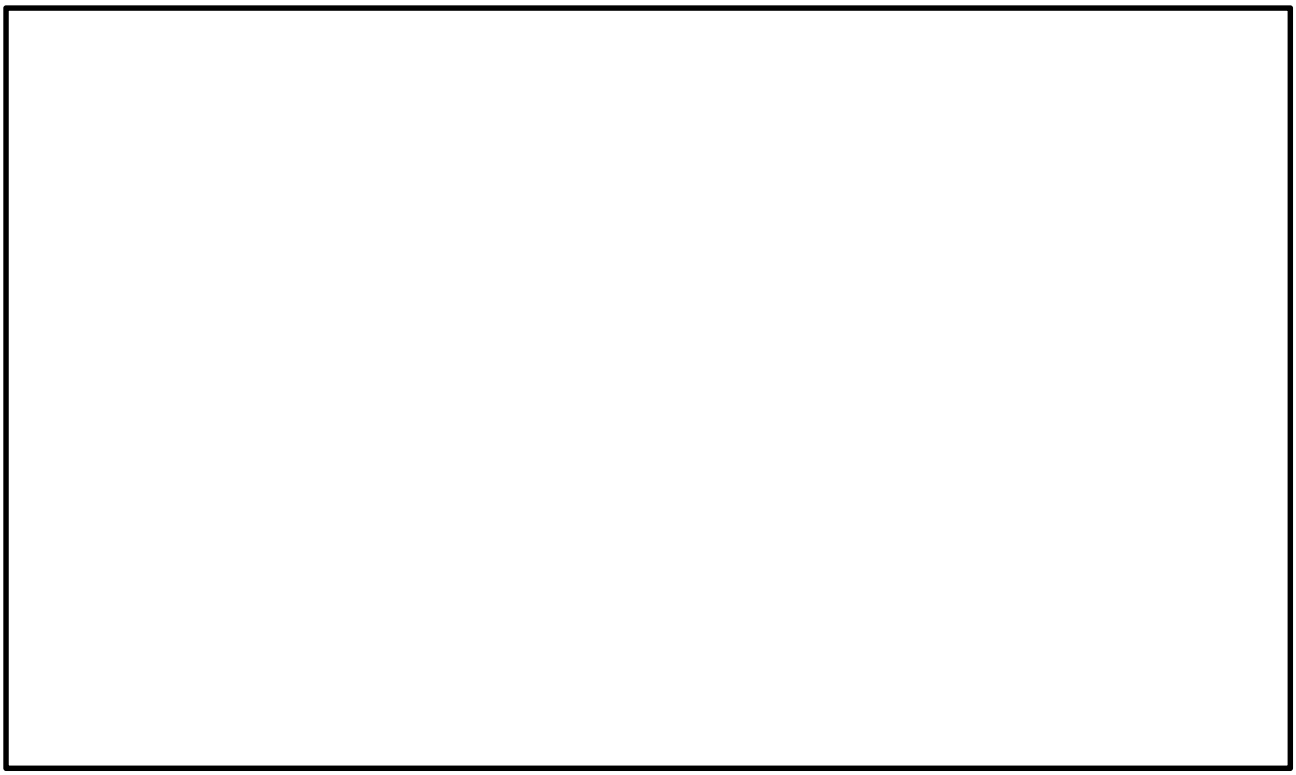
構造物は線形はり要素によりモデル化する。

(4)　地盤のモデル化

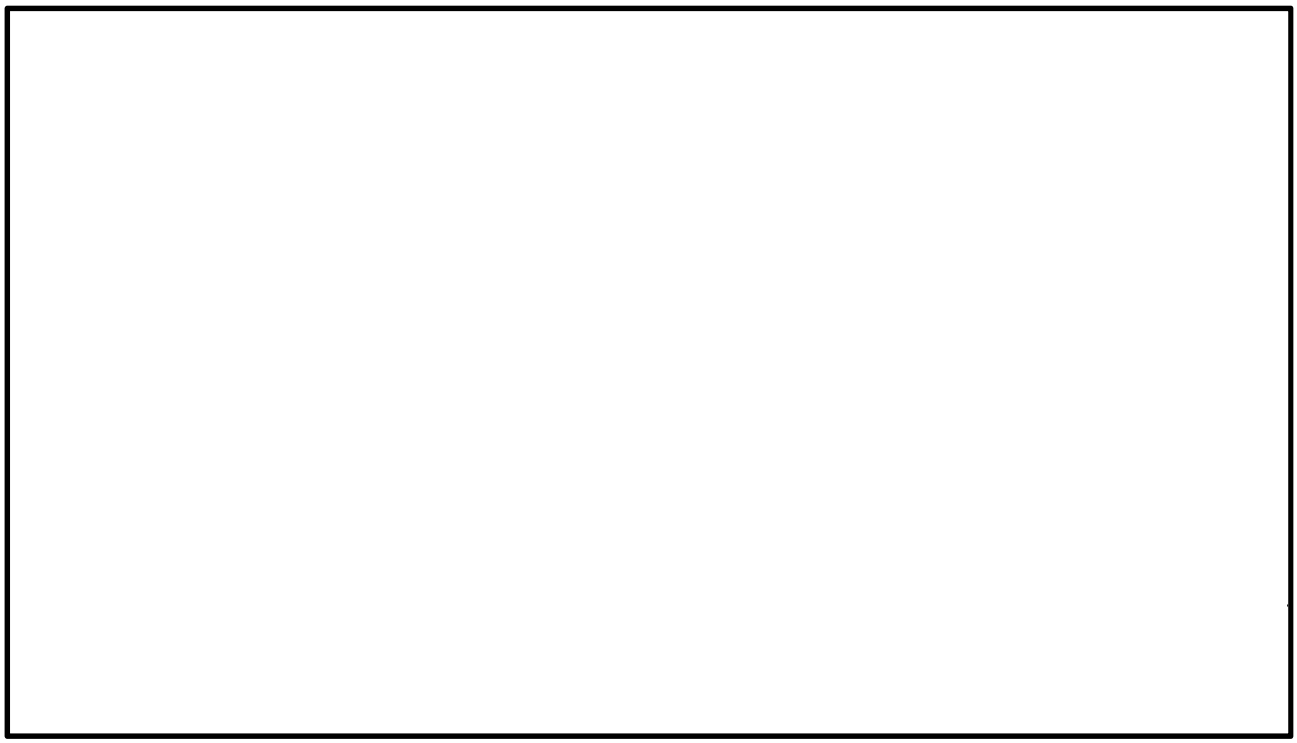
地盤は，マルチスプリング要素及び間隙水要素にてモデル化し，地震時の有効応力の変化に応じた非線形せん断応力～せん断ひずみ関係を考慮する。



第 3-5 図 (1)　鋼製防護壁の２次元有効応力解析モデル（①－①断面）



第 3-5 図 (2)　鋼製防護壁の２次元有効応力解析モデル（②－②断面）



第 3-5 図 (3)　鋼製防護壁の２次元有効応力解析モデル（③－③断面）

3.5.2　使用材料及び材料の物性値

使用材料を第 3-4 表に，材料の物性値を第 3-5 表に示す。

第 3-4 表　使用材料

材料		諸元
コンクリート	頂版コンクリート（鉄筋コンクリート）	設計基準強度 50 N/mm^2
	中詰めコンクリート（鉄筋コンクリート）	
	地中連続壁基礎	設計基準強度 40 N/mm^2
	中実コンクリート（鉄筋コンクリート）	設計基準強度 40 N/mm^2
鉄筋		SD345，SD390，SD490
鋼材	鋼製防護壁	SS400，SM400，SM490，SM490Y，SM520B 相当，SM570，SBHS500

第 3-5 表　材料の物性値

材料		単位体積重量 (kN/m^3)	ヤング係数 (N/mm^2)	ポアソン比	減衰定数 (%)
鉄筋コンクリート	設計基準強度 50 N/mm^2 *1	24.5*1	3.3×10^4*1	0.2*1	5*5
	設計基準強度 40 N/mm^2 *2	24.5*2	3.1×10^4*2	0.2*2	
鋼材	SS400*3，SM400*3 SM490*3，SM490Y*3 SM520B 相当*4，SM570*3 SBHS500*7	77.0*3*4	2.0×10^5*3*4	0.3*3*4	3*6

注記　＊1：道路土工カルバート工指針（平成 21 年度版）（（社）日本道路協会，平成 22 年 3 月）

＊2：コンクリート標準示方書［構造性能照査編］（土木学会，2002 年制定）

＊3：道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅱ鋼橋編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 14 年 3 月）

＊4：鋼構造物設計基準（Ⅱ鋼製橋脚編，名古屋高速道路公社，平成 15 年 10 月）

＊5：原子力発電所耐震設計技術指針ＪＥＡＧ４６０１－1987（（社）日本電気協会）

＊6：道路橋示方書（Ⅴ耐震設計編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 24 年 3 月）

＊7：道路橋示方書（Ⅱ鋼橋・鋼部材編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 29 年 11 月）

3.5.3　地盤の物性値

地盤の物性値は，添付書類「Ⅴ-2-1-3　地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している物性値を用いる。地盤の物性値を第 3-6 表に示す。

第 3-6 表（1）　地盤の解析用物性値一覧（液状化検討対象層）

パラメータ				原地盤								豊浦標準砂
				埋戻土	第四系（液状化検討対象層）							
				f1	du	Ag2	As	Ag1	D2s-3	D2g-3	D1g-1	
物理特性	密度 （）は地下水位以浅	ρ	g/cm^3	1.98 (1.82)	1.98 (1.82)	2.01 (1.89)	1.74	2.01 (1.89)	1.92	2.15 (2.11)	2.01 (1.89)	1.958
	間隙比	e	－	0.75	0.75	0.67	1.2	0.67	0.79	0.43	0.67	0.702
変形特性	ポアソン比	ν_{CD}	－	0.26	0.26	0.25	0.26	0.25	0.19	0.26	0.25	0.333
	基準平均有効主応力 （）は地下水位以浅	σ'_{ma}	kN/m^2	358 (312)	358 (312)	497 (299)	378	814 (814)	966	1167 (1167)	1695 (1710)	12.6
	基準初期せん断剛性 （）は地下水位以浅	G_{ma}	kN/m^2	253529 (220739)	253529 (220739)	278087 (167137)	143284	392073 (392073)	650611	1362035 (1362035)	947946 (956776)	18975
	最大履歴減衰率	h_{max}	－	0.220	0.220	0.233	0.216	0.221	0.192	0.130	0.233	0.287
強度特性	粘着力	C_{CD}	N/mm^2	0	0	0	0.012	0	0.01	0	0	0
	内部摩擦角	ϕ_{CD}	度	37.3	37.3	37.4	41	37.4	35.8	44.4	37.4	30
液状化特性	液状化パラメータ	ϕ_p	－	34.8	34.8	34.9	38.3	34.9	33.4	41.4	34.9	28
	液状化パラメータ	S_1	－	0.047	0.047	0.028	0.046	0.029	0.048	0.030	0.020	0.005
	液状化パラメータ	W_1	－	6.5	6.5	56.5	6.9	51.6	17.6	45.2	10.5	5.06
	液状化パラメータ	P_1	－	1.26	1.26	9.00	1.00	12.00	4.80	8.00	7.00	0.57
	液状化パラメータ	P_2	－	0.80	0.80	0.60	0.75	0.60	0.96	0.60	0.50	0.80
	液状化パラメータ	C_1	－	2.00	2.00	3.40	2.27	3.35	3.15	3.82	2.83	1.44

第 3-6 表（2）　地盤の解析用物性値一覧（非液状化層）

パラメータ				原地盤					
				第四系（非液状化層）				新第三系	捨石
				Ac	D2c-3	lm	D1c-1*1	Km	
物理特性	密度 （）は地下水位以浅	ρ	g/cm^3	1.65	1.77	1.47 (1.43)	－	$1.72-1.03\times10^{-4}\cdot z$	2.04 (1.84)
	間隙比	e	－	1.59	1.09	2.8	－	1.16	0.82
変形特性	ポアソン比	ν_{CD}	－	0.10	0.22	0.14	－	$0.16+0.00025\cdot z$	0.33
	基準平均有効主応力 （）は地下水位以浅	σ'_{ma}	kN/m^2	480	696	249 (223)	－	動的変形特性に基づき z（標高）毎に物性値を設定	98
	基準初期せん断剛性 （）は地下水位以浅	G_{ma}	kN/m^2	121829	285223	38926 (35783)	－		180000
	最大履歴減衰率	h_{max}	－	0.200	0.186	0.151	－		0.24
強度特性	粘着力	C_{CD}	N/mm^2	0.025	0.026	0.042	－	$0.358-0.00603\cdot z$	0.02
	内部摩擦角	ϕ_{CD}	度	29.1	35.6	27.3	－	$23.2+0.0990\cdot z$	35

注記　＊1：施設の耐震評価に影響を与えるものではないことから，解析用物性値として本表には記載しない。

z：標高（m）

第 3-6 表 (3)　地盤の解析用物性値一覧（新第三系 Km 層）

区分番号	設定深度 TP(m) Z	適用深度 TP(m)	密度 ρ (g/cm³)	静ポアソン比 ν_{CD}	粘着力 C_{CD} (kN/m²)	内部摩擦角 ϕ_{CD} (°)	せん断波速度Vs (m/s)	基準初期せん断剛性 Gma (kN/m²)	基準体積弾性係数 Kma (kN/m²)	基準平均有効主応力 σ'ma (kN/m²)	拘束圧依存係数 mG,mK	最大履歴減衰率 hmax(-)	動ポアソン比 ν_d	疎密波速度Vp (m/s)
1	10	9.5 ～ 10.5	1.72	0.16	298	24.2	425	310,675	353,317	504	0.0	0.105	0.464	1,640
2	9	8.5 ～ 9.5	1.72	0.16	304	24.1	426	312,139	354,982	504	0.0	0.105	0.464	1,644
3	8	7.5 ～ 8.5	1.72	0.16	310	24.0	427	313,606	356,650	504	0.0	0.105	0.464	1,648
4	7	6.5 ～ 7.5	1.72	0.16	316	23.9	428	315,076	358,322	504	0.0	0.105	0.464	1,651
5	6	5.5 ～ 6.5	1.72	0.16	322	23.8	428	315,076	358,322	504	0.0	0.106	0.464	1,651
6	5	4.5 ～ 5.5	1.72	0.16	328	23.7	429	316,551	359,999	504	0.0	0.106	0.464	1,655
7	4	3.5 ～ 4.5	1.72	0.16	334	23.6	430	318,028	361,679	504	0.0	0.106	0.463	1,638
8	3	2.5 ～ 3.5	1.72	0.16	340	23.5	431	319,509	363,363	504	0.0	0.107	0.463	1,642
9	2	1.5 ～ 2.5	1.72	0.16	346	23.4	431	319,509	363,363	504	0.0	0.107	0.463	1,642
10	1	0.5 ～ 1.5	1.72	0.16	352	23.3	432	320,993	365,051	504	0.0	0.107	0.463	1,646
11	0	-0.5 ～ 0.5	1.72	0.16	358	23.2	433	322,481	366,743	504	0.0	0.107	0.463	1,650
12	-1	-1.5 ～ -0.5	1.72	0.16	364	23.1	434	323,972	368,439	504	0.0	0.108	0.463	1,653
13	-2	-2.5 ～ -1.5	1.72	0.16	370	23.0	435	325,467	370,139	504	0.0	0.108	0.463	1,657
14	-3	-3.5 ～ -2.5	1.72	0.16	376	22.9	435	325,467	370,139	504	0.0	0.108	0.463	1,657
15	-4	-4.5 ～ -3.5	1.72	0.16	382	22.8	436	326,965	371,843	504	0.0	0.108	0.463	1,661
16	-5	-5.5 ～ -4.5	1.72	0.16	388	22.7	437	328,467	373,551	504	0.0	0.109	0.462	1,644
17	-6	-6.5 ～ -5.5	1.72	0.16	394	22.6	438	329,972	375,262	504	0.0	0.109	0.462	1,648
18	-7	-7.5 ～ -6.5	1.72	0.16	400	22.5	438	329,972	375,262	504	0.0	0.109	0.462	1,648
19	-8	-8.5 ～ -7.5	1.72	0.16	406	22.4	439	331,480	376,977	504	0.0	0.109	0.462	1,652
20	-9	-9.5 ～ -8.5	1.72	0.16	412	22.3	440	332,992	378,697	504	0.0	0.110	0.462	1,656
21	-10	-11 ～ -9.5	1.72	0.16	418	22.2	441	334,507	380,420	504	0.0	0.110	0.462	1,659
22	-12	-13 ～ -11	1.72	0.16	430	22.0	442	336,026	382,147	504	0.0	0.110	0.462	1,663
23	-14	-15 ～ -13	1.72	0.16	442	21.8	444	339,074	385,614	504	0.0	0.111	0.462	1,671
24	-16	-17 ～ -15	1.72	0.16	454	21.6	445	340,603	387,352	504	0.0	0.111	0.461	1,654
25	-18	-19 ～ -17	1.72	0.16	467	21.4	447	343,671	390,842	504	0.0	0.112	0.461	1,662
26	-20	-21 ～ -19	1.72	0.16	479	21.2	448	345,211	392,593	504	0.0	0.112	0.461	1,665
27	-22	-23 ～ -21	1.72	0.15	491	21.0	450	348,300	381,471	498	0.0	0.112	0.461	1,673
28	-24	-25 ～ -23	1.72	0.15	503	20.8	452	351,403	384,870	498	0.0	0.113	0.461	1,680
29	-26	-27 ～ -25	1.72	0.15	515	20.6	453	352,959	386,574	498	0.0	0.113	0.460	1,664
30	-28	-29 ～ -27	1.72	0.15	527	20.4	455	356,083	389,996	498	0.0	0.114	0.460	1,672
31	-30	-31 ～ -29	1.72	0.15	539	20.2	456	357,650	391,712	498	0.0	0.114	0.460	1,675
32	-32	-33 ～ -31	1.72	0.15	551	20.0	458	360,794	395,155	498	0.0	0.115	0.460	1,683
33	-34	-35 ～ -33	1.72	0.15	563	19.8	459	362,371	396,883	498	0.0	0.115	0.459	1,667
34	-36	-37 ～ -35	1.72	0.15	575	19.6	461	365,536	400,349	498	0.0	0.115	0.459	1,675
35	-38	-39 ～ -37	1.72	0.15	587	19.4	462	367,124	402,088	498	0.0	0.116	0.459	1,678
36	-40	-41 ～ -39	1.72	0.15	599	19.2	464	370,309	405,577	498	0.0	0.116	0.459	1,685
37	-42	-43 ～ -41	1.72	0.15	611	19.0	465	371,907	407,327	498	0.0	0.117	0.459	1,689
38	-44	-45 ～ -43	1.72	0.15	623	18.8	467	375,113	410,838	498	0.0	0.117	0.458	1,678
39	-46	-47 ～ -45	1.72	0.15	635	18.6	468	376,721	412,599	498	0.0	0.117	0.458	1,681
40	-48	-49 ～ -47	1.72	0.15	647	18.4	470	379,948	416,134	498	0.0	0.118	0.458	1,688
41	-50	-51 ～ -49	1.73	0.15	660	18.3	472	385,416	422,122	498	0.0	0.118	0.458	1,696
42	-52	-53 ～ -51	1.73	0.15	672	18.1	473	387,051	423,913	498	0.0	0.118	0.458	1,699
43	-54	-55 ～ -53	1.73	0.15	684	17.9	475	390,331	427,505	498	0.0	0.118	0.457	1,688
44	-56	-57 ～ -55	1.73	0.15	696	17.7	476	391,976	429,307	498	0.0	0.119	0.457	1,692
45	-58	-59 ～ -57	1.73	0.15	708	17.5	478	395,277	432,922	498	0.0	0.119	0.457	1,699
46	-60	-61 ～ -59	1.73	0.15	720	17.3	479	396,933	434,736	498	0.0	0.120	0.457	1,702
47	-62	-63 ～ -61	1.73	0.14	732	17.1	481	400,255	422,491	492	0.0	0.120	0.457	1,709
48	-64	-65 ～ -63	1.73	0.14	744	16.9	482	401,921	424,250	492	0.0	0.120	0.456	1,695
49	-66	-67 ～ -65	1.73	0.14	756	16.7	484	405,263	427,778	492	0.0	0.120	0.456	1,702
50	-68	-69 ～ -67	1.73	0.14	768	16.5	485	406,939	429,547	492	0.0	0.121	0.456	1,705
51	-70	-71 ～ -69	1.73	0.14	780	16.3	487	410,302	433,097	492	0.0	0.121	0.456	1,712
52	-72	-73 ～ -71	1.73	0.14	792	16.1	489	413,679	436,661	492	0.0	0.121	0.456	1,719
53	-74	-75 ～ -73	1.73	0.14	804	15.9	490	415,373	438,449	492	0.0	0.122	0.455	1,705
54	-76	-77 ～ -75	1.73	0.14	816	15.7	492	418,771	442,036	492	0.0	0.122	0.455	1,712
55	-78	-79 ～ -77	1.73	0.14	828	15.5	493	420,475	443,835	492	0.0	0.122	0.455	1,716
56	-80	-81 ～ -79	1.73	0.14	840	15.3	495	423,893	447,443	492	0.0	0.122	0.455	1,723
57	-82	-85 ～ -81	1.73	0.14	852	15.1	496	425,608	449,253	492	0.0	0.123	0.455	1,726
58	-88	-90 ～ -85	1.73	0.14	889	14.5	501	434,232	458,356	492	0.0	0.124	0.454	1,726
59	-92	-95 ～ -90	1.73	0.14	913	14.1	504	439,448	463,862	492	0.0	0.124	0.454	1,736
60	-98	-101 ～ -95	1.73	0.14	949	13.5	509	448,210	473,111	492	0.0	0.125	0.453	1,736
61	-104	-108 ～ -101	1.73	0.13	985	12.9	513	455,282	463,485	486	0.0	0.126	0.452	1,733
62	-112	-115 ～ -108	1.73	0.13	1,033	12.1	519	465,995	474,391	486	0.0	0.127	0.451	1,737
63	-118	-122 ～ -115	1.73	0.13	1,070	11.5	524	475,016	483,575	486	0.0	0.127	0.451	1,754
64	-126	-130 ～ -122	1.73	0.13	1,118	10.7	530	485,957	494,713	486	0.0	0.128	0.450	1,758

3.5.4　地下水位

地下水位は地表面として設定する。

4. 耐震評価

4.1 評価対象部位

評価対象部位は，鋼製防護壁の構造的特徴や周辺状況の特徴を踏まえて設定する。

(1) 構造部材の健全性

構造部材の健全性に係る評価対象部位は，鋼製防護壁，地中連続壁基礎を連結する鋼製防護壁アンカー及び地中連続壁基礎の各鉄筋コンクリート部材について設定する。

(2) 基礎地盤の支持性能

基礎地盤の支持性能に係る評価対象部位は，鋼製防護壁の下部工となる地中連続壁基礎を支持する基礎地盤とする。

(3) 止水ジョイント部材

止水ジョイント部材の評価対象部位は，構造物間に設置するシートジョイントとする。

4.2　解析方法

(1)　鋼製防護壁

鋼製防護壁の上部構造は，３次元動的フレーム解析モデルを用いて実施する。

耐震評価には，解析コード「TDAPⅢ Ver. 3.08」を使用する。解析コードの検証及び妥当性確認の概要については，添付書類「Ⅴ-5-45　計算機プログラム(解析コード）の概要・ＴＤＡＰⅢ」に示す。

(2)　地中連続壁基礎

設計対象構造物～地盤の連成系モデルによる２次元地震応答解析を行い，地震時の構造健全性及び支持性能を確認する。

4.3　荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき設定する。

(1)　耐震評価上考慮する状態

鋼製防護壁の耐震評価において，地震以外に考慮する状態を以下に示す。

a.　運転時の状態

発電用原子炉が運転状態にあり，通常の条件下におかれている状態。ただし，運転時の異常な過渡変化時の影響を受けないことから考慮しない。

b.　設計基準事故時の状態

設計基準事故時の影響を受けないことから考慮しない。

c.　設計用自然条件

積雪及び風荷重を考慮する。

d.　重大事故等時の状態

重大事故等時の状態の影響を受けないことから考慮しない。

(2)　荷重

鋼製防護壁の耐震評価において，考慮する荷重を以下に示す。

a.　固定荷重(G)

固定荷重として，躯体自重を考慮する。

b.　積載荷重(P)

積載荷重として機器及び配管荷重を考慮する。

なお，考慮する機器・配管荷重は第 4-1 表のとおりである。

第 4-1 表　機器・配管荷重一覧表

機器	備考
スクリーン室クレーン	840 kN

c.　地震荷重(Ｋｓ)

基準地震動Ｓｓによる荷重を考慮する。

d.　積雪荷重(Ｐｓ)

積雪荷重については，「建築基準法施行令第 86 条」及び「茨城県建築基準法施工細則第 16 条の 4」に従って設定する。積雪の厚さ 1 cm あたりの荷重を 20 N/m^2/cm として，積雪量は 30 cm としていることから積雪荷重は 600 N/m^2 であるが，地震時短期荷重として積雪荷重の 0.35 倍である 0.21 kN/m^2 を考慮する。

e.　風荷重(Ｐｋ)

風荷重として，風速 30 m/s の風圧力を考慮する。

(3) 荷重の組合せ

荷重の組合せを第 4-2 表に示す。

第 4-2 表　荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
地震時（S_s）	$G+P+K_s+P_s+P_k$

G：固定荷重

P：積載荷重

K_s：地震荷重

P_s：積雪荷重

P_k：風荷重

4.4　許容限界

許容限界は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき設定する。

(1)　鉄筋コンクリート（地中連続壁基礎）の許容限界

鉄筋コンクリート（地中連続壁基礎）の許容限界は，規格，基準類に基づき第 4-3 表のとおり設定する。短期許容応力度は，コンクリート及び鉄筋の許容応力度に対して 1.5 倍の割増しを考慮する。

第 4-3 表　鉄筋コンクリートの許容限界

評価項目				許容限界 (N/mm^2)
コンクリート	f'_{ck}＝50 N/mm^2 *3	短期許容曲げ圧縮応力度 σ_{ca}		24.0
		短期許容せん断応力度 τ_{a1}		0.825*5
		短期許容付着応力度 τ_{a}		6.0*4
		短期コーンせん断応力度 τ_{coa1}		0.825*4
		短期コーンせん断応力度 τ_{coa2}		1.815*4
	f'_{ck}＝40 N/mm^2 *1	短期許容曲げ圧縮応力度 σ_{ca}		21.0
		短期許容せん断応力度 τ_{a1}		0.825*5
鉄筋	SD490*2	短期許容引張応力度 σ_{sa}	軸方向	435
			上記以外	300
	SD390*1	短期許容引張応力度 σ_{sa}		309
	SD345*1	短期許容引張応力度 σ_{sa}		294

注記　＊1：コンクリート標準示方書［構造性能照査編］（土木学会，2002 年制定）

＊2：道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 24 年 3 月）

＊3：道路土工カルバート工指針（平成 21 年度版）（（社）日本道路協会，平成 22 年 3 月）

＊4：鋼構造物設計基準（Ⅱ鋼製橋脚編，名古屋高速道路公社，平成 15 年 10 月）におけるコンクリートの設計基準強度 27 N/mm^2 に対応する値を適用する。

＊5：斜め引張鉄筋を考慮する場合は，「コンクリート標準示方書［構造性能照査編］（（社）土木学会，2002 年制定）」に基づき，次式により算定する短期許容せん断力（V_a）を許容限界とする。

$$V_a = V_{ca} + V_{sa}$$

ここで，

V_{ca}：コンクリートの短期許容せん断力

$$V_{ca} = 1/2 \cdot \tau_{a1} \cdot b_w \cdot j \cdot d$$

V_{sa}：斜め引張鉄筋の短期許容せん断力

$$V_{sa} = A_w \cdot \sigma_{sa} \cdot j \cdot d / s$$

τ_{a1}：斜め引張鉄筋を考慮しない場合の短期許容せん断応力度

b_w：有効幅

j　：1／1.15

d　：有効高さ

A_w：斜め引張鉄筋断面積

σ_{sa}：鉄筋の短期許容引張応力度

s　：斜め引張鉄筋間隔

(2)　鋼製防護壁及び鋼製防護壁アンカーの許容限界

許容限界については各規格，基準類に基づき第 4-4 表のとおり設定する。第 4-4 表に示す許容限界は SBHS500 を除いて短期許容応力度とし，短期許容応力度は，鋼材の許容応力度に対して 1.7 倍の割増しを考慮する。SBHS500 の許容限界は引張降伏及びせん断降伏とする。

第 4-4 表　鋼材の許容限界

評価項目			許容限界 (N/mm^2)
鋼材	SS400 SM400	短期許容曲げ引張応力度 σ_{sa}	238*1
		短期許容せん断応力度 τ_{sa}	136*1
	SM490	短期許容曲げ引張応力度 σ_{sa}	314.5*1
		短期許容せん断応力度 τ_{sa}	178.5*1
	SM490Y	短期許容曲げ引張応力度 σ_{sa}	357*1
		短期許容せん断応力度 τ_{sa}	204*1
	SM520B 相当	短期許容曲げ引張応力度 σ_{sa}	315*2
	SM570	短期許容曲げ引張応力度 σ_{sa}	433.5*1
		短期許容せん断応力度 τ_{sa}	246.5*1
	SBHS500	引張降伏 σ_y	500*3
		せん断降伏 τ_y	285*3

注記　＊1：道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅱ鋼橋編）・同解説」（（社）日本道路協会，平成 14 年 3 月）

上記値は，板厚 40 mm 以下の値を示す。

板厚が 40 mm を超える場合は，3.2.1，3.2.3，14.3 に示される許容応力度を用いる。

＊2：鋼構造物設計基準（Ⅱ鋼製橋脚編，名古屋高速道路公社，平成 15 年 10 月）を適用し，許容応力度に対して 1.5 倍の割増しを考慮する。

＊3：道路橋示方書（Ⅱ鋼橋・鋼部材編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 29 年 11 月）

(3)　基礎地盤の支持力支持性能評価における許容限界

極限支持力は，添付書類「Ⅴ-2-1-3　地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき，道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 24 年 3 月）により設定する。

道路橋示方書による地中連続壁基礎の支持力算定式を以下に示す。

$$R_u = q_d \cdot A$$

R_u ： 基礎底面地盤の極限支持力（kN）

q_d ： 基礎底面地盤の極限支持力度（kN/m^2）

$q_d = 3 \cdot q_u$

q_u：支持岩盤の一軸圧縮強度（kN/m^2）

＊$C_{CUU} = q_u/2$ より，$q_u = C_{CUU} \times 2$

ここで，C_{CUU}は Km 層の非排水せん断強度

A ： 基礎の底面積（m^2）

上記にて求められる基礎地盤の極限支持力度を第 4-5 表に示す。

第 4-5 表　基礎地盤の支持力に対する許容限界

項目	算定結果
極限支持力度 q_d（kN/m^2）（北側基礎）	6116
極限支持力度 q_d（kN/m^2）（南側基礎）	5991

注記　＊：非排水せん断強度 $C_{CUU} = (0.837 - 0.00346 \cdot Z) \times 1000$（kN/m^2）

基礎底面標高　北側基礎：Z＝T.P.－52.7（m）

南側基礎：Z＝T.P.－46.7（m）

(4)　止水ジョイント部材

止水ジョイント部材の変形量の許容限界は，メーカー規格，漏水試験及び変形試験により，有意な漏えいが生じないことを確認した変形量とする。第 4-6 表に止水ジョイント部材の変形量の許容限界を示す。

第 4-6 表　止水ジョイント部材の変形量の許容限界

評価項目	許容限界
止水ジョイント部材 （シートジョイント）	2 m

4.5　解析モデル及び諸元

(1)　解析モデル

鋼製防護壁の耐震評価には，解析コード「TDAPⅢ Ver. 3.08」を使用する。解析コードの検証及び妥当性確認の概要については，添付書類「Ⅴ-5-45　計算機プログラム(解析コード）の概要・ＴＤＡＰⅢ」に示す。また，下記に鋼製防護壁の動的解析モデルについて示す。

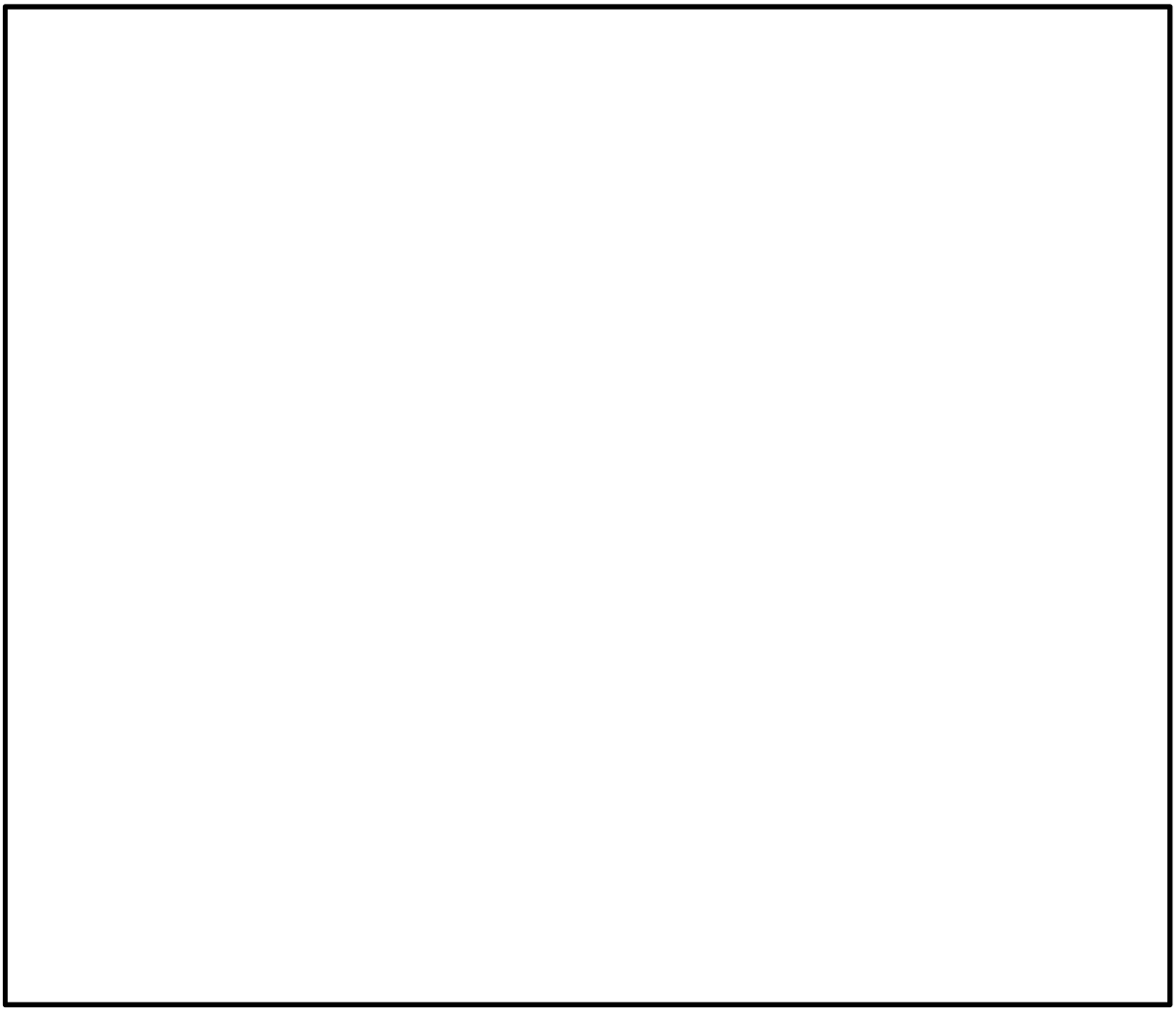
a.　鋼製防護壁の動的解析モデルのモデル化

水平（Ｘ方向）隔壁及び鉛直（Ｚ方向）隔壁の交差位置並びに添接板継手位置を節点とし，それらを結合したはり要素で構成される格子モデルとする。モデル化のイメージ図を第 4-1 図に示す。

ⅰ）主桁部材（水平方向）は，外壁鋼板をフランジ，水平（Ｘ方向）隔壁をウェブとみなしたＩ断面とする（第 4-1 図の青色表示部分）。

ⅱ）横桁部材（鉛直方向）は，外壁鋼板をフランジ，鉛直（Ｚ方向）隔壁をウェブとみなしたＩ断面とする（第 4-1 図の赤色表示部分）。

ⅲ）ねじれ剛性は，外面鋼板が連続していることから，箱断面として算定したねじれ剛性を両部材に考慮する。



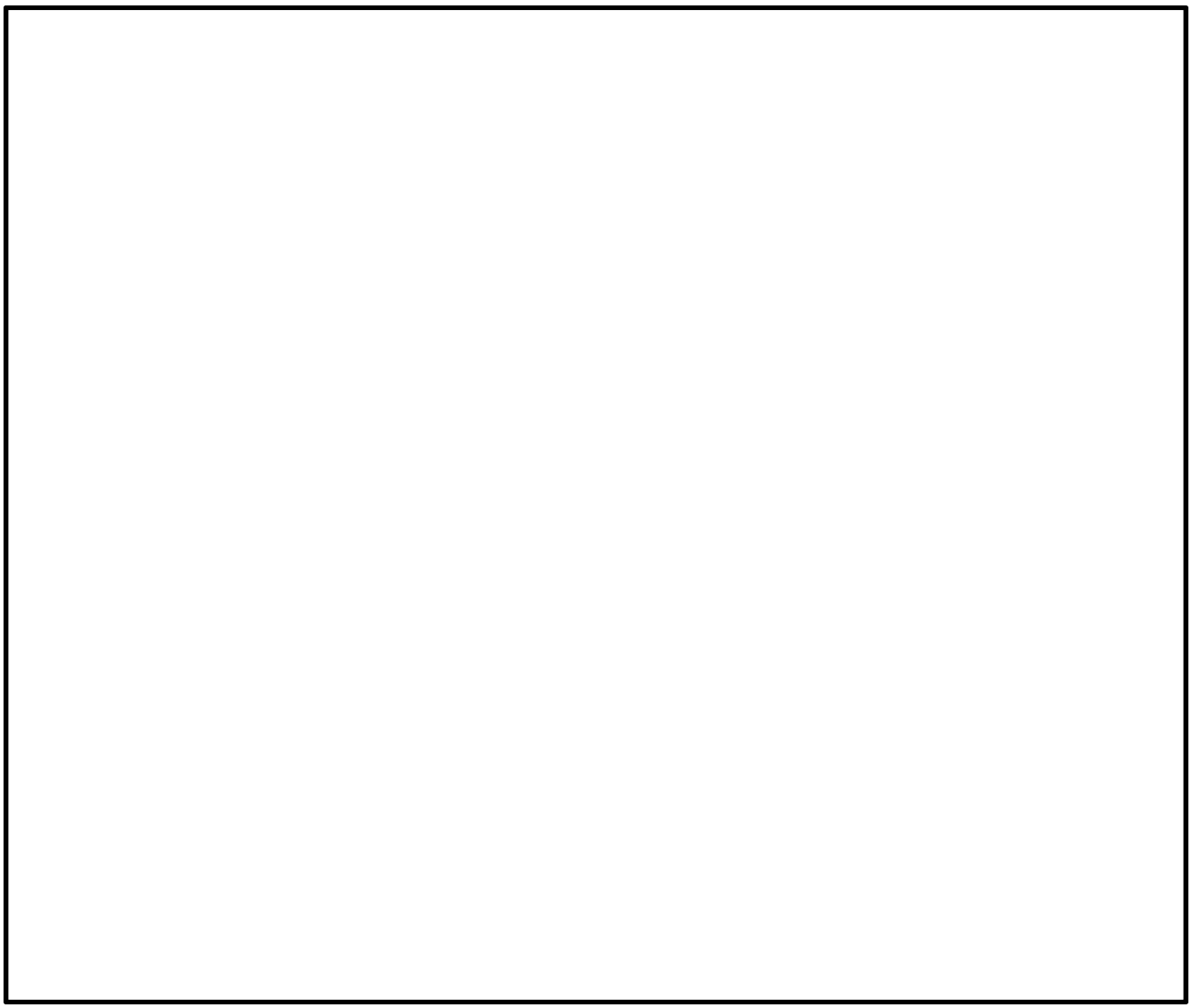
第 4-1 図　鋼製防護壁上部構造のモデル化イメージ図

b.　荷重条件

(a)　基礎天端の変位時刻歴

２次元有効応力解析により算定される基礎天端中心における並進 3 成分（堤軸方向，堤軸直交方向，鉛直方向）及び回転 2 成分（堤軸方向断面内，堤軸直交方向断面内の回転成分）の変位時刻歴を強制変位として与える。これにより鋼製防護壁に慣性力が作用することとなる。各方向の動的解析によって得られる断面力に対して，組合せ係数法を適用して耐震評価を実施する。２次元有効応力解析からの変位時刻歴入力の概念図を第 4-2 図に示す。

なお，水平成分については南北それぞれの応答時刻歴を入力し，鉛直成分については軸方向及び軸直交方向の組合せのうち時刻歴鉛直変位差が大きい方を選定する。



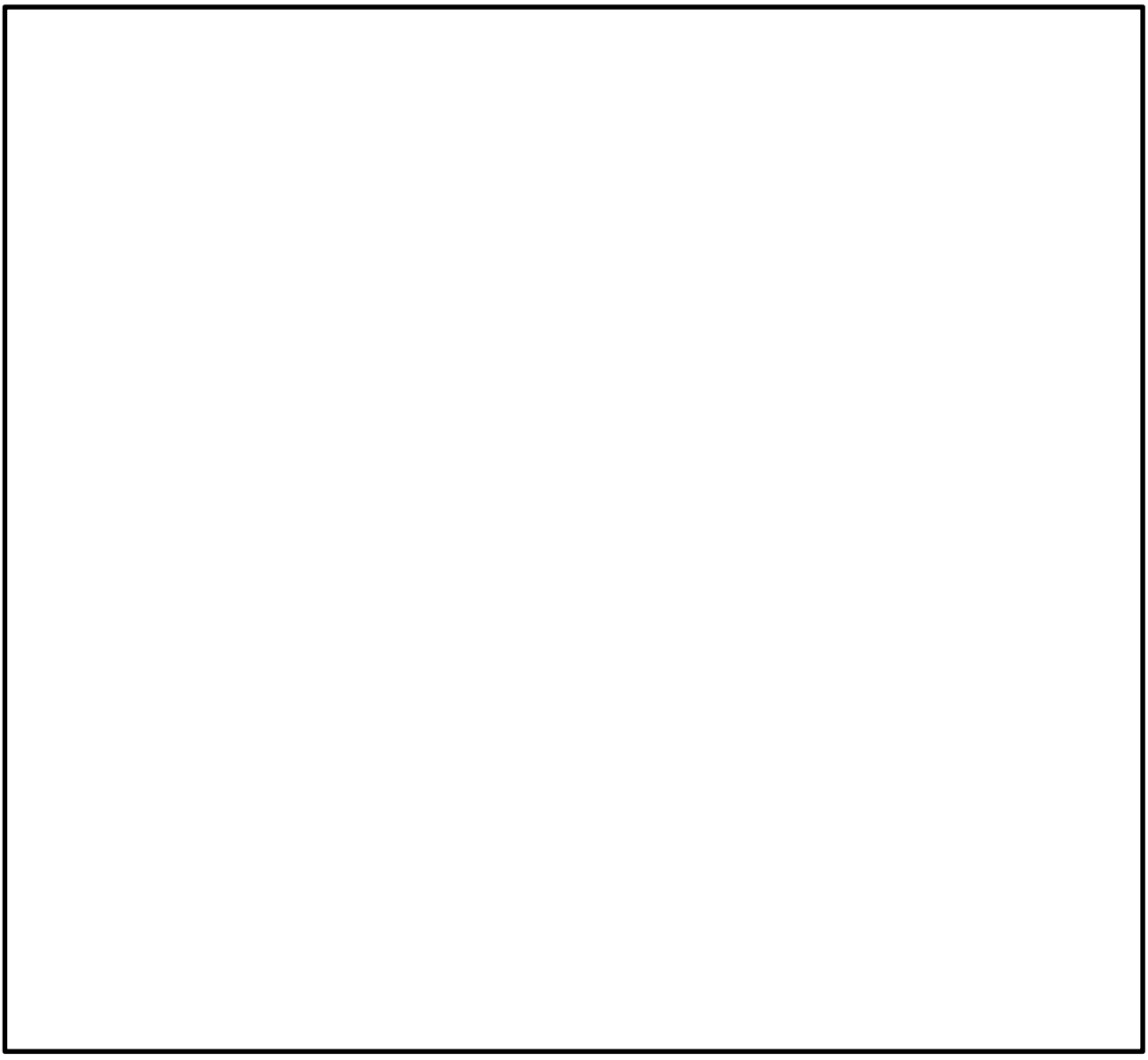
第 4-2 図　２次元有効応力解析による変位時刻歴の入力概念図

c.　水平回転成分の考慮

前述の２次元有効応力解析では堤軸直交方向への水平回転成分を考慮することができないため，同じ解析モデルにて堤軸直交方向の水平震度による静的解析を実施する。

これにより得られる応答値を，「a.」で得られる断面力のうち堤軸直交方向加振時の断面力に重ね合わせて水平回転成分による影響を考慮する。

水平回転成分の重ね合わせの概念を第 4-3 図に示す。



第 4-3 図　水平回転成分の重ね合わせの概念図

(2) 使用材料及び材料の物性値

使用材料を第 4-7 表に，材料の物性値を第 4-8 表に示す。

第 4-7 表　使用材料

材料		諸元
コンクリート	頂版コンクリート（鉄筋コンクリート）	設計基準強度 50 N/mm^2
	中詰めコンクリート（鉄筋コンクリート）	
	地中連続壁基礎	設計基準強度 40 N/mm^2
	中実コンクリート（鉄筋コンクリート）	設計基準強度 40 N/mm^2
鉄筋		SD345，SD390，SD490
鋼材	鋼製防護壁	SS400，SM400，SM490，SM490Y，SM520B 相当，SM570，SBHS500

第 4-8 表　材料の物性値

材料		単位体積重量 (kN/m^3)	ヤング係数 (N/mm^2)	ポアソン比	減衰定数 (%)
鉄筋コンクリート	設計基準強度 50 N/mm^2 *1	24.5*1	3.3×10^4*1	0.2*1	5*5
	設計基準強度 40 N/mm^2 *2	24.5*2	3.1×10^4*2	0.2*2	
鋼材	SS400*3，SM400*3 SM490*3，SM490Y*3 SM520B 相当*4，SM570*3 SBHS500*7	77.0*3*4	2.0×10^5*3*4	0.3*3*4	3*6

注記　＊1：道路土工カルバート工指針（平成 21 年度版）（（社）日本道路協会，平成 22 年 3 月）

＊2：コンクリート標準示方書［構造性能照査編］（土木学会，2002 年制定）

＊3：道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅱ鋼橋編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 14 年 3 月）

＊4：鋼構造物設計基準（Ⅱ鋼製橋脚編，名古屋高速道路公社，平成 15 年 10 月）

＊5：ＪＥＡＧ４６０１－1987（（社）日本電気協会）

＊6：道路橋示方書（Ⅴ耐震設計編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 24 年 3 月）

＊7：道路橋示方書（Ⅱ鋼橋・鋼部材編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 29 年 11 月）

4.6　評価方法

鋼製防護壁の耐震評価は，地震応答解析により算定した照査用応答値が「4.4　許容限界」で設定した許容限界以下であることを確認する。

(1)　地中連続壁基礎

コンクリートの曲げ軸力に対する照査については，地震応答解析により算定した曲げ圧縮応力が許容限界以下であることを確認する。

鉄筋の曲げ軸力に対する照査については，地震応答解析により算定した曲げ引張応力が許容限界以下であることを確認する。

せん断力に対する照査については，地震応答解析により算定したせん断応力が許容限界以下であることを確認する。

構造部材の健全性評価において最も厳しい照査結果となったのは，せん断力照査における最大照査値である。せん断力照査における最大照査値の評価時刻での断面力図を第 4-4 図に示す。

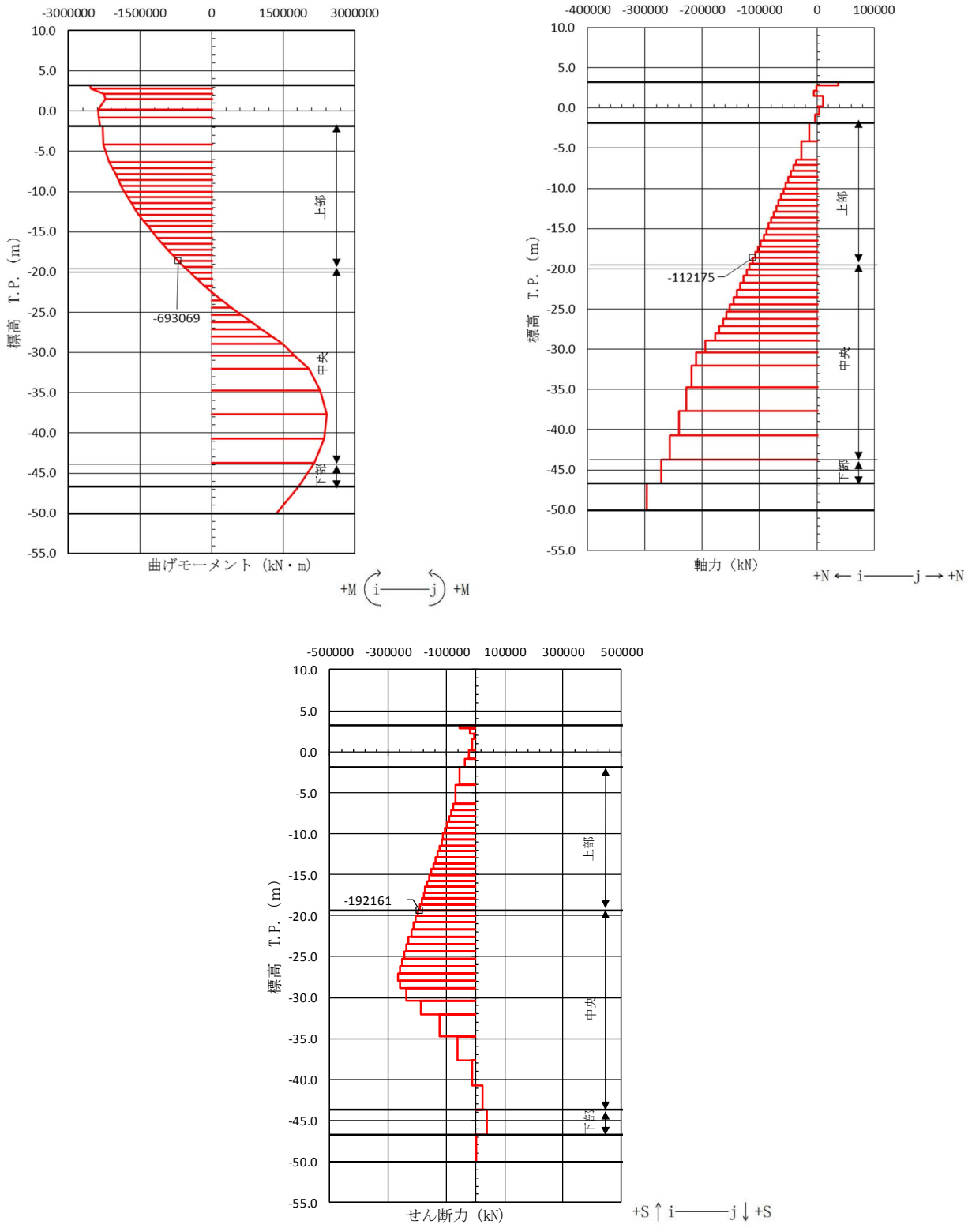
(2)　鋼製防護壁

堤軸方向，堤軸直交方向それぞれの水平ー鉛直方向同時変位時刻歴入力に対する動的解析により得られる断面力を用いて応力照査を行う。

また，堤軸方向，堤軸直交方向及び鉛直方向毎の変位時刻歴入力に対する動的解析により得られる断面力を用いて応力度照査を行う。

(3)　鋼製防護壁（接合部）

各解析モデルにより得られる断面力を用いて，鋼製防護壁アンカーの引張応力及び鉄筋コンクリートのせん断応力度照査を行う。

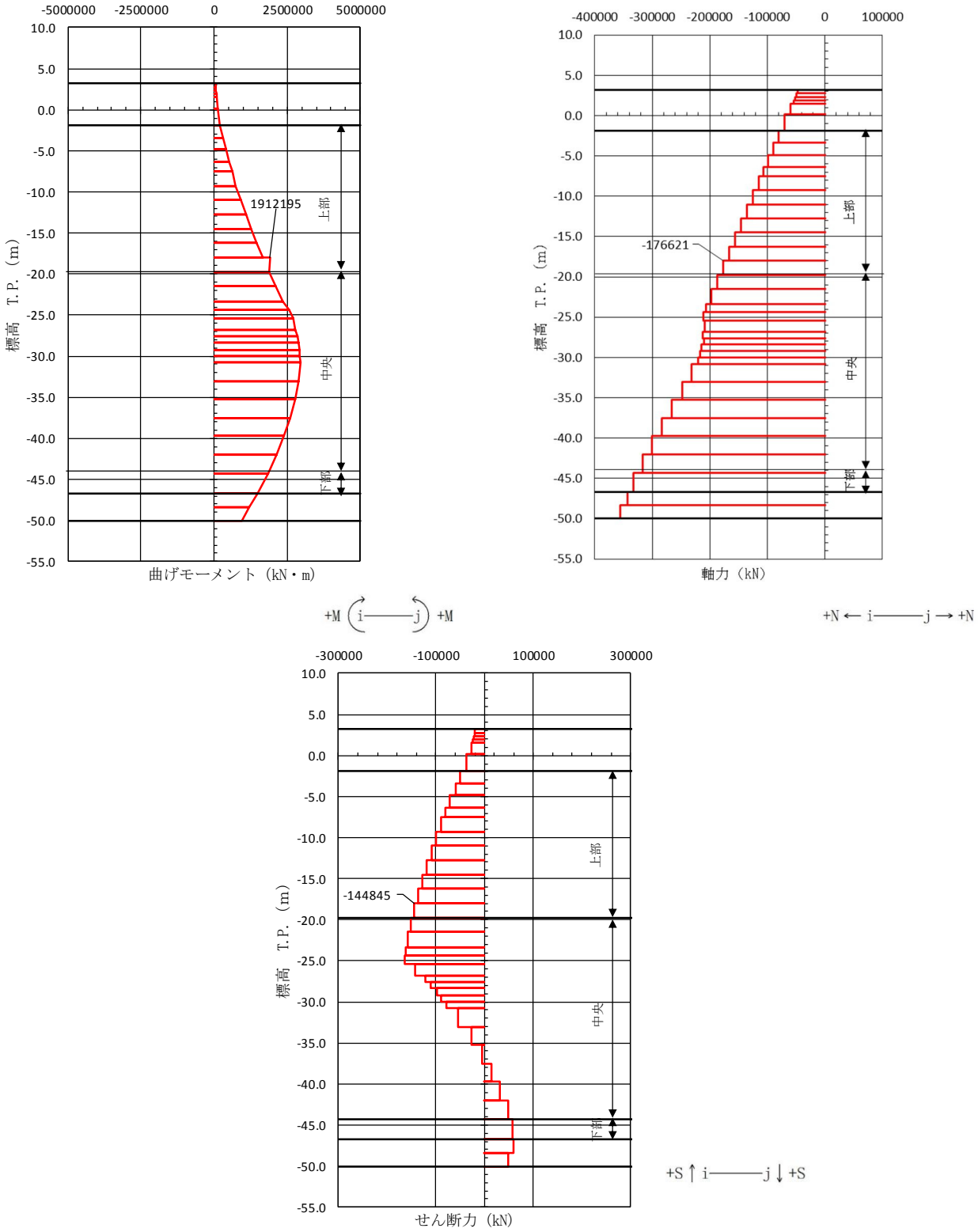


第 4-4 図（1）　せん断が最も厳しい時刻の断面力（①－①断面　南基礎　上部）

（S_s－Ｄ１〔Ｈ－，Ｖ＋〕 ｔ＝26.97ｓ）

（検討ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により

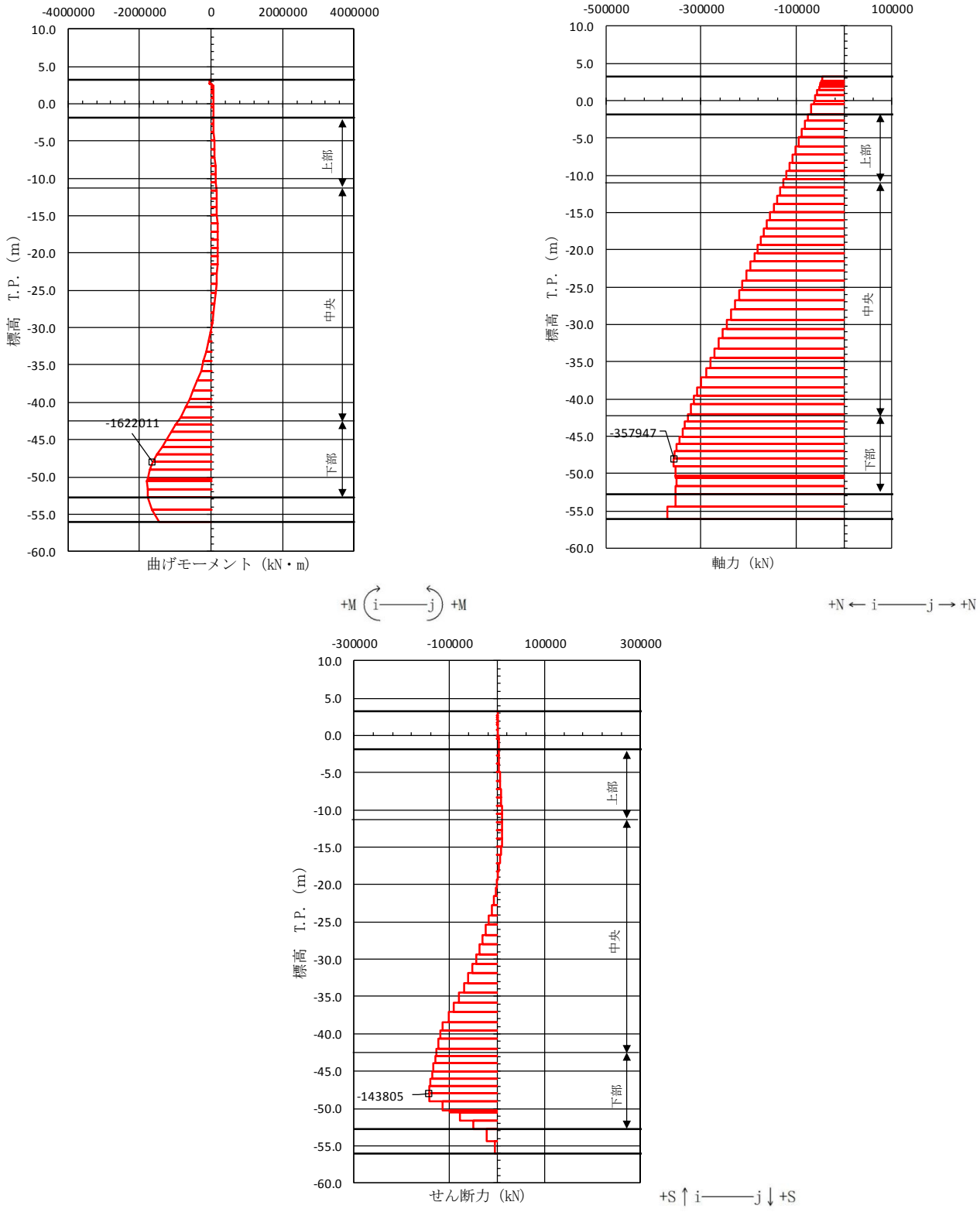
地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース）



第 4-4 図（2）　せん断が最も厳しい時刻の断面力（③－③断面　南基礎　上部）

（Ｓｓ－３１〔Ｈ＋，Ｖ＋〕ｔ＝8.82ｓ）

（検討ケース③：地盤物性のばらつきを考慮（－１σ）した解析ケース）



第 4-4 図（3）　せん断が最も厳しい時刻の断面力（②－②断面　北基礎　下部）

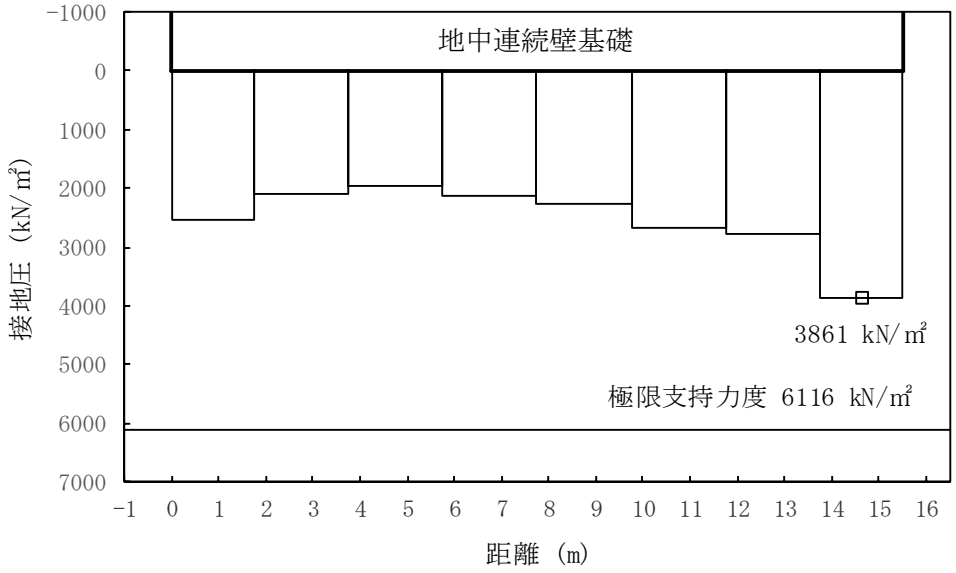
（S_s－Ｄ１〔Ｈ＋，Ｖ＋〕 ｔ＝53.47ｓ）

（検討ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により
地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース）

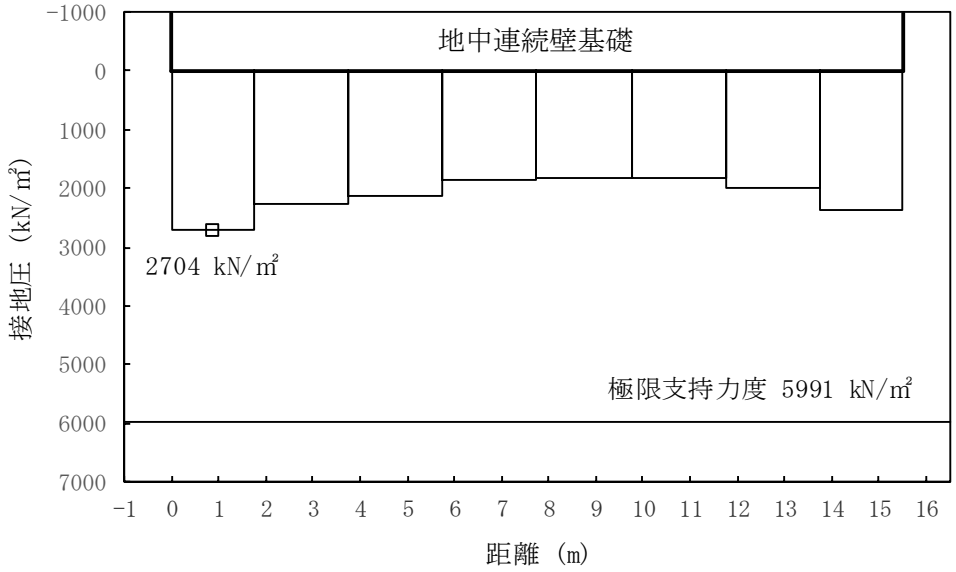
(4)　基礎地盤の支持性能評価

基礎地盤の支持性能評価においては，基礎地盤に生じる接地圧が極限支持力に基づく許容限界以下であることを確認する。

接地圧が許容限界に対して最も厳しくなる検討ケースにおいて，基礎地盤に生じる最大接地圧分布を第 4-5 図に示す。



第 4-5 図 (1)　①－①断面北基礎地盤の最大接地圧分布図（Ｓ$_s$－Ｄ１〔Ｈ＋，Ｖ－〕）
（検討ケース④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により
地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース）



第 4-5 図 (2)　①－①断面南基礎地盤の最大接地圧分布図（Ｓ$_s$－Ｄ１〔Ｈ＋，Ｖ＋〕）
（検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース）

(5) 止水ジョイント部材

地震応答解析により求められる相対変位が許容限界以下であることを確認する。

5. 耐震評価結果

5.1 構造部材の健全性に対する評価結果

(1) 地中連続壁基礎に対する評価結果

コンクリートの曲げ軸力に対する照査結果を第 5-1 表に，鉄筋の曲げ軸力に対する照査結果を第 5-2 表に，せん断力に対する照査結果を第 5-3 表に示す。また，概略配筋図を第 5-1 図に示す。

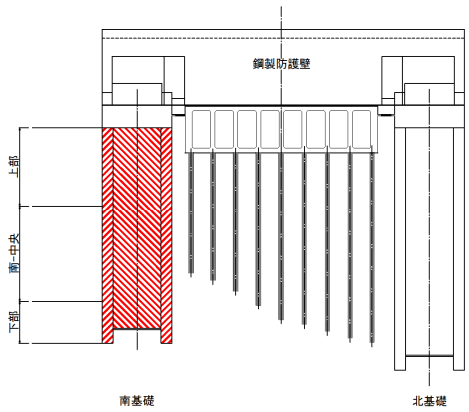
地中連続壁基礎の発生応力が許容限界以下であることを確認した。

第 5-1 表（1）　コンクリートの曲げ軸力照査結果（①－①断面南基礎）

（検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース）

検討ケース	評価位置	断面性状			鉄筋仕様（引張鉄筋）	発生断面力		圧縮応力度 σ_c (N/mm^2)	短期許容応力度 σ_{ca} (N/mm^2)	照査値 σ_c/σ_{ca}
		部材幅 b(mm)	部材高 h(mm)	有効高さ d(mm)		曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
①S_s－D1（H＋，V＋）	上部	15500	15500	12050	D51@150（7段）	1787099	149307	3.7	21	0.18
	中央	15500	15500	12050	D51@150（17段）	2172166	325890	4.0	21	0.20
	下部	15500	15500	12050	D51@150（4段）	1053582	396632	2.8	21	0.14
①S_s－D1（H＋，V－）	上部	15500	15500	12050	D51@150（7段）	1794243	131218	3.7	21	0.18
	中央	15500	15500	12050	D51@150（17段）	2237775	267272	4.1	21	0.20
	下部	15500	15500	12050	D51@150（4段）	1084648	406914	2.9	21	0.14
①S_s－D1（H－，V＋）	上部	15500	15500	12050	D51@150（7段）	1597355	26465	3.3	21	0.16
	中央	15500	15500	12050	D51@150（17段）	2268593	203821	4.1	21	0.20
	下部	15500	15500	12050	D51@150（4段）	1020186	388789	2.8	21	0.14
①S_s－D1（H－，V－）	上部	15500	15500	12050	D51@150（7段）	1564776	7652	3.2	21	0.16
	中央	15500	15500	12050	D51@150（17段）	2276857	203851	4.1	21	0.20
	下部	15500	15500	12050	D51@150（4段）	1492294	230673	3.4	21	0.17
①S_s－11	上部	15500	15500	12050	D51@150（7段）	921569	106922	1.9	21	0.10
	中央	15500	15500	12050	D51@150（17段）	1518569	244432	2.8	21	0.14
	下部	15500	15500	12050	D51@150（4段）	837691	324804	2.3	21	0.11
①S_s－12	上部	15500	15500	12050	D51@150（7段）	1304332	122552	2.7	21	0.13
	中央	15500	15500	12050	D51@150（17段）	1774813	254361	3.3	21	0.16
	下部	15500	15500	12050	D51@150（4段）	925093	348493	2.5	21	0.12
①S_s－13	上部	15500	15500	12050	D51@150（7段）	1223236	119159	2.6	21	0.13
	中央	15500	15500	12050	D51@150（17段）	1691190	255339	3.1	21	0.15
	下部	15500	15500	12050	D51@150（4段）	905045	341175	2.4	21	0.12
①S_s－14	上部	15500	15500	12050	D51@150（7段）	762050	97903	1.6	21	0.08
	中央	15500	15500	12050	D51@150（17段）	1326878	242191	2.5	21	0.12
	下部	15500	15500	12050	D51@150（4段）	711483	321251	2.1	21	0.10
①S_s－21	上部	15500	15500	12050	D51@150（7段）	1076596	41014	2.2	21	0.11
	中央	15500	15500	12050	D51@150（17段）	1952536	210229	3.5	21	0.17
	下部	15500	15500	12050	D51@150（4段）	859360	359943	2.5	21	0.12
①S_s－22	上部	15500	15500	12050	D51@150（7段）	753317	108914	1.6	21	0.08
	中央	15500	15500	12050	D51@150（17段）	1595587	229806	2.9	21	0.14
	下部	15500	15500	12050	D51@150（4段）	815700	324945	2.3	21	0.11
①S_s－31（H＋，V＋）	上部	15500	15500	12050	D51@150（7段）	1587305	16740	3.2	21	0.16
	中央	15500	15500	12050	D51@150（17段）	2144136	228586	3.9	21	0.19
	下部	15500	15500	12050	D51@150（4段）	967948	366063	2.6	21	0.13
①S_s－31（H－，V＋）	上部	15500	15500	12050	D51@150（7段）	1931338	153377	4.0	21	0.20
	中央	15500	15500	12050	D51@150（17段）	2071503	325769	3.8	21	0.19
	下部	15500	15500	12050	D51@150（4段）	965280	364501	2.6	21	0.13

注記　：評価位置は次頁に示す。

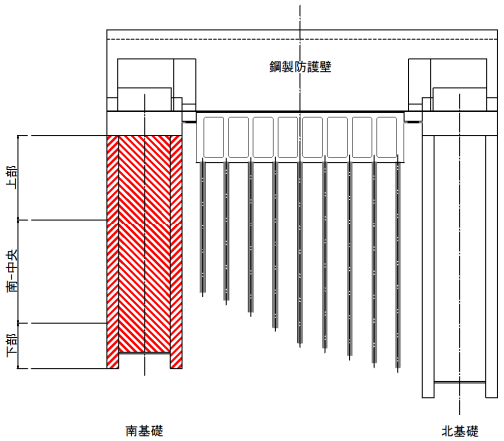

鋼製防護壁
上部
南-中央
下部
南基礎
北基礎

第 5-1 表（2）　コンクリートの曲げ軸力照査結果（①－①断面南基礎）
（検討ケース②～⑥）

検討ケース	評価位置	断面性状			鉄筋仕様（引張鉄筋）	発生断面力		圧縮応力度 σ_c (N/mm^2)	短期許容応力度 σ_{ca} (N/mm^2)	照査値 σ_c/σ_{ca}
		部材幅 b(mm)	部材高 h(mm)	有効高さ d(mm)		曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
②S_s－D１（H－，V＋）	上部	15500	15500	12050	D51@150（7段）	1555183	27941	3.2	21	0.16
	中央	15500	15500	12050	D51@150（17段）	2234941	204426	4.0	21	0.20
	下部	15500	15500	12050	D51@150（4段）	1008082	388290	2.8	21	0.14
③S_s－D１（H－，V＋）	上部	15500	15500	12050	D51@150（7段）	1628506	25022	3.3	21	0.16
	中央	15500	15500	12050	D51@150（17段）	2311130	202565	4.1	21	0.20
	下部	15500	15500	12050	D51@150（4段）	1033828	388063	2.8	21	0.14
④S_s－D１（H－，V＋）	上部	15500	15500	12050	D51@150（7段）	2305725	9923	4.7	21	0.23
	中央	15500	15500	12050	D51@150（17段）	2414071	232358	4.3	21	0.21
	下部	15500	15500	12050	D51@150（4段）	1826236	265644	4.2	21	0.20
⑤S_s－D１（H－，V＋）	上部	15500	15500	12050	D51@150（7段）	1268806	38952	2.6	21	0.13
	中央	15500	15500	12050	D51@150（17段）	1927114	265122	3.5	21	0.17
	下部	15500	15500	12050	D51@150（4段）	970530	381526	2.7	21	0.13
⑥S_s－D１（H－，V＋）	上部	15500	15500	12050	D51@150（7段）	1225651	41489	2.5	21	0.12
	中央	15500	15500	12050	D51@150（17段）	1881947	266155	3.5	21	0.17
	下部	15500	15500	12050	D51@150（4段）	933998	379529	2.6	21	0.13

注記　①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース
②：地盤物性のはらつきを考慮（＋１σ）した解析ケース
③：地盤物性のはらつきを考慮（－１σ）した解析ケース
④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース
⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース
⑥：地盤物性のばらつきを考慮（＋1σ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース

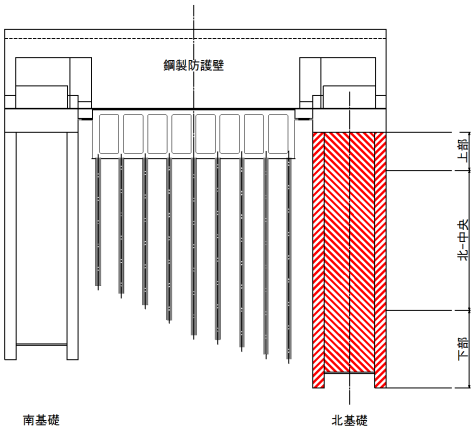
評価位置は下図に示す。



第 5-1 表（3）　コンクリートの曲げ軸力照査結果（①－①断面北基礎）
（検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース）

検討ケース	評価位置	断面性状			鉄筋仕様（引張鉄筋）	発生断面力		圧縮応力度 σ_c (N/mm^2)	短期許容応力度 σ_{ca} (N/mm^2)	照査値 σ_c/σ_{ca}
		部材幅 b(mm)	部材高 h(mm)	有効高さ d(mm)		曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
①Ｓ$_s$－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ＋）	上部	15500	15500	13400	D51@150 (7段)	2213710	7218	4.5	21	0.22
	中央	15500	15500	13400	D51@150 (5段)	2095433	58976	4.7	21	0.23
	下部	15500	15500	13400	D51@150 (4段)	1162415	456307	3.2	21	0.16
①Ｓ$_s$－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ－）	上部	15500	15500	13400	D51@150 (7段)	2193590	10148	4.4	21	0.21
	中央	15500	15500	13400	D51@150 (5段)	2046414	30287	4.5	21	0.22
	下部	15500	15500	13400	D51@150 (4段)	1230568	468955	3.3	21	0.16
①Ｓ$_s$－Ｄ１（Ｈ－，Ｖ＋）	上部	15500	15500	13400	D51@150 (7段)	2234985	165959	4.7	21	0.23
	中央	15500	15500	13400	D51@150 (5段)	1793917	220555	4.0	21	0.20
	下部	15500	15500	13400	D51@150 (4段)	1305608	503466	3.6	21	0.18
①Ｓ$_s$－Ｄ１（Ｈ－，Ｖ－）	上部	15500	15500	13400	D51@150 (7段)	2240565	147197	4.7	21	0.23
	中央	15500	15500	13400	D51@150 (5段)	1838040	192597	4.1	21	0.20
	下部	15500	15500	13400	D51@150 (4段)	1074021	513183	3.3	21	0.16
①Ｓ$_s$－１１	上部	15500	15500	13400	D51@150 (7段)	1289550	64991	2.7	21	0.13
	中央	15500	15500	13400	D51@150 (5段)	1279617	72703	2.9	21	0.14
	下部	15500	15500	13400	D51@150 (4段)	789396	419256	2.6	21	0.13
①Ｓ$_s$－１２	上部	15500	15500	13400	D51@150 (7段)	1791060	34199	3.7	21	0.18
	中央	15500	15500	13400	D51@150 (5段)	1761130	57932	3.9	21	0.19
	下部	15500	15500	13400	D51@150 (4段)	885460	445617	2.8	21	0.14
①Ｓ$_s$－１３	上部	15500	15500	13400	D51@150 (7段)	1697856	35485	3.5	21	0.17
	中央	15500	15500	13400	D51@150 (5段)	1664295	58991	3.7	21	0.18
	下部	15500	15500	13400	D51@150 (4段)	762863	437200	2.6	21	0.13
①Ｓ$_s$－１４	上部	15500	15500	13400	D51@150 (7段)	1131511	63773	2.4	21	0.12
	中央	15500	15500	13400	D51@150 (5段)	1124680	71084	2.5	21	0.12
	下部	15500	15500	13400	D51@150 (4段)	505662	462053	2.3	21	0.11
①Ｓ$_s$－２１	上部	15500	15500	13400	D51@150 (7段)	1538508	143755	3.2	21	0.16
	中央	15500	15500	13400	D51@150 (5段)	1220626	197327	2.7	21	0.13
	下部	15500	15500	13400	D51@150 (4段)	1142032	444372	3.1	21	0.15
①Ｓ$_s$－２２	上部	15500	15500	13400	D51@150 (7段)	1131286	119019	2.4	21	0.12
	中央	15500	15500	13400	D51@150 (5段)	929234	350715	2.5	21	0.12
	下部	15500	15500	13400	D51@150 (4段)	844458	419981	2.7	21	0.13
①Ｓ$_s$－３１（Ｈ＋，Ｖ＋）	上部	15500	15500	13400	D51@150 (7段)	2363674	166377	4.9	21	0.24
	中央	15500	15500	13400	D51@150 (5段)	1955445	217443	4.4	21	0.21
	下部	15500	15500	13400	D51@150 (4段)	1201981	451130	3.2	21	0.16
①Ｓ$_s$－３１（Ｈ－，Ｖ＋）	上部	15500	15500	13400	D51@150 (7段)	2364498	5276	4.8	21	0.23
	中央	15500	15500	13400	D51@150 (5段)	2217415	50144	4.9	21	0.24
	下部	15500	15500	13400	D51@150 (4段)	1065579	434102	3.0	21	0.15

注記　：評価位置は次頁に示す。

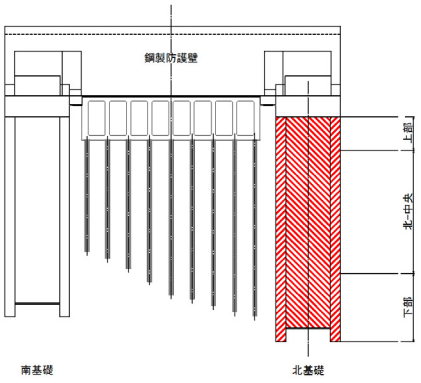

鋼製防護壁
上部
北-中央
下部
南基礎
北基礎

第 5-1 表（4）　コンクリートの曲げ軸力照査結果（①－①断面北基礎）
（検討ケース②～⑥）

検討ケース	評価位置	断面性状			鉄筋仕様（引張鉄筋）	発生断面力		圧縮応力度 σ_c (N/mm^2)	短期許容応力度 σ_{ca} (N/mm^2)	照査値 σ_c/σ_{ca}
		部材幅 b(mm)	部材高 h(mm)	有効高さ d(mm)		曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
②S_s－D１（H＋，V－）	上部	15500	15500	13400	D51@150 (7段)	2141127	8295	4.3	21	0.21
	中央	15500	15500	13400	D51@150 (5段)	2000754	32347	4.4	21	0.21
	下部	15500	15500	13400	D51@150 (4段)	1198385	466149	3.3	21	0.16
③S_s－D１（H＋，V－）	上部	15500	15500	13400	D51@150 (7段)	2246732	11752	4.5	21	0.22
	中央	15500	15500	13400	D51@150 (5段)	2094362	28338	4.6	21	0.22
	下部	15500	15500	13400	D51@150 (4段)	1160487	436399	3.1	21	0.15
④S_s－D１（H＋，V－）	上部	15500	15500	13400	D51@150 (7段)	2451095	20963	4.9	21	0.24
	中央	15500	15500	13400	D51@150 (5段)	2270981	19386	5.0	21	0.24
	下部	15500	15500	13400	D51@150 (4段)	1244861	469044	3.4	21	0.17
⑤S_s－D１（H＋，V－）	上部	15500	15500	13400	D51@150 (7段)	1846047	1308	3.7	21	0.18
	中央	15500	15500	13400	D51@150 (5段)	1714152	63067	3.8	21	0.19
	下部	15500	15500	13400	D51@150 (4段)	1067102	441494	3.0	21	0.15
⑥S_s－D１（H＋，V－）	上部	15500	15500	13400	D51@150 (7段)	1808153	2798	3.7	21	0.18
	中央	15500	15500	13400	D51@150 (5段)	1694934	64745	3.8	21	0.19
	下部	15500	15500	13400	D51@150 (4段)	1042054	440169	3.0	21	0.15

注記　①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース
②：地盤物性のはらつきを考慮（＋１σ）した解析ケース
③：地盤物性のはらつきを考慮（－１σ）した解析ケース
④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース
⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース
⑥：地盤物性のばらつきを考慮（＋1σ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース

評価位置は下図に示す。

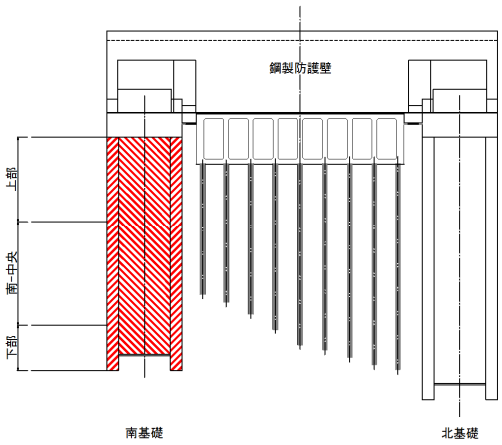


第 5-1 表（5）　コンクリートの曲げ軸力照査結果（③－③断面）

（検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース）

検討ケース	評価位置	断面性状			鉄筋仕様（引張鉄筋）	発生断面力		圧縮応力度 σ_c (N/mm^2)	短期許容応力度 σ_{ca} (N/mm^2)	照査値 σ_c/σ_{ca}
		部材幅 b(mm)	部材高 h(mm)	有効高さ d(mm)		曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
①S_s－D１（H＋，V＋）	上部	15500	15500	12050	D51@150 (7段)	1656993	165499	3.5	21	0.17
	中央	15500	15500	12050	D51@150 (17段)	2614061	169974	4.6	21	0.22
	下部	15500	15500	12050	D51@150 (4段)	940706	355430	2.6	21	0.13
①S_s－D１（H＋，V－）	上部	15500	15500	12050	D51@150 (7段)	1622670	165463	3.4	21	0.17
	中央	15500	15500	12050	D51@150 (17段)	2559131	200390	4.6	21	0.22
	下部	15500	15500	12050	D51@150 (4段)	899595	371589	2.6	21	0.13
①S_s－D１（H－，V＋）	上部	15500	15500	12050	D51@150 (7段)	1901666	155037	4.0	21	0.20
	中央	15500	15500	12050	D51@150 (17段)	2881493	192256	5.1	21	0.25
	下部	15500	15500	12050	D51@150 (4段)	1431971	302254	3.3	21	0.16
①S_s－D１（H－，V－）	上部	15500	15500	12050	D51@150 (7段)	1907962	163044	4.0	21	0.20
	中央	15500	15500	12050	D51@150 (17段)	2888541	197461	5.1	21	0.25
	下部	15500	15500	12050	D51@150 (4段)	980797	368547	2.6	21	0.13
①S_s－１１	上部	15500	15500	12050	D51@150 (7段)	1076836	147381	2.3	21	0.11
	中央	15500	15500	12050	D51@150 (17段)	1578737	185299	2.9	21	0.14
	下部	15500	15500	12050	D51@150 (4段)	742128	302398	2.1	21	0.10
①S_s－１２	上部	15500	15500	12050	D51@150 (7段)	1032180	169196	2.2	21	0.11
	中央	15500	15500	12050	D51@150 (17段)	1570759	219331	2.9	21	0.14
	下部	15500	15500	12050	D51@150 (4段)	794676	322945	2.2	21	0.11
①S_s－１３	上部	15500	15500	12050	D51@150 (7段)	1152023	168065	2.4	21	0.12
	中央	15500	15500	12050	D51@150 (17段)	1765345	211959	3.2	21	0.16
	下部	15500	15500	12050	D51@150 (4段)	812166	304739	2.2	21	0.11
①S_s－１４	上部	15500	15500	12050	D51@150 (7段)	954426	171480	2.0	21	0.10
	中央	15500	15500	12050	D51@150 (17段)	1475061	222040	2.7	21	0.13
	下部	15500	15500	12050	D51@150 (4段)	777152	319995	2.2	21	0.11
①S_s－２１	上部	15500	15500	12050	D51@150 (7段)	1339740	158716	2.8	21	0.14
	中央	15500	15500	12050	D51@150 (17段)	1998431	196534	3.6	21	0.18
	下部	15500	15500	12050	D51@150 (4段)	853102	320590	2.3	21	0.11
①S_s－２２	上部	15500	15500	12050	D51@150 (7段)	1122057	165681	2.4	21	0.12
	中央	15500	15500	12050	D51@150 (17段)	1736637	208021	3.2	21	0.16
	下部	15500	15500	12050	D51@150 (4段)	728202	374666	2.3	21	0.11
①S_s－３１（H＋，V＋）	上部	15500	15500	12050	D51@150 (7段)	1898293	175753	4.0	21	0.20
	中央	15500	15500	12050	D51@150 (17段)	2922934	219535	5.2	21	0.25
	下部	15500	15500	12050	D51@150 (4段)	1487976	334380	3.4	21	0.17
①S_s－３１（H－，V＋）	上部	15500	15500	12050	D51@150 (7段)	1813641	201452	3.8	21	0.19
	中央	15500	15500	12050	D51@150 (17段)	2861973	289749	5.2	21	0.25
	下部	15500	15500	12050	D51@150 (4段)	1290406	373799	3.1	21	0.15

注記　：評価位置は次頁に示す。

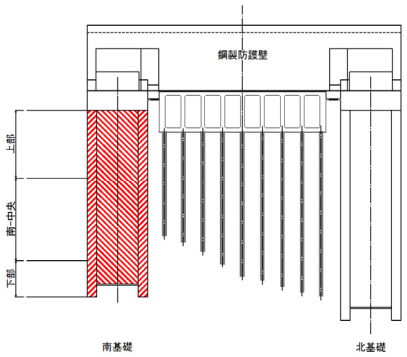

鋼製防護壁
上部
南-中央
下部
南基礎
北基礎

第 5-1 表（6）　コンクリートの曲げ軸力照査結果（③－③断面）
（検討ケース②～⑥）

検討ケース	評価位置	断面性状			鉄筋仕様（引張鉄筋）	発生断面力		圧縮応力度 σ_c (N/mm^2)	短期許容応力度 σ_{ca} (N/mm^2)	照査値 σ_c/σ_{ca}
		部材幅 b(mm)	部材高 h(mm)	有効高さ d(mm)		曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
②S_s－３１（H＋，V＋）	上部	15500	15500	12050	D51@150（7段）	1893421	175278	4.0	21	0.20
	中央	15500	15500	12050	D51@150（17段）	2920704	219284	5.2	21	0.25
	下部	15500	15500	12050	D51@150（4段）	1484052	333015	3.4	21	0.17
③S_s－３１（H＋，V＋）	上部	15500	15500	12050	D51@150（7段）	1912195	175254	4.0	21	0.20
	中央	15500	15500	12050	D51@150（17段）	2961745	218370	5.3	21	0.26
	下部	15500	15500	12050	D51@150（4段）	1506216	333156	3.5	21	0.17
④S_s－３１（H＋，V＋）	上部	15500	15500	12050	D51@150（7段）	1797174	169450	3.8	21	0.19
	中央	15500	15500	12050	D51@150（17段）	2947945	200665	5.2	21	0.25
	下部	15500	15500	12050	D51@150（4段）	1577511	322982	3.6	21	0.18
⑤S_s－３１（H＋，V＋）	上部	15500	15500	12050	D51@150（7段）	1856368	179658	3.9	21	0.19
	中央	15500	15500	12050	D51@150（17段）	2817441	220897	5.0	21	0.24
	下部	15500	15500	12050	D51@150（4段）	1441145	334245	3.3	21	0.16
⑥S_s－３１（H＋，V＋）	上部	15500	15500	12050	D51@150（7段）	1849869	180045	3.9	21	0.19
	中央	15500	15500	12050	D51@150（17段）	2802182	221747	5.0	21	0.24
	下部	15500	15500	12050	D51@150（4段）	1433233	334644	3.3	21	0.16

注記　①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース
②：地盤物性のはらつきを考慮（＋１σ）した解析ケース
③：地盤物性のはらつきを考慮（－１σ）した解析ケース
④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース
⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース
⑥：地盤物性のばらつきを考慮（＋１σ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース

評価位置は下図に示す。

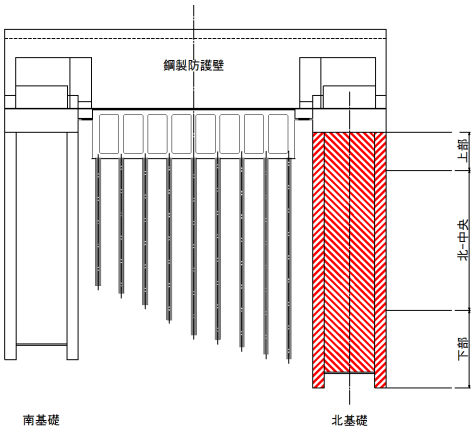


第 5-1 表（7）　コンクリートの曲げ軸力照査結果（②－②断面）

（検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース）

検討ケース	評価位置	断面性状			鉄筋仕様（引張鉄筋）	発生断面力		圧縮応力度 σ_c (N/mm^2)	短期許容応力度 σ_{ca} (N/mm^2)	照査値 σ_c/σ_{ca}
		部材幅 b(mm)	部材高 h(mm)	有効高さ d(mm)		曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
①Ｓ$_s$－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ＋）	上部	15500	15500	13400	D51@150（7段）	379462	147112	1.0	21	0.05
	中央	15500	15500	13400	D51@150（5段）	2119182	325159	4.7	21	0.23
	下部	15500	15500	13400	D51@150（4段）	2404382	367484	5.6	21	0.27
①Ｓ$_s$－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ－）	上部	15500	15500	13400	D51@150（7段）	500189	127662	1.1	21	0.06
	中央	15500	15500	13400	D51@150（5段）	2100196	367929	4.7	21	0.23
	下部	15500	15500	13400	D51@150（4段）	2361540	356310	5.5	21	0.27
①Ｓ$_s$－Ｄ１（Ｈ－，Ｖ＋）	上部	15500	15500	13400	D51@150（7段）	639255	118036	1.4	21	0.07
	中央	15500	15500	13400	D51@150（5段）	2086976	285836	4.7	21	0.23
	下部	15500	15500	13400	D51@150（4段）	2400081	374741	5.5	21	0.27
①Ｓ$_s$－Ｄ１（Ｈ－，Ｖ－）	上部	15500	15500	13400	D51@150（7段）	638629	124282	1.4	21	0.07
	中央	15500	15500	13400	D51@150（5段）	2064151	391572	4.6	21	0.22
	下部	15500	15500	13400	D51@150（4段）	2388814	342035	5.5	21	0.27
①Ｓ$_s$－１１	上部	15500	15500	13400	D51@150（7段）	318663	136860	0.9	21	0.05
	中央	15500	15500	13400	D51@150（5段）	913998	347612	2.4	21	0.12
	下部	15500	15500	13400	D51@150（4段）	1028088	389438	2.8	21	0.14
①Ｓ$_s$－１２	上部	15500	15500	13400	D51@150（7段）	352138	137098	0.9	21	0.05
	中央	15500	15500	13400	D51@150（5段）	883661	413017	2.6	21	0.13
	下部	15500	15500	13400	D51@150（4段）	1642188	337615	3.8	21	0.19
①Ｓ$_s$－１３	上部	15500	15500	13400	D51@150（7段）	302755	159449	0.9	21	0.05
	中央	15500	15500	13400	D51@150（5段）	949590	412400	2.7	21	0.13
	下部	15500	15500	13400	D51@150（4段）	1729840	343661	4.0	21	0.20
①Ｓ$_s$－１４	上部	15500	15500	13400	D51@150（7段）	292410	146952	0.9	21	0.05
	中央	15500	15500	13400	D51@150（5段）	1383399	323705	3.1	21	0.15
	下部	15500	15500	13400	D51@150（4段）	1690174	356664	3.9	21	0.19
①Ｓ$_s$－２１	上部	15500	15500	13400	D51@150（7段）	362633	141668	0.9	21	0.05
	中央	15500	15500	13400	D51@150（5段）	1555157	316586	3.5	21	0.17
	下部	15500	15500	13400	D51@150（4段）	1580371	335097	3.6	21	0.18
①Ｓ$_s$－２２	上部	15500	15500	13400	D51@150（7段）	323127	145714	0.9	21	0.05
	中央	15500	15500	13400	D51@150（5段）	958859	379329	2.6	21	0.13
	下部	15500	15500	13400	D51@150（4段）	1119480	421868	3.0	21	0.15
①Ｓ$_s$－３１（Ｈ＋，Ｖ＋）	上部	15500	15500	13400	D51@150（7段）	593438	117349	1.3	21	0.07
	中央	15500	15500	13400	D51@150（5段）	2394817	327514	5.4	21	0.26
	下部	15500	15500	13400	D51@150（4段）	2534777	354745	5.9	21	0.29
①Ｓ$_s$－３１（Ｈ－，Ｖ＋）	上部	15500	15500	13400	D51@150（7段）	603472	124063	1.3	21	0.07
	中央	15500	15500	13400	D51@150（5段）	2191860	305598	4.9	21	0.24
	下部	15500	15500	13400	D51@150（4段）	2246609	337330	5.2	21	0.25

注記　：評価位置は次頁に示す。

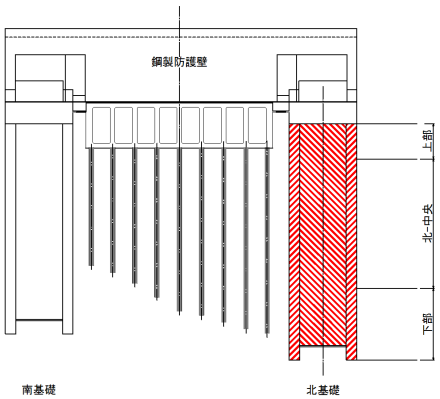

鋼製防護壁
上部
北-中央
下部
南基礎
北基礎

第 5-1 表（8）　コンクリートの曲げ軸力照査結果（②－②断面）
（検討ケース②～⑥）

検討ケース	評価位置	断面性状			鉄筋仕様（引張鉄筋）	発生断面力		圧縮応力度 σ_c (N/mm^2)	短期許容応力度 σ_{ca} (N/mm^2)	照査値 σ_c/σ_{ca}
		部材幅 b(mm)	部材高 h(mm)	有効高さ d(mm)		曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
②S_s－D1（H＋，V＋）	上部	15500	15500	13400	D51@150 (7段)	378273	147605	1.0	21	0.05
	中央	15500	15500	13400	D51@150 (5段)	2095874	325650	4.7	21	0.23
	下部	15500	15500	13400	D51@150 (4段)	2409601	367635	5.6	21	0.27
③S_s－D1（H＋，V＋）	上部	15500	15500	13400	D51@150 (7段)	596725	119466	1.3	21	0.07
	中央	15500	15500	13400	D51@150 (5段)	2183050	327206	4.9	21	0.24
	下部	15500	15500	13400	D51@150 (4段)	2474470	333675	5.8	21	0.28
④S_s－D1（H＋，V＋）	上部	15500	15500	13400	D51@150 (7段)	371735	145246	1.0	21	0.05
	中央	15500	15500	13400	D51@150 (5段)	2103688	317388	4.7	21	0.23
	下部	15500	15500	13400	D51@150 (4段)	2431429	360876	5.6	21	0.27
⑤S_s－D1（H＋，V＋）	上部	15500	15500	13400	D51@150 (7段)	624344	99957	1.3	21	0.07
	中央	15500	15500	13400	D51@150 (5段)	2304376	285504	5.2	21	0.25
	下部	15500	15500	13400	D51@150 (4段)	2364068	330866	5.5	21	0.27
⑥S_s－D1（H＋，V＋）	上部	15500	15500	13400	D51@150 (7段)	608278	101327	1.3	21	0.07
	中央	15500	15500	13400	D51@150 (5段)	2192983	296199	4.9	21	0.24
	下部	15500	15500	13400	D51@150 (4段)	2252936	356427	5.2	21	0.25

注記　①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース
②：地盤物性のはらつきを考慮（＋１σ）した解析ケース
③：地盤物性のはらつきを考慮（－１σ）した解析ケース
④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース
⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース
⑥：地盤物性のばらつきを考慮（＋1σ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース

評価位置は下図に示す。

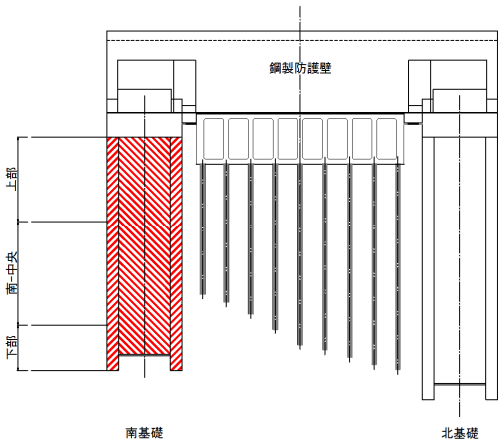


第 5-2 表（1）　鉄筋の曲げ軸力照査結果（①－①断面南基礎）

（検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース）

検討ケース	評価位置	断面性状			鉄筋仕様（引張鉄筋）	発生断面力		引張応力度 σ_s (N/mm^2)	短期許容応力度 σ_{sa} (N/mm^2)	照査値 σ_s/σ_{sa}
		部材幅 b(mm)	部材高 h(mm)	有効高さ d(mm)		曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
①S_s－D１（H＋，V＋）	上部	15500	15500	12050	D51@150（7段）	1369149	22252	84	435	0.20
	中央	15500	15500	12050	D51@150（17段）	2183050	195364	64	435	0.15
	下部	15500	15500	12050	D51@150（4段）	1401371	242532	33	435	0.08
①S_s－D１（H＋，V－）	上部	15500	15500	12050	D51@150（7段）	1789369	129739	80	435	0.19
	中央	15500	15500	12050	D51@150（17段）	2199415	215900	61	435	0.15
	下部	15500	15500	12050	D51@150（4段）	1354156	257864	27	435	0.07
①S_s－D１（H－，V＋）	上部	15500	15500	12050	D51@150（7段）	1595182	25296	98	435	0.23
	中央	15500	15500	12050	D51@150（17段）	2268570	203726	66	435	0.16
	下部	15500	15500	12050	D51@150（4段）	1487940	253604	37	435	0.09
①S_s－D１（H－，V－）	上部	15500	15500	12050	D51@150（7段）	1562596	6564	101	435	0.24
	中央	15500	15500	12050	D51@150（17段）	2242734	171871	70	435	0.17
	下部	15500	15500	12050	D51@150（4段）	1474946	218756	46	435	0.11
①S_s－１１	上部	15500	15500	12050	D51@150（7段）	725178	54585	32	435	0.08
	中央	15500	15500	12050	D51@150（17段）	1518569	244432	29	435	0.07
	下部	15500	15500	12050	D51@150（4段）	全圧縮		0	435	0.00
①S_s－１２	上部	15500	15500	12050	D51@150（7段）	1304332	122552	51	435	0.12
	中央	15500	15500	12050	D51@150（17段）	1774813	254361	38	435	0.09
	下部	15500	15500	12050	D51@150（4段）	1044744	333487	3	435	0.01
①S_s－１３	上部	15500	15500	12050	D51@150（7段）	1221755	118671	46	435	0.11
	中央	15500	15500	12050	D51@150（17段）	1671985	244916	35	435	0.09
	下部	15500	15500	12050	D51@150（4段）	977629	324640	2	435	0.01
①S_s－１４	上部	15500	15500	12050	D51@150（7段）	760800	97178	23	435	0.06
	中央	15500	15500	12050	D51@150（17段）	1326878	242191	22	435	0.06
	下部	15500	15500	12050	D51@150（4段）	全圧縮		0	435	0.00
①S_s－２１	上部	15500	15500	12050	D51@150（7段）	1073709	36835	60	435	0.14
	中央	15500	15500	12050	D51@150（17段）	1952536	210229	52	435	0.12
	下部	15500	15500	12050	D51@150（4段）	1197597	274591	15	435	0.04
①S_s－２２	上部	15500	15500	12050	D51@150（7段）	723263	52362	32	435	0.08
	中央	15500	15500	12050	D51@150（17段）	1592684	228357	34	435	0.08
	下部	15500	15500	12050	D51@150（4段）	957228	299058	3	435	0.01
①S_s－３１（H＋，V＋）	上部	15500	15500	12050	D51@150（7段）	1586535	15794	100	435	0.23
	中央	15500	15500	12050	D51@150（17段）	2128807	205259	60	435	0.14
	下部	15500	15500	12050	D51@150（4段）	1418733	269794	28	435	0.07
①S_s－３１（H－，V＋）	上部	15500	15500	12050	D51@150（7段）	1928076	152173	83	435	0.20
	中央	15500	15500	12050	D51@150（17段）	2046237	309676	42	435	0.10
	下部	15500	15500	12050	D51@150（4段）	1083572	264551	11	435	0.03

注記　：評価位置は次頁に示す。

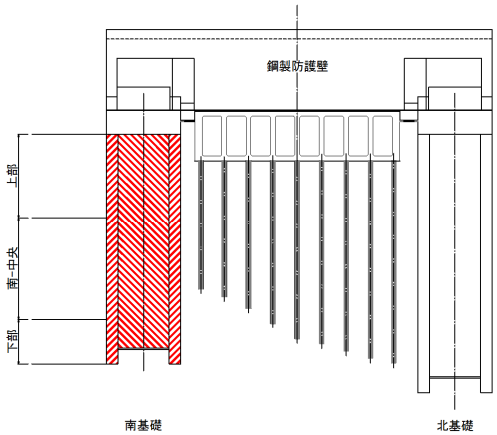

鋼製防護壁
上部
南-中央
下部
南基礎
北基礎

第 5-2 表（2）　鉄筋の曲げ軸力照査結果（①－①断面南基礎）
（検討ケース②～⑥）

検討ケース	評価位置	断面性状			鉄筋仕様（引張鉄筋）	発生断面力		引張応力度 σ_s (N/mm^2)	短期許容応力度 σ_{sa} (N/mm^2)	照査値 σ_s/σ_{sa}
		部材幅 b(mm)	部材高 h(mm)	有効高さ d(mm)		曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
②S_s－D１（H－，V＋）	上部	15500	15500	12050	D51@150 (7段)	1553679	26716	94	435	0.22
	中央	15500	15500	12050	D51@150 (17段)	2234941	204426	64	435	0.15
	下部	15500	15500	12050	D51@150 (4段)	1459667	254447	34	435	0.08
③S_s－D１（H－，V＋）	上部	15500	15500	12050	D51@150 (7段)	1625998	23904	100	435	0.23
	中央	15500	15500	12050	D51@150 (17段)	2311130	202565	68	435	0.16
	下部	15500	15500	12050	D51@150 (4段)	1518354	252900	39	435	0.09
④S_s－D１（H－，V＋）	上部	15500	15500	12050	D51@150 (7段)	2305725	9923	149	435	0.35
	中央	15500	15500	12050	D51@150 (17段)	2411719	224932	69	435	0.16
	下部	15500	15500	12050	D51@150 (4段)	1620177	201929	63	435	0.15
⑤S_s－D１（H－，V＋）	上部	15500	15500	12050	D51@150 (7段)	1266433	37643	72	435	0.17
	中央	15500	15500	12050	D51@150 (17段)	1924517	205165	51	435	0.12
	下部	15500	15500	12050	D51@150 (4段)	1229844	278234	16	435	0.04
⑥S_s－D１（H－，V＋）	上部	15500	15500	12050	D51@150 (7段)	1223666	39007	69	435	0.16
	中央	15500	15500	12050	D51@150 (17段)	1879881	207184	49	435	0.12
	下部	15500	15500	12050	D51@150 (4段)	1056551	235939	14	435	0.04

注記　①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース
②：地盤物性のはらつきを考慮（＋１σ）した解析ケース
③：地盤物性のはらつきを考慮（－１σ）した解析ケース
④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース
⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース
⑥：地盤物性のばらつきを考慮（＋1σ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース

評価位置は下図に示す。

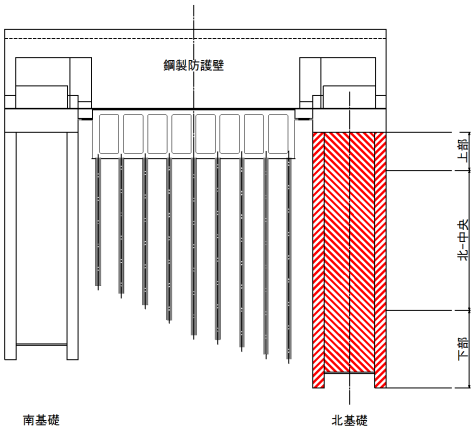


第 5-2 表（3）　鉄筋の曲げ軸力照査結果（①－①断面北基礎）

（検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース）

検討ケース	評価位置	断面性状			鉄筋仕様（引張鉄筋）	発生断面力		引張応力度 σ_s (N/mm^2)	短期許容応力度 σ_{sa} (N/mm^2)	照査値 σ_s/σ_{sa}
		部材幅 b(mm)	部材高 h(mm)	有効高さ d(mm)		曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
①Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ＋）	上部	15500	15500	13400	D51@150 (7段)	2212936	5877	144	435	0.34
	中央	15500	15500	13400	D51@150 (5段)	2090191	55475	147	435	0.34
	下部	15500	15500	13400	D51@150 (4段)	989870	283619	6	435	0.02
①Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ－）	上部	15500	15500	13400	D51@150 (7段)	2193590	10148	148	435	0.35
	中央	15500	15500	13400	D51@150 (5段)	2044128	29568	154	435	0.36
	下部	15500	15500	13400	D51@150 (4段)	1013156	228058	13	435	0.03
①Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ－，Ｖ＋）	上部	15500	15500	13400	D51@150 (7段)	1810331	6072	118	435	0.28
	中央	15500	15500	13400	D51@150 (5段)	1656236	50710	114	435	0.27
	下部	15500	15500	13400	D51@150 (4段)	991583	257920	8	435	0.02
①Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ－，Ｖ－）	上部	15500	15500	13400	D51@150 (7段)	1772856	13433	113	435	0.26
	中央	15500	15500	13400	D51@150 (5段)	1652537	58785	111	435	0.26
	下部	15500	15500	13400	D51@150 (4段)	1279151	391526	5	435	0.02
①Ｓｓ－１１	上部	15500	15500	13400	D51@150 (7段)	1270474	28095	75	435	0.18
	中央	15500	15500	13400	D51@150 (5段)	1275503	71199	75	435	0.18
	下部	15500	15500	13400	D51@150 (4段)	全圧縮		0	435	0.00
①Ｓｓ－１２	上部	15500	15500	13400	D51@150 (7段)	1769827	13940	113	435	0.26
	中央	15500	15500	13400	D51@150 (5段)	1760910	57732	120	435	0.28
	下部	15500	15500	13400	D51@150 (4段)	823227	281843	1	435	0.01
①Ｓｓ－１３	上部	15500	15500	13400	D51@150 (7段)	1682169	15706	106	435	0.25
	中央	15500	15500	13400	D51@150 (5段)	1664295	58991	111	435	0.26
	下部	15500	15500	13400	D51@150 (4段)	全圧縮		0	435	0.00
①Ｓｓ－１４	上部	15500	15500	13400	D51@150 (7段)	1104936	29378	64	435	0.15
	中央	15500	15500	13400	D51@150 (5段)	1124680	71084	63	435	0.15
	下部	15500	15500	13400	D51@150 (4段)	全圧縮		0	435	0.00
①Ｓｓ－２１	上部	15500	15500	13400	D51@150 (7段)	1052557	26079	62	435	0.15
	中央	15500	15500	13400	D51@150 (5段)	1084165	81756	56	435	0.13
	下部	15500	15500	13400	D51@150 (4段)	1210636	389842	3	435	0.01
①Ｓｓ－２２	上部	15500	15500	13400	D51@150 (7段)	1012955	44514	54	435	0.13
	中央	15500	15500	13400	D51@150 (5段)	1039737	94442	48	435	0.12
	下部	15500	15500	13400	D51@150 (4段)	全圧縮		0	435	0.00
①Ｓｓ－３１（Ｈ＋，Ｖ＋）	上部	15500	15500	13400	D51@150 (7段)	2362338	165358	107	435	0.25
	中央	15500	15500	13400	D51@150 (5段)	1658624	73899	105	435	0.25
	下部	15500	15500	13400	D51@150 (4段)	1402517	456817	3	435	0.01
①Ｓｓ－３１（Ｈ－，Ｖ＋）	上部	15500	15500	13400	D51@150 (7段)	2361393	6349	158	435	0.37
	中央	15500	15500	13400	D51@150 (5段)	2206980	46608	160	435	0.37
	下部	15500	15500	13400	D51@150 (4段)	1146995	273470	13	435	0.03

注記　：評価位置は次頁に示す。

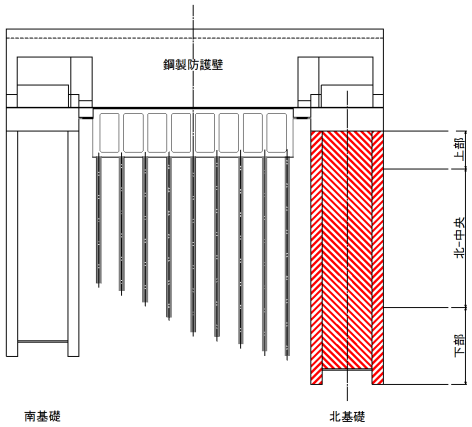

鋼製防護壁
上部
北-中央
下部
南基礎
北基礎

第 5-2 表（4）　鉄筋の曲げ軸力照査結果（①－①断面北基礎）
（検討ケース②～⑥）

検討ケース	評価位置	断面性状			鉄筋仕様（引張鉄筋）	発生断面力		引張応力度 σ_s (N/mm^2)	短期許容応力度 σ_{sa} (N/mm^2)	照査値 σ_s/σ_{sa}
		部材幅 b(mm)	部材高 h(mm)	有効高さ d(mm)		曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
②S_s－D１（H＋，V－）	上部	15500	15500	13400	D51@150（7段）	2141127	8295	144	435	0.34
	中央	15500	15500	13400	D51@150（5段）	2000754	32347	149	435	0.35
	下部	15500	15500	13400	D51@150（4段）	992811	231520	12	435	0.03
③S_s－D１（H＋，V－）	上部	15500	15500	13400	D51@150（7段）	2246732	11752	152	435	0.35
	中央	15500	15500	13400	D51@150（5段）	2094605	27517	159	435	0.37
	下部	15500	15500	13400	D51@150（4段）	1027521	225353	14	435	0.04
④S_s－D１（H＋，V－）	上部	15500	15500	13400	D51@150（7段）	2451095	20963	168	435	0.39
	中央	15500	15500	13400	D51@150（5段）	2270981	19386	176	435	0.41
	下部	15500	15500	13400	D51@150（4段）	1080429	209973	20	435	0.05
⑤S_s－D１（H＋，V－）	上部	15500	15500	13400	D51@150（7段）	1846047	1308	121	435	0.28
	中央	15500	15500	13400	D51@150（5段）	1681087	42105	119	435	0.28
	下部	15500	15500	13400	D51@150（4段）	968774	244030	9	435	0.03
⑥S_s－D１（H＋，V－）	上部	15500	15500	13400	D51@150（7段）	1808153	2798	119	435	0.28
	中央	15500	15500	13400	D51@150（5段）	1648103	43683	116	435	0.27
	下部	15500	15500	13400	D51@150（4段）	948048	246030	8	435	0.02

注記　①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース
②：地盤物性のはらつきを考慮（＋１σ）した解析ケース
③：地盤物性のはらつきを考慮（－１σ）した解析ケース
④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース
⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース
⑥：地盤物性のばらつきを考慮（＋1σ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース

評価位置は下図に示す。

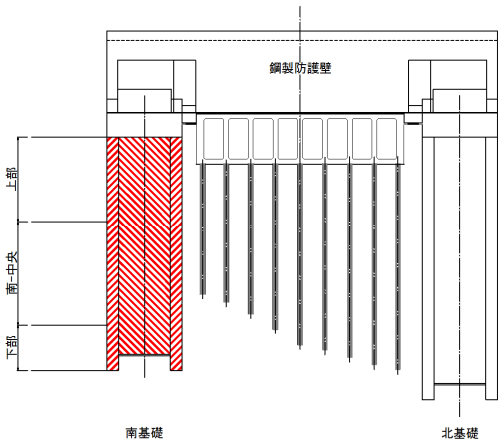


第 5-2 表（5）　鉄筋の曲げ軸力照査結果（③－③断面南基礎）

（検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース）

検討ケース	評価位置	断面性状			鉄筋仕様（引張鉄筋）	発生断面力		引張応力度 σ_s (N/mm^2)	短期許容応力度 σ_{sa} (N/mm^2)	照査値 σ_s/σ_{sa}
		部材幅 b(mm)	部材高 h(mm)	有効高さ d(mm)		曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
①Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ＋）	上部	15500	15500	12050	D51@150 (7段)	1650229	143874	67	435	0.16
	中央	15500	15500	12050	D51@150 (17段)	2614061	169974	86	435	0.20
	下部	15500	15500	12050	D51@150 (4段)	1343982	270273	23	435	0.06
①Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ－）	上部	15500	15500	12050	D51@150 (7段)	1604548	153592	62	435	0.15
	中央	15500	15500	12050	D51@150 (17段)	2557550	197452	79	435	0.19
	下部	15500	15500	12050	D51@150 (4段)	1316122	313917	15	435	0.04
①Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ－，Ｖ＋）	上部	15500	15500	12050	D51@150 (7段)	1892471	152318	80	435	0.19
	中央	15500	15500	12050	D51@150 (17段)	2881493	192256	94	435	0.22
	下部	15500	15500	12050	D51@150 (4段)	1428779	300781	22	435	0.06
①Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ－，Ｖ－）	上部	15500	15500	12050	D51@150 (7段)	1899196	158335	79	435	0.19
	中央	15500	15500	12050	D51@150 (17段)	2886147	182219	95	435	0.22
	下部	15500	15500	12050	D51@150 (4段)	1438891	286788	25	435	0.06
①Ｓｓ－１１	上部	15500	15500	12050	D51@150 (7段)	1072721	144335	31	435	0.08
	中央	15500	15500	12050	D51@150 (17段)	1563823	174481	41	435	0.10
	下部	15500	15500	12050	D51@150 (4段)	767343	257643	1	435	0.01
①Ｓｓ－１２	上部	15500	15500	12050	D51@150 (7段)	1025222	165098	23	435	0.06
	中央	15500	15500	12050	D51@150 (17段)	1554103	209147	35	435	0.09
	下部	15500	15500	12050	D51@150 (4段)	全圧縮		0	435	0.00
①Ｓｓ－１３	上部	15500	15500	12050	D51@150 (7段)	1150571	166326	30	435	0.07
	中央	15500	15500	12050	D51@150 (17段)	1754380	207262	44	435	0.11
	下部	15500	15500	12050	D51@150 (4段)	882357	306721	1	435	0.01
①Ｓｓ－１４	上部	15500	15500	12050	D51@150 (7段)	919003	145028	22	435	0.06
	中央	15500	15500	12050	D51@150 (17段)	1390406	180667	33	435	0.08
	下部	15500	15500	12050	D51@150 (4段)	全圧縮		0	435	0.00
①Ｓｓ－２１	上部	15500	15500	12050	D51@150 (7段)	1333080	155392	44	435	0.11
	中央	15500	15500	12050	D51@150 (17段)	1993610	194151	56	435	0.13
	下部	15500	15500	12050	D51@150 (4段)	923859	286529	3	435	0.01
①Ｓｓ－２２	上部	15500	15500	12050	D51@150 (7段)	1110773	155857	30	435	0.07
	中央	15500	15500	12050	D51@150 (17段)	1721015	195476	44	435	0.11
	下部	15500	15500	12050	D51@150 (4段)	839708	292371	1	435	0.01
①Ｓｓ－３１（Ｈ＋，Ｖ＋）	上部	15500	15500	12050	D51@150 (7段)	1898293	175753	74	435	0.18
	中央	15500	15500	12050	D51@150 (17段)	2913169	216160	92	435	0.22
	下部	15500	15500	12050	D51@150 (4段)	1486167	333121	20	435	0.05
①Ｓｓ－３１（Ｈ－，Ｖ＋）	上部	15500	15500	12050	D51@150 (7段)	1813641	201452	62	435	0.15
	中央	15500	15500	12050	D51@150 (17段)	2842657	283880	79	435	0.19
	下部	15500	15500	12050	D51@150 (4段)	1147074	304325	9	435	0.03

注記　：評価位置は次頁に示す。

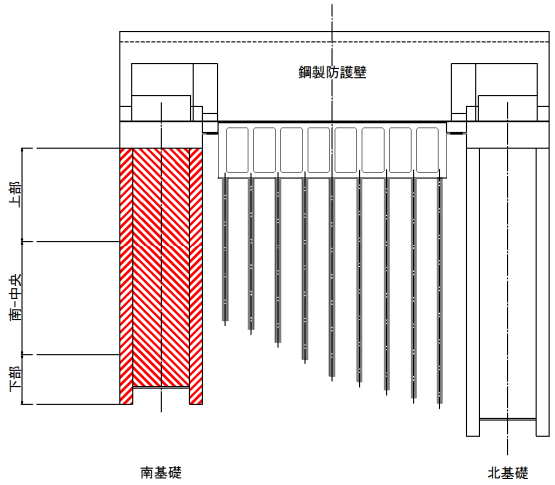

鋼製防護壁
上部
南-中央
下部
南基礎
北基礎

第 5-2 表（6）　鉄筋の曲げ軸力照査結果（③－③断面南基礎）
（検討ケース②～⑥）

検討ケース	評価位置	断面性状			鉄筋仕様（引張鉄筋）	発生断面力		引張応力度 σ_s (N/mm^2)	短期許容応力度 σ_{sa} (N/mm^2)	照査値 σ_s/σ_{sa}
		部材幅 b(mm)	部材高 h(mm)	有効高さ d(mm)		曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
②Ｓｓ－３１（Ｈ＋，Ｖ＋）	上部	15500	15500	12050	D51@150 (7段)	1888460	173561	74	435	0.18
	中央	15500	15500	12050	D51@150 (17段)	2910601	214175	92	435	0.22
	下部	15500	15500	12050	D51@150 (4段)	1478904	330947	20	435	0.05
③Ｓｓ－３１（Ｈ＋，Ｖ＋）	上部	15500	15500	12050	D51@150 (7段)	1905046	173472	75	435	0.18
	中央	15500	15500	12050	D51@150 (17段)	2946473	213159	93	435	0.22
	下部	15500	15500	12050	D51@150 (4段)	1505778	331941	21	435	0.05
④Ｓｓ－３１（Ｈ＋，Ｖ＋）	上部	15500	15500	12050	D51@150 (7段)	1794354	168450	70	435	0.17
	中央	15500	15500	12050	D51@150 (17段)	2947945	200665	95	435	0.22
	下部	15500	15500	12050	D51@150 (4段)	1573892	321665	26	435	0.06
⑤Ｓｓ－３１（Ｈ＋，Ｖ＋）	上部	15500	15500	12050	D51@150 (7段)	1852537	178474	71	435	0.17
	中央	15500	15500	12050	D51@150 (17段)	2816904	219446	87	435	0.20
	下部	15500	15500	12050	D51@150 (4段)	1436865	332729	17	435	0.04
⑥Ｓｓ－３１（Ｈ＋，Ｖ＋）	上部	15500	15500	12050	D51@150 (7段)	1849869	180045	70	435	0.17
	中央	15500	15500	12050	D51@150 (17段)	2801348	220291	86	435	0.20
	下部	15500	15500	12050	D51@150 (4段)	1429066	333025	17	435	0.04

注記　①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース
②：地盤物性のはらつきを考慮（＋１σ）した解析ケース
③：地盤物性のはらつきを考慮（－１σ）した解析ケース
④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース
⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース
⑥：地盤物性のばらつきを考慮（＋1σ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース

評価位置は下図に示す。

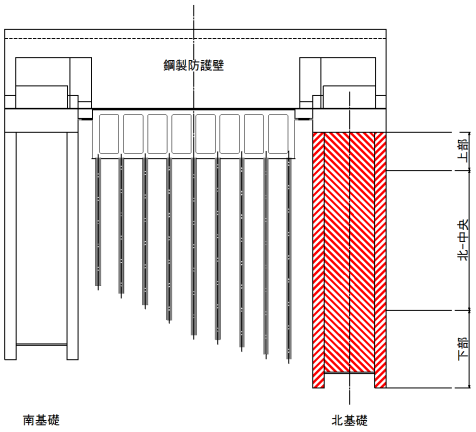


第 5-2 表（7）　鉄筋の曲げ軸力照査結果（②－②断面北基礎）

（検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース）

検討ケース	評価位置	断面性状			鉄筋仕様（引張鉄筋）	発生断面力		引張応力度 σ_s (N/mm^2)	短期許容応力度 σ_{sa} (N/mm^2)	照査値 σ_s/σ_{sa}
		部材幅 b(mm)	部材高 h(mm)	有効高さ d(mm)		曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
①S_s－D１（H＋，V＋）	上部	15500	15500	13400	D51@150 (7段)	555326	96844	11	435	0.03
	中央	15500	15500	13400	D51@150 (5段)	1990781	270274	64	435	0.15
	下部	15500	15500	13400	D51@150 (4段)	2342117	300687	88	435	0.21
①S_s－D１（H＋，V－）	上部	15500	15500	13400	D51@150 (7段)	545588	118000	7	435	0.02
	中央	15500	15500	13400	D51@150 (5段)	1952792	299079	53	435	0.13
	下部	15500	15500	13400	D51@150 (4段)	2249517	325381	72	435	0.17
①S_s－D１（H－，V＋）	上部	15500	15500	13400	D51@150 (7段)	628823	109889	13	435	0.03
	中央	15500	15500	13400	D51@150 (5段)	2086976	285836	66	435	0.16
	下部	15500	15500	13400	D51@150 (4段)	2374154	312105	87	435	0.20
①S_s－D１（H－，V－）	上部	15500	15500	13400	D51@150 (7段)	637813	123512	11	435	0.03
	中央	15500	15500	13400	D51@150 (5段)	1941507	311640	49	435	0.12
	下部	15500	15500	13400	D51@150 (4段)	2383096	339740	78	435	0.18
①S_s－１１	上部	15500	15500	13400	D51@150 (7段)	全圧縮		0	435	0.00
	中央	15500	15500	13400	D51@150 (5段)	1208131	250409	19	435	0.05
	下部	15500	15500	13400	D51@150 (4段)	1239229	271901	17	435	0.04
①S_s－１２	上部	15500	15500	13400	D51@150 (7段)	全圧縮		0	435	0.00
	中央	15500	15500	13400	D51@150 (5段)	1080967	223522	17	435	0.04
	下部	15500	15500	13400	D51@150 (4段)	1631601	328737	28	435	0.07
①S_s－１３	上部	15500	15500	13400	D51@150 (7段)	全圧縮		0	435	0.00
	中央	15500	15500	13400	D51@150 (5段)	1463392	321939	20	435	0.05
	下部	15500	15500	13400	D51@150 (4段)	1729840	343661	31	435	0.08
①S_s－１４	上部	15500	15500	13400	D51@150 (7段)	全圧縮		0	435	0.00
	中央	15500	15500	13400	D51@150 (5段)	1363867	311632	17	435	0.04
	下部	15500	15500	13400	D51@150 (4段)	1660575	339783	28	435	0.07
①S_s－２１	上部	15500	15500	13400	D51@150 (7段)	409695	119539	2	435	0.01
	中央	15500	15500	13400	D51@150 (5段)	1462089	276916	28	435	0.07
	下部	15500	15500	13400	D51@150 (4段)	1558215	322035	25	435	0.06
①S_s－２２	上部	15500	15500	13400	D51@150 (7段)	407406	103271	4	435	0.01
	中央	15500	15500	13400	D51@150 (5段)	1284844	279216	18	435	0.05
	下部	15500	15500	13400	D51@150 (4段)	1458100	314980	21	435	0.05
①S_s－３１（H＋，V＋）	上部	15500	15500	13400	D51@150 (7段)	591768	116788	10	435	0.03
	中央	15500	15500	13400	D51@150 (5段)	2378610	321237	77	435	0.18
	下部	15500	15500	13400	D51@150 (4段)	2529002	350805	86	435	0.20
①S_s－３１（H－，V＋）	上部	15500	15500	13400	D51@150 (7段)	600801	121432	9	435	0.03
	中央	15500	15500	13400	D51@150 (5段)	2137927	284056	71	435	0.17
	下部	15500	15500	13400	D51@150 (4段)	2223246	322103	71	435	0.17

注記　：評価位置は次頁に示す。

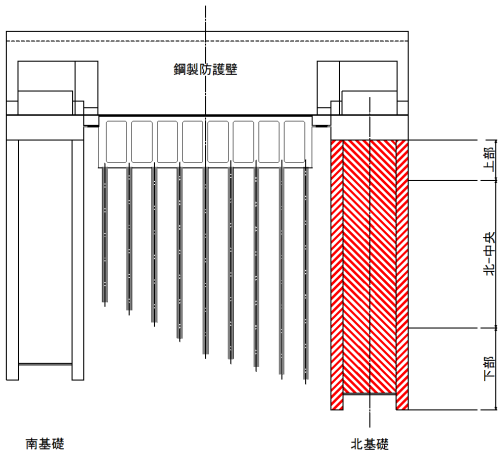

鋼製防護壁
上部
北-中央
下部
南基礎
北基礎

第 5-2 表（8）　鉄筋の曲げ軸力照査結果（②－②断面北基礎）
（検討ケース②～⑥）

検討ケース	評価位置	断面性状			鉄筋仕様（引張鉄筋）	発生断面力		引張応力度 σ_s (N/mm^2)	短期許容応力度 σ_{sa} (N/mm^2)	照査値 σ_s/σ_{sa}
		部材幅 b(mm)	部材高 h(mm)	有効高さ d(mm)		曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
②Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ＋）	上部	15500	15500	13400	D51@150 (7段)	541099	96700	11	435	0.03
	中央	15500	15500	13400	D51@150 (5段)	1898141	269068	58	435	0.14
	下部	15500	15500	13400	D51@150 (4段)	2265018	299040	82	435	0.19
③Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ＋）	上部	15500	15500	13400	D51@150 (7段)	575495	96559	12	435	0.03
	中央	15500	15500	13400	D51@150 (5段)	2133079	271005	74	435	0.18
	下部	15500	15500	13400	D51@150 (4段)	2437124	301304	96	435	0.23
④Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ＋）	上部	15500	15500	13400	D51@150 (7段)	531500	96246	10	435	0.03
	中央	15500	15500	13400	D51@150 (5段)	2103688	317388	59	435	0.14
	下部	15500	15500	13400	D51@150 (4段)	2246772	288515	84	435	0.20
⑤Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ＋）	上部	15500	15500	13400	D51@150 (7段)	623795	99697	14	435	0.04
	中央	15500	15500	13400	D51@150 (5段)	2251291	253370	88	435	0.21
	下部	15500	15500	13400	D51@150 (4段)	2262196	258040	97	435	0.23
⑥Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ＋）	上部	15500	15500	13400	D51@150 (7段)	608278	101327	13	435	0.03
	中央	15500	15500	13400	D51@150 (5段)	2103691	245989	80	435	0.19
	下部	15500	15500	13400	D51@150 (4段)	2133795	255965	87	435	0.20

注記　①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース
②：地盤物性のはらつきを考慮（＋１σ）した解析ケース
③：地盤物性のはらつきを考慮（－１σ）した解析ケース
④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース
⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース
⑥：地盤物性のばらつきを考慮（＋1σ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース

評価位置は下図に示す。

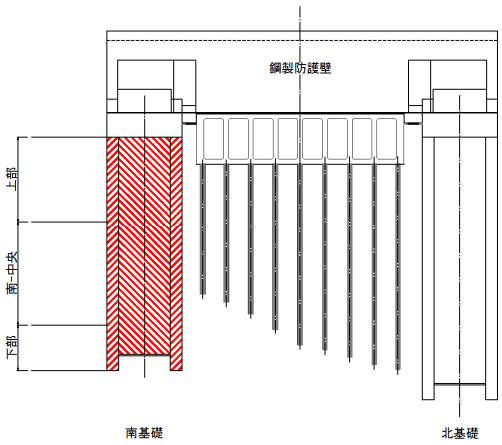


第 5-3 表（1）　せん断力に対する照査（①－①断面南基礎）

（検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース）

検討ケース	評価位置	断面性状				鉄筋仕様（せん断補強筋）	発生せん断力 V (kN)	短期許容せん断力 Va (kN)	Vaに対する照査値
		部材幅 b(mm)	部材高 h(mm)	連壁基礎 d(mm)	中実コンクリート d(mm)				
①Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ＋）	上部	15500	15500	14280	10270	14-D38 @300	187024	226924	0.83
	中央	15500	15500	14280	9520	34-D38 @300	195240	410783	0.48
	下部	15500	15500	14280	10495	24-D38 @300	70632	337247	0.21
①Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ－）	上部	15500	15500	14280	10270	14-D38 @300	187444	226924	0.83
	中央	15500	15500	14280	9520	34-D38 @300	196860	410783	0.48
	下部	15500	15500	14280	10495	24-D38 @300	70614	337247	0.21
①Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ－，Ｖ＋）	上部	15500	15500	14280	10270	14-D38 @300	172716	226924	0.77
	中央	15500	15500	14280	9520	34-D38 @300	206635	410783	0.51
	下部	15500	15500	14280	10495	24-D38 @300	75360	337247	0.23
①Ｓｓ－Ｄ１（Ｈ－，Ｖ－）	上部	15500	15500	14280	10270	14-D38 @300	159924	226924	0.71
	中央	15500	15500	14280	9520	34-D38 @300	56437	410783	0.14
	下部	15500	15500	14280	10495	24-D38 @300	75933	337247	0.23
①Ｓｓ－１１	上部	15500	15500	14280	10270	14-D38 @300	118771	226924	0.53
	中央	15500	15500	14280	9520	34-D38 @300	126796	410783	0.31
	下部	15500	15500	14280	10495	24-D38 @300	22847	337247	0.07
①Ｓｓ－１２	上部	15500	15500	14280	10270	14-D38 @300	149525	226924	0.66
	中央	15500	15500	14280	9520	34-D38 @300	155745	410783	0.38
	下部	15500	15500	14280	10495	24-D38 @300	30786	337247	0.10
①Ｓｓ－１３	上部	15500	15500	14280	10270	14-D38 @300	143843	226924	0.64
	中央	15500	15500	14280	9520	34-D38 @300	149115	410783	0.37
	下部	15500	15500	14280	10495	24-D38 @300	32219	337247	0.10
①Ｓｓ－１４	上部	15500	15500	14280	10270	14-D38 @300	103171	226924	0.46
	中央	15500	15500	14280	9520	34-D38 @300	105049	410783	0.26
	下部	15500	15500	14280	10495	24-D38 @300	22821	337247	0.07
①Ｓｓ－２１	上部	15500	15500	14280	10270	14-D38 @300	144248	226924	0.64
	中央	15500	15500	14280	9520	34-D38 @300	162974	410783	0.40
	下部	15500	15500	14280	10495	24-D38 @300	55331	337247	0.17
①Ｓｓ－２２	上部	15500	15500	14280	10270	14-D38 @300	109739	226924	0.49
	中央	15500	15500	14280	9520	34-D38 @300	133014	410783	0.33
	下部	15500	15500	14280	10495	24-D38 @300	51078	337247	0.16
①Ｓｓ－３１（Ｈ＋，Ｖ＋）	上部	15500	15500	14280	10270	14-D38 @300	176800	226924	0.78
	中央	15500	15500	14280	9520	34-D38 @300	196429	410783	0.48
	下部	15500	15500	14280	10495	24-D38 @300	64761	337247	0.20
①Ｓｓ－３１（Ｈ－，Ｖ＋）	上部	15500	15500	14280	10270	14-D38 @300	190682	226924	0.85
	中央	15500	15500	14280	9520	34-D38 @300	195470	410783	0.48
	下部	15500	15500	14280	10495	24-D38 @300	67486	337247	0.21

注記　：評価位置は次頁に示す。

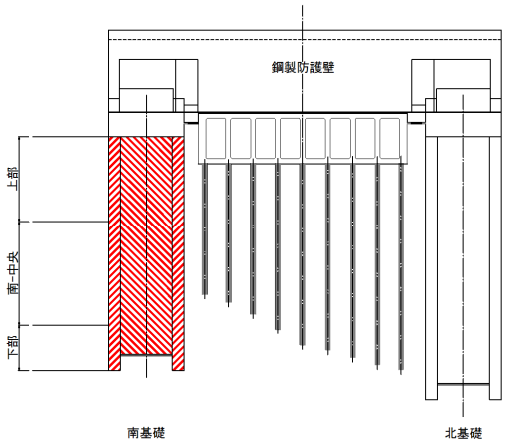

鋼製防護壁
上部
南-中央
下部
南基礎
北基礎

第 5-3 表（2）　せん断力に対する照査（①－①断面南基礎）
（検討ケース②～⑥）

検討ケース	評価位置	断面性状				鉄筋仕様（せん断補強筋）	発生せん断力 V (kN)	短期許容せん断力 Va (kN)	Vaに対する照査値
		部材幅 b(mm)	部材高 h(mm)	連壁基礎 d(mm)	中実コンクリート d(mm)				
②S_s－D１（H－，V＋）	上部	15500	15500	14280	10270	14-D38 @300	169880	226924	0.75
	中央	15500	15500	14280	9520	34-D38 @300	203899	410783	0.50
	下部	15500	15500	14280	10495	24-D38 @300	76553	337247	0.23
③S_s－D１（H－，V＋）	上部	15500	15500	14280	10270	14-D38 @300	174852	226924	0.78
	中央	15500	15500	14280	9520	34-D38 @300	208440	410783	0.51
	下部	15500	15500	14280	10495	24-D38 @300	75725	337247	0.23
④S_s－D１（H－，V＋）	上部	15500	15500	14280	10270	14-D38 @300	192161	226924	0.85
	中央	15500	15500	14280	9520	34-D38 @300	267372	410783	0.66
	下部	15500	15500	14280	10495	24-D38 @300	75437	337247	0.23
⑤S_s－D１（H－，V＋）	上部	15500	15500	14280	10270	14-D38 @300	148304	226924	0.66
	中央	15500	15500	14280	9520	34-D38 @300	177723	410783	0.44
	下部	15500	15500	14280	10495	24-D38 @300	65011	337247	0.20
⑥S_s－D１（H－，V＋）	上部	15500	15500	14280	10270	14-D38 @300	145291	226924	0.65
	中央	15500	15500	14280	9520	34-D38 @300	174008	410783	0.43
	下部	15500	15500	14280	10495	24-D38 @300	64053	337247	0.19

注記　①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース
②：地盤物性のはらつきを考慮（＋１σ）した解析ケース
③：地盤物性のはらつきを考慮（－１σ）した解析ケース
④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース
⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース
⑥：地盤物性のばらつきを考慮（＋1σ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース

評価位置は下図に示す。

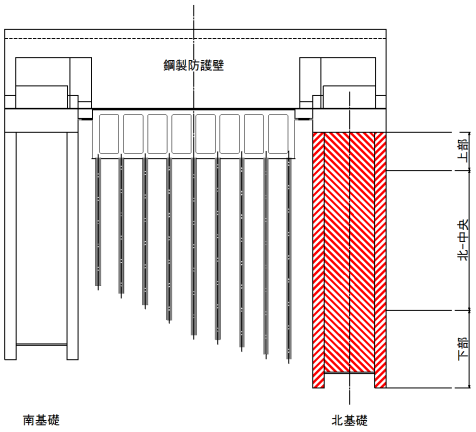


第 5-3 表（3）　せん断力に対する照査（①－①断面北基礎）

（検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース）

検討ケース	評価位置	断面性状				鉄筋仕様（せん断補強筋）	発生せん断力 V (kN)	短期許容せん断力 Va (kN)	Vaに対する照査値
		部材幅 b(mm)	部材高 h(mm)	連壁基礎 d(mm)	中実コンクリート d(mm)				
①S_s－D１（H＋，V＋）	上部	15500	15500	14280	10270	14-D38 @300	76349	226924	0.34
	中央	15500	15500	14280	10420	24-D38 @300	135520	335426	0.41
	下部	15500	15500	14280	10495	24-D38 @300	146114	337247	0.44
①S_s－D１（H＋，V－）	上部	15500	15500	14280	10270	14-D38 @300	76219	226924	0.34
	中央	15500	15500	14280	10420	24-D38 @300	124947	335426	0.38
	下部	15500	15500	14280	10495	24-D38 @300	139996	337247	0.42
①S_s－D１（H－，V＋）	上部	15500	15500	14280	10270	14-D38 @300	75287	226924	0.34
	中央	15500	15500	14280	10420	24-D38 @300	109853	335426	0.33
	下部	15500	15500	14280	10495	24-D38 @300	118177	337247	0.36
①S_s－D１（H－，V－）	上部	15500	15500	14280	10270	14-D38 @300	74295	226924	0.33
	中央	15500	15500	14280	10420	24-D38 @300	116921	335426	0.35
	下部	15500	15500	14280	10495	24-D38 @300	122976	337247	0.37
①S_s－１１	上部	15500	15500	14280	10270	14-D38 @300	40149	226924	0.18
	中央	15500	15500	14280	10420	24-D38 @300	92486	335426	0.28
	下部	15500	15500	14280	10495	24-D38 @300	99882	337247	0.30
①S_s－１２	上部	15500	15500	14280	10270	14-D38 @300	46494	226924	0.21
	中央	15500	15500	14280	10420	24-D38 @300	118809	335426	0.36
	下部	15500	15500	14280	10495	24-D38 @300	121633	337247	0.37
①S_s－１３	上部	15500	15500	14280	10270	14-D38 @300	45071	226924	0.20
	中央	15500	15500	14280	10420	24-D38 @300	112234	335426	0.34
	下部	15500	15500	14280	10495	24-D38 @300	113963	337247	0.34
①S_s－１４	上部	15500	15500	14280	10270	14-D38 @300	35285	226924	0.16
	中央	15500	15500	14280	10420	24-D38 @300	85212	335426	0.26
	下部	15500	15500	14280	10495	24-D38 @300	85415	337247	0.26
①S_s－２１	上部	15500	15500	14280	10270	14-D38 @300	31759	226924	0.14
	中央	15500	15500	14280	10420	24-D38 @300	62435	335426	0.19
	下部	15500	15500	14280	10495	24-D38 @300	70040	337247	0.21
①S_s－２２	上部	15500	15500	14280	10270	14-D38 @300	61800	226924	0.28
	中央	15500	15500	14280	10420	24-D38 @300	81573	335426	0.25
	下部	15500	15500	14280	10495	24-D38 @300	88313	337247	0.27
①S_s－３１（H＋，V＋）	上部	15500	15500	14280	10270	14-D38 @300	75641	226924	0.34
	中央	15500	15500	14280	10420	24-D38 @300	121360	335426	0.37
	下部	15500	15500	14280	10495	24-D38 @300	114291	337247	0.34
①S_s－３１（H－，V＋）	上部	15500	15500	14280	10270	14-D38 @300	60320	226924	0.27
	中央	15500	15500	14280	10420	24-D38 @300	132815	335426	0.40
	下部	15500	15500	14280	10495	24-D38 @300	130346	337247	0.39

注記　：評価位置は次頁に示す。

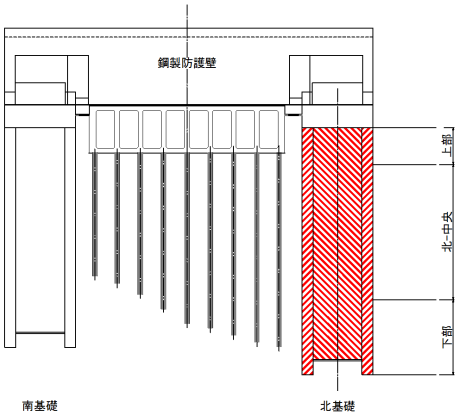

鋼製防護壁
上部
北-中央
下部
南基礎
北基礎

第 5-3 表（4）　せん断力に対する照査（①－①断面北基礎）
（検討ケース②～⑥）

検討ケース	評価位置	断面性状				鉄筋仕様（せん断補強筋）	発生せん断力 V (kN)	短期許容せん断力 Va (kN)	Vaに対する照査値
		部材幅 b(mm)	部材高 h(mm)	連壁基礎 d(mm)	中実コンクリート d(mm)				
②S_s－D１（H＋，V－）	上部	15500	15500	14280	10270	14-D38 @300	75279	226924	0.34
	中央	15500	15500	14280	10420	24-D38 @300	130976	335426	0.40
	下部	15500	15500	14280	10495	24-D38 @300	142831	337247	0.43
③S_s－D１（H＋，V－）	上部	15500	15500	14280	10270	14-D38 @300	76806	226924	0.34
	中央	15500	15500	14280	10420	24-D38 @300	123003	335426	0.37
	下部	15500	15500	14280	10495	24-D38 @300	137260	337247	0.41
④S_s－D１（H＋，V－）	上部	15500	15500	14280	10270	14-D38 @300	83532	226924	0.37
	中央	15500	15500	14280	10420	24-D38 @300	133084	335426	0.40
	下部	15500	15500	14280	10495	24-D38 @300	154559	337247	0.46
⑤S_s－D１（H＋，V－）	上部	15500	15500	14280	10270	14-D38 @300	75578	226924	0.34
	中央	15500	15500	14280	10420	24-D38 @300	114541	335426	0.35
	下部	15500	15500	14280	10495	24-D38 @300	116977	337247	0.35
⑥S_s－D１（H＋，V－）	上部	15500	15500	14280	10270	14-D38 @300	75052	226924	0.34
	中央	15500	15500	14280	10420	24-D38 @300	113104	335426	0.34
	下部	15500	15500	14280	10495	24-D38 @300	115318	337247	0.35

注記　①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース
②：地盤物性のはらつきを考慮（＋１σ）した解析ケース
③：地盤物性のはらつきを考慮（－１σ）した解析ケース
④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース
⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース
⑥：地盤物性のばらつきを考慮（＋1σ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース

評価位置は下図に示す。

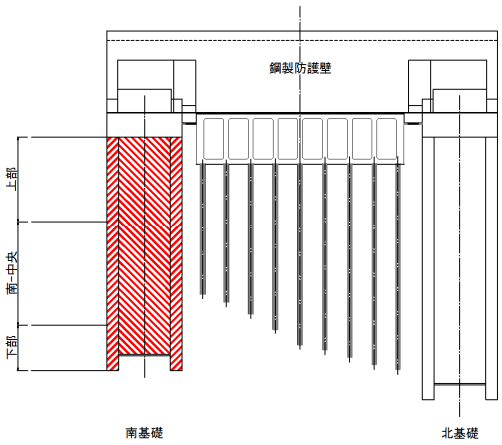


第 5-3 表（5）　せん断力に対する照査（③－③断面南基礎）

（検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース）

検討ケース	評価位置	断面性状				鉄筋仕様（せん断補強筋）	発生せん断力 V (kN)	短期許容せん断力 Va (kN)	Vaに対する照査値
		部材幅 b(mm)	部材高 h(mm)	連壁基礎 d(mm)	中実コンクリート d(mm)				
①S_s－D１（H＋，V＋）	上部	15500	15500	14280	10270	14-D38 @300	121021	226924	0.54
	中央	15500	15500	14280	9520	34-D38 @300	148530	410783	0.37
	下部	15500	15500	14280	10495	24-D38 @300	94253	337247	0.28
①S_s－D１（H＋，V－）	上部	15500	15500	14280	10270	14-D38 @300	119715	226924	0.53
	中央	15500	15500	14280	9520	34-D38 @300	147185	410783	0.36
	下部	15500	15500	14280	10495	24-D38 @300	93445	337247	0.28
①S_s－D１（H－，V＋）	上部	15500	15500	14280	10270	14-D38 @300	132039	226924	0.59
	中央	15500	15500	14280	9520	34-D38 @300	158235	410783	0.39
	下部	15500	15500	14280	10495	24-D38 @300	97318	337247	0.29
①S_s－D１（H－，V－）	上部	15500	15500	14280	10270	14-D38 @300	132296	226924	0.59
	中央	15500	15500	14280	9520	34-D38 @300	158342	410783	0.39
	下部	15500	15500	14280	10495	24-D38 @300	96948	337247	0.29
①S_s－１１	上部	15500	15500	14280	10270	14-D38 @300	81683	226924	0.36
	中央	15500	15500	14280	9520	34-D38 @300	91251	410783	0.23
	下部	15500	15500	14280	10495	24-D38 @300	42923	337247	0.13
①S_s－１２	上部	15500	15500	14280	10270	14-D38 @300	83649	226924	0.37
	中央	15500	15500	14280	9520	34-D38 @300	93934	410783	0.23
	下部	15500	15500	14280	10495	24-D38 @300	48006	337247	0.15
①S_s－１３	上部	15500	15500	14280	10270	14-D38 @300	92747	226924	0.41
	中央	15500	15500	14280	9520	34-D38 @300	104222	410783	0.26
	下部	15500	15500	14280	10495	24-D38 @300	48895	337247	0.15
①S_s－１４	上部	15500	15500	14280	10270	14-D38 @300	80995	226924	0.36
	中央	15500	15500	14280	9520	34-D38 @300	91961	410783	0.23
	下部	15500	15500	14280	10495	24-D38 @300	38739	337247	0.12
①S_s－２１	上部	15500	15500	14280	10270	14-D38 @300	98273	226924	0.44
	中央	15500	15500	14280	9520	34-D38 @300	115353	410783	0.29
	下部	15500	15500	14280	10495	24-D38 @300	61064	337247	0.19
①S_s－２２	上部	15500	15500	14280	10270	14-D38 @300	85781	226924	0.38
	中央	15500	15500	14280	9520	34-D38 @300	104953	410783	0.26
	下部	15500	15500	14280	10495	24-D38 @300	58910	337247	0.18
①S_s－３１（H＋，V＋）	上部	15500	15500	14280	10270	14-D38 @300	143975	226924	0.64
	中央	15500	15500	14280	9520	34-D38 @300	160641	410783	0.40
	下部	15500	15500	14280	10495	24-D38 @300	67869	337247	0.21
①S_s－３１（H－，V＋）	上部	15500	15500	14280	10270	14-D38 @300	131615	226924	0.58
	中央	15500	15500	14280	9520	34-D38 @300	145515	410783	0.36
	下部	15500	15500	14280	10495	24-D38 @300	79530	337247	0.24

注記　：評価位置は次頁に示す。

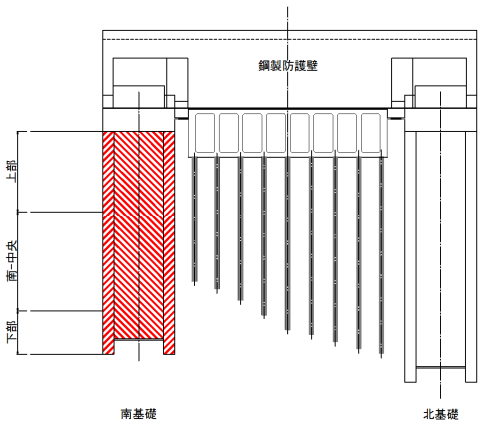

鋼製防護壁
上部
南-中央
下部
南基礎
北基礎

第 5-3 表（6）　せん断力に対する照査（③－③断面南基礎）
（検討ケース②～⑥）

検討ケース	評価位置	断面性状				鉄筋仕様（せん断補強筋）	発生せん断力 V (kN)	短期許容せん断力 Va (kN)	Vaに対する照査値
		部材幅 b(mm)	部材高 h(mm)	連壁基礎 d(mm)	中実コンクリート d(mm)				
②S_s－３１（H＋，V＋）	上部	15500	15500	14280	10270	14-D38 @300	144453	226924	0.64
	中央	15500	15500	14280	9520	34-D38 @300	160957	410783	0.40
	下部	15500	15500	14280	10495	24-D38 @300	68030	337247	0.21
③S_s－３１（H＋，V＋）	上部	15500	15500	14280	10270	14-D38 @300	144845	226924	0.64
	中央	15500	15500	14280	9520	34-D38 @300	163896	410783	0.40
	下部	15500	15500	14280	10495	24-D38 @300	68403	337247	0.21
④S_s－３１（H＋，V＋）	上部	15500	15500	14280	10270	14-D38 @300	136291	226924	0.61
	中央	15500	15500	14280	9520	34-D38 @300	165949	410783	0.41
	下部	15500	15500	14280	10495	24-D38 @300	68947	337247	0.21
⑤S_s－３１（H＋，V＋）	上部	15500	15500	14280	10270	14-D38 @300	138392	226924	0.61
	中央	15500	15500	14280	9520	34-D38 @300	150920	410783	0.37
	下部	15500	15500	14280	10495	24-D38 @300	67945	337247	0.21
⑥S_s－３１（H＋，V＋）	上部	15500	15500	14280	10270	14-D38 @300	138139	226924	0.61
	中央	15500	15500	14280	9520	34-D38 @300	149927	410783	0.37
	下部	15500	15500	14280	10495	24-D38 @300	67778	337247	0.21

注記　①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース
②：地盤物性のはらつきを考慮（＋１σ）した解析ケース
③：地盤物性のはらつきを考慮（－１σ）した解析ケース
④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース
⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース
⑥：地盤物性のばらつきを考慮（＋1σ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース

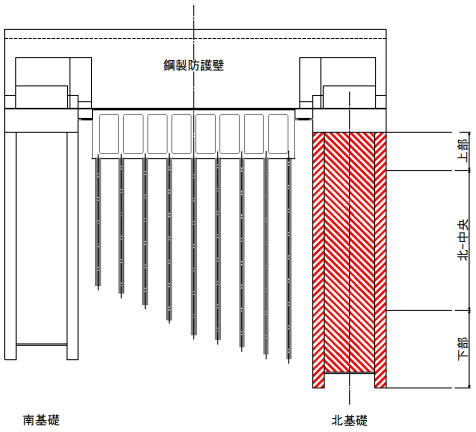
評価位置は下図に示す。



第 5-3 表（7）　せん断力に対する照査（②－②断面北基礎）
（検討ケース①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース）

検討ケース	評価位置	断面性状				鉄筋仕様（せん断補強筋）	発生せん断力 V (kN)	短期許容せん断力 Va (kN)	Vaに対する照査値
		部材幅 b(mm)	部材高 h(mm)	連壁基礎 d(mm)	中実コンクリート d(mm)				
①S_s－D１（H＋，V＋）	上部	15500	15500	14280	10270	14-D38 @300	53053	226924	0.24
	中央	15500	15500	14280	10420	24-D38 @300	116241	335426	0.35
	下部	15500	15500	14280	10495	24-D38 @300	129102	337247	0.39
①S_s－D１（H＋，V－）	上部	15500	15500	14280	10270	14-D38 @300	53294	226924	0.24
	中央	15500	15500	14280	10420	24-D38 @300	115902	335426	0.35
	下部	15500	15500	14280	10495	24-D38 @300	128855	337247	0.39
①S_s－D１（H－，V＋）	上部	15500	15500	14280	10270	14-D38 @300	52510	226924	0.24
	中央	15500	15500	14280	10420	24-D38 @300	120938	335426	0.37
	下部	15500	15500	14280	10495	24-D38 @300	122362	337247	0.37
①S_s－D１（H－，V－）	上部	15500	15500	14280	10270	14-D38 @300	51411	226924	0.23
	中央	15500	15500	14280	10420	24-D38 @300	119570	335426	0.36
	下部	15500	15500	14280	10495	24-D38 @300	120934	337247	0.36
①S_s－１１	上部	15500	15500	14280	10270	14-D38 @300	32777	226924	0.15
	中央	15500	15500	14280	10420	24-D38 @300	63990	335426	0.20
	下部	15500	15500	14280	10495	24-D38 @300	63945	337247	0.19
①S_s－１２	上部	15500	15500	14280	10270	14-D38 @300	33614	226924	0.15
	中央	15500	15500	14280	10420	24-D38 @300	91980	335426	0.28
	下部	15500	15500	14280	10495	24-D38 @300	94119	337247	0.28
①S_s－１３	上部	15500	15500	14280	10270	14-D38 @300	33052	226924	0.15
	中央	15500	15500	14280	10420	24-D38 @300	86736	335426	0.26
	下部	15500	15500	14280	10495	24-D38 @300	88196	337247	0.27
①S_s－１４	上部	15500	15500	14280	10270	14-D38 @300	28379	226924	0.13
	中央	15500	15500	14280	10420	24-D38 @300	84711	335426	0.26
	下部	15500	15500	14280	10495	24-D38 @300	86816	337247	0.26
①S_s－２１	上部	15500	15500	14280	10270	14-D38 @300	40906	226924	0.19
	中央	15500	15500	14280	10420	24-D38 @300	75679	335426	0.23
	下部	15500	15500	14280	10495	24-D38 @300	75940	337247	0.23
①S_s－２２	上部	15500	15500	14280	10270	14-D38 @300	36758	226924	0.17
	中央	15500	15500	14280	10420	24-D38 @300	82874	335426	0.25
	下部	15500	15500	14280	10495	24-D38 @300	88512	337247	0.27
①S_s－３１（H＋，V＋）	上部	15500	15500	14280	10270	14-D38 @300	56492	226924	0.25
	中央	15500	15500	14280	10420	24-D38 @300	93734	335426	0.28
	下部	15500	15500	14280	10495	24-D38 @300	94707	337247	0.29
①S_s－３１（H－，V＋）	上部	15500	15500	14280	10270	14-D38 @300	56683	226924	0.25
	中央	15500	15500	14280	10420	24-D38 @300	85122	335426	0.26
	下部	15500	15500	14280	10495	24-D38 @300	93264	337247	0.28

注記　：評価位置は次頁に示す。

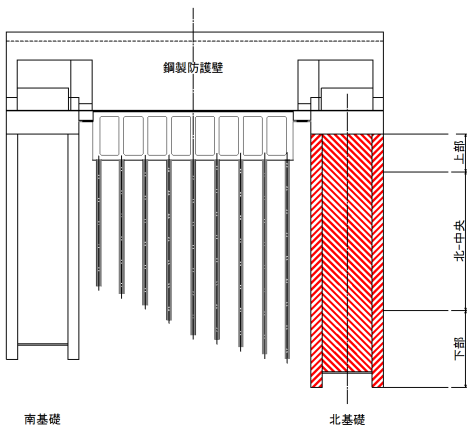

鋼製防護壁
上部
北-中央
下部
南基礎
北基礎

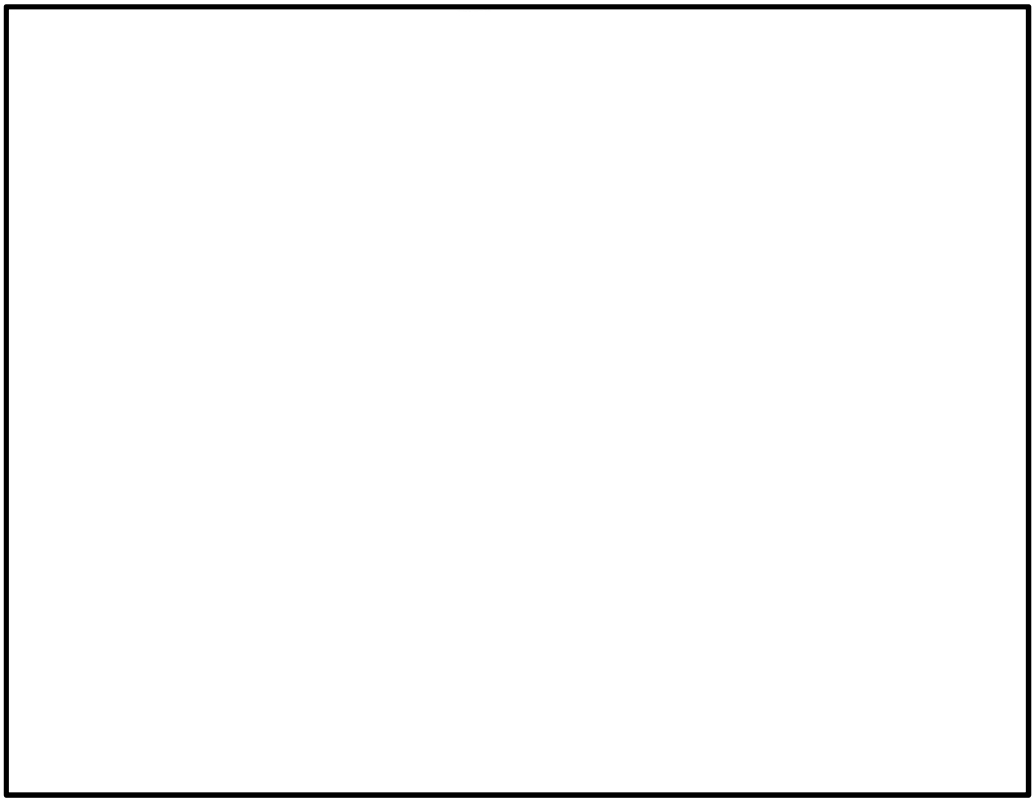
第 5-3 表（8）　せん断力に対する照査（②－②断面北基礎）
（検討ケース②～⑥）

検討ケース	評価位置	断面性状				鉄筋仕様（せん断補強筋）	発生せん断力 V (kN)	短期許容せん断力 Va (kN)	Vaに対する照査値
		部材幅 b(mm)	部材高 h(mm)	連壁基礎 d(mm)	中実コンクリート d(mm)				
②S_s－D１（H＋，V＋）	上部	15500	15500	14280	10270	14-D38 @300	50253	226924	0.23
	中央	15500	15500	14280	10420	24-D38 @300	124068	335426	0.37
	下部	15500	15500	14280	10495	24-D38 @300	137258	337247	0.41
③S_s－D１（H＋，V＋）	上部	15500	15500	14280	10270	14-D38 @300	55099	226924	0.25
	中央	15500	15500	14280	10420	24-D38 @300	111909	335426	0.34
	下部	15500	15500	14280	10495	24-D38 @300	123614	337247	0.37
④S_s－D１（H＋，V＋）	上部	15500	15500	14280	10270	14-D38 @300	43182	226924	0.20
	中央	15500	15500	14280	10420	24-D38 @300	128987	335426	0.39
	下部	15500	15500	14280	10495	24-D38 @300	143805	337247	0.43
⑤S_s－D１（H＋，V＋）	上部	15500	15500	14280	10270	14-D38 @300	56973	226924	0.26
	中央	15500	15500	14280	10420	24-D38 @300	94712	335426	0.29
	下部	15500	15500	14280	10495	24-D38 @300	95984	337247	0.29
⑥S_s－D１（H＋，V＋）	上部	15500	15500	14280	10270	14-D38 @300	55583	226924	0.25
	中央	15500	15500	14280	10420	24-D38 @300	93257	335426	0.28
	下部	15500	15500	14280	10495	24-D38 @300	96294	337247	0.29

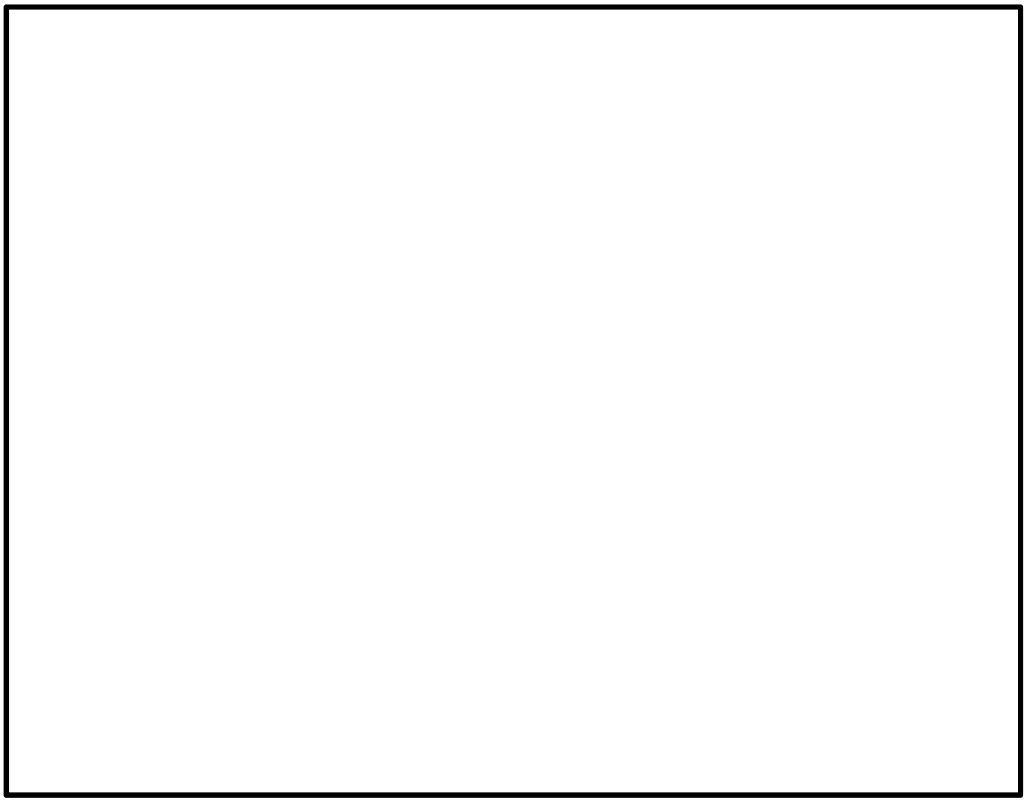
注記　①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース
②：地盤物性のはらつきを考慮（＋１σ）した解析ケース
③：地盤物性のはらつきを考慮（－１σ）した解析ケース
④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース
⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース
⑥：地盤物性のばらつきを考慮（＋1σ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース

評価位置は下図に示す。

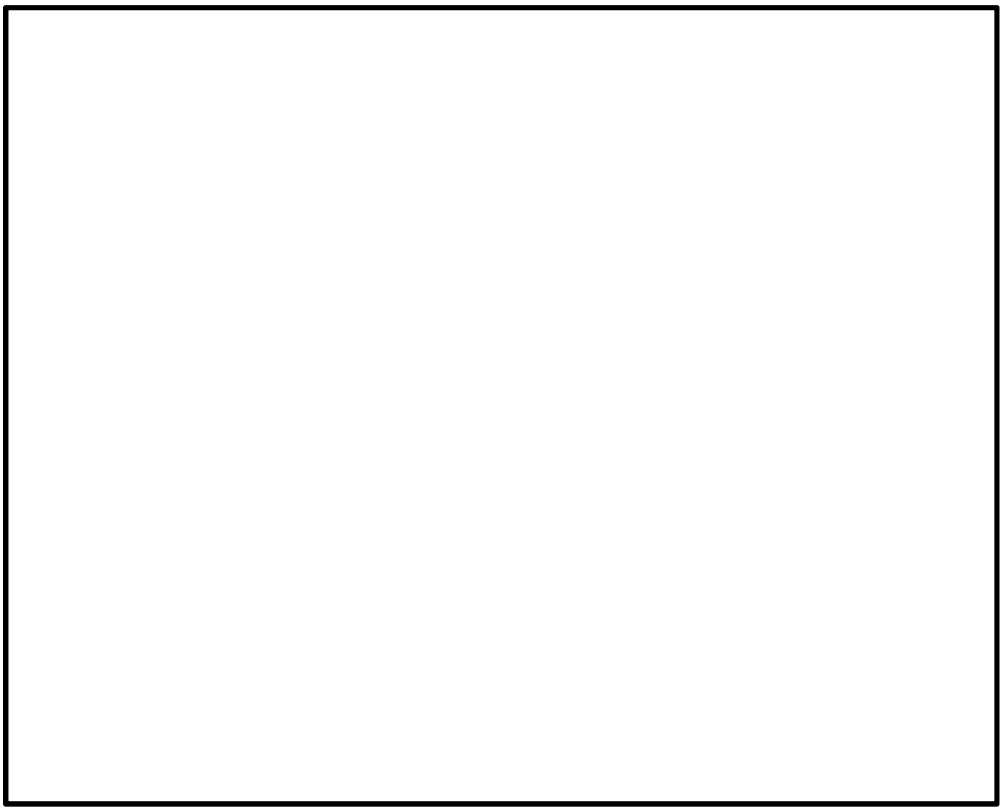




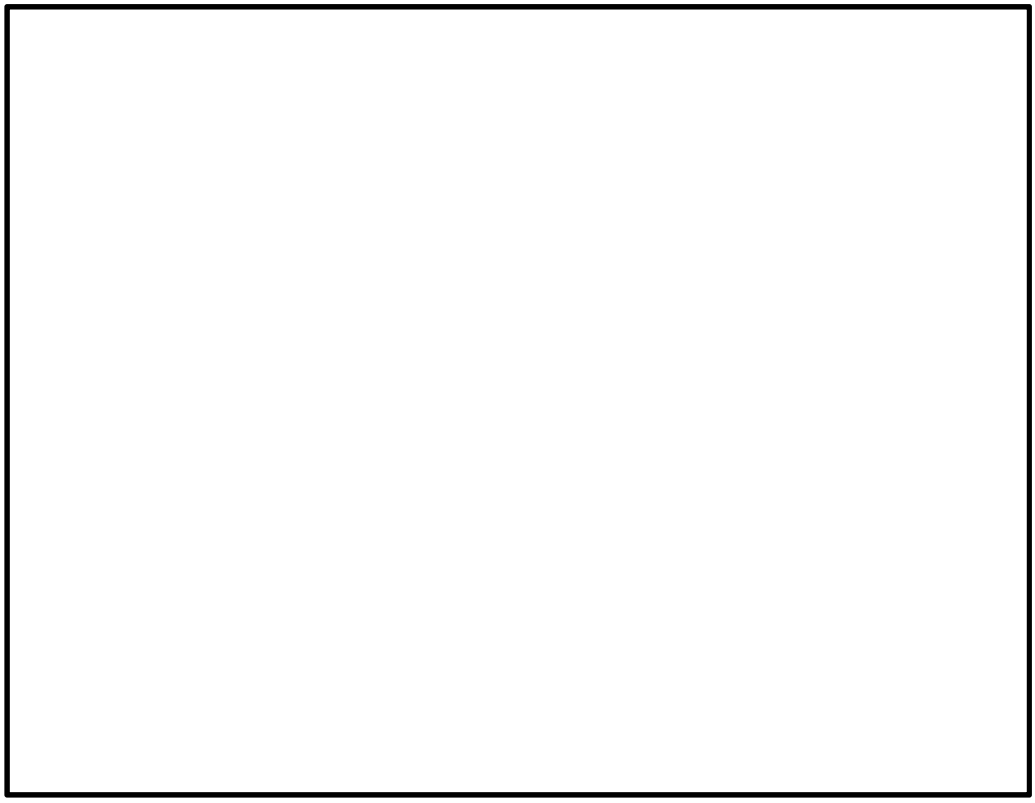
第 5-1 図 (1)　南基礎上部配筋要領図



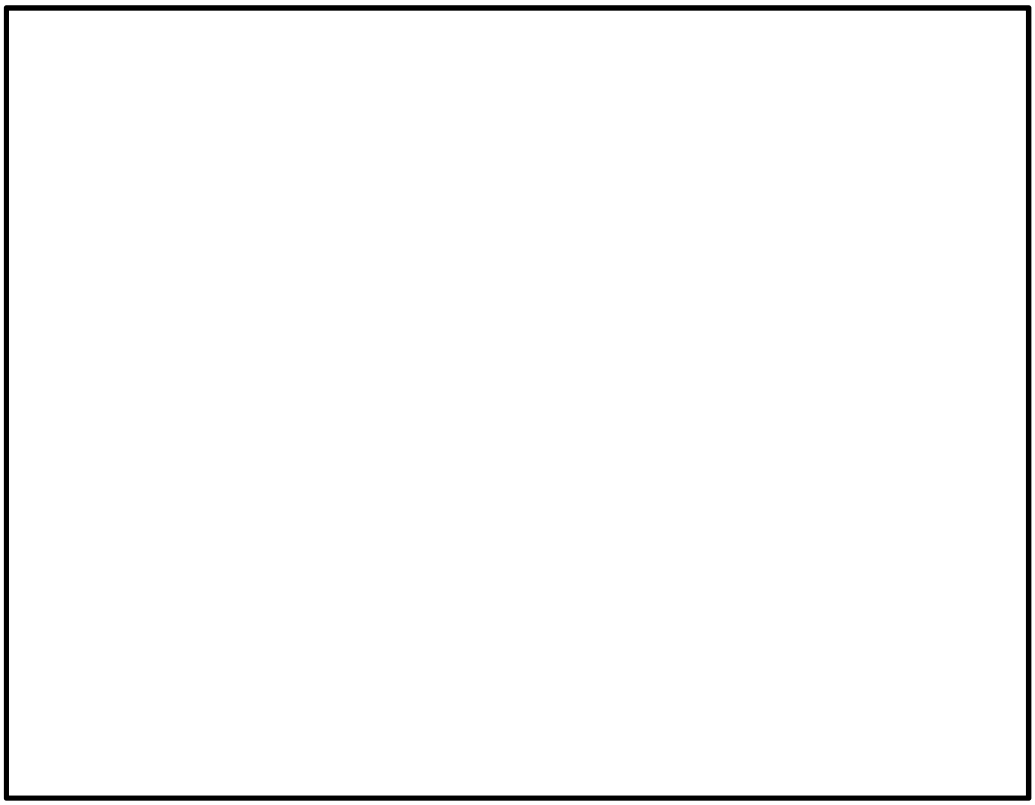
第 5-1 図 (2)　南基礎中央配筋要領図



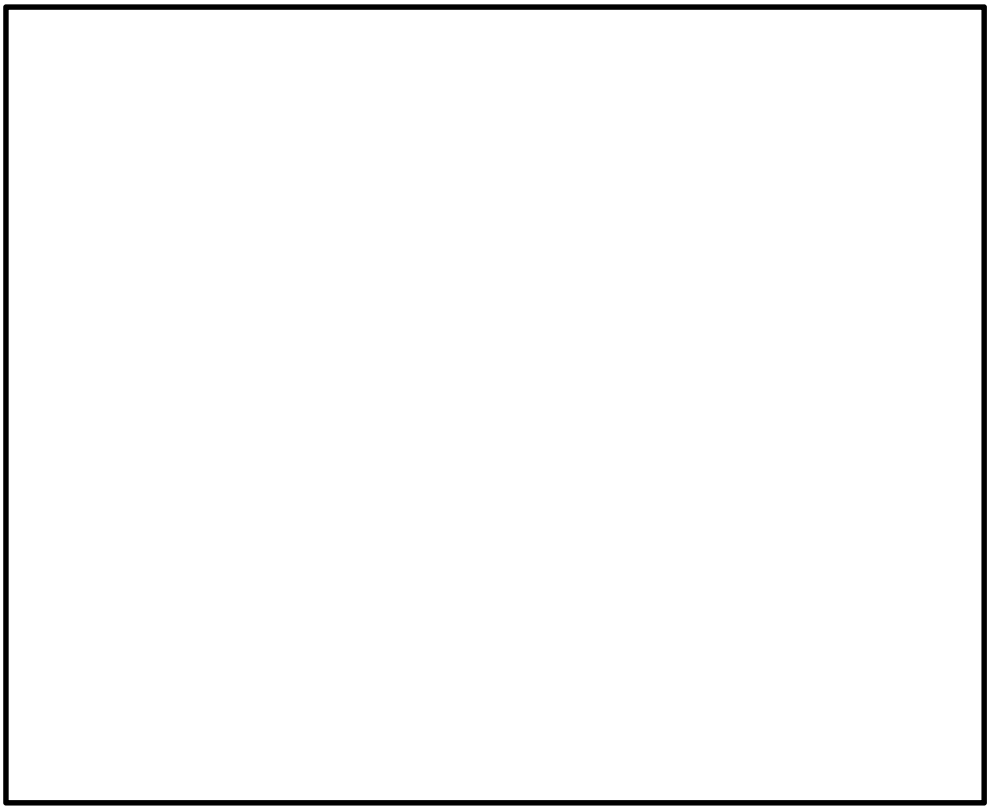
第 5-1 図 (3)　南基礎下部配筋要領図



第 5-1 図 (4)　北基礎上部配筋要領図



第 5-1 図 (5)　北基礎中央配筋要領図

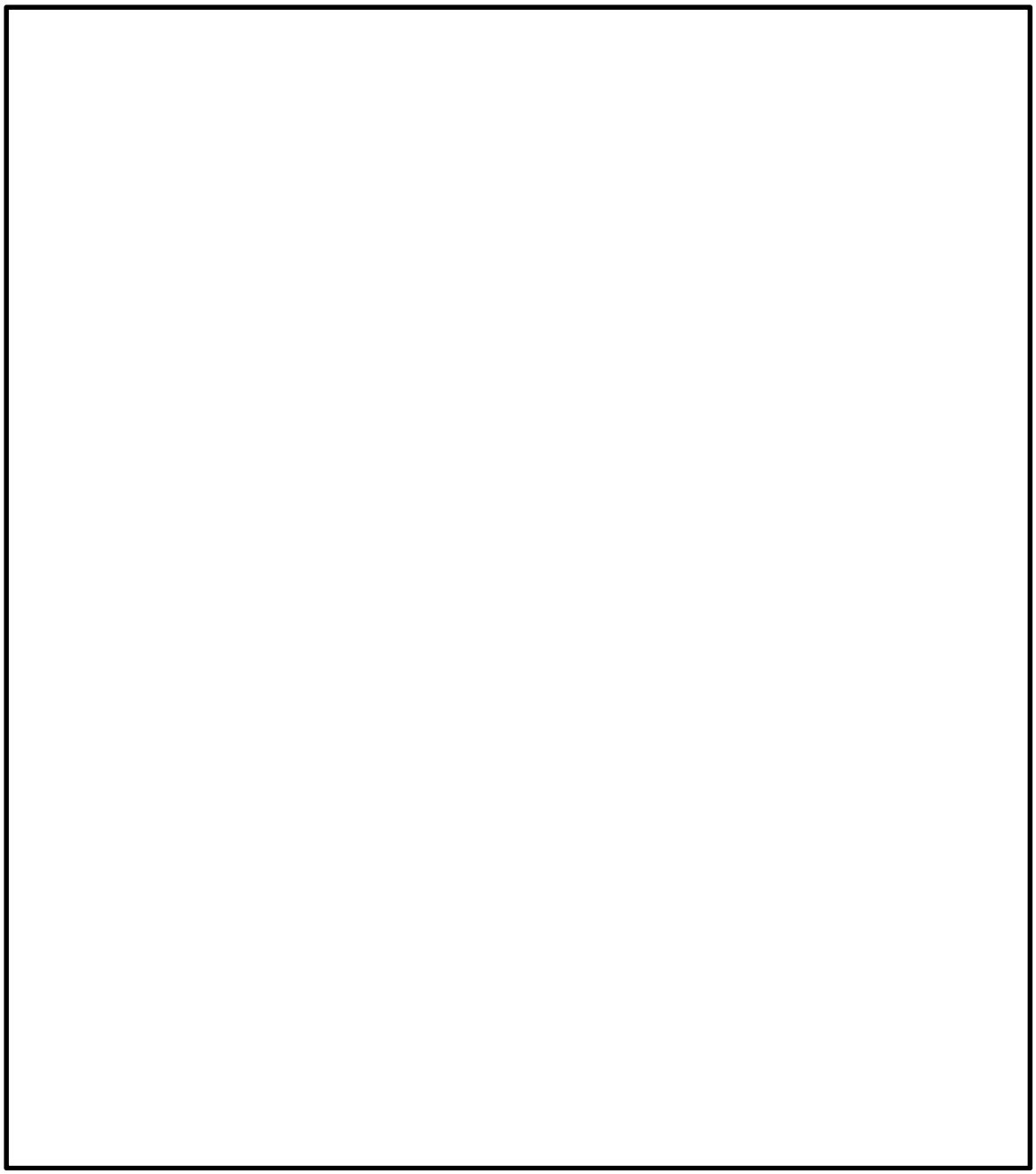


第 5-1 図（6）　北基礎下部配筋要領図

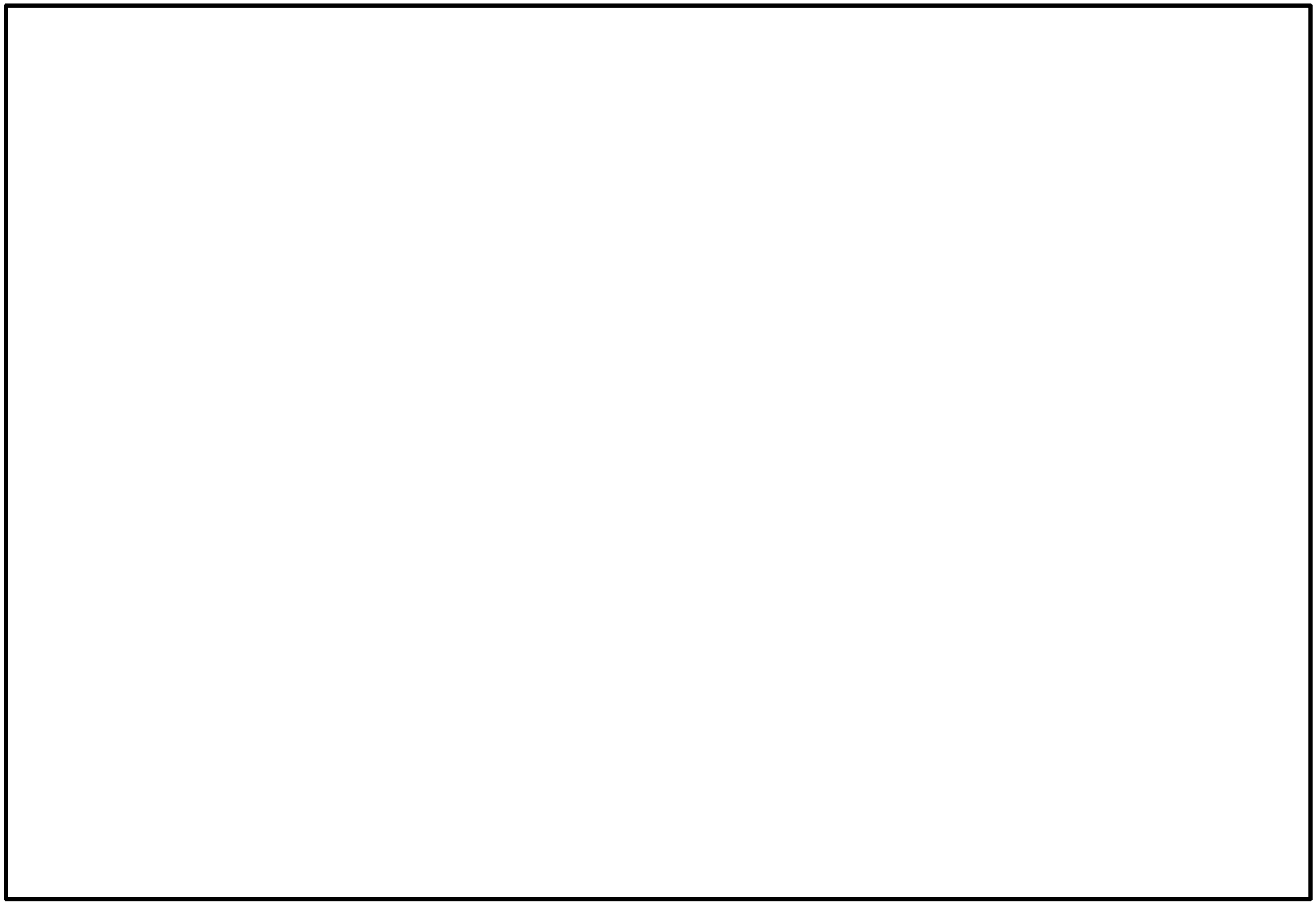
(2)　鋼製防護壁に対する評価結果

a.　上部構造の評価結果

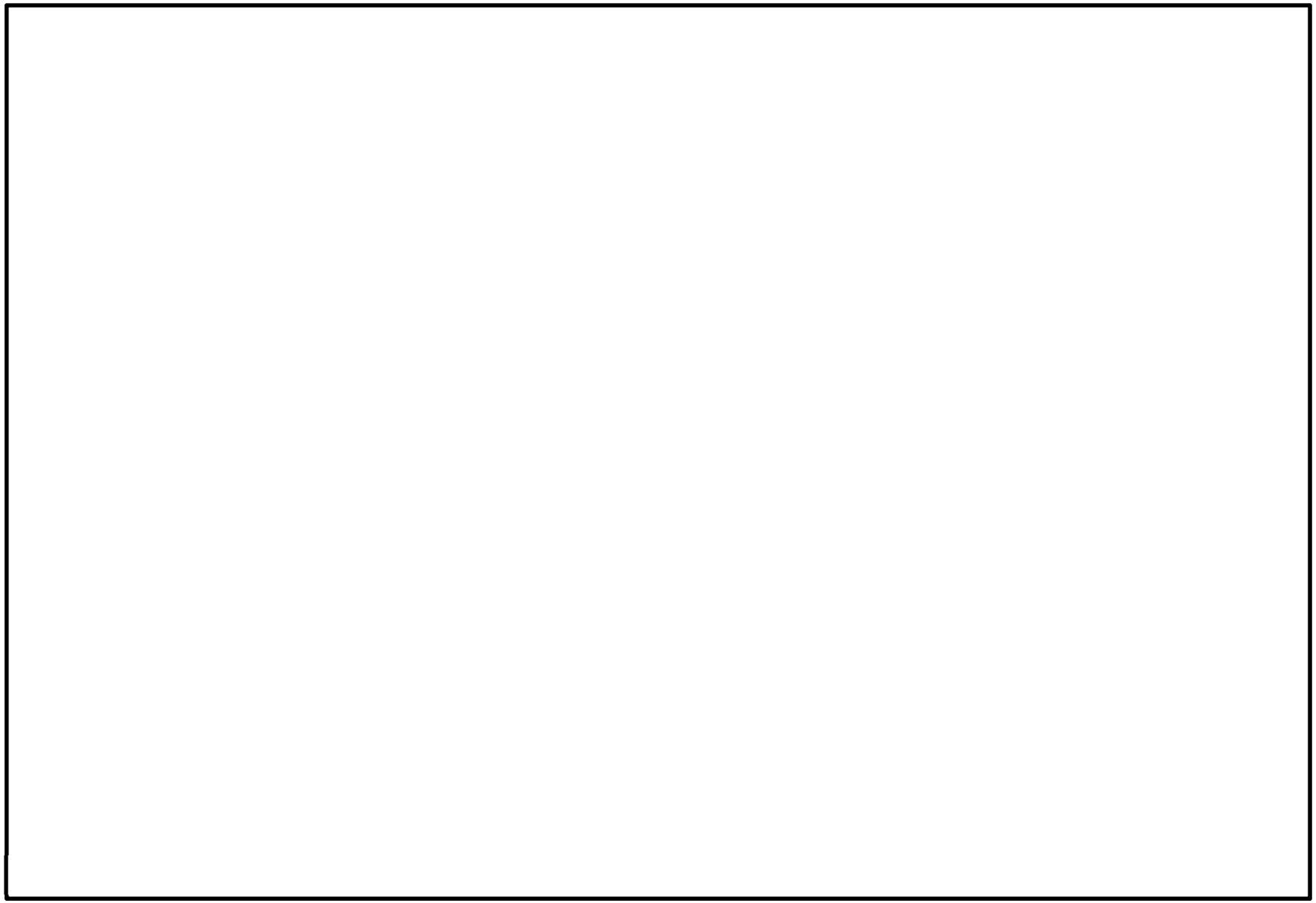
鋼製防護壁の構造図を第 5-2 図，板厚構成図を第 5-3 図に示す。



第 5-2 図　鋼製防護壁構造図



第 5-3 図（1）　板厚構成図（その１）



第 5-3 図 (2)　板厚構成図（その２）

b. 主部材

主部材の評価結果を第 5-4 表に示す。

第 5-4 表　主部材の評価結果

検討ケース	地震動	組合せ係数 ①－①	組合せ係数 ②－② ③－③	材質	応力成分	発生値	許容値	照査値
④	S_s－D１（H＋，V＋）	1.0	0.4	SBHS500	直応力度σ (N/mm^2)	443	500	0.89
		1.0	0.4	SBHS500	せん断応力度τ (N/mm^2)	215	285	0.76
		1.0	0.4	SM490Y	合成応力度 k (－)	1.19	1.2	0.992
		0.4	1.0	SBHS500	直応力度σ (N/mm^2)	479	500	0.96
		0.4	1.0	SM570	せん断応力度τ (N/mm^2)	206	246	0.84
		0.4	1.0	SM490Y	合成応力度 k (－)	1.18	1.2	0.99

注記　　：合成応力度 $k=(\sigma/\sigma_a)^2+(\tau/\tau_a)^2$

④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により
地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース

c. 補剛材

主部材に対する補剛材の評価結果を第 5-5 表に示す。

第 5-5 表 (1)　補剛材の評価結果（その１）

主部材			補剛材		
部位	材質	板厚 (mm)	成分	必要量	配置量
Z0-Z1	SBHS500	65	断面積（cm^2）	31.42	108.80
			断面２次モーメント（cm^4）	4415	37137
Z0-Z1	SBHS500	60	断面積（cm^2）	29.00	108.80
			断面２次モーメント（cm^4）	10129	37137
Z1-Z2	SBHS500	60	断面積（cm^2）	33.00	108.80
			断面２次モーメント（cm^4）	15895	37137
Z2-Z3	SBHS500	60	断面積（cm^2）	33.00	108.80
			断面２次モーメント（cm^4）	15895	37137
Z0-Z1	SM570	40	断面積（cm^2）	19.33	108.80
			断面２次モーメント（cm^4）	11224	37137
Z0-Z1	SM570	30	断面積（cm^2）	14.50	108.80
			断面２次モーメント（cm^4）	11913	37137
Z0-Z1	SM570	30	断面積（cm^2）	14.50	108.80
			断面２次モーメント（cm^4）	11913	37137
Z0-Z1	SM570	30	断面積（cm^2）	14.50	108.80
			断面２次モーメント（cm^4）	10045	37137
Z0-Z1	SM570	25	断面積（cm^2）	12.08	108.80
			断面２次モーメント（cm^4）	9699	37137
Z1-Z2	SM570	40	断面積（cm^2）	22.00	108.80
			断面２次モーメント（cm^4）	14115	37137
Z1-Z2	SM570	30	断面積（cm^2）	16.50	108.80
			断面２次モーメント（cm^4）	13630	37137
Z1-Z2	SM490Y	30	断面積（cm^2）	16.50	108.80
			断面２次モーメント（cm^4）	11391	37137
Z1-Z2	SM490Y	25	断面積（cm^2）	13.75	108.80
			断面２次モーメント（cm^4）	10717	37137
Z2-Z3	SM570	40	断面積（cm^2）	22.00	108.80
			断面２次モーメント（cm^4）	14115	37137
Z2-Z3	SM490Y	40	断面積（cm^2）	22.00	108.80
			断面２次モーメント（cm^4）	11964	37137

第 5-5 表 (2)　補剛材の評価結果（その２）

主部材			補剛材		
部位	材質	板厚 (mm)	成分	必要量	配置量
Z2-Z3	SM570	30	断面積 (cm^2)	16.50	108.80
			断面２次モーメント (cm^4)	13630	37137
Z2-Z3	SM490Y	30	断面積 (cm^2)	16.50	108.80
			断面２次モーメント (cm^4)	13630	37137
Z2-Z3	SM490Y	25	断面積 (cm^2)	13.75	108.80
			断面２次モーメント (cm^4)	10717	37137
Z3-Z4	SM570	40	断面積 (cm^2)	22.00	108.80
			断面２次モーメント (cm^4)	14115	37137
Z3-Z4	SM490Y	40	断面積 (cm^2)	22.00	108.80
			断面２次モーメント (cm^4)	11964	37137
Z3-Z4	SM570	30	断面積 (cm^2)	16.50	108.80
			断面２次モーメント (cm^4)	13630	37137
Z3-Z4	SM490Y	30	断面積 (cm^2)	16.50	108.80
			断面２次モーメント (cm^4)	13630	37137
Z3-Z4	SM570	25	断面積 (cm^2)	13.75	108.80
			断面２次モーメント (cm^4)	12879	37137
Z3-Z4	SM490Y	25	断面積 (cm^2)	13.75	108.80
			断面２次モーメント (cm^4)	12879	37137
Z4-Z5	SM570	30	断面積 (cm^2)	16.50	108.80
			断面２次モーメント (cm^4)	14670	37137
Z4-Z5	SM490Y	30	断面積 (cm^2)	16.50	108.80
			断面２次モーメント (cm^4)	14670	37137
Z4-Z5	SM570	25	断面積 (cm^2)	13.75	108.80
			断面２次モーメント (cm^4)	13481	37137
Z4-Z5	SM490Y	25	断面積 (cm^2)	13.75	108.80
			断面２次モーメント (cm^4)	13481	37137
Z5-Z6	SM570	30	断面積 (cm^2)	16.50	108.80
			断面２次モーメント (cm^4)	14670	37137
Z5-Z6	SM490Y	30	断面積 (cm^2)	16.50	108.80
			断面２次モーメント (cm^4)	14670	37137
Z5-Z6	SM570	25	断面積 (cm^2)	13.75	108.80
			断面２次モーメント (cm^4)	13481	37137

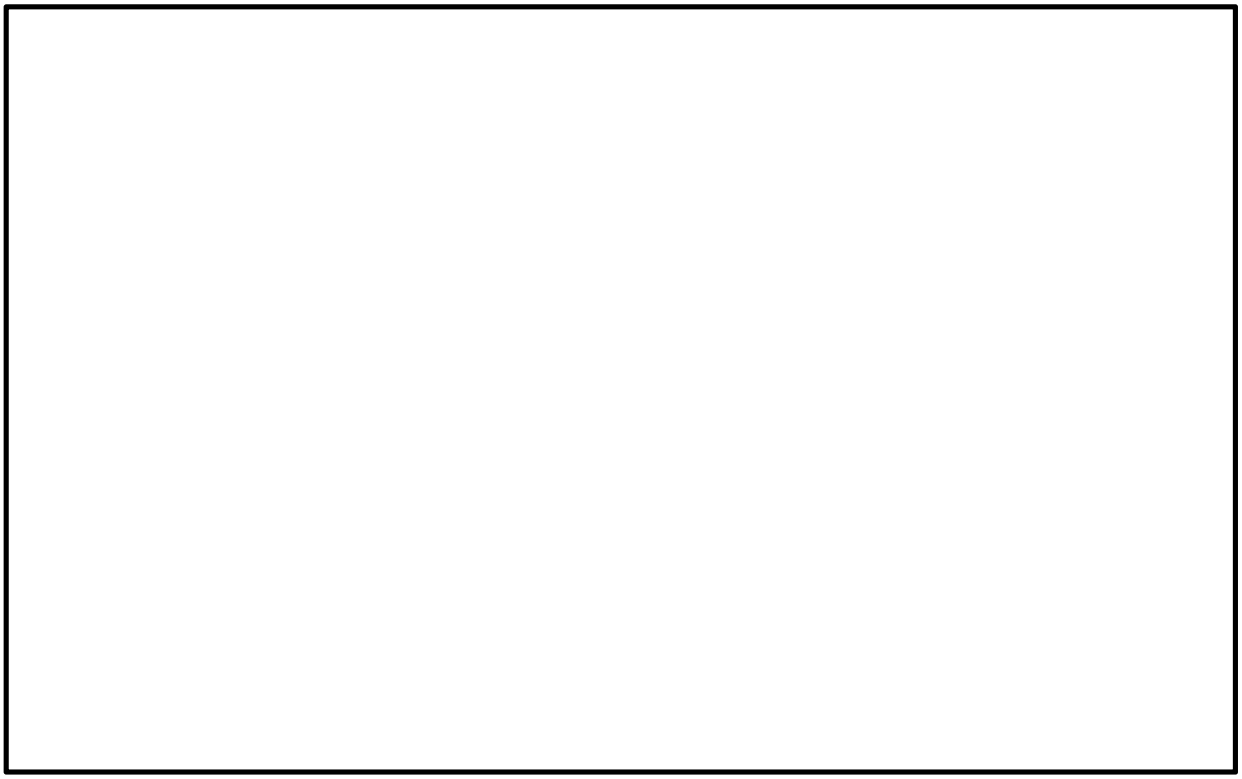
第 5-5 表（3）　補剛材の評価結果（その３）

主部材			補剛材		
部位	材質	板厚 (mm)	成分	必要量	配置量
Z5-Z6	SM490Y	25	断面積（cm^2）	13.75	108.80
			断面２次モーメント（cm^4）	13481	37137
Z5-Z6	SM490Y	20	断面積（cm^2）	11.00	108.80
			断面２次モーメント（cm^4）	6366	37137
Z6-Z9	SM490Y	30	断面積（cm^2）	15.00	50.60
			断面２次モーメント（cm^4）	8614	8922
Z6-Z9	SM490Y	20	断面積（cm^2）	10.00	50.60
			断面２次モーメント（cm^4）	5238	8922
Z6-Z9	SM570	16	断面積（cm^2）	8.00	50.60
			断面２次モーメント（cm^4）	3522	8922
Z6-Z9	SM490Y	16	断面積（cm^2）	8.00	50.60
			断面２次モーメント（cm^4）	3522	8922
Z6-Z9	SM490Y	12	断面積（cm^2）	6.00	50.60
			断面２次モーメント（cm^4）	1686	8922

d. 添接板

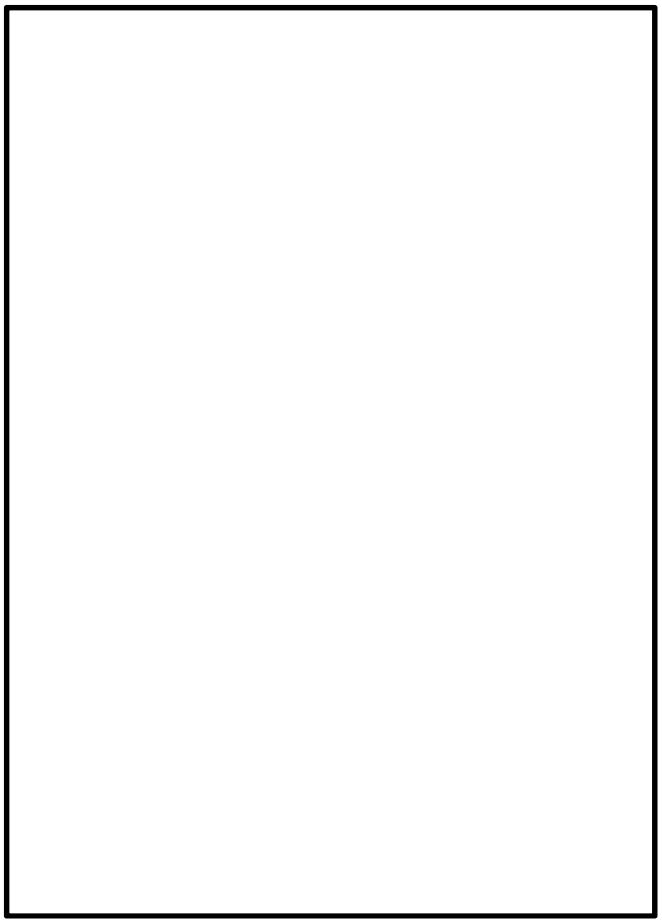
ボルト添接を適用する最大板厚60㎜の継ぎ手部（J4）における検討箇所を第5-4図に，外面鋼板の添接板の構造図を第 5-5 図に，評価結果を第 5-6 表に，水平隔壁の添接板の構造図を第 5-6 図，評価結果を第 5-7 表に示す。

以上により，上部構造は，許容限界以下であることを確認した。





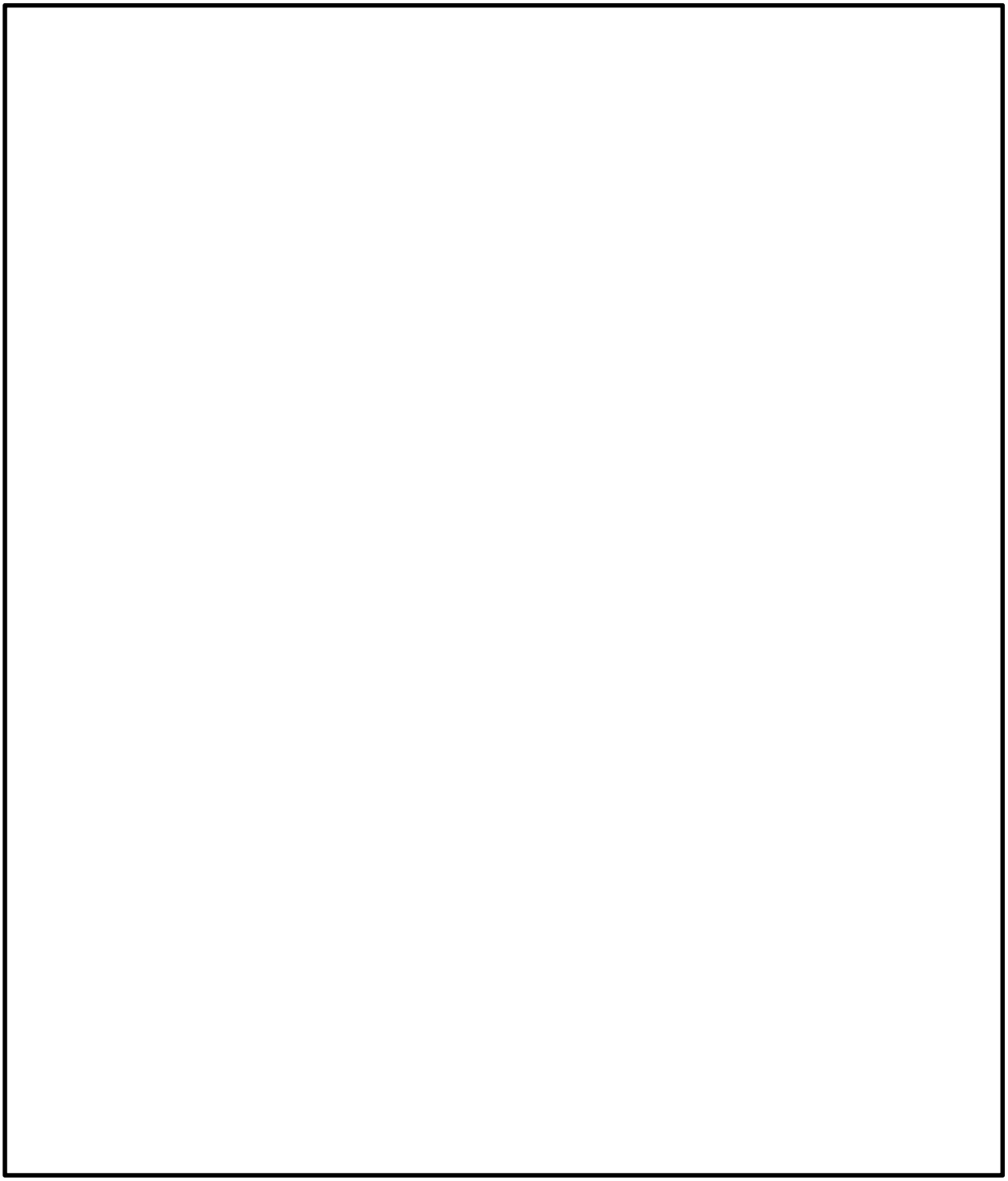
第 5-4 図　添接板検討位置図



第 5-5 図　外面鋼板添接板（J4）構造図

第 5-6 表　外面鋼板添接板（J4）の評価結果

部材	仕様	照査対象	断面積		
			区　分	必要断面積 (mm^2)	配置断面積 (mm^2)
添接板	SBHS500	母材	総断面積	511.9	515.8
			孔引き後断面積	378.2	417.1
		リブ	総断面積	244.8	259.2
			孔引き後断面積	182.8	188.9



第 5-6 図　水平隔壁添接板（J4）構造図

第 5-7 表　水平隔壁添接板（J4）の評価結果

部材	仕様	照査項目	発生値	許容値	照査値
ボルト	高力ボルト S10T M22	せん断力（N）	29324	108000	0.28
		合成応力（N）	103323	108000	0.96
添接板	SBHS500	曲げ応力度（N/mm^2）	312	442.5	0.71

(3) 鋼製防護壁（接合部）の評価結果

a. アンカーボルトの評価結果

アンカーボルトの評価結果を第 5-8 表に示す。

第 5-8 表　アンカーボルトの評価結果

基礎	検討ケース	組合せ係数		アンカーボルト						コンクリートの圧縮応力度（N/mm²）		
				引張応力度（N/mm²）			圧縮応力度（N/mm²）					
		①－①	②－② ③－③	発生応力	短期許容応力度	照査値	発生応力	短期許容応力度	照査値	発生応力	短期許容応力度	照査値
南基礎	①	0.4	1.0	85	315.0	0.27	52	315.0	0.17	3.6	24.0	0.15
	④	1.0	0.4	267	315.0	0.85	75	315.0	0.24	5.5	24.0	0.23
		1.0	0.4	－*1	315.0	－*1	17	315.0	0.06	1.2	24.0	0.05
		1.0	0.4	239	315.0	0.76	110	315.0	0.35	7.9	24.0	0.33
		1.0	0.4	272	315.0	0.87	77	315.0	0.25	5.6	24.0	0.24
		0.4	1.0	84	315.0	0.27	84	315.0	0.27	2.5	24.0	0.11
北基礎	①	0.4	1.0	57	315.0	0.18	29	315.0	0.10	2.1	24.0	0.09
	④	1.0	0.4	292	315.0	0.93	82	315.0	0.26	6.0	24.0	0.25
		1.0	0.4	292	315.0	0.93	85	315.0	0.27	6.2	24.0	0.26
		1.0	0.4	191	315.0	0.61	95	315.0	0.31	6.7	24.0	0.28
		1.0	0.4	230	315.0	0.73	103	315.0	0.33	7.4	24.0	0.31
		0.4	1.0	68	315.0	0.22	44	315.0	0.14	3.1	24.0	0.13

注記　＊1：全断面圧縮

①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース

④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース

b. アンカーボルトの定着長

アンカーボルトの定着長を第 5-9 表に示す。

第 5-9 表　アンカーボルトの定着長

定着長（cm）	必要定着長（cm）	照査値
270.0	236.9	0.88

c. アンカーボルトのコーンせん断

アンカーボルトのコーンせん断に対する評価結果を第 5-10 表に示す。

第 5-10 表　アンカーボルトのコーンせん断

基礎	定着部のコーンせん断に対する許容応力度 (N/mm^2)	コンクリート強度で決まるコーンせん断強度 (N/mm^2)	鉄筋補強によるコーンせん断強度の増加 (N/mm^2)	必要鉄筋量 (mm^2/m^2)	配置鉄筋量 4-D25@300 (mm^2/m^2)	照査値
南基礎	1.102	0.825	0.690	2299	6755	0.34
北基礎	1.184	0.825	0.772	2572	6755	0.38

d. 頂版及び中詰め鉄筋コンクリートの水平せん断力

頂版及び中詰め鉄筋コンクリートの水平せん断力に対する評価結果を第 5-11 表に示す。

第 5-11 表　頂版及び中詰め鉄筋コンクリートの水平せん断力に対する照査結果

基礎	部位	設計せん断力 (kN)	必要鉄筋量 (mm^2)	配置鉄筋	配置鉄筋量 (mm^2)	照査値
南基礎	頂版コンクリート	82547	2077	24-D32	14349	0.15
	中詰めコンクリート	82547	3228	15-D35*	19061	0.17
北基礎	頂版コンクリート	65035	2988	24-D32	14349	0.21
	中詰めコンクリート	65035	1898	15-D35*	19061	0.10

注記　＊：「鋼製防護壁の接合部アンカーに関する補足説明」において実施した３次元解析（ＣＯＭ３）の結果を反映して安全余裕を高める目的で鉄筋量を増加。

e. 頂版及び中詰め鉄筋コンクリートの水平回転モーメント

頂版及び中詰め鉄筋コンクリートの水平回転モーメントに対する評価結果を第 5-12 表に示す。

第 5-12 表　頂版及び中詰め鉄筋コンクリートの水平回転モーメントに対する照査結果

基礎	部位	設計水平回転モーメント (kN・m)	水平鉄筋				鉛直鉄筋			
			配置鉄筋	発生応力 (N/mm^2)	短期許容応力度 (N/mm^2)	照査値	配置鉄筋	発生応力 (N/mm^2)	短期許容応力度 (N/mm^2)	照査値
南基礎	頂版鉄筋コンクリート	1770277	8-D35	260	435	0.60	7-D51	70	435	0.16
	中詰め鉄筋コンクリート	1770277	5-D38	291	435	0.67	5-D51	164	435	0.38
基礎	頂版鉄筋コンクリート	994722	8-D35	146	435	0.34	7-D51	33	435	0.08
	中詰め鉄筋コンクリート	994722	5-D38	164	435	0.38	5-D51	92	435	0.22

f. 中詰め鉄筋コンクリートと鋼殻のずれ止め

中詰め鉄筋コンクリートと鋼殻とは，鋼殻側にずれ止めのためのスタッドを配置し一体化する。南北基礎の各断面力成分が最大値をとる時刻の発生断面力の組合せを設計断面力として必要スタッド量を算定した。評価結果を第 5-13 表に示す。

第 5-13 表　中詰め鉄筋コンクリートと鋼殻の一体化のためのスタッドの検討結果

部位	面外せん断力 (kN)	面内せん断力 (kN)	水平回転モーメント (kN・m)	面外回転モーメント (kN・m)	面内回転モーメント (kN・m)	必要スタッド量
南北面	10111	85218	1770277	494600	364422	160mm 格子
東西面	41599	33573	264603	39551	1601209	147mm 格子

g. 頂版及び中詰め鉄筋コンクリートの水平回転モーメント

頂版及び中詰め鉄筋コンクリートの水平回転モーメントに対する評価結果を第 5-14 表に示す。

第 5-14 表　頂版及び中詰め鉄筋コンクリートの水平回転モーメントに対する照査結果

基礎	部位	設計水平回転モーメント (kN・m)	水平鉄筋				鉛直鉄筋			
			配置鉄筋	発生応力 (N/mm²)	短期許容応力度 (N/mm²)	照査値	配置鉄筋	発生応力 (N/mm²)	短期許容応力度 (N/mm²)	照査値
南基礎	頂版鉄筋コンクリート	1770277	8-D35	260	435	0.60	7-D51	70	435	0.16
	中詰め鉄筋コンクリート	1770277	5-D38	291	435	0.67	5-D51	164	435	0.38
基礎	頂版鉄筋コンクリート	994722	8-D35	146	435	0.34	7-D51	33	435	0.08
	中詰め鉄筋コンクリート	994722	5-D38	164	435	0.38	5-D51	92	435	0.22

h. 中詰め鉄筋コンクリートと鋼殻のずれ止め

中詰め鉄筋コンクリートと鋼殻とは，鋼殻側にずれ止めのためのスタッドを配置し一体化する。南北基礎の各断面力成分が最大値をとる時刻の発生断面力の組合せを設計断面力として必要スタッド量を算定した。評価結果を第 5-15 表に示す。

第 5-15 表　中詰め鉄筋コンクリートと鋼殻の一体化のためのスタッドの検討結果

部位	面外せん断力 (kN)	面内せん断力 (kN)	水平回転モーメント (kN・m)	面外回転モーメント (kN・m)	面内回転モーメント (kN・m)	必要スタッド量
南北面	10111	85218	1770277	494600	364422	160mm 格子
東西面	41599	33573	264603	39551	1601209	147mm 格子

5.2　基礎地盤の支持性能に対する評価結果

基礎地盤の支持性能照査結果を第 5-16 表に示す。

鋼製防護壁の基礎地盤に生じる最大接地圧が極限支持力度以下であることを確認した。

第 5-16 表（1）　①－①断面南基礎地盤の支持性能評価結果

検討ケース	地震動		最大接地圧	極限支持力度
			(kN/m^2)	(kN/m^2)
①	S_s－D１	H＋，V＋	2704	5991
		H＋，V－	2605	5991
		H－，V＋	2541	5991
		H－，V－	2495	5991
	S_s－１１		2084	5991
	S_s－１２		2268	5991
	S_s－１３		2220	5991
	S_s－１４		2140	5991
	S_s－２１		2387	5991
	S_s－２２		2108	5991
	S_s－３１	H＋，V＋	2411	5991
		H－，V＋	2615	5991
②	S_s－D１	H－，V＋	2529	5991
③	S_s－D１	H－，V＋	2552	5991
④	S_s－D１	H－，V＋	2696	5991
⑤	S_s－D１	H－，V＋	2418	5991
⑥	S_s－D１	H－，V＋	2403	5991

注記　①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース
②：地盤物性のはらつきを考慮（＋１σ）した解析ケース
③：地盤物性のはらつきを考慮（－１σ）した解析ケース
④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース
⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース
⑥：地盤物性のばらつきを考慮（＋1σ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース

第 5-16 表（2）　①－①断面北基礎地盤の支持性能評価結果

検討ケース	地震動		最大接地圧	極限支持力度
			(kN/m^2)	(kN/m^2)
①	S_s－D１	H＋，V＋	3353	6116
		H＋，V－	3537	6116
		H－，V＋	3723	6116
		H－，V－	3523	6116
	S_s－１１		2721	6116
	S_s－１２		2914	6116
	S_s－１３		2808	6116
	S_s－１４		2593	6116
	S_s－２１		3150	6116
	S_s－２２		2803	6116
	S_s－３１	H＋，V＋	3490	6116
		H－，V＋	3105	6116
②	S_s－D１	H＋，V－	3492	6116
③	S_s－D１	H＋，V－	3560	6116
④	S_s－D１	H＋，V－	3861	6116
⑤	S_s－D１	H＋，V－	2955	6116
⑥	S_s－D１	H＋，V－	2926	6116

注記　①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース
②：地盤物性のはらつきを考慮（＋１σ）した解析ケース
③：地盤物性のはらつきを考慮（－１σ）した解析ケース
④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース
⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース
⑥：地盤物性のばらつきを考慮（+1σ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース

第 5-16 表（3）　③－③断面地盤の支持性能評価結果

検討ケース	地震動		最大接地圧	極限支持力度
			(kN/m^2)	(kN/m^2)
①	S_s－D１	H＋，V＋	2288	5991
		H＋，V－	2405	5991
		H－，V＋	2375	5991
		H－，V－	2319	5991
	S_s－１１		1945	5991
	S_s－１２		2100	5991
	S_s－１３		2108	5991
	S_s－１４		2067	5991
	S_s－２１		2067	5991
	S_s－２２		2186	5991
	S_s－３１	H＋，V＋	2519	5991
		H－，V＋	2480	5991
②	S_s－３１	H＋，V＋	2510	5991
③	S_s－３１	H＋，V＋	2525	5991
④	S_s－３１	H＋，V＋	2544	5991
⑤	S_s－３１	H＋，V＋	2505	5991
⑥	S_s－３１	H＋，V＋	2499	5991

注記　①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース
②：地盤物性のはらつきを考慮（＋１σ）した解析ケース
③：地盤物性のはらつきを考慮（－１σ）した解析ケース
④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース
⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース
⑥：地盤物性のばらつきを考慮（＋１σ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース

第 5-16 表（4）　②－②断面地盤の支持性能評価結果

検討ケース	地震動		最大接地圧	極限支持力度
			(kN/m^2)	(kN/m^2)
①	S_s－D１	H＋，V＋	3716	6116
		H＋，V－	3832	6116
		H－，V＋	3792	6116
		H－，V－	3847	6116
	S_s－１１		2676	6116
	S_s－１２		3159	6116
	S_s－１３		3053	6116
	S_s－１４		3023	6116
	S_s－２１		2906	6116
	S_s－２２		2904	6116
	S_s－３１	H＋，V＋	3513	6116
		H－，V＋	3213	6116
②	S_s－D１	H＋，V＋	3767	6116
③	S_s－D１	H＋，V＋	3766	6116
④	S_s－D１	H＋，V＋	3791	6116
⑤	S_s－D１	H＋，V＋	3539	6116
⑥	S_s－D１	H＋，V＋	3470	6116

注記　①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース
②：地盤物性のはらつきを考慮（＋１σ）した解析ケース
③：地盤物性のはらつきを考慮（－１σ）した解析ケース
④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース
⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース
⑥：地盤物性のばらつきを考慮（＋１σ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース

5.3　構造物の変形性に対する評価結果

地震時における止水ジョイント部の異種構造物間の相対変位量に対する照査結果を第 5-17 表に示す。

地震時における止水ジョイント部の異種構造物間の相対変位量に対する照査を行った結果，止水ジョイント部の相対変位量が許容限界以下であることを確認した。

第 5-17 表　異種構造物間の地震時相対変位量

位置番号	δx [m]	δy [m]	δz [m]	最大発生変位量[m] $\sqrt{(\delta x^2+\delta y^2+\delta z^2)}$	設計変位量 [m]
南側	0.710	1.033	0.103	1.258	2.000
北側	0.690	1.344	0.109	1.515	2.000

Ⅴ-2-10-2-2-1　防潮堤（鋼製防護壁）の耐震性についての計算書

2.　防潮堤（鋼製防護壁）の止水機構に関する耐震計算書

目　次

1.　概要 1
2.　一般事項 2
2.1　配置概要 2
2.2　構造計画 3
2.3　評価方針 7
2.4　適用基準 9
2.5　記号の説明 10
3.　評価部位 13
4.　固有周期 14
4.1　固有周期の計算方法 14
4.2　固有周期の計算条件 14
4.3　固有周期の計算結果 16
5.　構造強度評価 17
5.1　構造強度評価方法 17
5.2　荷重及び荷重の組合せ 17
5.3　許容限界 18
5.4　設計用地震力 20
5.5　計算方法 21
5.6　計算条件 34
6.　評価結果 39

1. 概要

本資料は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している耐震評価に基づき，鋼製防護壁止水機構が設計用地震力に対して主要な構造部材が十分な構造健全性を有することを説明するものである。その耐震評価は，鋼製防護壁の地震応答解析，地震応答解析に基づく主要な止水機構の構造部材の応力評価により行う。

2.　一般事項

鋼製防護壁止水機構の検討対象断面位置は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」に示す。

2.1　配置概要

鋼製防護壁止水機構は，鋼製防護壁と既設取水路間に設置する。

鋼製防護壁止水機構の配置位置を図 2-1 に示す。

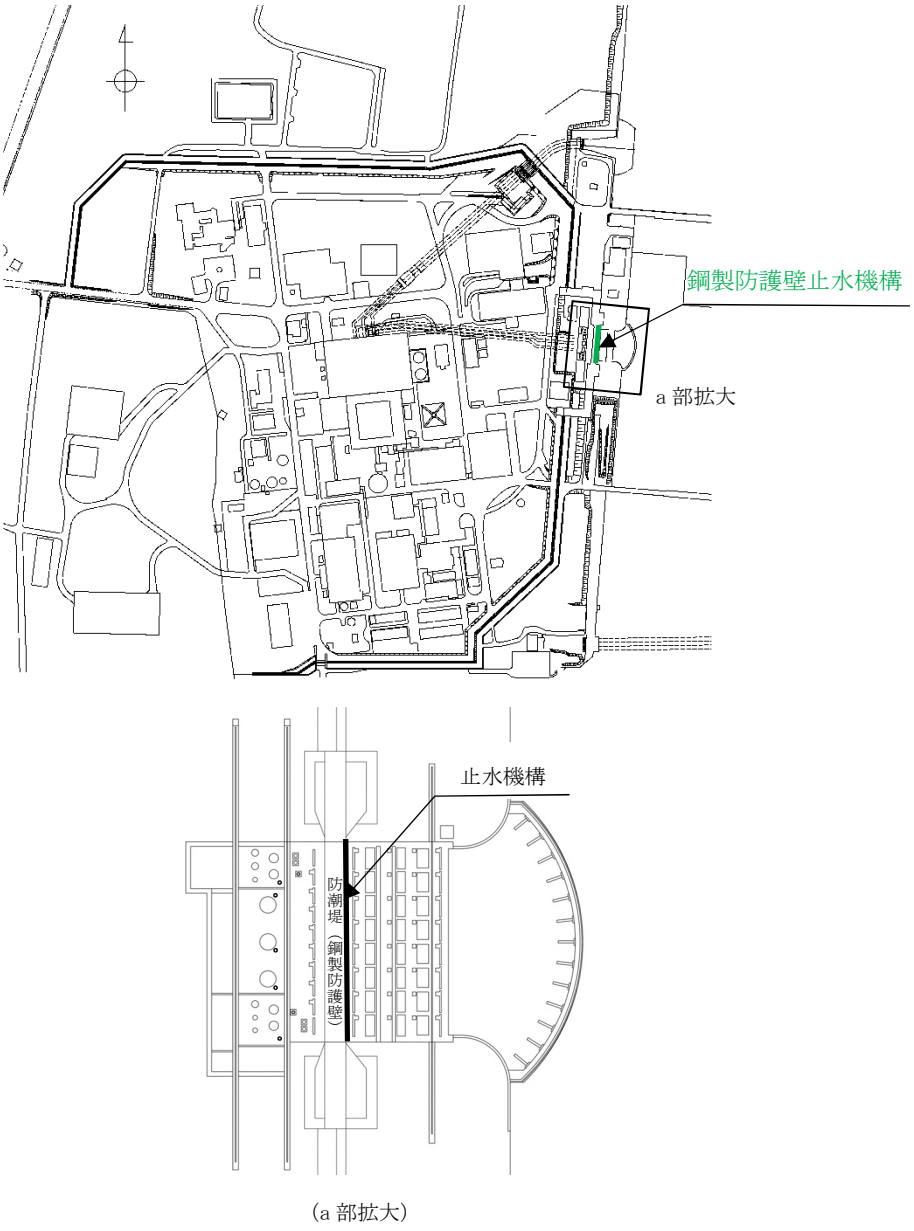


図 2-1　鋼製防護壁止水機構　配置図

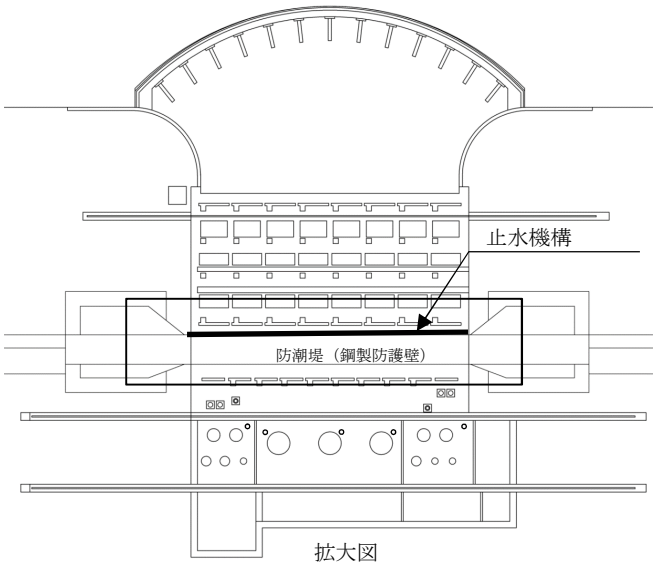
2.2　構造計画

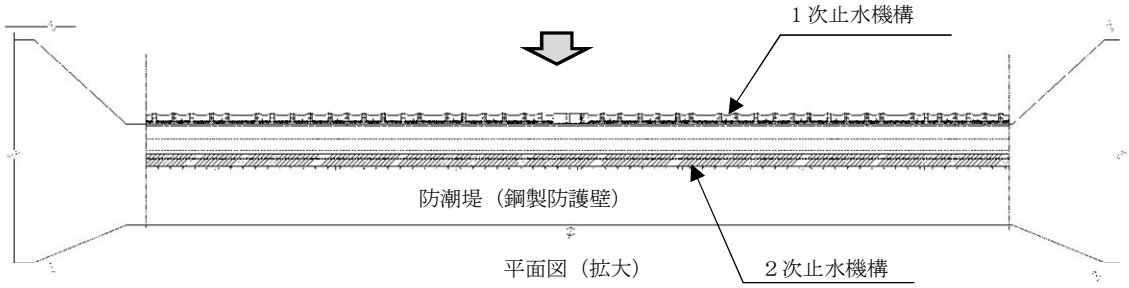
鋼製防護壁と既設取水路間に設置される止水機構は，１次止水機構，防衝板，２次止水機構から構成される。１次止水機構は，鋼製防護壁と取水路の相対変位に対する追従性を確保する必要があることから，止水板が可動できるよう止水板押えにより支持する構造とし，また，津波の浸水を防止するため，止水板の底面と側面に水密ゴムを設置し，水密性を確保する構造とする。また，止水板を漂流物から防護するため，止水板押えを設置する。

１次止水機構の損傷又は保守に伴う取り外し時に，漂流物が２次止水機構に到達することを防止するため，２次止水機構の前面に防衝板を設置する構造とする。

また，１次止水機構の止水板からの微少漏えいに対して，敷地内に津波を浸水させないよう陸側にシートジョイントからなる２次止水機構を設置する構造とする。

鋼製防護壁止水機構の構成を図 2-2，止水機構の構造概要を表 2-1 に示す。







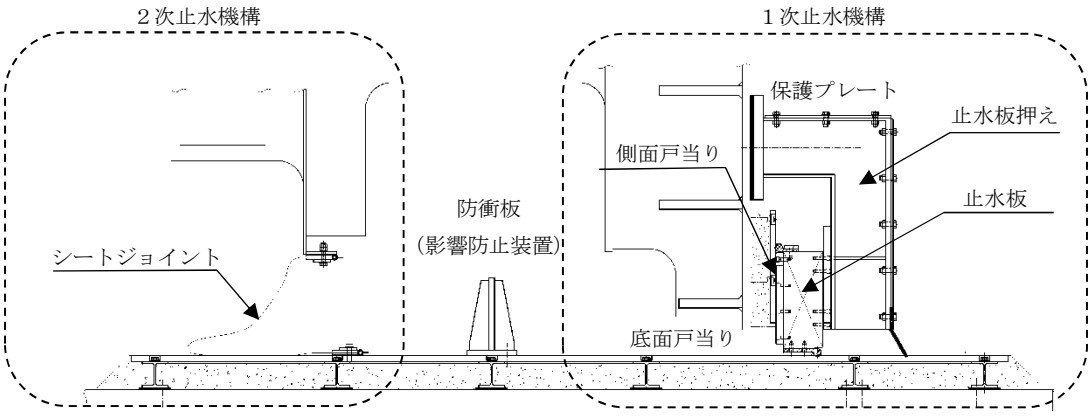


図2-2　止水機構の設置位置及び構造図

表2-1(1/2)　構造計画

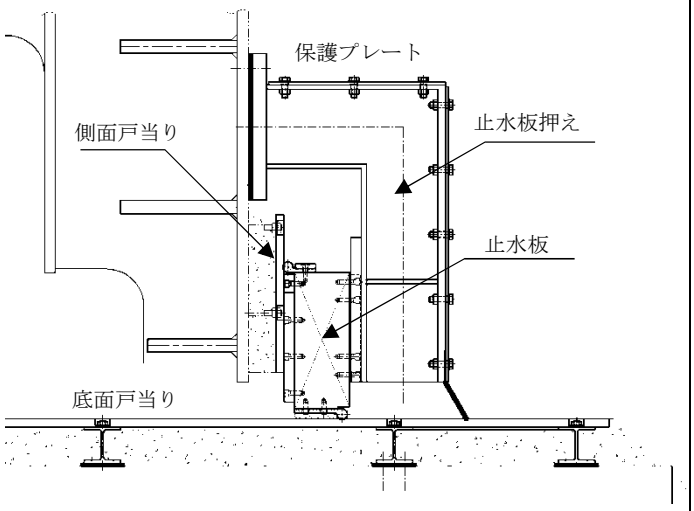
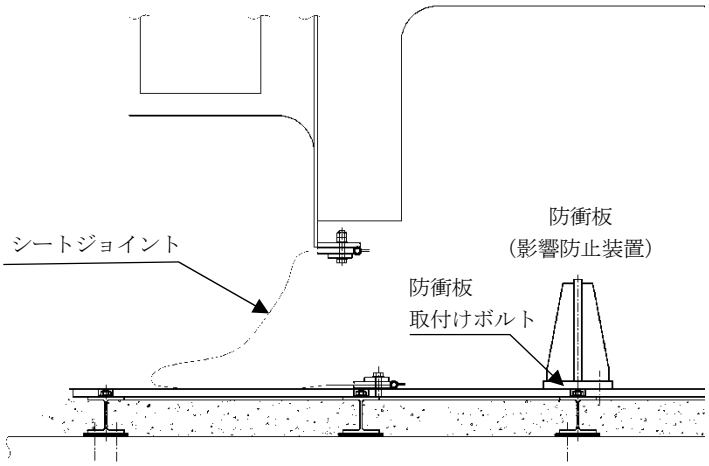
計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
止水板は，取水路上版に垂直に設置され，鋼製防護壁に設置された止水板押えにより支持される。	止水板，止水板押え，保護プレート，側面戸当り，底面戸当りにより構成する。	

表2-1(2/2)　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
シートジョイントは，取水路上版と鋼製防護壁に固定される。 防衝板を取水路上版の取付けボルトにより固定する。	シートジョイントにより構成する。 防衝板及び防衝板取付けボルトにより構成する。	

2.3　評価方針

鋼製防護壁止水機構の耐震評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき「2.2　構造計画」に示す。「3.　評価部位」にて設定する評価部位において，「4.　固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力により算出した応力等が許容限界内に収まることを「5.　構造強度評価」に示す方法にて確認する。応力評価及び構造健全性評価の確認を「6.　評価結果」にて確認する。

鋼製防護壁の地震応答解析の結果及び構造物全体の安全性評価については，本図書において説明する。

耐震評価フローを図 2-3 に示す。

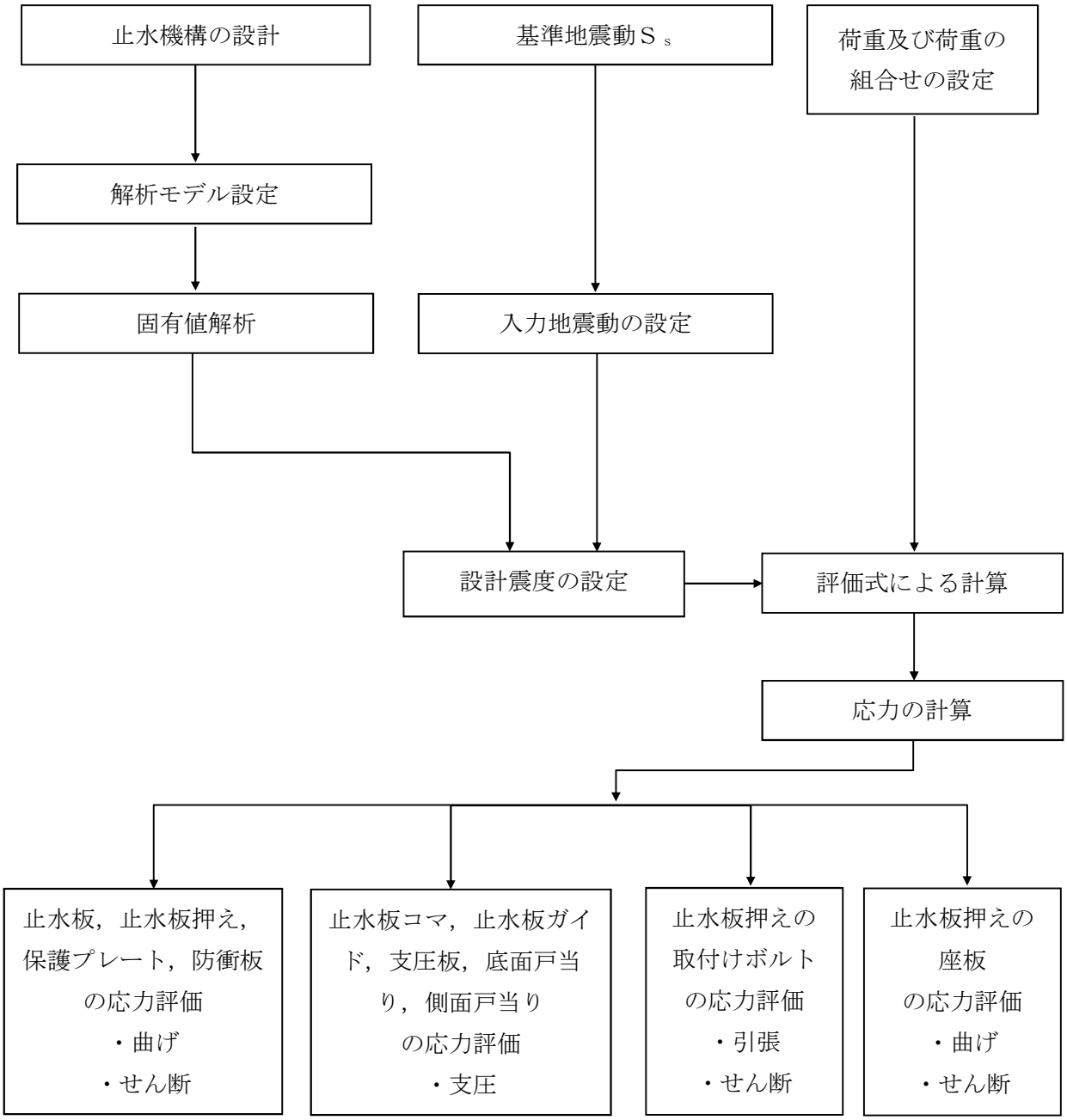

止水機構の設計
基準地震動Ｓｓ
荷重及び荷重の組合せの設定
解析モデル設定
固有値解析
入力地震動の設定
設計震度の設定
評価式による計算
応力の計算
止水板，止水板押え，保護プレート，防衝板の応力評価
・曲げ
・せん断
止水板コマ，止水板ガイド，支圧板，底面戸当り，側面戸当りの応力評価
・支圧
止水板押えの取付けボルトの応力評価
・引張
・せん断
止水板押えの座板の応力評価
・曲げ
・せん断

図 2-3　耐震評価フロー

2.4　適用基準

適用する規格，基準等を以下に示す。

(1)　道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅱ鋼橋編）・同解説（日本道路協会，平成 14 年 3 月）

(2)　水門鉄管技術基準（水門扉編）・付解説（水門鉄管協会，平成 19 年 9 月）

(3)　ダム・堰施設技術基準（案）（基準解説編・マニュアル編）ダム・施設技術基準協会 平成 25 年 6 月）

NT2 補② V-2-10-2-2-1 R8

2.5　記号の説明

止水機構の固有周期の計算に用いる記号を表 2-2 に，応力評価に用いる記号を表 2-3 に示す。

表 2-2　止水機構の固有周期の計算に用いる記号

記号	単位	定義
L	m	スパン長
m	kg/m	止水板，止水板押えの自重
E	N/mm^2	縦弾性係数
I	cm^4	断面二次モーメント
λ_n	－	支持条件（単純支持梁，1 次モード）

表 2-3(1/3)　止水機構の応力評価に用いる記号

記号	単位	定義
G	kN	固定荷重
I_{gi}	$kN \cdot m/s^2$	地震時慣性力
P_s	kN/m	積雪荷重
P_w	kN/m	風荷重
P_H,PH	kN/m	水平荷重
P_V，PV	kN/m	鉛直荷重
W	kN	部材自重
A，A_W	m^2 mm^2	各部材の断面積
Z	mm^3	断面係数
L	m	止水板の幅
a	mm	止水板支点からの張り出し部の長さ
σ	N/mm^2	止水板に生じる曲げ応力度
τ	N/mm^2	止水板に生じるせん断応力度
P	kN	止水板コマの止水板に作用する全鉛直荷重
σ_p	N/mm^2	支圧板コマ，支圧板ガイド及び支圧板に生じる支圧応力度
B	m	止水板コマの評価に用いる止水板の幅
b	mm	支圧板コマの幅
Ls	mm	止水板コマ，止水板ガイド及び支圧板の荷重を受ける支圧板の長さ
P_{hx}	kN	止水板ガイドに作用する水平荷重
b	mm	止水板ガイドの側面の接触幅

表 2-3(2/3)　止水機構の応力評価に用いる記号

記号	単位	定義
P_P	kN	支圧板に作用する全荷重
L	m	支圧板に作用する止水板の幅
b	mm	支圧板に作用する支圧板の幅
L_s	mm	荷重を受ける支圧板の長さ
W	kN/m	止水板押え及び保護プレートの自重
P_{vg}	kN/m	止水板押えに作用する地震時慣性力（鉛直）
P_{hgy}	kN/m	止水板押えに作用する止水板押え及び保護プレートの慣性力
a，a_L	mm	保護プレートの最大取付け長さ
M_{ax}	kN･m	止水板押えに生じるＡ点曲げモーメント
S_{cb}	kN	止水板押えに生じるせん断応力度
R_{ha}	kN	止水板押え上部に生じる垂直反力
R_{hax}	kN	止水板押え上部に生じる組合せ反力
T_a	kN･m	止水板押えに作用するねじりモーメント
J	N/mm^2	止水板押えに生じるねじり剛性
δ_t	N/mm^2	止水板押え取付けボルト１本当たりの引張り応力度
τ	N/mm^2	止水板押え取付けボルト１本当たりのせん断応力度
F_{max}	kN	止水板押え取付けボルト１本に作用する引抜き力
A	mm^2	止水板押え取付けボルトの有効断面積
S_{max}	kN	止水板押え取付けボルトの最大せん断力
σ	N/mm^2	止水板座板に生じる曲げ応力度
τ	N/mm^2	止水板座板に生じるせん断応力度
M	kN･m	止水板座板の取付けボルトに作用する引抜き力による曲げモーメント
S_{max}	kN	止水板座板に作用する最大せん断力
t	mm	止水板座板の板厚
a	mm	保護プレートの最大取付け長さ（鉛直，水平）
M	kN･m	保護プレートに作用する曲げモーメント
S，S_W	kN	保護プレートに作用するせん断力
σ_M	N/mm^2	保護プレートに生じる曲げ応力度
τ	N/mm^2	保護プレートに生じるせん断応力度
σ_p	N/mm^2	側面戸当りに生じる支圧応力度
P_P	kN	側面戸当りの支圧板に作用する全荷重
b	mm	側面戸当りに当たる支圧板の幅
L_s	mm	側面戸当りの荷重を受ける支圧板の長さ

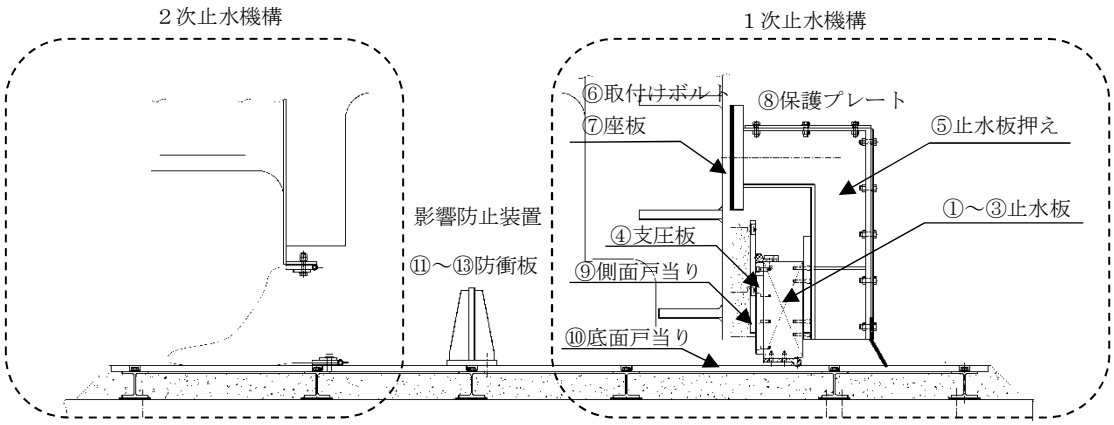
表 2-3(3/3)　止水機構の応力評価に用いる記号

記号	単位	定義
σ_p	N/mm^2	底面戸当りの支圧応力度
P_P	kN	底面戸当りの止水板コマに作用する全荷重
b	mm	底面戸当りに当たる止水板コマの幅
L_s	mm	底面戸当りの荷重を受ける支圧板コマの長さ
σ	N/mm^2	防衝板に生じる曲げ応力
τ	N/mm^2	防衝板に生じるせん断応力
M	kN･m	防衝板に作用する地震時慣性力による曲げモーメント
S	kN	防衝板に作用する地震時慣性力によるせん断力
Pg	kN/m	防衝板に作用する水平方向地震時慣性力
B	m	防衝板に作用する荷重分担幅
L1	m	防衝板に作用する水平方向荷重の高さ
σ_t	N/mm^2	防衝板取付けボルトに生じる曲げ応力
τ	N/mm^2	防衝板取付けボルトに生じるせん断応力
M	kN･m	防衝板取付けボルトに作用する地震時慣性力による曲げモーメント
S	kN	防衝板取付けボルトに作用する地震時慣性力によるせん断力
Pg	kN/m	防衝板取付けボルトに作用する水平方向地震時慣性力
F	kN	防衝板取付けボルトに作用する曲げモーメントに作用する引き抜き力
L1	m	防衝板取付けボルトに作用する水平方向荷重の高さ
B	m	防衝板取付けボルトに作用する荷重分担幅
b	m	防衝板取付けボルトのボルト間隔
σ	N/mm^2	防衝板座板に生じる曲げ応力度
τ	N/mm^2	防衝板座板に生じるせん断応力度
M	kN･m	防衝板座板の取付けボルトに作用する引抜き力による曲げモーメント
F	kN	止水板座板に作用する引き抜き力
Q	kN	止水板座板に作用するせん断力
t	Mm	止水板座板の厚さ

3. 評価部位

鋼製防護壁止水機構は，止水板，止水板押え，保護プレート，側面戸当り，底面戸当り，防衝板等で構成されている。耐震評価においては応力評価による評価部位として，止水板，止水板押え，保護プレート，側面戸当り，底面戸当り，防衝板及び固定部を選定する。

止水機構の評価部位について図 3-1 に示す。



図中の①～⑬は応力評価対象部位を示す。

図3-1　止水機構の評価部位

4. 固有周期

4.1 固有周期の計算方法

止水機構のうち止水板と止水板押えを単純支持梁としてモデル化し，固有振動数 f を求め，固有周期 T(s)を算出する。

$$f = \frac{\lambda_n^{\ 2}}{2\pi L^2} \cdot \sqrt{\frac{EI}{m}} \qquad T = \frac{1}{f}$$

4.2 固有周期の計算条件

固有周期の計算条件を表 4-1 に示す。

表 4-1 固有周期の計算条件

(1) 止水板

止水板の材質	スパン長 L (m)	止水板の自重 m (kg/m)
SUS304N2	1.36	480

縦弾性係数 E (N/mm^2)	断面二次モーメント I (cm^4)
197000	10350

(2) 止水板押え

止水板押えの材質	スパン長 L (m)	止水板押えの自重 m (kg/m)
SM570	1.125	336

縦弾性係数 E (N/mm^2)	断面二次モーメント I (cm^4)
200000	2357

(3) 保護プレート

保護プレートの材質	スパン長 L (m)	保護プレートの自重 m (kg/m)
SUS821L1	1.4	54

縦弾性係数 E (N/mm^2)	断面二次モーメント I (cm^4)
197000	2369

(4) 底面戸当り

底面戸当りの 材質	スパン長 L (m)	底面戸当りの 自重 m (kg/m)
SUS316	0.8	105

縦弾性係数 E (N/mm^2)	断面二次モーメント I (cm^4)
197000	10.0

(5) 側面戸当り

側面戸当りの 材質	スパン長 L (m)	側面戸当りの 自重 m (kg/m)
SUS316	0.45	75

縦弾性係数 E (N/mm^2)	断面二次モーメント I (cm^4)
197000	7.2

(6) 防衝板

防衝板の 材質	スパン長 L (m)	防衝板の 自重 m (kg/m)
SUS304	0.3	198

縦弾性係数 E (N/mm^2)	断面二次モーメント I (cm^4)
197000	24.4

4.3　固有周期の計算結果

表4-2に固有周期の算出結果を示す。止水機構のうち止水板と止水板押えの固有周期は0.05s以下であることから，剛構造である。

表4-2　固有周期の算出結果

止水板の固有周期 （s）	止水板押えの固有周期 （s）	保護プレートの固有周期 （s）
0.0057	0.0191	0.0043

底面戸当りの固有周期 （s）	側面戸当りの固有周期 （s）	防衝板の固有周期 （s）
0.0131	0.0041	0.0103

5.　構造強度評価

5.1　構造強度評価方法

止水機構の耐震評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえて，「3.　評価部位」にて設定する評価部位に作用する応力等が「5.3　許容限界」にて示す許容限界以下であることを確認する。

5.2　荷重及び荷重の組合せ

5.2.1　荷重の設定

(1)　固定荷重（G）

固定荷重として，止水機構各部位の自重（W_g）を考慮する。

(2)　基準地震動S_sによる地震荷重（K_S）

基準地震動S_sによる地震荷重を考慮する。

$K_S = m \cdot C_H$

$K_S = m \cdot C_V$

ここで，m　：各部位の質量

C_H：水平方向設計震度

C_V：鉛直方向設計震度

(3)　積雪荷重（W_s）

止水機構各部位への積雪荷重を考慮する。

$W_s = q_s \cdot D_s \cdot B_s$

ここで，q_s　：積雪深 30cm のときの単位積雪荷重（kN/m²）

D_s　：各部位の総桁高（m）

B_s　：各部位の受圧幅（m）

(4)　風荷重（W_k）

止水機構の各部位への風荷重を考慮する。

$W_k = 1/2 \cdot \rho \cdot Ud^2 \cdot Cd \cdot G$

ここで，ρ：空気密度　1.23kg/m3

Ud^2：設計基準風速　30m/s

Cd：抗力係数　1.6

G：ガスト応答係数　1.9

5.2.2　荷重の組合せ

鋼製防護壁の止水機構の耐震計算にて考慮する荷重の組合せを表 5-1 に示す。

表 5-1　鋼製防護壁の止水機構の耐震計算にて考慮する荷重の組合せ

施設区分	機器名称	荷重の組合せ*1
浸水防護施設 （津水防止施設）	鋼製防護壁止水機構	$G + K_S + W_s + W_k$

注記　＊1：Gは固定荷重，K_Sは地震荷重，W_sは積雪荷重，W_kは風荷重を示す。

5.3　許容限界

鋼製防護壁止水機構の耐震評価に用いる許容限界を表 5-2 に，許容応力評価条件を表 5-3 にそれぞれ示す。また，許容応力の算出結果を表 5-4 に示す。

表 5-2　止水機構の許容限界

許容応力状態	許容限界*				
	一次応力				
	曲げ	圧縮	引張	せん断	支圧
短期許容応力度	$1.5\sigma_{ab}$	$1.5\sigma_{ac}$	$1.5\sigma_{at}$	$1.5\tau_{a}$	$1.5\sigma_{as}$

注記＊：地震後，津波後の再使用性や津波の繰返し作用を想定し，当該構造物全体の変形能力に対して浸水防護機能として十分な余裕を有するよう，設備を構成する材料が弾性域内に収まることを基本とする。

表 5-3　止水機構各部位の許容応力評価条件

評価対象部位	材料	σ_{ab} (N/mm^2)	σ_{ac} (N/mm^2)	σ_{at} (N/mm^2)	τ_{a} (N/mm^2)	σ_{as} (N/mm^2)
①止水板	SUS304N2	200	－	－	120	－
②止水板コマ	CAC703	－	－	－	－	218
③止水板ガイド	CAC304	－	－	－	－	346
④支圧板	UPE	－	－	－	－	13
⑤止水板押え（正面／上部）	SUS329J4L ／SM570	255／255	－	－	－／145	－
⑥止水板押え取付けボルト	S45CH	－	－	360	200	－
⑦止水板押え座板	SM570	255	－	－	145	－
⑧保護プレート	SUS821L1	221	－	－	126	－
⑨側面戸当り	SUS316	－	－	－	－	183
⑩底面戸当り	SUS316	－	－	－	－	183
⑪防衝板	SUS304	122	－	－	69	－
⑫防衝板取付けボルト	SUS304	－	－	119	76	－
⑬防衝板座板	SUS304	122	－	－	69	－

表 5-4　止水機構各部位の許容応力算出結果

許容応力状態	評価対象部位	許容限界				
		1 次応力				
		曲げ (N/mm^2)	圧縮 (N/mm^2)	引張 (N/mm^2)	せん断 (N/mm^2)	支圧 (N/mm^2)
短期許容応力度	①止水板	300	－	－	180	－
	②止水板コマ	－	－	－	－	328
	③止水板ガイド	－	－	－	－	519
	④支圧板	－	－	－	－	19
	⑤止水板押え（正面／上部）	382／382	－	－	－／217	－
	⑥止水板押え取付けボルト	－	－	540	300	－
	⑦止水板押え座板	382	－	－	217	－
	⑧保護プレート	332	－	－	189	－
	⑨側面戸当り	－	－	－	－	274
	⑩底面戸当り	－	－	－	－	274
	⑪防衝板	183	－	－	104	－
	⑫防衝板取付けボルト	－	－	179	115	－
	⑬防衝板座板	183	－	－	104	－

5.4　設計用地震力

「4.　固有周期」に示したとおり止水機構の固有周期が 0.05 s 以下であることを確認したため，止水機構の耐震計算に用いる設計震度は，添付書類「Ⅴ-2-1-7　設計用床応答曲線の作成方針」に示す最大応答加速度を基に設定する。止水機構の耐震計算に用いる設計震度を表 5-5 に示す。

表 5-5　設計震度の諸元

地震動	設置場所及び床面高さ（T.P. m）	地震による設計震度*1	
基準地震動S_s	止水機構 ＋3.10m (＋2.81m)*2	水平方向C_H	3.85
		鉛直方向C_V	5.5

＊１：「4.　固有周期」より，鋼製防護壁の止水機構の固有周期が 0.05 s 以下であることを確認したため，設置床の最大応答加速度の 1.2 倍を考慮した設計震度を設定した。

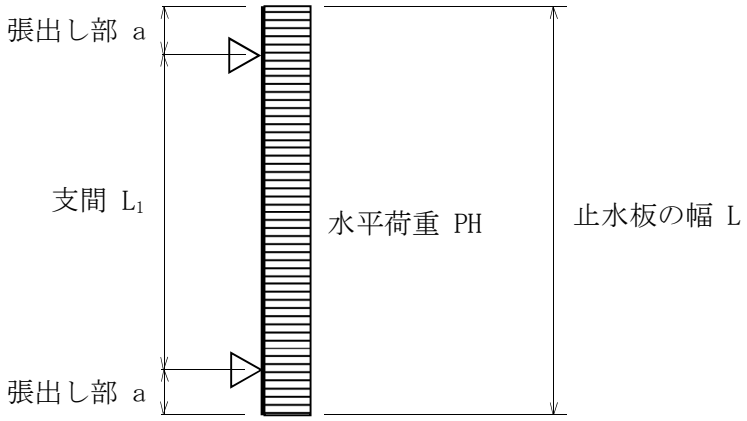
＊２：基準床レベルを示す。

5.5　計算方法

(1)　止水板

止水板は，部材の発生断面力に対して保守的な評価となるよう，止水板と壁面戸当りとの接触位置を支点とする両端をピン支点の単純梁によりモデル化し評価する。

止水板のモデル図を図 5-1 に示す。



$$M_C = \frac{PH \cdot L}{2} \cdot \left(\frac{L}{2} - a\right) - \frac{PH \cdot (L/2)^2}{2}$$

$$S_{max} = \frac{PH \cdot L}{2} - PH \cdot a$$

＜応力度の計算＞

・曲げ応力度

$\sigma = M_{max} / Z$　　(N／mm^2)

・せん断応力度

$\tau = S_{max} / A$　　(N／mm^2)

PH　：水平荷重（kN/m）

L　：止水板の幅（2.00m）

a　：張り出し部（m）

L1　：支間（m）

Z　：断面係数（mm^3）

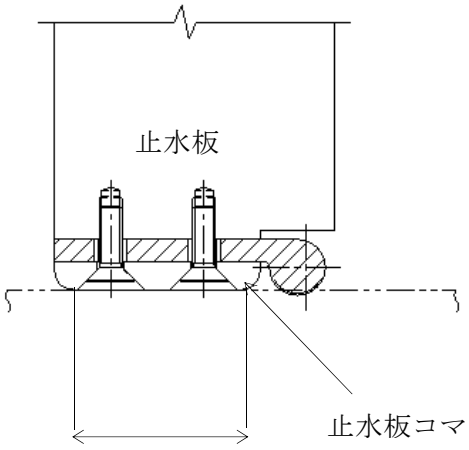
A　：断面積（mm^2）

図 5-1　止水板のモデル図

(2) 止水板コマ

止水板コマは，止水板の荷重を底面戸当りに伝達することから，止水板コマの接触面積より評価する。

止水板コマの応力算定式を図 5-2 に示す。



止水板コマの幅ｂ：90㎜

$$P = Pv \cdot B$$

$$\sigma_p = \frac{P}{b \cdot L_s}$$

P　：止水板コマの止水板に作用する全鉛直荷重（kN）

σ_p　：止水板コマに生じる支圧応力度（N/mm²）

Pv　：鉛直荷重（kN/m）

B　：止水板の幅（1.99m）

b　：止水板コマ幅（90mm）

Ls　：荷重を受ける止水コマ長さ(995mm)

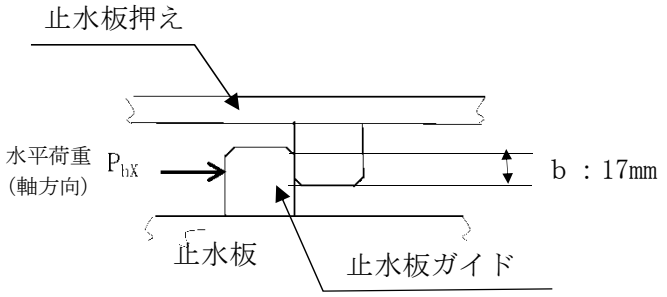
止水板長さの半分（1.99m×0.5）として算出

図 5-2　止水板コマの応力算定式

(3) 止水板ガイド

止水板ガイドは，止水板押え側のガイドと取合い，止水板の長手方向の位置決めする役割を持つものである。止水板の荷重を止水板押えへ伝達する。

止水板ガイドの応力算定式を図 5-3 に示す。



$$\sigma_p = \frac{P_{hx}}{b \cdot L_s}$$

σ_p ：止水板ガイドに生じる支圧応力度（N/mm²）

P_{Hx} ：止水板ガイドに作用する水平荷重（軸方向）（kN）

b ：止水板ガイド板の側面の接触幅（17mm）

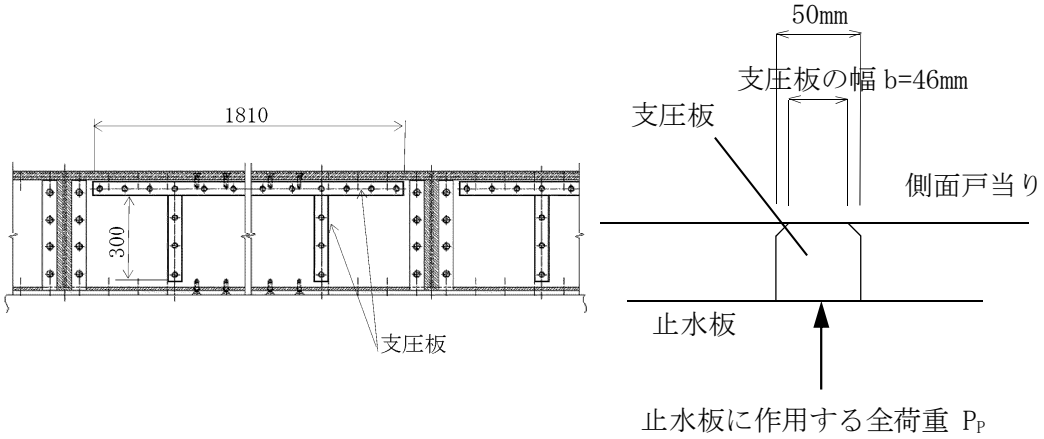
L_s ：荷重を受ける支圧板長さ(225mm)

図 5-3　止水板ガイドの応力算定式

(4)　支圧板

支圧板は，前項の止水板の作用力を側面戸当りに伝達するものとして支圧応力を評価する。

支圧板のモデル図及び応力算定式を図 5-4 に示す。



$$P_p = PH \cdot L$$

$$\sigma_p = \frac{P_p}{b \cdot L_s}$$

P_P　：止水板に作用する全荷重

σ_p　：支圧板に生じる支圧応力度（N/mm^2）

P_H　：水平荷重

L　：止水板の幅（2m）

b　：支圧板の幅（46mm）

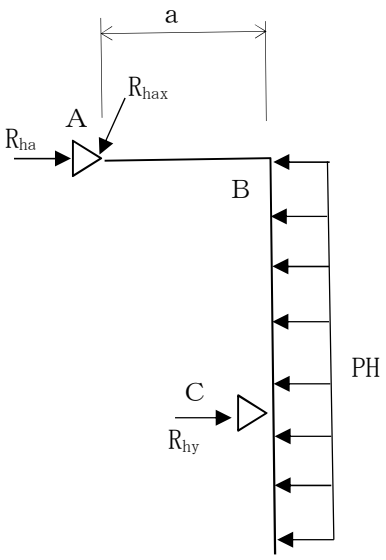
L_s　：荷重を受ける支圧板の長さ(2310mm)

図 5-4　支圧板のモデル図及び応力算定式

(5)　止水板押え

止水板押えは，部材の発生断面力に対して保守的な評価となるよう，鋼製防護壁との取付け箇所をピン支点とし，また，止水板との接地箇所を鉛直ローラーとして骨組計算により曲げ応力及びせん断応力を評価する。

止水板押えのモデル図及び応力算定式を図 5-5 に示す。



PH　：水平荷重（kN）
W　：止水板押え自重及び保護プレート自重（kN／m）
P_s ：積雪荷重（kN）
P_{vg}：地震時慣性力（鉛直）（kN／m）
P_{hgy}：止水板押え自重及び保護プレートの慣性力（kN／m）
P_w：風荷重（kN／m）
a，a_L　:保護プレートの長さ（mm）
M_{ax}：A点曲げモーメント（kN･m）
S_{cb}：せん断応力度（kN）
R_{ha}：A点にかかる反力（34.5kN）
R_{hax}：A点にかかる反力（42.2kN）
Z_X，Z_Y：断面係数（cm^3）
A　：上部桁の断面積（cm^2）
t　：板厚（mm）
Ta：ねじりモーメント（kN･m）
J　：ねじり剛性（N／mm^2）

＜モーメントの計算＞

・A点の曲げモーメント

$M_{ax}=PH\cdot a_L^2/2+R_{hax}\cdot a$　(kN･m)

＜応力度の計算＞

・上部止水板押え曲げ応力度（σ_b）

$\sigma_{Mx}=M_{ax}/Z_X$　(N／mm^2)

$\sigma_{MY}=M_{aY}/Z_Y$　(N／mm^2)

$\sigma_M=\sigma_{Mx}+\sigma_{MY}$　(N／mm^2)

・上部の軸応力度（σ_N）

$\sigma_N=R_{ha}/A$　(N／mm^2)

＜最大応力度の算出＞

・最大曲げ応力度

$\sigma=\sigma_M+\sigma_N$　(N／mm^2)

・ねじりせん断応力度（τ）

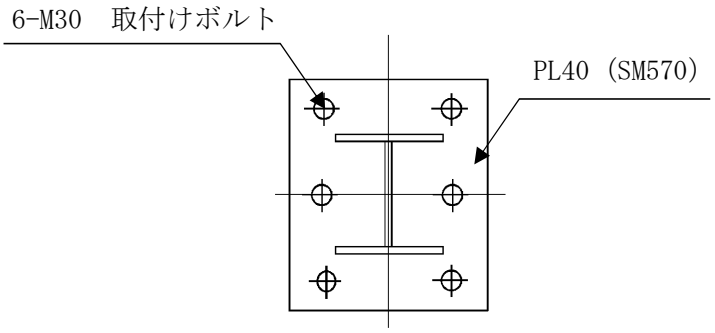
$\tau=t\times Ta/J$　(N／mm^2)

図 5-5　止水板押えのモデル図及び応力計算式

(6)　止水板押え取付けボルト

止水板押えと鋼製防護壁との取付け箇所についてはボルト接続であるため，取付け箇所に作用する曲げ応力及びせん断応力からボルト１本当りに作用する引張応力度とせん断応力度を評価する。

取付けボルトのモデル図及び応力算定式を図 5-6 に示す。



$$\sigma_t = \frac{F_{max}}{A}$$

$$\tau = \frac{S_{max}}{A}$$

σ_t　：取付けボルト１本当たりの引張応力度（N/mm^2）

τ　：取付けボルト 1 本当たりのせん断応力度（N/mm^2）

F_{max}　：取付けボルト１本に作用する引き抜き力（kN）

S_{max}　：最大せん断力（kN）

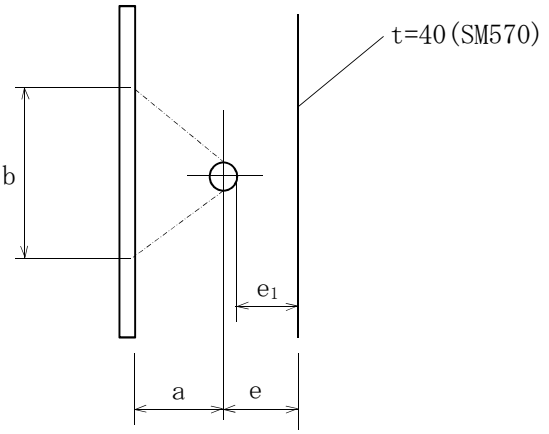
A　：取付けボルトの有効断面積（561mm^2）

図 5-6　取付けボルトのモデル図及び応力算定式

(7)　止水板押え座板

止水板押えの座板は，前項の取付けボルトに作用する引抜き力及びせん断力から曲げ応力度とせん断応力度を評価する。

止水板押え座板のモデル図及び応力算定式を図 5-7 に示す。



$a = 45$ mm

$b = 2a + d$

$= 2 \times 45 + 34 = 124$ mm

d ： ボルト穴径

$e = 40$ mm

$e_1 = e - d/2$

$= 40 - 34 / 2 = 23$ mm

$$\sigma = \frac{M}{Z} = \frac{6 \cdot M}{b \cdot t^2} \qquad \tau = \frac{S\ max}{e_1 \cdot t}$$

σ　：曲げ応力度（N/mm^2）

τ　：せん断応力度（N/mm^2）

M　：座板に作用する曲げモーメント（kN･mm）

S_{max}　：最大せん断力（kN）

t　：板厚（38mm）

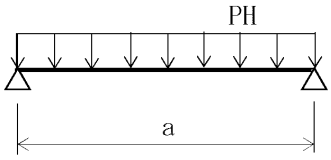
図 5-7　止水板押え座板のモデル図及び応力算定式

(8)　保護プレート

保護プレートは，部材の発生断面力に対して保守的な評価となるよう，保護プレートの取付け位置を支点とする両端をピン支点の単純梁によりモデル化し評価する。

保護プレートのモデル図及び応力算定式を図 5-8 に示す。

保護プレート（正面）



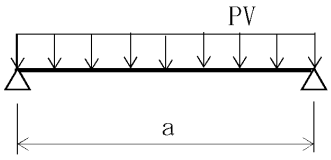
$$M = \frac{PH \cdot a^2}{8}$$

$$S = \frac{PH \cdot a}{2}$$

$$\sigma_M = \frac{M}{Z_2} \quad N/mm^2$$

$$\tau = \frac{S}{A_W} \quad N/mm^2$$

保護プレート（上面）



$$M = \frac{PV \cdot a^2}{8}$$

$$S_W = \frac{PV \cdot a}{2}$$

$$\sigma_M = \frac{M}{Z_2} \quad N/mm^2$$

$$\tau = \frac{S}{A_W} \quad N/mm^2$$

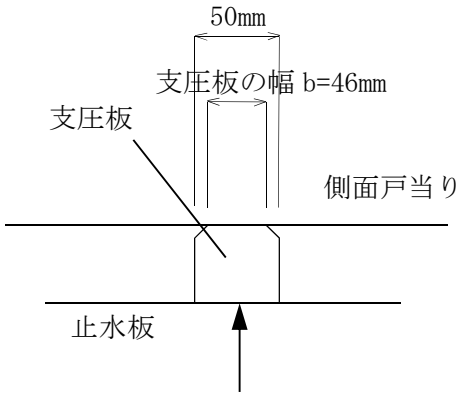
PV　：鉛直荷重（kN/m）
PH　：水平荷重（kN/m）
a　：保護プレート最大取付け長さ（m）
M　：曲げモーメント（kN･m）
S，S_W：せん断力（kN）
Z_2：断面係数（cm^3）
σ_M：曲げ応力度（N/mm^2）
τ　：せん断応力度（N/mm^2）
A_W：保護プレートの断面積（cm^2）

図 5-8　保護プレートのモデル図及び応力算定式

(9)　側面戸当り

側面戸当りは，止水板の水平方向から支持する。止水板から受けた荷重は，鋼製防護壁側に伝達するものとして側面戸当りの支圧応力を評価する。

側面戸当りの応力算定式を図 5-9 に示す。



$$\sigma_p = \frac{P_p}{b \cdot L_s}$$

σp　：支圧応力度（N/mm²）

Pp　：止水板に作用する全荷重（kN）

b　：支圧板の幅（46mm）

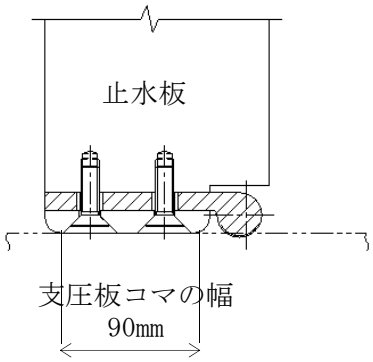
Ls　：荷重を受ける支圧板長さ(2310mm)

図 5-9　側面戸当りの応力算定式

(10)　底面戸当り

底面戸当りは，止水板の鉛直方向から支持する。止水板から受けた鉛直荷重は，底面のコンクリート側に伝達するものとして底面戸当りの支圧応力を評価する。

底面戸当りの応力算定式を図 5-10 に示す。



$$\sigma_p = \frac{P_p}{b \cdot L_s}$$

σp　：止水板コマの支圧応力度（N/mm²）

Pp　：止水板コマに作用する全荷重（kN）

b　：止水板コマの幅（90mm）

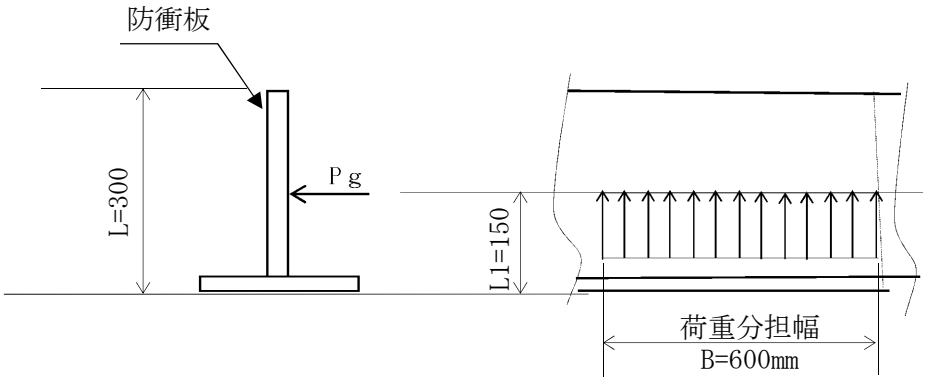
Ls　：荷重を受ける止水板コマの長さ(995mm)

図 5-10　底面戸当りの応力算定式

(11) 防衝板

防衝板は，敷地内に津波を浸水させないように設置する２次止水機構である陸側のシートジョイントに漂流物等が侵入しないよう設置する。防衝板の曲げ応力及びせん断応力について評価する。

防衝板の応力算定式を図 5-11 に示す。



$$\sigma = \frac{M}{Z} \qquad \tau = \frac{S}{A}$$

σ ：曲げ応力度（N/mm^2）

τ ：せん断応力度（N/mm^2）

M ：地震時慣性力による曲げモーメント（$M=P_g \cdot B \cdot L1$）

S ：地震時慣性力によるせん断力（$S=P_g \cdot B$）

P_g ：地震時慣性力（水平方向）（kN/m）

B ：荷重分担幅（0.6m）

L1 ：水平方向荷重の高さ（0.15m）

Z ： 断面係数(mm^3)

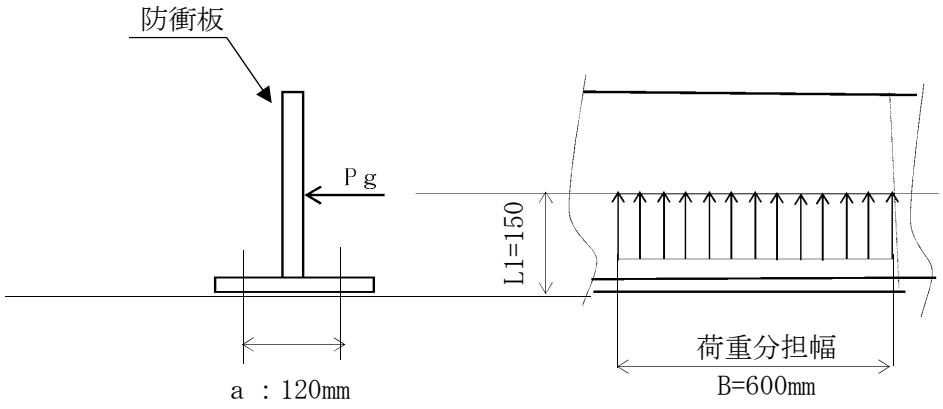
A ：断面積(mm^2)

図 5-11 防衝板の応力算定式

(12)　防衛板取付けボルト

防衛板は，敷地内に津波を浸水させないように設置する２次止水機構である陸側のシートジョイントに漂流物等が侵入しないよう設置する。防衛板の据付け箇所の取付けボルトについて評価する。

防衛板取付けボルトの応力算定式を図 5-12 に示す。



$$\sigma_t = \frac{F}{A} \qquad F = \frac{M}{a} \cdot \frac{b}{B}$$

$$\tau = \frac{S}{A} \qquad Q = S \cdot \frac{b}{B}$$

σ_t ：引張り応力度（N/mm^2）

τ ：せん断応力度（N/mm^2）

M ：地震時慣性力による曲げモーメント（M=Pg･B･L1）

S ：地震時慣性力によるせん断力（S=Pg･B）

Pg ：地震時慣性力（水平方向）（kN/m）

F ：曲げモーメントによる引き抜き力（kN）

L1 ：水平方向荷重の高さ（0.15m）

B ： 荷重分担幅（0.6m）

A ：ボルトの有効断面積（mm^2）

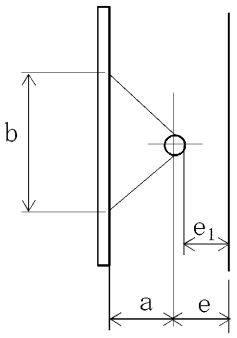
b ：ボルト間隔(0.2m)

図 5-12　防衛板取付けボルトの応力算定式

(13)　防衝板座板

防衝板は，敷地内に津波を浸水させないように設置する２次止水機構である陸側のシートジョイントに漂流物等が侵入しないよう設置する。防衝板の据付け箇所の座板について評価する。

防衝板の座板の応力算定式を図 5-13 に示す。



a　＝ 59.5 mm
b　＝ 2a＋d
　　＝　2 × 59.5 ＋　24　＝　143　mm
　　d　：ボルト穴径
e　＝　40　mm
e_1 ＝　e－d/2
　　＝　40　－　24　/　2 ＝　28　mm

$$\sigma = \frac{M}{Z} = \frac{6 \cdot M}{b \cdot t^2} \qquad Z = \frac{b \cdot t^2}{6}$$

$$\tau = \frac{Q}{n \cdot e_1 \cdot t}$$

σ　：曲げ応力度（N/mm^2）
τ　：せん断応力度（N/mm^2）
M　：座板に作用する曲げモーメント（M=F･a）（kN･mm）
F　：引き抜き力（kN）
Q　：せん断力（kN）
t　：座板の厚さ（25mm）

図 5-13　防衝板の座板の応力算定式

5.6　計算条件

止水機構の応力評価に用いる計算条件を表 5-6 に応力評価条件を示す。

表 5-6　止水機構の応力評価に用いる計算条件

(1)　止水板の評価条件

止水板の材質	止水板の固定荷重 G (kN)	水平荷重 PH (kN/m)	止水板の幅 L (m)
SUS304N2	9.3	18.1	2.00

張り出し部 a (m)	断面係数 Z (mm^3)	断面積 A (mm^2)
0.27	1380000	55200

(2)止水板コマの評価条件

止水板コマの材質	止水板に作用する 全鉛直荷重 P (kN)	鉛直荷重 P_V (kN/m)	止水板の幅 B (m)
CAC703	60.9	30.6	1.99

止水板コマ幅 b (mm)	荷重を受ける 止水コマ長さ Ｌｓ (mm)
90	995

(3)　止水板ガイドの評価条件

止水板ガイドの材質	止水板ガイドに作用する水平荷重 P_{hx} (kN)	ガイド板の側面接触幅 b (mm)	荷重を受ける支圧板長さ L_s (mm)
CAC304	28.8	17	225

(4)　支圧板の評価条件

支圧板の材質	水平荷重 PH (kN／m)	支圧板に作用する全荷重 P_p (kN)	支圧板の幅 b (mm)
超高分子量ポリエチレン	18.1	36.2	46

(5)　止水板押えの評価条件

止水板押え間隔の長い 1400mm の計算を実施する。

止水板押えの計算には保護プレートの自重も考慮する。

止水板押えの材質	水平荷重 PH (kN/m)	止水板押えの長さ a_L (m)	止水板押えの長さ a (m)
SUS329J4L，SM570	16.4	0.54	0.425

断面係数 Z_X，Z_Y (cm^3)	断面積 A (cm^2)	ねじりモーメント Ta (kN･m)	ねじり剛性 J (N/mm^2)
824.8，235.7	121.1	4.0	1350603

(6)　取付けボルトの評価条件

ボルトの材質	ボルトの有効断面積 A (mm)	最大引抜き力 F_{max} (kN)	最大せん断力 Ｓｍａｘ (kN)
S45CH JIS B 1051 強度区分 8.8	561	79.8	24.9

(7)　座板の評価条件

座板の材質	座板の板厚 t (mm)	座板に作用する曲げモーメント M (kN･mm)	最大せん断力 S_{max} (kN)
SM570	38	3591	24.9

(8)　保護プレートの評価条件

保護プレートの材質	保護プレートの鉛直荷重 PV (kN/m)	保護プレートの水平荷重 PH (kN/m)	保護プレートの最大取付け長さ a (m)
SUS821L1	3.4	4.9	1.3

（保護プレート正面／保護プレート上面）

断面係数 Z_2 (cm^3)	断面積 A_W (cm^2)
593.9／288.8	64.8／40.0

(9)　側面戸当りの評価条件

戸当りの材質	支圧板に作用する 全荷重 P_P (kN)	支圧板の幅 b (mm)	荷重を受ける 支圧板長さ Ls (mm)
SUS316	36.2	46	2310

(10)　底面戸当りの評価条件

戸当りの材質	支圧板コマに 作用する全荷重 P (kN)	支圧板コマの幅 b (mm)	荷重を受ける 止水板コマ長さ Ls (mm)
SUS316	60.9	90	995

(11)　防衝板の評価条件

防衝板の材質	地震時慣性力 (水平方向) Pg (kN/m)	断面係数 Z (mm^3)	断面積 A (mm^2)
SUS304	3.9	62500	15000

(12)　防衝板取付けボルトの評価条件

防衝板 取付けボルトの材質	地震時慣性力 (水平方向) Pg (kN/m)	有効断面積 A (mm^2)	ボルト間隔 b (m)
SUS304	3.9	265	0.2

(13)　防衝板座板の評価条件

防衝板 座板ボルトの材質	最大引き抜き力 F (kN)	最大せん断力 Q (kN)
SUS304	1.0	0.8

6. 評価結果

基準地震動Ｓ$_s$に対する構造強度評価結果を表 6-1 に示す。発生応力が許容応力以下であることから構造部材が構造健全性を有することを確認した。

表 6-1　基準地震動Ｓ$_s$による評価結果

No	部　位		評価応力	発生応力 (N/mm^2)	許容応力 (N/mm^2)
①	止水板	本体	曲げ	3	300
			せん断	1	180
②		止水板コマ	支圧	1	328
③		止水板ガイド	支圧	8	519
④		支圧板	支圧	1	19
⑤	止水板押え	本　体	曲げ	114	382
			ねじりせん断	77	217
⑥		取付けボルト	引張り	143	540
			せん断	45	300
⑦		座　板	曲げ	121	382
			せん断	29	217
⑧	保護プレート		曲　げ（正面）	2	332
			せん断（正面）	1	189
			曲　げ（上面）	3	332
			せん断（上面）	1	189
⑨	側面戸当り		支圧	1	274
⑩	底面戸当り		支圧	1	274
⑪	防衝板	本　体	曲げ	6	183
			せん断	1	104
⑫		取付けボルト	引張り	4	179
			せん断	3	115
⑬		座板	曲げ	4	183
			せん断	2	104

Ⅴ-2-10-2-2-2　防潮扉の耐震性についての計算書

防潮扉の耐震性についての計算書

１．　防潮扉の基礎に関する耐震計算書
２．　防潮扉の扉設備に関する耐震計算書
３．　防潮扉の電気設備に関する耐震計算書
・防潮扉用開閉装置中央操作盤の耐震性についての計算書
・防潮扉用開閉装置機側操作盤の耐震性についての計算書
・防潮扉用開閉装置動力切替盤の耐震性についての計算書

Ⅴ-2-10-2-2-2　防潮扉の耐震性についての計算書
１．　防潮扉の基礎に関する耐震計算書

目次

1. 概要 1
2. 基本方針 2
2.1 位置 2
2.2 構造概要 3
2.3 評価方針 5
2.4 適用基準 8
3. 地震応答解析 9
3.1 評価対象断面 9
3.2 解析方法 11
3.3 荷重及び荷重の組合せ 13
3.4 入力地震動 15
3.5 解析モデル及び諸元 44
4. 防潮壁の耐震評価 49
4.1 評価対象部位 49
4.2 解析方法 51
4.3 荷重及び荷重の組合せ 52
4.4 許容限界 54
4.5 解析モデル及び諸元 58
4.6 評価方法 59
5. 耐震評価結果 64
5.1 構造部材の健全性評価 64
5.2 基礎地盤の支持性能評価 82
5.3 構造物の変形性評価 86

1. 概要

本資料は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，防潮扉が設計用地震力にして十分な構造健全性及び止水性を有していることを確認するものである。

防潮扉に要求される機能の維持を確認するに当たっては，地震応答解析に基づく構造部材の健全性評価，構造部材全体の安定性評価，構造物の支持性能評価及び構造物の変形性評価により行う。

なお，防潮扉１における鉄筋コンクリート防潮壁の耐震評価は，添付書類「Ⅴ-2-2-39-1　防潮堤（鉄筋コンクリート防潮壁）の耐震性についての計算書」に示す。

2.　基本方針

2.1　位置

防潮扉は，海水ポンプエリアと敷地南側境界部に設置する。

防潮扉の設置位置図を図 2-1 に示す。

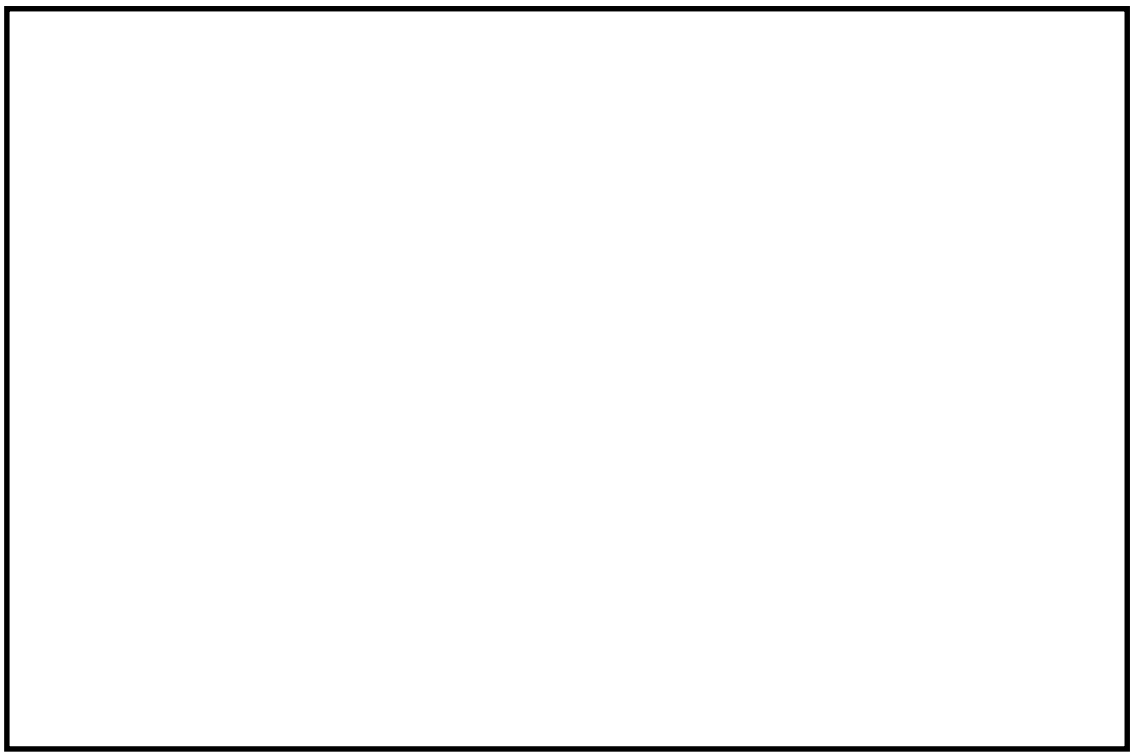
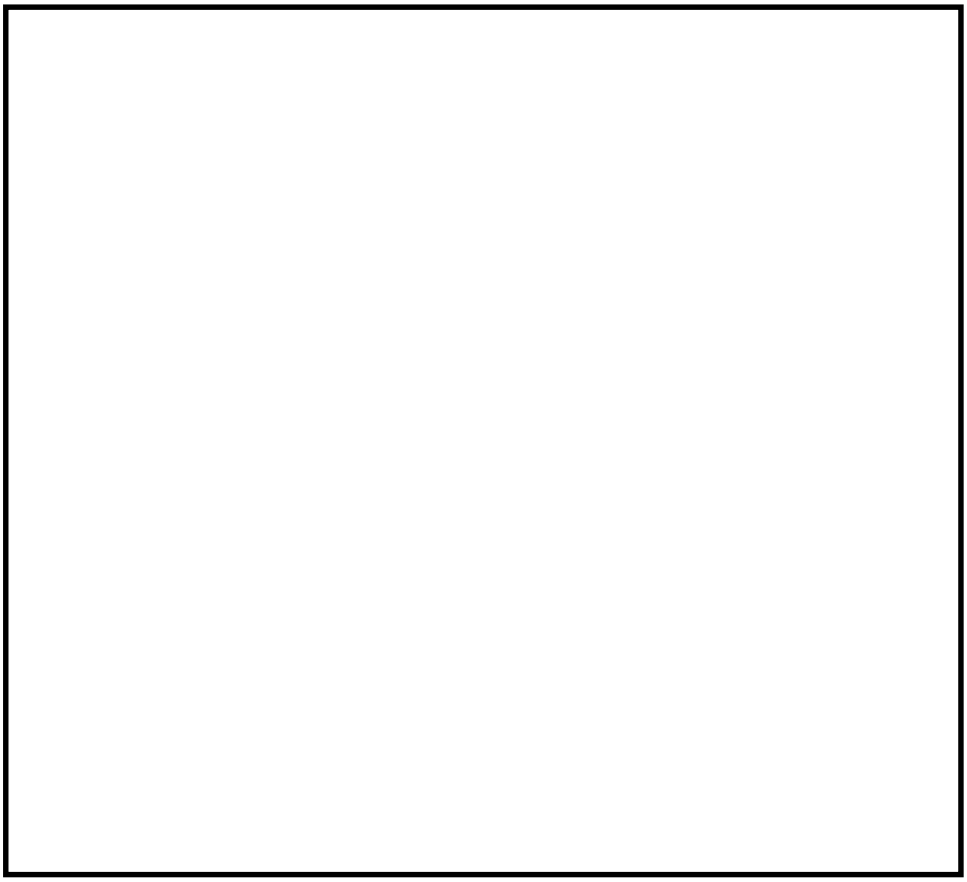


図 2-1　防潮扉の設置位置図

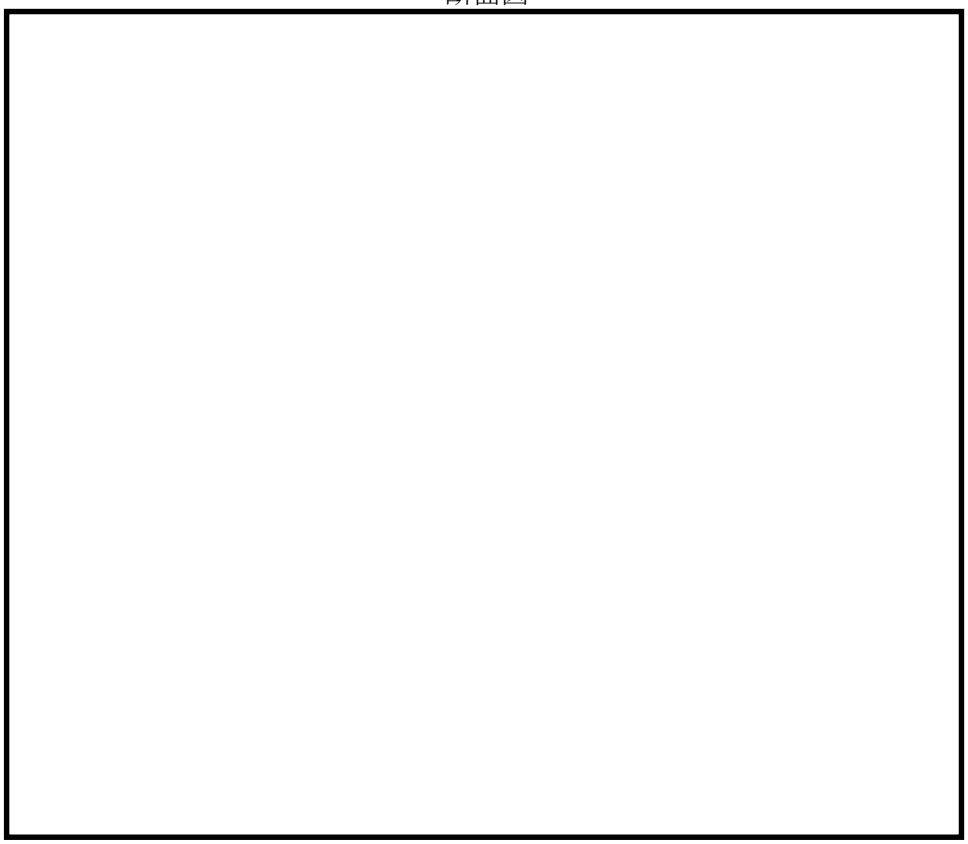
2.2　構造概要

防潮扉２基礎躯体は，鉄筋コンクリート防潮壁から構成され，鉄筋コンクリート造の構造物であり，ブロック間に止水ジョイントを設置する。鉄筋コンクリート防潮壁は，鋼管杭を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置する。鉄筋コンクリート防潮壁と鋼管杭基礎は，鉄筋コンクリート製の底版を介した剛結合で一体構造とする。

防潮扉２基礎の構造図を図 2-2 に示す。



断面図



正面図

図 2-2　防潮扉２基礎　構造図

2.3　評価方針

防潮扉は，Ｓクラス施設である浸水防護施設に分類される。

防潮扉２基礎の地震応答解析においては，地震時の地盤の有効応力の変化に応じた影響を考慮できる有効応力解析を実施する。

有効応力解析に用いる液状化強度特性は，敷地の原地盤における代表性及び網羅性を踏まえた上で保守性を考慮して設定する。

津波防護施設への地盤変位に対する保守的な配慮として，地盤を強制的に液状化させることを仮定した影響を考慮する。その際は，原地盤よりも十分に小さい液状化強度特性（敷地に存在しない豊浦標準砂に基づく液状化強度特性）を仮定する。

津波防護施設及び機器・配管系への加速度応答に対する保守的な配慮として，地盤の非液状化の影響を考慮する。その際は，原地盤において非液状化の条件を仮定した解析を実施する。

防潮扉２における鉄筋コンクリート防潮壁の耐震評価は，設計基準対象施設として表 2-1 の防潮扉（防潮壁）の評価項目に示すとおり，構造部材の健全性評価，基礎地盤の支持性能評価及び構造物の変形性評価を行う。

構造部材の健全性評価については，部材に発生する応力が許容限界以下であることを確認する。

基礎地盤の支持性能評価については，基礎地盤に作用する発生応力が極限支持力に基づく許容限界以下であることを確認する。

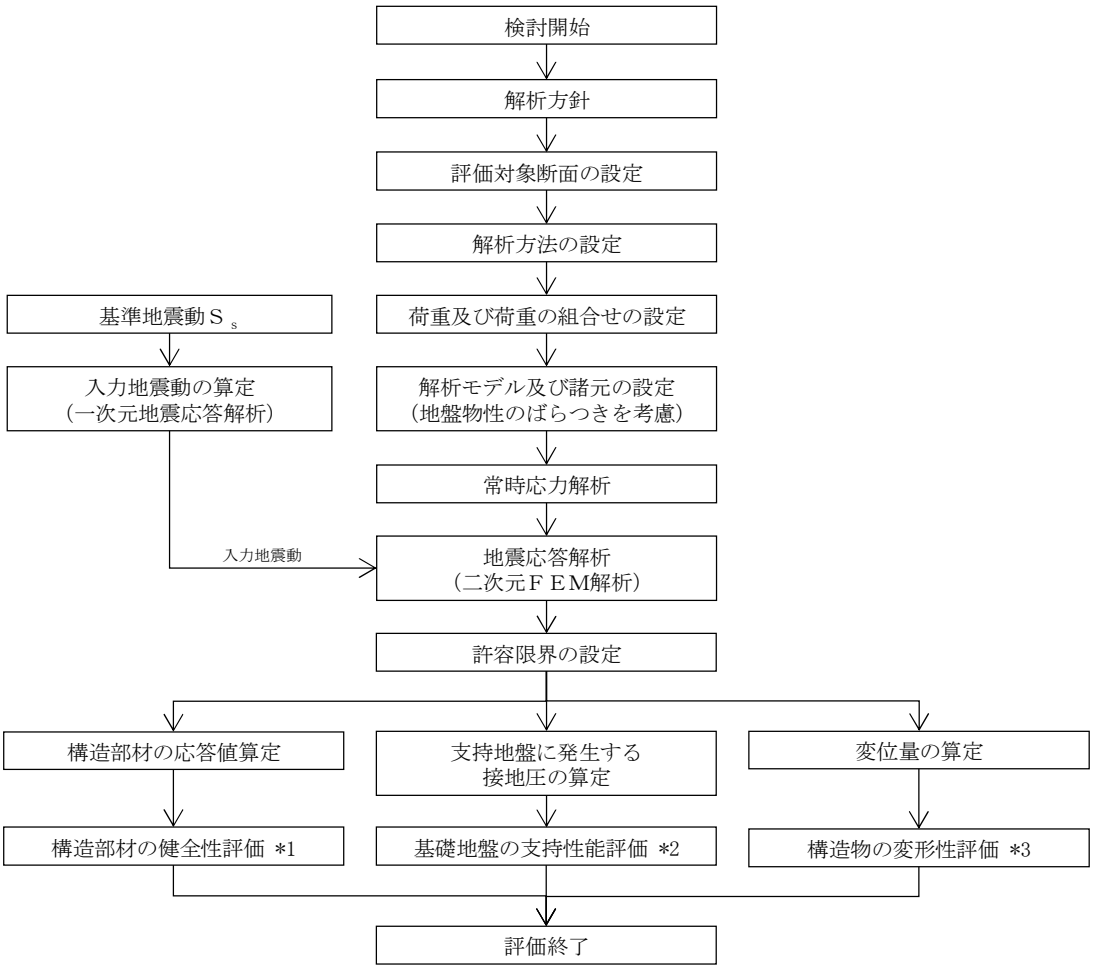
構造物の変形性評価については，止水ジョイント部材の変形量を算定し，試験により確認した許容限界以下であることを確認する。

防潮壁の耐震評価フローを図 2-3 に示す。

表 2-1　防潮扉２の評価項目

評価方針	評価項目	部位	評価方法	許容限界
構造強度を有すること	構造部材の健全性	鋼管杭	発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		鉄筋コンクリート	発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤	発生応力が許容限界以下であることを確認	極限支持力*
止水性を損なわないこと	構造部材の健全性	鋼管杭	発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		鉄筋コンクリート	発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
	構造物の変形性	止水ジョイント部材	発生変形量が許容限界以下であることを確認	有意な漏えいが生じないことを確認した変形量

注記　＊：妥当な安全余裕を考慮する。



注記　＊1：構造部材の健全性評価を実施することで，表 2-1 に示す「構造強度を有すること」及び「止水性を損なわないこと」を満足することを確認する。

＊2：基礎地盤の支持性能評価を実施することで，表 2-1 に示す「構造強度を有すること」を満足することを確認する。

＊3：構造物の変形性評価を実施することで，表 2-1 に示す「止水性を損なわないこと」を満足することを確認する。

図 2-3　防潮扉 2 の耐震評価フロー

2.4　適用基準

適用する規格，基準等を以下に示す。

(1)　コンクリート標準示方書［構造性能照査編］（（社）土木学会　2002 年制定）

(2)　道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会　平成 24 年 3 月）

(3)　道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会　平成 14 年 3 月）

(4)　原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル（（社）土木学会 2005 年）

(5)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1987（（社）日本電気協会）

(6)　乾式キャスクを用いる使用済燃料中間貯蔵建屋の基礎構造の設計に関する技術規程　ＪＥＡＣ４６１６－2009（（社）日本電気協会）

(7)　各種合成構造設計指針・同解説（（社）日本建築学会　2010 年 11 月）

(8)　建築基準法（昭和 25 年 5 月 24 日法律第 201 号）

(9)　建築基準法施行令（昭和 25 年 11 月 16 日政令第 338 号）

(10)　津波漂流物対策施設設計ガイドライン（（財）沿岸技術研究センター　（社）寒地港湾技術研究センター　2014 年 3 月）

3.　地震応答解析

防潮扉 1 の地震応答解析については，添付書類「Ⅴ-2-2-38-1　防潮堤（鉄筋コンクリート防潮壁）の地震応答計算書」に示す。

防潮扉２の地震応答解析について説明する。

3.1　評価対象断面

評価対象断面は，鉄筋コンクリート防潮壁の構造上の特徴や周辺地盤状況を踏まえて設定する。評価断面位置を図 3-1 に評価対象断面を図 3-2 に示す。

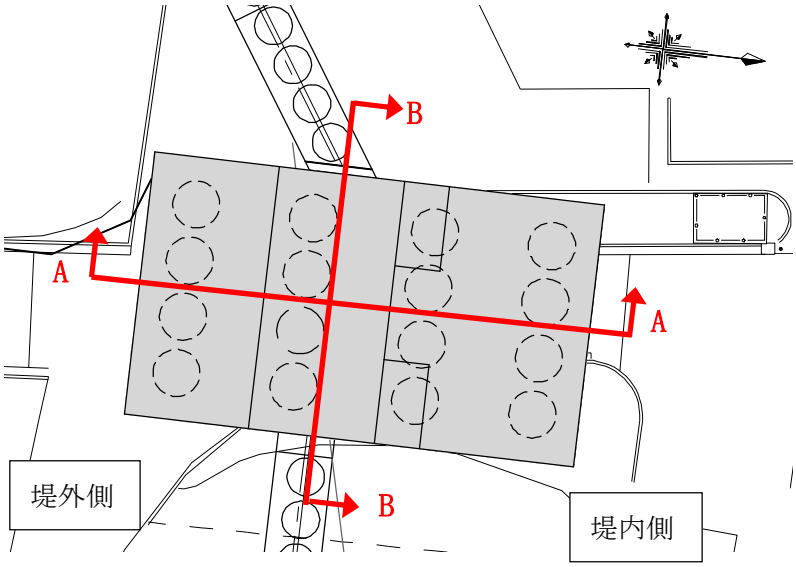


図 3-1　評価対象断面位置図

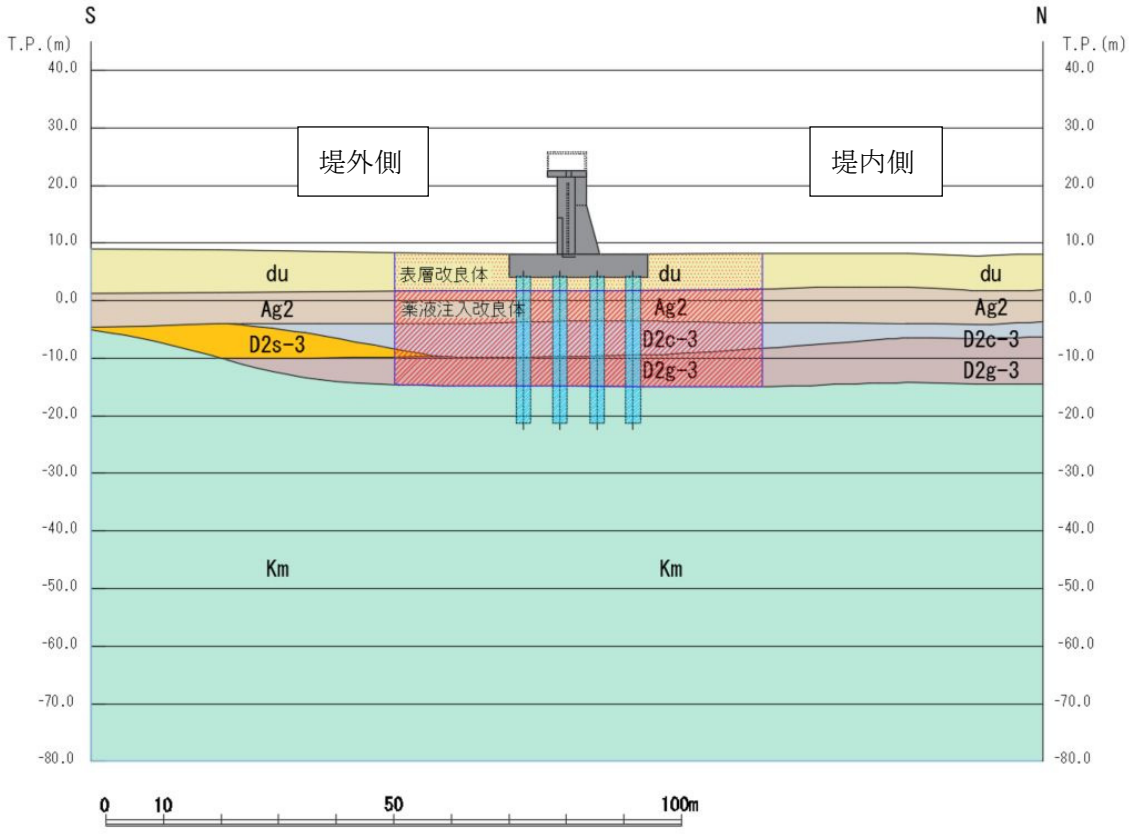


図 3-2(1)　評価対象断面図（Ａ－Ａ断面）

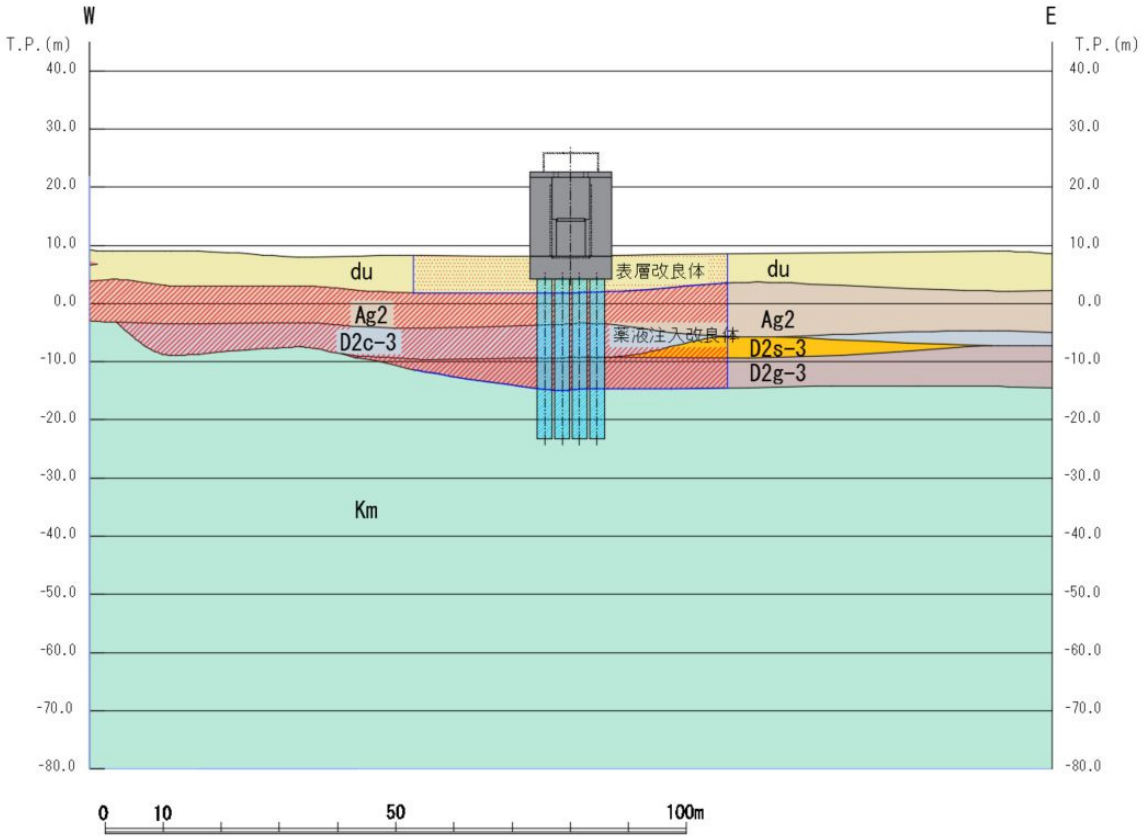


図 3-2(2)　評価対象断面図（Ｂ－Ｂ断面）

3.2　解析方法

地震応答解析は，添付書類「Ⅴ-2-1-6　地震応答解析の基本方針」のうち，「2.3　屋外重要土木構造物」に示す解析方法及び解析モデルを踏まえて実施する。

地震応答解析では，地盤の有効応力の変化に応じた地震時挙動を考慮できる有効応力解析手法を用いる。

有効応答解析には，解析コード「FLIP Ver. 7.3.0_2」を使用する。なお，解析コードの検証及び妥当性確認の概要については，添付書類「Ⅴ-2-10　計算機プログラム（解析コード）の概要・ＦＬＩＰ」に示す。

3.2.1　構造部材

構造部材は，線形梁要素によりモデル化する。

3.2.2　地盤

地盤は，マルチスプリング要素及び間隙水要素にてモデル化し，地震時の有効応力の変化に応じた非線形せん断応力～せん断ひずみ関係を考慮する。

3.2.3　減衰定数

固有値解析により求められる固有振動数及び初期減衰定数に基づく要素剛性比例型減衰を考慮する。また，非線形特性をモデル化する地盤の履歴減衰を考慮する。

3.2.4　地震応答解析の検討ケース

(1)　耐震設計における検討ケース

耐震設計における検討ケースを表 3-1 に示す。

全ての基準地震動Ｓ$_s$に対して実施する①の検討ケースにおいて，せん断力照査及び曲げ軸力照査をはじめとした全ての照査項目について，各照査値が最も厳しい（許容限界に対する余裕が最も小さい）地震動を用い，②～⑥の中から追加検討ケースを実施する。

表 3-1　耐震設計における検討ケース

検討ケース	① 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース）	② 地盤物性のばらつきを考慮（＋１σ）した解析ケース	③ 地盤物性のばらつきを考慮（－１σ）した解析ケース	④ 地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース	⑤ 原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース	⑥ 地盤物性のばらつきを考慮（＋１σ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース
液状化強度特性の設定	原地盤に基づく液状化強度特性（標準偏差を考慮）	原地盤に基づく液状化強度特性（標準偏差を考慮）	原地盤に基づく液状化強度特性（標準偏差を考慮）	敷地に存在しない豊浦標準砂に基づく液状化強度特性	液状化パラメータを非適用	液状化パラメータを非適用

構造物間の相対変位の算定を行う場合は，上記の実施ケースにおいて変位量が厳しいケースで行う。

(2)　機器・配管系に対する加速度応答抽出のための検討ケース

機器・配管系に対する加速度応答の抽出における検討ケースを表 3-2 に示す。

機器・配管系に対する加速度応答抽出においては，全ての基準地震動Ｓ$_s$に対して実施する⑤の検討ケース（原地盤において非液状化の条件を仮定した検討ケース）において上載される機器・配管系の固有周期帯で加速度応答が最も大きくなる地震動を用いて④及び⑥の追加検討ケースを実施する。

表 3-2　機器・配管系に対する加速度応答の抽出のための検討ケース

検討ケース	④ 地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース	⑤ 原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース	⑥ 地盤物性のばらつきを考慮（＋１σ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース
液状化強度特性の設定	敷地に存在しない豊浦標準砂に基づく液状化強度特性	液状化パラメータを非適用	液状化パラメータを非適用

3.3　荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき設定する。

3.3.1　耐震安全性評価上考慮する状態

防潮扉の地震応答解析において，地震以外に考慮する状態を以下に示す。

(1)　運転時の状態

発電用原子炉施設が運転状態にあり，通常の条件下におかれている状態。ただし，運転時の異常な過渡変化時の影響を受けないことから考慮しない。

(2)　設計基準事故時の状態

設計基準事故時の影響を受けないことから考慮しない。

(3)　設計用自然条件

積雪及び風荷重を考慮する。

(4)　重大事故等時の状態

重大事故等時の状態の影響を受けないことから考慮しない。

3.3.2　荷重

防潮扉の地震応答解析において，考慮する荷重を以下に示す。

(1)　固定荷重（G）

固定荷重として，扉体自重を考慮する。

(2)　積載荷重（P）

積載荷重として，機器荷重を考慮する。

(3)　地震荷重（K_S）

基準地震動S_sによる荷重を考慮する。

(4)　積雪荷重（P_s）

積雪荷重として，30 cm の積雪を考慮する。

(5)　風荷重（P_k）

風荷重として，風速 30 m/s の風圧力を考慮する。

3.3.3　荷重の組合せ

荷重の組合せを表 3-3 に示す。

表 3-3　荷重の組合せ

区分	荷重の組合せ
地震時	$G＋P＋K_S＋P_s＋P_k$

G　　：固定荷重

P　　：積載荷重

K_S　　：地震荷重

P_s　　：積雪荷重

P_k　　：風荷重

3.4　入力地震動

入力地震動は，添付書類「Ⅴ-2-1-6　地震応答解析の基本方針」のうち「2.3　屋外重要土木構造物」に示す入力地震動の設定方針を踏まえて設定する。

地震応答解析に用いる入力地震動は，解放基盤表面で定義される基準地震動Ｓ$_s$を１次元波動論により地震応答解析モデルの底面位置で評価したものを用いる。入力地震動算定の概念図を図 3-3 に，入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを図 3-4 に示す。

入力地震動の算定には，解析コード「k-SHAKE　Ver. 6.2.0」を使用する。解析コードの検証及び妥当性確認の概要については，添付書類「Ⅴ-2-25　計算機プログラム（解析コード）の概要・ｋ－ＳＨＡＫＥ」に示す。

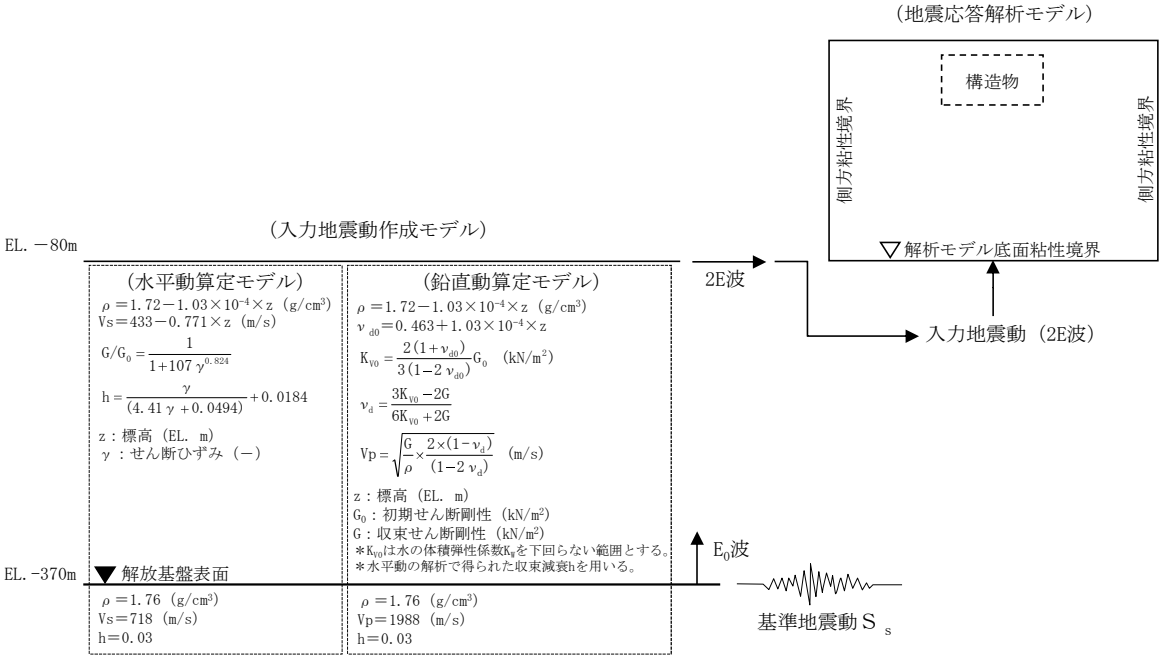
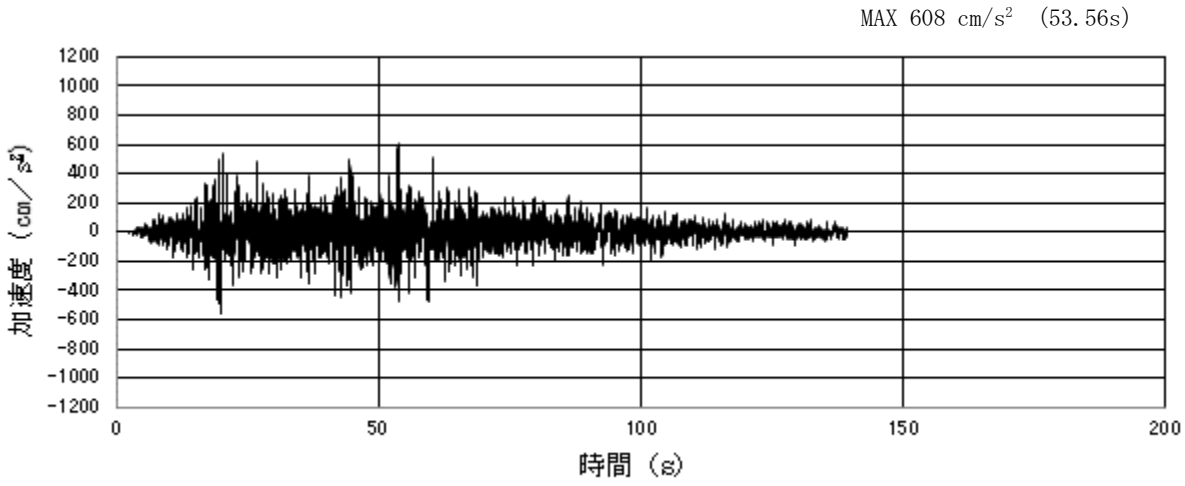
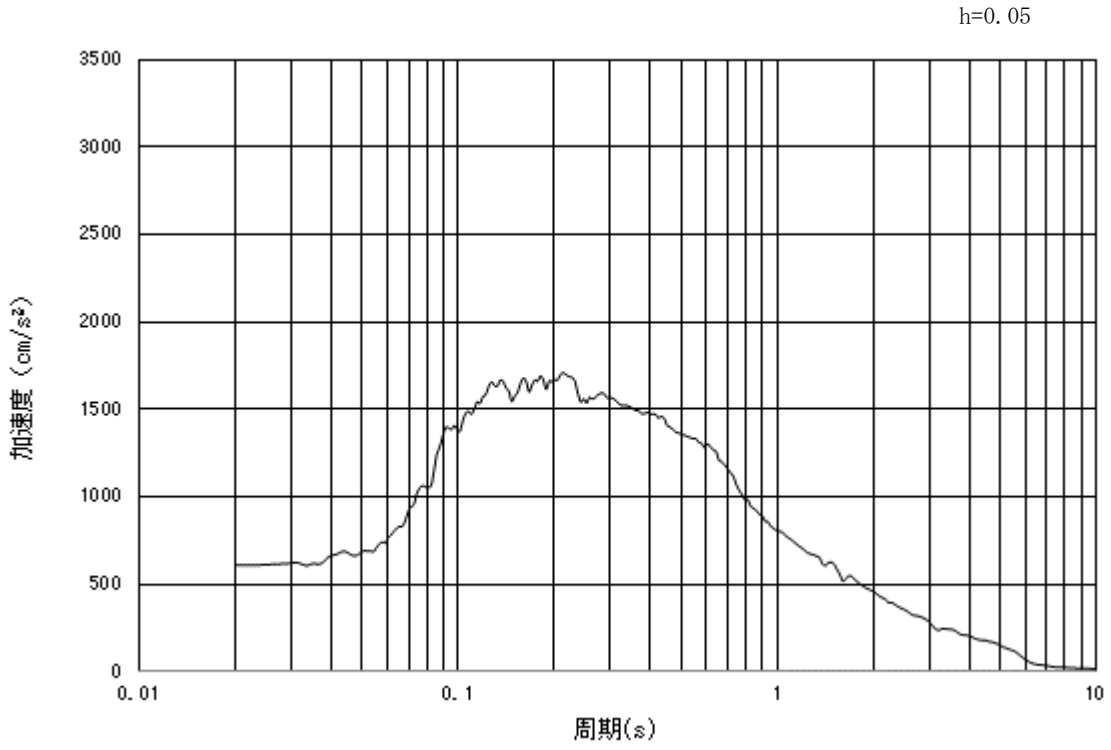


図 3-3　入力地震動算定の概念図

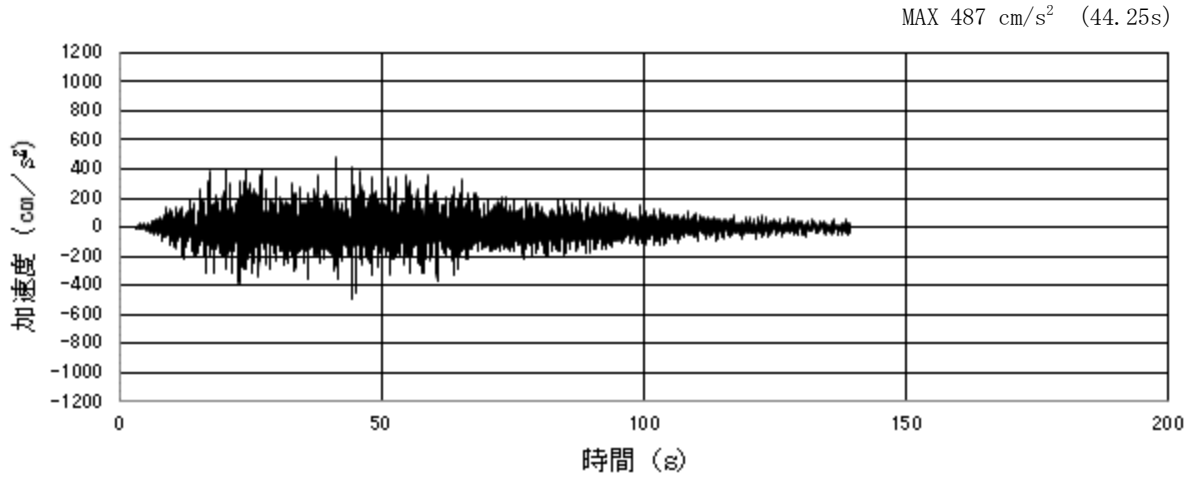


（a）加速度時刻歴波形

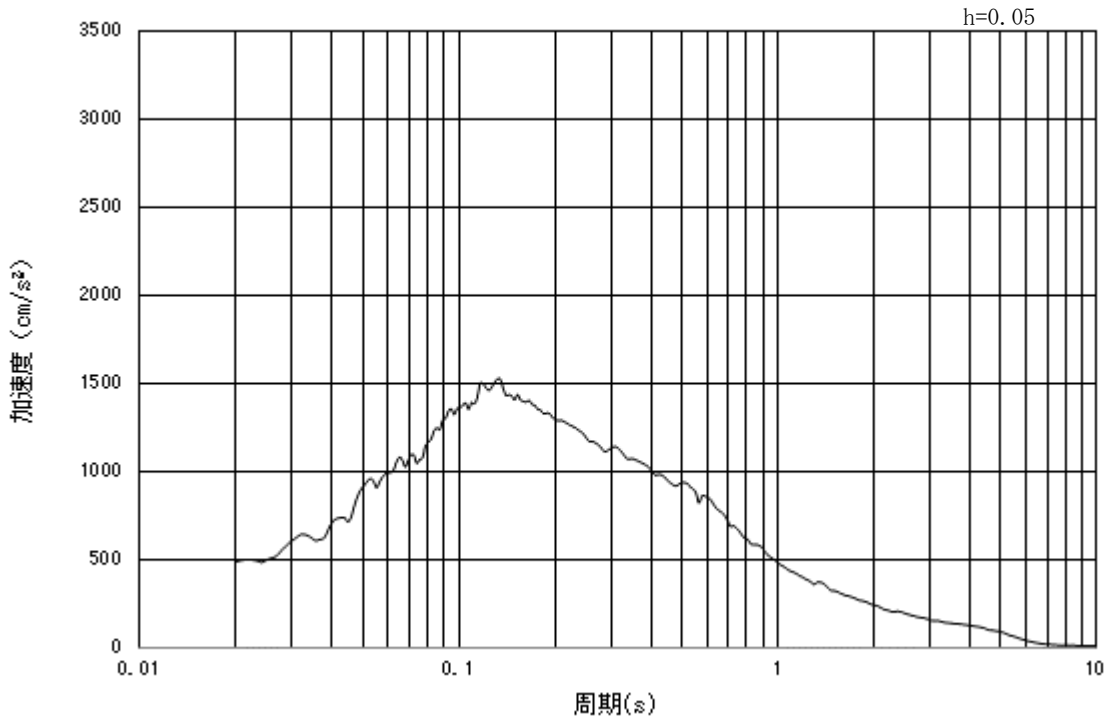


（b）加速度応答スペクトル

図 3-4（1）　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓｓ－Ｄ１）

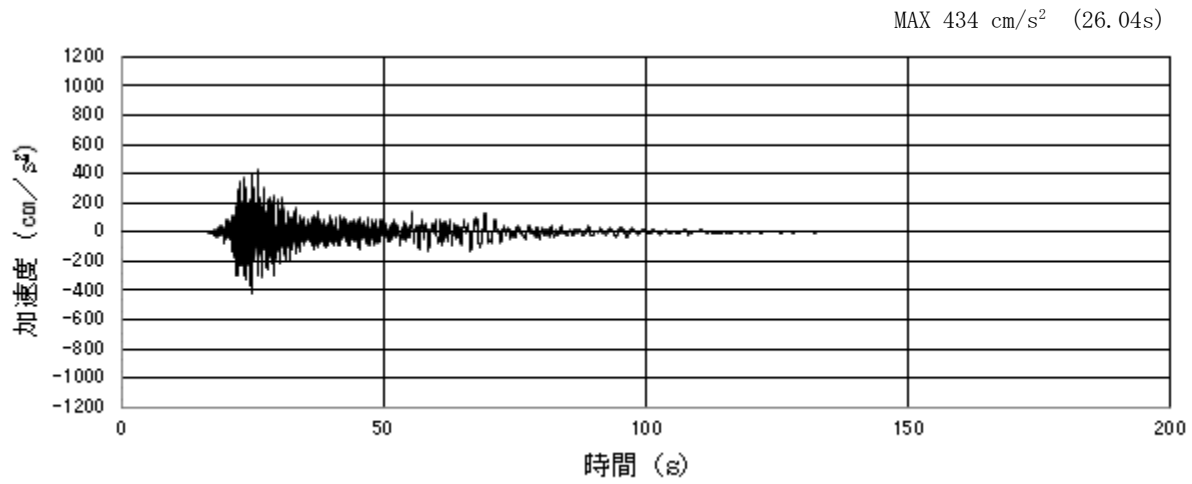


（a）加速度時刻歴波形

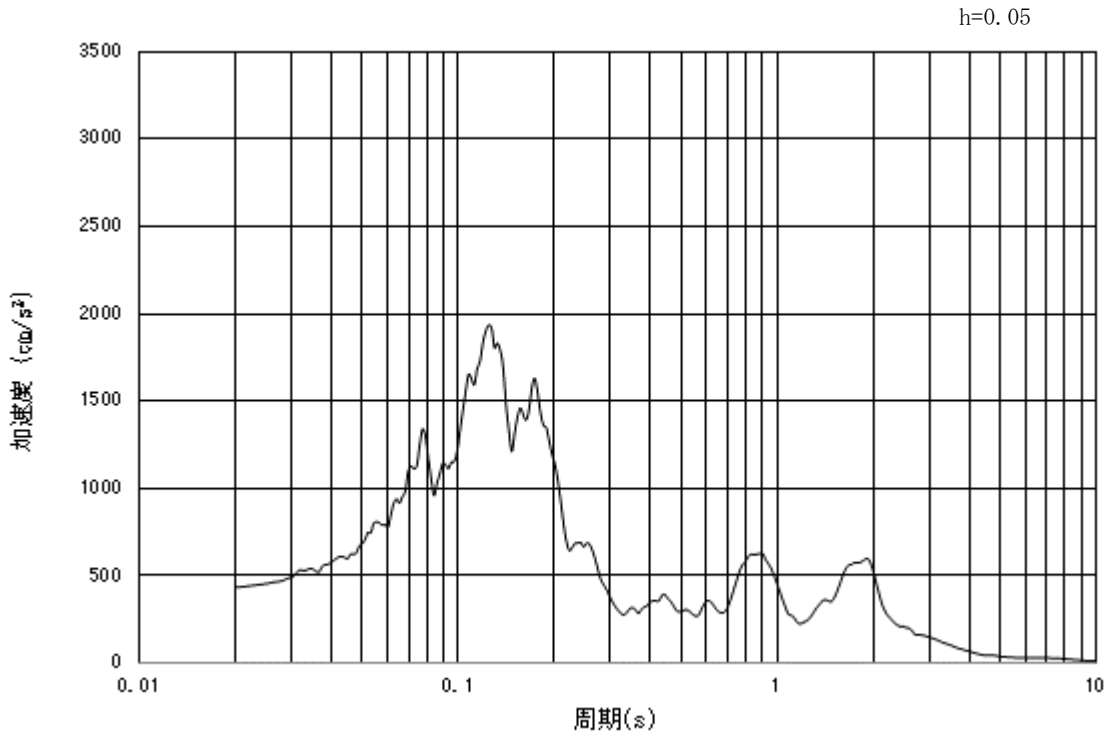


（b）加速度応答スペクトル

図 3-4（2）　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓ$_s$－Ｄ１）

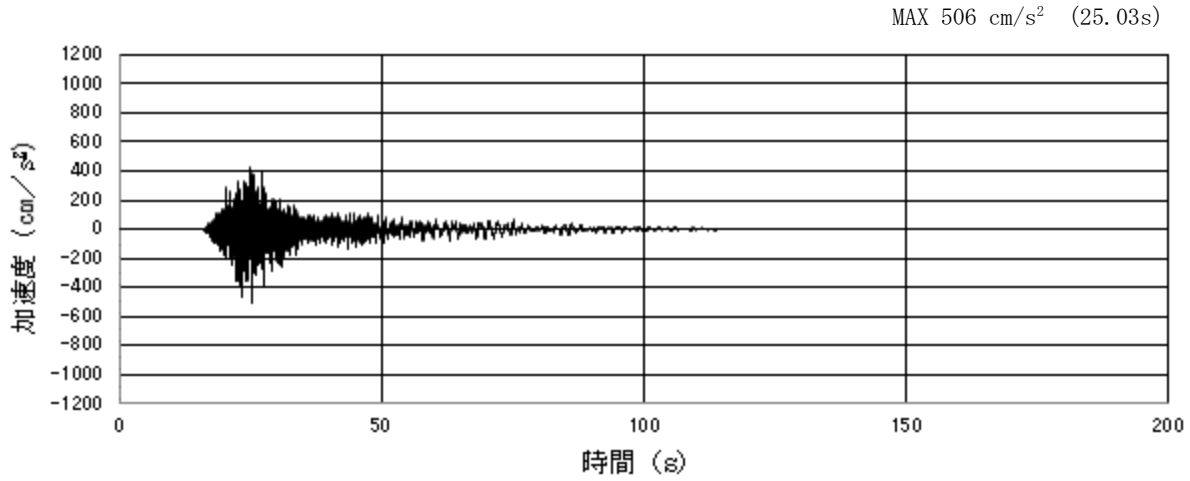


（a）加速度時刻歴波形

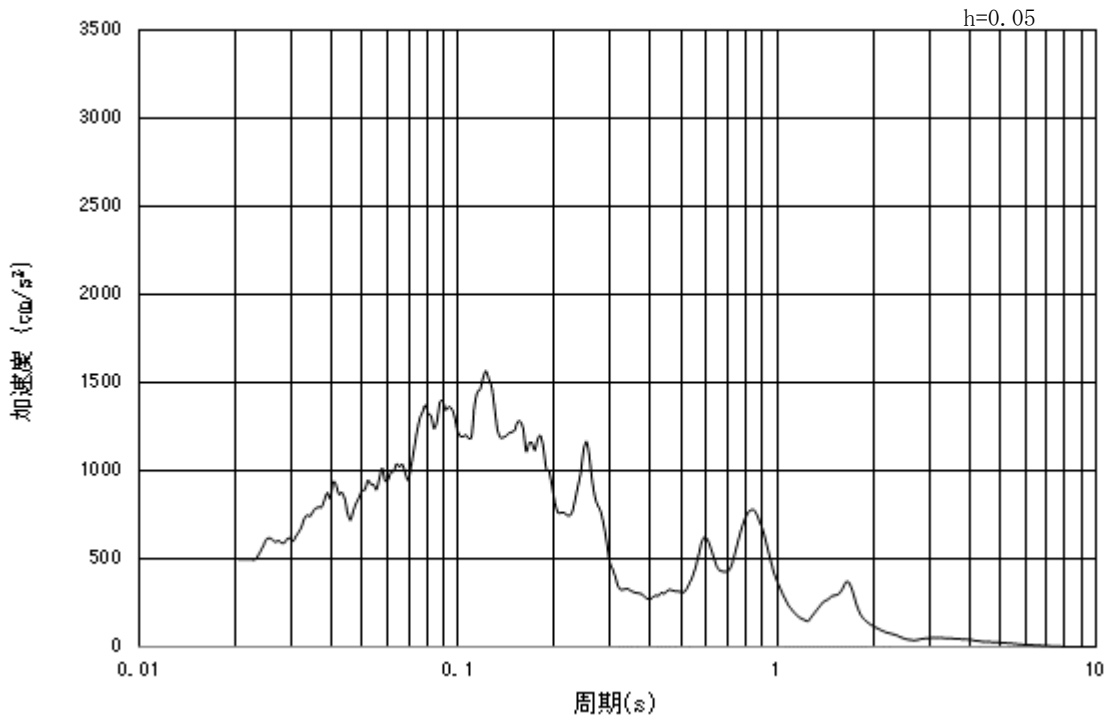


（b）加速度応答スペクトル

図 3-4（3）　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓ$_s$－１１　ＮＳ方向）

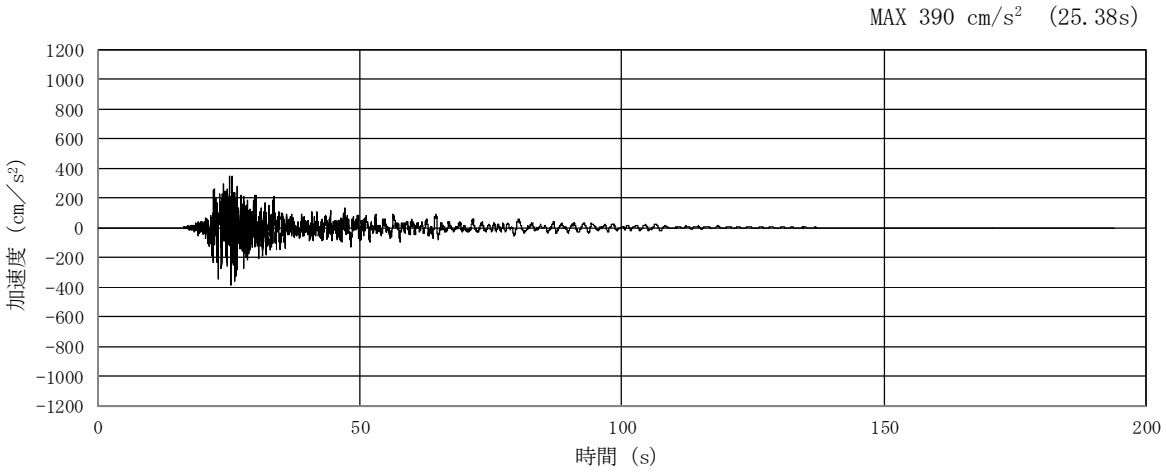


(a) 加速度時刻歴波形

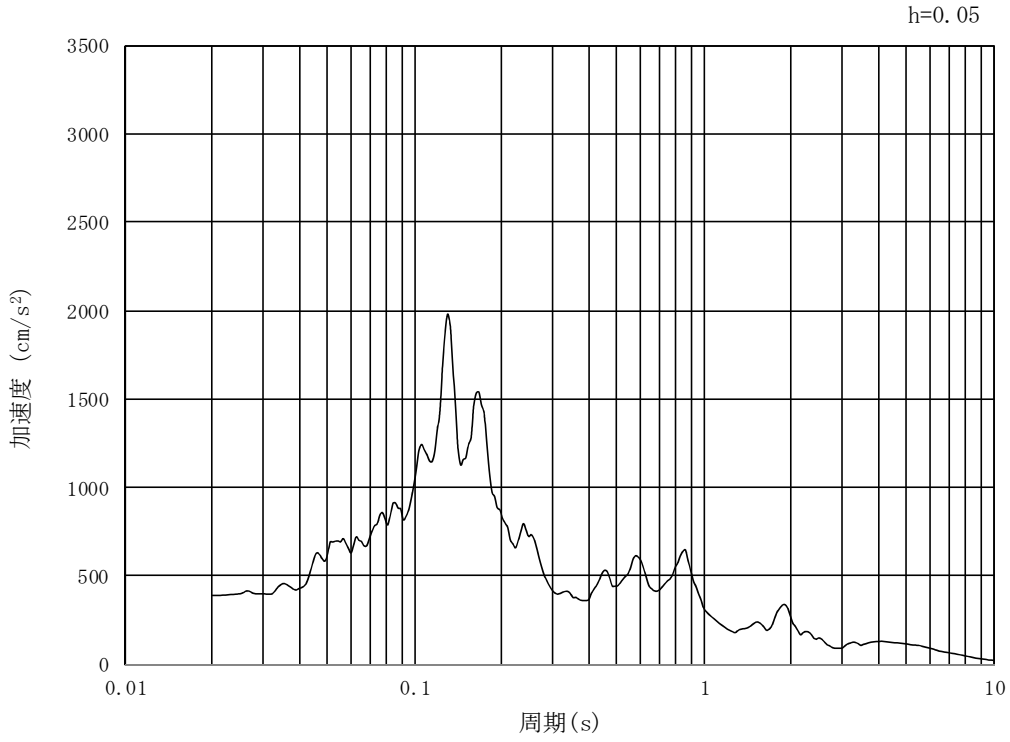


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-4 (4)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓ$_s$－１１　ＮＳ方向）

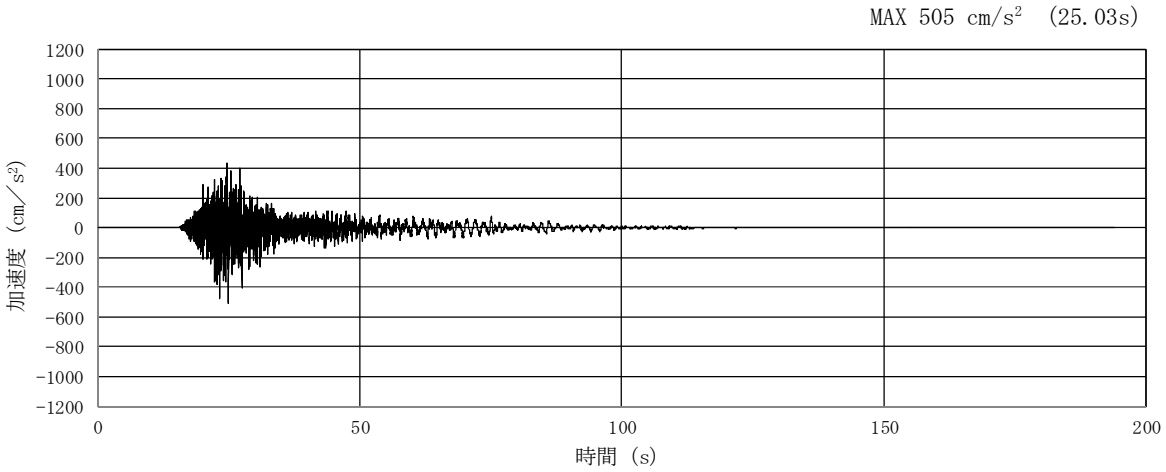


（a）加速度時刻歴波形

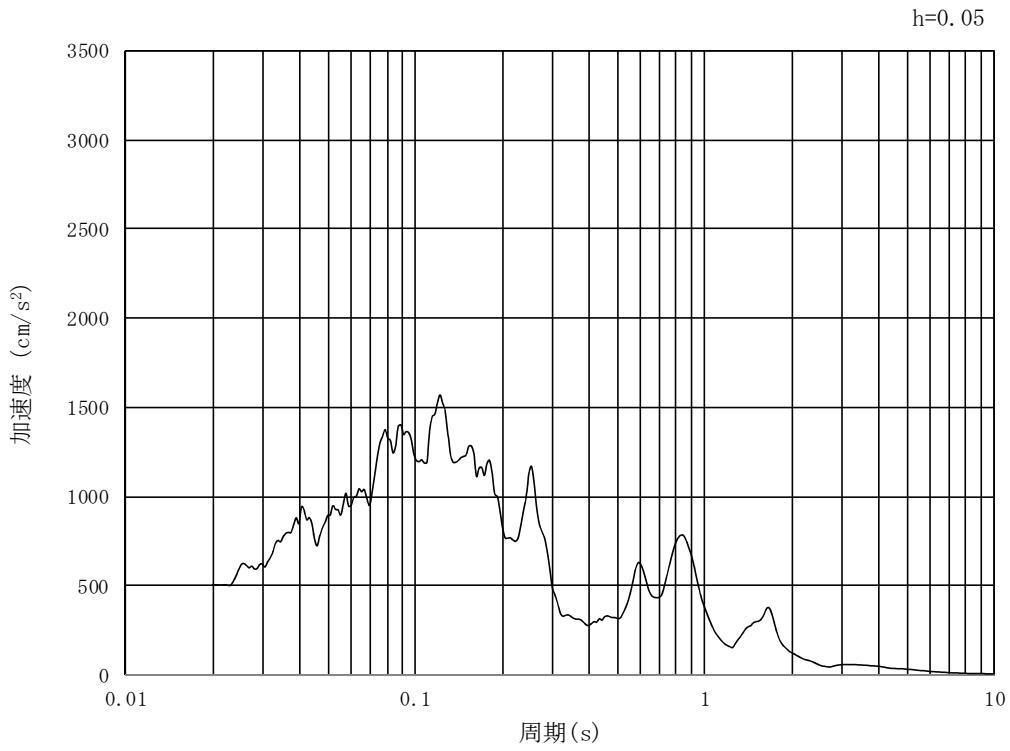


（b）加速度応答スペクトル

図 3-4（5）　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓｓ－１１　ＥＷ方向）

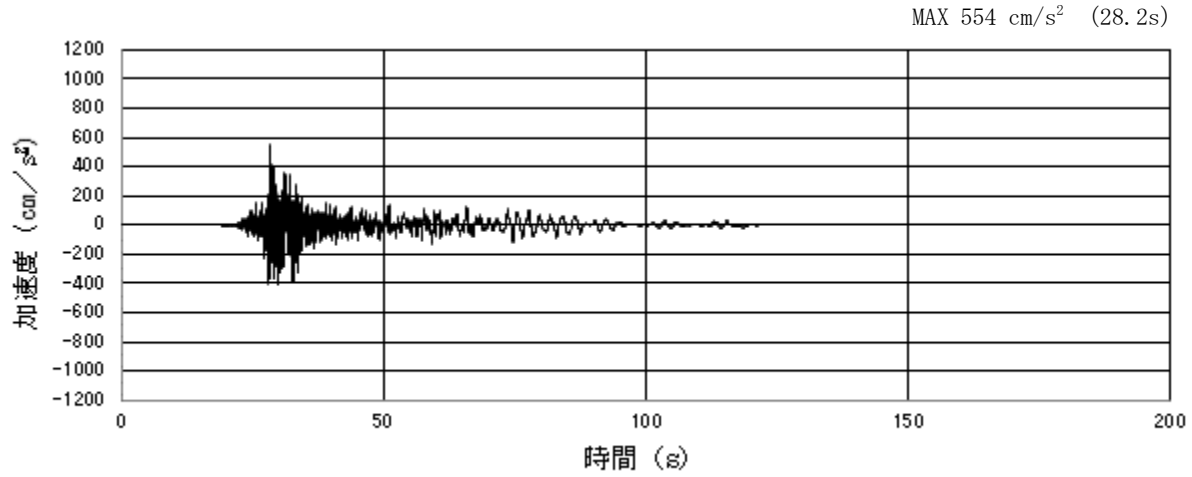


（a）加速度時刻歴波形

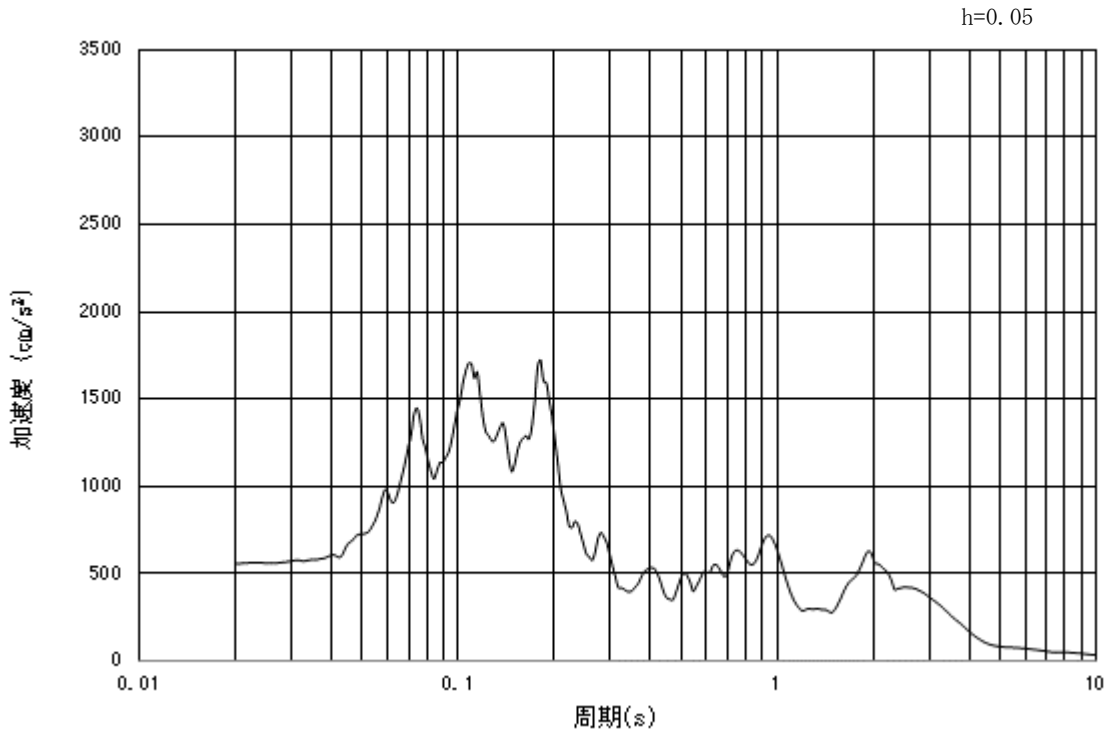


（b）加速度応答スペクトル

図 3-4（6）　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓ$_s$－１１　ＥＷ方向）

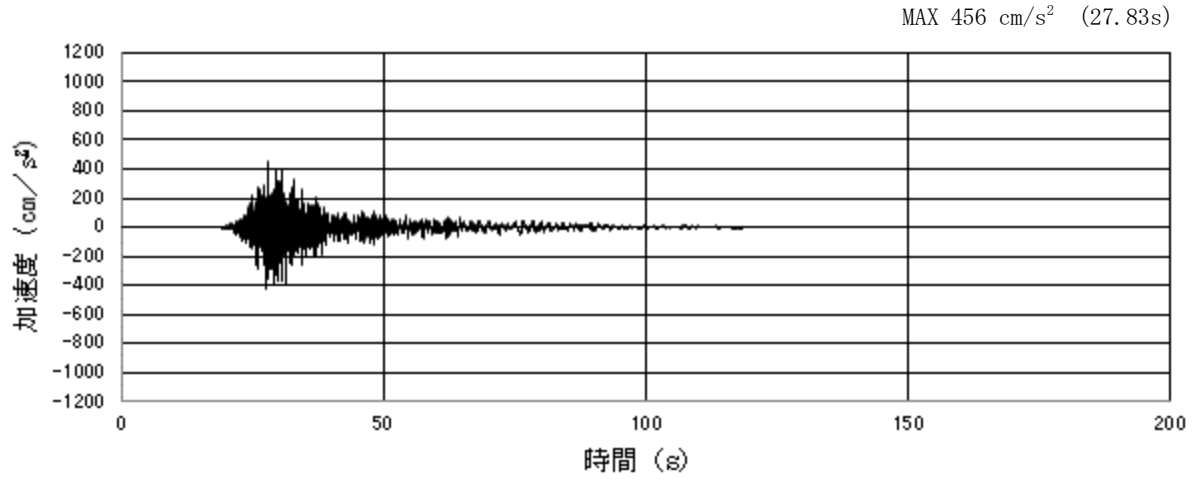


（a）加速度時刻歴波形

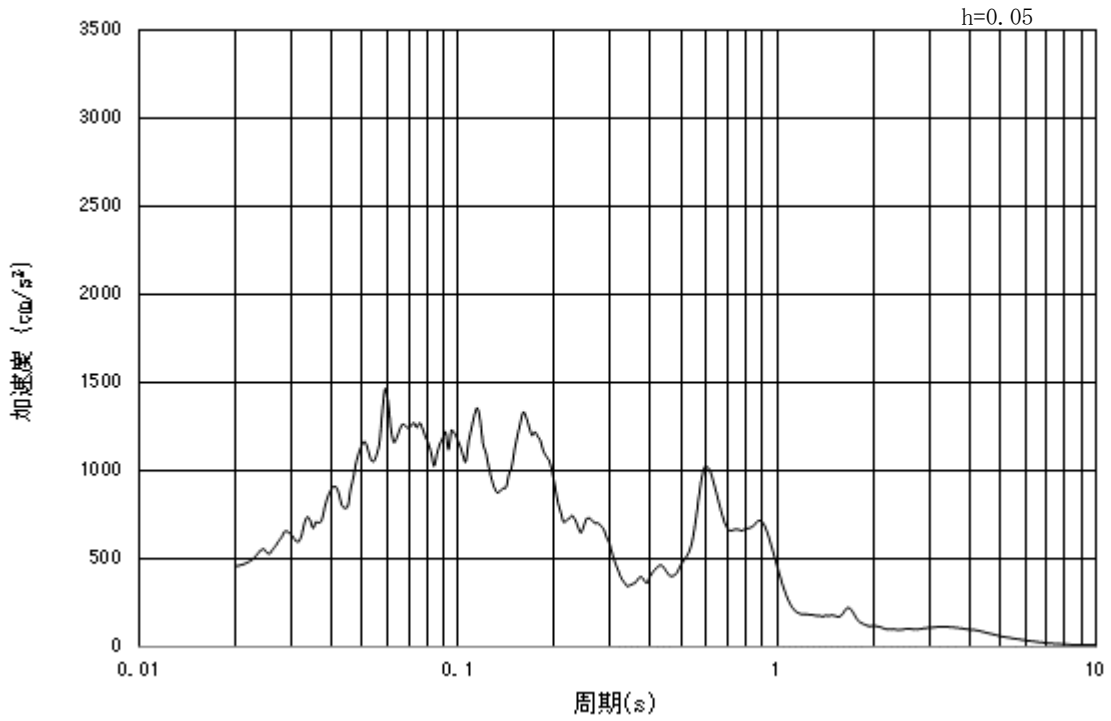


（b）加速度応答スペクトル

図 3-4（7）　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓｓ－１２　ＮＳ方向）

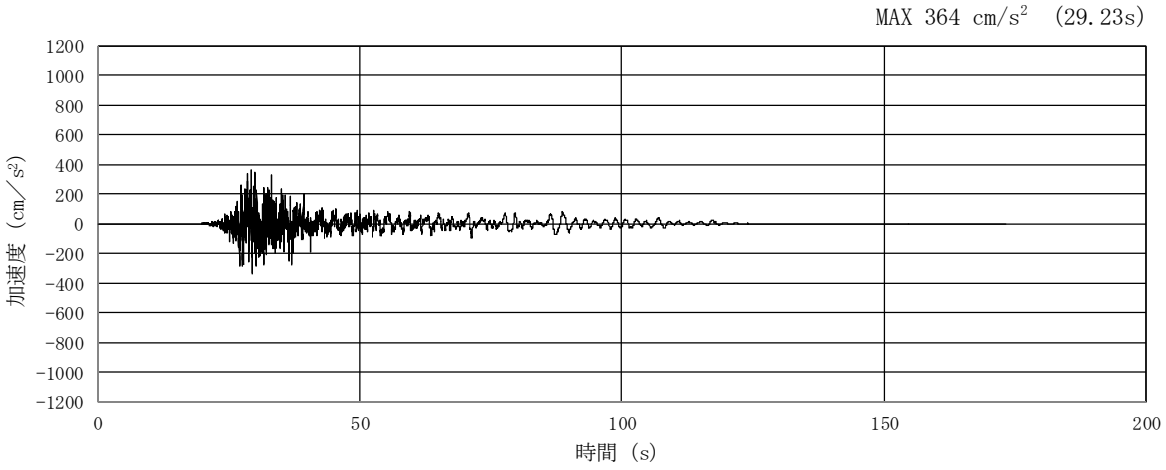


（a）加速度時刻歴波形

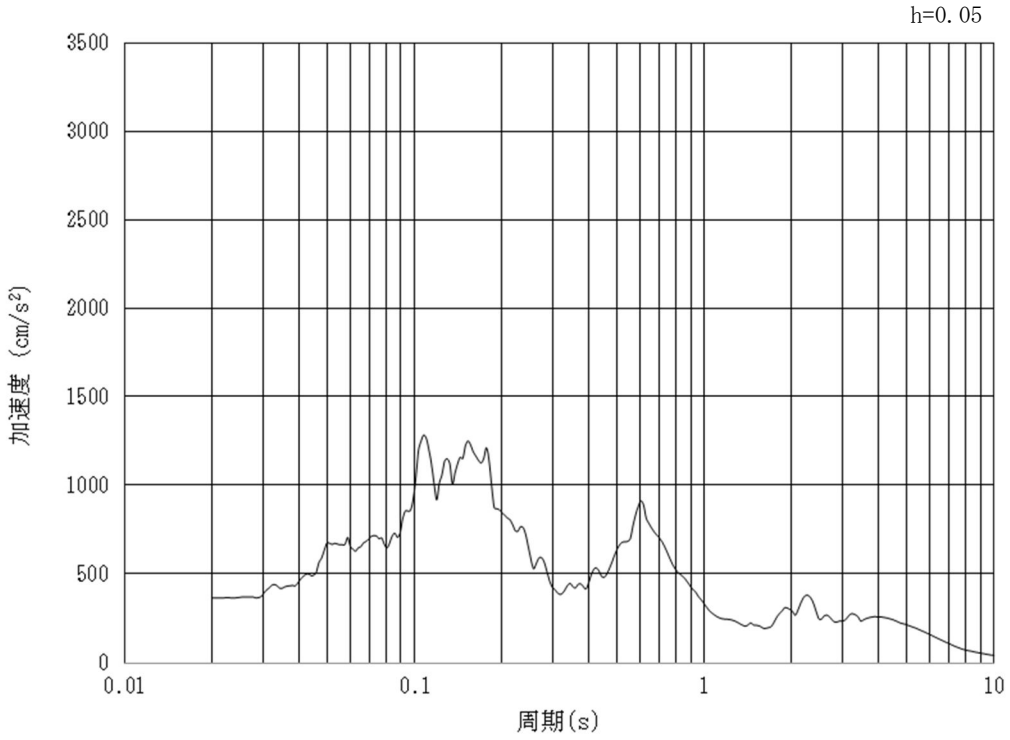


（b）加速度応答スペクトル

図 3-4（8）　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓｓ－１２　ＮＳ方向）

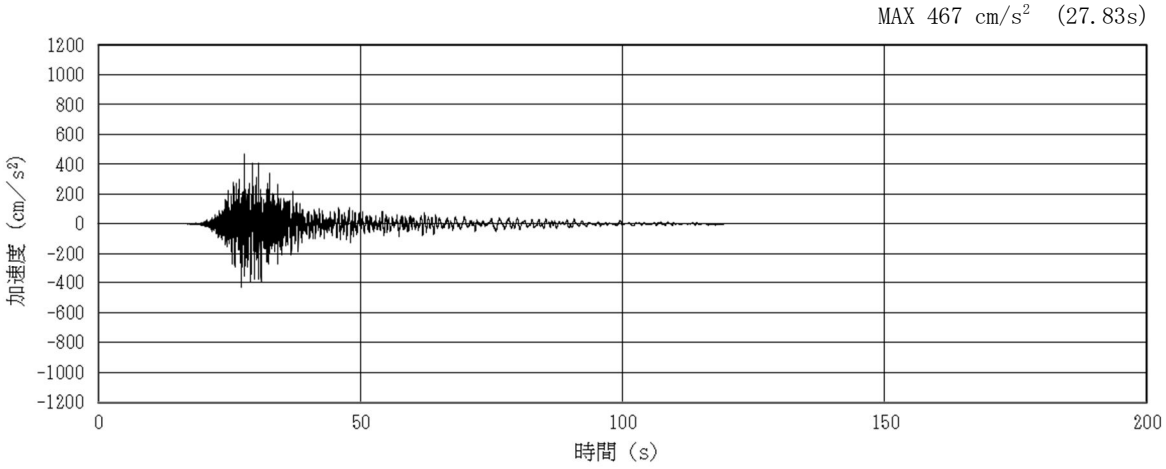


（a）加速度時刻歴波形

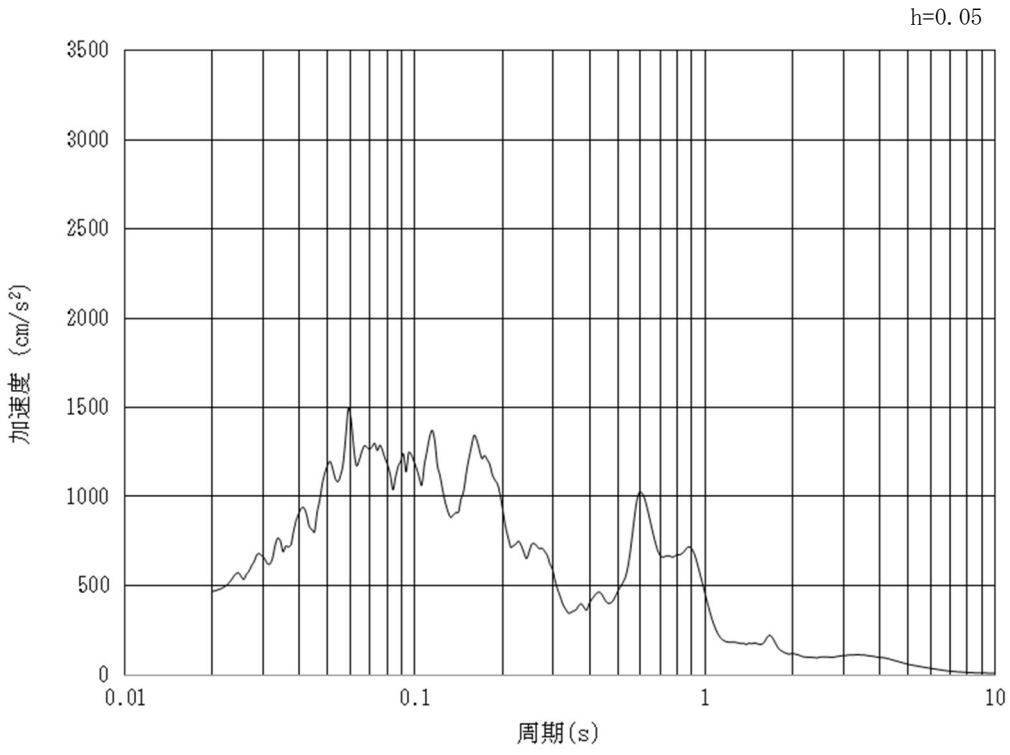


（b）加速度応答スペクトル

図 3-4（9）　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓｓ－１２　ＥＷ方向）

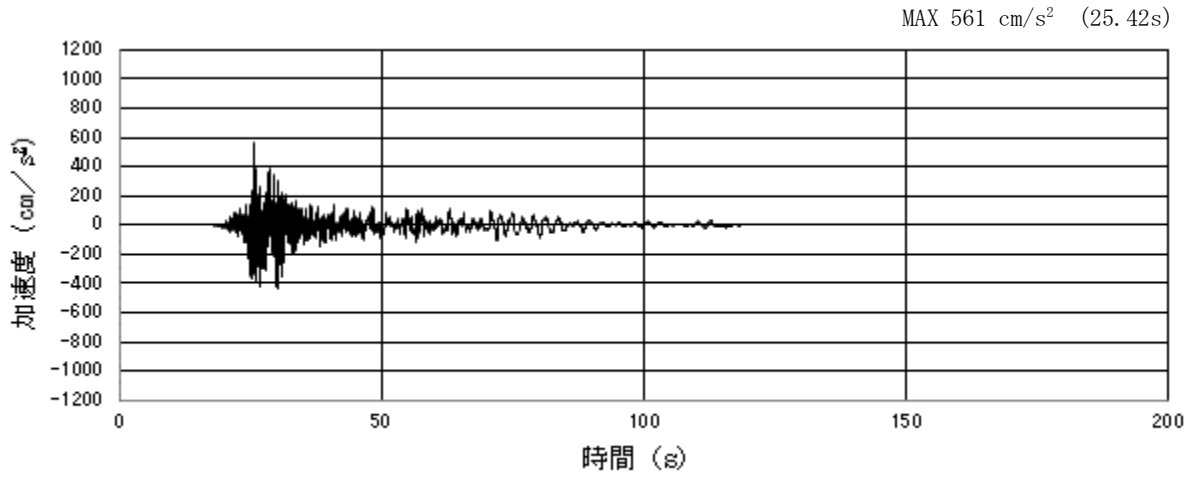


（a）加速度時刻歴波形

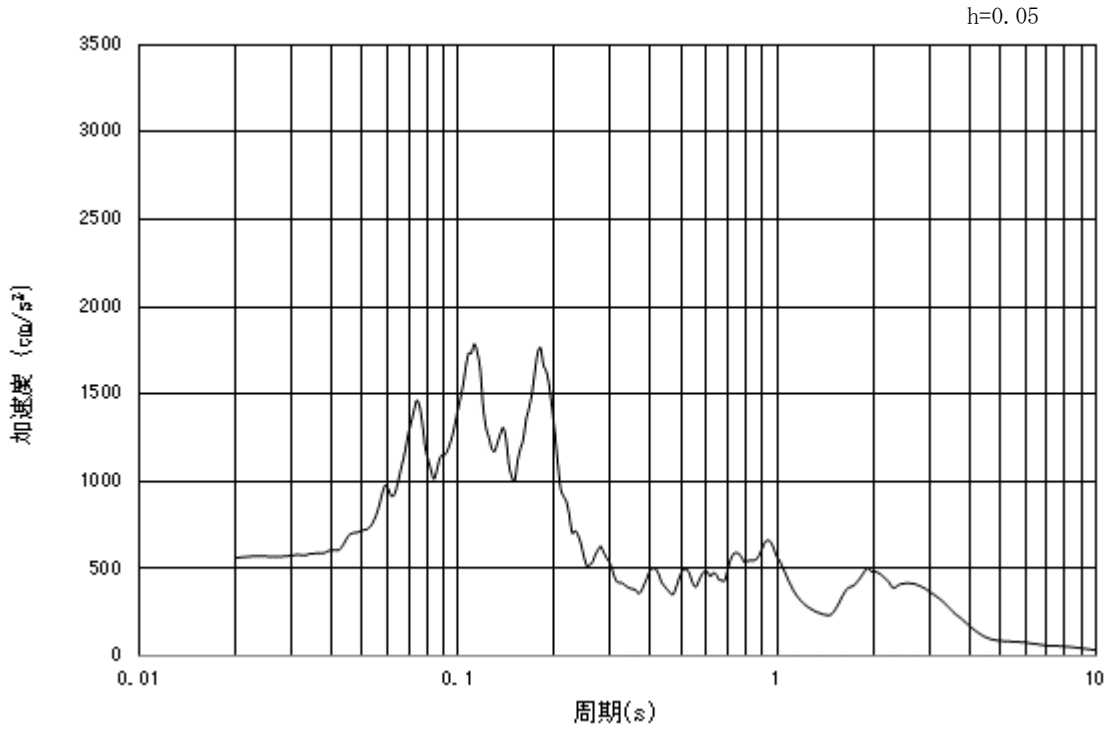


（b）加速度応答スペクトル

図 3-4（10）　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓ$_s$－１２　ＥＷ方向）

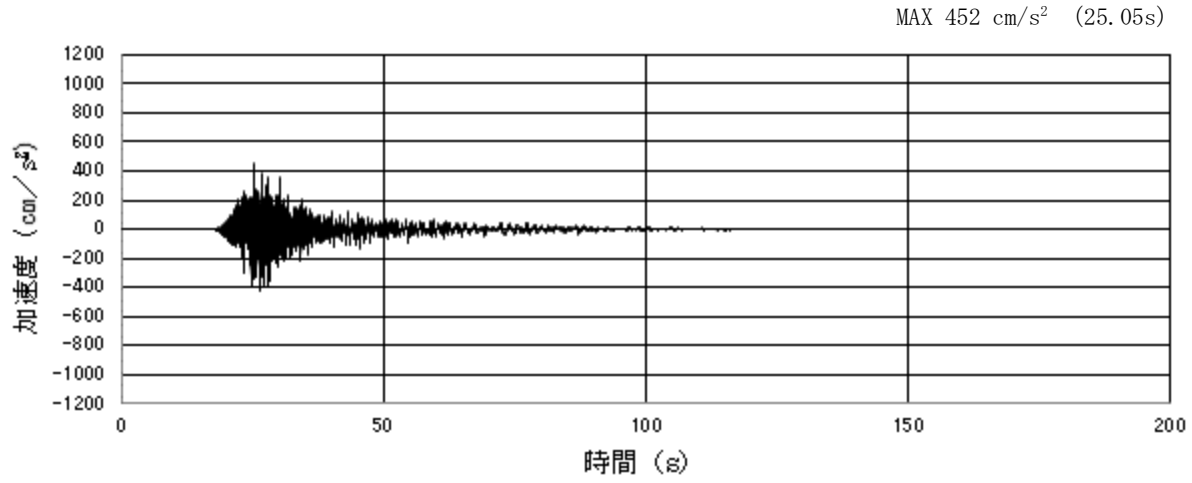


（a）加速度時刻歴波形

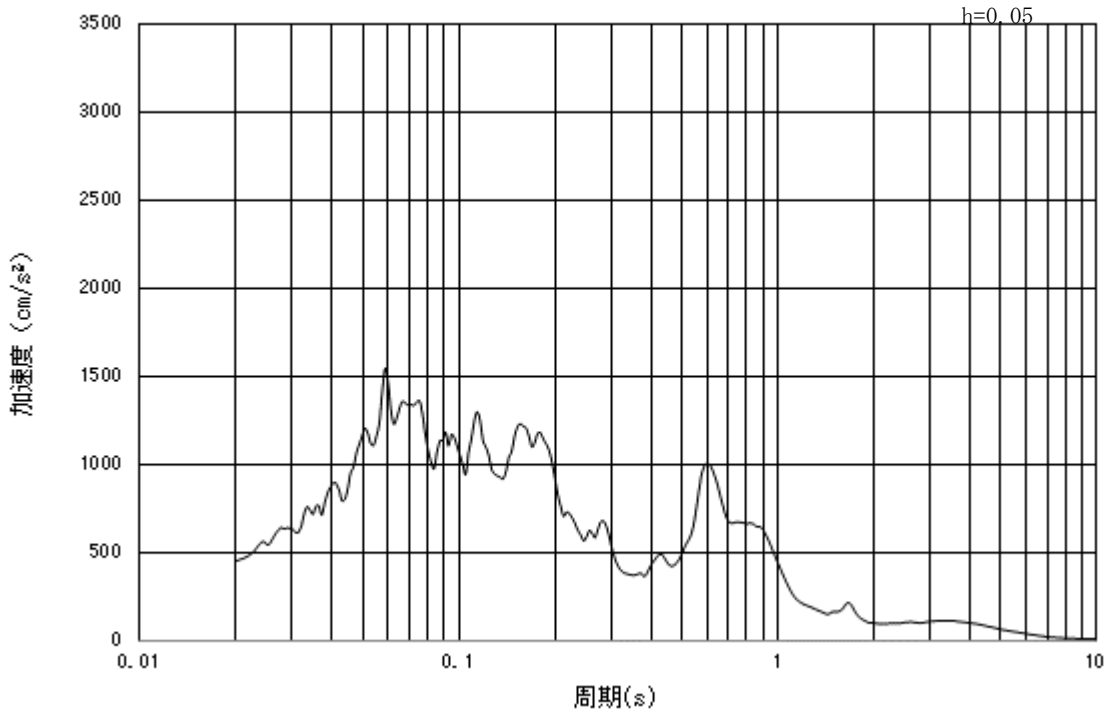


（b）加速度応答スペクトル

図 3-4（11）　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓ$_s$－１３　ＮＳ方向）

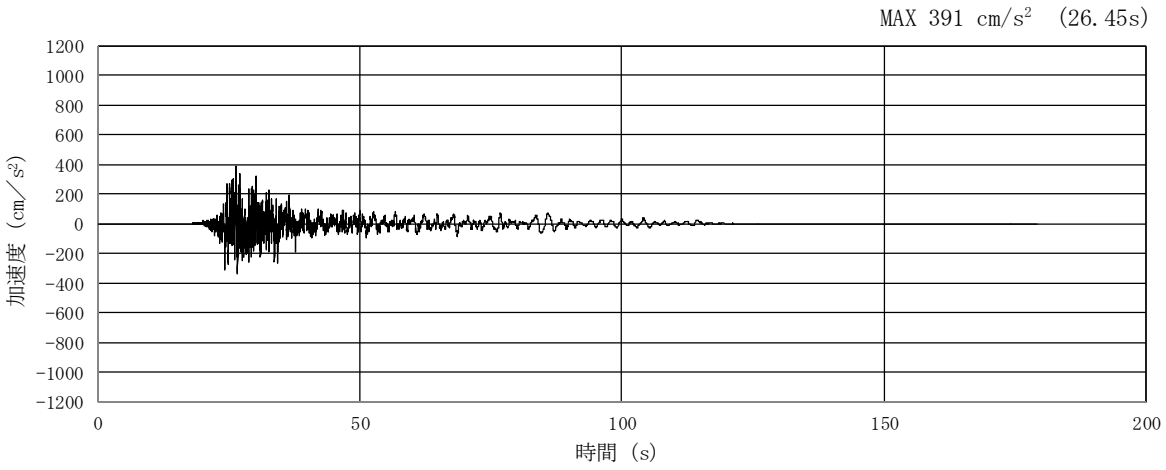


(a) 加速度時刻歴波形

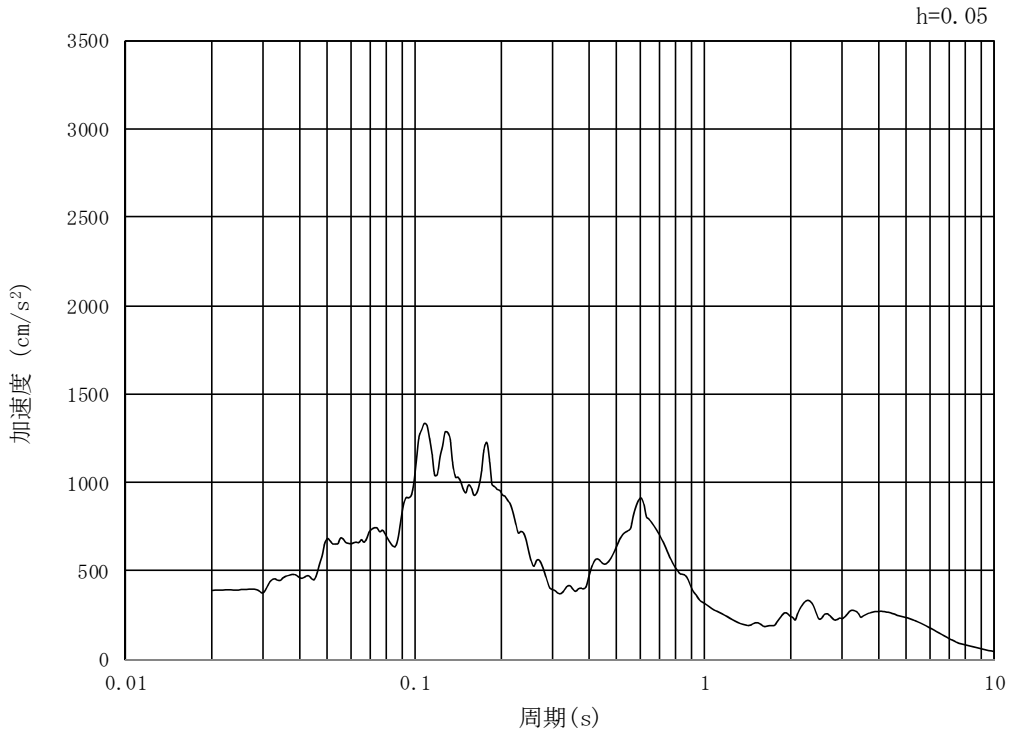


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-4 (12)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓ$_s$－１３　ＮＳ方向）

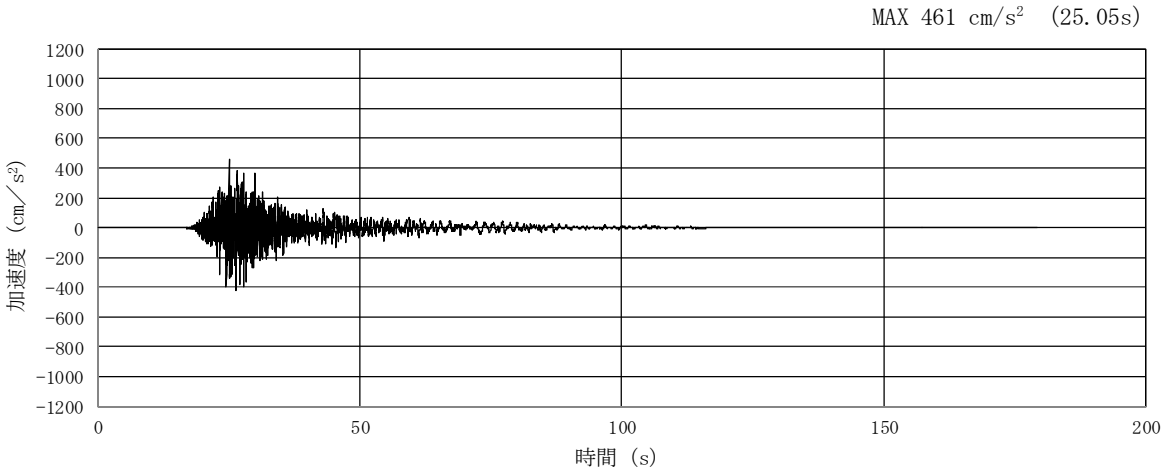


（a）加速度時刻歴波形

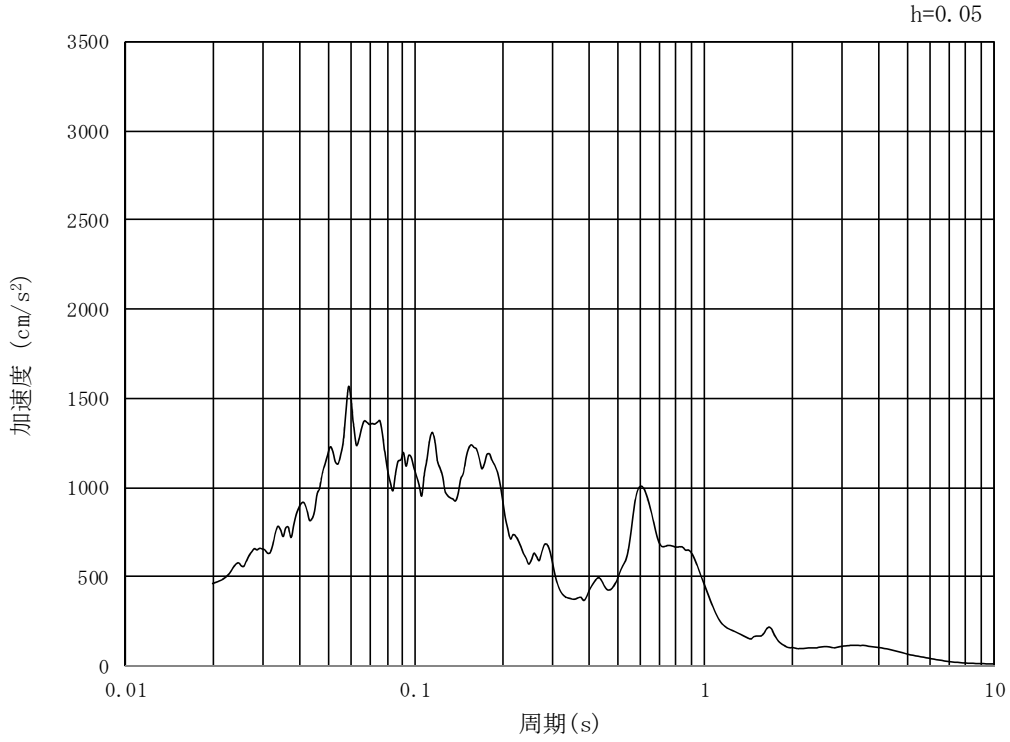


（b）加速度応答スペクトル

図 3-4（13）　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓｓ－１３　ＥＷ方向）

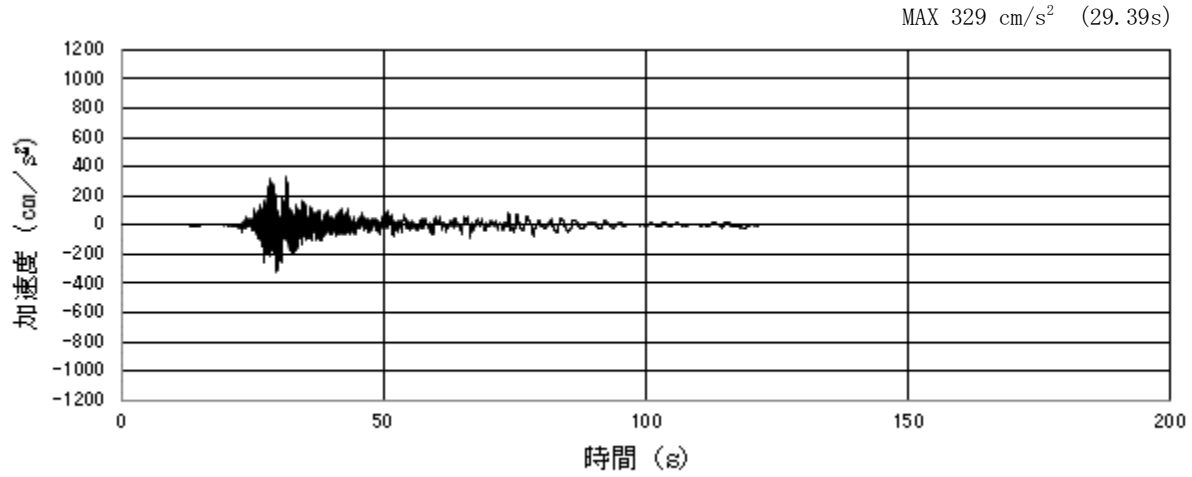


(a) 加速度時刻歴波形

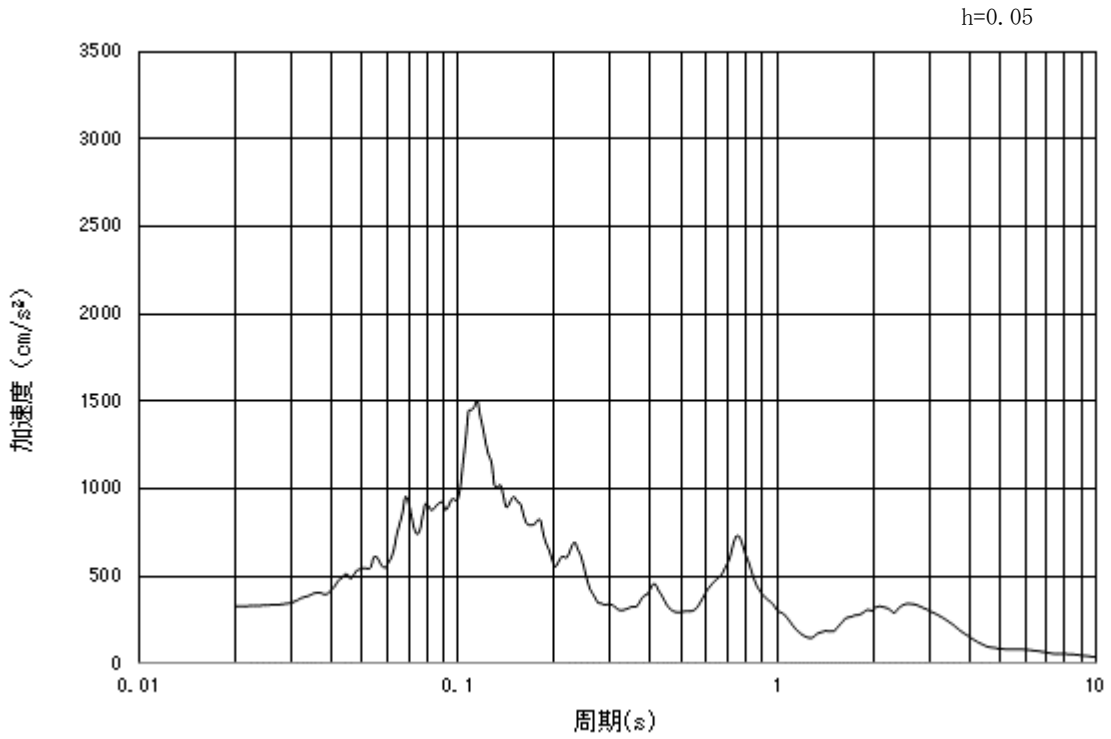


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-4 (14)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向：Ｓｓ－１３　ＥＷ方向)

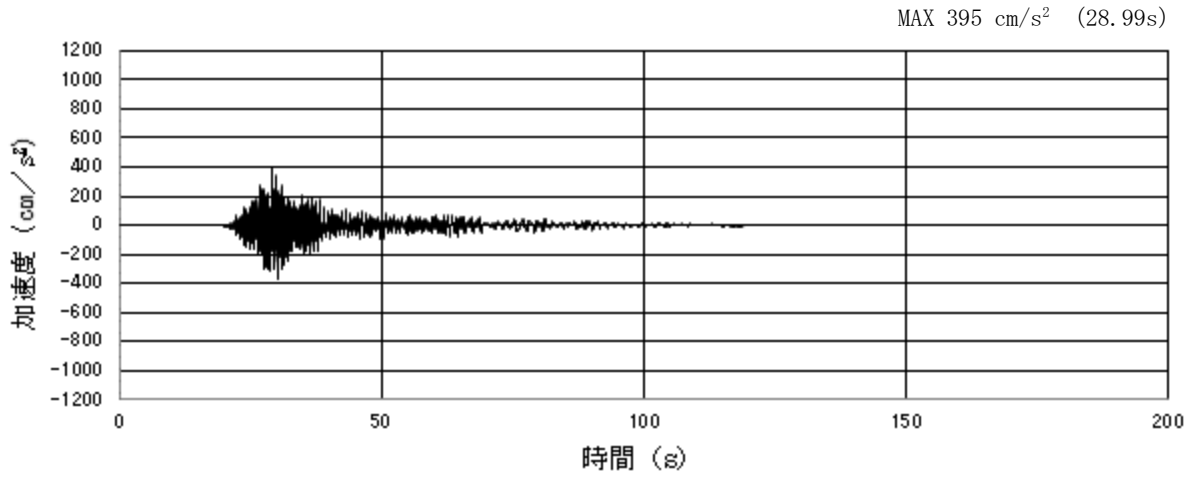


（a）加速度時刻歴波形

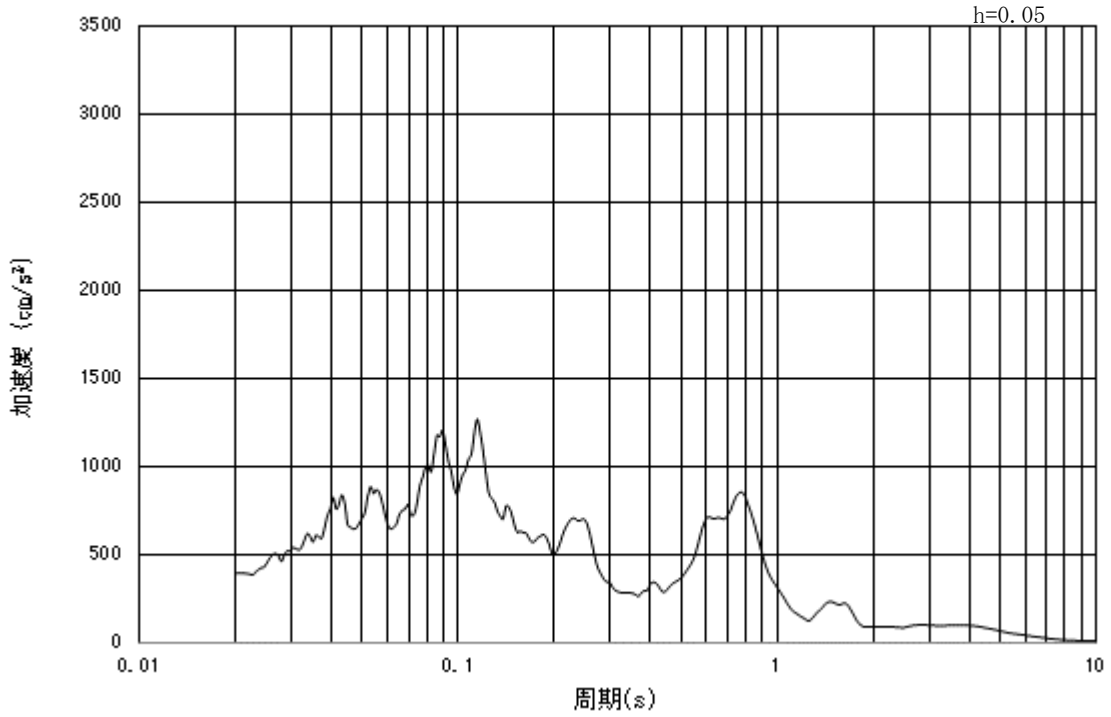


（b）加速度応答スペクトル

図 3-4（15）　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓ$_s$－１４　ＮＳ方向）

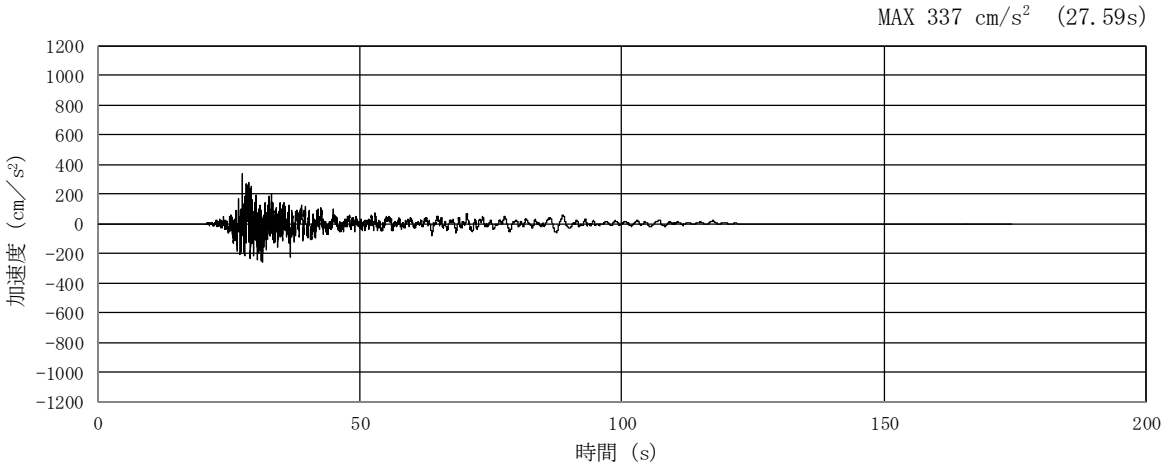


（a）加速度時刻歴波形

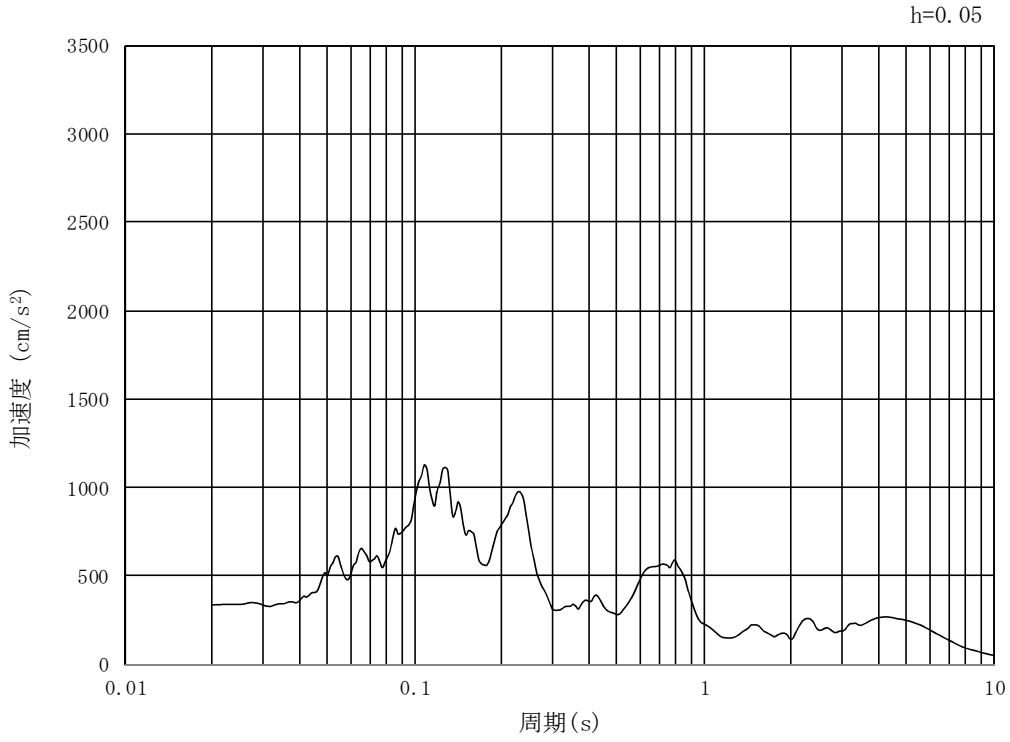


（b）加速度応答スペクトル

図 3-4（16）　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓ$_s$－１４　ＮＳ方向）

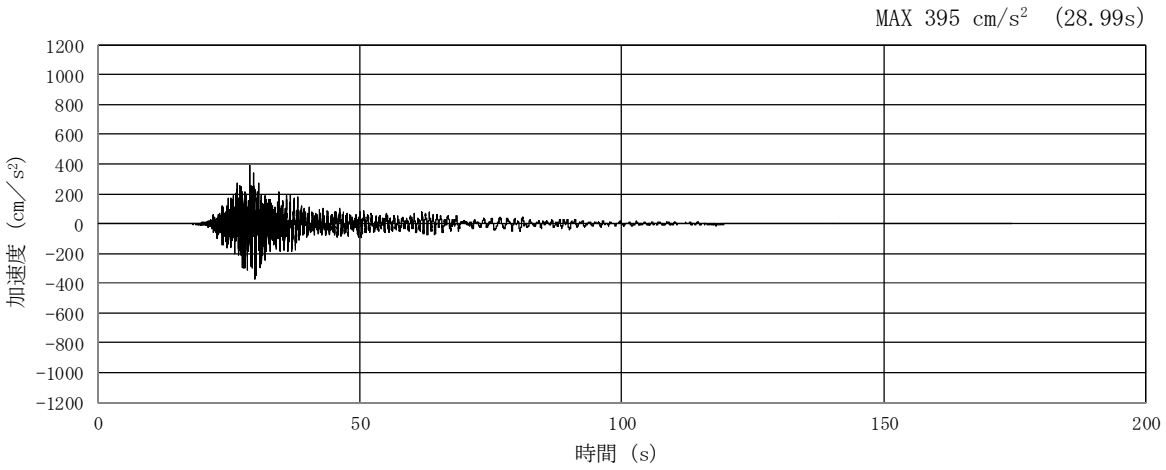


（a）加速度時刻歴波形

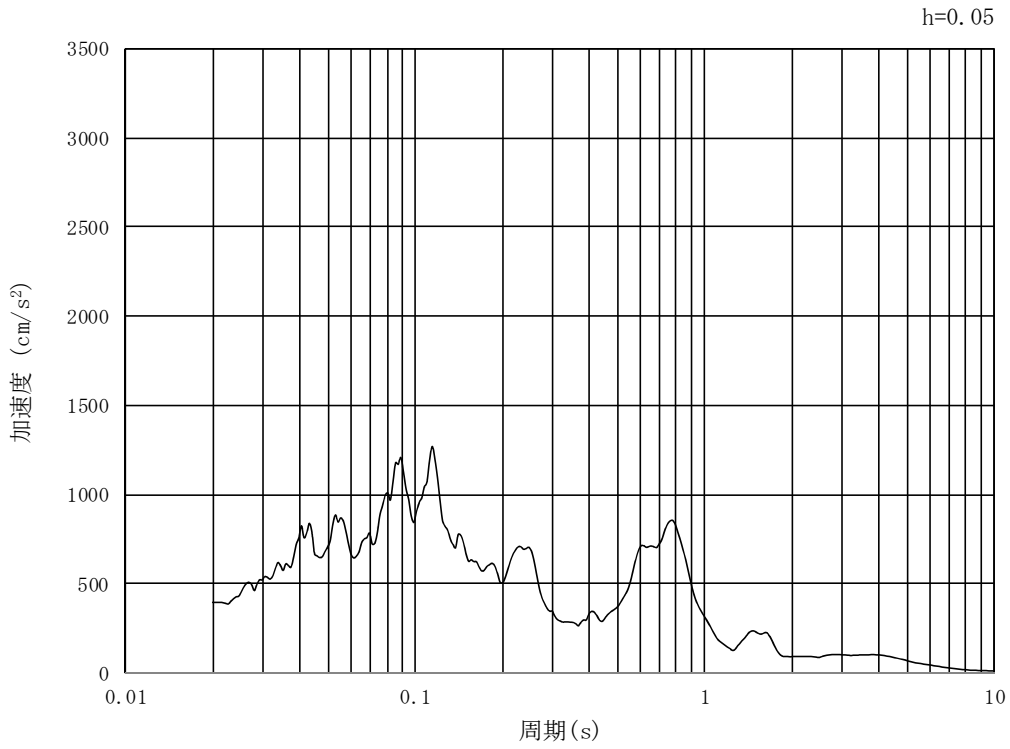


（b）加速度応答スペクトル

図 3-4（17）　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓｓ－１４　ＥＷ方向）

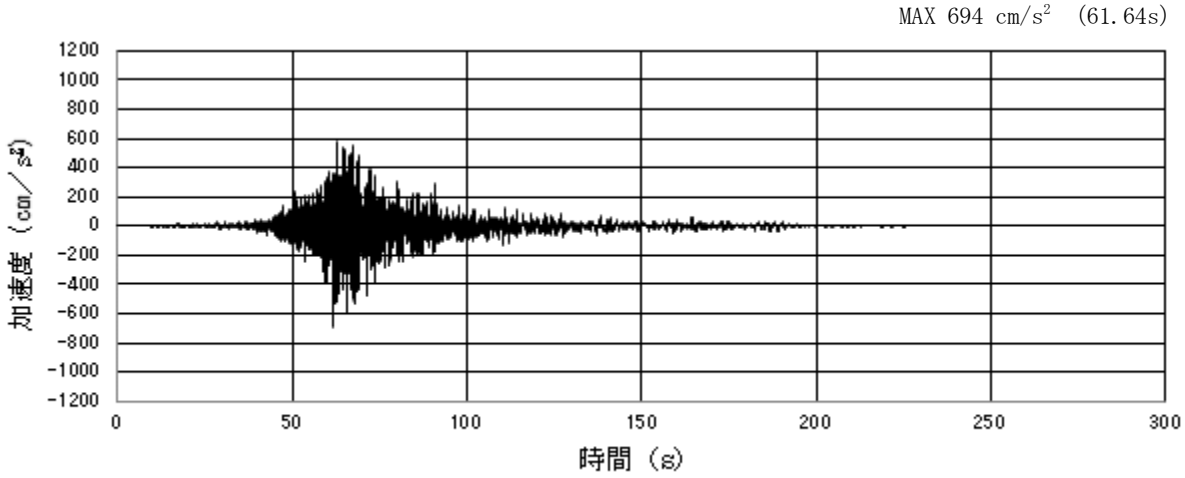


(a) 加速度時刻歴波形

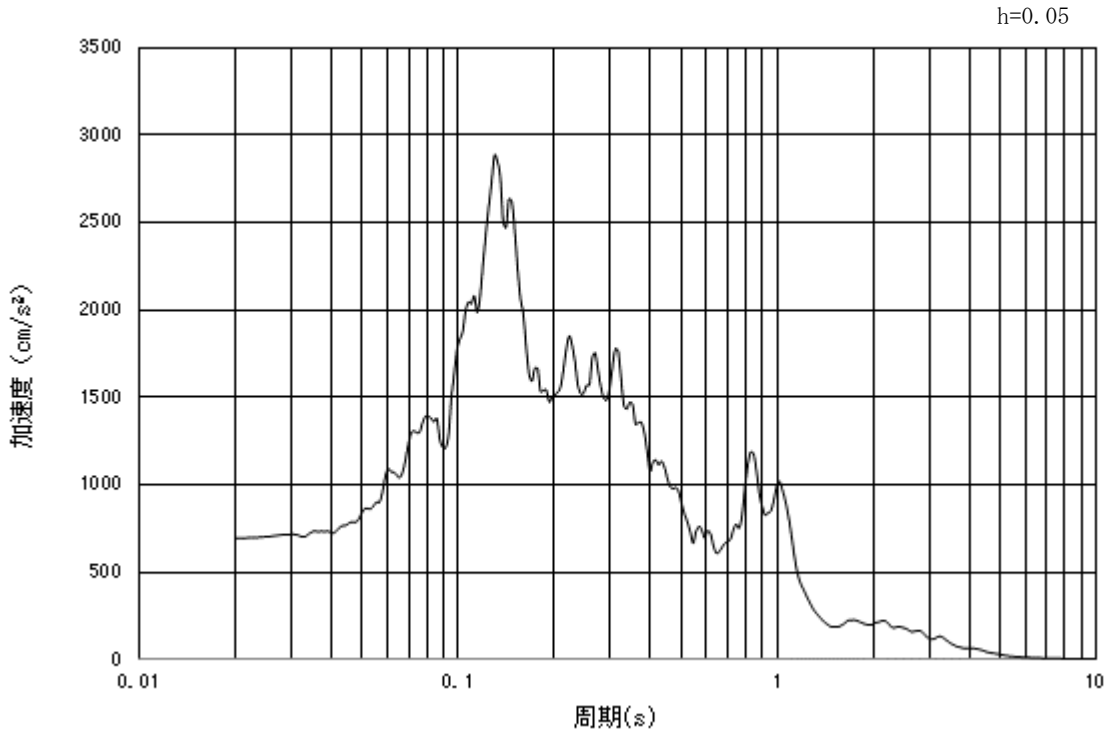


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-4 (18)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向：Ｓｓ－１４　ＥＷ方向)

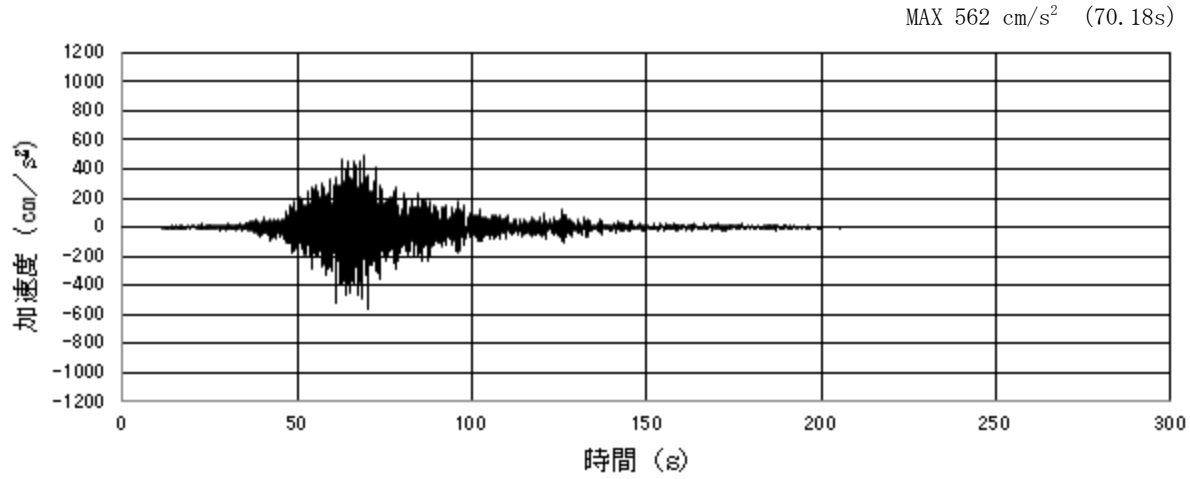


（a）加速度時刻歴波形

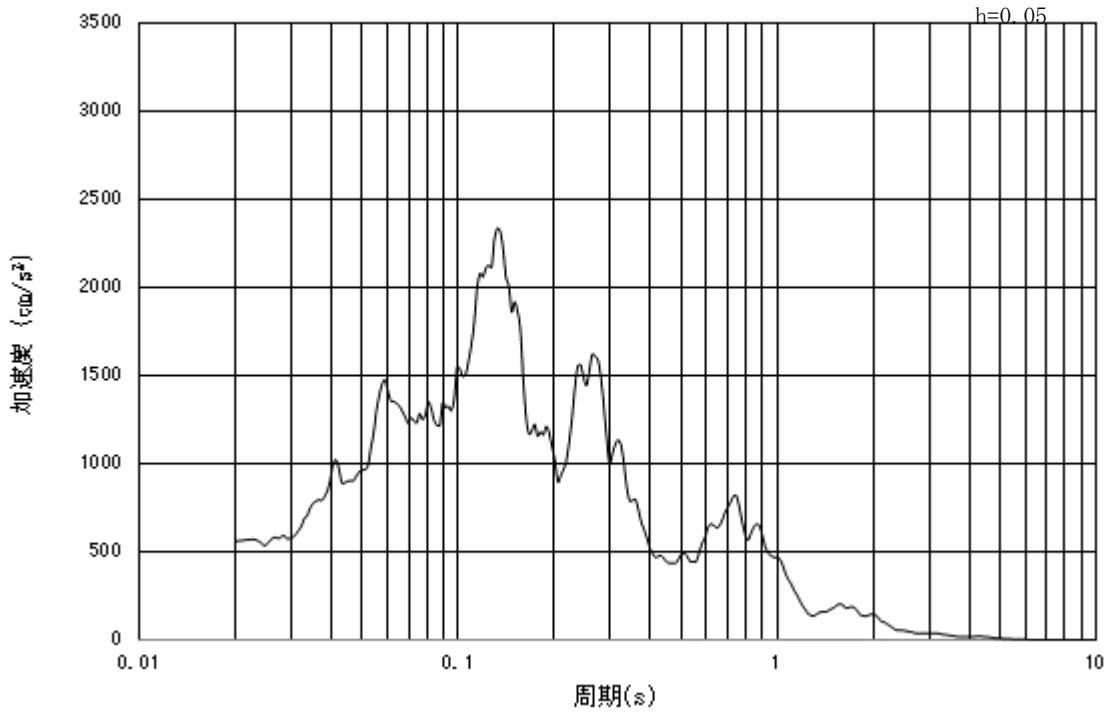


（b）加速度応答スペクトル

図 3-4（19）　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓｓ－２１　ＮＳ方向）

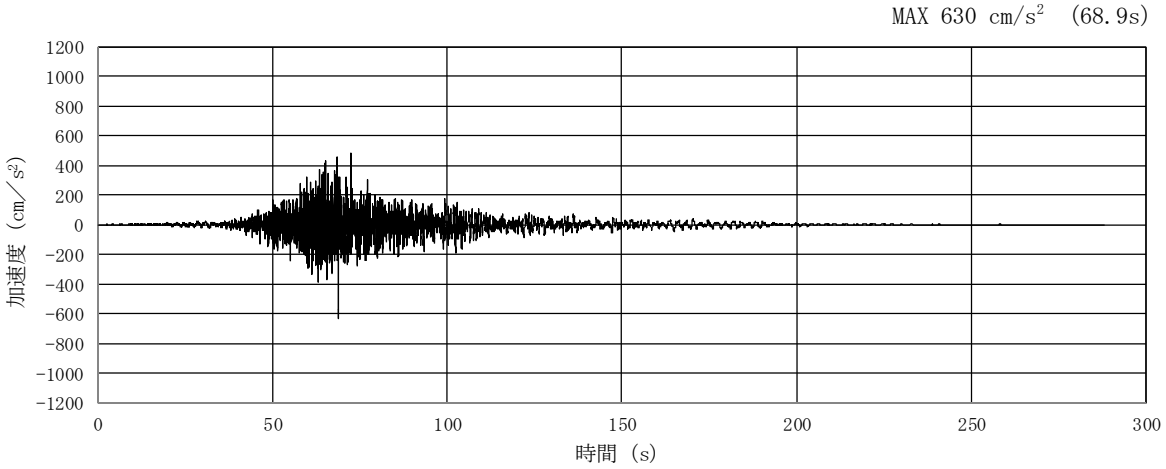


(a) 加速度時刻歴波形

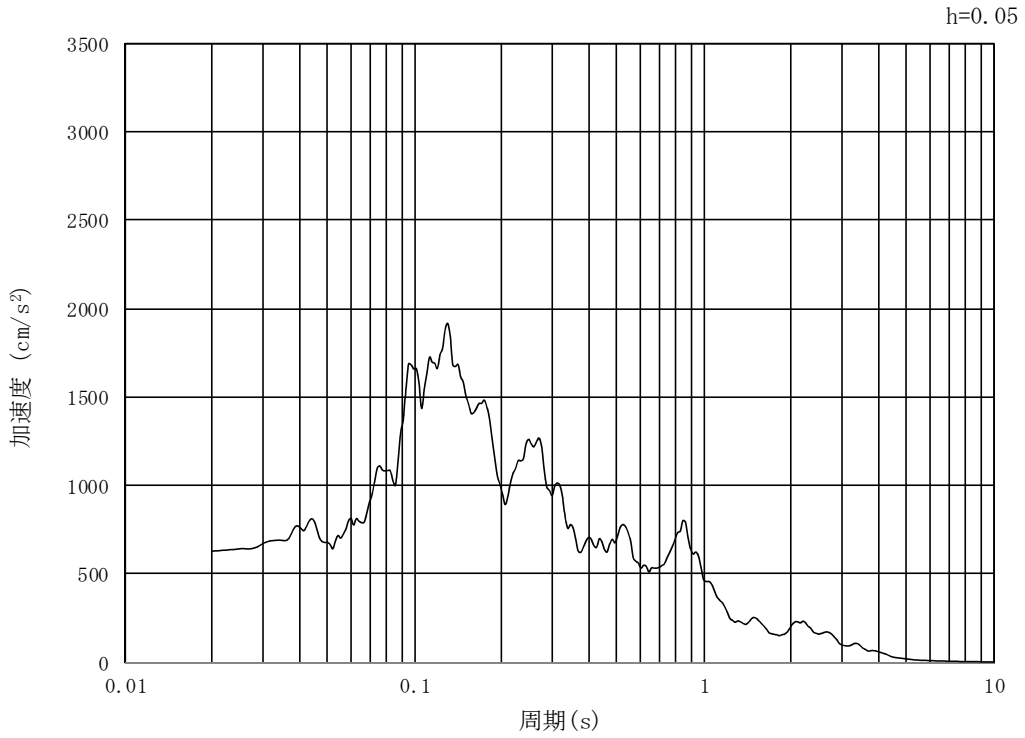


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-4 (20)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓ$_s$－２１　ＮＳ方向）

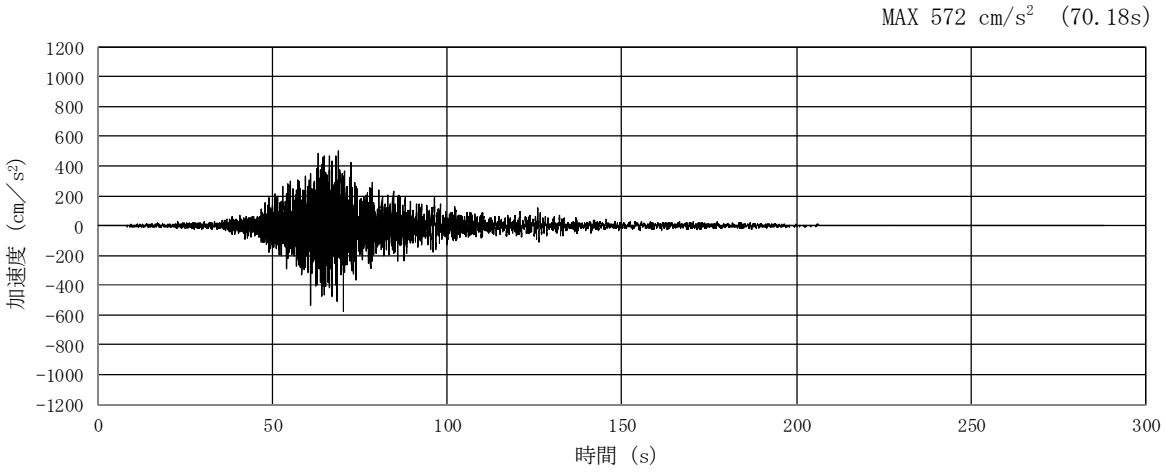


（a）加速度時刻歴波形

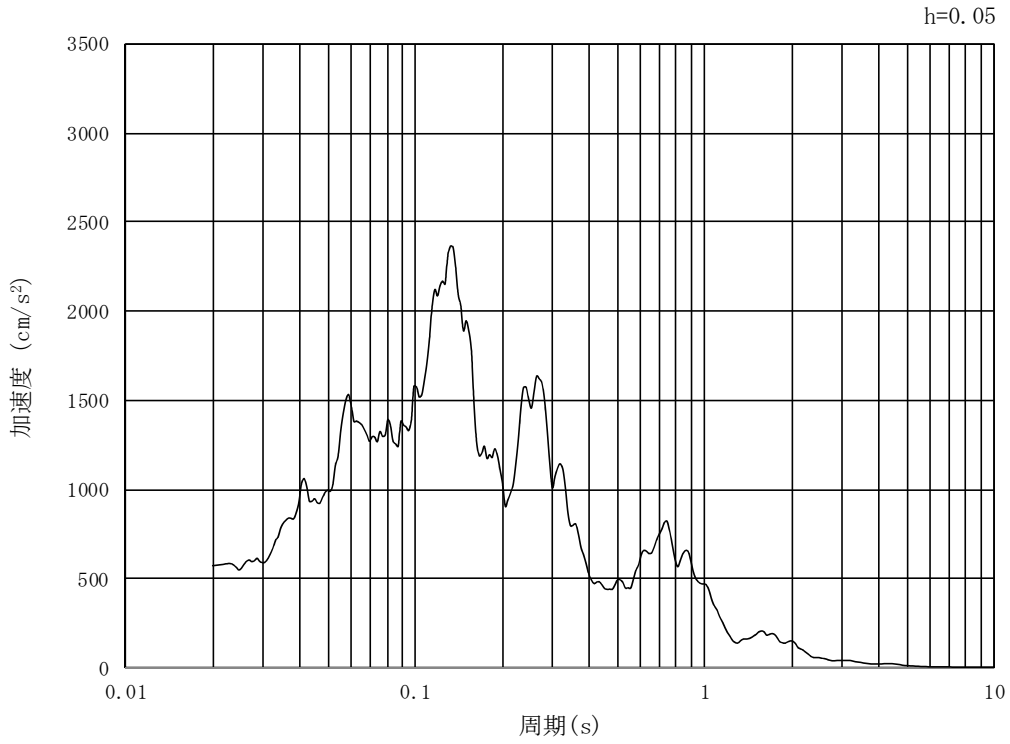


（b）加速度応答スペクトル

図 3-4（21）　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓｓ－２１　ＥＷ方向）

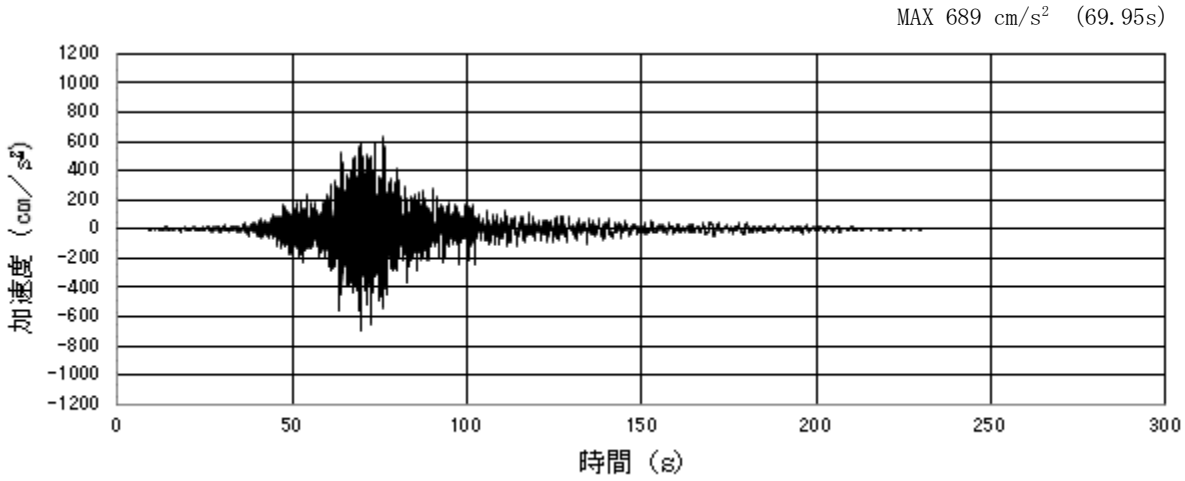


(a) 加速度時刻歴波形

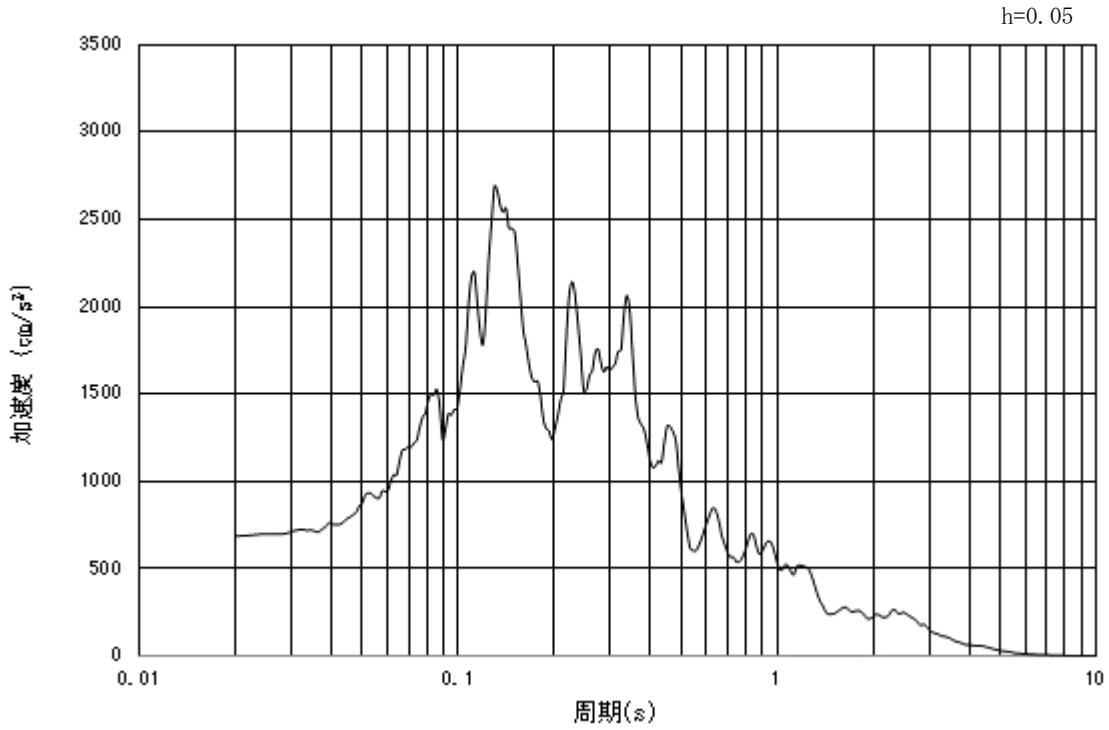


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-4 (22)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向：Ｓ$_s$－２１　ＥＷ方向)

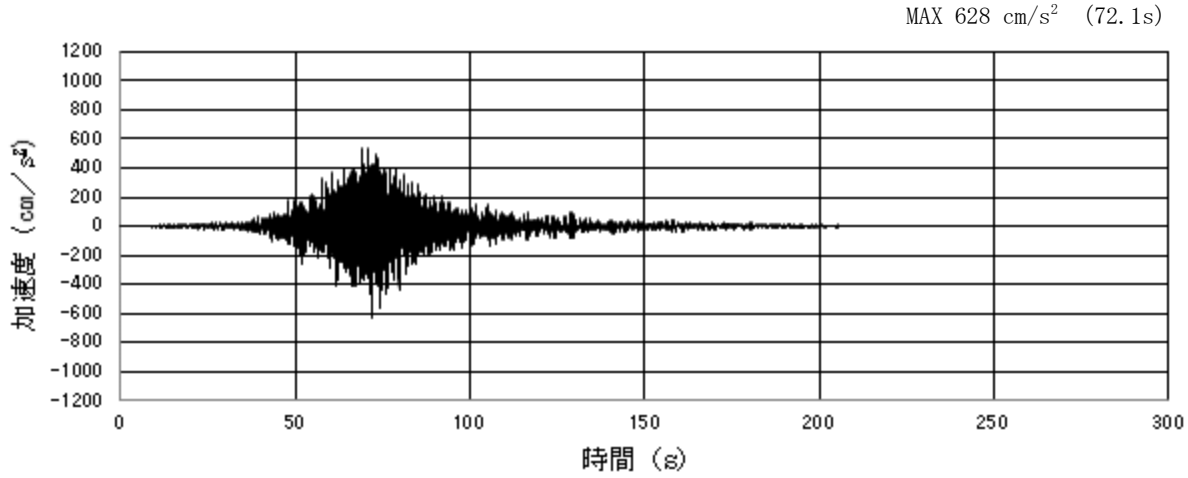


（a）加速度時刻歴波形

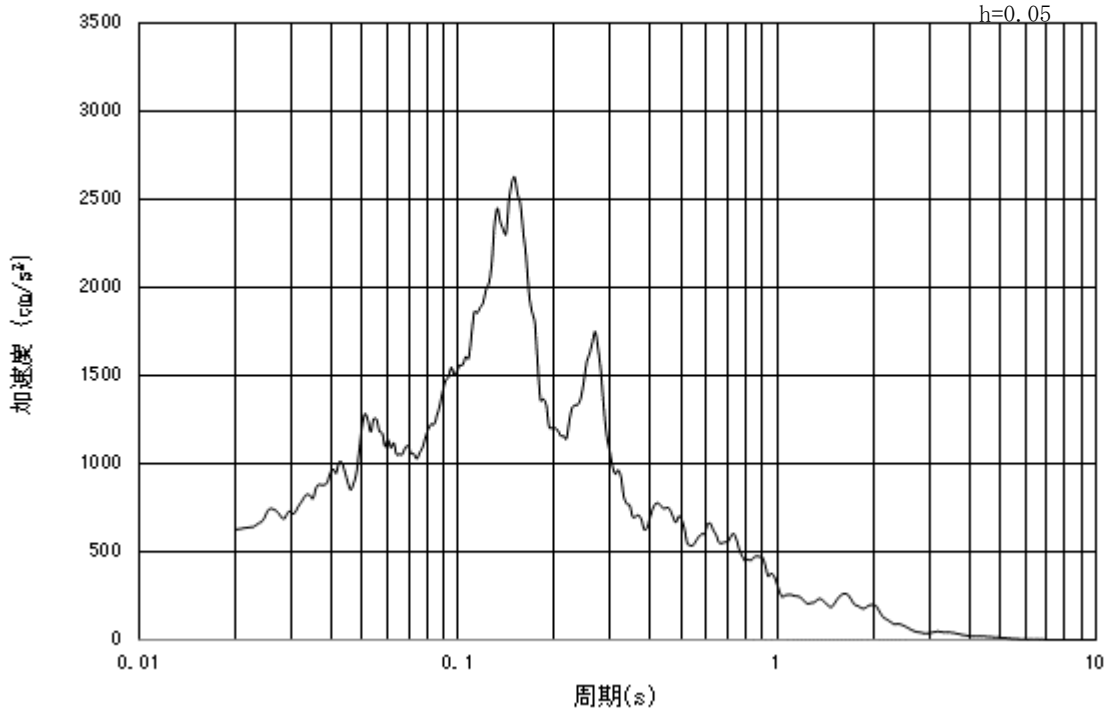


（b）加速度応答スペクトル

図 3-4（23）　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓｓ－２２　ＮＳ方向）

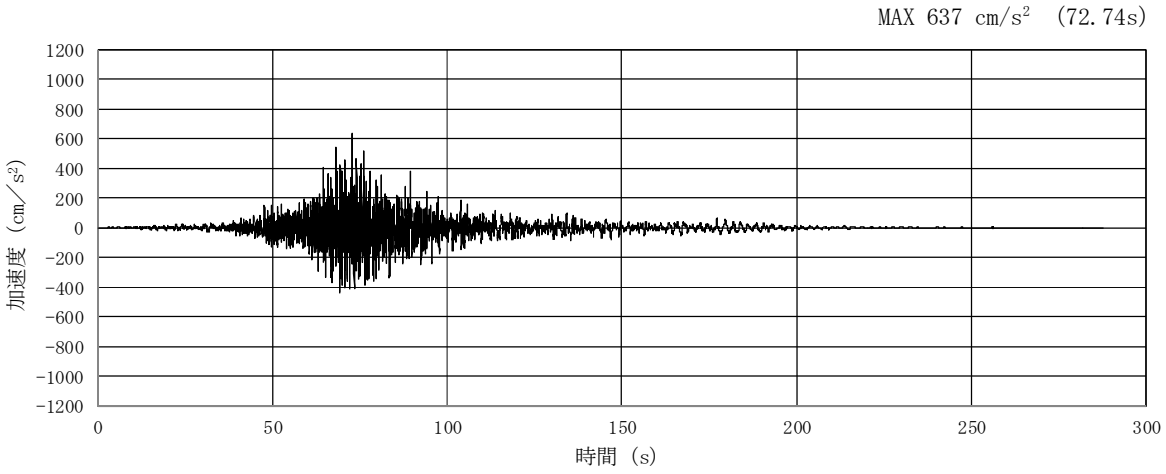


(a) 加速度時刻歴波形

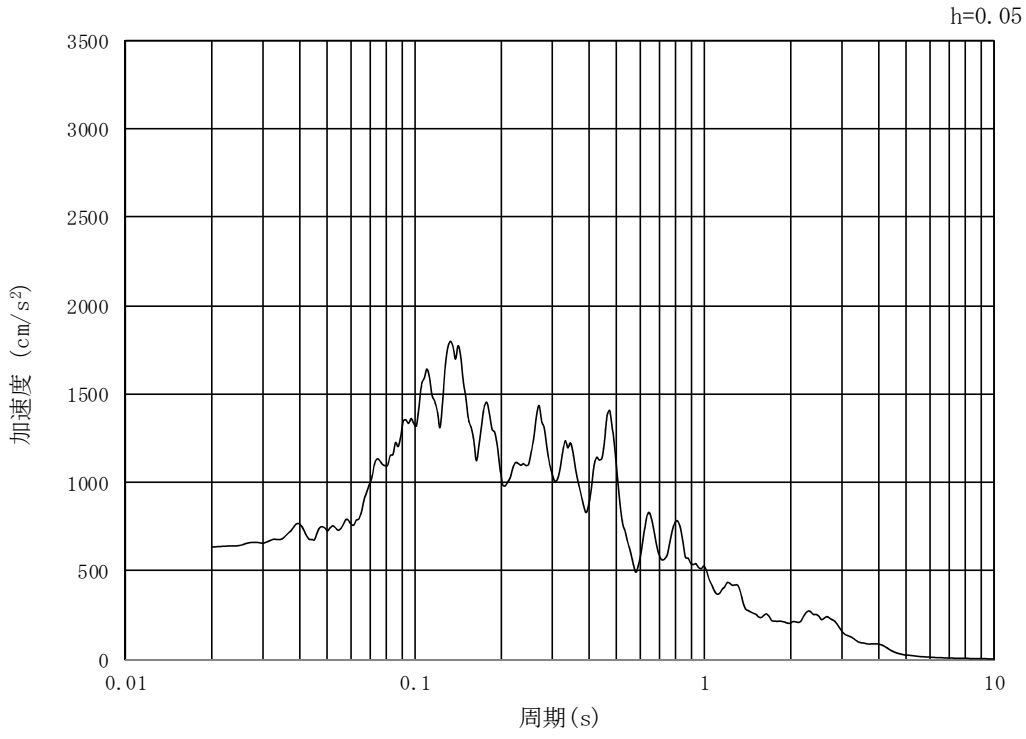


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-4 (24)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓ$_s$－２２　ＮＳ方向）

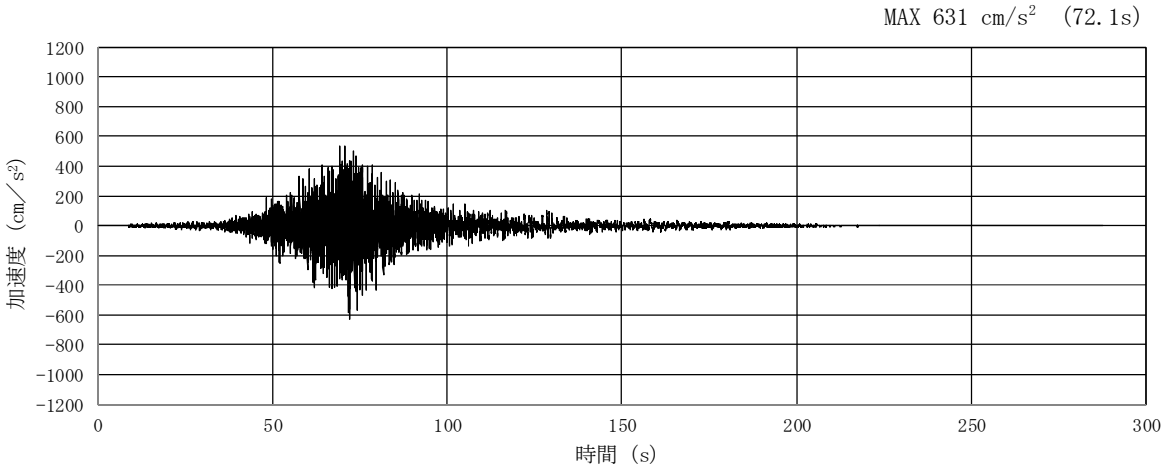


（a）加速度時刻歴波形

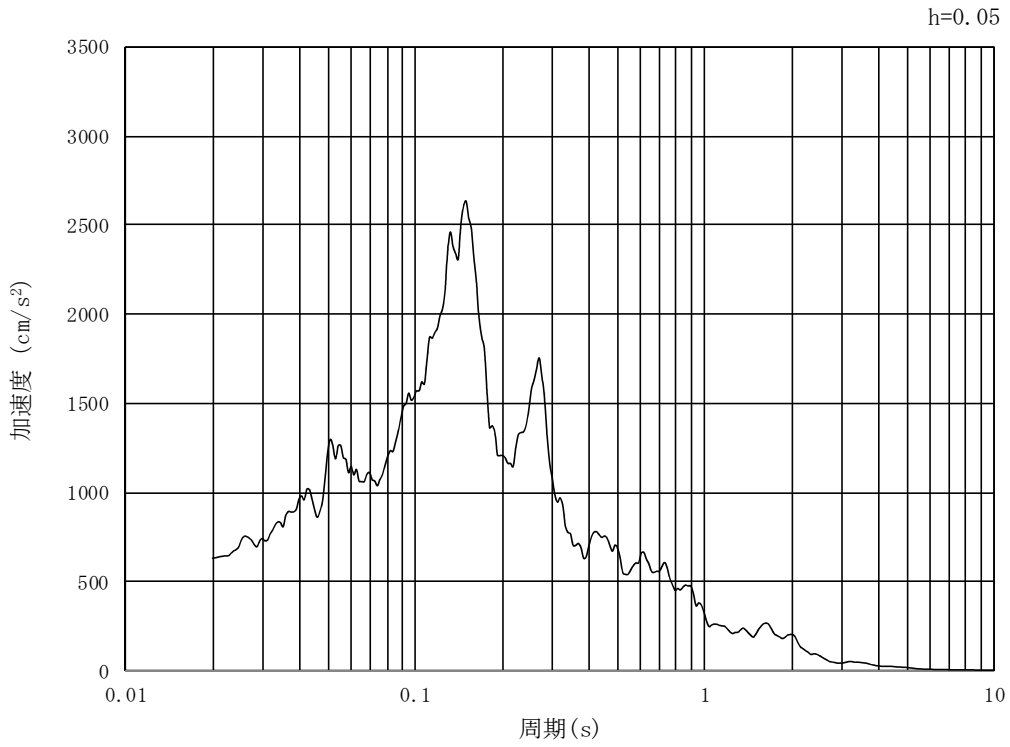


（b）加速度応答スペクトル

図 3-4（25）　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓｓ－２２　ＥＷ方向）

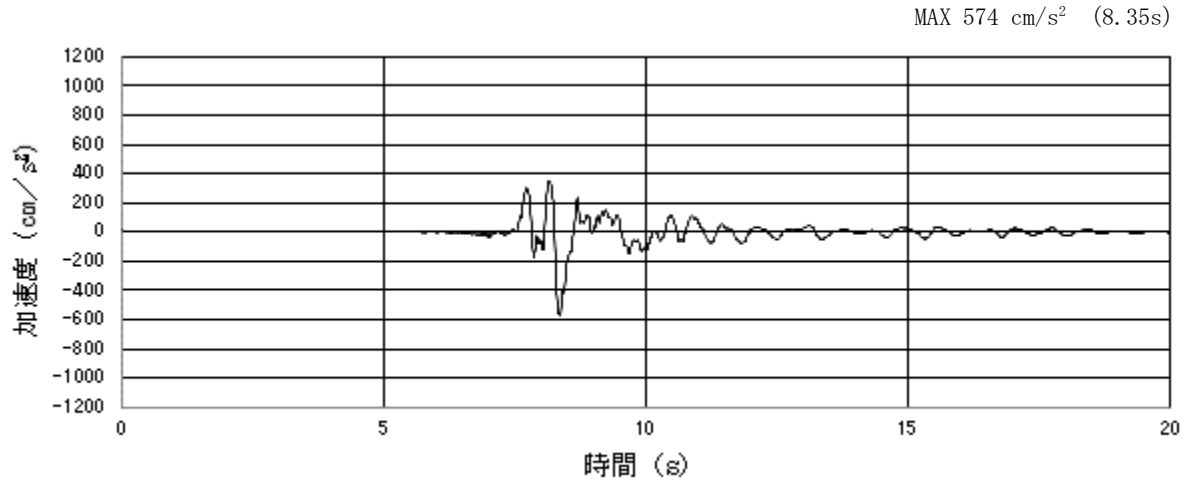


(a) 加速度時刻歴波形

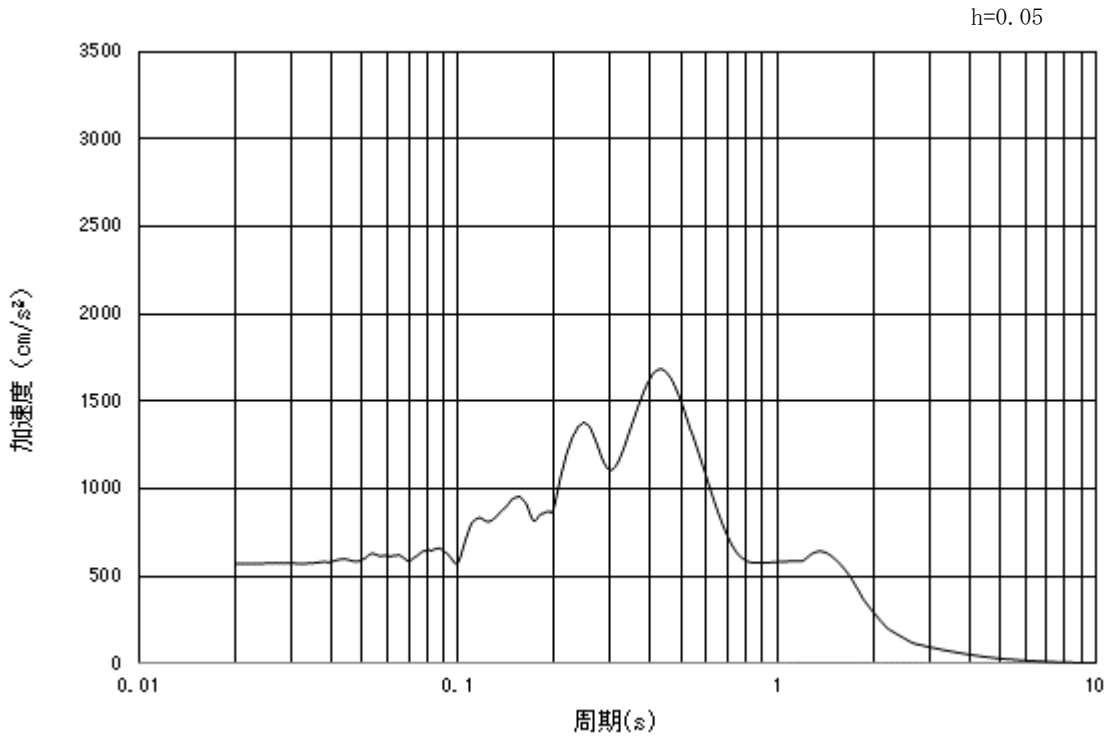


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-4 (26)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向：Ｓ$_s$－２２　ＥＷ方向)

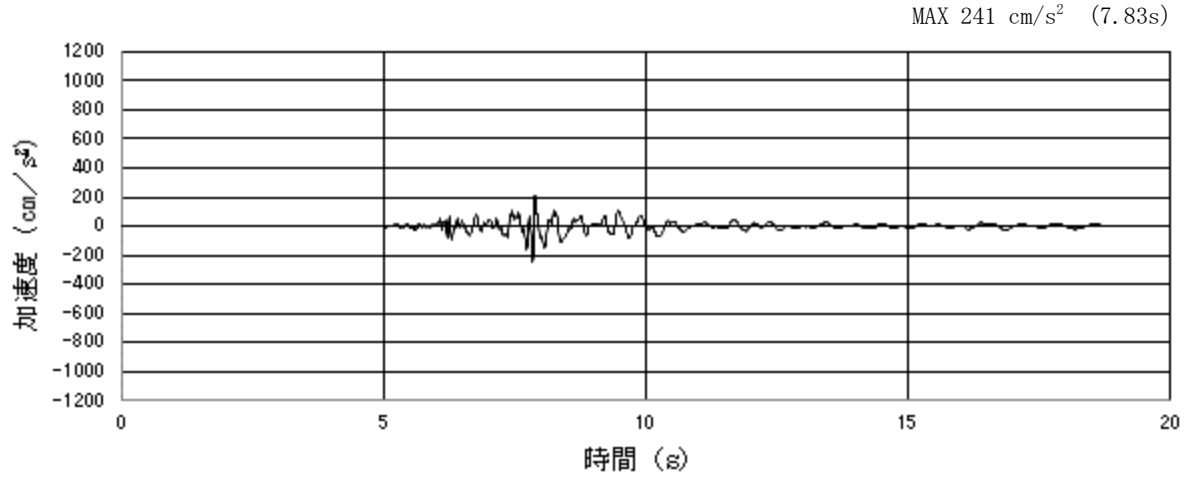


(a) 加速度時刻歴波形

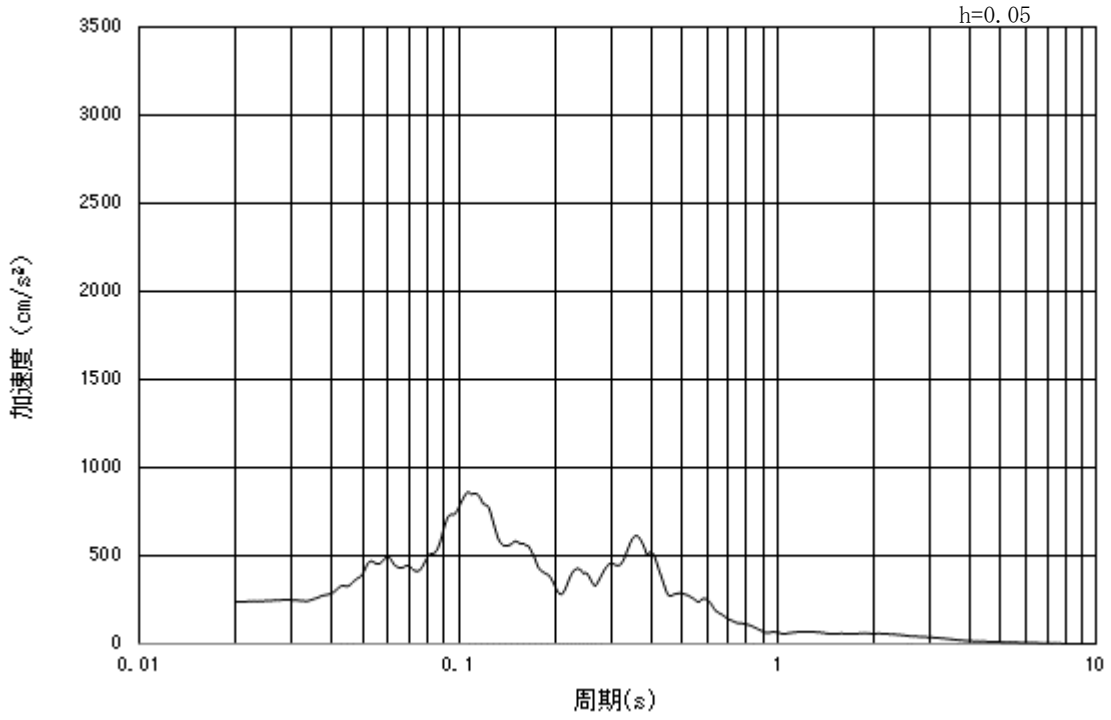


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-4 (27)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓ$_s$－３１）



(a) 加速度時刻歴波形



(b) 加速度応答スペクトル

図 3-4 (28)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓ$_s$－３１）

3.5　解析モデル及び諸元

(1)　解析モデル

防潮扉２基礎の地震応答解析モデルを図 3-5 及び図 3-6 に示す。

a.　解析領域

地震応答解析モデルは，境界条件の影響が構造物及び地盤の応力状態に影響を及ぼさないよう，十分に広い領域とする。

b.　境界条件

地震応答解析時の境界条件については，有限要素解析における半無限地盤を模擬するため，粘性境界を設ける。

c.　構造物のモデル化

構造物は，線形梁要素によりモデル化する。

d.　地盤のモデル化

地盤は，マルチスプリング要素及び間隙水要素にてモデル化し，地震時の有効応力の変化に応じた非線形せん断応力～せん断ひずみ関係を考慮する。

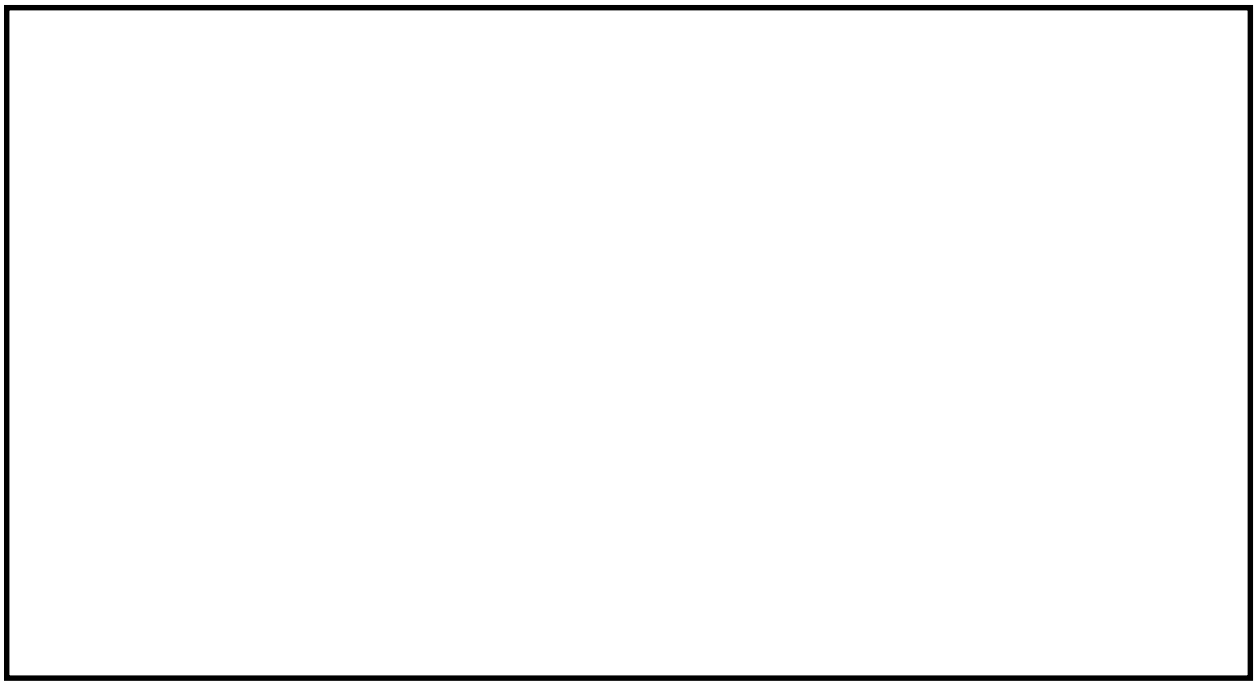


図 3-5　地震応答解析モデル（Ａ－Ａ断面）

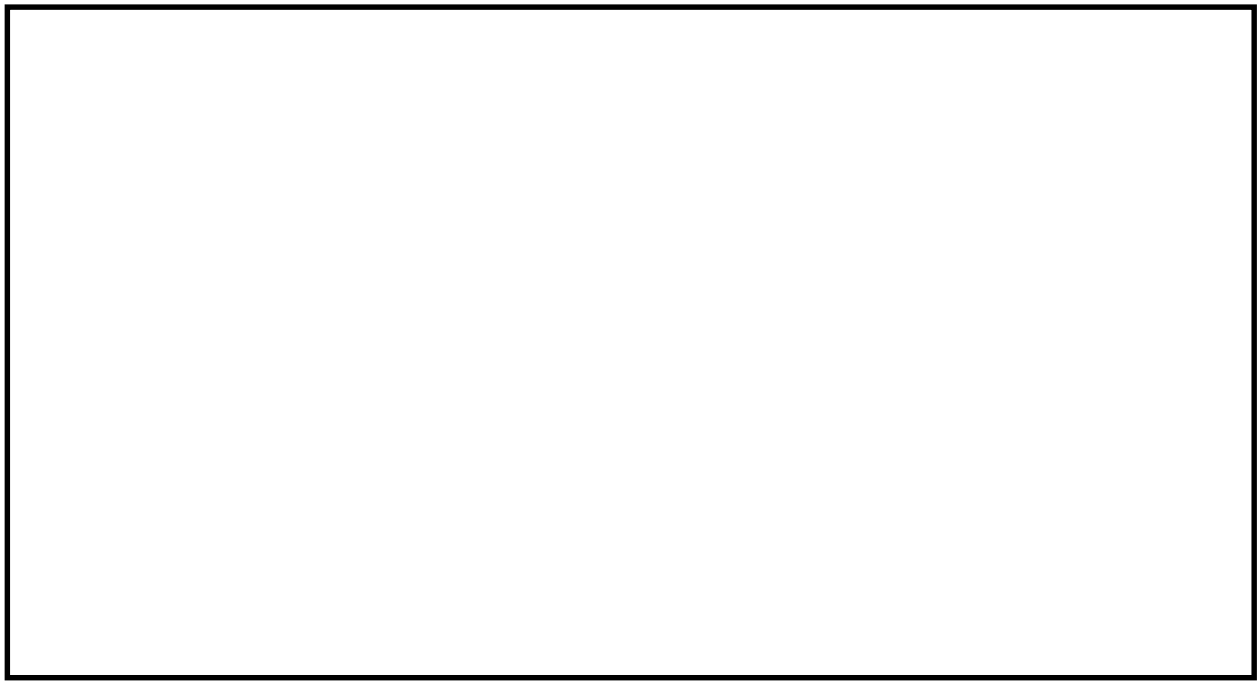


図 3-6　地震応答解析モデル（Ｂ－Ｂ断面）

(2)　使用材料及び材料の物性値

使用材料を表 3-4 に，材料の物性値を表 3-5 に示す。

表 3-4　使用材料

諸元	
鉄筋	SD490
コンクリート	設計基準強度　40 N/mm^2
鋼管杭*	SM570　φ2500　t＝35

注記　＊：道路橋示方書・同解説Ⅳ下部工編に従い腐食代 1 mm を考慮する。鋼管杭の断面照査及び鋼管杭の曲げ剛性を算出する際は腐食代 1 mm による断面積の低減を考慮する。

表 3-5　材料の物性値

材料	単位体積重量 (kN/m^3)	ヤング係数 (N/mm^2)	ポアソン比	減衰定数 (%)
鉄筋コンクリート	24.5*1	3.10×10^4*1	0.2*1	5*2
鋼管杭	77.0*1	2.00×10^5*1	0.3*1	3*2

注記　＊1：道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 14 年 3 月）

＊2：道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅴ耐震設計編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 14 年 3 月）

(3)　地盤の物性値

地盤の物性値は，添付書類「Ⅴ-2-1-3　地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している物性値を用いる。地盤の物性値を表 3-6 に示す。

表 3-6（1）　地盤の解析用物性値一覧（液状化検討対象層）

パラメータ				原地盤									豊浦標準砂
				埋戻土	第四系（液状化検討対象層）								
				f1	du	Ag2	As	Ag1	D2s-3	D2g-3	D2g-2	D1g-1	
物理特性	密度 ()は地下水位以浅	ρ	g/cm^3	1.98 (1.82)	1.98 (1.82)	2.01 (1.89)	1.74	2.01 (1.89)	1.92	2.15 (2.11)	2.15	2.01 (1.89)	1.958
	間隙比	e	—	0.75	0.75	0.67	1.20	0.67	0.79	0.43	0.43	0.67	0.70
変形特性	ポアソン比	ν_{CD}	—	0.26	0.26	0.25	0.26	0.25	0.19	0.26	0.26	0.25	0.333
	基準平均有効主応力 ()は地下水位以浅	σ'_{ma}	kN/m^2	358 (312)	358 (312)	497 (299)	378	814 (814)	966	1167 (1167)	1167	1695 (1710)	12.6
	基準初期せん断剛性 ()は地下水位以浅	G_{ma}	kN/m^2	253529 (220739)	253529 (220739)	278087 (167137)	143284	392073 (392073)	650611	1362035 (1362035)	1362035	947946 (956776)	18975
	最大履歴減衰率	h_{max}	—	0.220	0.220	0.233	0.216	0.221	0.192	0.130	0.130	0.233	0.287
強度特性	粘着力	C_{CD}	N/mm^2	0	0	0	0.012	0	0.010	0	0	0	0
	内部摩擦角	ϕ_{CD}	度	37.3	37.3	37.4	41.0	37.4	35.8	44.4	44.4	37.4	30.0
液状化特性	液状化パラメータ	ϕ_p	—	34.8	34.8	34.9	38.3	34.9	33.4	41.4	41.4	34.9	28.0
	液状化パラメータ	S_1	—	0.047	0.047	0.028	0.046	0.029	0.048	0.030	0.030	0.020	0.005
	液状化パラメータ	W_1	—	6.5	6.5	56.5	6.9	51.6	17.6	45.2	45.2	10.5	5.06
	液状化パラメータ	P_1	—	1.26	1.26	9.00	1.00	12.00	4.80	8.00	8.00	7.00	0.57
	液状化パラメータ	P_2	—	0.80	0.80	0.60	0.75	0.60	0.96	0.60	0.60	0.50	0.80
	液状化パラメータ	C_1	—	2.00	2.00	3.40	2.27	3.35	3.15	3.82	3.82	2.83	1.44

表 3-6（2）　地盤の解析用物性値一覧（非液状化層）

パラメータ				原地盤					
				第四系（非液状化層）				新第三系	捨石
				Ac	D2c-3	lm	D1c-1*1	Km	
物理特性	密度 （）は地下水位以浅	ρ	g/cm^3	1.65	1.77	1.47 (1.43)	—	1.72-1.03×10^{-4}・z	2.04 (1.84)
	間隙比	e	—	1.59	1.09	2.8	—	1.16	0.82
変形特性	ポアソン比	ν_{CD}	—	0.10	0.22	0.14	—	0.16+0.00025・z	0.33
	基準平均有効主応力 （）は地下水位以浅	σ'_{ma}	kN/m^2	480	696	249 (223)	—	動的変形特性に基づきz（標高）毎に物性値を設定	98
	基準初期せん断剛性 （）は地下水位以浅	G_{ma}	kN/m^2	121829	285223	38926 (35783)	—		180000
	最大履歴減衰率	h_{max}	—	0.200	0.186	0.151	—		0.24
強度特性	粘着力	C_{CD}	N/mm^2	0.025	0.026	0.042	—	0.358-0.00603・z	0.02
	内部摩擦角	ϕ_{CD}	度	29.1	35.6	27.3	—	23.2+0.0990・z	35

注記　＊1：施設の耐震評価に影響を与えるものではないことから，解析用物性値として本表には記載しない。

z：標高（m）

表 3-6 (3)　地盤の解析用物性値一覧（新第三系 Km 層）

区分番号	設定深度 TP(m) Z	適用深度 TP(m)	密度 ρ (g/cm^3)	静ポアソン比 ν_{CD}	粘着力 C_{CD} (kN/m^2)	内部摩擦角 ϕ_{CD} (°)	せん断波速度Vs (m/s)	基準初期せん断剛性 Gma (kN/m^2)	基準体積弾性係数 Kma (kN/m^2)	基準平均有効主応力 σ'ma (kN/m^2)	拘束圧依存係数 mG,mK	最大履歴減衰率 hmax(-)	動ポアソン比 ν_d	疎密波速度Vp (m/s)
1	10	9.5 ～ 10.5	1.72	0.16	298	24.2	425	310,675	353,317	504	0	0.105	0.464	1640
2	9	8.5 ～ 9.5	1.72	0.16	304	24.1	426	312,139	354,982	504	0	0.105	0.464	1644
3	8	7.5 ～ 8.5	1.72	0.16	310	24.0	427	313,606	356,650	504	0	0.105	0.464	1648
4	7	6.5 ～ 7.5	1.72	0.16	316	23.9	428	315,076	358,322	504	0	0.105	0.464	1651
5	6	5.5 ～ 6.5	1.72	0.16	322	23.8	428	315,076	358,322	504	0	0.106	0.464	1651
6	5	4.5 ～ 5.5	1.72	0.16	328	23.7	429	316,551	359,999	504	0	0.106	0.464	1655
7	4	3.5 ～ 4.5	1.72	0.16	334	23.6	430	318,028	361,679	504	0	0.106	0.463	1638
8	3	2.5 ～ 3.5	1.72	0.16	340	23.5	431	319,509	363,363	504	0	0.107	0.463	1642
9	2	1.5 ～ 2.5	1.72	0.16	346	23.4	431	319,509	363,363	504	0	0.107	0.463	1642
10	1	0.5 ～ 1.5	1.72	0.16	352	23.3	432	320,993	365,051	504	0	0.107	0.463	1646
11	0	−0.5 ～ 0.5	1.72	0.16	358	23.2	433	322,481	366,743	504	0	0.107	0.463	1650
12	−1	−1.5 ～ −0.5	1.72	0.16	364	23.1	434	323,972	368,439	504	0	0.108	0.463	1653
13	−2	−2.5 ～ −1.5	1.72	0.16	370	23.0	435	325,467	370,139	504	0	0.108	0.463	1657
14	−3	−3.5 ～ −2.5	1.72	0.16	376	22.9	435	325,467	370,139	504	0	0.108	0.463	1657
15	−4	−4.5 ～ −3.5	1.72	0.16	382	22.8	436	326,965	371,843	504	0	0.108	0.463	1661
16	−5	−5.5 ～ −4.5	1.72	0.16	388	22.7	437	328,467	373,551	504	0	0.109	0.462	1644
17	−6	−6.5 ～ −5.5	1.72	0.16	394	22.6	438	329,972	375,262	504	0	0.109	0.462	1648
18	−7	−7.5 ～ −6.5	1.72	0.16	400	22.5	438	329,972	375,262	504	0	0.109	0.462	1648
19	−8	−8.5 ～ −7.5	1.72	0.16	406	22.4	439	331,480	376,977	504	0	0.109	0.462	1652
20	−9	−9.5 ～ −8.5	1.72	0.16	412	22.3	440	332,992	378,697	504	0	0.110	0.462	1656
21	−10	−11 ～ −9.5	1.72	0.16	418	22.2	441	334,507	380,420	504	0	0.110	0.462	1659
22	−12	−13 ～ −11	1.72	0.16	430	22.0	442	336,026	382,147	504	0	0.110	0.462	1663
23	−14	−15 ～ −13	1.72	0.16	442	21.8	444	339,074	385,614	504	0	0.111	0.462	1671
24	−16	−17 ～ −15	1.72	0.16	454	21.6	445	340,603	387,352	504	0	0.111	0.461	1654
25	−18	−19 ～ −17	1.72	0.16	467	21.4	447	343,671	390,842	504	0	0.112	0.461	1662
26	−20	−21 ～ −19	1.72	0.16	479	21.2	448	345,211	392,593	504	0	0.112	0.461	1665
27	−22	−23 ～ −21	1.72	0.15	491	21.0	450	348,300	381,471	498	0	0.112	0.461	1673
28	−24	−25 ～ −23	1.72	0.15	503	20.8	452	351,403	384,870	498	0	0.113	0.461	1680
29	−26	−27 ～ −25	1.72	0.15	515	20.6	453	352,959	386,574	498	0	0.113	0.460	1664
30	−28	−29 ～ −27	1.72	0.15	527	20.4	455	356,083	389,996	498	0	0.114	0.460	1672
31	−30	−31 ～ −29	1.72	0.15	539	20.2	456	357,650	391,712	498	0	0.114	0.460	1675
32	−32	−33 ～ −31	1.72	0.15	551	20.0	458	360,794	395,155	498	0	0.115	0.460	1683
33	−34	−35 ～ −33	1.72	0.15	563	19.8	459	362,371	396,883	498	0	0.115	0.459	1667
34	−36	−37 ～ −35	1.72	0.15	575	19.6	461	365,536	400,349	498	0	0.115	0.459	1675
35	−38	−39 ～ −37	1.72	0.15	587	19.4	462	367,124	402,088	498	0	0.116	0.459	1678
36	−40	−41 ～ −39	1.72	0.15	599	19.2	464	370,309	405,577	498	0	0.116	0.459	1685
37	−42	−43 ～ −41	1.72	0.15	611	19.0	465	371,907	407,327	498	0	0.117	0.459	1689
38	−44	−45 ～ −43	1.72	0.15	623	18.8	467	375,113	410,838	498	0	0.117	0.458	1678
39	−46	−47 ～ −45	1.72	0.15	635	18.6	468	376,721	412,599	498	0	0.117	0.458	1681
40	−48	−49 ～ −47	1.72	0.15	647	18.4	470	379,948	416,134	498	0	0.118	0.458	1688
41	−50	−51 ～ −49	1.73	0.15	660	18.3	472	385,416	422,122	498	0	0.118	0.458	1696
42	−52	−53 ～ −51	1.73	0.15	672	18.1	473	387,051	423,913	498	0	0.118	0.458	1699
43	−54	−55 ～ −53	1.73	0.15	684	17.9	475	390,331	427,505	498	0	0.118	0.457	1688
44	−56	−57 ～ −55	1.73	0.15	696	17.7	476	391,976	429,307	498	0	0.119	0.457	1692
45	−58	−59 ～ −57	1.73	0.15	708	17.5	478	395,277	432,922	498	0	0.119	0.457	1699
46	−60	−61 ～ −59	1.73	0.15	720	17.3	479	396,933	434,736	498	0	0.120	0.457	1702
47	−62	−63 ～ −61	1.73	0.14	732	17.1	481	400,255	422,491	492	0	0.120	0.457	1709
48	−64	−65 ～ −63	1.73	0.14	744	16.9	482	401,921	424,250	492	0	0.120	0.456	1695
49	−66	−67 ～ −65	1.73	0.14	756	16.7	484	405,263	427,778	492	0	0.120	0.456	1702
50	−68	−69 ～ −67	1.73	0.14	768	16.5	485	406,939	429,547	492	0	0.121	0.456	1705
51	−70	−71 ～ −69	1.73	0.14	780	16.3	487	410,302	433,097	492	0	0.121	0.456	1712
52	−72	−73 ～ −71	1.73	0.14	792	16.1	489	413,679	436,661	492	0	0.121	0.456	1719
53	−74	−75 ～ −73	1.73	0.14	804	15.9	490	415,373	438,449	492	0	0.122	0.455	1705
54	−76	−77 ～ −75	1.73	0.14	816	15.7	492	418,771	442,036	492	0	0.122	0.455	1712
55	−78	−79 ～ −77	1.73	0.14	828	15.5	493	420,475	443,835	492	0	0.122	0.455	1716
56	−80	−81 ～ −79	1.73	0.14	840	15.3	495	423,893	447,443	492	0	0.122	0.455	1723
57	−82	−85 ～ −81	1.73	0.14	852	15.1	496	425,608	449,253	492	0	0.123	0.455	1726
58	−88	−90 ～ −85	1.73	0.14	889	14.5	501	434,232	458,356	492	0	0.124	0.454	1726
59	−92	−95 ～ −90	1.73	0.14	913	14.1	504	439,448	463,862	492	0	0.124	0.454	1736
60	−98	−101 ～ −95	1.73	0.14	949	13.5	509	448,210	473,111	492	0	0.125	0.453	1736
61	−104	−108 ～ −101	1.73	0.13	985	12.9	513	455,282	463,485	486	0	0.126	0.452	1733
62	−112	−115 ～ −108	1.73	0.13	1,033	12.1	519	465,995	474,391	486	0	0.127	0.451	1737
63	−118	−122 ～ −115	1.73	0.13	1,070	11.5	524	475,016	483,575	486	0	0.127	0.451	1754
64	−126	−130 ～ −122	1.73	0.13	1,118	10.7	530	485,957	494,713	486	0	0.128	0.450	1758

表 3-6（4）　地盤改良体の物性値一覧

項目		地盤改良体（セメント改良）*	
		一軸圧縮強度（≦8.5N/mm²の場合）	一軸圧縮強度（＞8.5N/mm²の場合）
物理特性	密度 ρ_t (g/cm³)	改良対象の原地盤の平均密度×1.1	
静的変形特性	静弾性係数 (N/mm²)	581	2159
	静ポアソン比 ν_s	0.260	
動的変形特性	初期せん断剛性 G_0 (N/mm²)	$G_0 = \rho_t / 1000 \times Vs^2$ $Vs = 147.6 \times q_u^{0.417}$ (m/s) q_u：一軸圧縮強度 (kgf/cm²)	
	動ポアソン比 ν_d	0.431	
	動せん断弾性係数のひずみ依存性 $G/G_0 \sim \gamma$	$G/G_0 = \frac{1}{1+\gamma/0.000537}$ γ：せん断ひずみ（－）	$G/G_0 = \frac{1}{1+\gamma/0.001560}$ γ：せん断ひずみ（－）
	減衰定数 $h \sim \gamma$	$h = 0.152\frac{\gamma/0.000537}{1+\gamma/0.000537}$ γ：せん断ひずみ（－）	$h = 0.178\frac{\gamma/0.001560}{1+\gamma/0.001560}$ γ：せん断ひずみ（－）
強度特性	粘着力 C (N/mm²)	$C = q_u / 2$ q_u：一軸圧縮強度 (N/mm²)	

注記　＊：地盤改良体（嵩上げ部）の一軸圧縮強度：1.5 N/mm²

(4)　地下水位

地下水位は地表面として設定する。

4.　鉄筋コンクリート防潮壁の耐震評価

防潮扉１の鉄筋コンクリート防潮壁の耐震評価については，添付書類「Ⅴ-2-2-39-1　防潮堤（鉄筋コンクリート防潮壁）の耐震性についての計算書」に示す。

防潮扉２の鉄筋コンクリート防潮壁について説明する。防潮扉２の鉄筋コンクリート防潮壁正面図を図 4-1 に，断面図を図 4-2 に示す。

4.1　評価対象部位

評価対象部位は，鉄筋コンクリート防潮壁の構造上の特徴を踏まえ設定する。

(1)　構造部材の健全性評価

a.　鋼管杭

鋼管杭の評価対象部位は，防潮壁を支持する鋼管杭とする。

b.　鉄筋コンクリート

鉄筋コンクリートの評価対象部位は，防潮壁と底版の鉄筋コンクリートとする。

(2)　基礎地盤の支持性能評価

基礎地盤の評価対象部位は，鉄筋コンクリート防潮壁を支持する基礎地盤とする。

(3)　構造物の変形性評価

止水ジョイント部材の評価対象部位は，構造物間に設置する止水シートとする。

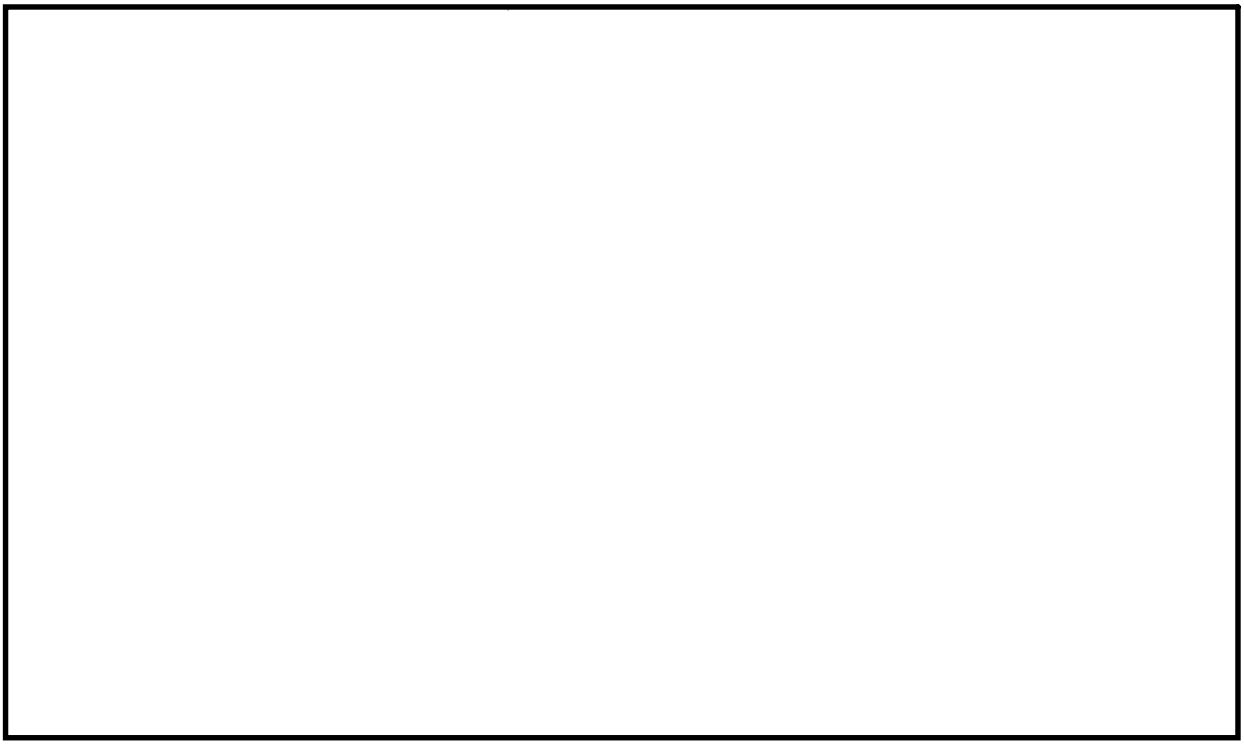


図 4-1　鉄筋コンクリート防潮壁正面図（防潮扉２）

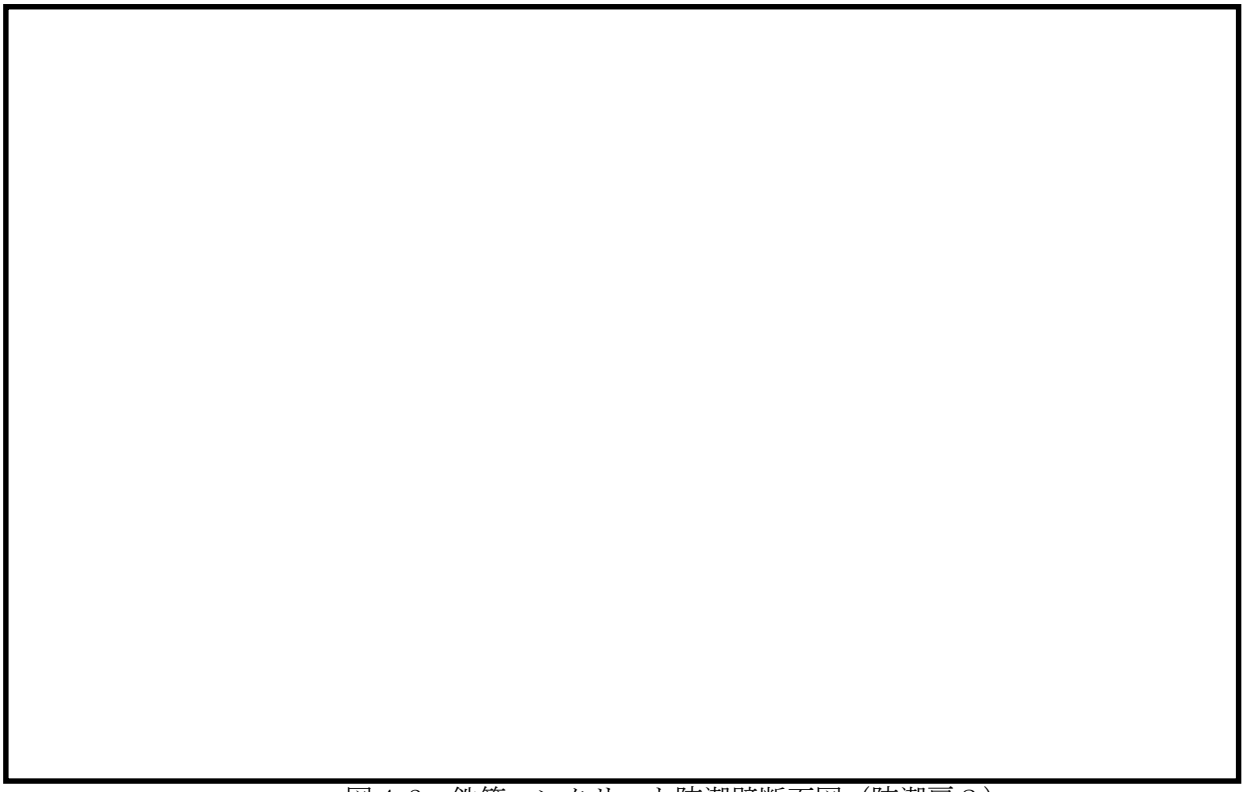


図 4-2　鉄筋コンクリート防潮壁断面図（防潮扉２）

4.2　解析方法

設計対象構造物～地盤の連成系モデルによる２次元地震応答解析を行い，地震時の鉄筋コンクリート及び鋼管杭基礎の構造健全性及び支持性能を確認する。有効応力の変化を考慮することができる有効応力法を用いることとし，２次元地震応答解析を実施する。

4.3　荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき設定する。

4.3.1　耐震安全性評価上考慮する状態

防潮扉の地震応答解析において，地震以外に考慮する状態を以下に示す。

(1)　運転時の状態

発電用原子炉施設が運転状態にあり，通常の条件下におかれている状態。ただし，運転時の異常な過渡変化時の影響を受けないことから考慮しない。

(2)　設計基準事故時の状態

設計基準事故時の影響を受けないことから考慮しない。

(3)　設計用自然条件

積雪及び風荷重を考慮する。

(4)　重大事故等時の状態

重大事故等時の状態の影響を受けないことから考慮しない。

4.3.2　荷重

防潮扉の地震応答解析において，考慮する荷重を以下に示す。

(1)　固定荷重（G）

固定荷重として，扉体自重を考慮する。

(2)　積載荷重（P）

積載荷重として，機器荷重を考慮する。

(3)　地震荷重（K_S）

基準地震動S_sによる荷重を考慮する。

(4)　積雪荷重（P_s）

積雪荷重として，30 cm の積雪を考慮する。

(5)　風荷重（P_k）

風荷重として，風速 30 m/s の風圧力を考慮する。

4.3.3　荷重の組合せ

荷重の組合せを表 4-1 に示す。

表 4-1　荷重の組合せ

区分	荷重の組合せ
地震時	$G＋P＋K_S＋P_s＋P_k$

G　　：固定荷重

P　　：積載荷重

K_S　　：地震荷重

P_s　　：積雪荷重

P_k　　：風荷重

4.4　許容限界

許容限界は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき設定する。

(1)　構造物の健全性に対する許容限界

a.　鋼管杭

鋼管杭の許容限界は，「道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 24 年 3 月）」に基づき，表 4-2 に示す短期許容応力度とする。短期許容応力度は，鋼材の長期許容応力度に対して 1.5 倍の割増を考慮する。

表 4-2　鋼管杭の許容限界

評価項目		許容限界
鋼管杭 (SM570)	短期許容引張応力度 σ_{sa1} (N/mm^2) 短期許容圧縮応力度 σ_{sa1} (N/mm^2)	382.5
	短期許容せん断応力度 σ_{sa1} (N/mm^2)	217.5

b.　鉄筋コンクリート

鉄筋コンクリートの許容限界は，「コンクリート標準示方書［構造性能照査編］（（社）土木学会，2002 年制定）」及び「道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会　平成 24 年 3 月）」に基づき，表 4-3 に示す短期許容応力度とする。短期許容応力度は，鉄筋コンクリートの許容応力度に対して 1.5 倍の割増を考慮する。

表 4-3　鉄筋コンクリートの許容限界

評価項目			許容限界
コンクリート*1	f'_{ck}＝40 N/mm^2	短期許容曲げ圧縮応力度 σ_{ca} (N/mm^2)	21
		短期許容せん断応力度 τ_{a1} (N/mm^2)	0.825*3
		短期許容押抜きせん断応力度 τ_{a1}' (N/mm^2)	1.65
		短期許容支圧応力度 σ_{ca}' (N/mm^2)	18
鉄筋*2	SD490	短期許容曲げ引張応力度 σ_{sa2} (N/mm^2)　(軸方向鉄筋)	435
		短期許容曲げ引張応力度 σ_{sa2} (N/mm^2)　(せん断補強筋)	300

注記　＊1：コンクリート標準示方書［構造性能照査編］（（社）土木学会，2002 年制定）

＊2：道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会　平成 24 年 3 月）

NT2 補② Ⅴ-2-10-2-2-2 R6

＊3：斜め引張鉄筋を考慮する場合は，「コンクリート標準示方書［構造性能照査編］（（社）土木学会　2002 年制定）」に準拠し，次式により求められる許容せん断力（V_a）を許容限界とする。

$V_a = V_{ca} + V_{sa}$

ここで，

V_{ca}　：コンクリートの許容せん断力

$V_{ca} = 1/2 \cdot \tau_{a1} \cdot b_w \cdot j \cdot d$

V_{sa}　：斜め引張鉄筋の許容せん断力

$V_{sa} = A_w \cdot \sigma_{sa2} \cdot j \cdot d / s$

τ_{a1}　：斜め引張鉄筋を考慮しない場合の許容せん断応力度

b_w　：有効幅

j　：1／1.15

d　：有効高さ

A_w　：斜め引張鉄筋断面積

σ_{sa2}　：鉄筋の許容引張応力度

s　：斜め引張鉄筋間隔

斜め引張鉄筋を配置する部材のせん断力に対する許容限界を表 4-4 に示す。

表 4-4（1）　斜め引張鉄筋を配置する部材のせん断力に対する許容限界（Ａ－Ａ断面）

位置	断面形状				せん断補強筋			許容せん断力		短期許容せん断力 Va (=Vca+Vsa) (kN)
	部材幅 (mm)	部材高 (mm)	かぶり (mm)	有効高 (mm)	径	Sb (mm)	Ss (mm)	ｺﾝｸﾘｰﾄ Vca (kN)	鉄筋 Vsa (kN)	
壁部	3450	7500	600	6900	D19	450	300	8538.75	13752.00	22290.7
底版部	14000	4000	1000	3000	D25	300	300	15065.21	59482.17	74547.3

表 4-4（2）　斜め引張鉄筋を配置する部材のせん断力に対する許容限界（Ｂ－Ｂ断面）

位置	断面形状				せん断補強筋			許容せん断力		短期許容せん断力 Va (=Vca+Vsa) (kN)
	部材幅 (mm)	部材高 (mm)	かぶり (mm)	有効高 (mm)	径	Sb (mm)	Ss (mm)	ｺﾝｸﾘｰﾄ Vca (kN)	鉄筋 Vsa (kN)	
梁部	1850	7500	600	6900	D25	900	300	4578.75	6080.40	10659.1
壁部	7381	3450	600	2850	D19	600	300	7545.47	8520.26	16065.7
底版部	24000	4000	1050	2950	D25	300	300	25395.65	101384.06	126779.7

(2)　基礎地盤の支持性能に対する許容限界

極限支持力は，Ⅴ-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき，道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 14 年 3 月）により設定する。

支持力評価において，豊浦標準砂に基づく液状化強度特性により強制的に液状化させることを仮定した耐震設計を行う場合は，第四系の杭周面摩擦力を支持力として考慮せず，杭下端の支持岩盤への接地圧に対する支持力評価を行うことを基本とする。ただし，杭を根入れした岩盤及び岩着している地盤改良体とその上方の非液状化層が連続している場合は，その杭周面摩擦力を支持力として考慮する。

道路橋示方書による杭基礎（中堀り工法）の支持力算定式を以下に，許容限界を表 4-5 及び表 4-6 に示す。

極限支持力算定式（杭基礎［中堀り工法］）

$R_u = q_d A + U \Sigma L_i f_i$

R_u：地盤から決まる杭の極限支持力（kN）

q_d：杭下端における単位面積あたりの極限支持力度（kN/m²）：コンクリート打設方式

$q_d = 3 \cdot q_u$

q_u：支持岩盤の一軸圧縮強度（kN/m²）

＊ $c_{CUU} = q_u/2$ より，$q_u = c_{CUU} \times 2$。ここで，c_{CUU} は Km 層の非排水せん断強度

A：杭下端面積（m²）

U：杭の周長（m）

L_i：周面摩擦力を考慮する層の層厚（m）

f_i：周面摩擦力を考慮する層の最大周面摩擦力度（kN/m²）

表 4-5　基礎地盤の支持力に対する許容限界（杭下端：押込み）

項目	算定結果	備考
極限支持力R_u（kN）	－	
$q_d A$（kN）	－	
$U \Sigma L_i f_i$（kN）	－	
杭下端の極限支持力度q_d（kN/m²）	5472	＝3・q_u
一軸圧縮強度q_u（kN/m²）	1824	＝非排水せん断強度×2
非排水せん断強度（kN/m²）	912	
杭下端標高 EL.（m）	－21.9	
杭下端面積Ａ（m²）	－	
杭の周長Ｕ（m）	－	
周面摩擦力を考慮する層の層厚L_i（m）	－	
最大周面摩擦力度f_i（kN/m²）	－	

引抜き力に対する支持力評価において杭周面地盤に地盤改良体がある場合は，その杭周面摩擦力を支持力として考慮する。図 4-3 に支持力評価の概要を示し，表 4-6 に基礎地盤の支持力に対する許容限界（杭天端：引抜き）を示す。

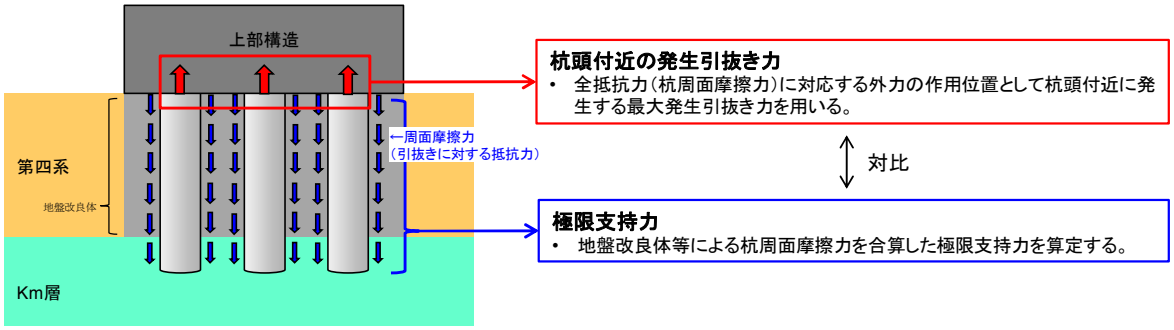


図 4－3　引抜き力に対する杭基礎の支持力評価
（引抜き力に対し地盤改良体の杭周面摩擦力を支持力として考慮する場合）

表 4-6　基礎地盤の支持力に対する許容限界（杭天端：引抜き）

項目	算定結果				備考
	杭 1	杭 2	杭 3	杭 4	
極限支持力R_u（kN）	18276	18307	18333	18341	
$q_d A$（kN）	－	－	－	－	
$U\Sigma L_i f_i$（kN）	18276	18307	18333	18341	
杭下端の極限支持力度 q_d（kN/m²）	－	－	－	－	
一軸圧縮強度 q_u（kN/m²）	－	－	－	－	
非排水せん断強度（kN/m²）	－	－	－	－	
杭下端標高 EL.（m）	－21.9	－21.9	－21.9	－21.9	
杭下端面積 A（m²）	－	－	－	－	
杭の周長 U（m）	7.85	7.85	7.85	7.85	＝2.5×π
周面摩擦力を考慮する層の層厚 L_i（m）	3.790	3.790	3.747	3.701	ｄｕ層
	5.460	5.326	5.312	5.380	Ａｇ２層
	6.058	6.097	6.027	5.859	Ｄ２ｃ－３層
	5.037	5.111	5.276	5.471	Ｄ２ｇ－３層
	7.055	7.076	7.038	6.989	Ｋｍ層
最大周面摩擦力度 f_i（kN/m²）	33.162	33.162	33.162	33.162	ｄｕ層
	70.988	70.988	70.988	70.988	Ａｇ２層
	100.000	100.000	100.000	100.000	Ｄ２ｃ－３層
	100.000	100.000	100.000	100.000	Ｄ２ｇ－３層
	100.000	100.000	100.000	100.000	Ｋｍ層

極限支持力が最も小さくなる杭 1 の値 18276 kN を許容限界とする。

(3)　構造物の変形性に対する許容限界

構造物の変形性に対する許容限界は，メーカー規格，漏水試験及び変形試験により，有意な漏えいが生じないことを確認した止水ジョイント部材の変形量とする。表 4-7 に止水ジョイント部材の変形量の許容限界を示す。

表 4-7　止水ジョイント部材の変形量の許容限界

評価項目	許容限界
止水ジョイント部材 （シートジョイント）	2 m

4.5　解析モデル及び諸元

防潮扉２基礎の耐震評価の解析モデルは，「3.　地震応答解析」に示す構造物を線形梁要素でモデル化した地震応答解析モデルとする。

4.6　評価方法

防潮壁の耐震評価は，「3.　地震応答解析」に基づく地震応答解析により算定した照査用応答値が，「4.4　許容限界」において設定した許容限界以下であることを確認する。

(1)　構造部材の健全性評価

a.　鋼管杭

鋼管杭の曲げ軸力に対する照査については，地震応答解析により算定した曲げ引張応力が許容限界以下であることを確認する。

せん断力に対する照査については，地震応答解析により算定したせん断応力が許容限界以下であることを確認する。

(a)　曲げモーメント及び軸力に対する照査

曲げモーメント及び軸力を用いて次式により算定される曲げ引張応力が許容限界以下であることを確認する。

$$\sigma = \frac{N}{A} \pm \frac{M}{Z}$$

ここで，

σ　：鋼管杭の曲げモーメント及び軸力より算定される応力（N/mm^2）

M　：最大曲げモーメント（N･mm）

Z　：断面係数（mm^3）

N　：軸力（N）

A　：有効断面積（mm^2）

(b)　せん断力に対する照査

せん断力を用いて次式により算定されるせん断応力がせん断強度に基づく許容限界以下であることを確認する。

$$\tau = \kappa \frac{S}{A}$$

ここで，

τ　：鋼管杭のせん断力より算定されるせん断応力（N/mm^2）

S　：せん断力（N）

A　：有効断面積（mm^2）

κ　：せん断応力の分布係数（2.0）

鋼管杭の健全性評価において最も厳しい照査値となったのは，曲げ軸力照査における最大照査値である。曲げ軸力照査における最大照査値の評価時刻での断面力図を図 4-5 及び図 4-6 に示す。

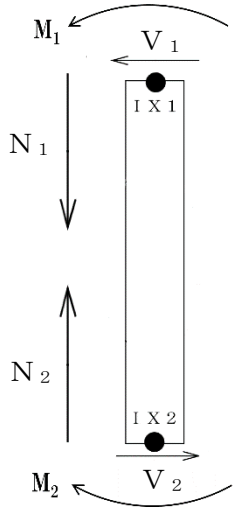
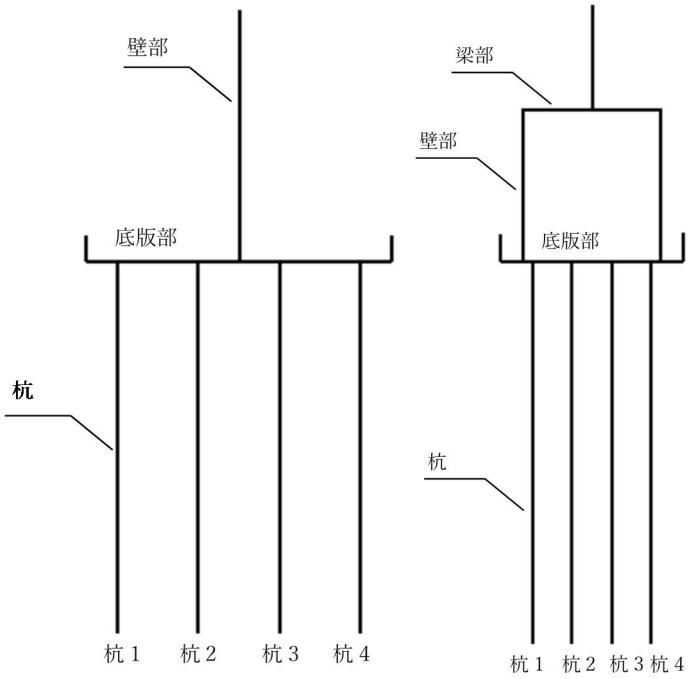


図 4-3　符号表



（Ａ－Ａ断面）　　（Ｂ－Ｂ断面）

図 4-4　Ａ－Ａ断面，Ｂ－Ｂ断面の杭番号図

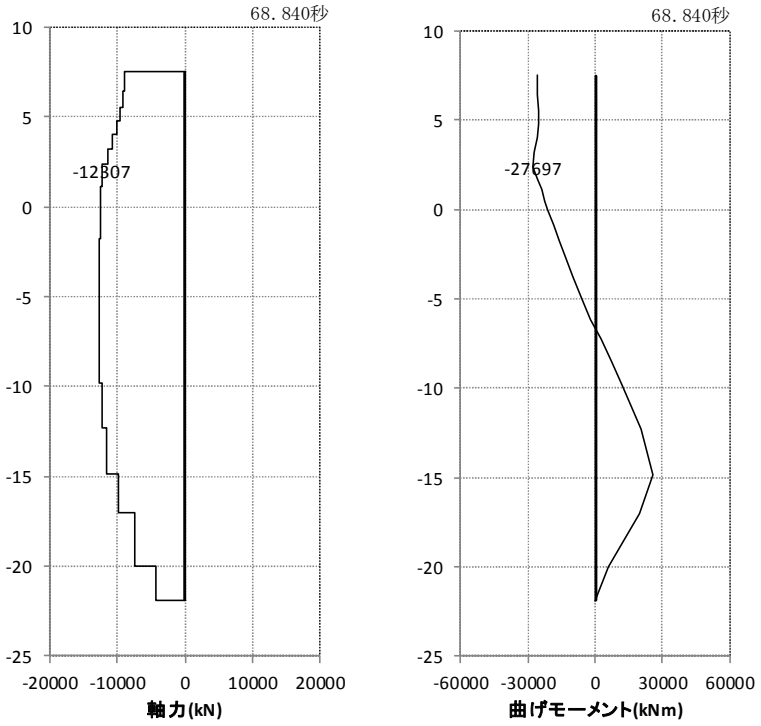


図 4-5　照査値が最も厳しくなる時刻の地震時断面力（Ａ－Ａ断面：杭１　Ｓ$_s$－Ｄ１＋－，検討ケース④　敷地に存在しない豊浦標準砂に基づく液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース）

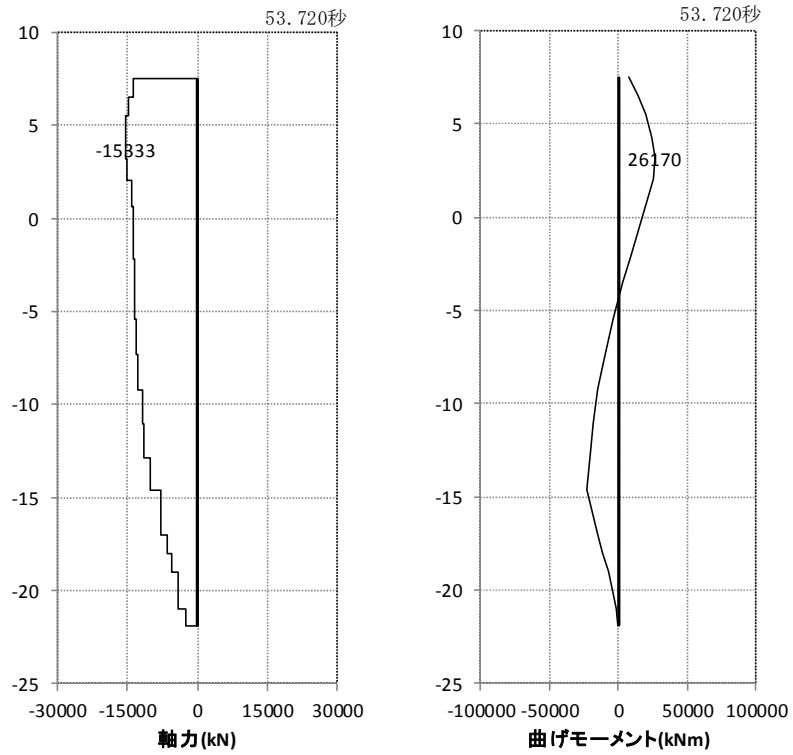


図 4-6　照査値が最も厳しくなる時刻の地震時断面力（Ｂ－Ｂ断面，杭４　Ｓ$_s$－Ｄ１＋－，検討ケース④　敷地に存在しない豊浦標準砂に基づく液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース）

b.　鉄筋コンクリート

コンクリートの曲げ軸力に対する照査については，地震応答解析により算定した曲げ圧縮応力が許容限界以下であることを確認する。

鉄筋の曲げ軸力に対する照査については，地震応答解析により算定した曲げ引張応力が許容限界以下であることを確認する。

せん断力に対する照査については，地震応答解析により算定したせん断力が許容限界以下であることを確認する。

鉄筋コンクリートの健全性評価において最も厳しい照査結果となったのは，せん断力照査における最大照査値である。せん断力照査における最大照査値の評価時刻での断面力図を図 4-7 及び図 4-8 に示す。

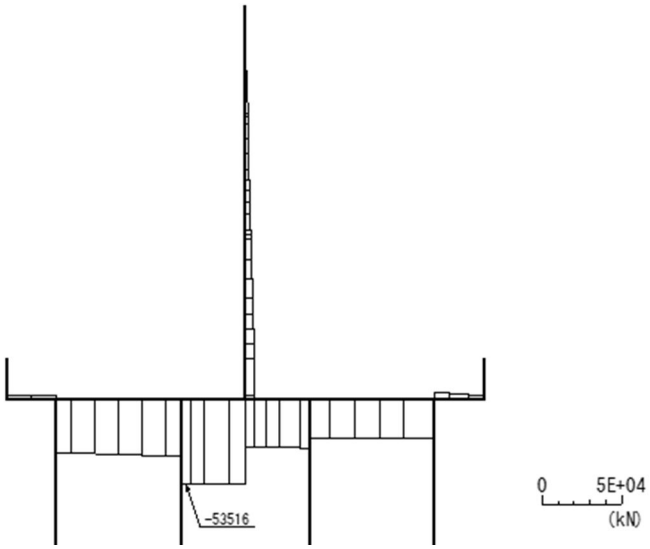


図 4-7　照査値が最も厳しくなる時刻の地震時断面力
（Ａ－Ａ断面，底版部，Ｓ$_s$－Ｄ１＋－，ｔ＝68.85s，
検討ケース④　敷地に存在しない豊浦標準砂に基づく液状化強度特性により
地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース）

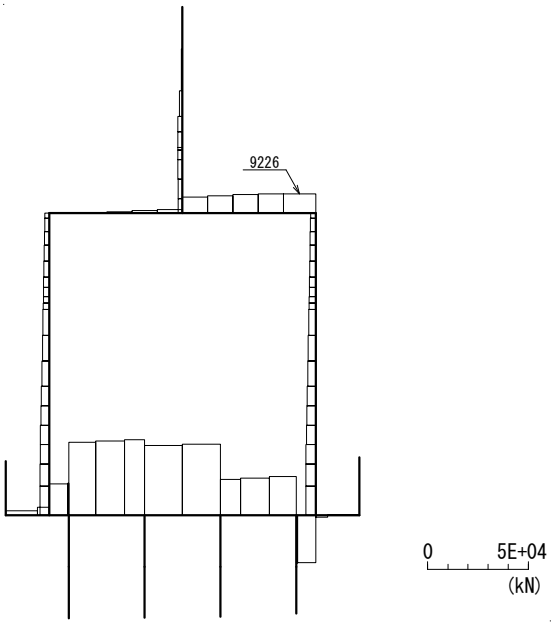


図 4-8　照査値が最も厳しくなる時刻の地震時断面力
（Ｂ－Ｂ断面，梁部，Ｓ$_s$－Ｄ１＋－，ｔ＝44.33s，
検討ケース④　敷地に存在しない豊浦標準砂に基づく液状化強度特性により
地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース）

(2)　基礎地盤の支持性能評価

基礎地盤の支持性能評価においては，基礎地盤に発生する接地圧が極限支持力に基づく許容限界以下であることを確認する。

(3)　構造物の変形性評価

地震応答解析で求められる止水ジョイント部材の相対変位が許容限界以下であることを確認する。

5.　耐震評価結果

5.1　構造部材の健全性評価

(1)　鋼管杭の評価結果

a.　曲げ軸力に対する照査

断面計算に用いた断面諸元を表 5-1 に，曲げ軸力に対する照査結果を表 5-2～表 5-3 に示す。鋼管杭に対して許容応力度法による照査を行った結果，曲げ応力が短期許容応力度以下であることを確認した。なお，発生応力度は各地震動において最大となる値を示している。

表 5-1　鋼管杭（SM570）断面諸元

断面	板厚 (mm)	断面積 (m^2)	断面係数 (m^3)
Ａ－Ａ Ｂ－Ｂ	35	0.263	0.15995

表 5-2　曲げ軸力に対する照査結果（Ａ－Ａ断面）

検討ケース	地震動	杭番号	曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)	発生曲げ応力 (N/mm²)	短期許容応力度 (N/mm²)	照査値
①	Ｓs－Ｄ１＋＋	1	24505	9490	189.29	382.5	0.50
	Ｓs－Ｄ１＋－	1	24452	9606	189.40	382.5	0.50
	Ｓs－Ｄ１－＋	4	24001	9183	184.97	382.5	0.49
	Ｓs－Ｄ１－－	4	23993	9416	185.81	382.5	0.49
	Ｓs－１１	1	7863	3201	61.34	382.5	0.17
	Ｓs－１２	1	14093	5051	107.32	382.5	0.29
	Ｓs－１３	1	12215	4529	93.59	382.5	0.25
	Ｓs－１４	1	10707	4450	83.86	382.5	0.22
	Ｓs－２１	4	19199	7521	148.63	382.5	0.39
	Ｓs－２２	4	15562	6351	121.45	382.5	0.32
	Ｓs－３１＋＋	4	25947	6521	187.02	382.5	0.49
	Ｓs－３１－＋	1	25101	7355	184.90	382.5	0.49
②	Ｓs－Ｄ１＋－	1	24066	8764	183.79	382.5	0.49
③	Ｓs－Ｄ１＋－	1	26397	9993	203.03	382.5	0.54
④	Ｓs－Ｄ１＋－	1	27697	12307	219.96	382.5	0.58
⑤	Ｓs－Ｄ１＋－	1	28466	7323	205.82	382.5	0.54
⑥	Ｓs－Ｄ１＋－	1	27955	7024	201.49	382.5	0.53

表 5-3　曲げ軸力に対する照査結果（Ｂ－Ｂ断面）

検討ケース	地震動	杭番号	曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)	発生曲げ応力 (N/mm²)	短期許容応力度 (N/mm²)	照査値
①	Ｓs－Ｄ１＋＋	4	24415	11710	197.17	382.5	0.52
	Ｓs－Ｄ１＋－	4	24445	11725	197.42	382.5	0.52
	Ｓs－Ｄ１－＋	4	24516	9222	188.34	382.5	0.50
	Ｓs－Ｄ１－－	4	24457	8987	187.08	382.5	0.49
	Ｓs－１１	4	8771	4407	71.60	382.5	0.19
	Ｓs－１２	4	11975	8291	106.40	382.5	0.28
	Ｓs－１３	4	11045	7829	98.83	382.5	0.26
	Ｓs－１４	1	6671	3025	53.21	382.5	0.14
	Ｓs－２１	4	8998	6576	81.26	382.5	0.22
	Ｓs－２２	1	17038	4031	121.85	382.5	0.32
	Ｓs－３１＋＋	4	33257	10254	246.91	382.5	0.65
	Ｓs－３１－＋	1	34598	10238	255.24	382.5	0.67
②	Ｓs－Ｄ１＋－	4	24400	10056	190.79	382.5	0.50
③	Ｓs－Ｄ１＋－	4	26208	11082	205.99	382.5	0.54
④	Ｓs－Ｄ１＋－	4	26170	15333	221.92	382.5	0.59
⑤	Ｓs－Ｄ１＋－	1	25637	7862	190.18	382.5	0.50
⑥	Ｓs－Ｄ１＋－	1	31199	6396	219.38	382.5	0.58

b.　せん断力に対する照査

断面計算に用いた断面諸元は前出の表 5-1 に，せん断力に対する照査結果を表 5-4～表 5-5 に示す。

鋼管杭に対して許容応力度法による照査を行った結果，せん断応力が短期許容応力度以下であることを確認した。なお，発生応力は各地震動において最大となる値を示している。

表 5-4　せん断力に対する照査結果（Ａ－Ａ断面）

検討ケース	地震動	杭番号	せん断力 (kN)	発生せん断応力 (N/mm^2)	短期許容応力度 (N/mm^2)	照査値
①	S_s－Ｄ１＋＋	3	4608	35.05	217.5	0.17
	S_s－Ｄ１＋－	3	4610	35.06	217.5	0.17
	S_s－Ｄ１－＋	2	4598	34.97	217.5	0.17
	S_s－Ｄ１－－	2	4583	34.86	217.5	0.17
	S_s－１１	1	2159	16.42	217.5	0.08
	S_s－１２	4	3502	26.64	217.5	0.13
	S_s－１３	4	3097	23.56	217.5	0.11
	S_s－１４	4	2898	22.04	217.5	0.11
	S_s－２１	4	3964	30.15	217.5	0.14
	S_s－２２	4	3425	26.05	217.5	0.12
	S_s－３１＋＋	1	4436	33.74	217.5	0.16
	S_s－３１－＋	4	4659	35.43	217.5	0.17
②	S_s－Ｄ１＋－	3	4682	35.61	217.5	0.17
③	S_s－Ｄ１＋－	3	4661	35.45	217.5	0.17
④	S_s－Ｄ１＋－	3	4907	37.32	217.5	0.18
⑤	S_s－Ｄ１＋－	4	4967	37.78	217.5	0.18
⑥	S_s－Ｄ１＋－	4	5041	38.34	217.5	0.18

表 5-5　せん断力に対する照査結果（Ｂ－Ｂ断面）

検討ケース	地震動	杭番号	せん断力 (kN)	発生せん断応力 (N/mm^2)	短期許容応力度 (N/mm^2)	照査値
①	S_s－Ｄ１＋＋	4	4287	32.61	217.5	0.15
	S_s－Ｄ１＋－	4	4297	32.68	217.5	0.16
	S_s－Ｄ１－＋	4	4436	33.74	217.5	0.16
	S_s－Ｄ１－－	4	4381	33.32	217.5	0.16
	S_s－１１	1	1776	13.51	217.5	0.07
	S_s－１２	4	2847	21.66	217.5	0.10
	S_s－１３	4	2620	19.93	217.5	0.10
	S_s－１４	1	1457	11.08	217.5	0.06
	S_s－２１	1	1927	14.66	217.5	0.07
	S_s－２２	1	3090	23.50	217.5	0.11
	S_s－３１＋＋	1	5898	44.86	217.5	0.21
	S_s－３１－＋	1	5683	43.22	217.5	0.20
②	S_s－Ｄ１＋－	1	4726	35.94	217.5	0.17
③	S_s－Ｄ１＋－	1	4635	35.25	217.5	0.17
④	S_s－Ｄ１＋－	4	4595	34.95	217.5	0.17
⑤	S_s－Ｄ１＋－	1	5486	41.72	217.5	0.20
⑥	S_s－Ｄ１＋－	1	6466	49.18	217.5	0.23

(2) 鉄筋コンクリートの評価結果

a. 曲げに対する照査

断面計算に用いた断面諸元を表 5-6 に，曲げに対する照査結果を表 5-7～表 5-10 に示す。

鉄筋コンクリートに対して許容応力度法による照査を行った結果，コンクリートに発生する曲げ圧縮応力及び鉄筋に発生する曲げ引張応力が短期許容応力度以下であることを確認した。なお，発生応力は各地震動において最大となる値を示している。

表 5-6 鉄筋コンクリート断面諸元

断面	部材	かぶり (m)	断面有効高さ (m)	主筋	主筋断面積 (cm^2)
A－A	壁部	0.15	4.20～6.90	D38-22 本(4 段)	1003.2
	底版部	0.15	3.00	D38-92 本(4 段)	4195.2
B－B	梁部	0.15	6.90	D38-11 本(4 段)	501.6
	壁部	0.15	2.85	D38-31～49 本(4 段)	1413.6～2234.4
	底版部	0.20	2.95	D32-158 本(4 段)	5051.12

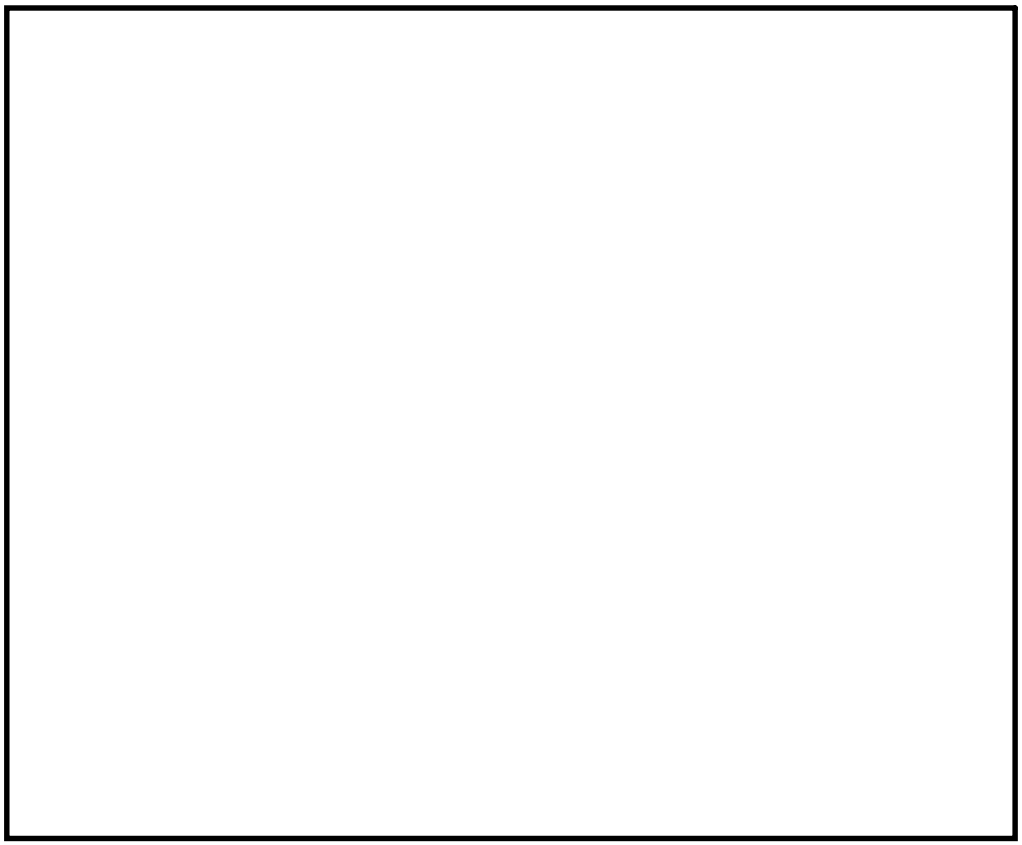


図 5-1 概略配筋図（A－A断面）

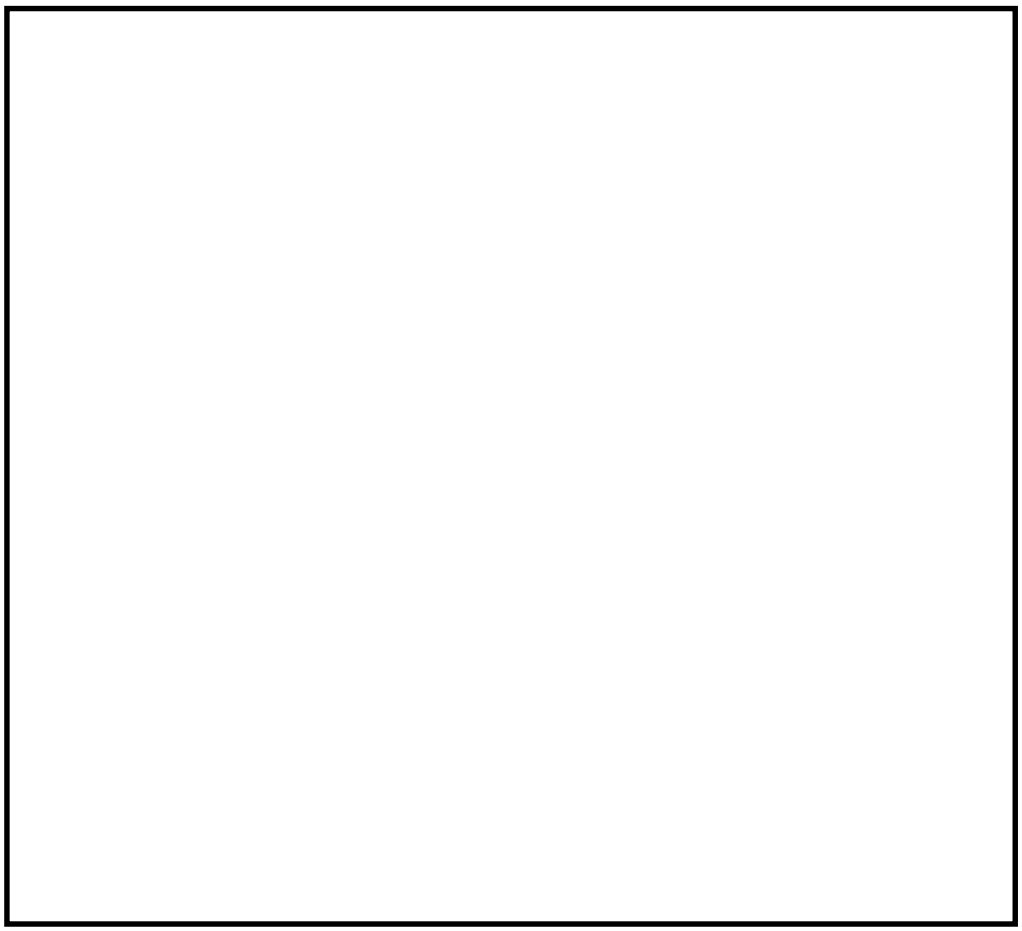


図 5-2　概略配筋図（Ｂ－Ｂ断面）

表 5-7　曲げ軸力（圧縮）に対する照査結果（Ａ－Ａ断面）

検討ケース	地震動	部材	曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)	発生曲げ応力度 (N/mm^2)	短期許容応力度 (N/mm^2)	照査値
①	S_s－Ｄ１ ＋＋	壁部	-67226	-12067	2.62	21	0.13
		底版部	112369	-1659	3.29	21	0.16
	S_s－Ｄ１ ＋－	壁部	-66651	-11608	2.60	21	0.13
		底版部	107638	677	3.12	21	0.15
	S_s－Ｄ１ －＋	壁部	-58489	-7236	2.24	21	0.11
		底版部	104487	2880	2.99	21	0.15
	S_s－Ｄ１ －－	壁部	-58970	-16509	2.33	21	0.12
		底版部	105406	2666	3.02	21	0.15
	S_s－１１	壁部	-35592	-11229	1.42	21	0.07
		底版部	82898	-6994	2.51	21	0.12
	S_s－１２	壁部	-43189	-10791	1.70	21	0.09
		底版部	81312	-4576	2.43	21	0.12
	S_s－１３	壁部	-40721	-12216	1.62	21	0.08
		底版部	82658	-4497	2.47	21	0.12
	S_s－１４	壁部	-37984	-12066	1.51	21	0.08
		底版部	76834	-5461	2.31	21	0.11
	S_s－２１	壁部	-56295	-12785	2.21	21	0.11
		底版部	99259	-1240	2.90	21	0.14
	S_s－２２	壁部	-51704	-6755	1.99	21	0.10
		底版部	89307	-7898	2.71	21	0.13
	S_s－３１ ＋＋	壁部	-51058	-10672	2.00	21	0.10
		底版部	91114	-5120	2.72	21	0.13
	S_s－３１ －＋	壁部	-58064	-11632	2.27	21	0.11
		底版部	99225	-4596	2.95	21	0.15
②	S_s－Ｄ１ ＋－	壁部	-64725	-11578	2.52	21	0.12
		底版部	95710	-1348	2.80	21	0.14
③	S_s－Ｄ１ ＋－	壁部	-67977	-11490	2.64	21	0.13
		底版部	104317	390	3.02	21	0.15
④	S_s－Ｄ１ ＋－	壁部	-66045	-11610	2.57	21	0.13
		底版部	119482	-92	3.47	21	0.17
⑤	S_s－Ｄ１ ＋－	壁部	-70440	-12268	2.74	21	0.14
		底版部	114630	-5709	3.42	21	0.17
⑥	S_s－Ｄ１ ＋－	壁部	-69224	-12567	2.70	21	0.13
		底版部	104731	-7731	3.16	21	0.16

表 5-8　曲げ軸力（引張）に対する照査結果（Ａ－Ａ断面）

検討ケース	地震動	部材	曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)	発生曲げ応力度 (N/mm^2)	短期許容応力度 (N/mm^2)	照査値
①	S_s－Ｄ１ ＋＋	壁部	-67226	-12067	55.11	435	0.13
		底版部	112213	-1526	101.02	435	0.24
	S_s－Ｄ１ ＋－	壁部	-64180	-10385	56.84	435	0.14
		底版部	107512	814	99.43	435	0.23
	S_s－Ｄ１ －＋	壁部	-58531	-6859	62.16	435	0.15
		底版部	104412	2972	99.11	435	0.23
	S_s－Ｄ１ －－	壁部	-51787	-10563	37.95	435	0.09
		底版部	105406	2666	99.66	435	0.23
	S_s－１１	壁部	-31806	-9134	15.25	435	0.04
		底版部	82898	-6994	67.91	435	0.16
	S_s－１２	壁部	-42941	-10482	25.86	435	0.06
		底版部	78664	-2189	69.52	435	0.16
	S_s－１３	壁部	-39260	-10535	20.84	435	0.05
		底版部	82645	-4473	70.55	435	0.17
	S_s－１４	壁部	-33414	-9040	17.53	435	0.05
		底版部	76489	-4780	64.56	435	0.15
	S_s－２１	壁部	-56295	-12785	36.91	435	0.09
		底版部	98498	-401	89.76	435	0.21
	S_s－２２	壁部	-51704	-6755	52.08	435	0.12
		底版部	85156	648	78.76	435	0.19
	S_s－３１ ＋＋	壁部	-51058	-10672	36.54	435	0.09
		底版部	93790	2199	88.48	435	0.21
	S_s－３１ －＋	壁部	-57862	-11462	43.59	435	0.11
		底版部	98982	-3618	86.48	435	0.20
②	S_s－Ｄ１ ＋－	壁部	-64405	-10274	57.60	435	0.14
		底版部	95742	-1238	86.26	435	0.20
③	S_s－Ｄ１ ＋－	壁部	-67977	-11490	58.36	435	0.14
		底版部	104312	426	96.04	435	0.23
④	S_s－Ｄ１ ＋－	壁部	-66034	-11304	56.16	435	0.13
		底版部	119372	222	109.60	435	0.26
⑤	S_s－Ｄ１ ＋－	壁部	-67926	-10555	61.83	435	0.15
		底版部	114484	-5382	98.65	435	0.23
⑥	S_s－Ｄ１ ＋－	壁部	-65129	-10495	57.85	435	0.14
		底版部	104768	-7417	87.44	435	0.21

表 5-9（１）　曲げ軸力（圧縮）に対する照査結果（Ｂ－Ｂ断面）

検討ケース	地震動	部材	曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)	発生曲げ応力度 (N/mm^2)	短期許容応力度 (N/mm^2)	照査値
①	S_s－Ｄ１＋＋	梁部	17433	-498	1.21	21	0.06
		壁部	-18879	-16504	1.42	21	0.07
		底版部	49017	-50934	1.26	21	0.06
	S_s－Ｄ１＋－	梁部	17162	-1344	1.24	21	0.06
		壁部	-19211	-16385	1.44	21	0.07
		底版部	47330	-57064	1.27	21	0.07
	S_s－Ｄ１－＋	梁部	-16907	-2205	1.25	21	0.06
		壁部	18655	-15816	1.40	21	0.07
		底版部	63965	-45580	1.55	21	0.08
	S_s－Ｄ１－－	梁部	-17528	-2359	1.30	21	0.07
		壁部	19133	-15720	1.42	21	0.07
		底版部	64043	-45575	1.55	21	0.08
	S_s－１１	梁部	15853	-1307	1.15	21	0.06
		壁部	10316	-11580	1.17	21	0.06
		底版部	28320	-784	0.62	21	0.03
	S_s－１２	梁部	15263	-1438	1.11	21	0.06
		壁部	10374	-11590	1.18	21	0.06
		底版部	42029	-30344	1.02	21	0.05
	S_s－１３	梁部	15173	-1493	1.11	21	0.06
		壁部	10804	-11700	1.21	21	0.06
		底版部	-24370	-60286	0.95	21	0.05
	S_s－１４	梁部	14944	-1205	1.08	21	0.06
		壁部	8426	-10501	1.00	21	0.05
		底版部	21672	-6852	0.51	21	0.03
	S_s－２１	梁部	15672	-940	1.12	21	0.06
		壁部	-9313	-10753	1.07	21	0.06
		底版部	24730	-6755	0.57	21	0.03
	S_s－２２	梁部	15732	-1038	1.13	21	0.06
		壁部	-16556	-14264	1.24	21	0.06
		底版部	36975	-23616	0.89	21	0.05

表 5-9（2）　曲げ軸力（圧縮）に対する照査結果（Ｂ－Ｂ断面）

検討ケース	地震動	部材	曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)	発生曲げ応力度 (N/mm^2)	短期許容応力度 (N/mm^2)	照査値
①	S_s－３１ ＋＋	梁部	-19533	-1919	1.42	21	0.07
		壁部	-15513	-11395	1.60	21	0.08
		底版部	-62111	-11716	1.42	21	0.07
	S_s－３１ －＋	梁部	-21179	-2475	1.56	21	0.08
		壁部	15595	-11686	1.61	21	0.08
		底版部	69634	3802	1.46	21	0.07
②	S_s－Ｄ１ ＋－	梁部	17952	-351	1.24	21	0.06
		壁部	-11504	-12685	1.30	21	0.07
		底版部	60112	-42267	1.46	21	0.07
③	S_s－Ｄ１ ＋－	梁部	17341	-852	1.23	21	0.06
		壁部	-18899	-16227	1.42	21	0.07
		底版部	55667	-38952	1.35	21	0.07
④	S_s－Ｄ１ ＋－	梁部	-22913	-3100	1.70	21	0.09
		壁部	-27052	-18408	1.95	21	0.10
		底版部	69767	-43332	1.68	21	0.08
⑤	S_s－Ｄ１ ＋－	梁部	-17080	-2078	1.26	21	0.06
		壁部	12820	-10660	1.35	21	0.07
		底版部	52101	-7747	1.18	21	0.06
⑥	S_s－Ｄ１ ＋－	梁部	17000	-1227	1.22	21	0.06
		壁部	-11521	-12454	1.29	21	0.07
		底版部	49354	-2218	1.08	21	0.06

表 5-10（1）　曲げ軸力（引張）に対する照査結果（Ｂ－Ｂ断面）

検討ケース	地震動	部材	曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)	発生曲げ応力度 (N/mm^2)	短期許容応力度 (N/mm^2)	照査値
①	S_s－Ｄ１＋＋	梁部	16172	356	54.26	435	0.13
		壁部	-18789	-7031	19.86	435	0.05
		底版部	-45187	62384	99.68	435	0.23
	S_s－Ｄ１＋－	梁部	16623	432	56.40	435	0.13
		壁部	-18308	-6414	20.16	435	0.05
		底版部	-45625	62672	100.33	435	0.24
	S_s－Ｄ１－＋	梁部	14311	436	49.16	435	0.12
		壁部	18219	-7010	18.91	435	0.05
		底版部	-31591	57632	83.65	435	0.20
	S_s－Ｄ１－－	梁部	16475	-346	48.68	435	0.12
		壁部	18217	-6818	19.25	435	0.05
		底版部	49224	44974	85.67	435	0.20
	S_s－１１	梁部	11184	446	39.42	435	0.10
		壁部	11489	-6793	8.00	435	0.02
		底版部	-8182	19985	26.70	435	0.07
	S_s－１２	梁部	12585	-150	38.24	435	0.09
		壁部	13300	-6714	11.05	435	0.03
		底版部	36209	40493	70.41	435	0.17
	S_s－１３	梁部	12156	-145	36.93	435	0.09
		壁部	12756	-6614	10.32	435	0.03
		底版部	33622	39167	66.94	435	0.16
	S_s－１４	梁部	11724	10	37.01	435	0.09
		壁部	-11861	-8385	6.36	435	0.02
		底版部	18544	120	14.46	435	0.04
	S_s－２１	梁部	15708	-482	45.03	435	0.11
		壁部	13583	-7886	9.67	435	0.03
		底版部	31555	14496	39.56	435	0.10
	S_s－２２	梁部	13766	-188	41.61	435	0.10
		壁部	-13742	-5986	13.02	435	0.03
		底版部	21787	29734	47.72	435	0.11

表 5-10 (2)　曲げ軸力（引張）に対する照査結果（Ｂ－Ｂ断面）

検討ケース	地震動	部材	曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)	発生曲げ応力度 (N/mm^2)	短期許容応力度 (N/mm^2)	照査値
①	S_s－３１ ＋＋	梁部	17188	1474	68.20	435	0.16
		壁部	20460	-5237	26.23	435	0.07
		底版部	-42958	43711	79.23	435	0.19
	S_s－３１ －＋	梁部	16737	1095	63.10	435	0.15
		壁部	10902	-609	26.62	435	0.07
		底版部	68729	9061	62.37	435	0.15
②	S_s－Ｄ１ ＋－	梁部	16511	455	56.26	435	0.13
		壁部	15507	-6006	16.02	435	0.04
		底版部	-40982	71169	104.94	435	0.25
③	S_s－Ｄ１ ＋－	梁部	16604	500	56.98	435	0.14
		壁部	-18417	-6640	19.93	435	0.05
		底版部	-46751	66863	105.44	435	0.25
④	S_s－Ｄ１ ＋－	梁部	17544	1439	68.96	435	0.16
		壁部	-22805	-4279	32.37	435	0.08
		底版部	-73211	66733	127.26	435	0.30
⑤	S_s－Ｄ１ ＋－	梁部	12008	724	44.68	435	0.11
		壁部	7379	-1693	14.17	435	0.04
		底版部	51470	-14	39.79	435	0.10
⑥	S_s－Ｄ１ ＋－	梁部	12766	494	44.85	435	0.11
		壁部	-15088	-6707	14.06	435	0.04
		底版部	48026	672	37.81	435	0.09

b.　せん断に対する照査

断面計算に用いた断面諸元は前出の表 5-6 及び表 5-11 に，せん断に対する照査結果を表 5-12 及び表 5-13 に示す。

鉄筋コンクリートにおける許容応力度法による照査を行った結果，せん断力が許容せん断力以下であることを確認した。なお，発生応力は各地震動において最大となる値を示している。

表 5-11　鉄筋コンクリート断面諸元

断面	部材	斜め引張鉄筋	斜め引張鉄筋 間隔 s (m)	間隔 s における 斜め引張鉄筋断面積 (cm^2)
Ａ－Ａ	壁部	D19-8 本	0.3	22.92
	底版部	D25-45 本	0.3	228.015
Ｂ－Ｂ	梁部	D25-2 本	0.3	10.134
	壁部	D19-8～13 本	0.3	22.920～37.245
	底版部	D25-78 本	0.3	395.226

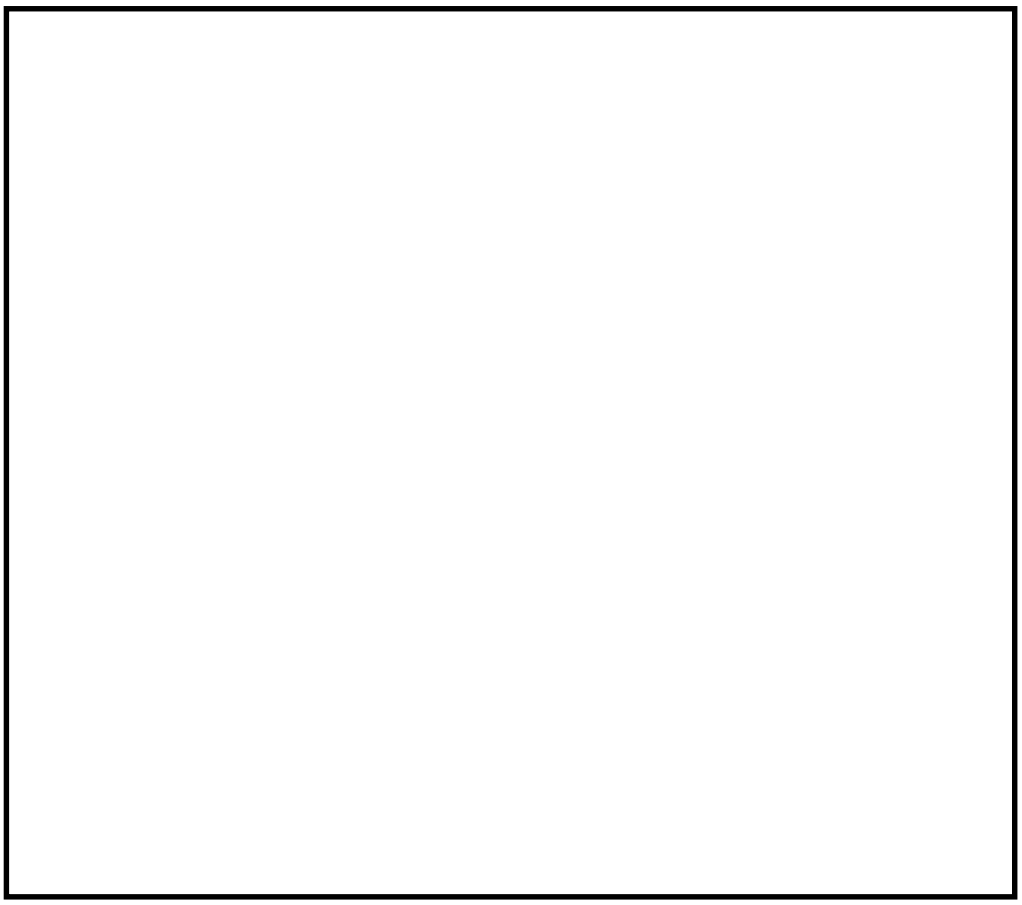


図 5-3　概略せん断補強筋配置図（Ａ－Ａ断面）

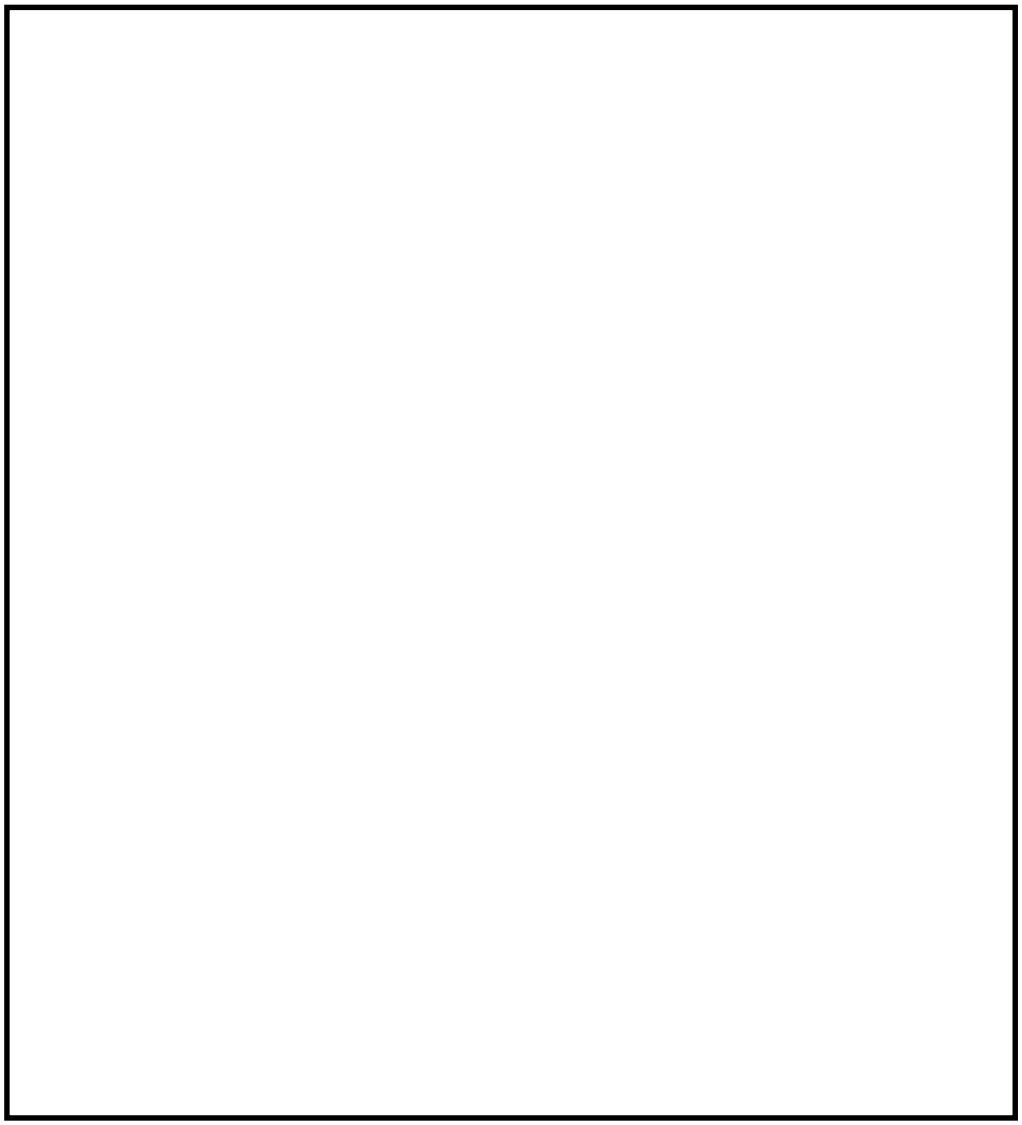


図 5-4　概略せん断補強筋配置図（Ｂ－Ｂ断面）

表 5-12　せん断力に対する照査結果（Ａ－Ａ断面）

検討ケース	地震動	部材	せん断力 (kN)	許容せん断力 (kN)	照査値
①	Ｓs－Ｄ１＋＋	壁部	6163	22290.7	0.27
		底版部	47583	74547.3	0.63
	Ｓs－Ｄ１＋－	壁部	6129	22290.7	0.27
		底版部	46492	74547.3	0.62
	Ｓs－Ｄ１－＋	壁部	5707	22290.7	0.25
		底版部	44444	74547.3	0.59
	Ｓs－Ｄ１－－	壁部	5626	22290.7	0.25
		底版部	44416	74547.3	0.59
	Ｓs－１１	壁部	2814	22290.7	0.12
		底版部	23820	74547.3	0.31
	Ｓs－１２	壁部	3698	22290.7	0.16
		底版部	29130	74547.3	0.39
	Ｓs－１３	壁部	3391	22290.7	0.15
		底版部	27126	74547.3	0.36
	Ｓs－１４	壁部	3131	22290.7	0.14
		底版部	26017	74547.3	0.34
	Ｓs－２１	壁部	5071	22290.7	0.22
		底版部	38829	74547.3	0.52
	Ｓs－２２	壁部	4447	22290.7	0.19
		底版部	31463	74547.3	0.42
	Ｓs－３１＋＋	壁部	5003	22290.7	0.22
		底版部	38525	74547.3	0.51
	Ｓs－３１－＋	壁部	5392	22290.7	0.24
		底版部	40936	74547.3	0.54
②	Ｓs－Ｄ１＋－	壁部	5992	22290.7	0.26
		底版部	41776	74547.3	0.56
③	Ｓs－Ｄ１＋－	壁部	6259	22290.7	0.28
		底版部	46804	74547.3	0.62
④	Ｓs－Ｄ１＋－	壁部	6007	22290.7	0.26
		底版部	53516	74547.3	0.71
⑤	Ｓs－Ｄ１＋－	壁部	6721	22290.7	0.3
		底版部	44698	74547.3	0.59
⑥	Ｓs－Ｄ１＋－	壁部	6599	22290.7	0.29
		底版部	40708	74547.3	0.54

表 5-13（1）　せん断力に対する照査結果（Ｂ－Ｂ断面）

検討ケース	地震動	部材	せん断力 (kN)	許容 せん断力 (kN)	照査値
①	Ｓs－Ｄ１ ＋＋	梁部	7520	10659.1	0.71
		壁部	5051	16065.7	0.32
		底版部	42515	126779.7	0.34
	Ｓs－Ｄ１ ＋－	梁部	8100	10659.1	0.76
		壁部	5110	16065.7	0.32
		底版部	43319	126779.7	0.35
	Ｓs－Ｄ１ －＋	梁部	7552	10659.1	0.71
		壁部	5116	16065.7	0.32
		底版部	40792	126779.7	0.33
	Ｓs－Ｄ１ －－	梁部	8193	10659.1	0.77
		壁部	5199	16065.7	0.33
		底版部	39963	126779.7	0.32
	Ｓs－１１	梁部	7347	10659.1	0.69
		壁部	3860	16065.7	0.25
		底版部	17717	126779.7	0.14
	Ｓs－１２	梁部	7292	10659.1	0.69
		壁部	4077	16065.7	0.26
		底版部	26592	126779.7	0.21
	Ｓs－１３	梁部	7455	10659.1	0.70
		壁部	4150	16065.7	0.26
		底版部	24806	126779.7	0.20
	Ｓs－１４	梁部	6478	10659.1	0.61
		壁部	3636	16065.7	0.23
		底版部	14516	126779.7	0.12
	Ｓs－２１	梁部	6749	10659.1	0.64
		壁部	3789	16065.7	0.24
		底版部	21177	126779.7	0.17
	Ｓs－２２	梁部	7516	10659.1	0.71
		壁部	4558	16065.7	0.29
		底版部	24551	126779.7	0.20

表 5-13（2）　せん断力に対する照査結果（Ｂ－Ｂ断面）

検討ケース	地震動	部材	せん断力 (kN)	許容 せん断力 (kN)	照査値
①	Ｓs－３１ ＋＋	梁部	8205	10659.1	0.77
		壁部	5601	16065.7	0.35
		底版部	47068	126779.7	0.38
	Ｓs－３１ －＋	梁部	8463	10659.1	0.80
		壁部	6117	16065.7	0.39
		底版部	47040	126779.7	0.38
②	Ｓs－Ｄ１ ＋－	梁部	7999	10659.1	0.76
		壁部	4158	16065.7	0.26
		底版部	37672	126779.7	0.30
③	Ｓs－Ｄ１ ＋－	梁部	7690	10659.1	0.73
		壁部	4949	16065.7	0.31
		底版部	42981	126779.7	0.34
④	Ｓs－Ｄ１ ＋－	梁部	9226	10659.1	0.87
		壁部	7008	16065.7	0.44
		底版部	51653	126779.7	0.41
⑤	Ｓs－Ｄ１ ＋－	梁部	8075	10659.1	0.76
		壁部	4886	16065.7	0.31
		底版部	36711	126779.7	0.29
⑥	Ｓs－Ｄ１ ＋－	梁部	7875	10659.1	0.74
		壁部	4663	16065.7	0.30
		底版部	34926	126779.7	0.28

5.2　基礎地盤の支持性能評価

基礎地盤の支持性能評価結果を表 5-14 及び表 5-15 に示す。

基礎地盤に生じる最大接地圧は，極限支持力度以下であることを確認した。

表 5-14　基礎地盤の支持性能照査結果：押込み（Ａ－Ａ断面）

検討ケース	地震動	杭番号	最大接地圧 (kN/m^2)	極限支持力度 (kN/m^2)
①	S_s－Ｄ１＋＋	4	882	5472
	S_s－Ｄ１＋－	4	935	5472
	S_s－Ｄ１－＋	1	878	5472
	S_s－Ｄ１－－	1	927	5472
	S_s－１１	1	659	5472
	S_s－１２	1	696	5472
	S_s－１３	2	670	5472
	S_s－１４	4	679	5472
	S_s－２１	4	850	5472
	S_s－２２	1	771	5472
	S_s－３１＋＋	4	756	5472
	S_s－３１－＋	1	784	5472
②	S_s－Ｄ１＋－	4	923	5472
③	S_s－Ｄ１＋－	4	949	5472
④	S_s－Ｄ１＋－	1	975	5472
⑤	S_s－Ｄ１＋－	4	870	5472
⑥	S_s－Ｄ１＋－	4	862	5472

表 5-15　基礎地盤の支持性能照査結果：押込み（Ｂ－Ｂ断面）

検討ケース	地震動	杭番号	最大接地圧 (kN/m^2)	極限支持力度 (kN/m^2)
①	Ｓs－Ｄ１＋＋	4	810	5472
	Ｓs－Ｄ１＋－	4	831	5472
	Ｓs－Ｄ１－＋	1	763	5472
	Ｓs－Ｄ１－－	1	772	5472
	Ｓs－１１	1	650	5472
	Ｓs－１２	1	676	5472
	Ｓs－１３	1	672	5472
	Ｓs－１４	1	606	5472
	Ｓs－２１	4	687	5472
	Ｓs－２２	1	668	5472
	Ｓs－３１＋＋	4	721	5472
	Ｓs－３１－＋	4	693	5472
②	Ｓs－Ｄ１＋－	4	820	5472
③	Ｓs－Ｄ１＋－	4	841	5472
④	Ｓs－Ｄ１＋－	4	900	5472
⑤	Ｓs－Ｄ１＋－	4	752	5472
⑥	Ｓs－Ｄ１＋－	4	743	5472

杭の引抜力に対する照査は，杭天端に発生する最大引抜力に対して評価を行う。照査結果を表 5-16 及び表 5-17 に示す。杭の引抜力に対する照査を行った結果，最大引抜力が極限支持力以下であることを確認した。

表 5-16　基礎地盤の支持性能照査結果：引抜き（Ａ－Ａ断面）

検討ケース	地震動	杭番号	最大引抜力 (kN)	極限支持力 (kN)
①	S_s－Ｄ１＋＋	4	5725	18276
	S_s－Ｄ１＋－	4	5745	18276
	S_s－Ｄ１－＋	1	5555	18276
	S_s－Ｄ１－－	1	5643	18276
	S_s－１１	1	908	18276
	S_s－１２	4	2034	18276
	S_s－１３	4	1529	18276
	S_s－１４	4	1214	18276
	S_s－２１	1	4035	18276
	S_s－２２	4	3365	18276
	S_s－３１＋＋	1	3423	18276
	S_s－３１－＋	4	3485	18276
②	S_s－Ｄ１＋－	4	5120	18276
③	S_s－Ｄ１＋－	4	5855	18276
④	S_s－Ｄ１＋－	4	7685	18276
⑤	S_s－Ｄ１＋－	4	4915	18276
⑥	S_s－Ｄ１＋－	4	4243	18276

表 5-17　基礎地盤の支持性能照査結果：引抜き（Ｂ－Ｂ断面）

検討ケース	地震動	杭番号	最大引抜力 (kN)	極限支持力 (kN)
①	Ｓs－Ｄ１＋＋	4	9338	18276
	Ｓs－Ｄ１＋－	4	9268	18276
	Ｓs－Ｄ１－＋	4	9755	18276
	Ｓs－Ｄ１－－	4	10003	18276
	Ｓs－１１	4	2485	18276
	Ｓs－１２	4	6218	18276
	Ｓs－１３	4	5738	18276
	Ｓs－１４	4	1256	18276
	Ｓs－２１	4	3118	18276
	Ｓs－２２	4	4845	18276
	Ｓs－３１＋＋	1	8783	18276
	Ｓs－３１－＋	4	8880	18276
②	Ｓs－Ｄ１＋－	4	9120	18276
③	Ｓs－Ｄ１＋－	4	8725	18276
④	Ｓs－Ｄ１＋－	4	9865	18276
⑤	Ｓs－Ｄ１＋－	4	5988	18276
⑥	Ｓs－Ｄ１＋－	4	5318	18276

5.3　構造物の変形性評価

地震時の止水ジョイント部の相対変位量に対する照査結果を表 5-18 及び表 5-19 に示す。

地震時の止水ジョイント部の相対変位量に対する照査を行った結果，相対変位量が許容限界以下であることを確認した。

表 5-18　横断方向相対変位比較

検討ケース	地震波	地震時相対変位量[m]
		Ａ－Ａ断面
①	Ss-D1 (++)	0.129
	Ss-D1 (+-)	0.130
	Ss-D1 (-+)	0.126
	Ss-D1 (--)	0.126
	Ss-11	0.026
	Ss-12	0.054
	Ss-13	0.045
	Ss-14	0.041
	Ss-21	0.087
	Ss-22	0.072
	Ss-31(++)	0.108
	Ss-31(-+)	0.110
④	Ss-D1 (+-)	0.176

表 5-19　地震時相対変位量

	δx[m]	δy[m]	δz[m]	3 成分合成[m]
鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の相対変位量	0.406	0.412	0.050	
防潮扉２基礎の相対変位量	0.176	0.156	0.037	
合計	0.582	0.568	0.087	0.818

Ⅴ-2-10-2-2-2　防潮扉の耐震性についての計算書
２．　防潮扉の扉設備に関する耐震計算書

目次

1. 概要 ····· 1
2. 一般事項 ····· 2
2.1 配置概要 ····· 2
2.2 構造計画 ····· 3
2.3 評価方針 ····· 9
2.4 適用基準 ····· 11
2.5 記号の説明 ····· 12
3. 評価部位 ····· 14
4. 固有周期 ····· 19
4.1 固有周期の計算方法 ····· 19
4.2 固有周期の計算条件 ····· 19
4.3 固有周期の計算結果 ····· 20
5. 構造強度評価 ····· 21
5.1 構造強度評価方法 ····· 21
5.2 荷重及び荷重の組合せ ····· 21
5.3 許容限界 ····· 22
5.4 設計用地震力 ····· 25
5.5 計算方法 ····· 26
5.6 計算条件 ····· 35
6. 機能維持評価 ····· 38
6.1 機能維持評価方法 ····· 38
7. 評価結果 ····· 39

1. 概要

本資料は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度に基づき，浸水防護施設のうち防潮扉１，２が設計用地震力に対して，主要な構造部材が十分な構造健全性を有することを確認するものである。その耐震評価は，防潮扉１，２の固有値解析，応力評価及び防潮扉駆動装置の機能維持評価により行う。

2. 一般事項

2.1 配置概要

防潮扉１，２は，海水ポンプエリアと敷地南側境界部に設置する。

防潮扉１，２の設置位置図を図 2-1 に示す。

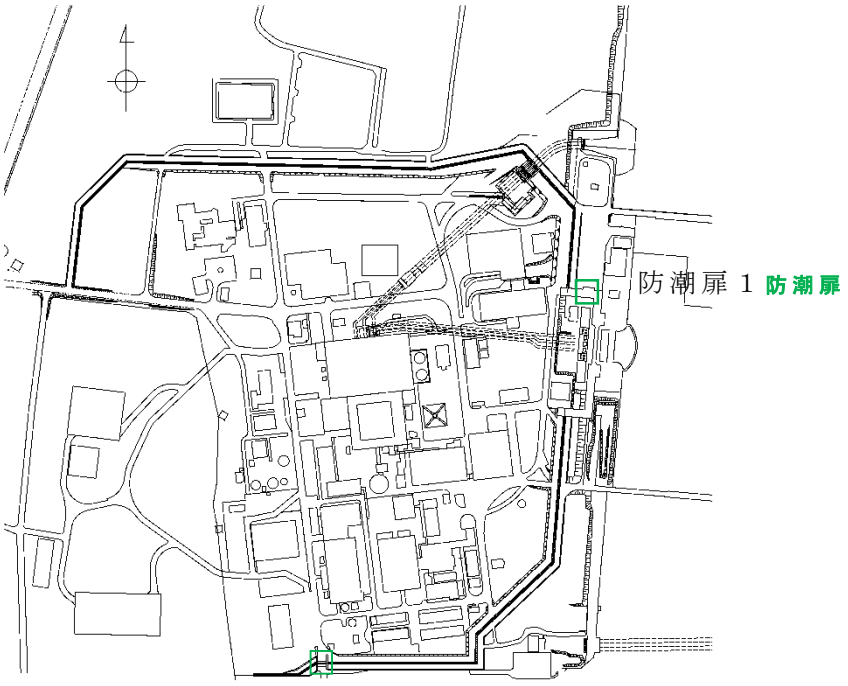


図 2-1 防潮扉１，２の設置位置図

2.2　構造計画

(1)　防潮扉１

防潮扉１は，常時閉止状態のスライド式のゲートで扉体，戸当り，駆動装置及び間接支持構造物から構成されている。扉体は鋼製の構造であり，津波荷重を受ける受圧部にスキンプレートがあり，主桁，縦補助桁及び端桁により架構が構成され，スキンプレートにかかる荷重を架構が受ける構造である。扉体で受けた荷重については，扉体の支圧板から支承部の戸当りを介して間接支持構造物である防潮堤（鉄筋コンクリート防潮壁）が受ける構造である。

また，扉体には人員通行用に鋼製の小扉を設置し，緊急用の人員通行時を除き常時閉止とする。

扉体の駆動装置は，防潮扉１の上部に設置されており，万一，扉が開状態であっても現場操作により電動駆動式及び自重降下式の駆動機構によって確実に閉止できる。

防潮扉１の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1（1/2）　構造計画（防潮扉１）

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
防潮堤（鉄筋コンクリート防潮壁）に設置する。	スキンプレート，主桁，縦補助桁，端桁，小扉，支圧板，戸当り及び駆動装置により構成する。	

表 2-1（2/2）　構造計画（防潮扉１）

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
防潮堤（鉄筋コンクリート防潮壁）に設置する。	スキンプレート，主桁，縦補助桁，端桁，小扉，支圧板，戸当り及び駆動装置により構成する。	

(2)　防潮扉２

防潮扉２は，常時閉止状態のスライド式のゲートで扉体，戸当り，駆動装置及び間接支持構造物から構成されている。扉体は鋼製の構造であり，津波荷重を受ける受圧部にスキンプレートがあり，主桁，縦補助桁及び端桁により架構が構成され，スキンプレートにかかる荷重を架構が受ける構造である。扉体で受けた荷重については，扉体の支圧板から支承部の戸当りを介して間接支持構造物である防潮堤（鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁）が受ける構造である。

また，扉体には人員通行用に鋼製の小扉を設置し，緊急用の人員通行時を除き常時閉止とする。

扉体の駆動装置は，防潮扉２の上部に設置されており，万一，扉が開状態であっても現場操作により電動駆動式及び自重降下式の駆動機構によって確実に閉止できる。

防潮扉２の構造計画を表 2-2 に示す。

表 2-2（1/2）　構造計画（防潮扉２）

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
防潮堤（鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁）に設置する。	スキンプレート，主桁，縦補助桁，端桁，小扉，支圧板，戸当り及び駆動装置により構成する。	

表 2-2（2/2）　構造計画（防潮扉２）

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
防潮堤（鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁）に設置する。	スキンプレート，主桁，縦補助桁，端桁，小扉，支圧板，戸当り及び駆動装置により構成する。	

2.3　評価方針

防潮扉１，２の耐震評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.2　構造計画」に示す防潮扉１，２の構造を踏まえ，「3.　評価部位」にて設定する評価部位において，「4.　固有周期」にて算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを，「5.　構造強度評価」に示す方法にて確認する。また，防潮扉１，２の駆動装置の機能維持評価は，防潮扉１，２の固有周期を考慮して評価用加速度を設定し，設定した評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを「6.　機能維持評価」に示す方法にて確認する。応力評価及び機能維持評価の確認結果を「7.　評価結果」にて確認する。

ここで，機能確認済加速度には，加振試験において，止水性の機能の健全性を確認した最大加速度を適用する。

なお，防潮扉１，２の地震応答解析の結果，間接支持構造物となる鉄筋コンクリート防潮壁の構造物全体の安全性評価及び基礎地盤の支持性能については，添付書類「Ⅴ-2-10-2-2-2-1　防潮堤（鉄筋コンクリート防潮壁）の耐震性についての計算書」において説明する。

耐震評価フローを図 2-2 に示す。

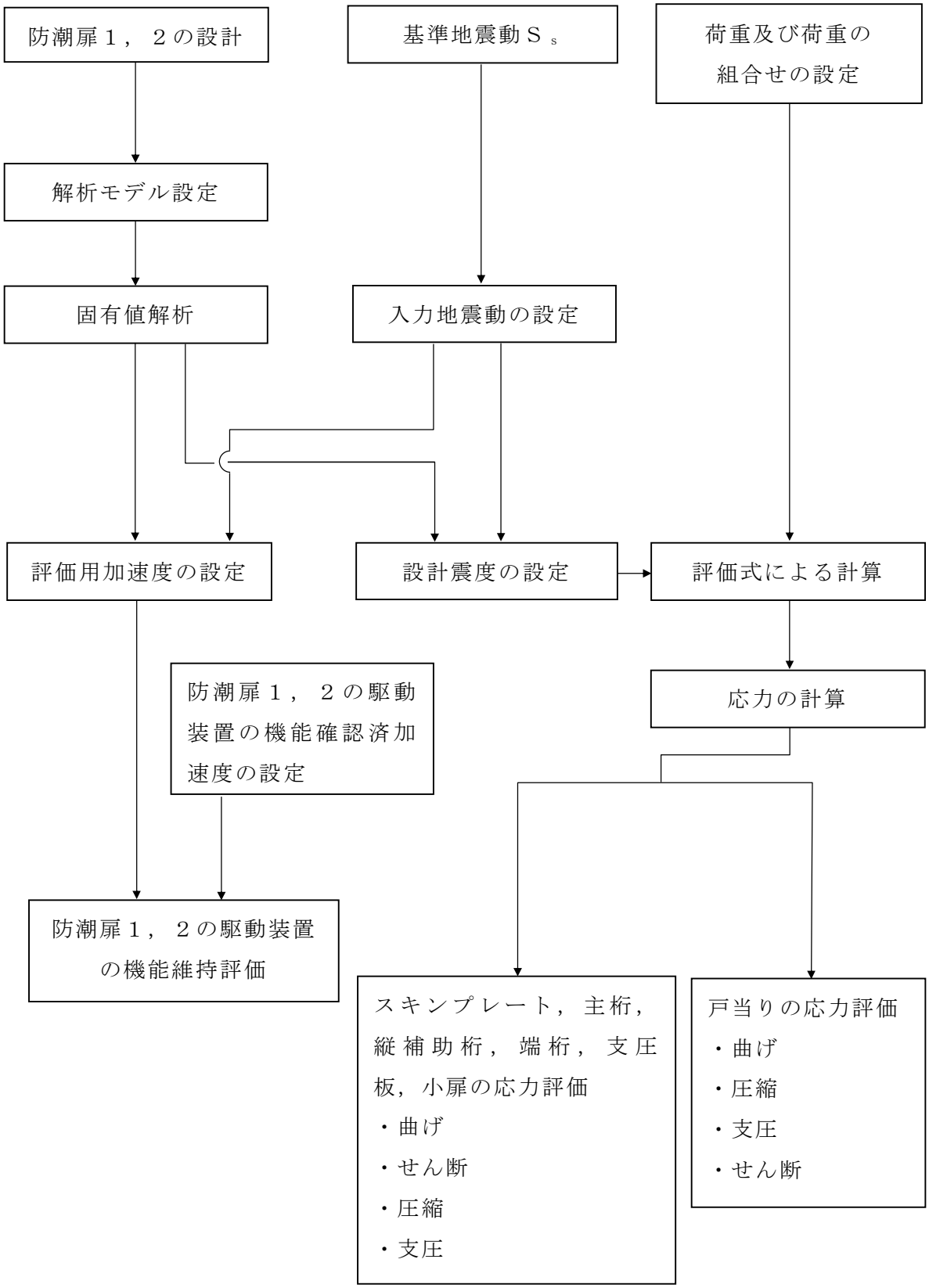

防潮扉１，２の設計
基準地震動Ｓｓ
荷重及び荷重の組合せの設定
解析モデル設定
固有値解析
入力地震動の設定
評価用加速度の設定
設計震度の設定
評価式による計算
応力の計算
防潮扉１，２の駆動装置の機能確認済加速度の設定
防潮扉１，２の駆動装置の機能維持評価
スキンプレート，主桁，縦補助桁，端桁，支圧板，小扉の応力評価
・曲げ
・せん断
・圧縮
・支圧
戸当りの応力評価
・曲げ
・圧縮
・支圧
・せん断

図 2-2　耐震評価フロー

2.4　適用基準

適用する規格，基準等を以下に示す。

(1)　ダム・堰施設技術基準（案）（基準解説編・マニュアル編）（ダム・堰施設技術協会　平成 25 年 6 月）

(2)　構造力学公式集（土木学会　1986 年）

(3)　コンクリート標準示方書［構造性能照査編］（土木学会　2002 年制定）

(4)　道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（日本道路協会　平成 14 年 3 月）

(5)　原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル（土木学会 2005 年）

(6)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1987（日本電気協会）

(7)　各種合成構造設計指針・同解説（日本建築学会　2010 年 11 月）

(8)　鋼構造設計規準－許容応力度設計法－（日本建築学会　2005 年 9 月）

2.5　記号の説明

防潮扉１，２の固有周期の計算に用いる記号を表 2-3 に，防潮扉１，２の応力評価に用いる記号を表 2-4 に示す。

表 2-3　防潮扉１，２の固有周期の計算に用いる記号

記号	定義	単位
E	縦弾性係数	N/mm^2
f	一次固有振動数	Hz
I	断面二次モーメント	cm^4
m	扉体部荷重	kg/m
L	スパン長	m
T	固有周期	s
λ_n	支持条件	－

表 2-4　防潮扉１，２の応力評価に用いる記号（1/2）

記号	定義	単位
a_1	スキンプレートの短辺	cm
a_2	縦補助桁の主桁間隔	m
a_3	小扉のスキンプレートの短辺	mm
A	端桁の断面積	cm^2
A_{w1}	主桁のウェブ断面積	cm^2
A_{w2}	縦補助桁のウェブ断面積	cm^2
A_{w3}	小扉のウェブ断面積	cm^2
b_1	スキンプレートの長辺	cm
b_2	縦補助桁間隔	m
b_3	小扉のスキンプレートの長辺	mm
b_f	戸当り底面フランジ幅	mm
b_r	水路面より戸当り中心までの距離	mm
B_1	扉体幅	m 又は mm
B_2	小扉の主桁幅	m
E_1	支圧板の弾性係数	N/mm^2
E_2	支圧板当たりの弾性係数	N/mm^2
h_r	戸当り高さ	mm
k_1	スキンプレートの辺長比（b/a）による係数	－
k_2	小扉のスキンプレートの辺長比（b/a）による係数	－

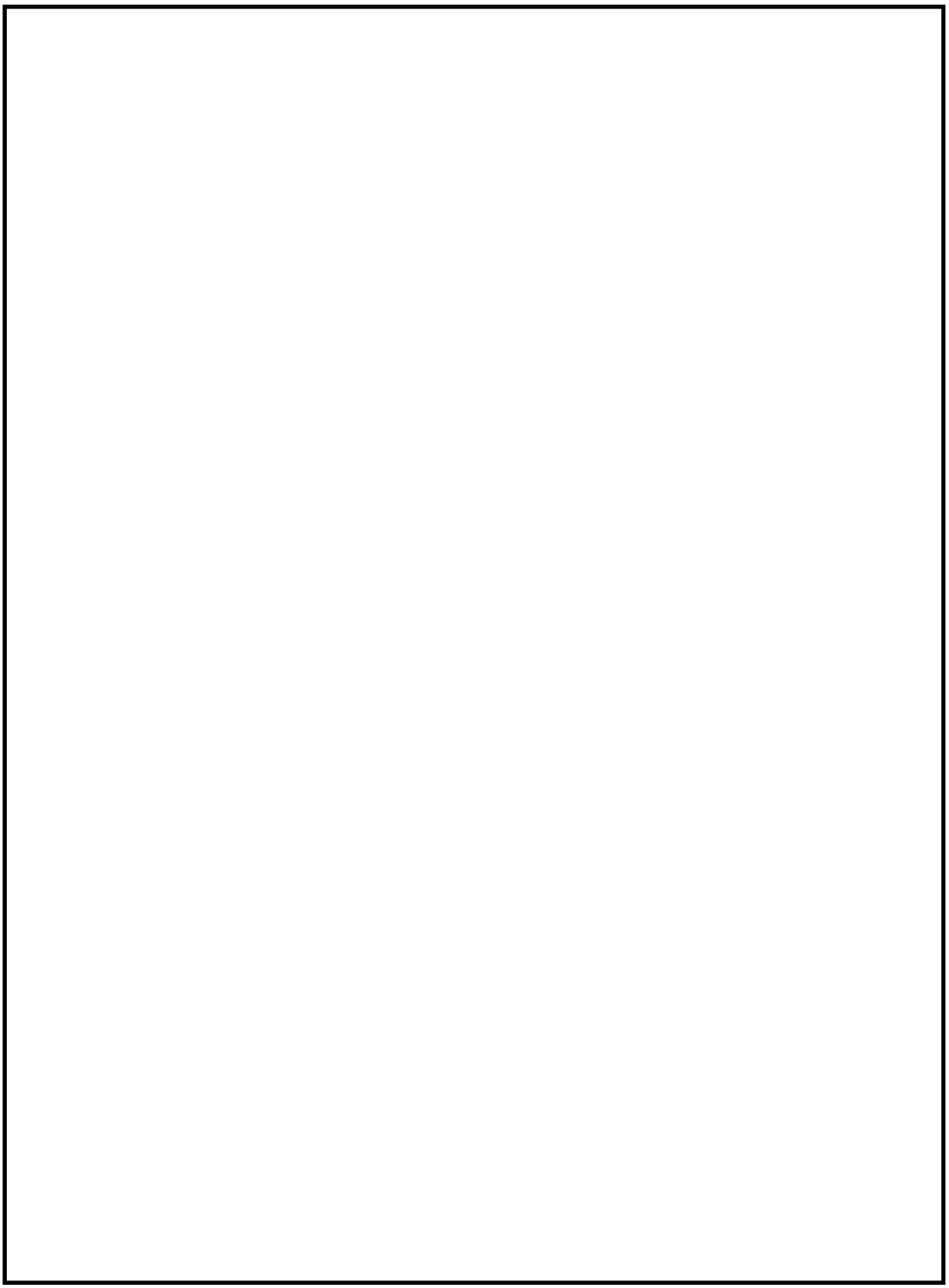
表 2-4　防潮扉１，２の応力評価に用いる記号（2/2）

記号	定義	単位
L_1	主桁の支圧板中心間	m
L_2	小扉の支圧板中心間	m
L_h	支圧板計算高さ	mm
M_{max}	最大曲げモーメント	kN･m
p	支圧板の評価に用いるヘルツの接触応力度	N/mm^2
p_d	戸当りの下部作用水圧	N/mm^2
P_1	スキンプレートに加わる単位面積当たりの荷重	N/m^2
P_2	縦補助桁にかかる各区分の平均荷重	kN/m^2
P_3	支圧板の計算に用いる計算荷重の常時換算値	N
P_4	小扉のスキンプレートに加わる単位面積当たりの荷重	kN/m^2
R_1	端桁にかかる主桁反力	kN
R_2	支圧板半径	mm
S	堰柱側面から底面フランジ端面までの距離	mm
S_{max}	最大せん断力	kN
t_1	スキンプレートの板厚	cm
t_2	小扉のスキンプレートの板厚	cm
t_f	戸当り底面フランジ厚さ	mm
t_w	戸当りウェブ厚さ	mm
W_1	主桁にかかる扉体自重による荷重	kN/m
W_2	小扉にかかる扉体自重による荷重	kN/m
Z_1	主桁の断面係数	cm^3
Z_2	縦補助桁の断面係数	cm^3
Z_3	小扉の断面係数	cm^3
α_1	スキンプレートの応力の補正係数	－
α_2	小扉のスキンプレートの応力の補正係数	－
σ	曲げ応力，圧縮応力	N/mm^2
σ_{cw}	戸当りの腹板に生じる圧縮応力度	N/mm^2
σ_f	戸当りの底面フランジに生じる曲げ応力度	N/mm^2
σ_k	戸当りのコンクリートに生じる支圧応力度	N/mm^2
τ	せん断応力	N/mm^2
τ_k	コンクリートのせん断応力度	N/mm^2

3. 評価部位

防潮扉１，２は，扉体，戸当り及び駆動装置等から構成されている。耐震評価においては，応力評価による評価部位として，扉体の主要構成部材であるスキンプレート，主桁，縦補助桁，端桁，支圧板及び小扉を選定する。また，底面フランジ，腹板及びコンクリートから構成される戸当り並びに扉体の駆動装置についても評価部位として選定する。

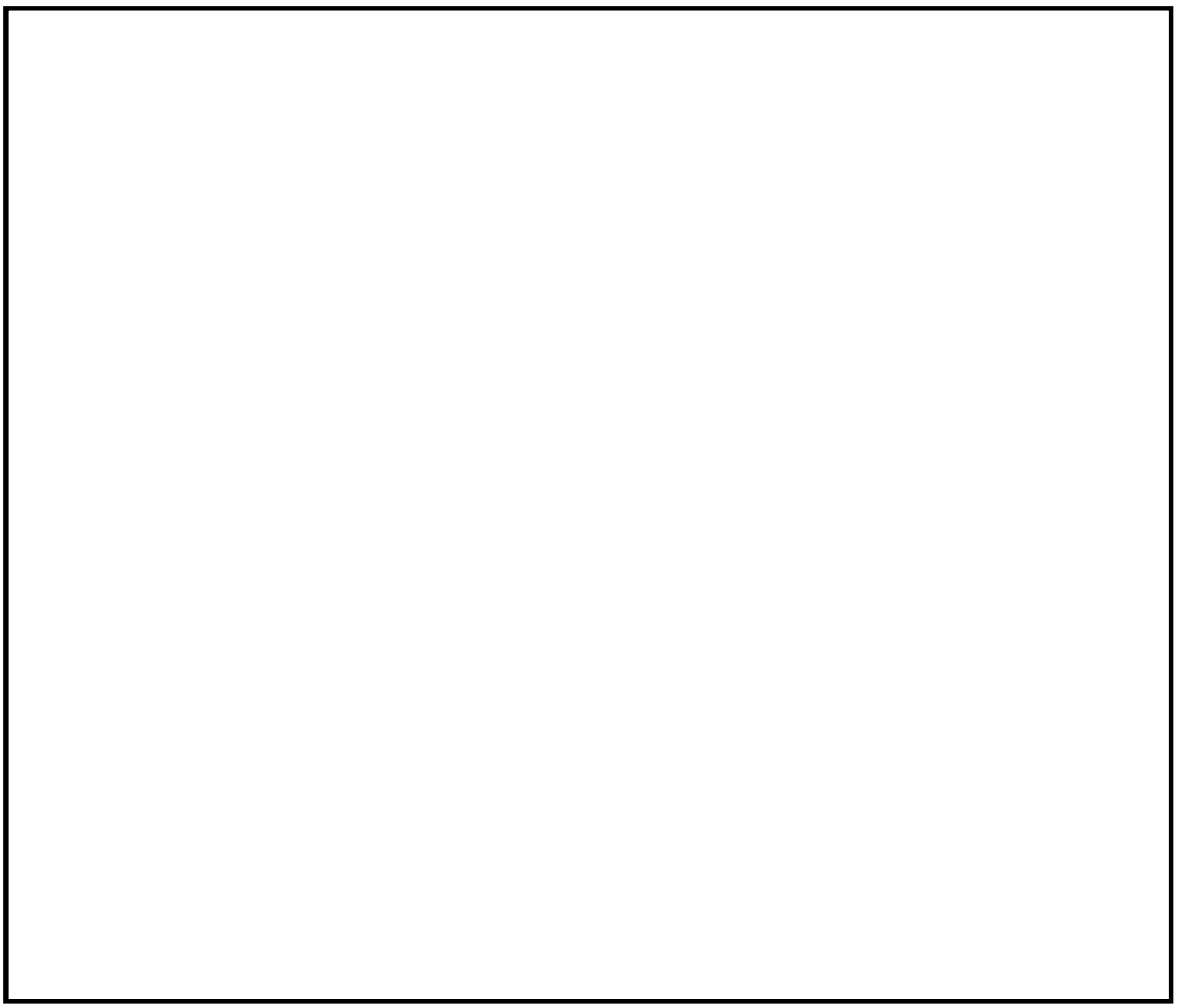
防潮扉 1 の評価部位を図 3-1 及び図 3-2 に，防潮扉２の評価部位を図 3-3 及び図 3-4 に示す。



注：寸法は mm を示す。

図中の①～⑦は応力評価による評価部位を，⑧は機能評価による評価部位をそれぞれ示す。

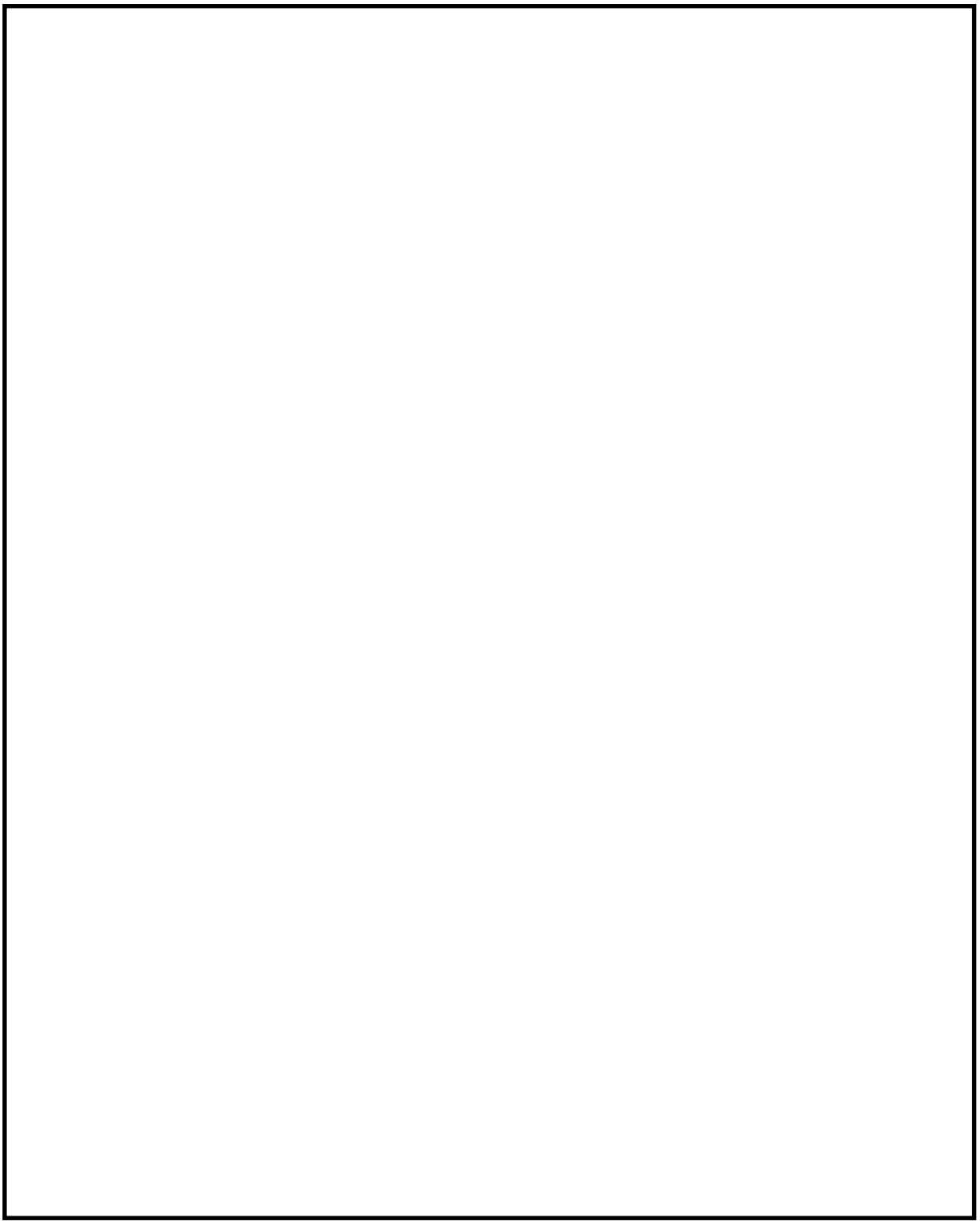
図 3-1　防潮扉 1 の評価部位（正面図及び平面図）



注：寸法は mm を示す。

図中の①，②及び⑥は応力評価による評価部位を，⑧は機能評価による評価部位をそれぞれ示す。

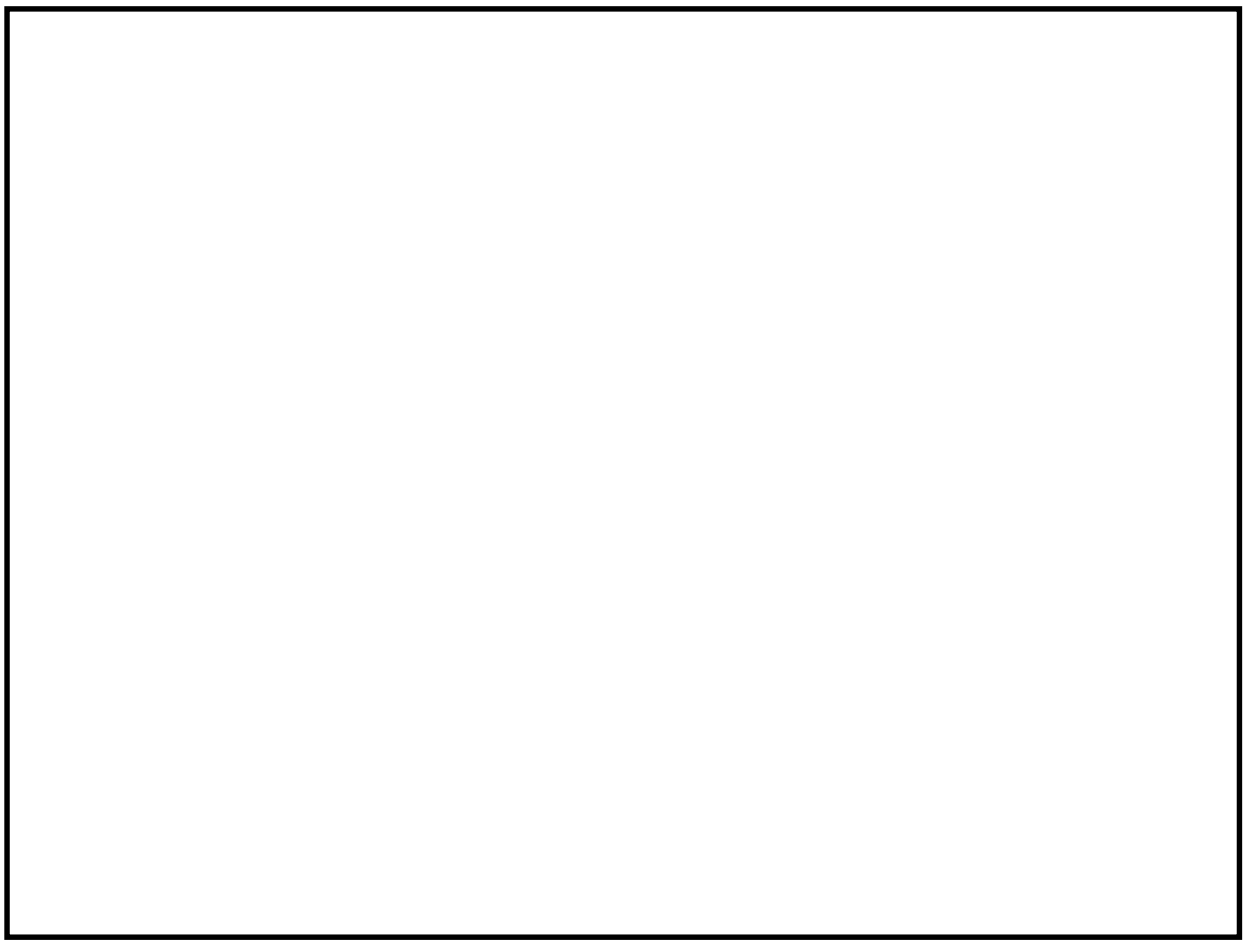
図 3-2　防潮扉 1 の評価部位（側面図）



注：寸法は mm を示す。

図中の①～⑦は応力評価による評価部位を，⑧は機能評価による評価部位をそれぞれ示す。

図 3-3　防潮扉２の評価部位（正面図及び平面図）



注：寸法は mm を示す。

図中の①，②及び⑥は応力評価による評価部位を，⑧は機能評価による評価部位をそれぞれ示す。

図 3-4　防潮扉２の評価部位（側面図）

4. 固有周期

4.1 固有周期の計算方法

(1) 解析モデル

固有周期計算モデルは，単純支持梁モデルとして計算する。

(2) 固有周期の算出方法

固有周期の計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

固有周期を以下の式より算出する。

$$T = \frac{1}{f}$$

$$f = \frac{\lambda_n^{\,2}}{2\pi L^2} \cdot \sqrt{\frac{EI}{m}}$$

4.2 固有周期の計算条件

表 4-1 に固有周期の計算条件を示す。

表 4-1 固有周期の計算条件

（記載:防潮扉１／防潮扉２）

スパン長さ L (m)	扉体部自重 m (kg/m)	縦弾性係数 E (N/mm^2)	断面二次 モーメント I (cm^4)	支持条件（単純支持梁，1 次モード） λ_n
7.00／5.60	8912.29／ 6131.61	206000／206000	12878638／ 4802645	3.142／3.142

4.3　固有周期の計算結果

表 4-2 に固有周期の計算結果を示す。固有周期は，0.05 s 以下であることから，剛構造である。

表 4-2　固有周期の計算結果

（記載:防潮扉１／防潮扉２）

固有振動数 (Hz)	55／64
固有周期 (s)	0.019／0.016

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

防潮扉１，２の耐震評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえて，「3. 評価部位」にて設定する評価部位に作用する応力等が「5.3 許容限界」にて示す許容限界以下であることを確認する。

5.2 荷重及び荷重の組合せ

(1) 荷重の設定

a. 固定荷重（G）

固定荷重として，扉体自重を考慮する。

b. 積雪荷重（P_s）

扉体への積雪荷重を考慮する。

c. 風荷重（P_k）

扉体への風荷重を考慮する。

d. 地震荷重（K_s）

基準地震動S_sによる地震荷重を考慮する。

(2) 荷重の組合せ

防潮扉１，２の耐震計算にて考慮する荷重の組合せを表 5-1 に示す。

表 5-1 防潮扉１，２の耐震計算にて考慮する荷重の組合せ

施設区分	機器名称	荷重の組合せ*
浸水防護施設 （津波防護施設）	防潮扉１，２	$G+P_s+P_k+K_s$

注記 ＊：Gは固定荷重，P_sは積雪荷重，P_kは風荷重，K_sは地震荷重を示す。

5.3　許容限界

防潮扉１，２の許容限界を表 5-2 に，許容応力評価条件を表 5-3 に，許容応力算出結果を表 5-4 にそれぞれ示す。

表 5-2　防潮扉１，２の許容限界

許容応力状態	許容限界*1			
	1 次応力			
	曲げ	圧縮	せん断	支圧
短期許容応力度	$1.5\sigma_{ab}$*2,3	$1.5\sigma_{ac}$*2,3	$1.5\tau_{a}$*2,3	$1.5\sigma_{as}$*2,3

注記　＊1：地震後，津波後の再使用性や津波の繰返し作用を想定し，当該構造物全体の変形能力に対して浸水防護機能として十分な余裕を有するよう，設備を構成する材料が弾性域内に収まることを基本とする。

＊2：扉体の許容限界は，「ダム・堰施設技術基準（案）（基準解説編・マニュアル編）（ダム・堰施設技術協会　平成25年6月）」に基づき，短期許容応力度とする。短期許容応力度は，鋼材の許容応力度に対して1.5倍の割増しを考慮する。

＊3：σ_{ab}：許容曲げ応力度，σ_{ac}：許容圧縮応力度，τ_{a}：許容せん断応力度，σ_{as}：許容支圧応力度を示す。

表 5-3　防潮扉１，２の許容応力評価条件

評価部位	材料	σ_{ab}*1,2 (N/mm^2)	σ_{ac}*1,2 (N/mm^2)	τ_a*1,2 (N/mm^2)	σ_{as}*1,2 (N/mm^2)
スキンプレート	SM570	225	－	－	－
主桁	SMA490	180	－	105	－
縦補助桁	SMA490	180	－	105	－
端桁	SMA490	－	180	－	－
支圧板*3	SUS304	－	－	－	－
小扉（スキンプレート）	SM570	225	－	－	－
小扉（主桁）	SMA490	180	－	105	－
戸当り（底面フランジ）	SM490	160	－	－	－
戸当り（腹板）	SM490	－	160	－	－
戸当り（コンクリート）	無筋コンクリート	－	－	0.40	5.9

注記　＊1：σ_{ab}：許容曲げ応力度，σ_{ac}：許容圧縮応力度，τ_a：許容せん断応力度，σ_{as}：許容支圧応力度を示す。

＊2：各許容応力度の値は，「ダム・堰施設技術基準（案）（基準解説編・マニュアル編）（ダム・堰施設技術協会　平成25年6月）」に基づく。

＊3：支圧板（ローラ接触面）の許容応力は，材料の硬度より算出する。

表 5-4　防潮扉１，２の許容応力算出結果

許容応力状態	評価部位	許容限界				
		1次応力				
		曲げ (N/mm^2)	圧縮 (N/mm^2)	せん断 (N/mm^2)	支圧 (N/mm^2)	ローラ接触面の許容応力 (N/mm^2)
短期許容応力度	スキンプレート	337	－	－	－	－
	主桁	250/248*1,2	－	157	－	－
	縦補助桁	229/232*1,2	－	157	－	－
	端桁	－	270	－	－	－
	支圧板	－	－	－	－	565*3
	小扉（スキンプレート）	337	－	－	－	－
	小扉（主桁）	270	－	157	－	－
	戸当り（底面フランジ）	240	－	－	－	－
	戸当り（腹板）	－	240	－	－	－
	戸当り（コンクリート）	－	－	0.6	8.9	－

注記　＊1：主桁及び縦補助桁に用いる構造用鋼材の許容曲げ圧縮応力度は，「ダム・堰施設技術基準（案）（基準解説編・マニュアル編）（ダム・堰施設技術協会平成25年6月）」に基づき，許容曲げ応力度横倒れ座屈に対する配慮として許容応力の低減を考慮し，以下の計算式により算出する。

$$\frac{L}{b} \leqq \frac{7}{K} : 180 \times 1.5 = 270 \quad (N/mm^2)$$

$$\frac{7}{K} < \frac{L}{b} \leqq 27 : \sigma_{ab} = \left(180 - 1.9 \left(K \frac{L}{b} - 7 \right) \right) \times 1.5 \quad (N/mm^2)$$

$$K = \sqrt{3 + \frac{A_w}{2 \cdot A_c}} \qquad \text{ただし，} \frac{A_w}{A_c} \leqq 2 \text{ の場合 } K = 2$$

ここに，L　：圧縮フランジの固定間隔（mm）
b　：圧縮フランジ幅（mm）
A_w ：腹板の総断面積（mm^2）
A_c ：圧縮フランジの総断面積（mm^2）
σ_{ab} ：許容曲げ応力度（N/mm^2）

＊2：主桁及び縦補助桁の許容曲げ応力の記載は，防潮扉１／防潮扉２とする。

＊3：支圧板のローラ接触面の許容応力は，「ダム・堰施設技術基準（案）（基準解説編・マニュアル編）（ダム・堰施設技術協会　平成25年6月）」に基づき，以下の計算式により算出する。

$$pa = \frac{9.8 \cdot H_B}{2 \cdot \nu}$$

ここに，pa　：接触面の許容応力度（N/mm^2）

H_B　：支圧板のブリネル硬さ（150HB）（「ダム・堰施設技術基準（案）（基準解説編・マニュアル編）（ダム・堰施設技術協会　平成25年6月）」より）

ν　：安全率（線接触の場合）（1.3）

5.4　設計用地震力

「4　固有周期」に示したとおり防潮扉１，２の固有周期が 0.05 s 以下であることを確認したため，防潮扉１，２の耐震計算に用いる設計震度は，添付書類「Ⅴ-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に示す防潮扉１，２における設置床の最大応答加速度を基に設定する。防潮扉１，２の耐震計算に用いる設計用地震力を表 5-5 に示す。

表 5-5　設計用地震力

地震動	据付場所及び設置高さ（T.P. m）	地震による設計震度	
基準地震動 S_s	・防潮扉１：＋2.85（＋2.7*） ・防潮扉２：＋9.5*	水平方向 K_H	・防潮扉１：0.65 ・防潮扉２：0.92
		鉛直方向 K_V	・防潮扉１：0.37 ・防潮扉２：0.57

注記　＊：基準床レベルを示す。

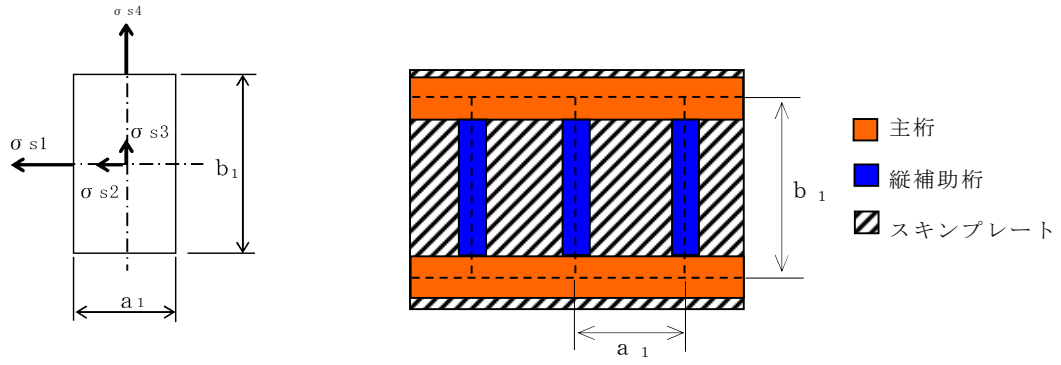
5.5　計算方法

(1)　扉体

a.　スキンプレート

スキンプレートに発生する曲げモーメントは，４辺を固定支持された平板としてモデル化し，曲げ応力を算定する。

スキンプレートのモデル図及び応力算定式を図 5-1 に示す。



$$\sigma = \frac{k_1 \cdot a_1^2 \cdot P_1 \cdot 10^{-6}}{100 \cdot t_1^2} \cdot \alpha_1$$

σ ：曲げ応力（N/mm^2）

k_1：辺長比（b/a）による係数

a_1：短辺（cm）

b_1：長辺（cm）

P_1：スキンプレートに加わる単位面積当たりの荷重（N/m^2）

t_1：板厚（cm）

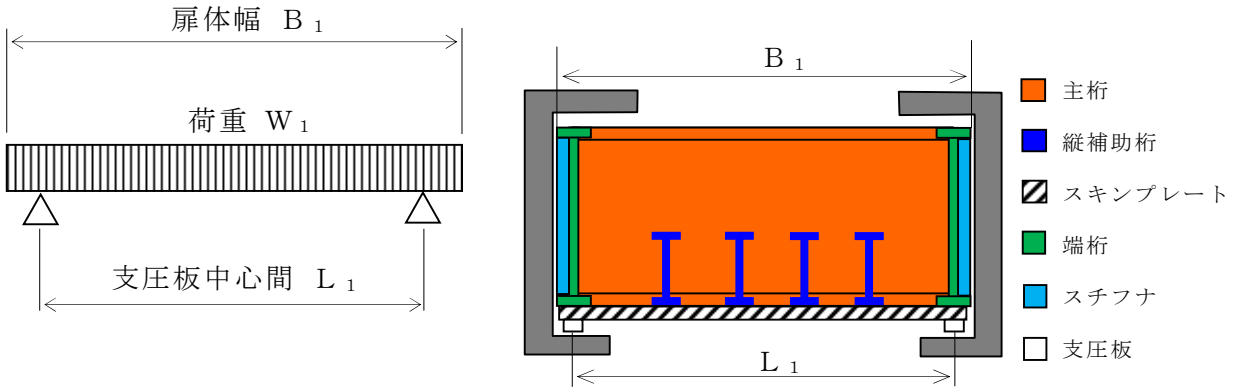
α_1：応力の補正係数

図 5-1　スキンプレートのモデル図及び応力算定式

b.　主桁

主桁は，部材の発生断面力に対して保守的な評価となるよう，支圧板の設置位置を支点とする両端をピン支点の単純梁によりモデル化する。

主桁のモデル図及び応力算定式を図 5-2 に示す。



$$M_{max} = \frac{W_1 \cdot B_1}{8} \cdot \left(2 \cdot L_1 - B_1\right)$$

$$S_{max} = \frac{W_1 \cdot B_1}{2}$$

$$\sigma = \frac{M_{max} \cdot 10^6}{Z_1 \cdot 10^3}$$

$$\tau = \frac{S_{max} \cdot 10^3}{A_{w1} \cdot 10^2}$$

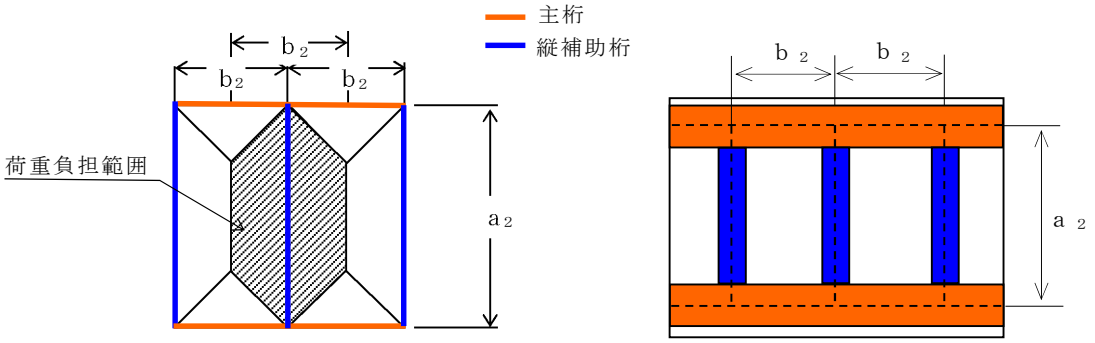
M_{max}　：最大曲げモーメント（kN・m）
S_{max}　：最大せん断力（kN）
σ　：曲げ応力（N/mm^2）
τ　：せん断応力（N/mm^2）
W_1　：扉体自重による荷重（kN/m）
B_1　：扉体幅（m）
L_1　：支圧板中心間（m）
Z_1　：断面係数（cm^3）
A_{w1}　：ウェブ断面積（cm^2）

図 5-2　主桁のモデル図及び応力算定式

c.　縦補助桁

縦補助桁については，主桁によって支持された単純支持梁とし，荷重は平均水圧が亀甲形に作用したものとして，曲げ応力及びせん断応力を算定する。

縦補助桁のモデル図及び応力算定式を図 5-3 に示す。



$$M_{max} = \frac{P_2 \cdot b_2}{24}\left(3 \cdot a_2^2 - b_2^2\right)$$

$$S_{max} = \frac{P_2 \cdot b_2}{2}\left(a_2 - \frac{b_2}{2}\right)$$

$$\sigma = \frac{M_{max} \cdot 10^6}{Z_2 \cdot 10^3}$$

$$\tau = \frac{S_{max} \cdot 10^3}{A_{w2} \cdot 10^2}$$

M_{max}　：最大曲げモーメント（kN・m）
S_{max}　：最大せん断力（kN）
σ　：曲げ応力（N/mm^2）
τ　：せん断応力（N/mm^2）
P_2　：各区分の平均荷重（kN/m^2）
b_2　：縦補助桁間隔（m）
a_2　：主桁間隔（m）
Z_2　：断面係数（cm^3）
A_{w2}　：ウェブ断面積（cm^2）

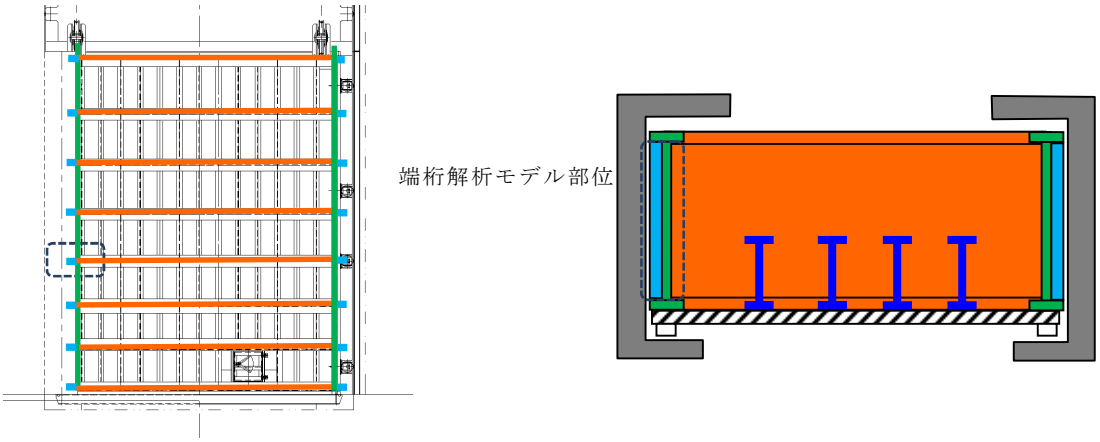
図 5-3　縦補助桁のモデル図及び応力算定式

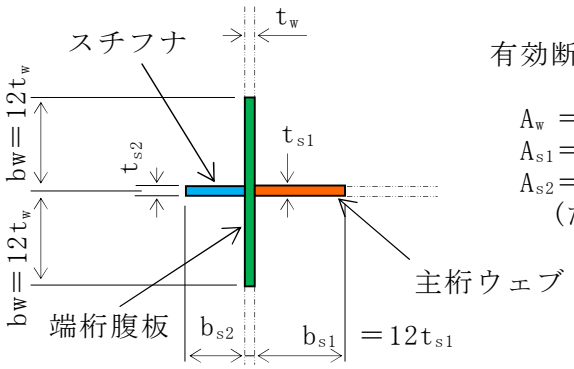
d.　端桁

本設備はスライドゲートであるため，端桁は主桁端部に生じた反力を戸当りを介してコンクリート躯体に伝達する役割を果たしている。そのため，垂直補剛材を有するプレートガーダの荷重集中点として腹板強度の計算を行う。

端桁腹板には垂直補剛材として主桁ウェブとスチフナを有する。端桁腹板は上下方向に，主桁ウェブは径間方向に部材が伸びているが，実際に荷重が作用している有効断面のみで検討する。

端桁のモデル図及び応力算定式を図 5-4 に示す。





有効断面積 $A=A_w+A_{s1}+A_{s2}$

$A_w=2b_w\cdot t_w$　（端桁腹板）
$A_{s1}=b_{s1}\cdot t_{s1}$　（主桁ウェブ）
$A_{s2}=b_{s2}\cdot t_{s2}$　（スチフナ）
（ただし $A \leqq 1.7\ A_{s1}$）

$$\sigma = \frac{R_1 \cdot 10^3}{A \cdot 10^2}$$

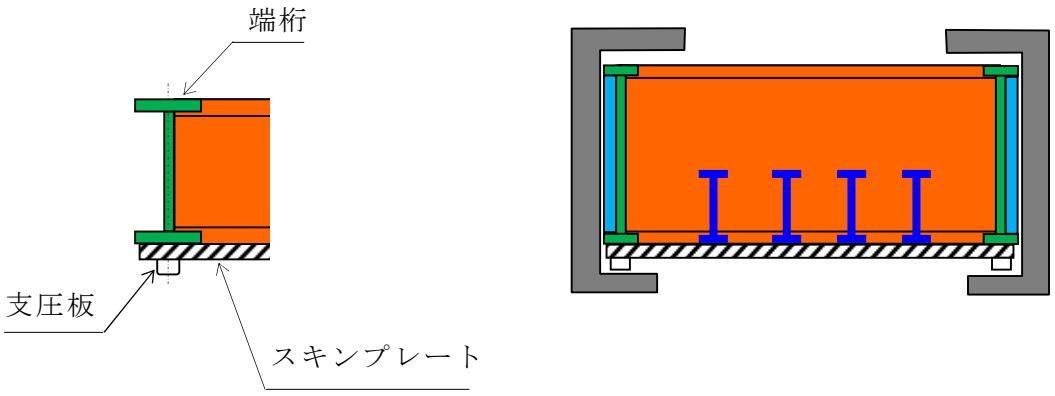
σ　：圧縮応力（N/mm^2）
R_1：主桁反力（kN）
A　：断面積（cm^2）

図 5-4　端桁のモデル図及び応力算定式

e.　支圧板

支圧板の面圧は踏面に曲率を設けるため，ローラの線接触に沿って計算する。

支圧板のモデル図及び応力算定式を図 5-5 に示す。



$$p = 0.591\sqrt{\frac{P_3 \cdot E_1 \cdot E_2}{L_h \cdot R_2 \cdot (E_1 + E_2)}}$$

p　：ヘルツの接触応力度（N/mm^2）

P_3　：計算荷重の常時換算値（N）

E_1　：支圧板の弾性係数（N/mm^2）

E_2　：支圧板当たりの弾性係数（N/mm^2）

L_h　：支圧板計算高さ（mm）

R_2　：支圧板半径（mm）

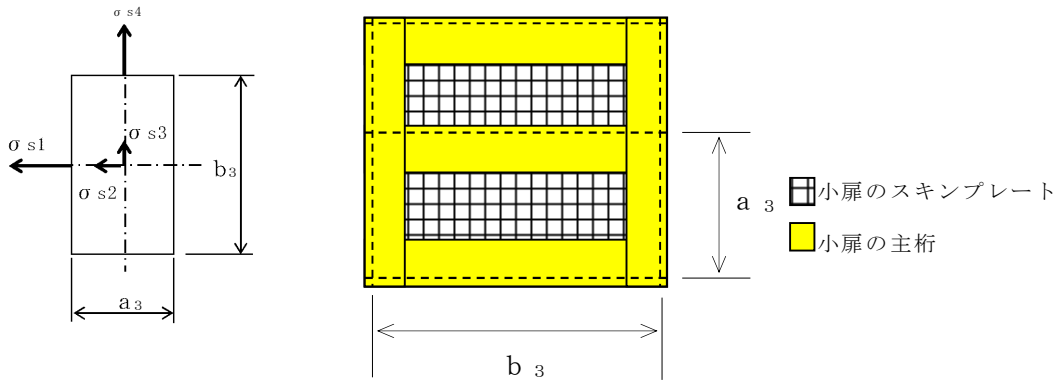
図 5-5　支圧板のモデル図及び応力算定式

f.　小扉

(a)　スキンプレート

小扉のスキンプレートに発生する曲げモーメントは，４辺を固定支持された平板としてモデル化し，曲げ応力を算定する。

小扉のスキンプレートのモデル図及び応力算定式を図 5-6 に示す。



$$\sigma = \frac{k_2 \cdot a_3^2 \cdot P_4 \cdot 10^{-6}}{100 \cdot t_2^2} \cdot \alpha_2$$

σ　：曲げ応力（N/mm^2）

k_2：辺長比（b/a）による係数

a_3：短辺（cm）

b_3：長辺（cm）

P_4：小扉のスキンプレートに加わる単位面積当たりの荷重（N/m^2）

t_2：板厚（cm）

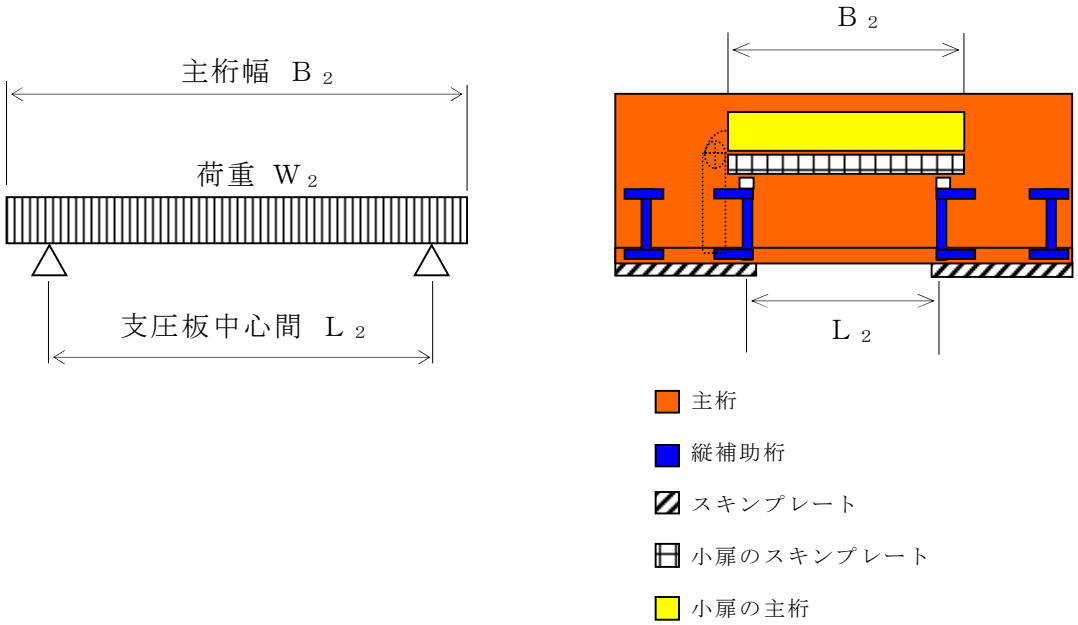
α_2：応力の補正係数

図 5-6　小扉のスキンプレートのモデル図及び応力算定式

(b)　主桁

小扉の主桁は，支圧板中心間を支間とし主桁幅に等分布に荷重が作用する単純梁によりモデル化する。

小扉の主桁のモデル図及び応力算定式を図 5-7 に示す。



$$M_{max}=\frac{W_2\cdot B_2}{8}\cdot(2\cdot L_2-B_2)$$

$$S_{max}=\frac{W_2\cdot B_2}{2}$$

$$\sigma=\frac{M_{max}\cdot 10^6}{Z_3\cdot 10^3}$$

$$\tau=\frac{S_{max}\cdot 10^3}{A_{w3}\cdot 10^2}$$

M_{max}　：最大曲げモーメント（kN・m）

S_{max}　：最大せん断力（kN）

σ　：曲げ応力（N/mm^2）

τ　：せん断応力（N/mm^2）

W_2　：小扉にかかる扉体自重による荷重（kN/m）

B_2　：小扉の主桁幅（m）

L_2　：支圧板中心間(m)

Z_3　：断面係数（cm^3）

A_{w3}　：ウェブ断面積（cm^2）

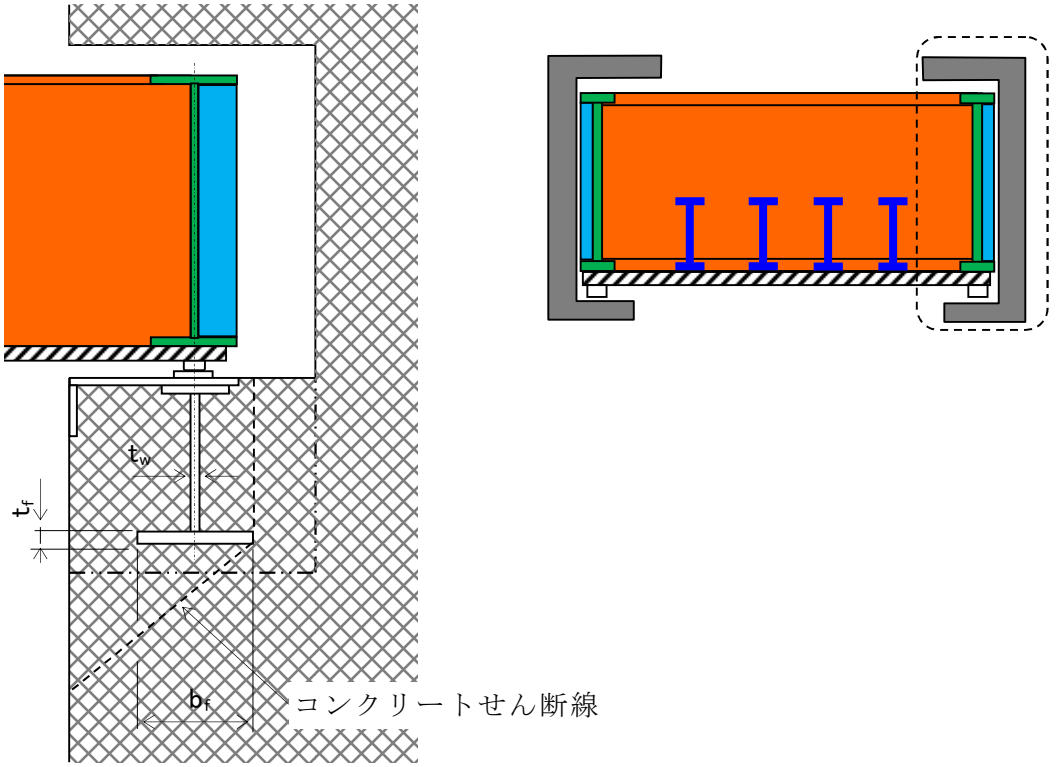
図 5-7　小扉の主桁のモデル図及び応力算定式

(2)　戸当り

a.　鋼材

戸当りの鋼材への荷重は，自重により下部が高いため下部の荷重にて算出する。

戸当り鋼材のモデル図及び応力算定式を図 5-8 に示す。



$$\sigma_k = \frac{p_d \cdot B_1}{2 \cdot b_f}$$

$$\sigma_f = \frac{6 \cdot \sigma_k \cdot b_f^2}{8 \cdot t_f^2}$$

$$\sigma_{cw} = \frac{p_d \cdot B_1}{2 \cdot t_w}$$

σ_k　：コンクリートの支圧応力度（N/mm^2）

σ_f　：底面フランジの曲げ応力度（N/mm^2）

σ_{cw}　：腹板の圧縮応力度（N/mm^2）

p_d　：下部に加わる単位面積当たりの荷重（N/mm^2）

B_1　：扉体幅（mm）

b_f　：戸当り底面フランジ幅（mm）

t_f　：戸当り底面フランジ厚さ（mm）

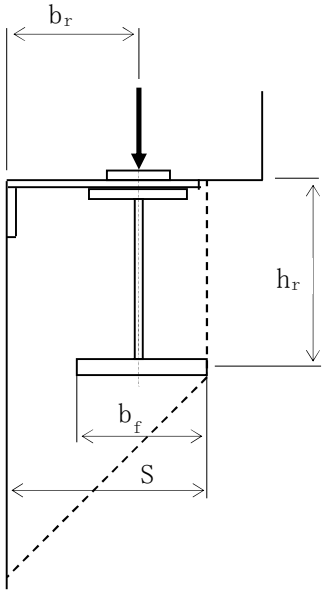
t_w　：戸当りウェブ厚さ（mm）

図 5-8　戸当り鋼材のモデル図及び応力算定式

b.　コンクリート

戸当りのコンクリートへの荷重は，前項の鋼材の作用力として受ける支圧応力及びせん断応力を算出する。

戸当りコンクリートのモデル図及び応力算定式を図 5-9 に示す。



$$\sigma_k = \frac{p_d \cdot B_1}{2 \cdot b_f}$$

$$\tau_k = \frac{\sigma_k \cdot b_f}{h_r + 2 \cdot S}$$

σ_k ：コンクリートの支圧応力度（N/mm^2）

τ_k ：コンクリートのせん断応力度（N/mm^2）

p_d ：下部作用水圧（N/mm^2）

B_1 ：扉体水密幅（mm）

b_f ：戸当り底面フランジ幅（mm）

h_r ：戸当り高さ（mm）

S　：堰柱側面から底面フランジ端面までの距離（$S = b_r + b_f / 2$）（mm）

b_r ：水路面より戸当り中心までの距離（mm）

図 5-9　戸当りコンクリートのモデル図及び応力算定式

5.6　計算条件

防潮扉１，２の応力評価に用いる計算条件を表 5-6 に示す。

表 5-6　防潮扉１，２の応力評価に用いる計算条件（1/3）

（記載：防潮扉１／防潮扉２）

スキンプレートの材質	主桁，縦補助桁，端桁の材質	支圧板の材質	固定荷重（扉体の自重） G (kN)	積雪荷重 P_s (kN)	風荷重 P_k (kN)
SM570	SMA490	SUS304	620／340	2.05／1.28	103.97／59.35

スキンプレートの辺長比（b/a）による係数 k_1	スキンプレートの短辺 a_1 (cm)	スキンプレートの長辺 b_1 (cm)	スキンプレートに加わる単位面積当たりの荷重 P_1 (N/m^2)
50／50	50／50.9	140／135	8207／10553

スキンプレートの板厚 t_1 (cm)	スキンプレートの応力の補正係数 α_1	主桁にかかる扉体自重による荷重 W_1 (kN/m)	扉体幅 B_1 (m)
5.2／5.2	0.8／0.8	11.079／13.719	7.2／5.8

主桁の支圧板中心間 L_1 (m)	主桁の断面係数 Z_1 (cm^3)	主桁のウェブ断面積 A_{w1} (cm^2)	縦補助桁にかかる各区分の平均荷重 P_2 (kN/m^2)
7.0／5.6	12535／7804	118.2／88.2	8.207／10.553

表 5-6　防潮扉１，２の応力評価に用いる計算条件（2/3）

（記載：防潮扉１／防潮扉２）

縦補助桁間隔 b_2 (m)	縦補助桁の 主桁間隔 a_2 (m)	縦補助桁の 断面係数 Z_2 (cm^3)	縦補助桁の ウェブ断面積 A_{w2} (cm^2)
0.5／0.509	1.4／1.35	1412／1341	43.4／41.4

端桁にかかる 主桁反力 R_1 (kN)	端桁の断面積 A (cm^2)	支圧板の計算 に用いる計算荷重 の常時換算値 P_3 (N)	支圧板の弾性係数 E_1 (N/mm^2)
39.884／39.785	67.24／67.24	20／21	193000／193000

支圧板当たりの 弾性係数 E_2 (N/mm^2)	支圧板計算高さ L_h (mm)	支圧板半径 R_2 (mm)	小扉のスキンプレ ートの辺長比 (b/a) による係数 k_2
193000／193000	1／1	500／500	49.07／48.76

小扉のスキンプレ ートの短辺 a_3 (cm)	小扉のスキンプレ ートの長辺 b_3 (cm)	小扉のスキンプレ ートに加わる単位 面積当たりの荷重 P_4 (N/m^2)	小扉のスキンプレ ートの板厚 t_2 (cm)
37.5／38.5	69.8／69.8	8207／10553	5.2／5.2

表 5-6　防潮扉１，２の応力評価に用いる計算条件（3/3）

（記載：防潮扉１／防潮扉２）

小扉のスキンプレートの応力の補正係数 α_2	小扉にかかる扉体自重による荷重 W_2 (kN/m)	小扉の主桁幅 B_2 (m)	小扉の支圧板中心間 L_2 (m)
0.8／0.8	3.078／4.063	0.698／0.698	0.63／0.63

扉の断面係数 Z_3 (cm^3)	小扉のウェブ断面積 A_{w3} (cm^2)	戸当りの下部作用荷重 p_d (N/mm^2)	戸当り底面フランジ幅 b_f (mm)
651／616	58.42／56.12	0.008207／0.010533	600／300

戸当り底面フランジ厚さ t_f (mm)	戸当りウェブ厚さ t_w (mm)	戸当り高さ h_r (mm)	水路面より戸当り中心までの距離 b_r (mm)
60／28	12／12	759／459	400／300

6. 機能維持評価

防潮扉１，２の駆動装置は，通常閉状態ではあるが，地震後の止水性の機能が要求されており，地震後においても，防潮扉１，２が閉止する機能が維持されていることを示す。

6.1 機能維持評価方法

防潮扉１，２の機能維持評価について以下に示す。

なお，評価用加速度は添付書類「Ⅴ-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

防潮扉１，２は地震時止水機能維持を加振試験により確認しているため，添付書類「Ⅴ-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき，加振試験により確認した加速度を適用する。

防潮扉１，２の機能確認済加速度には，加振試験により止水機能の健全性を確認した振動台の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 6-1 に示す。

表 6-1 機能確認済加速度

（単位：×9.8m/s^2）

評価部位	機能確認済加速度	
	水平方向	鉛直方向
駆動装置	2.2	1.6

7. 評価結果

防潮扉１，２の評価結果を以下に示す。(1)及び(2)に示す結果から，防潮扉１，２が耐震性を有することを確認した。

(1) 防潮扉１

a. 基準地震動Ｓ$_s$に対する評価

基準地震動Ｓ$_s$に対する構造強度評価結果を表 7-1 及び表 7-2 に示す。表 7-1 及び表 7-2 に示すとおり，発生応力が許容応力以下であることから，構造部材が構造健全性を有することを確認した。

表 7-1 扉体（鋼材）の基準地震動Ｓ$_s$による評価結果

No	部 位		評価応力	発生応力 (N/mm^2)	許容応力 (N/mm^2)
①	スキンプレート		曲 げ	1	337
②	主桁		曲 げ	6	250
			せん断	4	157
③	縦補助桁		曲 げ	1	229
			せん断	1	157
④	端桁		圧 縮	6	270
⑤	支圧板		支 圧	37	565
⑥	小扉	スキンプレート	曲 げ	1	337
		主桁	曲 げ	1	270
			せん断	1	157

表 7-2 戸当り（鋼材，コンクリート）の基準地震動Ｓ$_s$による評価結果

No	部 位		評価応力	発生応力 (N/mm^2)	許容応力 (N/mm^2)
⑦	戸当り	底面フランジ	曲 げ	6	240
		腹板	圧 縮	3	240
		コンクリート	支 圧	1	8.9
			せん断	0.02	0.60

b.　機能維持に対する評価

防潮扉１の駆動装置の機能確認済加速度との比較を表 7-3 に示す。表 7-3 に示すとおり評価用加速度が機能確認済加速度以下であることから防潮扉１の駆動装置の機能維持を確認した。

表 7-3　機能確認済加速度との比較

（単位：×9.8m/s^2）

			評価用加速度	機能確認済加速度
⑧	駆動装置 （T.P.＋22.5 m*）	水平方向	1.02	2.2
		鉛直方向	0.37	1.6

注記　＊：基準床レベルを示す。

(2)　防潮扉２

a.　基準地震動Ｓ$_s$に対する評価

基準地震動Ｓ$_s$に対する構造強度評価結果を表 7-4 及び表 7-5 に示す。表 7-4 及び表 7-5 に示すとおり，発生応力が許容応力以下であることから，構造部材が構造健全性を有することを確認した。

表 7-4　扉体（鋼材）の基準地震動Ｓ$_s$による評価結果

No	部　位		評価応力	発生応力 (N/mm^2)	許容応力 (N/mm^2)
①	スキンプレート		曲　げ	1	337
②	主桁		曲　げ	7	248
			せん断	5	157
③	縦補助桁		曲　げ	1	232
			せん断	1	157
④	端桁		圧　縮	6	270
⑤	支圧板		支　圧	38	565
⑥	小扉	スキンプレート	曲　げ	1	337
		主桁	曲　げ	1	270
			せん断	1	157

表 7-5　戸当り（鋼材）の基準地震動Ｓ$_s$による評価結果

No	部　位		評価応力	発生応力 (N/mm^2)	許容応力 (N/mm^2)
⑦	戸当り	底面フランジ	曲　げ	9	240
		腹板	圧　縮	3	240
		コンクリート	支　圧	1	8.9
			せん断	0.03	0.60

b.　機能維持に対する評価

防潮扉２の駆動装置の機能確認済加速度との比較を表 7-6 に示す。表 7-6 に示すとおり評価用加速度が機能確認済加速度以下であることから防潮扉２の駆動装置の機能維持を確認した。

表 7-6　機能確認済加速度との比較

（単位：×9.8m/s^2）

			評価用加速度	機能確認済加速度
⑧	駆動装置 (T.P.＋24.0 m*)	水平方向	1.19	2.2
		鉛直方向	0.58	1.6

注記　＊：基準床レベルを示す。

Ⅴ-2-10-2-2-2　防潮扉の耐震性についての計算書
３．　防潮扉の電気設備に関する耐震計算書

・防潮扉用開閉装置中央操作盤の耐震性についての計算書
・防潮扉用開閉装置機側操作盤の耐震性についての計算書
・防潮扉用開閉装置動力切替盤の耐震性についての計算書

防潮扉用開閉装置中央操作盤の耐震性についての計算書

目次

1. 概要 ····· 1
2. 一般事項 ····· 1
2.1 構造計画 ····· 1
3. 固有周期 ····· 3
4. 構造強度評価 ····· 3
4.1 構造強度評価方法 ····· 3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力 ····· 3
5. 機能維持評価 ····· 7
5.1 電気的機能維持評価方法 ····· 7
6. 評価結果 ····· 8
6.1 設計基準対象施設としての評価結果 ····· 8

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，防潮扉用開閉装置中央操作盤が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

防潮扉用開閉装置中央操作盤は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に分類される。以下，設計基準対象施設としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

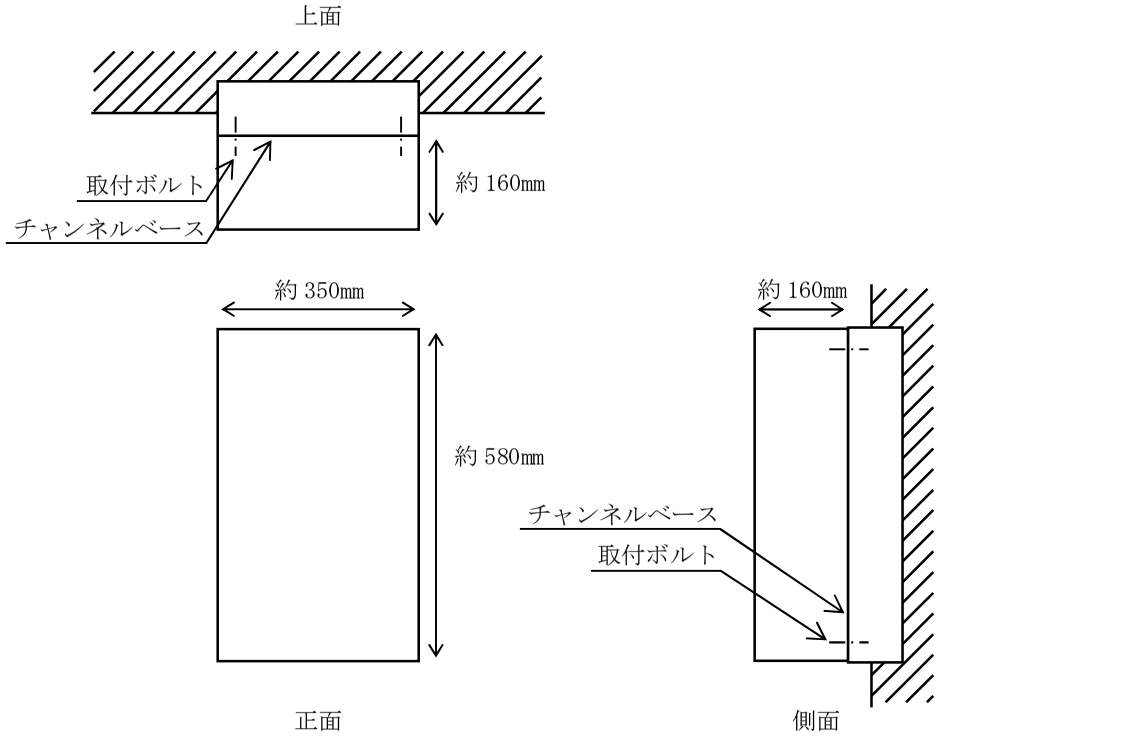
2. 一般事項

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を行う。

2.1 構造計画

防潮扉用開閉装置中央操作盤の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
防潮扉用開閉装置中央操作盤は，壁に埋め込まれた埋込金物で固定されたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。	壁掛形 （鋼材及び鋼板を組み合わせた壁掛閉鎖型の盤）	

たて	約 160mm
横	約 350mm
高さ	約 580mm

3　固有周期

防潮扉用開閉装置中央操作盤の固有周期は，振動試験装置により固有振動数（共振周波数）を測定する。測定の結果，固有周期は0.05秒以下であり，剛であることを確認した。固有周期を表3-1に示す。

表3-1　固有周期（s）

水平方向	鉛直方向
0.05以下	0.05以下

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

防潮扉用開閉装置中央操作盤の構造は壁掛形であるため，構造強度評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

4.2　荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

防潮扉用開閉装置中央操作盤の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設としての評価に用いるものを表4-1に示す。

4.2.2　許容応力

防潮扉用開閉装置中央操作盤は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき表4-2のとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

防潮扉用開閉装置中央操作盤の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設としての評価に用いるものを表4-3に示す。

表 4-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震設計上の重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
浸水防護施設	防潮扉	防潮扉用開閉装置 中央操作盤	S	－*	$D+P_D+M_D+S_d$*	$\mathrm{III}_A S$
					$D+P_D+M_D+S_s$	$\mathrm{IV}_A S$

注記　＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4-2　許容応力（その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 （ボルト等）	
	一次応力	
	引張り	せん断
ⅢAS	1.5・f_t	1.5・f_s
ⅣAS	1.5・f_t*	1.5・f_s*

注記　＊1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-3　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		Ｓｙ (MPa)	Ｓｕ (MPa)	Ｓｙ（ＲＴ） (MPa)
取付ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	245	400	－

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

防潮扉用開閉装置中央操作盤の電気的機能維持評価について，以下に示す。

電気的機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

防潮扉用開閉装置中央操作盤に設置される器具の機能確認済加速度には，同形式の器具の正弦波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した器具の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 （×9.8 m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
防潮扉用開閉装置中央操作盤	水平	2.00
	鉛直	1.50

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

防潮扉用開閉装置中央操作盤の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【防潮扉用開閉装置中央操作盤の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震設計上の重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
防潮扉用開閉装置中央操作盤	S	EL 18.00 (EL 20.30*)	0.05以下	0.05以下	－	－	C_H=1.34	C_V=1.01	

注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i} (mm)	ℓ_{2i} (mm)	ℓ_{3i} (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	n_{fVi}	n_{fHi}
取付ボルト (i=2)									

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	245	400	－	280	－	鉛直

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト（i＝2）	－	2.879×10^{2}	－	1.185×10^{3}

1.4 結　論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=3$	$f_{ts2}=210$*
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=161$

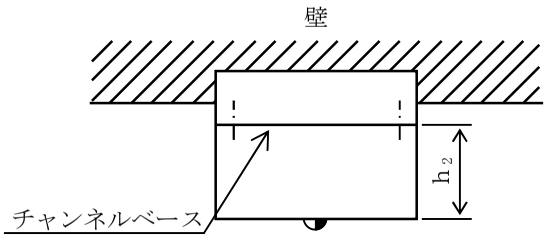
すべて許容応力以下である。

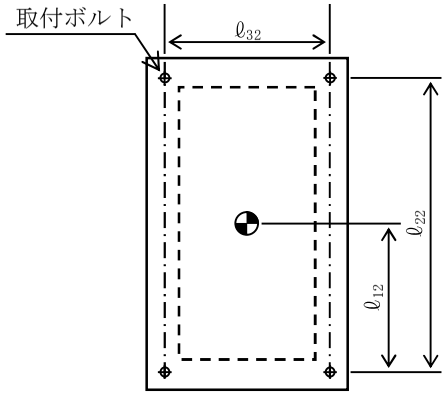
注記　＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

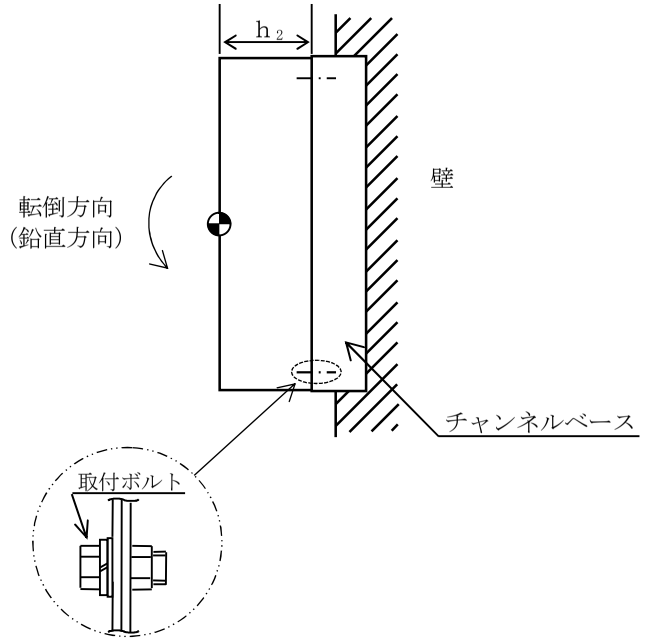
1.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($9.8\ m/s^2$)

		評価用加速度	機能確認済加速度
防潮扉用開閉装置 中央操作盤	水平方向	1.11	2.00
	鉛直方向	0.84	1.50

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


壁
h_2
チャンネルベース


取付ボルト
ℓ_{32}
ℓ_{22}
ℓ_{12}


h_2
壁
転倒方向
(鉛直方向)
チャンネルベース
取付ボルト

防潮扉用開閉装置機側操作盤の耐震性についての計算書

目次

1. 概要 ····· 1
2. 一般事項 ····· 1
2.1 構造計画 ····· 1
3. 固有周期 ····· 3
4. 構造強度評価 ····· 3
4.1 構造強度評価方法 ····· 3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力 ····· 3
5. 機能維持評価 ····· 7
5.1 電気的機能維持評価方法 ····· 7
6. 評価結果 ····· 8
6.1 設計基準対象施設としての評価結果 ····· 8

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，防潮扉用開閉装置機側操作盤が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

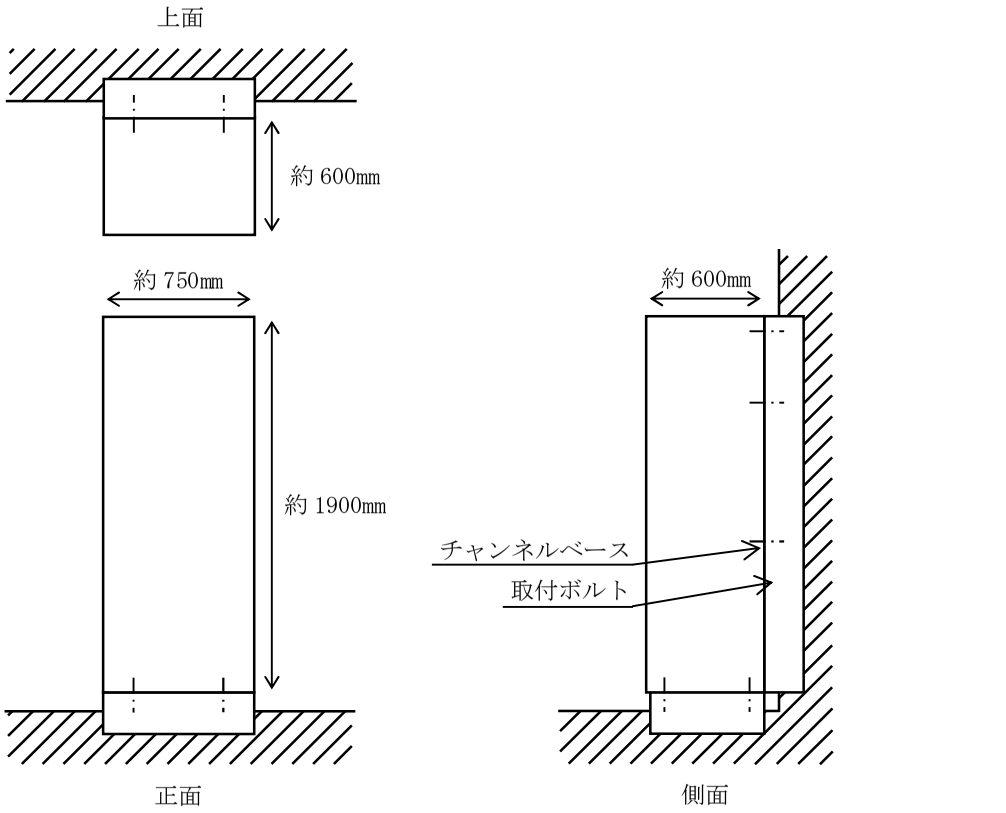
防潮扉用開閉装置機側操作盤は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に分類される。以下，設計基準対象施設としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

防潮扉用開閉装置機側操作盤の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
防潮扉用開閉装置機側操作盤は，壁・基礎に埋め込まれた埋込金物で固定されたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。	壁掛形 （鋼材及び鋼板を組み合わせた壁掛閉鎖型の盤）	

たて	約 600mm
横	約 750mm
高さ	約 1900mm

3　固有周期

防潮扉用開閉装置中央操作盤の固有周期は，振動試験装置により固有振動数（共振周波数）を測定する。測定の結果，固有周期は0.05秒以下であり，剛であることを確認した。固有周期を表3-1に示す。

表3-1　固有周期（s）

水平方向	鉛直方向
0.05以下	0.05以下

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

防潮扉用開閉装置機側操作盤の構造は壁掛形であるため，構造強度評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

4.2　荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

防潮扉用開閉装置機側操作盤の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設としての評価に用いるものを表4-1に示す。

4.2.2　許容応力

防潮扉用開閉装置機側操作盤は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき表4-2のとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

防潮扉用開閉装置機側操作盤の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設としての評価に用いるものを表4-3に示す。

表 4-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震設計上の重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
浸水防護施設	防潮堤	防潮扉用開閉装置 機側操作盤	S	－*	$D+P_D+M_D+S_d$*	III_AS
					$D+P_D+M_D+S_s$	IV_AS

注記　＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4-2　許容応力（その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 （ボルト等）	
	一次応力	
	引張り	せん断
ⅢAS	1.5・f_t	1.5・f_s
ⅣAS	1.5・f_t*	1.5・f_s*

注記　＊1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-3　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		Ｓｙ (MPa)	Ｓｕ (MPa)	Ｓｙ（ＲＴ） (MPa)
取付ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	245	400	－

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

防潮扉用開閉装置機側操作盤の電気的機能維持評価について，以下に示す。

電気的機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

防潮扉用開閉装置機側操作盤に設置される器具の機能確認済加速度には，同形式の器具の正弦波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した器具の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 （×9.8 m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
防潮扉用開閉装置機側操作盤	水平	2.50
	鉛直	1.50

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

防潮扉用開閉装置機側操作盤の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【防潮扉用開閉装置機側操作盤の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震設計上の重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
防潮扉用開閉装置機側操作盤	S	防潮扉用操作室	0.05以下	0.05以下	－	－	C_H＝2.40	C_V＝1.50	

注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i} (mm)	ℓ_{2i} (mm)	ℓ_{3i} (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	n_{fVi}	n_{fHi}
取付ボルト (i＝2)									

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i^* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i＝2)	245	400	－	280	－	水平

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト（i＝2）	－	5.840×10^3	－	1.631×10^4

1.4 結　論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	σ_{b2}＝29	f_{ts2}＝210＊
		せん断	－	－	τ_{b2}＝14	f_{sb2}＝161

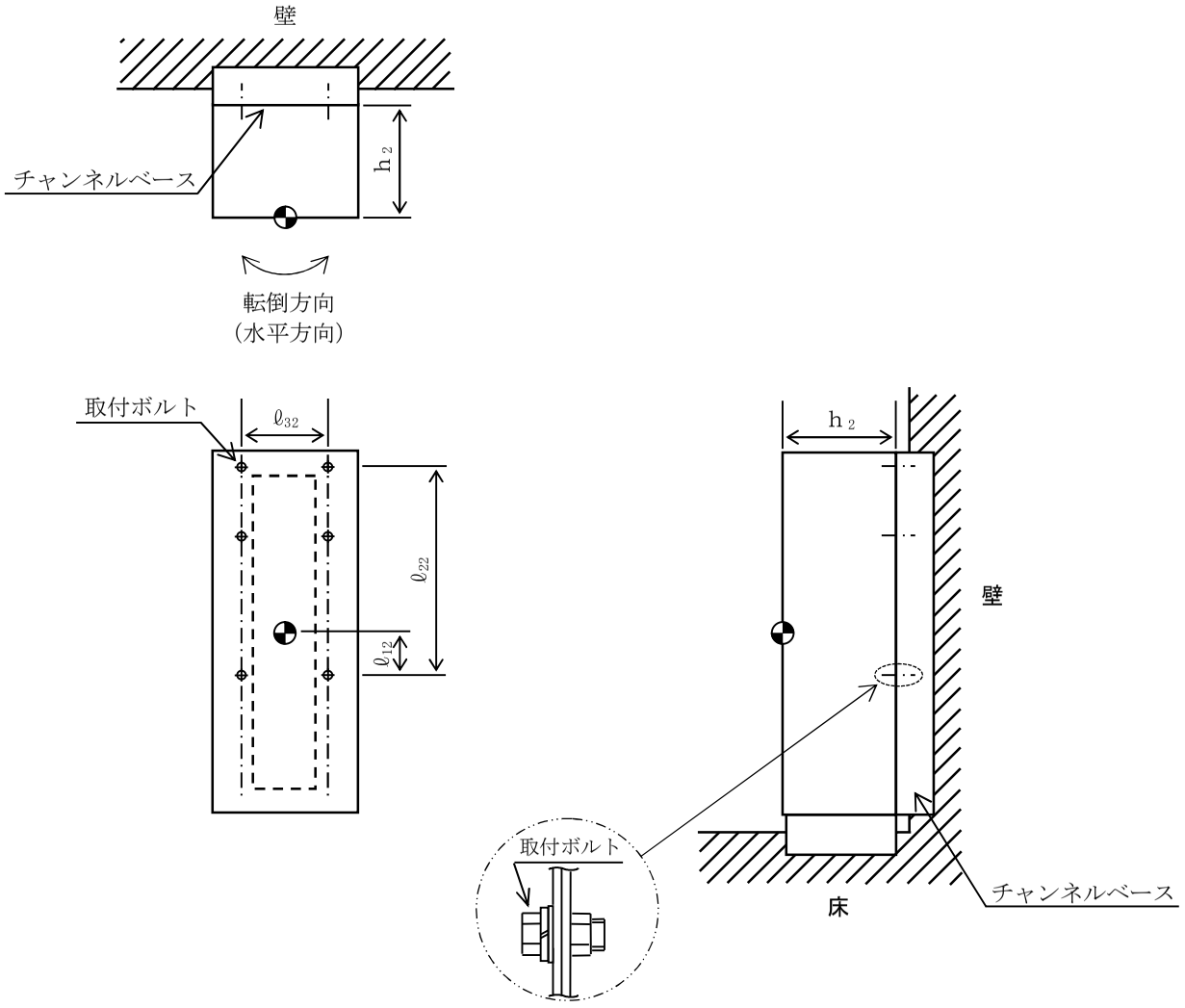
すべて許容応力以下である。

注記　＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($9.8\ m/s^2$)

		評価用加速度	機能確認済加速度
防潮扉用開閉装置機側操作盤	水平方向	1.19	2.50
	鉛直方向	0.58	1.50

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


壁
チャンネルベース
h2
転倒方向
（水平方向）
取付ボルト
ℓ32
ℓ22
ℓ12
h2
壁
取付ボルト
チャンネルベース
床

防潮扉用開閉装置動力切替盤の耐震性についての計算書

目次

1. 概要 ····· 1
2. 一般事項 ····· 1
2.1 構造計画 ····· 1
3. 固有周期 ····· 3
4. 構造強度評価 ····· 3
4.1 構造強度評価方法 ····· 3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力 ····· 3
5. 機能維持評価 ····· 7
5.1 電気的機能維持評価方法 ····· 7
6. 評価結果 ····· 8
6.1 設計基準対象施設としての評価結果 ····· 8

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，防潮扉用開閉装置動力切替盤が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

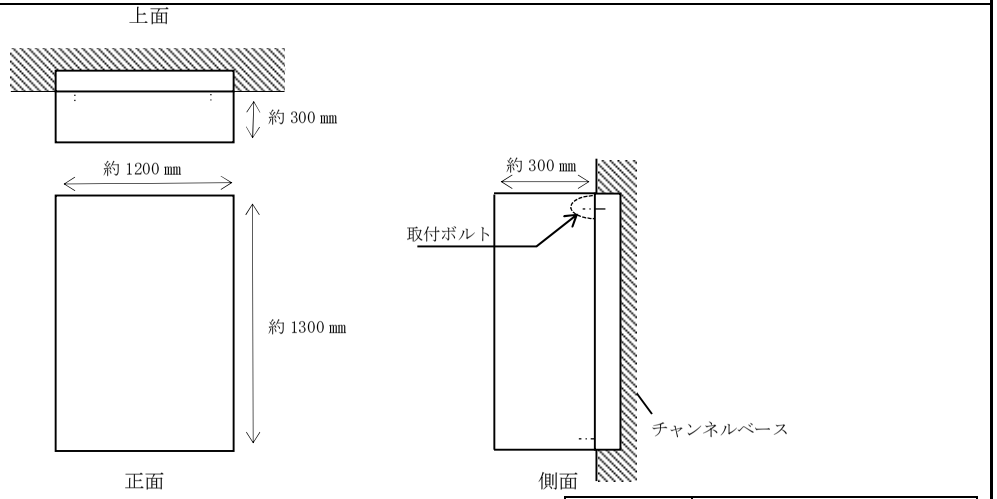
防潮扉用開閉装置動力切替盤は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に分類される。以下，設計基準対象施設としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

防潮扉の開閉装置動力切替盤の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
防潮扉用開閉装置動力切替盤は，壁に埋め込まれた埋込金物で固定されたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。	壁掛形 （鋼材及び鋼板を組み合わせた壁掛け閉鎖型の盤）	

	防潮扉用開閉装置動力切替盤
たて	約 300 ㎜
横	約 1200㎜
高さ	約 1300㎜

3　固有周期

防潮扉用開閉装置動力切替盤の固有周期（共振周波数）は，計算結果より 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。

表 3-1　固有周期（s）

水平方向	鉛直方向
0.026	0.026

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

防潮扉用開閉装置動力切替盤の構造は壁掛形であるため，構造強度評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

4.2　荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

防潮扉用開閉装置動力切替盤の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設としての評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2　許容応力

防潮扉用開閉装置動力切替盤は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

防潮扉用開閉装置動力切替盤の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設としての評価に用いるものを表 4-3 に示す。

表 4-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震設計上の重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
浸水防護施設	防潮扉	防潮扉用開閉装置 動力切替盤	S	－*	$D+P_D+M_D+S_d$*	III_AS
					$D+P_D+M_D+S_s$	IV_AS

注記　＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4-2　許容応力（その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 （ボルト等）	
	一次応力	
	引張り	せん断
ⅢAS	1.5・f_t	1.5・f_s
ⅣAS	1.5・f_t*	1.5・f_s*

注記　*1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

*2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-3　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		Ｓｙ (MPa)	Ｓｕ (MPa)	Ｓｙ（ＲＴ） (MPa)
取付ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	234	385	―

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

防潮扉用開閉装置動力切替盤の電気的機能維持評価について，以下に示す。

電気的機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-14-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

防潮扉用開閉装置動力切替盤に設置される器具の機能確認済加速度には，同形式の器具の正弦波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した器具の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 （×9.8 m/s^2）

評価対象機器	方向	機能確認済加速度
防潮扉用開閉装置動力切替盤	水平	2.50
	鉛直	1.50

6.　評価結果

6.1　設計基準対象施設としての評価結果

防潮扉用開閉装置動力切替盤の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1)　構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2)　機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【防潮扉用開閉装置動力切替盤の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震設計上の重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
防潮扉用開閉装置動力切替盤	S	[redacted] EL 2.00 (EL 8.20*)	0.026	0.026	－	－	C_H=1.10	C_V=0.96	[redacted]

注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i} (mm)	ℓ_{2i} (mm)	ℓ_{3i} (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	n_{fVi}	n_{fHi}
取付ボルト (i=2)	[redacted]								

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i^* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	234	385	－	269	－	鉛直方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 （単位：N）

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト（i＝2）	－	1.484×10^3	－	9.918×10^2

1.4 結　論

1.4.1 ボルトの応力 （単位：MPa）

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=8$	$f_{ts2}=201$*
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=155$

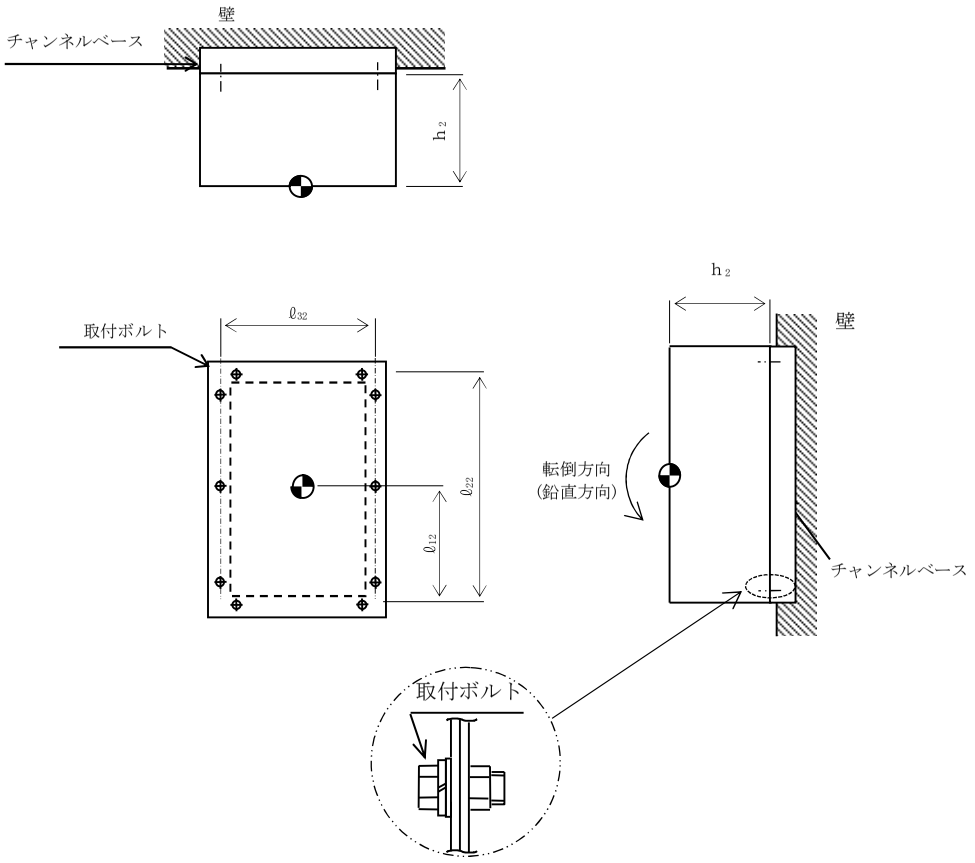
すべて許容応力以下である。

注記　＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot\tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 （×9.8 m/s^2）

		評価用加速度	機能確認済加速度
防潮扉用開閉装置動力切替盤	水平方向	0.92	2.50
	鉛直方向	0.80	1.50

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


壁
チャンネルベース
h_2
取付ボルト
ℓ_{32}
ℓ_{22}
ℓ_{12}
h_2
壁
転倒方向
(鉛直方向)
チャンネルベース
取付ボルト

Ⅴ-2-10-2-3　放水路ゲートの耐震性についての計算書

放水路ゲートの耐震性についての計算書

１．　放水路ゲートのゲート設備に関する耐震計算書

２．　放水路ゲートの電気設備に関する耐震計算書

・放水路ゲート用開閉装置中央操作盤の耐震性についての計算書

・放水路ゲート用開閉装置機側操作盤の耐震性についての計算書

・放水路ゲート用改正装置動力切替盤の耐震性についての計算書

Ⅴ-2-10-2-3　放水路ゲートの耐震性についての計算書
１．　放水路ゲートのゲート設備に関する耐震計算書

目次

1. 概要 1
2. 一般事項 2
2.1 配置概要 2
2.2 構造計画 3
2.3 評価方針 6
2.4 適用基準 8
2.5 記号の説明 9
3. 評価部位 11
4. 固有周期 14
4.1 固有周期の計算方法 14
4.2 固有周期の計算条件 14
4.3 固有周期の計算結果 15
5. 構造強度評価 16
5.1 構造強度評価方法 16
5.2 荷重及び荷重の組合せ 16
5.3 許容限界 17
5.4 設計用地震力 19
5.5 計算方法 20
5.6 計算条件 28
6. 機能維持評価 31
6.1 機能維持評価方法 31
7. 評価結果 32

1. 概要

本資料は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度に基づき，浸水防護施設のうち放水路ゲートが設計用地震力に対して，主要な構造部材が十分な構造健全性を有することを確認するものである。その耐震評価は，放水路ゲートの固有値解析，応力評価及び放水路ゲート駆動装置の機能維持評価により行う。

NT2 補② Ⅴ-2-10-2-3 R78

2.　一般事項

2.1　配置概要

放水路ゲートは，放水口に近い位置で放水路上に設置する。

放水路ゲートの設置位置を図 2-1 に示す。

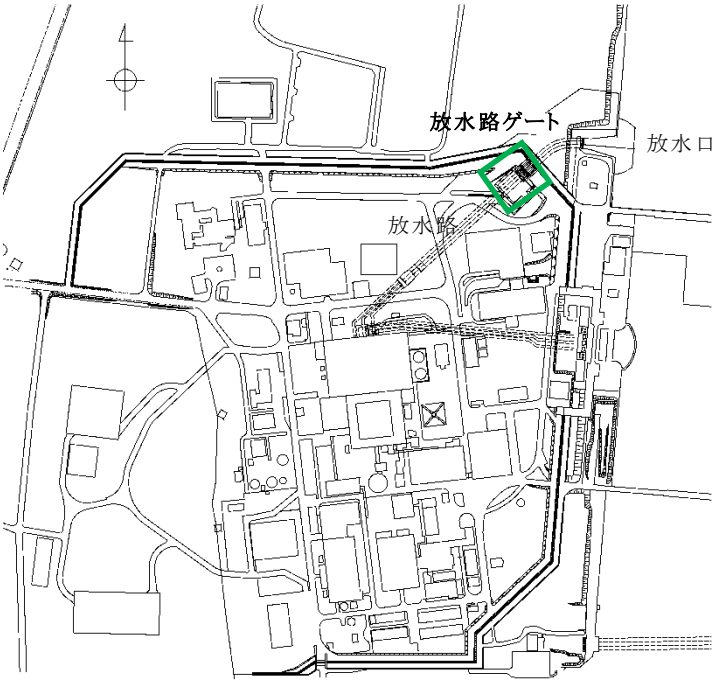


図 2-1　放水路ゲートの設置位置図

2.2　構造計画

放水路ゲートは，スライド式のゲートで扉体，戸当り，駆動装置及び間接支持構造物から構成されている。扉体は鋼製の構造であり，津波荷重を受ける受圧部にスキンプレートがあり，主桁，縦補助桁及び端桁により架構が構成され，スキンプレートにかかる荷重を架構が受ける構造である。扉体で受けた荷重については，扉体の支圧板から支承部の戸当りを介して間接支持構造物である防潮堤（鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア））が受ける構造である。

また，扉体にはフラップ式の鋼製の小扉が設置されており，放水路ゲートが閉止後においても非常用海水ポンプの運転が可能な構造である。

扉体の駆動装置は，放水路ゲートの上部に設置されており，中央制御室からの信号により電動駆動式と自重降下式の駆動機構によって確実に閉止する。

放水路ゲートの構造計画を表 2-1 に示す。

NT2 補② V-2-10-2-3 R78

表 2-1（1/2）　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
防潮堤（鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア））に設置する。	スキンプレート，主桁，縦補助桁，端桁，小扉，支圧板，戸当り及び駆動装置により構成する。	

表 2-1（2/2）　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
防潮堤（鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア））に設置する。	スキンプレート，主桁，縦補助桁，端桁，小扉，支圧板，戸当り及び駆動装置により構成する。	

2.3　評価方針

放水路ゲートの耐震評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.2　構造計画」に示す放水路ゲートの構造を踏まえ，「3.　評価部位」にて設定する評価部位において，「4.　固有周期」にて算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを，「5.　構造強度評価」に示す方法にて確認する。また，放水路ゲートの駆動装置の機能維持評価は，放水路ゲートの固有周期を考慮して評価用加速度を設定し，設定した評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを「6.　機能維持評価」に示す方法にて確認する。応力評価及び機能維持評価の確認結果を「7.　評価結果」にて確認する。

ここで，機能確認済加速度には，加振試験において，止水性の機能の健全性を確認した最大加速度を適用する。

なお，放水路ゲートの地震応答解析の結果については，添付書類「Ⅴ-2-2-38-2 防潮堤（鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア））の地震応答計算書」において説明する。また，放水路ゲートの間接支持構造物となる鉄筋コンクリート防潮壁の構造物全体の安全性評価及び基礎地盤の支持性能については，添付書類「Ⅴ-2-2-39-2 防潮堤（鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア））の耐震性についての計算書」において説明する。

耐震評価フローを図 2-2 に示す。

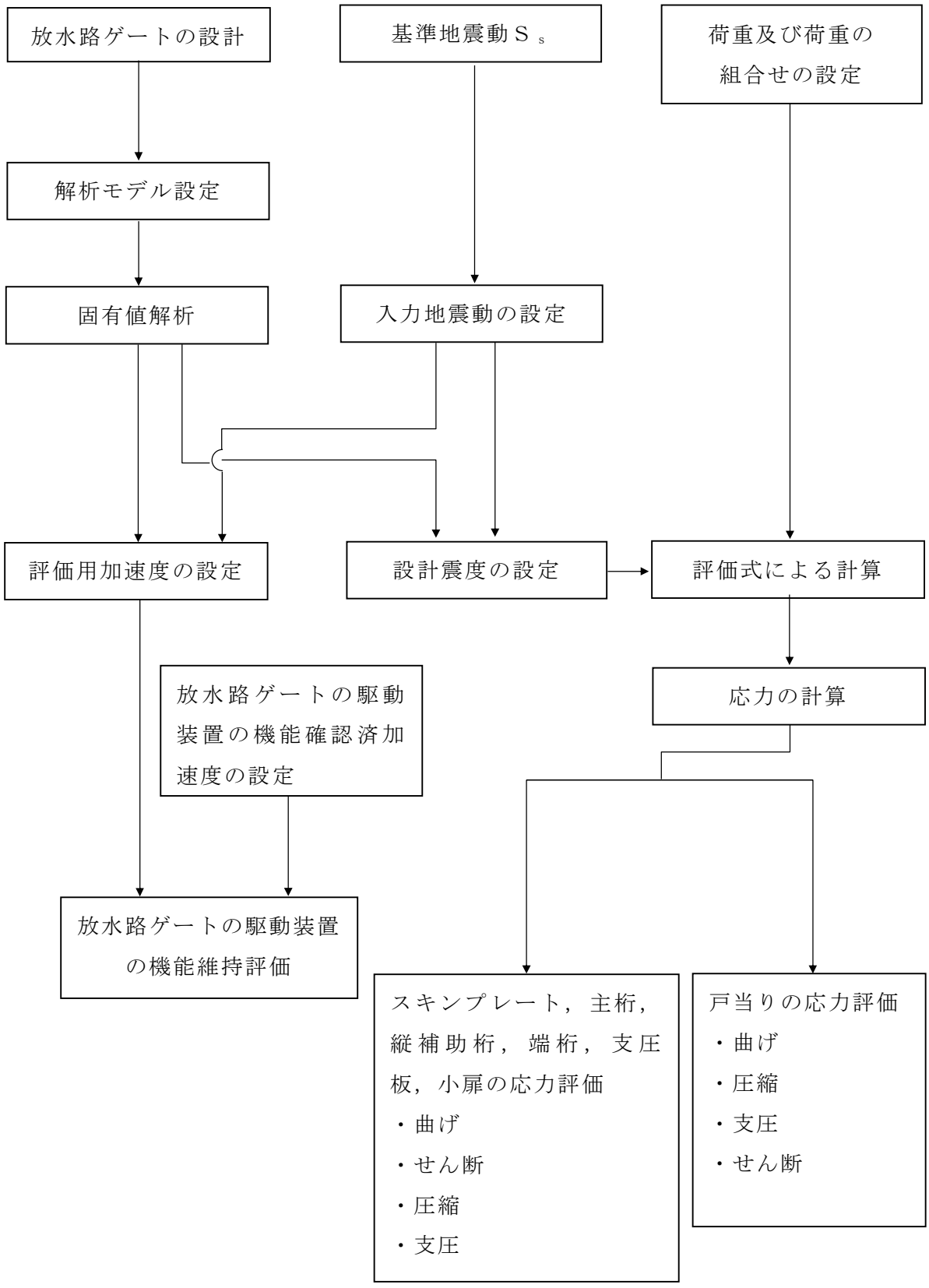

放水路ゲートの設計
基準地震動Ｓｓ
荷重及び荷重の組合せの設定
解析モデル設定
固有値解析
入力地震動の設定
評価用加速度の設定
設計震度の設定
評価式による計算
応力の計算
放水路ゲートの駆動装置の機能確認済加速度の設定
放水路ゲートの駆動装置の機能維持評価
スキンプレート，主桁，縦補助桁，端桁，支圧板，小扉の応力評価
・曲げ
・せん断
・圧縮
・支圧
戸当りの応力評価
・曲げ
・圧縮
・支圧
・せん断

図 2-2　耐震評価フロー

2.4　適用基準

適用する規格，基準等を以下に示す。

(1)　ダム・堰施設技術基準（案）（基準解説編・マニュアル編）（ダム・堰施設技術協会　平成 25 年 6 月）

(2)　構造力学公式集（土木学会　1986 年）

(3)　コンクリート標準示方書［構造性能照査編］（土木学会　2002 年制定）

(4)　道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（日本道路協会　平成 14 年 3 月）

(5)　原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル（土木学会 2005 年）

(6)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1987（日本電気協会）

(7)　各種合成構造設計指針・同解説（日本建築学会　2010 年 11 月）

(8)　鋼構造設計規準－許容応力度設計法－（日本建築学会　2005 年 9 月）

2.5　記号の説明

放水路ゲートの固有周期の計算に用いる記号を表 2-2 に，放水路ゲートの応力評価に用いる記号を表 2-3 に示す。

表 2-2　放水路ゲートの固有周期の計算に用いる記号

記号	定義	単位
E	縦弾性係数	N/mm^2
f	一次固有振動数	Hz
I	断面二次モーメント	cm^4
L	スパン長	m
m	扉体部自重	kg/m
T	固有周期	s
λ_n	支持条件（単純支持梁，1 次モード）	－

表 2-3　放水路ゲートの応力評価に用いる記号（1/2）

記号	定義	単位
a_1	スキンプレートの短辺	cm
a_2	縦補助桁の主桁間隔	m
a_3	小扉の短辺	cm
A	端桁の断面積	cm^2
A_{w1}	主桁のウェブ断面積	cm^2
A_{w2}	縦補助桁のウェブ断面積	cm^2
b_1	スキンプレートの長辺	cm
b_2	縦補助桁間隔	m
b_3	小扉の長辺	cm
b_f	戸当りの底面フランジ幅	mm
b_r	水路面から戸当り中心までの距離	mm
B	水密幅	m 又は mm
E_1	支圧板の弾性係数	N/mm^2
E_2	支圧板当たりの弾性係数	N/mm^2
h_r	戸当りの高さ	mm
k_1	スキンプレートの辺長比（b/a）による係数	－
k_2	小扉の辺長比（b/a）による係数	－
L	主桁の支圧板中心間	m
L_h	支圧板計算高さ	mm

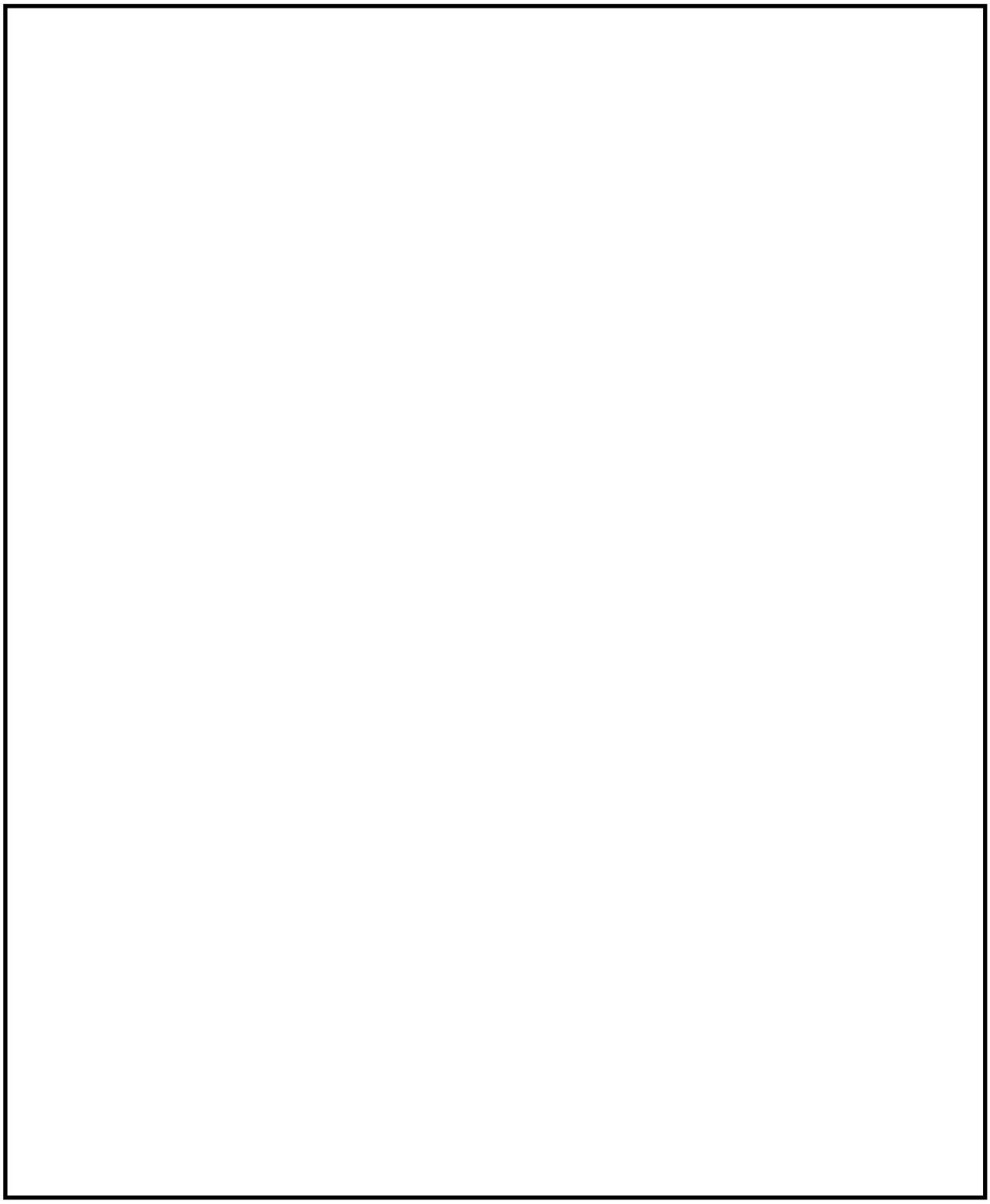
表 2-3　放水路ゲートの応力評価に用いる記号（2/2）

記号	定義	単位
M_{max}	最大曲げモーメント	kN・m
p	支圧板の評価に用いるヘルツの接触応力度	N/mm^2
p_d	戸当りの下部に加わる荷重	N/mm^2
P_1	スキンプレートにかかる荷重	N/m^2
P_2	縦補助桁にかかる各区分の平均荷重	kN/m^2
P_3	支圧板の計算に用いる計算荷重の常時換算値	N
P_4	小扉にかかる荷重	N/m^2
R_1	端桁にかかる主桁反力	kN
R_2	支圧板半径	mm
S	水面路から底面フランジ端面までの距離	mm
S_{max}	最大せん断力	kN
t_1	スキンプレートの板厚	cm
t_2	小扉の板厚	cm
t_f	戸当りの底面フランジ厚さ	mm
t_w	戸当りのウェブ厚さ	mm
W	主桁にかかる扉体自重による荷重	kN/m
Z_1	主桁の断面係数	cm^3
Z_2	縦補助桁の断面係数	cm^3
α	スキンプレートの応力の補正係数	－
σ	曲げ応力，圧縮応力	N/mm^2
σ_{cw}	戸当りの腹板に生じる圧縮応力度	N/mm^2
σ_f	戸当りの底面フランジに生じる曲げ応力度	N/mm^2
σ_k	戸当りのコンクリートに生じる支圧応力度	N/mm^2
τ	せん断応力	N/mm^2
τ_k	コンクリートのせん断応力度	N/mm^2

3. 評価部位

放水路ゲートは，扉体，戸当り及び駆動装置等から構成されている。耐震評価においては，応力評価による評価部位として，扉体の主要構成部材であるスキンプレート，主桁，縦補助桁，端桁，支圧板及び小扉を選定する。また，底面フランジ，腹板及びコンクリートから構成される戸当り並びに扉体の駆動装置についても評価部位として選定する。

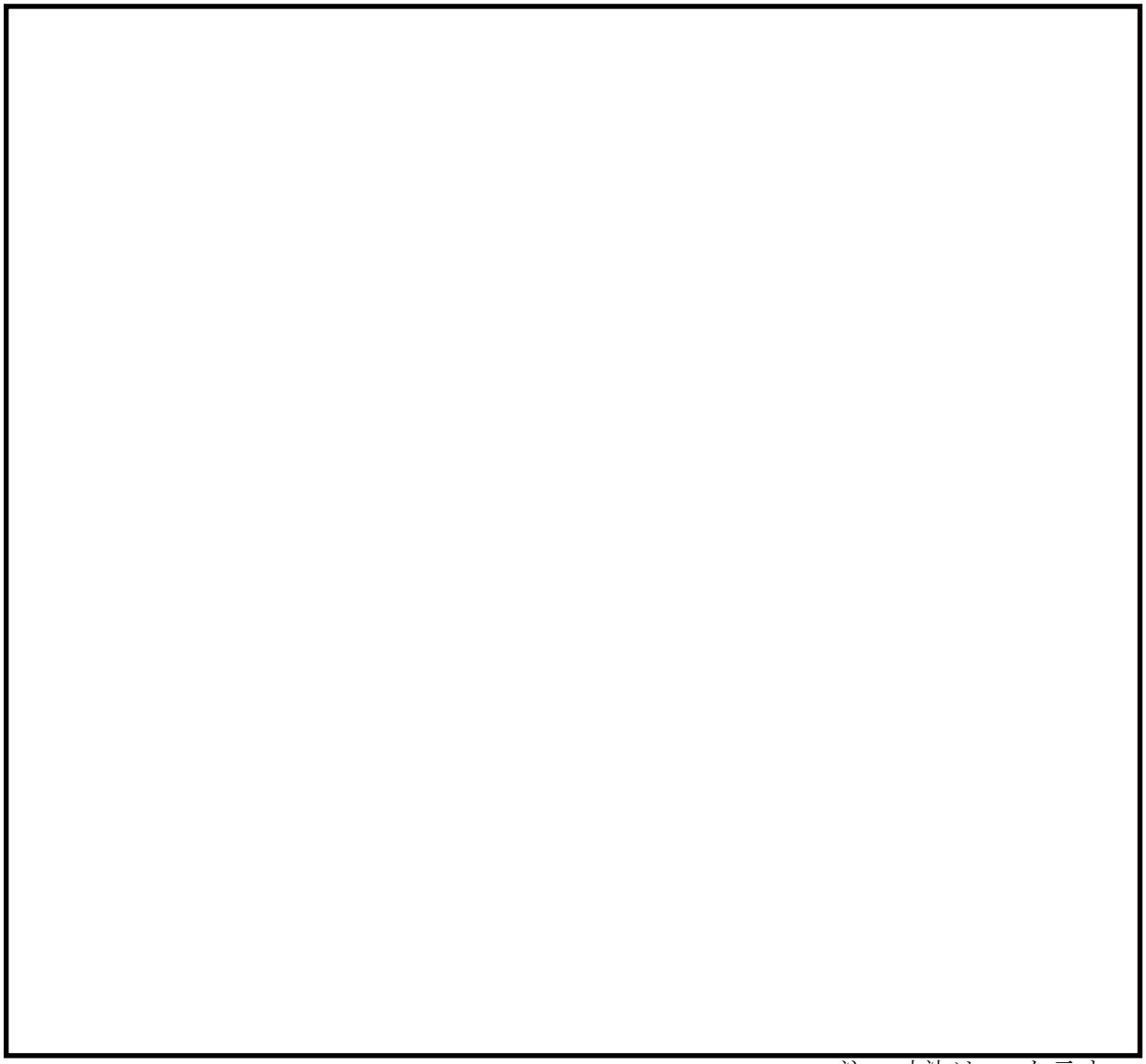
放水路ゲートの評価部位を，図 3-1 及び図 3-2 に示す。



注：寸法は mm を示す。

図中の①～⑦は応力評価による評価部位を，⑧は機能評価による評価部位をそれぞれ示す。

図 3-1　放水路ゲートの評価部位（正面図及び平面図）



注：寸法は mm を示す。

図中の①，②及び⑥は応力評価による評価部位を，⑧は機能評価による評価部位をそれぞれ示す。

図 3-2　放水路ゲートの評価部位（側面図）

4.　固有周期

4.1　固有周期の計算方法

(1)　解析モデル

固有周期計算モデルは，単純支持梁モデルとして計算する。

(2)　固有周期の算出方法

固有周期の計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

固有周期を以下の式より計算する。

$$T = \frac{1}{f}$$

$$f = \frac{\lambda_n^{\,2}}{2\pi L^2} \cdot \sqrt{\frac{EI}{m}}$$

4.2　固有周期の計算条件

表 4-1 に固有周期の計算条件を示す。

表 4-1　固有周期の計算条件

スパン長さ L (m)	扉体部自重 m (kg/m)	縦弾性係数 E (N/mm^2)	断面二次 モーメント I (cm^4)	支持条件（単純支持梁，1 次モード) λ_n
4.00	3370	206000	2088303	3.142

4.3　固有周期の計算結果

表 4-2 に固有周期の計算結果を示す。固有周期は，0.05 s 以下であることから，剛構造である。

表 4-2　固有周期の計算結果

固有振動数 (Hz)	111
固有周期 (s)	0.01

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

放水路ゲートの耐震評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえて，「3. 評価部位」にて設定する評価部位に作用する応力等が「5.3 許容限界」にて示す許容限界以下であることを確認する。

5.2 荷重及び荷重の組合せ

(1) 荷重の設定

a. 固定荷重（G）

固定荷重として，扉体自重を考慮する。

b. 積載荷重（P）

積載荷重として，プラント排水の水圧荷重を考慮する。

(a) プラント排水の水圧荷重

放水路ゲート閉止時におけるプラント排水の水圧荷重を考慮する。

c. 積雪荷重（P_s）

扉体への積雪荷重を考慮する。

d. 風荷重（P_k）

扉体への風荷重を考慮する。

e. 地震荷重（K_s）

基準地震動S_sによる地震荷重を考慮する。

(2) 荷重の組合せ

放水路ゲートの耐震計算にて考慮する荷重の組合せを表 5-1 に示す。

表 5-1 放水路ゲートの耐震計算にて考慮する荷重の組合せ

施設区分	機器名称	荷重の組合せ*
浸水防護施設 （津波防護施設）	放水路ゲート	G＋P＋P_s＋P_k＋K_s

注記 ＊：Gは固定荷重，Pは積載荷重，P_sは積雪荷重，P_kは風荷重，K_sは地震荷重を示す。

5.3　許容限界

放水路ゲートの許容限界を表 5-2 に，許容応力評価条件を表 5-3 に，許容応力算出結果を表 5-4 にそれぞれ示す。

表 5-2　放水路ゲートの許容限界

許容応力状態	許容限界*1			
	1 次応力			
	曲げ	圧縮	せん断	支圧
短期許容応力度	$1.5\sigma_{ab}$*2,3	$1.5\sigma_{ac}$*2,3	$1.5\tau_{a}$*2,3	$1.5\sigma_{as}$*2,3

注記　＊1：地震後，津波後の再使用性や津波の繰返し作用を想定し，当該構造物全体の変形能力に対して浸水防護機能として十分な余裕を有するよう，設備を構成する材料が弾性域内に収まることを基本とする。

＊2：扉体の許容限界は，「ダム・堰施設技術基準（案）（基準解説編・マニュアル編）（ダム・堰施設技術協会　平成 25 年 6 月）」に基づき，短期許容応力度とする。短期許容応力度は，鋼材の許容応力度に対して 1.5 倍の割増しを考慮する。

＊3：σ_{ab}：許容曲げ応力度，σ_{ac}：許容圧縮応力度，τ_{a}：許容せん断応力度，σ_{as}：許容支圧応力度を示す。

表 5-3　放水路ゲートの許容応力評価条件

評価部位	材料	σ_{ab}*1,2 (N/mm²)	σ_{ac}*1,2 (N/mm²)	τ_{a}*1,2 (N/mm²)	σ_{as}*1,2 (N/mm²)
スキンプレート	SM490	160	－	－	－
主桁	SM490	160	－	90	－
縦補助桁	SM490	160	－	90	－
端桁	SM490	－	160	－	－
支圧板	CAC603	－	－	－	－
小扉	SM490	160	－	－	－
戸当り（底面フランジ）	SS400	120	－	－	－
戸当り（腹板）	SS400	－	120	－	－
戸当り（コンクリート）	無筋コンクリート	－	－	0.40	5.9

注記　＊1：σ_{ab}：許容曲げ応力度，σ_{ac}：許容圧縮応力度，τ_{a}：許容せん断応力度，σ_{as}：許容支圧応力度を示す。

＊2：各許容応力度の値は，「ダム・堰施設技術基準（案）（基準解説編・マニュアル編）（ダム・堰施設技術協会　平成 25 年 6 月）」に基づく。

表 5-4　放水路ゲートの許容応力算出結果

許容応力状態	評価部位	許容限界				
		1 次応力				
		曲げ (N/mm^2)	圧縮 (N/mm^2)	せん断 (N/mm^2)	支圧 (N/mm^2)	ローラ接触面の許容応力 (N/mm^2)
短期許容応力度	スキンプレート	240	－	－	－	－
	主桁	214*1	－	135	－	－
	縦補助桁	193*1	－	135	－	－
	端桁	－	240	－	－	－
	支圧板	－	－	－	－	226*2
	小扉	240	－	－	－	－
	戸当り（底面フランジ）	180	－	－	－	－
	戸当り（腹板）	－	180	－	－	－
	戸当り（コンクリート）	－	－	0.6	8.9	－

注記　＊1：主桁，縦補助桁に用いる構造用鋼材の許容曲げ圧縮応力度は，「ダム・堰施設技術基準（案）（基準解説編・マニュアル編）（ダム・堰施設技術協会 平成 25 年 6 月）」に基づき，許容曲げ応力度横倒れ座屈に対する配慮として許容応力の低減を考慮し，以下の計算式により算出する。

$$\frac{L}{b} \leqq \frac{8}{K} \quad : \quad 160 \times 1.5 = 240 \quad (N/mm^2)$$

$$\frac{8}{K} < \frac{L}{b} \leqq 30 \quad : \quad \sigma_{ca} = \left(160 - 1.6\left(K\frac{L}{b} - 8\right)\right) \times 1.5 \quad (N/mm^2)$$

$$K = \sqrt{3 + \frac{A_w}{2 \cdot A_c}} \qquad \text{ただし，} \frac{A_w}{A_c} \leqq 2 \qquad \text{の場合} \qquad K = 2$$

ここに，L　：圧縮フランジの固定間隔（mm）
b　：圧縮フランジ幅（mm）
Aw　：腹板の総断面積（mm^2）
Ac　：圧縮フランジの総断面積（mm^2）

＊2：支圧板のローラ接触面の許容応力は，「ダム・堰施設技術基準（案）（基準解説編・マニュアル編）（ダム・堰施設技術協会　平成25年6月）」に基づき，以下の計算式により算出する。

$$pa = \frac{9.8 \cdot H_B}{2 \cdot \nu}$$

ここに，pa　：接触面の許容応力度（N/mm^2）

H_B ：支圧板のブリネル硬さ（CAC603*3：60HB）（ＪＩＳ　Ｈ５１２０「銅及び銅合金鋳物」より）

ν ：安全率（線接触の場合）（1.3）

＊3：放水路ゲートの開閉時に水圧による扉体の振れが発生するため，支圧板が摺動されることから，戸当りとの摩擦抵抗を小さくするため，プラント排水側の荷重を受ける支圧板をCAC603に，放水口側の荷重を受ける支圧板をSUS304とする。放水路ゲートの支圧板の材質関係を図5-1に示す。

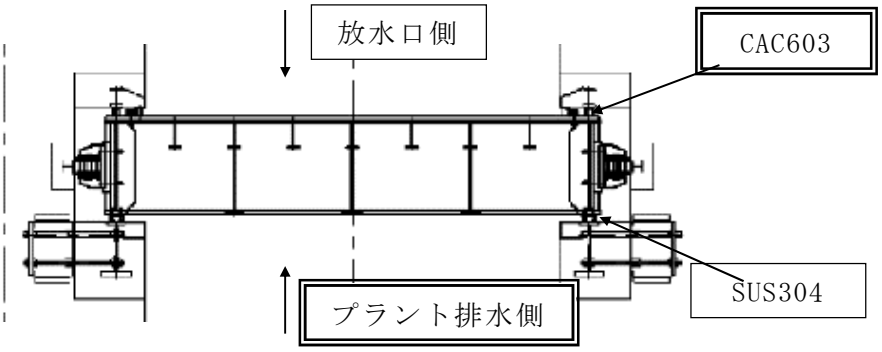


図 5-1　放水路ゲートの支圧板の材質関係図

5.4　設計用地震力

「4.　固有周期」に示したとおり放水路ゲートの固有周期が 0.05 s 以下であることを確認したため，放水路ゲートの耐震計算に用いる設計震度は，添付書類「Ⅴ-2-1-7　設計用床応答曲線の作成方針」に示す防潮堤（鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア））における設置床の最大応答加速度を基に設定する。放水路ゲートの耐震計算に用いる設計用地震力を表 5-5 に示す。

表 5-5　設計用地震力

地震動	据付場所及び床面高さ（T.P. m）	地震による設計震度	
基準地震動S_s	放水路ゲート －2.5 （＋3.5*）	水平方向C_H	0.66
		鉛直方向C_V	0.75

注記　＊：基準床レベルを示す。

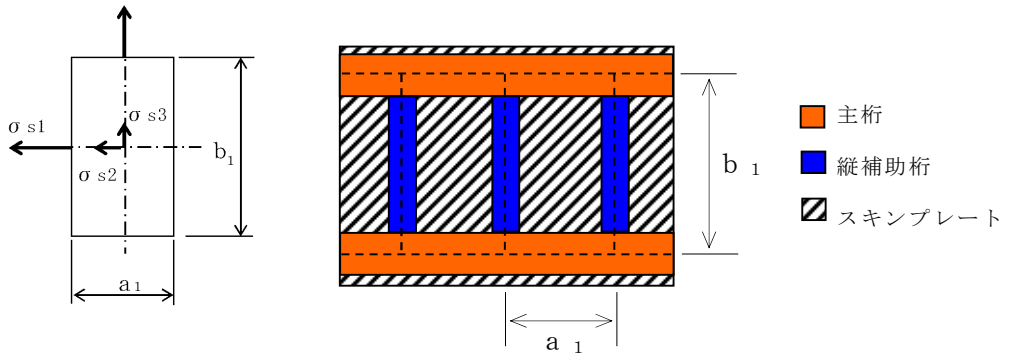
5.5　計算方法

(1)　扉体

a.　スキンプレート

スキンプレートに発生する曲げモーメントは，４辺を固定支持された平板としてモデル化し，曲げ応力を算定する。

スキンプレートのモデル図及び応力算定式を図 5-2 に示す。



$$\sigma = \frac{k_1 \cdot a_1^2 \cdot P_1 \cdot 10^{-6}}{100 \cdot t_1^2} \cdot \alpha$$

σ　：曲げ応力（N/mm²）

k_1　：辺長比（b/a）による係数

a_1　：短辺（cm）

b_1　：長辺（cm）

P_1　：荷重（N/m²）

t_1　：板厚（cm）

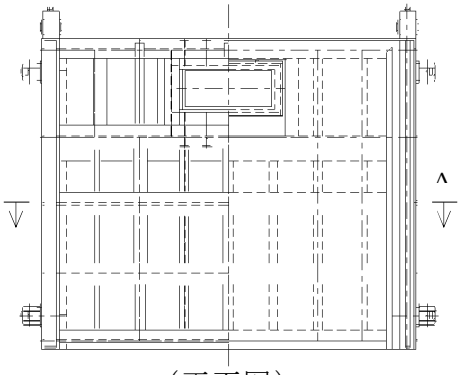
α　：応力の補正係数

図 5-2　スキンプレートのモデル図及び応力算定式

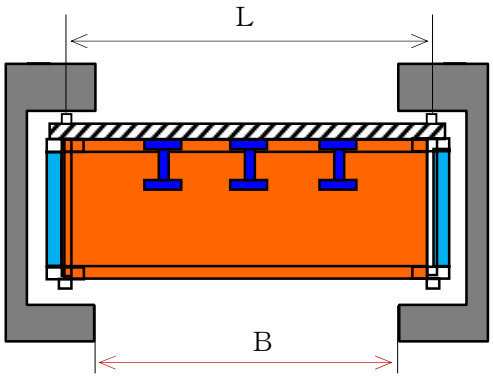
b.　主桁

主桁は，部材の発生断面力に対して保守的な評価となるよう，支圧板の設置位置を支点とする両端をピン支点の単純梁によりモデル化する。

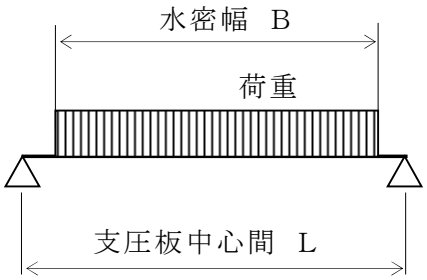
主桁のモデル図及び応力算定式を図 5-3 に示す。

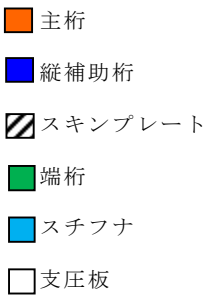


（正面図）



（A－A図）





$$M_{max} = \frac{W \cdot B}{8} \cdot (2 \cdot L - B)$$

$$S_{max} = \frac{W \cdot B}{2}$$

$$\sigma = \frac{M_{max} \cdot 10^{6}}{Z_1 \cdot 10^{3}}$$

$$\tau = \frac{S_{max} \cdot 10^{3}}{A_{w1} \cdot 10^{2}}$$

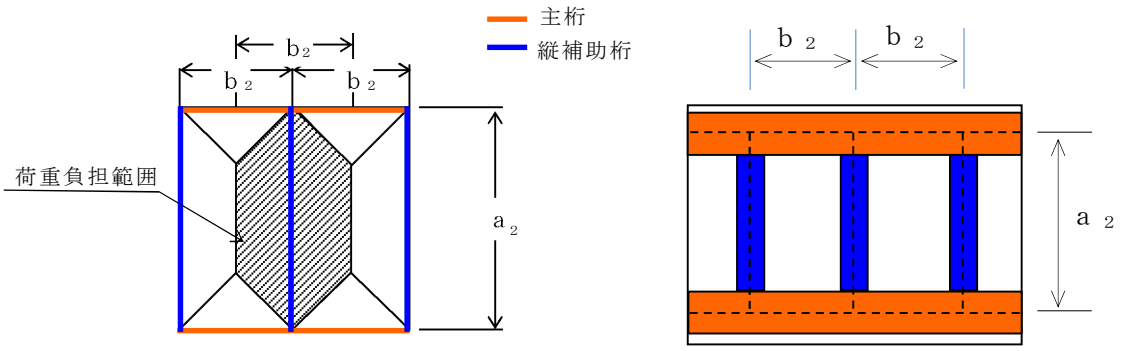
M_{max}	：	最大曲げモーメント（kN・m）
S_{max}	：	最大せん断力（kN）
σ	：	曲げ応力（N/mm^2）
τ	：	せん断応力（N/mm^2）
W	：	扉体自重による荷重（kN/m）
B	：	水密幅（m）
L	：	支圧板中心間(m)
Z_1	：	断面係数（cm^3）
A_{w1}	：	ウェブ断面積（cm^2）

図 5-3　主桁のモデル図及び応力算定式

c.　縦補助桁

縦補助桁については，主桁によって支持された単純支持梁とし，荷重は平均荷重が亀甲形に作用したものとして，曲げ応力及びせん断応力を算定する。

縦補助桁のモデル図及び応力算定式を図 5-4 に示す。



$$M_{max} = \frac{P_2 \cdot b_2}{24}\left(3 \cdot a_2^2 - b_2^2\right)$$

$$S_{max} = \frac{P_2 \cdot b_2}{2}\left(a_2 - \frac{b_2}{2}\right)$$

$$\sigma = \frac{M_{max} \cdot 10^6}{Z_2 \cdot 10^3}$$

$$\tau = \frac{S_{max} \cdot 10^3}{A_{w2} \cdot 10^2}$$

M_{max}　：最大曲げモーメント（kN・m）

S_{max}　：最大せん断力（kN）

σ　：曲げ応力（N/mm^2）

τ　：せん断応力（N/mm^2）

P_2　：各区分の平均荷重（kN/m^2）

a_2　：主桁間隔（m）

b_2　：縦補助桁間隔（m）

Z_2　：断面係数（cm^3）

A_{w2}　：ウェブ断面積（cm^2）

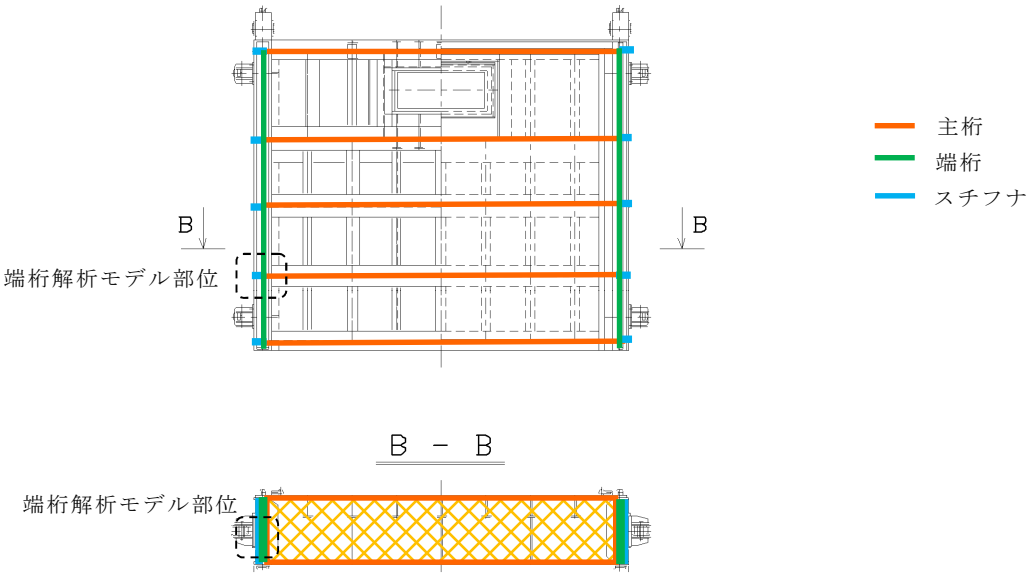
図 5-4　縦補助桁のモデル図及び応力算定式

d.　端桁

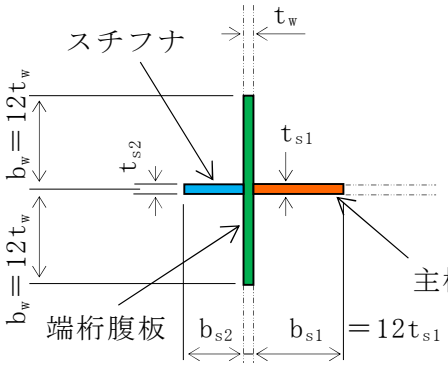
本設備はスライドゲートであるため，端桁は主桁端部に生じた反力を戸当りを介してコンクリート躯体に伝達する役割を果たしている。そのため，垂直補剛材を有するプレートガーダの荷重集中点として腹板強度の計算を行う。

端桁腹板には垂直補剛材として主桁ウェブとスチフナを有する。端桁腹板は上下方向に，主桁ウェブは径間方向に部材が伸びているが，実際に荷重が作用している有効断面のみで検討する。

端桁のモデル図及び応力算定式を図 5-5 に示す。



放水路ゲート構造図



有効断面積 $A=A_w+A_{s1}+A_{s2}$

$A_w=2b_w\cdot t_w$　（端桁腹板）
$A_{s1}=b_{s1}\cdot t_{s1}$　（主桁ウェブ）
$A_{s2}=b_{s2}\cdot t_{s2}$　（スチフナ）
（ただし $A\leqq 1.7\ A_{s1}$）

$$\sigma = \frac{R_1\cdot 10^3}{A\cdot 10^2}$$

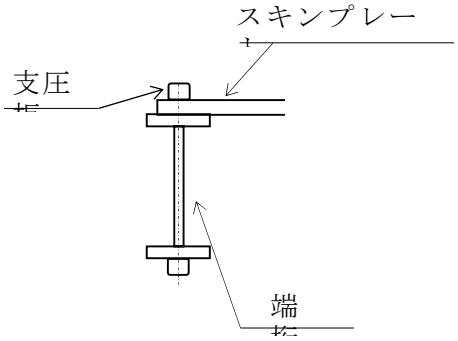
σ　：圧縮応力（N/mm^2）
R_1：主桁反力（kN）
A　：断面積（cm^2）

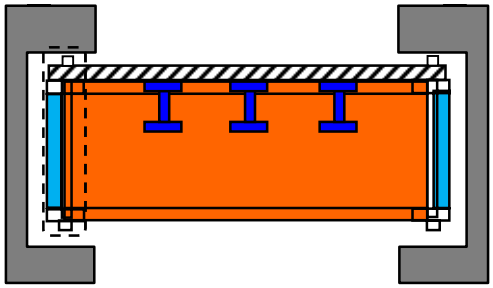
図 5-5　端桁のモデル図及び応力算定式

e.　支圧板

支圧板の面圧は踏面に曲率を設けるため，ローラの線接触に沿って計算する。

支圧板のモデル図及び応力算定式を図 5-6 に示す。





$$p = 0.591\sqrt{\frac{P_3 \cdot E_1 \cdot E_2}{L_h \cdot R_2 \cdot (E_1 + E_2)}}$$

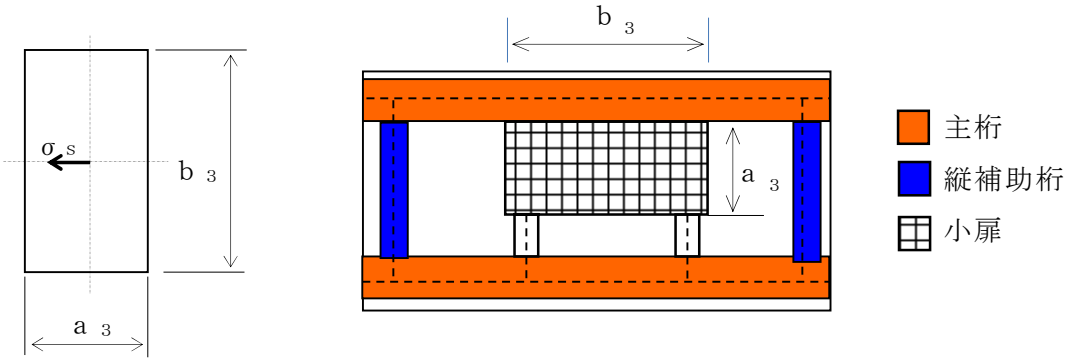
p　：ヘルツの接触応力度（N/mm^2）
P_3　：計算荷重の常時換算値（N）
E_1　：支圧板の弾性係数（N/mm^2）
E_2　：支圧板当たりの弾性係数（N/mm^2）
L_h　：支圧板計算高さ（mm）
R_2　：支圧板半径（mm）

図 5-6　支圧板のモデル図及び応力算定式

f.　小扉

周辺単純支持板の分布荷重による曲げ応力を算出する。（「構造力学公式集（土木学会編）」より）

小扉のモデル図及び応力算定式を図 5-7 に示す。



$$\sigma = \frac{6 \cdot k_2 \cdot P_4 \cdot a_3^2 \cdot 10^{-6}}{t_2^2}$$

σ　：曲げ応力（N/mm²）

k_2　：辺長比（b/a）による係数

a_3　：短辺（cm）

b_3　：長辺（cm）

P_4　：小扉にかかる荷重（N/m²）

t_2　：板厚（cm）

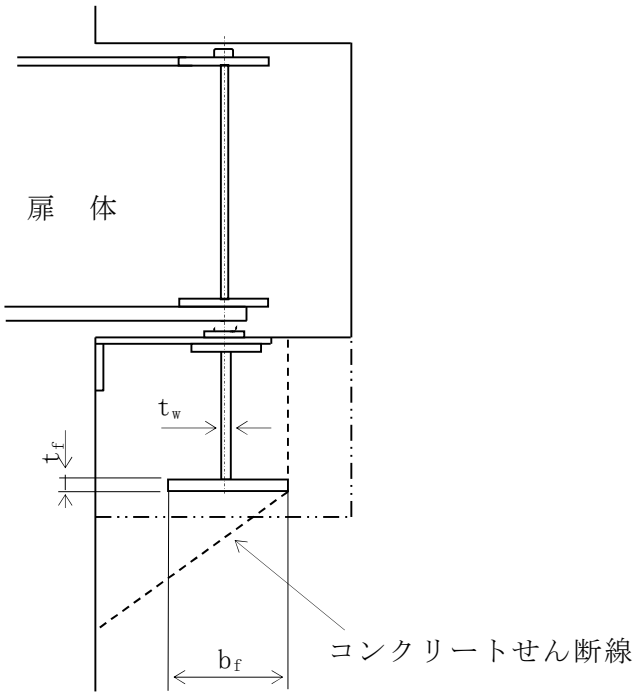
図 5-7　小扉のモデル図及び応力算定式

(2)　戸当り

a.　鋼材

戸当りの鋼材への荷重は，自重により下部が高いため下部の荷重にて算出する。

戸当り鋼材のモデル図及び応力算定式を図 5-8 に示す。



$$\sigma_k = \frac{p_d \cdot B}{2 \cdot b_f}$$

$$\sigma_f = \frac{6 \cdot \sigma_k \cdot b^2}{8 \cdot t^2}$$

$$\sigma_{cw} = \frac{p_d \cdot B}{2 \cdot t_w}$$

σ_k　：コンクリートに生じる支圧応力度（N/mm²）

σ_f　：底面フランジに生じる曲げ応力度（N/mm²）

σ_{cw}　：腹板に生じる圧縮応力度（N/mm²）

p_d　：下部に加わる荷重（N/mm²）

B　：水密幅（mm）

b_f　：戸当りの底面フランジ幅（mm）

t_f　：戸当りの底面フランジ厚さ（mm）

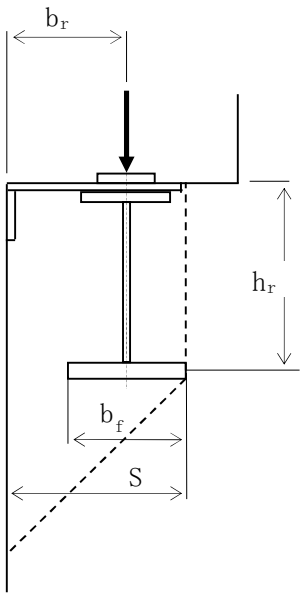
t_w　：戸当りのウェブ厚さ（mm）

図 5-8　戸当り鋼材のモデル図及び応力算定式

b.　コンクリート

戸当りのコンクリートへの荷重は，前項の鋼材の作用力として受ける支圧応力及びせん断応力を算出する。

戸当りコンクリートのモデル図及び応力算定式を図 5-9 に示す。



$$\sigma_k = \frac{p_d \cdot B}{2 \cdot b_f}$$

$$\tau_k = \frac{\sigma_k \cdot b_f}{h_r + 2 \cdot S}$$

σ_k　：コンクリートに生じる支圧応力度（N/mm^2）

τ_k　：コンクリートのせん断応力度（N/mm^2）

p_d　：下部に加わる荷重（N/mm^2）

B　：水密幅（mm）

b_f　：戸当りの底面フランジ幅（mm）

h_r　：戸当りの高さ（mm）

S　：水面路から底面フランジ端面までの距離
（$S = b_r + b_f/2$）（mm）

b_r　：水面路から戸当り中心までの距離（mm）

図 5-9　戸当りコンクリートのモデル図及び応力算定式

5.6　計算条件

放水路ゲートの応力評価に用いる計算条件を表 5-6 に示す。

表 5-6　放水路ゲートの応力評価に用いる計算条件（1/3）

スキンプレート，主桁，縦補助桁，端桁の材質	支圧板の材質	固定荷重（扉体の自重）G (kN)	風荷重 P_k (kN)
SM490	CAC603	120	26.37

積雪荷重 P_s (kN)	プラント排水の水圧荷重 P_p (kN)	スキンプレートの辺長比（b/a）による係数 k_1	スキンプレートの短辺 a_1 (cm)
0.73	502.696	46.66	50

スキンプレートの長辺 b_1 (cm)	スキンプレートにかかる荷重 P_1 (N/m^2)	スキンプレートの板厚 t_1 (cm)	スキンプレートの応力の補正係数 α
80	63794	2.6	0.8

主桁にかかる扉体自重による荷重 W (kN/m)	水密幅 B (m)	主桁の支圧板中心間 L (m)	主桁の断面係数 Z_1 (cm^3)
47.241／33.720*	3.6	4.0	2531

注記　＊：曲げ応力の計算に用いる荷重／せん断応力の計算に用いる荷重

表 5-6　放水路ゲートの応力評価に用いる計算条件（2/3）

主桁の ウェブ断面積 A_{w1} (cm^2)	縦補助桁にかかる 各区分の平均荷重 P_2 (kN/m^2)	縦補助桁の 主桁間隔 a_2 (m)	縦補助桁の 縦補助桁間隔 b_2 (m)
70	63.794	0.8	0.5

縦補助桁の 断面係数 Z_2 (cm^3)	縦補助桁の ウェブ断面積 A_{w2} (cm^2)	端桁にかかる 主桁反力 R_1 (kN)	端桁の断面積 A (cm^2)
190	10.70	85.034	67.24

支圧板の計算に用 いる計算荷重の 常時換算値 P_3 (N)	支圧板の弾性係数 E_1 (N/mm^2)	支圧板当たりの 弾性係数 E_2 (N/mm^2)	支圧板計算高さ L_h (mm)
0.070846	80800	193000	3630

支圧板半径 R_2 (mm)	小扉の辺長比 (b/a) による係数 k_2	小扉にかかる荷重 P_4 (N/m^2)	小扉の板厚 t_2 (cm)
800	0.0975	6739	3.4

表 5-6　放水路ゲートの応力評価に用いる計算条件（3/3）

小扉の短辺 a_2 (cm)	小扉の長辺 b_2 (cm)	戸当りの底面 フランジ幅 b_f (mm)	戸当りの底面 フランジ厚さ t_f (mm)
63	118	100	9

戸当りの 下部に加わる荷重 p_d (N/mm^2)	戸当りのウェブ厚さ t_w (mm)	戸当りの高さ h_r (mm)	水路面から戸当り中心までの距離 b_r (mm)
0.071901	6	157	250

6. 機能維持評価

6.1 機能維持評価方法

放水路ゲートの止水機能維持評価について以下に示す。

なお，評価用加速度は添付書類「Ⅴ-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

放水路ゲートは地震時止水機能維持を加振試験により確認しているため，添付書類「Ⅴ-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき，加振試験により確認した加速度を適用する。

放水路ゲートの機能確認済加速度には，加振試験により止水機能の健全性を確認した振動台の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 6-1 に示す。

表 6-1 機能確認済加速度

（単位：×9.8m/s^2）

評価部位	機能確認済加速度	
	水平方向	鉛直方向
駆動装置	2.2	1.6

7. 評価結果

放水路ゲートの評価結果を以下に示す。(1)及び(2)に示す結果から，放水路ゲートが耐震性を有することを確認した。

(1) 基準地震動Ｓ$_s$に対する評価

基準地震動Ｓ$_s$に対する構造強度評価結果を表 7-1 及び表 7-2 に示す。表 7-1 及び表 7-2 に示すとおり，発生応力が許容応力以下であることから，構造部材が構造健全性を有することを確認した。

表 7-1 扉体（鋼材）の基準地震動Ｓ$_s$による構造強度評価結果

No	部 位	評価応力	発生応力 (N/mm^2)	許容応力 (N/mm^2)
①	スキンプレート	曲 げ	9	240
②	主桁	曲 げ	27	214
		せん断	13	135
③	縦補助桁	曲 げ	12	193
		せん断	9	135
④	端桁	圧 縮	13	240
⑤	支圧板	支 圧	45	226
⑥	小扉	曲 げ	2	240

表 7-2 戸当り（鋼材，コンクリート）の基準地震動Ｓ$_s$による構造強度評価結果

No	部 位		評価応力	発生応力 (N/mm^2)	許容応力 (N/mm^2)
⑦	戸当り	底面フランジ	曲 げ	121	180
		腹板	圧 縮	22	180
		コンクリート	支 圧	1.3	8.9
			せん断	0.2	0.6

(2)　機能維持に対する評価

放水路ゲートの駆動装置の機能確認済加速度との比較を表 7-3 に示す。表 7-3 に示すとおり評価用加速度が機能確認済加速度以下であることから放水路ゲートの駆動装置の機能維持を確認した。

表 7-3　機能確認済加速度との比較

（単位：×9.8 m/s^2）

			評価用加速度	機能確認済加速度
⑧	駆動装置 (T.P.+11.00 m) (T.P.+10.50 m*)	水平方向	0.89	2.2
		鉛直方向	0.70	1.6

注記　＊：基準床レベルを示す。

Ⅴ-2-10-2-3　放水路ゲートの耐震性についての計算書

２．　放水路ゲートの電気設備に関する耐震計算書

・放水路ゲート用開閉装置中央操作盤の耐震性についての計算書
・放水路ゲート用開閉装置機側操作盤の耐震性についての計算書
・放水路ゲート用開閉装置動力切替盤の耐震性についての計算書

放水路ゲート用開閉装置中央操作盤の耐震性についての計算書

目次

1. 概要 ····· 1
2. 一般事項 ····· 1
2.1 構造計画 ····· 1
3. 固有周期 ····· 3
4. 構造強度評価 ····· 3
4.1 構造強度評価方法 ····· 3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力 ····· 3
5. 機能維持評価 ····· 7
5.1 電気的機能維持評価方法 ····· 7
6. 評価結果 ····· 8
6.1 設計基準対象施設としての評価結果 ····· 8

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，放水路ゲート用開閉装置中央操作盤が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

放水路ゲート用開閉装置中央操作盤は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に分類される。以下，設計基準対象施設としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

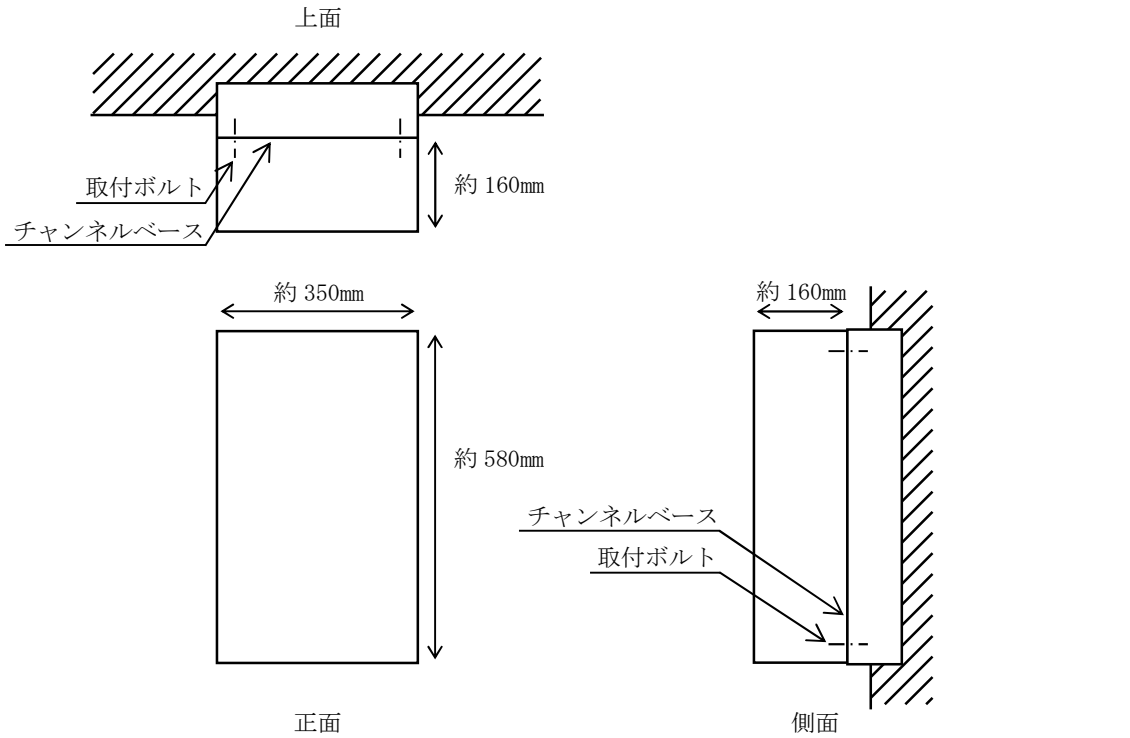
2. 一般事項

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を行う。

2.1 構造計画

放水路ゲート用開閉装置中央操作盤の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
放水路ゲート用開閉装置中央操作盤は，壁に埋め込まれた埋込金物で固定されたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。	壁掛形 （鋼材及び鋼板を組み合わせた壁掛閉鎖型の盤）	

たて	約 160㎜
横	約 350㎜
高さ	約 580㎜

3　固有周期

放水路ゲート用開閉装置中央操作盤の固有周期は，振動試験装置により固有振動数（共振周波数）を測定する。測定の結果，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。固有周期を表 3-1 に示す。

表 3-1　固有周期（s）

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

放水路ゲート用開閉装置中央操作盤の構造は壁掛形であるため，構造強度評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

4.2　荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

放水路ゲート用開閉装置中央操作盤の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設としての評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2　許容応力

放水路ゲート用開閉装置中央操作盤の許容応力は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

放水路ゲート用開閉装置中央操作盤の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設としての評価に用いるものを表 4-3 に示す。

表 4-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震設計上の重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
浸水防護施設	防潮堤	放水路ゲート用開閉装置 中央操作盤	S	－*	$D+P_D+M_D+S_d^*$	$\mathrm{III}_A S$
					$D+P_D+M_D+S_s$	$\mathrm{IV}_A S$

注記　＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4-2　許容応力（その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 （ボルト等）	
	一次応力	
	引張り	せん断
$\mathrm{III}_{\mathrm{A}}\mathrm{S}$	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
$\mathrm{IV}_{\mathrm{A}}\mathrm{S}$	$1.5 \cdot f_t$*	$1.5 \cdot f_s$*

注記　＊1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-3　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		Ｓｙ (MPa)	Ｓｕ (MPa)	Ｓｙ（ＲＴ） (MPa)
取付ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	245	400	―

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

放水路ゲート用開閉装置中央操作盤の電気的機能維持評価について，以下に示す。

電気的機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

放水路ゲート用開閉装置中央操作盤に設置される器具の機能確認済加速度には，同形式の器具の正弦波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した器具の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 （×9.8 m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
放水路ゲート用開閉装置中央操作盤	水平	2.00
	鉛直	1.50

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

放水路ゲート用開閉装置中央操作盤の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【放水路ゲート用開閉装置中央操作盤の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震設計上の重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
放水路ゲート用開閉装置 中央操作盤	S	EL 18.00 (EL 20.30*)	0.05以下	0.05以下	－	－	C_H=1.34	C_V=1.01	

注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i} (mm)	ℓ_{2i} (mm)	ℓ_{3i} (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	n_{fVi}	n_{fHi}
取付ボルト (i=2)									

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i^* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	245	400	－	280	－	鉛直

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	－	2.879×10^2	－	1.185×10^3

1.4 結　論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=3$	$f_{ts2}=210$*
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=161$

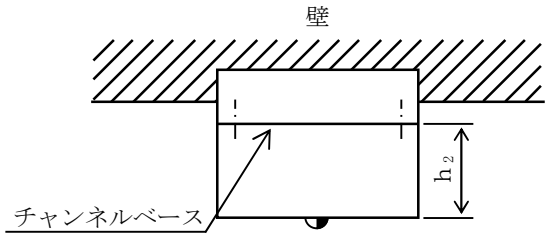
すべて許容応力以下である。

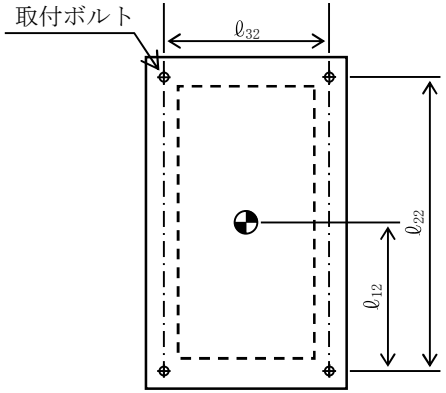
注記　＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot\tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

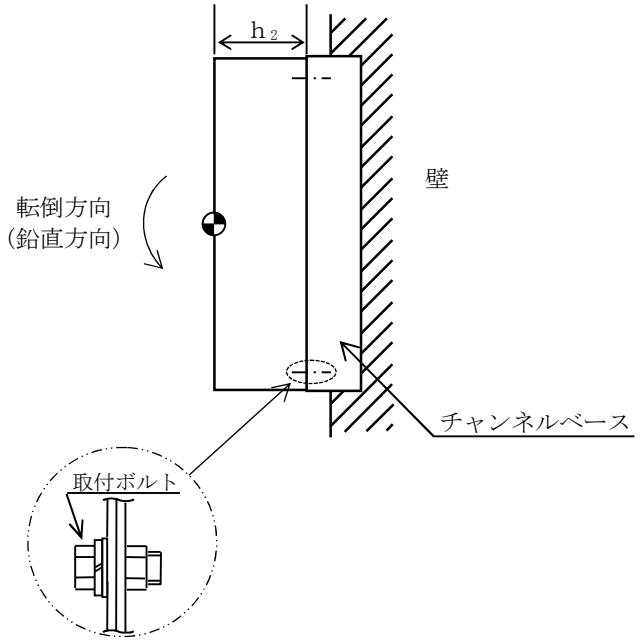
1.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($9.8\ m/s^2$)

		評価用加速度	機能確認済加速度
放水路ゲート用開閉装置中央操作盤	水平方向	1.11	2.00
	鉛直方向	0.84	1.50

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


壁
h_2
チャンネルベース


取付ボルト
ℓ_{32}
ℓ_{22}
ℓ_{12}


h_2
壁
転倒方向
(鉛直方向)
チャンネルベース
取付ボルト

放水路ゲート用開閉装置機側操作盤の耐震性についての計算書

目次

1. 概要 ····· 1
2. 一般事項 ····· 1
2.1 構造計画 ····· 1
3. 固有周期 ····· 3
4. 構造強度評価 ····· 3
4.1 構造強度評価方法 ····· 3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力 ····· 3
5. 機能維持評価 ····· 7
5.1 電気的機能維持評価方法 ····· 7
6. 評価結果 ····· 8
6.1 設計基準対象施設としての評価結果 ····· 8

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，放水路ゲート用開閉装置機側操作盤が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

放水路ゲート用開閉装置機側操作盤は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に分類される。以下，設計基準対象施設としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

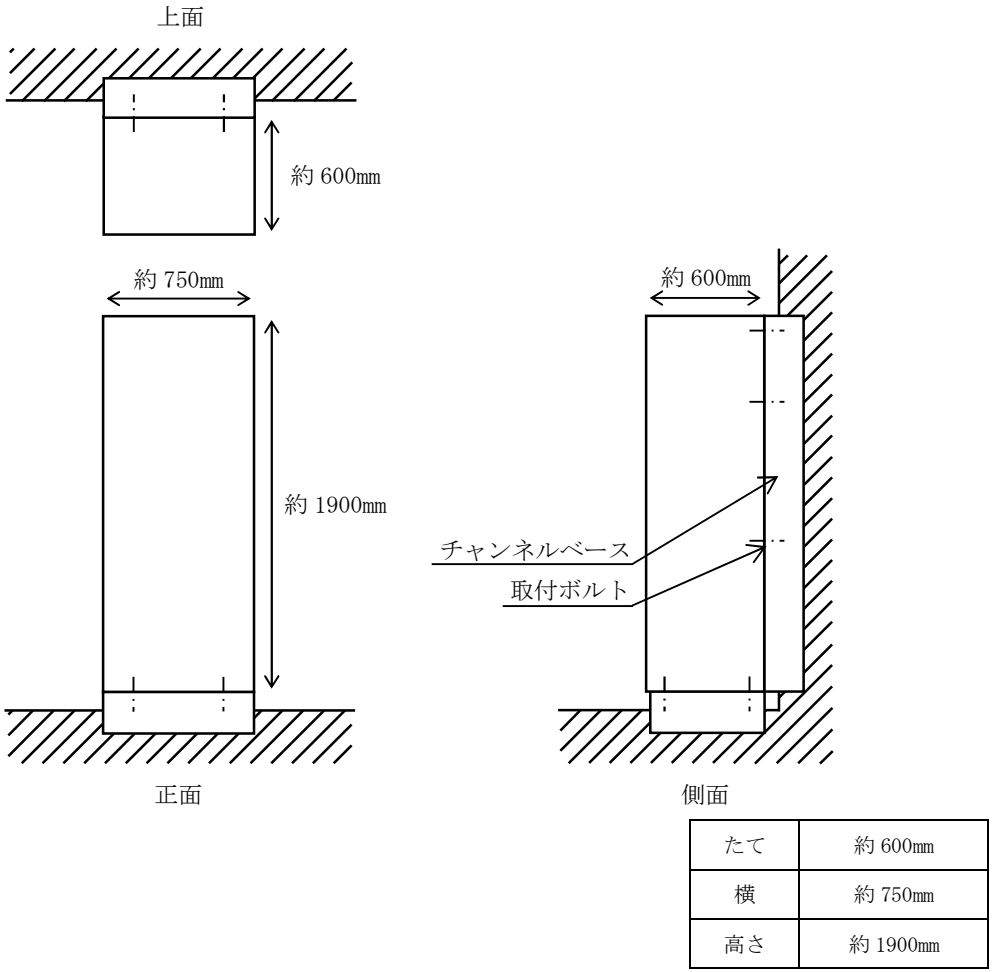
2. 一般事項

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を行う。

2.1　構造計画

放水路ゲート用開閉装置機側操作盤の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
放水路ゲート用開閉装置機側操作盤は，壁・基礎に埋め込まれた埋込金物で固定されたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。	壁掛形 （鋼材及び鋼板を組み合わせた壁掛閉鎖型の盤）	

たて	約 600㎜
横	約 750㎜
高さ	約 1900㎜

3　固有周期

放水路ゲート用開閉装置中央操作盤の固有周期は，振動試験装置により固有振動数（共振周波数）を測定する。測定の結果，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。固有周期を表 3-1 に示す。

表 3-1　固有周期（s）

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

放水路ゲート用開閉装置機側操作盤の構造は壁掛形であるため，構造強度評価は，「Ⅴ-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

4.2　荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

放水路ゲート用開閉装置機側操作盤の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設としての評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2　許容応力

放水路ゲート用開閉装置機側操作盤は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

放水路ゲート用開閉装置機側操作盤の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設としての評価に用いるものを表 4-3 に示す。

表 4-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震設計上の重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
浸水防護施設	防潮堤	放水路ゲート用開閉装置機側操作盤	S	－*	$D+P_D+M_D+S_d$*	$\mathrm{III}_A S$
					$D+P_D+M_D+S_s$	$\mathrm{IV}_A S$

注記　＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4-2　許容応力（その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 （ボルト等）	
	一次応力	
	引張り	せん断
$\mathrm{III}_{\mathrm{A}}\mathrm{S}$	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
$\mathrm{IV}_{\mathrm{A}}\mathrm{S}$	$1.5 \cdot f_t$*	$1.5 \cdot f_s$*

注記　＊1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-3　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		Ｓｙ (MPa)	Ｓｕ (MPa)	Ｓｙ（ＲＴ） (MPa)
取付ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	245	400	－

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

放水路ゲート用開閉装置機側操作盤の電気的機能維持評価について，以下に示す。

電気的機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

放水路ゲート用開閉装置機側操作盤に設置される器具の機能確認済加速度には，同形式の器具の正弦波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した器具の加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 （×9.8 m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
放水路ゲート用開閉装置機側操作盤	水平	2.50
	鉛直	1.50

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

放水路ゲート用開閉装置機側操作盤の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【放水路ゲート用開閉装置機側操作盤の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震設計上の重要度分類	据付場所及び床面高さ(m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度(℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
放水路ゲート用開閉装置機側操作盤	S	放水路ゲート用操作室	0.05以下	0.05以下	－	－	C_H＝2.40	C_V＝1.50	

注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i} (mm)	ℓ_{2i} (mm)	ℓ_{3i} (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	n_{fVi}	n_{fHi}
取付ボルト (i＝2)									

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i^* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i＝2)	245	400	－	280	－	水平

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト（i＝2）	－	5.840×10^3	－	1.631×10^4

1.4 結　論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト		引張り	－	－	σ_{b2}＝29	f_{ts2}＝210*
		せん断	－	－	τ_{b2}＝14	f_{sb2}＝161

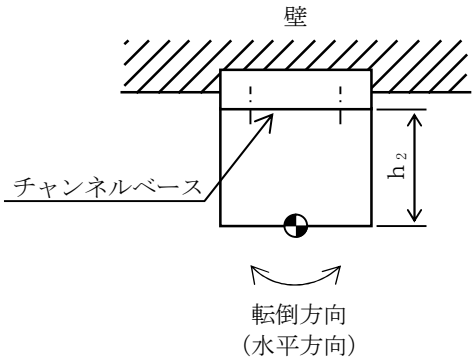
すべて許容応力以下である。

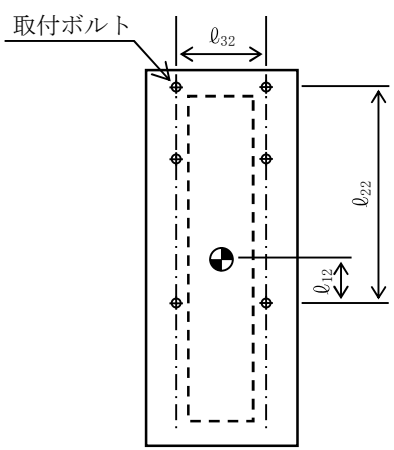
注記　＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

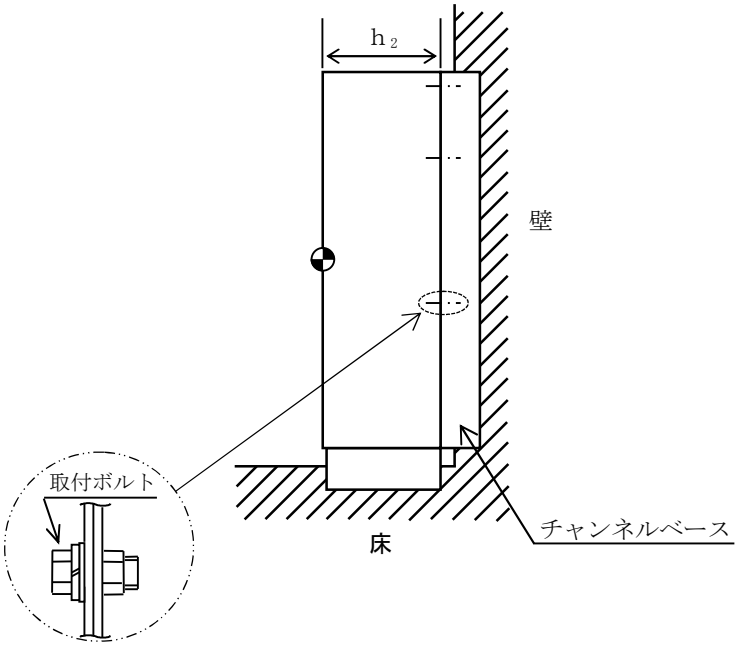
1.4.2 電気的機能維持の評価結果 ($9.8\ m/s^2$)

		評価用加速度	機能確認済加速度
放水路ゲート用開閉装置機側操作盤	水平方向	0.89	2.50
	鉛直方向	0.70	1.50

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


壁
チャンネルベース
h_2
転倒方向
（水平方向）


取付ボルト
ℓ_{32}
ℓ_{22}
ℓ_{12}


h_2
壁
取付ボルト
チャンネルベース
床

放水路ゲート用開閉装置動力切替盤の耐震性についての計算書

目次

1. 概要 ····· 1
2. 一般事項 ····· 1
2.1 構造計画 ····· 1
3. 固有周期 ····· 3
4. 構造強度評価 ····· 3
4.1 構造強度評価方法 ····· 3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力 ····· 3
5. 機能維持評価 ····· 7
5.1 電気的機能維持評価方法 ····· 7
6. 評価結果 ····· 8
6.1 設計基準対象施設としての評価結果 ····· 8

1. 概要

本計算書は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，放水路ゲート用開閉装置動力切替盤が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

放水路ゲート用開閉装置動力切替盤は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に分類される。以下，設計基準対象施設としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

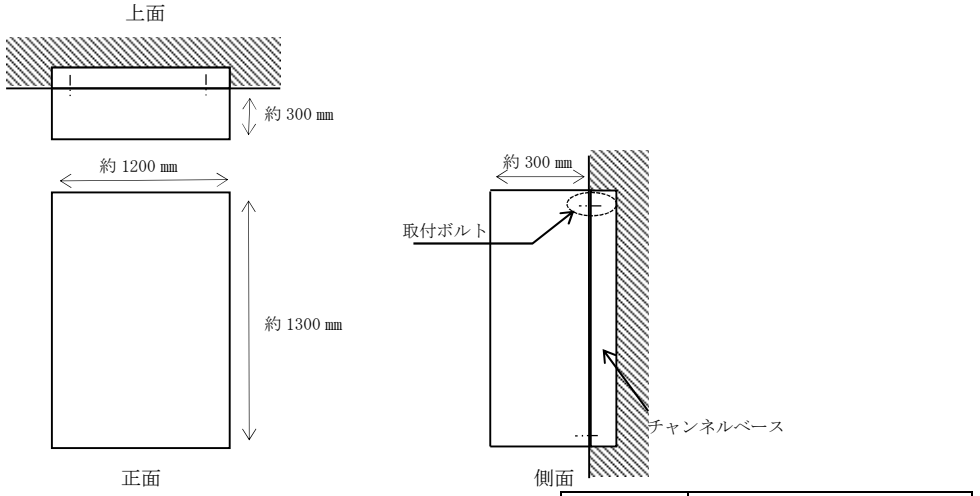
2. 一般事項

2.1 構造計画

放水路ゲート用開閉装置動力切替盤の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

<table>
<tr><th colspan="2">計画の概要</th><th>概略構造図</th></tr>
<tr><th>基礎・支持構造</th><th>主体構造</th><th rowspan="2"></th></tr>
<tr><td>放水路ゲート用開閉装置動力切替盤は，壁に埋め込まれた埋込金物で固定されたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。</td><td>壁掛形
（鋼材及び鋼板を組み合わせた壁掛け閉鎖型の盤）</td></tr>
</table>



	放水路ゲート用開閉装置動力切替盤
たて	約 300 ㎜
横	約 1200㎜
高さ	約 1300㎜

3　固有周期

放水路ゲート用開閉装置動力切替盤の固有周期（共振周波数）は，計算結果より 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。

表 3-1　固有周期（s）

水平方向	鉛直方向
0.026	0.026

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

放水路ゲート用開閉装置動力切替盤の構造は壁掛形であるため，構造強度評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

4.2　荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

放水路ゲート用開閉装置動力切替盤の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設としての評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2　許容応力

放水路ゲート用開閉装置動力切替盤は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

放水路ゲート用開閉装置動力切替盤の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設としての評価に用いるものを表 4-3 に示す。

表 4-1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震設計上の重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
浸水防護施設	防潮扉	放水路ゲート用開閉装置動力切替盤	S	－*	$D+P_D+M_D+S_d$*	III_AS
					$D+P_D+M_D+S_s$	IV_AS

注記　＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4-2　許容応力（その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 （ボルト等）	
	一次応力	
	引張り	せん断
$\mathrm{III}_{\mathrm{A}}\mathrm{S}$	1.5・f_t	1.5・f_s
$\mathrm{IV}_{\mathrm{A}}\mathrm{S}$	1.5・f_t*	1.5・f_s*

注記　＊1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

＊2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-3　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		Ｓｙ (MPa)	Ｓｕ (MPa)	Ｓｙ（ＲＴ） (MPa)
取付ボルト	[redacted]	周囲環境温度	[redacted]	234	385	―

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

放水路ゲート用開閉装置動力切替盤の電気的機能維持評価について，以下に示す。

電気的機能維持評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-13-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

放水路ゲート用開閉装置動力切替盤に設置される器具の機能確認済加速度には，同形式の器具の正弦波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した器具の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 （×9.8 m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
放水路ゲート用開閉装置動力切替盤	水平	2.50
	鉛直	1.50

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

放水路ゲート用開閉装置動力切替盤の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【放水路ゲート用開閉装置動力切替盤の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震設計上の重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
放水路ゲート用開閉装置動力切替盤	S	EL 2.00 (EL 8.20*)	0.026	0.026	－	－	C_H=1.10	C_V=0.96	

注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i} (mm)	ℓ_{2i} (mm)	ℓ_{3i} (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	n_{fVi}	n_{fHi}
取付ボルト (i=2)									

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i^* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト (i=2)	234	385	－	269	－	鉛直方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s	弾性設計用地震動S_d又は静的震度	基準地震動S_s
取付ボルト（i＝2）	－	1.484×10^3	－	9.918×10^2

1.4 結　論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	[redacted]	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=8$	$f_{ts2}=201$*
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=155$

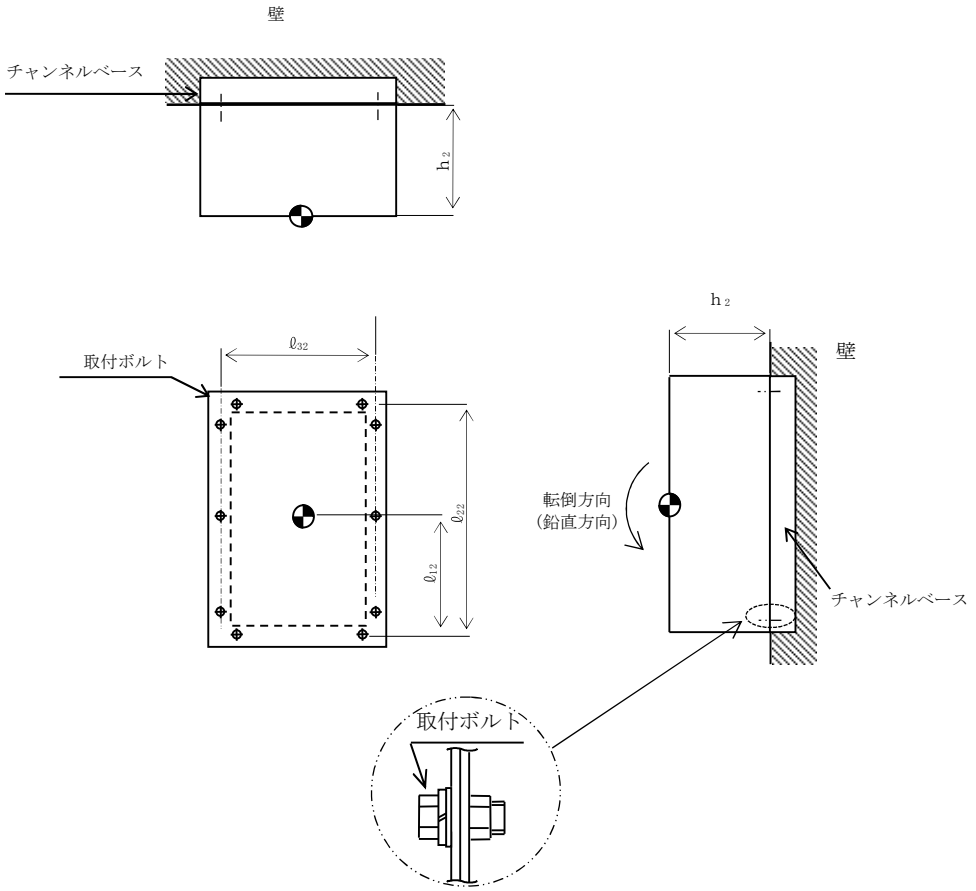
すべて許容応力以下である。

注記　＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot\tau_{bi},\ f_{toi}]$より算出

1.4.2 電気的機能維持の評価結果 (×9.8 m/s²)

		評価用加速度	機能確認済加速度
放水路ゲート用開閉装置動力切替盤	水平方向	0.92	2.50
	鉛直方向	0.80	1.50

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


壁
チャンネルベース
h_2
取付ボルト
ℓ_{32}
ℓ_{22}
ℓ_{12}
h_2
壁
転倒方向
(鉛直方向)
チャンネルベース
取付ボルト

Ⅴ-2-10-2-4　構内排水路逆流防止設備の耐震性についての計算書

目　次

1.　概要……1
2.　一般事項……2
2.1　配置概要……2
2.2　構造計画……4
2.3　評価方針……6
2.4　適用基準……7
2.5　記号の説明……8
3.　評価部位……10
4.　固有周期……11
4.1　固有周期の計算方法……11
4.2　固有周期の計算条件……12
4.3　固有周期の計算結果……13
5.　構造強度評価……15
5.1　構造強度評価方法……15
5.2　荷重及び荷重の組合せ……15
5.3　許容限界……16
5.4　設計用地震力……18
5.5　計算方法……20
5.6　計算条件……27
6.　評価結果……33
7.　出口側集水枡の耐震評価……34
7.1　出口側集水枡の構造概要……34
7.2　評価方針……40
7.3　適用基準……44
8.　地震応答解析……45
8.1　評価対象断面……45
8.1.1　杭間部……45
8.1.2　ＲＣ防潮壁部……47
8.2　解析方法……49
8.2.1　杭間部……49
8.2.2　ＲＣ防潮壁部……51
8.3　荷重及び荷重の組合せ……52
8.3.1　耐震安全性評価上考慮する状態……52
8.3.2　荷重……52
8.3.3　荷重の組合せ……52
8.4　入力地震動……53

8.4.1　杭間部 ····· 53
8.4.2　ＲＣ防潮壁部 ····· 70
8.5　解析モデル及び諸元 ····· 71
8.5.1　杭間部 ····· 71
8.5.2　ＲＣ防潮壁部 ····· 75
9.　出口側集水枡の耐震評価 ····· 76
9.1　評価対象部位 ····· 76
9.1.1　杭間部 ····· 76
9.1.2　ＲＣ防潮壁部 ····· 76
9.2　解析方法 ····· 76
9.2.1　杭間部 ····· 76
9.2.2　ＲＣ防潮壁部 ····· 76
9.3　荷重及び荷重の組合せ ····· 77
9.3.1　耐震安全性評価上考慮する状態 ····· 77
9.3.2　荷重 ····· 77
9.3.3　荷重の組合せ ····· 77
9.4　許容限界 ····· 78
9.4.1　杭間部 ····· 78
9.4.2　ＲＣ防潮壁部 ····· 81
9.5　解析モデル及び諸元 ····· 83
9.6　評価方法 ····· 83
9.6.1　杭間部 ····· 83
9.6.2　ＲＣ防潮壁部 ····· 86
10.　耐震評価結果 ····· 89
10.1　杭間部 ····· 89
10.1.1　構造部材の健全性に対する評価結果 ····· 89
10.1.2　基礎地盤の支持性能に対する評価結果 ····· 97
10.2　ＲＣ防潮壁部 ····· 98
10.2.1　構造部材の健全性に対する評価結果 ····· 98

1. 概要

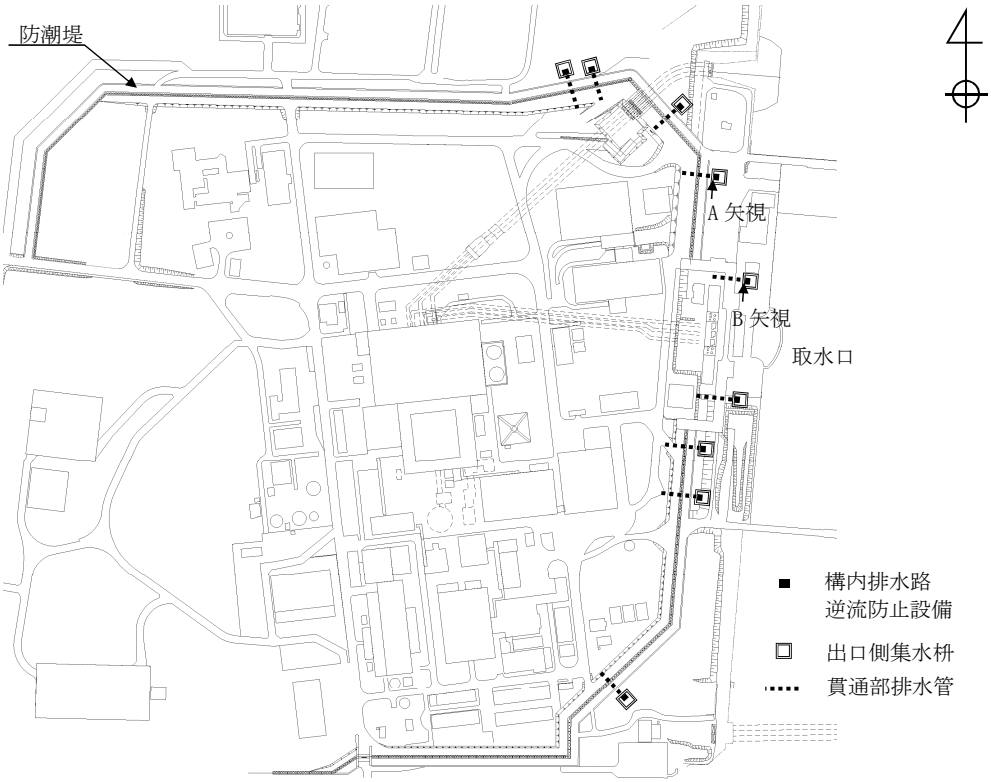
本資料は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度に基づき，浸水防護施設のうち構内排水路逆流防止設備が設計用地震力に対して，主要な構造部材が十分な構造健全性を有することを説明するものである。その耐震評価は構内排水路逆流防止設備の固有値解析及び応力評価により行う。また，構内排水路逆流防止設備が設置される出口側集水枡は耐震重要度分類 S クラスの間接支持構造物としての機能が要求されることから，基準地震動Ｓｓに対して，構成する部材が概ね弾性範囲にとどまることを確認するため，地震応答解析に基づく構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を行う。

2. 一般事項

2.1 配置概要

構内排水路逆流防止設備は，構内排水路の出口側集水枡に設置する。

構内排水路逆流防止設備の設置位置を図 2-1 に示す。



（平面図）

（A 矢視　構内排水路逆流防止設備 1,2,3,4,7,8,9）

（B 矢視　構内排水路逆流防止設備 5,6）

図 2-1　構内排水路逆流防止設備の設置位置図

2.2　構造計画

構内排水路逆流防止設備の構造は,スキンプレートに主桁及び補助桁を組合せた構造とする。本体をヒンジ（扉体部側及び固定部側），吊りピン及び戸当り金物を介して出口側集水枡に固定し，構内排水路を経由した津波の流入を防止する。構内排水路逆流防止設備の構造概要を表2-1及び表2-2に示す。

表2-1　構内排水路逆流防止設備（1,2,3,4,7,8,9）の構造概要

設備名称	計画の概要		概略構造図
	基礎・支持構造	主体構造	
構内排水路逆流防止設備1,2,3,4,7,8,9	本体をヒンジ(扉体部側及び固定部側)，吊りピン及び戸当り金物を介して出口側集水枡に固定する。	主桁及び補助桁を組合せたスキンプレートにより構成する。	

表 2-2　構内排水路逆流防止設備（5,6）の構造概要

設備名称	計画の概要		概略構造図
	基礎・支持構造	主体構造	
構内排水路逆流防止設備 5,6	本体をヒンジ（扉体部側及び固定部側），吊りピン及び戸当り金物を介して出口側集水枡に固定する。	主桁及び補助桁を組合せたスキンプレートにより構成する。	

2.3　評価方針

構内排水路逆流防止設備の耐震評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.2　構造計画」に示す構内排水路逆流防止設備の構造を踏まえ，「3.　評価部位」にて設定する評価部位において，「4.　固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを，「5.　構造強度評価」に示す方法にて確認することで実施する。応力評価の確認結果を「6.　評価結果」に示す。

構内排水路逆流防止設備の耐震評価フローを図 2-2 に示す。

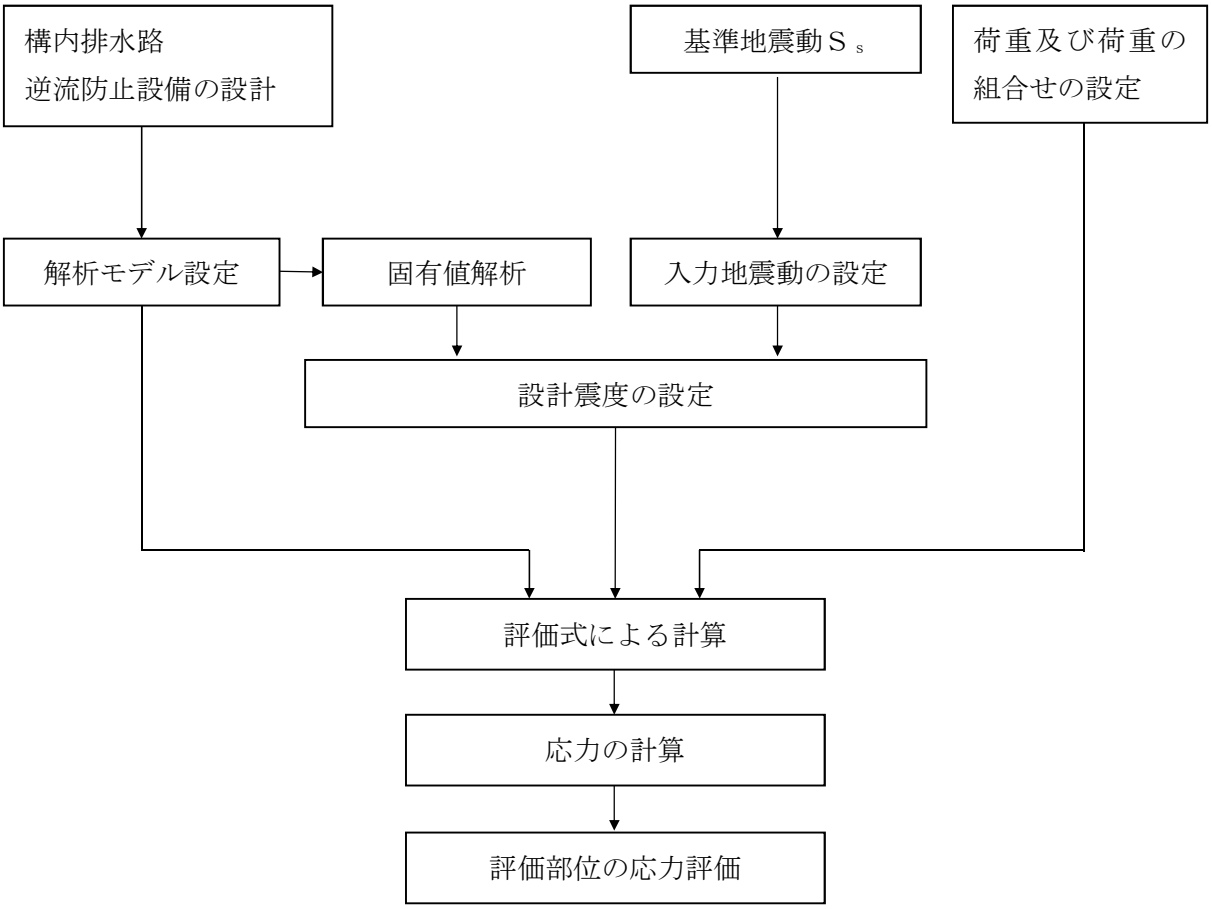


図 2-2　耐震評価フロー

2.4　適用基準

適用する規格，基準等を以下に示す。

(1)　原子力発電所耐震設計技術指針　重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１・補－1984（日本電気協会）

(2)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1987　（日本電気協会）

(3)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1991　追補版（日本電気協会）

(4)　日本工業規格　ＪＩＳ　Ｇ４０５３－2008　機械構造用合金鋼鋼材

(5)　「ダム・堰施設技術基準（案）（基準解説編・マニュアル編）」（(社）ダム・堰施設技術協会）

2.5　記号の説明

構内排水路逆流防止設備の固有周期の計算に用いる記号を表 2-3 に，応力評価に用いる記号を表 2-4 にそれぞれ示す。

表 2-3　構内排水路逆流防止設備の固有周期の計算に用いる記号

記号	定義	単位
T	固有周期	s
f	一次固有振動数	Hz
E	縦弾性係数	N/mm^2
I	主桁の断面二次モーメント	mm^4
m	主桁の単位長さ当たりの質量	kg/mm
L_1	主桁の長さ	mm
L_2	振り子の長さ	mm
g	重力加速度	mm/s^2

表 2-4　構内排水路逆流防止設備の耐震計算に用いる記号（1/2）

記号	定義	単位
G	固定荷重（扉体の自重）	N
K_H	基準地震動S_sによる水平方向の設計震度	－
K_V	基準地震動S_sによる鉛直方向の設計震度	－
A_1	扉体面積	mm^2
q_1	単位面積当たりの地震荷重	N/mm^2
k	スキンプレートの辺長比（b/a）による係数	－
a_1	スキンプレートの短辺	mm
b_1	スキンプレートの長辺	mm
P	スキンプレートに加わる単位面積当たりの荷重	N/mm^2
t_1	スキンプレートの板厚	mm
α_1	スキンプレートの応力の補正係数	－
W	主桁に加わる扉体自重による荷重	N
L_0	主桁の支圧板中心間	mm
Z_2	主桁の断面係数	mm^3
A_{w2}	主桁のウェブ断面積	mm^2
p	縦補助桁に加わる各区分の平均荷重	N/mm^2
a_3	縦補助桁の主桁間隔	mm
Z_3	縦補助桁の断面係数	mm^3
A_{w3}	縦補助桁のウェブ断面積	mm^2
V_e	鉛直方向地震荷重	N

表 2-4　構内排水路逆流防止設備の耐震計算に用いる記号（2/2）

記号	定義	単位
H_e	水平方向地震荷重	N
α_4	m_1-n_1 断面における応力集中係数	－
β_4	m-n 断面における応力集中係数	－
a_4	ピン穴半径	mm
b_4	リング部の半径	mm
Tp	引張部材の板厚	mm
S_V	地震時吊りリンク片側荷重(鉛直)	N
S_H	地震時吊りリンク片側荷重(水平)	N
L_2	ブラケット長さ	mm
B_t	ブラケット幅	mm
t_2	ブラケット板厚	mm
A_S	せん断断面積	mm^2
D_1	ピン穴部外径	mm
d_1	ピン穴部内径	mm
P_g	リンク荷重	N
L	支持間隔	mm
b_6	リンクピン部厚さ	mm
Z_6	リンクピンの断面係数	mm^3
A_6	リンクピンの断面積	mm^2
q	下部作用圧力	N/mm^2
D_r	支圧板中心径	mm
b_w	支圧幅（$=t_0+2t_r$）	mm
b_r	管内面から戸当り中心距離	mm
S	戸当り幅	mm
h	リンク支持間隔	mm
t_4	ヒンジ（扉体部側）の板厚	mm

3.　評価部位

構内排水路逆流防止設備は，主桁及び縦補助桁等を有する扉体部及び扉体を集水枡に固定するヒンジ（扉体部側及び固定部側），吊りピン等を有する固定部で構成されている。耐震評価においては，扉体部の評価部位として，主要部材であるスキンプレート，主桁，縦補助桁及びヒンジ（扉体部側）を選定し，固定部の評価部位としてヒンジ（固定部側），吊ピン及び戸当り（コンクリート）を選定する。構内排水路逆流防止設備の評価部位について，図 3-1 に示す。

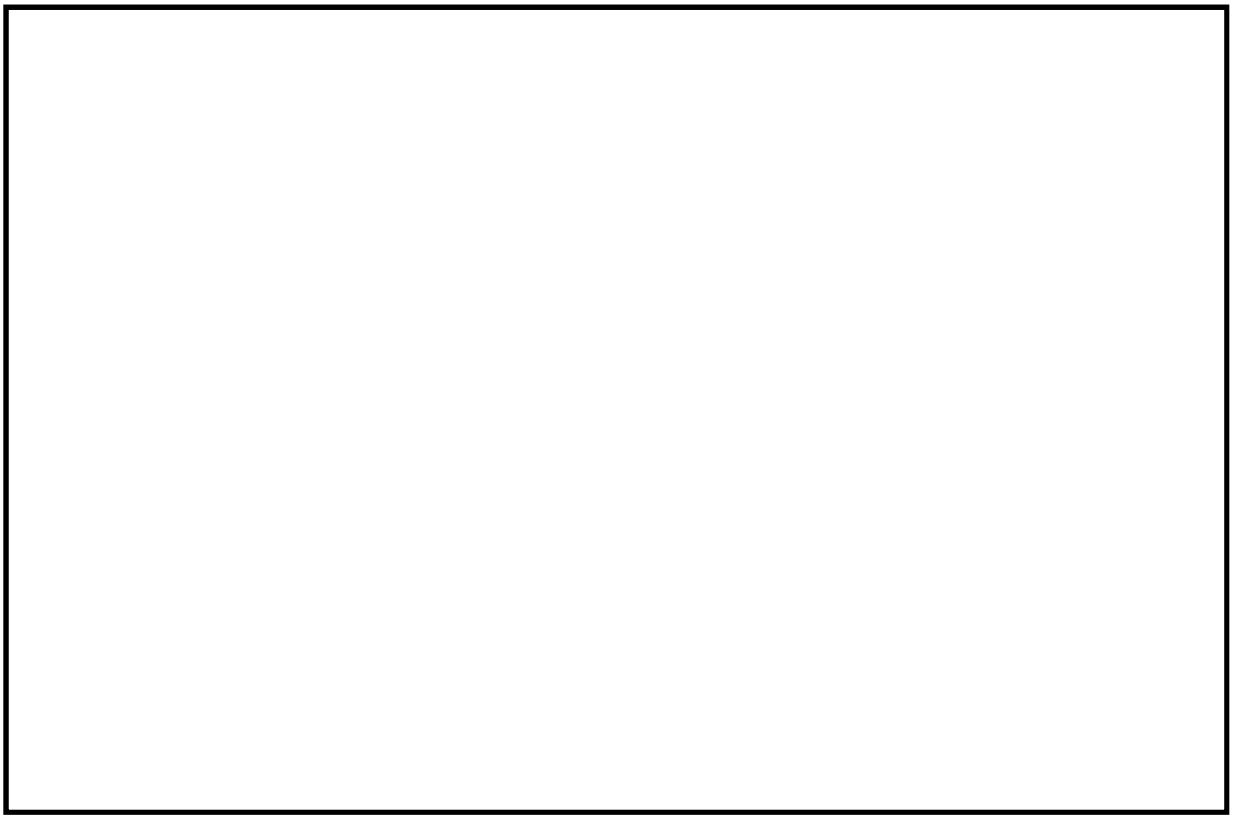


図 3-1　構内排水路逆流防止設備の評価部位

4.　固有周期

4.1　固有周期の計算方法

構内排水路逆流防止設備は扉体部及び固定部で構成されるため，固有周期の計算に用いる解析モデルは扉体部及び固定部をモデル化する。固定部のモデル化については，地震力が構内排水路逆流防止設備の閉方向に作用する場合（以下「閉門時」という。）には扉体部は戸当りと密着した状態となることから戸当り部を支点とする両端支持梁でモデル化し，地震力が構内排水路逆流防止設備の開方向に作用する場合（以下「開門時」という。）には構内排水路逆流防止設備がヒンジを中心に縦断方向に振動することから，振り子振動としてモデル化する。以下で閉門時及び開門時における固有周期の計算を実施する。

4.1.1　閉門時

(1)　解析モデル(閉門時)

構内排水路逆流防止設備の主桁を単純支持梁としてモデル化する。

(2)　固有周期の計算(閉門時)

固有周期の計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

両端支持梁の固有周期は次のとおり与えられる。

$$T = \frac{1}{f}$$

$$f = \frac{\pi^2}{2\pi L_1^2}\sqrt{\frac{E \cdot I}{m}}$$

4.1.2　開門時

(1)　解析モデル(開門時)

ゲートの扉体がヒンジ部を回転中心とした振り子と考えてモデル化する。解析モデル図を図 4-1 に示す。

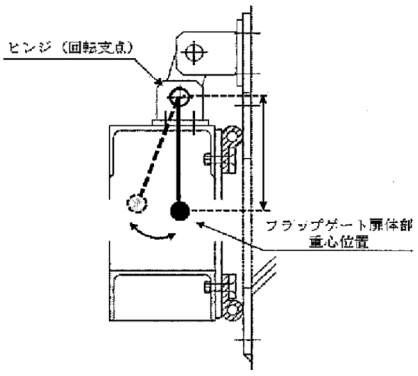


図 4-1　解析モデル図（開門時）

(2)　固有周期の計算(開門時)

固有周期の計算に用いる寸法は，公称値を使用する。開門時の固有周期は次式により計算する。

$$T = \frac{1}{f}$$

$$f = 1/(2\pi)\sqrt{\frac{g}{L_2}}$$

4.2　固有周期の計算条件

4.2.1　閉門時

構内排水路逆流防止設備（1,2,3,4,7,8,9）の閉門時における固有周期の計算に必要な諸元を表 4-1 に，構内排水路逆流防止設備（5,6）の閉門時における固有周期の計算に必要な諸元を表 4-2 にそれぞれ示す。

表 4-1　固有周期の計算に必要な諸元（閉門時）
（構内排水路逆流防止設備（1,2,3,4,7,8,9））

記号	定義	数値	単位
T	固有周期	－	s
f	一次固有振動数	－	Hz
E	縦弾性係数	1.93×10^{5}	N/mm^2
I	主桁の断面二次モーメント	1.11×10^{8}	mm^4
m	主桁の単位長さ当たりの質量	0.32415	kg/mm
L_I	主桁の長さ	1090	mm

表 4-2　固有周期の計算に必要な諸元（閉門時）
（構内排水路逆流防止設備（5,6））

記号	定義	数値	単位
T	固有周期	－	s
f	一次固有振動数	－	Hz
E	縦弾性係数	1.93×10^{5}	N/mm^2
I	主桁の断面二次モーメント	8.90×10^{6}	mm^4
m	主桁の単位長さ当たりの質量	0.17522	kg/mm
L_I	主桁の長さ	570	mm

4.2.2　開門時

構内排水路逆流防止設備（1,2,3,4,7,8,9）の開門時における固有周期の計算に必要な諸元を表 4-3 に，構内排水路逆流防止設備（5,6）の開門時における固有周期の計算に必要な諸元を表 4-4 にそれぞれ示す。

表 4-3　固有周期の計算に必要な諸元（開門時）
（構内排水路逆流防止設備（1,2,3,4,7,8,9））

記号	定義	数値	単位
T	固有周期	－	s
f	一次固有振動数	－	Hz
L_2	振り子の長さ	665	mm
g	重力加速度	9810	mm/s^2

表 4-4　固有周期の計算に必要な諸元（開門時）
（構内排水路逆流防止設備（5,6））

記号	定義	数値	単位
T	固有周期	－	s
f	一次固有振動数	－	Hz
L_2	振り子の長さ	370	mm
g	重力加速度	9810	mm/s^2

4.3　固有周期の計算結果

4.3.1　閉門時

構内排水路逆流防止設備（1,2,3,4,7,8,9）の閉門時における固有周期の計算結果を表 4-5 に，構内排水路逆流防止設備（5,6）の閉門時における固有周期の計算結果を表 4-6 にそれぞれ示す。固有周期は，0.05 s 以下であることから，剛構造である。

表 4-5　固有周期の計算結果（閉門時）
（構内排水路逆流防止設備（1,2,3,4,7,8,9））

固有振動数 (Hz)	固有周期 (s)
345	0.0029

表 4-6　固有周期の計算結果（閉門時）
（構内排水路逆流防止設備（5,6））

固有振動数 (Hz)	固有周期 (s)
476	0.0021

4.3.2　開門時

構内排水路逆流防止設備（1,2,3,4,7,8,9）の開門時における固有周期の算出結果を表 4-7 に，構内排水路逆流防止設備（5,6）の開門時における固有周期の算出結果を表 4-8 にそれぞれ示す。固有周期が 0.05s 以上であったことから，開門時における構内排水路逆流防止設備の耐震計算に用いる設計震度については固有周期の計算結果を踏まえて設定する。

表 4-7　固有周期の計算結果（開門時）
（構内排水路逆流防止設備（1,2,3,4,7,8,9））

固有振動数 (Hz)	固有周期 (s)
0.61	1.636

表 4-8　固有周期の計算結果（開門時）
（構内排水路逆流防止設備（5,6））

固有振動数 (Hz)	固有周期 (s)
0.820	1.22

5.　構造強度評価

5.1　構造強度評価方法

構内排水路逆流防止設備の耐震評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえて，「3.　評価部位」にて設定する評価部位に作用する応力等が「5.3　許容限界」にて示す許容限界以下であることを確認する。

5.2　荷重及び荷重の組合せ

5.2.1　荷重の設定

構内排水路逆流防止設備の耐震評価において考慮する荷重を以下に示す。

(1)　固定荷重（G）

固定荷重として，扉体自重を考慮する。

(2)　地震荷重（K_S）

基準地震動S_sによる地震荷重を考慮する。

5.2.2　荷重の組合せ

構内排水路逆流防止設備は，構内排水路の出口側集水枡に設置されるため，その構造及び設置位置から風荷重及び積雪荷重の影響は考慮しない。

荷重の組合せを表5-1に示す。

表5-1　荷重の組合せ

施設区分	機器名称	荷重の組合せ*
浸水防護施設 （津波防護施設）	構内排水路逆流防止設備	$G+K_s$

注記　＊：Gは固定荷重，K_sは基準地震動S_sによる地震荷重を示す。

5.3　許容限界

構内排水路逆流防止設備の各部材の許容値は,評価対象部位毎に,ダム・堰施設技術基準(案)に規定される許容応力度を用いる。

構内排水路逆流防止設備の許容限界を表 5-2 に，構内排水路逆流防止設備の許容応力評価条件を表 5-3 に，構内排水路逆流防止設備の許容応力算出結果を表 5-4 示す。

表 5-2　構内排水路逆流防止設備の許容限界

許容応力状態	許容限界*1			
	1 次応力			
	曲げ	引張	せん断	支圧
短期許容応力度	$1.5\sigma_{ab}$*2	$1.5\sigma_{at}$*2	$1.5\tau_{a}$*2	$1.5\sigma_{as}$*2

注記　＊1：地震後，津波後の再使用性や津波の繰返し作用を想定し，当該構造物全体の変形能力に対して浸水防護機能として十分な余裕を有するよう，設備を構成する材料が弾性域内に収まることを基本とする。

＊2：扉体の許容限界は,「ダム・堰施設技術基準（案）（基準解説編・マニュアル編）((社)ダム・堰施設技術協会　平成 25 年 6 月)」に基づき，短期許容応力度とする。短期許容応力度は，鋼材の許容応力度に対して 1.5 倍の割増しを考慮する。

表 5-3　構内排水路逆流防止設備の許容応力評価条件

評価対象部位	材料	σ_{ab}*1,2 (N/mm^2)	σ_{at}*1,2 (N/mm^2)	τ_{a}*1,2 (N/mm^2)	σ_{as}*1,2 (N/mm^2)
スキンプレート	SUS316L	90	－	－	－
主桁	SUS316L	90	－	50	－
縦補助桁	SUS316L	90	－	50	－
ヒンジ（扉体部側）	SUS316L	－	90	50	－
ヒンジ（固定部側）	SUS316L	90	－	50	－
吊りピン	SUS316L	90	－	50	－
戸当り（コンクリート）	無筋コンクリート	－	－	0.40	5.9

注記　＊1：σ_{ab}：許容曲げ応力度，σ_{ac}：許容圧縮応力度，σ_{at}：許容引張応力度，τ_{a}：許容せん断応力度，σ_{as}：許容支圧応力度を示す。

＊2：各許容応力度の値は,「ダム・堰施設技術基準（案）（基準解説編・マニュアル編）((社)ダム・堰施設技術協会　平成 25 年 6 月)」に基づく。

表 5-4　構内排水路逆流防止設備の許容応力算出結果

許容応力状態	評価対象部位	許容限界			
		1 次応力			
		曲げ (N/mm²)	引張 (N/mm²)	せん断 (N/mm²)	支圧 (N/mm²)
短期許容応力度	スキンプレート	135	－	－	－
	主桁	116／104*1,2	－	75	－
	縦補助桁	124／131*1,2	－	75	－
	ヒンジ（扉体部側）	－	135	75	－
	ヒンジ（固定部側）	135	－	75	－
	吊りピン	135	－	75	－
	戸当り（コンクリート）	－	－	0.6	8.9

注記　＊1：主桁，縦補助桁に用いる構造用鋼材の許容曲げ圧縮応力度は，「ダム・堰施設技術基準（案）（基準解説編・マニュアル編）（ダム・堰施設技術協会　平成 25 年 6 月）」に基づき，許容曲げ応力度横倒れ座屈に対する配慮として許容応力の低減を考慮し，以下の計算式により算出する。

$$\frac{L}{b} \leqq \frac{10}{K} : 90 \times 1.5 = 135 \quad (N/mm^2)$$

$$\frac{L}{b} > \frac{10}{K} : \sigma_{ca} = \left(90 - 0.7\left(K\frac{L}{b} - 10\right)\right) \times 1.5 \quad (N/mm^2)$$

$$K = \sqrt{3 + \frac{A_w}{2 \cdot A_c}} \qquad \text{ただし，} \frac{A_w}{A_c} < 2 \quad \text{の場合} \qquad K = 2$$

ここに，L　：圧縮フランジの固定間隔（mm）
b　：圧縮フランジ幅（mm）
A_w：腹板の総断面積（mm²）
A_c：圧縮フランジの総断面積（mm²）

＊2：主桁，縦補助桁の許容曲げ応力の記載は，構内排水路逆流防止設備 1,2,3,4,7,8,9／構内排水路逆流防止設備 5,6 とする。

5.4　設計用地震力

「4.　固有周期」に示したとおり，閉門時においては構内排水路逆流防止設備の固有周期が 0.05s 以下であることを確認したため，閉門時における構内排水路逆流防止設備の耐震計算に用いる設計震度は，表 5-5 に示すとおりとする。また，開門時においては構内排水路逆流防止設備の固有周期が 0.05s 以上であったことから，開門時における構内排水路逆流防止設備の耐震計算に用いる設計震度は，表 5-6 に示すとおりとする。

表 5-5　設計用地震力（閉門時）

設備名称	地震動	設置場所 及び 床面高さ (m)	地震による設計震度*1	
構内排水路逆流防止設備 1,2,3,4,7,8,9	基準地震動 S_s	出口側集水枡 EL. 1.14～5.40 （管底高さ） （ EL. 5.550*2）	水平方向K_H	0.75
			鉛直方向K_V	0.55
構内排水路逆流防止設備 5,6		出口側集水枡 1.350 （管底高さ） （ EL. 1.8*3）	水平方向K_H	0.72
			鉛直方向K_V	0.67

注記　＊1：「4.　固有周期」より，構内排水路逆流防止設備の固有周期が 0.05s 以下であることを確認したため，設置床の最大応答加速度の 1.2 倍を考慮した設計震度を設定した。

＊2：防潮提（鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁）における基準床レベルを示す。

＊3：防潮提（鉄筋コンクリート防潮壁）における基準床レベルを示す。

表 5-6　設計用地震力（開門時）

設備名称	地震動	設置場所 及び 床面高さ (EL.m)	地震による設計震度*1	
構内排水路逆流防止設備 1,2,3,4,7,8,9	基準地震動 S_s	出口側集水枡 EL. 1.14～5.40 （管底高さ） （EL. 5.550*2）	水平方向K_H	3.33
			鉛直方向K_V	1.19
構内排水路逆流防止設備 5,6		出口側集水枡 1.350 （管底高さ） （EL. 1.8*3）	水平方向K_H	5.17
			鉛直方向K_V	1.25

注記　＊1：「4.　固有周期」より，構内排水路逆流防止設備の固有周期が 0.05s 以上であることを確認したため，固有周期の計算結果を考慮した設計震度を設定した。
＊2：防潮提（鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁）における基準床レベルを示す。
＊3：防潮提（鉄筋コンクリート防潮壁）における基準床レベルを示す。

「閉門時」及び「開門時」にて設定した設計震度から，より震度の大きくなった「開門時」における設計震度をもとに応力評価を実施する。

5.5　計算方法

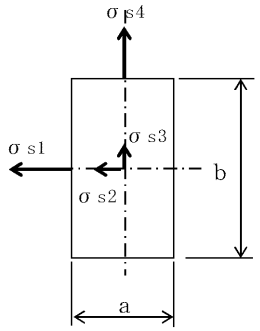
各評価部位に加わる応力等の算出式を以下にまとめる。

(1)　スキンプレート

スキンプレートに発生する曲げモーメントは，４辺を固定支持された平板としてモデル化し，曲げ応力を算定する。

スキンプレートのモデル図及び応力算定式を図 5-1 に示す。

$$\sigma = \frac{k \cdot a_1^{\,2} \cdot P \cdot -10^{6}}{100 \cdot t^{\,2}}$$



σ ：応力度（N/mm）

k ：辺長比（b_1/a_1）による係数

a_1：スキンプレートの短辺（mm）

b_1：スキンプレートの長辺（mm）

P ：発生圧力（N/mm^2）

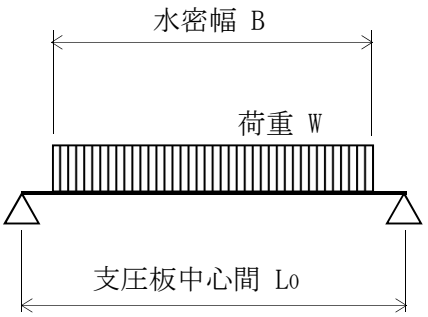
t_1：スキンプレートの板厚（mm）

図 5-1　スキンプレートのモデル図及び応力算定式

(2)　主桁

主桁は，部材の発生断面力に対して保守的な評価となるよう，支圧板の設置位置を支点とする両端をピン支点の単純梁によりモデル化する。

主桁のモデル図を図 5-2 に示す。



$$Mmax = \frac{W}{8} \cdot (2 \cdot L_0 - B)$$

$$Smax = \frac{W}{2}$$

$$\sigma = \frac{Mmax \cdot 10^6}{Z_2 \cdot 10^3}$$

$$\tau = \frac{Smax \cdot 10^3}{Aw2 \cdot 10^2}$$

Mmax ：最大曲げモーメント（N・mm）
Smax ：最大せん断力（N）
σ ：曲げ応力（N/mm^2）
τ ：せん断応力（N/mm^2）
W ：扉体自重による荷重（N）
L_0 ：支圧板中心間(mm)
Z_2 ：主桁の断面係数（mm^3）
A_{w2} ：主桁のウェブ断面積（mm^2）

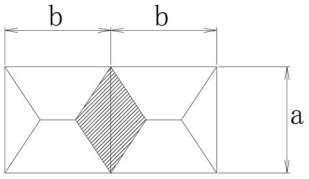
図 5-2　主桁のモデル図

(3) 縦補助桁

縦補助桁については，主桁によって支持された単純支持梁とし，荷重は平均水圧が亀甲形または菱形に作用したものとして，「ダム・堰施設技術基準（案）（基準解説編・マニュアル編）（(社）ダム・堰施設技術協会，平成 25 年 6 月)」の式により曲げ応力及びせん断応力を算定する。

縦補助桁のモデル図及び応力算定式を図 5-3 に示す。

・菱形の場合



$$M = \frac{p \cdot a_3^{\,3}}{12}$$

$$S = \frac{p \cdot a_3^{\,2}}{4}$$

$$\sigma = \frac{Mmax \cdot 10^{6}}{Z_3 \cdot 10^{3}}$$

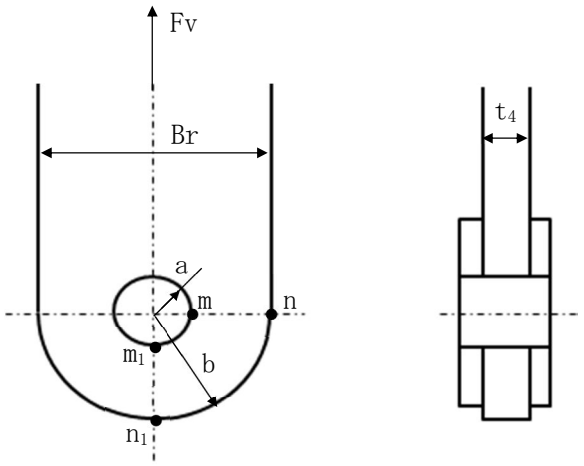
$$\tau = \frac{Smax \cdot 10^{3}}{Aw3 \cdot 10^{2}}$$

Mmax：最大曲げモーメント（N・mm）
Smax：最大せん断力（N）
σ　：曲げ応力（N/mm²）
τ　：せん断応力（N/mm²）
p　：各区分の平均水圧（N/mm²）
a_3　：主桁間隔（mm）
Z_3　：縦補助桁の断面係数（mm³）
Aw_3　：縦補助桁のウェブ断面積（mm²）

図 5-3　縦補助桁のモデル図及び応力算定式

(4)　ヒンジ（扉体部側）

ヒンジ（扉体部側）のピン穴接合部は、ダム・堰施設技術基準（案）のピン接合として計算する。ヒンジ（扉体部側）のモデル図及び応力算定式を図 5-4 に示す。



b_4/a_4	α	β
2	1.44	3.85
4	0.17	1.57

$2<b_4/a_4<4$ のとき，α，β はそれぞれ直線補間とする。

$$V_e = W \cdot (1 + K_V)$$

$$H_e = W \cdot K_H$$

$$Fv = V_e$$

$$\sigma_A = \frac{\beta \cdot F_V}{2 \cdot a_4 \cdot t_p}$$

$$\sigma_B = \frac{\alpha \cdot F_V}{2 \cdot a_4 \cdot t_p}$$

$$\sigma_b = \frac{6 \cdot S_H \cdot h}{B_r \cdot t_4^2}$$

ここに，

V_e：鉛直方向地震荷重（N）

H_e：水平方向地震荷重（N）

Fv：引張部材に作用する軸力（N）

α_4：m_1-n_1 断面における応力集中係数

β_4：m-n 断面における応力集中係数

a_4：ピン穴半径（mm）

b_4：リング部の半径（mm）

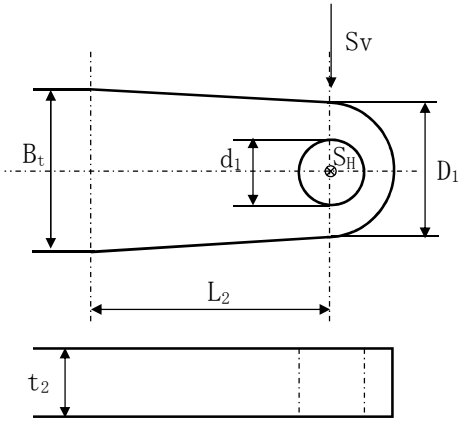
t_p：引張部材の板厚（mm）

t_4：ヒンジ（扉体部側）の板厚（mm）

図 5-4　ヒンジ（扉体部側）のモデル図及び応力算定式

(5)　ヒンジ（固定部側）

ヒンジ（扉体部側）のモデル図及び応力算定式を図 5-5 に示す。



$$A_S = \frac{(D_1 - d_1) \cdot t_2}{2}$$

$$S_V = V_e$$

$$S_H = H_e$$

支持部曲げ応力(鉛直方向)

$$\sigma b = \frac{6 \cdot S_v \cdot L_2}{2 \cdot t_2 \cdot Bt^2}$$

支持部曲げ応力(水平方向)

$$\sigma b = \frac{6 \cdot S_H \cdot L_2}{2 \cdot Bt \cdot t_2^2}$$

ピン穴部せん断応力

$$\tau_B = \frac{S_V}{4 \cdot As}$$

ここに，

S_V：地震時吊りリンク片側荷重（鉛直）（N）

S_H：地震時吊りリンク片側荷重（水平）（N）

L_2：ブラケット長さ（mm）

B_t：ブラケット幅（mm）

t_2：ブラケット板厚（mm）

A_S：せん断断面積（mm^2）

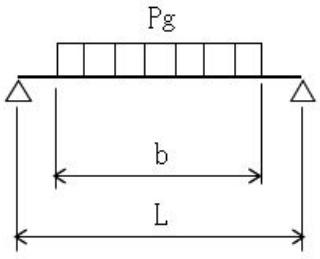
D_1：ピン穴部外径（mm）

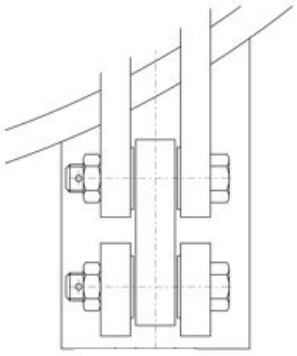
d_1：ピン穴部内径（mm）

図 5-5　ヒンジ（固定部側）のモデル図及び応力算定式

(6)　吊りピン

吊りピンのモデル図及び応力算定式を図 5-6 に示す。





曲げモーメント

$$M=\frac{Pg}{8}(2L-b)$$

せん断力

$$S=\frac{Pg}{2}$$

$$Z_6=\frac{\pi}{32}\cdot d^3$$

$$A_6=\frac{\pi}{4}\cdot d^2$$

$$\sigma=\frac{M}{Z_6}$$

$$\tau=\frac{S}{A_6}$$

ここに,

P_g：リンク荷重（N）

L：支持間隔（mm）

b：リンクピン部厚さ（mm）

Z_6：リンクピンの断面係数（mm^3）

A_6：リンクピンの断面積（mm^2）

σ：曲げ応力度（N/mm^2）

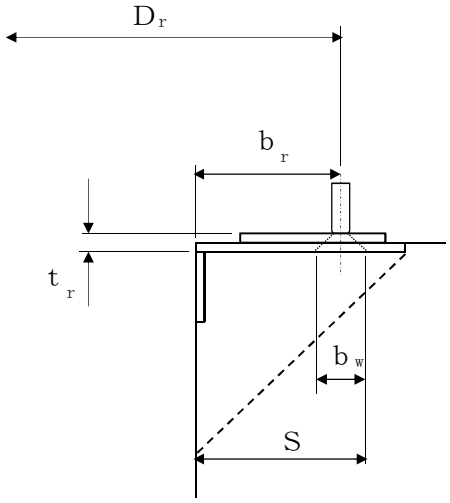
τ：せん断応力度（N/mm^2）

図 5-6　吊りピンのモデル図及び応力算定式

(7)　戸当り部コンクリート

戸当り部コンクリートは，下部水圧が計算高に作用しているとして，支圧応力及びせん断応力を評価する。

戸当り部コンクリートのモデル図及び応力算定式を図 5-7 に示す。



コンクリートの支圧応力度

$$\sigma_{bk} = \frac{q \cdot A}{\pi \cdot Dr \cdot bw}$$

$$A = \frac{\pi \cdot D_r^2}{4}$$

コンクリートのせん断応力度

$$\tau_c = \frac{\sigma_{bk} \cdot bw}{2 \cdot S}$$

ここに、

q　：下部作用圧力　(N/mm^2)

D_r：支圧板中心径（mm）

b_w：支圧幅（＝t_0＋2t_r）（mm）

t_0：扉体支圧板有効幅（mm）

b_r：管内面から戸当り中心距離（mm）

σ_{bk}：コンクリート支圧応力度（N/mm^2）

A：支圧面積（mm^2）

S：戸当り幅（mm）

図 5-7　戸当り部コンクリートのモデル図及び応力算定式

5.6　計算条件

構内排水路逆流防止設備（1,2,3,4,7,8,9）の応力評価に用いる計算条件を表 5-7 に，構内排水路逆流防止設備（5,6）の応力評価に用いる計算条件を表 5-8 にそれぞれ示す。

表 5-7　応力評価に用いる計算条件（構内排水路逆流防止設備（1,2,3,4,7,8,9））(1/3)

スキンプレート，主桁，補助桁，ヒンジ及び吊りピンの材質	固定荷重（扉体の自重）G (N)	扉体面積 A_1 (mm^2)	単位面積当たりの地震荷重 q_1 (N/mm^2)
SUS316L	3.5×10^3	8.99×10^5	1.297×10^{-2}

スキンプレートの辺長比（b/a）による係数 k	スキンプレートの短辺 a_1 (mm)	スキンプレートの長辺 b_1 (mm)	スキンプレートに加わる単位面積当たりの荷重 P (N/mm^2)
44.88	390	575	1.297×10^{-2}

スキンプレートの板厚 t_1 (mm)	スキンプレートの応力の補正係数 α_1	主桁に加わる扉体自重による荷重 W (N)	主桁の支圧板中心間 L_0 (mm)
16	0.8	5.82×10^3	1.089×10^3

主桁の断面係数 Z_2 (mm^3)	主桁のウェブ断面積 Aw_2 (mm^2)	縦補助桁に加わる各区分の平均荷重 p (N/mm^2)	縦補助桁の主桁間隔 a_3 (mm)
2.24×10^5	1.632×10^3	1.297×10^{-2}	390

表 5-7　応力評価に用いる計算条件（構内排水路逆流防止設備（1,2,3,4,7,8,9））(2/3)

縦補助桁の断面係数 Z_3 (mm^3)	縦補助桁の ウェブ断面積 Aw_3 (mm^2)	鉛直方向地震荷重V_e (N)	水平方向地震荷重H_e (N)
2.50×10^4	7.04×10^2	7.70×10^3	1.17×10^4

m_1-n_1断面における応力集中係数 α_4	m-n 断面における応力集中係数 β_4	ピン穴半径 a_4 (mm)	リング部の半径 b_4 (mm)
1.44	3.85	12.5	25

引張部材の板厚 tp (mm)	地震時吊りリンク片側荷重(鉛直) S_V (N)	地震時吊りリンク片側荷重(水平) S_H (N)	ブラケット長さ L_2 (mm)
25	3.85×10^3	5.85×10^3	95

ブラケット幅 B_t (mm)	ブラケット板厚 t_2 (mm)	せん断断面積 A_S (mm^2)	ピン穴部外径 D_1 (mm)
60	19	238	50

ピン穴部内径 d_1 (mm)	リンク荷重 P_g (N)	支持間隔 L (mm)	リンクピン部厚さ b_6 (mm)
25	3.85×10^3	51	25

表 5-7　応力評価に用いる計算条件（構内排水路逆流防止設備（1,2,3,4,7,8,9））(3/3)

リンクピンの断面係数 Z_6 (mm^3)	リンクピンの断面積 A_6 (mm^2)	下部作用圧力 q (N/mm^2)	支圧板中心径 D_r (mm)
1.534×10^3	4.91×10^2	1.297×10^{-2}	1.15×10^3

支圧幅（$=t_0+2t_r$） b_w (mm)	管内面から戸当り中心距離 b_r (mm)	戸当り幅 S (mm)	リンク支持間隔 h (mm)
50	75	1.20×10^2	70

ヒンジ（扉体部側）の板厚 t_4 (mm)
25

表 5-8　応力評価に用いる計算条件（構内排水路逆流防止設備（5,6））(1/3)

スキンプレート， 主桁，補助桁， ヒンジ及び吊り ピンの材質	固定荷重 （扉体の自重） G (N)	扉体面積 A_1 (mm^2)	単位面積当たり の地震荷重 q_1 (N/mm^2)
SUS316L	981	2.12×10^{5}	2.3925×10^{-2}

スキンプレートの辺 長比（b/a）による 係数 k	スキンプレートの 短辺 a_1 (mm)	スキンプレートの 長辺 b_1 (mm)	スキンプレートに 加わる単位面積当た りの荷重 P (N/mm^2)
45.50	2.00×10^{2}	3.00×10^{2}	2.3925×10^{-2}

スキンプレートの 板厚 t_1 (mm)	スキンプレートの 応力の補正係数 α_1	主桁に加わる 扉体自重による荷重 W (N)	主桁の 支圧板中心間 L_0 (mm)
9	0.8	2.536×10^{3}	566

主桁の 断面係数 Z_2 (mm^3)	主桁の ウェブ断面積 Aw_2 (mm^2)	縦補助桁に加わる 各区分の平均荷重 p (N/mm^2)	縦補助桁の 主桁間隔 a_3 (mm)
3.300×10^{4}	4.00×10^{2}	2.3925×10^{-2}	2.00×10^{2}

縦補助桁の断面係数 Z_3 (mm^3)	縦補助桁の ウェブ断面積 Aw_3 (mm^2)	鉛直方向地震荷重V_e (N)	水平方向地震荷重H_e (N)
1.7×10^{4}	5.60×10^{2}	2.20×10^{3}	5.10×10^{2}

表 5-8　応力評価に用いる計算条件（構内排水路逆流防止設備（5,6））(2/3)

m_1-n_1 断面における応力集中係数 α_4	m-n 断面における応力集中係数 β_4	ピン穴半径 a_4 (mm)	リング部の半径 b_4 (mm)
1.039	3.13	9.5	25

引張部材の板厚 tp (mm)	地震時吊りリンク片側荷重(鉛直) S_V (N)	地震時吊りリンク片側荷重(水平) S_H (N)	ブラケット長さ L_2 (mm)
23	1.10×10^3	2.55×10^3	96

ブラケット幅 B_t (mm)	ブラケット板厚 t_2 (mm)	せん断断面積 A_S (mm^2)	ピン穴部外径 D_1 (mm)
60	12	186	50

ピン穴部内径 d_1 (mm)	リンク荷重 P_g (N)	支持間隔 L (mm)	リンクピン部厚さ b_6 (mm)
19	1.10×10^3	44	23

リンクピンの断面係数 Z_6 (mm^3)	リンクピンの断面積 A_6 (mm^2)	下部作用圧力 q (N/mm^2)	支圧板中心径 D_r (mm)
6.73×10^2	2.84×10^2	2.3925×10^{-2}	6.00×10^2

表 5-8　応力評価に用いる計算条件（構内排水路逆流防止設備（5,6））(3/3)

支圧幅（＝t_0+2t_r） b_w (mm)	管内面から戸当り中心距離 b_r (mm)	戸当り幅 S (mm)	リンク支持間隔 h (mm)
50	75	1.20×10^2	70

ヒンジ（扉体部側）の板厚 t_4 (mm)
15

6. 評価結果

構内排水路逆流防止設備（1,2,3,4,7,8,9）の扉体及び戸当りの評価結果を表 6-1 に，構内排水路逆流防止設備（5,6）の扉体及び戸当りの評価結果を表 6-2 にそれぞれ示す。発生応力が許容応力以下であることから構造部材が十分な構造健全性を有することを確認した。

表 6-1　耐震評価結果（構内排水路逆流防止設備（1,2,3,4,7,8,9））

評価部位		評価応力	発生応力 (N/mm^2)	許容応力 (N/mm^2)
扉体部	スキンプレート	最大応力度	3	135
	主桁	曲げ応力度	4	116
		せん断応力度	2	75
	縦補助桁	曲げ応力度	3	124
		せん断応力度	1	75
	ヒンジ（扉体部側）	引張応力度	24	135
		せん断応力度	7	75
固定部	ヒンジ（固定部側）	曲げ応力度	79	135
		せん断応力度	5	75
	吊りピン	曲げ応力度	25	135
		せん断応力度	6	75
	戸当り（コンクリート）	支圧応力度	0.08	8.9
		せん断応力度	0.02	0.6

表 6-2　耐震評価結果（構内排水路逆流防止設備（5,6））

評価部位		評価応力	発生応力 (N/mm^2)	許容応力 (N/mm^2)
扉体部	スキンプレート	最大応力度	5	135
	主桁	曲げ応力度	6	104
		せん断応力度	4	75
	補助桁	曲げ応力度	1	131
		せん断応力度	1	75
	ヒンジ（扉体部側）	引張応力度	8	135
		せん断応力度	2	75
固定部	ヒンジ（固定部側）	曲げ応力度	96	135
		せん断応力度	2	75
	吊りピン	曲げ応力度	14	135
		せん断応力度	3	75
	戸当り（コンクリート）	支圧応力度	0.08	8.9
		せん断応力度	0.02	0.6

7.　出口側集水枡の耐震評価

7.1　出口側集水枡の構造概要

集水桝は，底版と 4 面の壁からなる箱型の鉄筋コンクリート構造物であり，十分な支持性能を有する岩盤に設置する。支持形式の違いにより，鋼管杭を介するもの（以下，「集水枡（杭間部）」という。）と鉄筋コンクリート防潮壁の底版と一体化させるもの（以下，「集水枡（ＲＣ防潮壁部）」という。）に区分される。堤内側で接続する集水枡（以下，「入口側集水枡」という。）と堤外側で接続する集水枡（以下，「出口側集水枡」という。）があり，構内排水路逆流防止設備は出口側集水枡に設置する。

出口側集水枡に要求される機能維持の確認として，地震応答解析に基づく構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を行う。

出口側集水枡の構造図を図 7-1 に示す。

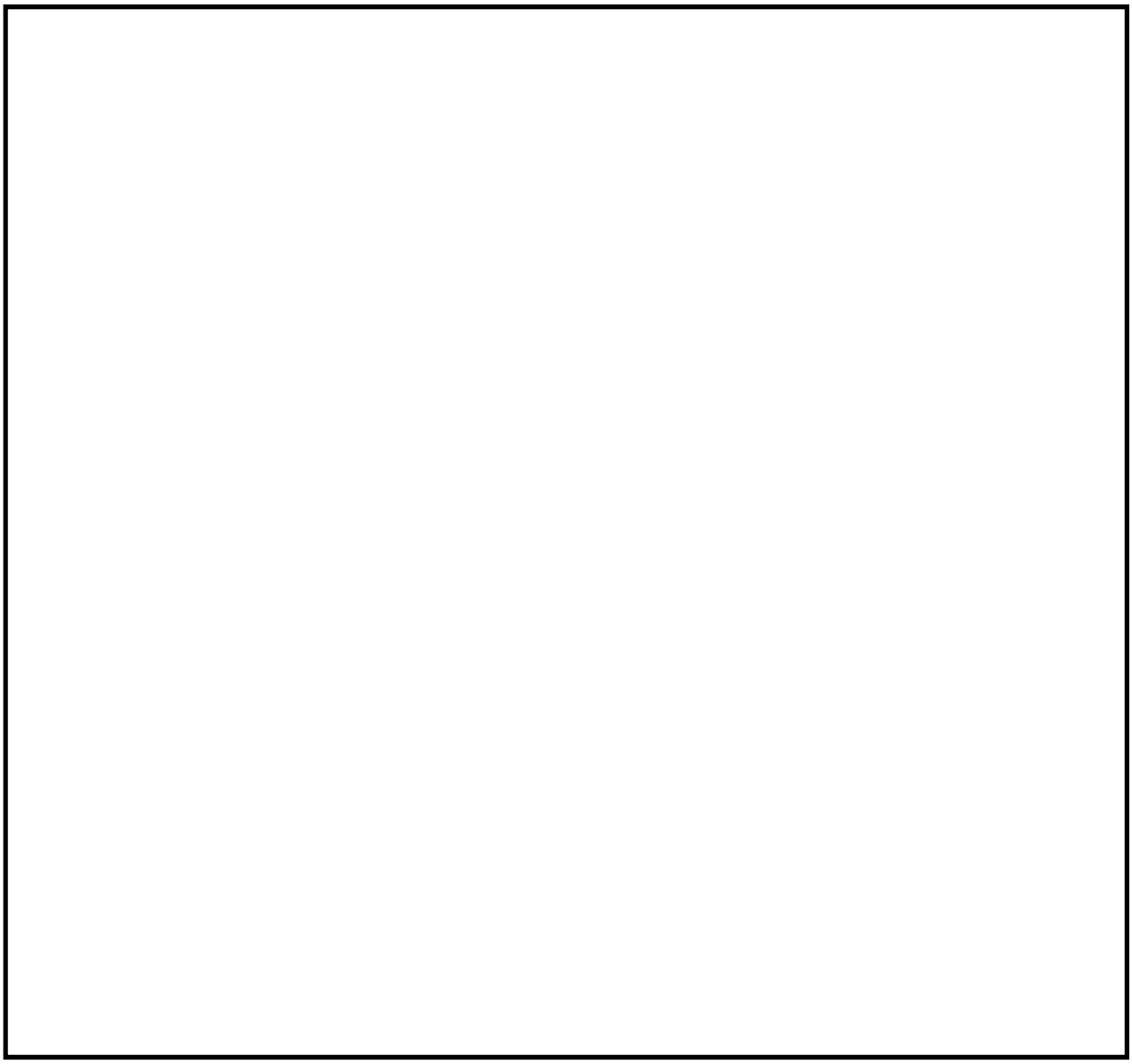
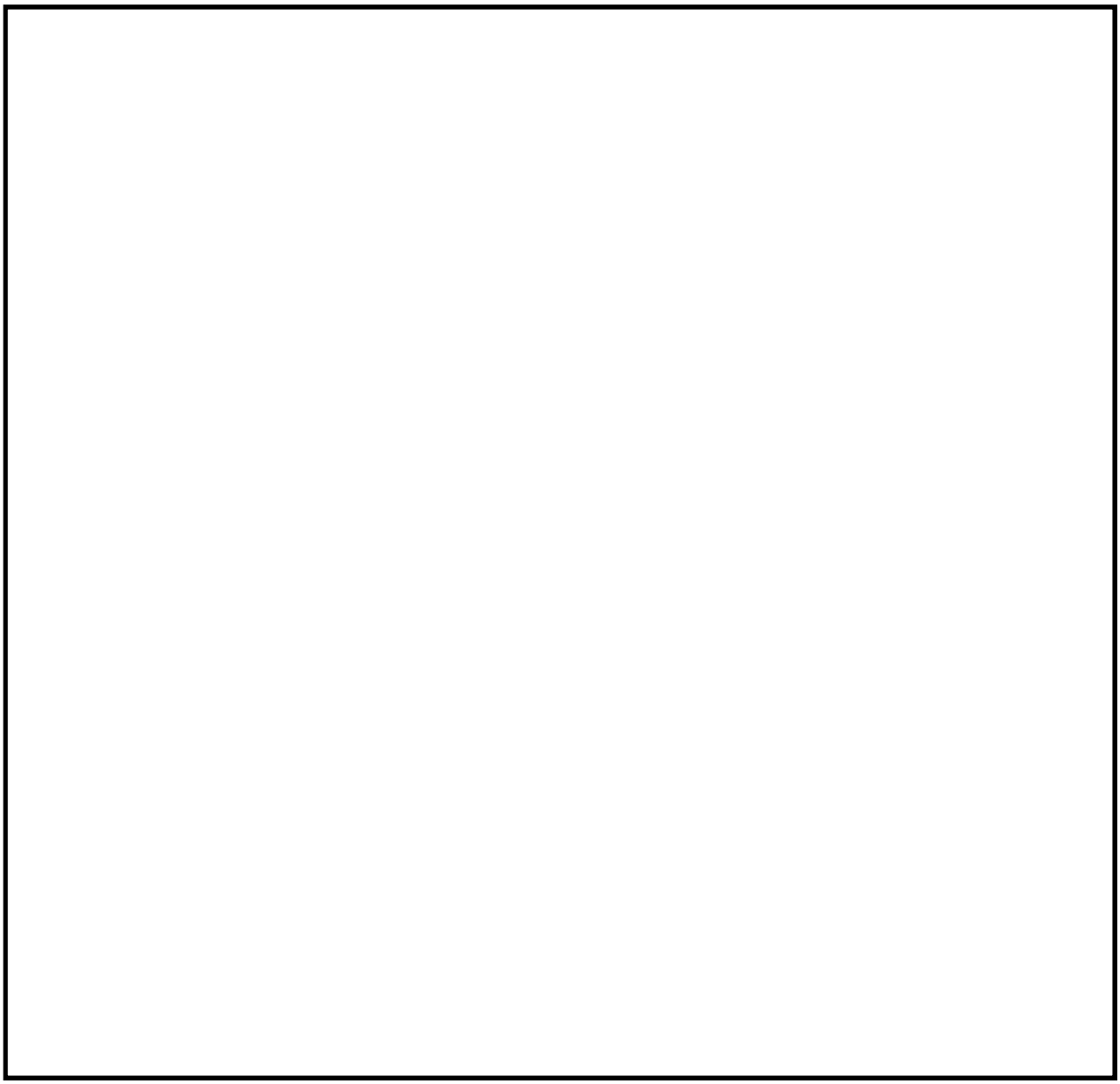
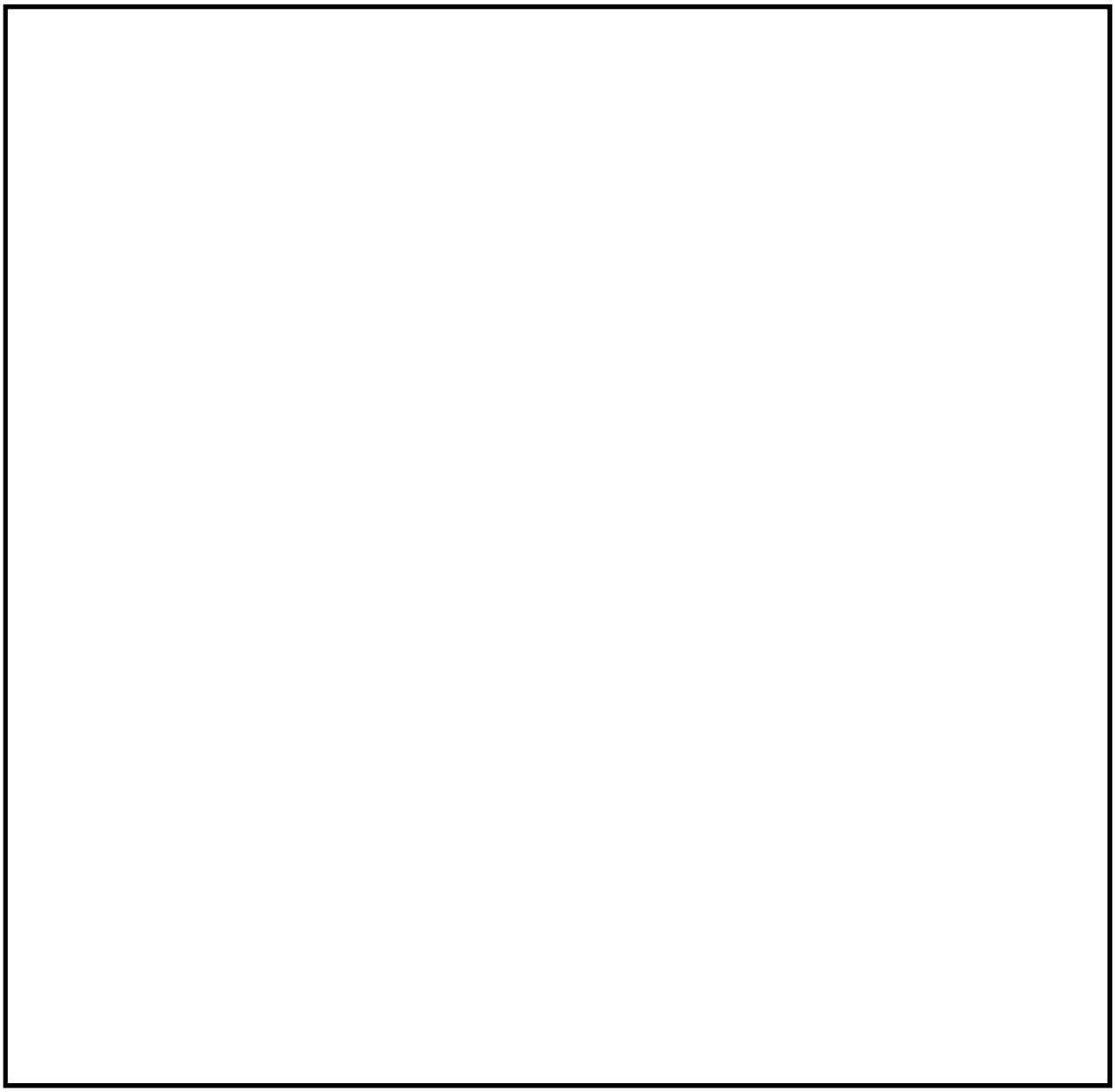


図 7-1 (1)　構内排水路（杭間部）　出口側集水枡構造図(排水系統Ⅰ-2)



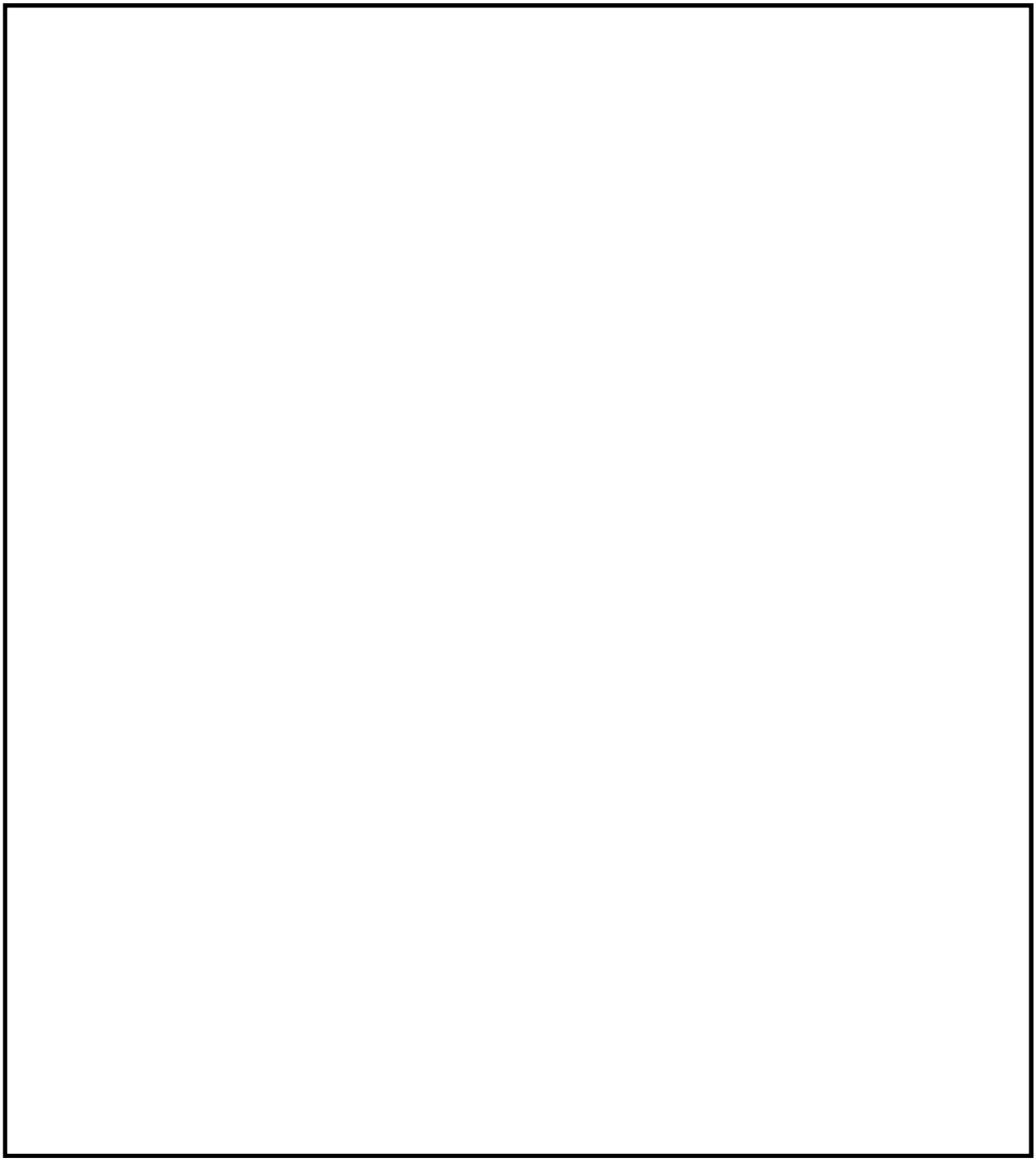
（排水系統Ⅰ-3）　　（排水系統Ⅱ-1）

図 7-1（2）　構内排水路（杭間部）　出口側集水枡構造図(排水系統Ⅰ-3・Ⅱ-1)



（排水系統Ⅱ-2）　　（排水系統Ⅲ-1）

図 7-1（3）　構内排水路（杭間部）　出口側集水枡構造図(排水系統Ⅱ-2・Ⅲ-1)



（排水系統Ⅲ-2）　　（排水系統Ⅴ）

図 7-1（4）　構内排水路（杭間部）　出口側集水枡構造図(排水系統Ⅲ-2・Ⅴ)

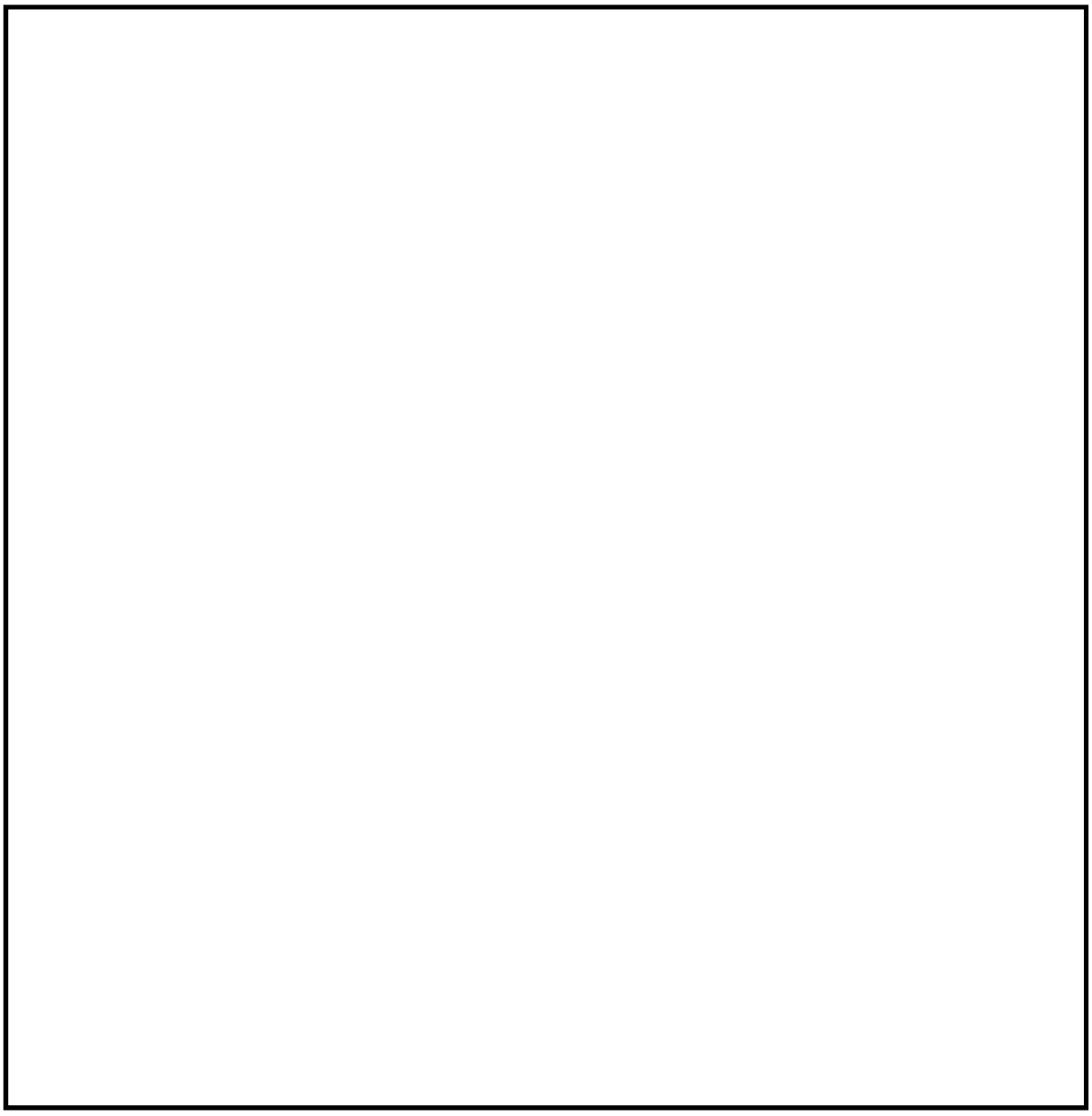


図 7-1（5）　集水枡（ＲＣ防潮壁部）及び貫通部配管ＲＣ底版の構造概要図

7.2　評価方針

出口側集水枡の評価においては，地震応答解析により得られる応答値を用いて各々の耐震評価を行う。

地震応答解析においては，地震時の地盤の有効応力の変化に応じた影響を考慮できる有効応力解析を実施する。

有効応力解析に用いる液状化強度特性は，代表性及び網羅性を踏まえた上で保守性を考慮して設定する。

津波防護施設への地盤変位に対する保守的な配慮として，地盤を強制的に液状化させることを仮定した影響を考慮する。その際は，原地盤よりも十分に小さい液状化強度特性（敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性）を仮定する。

津波防護施設及び機器・配管系への加速度応答に対する保守的な配慮として，地盤の非液状化の影響を考慮する。その際は，原地盤において非液状化の条件を仮定した解析を実施する。

(1)　出口側集水枡（杭間部）

出口側集水枡（杭間部）の耐震評価は，「8.　地震応答解析」により得られた解析結果に基づき，設計基準対象施設として表 7-1 の評価項目に示すとおり，構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を行う。

構造部材の健全性評価については，部材に発生する応力が許容限界以下であることを確認する。

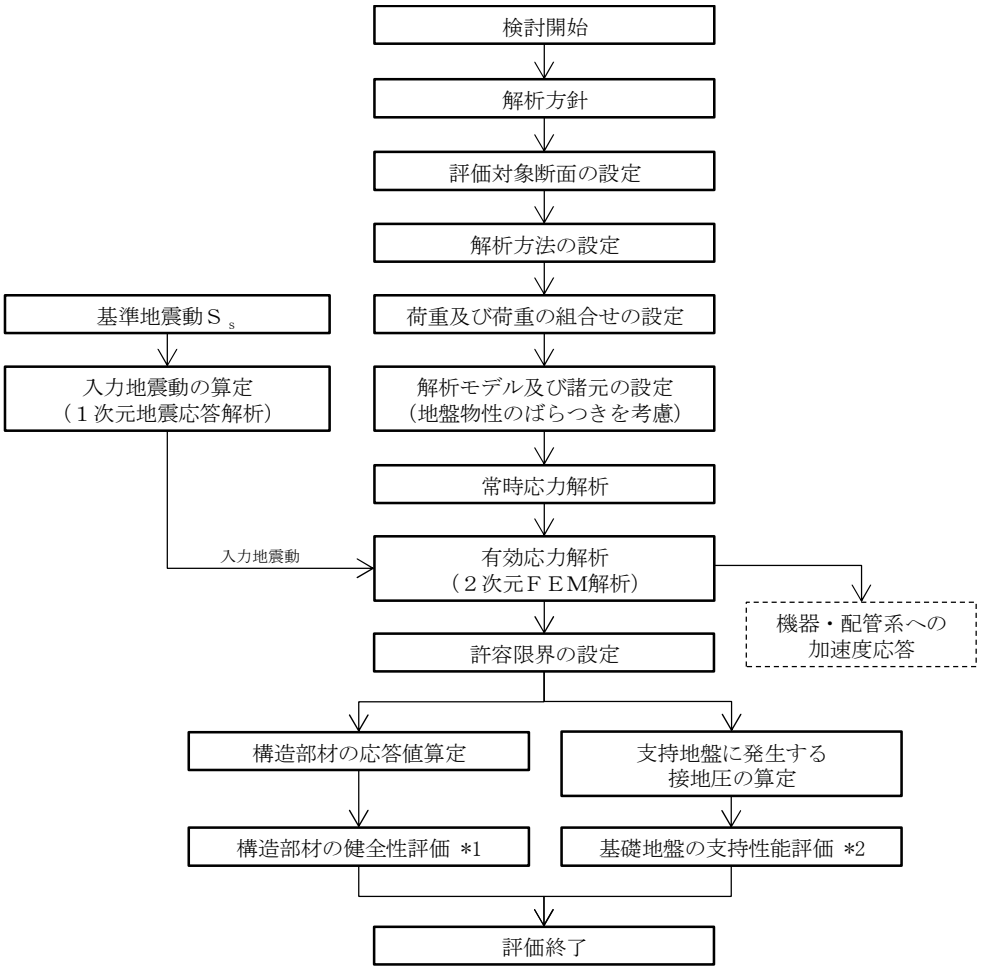
基礎地盤の支持性能評価については，基礎地盤に生じる接地圧が極限支持力に基づく許容限界以下であることを確認する。

出口側集水枡（杭間部）の耐震評価フローを図 7-2 に示す。

表 7-1　出口側集水枡（杭間部）の評価項目

評価方針	評価項目	部位	評価方法	許容限界
構造強度を有すること	構造部材の健全性	出口側集水枡（杭間部）の全構造部材	発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤	接地圧が許容限界以下であることを確認	極限支持力*
有意な漏えいを生じないこと	構造部材の健全性	出口側集水枡（杭間部）の全構造部材	発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度

注記　＊：妥当な安全余裕を考慮する。



注記　＊1：構造部材の健全性評価を実施することで，第 7-1 表に示す「構造強度を有すること」及び「有意な漏えいを生じないこと」を満足することを確認する。

＊2：基礎地盤の支持性能評価を実施することで，第 7-1 表に示す「構造強度を有すること」を満足することを確認する。

図 7-2　出口側集水枡（杭間部）の耐震評価フロー

(2)　出口側集水枡（ＲＣ防潮壁部）

出口側集水枡（ＲＣ防潮壁部）の耐震評価は，「8.　地震応答解析」により得られた解析結果に基づき，設計基準対象施設として表 7-2 の評価項目に示すとおり，構造部材の健全性評価を行う。

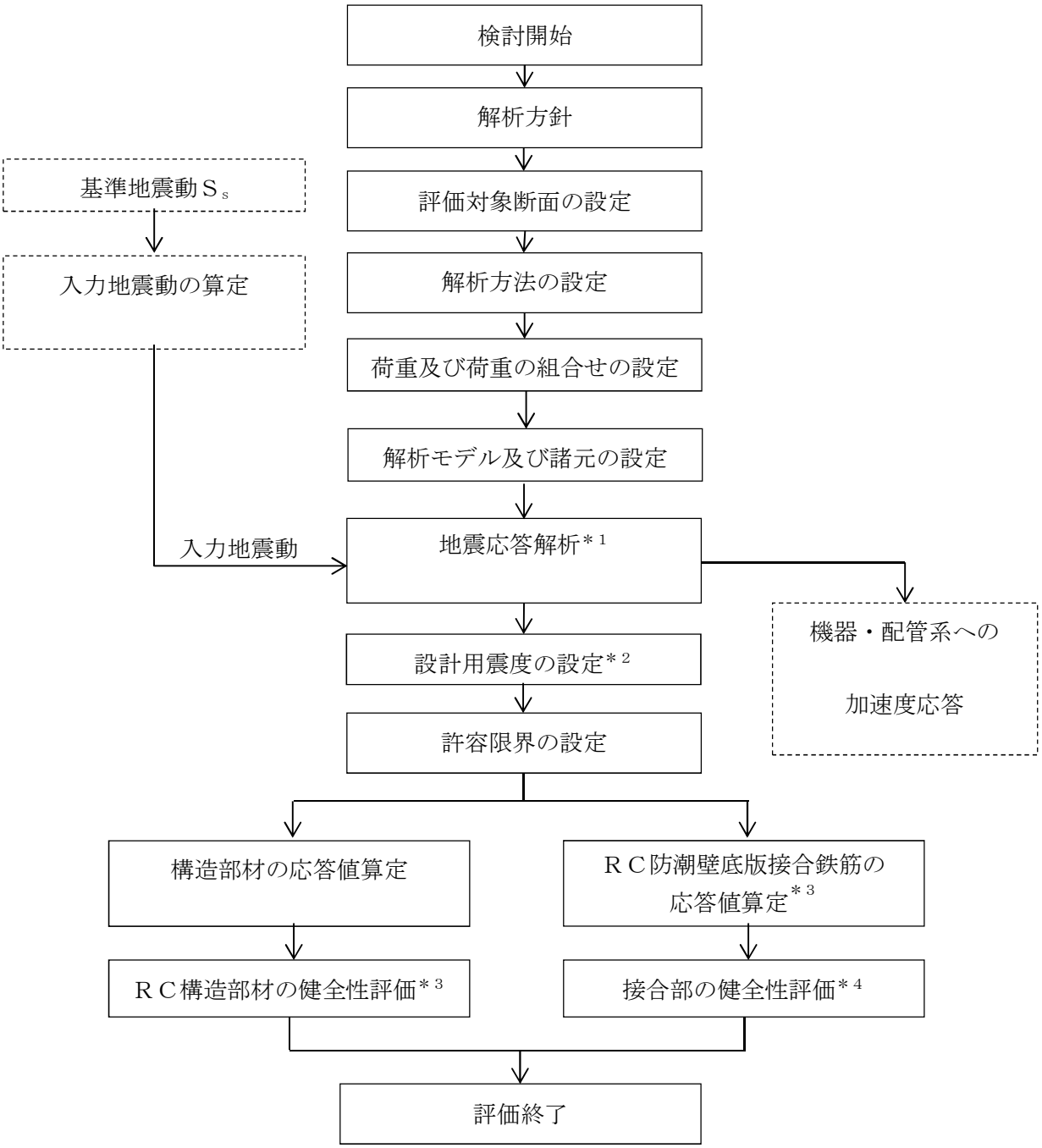
構造部材の健全性評価については，部材に発生する応力が許容限界以下であることを確認する。

出口側集水枡（ＲＣ防潮壁部）の支持性能評価については，鉄筋コンクリート防潮壁底版と一体化することから，底版との接合鉄筋に発生する引張応力が許容限界以下であることを確認する。

出口側集水枡（ＲＣ防潮壁部）の耐震評価フローを図 7-3 に示す。

表 7-2　出口側集水枡（ＲＣ防潮壁部）の評価項目

評価方針	評価項目	部位	評価方法	許容限界
構造強度を有すること	構造部材の健全性	出口側集水枡（ＲＣ防潮壁部）の全構造部材	発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
	構造物の支持性能	ＲＣ防潮壁底版との一体化部 底版との接合鉄筋	発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
有意な漏えいを生じないこと	構造部材の健全性	出口側集水枡（ＲＣ防潮壁部）の全構造部材	発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度



注記　＊1：地盤応答解析は，添付書類「Ⅴ-2-10-2-2-2-1　防潮堤（鉄筋コンクリート防潮壁）の耐震性についての計算書」の地震応答解析結果を用いる。

＊2：地震時応答解析にて算出された最大加速度による設計用震度を設定する。

＊3：ＲＣ構造部材の健全性評価を実施することで，第 7-2 表「構造強度を有すること」及び「有意な漏えいを生じないこと」を満足することを確認する。

＊4：ＲＣ防潮壁底版接合鉄筋の健全性評価を実施することで，第 7-2 表に示す「構造強度を有すること」を満足することを確認する。

図 7-3　出口側集水枡（ＲＣ防潮壁部）の耐震評価フロー

7.3　適用基準

適用する規格，基準等を以下に示す。

- コンクリート標準示方書［構造性能照査編］（(社) 土木学会，2002 年制定）
- 道路土工　カルバート工指針（平成 21 年度版）
- 道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（(社) 日本道路協会，平成 14 年 3 月）
- 道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（(社) 日本道路協会，平成 24 年 3 月）
- 原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル（(社) 土木学会，2005 年）
- 原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1987（(社) 日本電気協会）

8.　地震応答解析

8.1　評価対象断面

8.1.1　杭間部

評価対象断面は，出口側集水枡及び出口側集水枡を接続する排水管を含む断面のうち，津波波圧が大きく，地震時の変位が大きい，排水系統Ⅰ－2 の断面とする。排水系統Ⅰ－2 の断面位置を図 8-1 に示す。また，排水系統Ⅰ－2 の断面図を図 8-2 に示す。

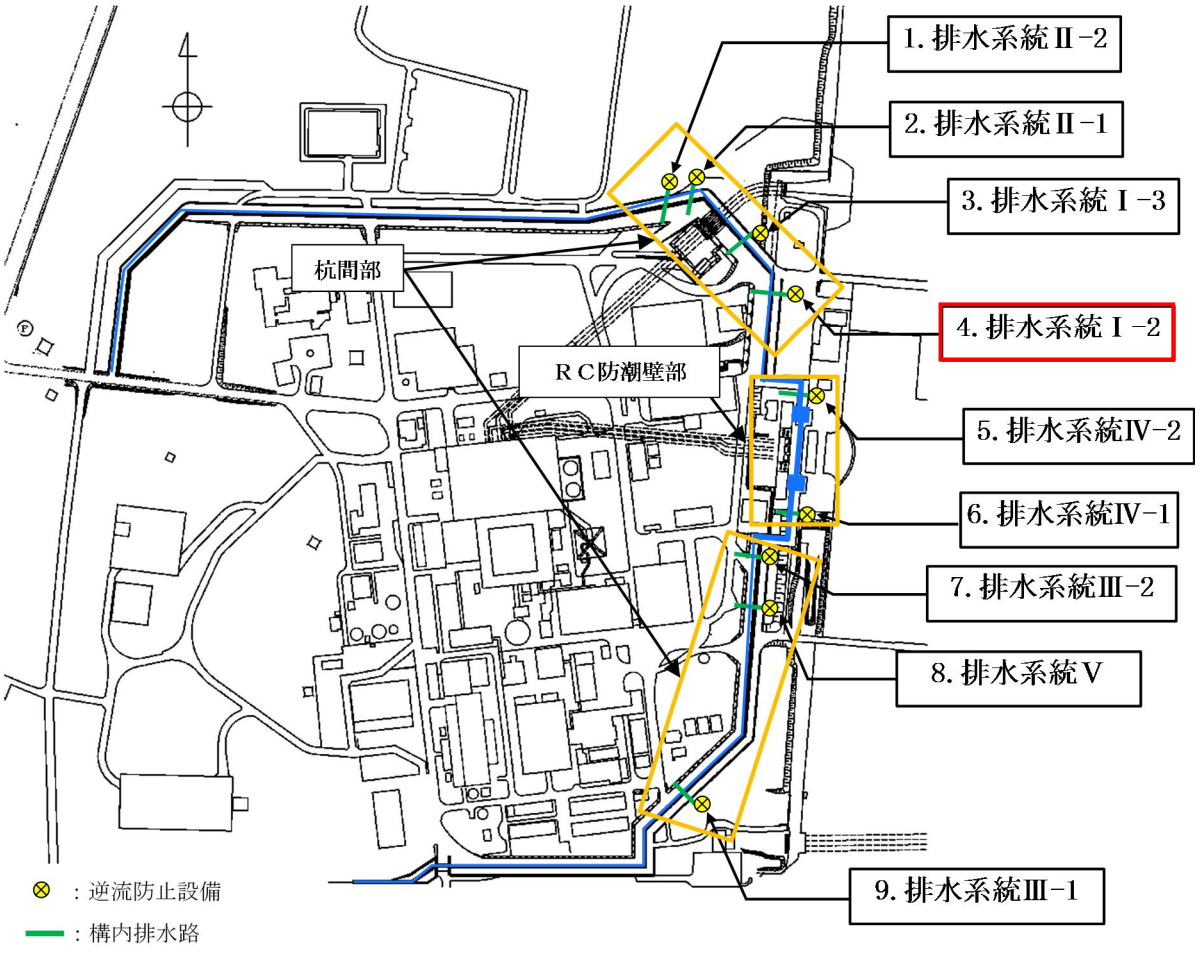


図 8-1　構内排水路逆流節設備の配置及び地震応答解析断面位置

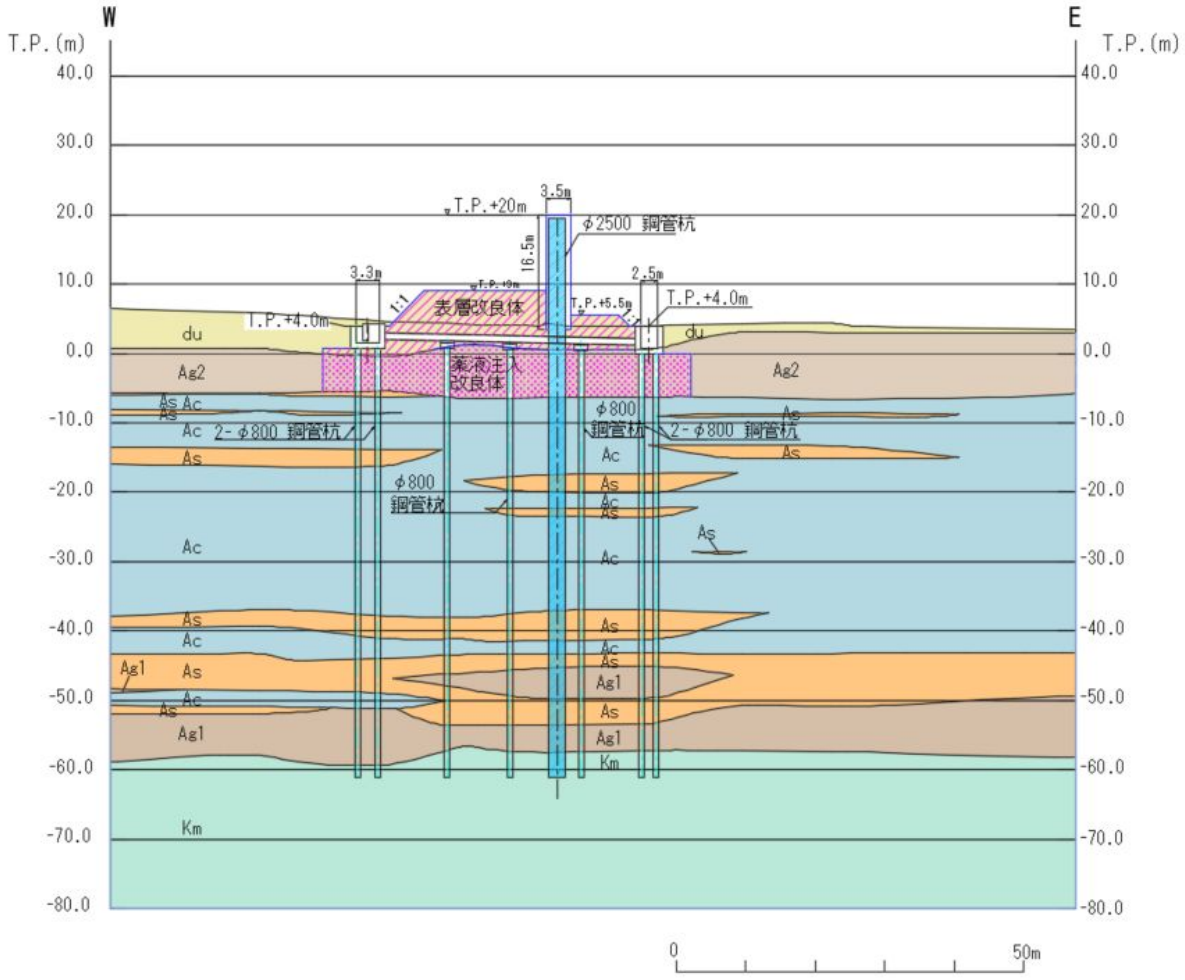


図 8-2　評価対象断面図（排水系統Ⅰ－2）

8.1.2　ＲＣ防潮壁部

排水系統Ⅳ－1 の断面位置を図 8-3 に示す。また，排水系統Ⅳ－1 の断面図を図 8-4 に示す。

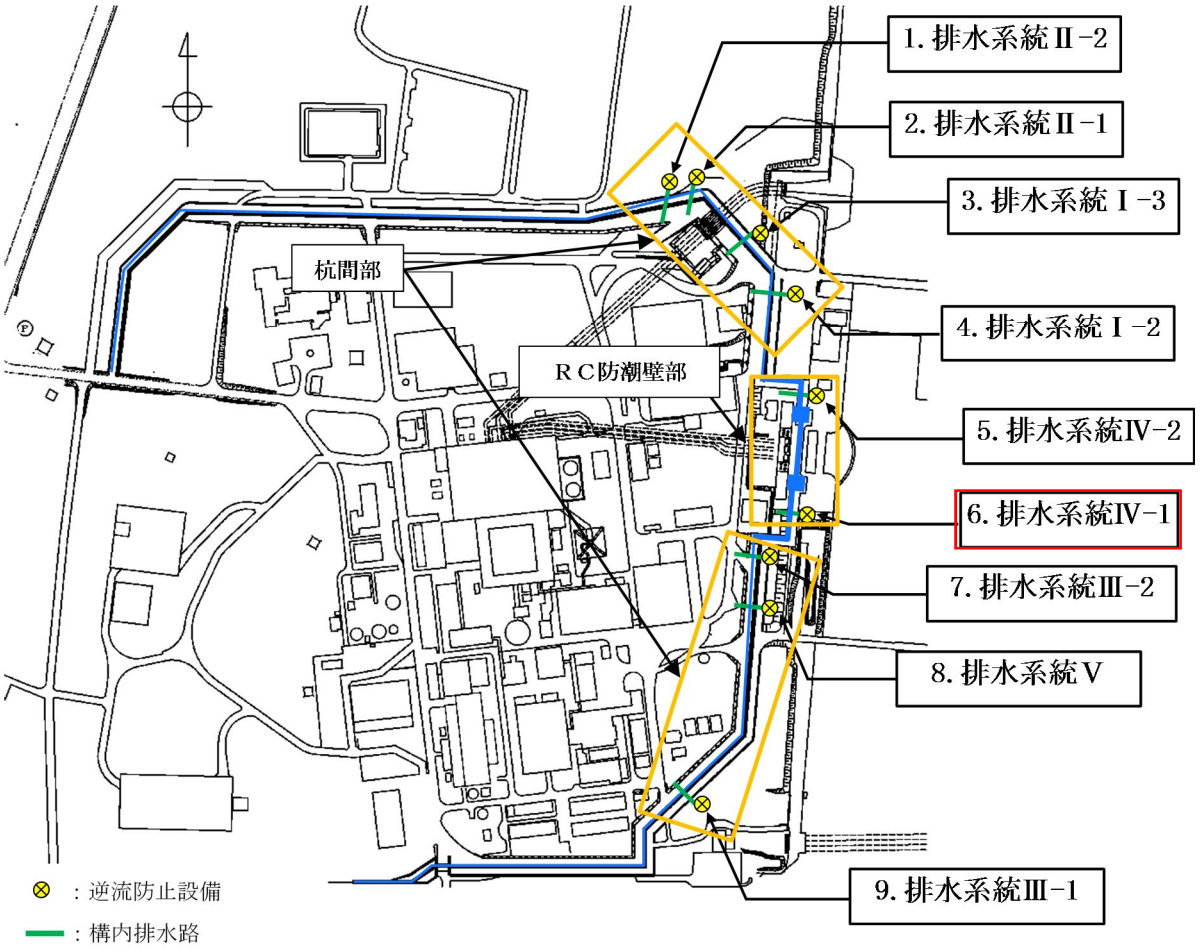


図 8-3　構内排水路逆流防止設備の配置及び評価対象断面位置図

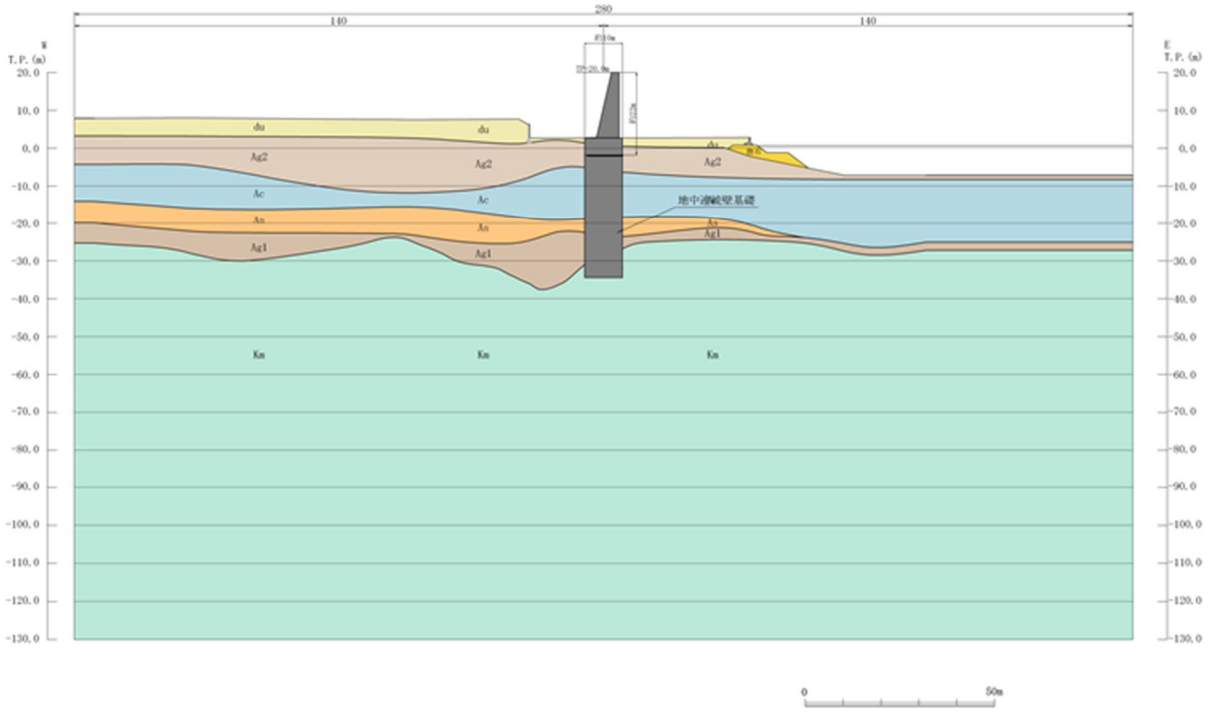


図 8-4　評価対象断面図（排水系統Ⅳ－1）

8.2　解析方法

地震応答解析は，添付書類「Ⅴ-2-1-6　地震応答解析の基本方針」のうち，「2.3　屋外重要土木構造物」に示す解析方法及び解析モデルを踏まえて実施する。

8.2.1　杭間部

地震応答解析では，地盤の有効応力の変化に応じた地震時挙動を考慮できる有効応力解析手法を用いる。

有効応力解析には，解折コード「FLIP Ver. 7.3.0_2」を使用する。なお，解析コードの検証及び妥当性確認の概要については，添付書類「Ⅴ-2-10　計算機プログラム（解析コード）の概要・ＦＬＩＰ」に示す。

(1)　構造部材

鋼管杭は，線形梁要素によりモデル化する。集水枡の底版及び縦断面に垂直な側壁を線形梁要素によりモデル化し，縦断面に平行な面内壁を平面ひずみ要素によりモデル化する。

(2)　地盤

地盤は，マルチスプリング要素及び間隙水要素によりモデル化し，地震時の有効応力の変化に応じた非線形せん断応力～せん断ひずみ関係を考慮する。

(3)　減衰定数

固有値解析により求められる固有振動数及び初期減衰定数に基づく要素剛性比例型減衰を考慮する。また，非線形特性をモデル化する地盤の履歴減衰を考慮する。

(4) 地震応答解析の検討ケース

a. 耐震評価における検討ケース

耐震評価における検討ケースを表 8-1 に示す。

耐震評価においては，全ての基準地震動Ｓ$_s$に対して実施する①の検討ケース（基本ケース）において，せん断力照査及び曲げ軸力照査をはじめとした全ての照査項目について，各照査値が最も厳しい（許容限界に対する余裕が最も小さい）地震動を用い，②～⑥より追加検討ケースを実施する。

表 8-1 耐震評価における検討ケース

検討ケース	① 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース（基本ケース）	② 地盤物性のばらつきを考慮（＋１σ）した解析ケース	③ 地盤物性のばらつきを考慮（－１σ）した解析ケース	④ 地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース	⑤ 原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース	⑥ 地盤物性のばらつきを考慮（＋１σ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース
液状化強度特性の設定	原地盤に基づく液状化強度特性（標準偏差を考慮）	原地盤に基づく液状化強度特性（標準偏差を考慮）	原地盤に基づく液状化強度特性（標準偏差を考慮）	敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性	液状化パラメータを非適用	液状化パラメータを非適用

構造物間の相対変位の算定を行う場合は，上記の実施ケースにおいて変位量が厳しいケースで行う。

b. 機器・配管系に対する加速度応答抽出のための検討ケース

機器・配管系に対する加速度応答の抽出における検討ケースを表 8-2 に示す。

全ての基準地震動Ｓ$_s$に対して実施する⑤の検討ケース（原地盤において非液状化の条件を仮定した検討ケース）において，上載される機器・配管系の固有周期帯で加速度応答が最も大きくなる地震動を用い，④及び⑥より追加検討ケースを実施する。

表 8-2 機器・配管系に対する加速度応答の抽出のための検討ケース

検討ケース	④ 地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース	⑤ 原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース	⑥ 地盤物性のばらつきを考慮（＋１σ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース
液状化強度特性の設定	敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性	液状化パラメータを非適用	液状化パラメータを非適用

8.2.2　ＲＣ防潮壁部

出口側集水枡（ＲＣ防潮壁部）の地震応答解析は，必要となる設計震度を応答値より算出し，算出した設計震度によって水平地震動と鉛直地震動を同時加振し，鉄筋コンクリート部材としての構造健全性を確認する。なお，応答値の算出には，解析コード「FLIP Ver. 7.3.0_2」を使用する。

8.3 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき設定する。

8.3.1 耐震安全性評価上考慮する状態

集水枡の地震応答解析において，地震以外に考慮する状態を以下に示す。

(1) 運転時の状態

発電用原子炉施設が運転状態にあり，通常の条件下におかれている状態。ただし，運転時の異常な過渡変化時の影響を受けないことから考慮しない。

(2) 設計基準事故時の状態

設計基準事故時の影響を受けないことから考慮しない。

(3) 設計用自然条件

積雪を考慮する。

(4) 重大事故等時の状態

重大事故等時の状態の影響を受けないことから考慮しない。

8.3.2 荷重

構内排水路逆流防止設備の地震応答解析において，考慮する荷重を以下に示す。

(1) 固定荷重（G）

固定荷重として，躯体自重及び土圧を考慮する。

(2) 積載荷重（P）

積載荷重として，静水圧による荷重を考慮する。

(3) 地震荷重（K_S）

基準地震動S_sによる荷重を考慮する。

(4) 積雪荷重（P_s）

積雪荷重として 30 cm の積雪を考慮する。

8.3.3 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 8-3 に示す。

表 8-3　荷重の組合せ

区分	荷重の組合せ
地震時	$G+P+K_S+P_s$

G　　：固定荷重

P　　：積載荷重

K_S　　：地震荷重

P_s　　：積雪荷重

8.4　入力地震動

8.4.1　杭間部

入力地震動は，添付書類「Ⅴ-2-1-6　地震応答解析の基本方針」のうち「2.3　屋外重要土木構造物」に示す入力地震動の設定方針を踏まえて設定する。

地震応答解析に用いる入力地震動は，解放基盤表面で定義される基準地震動Ｓ$_s$を１次元波動論により地震応答解析モデルの底面位置で評価したものを用いる。入力地震動算定の概念図を図 8-5 に，入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを図 8-6 に示す。

入力地震動の算定には，解析コード「k-SHAKE　Ver.6.2.0」を使用する。解析コードの検証及び妥当性確認の概要については，添付書類「Ⅴ-5-25　計算機プログラム（解析コード）の概要・ｋ－ＳＨＡＫＥ」に示す。

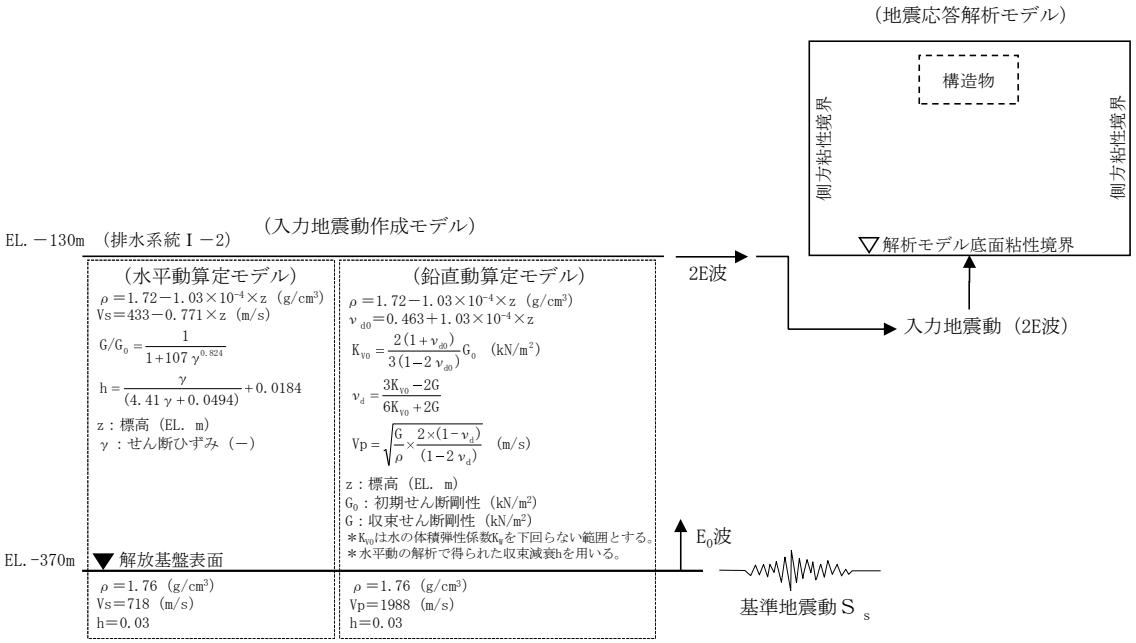
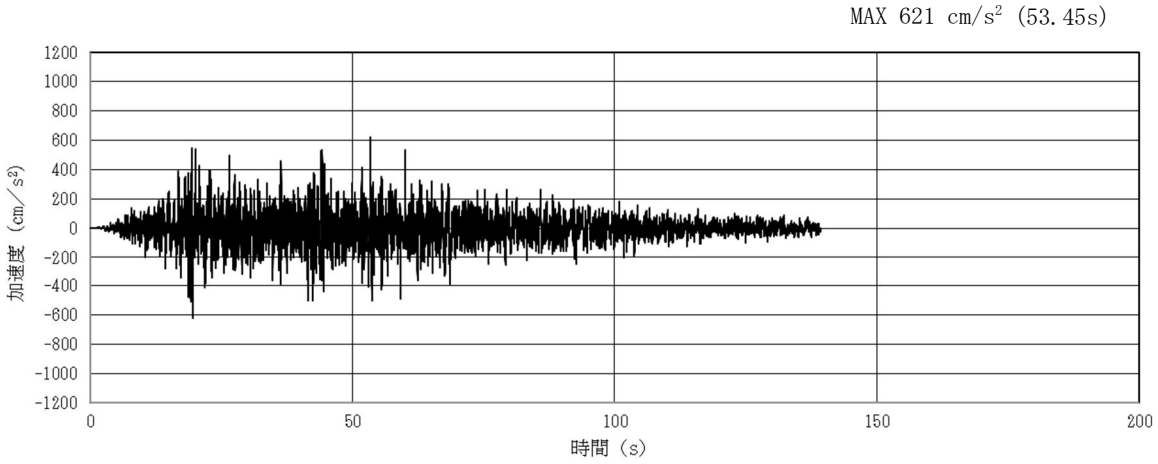
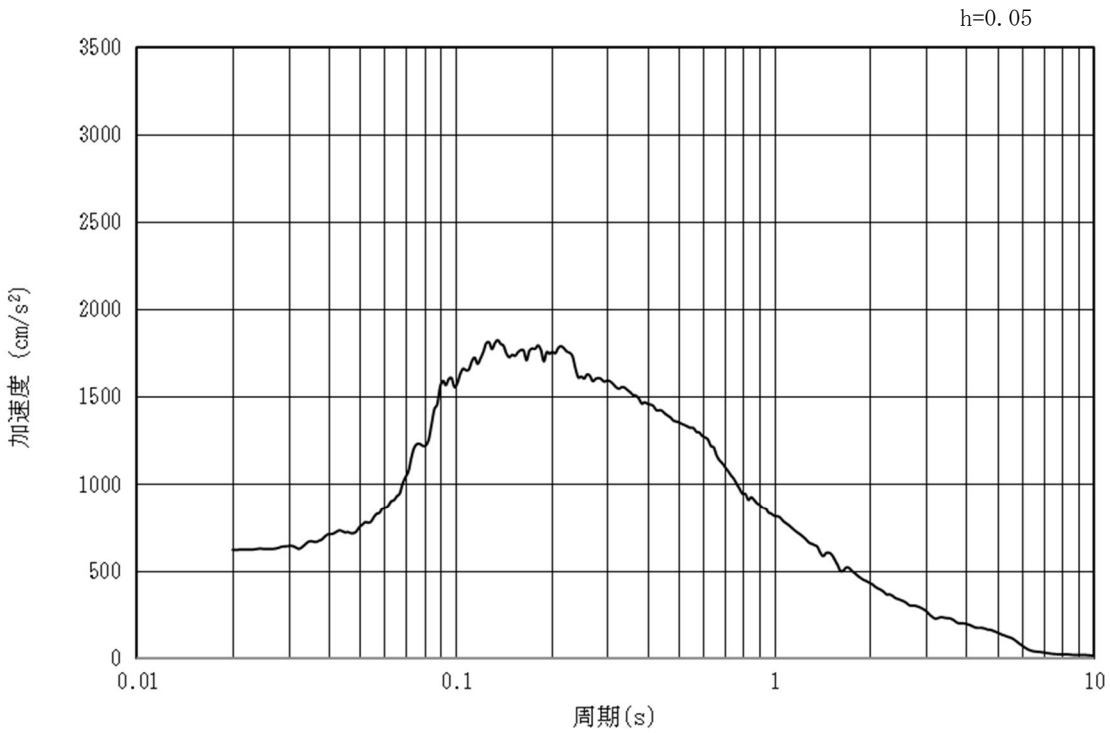


図 8-5　入力地震動算定の概念図

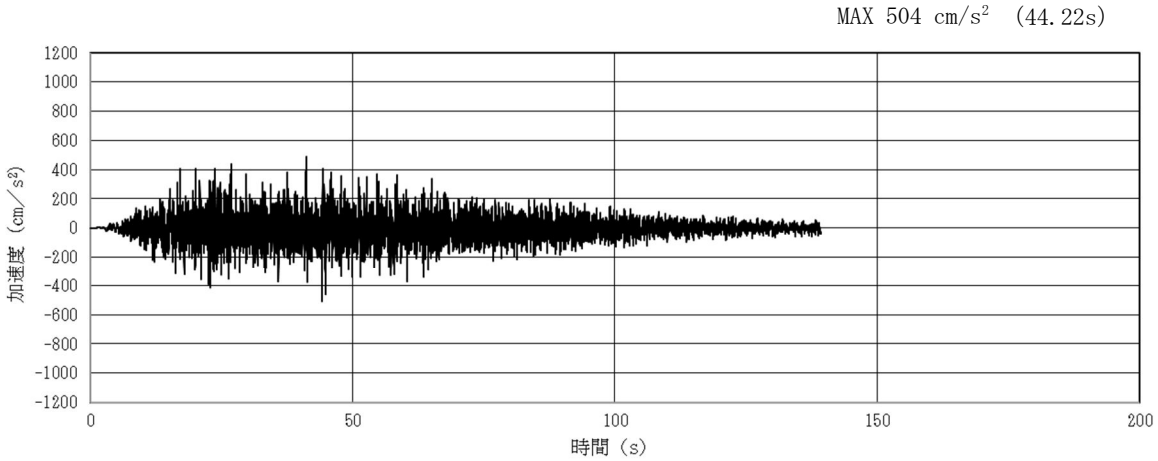


(a) 加速度時刻歴波形

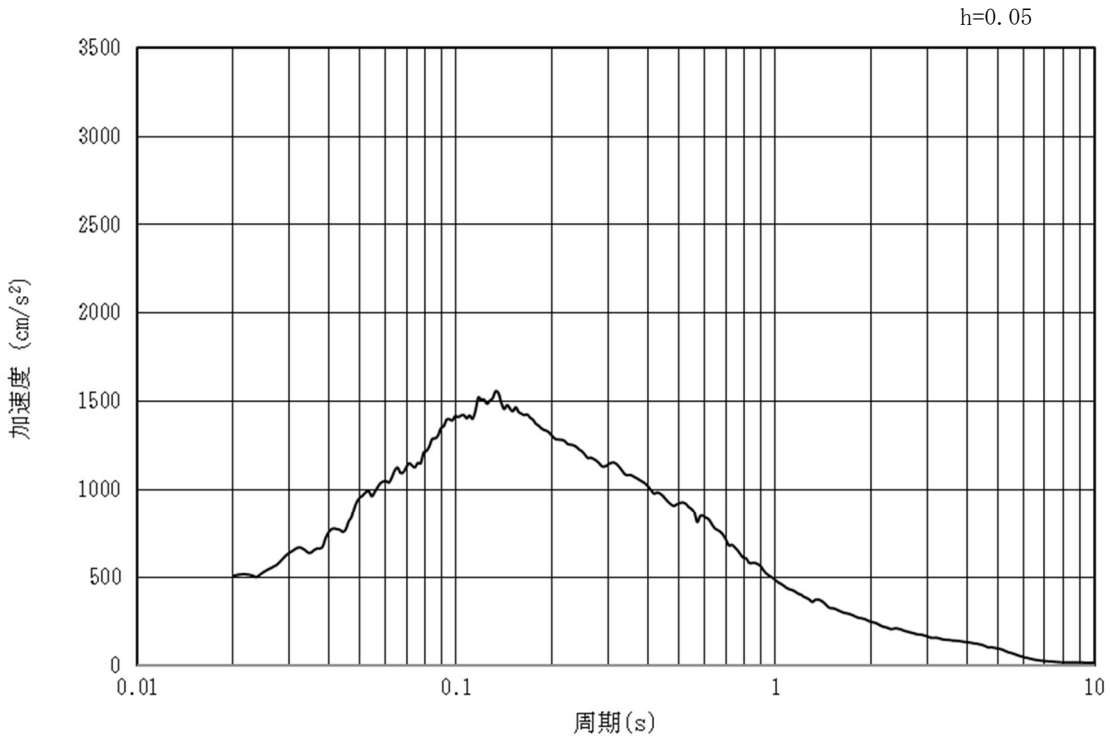


(b) 加速度応答スペクトル

図 8-6 (1)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓ$_s$－Ｄ１）

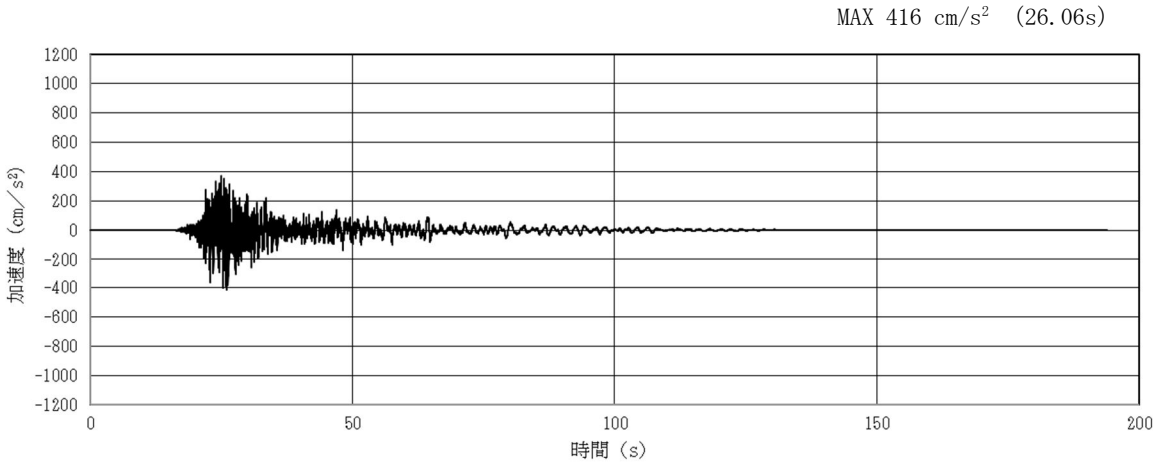


(a) 加速度時刻歴波形

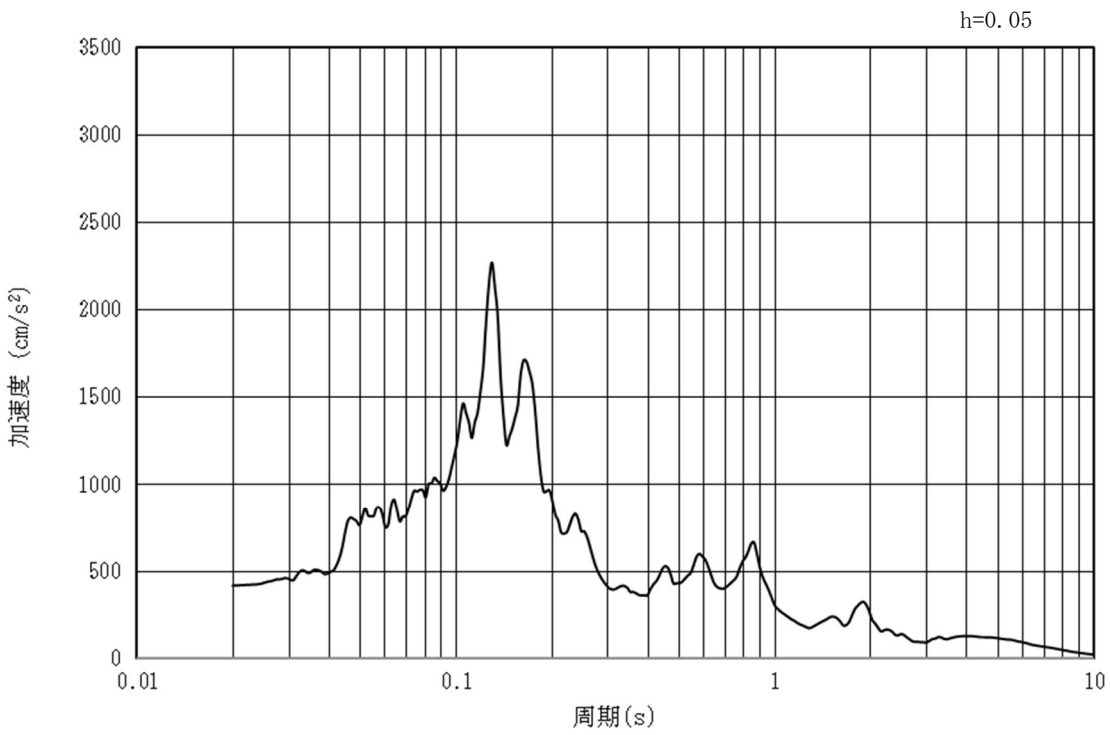


(b) 加速度応答スペクトル

図 8-6 (2)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向：Ｓｓ－Ｄ１)

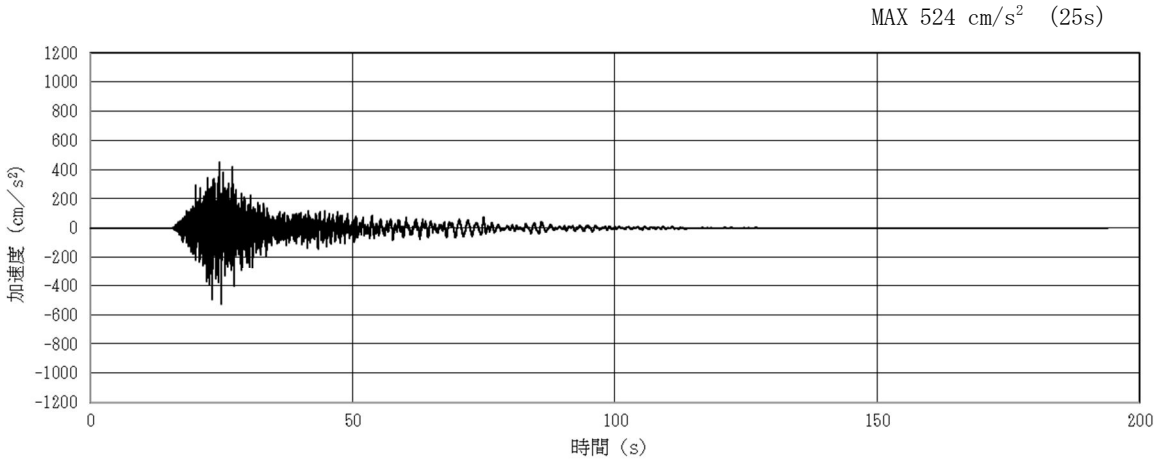


(a) 加速度時刻歴波形

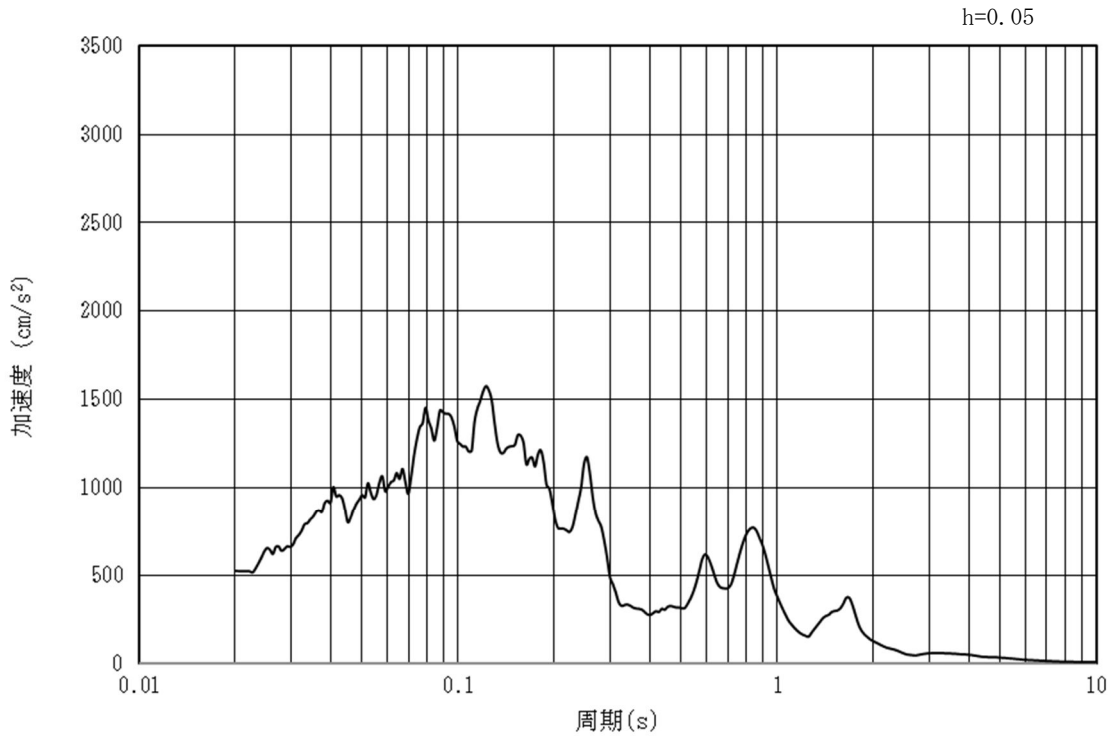


(b) 加速度応答スペクトル

図 8-6 (3)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓ$_s$－１１）

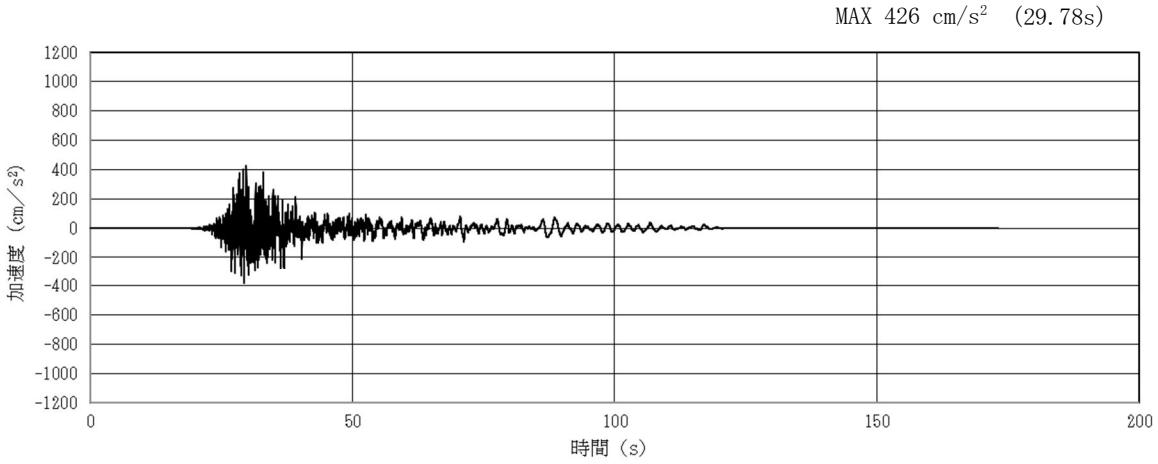


（a）加速度時刻歴波形

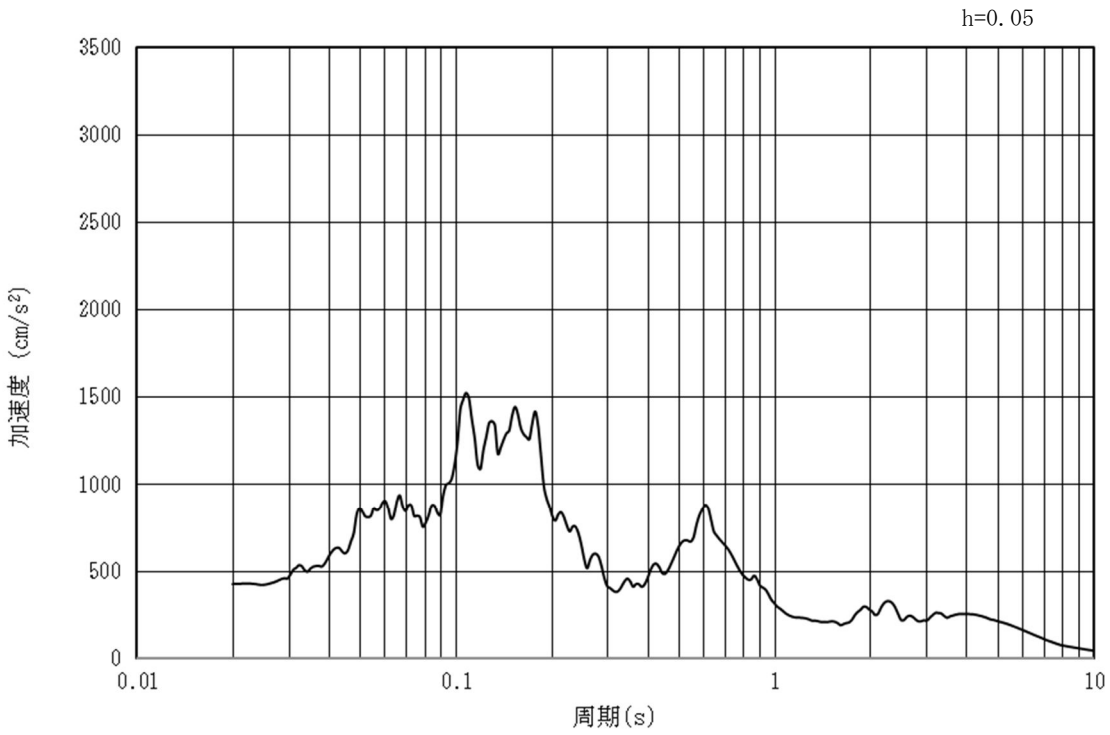


（b）加速度応答スペクトル

図 8-6（4）　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓ$_s$－１１）

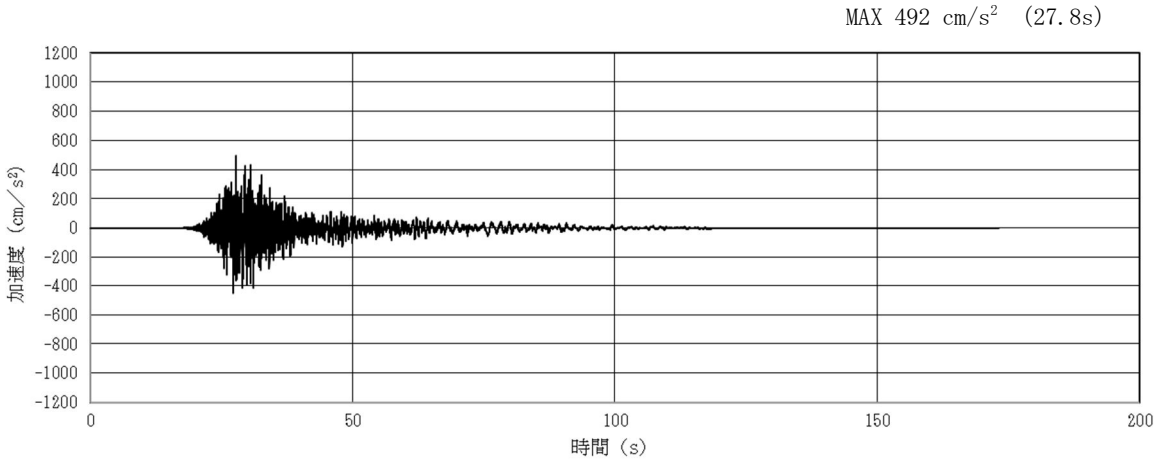


(a) 加速度時刻歴波形

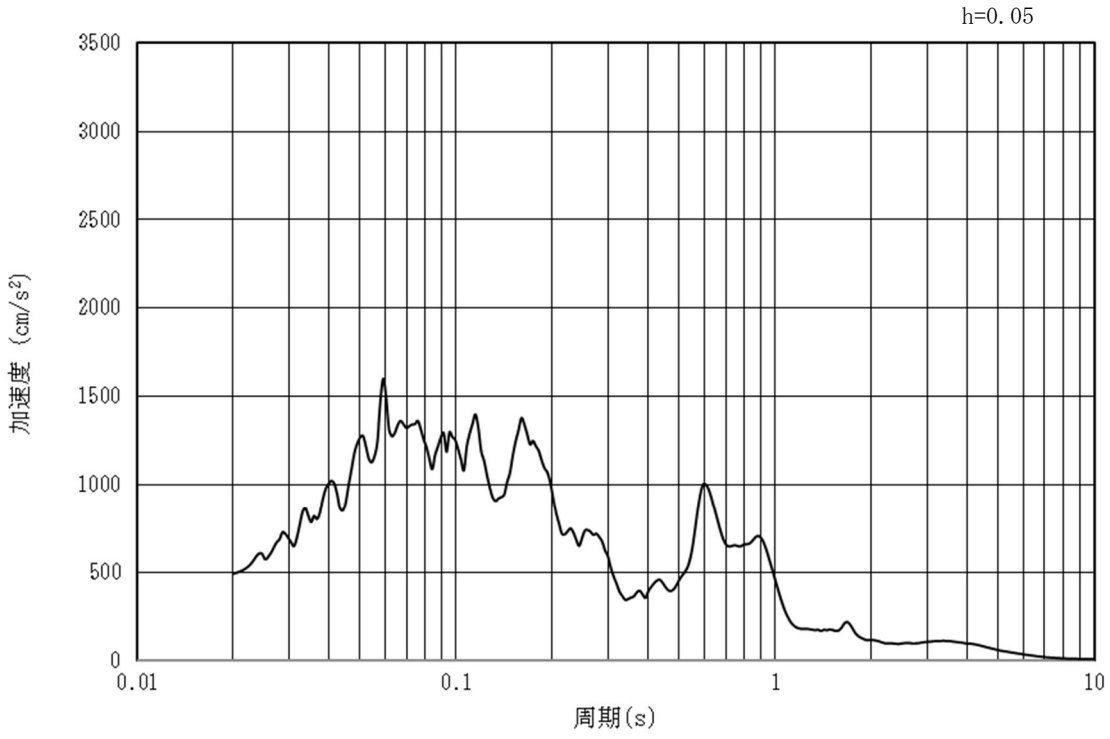


(b) 加速度応答スペクトル

図 8-6 (5)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓｓ－１２）

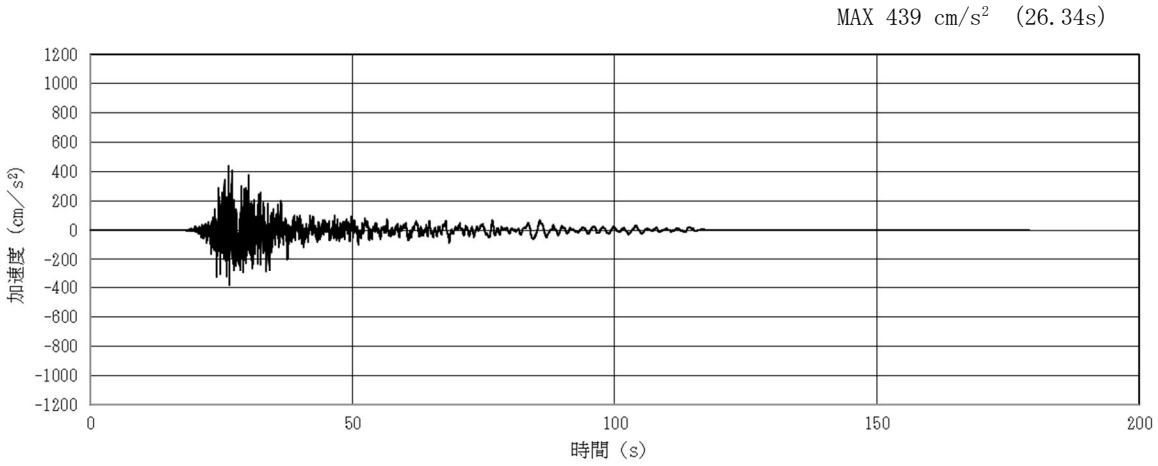


(a) 加速度時刻歴波形

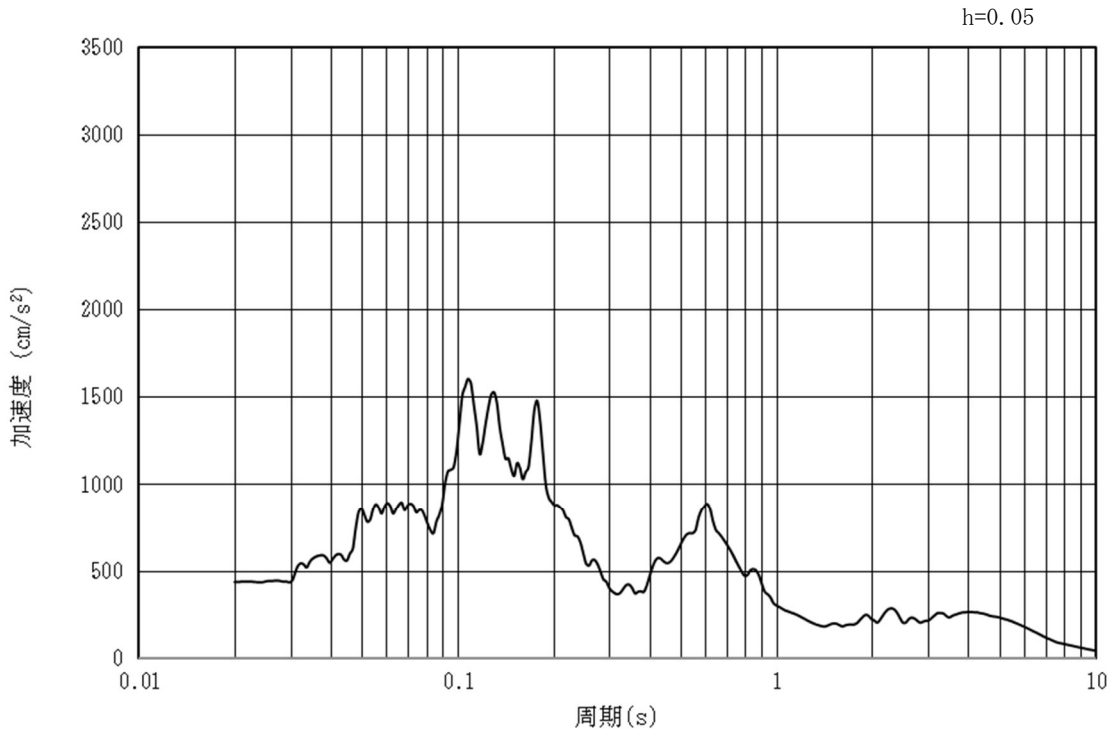


(b) 加速度応答スペクトル

図 8-6 (6)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向：Ｓｓ－１２)

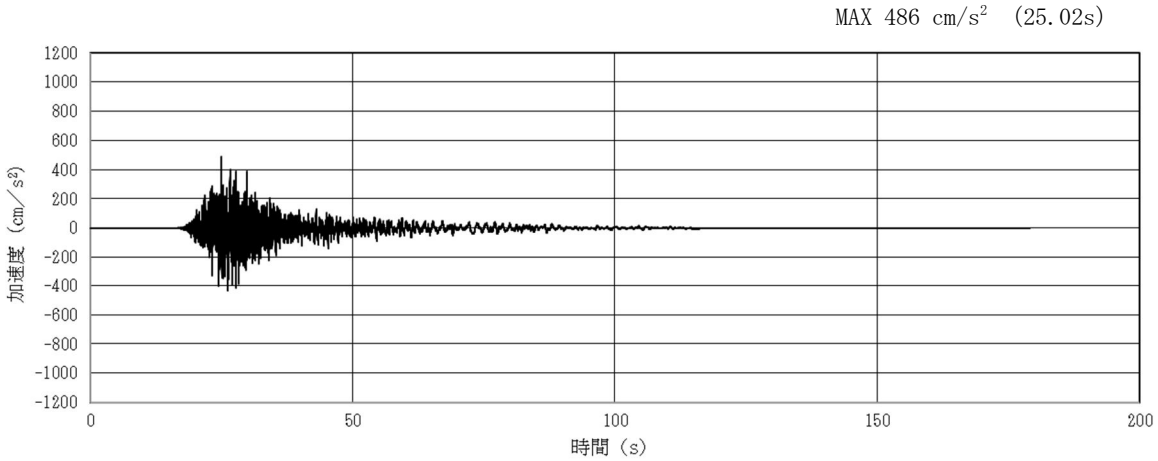


(a) 加速度時刻歴波形

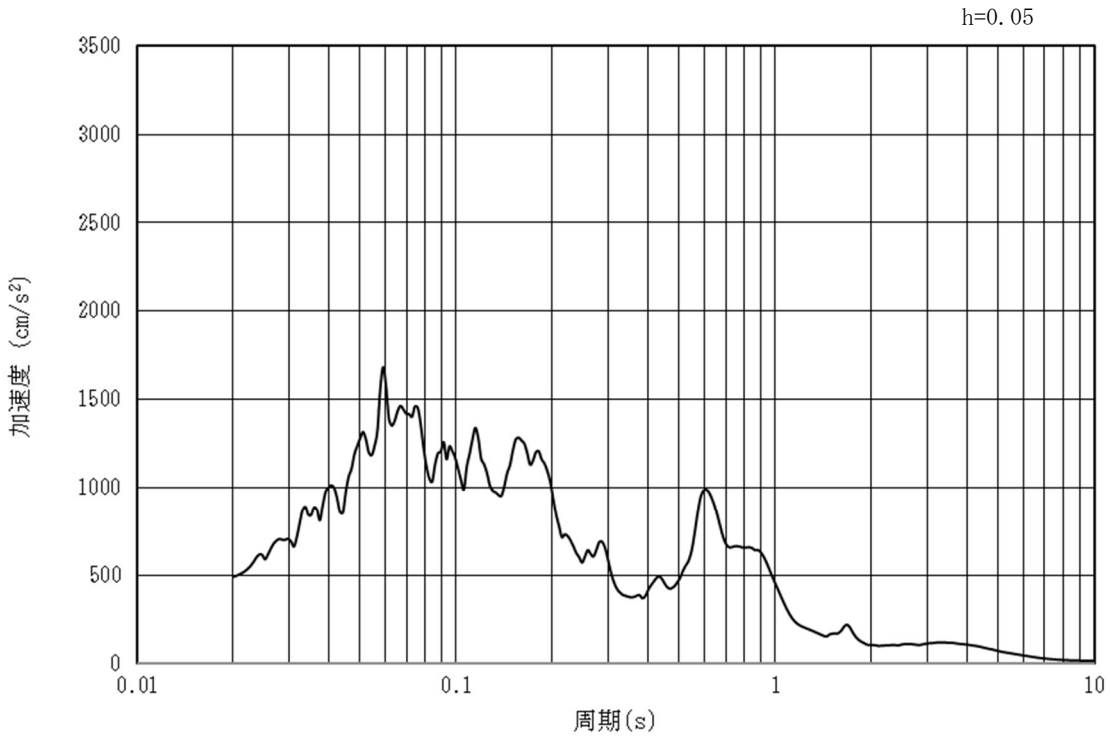


(b) 加速度応答スペクトル

図 8-6 (7)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓ$_s$－１３）

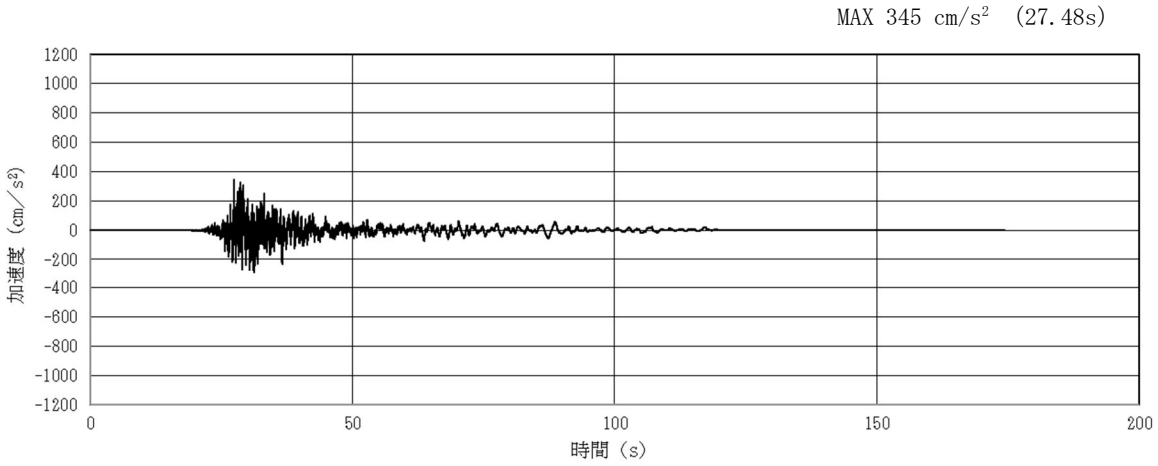


（a）加速度時刻歴波形

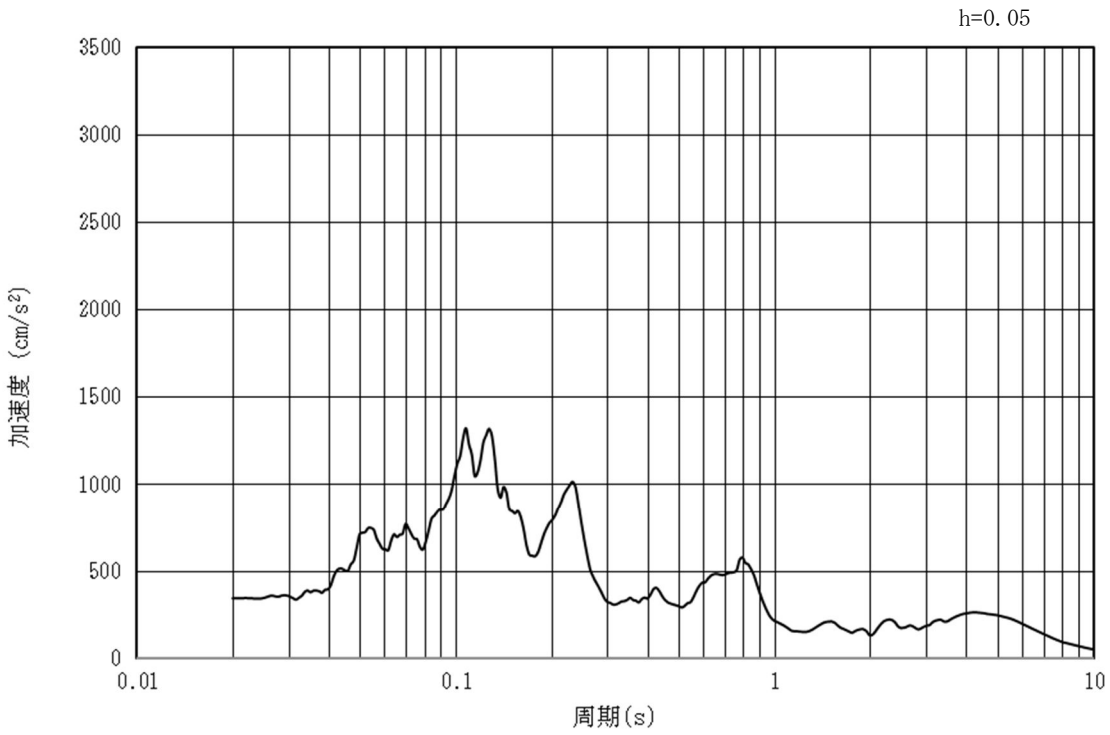


（b）加速度応答スペクトル

図 8-6（8）　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓｓ－１３）

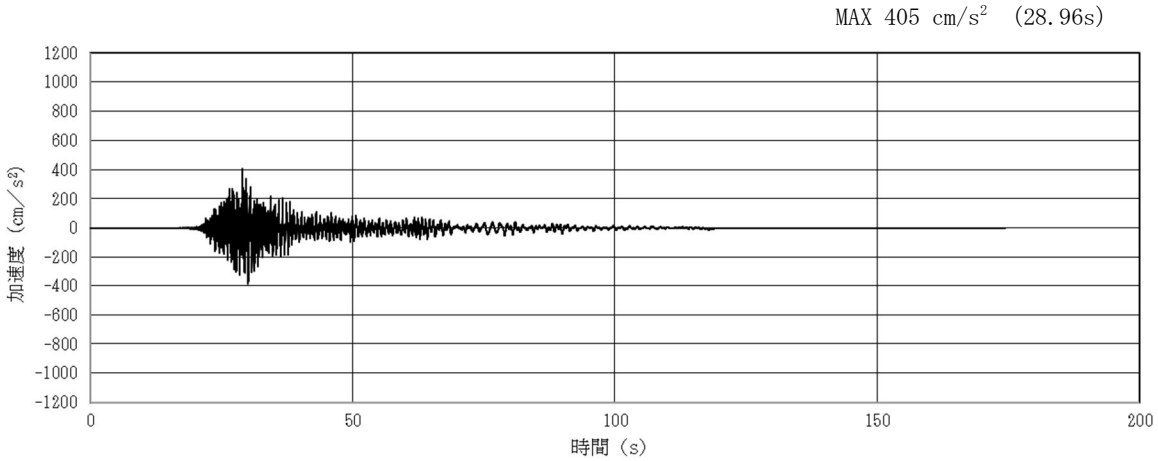


(a) 加速度時刻歴波形

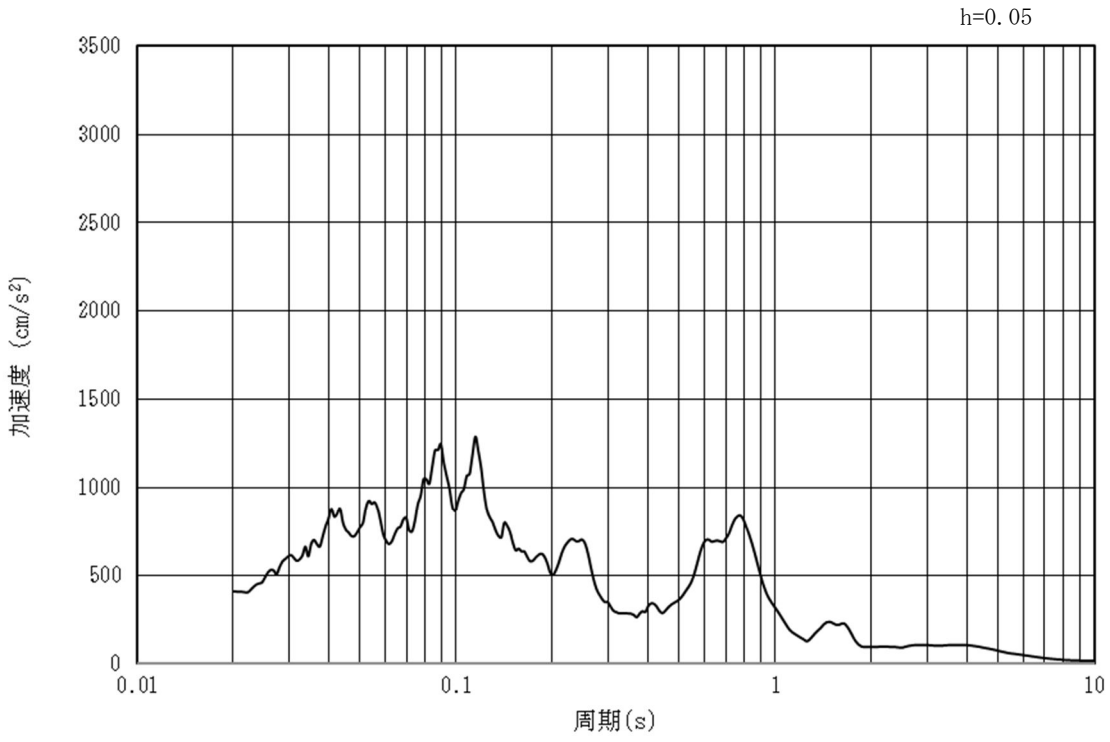


(b) 加速度応答スペクトル

図 8-6 (9)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓｓ－１４）

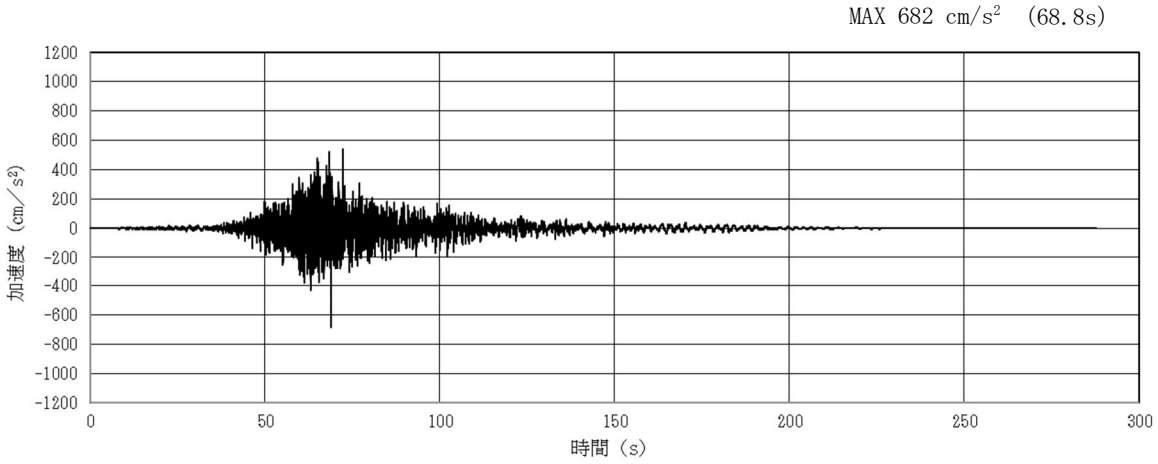


(a) 加速度時刻歴波形

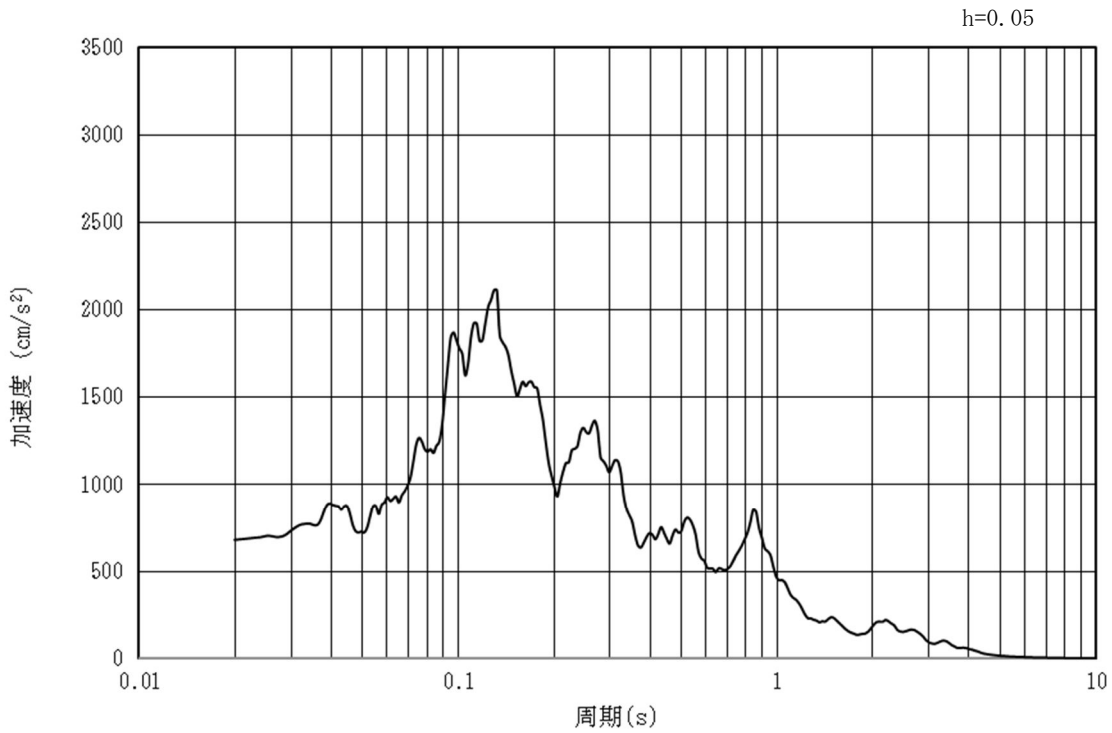


(b) 加速度応答スペクトル

図 8-6 (10)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向：Ｓｓ－１４)

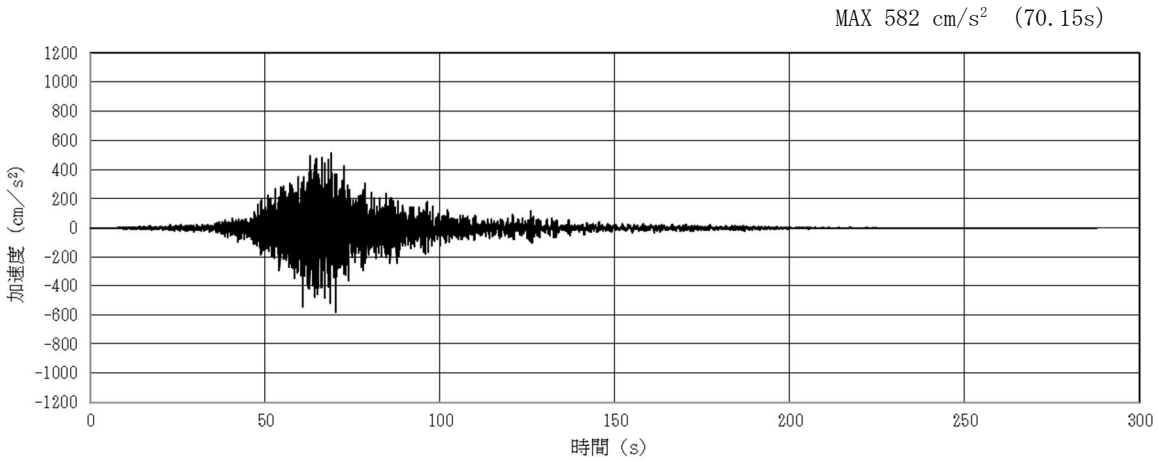


(a) 加速度時刻歴波形

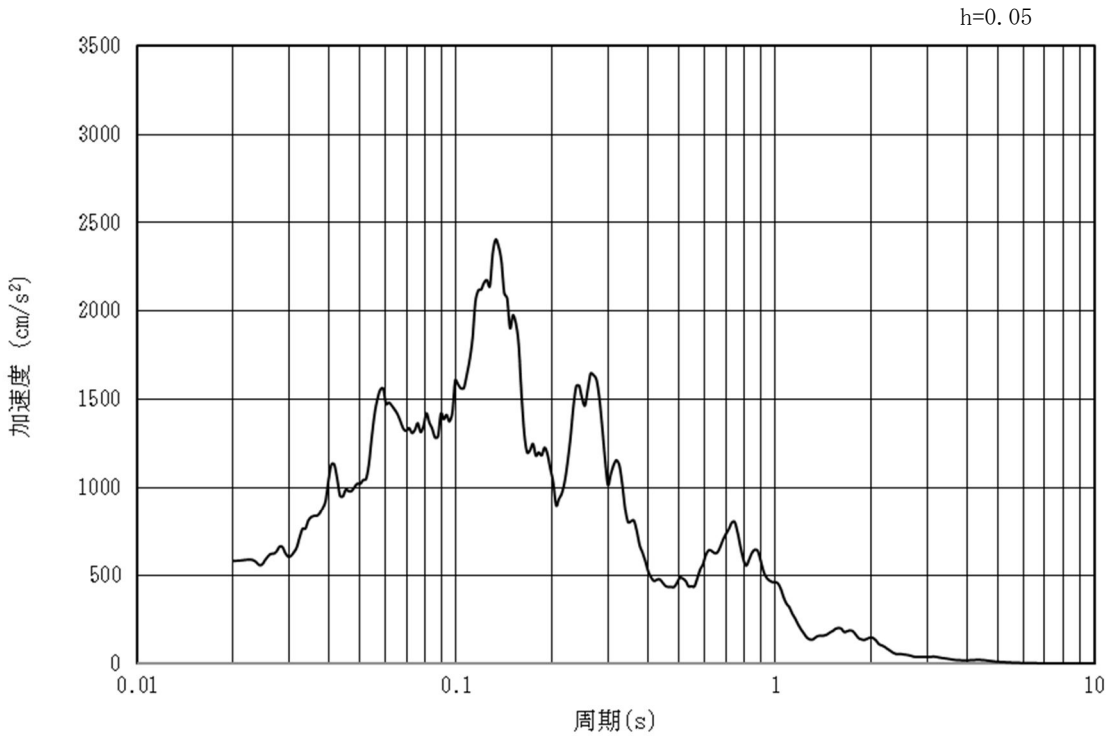


(b) 加速度応答スペクトル

図 8-6 (11)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓ$_s$－２１）

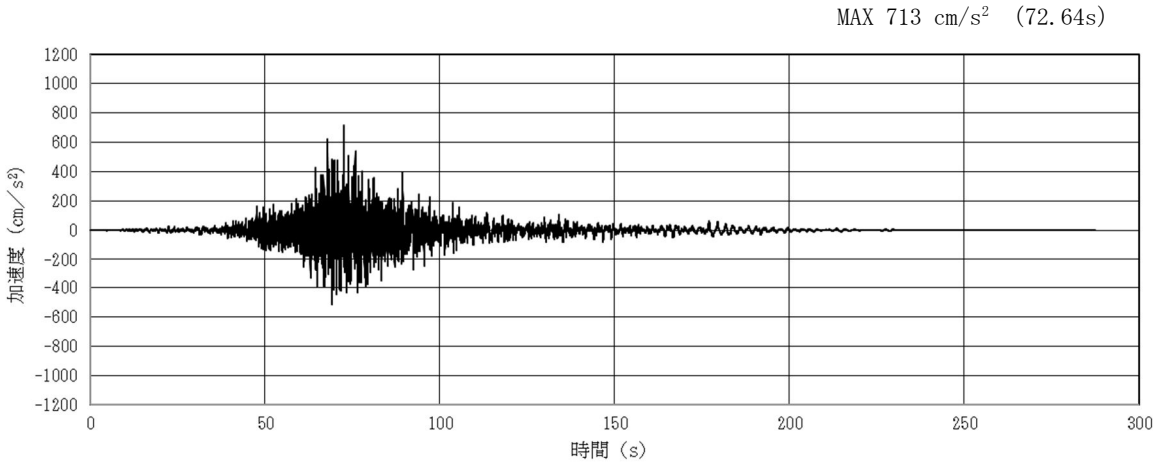


(a) 加速度時刻歴波形

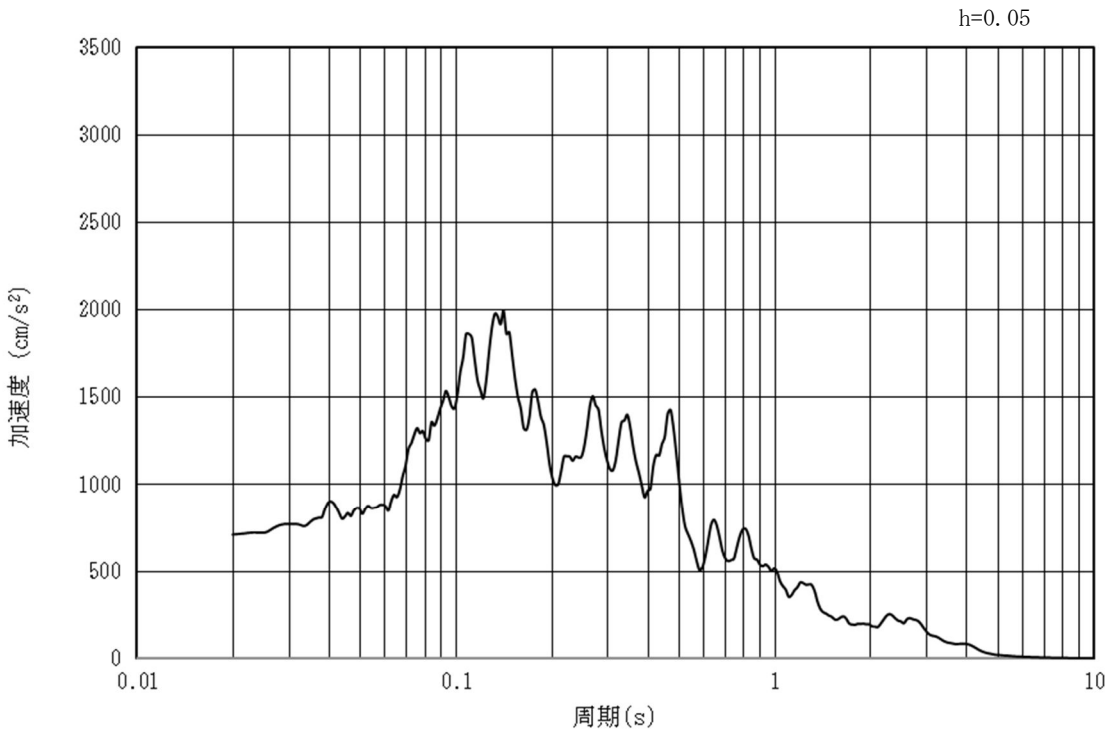


(b) 加速度応答スペクトル

図 8-6 (12)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向：Ｓ$_s$－２１)

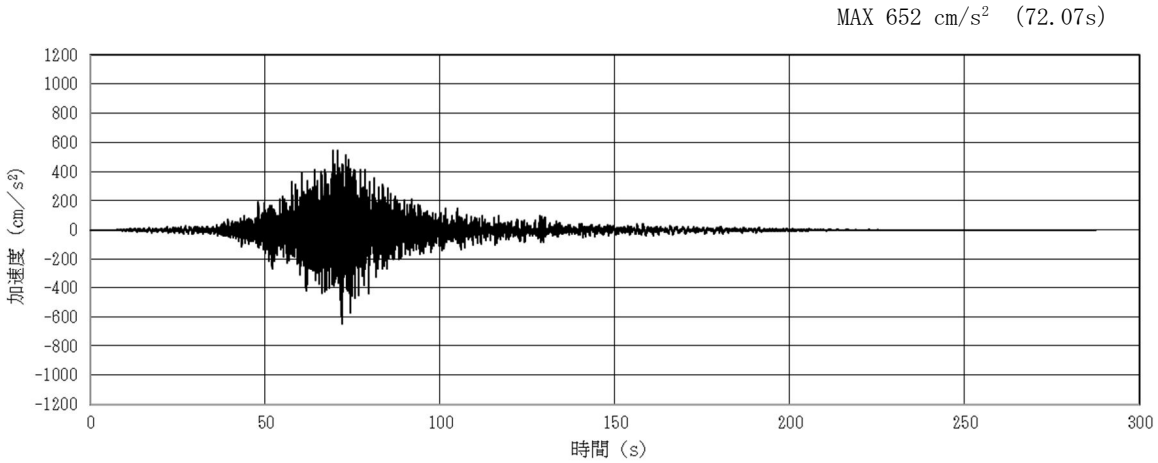


(a) 加速度時刻歴波形

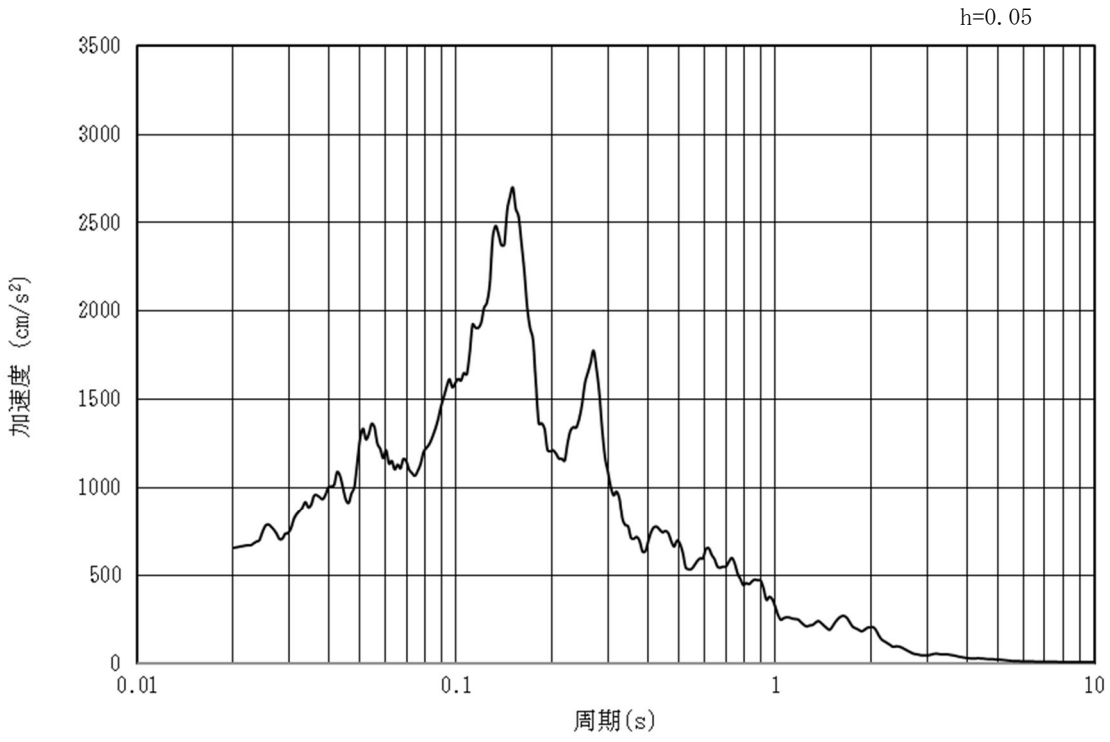


(b) 加速度応答スペクトル

図 8-6 (13)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓ$_s$－２２）

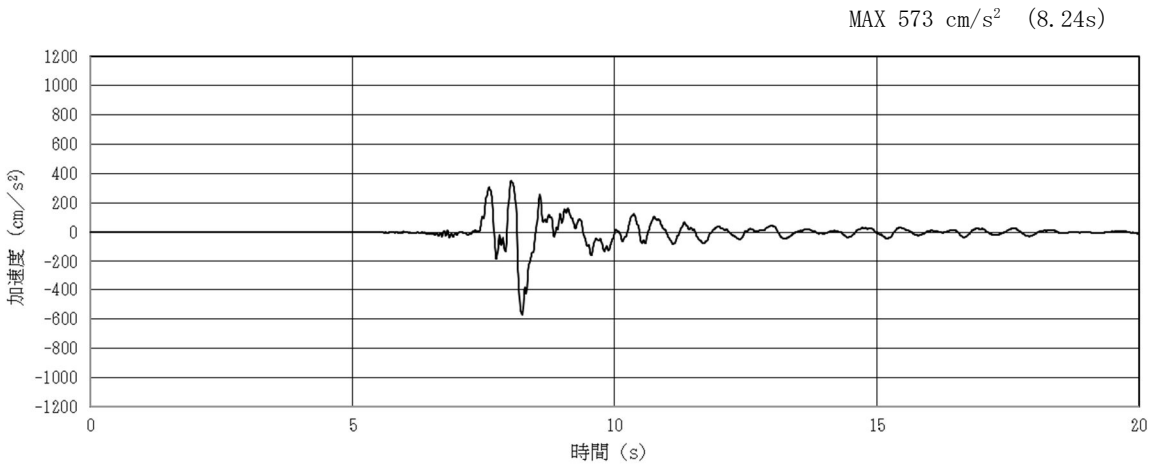


（a）加速度時刻歴波形

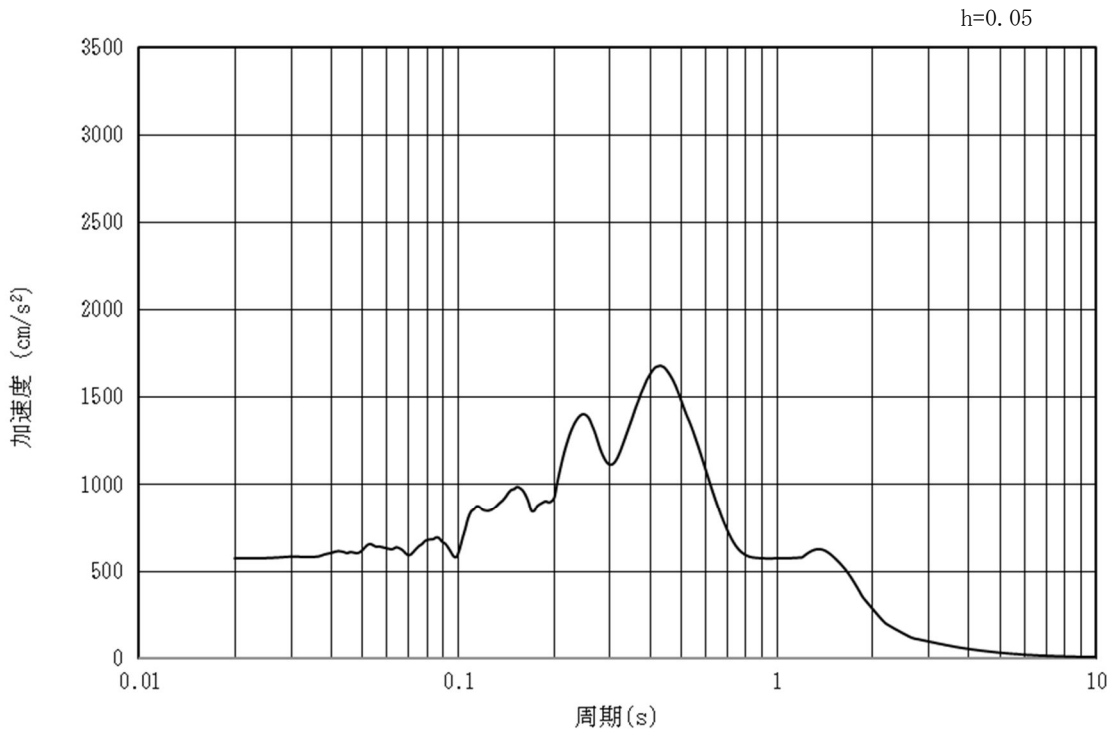


（b）加速度応答スペクトル

図 8-6（14）　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓｓ－２２）

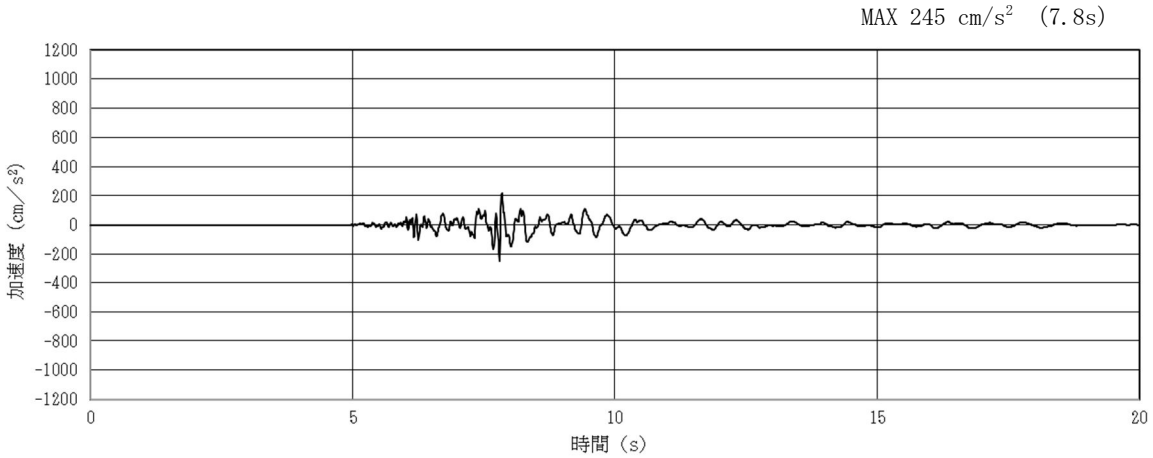


(a) 加速度時刻歴波形

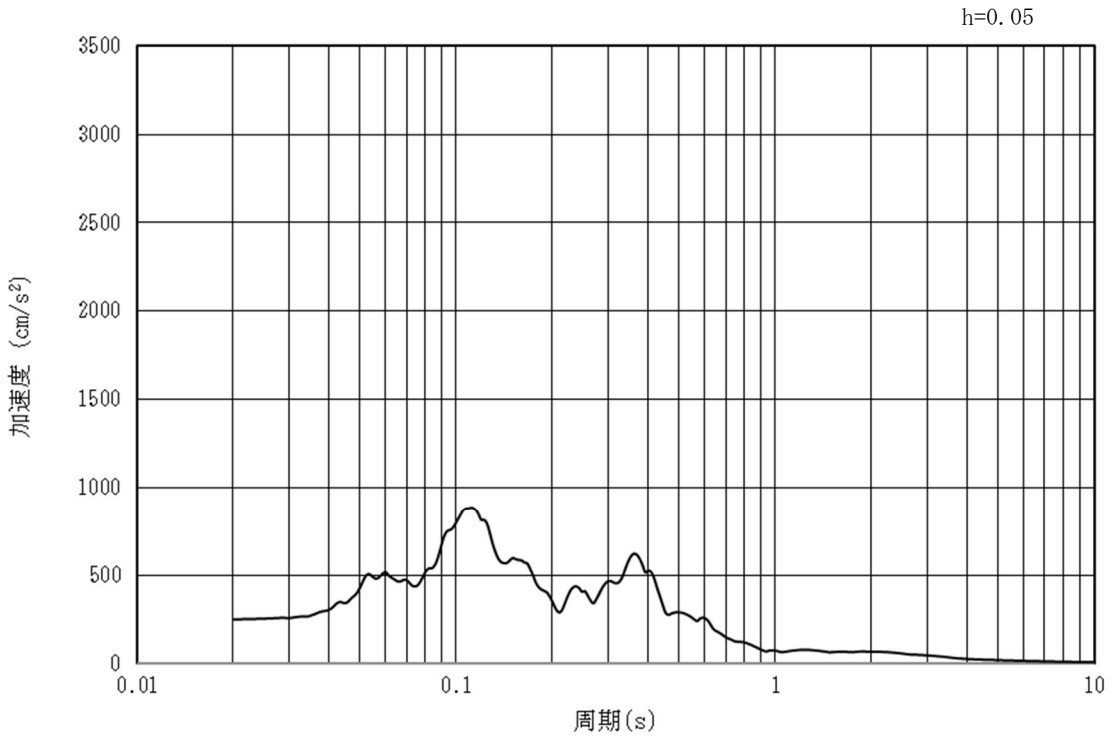


(b) 加速度応答スペクトル

図 8-6 (15)　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（水平方向：Ｓ$_s$－３１）



（a）加速度時刻歴波形



（b）加速度応答スペクトル

図 8-6（16）　入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
（鉛直方向：Ｓ$_s$－３１）

8.4.2　ＲＣ防潮壁部

添付書類「Ⅴ-2-2-38-1　防潮堤（鉄筋コンクリート防潮壁）の地震応答計算書」に示す入力地震動とする。

8.5　解析モデル及び諸元

8.5.1　杭間部

(1)　解析モデル

a.　解析領域

地震応答解析モデルは，境界条件の影響が地盤及び構造物の応力状態に影響を及ぼさないよう，十分に広い領域とする。

b.　境界条件

地震応答解析時の境界条件については，有限要素解析における半無限地盤を模擬するため，粘性境界を設ける。

c.　構造物のモデル化

底版及び縦断面に垂直な側壁を線形梁要素でモデル化し，縦断面に平行な面内壁を平面ひずみ要素でモデル化する。

d.　地盤のモデル化

地盤は，マルチスプリング要素及び間隙水要素にてモデル化し，地震時の有効応力の変化に応じた非線形せん断応力～せん断ひずみ関係を考慮する。

構内排水路逆流防止設備の地震応答解析モデルを図 8-7 に示す。

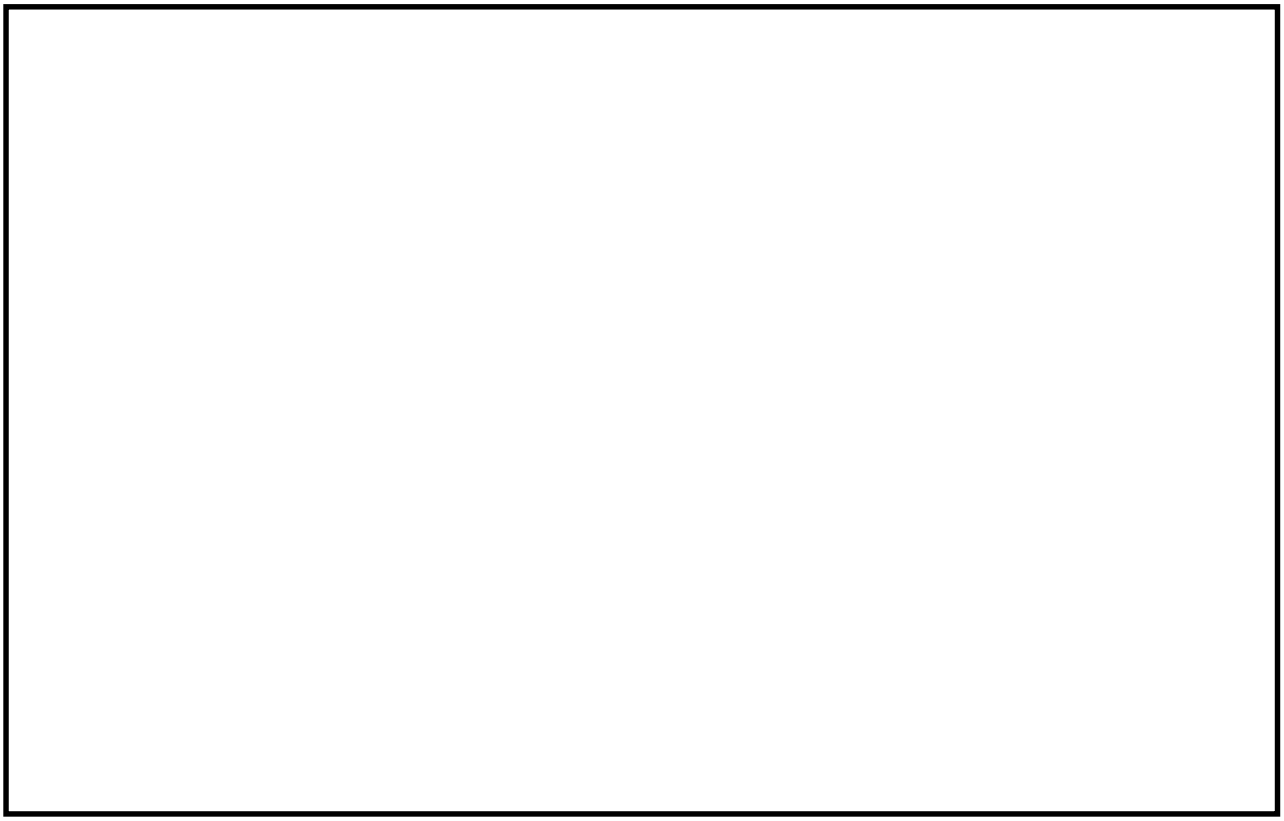


図 8-7　地震応答解析モデル

(2) 使用材料及び材料の物性値

使用材料を表 8-4 に，材料の物性値を表 8-5 に示す。

表 8-4 使用材料

諸元		
集水枡	鉄筋	SD490
	コンクリート	設計基準強度 50 N/mm^2
基礎杭*		φ800 mm（SM570） t＝40

注記 ＊：道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（(社) 日本道路協会，平成 14 年 3 月）に従い腐食代 1 mm を考慮する。鋼管杭の断面照査及び鋼管杭の曲げ剛性を算出する際は腐食代 1 mm による断面積の低減を考慮する。

表 8-5 材料の物性値

材料	単位体積重量 (kN/m^3)	ヤング係数 (N/mm^2)	ポアソン比	減衰定数 (%)
鉄筋コンクリート	24.5*1	3.30×10^4*1	0.2*1	5*2
鋼管杭	77.0*1	2.00×10^5*1	0.3*1	3*2

注記 ＊1：道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（(社) 日本道路協会，平成 14 年 3 月）

＊2：道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅴ耐震設計編）・同解説（(社) 日本道路協会，平成 14 年 3 月）

(3)　地盤の物性値

地盤の物性値は，添付書類「Ⅴ-2-1-3　地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している物性値を用いる。なお，地盤については，液状化検討対象層における有効応力の変化に応じた地震挙動を適切にモデル化する。地盤の物性値を表 8-6 に示す。

表 8-6（1）　地盤の解析用物性値一覧（液状化検討対象層）

パラメータ				原地盤								豊浦標準砂
				埋戻土	第四系（液状化検討対象層）							
				f1	du	Ag2	As	Ag1	D2s-3	D2g-3	D2g-2	D1g-1	
物理特性	密度 （）は地下水位以浅	ρ	g/cm^3	1.98 (1.82)	1.98 (1.82)	2.01 (1.89)	1.74	2.01 (1.89)	1.92	2.15 (2.11)	2.15	2.01 (1.89)	1.958
	間隙比	e	—	0.75	0.75	0.67	1.20	0.67	0.79	0.43	0.43	0.67	0.70
変形特性	ポアソン比	ν_{CD}	—	0.26	0.26	0.25	0.26	0.25	0.19	0.26	0.26	0.25	0.333
	基準平均有効主応力 （）は地下水位以浅	σ'_{ma}	kN/m^2	358 (312)	358 (312)	497 (299)	378	814 (814)	966	1167 (1167)	1167	1695 (1710)	12.6
	基準初期せん断剛性 （）は地下水位以浅	G_{ma}	kN/m^2	253529 (220739)	253529 (220739)	278087 (167137)	143284	392073 (392073)	650611	1362035 (1362035)	1362035	947946 (956776)	18975
	最大履歴減衰率	h_{max}	—	0.220	0.220	0.233	0.216	0.221	0.192	0.130	0.130	0.233	0.287
強度特性	粘着力	C_{CD}	N/mm^2	0	0	0	0.012	0	0.010	0	0	0	0
	内部摩擦角	ϕ_{CD}	度	37.3	37.3	37.4	41.0	37.4	35.8	44.4	44.4	37.4	30.0
液状化特性	液状化パラメータ	ϕ_p	—	34.8	34.8	34.9	38.3	34.9	33.4	41.4	41.4	34.9	28.0
	液状化パラメータ	S_1	—	0.047	0.047	0.028	0.046	0.029	0.048	0.030	0.030	0.020	0.005
	液状化パラメータ	W_1	—	6.5	6.5	56.5	6.9	51.6	17.6	45.2	45.2	10.5	5.06
	液状化パラメータ	P_1	—	1.26	1.26	9.00	1.00	12.00	4.80	8.00	8.00	7.00	0.57
	液状化パラメータ	P_2	—	0.80	0.80	0.60	0.75	0.60	0.96	0.60	0.60	0.50	0.80
	液状化パラメータ	C_1	—	2.00	2.00	3.40	2.27	3.35	3.15	3.82	3.82	2.83	1.44

表 8-6（2）　地盤の解析用物性値一覧（非液状化層）

パラメータ				原地盤					
				第四系（非液状化層）				新第三系	捨石
				Ac	D2c-3	lm	D1c-1*1	Km	
物理特性	密度 （）は地下水位以浅	ρ	g/cm^3	1.65	1.77	1.47 (1.43)	—	1.72-1.03×10^{-4}・z	2.04 (1.84)
	間隙比	e	—	1.59	1.09	2.8	—	1.16	0.82
変形特性	ポアソン比	ν_{CD}	—	0.10	0.22	0.14	—	0.16+0.00025・z	0.33
	基準平均有効主応力 （）は地下水位以浅	σ'_{ma}	kN/m^2	480	696	249 (223)	—	動的変形特性に基づきz（標高）毎に物性値を設定	98
	基準初期せん断剛性 （）は地下水位以浅	G_{ma}	kN/m^2	121829	285223	38926 (35783)	—		180000
	最大履歴減衰率	h_{max}	—	0.200	0.186	0.151	—		0.24
強度特性	粘着力	C_{CD}	N/mm^2	0.025	0.026	0.042	—	0.358-0.00603・z	0.02
	内部摩擦角	ϕ_{CD}	度	29.1	35.6	27.3	—	23.2+0.0990・z	35

注記　＊1：施設の耐震評価に影響を与えるものではないことから，解析用物性値として本表には記載しない。

z：標高（m）

表 8-6 (3)　地盤の解析用物性値一覧（新第三系 Km 層）

区分番号	設定深度 TP(m) Z	適用深度 TP(m)	密度 ρ (g/cm^3)	静ポアソン比 ν_{CD}	粘着力 C_{CD} (kN/m^2)	内部摩擦角 ϕ_{CD} (°)	せん断波速度Vs (m/s)	基準初期せん断剛性 Gma (kN/m^2)	基準体積弾性係数 Kma (kN/m^2)	基準平均有効主応力 σ'_{ma} (kN/m^2)	拘束圧依存係数 mG,mK	最大履歴減衰率 hmax(-)	動ポアソン比 ν_d	疎密波速度Vp (m/s)
1	10	9.5 ～ 10.5	1.72	0.16	298	24.2	425	310,675	353,317	504	0.0	0.105	0.464	1,640
2	9	8.5 ～ 9.5	1.72	0.16	304	24.1	426	312,139	354,982	504	0.0	0.105	0.464	1,644
3	8	7.5 ～ 8.5	1.72	0.16	310	24.0	427	313,606	356,650	504	0.0	0.105	0.464	1,648
4	7	6.5 ～ 7.5	1.72	0.16	316	23.9	428	315,076	358,322	504	0.0	0.105	0.464	1,651
5	6	5.5 ～ 6.5	1.72	0.16	322	23.8	428	315,076	358,322	504	0.0	0.106	0.464	1,651
6	5	4.5 ～ 5.5	1.72	0.16	328	23.7	429	316,551	359,999	504	0.0	0.106	0.464	1,655
7	4	3.5 ～ 4.5	1.72	0.16	334	23.6	430	318,028	361,679	504	0.0	0.106	0.463	1,638
8	3	2.5 ～ 3.5	1.72	0.16	340	23.5	431	319,509	363,363	504	0.0	0.107	0.463	1,642
9	2	1.5 ～ 2.5	1.72	0.16	346	23.4	431	319,509	363,363	504	0.0	0.107	0.463	1,642
10	1	0.5 ～ 1.5	1.72	0.16	352	23.3	432	320,993	365,051	504	0.0	0.107	0.463	1,646
11	0	-0.5 ～ 0.5	1.72	0.16	358	23.2	433	322,481	366,743	504	0.0	0.107	0.463	1,650
12	-1	-1.5 ～ -0.5	1.72	0.16	364	23.1	434	323,972	368,439	504	0.0	0.108	0.463	1,653
13	-2	-2.5 ～ -1.5	1.72	0.16	370	23.0	435	325,467	370,139	504	0.0	0.108	0.463	1,657
14	-3	-3.5 ～ -2.5	1.72	0.16	376	22.9	435	325,467	370,139	504	0.0	0.108	0.463	1,657
15	-4	-4.5 ～ -3.5	1.72	0.16	382	22.8	436	326,965	371,843	504	0.0	0.108	0.463	1,661
16	-5	-5.5 ～ -4.5	1.72	0.16	388	22.7	437	328,467	373,551	504	0.0	0.109	0.462	1,644
17	-6	-6.5 ～ -5.5	1.72	0.16	394	22.6	438	329,972	375,262	504	0.0	0.109	0.462	1,648
18	-7	-7.5 ～ -6.5	1.72	0.16	400	22.5	438	329,972	375,262	504	0.0	0.109	0.462	1,648
19	-8	-8.5 ～ -7.5	1.72	0.16	406	22.4	439	331,480	376,977	504	0.0	0.109	0.462	1,652
20	-9	-9.5 ～ -8.5	1.72	0.16	412	22.3	440	332,992	378,697	504	0.0	0.110	0.462	1,656
21	-10	-11 ～ -9.5	1.72	0.16	418	22.2	441	334,507	380,420	504	0.0	0.110	0.462	1,659
22	-12	-13 ～ -11	1.72	0.16	430	22.0	442	336,026	382,147	504	0.0	0.110	0.462	1,663
23	-14	-15 ～ -13	1.72	0.16	442	21.8	444	339,074	385,614	504	0.0	0.111	0.462	1,671
24	-16	-17 ～ -15	1.72	0.16	454	21.6	445	340,603	387,352	504	0.0	0.111	0.461	1,654
25	-18	-19 ～ -17	1.72	0.16	467	21.4	447	343,671	390,842	504	0.0	0.112	0.461	1,662
26	-20	-21 ～ -19	1.72	0.16	479	21.2	448	345,211	392,593	504	0.0	0.112	0.461	1,665
27	-22	-23 ～ -21	1.72	0.15	491	21.0	450	348,300	381,471	498	0.0	0.112	0.461	1,673
28	-24	-25 ～ -23	1.72	0.15	503	20.8	452	351,403	384,870	498	0.0	0.113	0.461	1,680
29	-26	-27 ～ -25	1.72	0.15	515	20.6	453	352,959	386,574	498	0.0	0.113	0.460	1,664
30	-28	-29 ～ -27	1.72	0.15	527	20.4	455	356,083	389,996	498	0.0	0.114	0.460	1,672
31	-30	-31 ～ -29	1.72	0.15	539	20.2	456	357,650	391,712	498	0.0	0.114	0.460	1,675
32	-32	-33 ～ -31	1.72	0.15	551	20.0	458	360,794	395,155	498	0.0	0.115	0.460	1,683
33	-34	-35 ～ -33	1.72	0.15	563	19.8	459	362,371	396,883	498	0.0	0.115	0.459	1,667
34	-36	-37 ～ -35	1.72	0.15	575	19.6	461	365,536	400,349	498	0.0	0.115	0.459	1,675
35	-38	-39 ～ -37	1.72	0.15	587	19.4	462	367,124	402,088	498	0.0	0.116	0.459	1,678
36	-40	-41 ～ -39	1.72	0.15	599	19.2	464	370,309	405,577	498	0.0	0.116	0.459	1,685
37	-42	-43 ～ -41	1.72	0.15	611	19.0	465	371,907	407,327	498	0.0	0.117	0.459	1,689
38	-44	-45 ～ -43	1.72	0.15	623	18.8	467	375,113	410,838	498	0.0	0.117	0.458	1,678
39	-46	-47 ～ -45	1.72	0.15	635	18.6	468	376,721	412,599	498	0.0	0.117	0.458	1,681
40	-48	-49 ～ -47	1.72	0.15	647	18.4	470	379,948	416,134	498	0.0	0.118	0.458	1,688
41	-50	-51 ～ -49	1.73	0.15	660	18.3	472	385,416	422,122	498	0.0	0.118	0.458	1,696
42	-52	-53 ～ -51	1.73	0.15	672	18.1	473	387,051	423,913	498	0.0	0.118	0.458	1,699
43	-54	-55 ～ -53	1.73	0.15	684	17.9	475	390,331	427,505	498	0.0	0.118	0.457	1,688
44	-56	-57 ～ -55	1.73	0.15	696	17.7	476	391,976	429,307	498	0.0	0.119	0.457	1,692
45	-58	-59 ～ -57	1.73	0.15	708	17.5	478	395,277	432,922	498	0.0	0.119	0.457	1,699
46	-60	-61 ～ -59	1.73	0.15	720	17.3	479	396,933	434,736	498	0.0	0.120	0.457	1,702
47	-62	-63 ～ -61	1.73	0.14	732	17.1	481	400,255	422,491	492	0.0	0.120	0.457	1,709
48	-64	-65 ～ -63	1.73	0.14	744	16.9	482	401,921	424,250	492	0.0	0.120	0.456	1,695
49	-66	-67 ～ -65	1.73	0.14	756	16.7	484	405,263	427,778	492	0.0	0.120	0.456	1,702
50	-68	-69 ～ -67	1.73	0.14	768	16.5	485	406,939	429,547	492	0.0	0.121	0.456	1,705
51	-70	-71 ～ -69	1.73	0.14	780	16.3	487	410,302	433,097	492	0.0	0.121	0.456	1,712
52	-72	-73 ～ -71	1.73	0.14	792	16.1	489	413,679	436,661	492	0.0	0.121	0.456	1,719
53	-74	-75 ～ -73	1.73	0.14	804	15.9	490	415,373	438,449	492	0.0	0.122	0.455	1,705
54	-76	-77 ～ -75	1.73	0.14	816	15.7	492	418,771	442,036	492	0.0	0.122	0.455	1,712
55	-78	-79 ～ -77	1.73	0.14	828	15.5	493	420,475	443,835	492	0.0	0.122	0.455	1,716
56	-80	-81 ～ -79	1.73	0.14	840	15.3	495	423,893	447,443	492	0.0	0.122	0.455	1,723
57	-82	-85 ～ -81	1.73	0.14	852	15.1	496	425,608	449,253	492	0.0	0.123	0.455	1,726
58	-88	-90 ～ -85	1.73	0.14	889	14.5	501	434,232	458,356	492	0.0	0.124	0.454	1,726
59	-92	-95 ～ -90	1.73	0.14	913	14.1	504	439,448	463,862	492	0.0	0.124	0.454	1,736
60	-98	-101 ～ -95	1.73	0.14	949	13.5	509	448,210	473,111	492	0.0	0.125	0.453	1,736
61	-104	-108 ～ -101	1.73	0.13	985	12.9	513	455,282	463,485	486	0.0	0.126	0.452	1,733
62	-112	-115 ～ -108	1.73	0.13	1,033	12.1	519	465,995	474,391	486	0.0	0.127	0.451	1,737
63	-118	-122 ～ -115	1.73	0.13	1,070	11.5	524	475,016	483,575	486	0.0	0.127	0.451	1,754
64	-126	-130 ～ -122	1.73	0.13	1,118	10.7	530	485,957	494,713	486	0.0	0.128	0.450	1,758

表 8-6（4）　地盤改良体の物性値一覧

項目		地盤改良体（セメント改良）＊	
		一軸圧縮強度（≦8.5N/mm²の場合）	一軸圧縮強度（＞8.5N/mm²の場合）
物理特性	密度 ρ_t(g/cm³)	改良対象の原地盤の平均密度×1.1	
静的変形特性	静弾性係数 (N/mm²)	581	2159
	静ポアソン比 ν_s	0.260	
動的変形特性	初期せん断剛性 G_0 (N/mm²)	$G_0 = \rho_t / 1000 \times Vs^2$ $Vs = 147.6 \times q_u^{0.417}$ (m/s) q_u：一軸圧縮強度 (kgf/cm²)	
	動ポアソン比 ν_d	0.431	
	動せん断弾性係数のひずみ依存性 $G/G_0 \sim \gamma$	$G/G_0 = \frac{1}{1+\gamma/0.000537}$ γ：せん断ひずみ（－）	$G/G_0 = \frac{1}{1+\gamma/0.001560}$ γ：せん断ひずみ（－）
	減衰定数 $h \sim \gamma$	$h = 0.152\frac{\gamma/0.000537}{1+\gamma/0.000537}$ γ：せん断ひずみ（－）	$h = 0.178\frac{\gamma/0.001560}{1+\gamma/0.001560}$ γ：せん断ひずみ（－）
強度特性	粘着力 C (N/mm²)	$C = q_u / 2$ q_u：一軸圧縮強度 (N/mm²)	
	ピーク強度 C_u(N/mm²)	1.44 P + 1.76 P：圧密圧力 (N/mm²)	1.60 P + 7.80 P：圧密圧力 (N/mm²)
	残留強度 τ_0(N/mm²)	1.44 P + 0.808 P：圧密圧力 (N/mm²)	1.60 P + 2.05 P：圧密圧力 (N/mm²)

注記　＊：地盤改良体（嵩上げ部）の一軸圧縮強度：1.5 N/mm²

(4)　地下水位

地下水位は地表面として設定する。

8.5.2　ＲＣ防潮壁部

地盤応答解析は，添付書類「Ⅴ-2-2-38-1　防潮堤（鉄筋コンクリート防潮壁）の地震応答計算書」と同じモデルを用いる。

9.　出口側集水枡の耐震評価

9.1　評価対象部位

9.1.1　杭間部

評価対象部位は，出口側集水枡（杭間部）の特徴を踏まえ設定する。

(1)　構造部材の健全性評価

a.　鋼管杭

鋼管杭の評価対象部位は，出口側集水枡（杭間部）を支持する鋼管杭とする。

b.　鉄筋コンクリート

鉄筋コンクリートの評価対象部位は，出口側集水枡（杭間部）の底版及び縦断面に垂直な側壁とする。

(2)　基礎地盤の支持性能評価

基礎地盤の評価対象部位は，出口側集水枡（杭間部）を支持する基礎地盤とする。

9.1.2　ＲＣ防潮壁部

評価対象部位は，出口側集水枡（ＲＣ防潮壁部）の底版及び縦断面に垂直な側壁とし，鉄筋コンクリート部材とする。

9.2　解析方法

9.2.1　杭間部

設計対象構造物～地盤の連成系モデルによる２次元地震応答解析を行い，地震時の各構造部位の構造健全性及び支持性能を確認する。有効応力の変化を考慮することができる有効応力法を用いることとし，２次元有効応力解析を実施する。

9.2.2　ＲＣ防潮壁部

地震応答解析は，必要となる設計震度を応答値より算出し，算出した設計震度によって水平地震動と鉛直地震動を同時加振し，鉄筋コンクリート部材としての構造健全性を確認する。

NT2 補② V-2-10-2-4 R2

9.3　荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき設定する。

9.3.1　耐震安全性評価上考慮する状態

集水枡の地震応答解析において，地震以外に考慮する状態を以下に示す。

(1)　運転時の状態

発電用原子炉施設が運転状態にあり，通常の条件下におかれている状態。ただし，運転時の異常な過渡変化時の影響を受けないことから考慮しない。

(2)　設計基準事故時の状態

設計基準事故時の影響を受けないことから考慮しない。

(3)　設計用自然条件

積雪を考慮する。

(4)　重大事故等時の状態

重大事故等時の状態の影響を受けないことから考慮しない。

9.3.2　荷重

構内排水路逆流防止設備の地震応答解析において，考慮する荷重を以下に示す。

(1)　固定荷重（G）

固定荷重として，躯体自重及び土圧を考慮する。

(2)　積載荷重（P）

積載荷重として，静水圧による荷重を考慮する。

(3)　地震荷重（K_S）

基準地震動S_sによる荷重を考慮する。

(4)　積雪荷重（P_s）

積雪荷重として 30 cm の積雪を考慮する。

9.3.3　荷重の組合せ

荷重の組合せを表 9-1 に示す。

表 9-1　荷重の組合せ

区分	荷重の組合せ
地震時	$G＋P＋K_S＋P_s$

G　　：固定荷重

P　　：積載荷重

K_S　　：地震荷重

P_s　　：積雪荷重

9.4　許容限界

許容限界は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき設定する。

9.4.1　杭間部

(1)　構造部材の健全性に対する許容限界

a.　鋼管杭

鋼管杭の許容限界は，「道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（(社) 日本道路協会，平成 14 年 3 月)」に基づき，表 9-2 に示す短期許容応力度とする。短期許容応力度は，鋼材の許容応力度に対して 1.5 倍の割増を考慮する。

表 9-2　鋼管杭の許容限界

評価項目		許容限界 (N/mm^2)
鋼管杭 (SM570)	短期許容引張応力度 σ_{sa1} 短期許容圧縮応力度 σ_{sa1}	382.5
	短期許容せん断応力度 τ_{sa}	217.5

b.　鉄筋コンクリート

鉄筋コンクリートの許容限界は，「コンクリート標準示方書［構造性能照査編］(社) 土木学会，2002 年制定)」，道路土工　カルバート工指針（(社) 日本道路協会　平成 21 年度版）及び「道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（(社) 日本道路協会　平成 24 年 3 月)」に基づき，表 9-3 に示す短期許容応力度とする。短期許容応力度は，鉄筋コンクリートの許容応力度に対して 1.5 倍の割増を考慮する。

なお，杭頭部に関しても，鉄筋コンクリートは表 9-3 に示す短期許容応力度を許容限界とする。

表 9-3　鉄筋コンクリートの許容限界

評価項目		許容限界 (N/mm^2)
コンクリート (f'_{ck}＝50 N/mm^2)	短期許容曲げ圧縮応力度　σ_{ca} *3	24.0
	短期許容せん断応力度　τ_{a1} *1	0.825*4
	短期許容押抜きせん断応力度　τ_{a1}' *1	1.1
	短期許容支圧応力度　σ_{ca}' *1	22.5
鉄筋*2 (SD490)	短期許容曲げ引張応力度　σ_{sa2}（軸方向鉄筋）	435
	短期許容曲げ引張応力度　σ_{sa2}(せん断補強筋)	300

注記　＊1：コンクリート標準示方書［構造性能照査編］(社) 土木学会，2002 年制定)

＊2：道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（(社) 日本道路協会　平成 24 年 3 月)

＊3：道路土工　カルバート工指針（(社) 日本道路協会　平成 21 年度版）

＊4：斜め引張鉄筋を考慮する場合は，「コンクリート標準示方書［構造性能照査編］（(社) 土木学会　2002 年制定)」に準拠し，次式により算定される短期許容せん断力（V_a）を許容限界とする。

$V_a = V_{ca} + V_{sa}$

ここで,

V_{ca} ：コンクリートの短期許容せん断力

$V_{ca} = 1/2 \cdot \tau_{a1} \cdot b_w \cdot j \cdot d$

V_{sa} ：斜め引張鉄筋の短期許容せん断力

$V_{sa} = A_w \cdot \sigma_{sa2} \cdot j \cdot d / s$

τ_{a1}：斜め引張鉄筋を考慮しない場合の短期許容せん断応力度

b_w ：有効幅

j ：1／1.15

d ：有効高さ

A_w ：斜め引張鉄筋断面積

σ_{sa2}：鉄筋の短期許容引張応力度

s ：斜め引張鉄筋間隔

斜め引張鉄筋を配置する部材のせん断力に対する許容限界を表 9-4 に示す。

表 9-4　斜め引張鉄筋を配置する部材のせん断力に対する許容限界

位置	断面形状				せん断補強筋			許容せん断力		短期許容せん断力 Va (=Vca+Vsa) (kN)
	部材幅 (mm)	部材高 (mm)	かぶり (mm)	有効高 (mm)	径	Sb (mm)	Ss (mm)	ｺﾝｸﾘｰﾄ Vca (kN)	鉄筋 Vsa (kN)	
壁部	1000	800	150	650	D22	200	400	233.15	820.27	1053.4
底版部	1000	800	150	650	D22	200	400	233.15	820.27	1053.4

(2)　基礎地盤の支持性能に対する許容限界

極限支持力は，添付書類「Ⅴ-2-1-3　地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき，道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（(社) 日本道路協会，平成 14 年 3 月）により以下の支持力算定式により設定する。基礎地盤の支持性能に対する許容限界を表 9-5 に示す。

極限支持力算定式（杭基礎［中堀り工法］）

$R_u = q_d A + U \Sigma L_i f_i$

R_u：杭の極限支持力（kN）

q_d：杭下端における単位面積あたりの極限支持力度（kN/m^2）：コンクリート打設方式

$q_d = 3 \cdot q_u$

q_u：支持岩盤の一軸圧縮強度（kN/m^2）

A：杭下端面積（m^2）

U：杭の周長（m）

L_i：周面摩擦力を考慮する層の層厚（m）

f_i：周面摩擦力を考慮する層の最大周面摩擦力度（kN/m^2）

表 9-5　基礎地盤の支持性能に対する許容限界

項目	算定結果	備考
極限支持力R_u（kN）	－	
$q_d A$（kN）	－	
$U \Sigma L_i f_i$（kN）	－	
極限支持力度q_d（kN/m^2）	6288	$3 \cdot q_u$
一軸圧縮強度q_u（kN/m^2）	2096	非排水せん断強度×2
非排水せん断強度　C_{CUU}*（kN/m^2）	1048	
杭下端標高Z　EL.（m）	－61.0	
杭下端面積A（m^2）	－	
杭の周長U（m）	－	
周面摩擦力を考慮する層の層厚L_i（m）	－	
最大周面摩擦力度f_i（kN/m^2）	－	

注記　＊：非排水せん断強度C_{CUU}＝（0.837－0.00346・Z）×1000（kN/m^2）

9.4.2　ＲＣ防潮壁部

許容限界は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき設定する。

(1)　構造部材の健全性に対する許容限界

鉄筋コンクリートの許容限界は，「コンクリート標準示方書［構造性能照査編］((社) 土木学会，2002 年制定)」及び「道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編)・同解説（(社) 日本道路協会　平成 14 年 3 月)」に基づき，表 9-6 に示す短期許容応力度とする。短期許容応力度は，鉄筋コンクリートの許容応力度に対して 1.5 倍の割増を考慮する。

表 9-6　鉄筋コンクリートの許容限界（ＲＣ防潮壁部）

評価項目			許容限界 (N/mm^2)
コンクリート (f'_{ck}＝40 N/mm^2)		短期許容曲げ圧縮応力度　σ_{ca} *1	21.0
		短期許容せん断応力度　τ_{a1} *1	0.825*3
		短期許容押抜きせん断応力度　τ_{a1}' *1	1.65
		短期許容支圧応力度　σ_{ca}' *1	18.0
鉄筋	SD345*1	短期許容曲げ引張応力度　σ_{sa2} (軸方向鉄筋)	294
		短期許容曲げ引張応力度　σ_{sa2} (せん断補強筋)	294
	SD490*2	短期許容曲げ引張応力度　σ_{sa2} (軸方向鉄筋)	435
		短期許容曲げ引張応力度　σ_{sa2} (せん断補強筋)	300

注記　＊1：コンクリート標準示方書［構造性能照査編］((社) 土木学会，2002 年制定)

＊2：道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編)・同解説（(社) 日本道路協会　平成 14 年 3 月)

＊3：斜め引張鉄筋を考慮する場合は，「コンクリート標準示方書［構造性能照査編］((社) 土木学会　2002 年制定)」に準拠し，次式により算定される短期許容せん断力（V_a）を許容限界とする。

$$V_a = V_{ca} + V_{sa}$$

ここで，

V_{ca} ：コンクリートの短期許容せん断力

$$V_{ca} = 1/2 \cdot \tau_{a1} \cdot b_w \cdot j \cdot d$$

V_{sa} ：斜め引張鉄筋の短期許容せん断力

$$V_{sa} = A_w \cdot \sigma_{sa2} \cdot j \cdot d / s$$

τ_{a1} ：斜め引張鉄筋を考慮しない場合の短期許容せん断応力度

b_w　：有効幅
j　　：1／1.15
d　　：有効高さ
A_w　：斜め引張鉄筋断面積
σ_{sa2}：鉄筋の短期許容引張応力度
s　　：斜め引張鉄筋間隔

(2)　基礎地盤の支持性能に対する許容限界

出口側集水枡（ＲＣ防潮壁部）はＲＣ防潮基礎底版と一体化することから，防潮壁基礎と集水枡の接続鉄筋の健全性評価の確認をもって支持性能評価を満足するものとする。

9.5　解析モデル及び諸元

構内排水路逆流防止設備を間接支持する出口側集水枡の耐震評価は，「8.5　解析モデル及び諸元」に示す地震応答解析モデルにより実施する。

9.6　評価方法

9.6.1　杭間部

出口側集水枡の耐震評価は，「8. 地震応答解析」により得られる照査用応答値が，「9.4 許容限界」で設定した許容限界以下であることを確認する。

(1)　構造部材の健全性評価

a.　鋼管杭

鋼管杭の曲げ軸力に対する照査については，地震応答解析により算定した曲げ応力が許容限界以下であることを確認する。

せん断力に対する照査については，地震応答解析により算定したせん断応力が許容限界以下であることを確認する。

(a)　曲げモーメント及び軸力に対する照査

曲げモーメント及び軸力を用いて次式により算定される応力が許容限界以下であることを確認する。

$$\sigma = \frac{N}{A} \pm \frac{M}{Z}$$

ここで，

σ　：鋼管杭の曲げモーメント及び軸力より算定される応力（N/mm^2）
M　：最大曲げモーメント（N･mm）
Z　：断面係数（mm^3）
N　：軸力（N）
A　：有効断面積（mm^2）

(b)　せん断力に対する照査

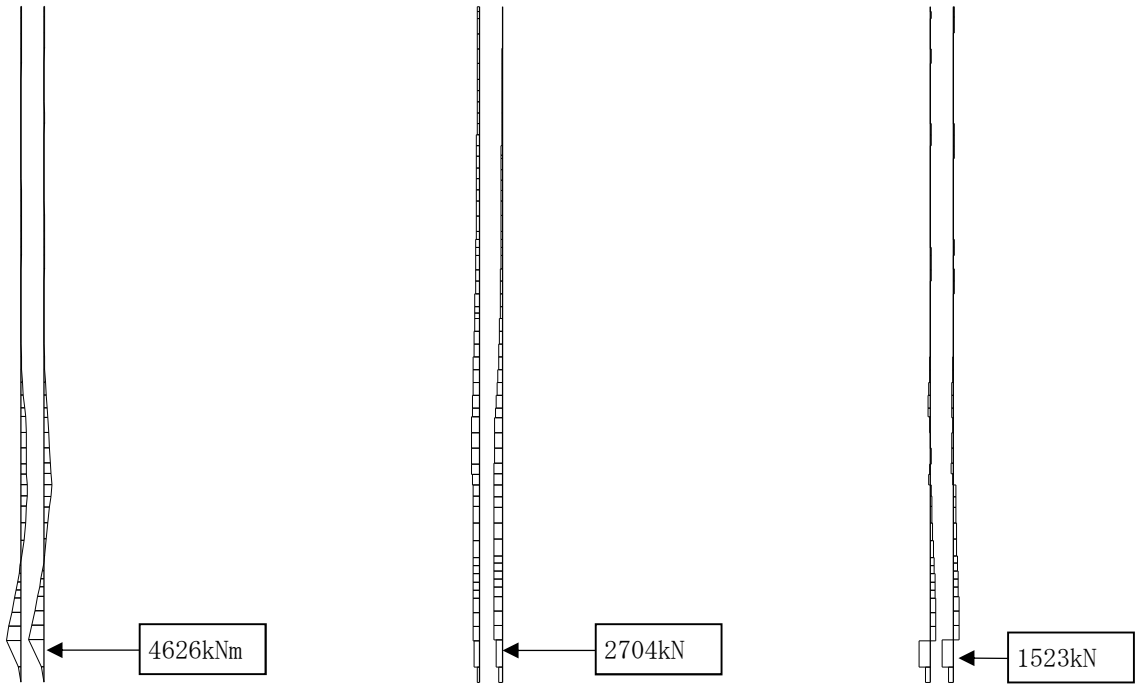
せん断力を用いて次式により算定されるせん断応力がせん断強度に基づく許容限界以下であることを確認する。

$$\tau = \kappa \frac{S}{A}$$

ここで，

τ　：鋼管杭のせん断力より算定されるせん断応力（N/mm^2）
S　：せん断力（N）
A　：有効断面積（mm^2）
κ　：せん断応力の分布係数（2.0）

鋼管杭の健全性評価において最も厳しい照査値は曲げ軸力照査である。曲げ軸力照査結果が最も厳しくなる検討ケースにおける，照査値が最大となる評価時刻における断面力図を図 9-1 に示す。



曲げモーメント図　ｔ＝53.58s　　軸力図　ｔ＝53.58s　　せん断力図ｔ＝53.57s

図 9-1　照査値が最も厳しくなる時刻の地震時断面力図（Ｓ$_s$－Ｄ１　（Ｈ＋，Ｖ＋），
検討ケース④　敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により
地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース）

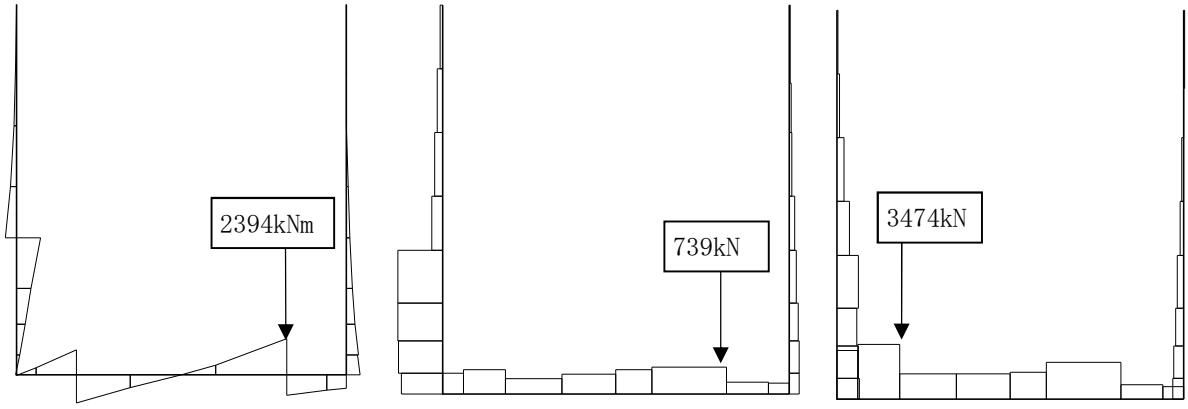
b.　鉄筋コンクリート

コンクリートの曲げ軸力に対する照査については，地震応答解析により算定した曲げ応力が許容限界以下であることを確認する。

鉄筋の曲げ軸力に対する照査については，地震応答解析により算定した曲げ応力が許容限界以下であることを確認する。

せん断力に対する照査については，地震応答解析により算定したせん断応力が許容限界以下であることを確認する。

鉄筋コンクリートの健全性評価において最も厳しい照査値はせん断力照査である。せん断力照査結果が最も厳しくなる検討ケースにおける，照査値が最大となる評価時刻における断面力図を図 9-2 に示す。



曲げモーメント図　ｔ＝19.88s　　軸力図　ｔ＝19.88s　　せん断力図ｔ＝22.84s

図 9-2　照査値が最も厳しくなる時刻の地震時断面力図（Ｓ$_s$－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ＋），
検討ケース③　地盤物性のばらつきを考慮（－１σ）した解析ケース）

(2)　基礎地盤の支持性能評価

基礎地盤の支持性能評価においては，基礎地盤に生じる接地圧が極限支持力に基づく許容限界以下であることを確認する。

9.6.2　ＲＣ防潮壁部

出口側集水枡の耐震評価は，地震応答解析により得られる照査用応答値が，「9.4 許容限界」で設定した許容限界以下であることを確認する。

(1)　構造部材の健全性評価

a.　梁部材としての評価

集水枡のＲＣ防潮壁側を固定支持とし，底版と側壁を断面に考慮した片持ち梁モデルとする。また，地震応答解析にて算定された最大加速度により設計用震度を設定し，慣性力を考慮した二次元静的フレーム解析により鉄筋コンクリート部材の構造健全性を確認する。

２次元静的フレーム解析には解折コード「Engineer's Studio Ver. 6.00.04」を使用する。なお，解析コードの検証及び妥当性確認の概要については，添付書類「Ⅴ-5-39　計算機プログラム（解析コード）の概要・Ｅｎｇｉｎｅｅｒ’ｓ　Ｓｔｕｄｉｏ」に示す。

片持ち梁のモデル概念図を図 9-3 に示す。

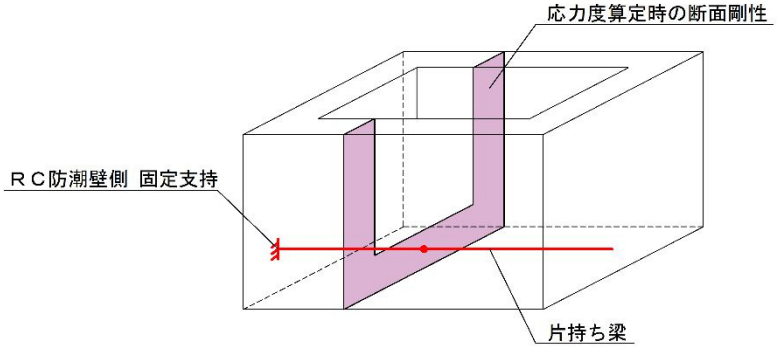


図 9-3　片持ち梁モデル概要図

片持ち梁に生じる曲げモーメント及び軸力を底版及び側壁を考慮した断面剛性によって応力度を算出し許容限界以下であることを確認する。また，せん断については側壁のみを有効断面として応力度を算出し許容限界以下であることを確認する。

妻壁に作用する地震時土圧については，慣性力と同じ向きに作用する場合が保守的である。従って，土圧と慣性力が逆向きに作用する場合は考慮しないものとする。土圧作用の概念図を図 9-4 に示す。

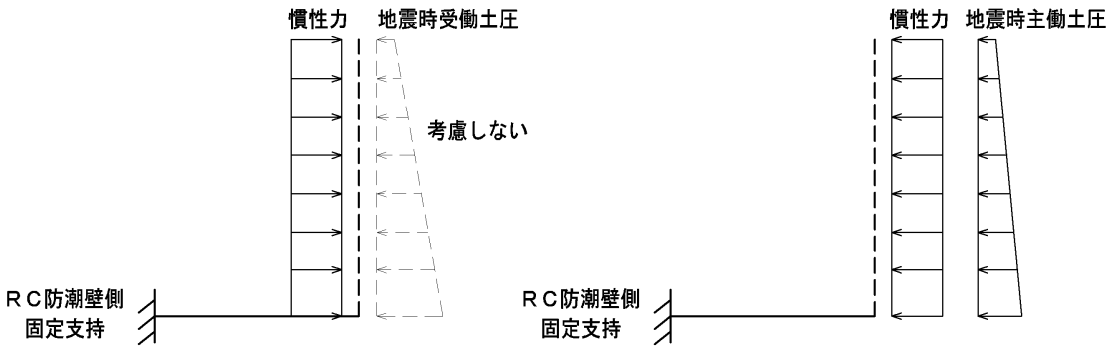


図 9-4　土圧作用の概念図

b.　面部材としての評価

集水枡の側壁については，底版及び両側壁との結合部を固定端，開口面となる上面を自由端とする三辺固定一辺自由スラブとして鉄筋コンクリート部材の構造健全性を確認する。

「a.　梁部材としての評価」と同様に，地震応答解析にて算定された最大加速度により設計用震度を設定し，慣性力を考慮するものとする。

三辺固定版のモデル概念図を図 9-5 に示す。

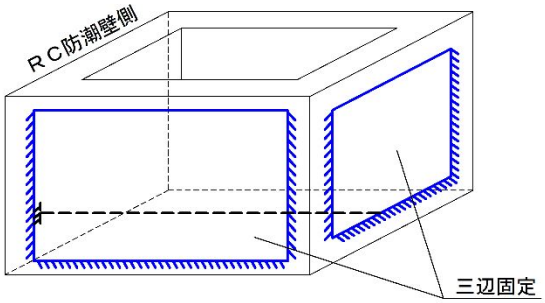
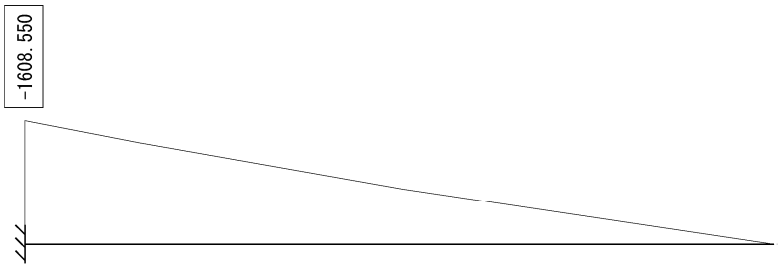


図 9-5　三辺固定版モデル概要図

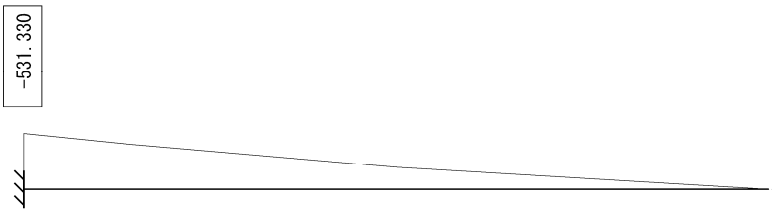
側壁に生じる曲げモーメント及びせん断力に対して部材応力を算出し許容限界以下であることを確認する。

土圧作用の考え方については「a.　梁部材としての評価」としての評価における考え方と同様とする。

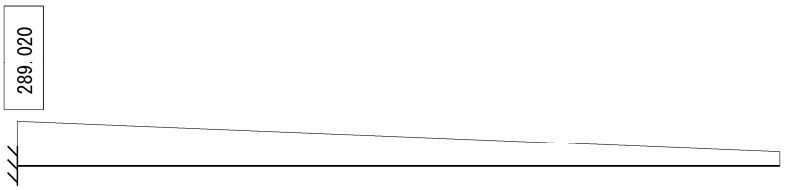
鉄筋コンクリートの健全性評価において最も厳しい照査値はせん断力照査である。せん断力照査結果が最も厳しくなる検討ケースにおける，照査値が最大となる評価時刻における断面力図を図 9-6 に示す。



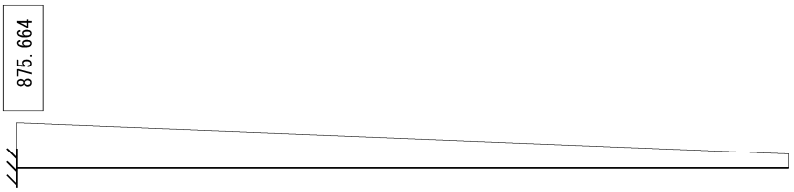
曲げモーメント図（kN･m）（X 方向に生じる曲げモーメント：二軸照査用）



曲げモーメント図（kN･m）（Y 方向に生じる曲げモーメント：二軸照査用）



軸力図（kN）



せん断力図（kN）

図 9-6　水平方向：引張応力が最も厳しくなる地震時断面力（S_s－Ｄ１（Ｈ＋，Ｖ＋），
検討ケース⑤　原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース）

10.　耐震評価結果

10.1　杭間部

10.1.1　構造部材の健全性に対する評価結果

(1)　鋼管杭の評価結果

a.　曲げ軸力に対する照査

断面計算に用いた断面諸元を表10-1に,曲げ軸力に対する照査結果を表10-2に示す。鋼管杭に対して許容応力度法による照査を行った結果，曲げ軸応力が短期許容応力度以下であることを確認した。なお，発生応力度は各地震動において最大となる値を示している。

表 10-1　鋼管杭（SM570）断面諸元

断面	板厚 (mm)	断面積 (m^2)	断面係数 (m^3)
Ⅰ-2	40	0.09299	0.01682

表 10-2　曲げ軸力に対する照査結果（Ⅰ-2 断面）

検討ケース	地震動		曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)	発生曲げ軸応力 (N/mm^2)	短期許容応力 (N/mm^2)	照査値
①	S_s－Ｄ１	Ｈ＋，Ｖ＋	2423	3079	177.17	382.5	0.47
		Ｈ＋，Ｖ－	2428	2875	175.27	382.5	0.46
		Ｈ－，Ｖ＋	2170	1099	140.84	382.5	0.37
		Ｈ－，Ｖ－	2279	-782	127.09	382.5	0.34
	S_s－１１		887	746	60.76	382.5	0.16
	S_s－１２		1299	2079	99.59	382.5	0.27
	S_s－１３		1203	2071	93.80	382.5	0.25
	S_s－１４		1034	2031	83.32	382.5	0.22
	S_s－２１		1062	798	71.73	382.5	0.19
	S_s－２２		1125	1861	86.90	382.5	0.23
	S_s－３１	Ｈ＋，Ｖ＋	2083	1355	138.42	382.5	0.37
		Ｈ－，Ｖ＋	1472	663	94.65	382.5	0.25
②	S_s－Ｄ１	Ｈ＋，Ｖ＋	2724	2703	191.02	382.5	0.50
③			1957	2844	146.94	382.5	0.39
④			4626	2704	304.11	382.5	0.80
⑤			1851	1246	123.45	382.5	0.33
⑥			1583	1134	106.31	382.5	0.28

注記　①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース
②：地盤物性のばらつきを考慮（＋１σ）した解析ケース
③：地盤物性のばらつきを考慮（－１σ）した解析ケース
④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース
⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース
⑥：地盤物性のばらつきを考慮（+1σ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース

b. せん断力に対する照査

断面計算に用いた断面諸元は前出の表 10-1 に，せん断に対する照査結果を表 10-3 に示す。

鋼管杭に対して許容応力度法による照査を行った結果，せん断応力が短期許容応力度以下であることを確認した。なお，発生応力は各地震動において最大となる値を示している。

表 10-3　せん断力に対する照査結果（Ⅰ-2 断面）

検討ケース	地震動		せん断力 (kN)	せん断応力 (N/mm²)	短期許容応力 (N/mm²)	照査値
①	S_s－Ｄ１	Ｈ＋，Ｖ＋	923	19.86	217.5	0.10
		Ｈ＋，Ｖ－	924	19.88	217.5	0.10
		Ｈ－，Ｖ＋	889	19.13	217.5	0.09
		Ｈ－，Ｖ－	900	19.36	217.5	0.09
	S_s－１１		328	7.06	217.5	0.04
	S_s－１２		602	12.95	217.5	0.06
	S_s－１３		583	12.53	217.5	0.06
	S_s－１４		470	10.11	217.5	0.05
	S_s－２１		393	8.45	217.5	0.04
	S_s－２２		514	11.06	217.5	0.06
	S_s－３１	Ｈ＋，Ｖ＋	525	11.29	217.5	0.06
		Ｈ－，Ｖ＋	437	9.39	217.5	0.05
②	S_s－Ｄ１	Ｈ＋，Ｖ＋	816	17.56	217.5	0.09
③			839	18.05	217.5	0.09
④			1524	32.77	217.5	0.16
⑤			463	9.95	217.5	0.05
⑥			418	9.00	217.5	0.05

注記　①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース
②：地盤物性のばらつきを考慮（＋１σ）した解析ケース
③：地盤物性のばらつきを考慮（－１σ）した解析ケース
④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース
⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース
⑥：地盤物性のばらつきを考慮（＋1σ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース

(2) 鉄筋コンクリートの評価結果

a. 曲げ軸力に対する照査

断面計算に用いた断面諸元を表 10-4 に，曲げ軸力に対する照査結果を表 10-5 及び表 10-6 に，概略配筋図を図 10-1 に示す。

鉄筋コンクリートに対して許容応力度法による照査を行った結果，コンクリートに発生する曲げ圧縮応力及び鉄筋に発生する曲げ引張応力が短期許容応力度以下であることを確認した。なお，発生応力は各地震動において最大となる値を示している。

表 10-4 鉄筋コンクリート断面諸元

断面	かぶり (m)	断面有効高さ (m)	主筋	主筋断面積 (cm^2)
Ⅰ-2	0.15	0.65	D32@200	39.7

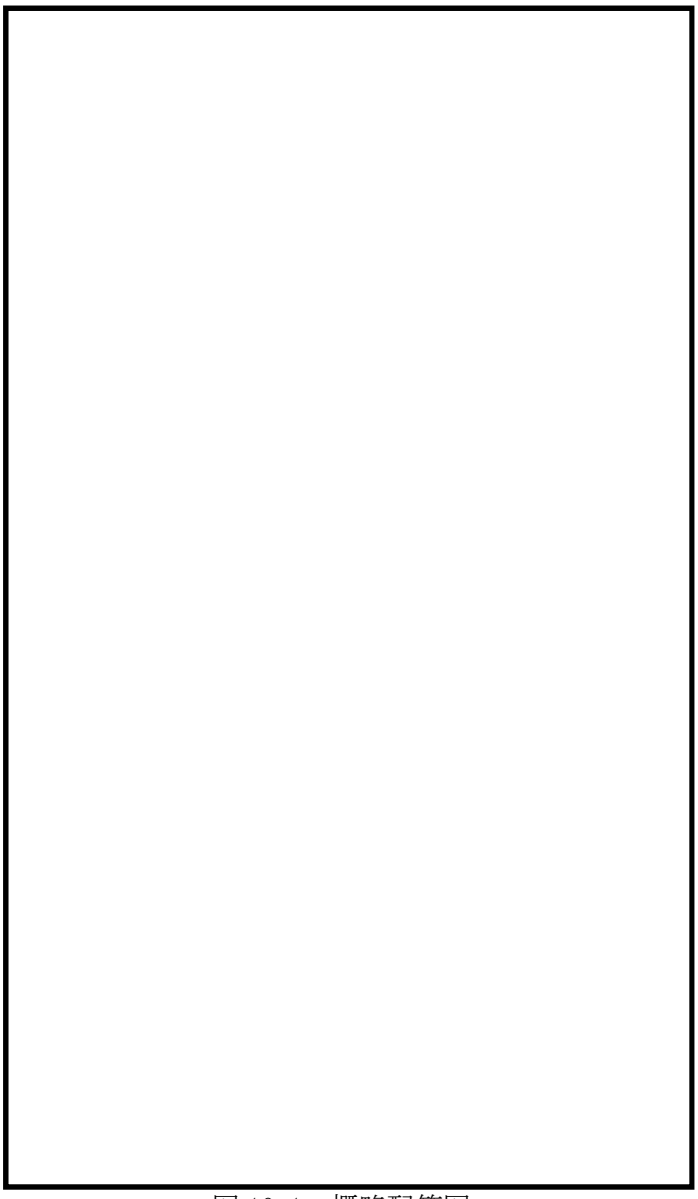


図 10-1 概略配筋図

表 10-5　曲げ軸力に対する照査結果（壁部）

検討ケース	地震動		曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)	曲げ圧縮応力 (N/mm²)	曲げ引張応力 (N/mm²)	短期許容応力度 (N/mm²)		曲げ圧縮応力照査値	曲げ引張応力照査値
							曲げ圧縮	曲げ引張		
①	S_s－D１	H＋，V＋	424	190	6.10	164	24	435	0.26	0.38
		H＋，V－	399	152	5.73	157	24	435	0.24	0.37
		H－，V＋	260	-283	3.55	152	24	435	0.15	0.35
		H－，V－	235	-334	3.15	148	24	435	0.14	0.35
	S_s－１１		226	99	3.26	88	24	435	0.14	0.21
	S_s－１２		223	99	3.21	86	24	435	0.14	0.20
	S_s－１３		244	100	3.51	96	24	435	0.15	0.23
	S_s－１４		235	114	3.38	90	24	435	0.15	0.21
	S_s－２１		299	126	4.30	117	24	435	0.18	0.27
	S_s－２２		294	123	4.24	115	24	435	0.18	0.27
	S_s－３１	H＋，V＋	500	199	7.19	196	24	435	0.30	0.46
		H－，V＋	429	-451	5.87	249	24	435	0.25	0.58
②	S_s－D１	H＋，V＋	339	179	4.88	127	24	435	0.21	0.30
③			438	198	6.30	169	24	435	0.27	0.39
④			300	155	4.32	113	24	435	0.18	0.26
⑤			404	-463	5.50	240	24	435	0.23	0.56
⑥			349	-469	4.69	217	24	435	0.20	0.50

注記　①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース
②：地盤物性のばらつきを考慮（＋１σ）した解析ケース
③：地盤物性のばらつきを考慮（－１σ）した解析ケース
④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース
⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース
⑥：地盤物性のばらつきを考慮（+1σ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース

表 10-6　曲げ軸力に対する照査結果（底版部）

検討ケース	地震動		曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)	曲げ圧縮応力 (N/mm²)	曲げ引張応力 (N/mm²)	短期許容応力度 (N/mm²)		曲げ圧縮応力照査値	曲げ引張応力照査値
							曲げ圧縮	曲げ引張		
①	S_s－D１	H＋，V＋	529	162	7.60	214	24	435	0.32	0.50
		H＋，V－	535	164	7.68	216	24	435	0.32	0.50
		H－，V＋	465	152	6.68	187	24	435	0.28	0.43
		H－，V－	442	146	6.36	177	24	435	0.27	0.41
	S_s－１１		332	104	4.76	134	24	435	0.20	0.31
	S_s－１２		336	154	4.83	129	24	435	0.21	0.30
	S_s－１３		339	109	4.87	136	24	435	0.21	0.32
	S_s－１４		328	111	4.72	131	24	435	0.20	0.31
	S_s－２１		385	124	5.53	155	24	435	0.24	0.36
	S_s－２２		391	129	5.62	157	24	435	0.24	0.37
	S_s－３１	H＋，V＋	717	218	10.30	290	24	435	0.43	0.67
		H－，V＋	523	-176	7.40	255	24	435	0.31	0.59
②	S_s－D１	H＋，V＋	473	143	6.79	191	24	435	0.29	0.44
③			584	180	8.39	236	24	435	0.35	0.55
④			397	134	5.71	159	24	435	0.24	0.37
⑤			637	196	9.14	257	24	435	0.39	0.60
⑥			474	-155	6.70	230	24	435	0.28	0.53

注記　①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース
②：地盤物性のばらつきを考慮（＋１σ）した解析ケース
③：地盤物性のばらつきを考慮（－１σ）した解析ケース
④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース
⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース
⑥：地盤物性のばらつきを考慮（＋1σ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース

b. せん断力に対する照査

断面計算に用いた断面諸元を表 10-7 に，せん断力に対する照査結果を表 10-8 及び表 10-9 に示す。

鉄筋コンクリートにおける許容応力度法による照査を行った結果，せん断応力が短期許容応力度以下であることを確認した。なお，発生応力は各地震動において最大となる値を示している。

表 10-7　鉄筋コンクリート断面諸元

断面	斜め引張鉄筋	区間 s (m)	区間 s における斜め引張鉄筋断面積 (mm^2)
Ⅰ-2	D22@200	0.4	1935

表 10-8　せん断力に対する照査結果（壁部）

検討ケース	地震動		せん断力 (kN)	せん断耐力 (kN)	照査値
①	S_s－Ｄ１	Ｈ＋，Ｖ＋	349	1053.4	0.34
		Ｈ＋，Ｖ－	337	1053.4	0.32
		Ｈ－，Ｖ＋	295	1053.4	0.29
		Ｈ－，Ｖ－	303	1053.4	0.29
	S_s－１１		215	1053.4	0.21
	S_s－１２		206	1053.4	0.20
	S_s－１３		224	1053.4	0.22
	S_s－１４		215	1053.4	0.21
	S_s－２１		264	1053.4	0.26
	S_s－２２		262	1053.4	0.25
	S_s－３１	Ｈ＋，Ｖ＋	370	1053.4	0.36
		Ｈ－，Ｖ＋	408	1053.4	0.39
②	S_s－Ｄ１	Ｈ＋，Ｖ＋	300	1053.4	0.29
③			347	1053.4	0.33
④			237	1053.4	0.23
⑤			380	1053.4	0.37
⑥			319	1053.4	0.31

注記　①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース
②：地盤物性のばらつきを考慮（＋１σ）した解析ケース
③：地盤物性のばらつきを考慮（－１σ）した解析ケース
④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース
⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース
⑥：地盤物性のばらつきを考慮（+1σ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース

表 10-9　せん断力に対する照査結果（底版部）

検討ケース	地震動		せん断力 (kN)	せん断耐力 (kN)	照査値
①	S_s－D１	H＋，V＋	827	1053.4	0.79
		H＋，V－	807	1053.4	0.77
		H－，V＋	691	1053.4	0.66
		H－，V－	647	1053.4	0.62
	S_s－１１		493	1053.4	0.47
	S_s－１２		600	1053.4	0.57
	S_s－１３		584	1053.4	0.56
	S_s－１４		496	1053.4	0.48
	S_s－２１		565	1053.4	0.54
	S_s－２２		533	1053.4	0.51
	S_s－３１	H＋，V＋	820	1053.4	0.78
		H－，V＋	540	1053.4	0.52
②	S_s－D１	H＋，V＋	782	1053.4	0.75
③			847	1053.4	0.81
④			614	1053.4	0.59
⑤			742	1053.4	0.71
⑥			688	1053.4	0.66

注記　①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース
②：地盤物性のばらつきを考慮（＋１σ）した解析ケース
③：地盤物性のばらつきを考慮（－１σ）した解析ケース
④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース
⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース
⑥：地盤物性のばらつきを考慮（+1σ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース

10.1.2　基礎地盤の支持性能に対する評価結果

基礎地盤の支持性能に対する評価結果を表 10-10 に示す。

基礎地盤の支持力に対する照査を行った結果，最大接地圧が極限支持力度以下であることを確認した。

表 10-10　基礎地盤の支持性能に対する評価結果（Ⅰ-2 断面）

検討ケース	地震動		最大接地圧 (kN/m^2)	極限支持力度 (kN/m^2)
①	S_s－Ｄ１	Ｈ＋，Ｖ＋	1149	6288
		Ｈ＋，Ｖ－	1166	6288
		Ｈ－，Ｖ＋	1291	6288
		Ｈ－，Ｖ－	1189	6288
	S_s－１１		1053	6288
	S_s－１２		1111	6288
	S_s－１３		1106	6288
	S_s－１４		1044	6288
	S_s－２１		1069	6288
	S_s－２２		1080	6288
	S_s－３１	Ｈ＋，Ｖ＋	797	6288
		Ｈ－，Ｖ＋	876	6288
②	S_s－Ｄ１	Ｈ＋，Ｖ＋	1191	6288
③			1159	6288
④			1265	6288
⑤			1109	6288
⑥			1123	6288

注記　①：原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース
②：地盤物性のばらつきを考慮（＋１σ）した解析ケース
③：地盤物性のばらつきを考慮（－１σ）した解析ケース
④：敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース
⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース
⑥：地盤物性のばらつきを考慮（＋1σ）して非液状化の条件を仮定した解析ケース

10.2　ＲＣ防潮壁部

10.2.1　構造部材の健全性に対する評価結果

(1)　曲げ軸力に対する照査

断面計算に用いた断面諸元を表 10-11 に，曲げ軸力に対する照査結果を表 10-12 及び表 10-13 に，概略配筋図を図 10-2 に示す。

鉄筋コンクリートに対して許容応力度法による照査を行った結果，コンクリートに発生する曲げ圧縮応力及び鉄筋に発生する曲げ引張応力が短期許容応力度以下であることを確認した。なお，発生応力は各地震動において最大となる値を示している。また，軸力は正の値を引張，負の値を圧縮とする。

表 10-11　鉄筋コンクリート断面諸元

断面	主筋方向	かぶり (m)	断面有効高さ (m)	鉄筋
Ⅳ-1	水平	0.30	2.10 (2.40-0.30)	D32@150
	鉛直	0.127	0.473 (0.60-0.127)	D22@150

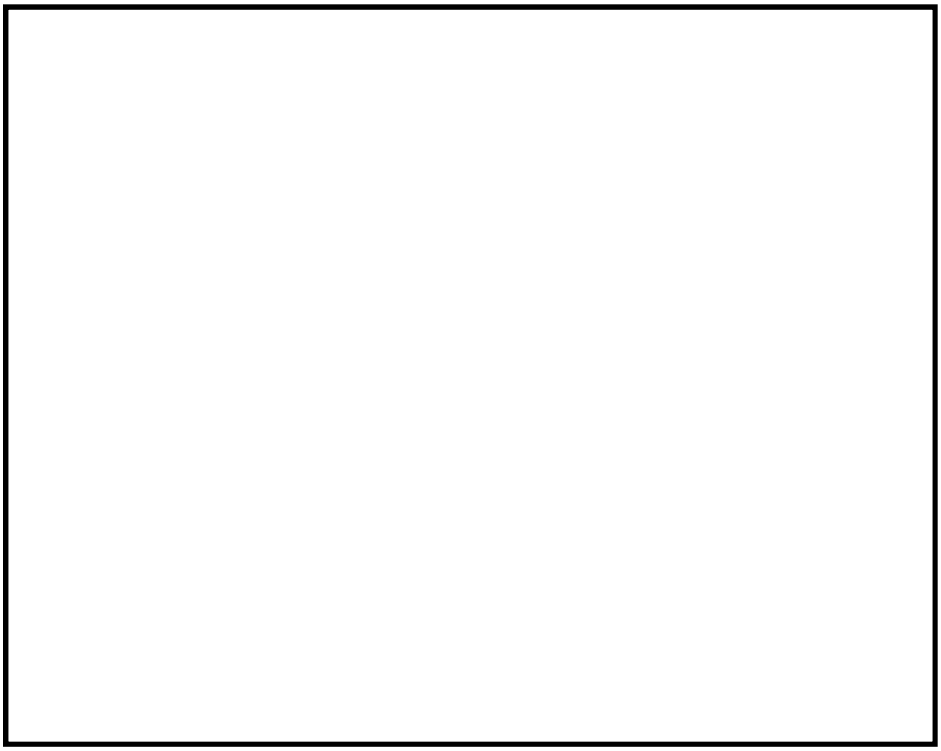


図 10-2　概略配筋図

表 10-12　水平鉄筋：曲げ軸力に対する照査結果（壁部＋底版）

検討ケース	地震動	曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)	曲げ圧縮応力 (N/mm^2)	曲げ引張応力 (N/mm^2)	短期許容応力度 (N/mm^2)		曲げ圧縮応力照査値	曲げ引張応力照査値
						曲げ圧縮	曲げ引張		
⑤	S_s－D１ H＋，V＋	1608.6 (531.3)＊	289.0 (-479.7)＊	0.8	40	21	435	0.04	0.10

注記　＊：(　)内は二軸照査に用いたＹ方向の曲げモーメント値を示す。

⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース

表 10-13　鉛直鉄筋：曲げ軸力に対する照査結果（壁部）

検討ケース	地震動	曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)	曲げ圧縮応力 (N/mm^2)	曲げ引張応力 (N/mm^2)	短期許容応力度 (N/mm^2)		曲げ圧縮応力照査値	曲げ引張応力照査値
						曲げ圧縮	曲げ引張		
⑤	S_s－D１ H＋，V＋	20.1	0.0	0.2	8	21	435	0.01	0.02

注記　⑤：原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース

(2) せん断力に対する照査

計算の断面諸元を表 10-14 に，せん断力に対する照査結果を表 10-15 及び表 10-16 に示す。

鉄筋コンクリートにおける許容応力度法による照査を行った結果，せん断応力が短期許容応力度以下であることを確認した。なお，発生応力は各地震動において最大となる値を示している。

表 10-14　鉄筋コンクリート断面諸元

断面	せん断補強筋	本数（本）	区間 s における せん断補強鉄筋断面積 (mm^2)
Ⅳ-1	D19@150	6.66	1322.7

表 10-15　水平方向：せん断力に対する照査結果（壁部＋底版）

荷重ケース	設計基準強度	発生せん断力 (kN)	許容せん断耐力* (kN)	照査値
地震時	40 N/mm^2	438	904	0.49

注記　＊：許容せん断耐力　Sa＝τa・b・j・d（j=1/1.15）

＝0.825×0.60×2.10／1.15×1000

＝904

表 10-16　鉛直方向：せん断力に対する照査結果（壁部）

荷重ケース	設計基準強度	発生せん断力 (kN)	許容せん断耐力* (kN)	照査値
地震時	40 N/mm^2	50	848	0.06

注記　＊：許容せん断耐力　Sa＝τa・b・j・d（j=1/1.15）

＝0.825×0.473×2.50／1.15×1000

＝848

Ⅴ-2-10-2-5-1　取水路点検用開口部浸水防止蓋の

耐震性についての計算書

目　次

1.　概要 ····· 1
2.　一般事項 ····· 1
2.1　配置概要 ····· 1
2.2　構造計画 ····· 2
2.3　評価方針 ····· 4
2.4　適用基準 ····· 5
2.5　記号の説明 ····· 6
3.　評価部位 ····· 8
4.　固有周期 ····· 11
4.1　固有周期の計算方法 ····· 11
4.2　固有周期の計算条件 ····· 11
4.3　固有周期の計算結果 ····· 12
5.　構造強度評価 ····· 13
5.1　構造強度評価方法 ····· 13
5.2　荷重及び荷重の組合せ ····· 13
5.3　許容限界 ····· 14
5.4　設計用地震力 ····· 16
5.5　計算方法 ····· 17
5.6　計算条件 ····· 18
6.　評価結果 ····· 20

1. 概要

本資料は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度に基づき，浸水防護施設のうち取水路点検用開口部浸水防止蓋が設計用地震力に対して，主要な構造部材が十分な構造健全性を有することを確認するものである。その耐震評価は，取水路点検用開口部浸水防止蓋の固有値解析及び応力評価により行う。

2. 一般事項

2.1 配置概要

取水路点検用開口部浸水防止蓋は，取水路上版に設置する。

取水路点検用開口部浸水防止蓋の設置位置を図 2-1 に示す。

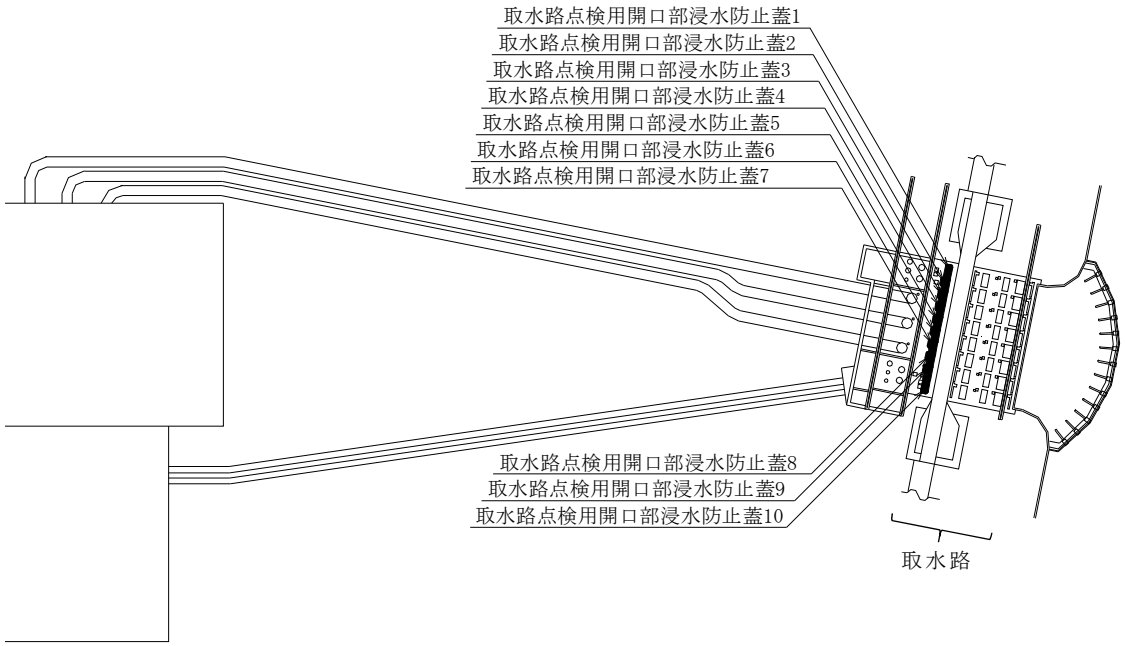


図 2-1　取水路点検用開口部浸水防止蓋の設置位置図

2.2　構造計画

取水路点検用開口部浸水防止蓋の構造は，鋼板構造であり，取水路上版に基礎ボルトにより固定することで，止水性を確保する構造とする。

取水路点検用開口部浸水防止蓋の構造計画を表 2-1 及び表 2-2 に示す。

表 2-1　構造計画（取水路点検用開口部浸水防止蓋 1,10）

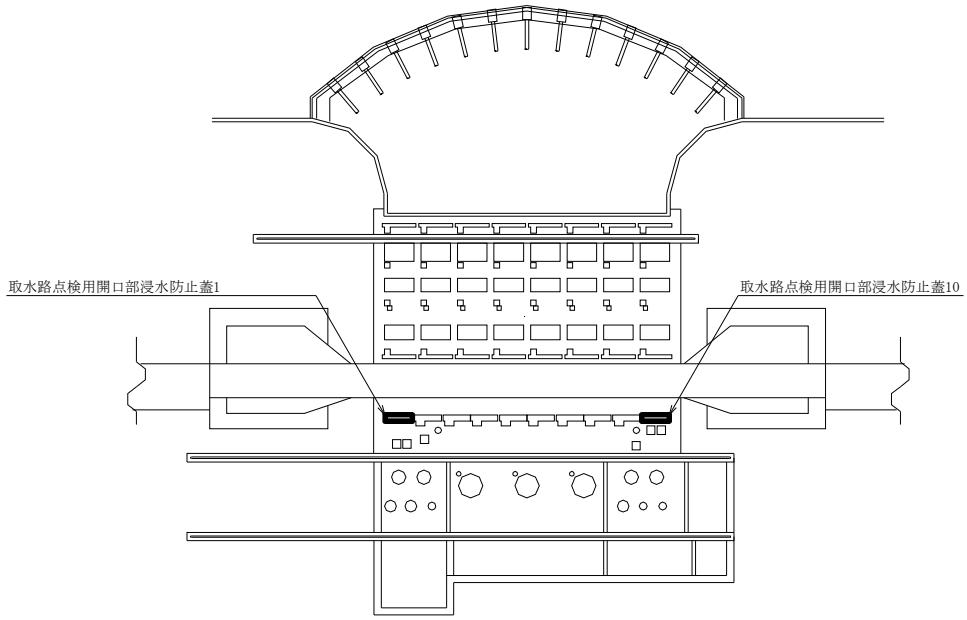
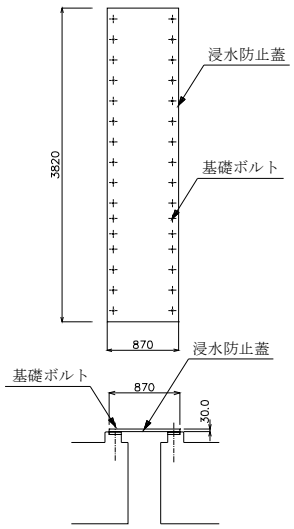
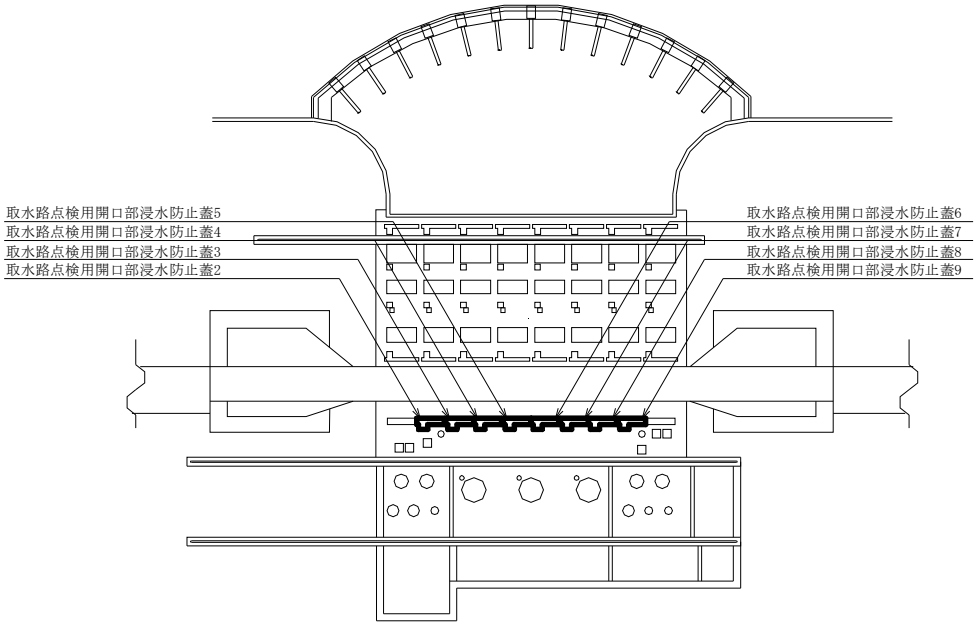
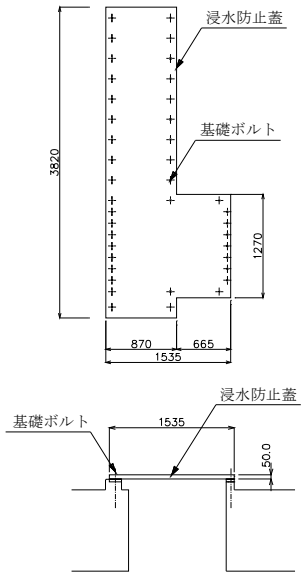
<table>
<tr><td colspan="3">配置図</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="2">計画の概要</td><td rowspan="2">概略構造図</td></tr>
<tr><td>基礎・支持構造</td><td>主体構造</td></tr>
<tr><td>取水路上版に基礎ボルトで固定する。</td><td>蓋により構成する。</td><td> 
</td></tr>
</table>

表 2-2　構造計画（取水路点検用開口部浸水防止蓋 2,3,4,5,6,7,8,9）

<table>
<tr><td colspan="3">配置図</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="2">計画の概要</td><td rowspan="2">概略構造図</td></tr>
<tr><td>基礎・支持構造</td><td>主体構造</td></tr>
<tr><td>取水路上版に基礎ボルトで固定する。</td><td>蓋により構成する。</td><td> 
</td></tr>
</table>

2.3　評価方針

取水路点検用開口部浸水防止蓋の耐震評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.2　構造計画」に示す取水路点検用開口部浸水防止蓋の構造を踏まえ，「3.　評価部位」にて設定する評価部位において，「4.　固有周期」にて算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを，「5.　構造強度評価」に示す方法にて確認することで実施する。

取水路点検用開口部浸水防止蓋の耐震評価フローを図 2-2 に示す。

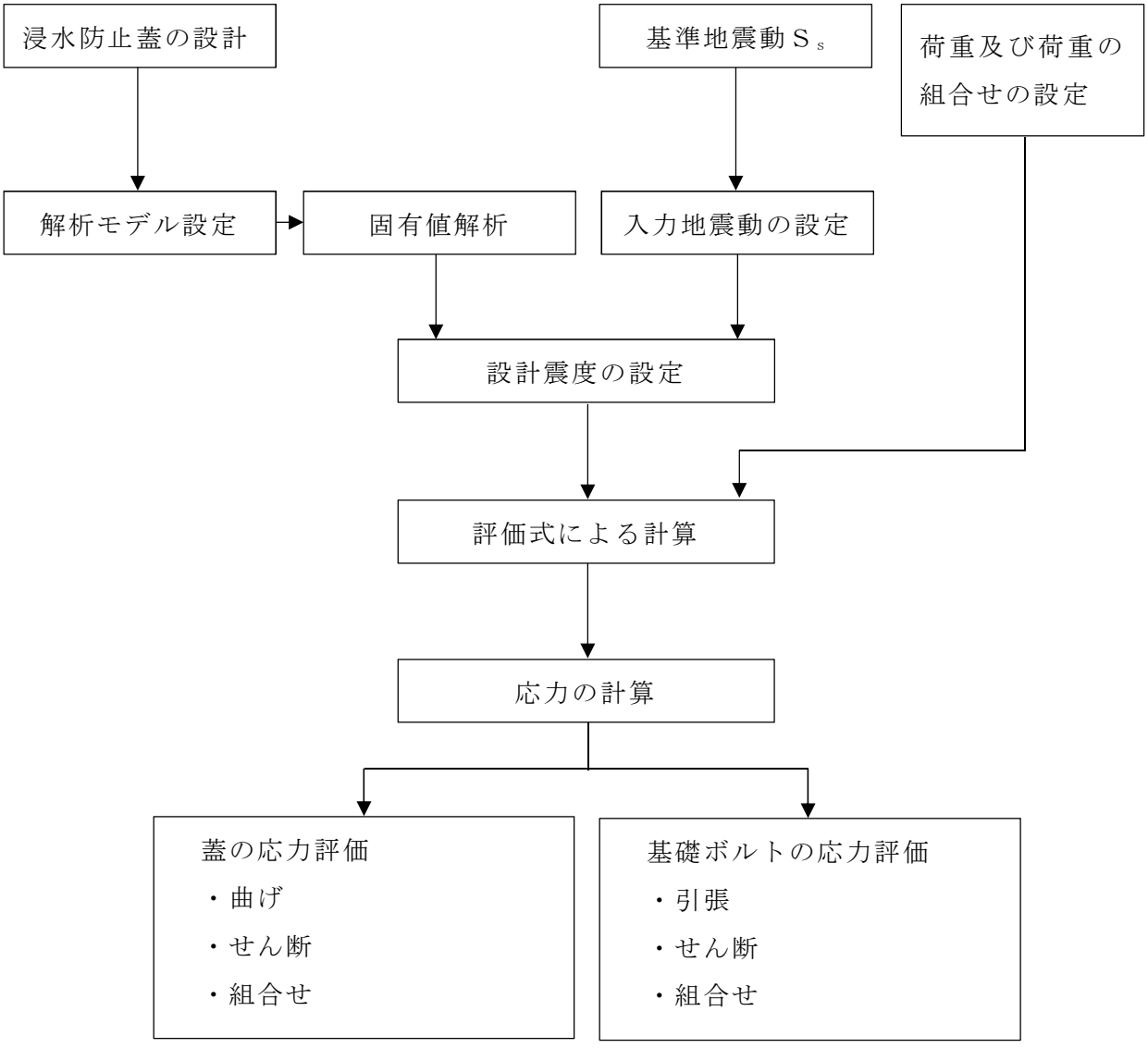


図 2-2　耐震評価フロー

2.4　適用基準

適用する規格，基準等を以下に示す。

(1)　発電用原子力設備規格　設計・建設規格（2005 年版（2007 年追補版含む。））
　　ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ１－2005/2007（日本機械学会）

(2)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1987（日本電気協会）

(3)　原子力発電所耐震設計技術指針　重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１・補－1984（日本電気協会）

(4)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1991 追補版（日本電気協会）

(5)　各種合成構造設計指針・同解説（日本建築学会　2010 改定）

(6)　建築基準法及び同施行令

(7)　日本工業規格　ＪＩＳ　Ｇ　４３０４（1999）　熱間圧延ステンレス鋼板及び鋼帯

(8)　日本工業規格　ＪＩＳ　Ｇ　４３０３（1998）　ステンレス鋼棒

2.5　記号の説明

取水路点検用開口部浸水防止蓋の固有周期の計算に用いる記号を表 2-3 に，応力評価に用いる記号を表 2-4 にそれぞれ示す。

表 2-3　取水路点検用開口部浸水防止蓋の固有周期の計算に用いる記号

記号	記号の説明	単位
I	断面二次モーメント	mm^4
b	はりの幅	mm
h	はりのせい	mm
A	はりの断面積	mm^2
f	一次固有振動数	Hz
T	固有周期	s
λ	振動数係数	－
L	はりの長さ	mm
E	ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ１-2005/2007　付録材料図表 Part6 に規定される材料の縦弾性係数	MPa
ρ	はりの単位体積質量	kg/mm^3

表 2-4　取水路点検用開口部浸水防止蓋の応力評価に用いる記号（1／2）

記号	記号の説明	単位
f_t	許容引張応力　ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ１－2005/2007　SSB－3121.1(1)に定める値とする。	MPa
f_s	許容せん断応力　ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ１－2005/2007　SSB－3121.1(2)に定める値とする。	MPa
f_b	許容曲げ応力　ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ１－2005/2007　SSB－3121.1(4)に定める値とする。	MPa
S_y	ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ１―2005/2007 の付録図表 Part5　表 8　に規定される材料の設計降伏点	MPa
S_u	ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ１―2005/2007 の付録図表 Part5　表 9　に規定される材料の設計引張強さ	MPa
F	許容応力算定用基準値	MPa
W_{hk}	基準地震動Ｓ$_s$による水平地震荷重	N
W_{vk}	基準地震動Ｓ$_s$による鉛直地震荷重	N
w_{vk}	基準地震動Ｓ$_s$による鉛直地震等分布荷重	MPa

表 2-4　取水路点検用開口部浸水防止蓋の応力評価に用いる記号（2／2）

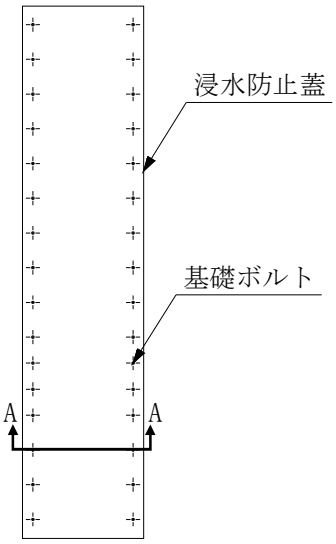
記号	記号の説明	単位
C_H	基準地震動Ｓ$_s$による水平方向の設計震度	－
C_V	基準地震動Ｓ$_s$による鉛直方向の設計震度	－
m_D	蓋の自重による質量	kg
m_S	積雪荷重による質量	kg
g	重力加速度	m/s^2
A	蓋の面積	mm^2
P_s	積雪荷重	N
A_s	積雪面積	mm^2
w_s	積雪量 1 cm ごとの積雪荷重	MPa
d_s	垂直積雪量	cm
M	単位幅当たりの最大曲げモーメント	N・mm
w	蓋に作用する等分布荷重	MPa
L	支点間距離	mm
σ_b	最大曲げ応力	MPa
Z	単位幅当たりの断面係数	mm^3
Q	単位幅当たりの最大せん断力	N
τ	最大せん断応力	MPa
A_s	単位幅当たりのせん断断面積	mm^2
Q_{tb}	基礎ボルトに作用する引張荷重	N
n	基礎ボルトの本数	本
A_m	基礎ボルトの断面積	mm^2
ϕ	基礎ボルトの呼び径	mm
τ_k	基礎ボルトのせん断応力	MPa
σ	組合せ応力	MPa
σ_x，σ_y	互いに直交する垂直応力	MPa
τ_{xy}	σ_x，σ_yの作用する面内のせん断応力	MPa
f_b	許容曲げ応力（f_bを 1.5 倍した値）	MPa
f_s	許容せん断応力（f_sを 1.5 倍した値）	MPa
f_t	許容引張応力（f_tを 1.5 倍した値）	MPa
f_{to}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力（f_tを 1.5 倍した値）	MPa
f_{ts}	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力	MPa
τ	ボルトに作用するせん断応力	MPa

3. 評価部位

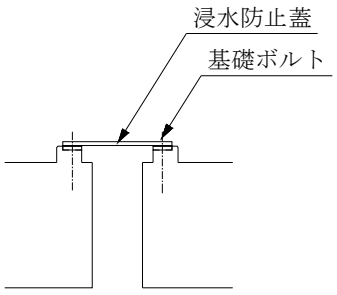
取水路点検用開口部浸水防止蓋の評価部位は，「2.2 構造計画」にて設定している構造を踏まえ選定する。

取水路点検用開口部浸水防止蓋に対して，地震発生による荷重が作用する。蓋に作用する荷重は，それを固定している基礎ボルトに伝達することから，蓋及び基礎ボルトを評価部位として設定する。

取水路点検用開口部浸水防止蓋の評価部位を，図 3-1 及び図 3-2 に示す。

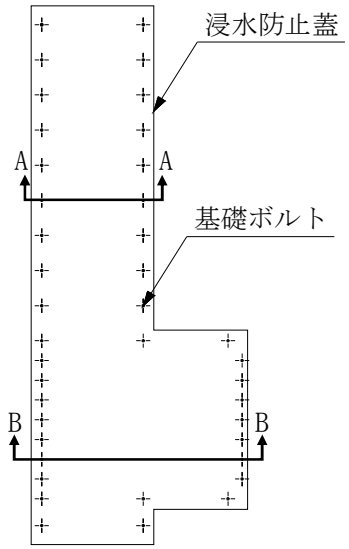


平面図

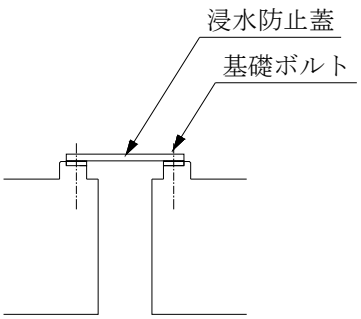


A-A 断面図

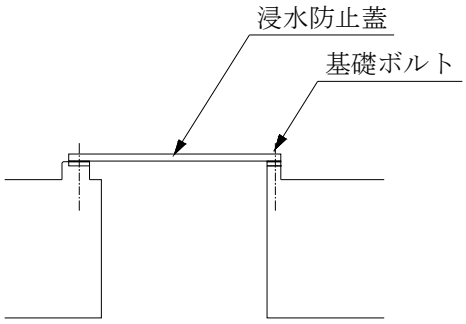
図 3-1　評価部位（取水路点検用開口部浸水防止蓋 1,10）



平面図



A-A 断面図



B-B 断面図

図 3-2　評価部位（取水路点検用開口部浸水防止蓋 2,3,4,5,6,7,8,9）

4.　固有周期

4.1　固有周期の計算方法

(1)　解析モデル

取水路点検用開口部浸水防止蓋を両端単純支持ばりとしてモデル化する。

(2)　固有周期の計算

固有周期の計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

固有周期Ｔを以下の式により算出する。

$$T = \frac{1}{f}$$

$$f = \frac{\lambda^{2}}{2\pi \cdot L^{2}} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I}{\rho \cdot A}}$$

$$I = \frac{b \cdot h^{3}}{12}$$

$$A = b \cdot h$$

4.2　固有周期の計算条件

表 4-1 及び表 4-2 に固有周期の計算条件を示す。

表 4-1　固有周期の計算条件（取水路点検用開口部浸水防止蓋 1,10）

振動数係数 λ	はりの長さ L （mm）	縦弾性係数 E （MPa）	断面二次モーメント I （mm^4）	はりの幅 b （mm）
π	870	1.94×10^{5}	8.595×10^{6}	3820

はりのせい h （mm）	はりの単位体積質量 ρ （kg/mm^3）	はりの断面積 A （mm^2）
30.0	7.93×10^{-6}	1.146×10^{5}

表 4-2　固有周期の計算条件（取水路点検用開口部浸水防止蓋 2,3,4,5,6,7,8,9）

振動数係数 λ	はりの長さ L （mm）	縦弾性係数 E （MPa）	断面二次モーメント I （mm^4）	はりの幅 b （mm）
π	1535	1.94×10^5	1.323×10^7	1270

はりのせい h （mm）	はりの単位体積質量 ρ （kg/mm^3）	はりの断面積 A （mm^2）
50.0	7.93×10^{-6}	6.350×10^4

4.3　固有周期の計算結果

表 4-3 に固有周期の計算結果を示す。固有周期は，0.05s 以下であることから，剛構造である。

表 4-3　固有周期の計算結果

機器名称	固有振動数 （Hz）	固有周期 （s）
取水路点検用開口部浸水防止蓋 1,10	88	0.012
取水路点検用開口部浸水防止蓋 2,3,4,5,6,7,8,9	47	0.022

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

取水路点検用開口部浸水防止蓋の耐震評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえて，「3. 評価部位」にて設定する評価部位に作用する応力等が「5.3 許容限界」にて示す許容限界以下であることを確認する。

5.2 荷重及び荷重の組合せ

5.2.1 荷重の設定

(1) 固定荷重（D）

固定荷重として，蓋の自重を考慮する。

(2) 地震荷重（S_s）

地震荷重を以下の式より算出する。

$$W_{hk} = C_H \cdot (m_D + m_S) \cdot g$$

$$W_{vk} = C_V \cdot (m_D + m_S) \cdot g$$

$$w_{vk} = \frac{C_V \cdot (m_D + m_S) \cdot g}{A}$$

(3) 積雪荷重（P_s）

積雪荷重を考慮する。

積雪荷重P_sについては，添付書類「Ⅴ-1-1-2 発電用原子炉施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書」に示すとおり，30 cmの積雪量を想定し，平均的な積雪荷重を与えるための係数0.35を考慮する。

積雪荷重による質量を以下の式より算出する。

$$m_s = \frac{P_s \cdot A_s}{g} = \frac{0.35 \cdot w_s \cdot d_s \cdot A_s}{g}$$

5.2.2 荷重の組合せ

取水路点検用開口部浸水防止蓋は，取水路上版に設置されている平板であることから，その構造と形状から漂流物による衝突荷重及び風荷重の影響は考慮しない。荷重の組合せを表5-1に示す。

表 5-1　荷重の組合せ

施設区分	機器名称	荷重の組合せ*
浸水防護施設 （浸水防止設備）	取水路点検用開口部浸水防止蓋	D＋S_s＋P_s

注記　＊：Dは固定荷重，S_sは基準地震動S_sによる地震荷重，P_sは積雪荷重を示す。

5.3　許容限界

取水路点検用開口部浸水防止蓋の蓋及び基礎ボルトの許容限界は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき表 5-2 のとおりとする。また，許容応力評価条件を表 5-3 に，蓋及び基礎ボルトの許容応力算出結果を表 5-4 に示す。なお，蓋の浮き上がりによるボルトの引張が起こらないため，基礎ボルトの発生応力においては引張を考慮しないことから，引張応力及び組合せ応力については許容応力を設定しない。

表 5-2　蓋及び基礎ボルトの許容限界

許容応力状態	許容限界*1（ボルト以外）			許容限界*1（ボルト）		
	一次応力			一次応力		
	曲げ	せん断	組合せ*2	引張	せん断	組合せ*3
$Ⅲ_AS$*4	1.5・f_b	1.5・f_s	1.5・f_t	1.5・f_t	1.5・f_s	1.5・f_{ts}

注記　＊1：ＪＥＡＧ４６０１・補－1984 を準用し，「その他の支持構造物」の許容限界を適用する。組合せは，ＪＳＭＥ　ＮＣ１－2005/2007 による。

＊2：曲げとせん断の組合せ応力

＊3：せん断応力と引張応力の組合せ応力

せん断応力と引張応力を同時に受けるボルトの許容引張応力f_{ts}は，次のいずれか小さい方の値

$f_{ts}=1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau$

$f_{ts}=f_{to}$

＊4：地震後，津波後の再使用性や津波の繰返し作用を想定し，当該構造物全体の変形能力に対して浸水防護機能として十分な余裕を有するよう，設備を構成する材料が弾性域内に収まることを基本とする。

表 5-3　蓋及び基礎ボルトの許容応力評価条件

評価部位	材料	温度条件 (℃)	S_y *1 (MPa)	S_u *1 (MPa)	F *1*2 (MPa)
蓋	SUS304	40	205	520	205
基礎ボルト					

注記　*1：S_y：設計降伏点，S_u：設計引張強さ，F：許容応力算定用基準値を示す。

*2：F＝Min[S_y，0.7・S_u]とする。

表 5-4　蓋及び基礎ボルトの許容応力算出結果

許容 応力状態	評価部位	許容限界 (ボルト以外)			許容限界 (ボルト)	
		一次応力			一次応力	
		曲げ f_b (MPa)	せん断 f_s (MPa)	組合せ f_t (MPa)	引張 f_{to} (MPa)	せん断 f_s (MPa)
ⅢAS	蓋	204	117	204	－	－
	基礎ボルト	－	－	－	－	117

5.4　設計用地震力

「4.　固有周期」に示したとおり，取水路点検用開口部浸水防止蓋の固有周期が0.05s 以下であることを確認したため，取水路点検用開口部浸水防止蓋の耐震計算に用いる設計震度は，添付書類「Ⅴ-2-1-7　設計用床応答曲線の作成方針」に示す取水構造物における設置床の最大応答加速度の 1.2 倍を考慮して設定する。取水路点検用開口部浸水防止蓋の耐震計算に用いる設計震度を表 5-5 に示す。

表 5-5　設計用地震力

地震動	据付場所 及び床面高さ (m)	地震による設計震度*1	
基準地震動 S_s	取水構造物 EL. 3.310 (EL. 2.810*2)	水平方向 C_H	1.04
		鉛直方向 C_V	0.95

注記　＊1：「4.　固有周期」より，取水路点検用開口部浸水防止蓋の固有周期が 0.05s 以下であることを確認したため，設置床の最大応答加速度の 1.2 倍を考慮した設計震度を設定した。

＊2：基準床レベルを示す。

5.5　計算方法

(1)　蓋

蓋は，基礎ボルトで支持されているものとし，蓋端間で等分布荷重を受ける両端単純支持ばりとして評価する。

a.　最大曲げ応力

最大曲げ応力を以下の式より算出する。

$$M = \frac{w \cdot L^2}{8}$$

$$\sigma_b = \frac{M}{Z}$$

b.　最大せん断応力

最大せん断応力を以下の式より算出する。

$$Q = \frac{w \cdot L}{2}$$

$$\tau = \frac{Q}{A_s}$$

c.　組合せ応力

蓋に発生する垂直応力やせん断応力については，組合せ応力を以下の式より算出する。

$$\sigma = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \cdot \sigma_y + 3 \cdot \tau_{xy}^2}\ *$$

注記　＊：ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ１－2005/2007　SSB-3121.1

(2)　基礎ボルト

基礎ボルトに作用するせん断荷重は，水平方向荷重をすべての基礎ボルトで負担するものとして評価する。基礎ボルトのせん断応力を以下の式より算出する。

$$Q_{tb} = \frac{W_{hk}}{n}$$

$$A_m = \frac{\pi \cdot \phi^2}{4}$$

$$\tau_k = \frac{Q_{tb}}{A_m}$$

5.6　計算条件

取水路点検用開口部浸水防止蓋の応力評価に用いる計算条件を表 5-7 及び表 5-8 に示す。

表 5-7　取水路点検用開口部浸水防止蓋 1,10 の応力評価に用いる計算条件

蓋の材質	蓋の厚さ t (mm)	蓋のたて (mm)	蓋の横 (mm)
SUS304	30.0*	3820*	870*

注記　＊：公称値を示す。

蓋の面積 A (mm^2)	蓋の質量 m_D (kg)	1 cm ごとの 積雪荷重w_s (Pa/cm)	積雪面積 A_s (m^2)
3.323×10^6	1000	20	3.323

垂直積雪量 d_s (cm)	積雪荷重による質量 m_S (kg)	基礎ボルトの材質	基礎ボルトの呼び径 ϕ (mm)
30	72.11	SUS304	16

基礎ボルトの本数 n (本)	基礎ボルトの負担幅 b (mm)	重力加速度 g (m/s^2)
32	249	9.80665

表 5-8　取水路点検用開口部浸水防止蓋 2,3,4,5,6,7,8,9 の応力評価に用いる計算条件

蓋の材質	蓋の厚さ t (mm)	蓋のたて (mm)	蓋の横 (mm)
SUS304	50.0*	3820*	1535*

注記　＊：公称値を示す。

蓋の面積 A (mm^2)	蓋の質量 m_D (kg)	1 cm ごとの 積雪荷重w_s (Pa/cm)	積雪面積 A_s (m^2)
4.168×10^6	2000	20	4.168

垂直積雪量 d_s (cm)	積雪荷重による質量 m_S (kg)	基礎ボルトの材質	基礎ボルトの呼び径 ϕ (mm)
30	90.45	SUS304	16

基礎ボルトの本数 n (本)	基礎ボルトの負担幅 b (mm)	重力加速度 g (m/s^2)
40	249	9.80665

6. 評価結果

取水路点検用開口部浸水防止蓋の耐震評価結果を表 6-1 に示す。発生応力が許容応力以下であることから，構造部材が構造健全性を有することを確認した。

表 6-1　取水路点検用開口部浸水防止蓋の耐震評価結果

評価部位		評価応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
取水路点検用開口部浸水防止蓋 1,10	蓋	曲げ	4	204
		せん断	1	117
		組合せ*	5	204
	基礎ボルト	せん断	2	117
取水路点検用開口部浸水防止蓋 2,3,4,5,6,7,8,9	蓋	曲げ	7	204
		せん断	1	117
		組合せ*	8	204
	基礎ボルト	せん断	3	117

注記　＊：曲げ（σ_b）とせん断（τ）の組合せ発生応力≦ f_t で評価

Ⅴ-2-10-2-5-2　放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の耐震性についての計算書

目　次

1.　概要……1
2.　一般事項……2
2.1　配置概要……2
2.2　構造計画……3
2.3　評価方針……4
2.4　適用基準……5
2.5　記号の説明……6
3.　評価部位……8
4.　固有周期……9
4.1　固有周期の計算方法……9
4.2　固有周期の計算条件……9
4.3　固有周期の計算結果……9
5.　構造強度評価……10
5.1　構造強度評価方法……10
5.2　荷重及び荷重の組合せ……10
5.3　許容限界……11
5.4　設計用地震力……13
5.5　計算方法……13
5.6　計算条件……16
6.　評価結果……17

1. 概要

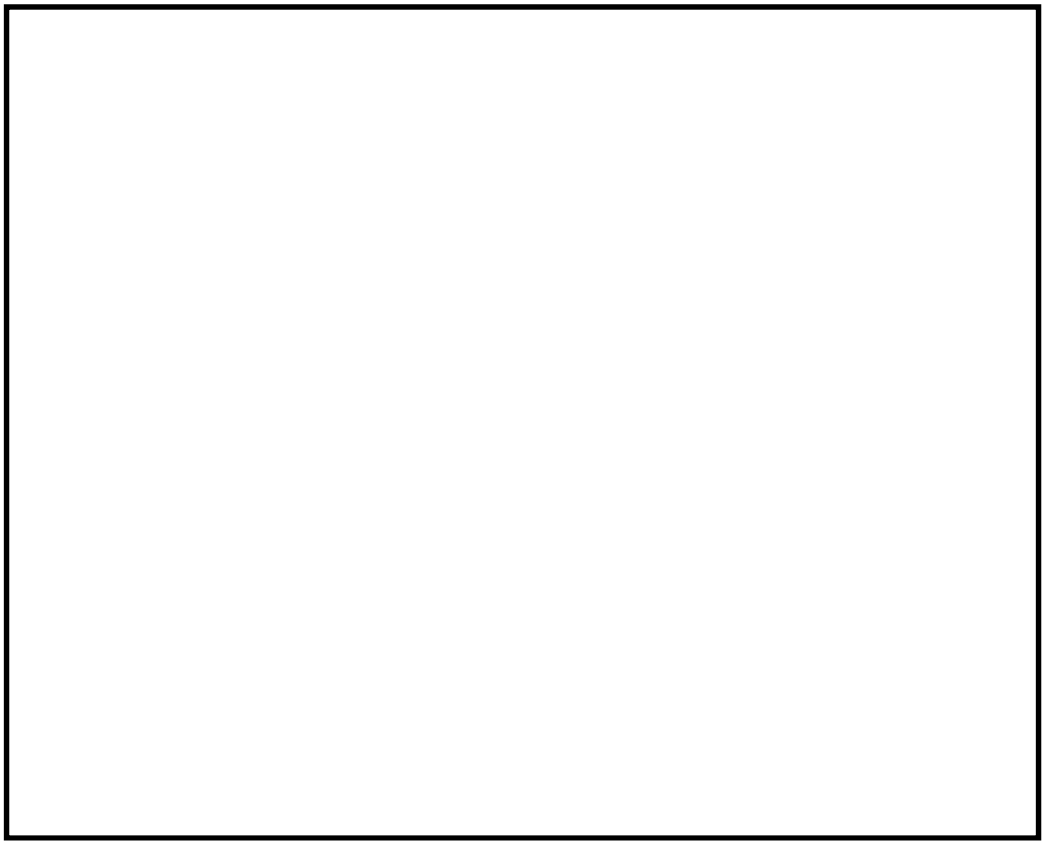
本資料は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度に基づき，浸水防護施設のうち放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋が設計用地震力に対して，主要な構造部材が十分な構造健全性を有することを説明するものである。その耐震評価は放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の固有値解析及び応力評価により行う。

2. 一般事項

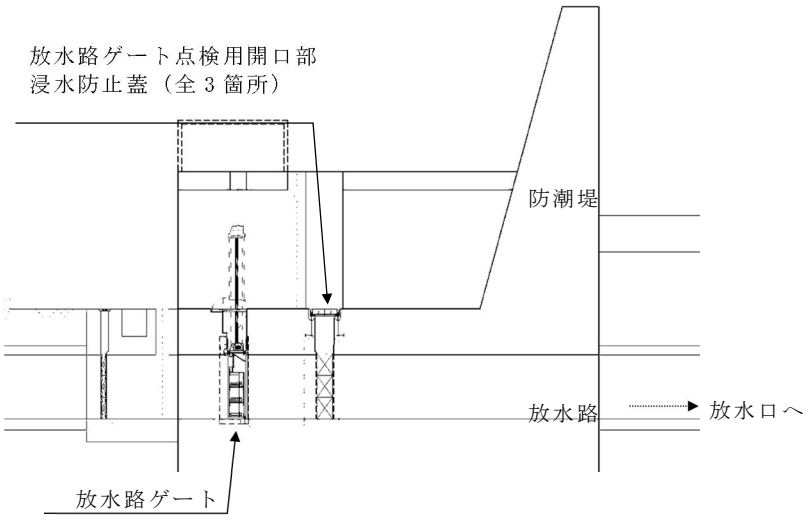
2.1 配置概要

放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋は，放水路上版に設置する。

放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の設置位置を図 2-1 に示す。



（平面図）



（A-A 断面図）

図 2-1 放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の設置位置図

2.2　構造計画

放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の構造は，長方形の鋼板に主桁及び補助桁を組合せた構造とし，本体を放水路上版に固定ボルトにより固定することで，止水性を確保する。放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
放水路上版に固定ボルトで固定する。	蓋により構成する。	

2.3　評価方針

放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の耐震評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.2 構造計画」に示す放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の構造を踏まえ，「3.　評価部位」にて設定する評価部位において，「4.　固有周期」にて算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを，「5.　構造強度評価」に示す方法にて確認する。応力評価の確認結果を「6.　評価結果」に示す。

耐震評価フローを図 2-2 に示す。

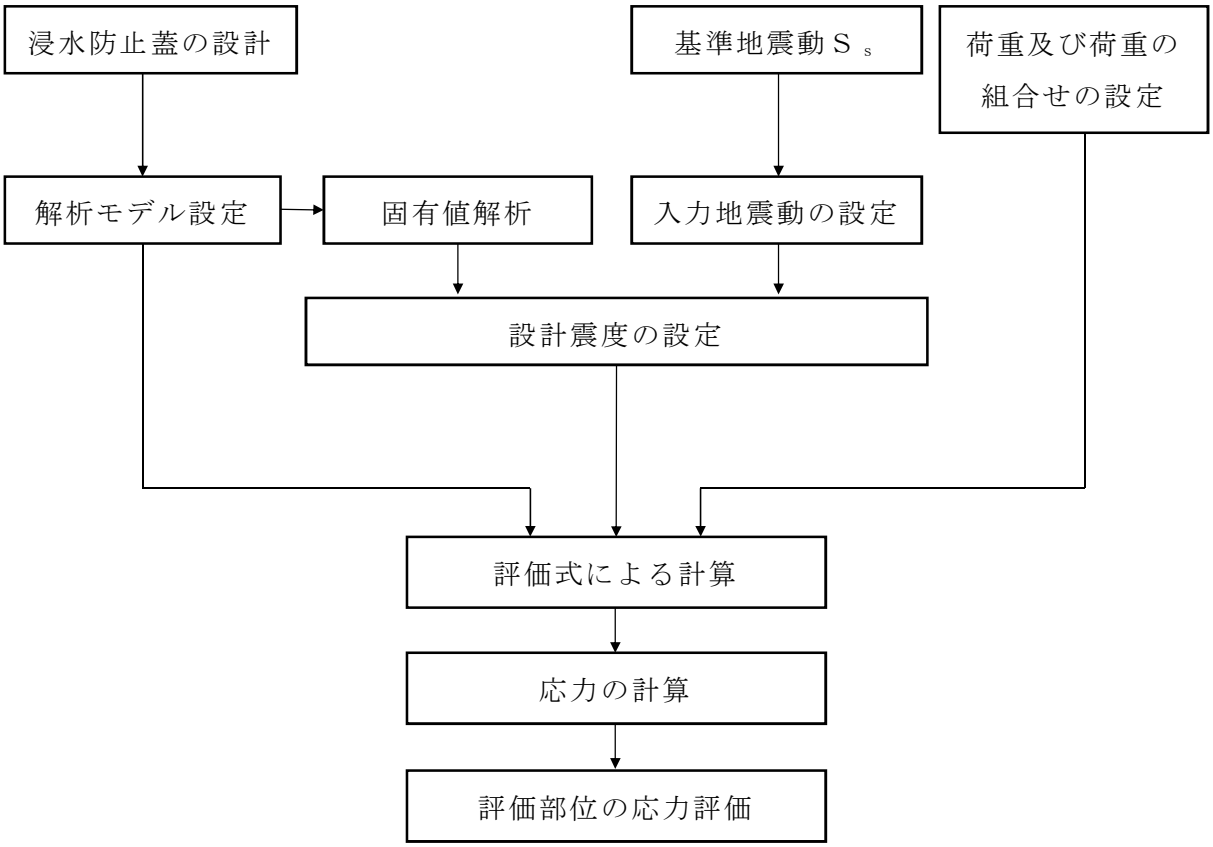


図 2-2　耐震評価フロー

2.4　適用基準

適用する規格，基準等を以下に示す。

(1)　原子力発電所耐震設計技術指針　重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１・補－1984（日本電気協会）

(2)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1987　（日本電気協会）

(3)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1991　追補版（日本電気協会）

(4)　日本工業規格　ＪＩＳ　Ｇ４０５３（2008）　機械構造用合金鋼鋼材

(5)　「ダム・堰施設技術基準（案）（基準解説編・マニュアル編）」（ダム・堰施設技術協会　平成 25 年 6 月）

2.5　記号の説明

放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の固有周期の計算に用いる記号を表 2-2 に，応力評価に用いる記号を表 2-3 にそれぞれ示す。

表 2-2　放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の固有周期算出に用いる記号

記号	記号の説明	単位
T	固有周期	s
f	一次固有振動数	Hz
E	縦弾性係数	N/mm^2
I	主桁の断面二次モーメント	mm^4
m	主桁の単位長さ当たりの質量	kg/mm
L	主桁の長さ	mm

表 2-3　放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の応力評価に用いる記号（1／2）

記号	記号の説明	単位
g	重力加速度	m/s^2
σ_v	日本工業規格に規定される材料の設計降伏点	N/mm^2
σ_u	日本工業規格に規定される材料の設計引張強さ	N/mm^2
σ_a	許容引張応力度・許容曲げ応力度　ダム・堰施設技術基準（案） $\sigma_a = \sigma_v / F^*$	N/mm^2
τ_a	許容せん断応力　ダム・堰施設技術基準（案） $\tau_a = \sigma_a / \sqrt{3}$	N/mm^2
K_H	基準地震動S_sによる水平方向の設計震度	－
K_v	基準地震動S_sによる鉛直方向の設計震度	－
I_H	水平方向地震荷重	N
I_V	鉛直方向地震荷重	N
i_v	鉛直地震分布荷重	N/mm^2
m_D	蓋の質量	kg
m_S	積雪質量	kg
A	浸水防止蓋の面積	mm^2
M	浸水防止蓋に加わる最大曲げモーメント	N・mm
B_2	荷重の負担幅	mm
L_2	支間	mm
S	浸水防止蓋に加わる最大せん断力	N
σ	浸水防止蓋に加わる最大曲げ応力	N/mm^2

注記　＊：Ｆは安全率

表 2-3　放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の応力評価に用いる記号（2／2）

記号	記号の説明	単位
Z	浸水防止蓋の断面係数	mm^3
τ	浸水防止蓋に加わる最大せん断応力	N/mm^2
A_w	浸水防止蓋のウェブ断面積	mm^2
σ_m	浸水防止蓋に加わる曲げ応力及びせん断応力による組合せ応力	N/mm^2
σ_b	固定ボルト１本当たりに加わる引張応力	N/mm^2
P_b	固定ボルト１本当たりに加わる引張荷重	N
A_b	固定ボルトの断面積	mm^2
τ_b	固定ボルト１本当たりに加わるせん断応力	N/mm^2
S_b	固定ボルト１本当たりに加わるせん断荷重	N
σ_{bm}	固定ボルトに加わる曲げ引張応力及びせん断応力による組合せ応力	N/mm^2
w_s	積雪量１cm毎の積雪荷重	N/mm^3
d_s	垂直積雪量	cm
a	補助桁間隔	mm
b	主桁間隔	mm
t	スキンプレートの板厚	mm
γ	スキンプレートの評価に用いる応力の補正係数	－
k	スキンプレートの評価に用いる辺長比（b/a）による係数	－
A_s	積雪面積	m^2
B_1	蓋のたて	mm
L_1	蓋のよこ	mm

3. 評価部位

放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の評価部位は，「2.2 構造計画」にて設定している構造を踏まえ選定する。

放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋に対して，地震発生による荷重が作用する。蓋に作用する荷重は，それを固定している基礎ボルトに伝達することから，蓋及び基礎ボルトを評価部位として設定する。

放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の評価部位を，図 3-1 に示す。

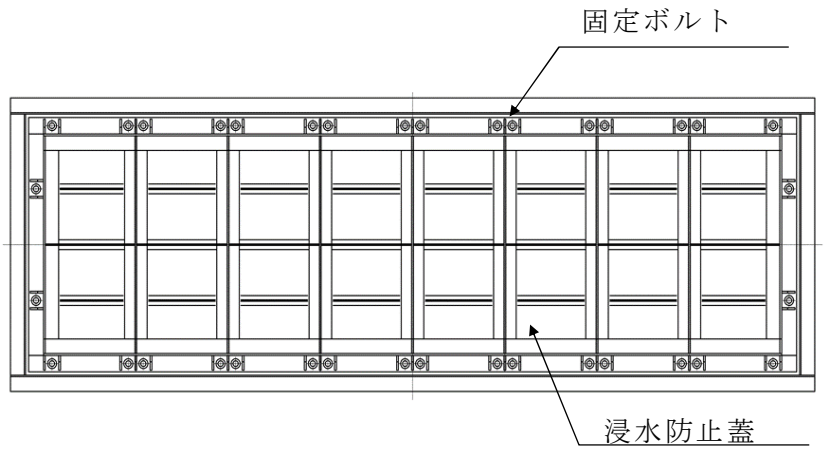


図 3-1 評価部位

4.　固有周期

4.1　固有周期の計算方法

(1)　解析モデル

放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の主桁を単純支持梁としてモデル化する。

(2)　固有周期の計算

固有周期の計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

「構造力学公式集(1988 年)、土木学会」より，固有周期は次のとおり与えられる。

$$T = \frac{1}{f}$$

$$f = \frac{\pi^2}{2\pi L^2}\sqrt{\frac{E \cdot I}{m}}$$

4.2　固有周期の計算条件

表 4-1 に固有周期の計算条件を示す。

表 4-1　固有周期の計算条件

縦弾性係数 E (N/mm^2)	主桁の断面二次 モーメント I (mm^4)	主桁の単位長さ 当たりの質量 m (kg/mm)	主桁の長さ L (mm)
2.06×10^5	9.57×10^7	54.3×10^{-3}	1450

4.3　固有周期の計算結果

表 4-2 に固有周期の計算結果を示す。固有周期は，0.05s 以下であることから，剛構造である。

表 4-2　固有周期の計算結果

固有振動数 (Hz)	450
固有周期 (s)	0.0023

5.　構造強度評価

5.1　構造強度評価方法

放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の耐震評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえて，「3.　評価部位」にて設定する評価部位に作用する応力等が「5.3　許容限界」にて示す許容限界以下であることを確認する。

なお，「3.　評価部位」にて設定した評価部位のうち蓋についてはその構造を踏まえ，主桁，補助桁及びスキンプレートについて評価を実施する。

5.2　荷重及び荷重の組合せ

5.2.1　荷重の設定

耐震評価に用いる荷重は以下のとおりとする。

(1)　固定荷重（D）

固定荷重として，自重を考慮する。

$W=(m_D+m_S)\cdot g$

(2)　地震荷重（S_s）

基準地震動S_sによる地震荷重を考慮する。

なお，鉛直震度は，自重と同じ鉛直下向きに考慮する。

$I_H = W\cdot K_H$

$I_V = W\cdot(1+K_V)$

(3)　積雪荷重（P_s）

積雪荷重を考慮する。

積雪荷重P_sについては，添付書類「Ⅴ-1-1-2　発電用原子炉施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書」に示すとおり，30 cmの積雪量を想定し，平均的な積雪荷重を与えるための係数0.35を考慮する。

積雪荷重による質量を以下の式より算出する。

$$m_S=\frac{0.35\cdot w_s\cdot d_s\cdot A_s}{g}$$

$A_s=B_1\cdot L_1$

5.2.2　荷重の組合せ

放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋は，放水路上版に設置されている浸水防止蓋であるため，その構造及び設置位置から風荷重の影響は考慮しない。

荷重の組合せを表 5-1 に示す。

表 5-1　荷重の組合せ

施設区分	機器名称	荷重の組合せ*
浸水防護施設 （浸水防止設備）	放水路ゲート点検用開口部 浸水防止蓋	$D+S_s+P_s$

注記　＊：Ｄは固定荷重，S_sは地震荷重，P_sは積雪荷重を示す。

5.3　許容限界

放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の許容限界は，評価部位ごとに，ダム・堰施設技術基準（案）に規定される許容応力度を用いる。

各評価部位の許容限界を表 5-2 に，許容応力評価条件を表 5-3 に，許容応力算出結果を表 5-4 にそれぞれ示す。

表 5-2　許容限界

状態	許容限界*1*2					
	浸水防止蓋			固定ボルト		
	一次応力			一次応力		
短期	曲げ	せん断	組合せ	引張	せん断	組合せ
	$1.5\sigma_a$	$1.5\tau_a$	$1.65\sigma_a$	$1.5\sigma_a$	$1.5\tau_a$	$1.65\sigma_a$

注記　＊1：ダム・堰施設技術基準（案）に準じ，短期時許容値割増 1.5 又は 1.65 とする。

＊2：σ_a：許容引張応力度・許容曲げ応力度，τ_a：許容せん断応力度

表 5-3　許容応力評価条件

評価部位	材料	σ_a*1,2 (N/mm²)	τ_a*1,2 (N/mm²)
主桁	SM490	160	90
補助桁	SM490	160	90
スキンプレート	SM490	160	－
固定ボルト	SCM435	392	226

注記　＊1：σ_a：許容引張応力度・許容曲げ応力度，τ_a：許容せん断応力度を示す。

＊2：各許容応力度の値は，「ダム・堰施設技術基準（案）（基準解説編・マニュアル編）（ダム・堰施設技術協会　平成 25 年 6 月）」に基づく。

表 5-4　許容応力算出結果

許容応力度	評価部位		許容限界			
			1 次応力			
			曲げ (N/mm^2)	引張 (N/mm^2)	せん断 (N/mm^2)	組合せ (N/mm^2)
短期許容応力度	主桁	端部桁	175*	－	135	264
		中間桁	216*	－	135	264
	補助桁		208*	－	135	264
	スキンプレート		240	－	－	－
	固定ボルト		－	588	339	646

注記　＊：主桁，縦補助桁に用いる構造用鋼材の許容曲げ圧縮応力度は，「ダム・堰施設技術基準（案）（基準解説編・マニュアル編）（ダム・堰施設技術協会　平成 25 年 6 月）」に基づき，許容曲げ応力度横倒れ座屈に対する配慮として許容応力の低減を考慮し，以下の計算式により算出する。

$$\frac{L}{b} \leqq \frac{8}{K} \quad : \quad 160 \times 1.5 = 240 \ (N/mm^2)$$

$$\frac{8}{K} < \frac{L}{b} \leqq 30 \quad : \quad \sigma_{ca} = \left(160 - 1.6\left(K\frac{L}{b} - 8\right)\right) \times 1.5 \ (N/mm^2)$$

$$K = \sqrt{3 + \frac{A_w}{2 \cdot A_c}} \quad \text{ただし，} \frac{A_w}{A_c} \leqq 2 \quad \text{の場合} \quad K = 2$$

ここに，L　：圧縮フランジの固定間隔（mm）
b　：圧縮フランジ幅（mm）
Aw　：腹板の総断面積（mm^2）
Ac　：圧縮フランジの総断面積（mm^2）

5.4　設計用地震力

「4.　固有周期」に示したとおり放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の固有周期が 0.05 s 以下あることを確認したため，放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の耐震計算に用いる設計震度は，添付書類「Ⅴ-2-1-7　設計用床応答曲線の作成方針」に示す防潮堤（鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア））における設置床の最大応答加速度の 1.2 倍を考慮して設定する。放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の耐震計算に用いる設計震度を表 5-5 に示す。

表 5-5　設計用地震力

地震動	設置場所 及び床面高さ (m)	地震による設計震度*1	
基準地震動 S_s	防潮堤（鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）） EL. 3.500*2	水平方向K_H	0.79
		鉛直方向K_V	0.90

注記　＊1：「4.　固有周期」より，放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の固有周期が 0.05s 以下であることを確認したため，設置床の最大応答加速度の 1.2 倍を考慮した設計震度を設定した。

＊2：基準床レベルを示す。

5.5　計算方法

5.5.1　荷重条件

地震荷重を等分布荷重として受ける鋼構造物として評価する。応力の算出に必要な荷重を次式により算出する。

$$i_v = I_V / A$$

$$w = i_v \cdot b$$

5.5.2　応力計算

(1)　浸水防止蓋

浸水防止蓋は，地震荷重を等分布荷重とし，浸水防止蓋を構成するスキンプレート，主桁及び補助桁に発生する最大曲げモーメント及び最大せん断力は，ダム・堰施設技術基準（案）に規定される計算式を用いる。

（曲げモーメント（主桁））$M=\frac{w\cdot B_2\cdot(2L_2-B_2)}{8}$

（曲げモーメント（補助桁））$M=\frac{w\cdot a\cdot(3\cdot b^2-a^2)}{24}$

（せん断力（主桁））$S=\frac{w\cdot B_2}{2}$

（せん断力（補助桁））$S=\frac{w\cdot a}{2}\cdot\left(b-\frac{a}{2}\right)$

a.　曲げ応力

a)　主桁及び補助桁に発生する曲げ応力

浸水防止蓋の主桁及び補助桁に発生する最大曲げ応力σは次式により算出する。

$\sigma=M/Z$

b)　スキンプレートに発生する曲げ応力

浸水防止蓋のスキンプレートに発生する最大曲げ応力σは次式により算出する。

$\sigma=\frac{k\cdot a^2\cdot w}{100\cdot t^2}\cdot\gamma$

b.　せん断応力

浸水防止蓋の主桁及び補助桁に発生する最大せん断応力τは次式により算出する。

$\tau=S/A_w$

c.　組合せ応力

浸水防止蓋に加わる曲げ応力σ及びせん断応力τによる組合せ応力σ_mをダム・堰施設技術基準(案)記載の次式により算出する。

$\sigma_m=\sqrt{\sigma^2+3\cdot\tau^2}$

(2)　固定ボルト

固定ボルトに作用する荷重は，固定ボルト設置位置及び間隔から浸水防止蓋に対する負担面積を設定し，水平方向荷重及び鉛直方向荷重に対して評価を行う。

a.　引張応力

固定ボルト１本当たりに加わる引張応力σ_bは次式により算出する。

$\sigma_b = P_b / A_b$

b.　せん断応力

固定ボルト１本当たりに加わるせん断応力τ_bは次式により算出する。

$\tau_b = S_b / A_b$

c.　組合せ応力

固定ボルトに加わる引張応力σ_b及びせん断応力τ_bによる組合せ荷重σ_{bm}をダム・堰施設技術基準(案)記載の次式により算出する。

$$\sigma_{bm} = \sqrt{\sigma_b^2 + 3 \cdot \tau_b^2}$$

5.6　計算条件

放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の耐震評価に関する応力評価条件を表 5-6 に示す。

表 5-6　放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の耐震評価に関する応力評価条件

浸水防止蓋の材質	蓋の質量 m_D (kg)	積雪質量 m_S (kg)	荷重の負担幅 B_2 (mm)
SM490	3.00×10^3	1.44×10^2	1.350×10^3

支間 L_2 (mm)	固定ボルトの材質	固定ボルトの呼び径 (mm)	固定ボルトの断面積 A_b (mm^2)
1.450×10^3	SCM435	30	7.06858×10^2

積雪量 1 cm毎の 積雪荷重 w_S (N/mm^3)	垂直積雪量 d_S (cm)	固定ボルトの本数 n	重力加速度 g (m/s^2)
2.0×10^6	30	36	9.80665

補助桁間隔 a (mm)	主桁間隔 b (mm)	積雪面積 A_s (m^2)	蓋のたて B_1 (mm)
340	613	6.615	1.350×10^3

蓋のよこ L_1 (mm)
4.90×10^3

6. 評価結果

放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の耐震評価結果を表 6-1 に示す。発生応力が許容応力以下であることから，構造部材が構造健全性を有することを確認した。

表 6-1 放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の耐震評価結果

評価部位			評価応力	発生応力 (N/mm^2)	許容応力 (N/mm^2)
蓋	主桁	端部桁	曲げ	2	175
			せん断	1	135
			組合せ*1	3	264
		中間桁	曲げ	3	216
			せん断	2	135
			組合せ*1	5	264
	補助桁		曲げ	1	208
			せん断	1	135
			組合せ*1	2	264
	スキンプレート		曲げ	1	240
固定ボルト			引張	2	588
			せん断	1	339
			組合せ*2	4	646

注記 ＊1：曲げとせん断の組合せ応力

＊2：引張とせん断の組合せ応力

Ⅴ-2-10-2-5-3　ＳＡ用海水ピット開口部浸水防止蓋の

耐震性についての計算書

目　次

1.　概要……1
2.　一般事項……2
2.1　配置概要……2
2.2　構造計画……3
2.3　評価方針……4
2.4　適用基準……5
2.5　記号の説明……5
3.　評価部位……8
4.　固有周期……9
4.1　固有周期の計算方法……9
4.2　固有周期の計算条件……9
4.3　固有周期の計算結果……9
5.　構造強度評価……10
5.1　構造強度評価方法……10
5.2　荷重及び荷重の組合せ……10
5.2.1　荷重の設定……10
5.2.2　荷重の組合せ……10
5.3　許容限界……11
5.4　設計用地震力……12
5.5　計算方法……13
5.5.1　荷重条件……13
5.5.2　耐震評価……13
5.6　計算条件……16
6.　評価結果……17

1. 概要

本資料は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度に基づき，浸水防護施設のうちＳＡ用海水ピット開口部浸水防止蓋が設計用地震力に対して，主要な構造部材が十分な構造健全性を有することを確認するものである。その耐震評価は，ＳＡ用海水ピット開口部浸水防止蓋の固有値解析及び応力評価により行う。

2.　一般事項

2.1　配置概要

ＳＡ用海水ピット開口部浸水防止蓋は，ＳＡ用海水ピット開口部に設置する。

ＳＡ用海水ピット開口部浸水防止蓋の設置位置図を図 2-1 に示す。

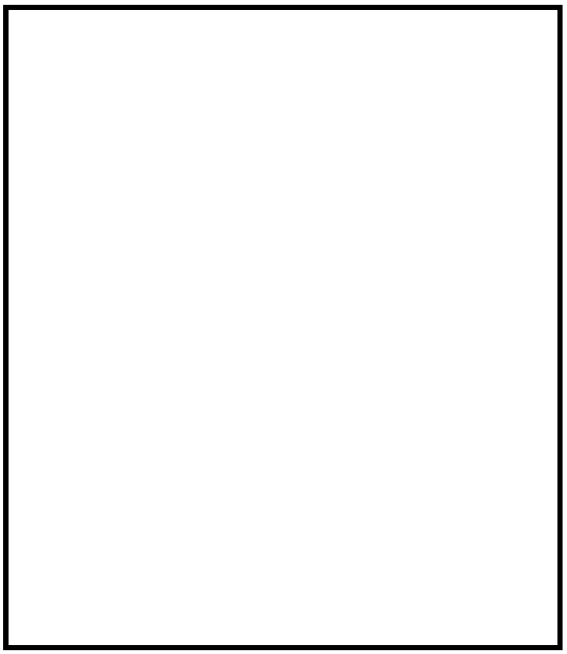


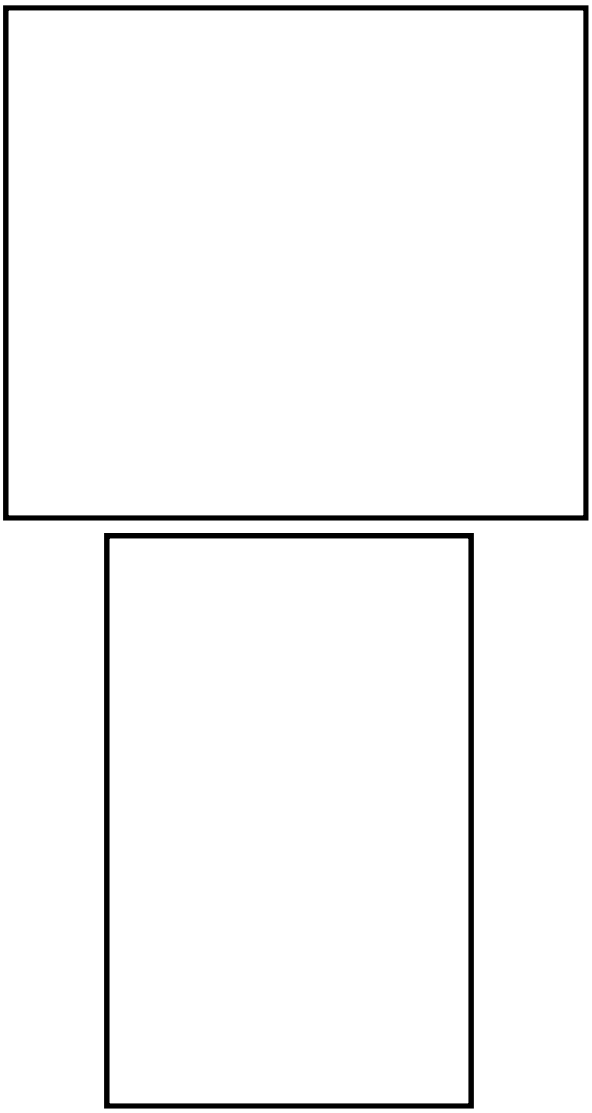
図 2-1　ＳＡ用海水ピット開口部浸水防止蓋設置位置図

2.2　構造計画

ＳＡ用海水ピット開口部浸水防止蓋の構造は，長方形の鋼板に主桁及び補助桁(ともに溝形鋼)を組合せた構造とする。

ＳＡ用海水ピット開口部浸水防止蓋は，本体をＳＡ用海水ピット開口部に設置する固定ボルト及びヒンジで固定する。ＳＡ用海水ピット開口部浸水防止蓋の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　ＳＡ用海水ピット開口部浸水防止蓋の構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
ＳＡ用海水ピット開口部に設置する固定ボルト及びヒンジで固定する。	蓋により構成する。	平面図 

2.3　評価方針

ＳＡ用海水ピット開口部浸水防止蓋の耐震評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.2　構造計画」に示すＳＡ用海水ピット開口部浸水防止蓋の構造を踏まえ，「3.　評価部位」にて設定する評価対象部位において，「4.　固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力により算出した応力等が許容限界内に収まることを，「5.　構造強度評価」に示す方法にて確認する。応力評価の確認結果を「6.　評価結果」にて確認する。

耐震評価フローを図 2-2 に示す。

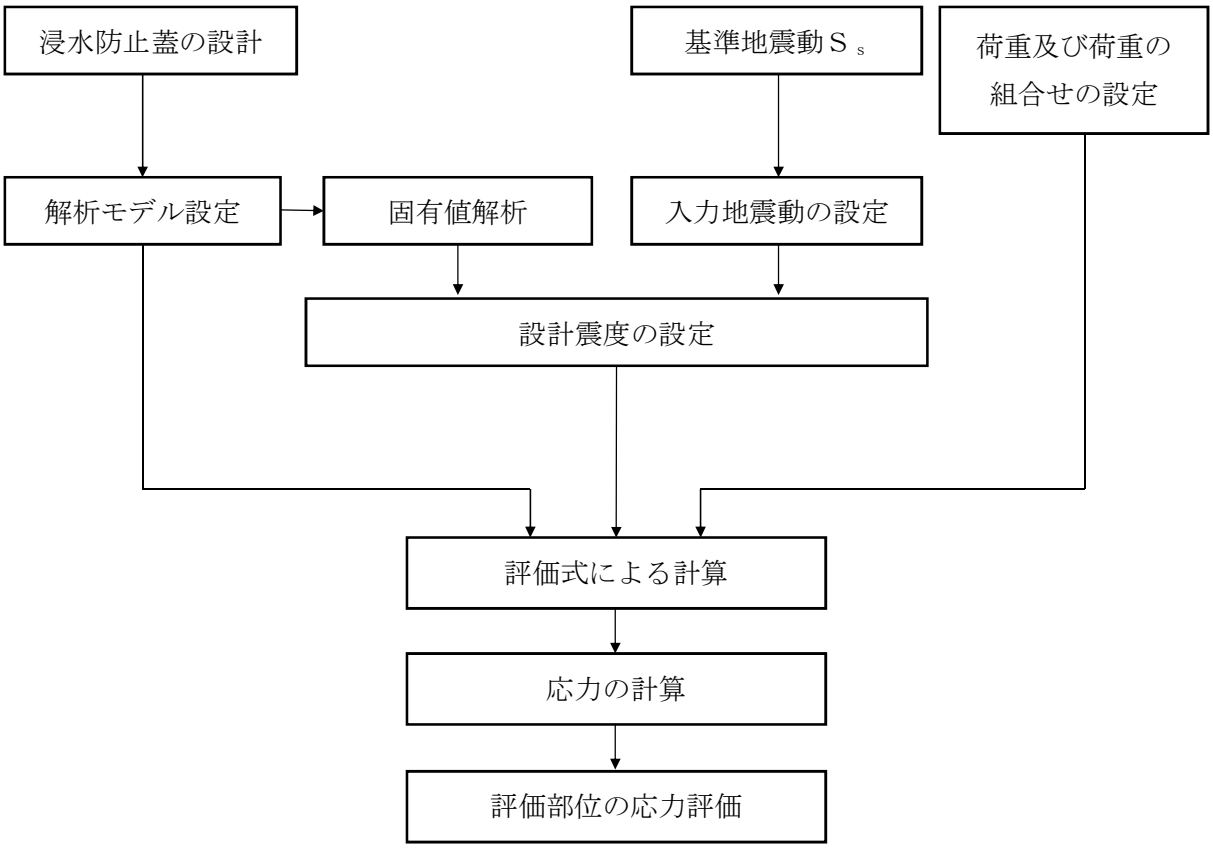


図 2-2　耐震評価フロー

2.4　適用基準

適用する規格，基準等を以下に示す。

(1)　原子力発電所耐震設計技術指針　JEAG4601　1987（(社) 日本電気協会）

(2)　原子力発電所耐震設計技術指針　重要度分類・許容応力編　JEAG4601・補－1984（(社) 日本電気協会）

(3)　原子力発電所耐震設計技術指針　JEAG4601　1991　追補版（(社) 日本電気協会）

(4)　日本工業規格

(5)　ダム・堰施設技術基準（案）（基準解説編・マニュアル編）((社) ダム・堰施設技術協会 平成 25 年 6 月）

2.5　記号の説明

ＳＡ用海水ピット開口部浸水防止蓋の固有周期の計算に用いる記号を表 2-2 に，応力評価に用いる記号を表 2-3 にそれぞれ示す。

表 2-2　ＳＡ用海水ピット開口部浸水防止蓋の固有周期算出に用いる記号

記号	定義	単位
T	固有周期	s
f	一次固有振動数	Hz
E	縦弾性係数	N/mm^2
I	主桁の断面二次モーメント	mm^4
m	主桁の単位長さ当たりの質量	kg/mm
L	主桁の長さ	mm

表 2-2　ＳＡ用海水ピット開口部浸水防止蓋の応力評価に用いる記号（1/2）

記号	記号の説明	単位
g	重力加速度	m/s^2
σ_v	日本工業規格に規定される材料の設計降伏点	N/mm^2
σ_u	日本工業規格に規定される材料の設計引張強さ	N/mm^2
σ_a	許容圧縮・引張・曲げ応力　ダム・堰施設技術基準（案） $\sigma_a = \sigma_v / F^*$	N/mm^2
τ_a	許容せん断応力　ダム・堰施設技術基準（案） $\tau_a = \sigma_a / \sqrt{3}$	N/mm^2
K_H	基準地震動Ｓ$_s$による水平方向の設計震度	－
K_v	基準地震動Ｓ$_s$による鉛直方向の設計震度	－
I_H	水平方向地震荷重	N
I_V	鉛直方向地震荷重	N
i_v	鉛直地震分布荷重	N/mm^2
m_D	蓋の質量	kg
m_S	積雪質量	kg
A	浸水防止蓋の面積	mm^2
M	浸水防止蓋に加わる最大曲げモーメント	N・mm
B	荷重の負担幅	mm
L	支間	mm

表 2-2　ＳＡ用海水ピット開口部浸水防止蓋の応力評価に用いる記号（2/2）

記号	記号の説明	単位
S	浸水防止蓋に加わる最大せん断力	N
σ	浸水防止蓋に加わる最大曲げ応力	N/mm^2
Z	浸水防止蓋の断面係数	mm^3
τ	浸水防止蓋に加わる最大せん断応力	N/mm^2
A_w	浸水防止蓋のウェブ断面積	mm^2
σ_m	浸水防止蓋に加わる曲げ応力及びせん断応力による組合せ応力	N/mm^2
M_{bu}	ブラケットに加わる最大曲げモーメント	N・mm
S_{bu}	ブラケットに加わる最大せん断力	N
σ_{bu}	ブラケットに加わる最大曲げ応力	N/mm^2
Z_{bu}	ブラケットの断面係数	mm^3
τ_{bu}	ブラケットに加わる最大せん断応力	N/mm^2
A_{bu}	ブラケットの断面積	mm^2
M_p	ピンに加わる最大曲げモーメント	N・mm
S_p	ピンに加わる最大せん断力	N
σ_p	ピンに加わる最大曲げ応力	N/mm^2
Z_p	ピンの断面係数	mm^3
τ_p	ピンに加わる最大せん断応力	N/mm^2
A_p	ピンの断面積	mm^2
σ_b	固定ボルト１本当たりに加わる引張応力	N/mm^2
P_b	固定ボルト１本当たりに加わる引張荷重	N
A_b	固定ボルトの断面積	mm^2
τ_b	固定ボルト１本当たりに加わるせん断応力	N/mm^2
S_b	固定ボルト１本当たりに加わるせん断荷重	N
σ_{bm}	固定ボルトに加わる曲げ引張応力及びせん断応力による組合せ応力	N/mm^2
w_s	積雪量１cm毎の積雪荷重	N/mm^3
d_s	垂直積雪量	mm
a	補助桁間隔	mm
b	主桁間隔	mm
t	スキンプレートの板厚	mm
γ	スキンプレートの評価に用いる応力の補正係数	－
k	スキンプレートの評価に用いる辺長比（b/a）による係数	－

注記　＊：Ｆは安全率

3.　評価部位

ＳＡ用海水ピット開口部浸水防止蓋の評価対象部位は，「2.2　構造計画」にて設定している構造を踏まえて，地震に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し設定する。

なお，ＳＡ用海水ピット開口部浸水防止蓋の耐震計算における評価対象部位については，浸水防止蓋，固定ボルト及びヒンジとする。

ＳＡ用海水ピット開口部浸水防止蓋の耐震評価における評価対象部位を図 3-1 に示す。

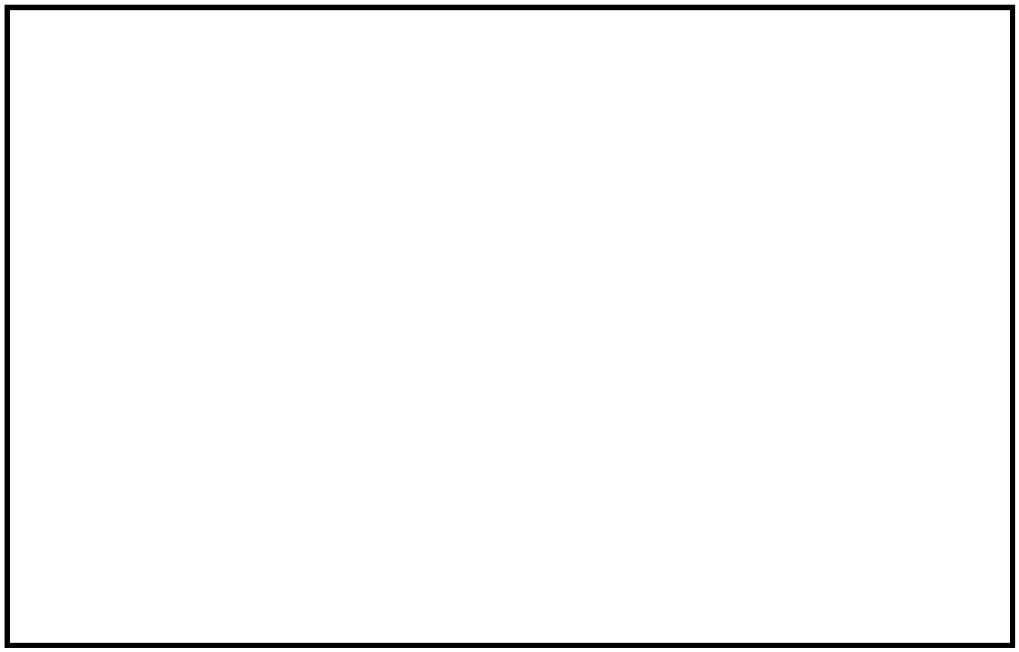


図 3-1　評価対象部位

4.　固有周期

4.1　固有周期の計算方法

(1)　解析モデル

ＳＡ用海水ピット開口部浸水防止蓋の主桁を単純支持梁としてモデル化する。

(2)　固有周期の計算

固有周期の計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

「構造力学公式集(1988 年)、土木学会」より，固有周期は次のとおり与えられる。

$$T = \frac{1}{f}$$

$$f = \frac{\pi^2}{2\pi L^2}\sqrt{\frac{E \cdot I}{m}}$$

4.2　固有周期の計算条件

表 4-1 に固有周期の計算条件を示す。

表 4-1　固有周期の計算条件

縦弾性係数 E (N/mm^2)	主桁の断面二次 モーメント I (mm^4)	主桁の単位長さ 当たりの質量 m (kg/mm)	主桁の長さ L (mm)
2.06×10^5	1.229×10^8	673.48×10^{-3}	1320

4.3　固有周期の計算結果

表 4-2 に固有周期の算出結果を示す。固有周期は，0.05 s 以下であることから，剛構造である。

表 4-2　固有周期の算出結果

固有振動数 (Hz)	175
固有周期 (s)	0.006

5.　構造強度評価

5.1　構造強度評価方法

ＳＡ用海水ピット開口部浸水防止蓋の耐震評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえて，「3.　評価部位」にて設定する評価部位に作用する応力等が「5.3　許容限界」にて示す許容限界以下であることを確認する。

5.2　荷重及び荷重の組合せ

耐震評価に用いる荷重及び荷重の組合せに関して以下に示す。

5.2.1　荷重の設定

耐震評価に用いる荷重は，以下のとおり。

(1)　固定荷重（D）

固定荷重として，自重を考慮する。

$$W=(m_D+m_S)\cdot g$$

(2)　地震荷重（S_s）

基準地震動S_sによる地震荷重を考慮する。

なお，鉛直震度は，自重と同じ鉛直下向きに考慮する。

$$I_H=W\cdot K_H$$

$$I_V=W\cdot(1+K_V)$$

5.2.2　荷重の組合せ

ＳＡ用海水ピット開口部浸水防止蓋は，ＳＡ用海水ピット最上部の頂版部に設置されているため，風荷重の影響は考慮しない。

荷重の組合せを表5-1に示す。

表5-1　荷重の組合せ

施設区分	機器名称	荷重の組合せ*
浸水防護施設 （浸水防止設備）	ＳＡ用海水ピット開口部 浸水防止蓋	D＋S_s

注記　＊：D：自重，S_s：基準地震動S_Sによる地震荷重

5.3　許容限界

ＳＡ用海水ピット開口部浸水防止蓋の許容限界は，評価対象部位ごとに，「ダム・堰施設技術基準（案）」に規定される許容応力度を用いる。各評価部位の許容限界を表 5-2 に，許容応力評価条件を表 5-3 に，許容応力算出結果を表 5-4 にそれぞれ示す。

表 5-2　各評価対象部位の許容限界

状態	許容限界*1, *2					
	浸水防止蓋			固定ボルト		
	一次応力			一次応力		
短期	曲げ	せん断	組合せ	引張	せん断	組合せ
	$1.5\sigma_a$	$1.5\tau_a$	$1.65\sigma_a$	$1.5\sigma_a$	$1.5\tau_a$	$1.65\sigma_a$

注記　＊1:「ダム・堰施設技術基準（案）」に準じ，短期時許容値割増 1.5 または 1.65 とする。

＊2：σ_a：許容曲げ応力度，τ_a：許容せん断応力度

表 5-3　許容応力評価条件

評価部位	材料	σ_a*1,2 (N/mm²)	τ_a*1,2 (N/mm²)
主桁	SM400	120	70
補助桁	SM400	120	70
スキンプレート	SM400	120	－
固定ボルト	SUS316L	90	50
ヒンジ	SUS316L	90	50

注記　＊1：σ_a：許容曲げ応力度，τ_a：許容せん断応力度を示す。

＊2：各許容応力度の値は，「ダム・堰施設技術基準（案）（基準解説編・マニュアル編）（ダム・堰施設技術協会　平成 25 年 6 月）」に基づく。

表 5-4　許容応力算出結果

許容応力度	評価部位		許容限界		
			1 次応力		
			曲げ (N/mm²)	せん断 (N/mm²)	組合せ (N/mm²)
短期許容応力度	主桁	端部桁	180	105	198
		中間桁	180	105	198
		端桁	180	105	198
	補助桁		180	105	198
	スキンプレート		180	－	－
	固定ボルト		135	75	148
	ヒンジ		135	75	148

注記　＊：主桁，縦補助桁に用いる構造用鋼材の許容曲げ圧縮応力度は，「ダム・堰施設技術基準（案）（基準解説編・マニュアル編）（ダム・堰施設技術協会　平成 25 年 6 月）」に基づき算出する。

5.4　設計用地震力

「4.　固有周期」に示したとおりＳＡ用海水ピット開口部浸水防止蓋の固有周期が 0.05 s 以下であることを確認したため，ＳＡ用海水ピット開口部浸水防止蓋の耐震計算に用いる設計震度は，添付書類「Ⅴ-2-1-7　設計用床応答曲線の作成方針」に示すＳＡ用海水ピットにおける設置床の最大応答加速度の 1.2 倍を考慮して設定する。ＳＡ用海水ピット開口部浸水防止蓋の耐震計算に用いる設計用地震力を表 5-3 に示す。

表 5-3　設計用地震力

地震動	据付場所 及び床面高さ (m)	地震による設計震度*1	
基準地震動 S_s	ＳＡ用海水 ピット EL. 7.3 (EL. 8.0*2)	水平方向K_H	1.95
		鉛直方向K_V	1.12

注記　＊1：「4.　固有周期」より，ＳＡ用海水ピット開口部浸水防止蓋の固有周期が 0.05 s 以下であることを確認したため，設置床の最大応答加速度の 1.2 倍を考慮した設計震度を設定した。

＊2：基準床レベルを示す。

5.5 計算方法

5.5.1 荷重条件

地震荷重を等分布荷重として受ける鋼構造物として評価する。応力の算出に必要な荷重を次式により算出する。

$i_v = I_V / A$

$w = i_v \cdot b$

5.5.2 耐震評価

(1) 浸水防止蓋

浸水防止蓋は，地震荷重を等分布荷重とし，浸水防止蓋を構成するスキンプレート，主桁及び補助桁に発生する最大曲げモーメント及び最大せん断力は,「ダム・堰施設技術基準（案)」に規定される計算式を用いる。

（曲げモーメント（主桁））$M = \frac{w \cdot B \cdot (2L - B)}{8}$

（曲げモーメント（補助桁））$M = \frac{w \cdot a \cdot (3 \cdot b^2 - a^2)}{24}$

（せん断力（主桁））$S = \frac{w \cdot B}{2}$

（せん断力（補助桁））$S = \frac{w \cdot a}{2} \cdot (b - \frac{a}{2})$

a. 曲げ応力

a) 主桁及び補助桁に発生する曲げ応力

浸水防止蓋の主桁及び補助桁に発生する最大曲げ応力σは次式により算出する。

$\sigma = M / Z$

b) スキンプレートに発生する曲げ応力

浸水防止蓋のスキンプレートに発生する最大曲げ応力σは次式により算出する。

$\sigma = \frac{k \cdot a^2 \cdot w}{100 \cdot t^2} \cdot \gamma$

b. せん断応力

浸水防止蓋の主桁及び補助桁に発生する最大せん断応力τは次式により算出する。

$\tau = S / A_w$

c. 組合せ応力

浸水防止蓋に加わる曲げ応力σ及びせん断応力τによる組合せ応力σ_mを「ダム・堰施設技術基準(案)」記載の次式により算出する。

$$\sigma_m = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2}$$

(2) 固定ボルト

固定ボルトに作用する荷重は，固定ボルト設置位置及び間隔から浸水防止蓋に対する負担面積を設定し，水平方向荷重及び鉛直方向荷重に対して評価を行う。

a. 引張応力

固定ボルト1本当たりに加わる引張応力σ_bは次式により算出する。

$\sigma_b = P_b / A_b$

b. せん断応力

固定ボルト1本当たりに加わるせん断応力τ_bは次式により算出する。

$\tau_b = S_b / A_b$

c. 組合せ応力

固定ボルトに加わる引張応力σ_b及びせん断応力τ_bによる組合せ荷重σ_{bm}を「ダム・堰施設技術基準(案)」記載の次式により算出する。

$$\sigma_{bm} = \sqrt{\sigma_b^2 + 3 \cdot \tau_b^2}$$

(3) ヒンジ

ヒンジに作用する荷重は，ヒンジ設置位置及び間隔から浸水防止蓋に対する負担面積を設定し，鉛直方向荷重に対して評価を行う。なお，ヒンジの評価は，ヒンジを構成するブラケット及びピンで行う。

a. 曲げ応力(ブラケット)

ブラケットに発生する曲げ応力度σ_{bu}を，次式により算出する。

$\sigma_{bu} = M_{bu} / Z_{bu}$

b. せん断応力(ブラケット)

ブラケットに発生するせん断応力度τ_{bu}を，次式により算出する。

$\tau_{bu} = S_{bu} / A_{bu}$

c. 曲げ応力(ピン)

ピンに発生する曲げ応力度σ_pを，次式により算出する。

$\sigma_p = M_p / Z_p$

d. せん断応力(ピン)

ピンに発生するせん断応力度 τ_p を，次式により算出する。

$\tau_p = S_p / A_p$

5.6　計算条件

ＳＡ用海水ピット開口部浸水防止蓋の耐震評価に関する応力評価条件を表 5-4 に示す。

(1)　評価対象部位の諸元

評価対象部位である，浸水防止蓋，ヒンジ及び固定ボルトの各諸元を，表 5-4，表 5-5 に示す。

表 5-4　ＳＡ用海水ピット開口部浸水防止蓋の耐震評価に関する応力評価条件

浸水防止蓋の材質	蓋の質量m_D (kg)	積雪質量m_S (kg)	荷重の負担幅Ｂ (mm)
SM400	8.89×10^{2}	—	1.350×10^{3}

支間Ｌ (mm)	固定ボルトの材質	固定ボルトの呼び径 (mm)	固定ボルトの断面積 A_b (mm^2)
1.320×10^{3}	SUS316L	36	8.76264×10^{2}

積雪量１cm毎の積雪荷重w_S (N/mm^3)	垂直積雪量d_S (mm)	固定ボルトの本数ｎ	重力加速度ｇ (m/s^2)
—	—	5	9.80665

補助桁間隔ａ (mm)	主桁間隔ｂ (mm)
645	380

6. 評価結果

ＳＡ用海水ピット開口部浸水防止蓋の耐震評価結果を表 6-1 に示す。評価結果から，ＳＡ用海水ピット開口部浸水防止蓋の各部位の発生応力は，許容応力以下であり，地震荷重に対して構造部材が十分な健全性を有することを確認した。

表 6-1　耐震評価結果

評価対象部位			発生応力 (N/mm²)		許容応力 (N/mm²)
浸水防止蓋	スキンプレート		曲げ	2	180
	主桁	端部桁	曲げ	2	180
			せん断	3	105
			組合せ*1	4	198
		中間桁	曲げ	3	180
			せん断	2	105
			組合せ*1	3	198
		端桁	曲げ	1	180
			せん断	2	105
			組合せ*1	3	198
	補助桁		曲げ	2	180
			せん断	1	105
			組合せ*1	2	198
固定ボルト			引張	2	135
			せん断	4	75
			組合せ*2	7	149
ヒンジ	ブラケット		曲げ	1	135
			せん断	1	75
	ピン		曲げ	2	135
			せん断	1	75

注記　＊1：曲げとせん断の組合せ応力

＊2：引張とせん断の組合せ応力

Ⅴ-2-10-2-5-4　緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋の耐震性についての計算書

目　次

1.　概要……1
2.　一般事項……2
2.1　配置概要……2
2.2　構造計画……3
2.3　評価方針……4
2.4　適用基準……5
2.5　記号の説明……6
3.　評価部位……8
4.　固有周期……9
4.1　固有周期の計算方法……9
4.2　固有周期の計算条件……9
4.3　固有周期の計算結果……9
5.　構造強度評価……10
5.1　構造強度評価方法……10
5.2　荷重及び荷重の組合せ……10
5.3　許容限界……11
5.4　設計用地震力……12
5.5　計算方法……12
5.6　計算条件……15
6.　評価結果……16

1. 概要

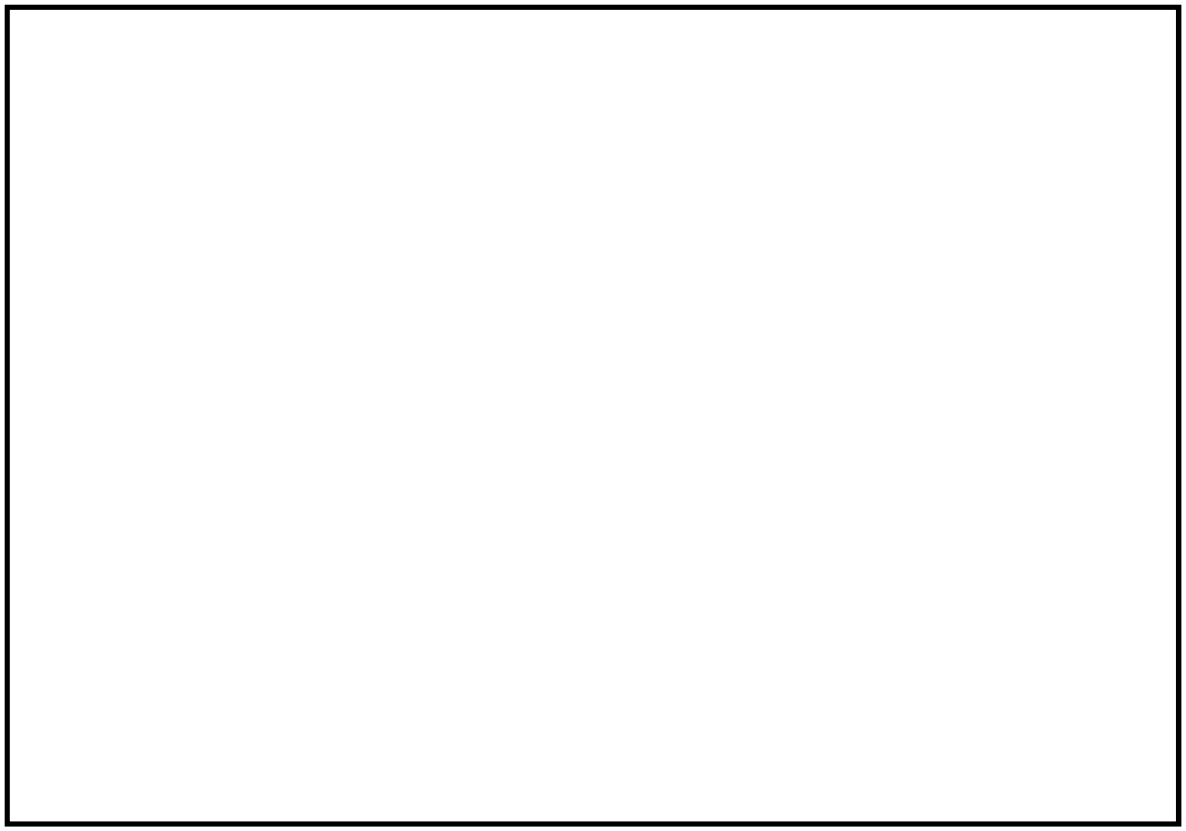
本資料は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度に基づき，浸水防護施設のうち緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋が設計用地震力に対して，主要な構造部材が十分な構造健全性を有することを説明するものである。その耐震評価は緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋の固有値解析及び応力評価により行う。

2.　一般事項

2.1　配置概要

緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋は，緊急用海水ポンプ室床面に設置する。

緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋の設置位置を図 2-1 に示す。



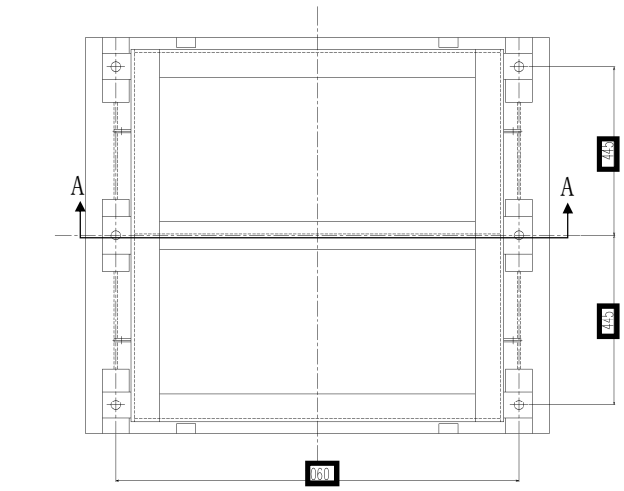
（単位：mm）

図 2-1　緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋の設置位置図

2.2　構造計画

緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋の構造は，長方形の鋼板に主桁を組合せた構造とし，本体を緊急用海水ポンプ室床面に固定ボルトにより固定することで，止水性を確保する。緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
緊急用海水ポンプ室床面に固定ボルトで固定する。	蓋により構成する。	 （平面図） （A-A 断面図） （単位：mm）

2.3　評価方針

緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋の耐震評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.2　構造計画」に示す緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋の構造を踏まえ，「3.　評価部位」にて設定する評価部位において，「4.　固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを，「5.　構造強度評価」に示す方法にて確認する。応力評価結果を「6.　評価結果」に示す。

緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋の耐震評価フローを図 2-2 に示す。

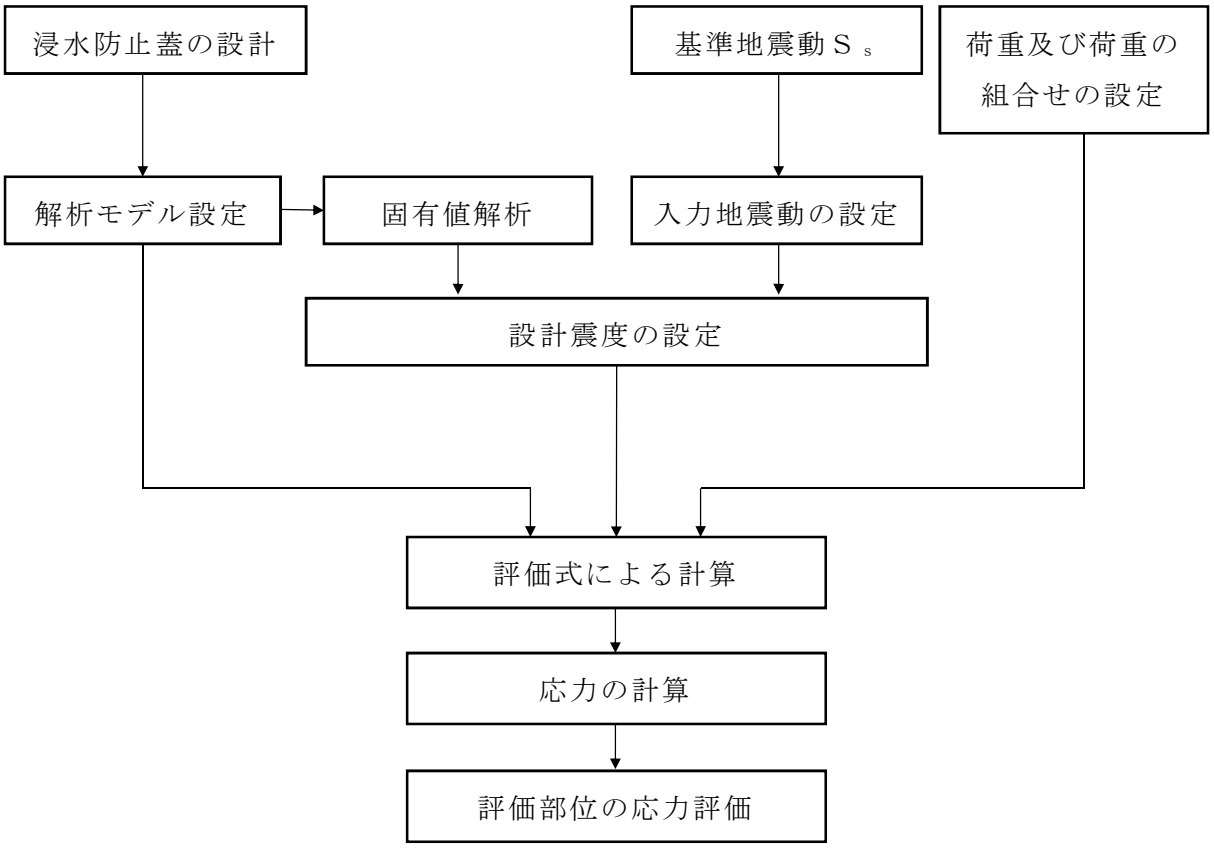


図 2-2　耐震評価フロー

2.4　適用基準

適用する規格，基準等を以下に示す。

(1)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1987（日本電気協会）

(2)　原子力発電所耐震設計技術指針　重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１・補－1984（日本電気協会）

(3)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1991　追補版（日本電気協会）

(4)　ダム・堰施設技術基準（案）（基準解説編・マニュアル編）（ダム・堰施設技術協会　平成 25 年 6 月）

2.5　記号の説明

緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋の固有周期の計算に用いる記号を表 2-2 に，応力評価に用いる記号を表 2-3 にそれぞれ示す。

表 2-2　緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋の固有周期の算出に用いる記号

記号	記号の説明	単位
f	一次固有振動数	Hz
T	固有周期	s
E	縦弾性係数	N/m^2
I	主桁の断面 2 次モーメント	m^4
m	主桁の単位長さ当りの重量	kg/m
L	主桁の長さ	m

表 2-3　緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋の
応力評価に用いる記号（1/2）

記号	記号の説明	単位
σ_v	日本工業規格に規定される材料の設計降伏点	N/mm^2
σ_u	日本工業規格に規定される材料の設計引張強さ	N/mm^2
σ_a	許容引張応力度・許容曲げ応力度 ダム・堰施設技術基準（案） $\sigma_a=\sigma_v／F*$	N/mm^2
τ_a	許容せん断応力度　ダム・堰施設技術基準（案） $\tau_a=\sigma_a／\sqrt{3}$	N/mm^2
σ	最大曲げ応力度	N/mm^2
M	曲げモーメント	N・mm
Z	主桁の断面係数	mm^3
τ	最大せん断応力度	N/mm^2
S	最大せん断力	N
A_w	主桁のウェブ断面積	mm^2
σ_b	固定ボルト 1 本あたりの引張応力度	N/mm^2
P_b	固定ボルト 1 本あたりに作用する引張応力	N/mm^2
A_b	固定ボルトの有効断面積	mm^2
τ_b	固定ボルト 1 本あたりのせん断応力度	N/mm^2
a	主桁間隔	mm

注記　＊：Ｆは安全率

表 2-3　緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋の
応力評価に用いる記号（2/2）

記号	記号の説明	単位
b_2	主桁の長さ	mm
t	スキンプレートの板厚	mm
γ	スキンプレートの評価に用いる応力の補正係数	－
k	スキンプレートの評価に用いる辺長比（b/a）による係数	－
σ_{bm}	固定ボルトに加わる曲げ引張応力及びせん断応力による組合せ応力	N/mm^2
K_H	基準地震動Ｓｓによる水平方向の設計震度	－
K_v	基準地震動Ｓｓによる鉛直方向の設計震度	－
I_H	水平方向地震荷重	kN
I_V	鉛直方向地震荷重	kN
i_v	鉛直地震分布荷重	N/mm^2
W	蓋の荷重	kN
w	主桁にかかる荷重	kN/m
B	荷重の負担幅	mm
L	支間	mm
σ_m	主桁に加わる曲げ応力及びせん断応力による組合せ応力	N/mm^2
b_1	主桁にかかる荷重の受圧幅	mm

3.　評価部位

緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋の評価部位は，「2.2　構造計画」にて設定している構造を踏まえ設定する。

緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋に対して，地震発生による荷重が作用する。蓋に作用する荷重は，それを固定している基礎ボルトに伝達することから，蓋及び基礎ボルトを評価部位として設定する。

緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋の評価部位を，図 3-1 に示す。

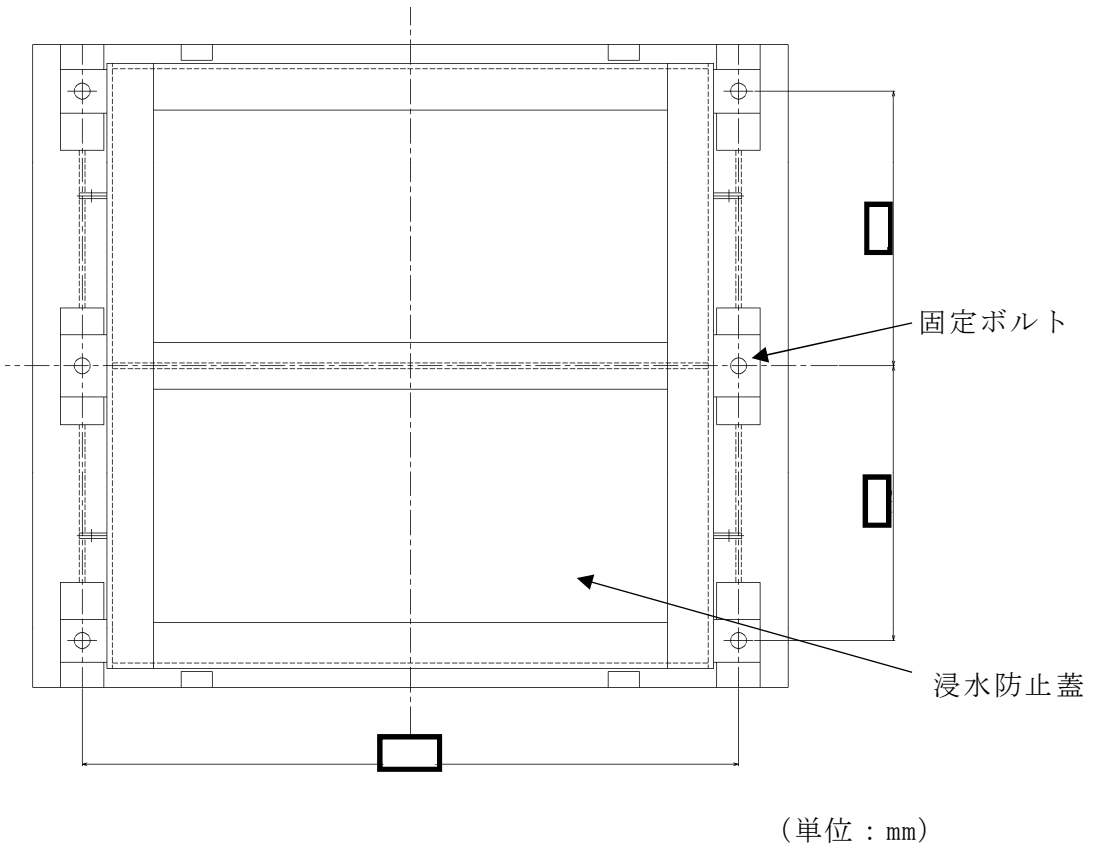


図 3-1　評価部位

4.　固有周期

4.1　固有周期の計算方法

(1)　解析モデル

緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋の主桁を両端単純支持ばりとしてモデル化する。

(2)　固有周期の計算

固有周期の計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

固有周期を以下の式により算出する。

$$T = \frac{1}{f}$$

$$f = \frac{\pi^2}{2\pi L^2} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I}{m}}$$

4.2　固有周期の計算条件

表 4-1 に固有周期の計算条件を示す。

表 4-1　固有周期の計算条件

縦弾性係数 E (N/mm^2)	主桁の断面二次モーメント I (mm^4)	主桁の長さ L (mm)	単位面積当たりの質量 m (kg/m)
1.93×10^5	4.177×10^7	1060	191.840

4.3　固有周期の計算結果

表 4-2 に固有周期の計算結果を示す。固有周期は，0.05s 以下であることから，剛構造である。

表 4-2　固有周期の計算結果

固有振動数 (Hz)	335
固有周期 (s)	0.0029

5.　構造強度評価

5.1　構造強度評価方法

緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋の耐震評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえて，「3.　評価部位」にて設定する評価部位に作用する応力等が「5.3　許容限界」にて示す許容限界以下であることを確認する。

なお，「3.　評価部位」にて設定した評価部位のうち蓋についてはその構造を踏まえ，主桁，補助桁及びスキンプレートについて評価を実施する。

5.2　荷重及び荷重の組合せ

5.2.1　荷重の設定

耐震評価に用いる荷重は，以下のとおり。

(1)　固定荷重（D）

固定荷重として，自重を考慮する。

(2)　地震荷重（S_s）

基準地震動S_sによる地震荷重を考慮する。

$I_H = W \cdot K_H$

$I_V = W \cdot (1 + K_V)$

5.2.2　荷重の組合せ

荷重の組合せを表 5-1 に示す。

表 5-1　荷重の組合せ

施設区分	機器名称	荷重の組合せ*
浸水防護施設 （浸水防止設備）	緊急用海水ポンプピット 点検用開口部浸水防止蓋	$D + S_s$

注記　＊：Dは固定荷重，S_sは地震荷重を示す。

5.3　許容限界

緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋の各部材の許容限界は，評価部位ごとに，「ダム・堰施設技術基準（案）」に規定される許容応力度を用いる。

各評価部位の許容限界を表 5-2 に，許容応力評価条件を表 5-3 に，許容応力算出結果を表 5-4 にそれぞれ示す。

表 5-2　許容限界

状態	許容限界*1*2					
	浸水防止蓋			固定ボルト		
	一次応力			一次応力		
短期	曲げ	せん断	組合せ	引張	せん断	組合せ
	$1.5\sigma_a$	$1.5\tau_a$	$1.65\sigma_a$	$1.5\sigma_a$	$1.5\tau_a$	$1.65\sigma_a$

注記　＊1：「ダム・堰施設技術基準（案）」に準じ，短期時許容値割増 1.5 又は 1.65 とする。

＊2：σ_a：許容引張応力度・許容曲げ応力度，τ_a：許容せん断応力度

表 5-3　許容応力評価条件

評価部位	材料	σ_a*1,2 (N/mm²)	τ_a*1,2 (N/mm²)
主桁	SUS304	100	60
補助桁	SUS304	100	60
スキンプレート	SUS304	100	－
固定ボルト	SUS304	100	60

注記　＊1：σ_a：許容引張応力度・許容曲げ応力度，τ_a：許容せん断応力度を示す。

＊2：各許容応力度の値は，「ダム・堰施設技術基準（案）（基準解説編・マニュアル編）（ダム・堰施設技術協会　平成 25 年 6 月）」に基づく。

表 5-4　許容応力算出結果

許容応力度	評価部位		許容限界			
			1 次応力			
			曲げ (N/mm²)	引張 (N/mm²)	せん断 (N/mm²)	組合せ (N/mm²)
短期許容応力度	主桁	端部桁	150	－	90	165
		中間桁	150	－	90	165
	補助桁		150	－	90	165
	スキンプレート		150	－	－	－
	固定ボルト		－	150	90	165

5.4　設計用地震力

「4.　固有周期」に示したとおり固有周期が 0.05 s以下あることを確認したため，緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋の耐震計算に用いる設計震度は，添付書類「Ⅴ-2-1-7　設計用床応答曲線の作成方針」に示す緊急用海水ポンプピットにおける設置床の最大応答加速度の 1.2 倍を考慮して設定する。緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋の耐震計算に用いる設計震度を表 5-5 に示す。

表 5-5　設計用地震力

地震動	据付場所及び 床面高さ (EL. m)	地震による設計震度*1	
基準地震動 S_s	緊急用海水 ポンプピット EL. 0.800*2	水平方向K_H	1.50
		鉛直方向K_V	0.65

注記　＊1：固有値解析結果より，緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋の固有周期が 0.05 s以下であることを確認したため，設置床の最大床応答加速度の 1.2 倍を考慮した設計震度を設定した。

＊2：基準床レベルを示す。

5.5　計算方法

5.5.1　荷重条件

地震荷重を等分布荷重として受ける鋼構造物として評価する。応力の算出に必要な荷重を次式により算出する。

$$i_v = I_V / (B \cdot L)$$

$$w = i_v \cdot b_1$$

5.5.2　応力計算

(1)　浸水防止蓋

浸水防止蓋は，地震荷重を等分布荷重とし，浸水防止蓋を構成するスキンプレート及び主桁に発生する最大曲げモーメント及び最大せん断力は，ダム・堰施設技術基準（案）に規定されている計算式を用いる。

$$M = \frac{w \cdot B \cdot (2L - B)}{8}$$

NT2 補② Ⅴ-2-10-2-5-4 R3

$$S = \frac{w \cdot B}{2}$$

a. 曲げ応力

a) 主桁に発生する曲げ応力

主桁に発生する最大曲げ応力度σは，次式により算出する。

$\sigma = M / Z$

b) スキンプレートに発生する曲げ応力

スキンプレートに発生する最大曲げ応力度σは，次式により算出する。

$$\sigma = \frac{k \cdot a^2 \cdot w}{100 \cdot t^2} \cdot \gamma$$

b. せん断応力

浸水防止蓋の主桁に発生する最大せん断応力度τは，次式により算出する。

$\tau = S / A_w$

c. 組合せ応力

浸水防止蓋に加わる曲げ応力σ及びせん断応力τによる組合せ応力σ_mをダム・堰施設技術基準（案）による次式により算出する。

$$\sigma_m = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2}$$

(2) 固定ボルト

固定ボルトに作用する荷重は，固定ボルト設置位置及び間隔から浸水防止蓋に対する負担面積を設定し，鉛直方向荷重及び水平方向荷重に対して評価を行う。

a. 引張応力

固定ボルト１本あたりの引張応力度σ_bは，次式により算出する。

$\sigma_b = P_b / A_b$

b. せん断応力

固定ボルト１本あたりのせん断応力度τ_bは，次式により算出する。

$\tau_b = I_v / A_b$

c. 組合せ応力

固定ボルトに発生する曲げ応力度σ_b及びせん断応力度τ_bによる組合せ荷重σ_{bm}を「ダム・堰施設技術基準（案)」による次式により算出する。

$$\sigma_{bm} = \sqrt{\sigma_b^2 + 3\tau_b^2}$$

5.6　計算条件

緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋の耐震評価に関する応力評価条件を表 5-6 に示す。

表 5-6　緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋の
耐震評価に関する応力評価条件

浸水防止蓋の材質	蓋の荷重 W (kN)	主桁にかかる 荷重の受圧幅 b_1 (mm)	荷重の負担幅 B (mm)
SUS304	4.0	193.5／490*	1.350×10^3

＊：(端部桁／中間桁) を示す。

支間L (mm)	固定ボルトの材質	固定ボルトの本数 n (本)	固定ボルトの 呼び径 (mm)
1.060×10^3	SUS304	3	24

固定ボルトの 断面積 A_b (mm^2)	主桁間隔 a (mm)	主桁長さ b_2 (mm)	スキンプレート の板厚 t (mm)
3.38228×10^2	490	980	15.4

6. 評価結果

緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋の耐震評価結果を表 6-1 に示す。発生応力が許容応力以下であることから，構造部材が構造健全性を有することを確認した。

表 6-1 緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋の耐震評価結果

評価部位			評価応力	発生応力 (N/mm^2)	許容応力 (N/mm^2)
蓋	主桁	端部桁	曲げ	2	150
			せん断	1	90
			組合せ*1	3	165
		中間桁	曲げ	5	150
			せん断	2	90
			組合せ*1	7	165
	スキンプレート		曲げ	4	150
固定ボルト			引張	5	150
			せん断	3	90
			組合せ*2	8	165

注記 ＊1：曲げとせん断の組合せ応力

＊2：引張とせん断の組合せ応力

Ⅴ-2-10-2-5-5　緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の耐震性についての計算書

目　次

1.　概要……1
2.　一般事項……2
2.1　配置概要……2
2.2　構造計画……3
2.3　評価方針……4
2.4　適用基準……5
2.5　記号の説明……5
3.　評価部位……8
4.　固有周期……9
4.1　固有周期の計算方法……9
4.2　固有周期の計算条件……9
4.3　固有周期の計算結果……9
5.　構造強度評価……10
5.1　構造強度評価方法……10
5.2　荷重及び荷重の組合せ……10
5.3　許容限界……12
5.4　設計用地震力……13
5.5　計算方法……14
5.6　計算条件……16
6.　評価結果……17

1. 概要

本資料は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度に基づき，浸水防護施設のうち緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋が設計用地震力に対して，主要な構造部材が十分な構造健全性を有することを説明するものである。その耐震評価は緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の固有値解析及び応力評価により行う。

2.　一般事項

2.1　配置概要

緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋は，海水ポンプ点検用ピット最上部のスラブ部分（頂版部）に設置する。

緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の設置位置図を図 2-1 に示す。

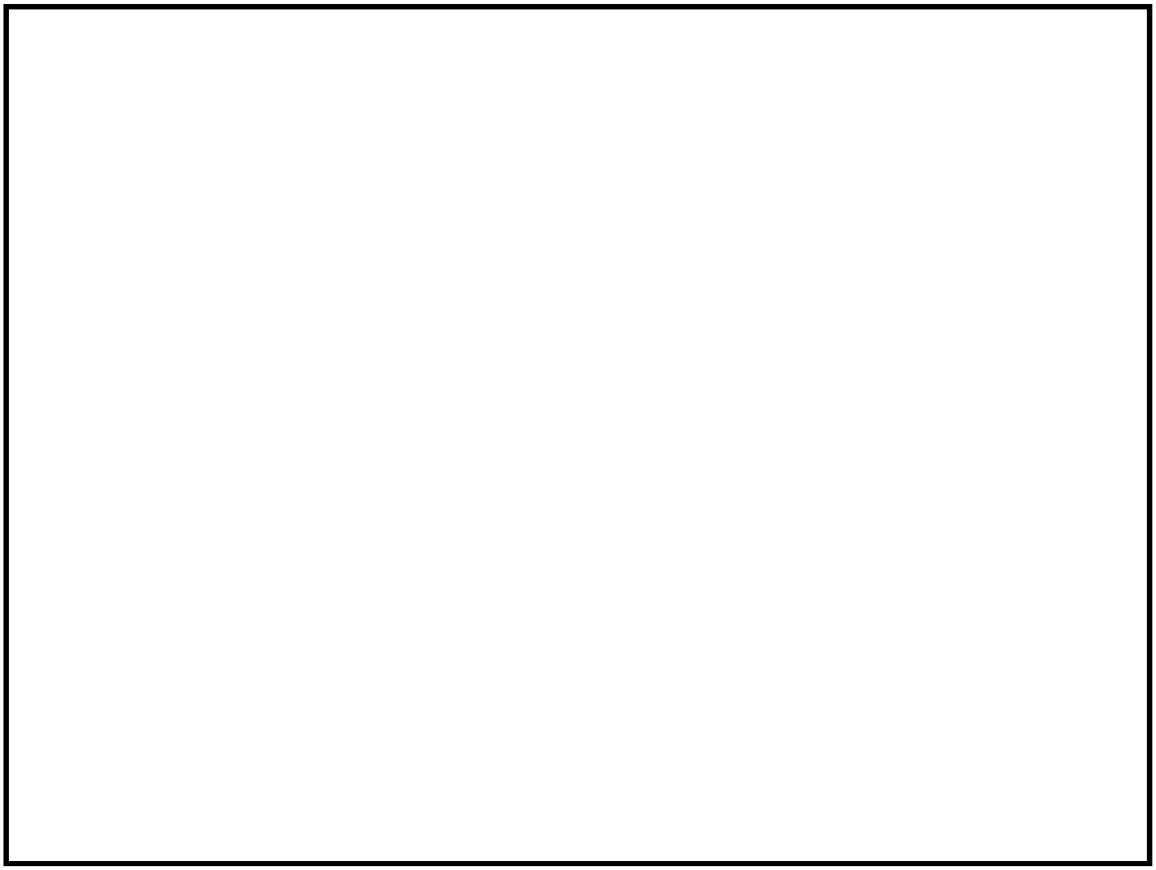


図 2-1　緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋設置位置図

2.2　構造計画

緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の構造は，長方形の鋼板に主桁（溝形鋼）及び補助桁（T形鋼）を組合せた構造とする。

緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋は，本体を海水ポンプ点検用ピット最上部のスラブ部分（頂版部）に設置する固定ボルトで固定する。緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
海水ポンプ点検用ピット最上部のスラブ部分（頂版部）に設置する固定ボルトで固定する。	蓋により構成する。	

2.3　評価方針

緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の耐震評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.2　構造計画」に示す緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の構造を踏まえ，「3.　評価部位」にて設定する評価対象部位において，「4.　固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力により算出した応力等が許容限界内に収まることを，「5.　構造強度評価」に示す方法にて確認する。応力評価の確認結果を「6.　評価結果」にて確認する。

評価フローを図 2-2 に示す。

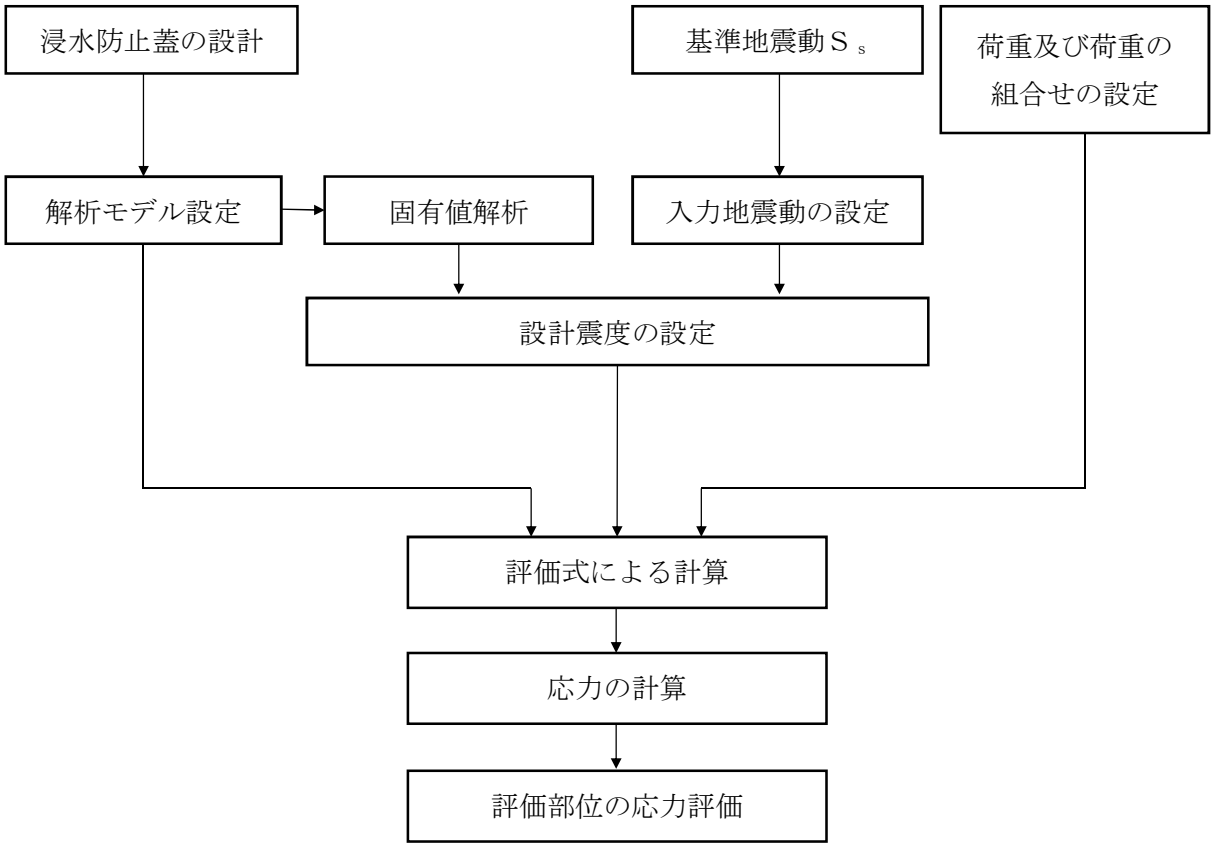


図 2-2　耐震評価フロー

2.4　適用基準

適用する規格，基準等を以下に示す。

(1)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1987（(社) 日本電気協会）

(2)　原子力発電所耐震設計技術指針　重要度分類･許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１･補－1984（(社) 日本電気協会）

(3)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1991　追補版((社)日本電気協会)

(4)　日本工業規格（ＪＩＳ）

(5)　ダム・堰施設技術基準（案）(基準解説編・マニュアル編)((社) ダム・堰施設技術協会，平成 25 年 6 月)

2.5　記号の説明

緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の固有周期の計算に用いる記号を表 2-2 に，応力評価に用いる記号を表 2-3 にそれぞれ示す。

表 2-2　緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の固有周期算出に用いる記号

記号	定義	単位
T	固有周期	s
f	一次固有振動数	Hz
E	縦弾性係数	N/mm^2
I	主桁の断面二次モーメント	mm^4
m	主桁の単位長さ当たりの質量	kg/mm
L	主桁の長さ	mm

表 2-3　緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の応力評価に用いる記号（1/2）

記号	記号の説明	単位
g	重力加速度	m/s^2
σ_v	日本工業規格に規定される材料の設計降伏点	N/mm^2
σ_u	日本工業規格に規定される材料の設計引張強さ	N/mm^2
σ_a	許容圧縮・引張・曲げ応力　ダム・堰施設技術基準（案） $\sigma_a = \sigma_v / F^*$	N/mm^2
τ_a	許容せん断応力　ダム・堰施設技術基準（案） $\tau_a = \sigma_a / \sqrt{3}$	N/mm^2
K_H	基準地震動S_sによる水平方向の設計震度	－
K_v	基準地震動S_sによる鉛直方向の設計震度	－
I_H	水平方向地震荷重	N
I_V	鉛直方向地震荷重	N
i_v	鉛直地震分布荷重	N/mm^2
m_D	蓋の質量	kg
m_S	積雪質量	kg
A	浸水防止蓋の面積	mm^2
M	浸水防止蓋に加わる最大曲げモーメント	N・mm
B	荷重の負担幅	mm
L	支間	mm

表 2-3　緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の応力評価に用いる記号（2/2）

記号	記号の説明	単位
S	浸水防止蓋に加わる最大せん断力	N
σ	浸水防止蓋に加わる最大曲げ応力	N/mm^2
Z	浸水防止蓋の断面係数	mm^3
τ	浸水防止蓋に加わる最大せん断応力	N/mm^2
A_w	浸水防止蓋のウェブ断面積	mm^2
σ_m	浸水防止蓋に加わる曲げ応力及びせん断応力による組合せ応力	N/mm^2
σ_b	固定ボルト1本当たりに加わる引張応力	N/mm^2
P_b	固定ボルト1本当たりに加わる引張荷重	N
A_b	固定ボルトの断面積	mm^2
τ_b	固定ボルト1本当たりに加わるせん断応力	N/mm^2
S_b	固定ボルト1本当たりに加わるせん断荷重	N
σ_{bm}	固定ボルトに加わる曲げ引張応力及びせん断応力による組合せ応力	N/mm^2
w_s	積雪量1cm毎の積雪荷重	N/mm^3
d_s	垂直積雪量	mm
a	補助桁間隔	mm
b	主桁間隔	mm
t	スキンプレートの板厚	mm
γ	スキンプレートの評価に用いる応力の補正係数	－
k	スキンプレートの評価に用いる辺長比（b/a）による係数	－
A_s	積雪面積	m^2
B_1	蓋のたて	mm
L_1	蓋のよこ	mm

注記　＊：Fは安全率

3. 評価部位

緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の評価対象部位は，「2.2　構造計画」にて設定している構造を踏まえて，地震に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し設定する。

なお，緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の耐震計算における評価対象部位は，浸水防止蓋及び固定ボルトとする。

緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の耐震評価における評価対象部位を，図 3-1 に示す。

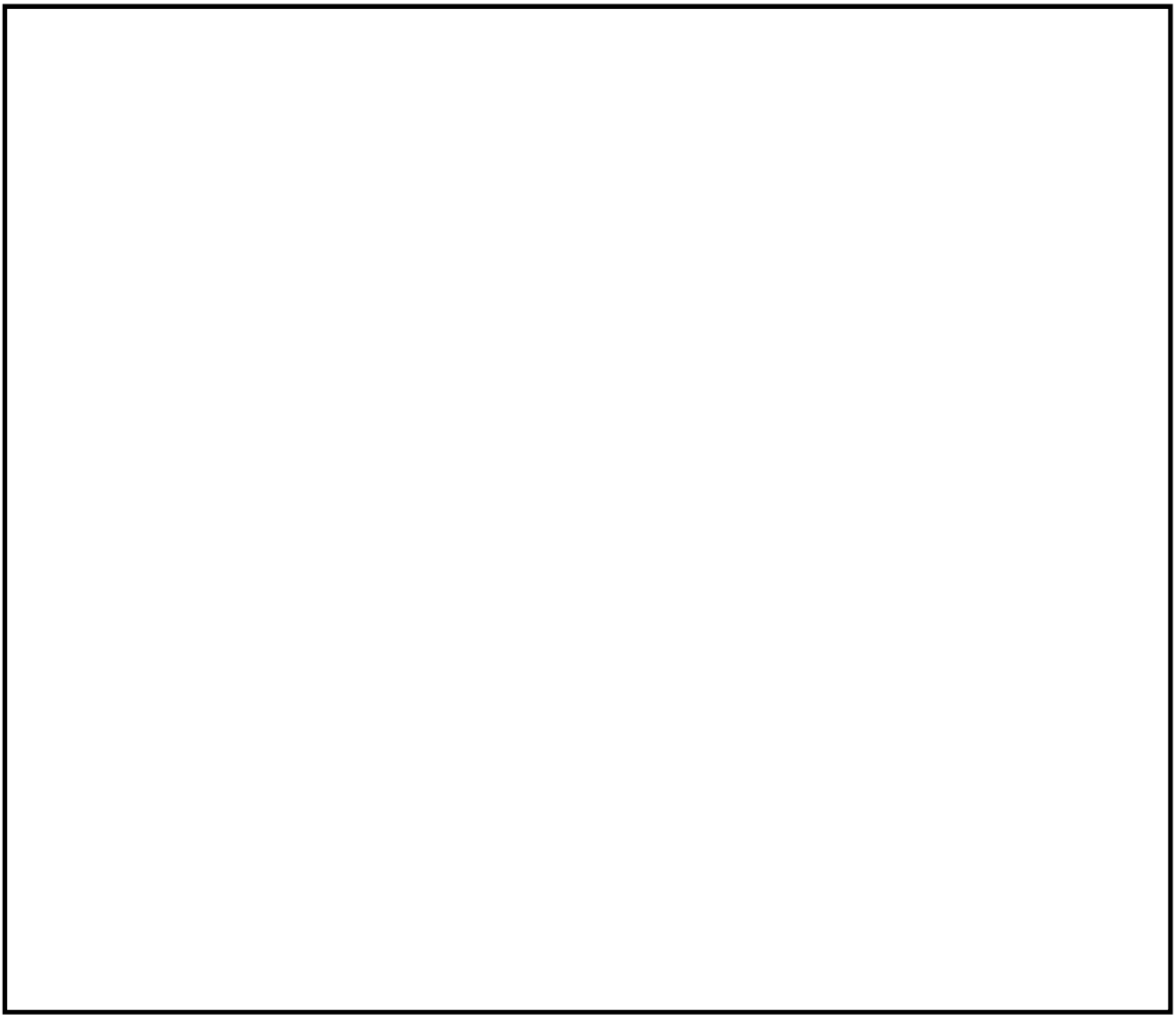


図 3-1　評価対象部位

4.　固有周期

4.1　固有周期の計算方法

(1)　解析モデル

緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の主桁を単純支持梁としてモデル化する。

(2)　固有周期の計算

固有周期の計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

「構造力学公式集(1988 年)、土木学会」より，固有周期は次のとおり与えられる。

$$T = \frac{1}{f}$$

$$f = \frac{\pi^2}{2\pi L^2}\sqrt{\frac{E \cdot I}{m}}$$

4.2　固有周期の計算条件

表 4-1 に固有周期の計算条件を示す。

表 4-1　固有周期の計算条件

縦弾性係数 E (N/mm^2)	主桁の断面二次 モーメント I (mm^4)	主桁の単位長さ 当たりの質量 m (kg/mm)	主桁の長さ L (mm)
2.06×10^5	2.901×10^9	1952.55×10^{-3}	2740

4.3　固有周期の計算結果

表 4-2 に固有周期の算出結果を示す。固有周期は，0.05 s 以下であることから，剛構造である。

表 4-2　固有周期の算出結果

固有振動数 (Hz)	116
固有周期 (s)	0.009

NT2 補② V-2-10-2-5-5 R3

5.　構造強度評価

5.1　構造強度評価方法

緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の耐震評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえて，「3.　評価部位」にて設定する評価部位に作用する応力等が「5.3　許容限界」にて示す許容限界以下であることを確認する。

5.2　荷重及び荷重の組合せ

耐震評価に用いる荷重及び荷重の組合せに関して以下に示す。

5.2.1　荷重の設定

耐震評価に用いる荷重は，以下のとおり。

(1)　固定荷重（D）

固定荷重として，自重を考慮する。

$$W=(m_D+m_S)\cdot g$$

(2)　地震荷重（S_s）

基準地震動S_sによる地震荷重を考慮する。

なお，鉛直震度は，自重と同じ鉛直下向きに考慮する。

$$I_H=W\cdot K_H$$

$$I_V=W\cdot(1+K_V)$$

(3)　積雪荷重（P_s）

積雪荷重を考慮する。

積雪荷重P_sについては，添付書類「Ⅴ-1-1-2　発電用原子炉施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書」に示すとおり，30 cmの積雪量を想定し，平均的な積雪荷重を与えるための係数0.35を考慮する。

積雪荷重による質量を以下の式より算出する。

$$m_S=\frac{0.35\cdot w_s\cdot d_s\cdot A_s}{g}$$

$$A_s=B_1\cdot L_1$$

5.2.2　荷重の組合せ

緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋は，緊急用海水ポンプ点検用ピット最上部の頂版部に設置されているため，風荷重の影響は考慮しない。

荷重の組合せを表 5-1 に示す。

表 5-1　荷重の組合せ

施設区分	機器名称	荷重の組合せ*
浸水防護施設 （浸水防止設備）	緊急用海水ポンプ点検用 開口部浸水防止蓋	$D+S_s+P_s$

注記　＊：D：自重，S_s：基準地震動S_sによる地震荷重，P_s：積雪荷重

NT2 補② V-2-10-2-5-5 R3

5.3　許容限界

緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の各部材の許容限界は，評価対象部位ごとに，「ダム・堰施設技術基準（案)」に規定される許容応力度を用いる。

各評価部位の許容限界を表 5-2 に，許容応力評価条件を表 5-3 に，許容応力算出結果を表 5-4 にそれぞれ示す。

表 5-2　各評価対象部位の許容限界

状態	許容限界*1, *2					
	浸水防止蓋			固定ボルト		
	一次応力			一次応力		
短期	曲げ	せん断	組合せ	引張	せん断	組合せ
	$1.5\sigma_a$	$1.5\tau_a$	$1.65\sigma_a$	$1.5\sigma_a$	$1.5\tau_a$	$1.65\sigma_a$

注記　＊1:「ダム・堰施設技術基準（案)」に準じ，短期時許容値割増 1.5 または 1.65 とする。

＊2：σ_a：許容曲げ応力度，τ_a：許容せん断応力度

表 5-3　許容応力評価条件

評価部位	材料	σ_a*1,2 (N/mm^2)	τ_a*1,2 (N/mm^2)
主桁	SUS304	100	60
補助桁	SUS304	100	60
スキンプレート	SUS304	100	－
固定ボルト	SUS304	－	60

注記　＊1：σ_a：許容曲げ応力度，τ_a：許容せん断応力度を示す。

＊2：各許容応力度の値は，「ダム・堰施設技術基準（案）（基準解説編・マニュアル編）（ダム・堰施設技術協会　平成 25 年 6 月)」に基づく。

表 5-4　許容応力算出結果

許容応力度	評価部位		許容限界		
			1 次応力		
			曲げ (N/mm^2)	せん断 (N/mm^2)	組合せ (N/mm^2)
短期許容応力度	主桁	端部桁	150	90	165
		中間桁	150	90	165
	補助桁		150	90	165
	スキンプレート		150	－	－
	固定ボルト		－	90	－

注記　＊：主桁，縦補助桁に用いる構造用鋼材の許容曲げ圧縮応力度は，「ダム・堰施設技術基準（案）（基準解説編・マニュアル編）（ダム・堰施設技術協会　平成 25 年 6 月）」に基づき算出する。

5.4　設計用地震力

「4.　固有周期」に示したとおり緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の固有周期が 0.05 s 以下であることを確認したため，緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の耐震計算に用いる設計震度は，添付書類「Ⅴ-2-1-7　設計用床応答曲線の作成方針」に示す緊急用海水ポンプピットにおける設置床の最大応答加速度の 1.2 倍を考慮して設定する。緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の耐震計算に用いる設計用地震力を表 5-3 に示す。

表 5-5　設計用地震力

地震動	据付場所及び床面高さ (m)	地震による設計震度*1	
基準地震動 S_s	緊急用海水ポンプピット 8.0 (EL. 8.0*2)	水平方向 K_H	1.93
		鉛直方向 K_V	0.65

注記　＊1：「4.　固有周期」より，緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の固有周期が 0.05 s 以下であることを確認したため，設置床の最大応答加速度の 1.2 倍を考慮した設計震度を設定した。

＊2：基準床レベルを示す。

5.5　計算方法

5.5.1　荷重条件

地震荷重を等分布荷重として受ける鋼構造物として評価する。応力の算出に必要な荷重を次式により算出する。

$i_v = I_V / A$

$w = i_v \cdot b$

5.5.2　耐震評価

(1)　浸水防止蓋

浸水防止蓋は，地震荷重を等分布荷重とし，浸水防止蓋を構成するスキンプレート，主桁及び補助桁に発生する最大曲げモーメント及び最大せん断力は,「ダム・堰施設技術基準（案)」に規定される計算式を用いる。

（曲げモーメント（主桁））$M = \frac{w \cdot B \cdot (2L - B)}{8}$

（曲げモーメント（補助桁））$M = \frac{w \cdot a \cdot (3 \cdot b^2 - a^2)}{24}$

（せん断力（主桁））$S = \frac{w \cdot B}{2}$

（せん断力（補助桁））$S = \frac{w \cdot a}{2} \cdot (b - \frac{a}{2})$

a.　曲げ応力

a)　主桁及び補助桁に発生する曲げ応力

浸水防止蓋の主桁及び補助桁に発生する最大曲げ応力σは次式により算出する。

$\sigma = M / Z$

b)　スキンプレートに発生する曲げ応力

浸水防止蓋のスキンプレートに発生する最大曲げ応力σは次式により算出する。

$\sigma = \frac{k \cdot a^2 \cdot w}{100 \cdot t^2} \cdot \gamma$

b.　せん断応力

浸水防止蓋の主桁及び補助桁に発生する最大せん断応力τは次式により算出する。

$\tau = S / A_w$

c.　組合せ応力

浸水防止蓋に加わる曲げ応力σ及びせん断応力τによる組合せ応力σ_mを「ダム・堰施設技術基準(案)」記載の次式により算出する。

NT2 補② V-2-10-2-5-5 R3

$$\sigma_m = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2}$$

(2) 固定ボルト

固定ボルトに作用する荷重は，固定ボルト設置位置及び間隔から浸水防止蓋に対する負担面積を設定し，水平方向荷重及び鉛直方向荷重に対して評価を行う。

a. 引張応力

固定ボルト1本当たりに加わる引張応力σ_bは次式により算出する。

$$\sigma_b = P_b / A_b$$

b. せん断応力

固定ボルト1本当たりに加わるせん断応力τ_bは次式により算出する。

$$\tau_b = S_b / A_b$$

c. 組合せ応力

固定ボルトに加わる引張応力σ_b及びせん断応力τ_bによる組合せ荷重σ_{bm}をダム・堰施設技術基準(案)記載の次式により算出する。

$$\sigma_{bm} = \sqrt{\sigma_b^2 + 3 \cdot \tau_b^2}$$

5.6　計算条件

緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の耐震評価に関する応力評価条件を表 5-6 に示す。

表 5-6　緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の耐震評価に関する応力評価条件

浸水防止蓋の材質	蓋の質量m_D (kg)	積雪質量m_S (kg)	荷重の負担幅B (mm)
SUS304	5.35×10^3	1.142×10^3	2.700×10^3

支間L (mm)	固定ボルトの材質	固定ボルトの呼び径 (mm)	固定ボルトの断面積 A_b (mm^2)
2.730×10^3	SUS304	30	7.06858×10^2

積雪量1cm毎の積雪荷重w_S (N/mm^3)	垂直積雪量d_S (mm)	固定ボルトの本数n	重力加速度g (m/s^2)
2.0×10^6	300	15	9.80665

補助桁間隔a (mm)	主桁間隔b (mm)
685	480

6. 評価結果

緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の耐震評価結果を表 6-1 に示す。評価結果から，緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の各部位の発生応力は、許容応力以下であり、地震荷重に対して構造部材が十分な健全性を有することを確認した。

表 6-1　耐震評価結果

評価対象部位			発生応力 (N/mm^2)		許容応力 (N/mm^2)
浸水防止蓋	スキンプレート		曲げ	4	150
	主桁	端部桁	曲げ	3	150
			せん断	1	90
			組合せ*	2	165
		中間桁	曲げ	5	150
			せん断	2	90
			組合せ*	5	165
	補助桁		曲げ	1	150
			せん断	1	90
			組合せ*	1	165
固定ボルト			せん断	13	90

注記　＊：曲げとせん断の組合せ応力

Ⅴ-2-10-2-5-6　緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋の耐震性についての計算書

目　次

1.　概要……1
2.　一般事項……2
2.1　配置概要……2
2.2　構造計画……3
2.3　評価方針……4
2.4　適用基準……5
2.5　記号の説明……5
3.　評価部位……8
4.　固有周期……9
4.1　固有周期の計算方法……9
4.2　固有周期の計算条件……9
4.3　固有周期の計算結果……9
5.　構造強度評価……10
5.1　構造強度評価方法……10
5.2　荷重及び荷重の組合せ……10
5.2.1　荷重の設定……10
5.2.2　荷重の組合せ……11
5.3　許容限界……12
5.4　設計用地震力……14
5.5　計算方法……15
5.5.1　荷重条件……15
5.5.2　耐震評価……15
6.　評価結果……18

1. 概要

本資料は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度に基づき，浸水防護施設のうち緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋が設計用地震力に対して，主要な構造部材が十分な構造健全性を有することを説明するものである。その耐震評価は緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋の固有値解析及び応力評価により行う。

2.　一般事項

2.1　配置概要

緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋は，海水ポンプ点検用ピット最上部のスラブ部分（頂版部）に設置する。

緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋の設置位置図を図 2-1 に示す。

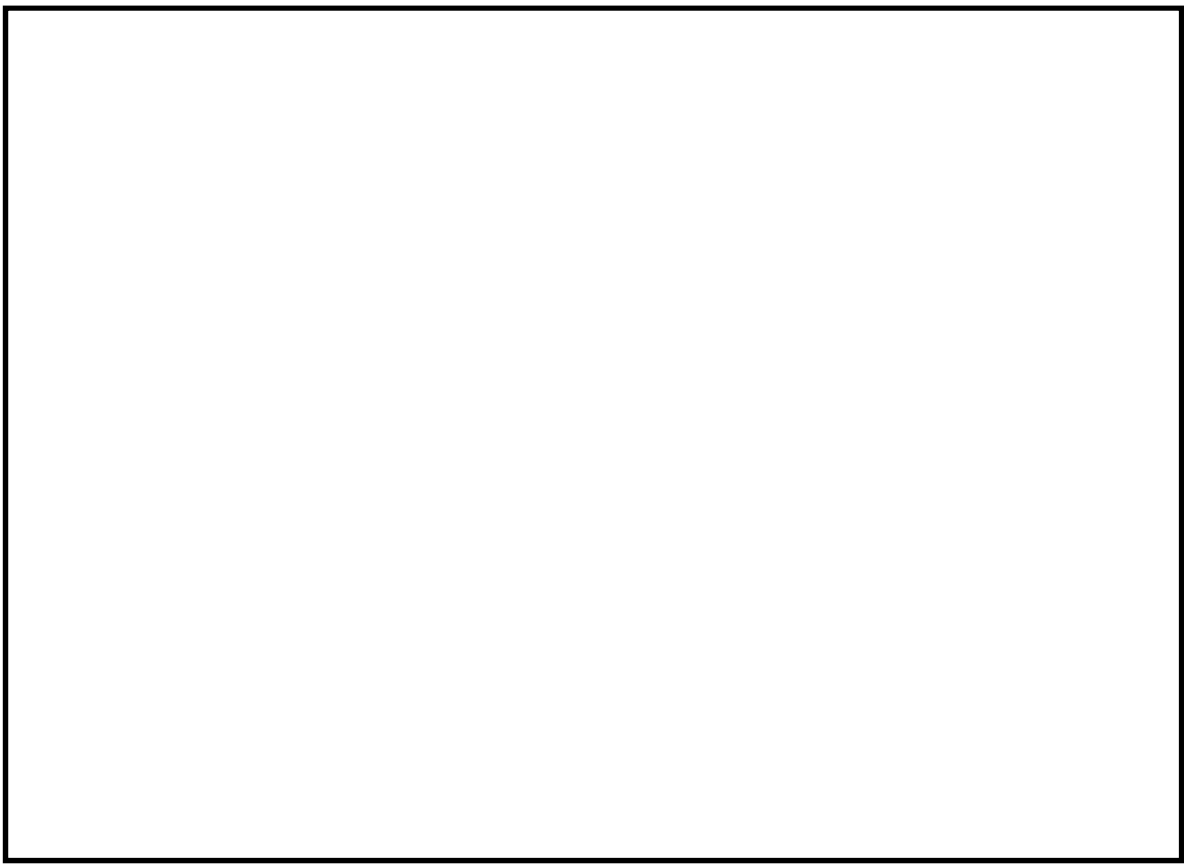


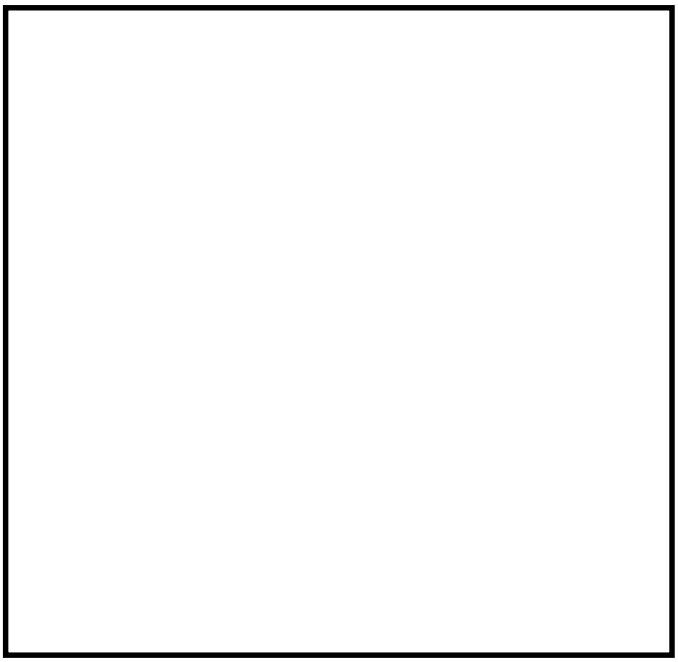
図 2-1　緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋設置位置図

2.2　構造計画

緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋の構造は，長方形の鋼板に主桁（溝形鋼）及び補助桁（T形鋼）を組合せた構造とする。

緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋は，本体を海水ポンプ点検用ピット最上部のスラブ部分（頂版部）に設置する固定ボルトで固定する。緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋の構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
海水ポンプ点検用ピット最上部のスラブ部分（頂版部）に設置する固定ボルトで固定する。	蓋により構成する。	

2.3　評価方針

緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋の耐震評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.2　構造計画」に示す緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋の構造を踏まえ，「3.　評価部位」にて設定する評価対象部位において，「4.　固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力により算出した応力等が許容限界内に収まることを，「5.　構造強度評価」に示す方法にて確認する。応力評価の確認結果を「6.　評価結果」にて確認する。

評価フローを図 2-2 に示す。

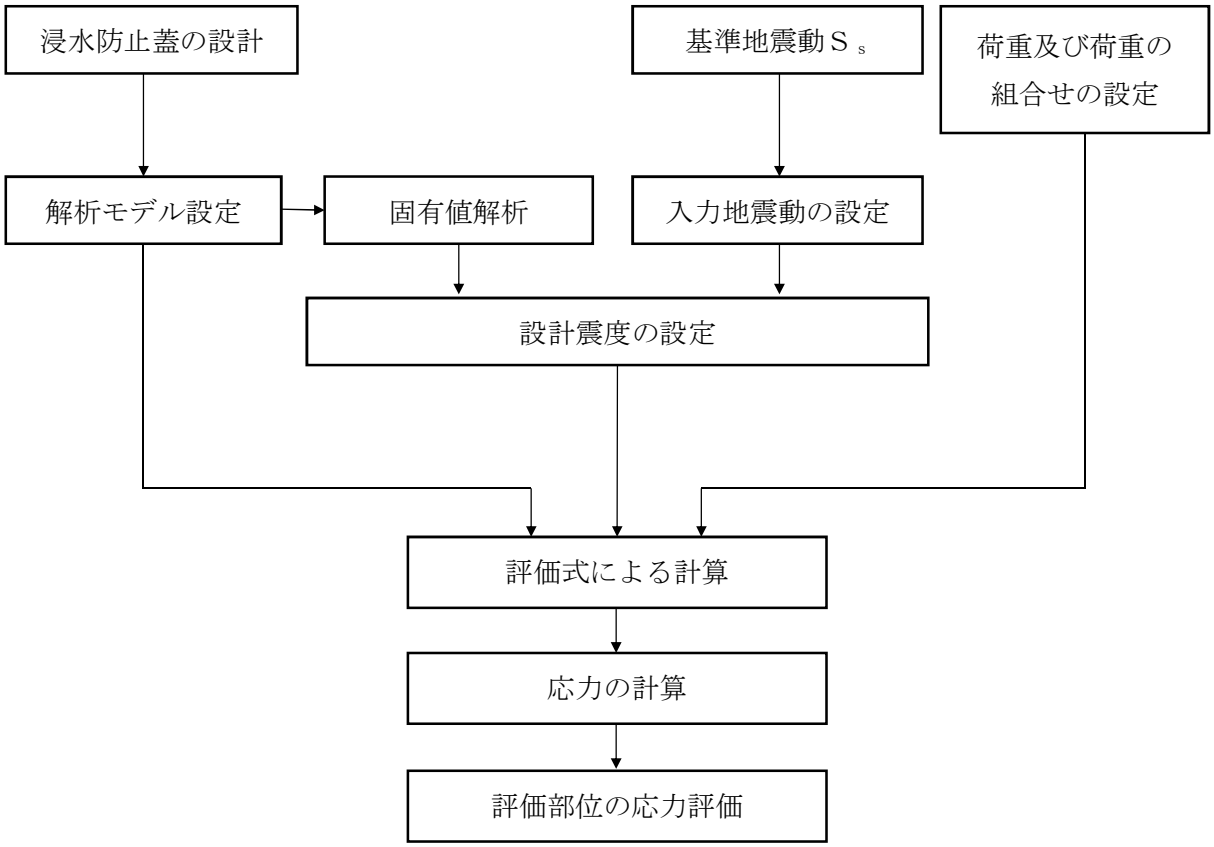


図 2-2　耐震評価フロー

2.4　適用基準

適用する規格，基準等を以下に示す。

(1)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1987（(社) 日本電気協会）

(2)　原子力発電所耐震設計技術指針　重要度分類･許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１･補－1984（(社) 日本電気協会）

(3)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1991　追補版((社)日本電気協会)

(4)　日本工業規格（ＪＩＳ）

(5)　ダム・堰施設技術基準（案）(基準解説編・マニュアル編)((社) ダム・堰施設技術協会，平成 25 年 6 月)

2.5　記号の説明

緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋の固有周期の計算に用いる記号を表 2-2 に，応力評価に用いる記号を表 2-3 にそれぞれ示す。

表 2-2　緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋の固有周期算出に用いる記号

記号	定義	単位
T	固有周期	s
f	一次固有振動数	Hz
E	縦弾性係数	N/mm^2
I	主桁の断面二次モーメント	mm^4
m	主桁の単位長さ当たりの質量	kg/mm
L	主桁の長さ	mm

表 2-3　緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋の応力評価に用いる記号（1/2）

記号	記号の説明	単位
g	重力加速度	m/s^2
σ_v	日本工業規格に規定される材料の設計降伏点	N/mm^2
σ_u	日本工業規格に規定される材料の設計引張強さ	N/mm^2
σ_a	許容圧縮・引張・曲げ応力　ダム・堰施設技術基準（案） $\sigma_a = \sigma_v / F^*$	N/mm^2
τ_a	許容せん断応力　ダム・堰施設技術基準（案） $\tau_a = \sigma_a / \sqrt{3}$	N/mm^2
K_H	基準地震動S_sによる水平方向の設計震度	－
K_v	基準地震動S_sによる鉛直方向の設計震度	－
I_H	水平方向地震荷重	N
I_V	鉛直方向地震荷重	N
i_v	鉛直地震分布荷重	N/mm^2
m_D	蓋の質量	kg
m_S	積雪質量	kg
A	浸水防止蓋の面積	mm^2
M	浸水防止蓋に加わる最大曲げモーメント	N・mm
B	荷重の負担幅	mm
L	支間	mm

表 2-3　緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋の応力評価に用いる記号（2/2）

記号	記号の説明	単位
S	浸水防止蓋に加わる最大せん断力	N
σ	浸水防止蓋に加わる最大曲げ応力	N/mm^2
Z	浸水防止蓋の断面係数	mm^3
τ	浸水防止蓋に加わる最大せん断応力	N/mm^2
A_w	浸水防止蓋のウェブ断面積	mm^2
σ_m	浸水防止蓋に加わる曲げ応力及びせん断応力による組合せ応力	N/mm^2
σ_b	固定ボルト1本当たりに加わる引張応力	N/mm^2
P_b	固定ボルト1本当たりに加わる引張荷重	N
A_b	固定ボルトの断面積	mm^2
τ_b	固定ボルト1本当たりに加わるせん断応力	N/mm^2
S_b	固定ボルト1本当たりに加わるせん断荷重	N
σ_{bm}	固定ボルトに加わる曲げ引張応力及びせん断応力による組合せ応力	N/mm^2
w_s	積雪量1cm毎の積雪荷重	N/mm^3
d_s	垂直積雪量	mm
a	補助桁間隔	mm
b	主桁間隔	mm
t	スキンプレートの板厚	mm
γ	スキンプレートの評価に用いる応力の補正係数	－
k	スキンプレートの評価に用いる辺長比（b/a）による係数	－

注記　＊：Fは安全率

3. 評価部位

緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋の評価対象部位は，「2.2　構造計画」にて設定している構造を踏まえて，地震に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し設定する。

なお，緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋の耐震計算における評価対象部位は，浸水防止蓋及び固定ボルトとする。

緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋の耐震評価における評価対象部位を，図 3-1 に示す。

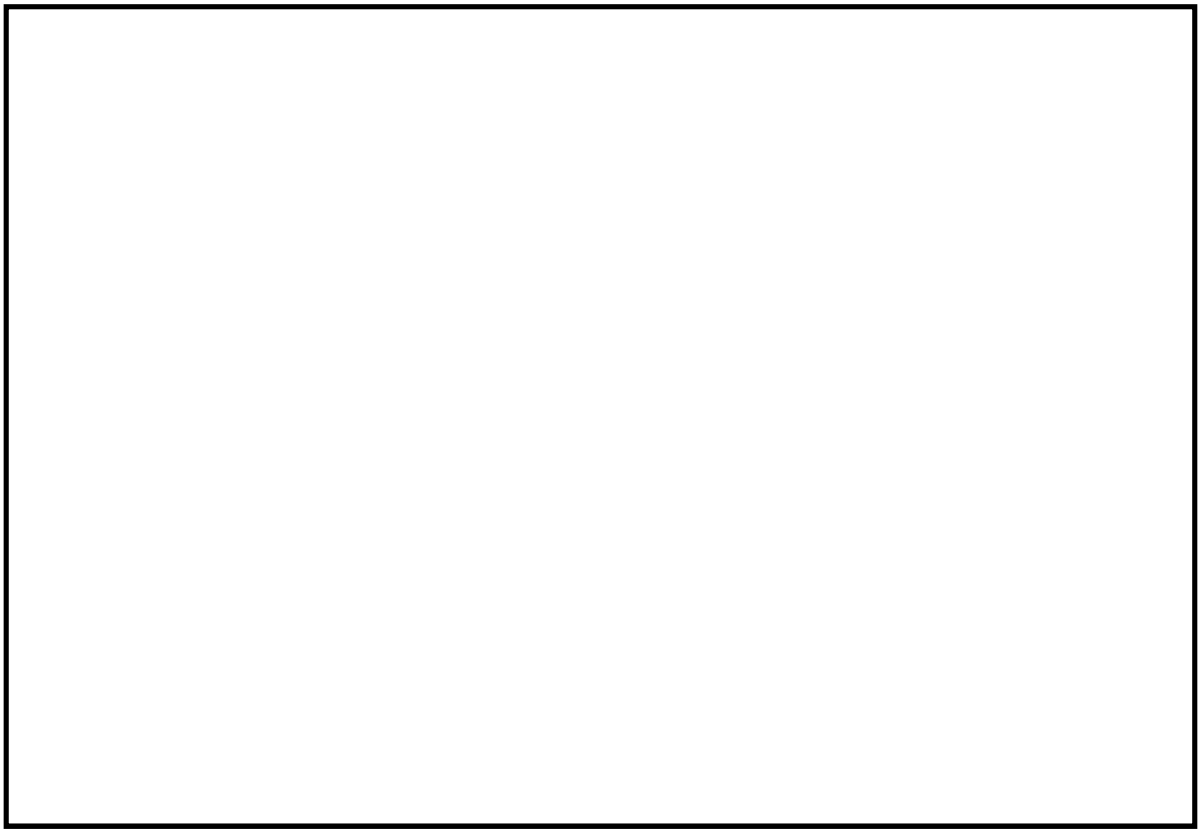


図 3-1　評価対象部位

4.　固有周期

4.1　固有周期の計算方法

(1)　解析モデル

緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋の主桁を単純支持梁としてモデル化する。

(2)　固有周期の計算

固有周期の計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

「構造力学公式集(1988 年)、土木学会」より，固有周期は次のとおり与えられる。

$$T = \frac{1}{f}$$

$$f = \frac{\pi^2}{2\pi L^2}\sqrt{\frac{E \cdot I}{m}}$$

4.2　固有周期の計算条件

表 4-1 に固有周期の計算条件を示す。

表 4-1　固有周期の計算条件

縦弾性係数 E (N/mm^2)	主桁の断面二次 モーメント I (mm^4)	主桁の単位長さ 当たりの質量 m (kg/mm)	主桁の長さ L (mm)
1.93×10^5	8.403×10^7	313.870×10^{-3}	1370

4.3　固有周期の計算結果

表 4-2 に固有周期の算出結果を示す。固有周期は，0.05 s 以下であることから，剛構造である。

表 4-2　固有周期の算出結果

固有振動数 (Hz)	189
固有周期 (s)	0.005

5.　構造強度評価

5.1　構造強度評価方法

緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋の耐震評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえて，「3.　評価部位」にて設定する評価部位に作用する応力等が「5.3　許容限界」にて示す許容限界以下であることを確認する。

5.2　荷重及び荷重の組合せ

耐震評価に用いる荷重及び荷重の組合せに関して以下に示す。

5.2.1　荷重の設定

耐震評価に用いる荷重は，以下のとおり。

(1)　固定荷重（D）

固定荷重として，自重を考慮する。

$$W=(m_D+m_S)\cdot g$$

(2)　地震荷重（S_s）

基準地震動S_sによる地震荷重を考慮する。

なお，鉛直震度は，自重と同じ鉛直下向きに考慮する。

$$I_H=W\cdot K_H$$

$$I_V=W\cdot(1+K_V)$$

(3)　積雪荷重（P_s）

積雪荷重を考慮する。

積雪荷重P_sについては，添付書類「Ⅴ-1-1-2　発電用原子炉施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書」に示すとおり，30 cmの積雪量を想定し，平均的な積雪荷重を与えるための係数0.35を考慮する。

積雪荷重による質量を以下の式より算出する。

$$m_S=\frac{0.35\cdot w_s\cdot d_s\cdot A_s}{g}$$

$$A_s=B_1\cdot L_1$$

NT2 補② Ⅴ-2-10-2-5-6 R1

5.2.2　荷重の組合せ

緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋は，緊急用海水ポンプ点検用ピット最上部の頂版部に設置されているため，風荷重の影響は考慮しない。

荷重の組合せを表 5-1 に示す。

表 5-1　荷重の組合せ

施設区分	機器名称	荷重の組合せ*
浸水防護施設 （浸水防止設備）	緊急用海水ポンプ室 人員用開口部浸水防止蓋	$D+S_s+P_s$

注記　＊：D：自重，S_s：基準地震動S_sによる地震荷重，P_s：積雪荷重

5.3　許容限界

緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋の各部材の許容限界は，評価対象部位ごとに，「ダム・堰施設技術基準（案)」に規定される許容応力度を用いる。

各評価部位の許容限界を表 5-2 に，許容応力評価条件を表 5-3 に，許容応力算出結果を表 5-4 にそれぞれ示す。

表 5-2　各評価対象部位の許容限界

状態	許容限界*1, *2					
	浸水防止蓋			固定ボルト		
	一次応力			一次応力		
短期	曲げ	せん断	組合せ	引張	せん断	組合せ
	$1.5\sigma_a$	$1.5\tau_a$	$1.65\sigma_a$	$1.5\sigma_a$	$1.5\tau_a$	$1.65\sigma_a$

注記　＊1:「ダム・堰施設技術基準（案)」に準じ，短期時許容値割増 1.5 または 1.65 とする。

＊2：σ_a：許容曲げ応力度，τ_a：許容せん断応力度

表 5-3　許容応力評価条件

評価部位	材料	σ_a*1,2 (N/mm^2)	τ_a*1,2 (N/mm^2)
主桁	SUS304	100	60
補助桁	SUS304	100	60
スキンプレート	SUS304	100	－
固定ボルト	SUS304	－	60

注記　＊1：σ_a：許容曲げ応力度，τ_a：許容せん断応力度を示す。

＊2：各許容応力度の値は，「ダム・堰施設技術基準（案）（基準解説編・マニュアル編）（ダム・堰施設技術協会　平成 25 年 6 月)」に基づく。

表 5-4　許容応力算出結果

許容応力度	評価部位		許容限界		
			1 次応力		
			曲げ (N/mm^2)	せん断 (N/mm^2)	組合せ (N/mm^2)
短期許容応力度	主桁	端部桁	150	90	165
		中間桁	150	90	165
	補助桁		150	90	165
	スキンプレート		150	－	－
	固定ボルト		－	90	－

注記　＊：主桁，縦補助桁に用いる構造用鋼材の許容曲げ圧縮応力度は，「ダム・堰施設技術基準（案）（基準解説編・マニュアル編）（ダム・堰施設技術協会　平成 25 年 6 月）」に基づき算出する。

5.4　設計用地震力

「4.　固有周期」に示したとおり緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋の固有周期が0.05 s以下であることを確認したため，緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋の耐震計算に用いる設計震度は，添付書類「Ⅴ-2-1-7　設計用床応答曲線の作成方針」に示す緊急用海水ポンプピットにおける設置床の最大応答加速度の1.2倍を考慮して設定する。緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋の耐震計算に用いる設計用地震力を表5-3に示す。

表5-3　設計用地震力

地震動	据付場所 及び床面高さ (m)	地震による設計震度*1	
基準地震動 S_s	緊急用海水 ポンプピット 8.0 (EL. 8.0*2)	水平方向K_H	1.93
		鉛直方向K_V	0.65

注記　＊1：「4.　固有周期」より，緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋の固有周期が0.05 s以下であることを確認したため，設置床の最大応答加速度の1.2倍を考慮した設計震度を設定した。

＊2：基準床レベルを示す。

5.5　計算方法

5.5.1　荷重条件

地震荷重を等分布荷重として受ける鋼構造物として評価する。応力の算出に必要な荷重を次式により算出する。

$i_v = I_V / A$

$w = i_v \cdot b$

5.5.2　耐震評価

(1)　浸水防止蓋

浸水防止蓋は，地震荷重を等分布荷重とし，浸水防止蓋を構成するスキンプレート，主桁及び補助桁に発生する最大曲げモーメント及び最大せん断力は,「ダム・堰施設技術基準（案)」に規定される計算式を用いる。

（曲げモーメント（主桁））$M = \frac{w \cdot B \cdot (2L - B)}{8}$

（曲げモーメント（補助桁））$M = \frac{w \cdot a \cdot (3 \cdot b^2 - a^2)}{24}$

（せん断力（主桁））$S = \frac{w \cdot B}{2}$

（せん断力（補助桁））$S = \frac{w \cdot a}{2} \cdot (b - \frac{a}{2})$

a.　曲げ応力

a)　主桁及び補助桁に発生する曲げ応力

浸水防止蓋の主桁及び補助桁に発生する最大曲げ応力σは次式により算出する。

$\sigma = M / Z$

b)　スキンプレートに発生する曲げ応力

浸水防止蓋のスキンプレートに発生する最大曲げ応力σは次式により算出する。

$\sigma = \frac{k \cdot a^2 \cdot w}{100 \cdot t^2} \cdot \gamma$

b.　せん断応力

浸水防止蓋の主桁及び補助桁に発生する最大せん断応力τは次式により算出する。

$\tau = S / A_w$

c.　組合せ応力

浸水防止蓋に加わる曲げ応力σ及びせん断応力τによる組合せ応力σ_mを「ダム・堰施設技術基準(案)」記載の次式により算出する。

$$\sigma_m = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2}$$

(2) 固定ボルト

固定ボルトに作用する荷重は，固定ボルト設置位置及び間隔から浸水防止蓋に対する負担面積を設定し，水平方向荷重及び鉛直方向荷重に対して評価を行う。

a. 引張応力

固定ボルト1本当たりに加わる引張応力σ_bは次式により算出する。

$$\sigma_b = P_b / A_b$$

b. せん断応力

固定ボルト1本当たりに加わるせん断応力τ_bは次式により算出する。

$$\tau_b = S_b / A_b$$

c. 組合せ応力

固定ボルトに加わる引張応力σ_b及びせん断応力τ_bによる組合せ荷重σ_{bm}を「ダム・堰施設技術基準(案)」記載の次式により算出する。

$$\sigma_{bm} = \sqrt{\sigma_b^2 + 3 \cdot \tau_b^2}$$

5.6　計算条件

緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋の耐震評価に関する応力評価条件を表 5-6 に示す。

表 5-5　緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋の耐震評価に関する応力評価条件

浸水防止蓋の材質	蓋の質量m_D (kg)	積雪質量m_S (kg)	荷重の負担幅B (mm)
SUS304	4.30×10^{2}	1.164×10^{2}	1.370×10^{3}

支間L (mm)	固定ボルトの材質	固定ボルトの呼び径 (mm)	固定ボルトの断面積 A_b (mm^2)
1.370×10^{3}	SUS304	30	7.06858×10^{2}

積雪量1cm毎の積雪荷重w_S (N/mm^3)	垂直積雪量d_S (mm)	固定ボルトの本数n	重力加速度g (m/s^2)
2.0×10^{6}	300	4	9.80665

補助桁間隔a (mm)	主桁間隔b (mm)
441	450

6. 評価結果

緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋の耐震評価結果を表 6-1 に示す。評価結果から，緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋の各部位の発生応力は，許容応力以下であり，地震荷重に対して構造部材が十分な健全性を有することを確認した。

表 6-1　耐震評価結果

評価対象部位			発生応力 (N/mm^2)		許容応力 (N/mm^2)
浸水防止蓋	スキンプレート		曲げ	3	150
	主桁	端部桁	曲げ	2	150
			せん断	1	90
			組合せ*	3	165
		中間桁	曲げ	4	150
			せん断	3	90
			組合せ*	5	165
	補助桁		曲げ	1	150
			せん断	1	90
			組合せ*	2	165
固定ボルト			せん断	3	90

注記　＊：曲げとせん断の組合せ応力

Ⅴ-2-10-2-5-7　格納容器圧力逃がし装置格納槽点検用水密ハッチの耐震性についての計算書

目　次

1. 概要 ····· 1
2. 一般事項 ····· 1
2.1 配置概要 ····· 1
2.2 構造計画 ····· 2
2.3 評価方針 ····· 3
2.4 適用基準 ····· 4
2.5 記号の説明 ····· 4
3. 評価部位 ····· 6
4. 固有周期 ····· 6
4.1 固有周期の計算方法 ····· 6
4.2 固有周期の計算条件 ····· 7
4.3 固有周期の計算結果 ····· 7
5. 構造強度評価 ····· 8
5.1 構造強度評価方法 ····· 8
5.2 荷重及び荷重の組合せ ····· 8
5.3 許容限界 ····· 9
5.4 設計用地震力 ····· 10
5.5 計算方法 ····· 11
5.6 計算条件 ····· 11
6. 評価結果 ····· 12

1. 概要

本資料は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度に基づき，浸水防護施設のうち格納容器圧力逃がし装置格納槽点検用水密ハッチ（以下「水密ハッチ」という。）が設計用地震力に対して，主要な構造部材が十分な構造健全性を有することを確認するものである。その耐震評価は水密ハッチの固有値解析及び応力評価により行う。

2. 一般事項

2.1　配置概要

水密ハッチは，浸水を防止するために屋外の格納容器圧力逃がし装置格納槽の上版に設置する。

水密ハッチの設置場所を図 2-1 に示す。

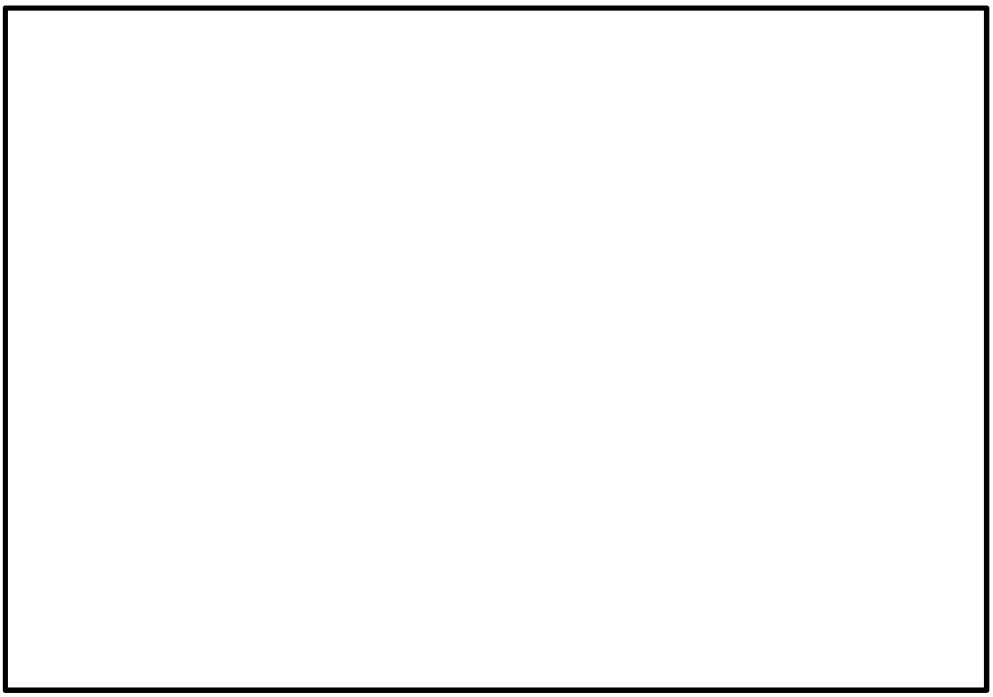


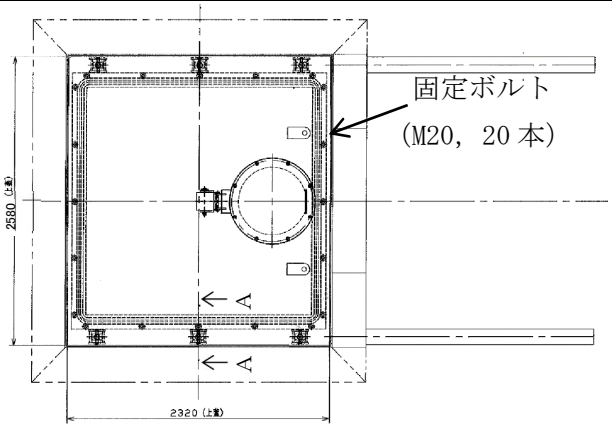
図 2-1　水密ハッチの設置場所

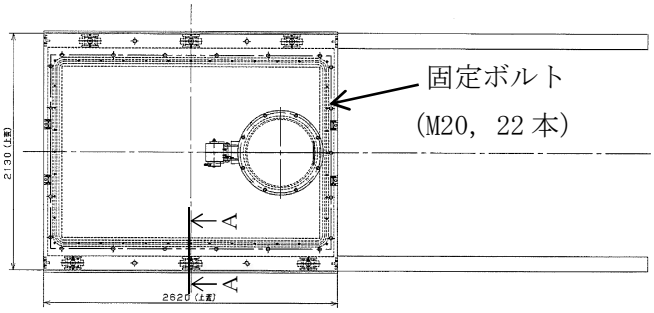
2.2　構造計画

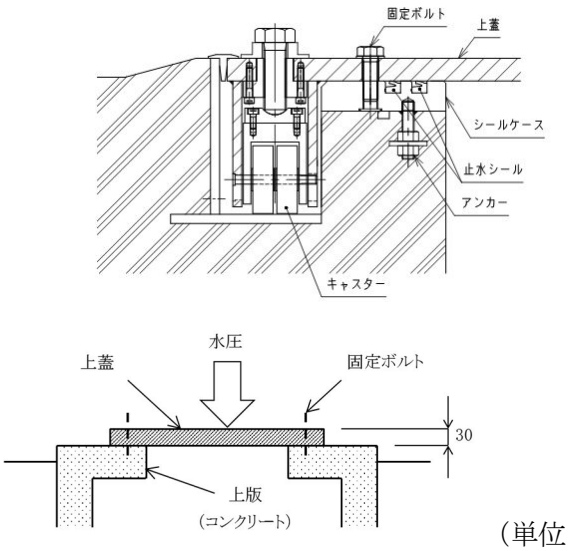
水密ハッチは屋外に設置し，上版（コンクリート）と一体化したシールケース（鋼製の枠）に固定ボルトにて固定することで止水性を確保する構造とする。

水密ハッチの構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画（格納容器圧力逃がし装置格納槽点検用水密ハッチA，B）

<table>
<tr><td colspan="3">概略構造図</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 

格納容器圧力逃がし装置格納槽点検用水密ハッチA　（単位：mm）</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 

格納容器圧力逃がし装置格納槽点検用水密ハッチB　（単位：mm）</td></tr>
<tr><td colspan="2">計画の概要</td><td rowspan="2">説明図(A-A)</td></tr>
<tr><td>基礎・支持構造</td><td>主体構造</td></tr>
<tr><td>上版と一体化した鋼製のシールケースにボルトで固定する。</td><td>鋼製の上蓋により構成する。</td><td> 

（単位：mm）</td></tr>
</table>

2.3　評価方針

水密ハッチの耐震評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.2　構造計画」にて示す水密ハッチの構造を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する評価対象部位において，「4. 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを，「5. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。応力評価の確認結果を「6. 評価結果」に示す。

耐震評価フローを図 2-2 に示す。

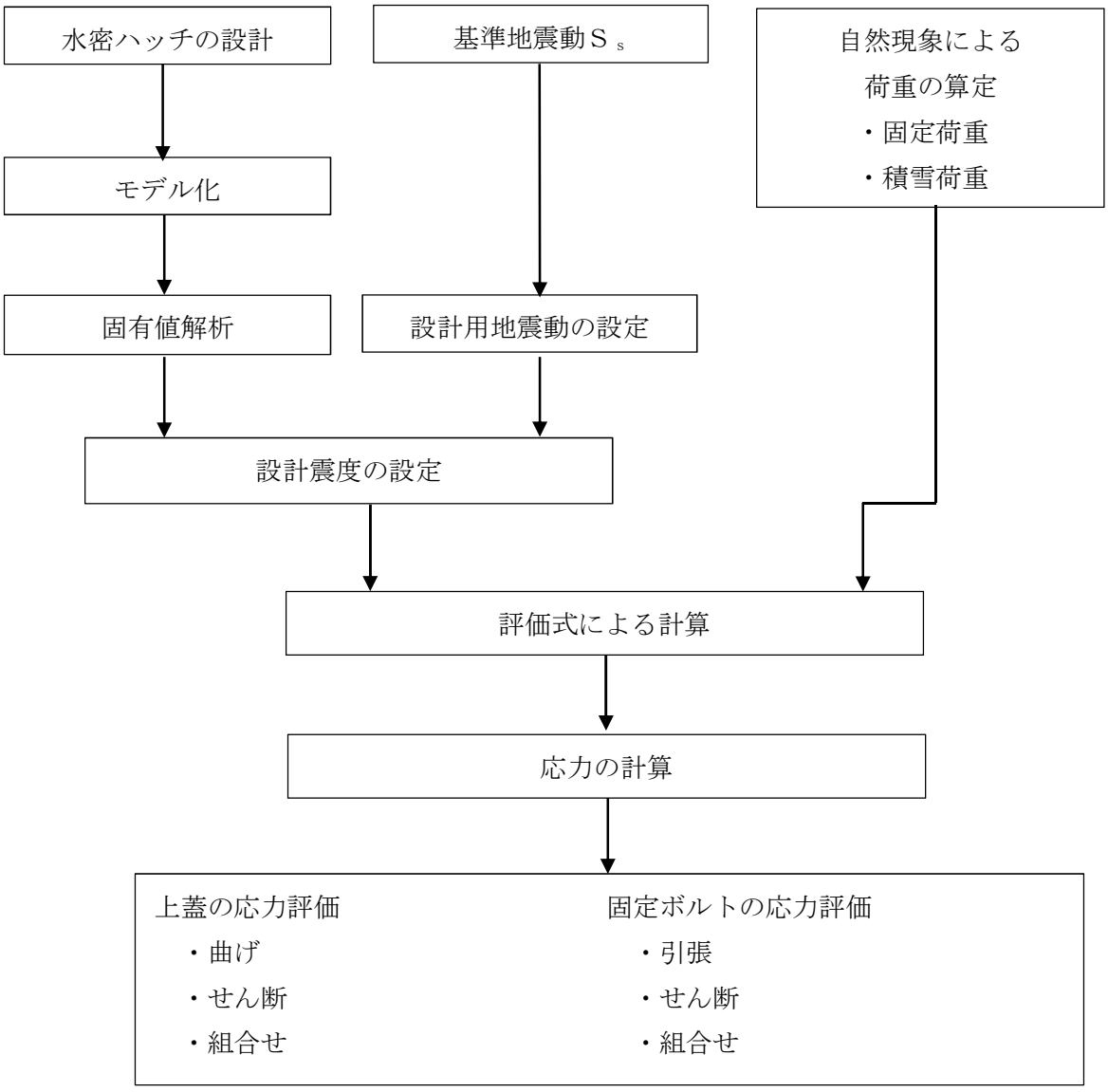


図 2-2　耐震評価フロー

2.4　適用基準

適用する基準等を以下に示す。

(1) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格（2005 年版（2007 年追補版含む） ＪＳＭＥ Ｓ ＮＣ１－2005／2007（日本機械学会）

(2) 原子力発電所耐震設計技術指針　重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１・補－1984（日本電気協会）

(3) 原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1987（日本電気協会）

(4) 原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1991　追補版（日本電気協会）

（以降「ＪＥＡＧ４６０１」と記載しているものは上記 3 指針を指す。）

(5) 機械工学便覧　改訂第５版（日本機械学会編　1968 年）

(6) 日本工業規格　ＪＩＳ　Ｇ　４３０４（1999）　熱間圧延ステンレス鋼板及び鋼帯

(7) 日本工業規格　ＪＩＳ　Ｇ　４３０３（1998）　ステンレス鋼棒

(8) 港湾の施設の技術上の基準・同解説（日本港湾協会　平成 19 年）

2.5　記号の説明

計算に用いる記号を表 2-2 に示す。

表 2-2　計算に用いる記号（1／2）

記号	記号の説明	単位
a	上蓋の幅（長辺）	mm
b	上蓋の長さ（短辺）	mm
f	一次固有振動数	Hz
T	固有周期	s
g	重力加速度	m/s^2
t	上蓋の厚さ	mm
m	上蓋の重量	kg
E	縦弾性係数　ＪＳＭＥ Ｓ ＮＣ１－2005／2007 の付録材料図表 Part6　表 1 より温度を考慮して求めた値	MPa
ρ	上蓋の密度	kg/m^3
ν	ポアソン比	―
λ	振動数係数（板モデルの固有周期算出）	―
D	常時作用する固定荷重（上蓋の重量）	N
P_s	積雪荷重	N
S_s	基準地震動S_sによる地震荷重	N
F	許容応力算定用基準値　ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ１－2005/2007　SSB－3121.1(1)a.(b)に定める，S_y及び 0.7・S_uのいずれか小さい方の値とする。	MPa

表 2-2　計算に用いる記号（2／2）

記号	記号の説明	単位
f_b	許容曲げ応力　ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ１－2005/2007　SSB－3121.1(4)に定める値とする。	MPa
f_s	許容せん断応力　ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ１－2005/2007　SSB－3121.1(2)に定める値とする。	MPa
f_t	許容引張応力　ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ１－2005/2007　SSB－3121.1(1)に定める値とする。	MPa
f_{ts}	せん断応力と引張応力を同時に受けるボルトの許容引張応力	MPa
S_y	ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ１―2005/2007 の付録図表 Part5 表 8 に規定される材料の設計降伏点	MPa
S_u	ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ１―2005/2007 の付録図表 Part5 表 9 に規定される材料の設計引張強さ	MPa
π	円周率	―
C_H	基準地震動S_sによる水平方向の設計震度	―
C_V	基準地震動S_sによる鉛直方向の設計震度	―
K_{Hss}	基準地震動S_sによる水平方向の地震荷重	N
K_{Vss}	基準地震動S_sによる鉛直方向の地震荷重	N
A	上蓋の面積	mm^2
ω	積雪の単位荷重	Pa/cm
β_2	上蓋の曲げ応力算定に用いる係数	―
σ_{bss}	上蓋に加わる曲げ応力	MPa
σ	上蓋に発生する曲げ応力とせん断応力の組合せ応力	MPa
τ_{ss}	上蓋に加わるせん断応力	MPa
A_b	固定ボルトの呼び径断面積	mm^2
n	固定ボルトの本数	本
τ_{kss}	固定ボルト１本当たりに加わるせん断応力	MPa
f_{t0}	固定ボルトに作用する許容引張応力（f_tを 1.5 倍した値）	MPa

3. 評価部位

水密ハッチの評価部位は，「2.2　構造計画」にて示している構造を踏まえて，地震に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し設定する。

水密ハッチに対して積雪及び地震（S_s）による荷重が作用し，これらの荷重は鋼製の上蓋から上蓋を固定している鋼製の固定ボルトに伝達することから，主要構成部材である上蓋及び固定ボルトを評価部位として設定する。

水密ハッチの耐震評価における評価部位について図 3-1 に示す。

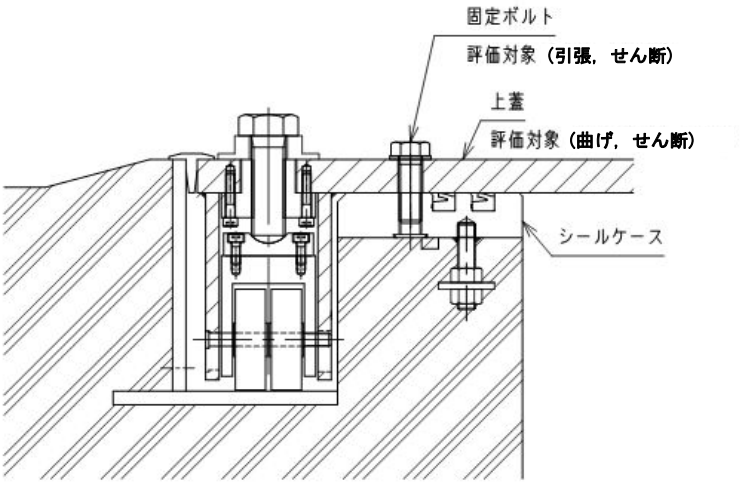


図 3-1　評価部位

4. 固有周期

4.1　固有周期の計算方法

(1) 解析モデル

水密ハッチは，全周囲をシールケースにボルト止めされた構造であることから，荷重がかかる上蓋は図 4-1 に示す周辺固定の長方形板モデルとする。

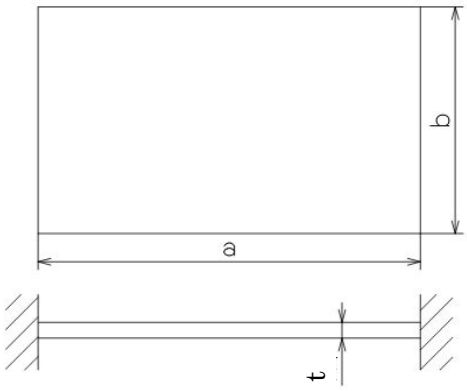


図 4-1　水密ハッチ概略モデル

(2) 固有周期の計算

固有周期T及び周辺固定の長方形板モデルの一次固有振動数 f は,「機械工学便覧（1986年)，日本機械学会」より，次式を用いて算出する。

$$T = \frac{1}{f}$$

$$f = \frac{\lambda \cdot \pi \cdot \frac{t}{2}}{2 \cdot b^2} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot g}{3 \cdot \left(1 - \nu^2\right) \cdot \rho}}$$

4.2 固有周期の計算条件

表 4-1 に固有周期の計算条件を示す。

表 4-1 固有周期の計算条件

	材質	上蓋の厚さ t (mm)	上蓋の幅 a (mm)	上蓋の長さ b (mm)	振動数係数 λ＊1＊2
水密ハッチA	SUS304	30	2320	2580	2.74
水密ハッチB	SUS304	30	2620	2130	2.74

温度条件＊3 (℃)	縦弾性係数 E(MPa)	重力加速度 g (m/s²)	ポアソン比 ν	材料の密度 ρ (kg/m³)
40	1.94×10^5	9.80665	0.3	7930

注記 ＊1 水密ハッチAの振動数係数λはa/b≒1.1 の場合の定数λが無いため，より小さな値として算出されるa/b＝1.5 の場合の定数λ＝2.74 を用いた。

＊2 水密ハッチBの振動数係数λはa/b≒1.2 の場合の定数λが無いため，より小さな値として算出されるa/b＝1.5 の場合の定数λ＝2.74 を用いた。

＊3 屋外設備としての環境条件を考慮する。

4.3 固有周期の計算結果

表 4-2 に固有周期の計算結果を示す。水密ハッチの固有周期は 0.05 s 以下であることから，剛構造である。

表 4-2 固有周期の計算結果

機器名称	固有振動数（Hz）	固有周期（s）
格納容器圧力逃がし装置格納槽点検用水密ハッチA	35.9	0.028
格納容器圧力逃がし装置格納槽点検用水密ハッチB	42.5	0.024

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

水密ハッチは，添付書類「Ⅴ-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえて，「3. 評価部位」にて設定する評価部位に作用する応力等が「5.3 許容限界」にて示す許容限界以下であることを確認する。

5.2 荷重及び荷重の組合せ

5.2.1 荷重の設定

強度評価に用いる荷重は以下の荷重を用いる。

(1) 固定荷重(D)

常時作用する固定荷重として水密ハッチの自重を考慮する。

固定荷重を以下の式より算出する。

$D = m \cdot g$

(2) 地震荷重(S_s)

基準地震動S_sによる地震荷重を考慮する。

なお，鉛直震度は各評価部位に対して応力が最大となる方向を考慮する。具体的には上蓋評価時は鉛直下向きに，固定ボルト評価時は鉛直上向きに考慮する。

地震荷重を以下の式より算出する。

$K_{Hss} = C_H \cdot (D + P_s \cdot A)$

$K_{Vss} = C_V \cdot (D + P_s \cdot A)$

(3) 積雪荷重(P_s)

積雪荷重を考慮する。

積雪荷重P_sについては，添付書類「Ⅴ-1-1-2 発電用原子炉施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書」に基づき 30 cm の積雪量を想定し，平均的な積雪荷重を与えるための係数 0.35 を考慮する。

積雪荷重による質量を以下の式より算出する。

$P_s = 0.35 \cdot \omega \cdot 30$

5.2.2　荷重の組合せ

水密ハッチは，格納容器圧力逃がし装置格納槽上版に設置されている平板であることから，その構造と形状から漂流物による衝突荷重及び風荷重の影響は考慮しない。

水密ハッチの設計にて考慮する荷重の組合せを表 5-1 に示す。

表 5-1　荷重の組合せ

施設区分	機器名称	荷重の組合せ
浸水防止設備	格納容器圧力逃がし装置格納槽点検用水密ハッチＡ，Ｂ	Ｄ＋Ｓ$_{s}$＋Ｐ$_{s}$

5.3　許容限界

水密ハッチの蓋及び固定ボルトの許容限界を表 5-2 に，許容応力評価条件を表 5-3 に，上蓋及び固定ボルトの許容応力算出結果を表 5-4 にそれぞれ示す。また添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」の「3.1　構造強度上の制限」にて設定している許容限界を踏まえ，ＪＳＭＥに準じた許容応力を用いる。なお，蓋の浮き上がりによるボルトの引張が起こらないため，固定ボルトの発生応力においては引張を考慮しないことから，引張応力及び組合せ応力については許容限界を設定しない。

表 5-2　蓋及び固定ボルトの許容限界（許容応力）

許容応力状態	許容限界*1(MPa)					
	上蓋			固定ボルト		
	一次応力			一次応力		
	曲げ	せん断	組合せ*2	引張	せん断	組合せ*3
Ⅲ$_{A}$Ｓ*4	1.5・ｆ$_{b}$	1.5・ｆ$_{s}$	1.5・ｆ$_{t}$	1.5・ｆ$_{t}$	1.5・ｆ$_{s}$	f_{ts}

注記　＊1　曲げ及びせん断は，ＪＥＡＧ４６０１を準用し，「その他の支持構造物」の許容限界を適用する。組合せは，ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ１－2005／2007 による。

＊2　曲げとせん断の組合せである。

＊3　せん断応力と引張応力を同時に受けるボルトの許容引張応力 f_{ts} は，次のいずれか小さい方の値から算出。

$f_{ts}=1.4\cdot f_{to}-1.6\tau_{kss}$

$f_{ts}=f_{to}$

＊4　地震後，津波後の再使用性や津波の繰返し作用を想定し，当該構造物全体の変形能力に対して浸水防護機能として十分な余裕を有するよう，設備を構成する材料が弾性域内に収まることを基本とする。

表 5-3　許容応力評価条件

評価部位	材料	温度条件 (℃)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F* (MPa)
上蓋	SUS304	40	205	520	205
固定ボルト					

注記　＊　F＝Min［S_y，0.7・S_u］とする。

表 5-4　上蓋及び固定ボルトの許容応力計算結果

許容応力状態	評価対象部位	許容限界 (ボルト以外)			許容限界 (ボルト)	
		一次応力			一次応力	
		曲げ (MPa)	せん断 (MPa)	組合せ (MPa)	引張 (MPa)	せん断 (MPa)
$\mathrm{III}_A S$	上蓋	204	117	204	－	－
	固定ボルト	－	－	－	－	117

5.4　設計用地震力

「4. 固有周期」に示したとおり水密ハッチの固有周期が 0.05 s 以下であることを確認したため，水密ハッチの耐震計算に用いる設計震度は，添付書類「V-2-1-7　設計用床応答曲線の作成方針」に示す格納容器圧力逃がし装置格納槽における最大応答加速度の 1.2 倍を考慮して設定する。

なお，入力地震動は，添付書類「V-2-1-2　基準地震動S_s及び弾性設計用地震動S_dの策定概要」に基づく基準地震動S_sとする。

水密ハッチの耐震計算に用いる設計震度を表 5-5 に示す。

表 5-5　設計震度

地震動	設置場所及び床面高さ (m)	水平方向設計震度 C_H*2	鉛直方向設計震度 C_V*2
基準地震動 S_s	格納容器圧力逃がし装置格納槽 EL. 8.00 (EL. 7.89*1)	1.05	0.72

注記　＊1：基準床レベルを示す。

＊2：「4. 固有周期」より，水密ハッチの固有周期が 0.05 s 以下であることを確認したため，最大応答加速度の 1.2 倍を考慮した設計震度を設定した。

5.5　計算方法

水密ハッチの強度評価は，構造部材に作用する応力が，「5.3　許容限界」で設定した許容限界以下であることを確認する。

(1) 上蓋

四辺を固定された長方形板に等分布荷重（鉛直震度含む）が作用している板に発生する曲げ応力及びせん断応力は「機械工学便覧（1986 年），日本機械学会」より以下の式にて算出する。

a．最大曲げ応力

$$\sigma_{bss}=\frac{\beta_2\cdot\left(\frac{D+K_{Vss}}{A}+P_s\right)\cdot a^2}{t^2}$$

b．最大せん断応力

$$\tau_{SS}=\frac{D+K_{Vss}+P_s\cdot A}{t\cdot(a+b)\cdot 2}$$

c．組合せ応力評価

上蓋に発生する垂直応力やせん断応力については，組合せ応力を以下の式より算出する。

$$\sigma=\sqrt{\sigma_{bss}^2+3\cdot\tau_{ss}^2}\quad *$$

注記　＊　ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ１－2005／2007　SSB-3121.1

(2) 固定ボルト

固定ボルトに作用するせん断荷重は，水平方向荷重をすべての固定ボルトで負担するものとして評価する。固定ボルトのせん断応力を以下の式より算出する。

a せん断応力

$$\tau_{kss}=\frac{K_{HSS}}{n\cdot A_b}$$

5.6　計算条件

上蓋の応力評価に用いる計算条件を表 5-6 に，固定ボルトの応力評価に用いる計算条件を表 5-7 に示す。

表 5-6　上蓋の応力評価に用いる計算条件

	評価部位	上蓋の質量 m(kg)	積雪の単位荷重ω (Pa/cm)	上蓋面積A(m²)	係数 β_2
水密ハッチA	上蓋	1700	20	2.32×2.58＝5.9856	0.33
水密ハッチB	上蓋	1600	20	2.13×2.62＝5.5806	0.45

表 5-7　固定ボルトの応力評価に用いる計算条件

	評価部位	固定ボルトの呼び径 (mm)	呼び径断面積 A_b (mm^2)	固定ボルト本数 n (本)
水密ハッチA	固定ボルト	20	314.159265	20
水密ハッチB	固定ボルト	20	314.159265	22

6. 評価結果

耐震評価結果を表 6-1 に示す。発生応力が許容応力以下であることから，構造部材が構造健全性を有することを確認した。

表 6-1　耐震評価結果

評価対象部位		評価応力	発生応力(MPa)	許容応力(MPa)
水密ハッチA	上蓋	曲げ	11	204
		せん断	1	117
		組合せ*	12	204
	固定ボルト	せん断	3	117
水密ハッチB	上蓋	曲げ	12	204
		せん断	1	117
		組合せ*	13	204
	固定ボルト	せん断	3	117

注記　＊　曲げとせん断の組合せである。

Ⅴ-2-10-2-5-8　常設低圧代替注水系格納槽点検用水密ハッチの耐震性についての計算書

目　次

1. 概要 ····· 1
2. 一般事項 ····· 1
2.1 配置概要 ····· 1
2.2 構造計画 ····· 2
2.3 評価方針 ····· 3
2.4 適用基準 ····· 4
2.5 記号の説明 ····· 4
3. 評価部位 ····· 6
4. 固有周期 ····· 6
4.1 固有周期の計算方法 ····· 6
4.2 固有周期の計算条件 ····· 7
4.3 固有周期の計算結果 ····· 7
5. 構造強度評価 ····· 8
5.1 構造強度評価方法 ····· 8
5.2 荷重及び荷重の組合せ ····· 8
5.3 許容限界 ····· 9
5.4 設計用地震力 ····· 10
5.5 計算方法 ····· 11
5.6 計算条件 ····· 11
6. 評価結果 ····· 12

1. 概要

本資料は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度に基づき，浸水防護施設のうち常設低圧代替注水系格納槽点検用水密ハッチ（以下「水密ハッチ」という。）が設計用地震力に対して，主要な構造部材が十分な構造健全性を有することを確認するものである。その耐震評価は水密ハッチの固有値解析及び応力評価により行う。

2. 一般事項

2.1　配置概要

水密ハッチは，浸水を防止するために屋外の常設低圧代替注水系格納槽の上版に設置する。

水密ハッチの設置場所を図 2-1 に示す。



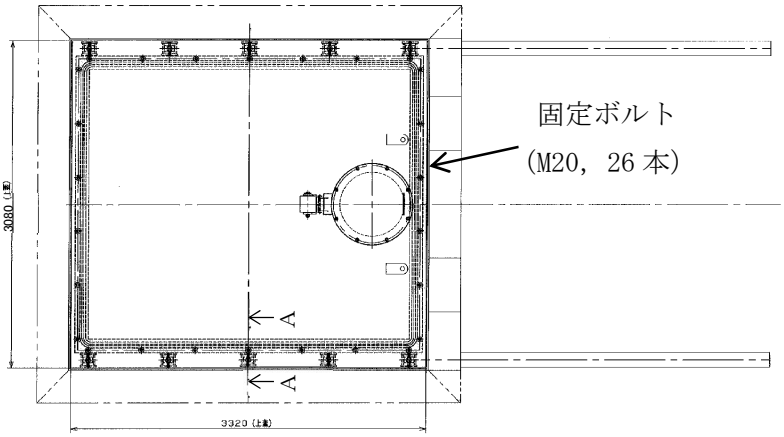
図 2-1　水密ハッチの設置場所

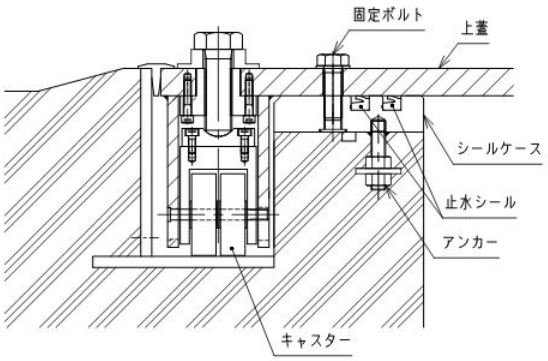
2.2　構造計画

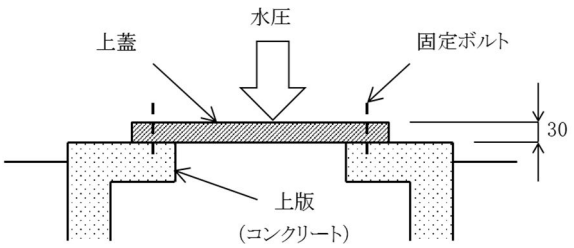
水密ハッチは屋外に設置し，上版（コンクリート）と一体化したシールケース（鋼製の枠）に固定ボルトにて固定することで止水性を確保する構造とする。

水密ハッチの構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

<table>
<tr><td colspan="3">概略構造図</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 

(単位：mm)</td></tr>
<tr><td colspan="2">計画の概要</td><td rowspan="2">説明図(A-A)</td></tr>
<tr><td>基礎・支持構造</td><td>主体構造</td></tr>
<tr><td>上版と一体化した鋼製のシールケースにボルトで固定する。</td><td>鋼製の上蓋により構成する。</td><td> 



(単位：mm)</td></tr>
</table>

2.3　評価方針

水密ハッチの耐震評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.2　構造計画」にて示す水密ハッチの構造を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する評価対象部位において，「4. 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを，「5. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。応力評価の確認結果を「6. 評価結果」に示す。

耐震評価フローを図 2-2 に示す。

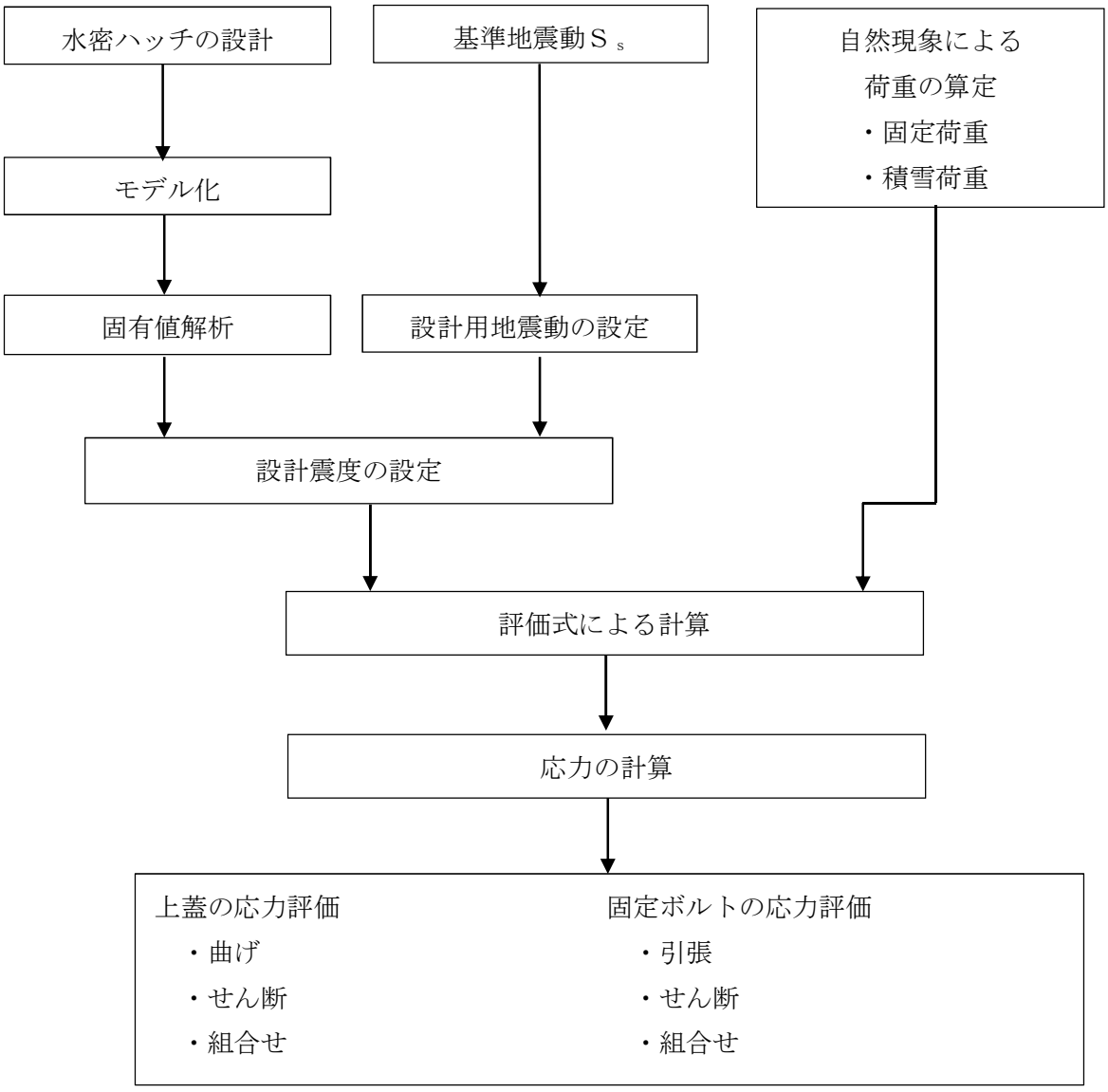


図 2-2　耐震評価フロー

2.4　適用基準

適用する基準等を以下に示す。

(1) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格（2005 年版（2007 年追補版含む） ＪＳＭＥ Ｓ ＮＣ１－2005／2007（日本機械学会）

(2) 原子力発電所耐震設計技術指針　重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１・補－1984（日本電気協会）

(3) 原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1987（日本電気協会）

(4) 原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1991　追補版（日本電気協会）

（以降「ＪＥＡＧ４６０１」と記載しているものは上記 3 指針を指す。）

(5) 機械工学便覧　改訂第５版（日本機械学会編　1968 年）

(6) 日本工業規格　ＪＩＳ　Ｇ　４３０４（1999）　熱間圧延ステンレス鋼板及び鋼帯

(7) 日本工業規格　ＪＩＳ　Ｇ　４３０３（1998）　ステンレス鋼棒

(8) 港湾の施設の技術上の基準・同解説（日本港湾協会　平成 19 年）

2.5　記号の説明

計算に用いる記号を表 2-2 に示す。

表 2-2　計算に用いる記号（1／2）

記号	記号の説明	単位
a	上蓋の幅（長辺）	mm
b	上蓋の長さ（短辺）	mm
f	一次固有振動数	Hz
T	固有周期	s
g	重力加速度	m/s^2
t	上蓋の厚さ	mm
m	上蓋の重量	kg
E	縦弾性係数　ＪＳＭＥ Ｓ ＮＣ１－2005／2007 の付録材料図表 Part6　表 1 より温度を考慮して求めた値	MPa
ρ	上蓋の密度	kg/m^3
ν	ポアソン比	―
λ	振動数係数（板モデルの固有周期算出）	―
D	常時作用する荷重（上蓋の重量）	N
P_s	積雪荷重	N
S_s	基準地震動S_sによる地震荷重	N
F	許容応力算定用基準値　ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ１－2005/2007　SSB－3121.1(1)a.(b)に定める，S_y及び 0.7・S_uのいずれか小さい方の値とする。	MPa

表 2-2　計算に用いる記号（2／2）

記号	記号の説明	単位
f_b	許容曲げ応力　ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ１－2005/2007　SSB－3121.1(4)に定める値とする。	MPa
f_s	許容せん断応力　ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ１－2005/2007　SSB－3121.1(2)に定める値とする。	MPa
f_t	許容引張応力　ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ１－2005/2007　SSB－3121.1(1)に定める値とする。	MPa
f_{ts}	せん断応力と引張応力を同時に受けるボルトの許容引張応力	MPa
S_y	ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ１―2005/2007 の付録図表 Part5 表 8 に規定される材料の設計降伏点	MPa
S_u	ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ１―2005/2007 の付録図表 Part5 表 9 に規定される材料の設計引張強さ	MPa
π	円周率	―
C_H	基準地震動S_sによる水平方向の設計震度	―
C_V	基準地震動S_sによる鉛直方向の設計震度	―
K_{Hss}	基準地震動S_sによる水平方向の地震荷重	N
K_{Vss}	基準地震動S_sによる鉛直方向の地震荷重	N
A	上蓋の面積	mm^2
ω	積雪の単位荷重	Pa/cm
β_2	上蓋の曲げ応力算定に用いる係数	―
σ_{bss}	上蓋に加わる曲げ応力	MPa
σ	上蓋に発生する曲げ応力とせん断応力の組合せ応力	MPa
τ_{ss}	上蓋に加わるせん断応力	MPa
A_b	固定ボルトの呼び径断面積	mm^2
n	固定ボルトの本数	本
τ_{kss}	固定ボルト１本当たりに加わるせん断応力	MPa
f_{t0}	固定ボルトに作用する許容引張応力（f_tを 1.5 倍した値）	MPa

3. 評価部位

水密ハッチの評価部位は，「2.2　構造計画」にて示している構造を踏まえて，地震に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し設定する。

水密ハッチに対して積雪及び地震（S_s）による荷重が作用し，これらの荷重は鋼製の上蓋から上蓋を固定している鋼製の固定ボルトに伝達することから，主要構成部材である上蓋及び固定ボルトを評価部位として設定する。

水密ハッチの耐震評価における評価部位について図 3-1 に示す。

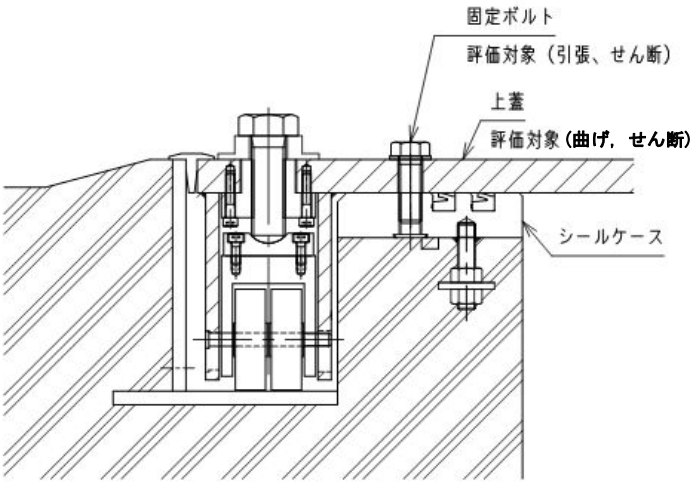


図 3-1　評価部位

4. 固有周期

4.1　固有周期の計算方法

(1) 解析モデル

水密ハッチは，全周囲をシールケースにボルト止めされた構造であることから，荷重がかかる上蓋は図 4-1 に示す周辺固定の長方形板モデルとする。

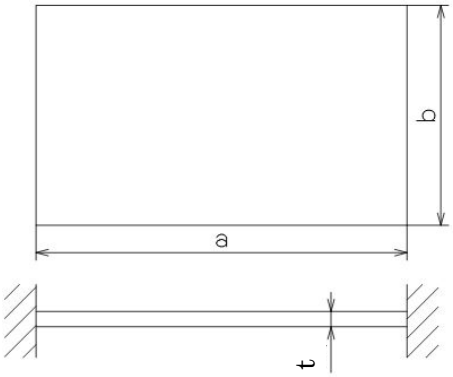


図 4-1　水密ハッチ概略モデル

(2) 固有周期の計算

固有周期T及び周辺固定の長方形板モデルの一次固有振動数 f は,「機械工学便覧（1986年)，日本機械学会」より，次式を用いて算出する。

$$T = \frac{1}{f}$$

$$f = \frac{\lambda \cdot \pi \cdot \frac{t}{2}}{2 \cdot b^2} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot g}{3 \cdot \left(1 - \nu^2\right) \cdot \rho}}$$

4.2 固有周期の計算条件

表 4-1 に固有周期の計算条件を示す。

表 4-1 固有周期の計算条件

材質	上蓋の厚さ t (mm)	上蓋の幅 a (mm)	上蓋の長さ b (mm)	振動数係数 λ *1
SUS304	30	3320	3080	2.74

温度条件*2 (℃)	縦弾性係数 E(MPa)	重力加速度 g (m/s^2)	ポアソン比 ν	材料の密度 ρ (kg/m^3)
40	1.94×10^5	9.80665	0.3	7930

注記 ＊1 水密ハッチの振動数係数λはa/b≒1.1 の場合の定数λが無いため，より小さな値として算出されるa/b＝1.5の場合の定数λ＝2.74を用いた。

＊2 屋外設備としての環境条件を考慮する。

4.3 固有周期の計算結果

表 4-2 に固有周期の計算結果を示す。水密ハッチの固有周期は 0.05 s 以下であることから，剛構造である。

表 4-2 固有周期の計算結果

機器名称	固有振動数（Hz）	固有周期（s）
常設低圧代替注水系格納槽点検用水密ハッチ	20.3	0.049

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

水密ハッチは，添付書類「Ⅴ-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえて，「3. 評価部位」にて設定する評価部位に作用する応力等が「5.3 許容限界」にて示す許容限界以下であることを確認する。

5.2 荷重及び荷重の組合せ

5.2.1 荷重の設定

強度評価に用いる荷重は以下の荷重を用いる。

(1) 固定荷重(D)

常時作用する固定荷重として水密ハッチの自重を考慮する。

固定荷重を以下の式より算出する。

$D = m \cdot g$

(2) 地震荷重(S_s)

基準地震動S_sによる地震荷重を考慮する。

なお，鉛直震度は各評価部位に対して応力が最大となる方向を考慮する。具体的には上蓋評価時は鉛直下向きに，固定ボルト評価時は鉛直上向きに考慮する。

地震荷重を以下の式より算出する。

$K_{Hss} = C_H \cdot (D + P_s \cdot A)$

$K_{Vss} = C_V \cdot (D + P_s \cdot A)$

(3) 積雪荷重(P_s)

積雪荷重を考慮する。

積雪荷重P_sについては，添付書類「Ⅴ-1-1-2 発電用原子炉施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書」に基づき 30 cm の積雪量を想定し，平均的な積雪荷重を与えるための係数 0.35 を考慮する。

積雪荷重による質量を以下の式より算出する。

$P_s = 0.35 \cdot \omega \cdot 30$

5.2.2　荷重の組合せ

水密ハッチは，常設低圧代替注水系格納槽上版に設置されている平板であることから，その構造と形状から漂流物による衝突荷重及び風荷重の影響は考慮しない。

水密ハッチの設計にて考慮する荷重の組合せを表 5-1 に示す。

表 5-1　荷重の組合せ

施設区分	機器名称	荷重の組合せ
浸水防止設備	常設低圧代替注水系格納槽 点検用水密ハッチ	$D+S_s+P_s$

5.3　許容限界

水密ハッチの蓋及び固定ボルトの許容限界を表 5-2 に，許容応力評価条件を表 5-3 に，上蓋及び固定ボルトの許容応力計算結果を表 5-4 にそれぞれ示す。また添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」の「3.1　構造強度上の制限」にて設定している許容限界を踏まえ，ＪＳＭＥに準じた許容応力を用いる。なお，蓋の浮き上がりによるボルトの引張が起こらないため，固定ボルトの発生応力においては引張を考慮しないことから，引張応力及び組合せ応力については許容限界を設定しない。

表 5-2　蓋及び固定ボルトの許容限界（許容応力）

許容応力状態	許容限界*1(MPa)					
	上蓋			固定ボルト		
	一次応力			一次応力		
	曲げ	せん断	組合せ*2	引張	せん断	組合せ*3
ⅢAS*4	1.5・f_b	1.5・f_s	1.5・f_t	1.5・f_t	1.5・f_s	f_{ts}

注記　＊1　曲げ及びせん断は，ＪＥＡＧ４６０１を準用し，「その他の支持構造物」の許容限界を適用する。組合せは，ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ１－2005／2007 による。

＊2　曲げとせん断の組合せである。

＊3　せん断応力と引張応力を同時に受けるボルトの許容引張応力 f_{ts} は，次のいずれか小さい方の値から算出。

$f_{ts}=1.4\cdot f_{to}-1.6\tau_{kss}$

$f_{ts}=f_{to}$

＊4　地震後，津波後の再使用性や津波の繰返し作用を想定し，当該構造物全体の変形能力に対して浸水防護機能として十分な余裕を有するよう，設備を構成する材料が弾性域内に収まることを基本とする。

表 5-3　許容応力評価条件

評価部位	材料	温度条件 (℃)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F* (MPa)
上蓋	SUS304	40	205	520	205
固定ボルト					

注記　＊　$F = \mathrm{Min}[S_y, 0.7 \cdot S_u]$ とする。

表 5-4　上蓋及び固定ボルトの許容応力計算結果

許容応力状態	評価対象部位	許容限界 (ボルト以外) 一次応力 曲げ (MPa)	許容限界 (ボルト以外) 一次応力 せん断 (MPa)	許容限界 (ボルト以外) 一次応力 組合せ (MPa)	許容限界 (ボルト) 一次応力 引張 (MPa)	許容限界 (ボルト) 一次応力 せん断 (MPa)
$\mathrm{III}_A S$	上蓋	204	117	204	－	－
	固定ボルト	－	－	－	－	117

5.4　設計用地震力

「4. 固有周期」に示したとおり水密ハッチの固有周期が 0.05 s 以下であることを確認したため，水密ハッチの耐震計算に用いる設計震度は，添付書類「Ⅴ-2-1-7　設計用床応答曲線の作成方針」に示す常設低圧代替注水系格納槽における最大応答加速度の 1.2 倍を考慮して設定する。

なお，入力地震動は，添付書類「Ⅴ-2-1-2　基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d の策定概要」に基づく基準地震動 S_s とする。

水密ハッチの耐震計算に用いる設計震度を表 5-5 に示す。

表 5-5　設計震度

地震動	設置場所及び床面高さ (m)	水平方向設計震度 C_H*2	鉛直方向設計震度 C_V*2
基準地震動 S_s	常設低圧代替注水系格納槽 EL. 8.00*1	1.36	0.68

注記　＊1：基準床レベルを示す。

＊2：「4. 固有周期」より，水密ハッチの固有周期が 0.05 s 以下であることを確認したため，最大応答加速度の 1.2 倍を考慮した設計震度を設定した。

5.5　計算方法

水密ハッチの強度評価は，構造部材に作用する応力が，「5.3　許容限界」で設定した許容限界以下であることを確認する。

(1) 上蓋

四辺を固定された長方形板に等分布荷重（鉛直震度含む）が作用している板に発生する曲げ応力及びせん断応力は「機械工学便覧（1986 年），日本機械学会」より以下の式にて算出する。

a．最大曲げ応力

$$\sigma_{bss}=\frac{\beta_2\cdot\left(\frac{D+K_{Vss}}{A}+P_s\right)\cdot a^2}{t^2}$$

b．最大せん断応力

$$\tau_{SS}=\frac{D+K_{Vss}+P_s\cdot A}{t\cdot(a+b)\cdot 2}$$

c．組合せ応力

上蓋に発生する垂直応力やせん断応力については，組合せ応力を以下の式より算出する。

$$\sigma=\sqrt{\sigma_{bss}^2+3\cdot\tau_{ss}^2}\quad *$$

注記　＊　ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ１－2005／2007　SSB-3121.1

(2) 固定ボルト

固定ボルトに作用するせん断荷重は，水平方向荷重をすべての固定ボルトで負担するものとして評価する。固定ボルトのせん断応力を以下の式より算出する。

a．せん断応力

$$\tau_{kSS}=\frac{K_{HSS}}{n\cdot A_b}$$

5.6　計算条件

上蓋の応力評価に用いる計算条件を表 5-6 に，固定ボルトの応力評価に用いる計算条件を表 5-7 に示す。

表 5-6　上蓋の応力評価に用いる計算条件

評価部位	上蓋の質量 m(kg)	積雪の単位荷重ω (Pa/cm)	上蓋面積A(m²)	係数β_2
上蓋	2800	20	3.080×3.320＝10.2256	0.32

表 5-7　固定ボルトの応力評価に用いる計算条件

評価部位	固定ボルトの呼び径 (mm)	呼び径断面積 A_b (mm^2)	固定ボルト本数 n (本)
固定ボルト	20	314.159	26

6. 評価結果

耐震評価結果を表 6-1 に示す。発生応力が許容応力以下であることから，構造部材が構造健全性を有することを確認した。

表 6-1　耐震評価結果

評価対象部位		評価応力	発生応力(MPa)	許容応力(MPa)
水密ハッチ	上蓋	曲げ	17	204
		せん断	1	117
		組合せ*	18	204
	固定ボルト	せん断	5	117

注記　＊　曲げとせん断の組合せである。

Ⅴ-2-10-2-5-9　常設低圧代替注水系格納槽可搬型ポンプ用

水密ハッチの耐震性についての計算書

目　次

1. 概要 ····· 1
2. 一般事項 ····· 1
2.1 配置概要 ····· 1
2.2 構造計画 ····· 2
2.3 評価方針 ····· 3
2.4 適用基準 ····· 4
2.5 記号の説明 ····· 4
3. 評価部位 ····· 6
4. 固有周期 ····· 6
4.1 固有周期の計算方法 ····· 6
4.2 固有周期の計算条件 ····· 7
4.3 固有周期の計算結果 ····· 7
5. 構造強度評価 ····· 8
5.1 構造強度評価方法 ····· 8
5.2 荷重及び荷重の組合せ ····· 8
5.3 許容限界 ····· 9
5.4 設計用地震力 ····· 10
5.5 計算方法 ····· 11
5.6 計算条件 ····· 11
6. 評価結果 ····· 12

1. 概要

本資料は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度に基づき，浸水防護施設のうち常設低圧代替注水系格納槽可搬型ポンプ用水密ハッチ（以下「水密ハッチ」という。）が設計用地震力に対して，主要な構造部材が十分な構造健全性を有することを確認するものである。その耐震評価は水密ハッチの固有値解析及び応力評価により行う。

2. 一般事項

2.1　配置概要

水密ハッチは，浸水を防止するために屋外の代替淡水貯槽の上版に設置する。

水密ハッチの設置場所を図 2-1 に示す。

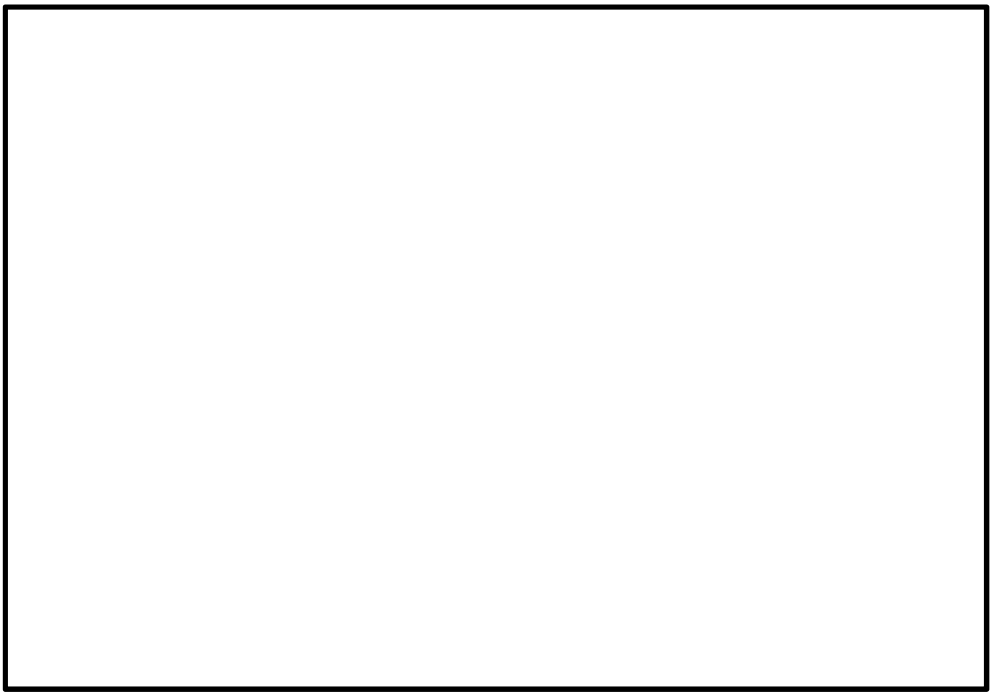


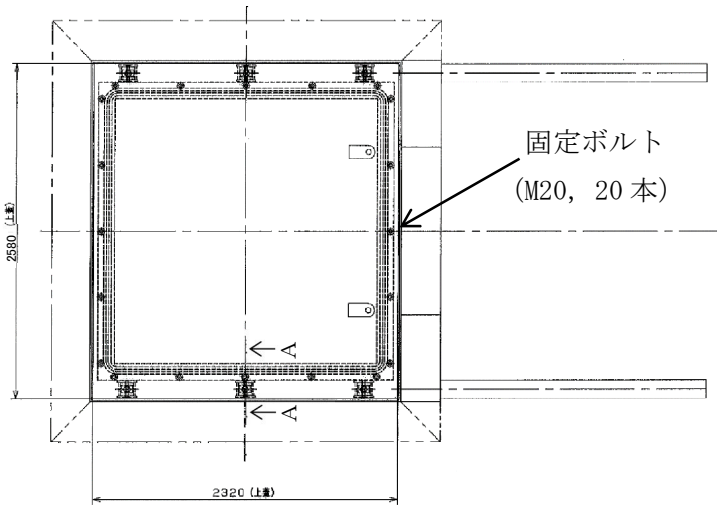
図 2-1　水密ハッチの設置場所

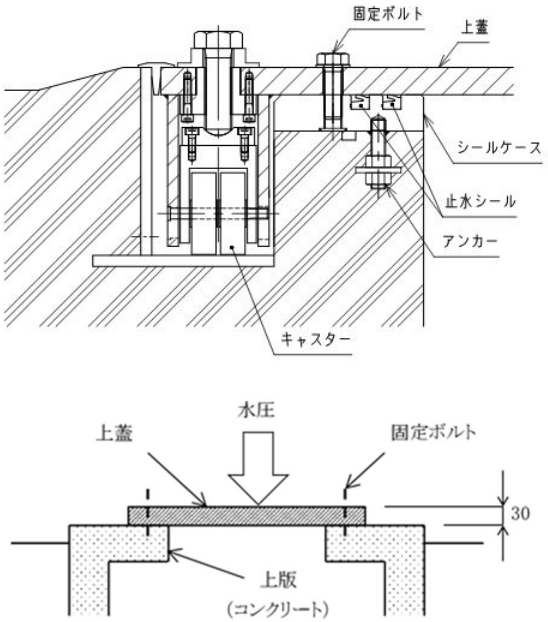
2.2　構造計画

水密ハッチは屋外に設置し，上版（コンクリート）と一体化したシールケース（鋼製の枠）に固定ボルトにて固定することで止水性を確保する構造とする。

水密ハッチの構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

<table>
<tr><td colspan="3">概略構造図</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 

（単位：mm）</td></tr>
<tr><td colspan="2">計画の概要</td><td rowspan="2">説明図(A-A)</td></tr>
<tr><td>基礎・支持構造</td><td>主体構造</td></tr>
<tr><td>上版と一体化した鋼製のシールケースにボルトで固定する。</td><td>鋼製の上蓋により構成する。</td><td> 

（単位：mm）</td></tr>
</table>

2.3　評価方針

水密ハッチの耐震評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.2　構造計画」にて示す水密ハッチの構造を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する評価対象部位において，「4. 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを，「5. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。応力評価の確認結果を「6. 評価結果」に示す。

耐震評価フローを図 2-2 に示す。

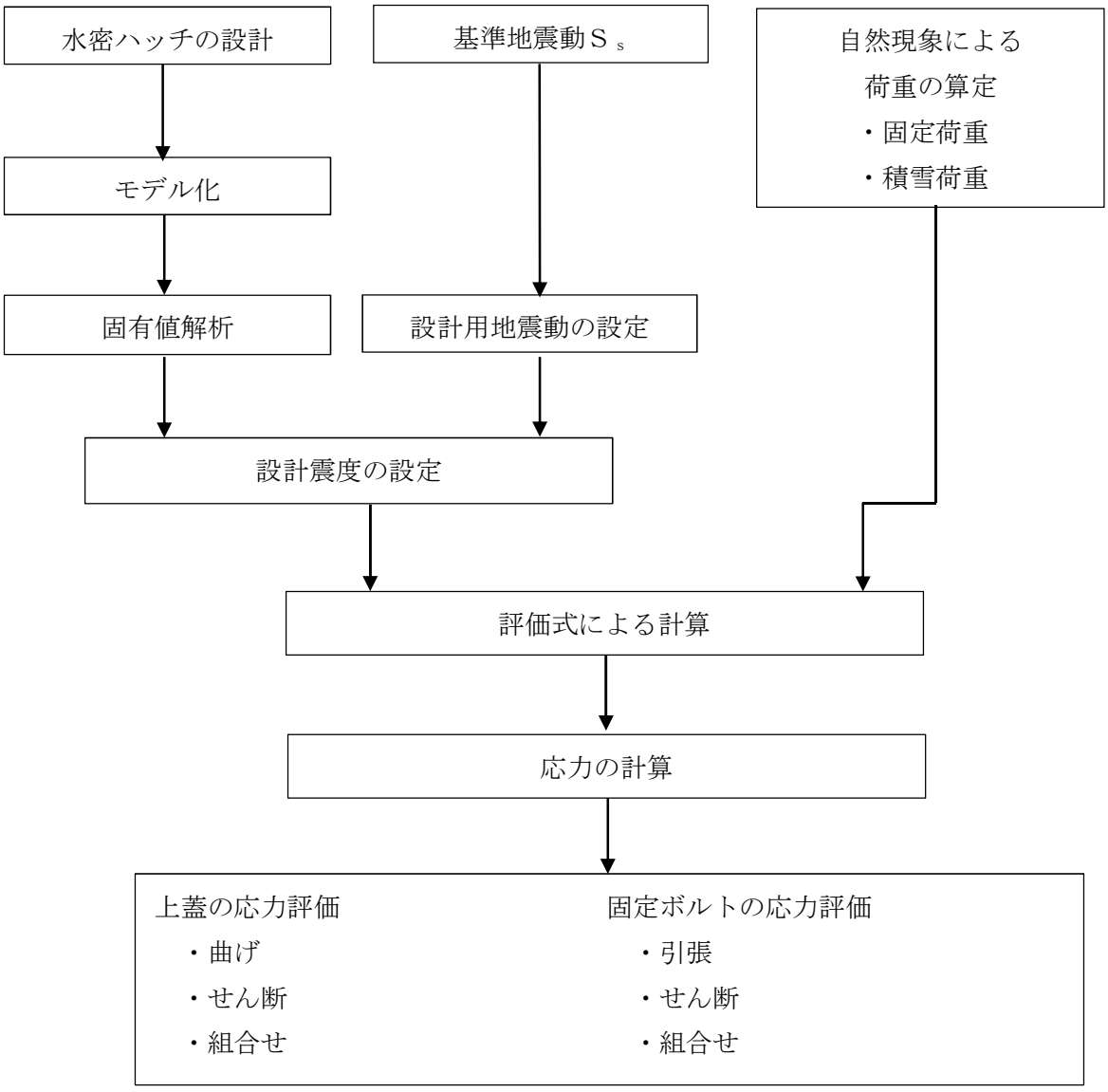


図 2-2　耐震評価フロー

2.4　適用基準

適用する基準等を以下に示す。

(1) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格（2005 年版（2007 年追補版含む） ＪＳＭＥ Ｓ ＮＣ１－2005／2007（日本機械学会）

(2) 原子力発電所耐震設計技術指針　重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１・補－1984（日本電気協会）

(3) 原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1987（日本電気協会）

(4) 原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1991　追補版（日本電気協会）

（以降「ＪＥＡＧ４６０１」と記載しているものは上記 3 指針を指す。）

(5) 機械工学便覧　改訂第５版（日本機械学会編　1968 年）

(6) 日本工業規格　ＪＩＳ　Ｇ　４３０４（1999）　熱間圧延ステンレス鋼板及び鋼帯

(7) 日本工業規格　ＪＩＳ　Ｇ　４３０３（1998）　ステンレス鋼棒

(8) 港湾の施設の技術上の基準・同解説（日本港湾協会　平成 19 年）

2.5　記号の説明

計算に用いる記号を表 2-2 に示す。

表 2-2　計算に用いる記号（1／2）

記号	記号の説明	単位
a	上蓋の幅（長辺）	mm
b	上蓋の長さ（短辺）	mm
f	一次固有振動数	Hz
T	固有周期	s
g	重力加速度	m/s^2
t	上蓋の厚さ	mm
m	上蓋の重量	kg
E	縦弾性係数　ＪＳＭＥ Ｓ ＮＣ１－2005／2007 の付録材料図表 Part6　表 1 より温度を考慮して求めた値	MPa
ρ	上蓋の密度	kg/m^3
ν	ポアソン比	―
λ	振動数係数（板モデルの固有周期算出）	―
D	常時作用する荷重（上蓋の重量）	N
P_s	積雪荷重	N
S_s	基準地震動S_sによる地震荷重	N
F	許容応力算定用基準値　ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ１－2005/2007　SSB－3121.1(1)a.(b)に定める，S_y及び 0.7・S_uのいずれか小さい方の値とする。	MPa

表 2-2　計算に用いる記号（2／2）

記号	記号の説明	単位
f_b	許容曲げ応力　ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ１－2005/2007　SSB－3121.1(4)に定める値とする。	MPa
f_s	許容せん断応力　ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ１－2005/2007　SSB－3121.1(2)に定める値とする。	MPa
f_t	許容引張応力　ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ１－2005/2007　SSB－3121.1(1)に定める値とする。	MPa
f_{ts}	せん断応力と引張応力を同時に受けるボルトの許容引張応力	MPa
S_y	ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ１―2005/2007 の付録図表 Part5 表 8 に規定される材料の設計降伏点	MPa
S_u	ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ１―2005/2007 の付録図表 Part5 表 9 に規定される材料の設計引張強さ	MPa
π	円周率	―
C_H	基準地震動S_sによる水平方向の設計震度	―
C_V	基準地震動S_sによる鉛直方向の設計震度	―
K_{Hss}	基準地震動S_sによる水平方向の地震荷重	N
K_{Vss}	基準地震動S_sによる鉛直方向の地震荷重	N
A	上蓋の面積	mm^2
ω	積雪の単位荷重	Pa/cm
β_2	上蓋の曲げ応力算定に用いる係数	―
σ_{bss}	上蓋に加わる曲げ応力	MPa
σ	上蓋に発生する曲げ応力とせん断応力の組合せ応力	MPa
τ_{ss}	上蓋に加わるせん断応力	MPa
A_b	固定ボルトの呼び径断面積	mm^2
n	固定ボルトの本数	本
τ_{kss}	固定ボルト１本当たりに加わるせん断応力	MPa
f_{t0}	固定ボルトに作用する許容引張応力（f_tを 1.5 倍した値）	MPa

3. 評価部位

水密ハッチの評価部位は，「2.2　構造計画」にて示している構造を踏まえて，地震に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し設定する。

水密ハッチに対して積雪及び地震（S_s）による荷重が作用し，これらの荷重は鋼製の上蓋から上蓋を固定している鋼製の固定ボルトに伝達することから，主要構成部材である上蓋及び固定ボルトを評価部位として設定する。

水密ハッチの耐震評価における評価部位について図 3-1 に示す。

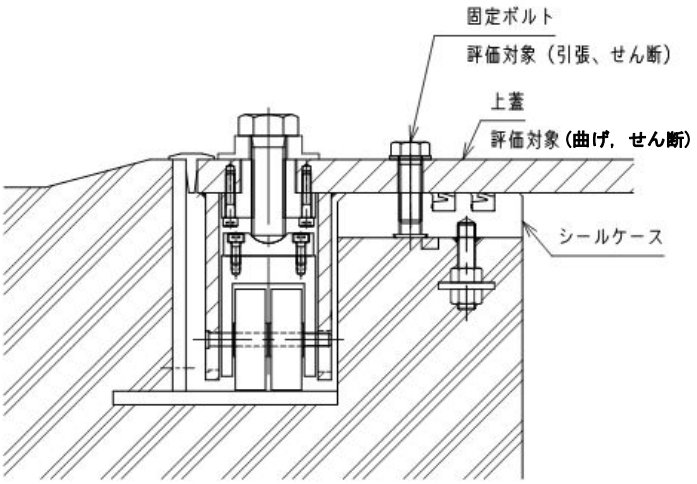


図 3-1　評価部位

4. 固有周期

4.1　固有周期の計算方法

(1) 解析モデル

水密ハッチは，全周囲をシールケースにボルト止めされた構造であることから，荷重がかかる上蓋は図 4-1 に示す周辺固定の長方形板モデルとする。

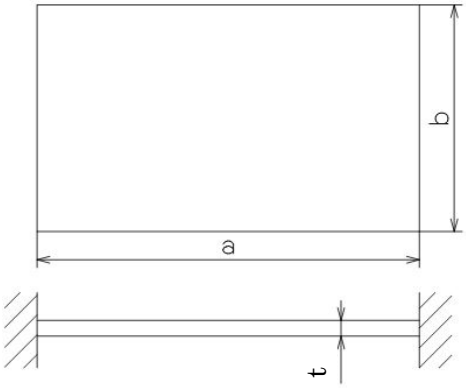


図 4-1　水密ハッチ概略モデル

(2) 固有周期の計算

固有周期T及び周辺固定の長方形板モデルの一次固有振動数fは，「機械工学便覧（1986年)，日本機械学会」より，次式を用いて算出する。

$$T = \frac{1}{f}$$

$$f = \frac{\lambda \cdot \pi \cdot \frac{t}{2}}{2 \cdot b^2} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot g}{3 \cdot \left(1 - \nu^2\right) \cdot \rho}}$$

4.2 固有周期の計算条件

表4-1に固有周期の計算条件を示す。

表4-1 固有周期の計算条件

材質	上蓋の厚さ t (mm)	上蓋の幅 a (mm)	上蓋の長さ b (mm)	振動数係数 λ*1
SUS304	30	2580	2320	2.74

温度条件*2 (℃)	縦弾性係数 E(MPa)	重力加速度 g (m/s^2)	ポアソン比 ν	材料の密度 ρ (kg/m^3)
40	1.94×10^5	9.80665	0.3	7930

注記 ＊1 水密ハッチの振動数係数λはa/b≒1.1 の場合の定数λが無いため，より小さな値として算出されるa/b＝1.5の場合の定数λ＝2.74を用いた。

＊2 屋外設備としての環境条件を考慮する。

4.3 固有周期の計算結果

表4-2に固有周期の計算結果を示す。水密ハッチの固有周期は0.05 s以下であることから，剛構造である。

表4-2 固有周期の計算結果

機器名称	固有振動数（Hz）	固有周期（s）
常設低圧代替注水系格納槽可搬型ポンプ用水密ハッチ	35.9	0.028

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

水密ハッチは，添付書類「Ⅴ-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえて，「3. 評価部位」にて設定する評価部位に作用する応力等が「5.3 許容限界」にて示す許容限界以下であることを確認する。

5.2 荷重及び荷重の組合せ

5.2.1 荷重の設定

強度評価に用いる荷重は以下の荷重を用いる。

(1) 固定荷重(D)

常時作用する固定荷重として水密ハッチの自重を考慮する。

固定荷重を以下の式より算出する。

$D = m \cdot g$

(2) 地震荷重(S_s)

基準地震動S_sによる地震荷重を考慮する。

なお，鉛直震度は各評価部位に対して応力が最大となる方向を考慮する。具体的には上蓋評価時は鉛直下向きに，固定ボルト評価時は鉛直上向きに考慮する。

地震荷重を以下の式より算出する。

$K_{Hss} = C_H \cdot (D + P_s \cdot A)$

$K_{Vss} = C_V \cdot (D + P_s \cdot A)$

(3) 積雪荷重(P_s)

積雪荷重を考慮する。

積雪荷重P_sについては，添付書類「Ⅴ-1-1-2 発電用原子炉施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書」に基づき 30 cm の積雪量を想定し，平均的な積雪荷重を与えるための係数 0.35 を考慮する。

積雪荷重による質量を以下の式より算出する。

$P_s = 0.35 \cdot \omega \cdot 30$

5.2.2　荷重の組合せ

水密ハッチは，代替淡水貯槽上版に設置されている平板であることから，その構造と形状から漂流物による衝突荷重及び風荷重の影響は考慮しない。

水密ハッチの設計にて考慮する荷重の組合せを表 5-1 に示す。

表 5-1　荷重の組合せ

施設区分	機器名称	荷重の組合せ
浸水防止設備	常設低圧代替注水系格納槽 可搬型ポンプ用水密ハッチ	$D+S_s+P_s$

5.3　許容限界

水密ハッチの蓋及び固定ボルトの許容限界を表 5-2 に，許容応力評価条件を表 5-3 に，上蓋及び固定ボルトの許容応力算出結果を表 5-4 にそれぞれ示す。また添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」の「3.1　構造強度上の制限」にて設定している許容限界を踏まえ，ＪＳＭＥに準じた許容応力を用いる。なお，蓋の浮き上がりによるボルトの引張が起こらないため，固定ボルトの発生応力においては引張を考慮しないことから，引張応力及び組合せ応力については許容限界を設定しない。

表 5-2　蓋及び固定ボルトの許容限界（許容応力）

許容応力状態	許容限界*1(MPa)					
	上蓋			固定ボルト		
	一次応力			一次応力		
	曲げ	せん断	組合せ*2	引張	せん断	組合せ*3
$\mathrm{III}_A S$*4	$1.5 \cdot f_b$	$1.5 \cdot f_s$	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$	f_{ts}

注記　＊1　曲げ及びせん断は，ＪＥＡＧ４６０１を準用し，「その他の支持構造物」の許容限界を適用する。組合せは，ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ１－2005／2007 による。

＊2　曲げとせん断の組合せである。

＊3　せん断応力と引張応力を同時に受けるボルトの許容引張応力 f_{ts} は，次のいずれか小さい方の値から算出。

$f_{ts}=1.4 \cdot f_{to}-1.6 \tau_{kss}$

$f_{ts}=f_{to}$

＊4　地震後，津波後の再使用性や津波の繰返し作用を想定し，当該構造物全体の変形能力に対して浸水防護機能として十分な余裕を有するよう，設備を構成する材料が弾性域内に収まることを基本とする。

表 5-3　許容応力評価条件

評価部位	材料	温度条件 (℃)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F* (MPa)
上蓋	SUS304	40	205	520	205
固定ボルト					

注記　＊　$F = \mathrm{Min}[S_y, 0.7 \cdot S_u]$ とする。

表 5-4　上蓋及び固定ボルトの許容応力計算結果

許容応力状態	評価対象部位	許容限界 (ボルト以外)			許容限界 (ボルト)	
		一次応力			一次応力	
		曲げ (MPa)	せん断 (MPa)	組合せ (MPa)	引張 (MPa)	せん断 (MPa)
$III_A S$	上蓋	204	117	204	－	－
	固定ボルト	－	－	－	－	117

5.4　設計用地震力

「4. 固有周期」に示したとおり水密ハッチの固有周期が 0.05 s 以下であることを確認したため，水密ハッチの耐震計算に用いる設計震度は，添付書類「V-2-1-7　設計用床応答曲線の作成方針」に示す代替淡水貯槽における最大応答加速度の 1.2 倍を考慮して設定する。

なお，入力地震動は，添付書類「V-2-1-2　基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d の策定概要」に基づく基準地震動 S_s とする。

水密ハッチの耐震計算に用いる設計震度を表 5-5 に示す。

表 5-5　設計震度

地震動	設置場所及び床面高さ (m)	水平方向設計震度 C_H*2	鉛直方向設計震度 C_V*2
基準地震動 S_s	代替淡水貯槽 EL. 8.00*1	1.42	0.72

注記　＊1：基準床レベルを示す。

＊2：「4. 固有周期」より，水密ハッチの固有周期が 0.05 s 以下であることを確認したため，最大応答加速度の 1.2 倍を考慮した設計震度を設定した。

5.5　計算方法

水密ハッチの強度評価は，構造部材に作用する応力が，「5.3　許容限界」で設定した許容限界以下であることを確認する。

(1) 上蓋

四辺を固定された長方形板に等分布荷重（鉛直震度含む）が作用している板に発生する曲げ応力及びせん断応力は「機械工学便覧（1986 年），日本機械学会」より以下の式にて算出する。

a．最大曲げ応力

$$\sigma_{bss}=\frac{\beta_2\cdot\left(\frac{D+K_{Vss}}{A}+P_s\right)\cdot a^2}{t^2}$$

b．最大せん断応力

$$\tau_{ss}=\frac{D+K_{Vss}+P_s\cdot A}{t\cdot(a+b)\cdot 2}$$

c．組合せ応力

上蓋に発生する垂直応力やせん断応力については，組合せ応力を以下の式より算出する。

$$\sigma=\sqrt{\sigma_{bss}^2+3\cdot\tau_{ss}^2}\quad *$$

注記　＊　ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ１－2005／2007　SSB-3121.1

(2) 固定ボルト

固定ボルトに作用するせん断荷重は，水平方向荷重をすべての固定ボルトで負担するものとして評価する。固定ボルトのせん断応力を以下の式より算出する。

a．せん断応力

$$\tau_{kss}=\frac{K_{Hss}}{n\cdot A_b}$$

5.6　計算条件

上蓋の応力評価に用いる計算条件を表 5-6 に，固定ボルトの応力評価に用いる計算条件を表 5-7 に示す。

表 5-6　上蓋の応力評価に用いる計算条件

評価部位	上蓋の質量 m(kg)	積雪の単位荷重 ω(Pa/cm)	上蓋面積 A(m²)	係数 β_2
上蓋	1600	20	2.32×2.58＝5.9856	0.33

表 5-7　固定ボルトの応力評価に用いる計算条件

評価部位	固定ボルトの呼び径 (mm)	呼び径断面積 A_b (mm^2)	固定ボルト本数 n (本)
固定ボルト	20	314.159265	20

6. 評価結果

耐震評価結果を表 6-1 に示す。発生応力が許容応力以下であることから，構造部材が構造健全性を有することを確認した。

表 6-1　耐震評価結果

評価対象部位		評価応力	発生応力(MPa)	許容応力(MPa)
水密ハッチ	上蓋	曲げ	10	204
		せん断	1	117
		組合せ*	11	204
	固定ボルト	せん断	4	117

注記　＊　曲げとせん断の組合せである。

Ⅴ-2-10-2-5-10　海水ポンプ室ケーブル点検口浸水防止蓋の

耐震性についての計算書

目　次

1.　概要 ····· 1
2.　一般事項 ····· 1
2.1　配置概要 ····· 1
2.2　構造計画 ····· 2
2.3　評価方針 ····· 3
2.4　適用基準 ····· 4
2.5　記号の説明 ····· 5
3.　評価部位 ····· 7
4.　固有周期 ····· 8
4.1　固有周期の計算方法 ····· 8
4.2　固有周期の計算条件 ····· 8
4.3　固有周期の計算結果 ····· 9
5.　構造強度評価 ····· 10
5.1　構造強度評価方法 ····· 10
5.2　荷重及び荷重の組合せ ····· 10
5.3　許容限界 ····· 11
5.4　設計用地震力 ····· 13
5.5　計算方法 ····· 14
5.6　計算条件 ····· 16
6.　評価結果 ····· 17

1. 概要

本資料は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度に基づき，浸水防護施設のうち海水ポンプ室ケーブル点検口浸水防止蓋が設計用地震力に対して，主要な構造部材が十分な構造健全性を有することを確認するものである。その耐震評価は，海水ポンプ室ケーブル点検口浸水防止蓋の固有値解析及び応力評価により行う。

2. 一般事項

2.1 配置概要

海水ポンプ室ケーブル点検口浸水防止蓋は，海水ポンプ室の壁面に設置する。

海水ポンプ室ケーブル点検口浸水防止蓋の設置位置を図 2-1 に示す。

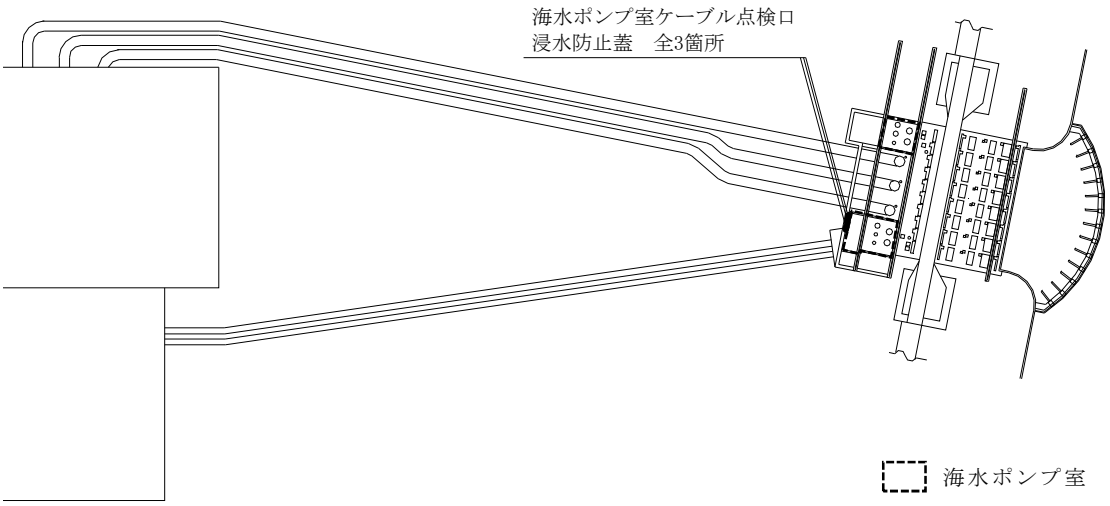


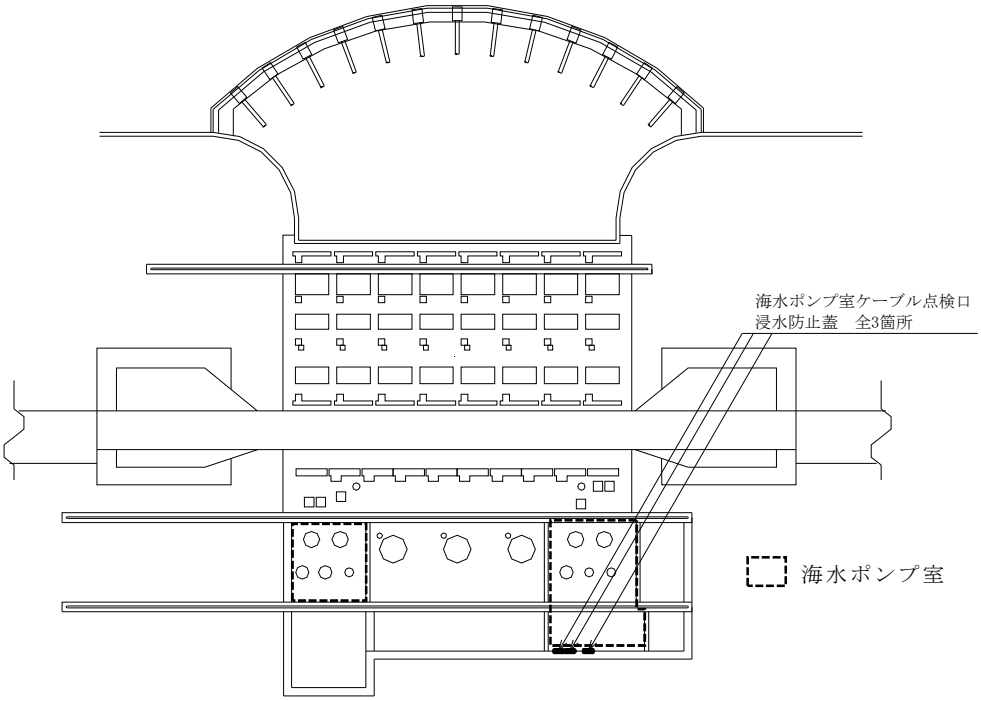
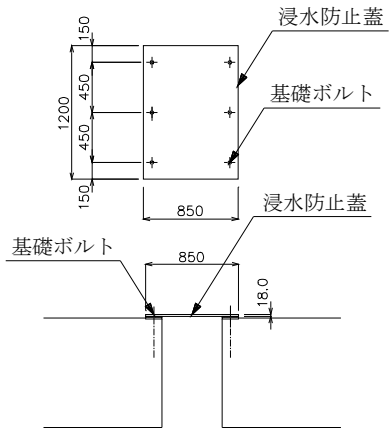
図 2-1　海水ポンプ室ケーブル点検口浸水防止蓋の設置位置図

2.2　構造計画

海水ポンプ室ケーブル点検口浸水防止蓋の構造は，鋼板構造であり，海水ポンプ室壁面に基礎ボルトにより固定することで，止水性を確保する構造とする。

海水ポンプ室ケーブル点検口浸水防止蓋の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

<table>
<tr><td colspan="3">配置図</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="2">計画の概要</td><td rowspan="2">概略構造図</td></tr>
<tr><td>基礎・支持構造</td><td>主体構造</td></tr>
<tr><td>海水ポンプ室の壁面に基礎ボルトで固定する。</td><td>蓋により構成する。</td><td> 
</td></tr>
</table>

2.3　評価方針

海水ポンプ室ケーブル点検口浸水防止蓋の耐震評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.2 構造計画」に示す海水ポンプ室ケーブル点検口浸水防止蓋の構造を踏まえ，「3.　評価部位」にて設定する評価部位において，「4.　固有周期」にて算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを，「5.　構造強度評価」に示す方法にて確認することで実施する。

海水ポンプ室ケーブル点検口浸水防止蓋の耐震評価フローを図 2-2 に示す。

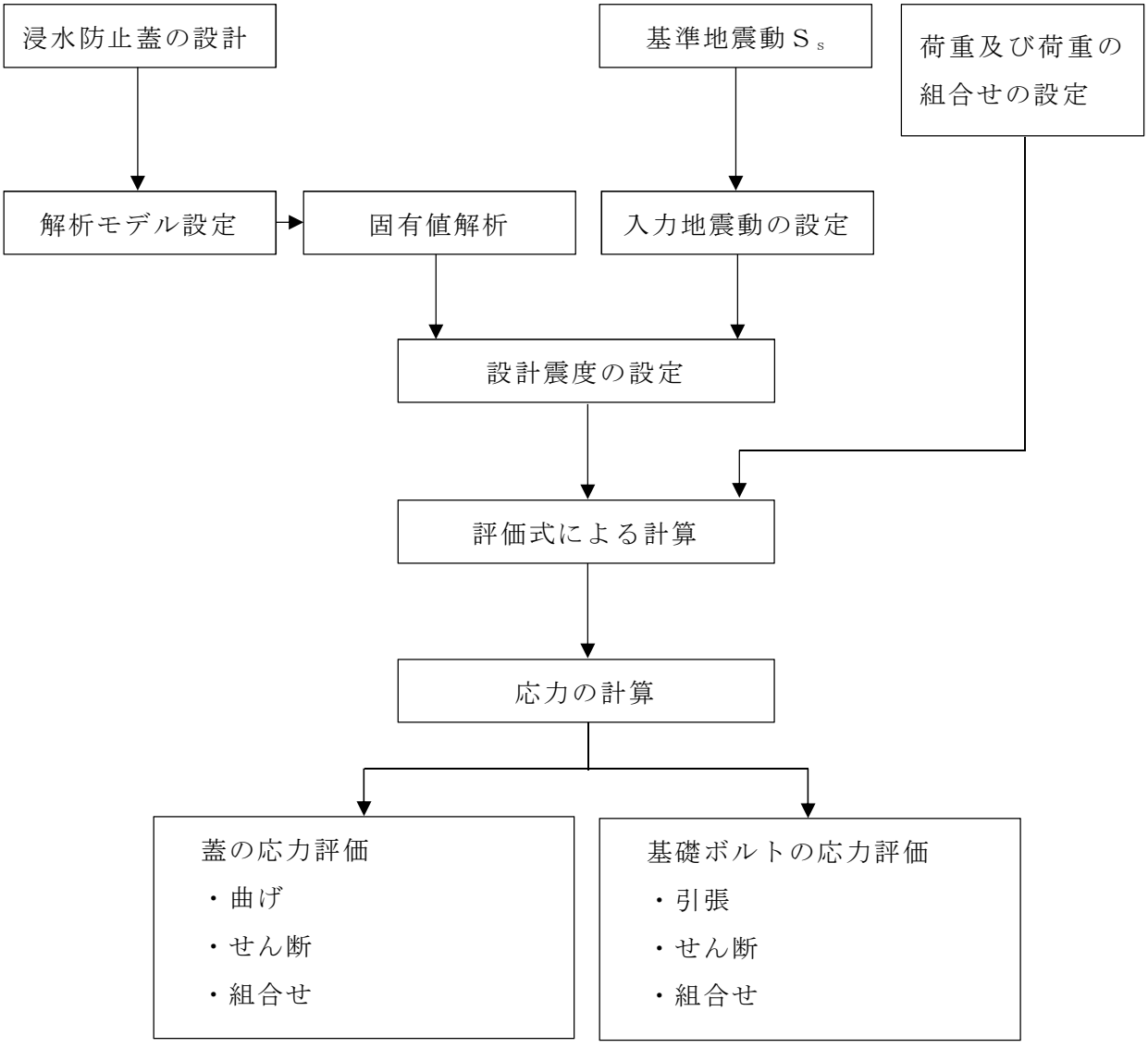


図 2-2　耐震評価フロー

2.4　適用基準

適用する規格，基準等を以下に示す。

(1)　発電用原子力設備規格　設計・建設規格（2005 年版（2007 年追補版含む。））
　　ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ１－2005/2007（日本機械学会）

(2)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1987（日本電気協会）

(3)　原子力発電所耐震設計技術指針　重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１・補－1984（日本電気協会）

(4)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1991 追補版（日本電気協会）

(5)　各種合成構造設計指針・同解説（日本建築学会　2010 改定）

(6)　建築基準法及び同施行令

(7)　日本工業規格　ＪＩＳ　Ｇ　４３０４（1999）　熱間圧延ステンレス鋼板及び鋼帯

(8)　日本工業規格　ＪＩＳ　Ｇ　４３０３（1998）　ステンレス鋼棒

2.5　記号の説明

海水ポンプ室ケーブル点検口浸水防止蓋の固有周期の計算に用いる記号を表 2-3 に，応力評価に用いる記号を表 2-4 にそれぞれ示す。

表 2-3　海水ポンプ室ケーブル点検口浸水防止蓋の固有周期の計算に用いる記号

記号	記号の説明	単位
I	断面二次モーメント	mm^4
b	はりの幅	mm
h	はりのせい	mm
A	はりの断面積	mm^2
f	一次固有振動数	Hz
T	固有周期	s
λ	振動数係数	－
L	はりの長さ	mm
E	ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ１-2005/2007　付録材料図表 Part6 に規定される材料の縦弾性係数	MPa
ρ	はりの単位体積質量	kg/mm^3

表 2-4　海水ポンプ室ケーブル点検口浸水防止蓋の応力評価に用いる記号（1／2）

記号	記号の説明	単位
f_t	許容引張応力　ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ１－2005/2007　SSB－3121.1(1)に定める値とする。	MPa
f_s	許容せん断応力　ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ１－2005/2007　SSB－3121.1(2)に定める値とする。	MPa
f_b	許容曲げ応力　ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ１－2005/2007　SSB－3121.1(4)に定める値とする。	MPa
S_y	ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ１―2005/2007 の付録図表 Part5 表 8 に規定される材料の設計降伏点	MPa
S_u	ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ１―2005/2007 の付録図表 Part5 表 9 に規定される材料の設計引張強さ	MPa
S_y（ＲＴ）	ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ１―2005/2007 の付録図表 Part5 表 8 に規定される 40℃における材料の設計降伏点	MPa
F	許容応力算定用基準値	MPa
W_{hk}	基準地震動Ｓ$_s$による水平地震荷重	N
W_{vk}	基準地震動Ｓ$_s$による鉛直地震荷重	N
w_{hk}	基準地震動Ｓ$_s$による水平地震等分布荷重	MPa

表 2-4　海水ポンプ室ケーブル点検口浸水防止蓋の応力評価に用いる記号（2／2）

記号	記号の説明	単位
C_H	基準地震動Ｓ$_s$による水平方向の設計震度	－
C_V	基準地震動Ｓ$_s$による鉛直方向の設計震度	－
m_D	蓋の自重による質量	kg
g	重力加速度	m/s^2
A	蓋の面積	mm^2
M	単位幅当たりの最大曲げモーメント	N・mm
w	蓋に作用する等分布荷重	MPa
L	支点間距離	mm
σ_b	最大曲げ応力	MPa
Z	単位幅当たりの断面係数	mm^3
Q	単位幅当たりの最大せん断力	N
τ	最大せん断応力	MPa
A_s	単位幅当たりのせん断断面積	mm^2
P_{tb}	基礎ボルトに作用する引張荷重	N
Q_s	蓋の端部に生じる単位幅当たりのせん断力	N
b	基礎ボルトの負担幅	mm
A_m	基礎ボルトの断面積	mm^2
ϕ	基礎ボルトの呼び径	mm
σ_t	基礎ボルトの引張応力	MPa
Q_{sb}	基礎ボルトに作用するせん断荷重	N
n	基礎ボルトの本数	本
τ_k	基礎ボルトのせん断応力	MPa
σ	組合せ応力	MPa
σ_x，σ_y	互いに直交する垂直応力	MPa
τ_{xy}	σ_x，σ_yの作用する面内のせん断応力	MPa
f_b	許容曲げ応力（ｆ$_b$を 1.5 倍した値）	MPa
f_s	許容せん断応力（ｆ$_s$を 1.5 倍した値）	MPa
f_t	許容引張応力（ｆ$_t$を 1.5 倍した値）	MPa
f_{to}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力（ｆ$_t$を 1.5 倍した値）	MPa
f_{ts}	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力	MPa
τ	ボルトに作用するせん断応力	MPa

3.　評価部位

海水ポンプ室ケーブル点検口浸水防止蓋の評価部位は，「2.2　構造計画」にて設定している構造を踏まえ選定する。

海水ポンプ室ケーブル点検口浸水防止蓋に対して，地震発生による荷重が作用する。蓋に作用する荷重は，それを固定している基礎ボルトに伝達することから，蓋及び基礎ボルトを評価部位として設定する。

海水ポンプ室ケーブル点検口浸水防止蓋の耐震評価における評価部位を，図 3-1 に示す。

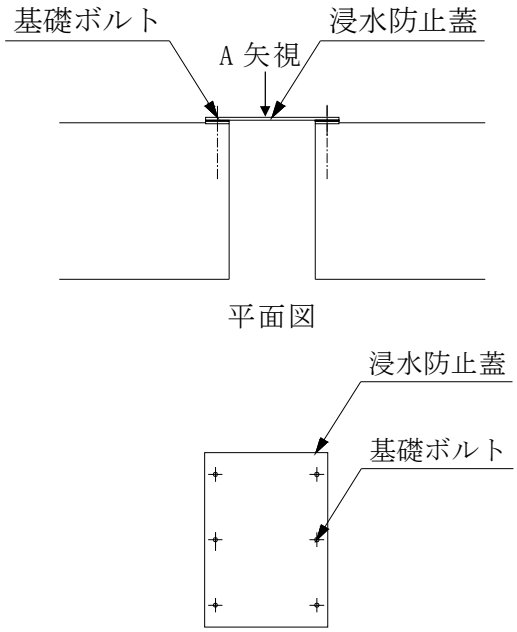


図 3-1　評価部位

4. 固有周期

4.1 固有周期の計算方法

(1) 解析モデル

海水ポンプ室ケーブル点検口浸水防止蓋を両端単純支持ばりとしてモデル化する。

(2) 固有周期の計算

固有周期の計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

固有周期Ｔを以下の式により算出する。

$$T = \frac{1}{f}$$

$$f = \frac{\lambda^2}{2\pi \cdot L^2} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I}{\rho \cdot A}}$$

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12}$$

$$A = b \cdot h$$

4.2 固有周期の計算条件

表 4-1 に固有周期の計算条件を示す。

表 4-1 固有周期の計算条件

振動数係数 λ	はりの長さ Ｌ（mm）	縦弾性係数 Ｅ（MPa）	断面二次モーメント Ｉ（mm^4）	はりの幅 ｂ（mm）
π	850	1.93×10^5	5.832×10^5	1200

はりのせい ｈ（mm）	はりの単位体積質量 ρ（kg/mm^3）	はりの断面積 Ａ（mm^2）
18.0	7.93×10^{-6}	2.160×10^4

4.3　固有周期の計算結果

表 4-2 に固有周期の計算結果を示す。固有周期は，0.05s 以下であることから，剛構造である。

表 4-2　固有周期の計算結果

機器名称	固有振動数 (Hz)	固有周期 (s)
海水ポンプ室ケーブル点検口浸水防止蓋	55	0.019

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

海水ポンプ室ケーブル点検口浸水防止蓋の耐震評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえて，「3. 評価部位」にて設定する評価部位に作用する応力等が「5.3 許容限界」にて示す許容限界以下であることを確認する。

5.2 荷重及び荷重の組合せ

5.2.1 荷重の設定

(1) 固定荷重（D）

固定荷重として，蓋の自重を考慮する。

(2) 地震荷重（S_s）

地震荷重を以下の式より算出する。

$$W_{hk} = C_H \cdot m_D \cdot g$$

$$W_{vk} = C_V \cdot m_D \cdot g$$

$$w_{hk} = \frac{C_H \cdot m_D \cdot g}{A}$$

5.2.2 荷重の組合せ

海水ポンプ室ケーブル点検口浸水防止蓋は，海水ポンプ室壁面に設置されている。添付書類「Ⅴ-2-1-9 機能維持の基本方針」に示すとおり，風荷重を考慮しない。また，設備の設置状況を考慮すると積雪による受圧面積が小さいため，積雪荷重を考慮しない。荷重の組合せを表 5-1 に示す。

表 5-1 荷重の組合せ

施設区分	機器名称	荷重の組合せ*
浸水防護施設 （浸水防止設備）	海水ポンプ室ケーブル点検口浸水防止蓋	D＋S_s

注記 ＊：Dは固定荷重，S_sは基準地震動S_sによる地震荷重を示す。

5.3　許容限界

海水ポンプ室ケーブル点検口浸水防止蓋の蓋及び基礎ボルトの許容限界は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき表 5-2 のとおりとする。また，許容応力評価条件を表 5-3 に，蓋及び基礎ボルトの許容応力算出結果を表 5-4 に示す。なお，蓋の浮き上がりによるボルトの引張が起こらないため，基礎ボルトの発生応力においては引張を考慮しないことから，引張応力及び組合せ応力については許容応力を設定しない。

表 5-2　蓋及び基礎ボルトの許容限界

許容応力状態	許容限界*1（ボルト以外）			許容限界*1（ボルト）		
	一次応力			一次応力		
	曲げ	せん断	組合せ*2	引張	せん断	組合せ*3
ⅢAS*4	1.5・f_b	1.5・f_s	1.5・f_t	1.5・f_t	1.5・f_s	1.5・f_{ts}

注記　＊1：ＪＥＡＧ４６０１・補－1984 を準用し，「その他の支持構造物」の許容限界を適用する。組合せは，ＪＳＭＥ　ＮＣ１－2005/2007 による。

＊2：曲げとせん断の組合せ応力

＊3：せん断応力と引張応力の組合せ応力

せん断応力と引張応力を同時に受けるボルトの許容引張応力 f_{ts} は，次のいずれか小さい方の値

$f_{ts}=1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau$

$f_{ts}=f_{to}$

＊4：地震後，津波後の再使用性や津波の繰返し作用を想定し，当該構造物全体の変形能力に対して浸水防護機能として十分な余裕を有するよう，設備を構成する材料が弾性域内に収まることを基本とする。

表 5-3　蓋及び基礎ボルトの許容応力評価条件

評価部位	材料	温度条件 (℃)	S_y *1 (MPa)	S_u *1 (MPa)	S_y(RT)*1 (MPa)	F *1*2 (MPa)
蓋 基礎ボルト	SUS304	50	198	504	205	205

注記　*1：　S_y：設計降伏点，S_u：設計引張強さ，S_y(RT)：40℃における設計降伏点，F：許容応力算定用基準値を示す。

*2：　F＝Min[1.35・S_y，0.7・S_u，S_y(RT)]とする。

表 5-4　蓋及び基礎ボルトの許容応力算出結果

許容 応力状態	評価部位	許容限界 (ボルト以外)			許容限界 (ボルト)	
		一次応力			一次応力	
		曲げ f_b (MPa)	せん断 f_s (MPa)	組合せ f_t (MPa)	引張 f_{t0} (MPa)	せん断 f_s (MPa)
III_A S	蓋	204	117	204	－	－
	基礎ボルト	－	－	－	153	117

5.4　設計用地震力

「4.　固有周期」に示したとおり，海水ポンプ室ケーブル点検口浸水防止蓋の固有周期が 0.05s 以下であることを確認したため，海水ポンプ室ケーブル点検口浸水防止蓋の耐震計算に用いる設計震度は，添付書類「Ⅴ-2-1-7　設計用床応答曲線の作成方針」に示す取水構造物における設置床の最大応答加速度の 1.2 倍を考慮して設定する。海水ポンプ室ケーブル点検口浸水防止蓋の耐震計算に用いる設計震度を表 5-5 に示す。

表 5-5　設計用地震力

地震動	据付場所 及び床面高さ (m)	地震による設計震度*1	
基準地震動 S_s	取水構造物 EL. 0.800 (EL. 0.300*2)	水平方向 C_H	1.10
		鉛直方向 C_V	1.03

注記　＊1：「4.　固有周期」より，海水ポンプ室ケーブル点検口浸水防止蓋の固有周期が 0.05s 以下であることを確認したため，設置床の最大応答加速度の 1.2 倍を考慮した設計震度を設定した。

＊2：基準床レベルを示す。

5.5　計算方法

(1)　蓋

蓋は，基礎ボルトで支持されているものとし，蓋端間で等分布荷重を受ける両端単純支持ばりとして評価する。

a.　最大曲げ応力

最大曲げ応力を以下の式より算出する。

$$M = \frac{w \cdot L^{2}}{8}$$

$$\sigma_{b} = \frac{M}{Z}$$

b.　最大せん断応力

最大せん断応力を以下の式より算出する。

$$Q = \frac{w \cdot L}{2}$$

$$\tau = \frac{Q}{A_{s}}$$

c.　組合せ応力

蓋に発生する垂直応力やせん断応力については，組合せ応力を以下の式より算出する。

$$\sigma = \sqrt{\sigma_{x}{}^{2} + \sigma_{y}{}^{2} - \sigma_{x} \cdot \sigma_{y} + 3 \cdot \tau_{xy}{}^{2}}\ *$$

注記　＊：ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ１－2005/2007　SSB-3121.1

(2)　基礎ボルト

基礎ボルトに作用する引張荷重は，水平方向荷重を受ける基礎ボルトに対する蓋の負担面積から算定し，また，せん断荷重は，鉛直方向荷重をすべての基礎ボルトで負担するものとして評価する。

a.　引張応力

引張応力を以下の式より算出する。

$$P_{tb} = Q_{s} \cdot b$$

$$A_{m} = \frac{\pi \cdot \phi^{2}}{4}$$

$$\sigma_{t} = \frac{P_{tb}}{A_{m}}$$

b. せん断応力

せん断応力を以下の式より算出する。

$$Q_{sb} = \frac{(m_D \cdot g + W_{vk})}{n}$$

$$A_m = \frac{\pi \cdot \phi^2}{4}$$

$$\tau_k = \frac{Q_{sb}}{A_m}$$

5.6　計算条件

海水ポンプ室ケーブル点検口浸水防止蓋の応力評価に用いる計算条件を表 5-7 に示す。

表 5-7　海水ポンプ室ケーブル点検口浸水防止蓋の応力評価に用いる計算条件

蓋の材質	蓋の厚さ t (mm)	蓋のたて (mm)	蓋の横 (mm)
SUS304	18.0*	1200*	850*

注記　＊：公称値を示す。

蓋の面積 A (mm^2)	蓋の質量 m_D (kg)	基礎ボルトの材質	基礎ボルトの呼び径 ϕ (mm)
1.020×10^6	200	SUS304	16

基礎ボルトの本数 n (本)	重力加速度 g (m/s^2)
6	9.80665

6. 評価結果

海水ポンプ室ケーブル点検口浸水防止蓋の耐震評価結果を表 6-1 に示す。発生応力が許容応力以下であることから，構造部材が構造健全性を有することを確認した。

表 6-1　海水ポンプ室ケーブル点検口浸水防止蓋の耐震評価結果

評価部位		評価応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
海水ポンプ室ケーブル点検口浸水防止蓋	蓋	曲げ	4	204
		せん断	1	117
		組合せ*1	5	204
	基礎ボルト	引張	3	153*2
		せん断	4	117

注記　＊1：曲げ（σ_b）とせん断（τ）の組合せ発生応力≦f_tで評価

＊2：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{t0}-1.6\cdot \tau,\ f_{t0}]$より算出

Ⅴ-2-10-2-6-1　海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の

耐震性についての計算書

目　次

1.　概要……1
2.　一般事項……2
2.1　配置概要……2
2.2　構造計画……3
2.3　評価方針……4
2.4　適用基準……6
2.5　記号の説明……7
3.　評価部位……9
4.　固有周期……10
4.1　固有周期の計算方法……10
4.2　固有周期の計算条件……12
4.3　固有周期の計算結果……12
5.　構造強度評価……13
5.1　構造強度評価方法……13
5.2　荷重の組合せ及び許容応力……13
5.3　許容限界……14
5.4　設計用地震力……16
5.5　計算方法……16
5.6　計算条件……21
6.　機能維持評価……22
6.1　機能維持評価方法……22
7.　評価結果……23

1. 概要

本資料は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度に基づき，浸水防護施設のうち海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁が設計用地震力に対して，主要な構造部材が十分な構造健全性を有することを確認するものである。その耐震評価は，逆止弁の固有値解析，応力評価，機能維持評価及び機能維持評価結果に基づく構造健全性評価により行う。

2.　一般事項

2.1　配置概要

海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁は，海水ポンプ室の床面に設置する。

海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の設置位置を図 2-1 に示す。

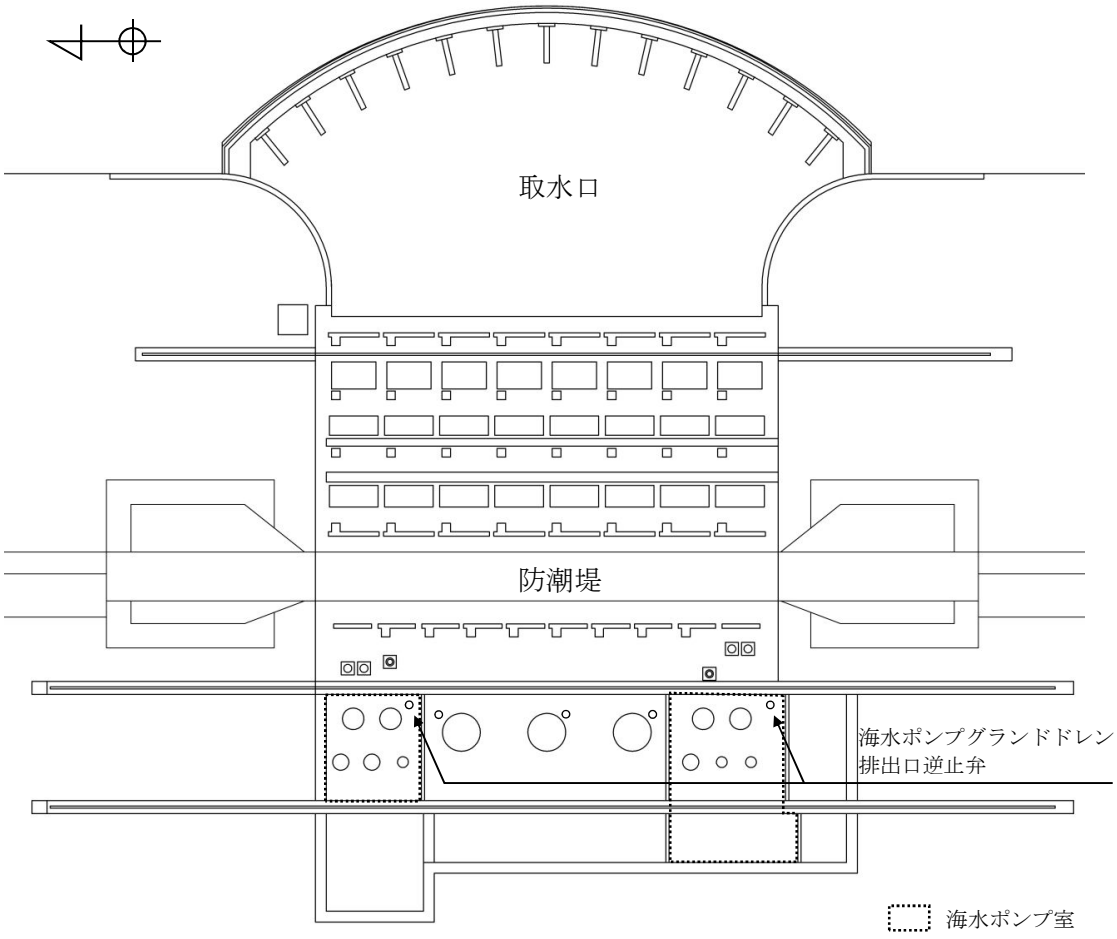
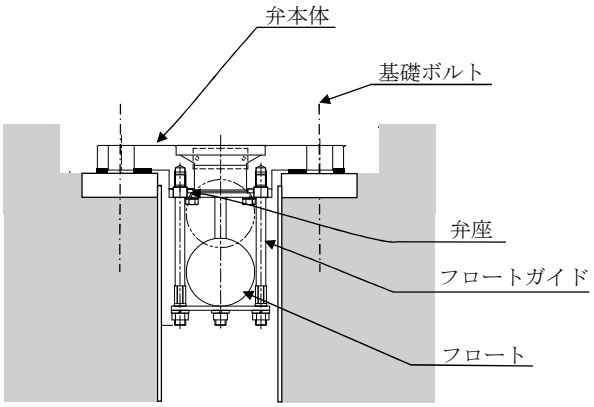


図 2-1　海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の設置位置図

2.2　構造計画

海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁は，フロート式の逆止弁であり，津波の流入によりフロートが押上げられ，弁座に密着することで止水する。海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
弁本体のフランジ部を海水ポンプ室の床面に基礎ボルトで固定する。	弁座を含む弁本体，弁体であるフロート及びフロートを弁座へ導くフロートガイドで構成する。	

2.3　評価方針

海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の耐震評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.2　構造計画」に示す海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の構造を踏まえ，「3.　評価部位」にて設定する評価部位において，「4.　　固有周期」にて算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを，「5.　構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また，海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の機能維持評価は，海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の固有周期を考慮して評価用加速度を設定し，設定した評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを「6.　機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。さらに，構造健全性評価により耐震評価を実施する評価部位については，海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の機能維持評価結果に基づき構造健全性を確認することで実施する。応力評価，機能維持評価及び構造健全性評価の評価結果を「7.　評価結果」にて確認する。

ここで，機能確認済加速度には，正弦波加振試験において，止水性の機能の健全性を確認した加振波の最大加速度を適用する。

耐震評価フローを図 2-2 に示す。

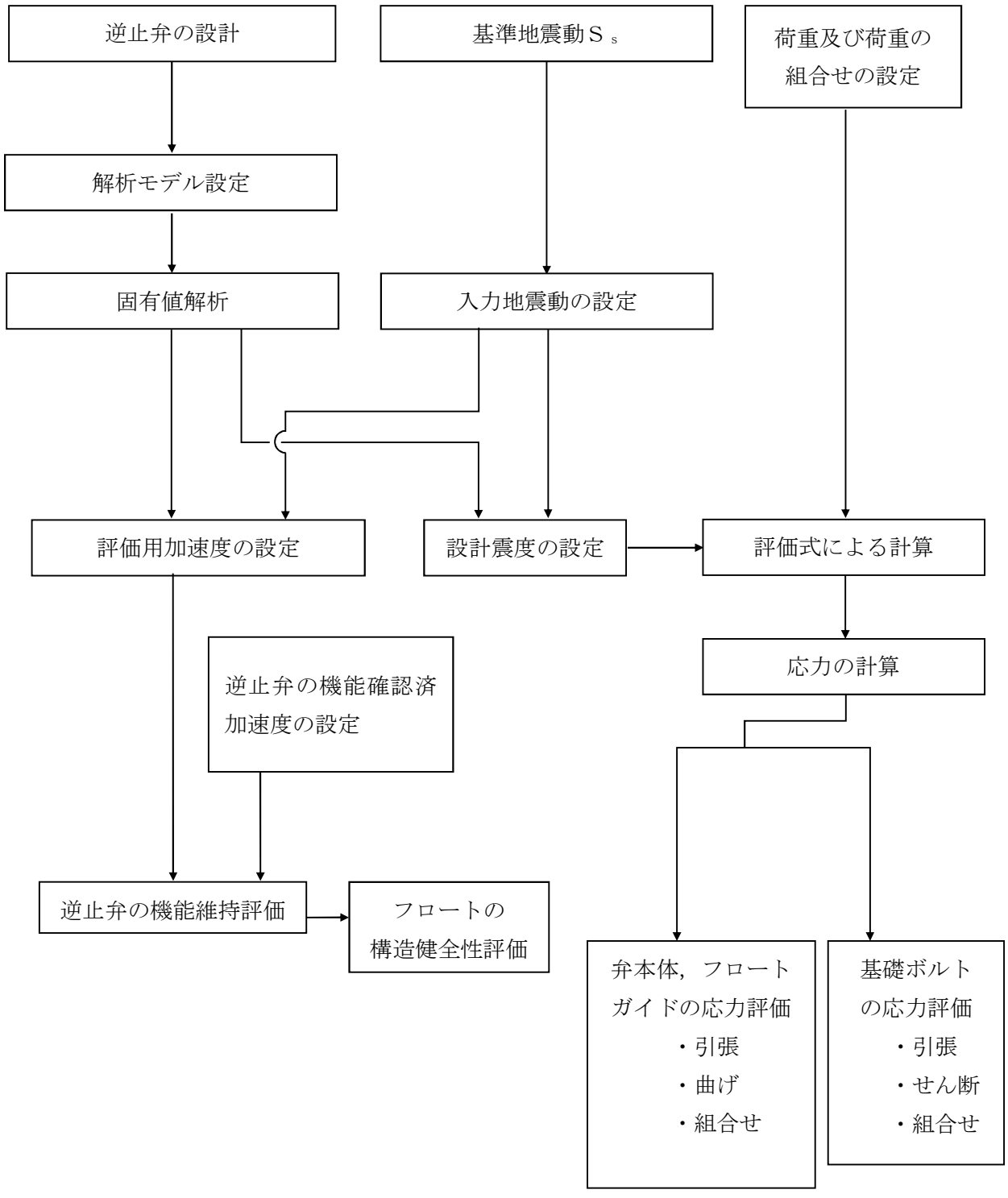

逆止弁の設計
基準地震動Ｓｓ
荷重及び荷重の組合せの設定
解析モデル設定
固有値解析
入力地震動の設定
評価用加速度の設定
設計震度の設定
評価式による計算
応力の計算
逆止弁の機能確認済加速度の設定
逆止弁の機能維持評価
フロートの構造健全性評価
弁本体，フロートガイドの応力評価
・引張
・曲げ
・組合せ
基礎ボルトの応力評価
・引張
・せん断
・組合せ

図 2-2　耐震評価フロー

2.4　適用基準

適用する規格，基準等を以下に示す。

(1)　発電用原子力設備規格　設計・建設規格（2005 年版（2007 年追補版含む。））ＪＳＭＥＳ　ＮＣ１－2005/2007（日本機械学会）

(2)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1987（日本電気協会）

(3)　原子力発電所耐震設計技術指針　重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１・補－1984（日本電気協会）

(4)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1991 追補版（日本電気協会）

2.5　記号の説明

海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の固有周期の計算に用いる記号を表 2-2 に，応力評価に用いる記号を表 2-3 にそれぞれ示す。

表 2-2　海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の固有周期の計算に用いる記号

記　号	記号の説明	単　位
A	モデル化に用いるフロートガイドの断面積	mm^2
d_m	モデル化に用いる弁本体の内径	mm
D_{fm}	モデル化に用いるフロートガイドの直径	mm
D_m	モデル化に用いる弁本体の外径	mm
E	モデル化に用いるフロートガイドの縦弾性係数	MPa
f	逆止弁の一次固有振動数	Hz
T	逆止弁の固有周期	s
I_a	モデル化に用いるフロートガイド１本の断面二次モーメント	mm^4
I_m	モデルの等価断面二次モーメント	mm^4
I_{m1}	モデル化に用いる弁本体の断面二次モーメント	mm^4
I_{m2}	モデル化に用いるフロートガイド４本の等価断面二次モーメント	mm^4
k	モデルのばね定数	N/mm
ℓ_1	モデル化に用いる弁本体の長さ	mm
ℓ_2	モデル化に用いるフロートガイドの長さ	mm
m	モデル化に用いる弁の全質量	kg
yg	フロートガイドの図心ＧとＸ軸の距離	mm

表 2-3　海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の応力評価に用いる記号（1／2）

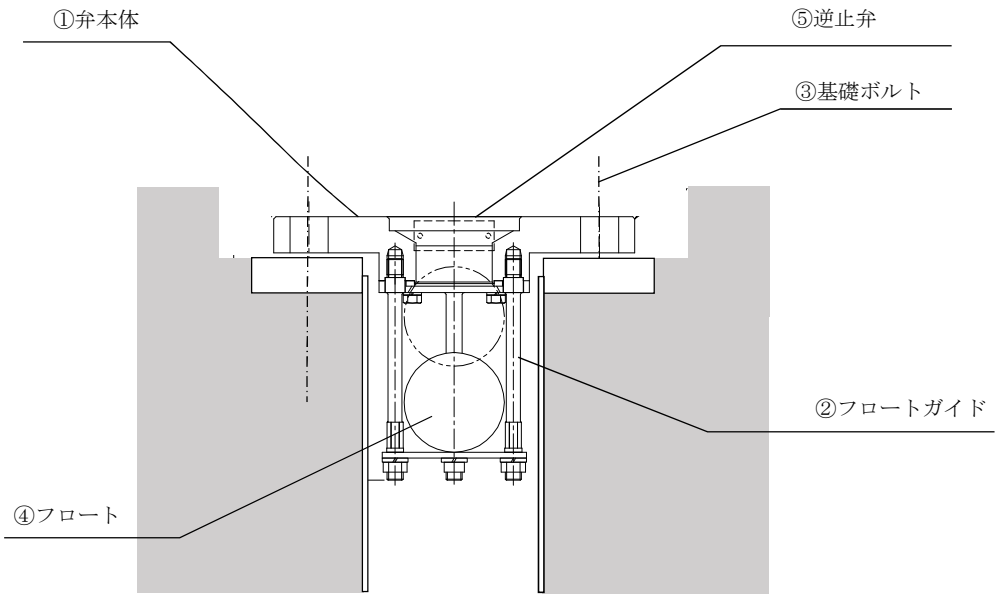
記　号	記号の説明	単　位
C_H	基準地震動S_Sによる水平方向の設計震度	－
C_V	基準地震動S_Sによる鉛直方向の設計震度	－
A_1	弁本体の断面積	mm^2
A_2	フロートガイドの最小断面積	mm^2
A_3	基礎ボルトのねじ部の断面積	mm^2
d_1	弁本体の内径	mm
D_1	弁本体の外径	mm
D_2	フロートガイドの最小直径	mm
D_P	基礎ボルトのピッチサークル	mm
F_{H1}	弁本体の最下端に加わる水平方向地震荷重	N
F_{H2}	フロートガイドの最下端に加わる水平方向地震荷重	N

表 2-3　海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の応力評価に用いる記号（2／2）

記　号	記号の説明	単　位
F_{V1}	弁本体に加わる鉛直方向地震荷重	N
F_{V2}	フロートガイドに加わる鉛直方向地震荷重	N
g	重力加速度	m/s^2
I_1	弁本体の断面二次モーメント	mm^4
I_2	フロートガイドの断面二次モーメント	mm^4
L_1	弁全体の長さ	mm
L_2	フロートガイドの長さ	mm
m	弁の全質量	kg
m_f	フロートガイド1本当たりの質量	kg
M_1	弁本体に発生する曲げモーメント	N･mm
M_2	フロートガイドに発生する曲げモーメント	N･mm
n	基礎ボルトの本数	本
W_{d1}	弁全体の常時荷重	N
W_{d2}	フロートガイド1本当たりに作用する常時荷重	N
σ_{bH}	水平方向地震荷重によるモーメントにより基礎ボルト 1 本当たりに加わる引張応力	MPa
σ_{bV}	鉛直方向地震荷重により基礎ボルト 1 本当たりに加わる引張応力	MPa
σ_{H1}	弁本体に加わる曲げ応力	MPa
σ_{H2}	フロートガイドの最小断面積に加わる曲げ応力	MPa
σ_{V1}	弁本体に加わる引張応力	MPa
σ_{V2}	フロートガイドの最小断面積に加わる引張応力	MPa
τ_3	基礎ボルトに加わるせん断応力	MPa
S	ボルト以外の許容引張応力，許容曲げ応力及び組合せ応力（Sを1.2倍した値）	MPa
f_s	許容せん断応力（f_sを1.5倍した値）	MPa
f_t	許容引張応力（f_tを1.5倍した値）	MPa
f_{to}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力（f_tを1.5倍した値）	MPa
f_{ts}	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力	MPa
τ	ボルトに作用するせん断応力	MPa

3. 評価部位

海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁は，弁本体，フロート，フロートガイド及び基礎ボルト等で構成されている。耐震評価においては，応力評価による評価部位として，弁本体，フロートガイド及び基礎ボルトを選定し，構造健全性評価による評価部位としてフロートを選定する。また，機能維持評価による評価部位として，逆止弁を選定する。海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の評価部位について，図 3-1 に示す。



図中の①～③は応力評価による評価部位を，④は構造健全性評価による評価部位を，⑤は機能維持評価による評価部位をそれぞれ示す。

図 3-1　海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の評価部位

4. 固有周期

4.1 固有周期の計算方法

海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の構造に応じて，保守的に固有周期が大きく算出されるよう，より柔となるようにモデル化し，固有周期を算出する。また，その場合においても固有周期が 0.05s 以下であることを確認する。

(1) 解析モデル

質量の不均一性を考慮し，一方の端を固定端，他方の端を自由端の 1 質点系モデルとして，自由端に弁の全質量mが集中したモデルを組む。モデル化は，円筒状の弁本体及び円柱状の 4 本のフロートガイドの異なる 2 つの断面をもつ梁の組合せとして設定する。モデル化の概略を図 4-1 に示す。

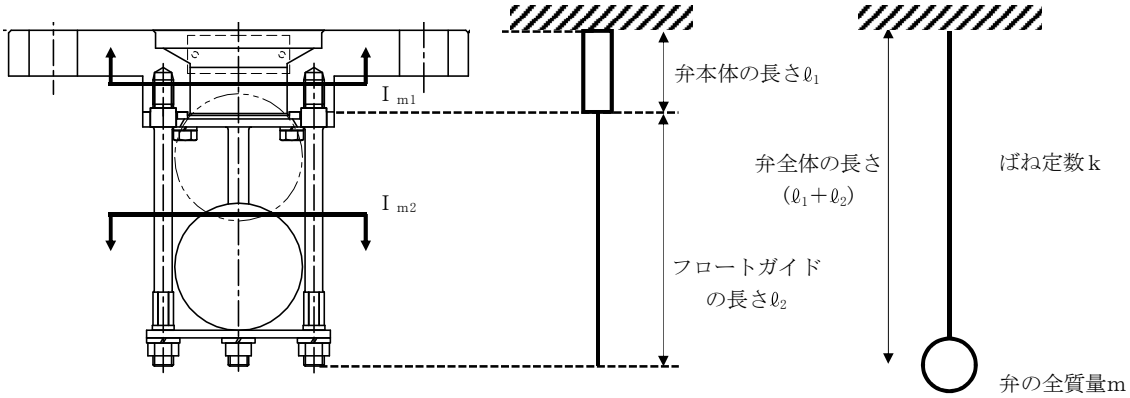


図 4-1 モデル化の概略

(2) 固有周期の計算

固有周期の計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

固有周期Tを以下の式より算出する。

$$T = \frac{1}{f}$$

$$f = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$k = \frac{3 \cdot E \cdot I_m}{(L_1)^3}$$

モデルの等価断面二次モーメントI_mの算出過程を以下に示す。

a. モデル化に用いる弁本体の断面二次モーメント

モデル化に用いる弁本体の断面二次モーメントI_{m1}は，以下の式より算出する。

$$I_{m1} = (D_m^{\,4} - d_m^{\,4}) \cdot \frac{\pi}{64}$$

b. モデル化に用いるフロートガイド４本の等価断面二次モーメント

平行軸の定理から，フロートガイドの図心Ｇと Ｘ軸の距離 yg を用いて，モデル化に用いるフロートガイド４本の等価断面二次モーメント I_{m2} は，以下の式より算出する。フロートガイド４本の断面を図 4-2 に示す。

$$I_a = D_{fm}^{\,4} \cdot \frac{\pi}{64}$$

$$I_{m2} = 2 \cdot I_a + 2 \cdot \left(I_a + (yg)^2 \cdot A \right)$$

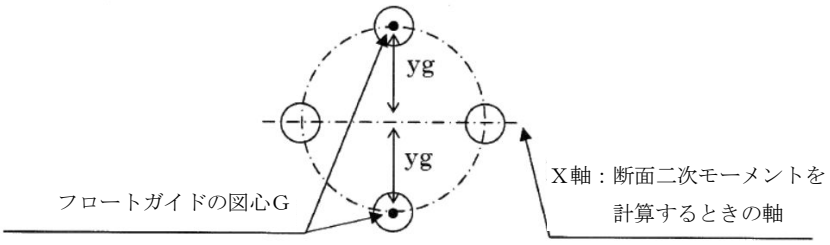


図 4-2　フロートガイド４本の断面

c. モデルの等価断面二次モーメント

モデルの等価断面二次モーメント I_m は，以下の式より算出する。

$$I_m = \frac{(\ell_1 + \ell_2)^3 \cdot I_{m1} \cdot I_{m2}}{I_{m1} \cdot \ell_2^{\,3} + I_{m2} \cdot (\ell_1^{\,3} + 3 \cdot \ell_1 \cdot \ell_2^{\,2} + 3 \cdot \ell_1^{\,2} \cdot \ell_2)}$$

4.2　固有周期の計算条件

表 4-1 に固有周期の計算条件を示す。

表 4-1　固有周期の計算条件

フロートガイドの材質	モデル化に用いる弁の全質量 m（kg）	モデル化に用いる弁本体の外径 D_m（mm）	モデル化に用いる弁本体の内径 d_m（mm）	モデル化に用いるフロートガイドの直径 D_{fm}（mm）
SUS316L	3.95	75	65	7

フロートガイドの図心GとX軸の距離 yg（mm）	モデル化に用いる弁本体の長さ ℓ_1（mm）	モデル化に用いるフロートガイドの長さ ℓ_2（mm）	モデル化に用いるフロートガイドの縦弾性係数 E（MPa）
30	30	102	1.93×10^5

4.3　固有周期の計算結果

表 4-2 に固有周期の計算結果を示す。固有周期は，0.05s 以下であることから，剛構造である。

表 4-2　固有周期の計算結果

固有振動数 (Hz)	466
固有周期 (s)	0.003

5.　構造強度評価

5.1　構造強度評価方法

海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の耐震評価は，添付書類「V-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえて，「3.　評価部位」にて設定する評価部位に作用する応力等が「5.3　許容限界」にて示す許容限界以下であることを確認する。

5.2　荷重の組合せ及び許容応力

5.2.1　荷重の設定

(1)　固定荷重（D）

常時作用する荷重として，弁全体及びフロートガイドの自重を考慮する。

$W_{d1}=m_1 \cdot g$

$W_{d2}=m_2 \cdot g$

(2)　基準地震動S_sによる地震荷重（S_s）

基準地震動S_sによる地震荷重を考慮する。

$F_{H1}=m_1 \cdot C_H \cdot g$

$F_{H2}=m_2 \cdot C_H \cdot g$

$F_{V1}=m_1 \cdot C_V \cdot g$

$F_{V2}=m_2 \cdot C_v \cdot g$

5.2.2　荷重の組合せ

海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の耐震計算にて考慮する荷重の組合せを表5-1に示す。

表5-1　海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の耐震計算にて考慮する荷重の組合せ

施設区分	機器名称	荷重の組合せ*1
浸水防護施設 （浸水防止設備）	海水ポンプグランドドレン 排出口逆止弁	$D+S_s$

注記　＊1：Dは固定荷重，S_sは基準地震動S_sによる地震荷重を示す。

5.3　許容限界

海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の弁本体，フロートガイド及び基礎ボルトの許容限界は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき表 5-2 のとおりとする。また，許容応力評価条件を表 5-3 に，フロートガイド及び基礎ボルトの許容応力算出結果を表 5-4 にそれぞれ示す。

表 5-2　弁本体，フロートガイド及び基礎ボルトの許容限界

許容応力状態	許容限界*1 (ボルト以外)			許容限界*2 (ボルト)		
	一次応力			一次応力		
	引　張	曲　げ	組合せ*3	引　張	せん断	組合せ*4
ⅢAS*5	1.2・S	1.2・S	1.2・S	1.5・f_t	1.5・f_s	1.5・f_{ts}

注記　＊1：引張及び曲げは，ＪＥＡＧ４６０１・補－1984 を準用し，「管」の許容限界のうちクラス２，３配管に対する許容限界に準じて設定する。

＊2：引張及びせん断は，ＪＥＡＧ４６０１・補－1984 を準用し，「その他の支持構造物」の許容限界を適用する。組合せは，ＪＳＭＥ　ＮＣ１－2005/2007 による。

＊3：引張と曲げの組合せ応力

＊4：せん断応力と引張応力の組合せ応力

せん断応力と引張応力を同時に受けるボルトの許容引張応力 f_{ts} は，次のいずれか小さい方の値

$f_{ts}=1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau$

$f_{ts}=f_{to}$

＊5：地震後，津波後の再使用性や津波の繰返し作用を想定し，当該構造物全体の変形能力に対して浸水防護機能として十分な余裕を有するよう，設備を構成する材料が弾性域内に収まることを基本とする。

表 5-3　弁本体，フロートガイド及び基礎ボルトの許容応力評価条件

評価部位	材　料	温度条件 (℃)	S*1 (MPa)	S_y*1 (MPa)	S_u*1 (MPa)	S_y(RT)*1 (MPa)	F*1*2 (MPa)
弁本体	SUS316L	50	110	－	－	－	－
フロートガイド	SUS316L		110	－	－	－	－
基礎ボルト	SUS304		－	198	504	205	205

注記　＊1：S：鉄鋼材料（ボルト材を除く）の許容引張応力，S_y：設計降伏点，S_u：設計引張強さ，S_y(RT)：40℃における設計降伏点，F：許容応力算定用基準値を示す。

＊2：F＝Min[1.35・S_y，0.7・S_u，S_y(RT)]とする。

表 5-4　弁本体，フロートガイド及び基礎ボルトの許容応力算出結果

許容応力状態	評価部位	許容限界（ボルト以外）			許容限界（ボルト）	
		一次応力			一次応力	
		引　張 S (MPa)	曲　げ S (MPa)	組合せ S (MPa)	引　張 f_{to} (MPa)	せん断 f_s (MPa)
$\mathrm{III}_A\mathrm{S}$	弁本体	132	132	132	－	－
	フロートガイド	132	132	132	－	－
	基礎ボルト	－	－	－	153	117

5.4　設計用地震力

「4.　固有周期」に示したとおり海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の固有周期が 0.05s 以下であることを確認したため，海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の耐震計算に用いる設計震度は，添付書類「Ⅴ-2-1-7　設計用床応答曲線の作成方針」に示す取水構造物における設置床の最大応答加速度の 1.2 倍を考慮して設定する。海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の耐震計算に用いる設計震度を表 5-5 に示す。

表 5-5　設計用地震力

地震動	据付場所 及び床面高さ (m)	地震による設計震度*1	
基準地震動 S_S	取水構造物 EL. 0.800 (EL. 0.300*2)	水平方向C_H	1.10
		鉛直方向C_V	1.03

注記　＊1：「4.　固有周期」より，海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の固有周期が 0.05s 以下であることを確認したため，設置床の最大応答加速度の 1.2 倍を考慮した設計震度を設定した。

＊2：基準床レベルを示す。

5.5　計算方法

(1)　弁本体

弁本体の発生応力を算出する。弁本体の応力評価に用いる断面積A_1は，図 5-1 に示すとおり，弁本体のうち最も肉厚が薄い断面を適用する。

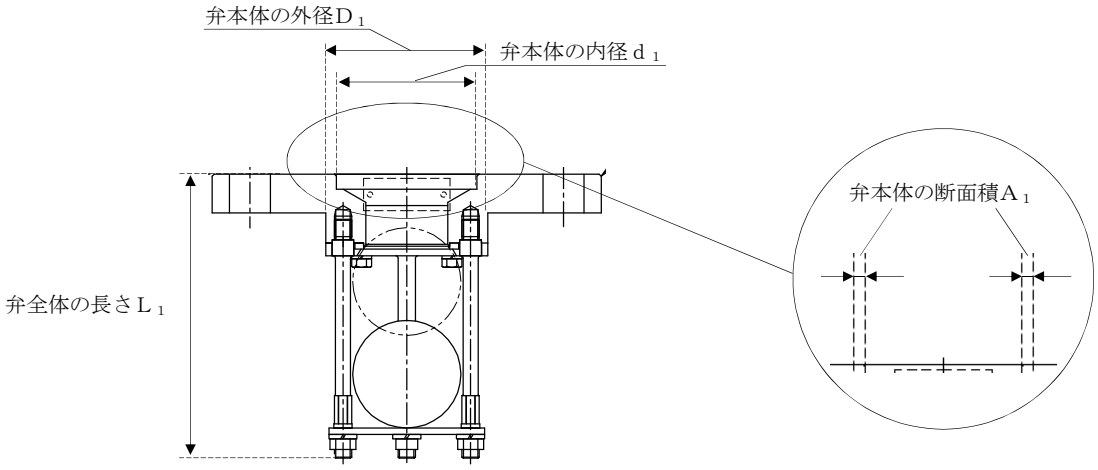


図 5-1　逆止弁本体の構造図

a. 鉛直応答加速度負荷時

鉛直応答加速度により，弁本体に加わる引張応力σ_{V1}を以下の式より算出する。

$$\sigma_{V1}=\frac{W_{d1}+F_{V1}}{A_1}$$

b. 水平応答加速度負荷時

弁体の最下端に集中荷重が負荷された片持ち梁として，水平応答加速度により，弁本体に加わる曲げ応力σ_{H1}を以下の式より算出する。

$$M_1=F_{H1}\cdot L_1$$

$$I_1=(D_1^4-d_1^4)\cdot\frac{\pi}{64}$$

$$\sigma_{H1}=\frac{M_1\cdot(\frac{D_1}{2})}{I_1}$$

(2)　フロートガイド

フロートガイドの応力評価に用いるフロートガイドの最小断面積A_2は，以下の図 5-2 に示すフロートガイドの最小直径D_2から求める。フロートガイドの最小断面積A_2はフロートガイドのうち最も肉厚が薄い断面を適用する。

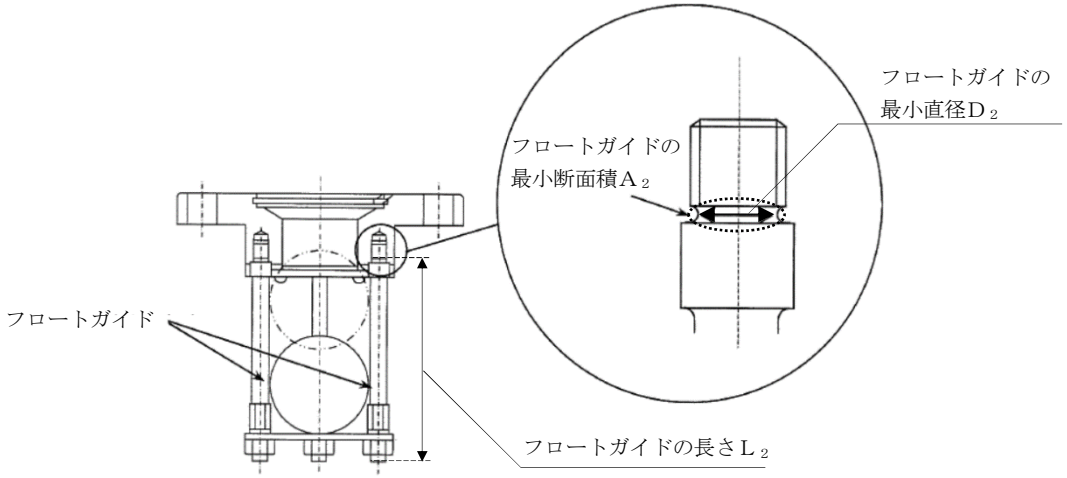


図 5-2　フロートガイドの応力評価に用いる断面積

a.　鉛直応答加速度負荷時

鉛直応答加速度によりフロートガイドの最小断面積に加わる引張応力σ_{V2}を以下の式より算出する。

$$\sigma_{V2}=\frac{W_{d2}+F_{V2}}{A_2}$$

b.　水平応答加速度負荷時

フロートガイドの最下端に集中荷重が負荷された片持ち梁として，水平応答加速度により，フロートガイドの最小断面積に加わる曲げ応力σ_{H2}を以下の式より算出する。

$$M_2=F_{H2}\cdot L_2$$

$$I_2=D_2{}^4\cdot\frac{\pi}{64}$$

$$\sigma_{H2}=\frac{M_2\cdot\left(\frac{D_2}{2}\right)}{I_2}$$

(3)　基礎ボルト

基礎ボルトの応力評価に用いる基礎ボルトのねじ部の断面積A_3は，図 5-3 に示すとおり，最も肉厚が薄い断面を適用する。

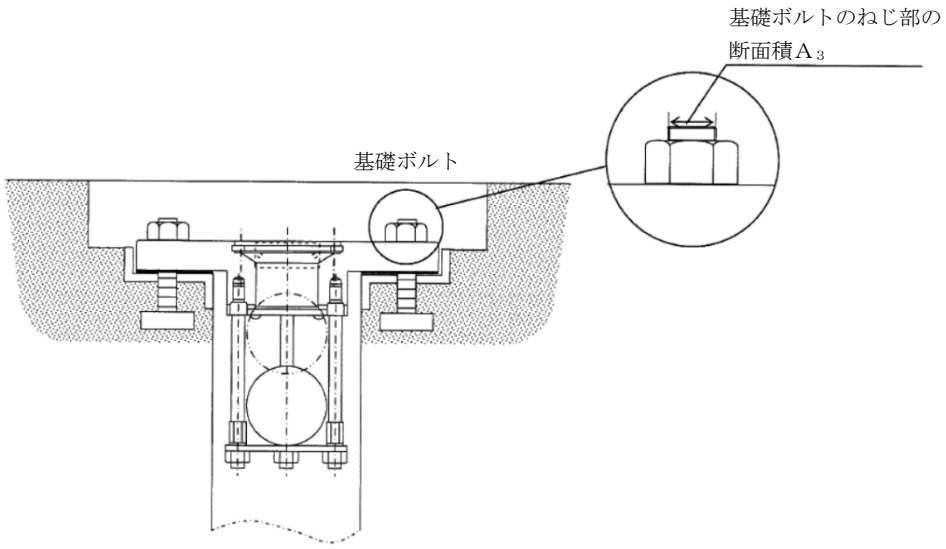


図 5-3　基礎ボルトの応力評価に用いる断面積

a.　鉛直応答加速度負荷時

鉛直応答加速度により，基礎ボルト 1 本当たりに加わる引張応力σ_{bV}を以下の式より算出する。

$$\sigma_{bV}=\frac{W_{d1}+F_{V1}}{A_3\cdot n}$$

b.　水平応答加速度負荷時

(a) せん断応力

水平応答加速度により，基礎ボルトに加わるせん断応力τ_3を以下の式より算出する。

$$\tau_3=\frac{F_{H1}}{A_3\cdot n}$$

(b) モーメントによる引張応力

水平応答加速度により対角線上の基礎ボルトを 2 本支持したと仮定し，弁全体の最下端に集中荷重が作用した場合において，水平方向地震荷重によるモーメントにより基礎ボルト 1 本当たりに加わる引張応力σ_{bH}を以下の式より算出する。図 5-4 にモーメントによる引張応力の作用イメージを示す。

$$\sigma_{bH}=\frac{F_{H1}\cdot L_1}{D_P\cdot A_3}$$

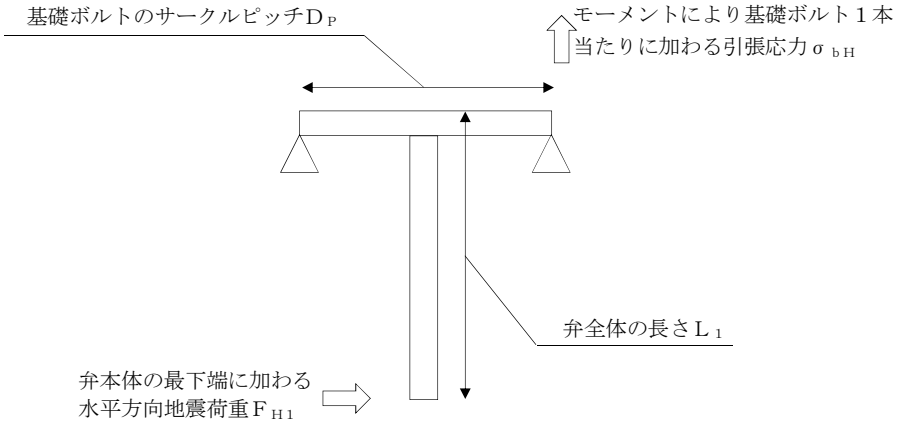


図 5-4　モーメントによる引張応力の作用イメージ

5.6　計算条件

海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の応力評価に用いる計算条件を表 5-6 に示す。

表 5-6　海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の応力評価に用いる計算条件

弁本体の材質	弁本体の 断面積A_1 (mm^2)	弁の全質量 m (kg)	弁全体の長さ L_1 (mm)
SUS316L	1.100×10^3	3.95	132

弁本体の 外径D_1 (mm)	弁本体の最大 内径d_1 (mm)	フロートガイドの 材質	フロートガイドの 最小断面積A_2 (mm^2)
75	65	SUS316L	34.21

フロートガイドの 1本当たりの質量m_f (kg)	フロートガイドの 長さL_2 (mm)	フロートガイド の最小直径D_2 (mm)	基礎ボルトの材質
0.05	102	6.6	SUS304

基礎ボルトの ねじ部の断面積A_3 (mm^2)	基礎ボルトの本数n	基礎ボルトの サークルピッチ D_P (mm)	重力加速度 g (m/s^2)
2.011×10^2	4	145	9.80665

6. 機能維持評価

「3. 評価部位」にて評価部位として設定した逆止弁の地震時及び地震後の機能維持を確認するため，「6.1 機能維持評価方法」に示すとおり，逆止弁の加振試験後に逆止弁の漏えい試験を実施することにより逆止弁の機能維持評価を実施した。

6.1 機能維持評価方法

海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の固有周期を考慮して，地震時における海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の評価用加速度を設定し，設定した評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを確認する。機能確認済加速度には，正弦波加振試験において，止水性の機能の健全性を確認した加振波の最大加速度を適用する。機能確認済加速度を表 6-1 に示す。

具体的な機能維持確認として，海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁に対して，正弦波により水平方向及び鉛直方向の加振試験を実施後，Ⅴ-1-1-2-2-3「入力津波の設定」に示す入力津波を踏まえ，それらの津波荷重水位を上回る圧力として 0.3 MPa 以上の水圧にて漏えい試験を実施し，漏えい量が許容漏えい量以下であることを確認した。本漏えい試験の結果により，フロートの地震時及び地震後の機能維持を確認した。

なお，固有値解析結果より，海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の固有周期が 0.05s 以下であることを確認したため，評価用加速度には設置床の最大応答加速度を使用した。

表 6-1 逆止弁の機能確認済加速度

評価部位	機能確認済加速度（×9.8m/s^2）	
	水平方向	鉛直方向
逆止弁	6.0	6.0

7. 評価結果

海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の耐震評価結果を以下に示す。(1)，(2) 及び (3) に示す評価結果から，海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁が耐震性を有することを確認した。

(1) 基準地震動S_Sに対する評価

基準地震動S_Sに対する構造強度評価結果を表 7-1 に示す。発生応力が許容応力以下であることから構造部材が構造健全性を有することを確認した。

表 7-1 基準地震動S_Sによる評価結果

評価部位	評価応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
弁本体	引 張	1	132
	曲 げ	1	132
	組合せ*1	2	132
フロートガイド	引 張	1	132
	曲 げ	2	132
	組合せ*1	3	132
基礎ボルト	引 張*2	2	153*3
	せん断	1	117

注記 ＊1：引張（σ_V）＋曲げ（σ_H）は，$\sigma_V+\sigma_H \leqq f_t$で評価

＊2：基礎ボルトの引張応力は，$\sigma_{bH}+\sigma_{bV}$の和

＊3：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau, f_{to}]$より算出

(2) 基準地震動S_Sに対する逆止弁の機能維持評価

海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の機能維持確認結果を表 7-2 に示す。表 7-2 に示すとおり評価用加速度が機能確認済加速度以下であることから逆止弁の機能維持を確認した。

表 7-2 機能維持評価結果

評価部位	機能確認済加速度との比較			
	水平加速度（×9.8 m/s²）		鉛直加速度（×9.8 m/s²）	
	評価用加速度*	機能確認済加速度	評価用加速度*	機能確認済加速度
逆止弁	0.91	6.0	0.86	6.0

注記 ＊：「4. 固有周期」より，海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の固有周期が 0.05s 以下であることを確認したため，評価用加速度には設置床の最大応答加速度を使用した。

(3)　基準地震動Ｓｓに対するフロートの構造健全性評価

「(2)　基準地震動Ｓｓに対する逆止弁の機能維持評価」に示したとおり逆止弁の機能維持を確認したことにより,評価部位であるフロートが構造健全性を有することを確認した。

Ⅴ-2-10-2-6-2　取水ピット空気抜き配管逆止弁の

耐震性についての計算書

目　次

1.　概要 1
2.　一般事項 2
2.1　配置概要 2
2.2　構造計画 3
2.3　評価方針 4
2.4　適用基準 6
2.5　記号の説明 7
3.　評価部位 9
4.　固有周期 10
4.1　固有周期の計算方法 10
4.2　固有周期の計算条件 11
4.3　固有周期の計算結果 11
5.　構造強度評価 12
5.1　構造強度評価方法 12
5.2　荷重及び荷重の組合せ 12
5.3　許容限界 13
5.4　設計用地震力 15
5.5　計算方法 16
5.6　計算条件 20
6.　機能維持評価 21
6.1　機能維持評価方法 21
7.　評価結果 22

1. 概要

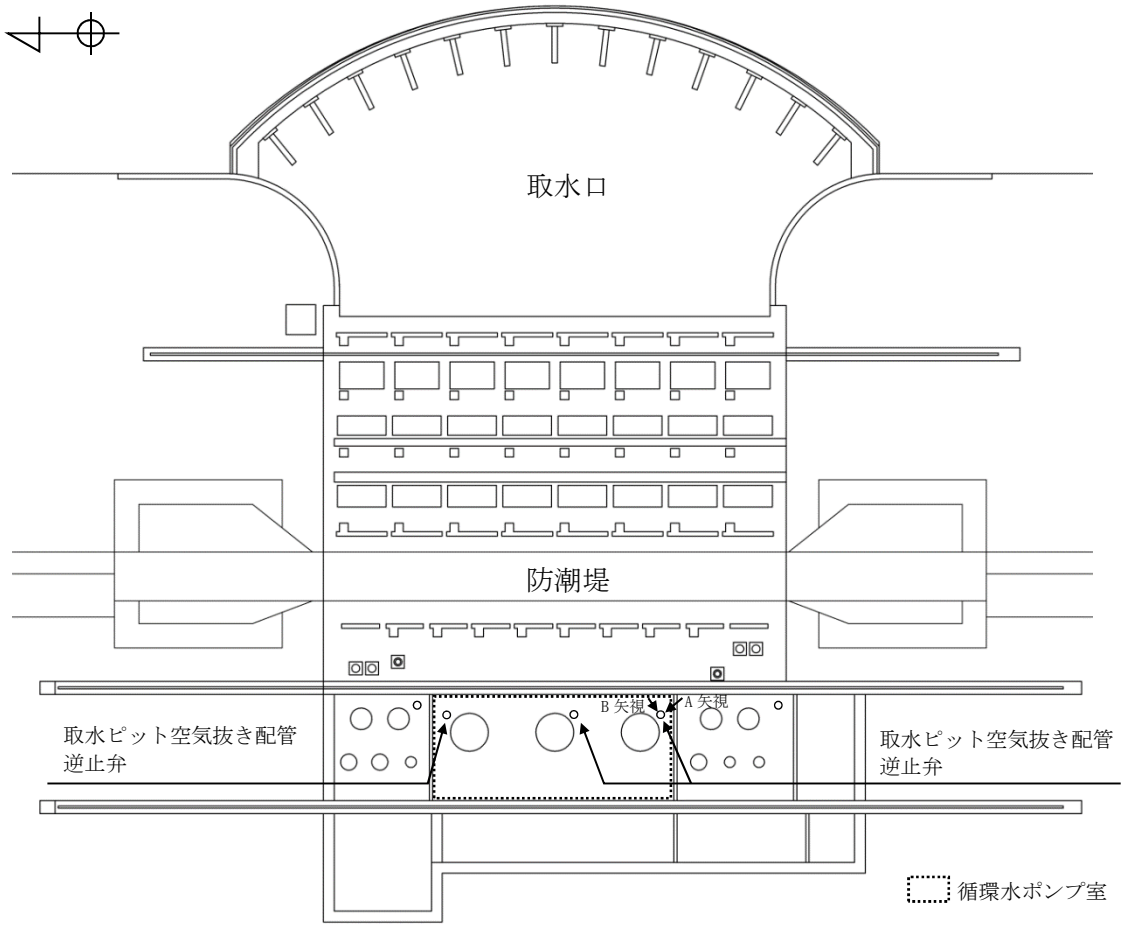
本資料は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度に基づき，浸水防護施設のうち取水ピット空気抜き配管逆止弁が設計用地震力に対して，主要な構造部材が十分な構造健全性を有することを確認するものである。その耐震評価は，逆止弁の固有値解析，応力評価，機能維持評価及び機能維持評価結果に基づく構造健全性評価により行う。

2. 一般事項

2.1 配置概要

取水ピット空気抜き配管逆止弁は，循環水ポンプ室の取水ピット空気抜き配管に設置する。

取水ピット空気抜き配管逆止弁の設置位置を図 2-1 に示す。



（平面図）

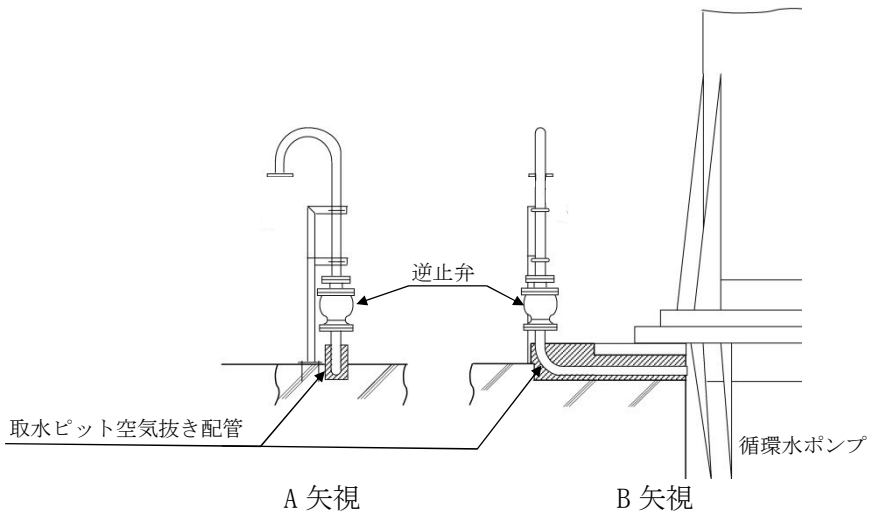
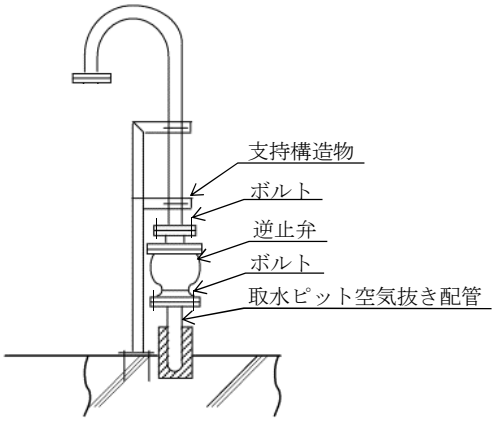
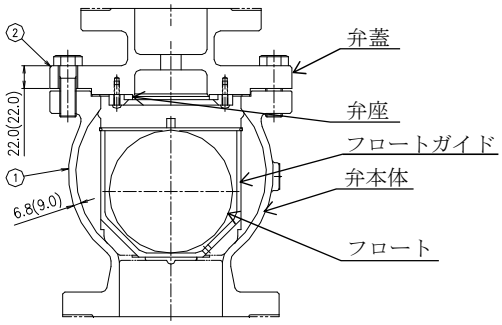


図 2-1　取水ピット空気抜き配管逆止弁の設置位置図

2.2　構造計画

取水ピット空気抜き配管逆止弁は，フロート式の逆止弁であり，津波の流入によりフロートが押上げられ，弁座に密着することで止水する。取水ピット空気抜き配管逆止弁の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
弁本体及び弁蓋のフランジ部を循環水ポンプ室に設置されている取水ピット空気抜き配管のフランジ面にボルトで固定する。また，配管系への支持構造物の取付けにより固定する。	弁本体，弁座を含む弁蓋，弁体であるフロート及びフロートを弁座へ導くフロートガイドで構成する。	 

2.3　評価方針

取水ピット空気抜き配管逆止弁の耐震評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.2　構造計画」に示す取水ピット空気抜き配管逆止弁の構造を踏まえ，「3.　評価部位」にて設定する評価部位において，「4.　固有周期」にて算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを，「5.　構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また，取水ピット空気抜き配管逆止弁の機能維持評価は，取水ピット空気抜き配管逆止弁の固有周期を考慮して評価用加速度を設定し，設定した評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを「6.機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。さらに，構造健全性評価により耐震評価を実施する評価部位については，取水ピット空気抜き配管逆止弁の機能維持評価結果に基づき構造健全性を確認することで実施する。応力評価，機能維持評価及び構造健全性評価の評価結果を「7.　評価結果」にて確認する。

ここで，機能確認済加速度には，正弦波加振試験において，止水性の機能の健全性を確認した加振波の最大加速度を適用する。

耐震評価フローを図 2-2 に示す。

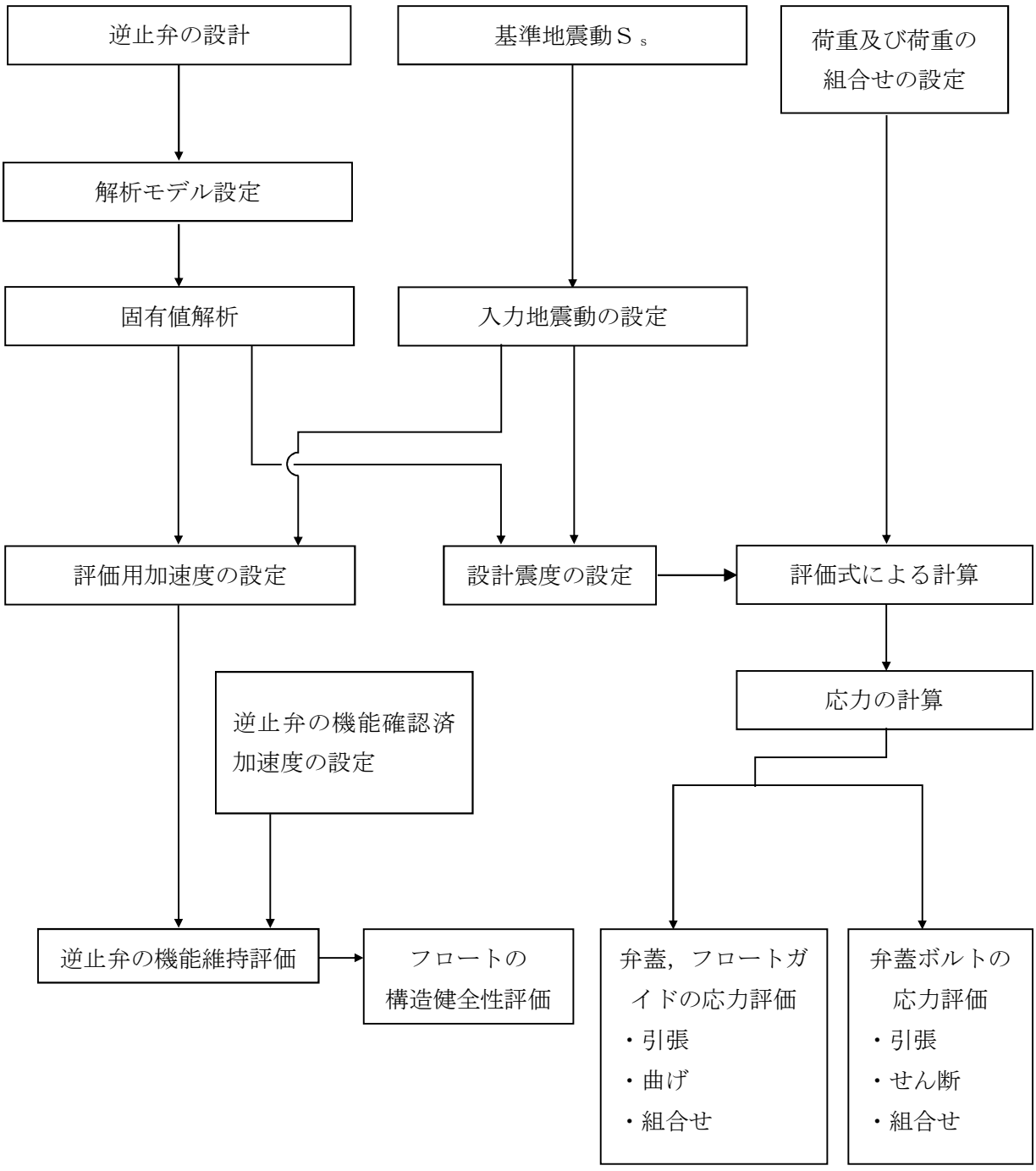

逆止弁の設計
基準地震動Ｓｓ
荷重及び荷重の組合せの設定
解析モデル設定
固有値解析
入力地震動の設定
評価用加速度の設定
設計震度の設定
評価式による計算
応力の計算
逆止弁の機能確認済加速度の設定
逆止弁の機能維持評価
フロートの構造健全性評価
弁蓋，フロートガイドの応力評価
・引張
・曲げ
・組合せ
弁蓋ボルトの応力評価
・引張
・せん断
・組合せ

図 2-2　耐震評価フロー

2.4　適用基準

適用する規格，基準等を以下に示す。

(1)　発電用原子力設備規格　設計・建設規格（2005 年版（2007 年追補版含む。））ＪＳＭＥＳ　ＮＣ１－2005/2007（日本機械学会）

(2)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1987（日本電気協会）

(3)　原子力発電所耐震設計技術指針　重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１・補－1984（日本電気協会）

(4)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1991 追補版（日本電気協会）

2.5　記号の説明

取水ピット空気抜き配管逆止弁の固有周期の計算に用いる記号を表 2-2 に，応力評価に用いる記号を表 2-3 にそれぞれ示す。

表 2-2　取水ピット空気抜き配管逆止弁の固有周期の計算に用いる記号

記　号	記号の説明	単　位
d_1	モデル化に用いる弁蓋の内径	mm
D_1	モデル化に用いる弁蓋の外径	mm
E	モデル化に用いる部位の縦弾性係数	MPa
f	逆止弁の一次固有振動数	Hz
T	逆止弁の固有周期	s
I_m	モデルの等価断面二次モーメント	mm^4
I_1	モデル化に用いる弁蓋の断面二次モーメント	mm^4
L_1	モデル化に用いる弁全体の長さ	mm
m	モデル化に用いる弁の全質量	kg

表 2-3　取水ピット空気抜き配管逆止弁の応力評価に用いる記号（1／2）

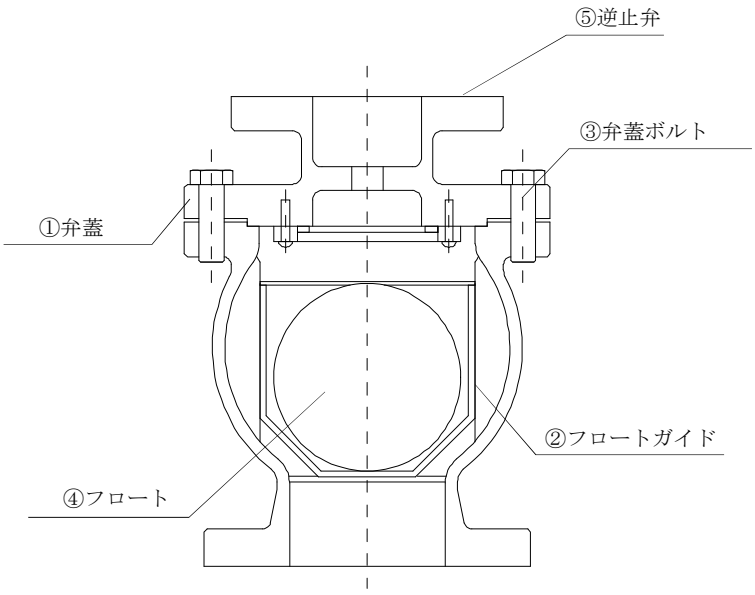
記　号	記号の説明	単　位
C_H	基準地震動S_sによる水平方向の設計震度	－
C_V	基準地震動S_sによる鉛直方向の設計震度	－
A_1	弁蓋の断面積	mm^2
A_2	フロートガイドの断面積	mm^2
A_3	弁蓋ボルトのねじ部の断面積	mm^2
d_1	弁蓋の内径	mm
D_1	弁蓋の外径	mm
d_2	フロートガイドの内径	mm
D_2	フロートガイドの外径	mm
D_P	弁蓋ボルトのピッチサークル	mm
F_{H1}	弁全体の最下端に加わる水平方向地震荷重	N
F_{H2}	フロートガイドの最下端に加わる水平方向地震荷重	N
F_{V1}	弁蓋に加わる鉛直方向地震荷重	N
F_{V2}	フロートガイドに加わる鉛直方向地震荷重	N
g	重力加速度	m/s^2
I_1	弁蓋の断面二次モーメント	mm^4
I_2	フロートガイドの断面二次モーメント	mm^4
L_1	弁全体の長さ	mm

表 2-3　取水ピット空気抜き配管逆止弁の応力評価に用いる記号（2／2）

記　号	記号の説明	単　位
L_2	フロートガイドの長さ	mm
m_1	弁の全質量	kg
m_2	フロートガイドの質量	kg
M_1	弁蓋に発生する曲げモーメント	N･mm
M_2	フロートガイドに発生する曲げモーメント	N･mm
n	弁蓋ボルトの本数	本
W_{d1}	弁全体の常時荷重	N
W_{d2}	フロートガイドに作用する常時荷重	N
σ_{bH}	水平方向地震荷重によるモーメントにより弁蓋ボルト 1 本当たりに加わる引張応力	MPa
σ_{bV}	鉛直方向地震荷重により弁蓋ボルト 1 本当たりに加わる引張応力	MPa
σ_{H1}	弁蓋に加わる曲げ応力	MPa
σ_{H2}	フロートガイドに加わる曲げ応力	MPa
σ_{V1}	弁蓋に加わる引張応力	MPa
σ_{V2}	フロートガイドに加わる引張応力	MPa
τ_1	弁蓋ボルトに加わるせん断応力	MPa
S	ボルト以外の許容引張応力，許容曲げ応力及び組合せ応力（Ｓを 1.2 倍した値）	MPa
f_s	許容せん断応力（f_sを 1.5 倍した値）	MPa
f_t	許容引張応力（f_tを 1.5 倍した値）	MPa
f_{to}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力（ｆｔを 1.5 倍した値）	MPa
f_s	ボルトの許容せん断応力（ｆｓを 1.5 倍した値）	MPa
f_{ts}	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力	MPa
τ	ボルトに作用するせん断応力	MPa

3.　評価部位

取水ピット空気抜き配管逆止弁は，弁蓋，フロートガイド，フロート，弁蓋ボルト及び接続配管等で構成されている。耐震評価においては，応力評価による評価部位として，弁蓋，フロートガイド及び弁蓋ボルトを選定し，構造健全性評価による評価部位としてフロートを選定する。また，機能維持評価による評価部位として，逆止弁を選定する。取水ピット空気抜き配管逆止弁の評価部位について，図 3-1 に示す。



図中の①～③は応力評価による評価部位を，④は構造健全性評価による評価部位を，
⑤は機能維持評価による評価部位をそれぞれ示す。

図 3-1　取水ピット空気抜き配管逆止弁の評価部位

4.　固有周期

4.1　固有周期の計算方法

取水ピット空気抜き配管逆止弁の構造に応じて,保守的に固有周期が大きく算出されるよう,より柔となるようにモデル化し，固有周期を算出する。また，その場合においても固有周期が0.05s 以下であることを確認する。当該逆止弁は配管を介して支持されているが，剛構造となる支持間隔で支持していることから，固有周期の計算におけるモデル化に当たっては弁のみをモデル化する。

(1)　解析モデル

質量の不均一性を考慮し，一方の端を固定端，他方の端を自由端の 1 質点系モデルとして，自由端に弁の全質量mが集中したモデルを組む。モデル化は，各部位の寸法や形状を踏まえ，弁蓋の最小断面が最も大きい固有周期を有するものとし，これを弁全体に一様断面をもつ片持ちはりに単純化したモデルとする。モデル化の概略を図 4-1 に示す。

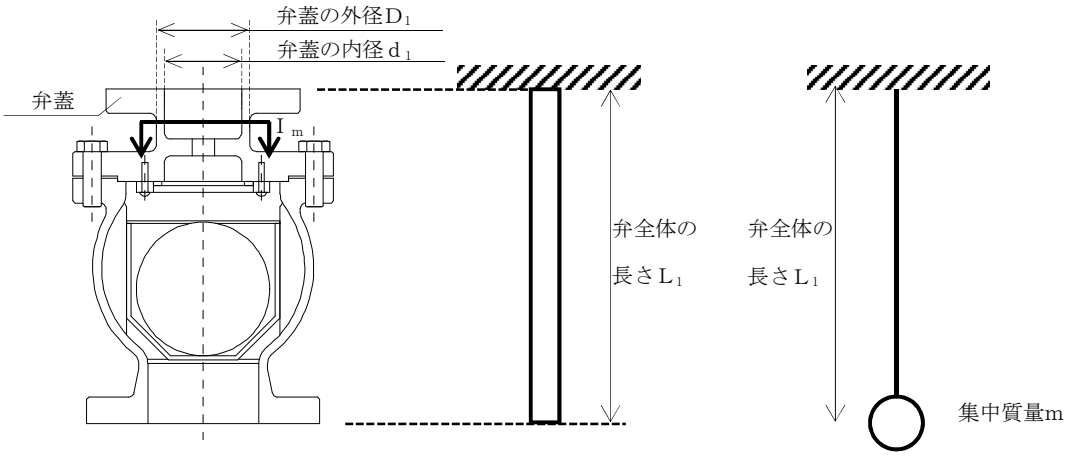


図 4-1　モデル化の概略

(2)　固有周期の計算

固有周期の計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

固有周期Tを以下の式より算出する。

$$T = \frac{1}{f}$$

$$f = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$k = \frac{3 \cdot E \cdot I_m}{(L_1)^3}$$

モデル化に用いる弁本体の断面二次モーメントI_1は，以下の式より算出する。

$$I_1 = (D_m^4 - d_m^4) \cdot \frac{\pi}{64}$$

以下のとおり弁蓋の断面二次モーメントI_1をモデルの断面二次モーメントI_mに適用する。

$$I_m = I_1$$

4.2　固有周期の計算条件

表 4-1 に固有周期の計算条件を示す。

表 4-1　固有周期の計算条件

フロートガイドの材質	モデル化に用いる弁の全質量m (kg)	モデル化に用いる弁蓋の外径D_1 (mm)
SUS316L	31	88

モデル化に用いる弁蓋の内径d_1 (mm)	モデル化に用いる弁全体の長さL_1 (mm)	モデル化に用いるフロートガイドの縦弾性係数E (MPa)
70	292	1.94×10^5

4.3　固有周期の計算結果

表 4-2 に固有周期の計算結果を示す。固有周期は，0.05s 以下であることから，剛構造である。

表 4-2　固有周期の計算結果

固有振動数 (Hz)	183
固有周期 (s)	0.006

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

取水ピット空気抜き配管逆止弁の耐震評価は，添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえて，「3. 評価部位」にて設定する評価部位に作用する応力等が「5.3 許容限界」にて示す許容限界以下であることを確認する。

5.2 荷重及び荷重の組合せ

5.2.1 荷重の設定

(1) 固定荷重（D）

常時作用する荷重として，弁全体の自重W_{d1}及びフロートガイドの自重W_{d2}を考慮し，以下の式より算出する。

$$W_{d1}=m_1 \cdot g$$

$$W_{d2}=m_2 \cdot g$$

(2) 基準地震動S_sによる地震荷重（S_s）

基準地震動S_sによる地震荷重F_{H1}，F_{V1}，F_{H2}，F_{V2}を考慮し，以下の式より算出する。

$$F_{H1}=m_1 \cdot C_H \cdot g$$

$$F_{V1}=m_1 \cdot C_V \cdot g$$

$$F_{H2}=m_2 \cdot C_H \cdot g$$

$$F_{V2}=m_2 \cdot C_v \cdot g$$

5.2.2 荷重の組合せ

取水ピット空気抜き配管逆止弁の耐震計算にて考慮する荷重の組合せを表 5-1 に示す。

表 5-1 取水ピット空気抜き配管逆止弁の耐震計算にて考慮する荷重の組合せ

施設区分	機器名称	荷重の組合せ*1
浸水防護施設 （浸水防止設備）	取水ピット空気抜き配管逆止弁	D＋S_s

注記 ＊1：Dは固定荷重，S_sは基準地震動S_sによる地震荷重を示す。

5.3　許容限界

取水ピット空気抜き配管逆止弁の弁蓋，フロートガイド及び弁蓋ボルトの許容限界を表 5-2 に，許容応力評価条件を表 5-3 にそれぞれに示す。また，弁蓋，フロートガイド及び弁蓋ボルトの許容応力算出結果を表 5-4 に示す。

表 5-2　弁本体，弁蓋，フロートガイド及び弁蓋ボルトの許容限界

許容応力状態	許容限界*1（ボルト以外）			許容限界*2（ボルト）		
	一次応力			一次応力		
	引　張	曲　げ	組合せ*3	引　張	せん断	組合せ*4
III_AS*5	1.2・S	1.2・S	1.2・S	1.5・f_t	1.5・f_s	1.5・f_{ts}

注記　＊1：引張及び曲げは，ＪＥＡＧ４６０１・補－1984 を準用し，「管」の許容限界のうちクラス２，３配管に対する許容限界に準じて設定する。

＊2：引張及びせん断は，ＪＥＡＧ４６０１・補－1984 を準用し，「その他の支持構造物」の許容限界を適用する。組合せは，ＪＳＭＥ　ＮＣ１－2005/2007 による。

＊3：引張と曲げの組合せである。

＊4：せん断応力と引張応力の組合せ応力

せん断応力と引張応力を同時に受けるボルトの許容引張応力 f_{ts} は，次のいずれか小さい方の値

$f_{ts}=1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau$

$f_{ts}=f_{to}$

＊5：地震後，津波後の再使用性や津波の繰返し作用を想定し，当該構造物全体の変形能力に対して浸水防護機能として十分な余裕を有するよう，設備を構成する材料が弾性域内に収まることを基本とする。

表 5-3　弁蓋，フロートガイド及び弁蓋ボルトの許容応力評価条件

評価部位	材　料	温度条件（℃）	S*1（MPa）	S_y*1（MPa）	S_u*1（MPa）	F*1*2（MPa）
弁蓋	SCS16A	40	120	－	－	－
フロートガイド	SUS316L		111	－	－	－
弁蓋ボルト	SUS316L		－	175	480	175

注記　＊1：Ｓ：鉄鋼材料（ボルト材を除く）の許容引張応力，S_y：設計降伏点，S_u：設計引張強さ，Ｆ：許容応力算定用基準値を示す。

＊2：Ｆ＝Min[S_y，0.7・S_u]とする。

表 5-4　弁蓋，フロートガイド及び弁蓋ボルトの許容応力算出結果

許容応力状態	評価部位	許容限界（ボルト以外）			許容限界（ボルト）	
		一次応力			一次応力	
		引　張 S (MPa)	曲　げ S (MPa)	組合せ S (MPa)	引　張 f_{to} (MPa)	せん断 f_s (MPa)
$\mathrm{III}_A\mathrm{S}$	弁蓋	144	144	144	－	－
	フロートガイド	133	133	133	－	－
	弁蓋ボルト	－	－	－	130	100

5.4　設計用地震力

「4.　固有周期」に示したとおり取水ピット空気抜き配管逆止弁の固有周期が 0.05s 以下であることを確認したため，取水ピット空気抜き配管逆止弁の耐震計算に用いる設計震度は，添付書類「Ⅴ-2-1-7　設計用床応答曲線の作成方針」に示す取水構造物における設置床の最大応答加速度の 1.2 倍を考慮して設定する。取水ピット空気抜き配管逆止弁の耐震計算に用いる設計震度を表 5-5 に示す。

表 5-5　設計用地震力

地震動	据付場所 及び床面高さ (m)	地震による設計震度*1	
基準地震動 S_s	取水構造物 EL. 0.800 (EL. 0.300*2)	水平方向C_H	1.10
		鉛直方向C_V	1.03

注記　＊1：「4.　固有周期」より，取水ピット空気抜き配管逆止弁の固有周期が 0.05s 以下であることを確認したため，設置床の最大応答加速度の 1.2 倍を考慮した設計震度を設定した。

＊2：基準床レベルを示す。

5.5　計算方法

(1) 弁蓋

弁本体の発生応力を算出する。弁蓋の応力評価に用いる断面積A_1は図 5-1 に示す弁蓋の外径D_1及び弁蓋の内径d_1から求める。

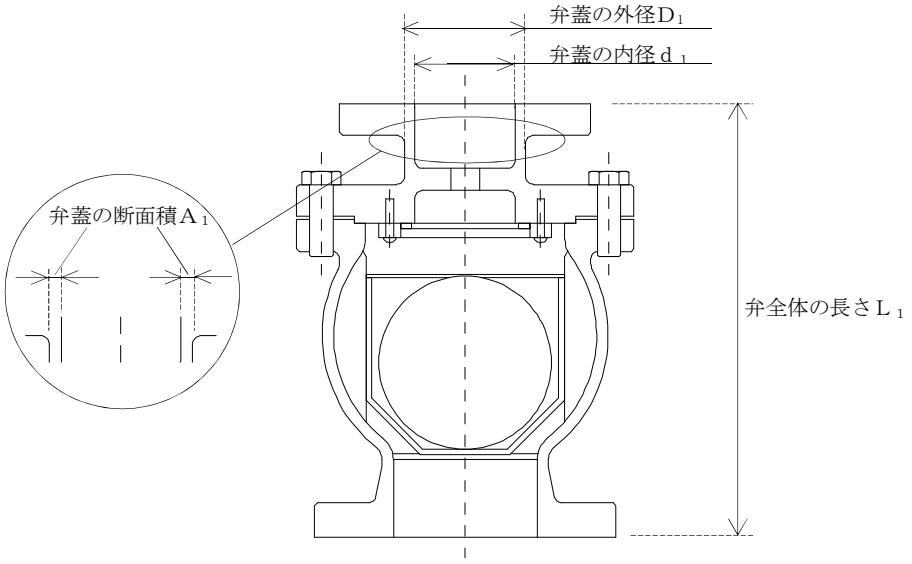


図 5-1　逆止弁本体の構造図

a.　鉛直応答加速度負荷時

鉛直応答加速度により，弁本体に加わる引張応力σ_{V1}を以下の式より算出する。

$$\sigma_{V1}=\frac{W_{d1}+F_{V1}}{A_1}$$

b.　水平応答加速度負荷時

水平応答加速度により弁蓋に発生する応力については，弁本体の最下端に集中荷重が負荷された片持ち梁として，水平応答加速度により，弁本体に加わる曲げ応力σ_{H1}を以下の式より算出する。

$$M_1=F_{H1}\cdot L_1$$

$$I_1=(D_1^4-d_1^4)\cdot\frac{\pi}{64}$$

$$\sigma_{H1}=\frac{M_1\cdot(\frac{D_1}{2})}{I_1}$$

(2)　フロートガイド

フロートガイドの応力評価に用いるフロートガイドの最小断面積A_2は，以下の図 5-2 に示すフロートガイドの最小直径D_2から求める。フロートガイドの最小断面積A_2はフロートガイドのうち最も肉厚が薄い断面を適用する。

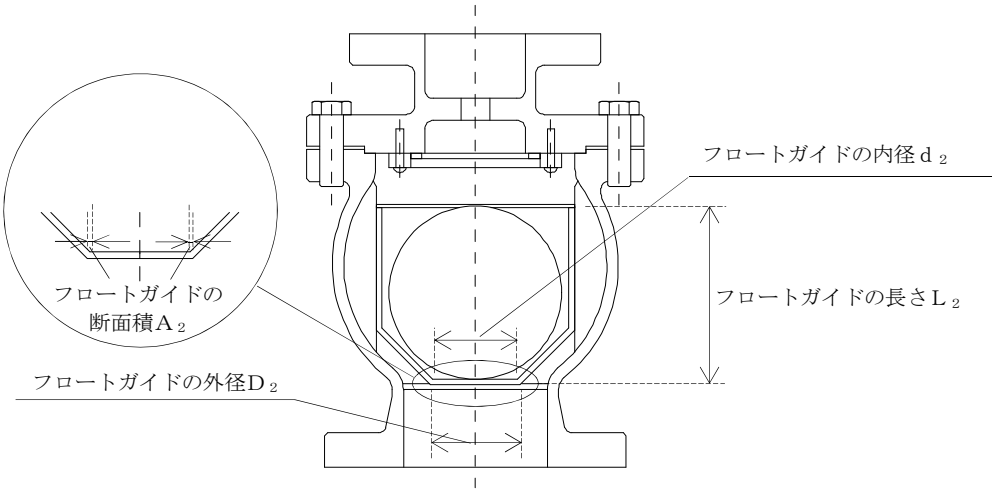


図 5-2　フロートガイドの応力評価に用いる断面積

a.　鉛直応答加速度負荷時

鉛直応答加速度により，フロートガイドの最小断面積に加わる引張応力σ_{V2}を以下の式より算出する。

$$\sigma_{V2}=\frac{W_{d2}+F_{V2}}{A_2}$$

b.　水平応答加速度負荷時

フロートガイドの最下端に集中荷重が負荷された片持ち梁として，水平応答加速度により，フロートガイドの最小断面積に加わる曲げ応力σ_{H2}を以下の式より算出する。

$$M_2=F_{H2}\cdot L_2$$

$$I_2=(D_2{}^4-D_2{}^4)\cdot\frac{\pi}{64}$$

$$\sigma_{H2}=\frac{M_2\cdot(\frac{D_2}{2})}{I_2}$$

(3)　弁蓋ボルト

弁蓋ボルトの応力評価に用いる弁蓋ボルトの断面積A_3は，図 5-3 に示すとおり，最も肉厚が薄い断面を適用する。

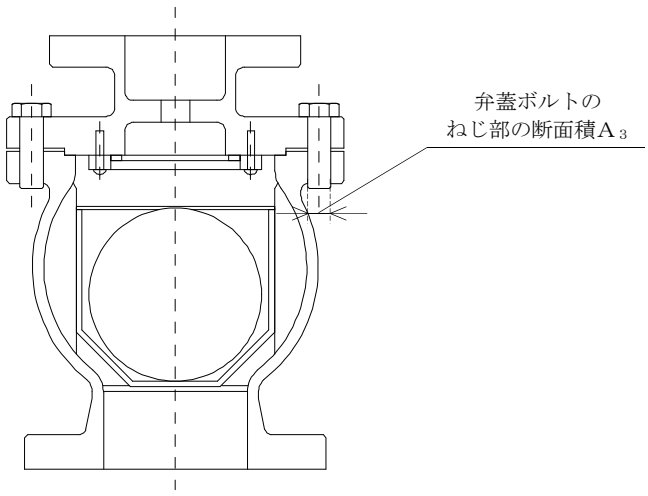


図 5-3　弁蓋ボルトの応力評価に用いる断面積

a.　鉛直応答加速度負荷時

鉛直応答加速度により，弁蓋ボルト 1 本当たりに加わる引張応力σ_{bV}を以下の式より算出する。

$$\sigma_{bV}=\frac{W_{d1}+F_{V1}}{A_3\cdot n}$$

b.　水平応答加速度負荷時

(a) せん断応力

水平応答加速度により，基礎ボルトに加わるせん断応力τ_1を以下の式より算出する。

$$\tau_1=\frac{F_{H1}}{A_3\cdot n}$$

(b) モーメントによる引張応力

水平応答加速度により対角線上の弁蓋ボルト 2 本支持したと仮定し，弁全体の最下端に集中荷重が作用した場合において，水平方向地震荷重によるモーメントにより弁蓋ボルト 1 本当たりに加わる引張応力σ_{bH}を以下の式より算出する。図 5-4 にモーメントによる引張応力の作用イメージを示す。

$$\sigma_{bH}=\frac{F_{H1}\cdot L_1}{D_P\cdot A_3}$$

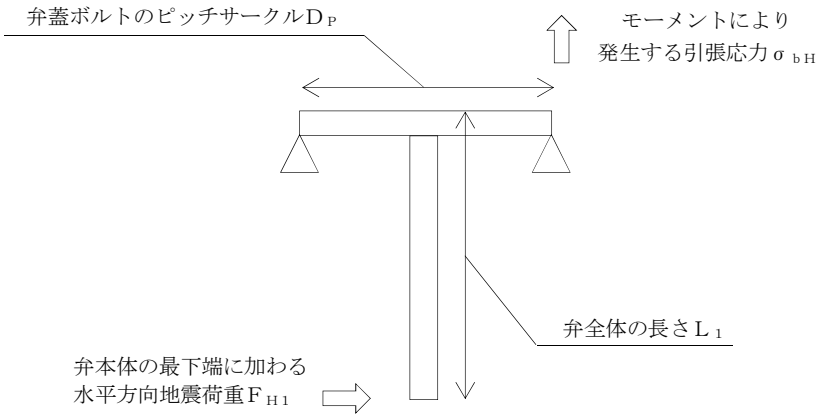


図 5-4　モーメントによる引張応力の作用イメージ

5.6　計算条件

取水ピット空気抜き配管逆止弁の応力評価に用いる計算条件を表 5-6 に示す。

表 5-6　取水ピット空気抜き配管逆止弁の応力評価に用いる計算条件

弁蓋の材質	弁蓋の断面積A_1 (mm^2)	弁の全質量m_1 (kg)	弁全体の長さL_1 (mm)
SCS16A	2.234×10^3	31	292

弁蓋の外径D_1 (mm)	弁蓋の内径d_1 (mm)	フロートガイドの材質	フロートガイドの最小断面積A_2 (mm^2)
88	70	SUS316L	556.1

フロートガイドの質量m_2 (kg)	フロートガイドの長さL_2 (mm)	フロートガイドの外径D_2 (mm)	フロートガイドの内径d_2 (mm)
1.8	123	62	56

弁蓋ボルトの材質	弁蓋ボルトのねじ部の断面積A_3 (mm^2)	弁蓋ボルトの本数n	弁蓋ボルトのピッチサークルD_P (mm)
SUS316L	2.011×10^4	8	200

重力加速度 g (m/s^2)
9.80665

6. 機能維持評価

「3. 評価部位」にて評価部位として設定した逆止弁の地震時及び地震後の機能維持を確認するため,「6.1 機能維持評価方法」に示すとおり，逆止弁の加振試験後に逆止弁の漏えい試験を実施することにより逆止弁の機能維持評価を実施した。

6.1 機能維持評価方法

取水ピット空気抜き配管逆止弁の固有周期を考慮して，地震時における取水ピット空気抜き配管逆止弁の評価用加速度を設定し，設定した評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを確認する。機能確認済加速度には，正弦波加振試験において，止水性の機能の健全性を確認した加振波の最大加速度を適用する。機能確認済加速度を表 6-1 に示す。

具体的な機能維持確認として，取水ピット空気抜き配管逆止弁に対して，正弦波により水平方向及び鉛直方向の加振試験を実施後，Ⅴ-1-1-2-2-3「入力津波の設定」に示す入力津波を踏まえ,それらの津波荷重水位を上回る圧力として 0.3 MPa 以上の水圧にて漏えい試験を実施し，漏えい量が許容漏えい量以下であることを確認した。本漏えい試験の結果により，逆止弁の機能維持を確認した。

なお，固有値解析結果より，取水ピット空気抜き配管逆止弁の固有周期が 0.05s 以下であることを確認したため，評価用加速度には設置床の最大応答加速度を使用する。

表 6-1 逆止弁の機能確認済加速度

評価部位	機能確認済加速度（×9.8m/s^2）	
	水平方向	鉛直方向
逆止弁	6.0	6.0

7. 評価結果

取水ピット空気抜き配管逆止弁の耐震評価結果を以下に示す。(1)，(2) 及び (3) に示す評価結果から，取水ピット空気抜き配管逆止弁が耐震性を有することを確認した。

(1) 基準地震動S_Sに対する評価部位の応力評価

基準地震動S_Sに対する評価部位の応力評価結果を表 7-1 に示す。発生応力が許容応力以下であることから構造部材が構造健全性を有することを確認した。

表 7-1 基準地震動S_Sに対する評価部位の応力評価結果

評価部位	評価応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
弁蓋	引 張	1	144
	曲 げ	3	144
	組合せ*1	4	144
フロートガイド	引 張	1	133
	曲 げ	1	133
	組合せ*1	2	133
弁蓋ボルト	引 張*2	4	130*3
	せん断	1	100

注記 ＊1：引張（σ_t）＋曲げ（σ_b）は，$\sigma_t + \sigma_b \leqq f_t$で評価

＊2：弁蓋ボルトの引張応力は，$\sigma_{bH} + \sigma_{bV}$の和

＊3：$f_{ts} = \mathrm{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau, f_{to}]$より算出

(2) 基準地震動S_Sに対する逆止弁の機能維持評価

取水ピット空気抜き配管逆止弁の機能維持確認結果を表 7-2 に示す。表 7-2 に示すとおり評価用加速度が機能確認済加速度以下であることから逆止弁の機能維持を確認した。

表 7-2 逆止弁の機能維持評価結果

評価部位	機能確認済加速度との比較			
	水平加速度（×9.8 m/s^2）		鉛直加速度（×9.8 m/s^2）	
	評価用加速度*1	機能確認済加速度	評価用加速度*1	機能確認済加速度
逆止弁	0.91	6.0	0.86	6.0

注記 ＊1：「4. 固有周期」より，取水ピット空気抜き配管逆止弁の固有周期が 0.05s 以下であることを確認したため，評価用加速度には設置床の最大応答加速度を使用した。

(3)　基準地震動Ｓ$_s$に対するフロートの構造健全性評価

「(2)　基準地震動Ｓ$_s$に対する逆止弁の機能維持評価」に示したとおり逆止弁の機能維持を確認したことにより,評価部位であるフロートが構造健全性を有することを確認した。

Ⅴ-2-10-2-6-3　緊急用海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の耐震性についての計算書

目　次

1.　概要……1
2.　一般事項……2
2.1　配置概要……2
2.2　構造計画……3
2.3　評価方針……4
2.4　適用基準……6
2.5　記号の説明……7
3.　評価部位……9
4.　固有周期……10
4.1　固有周期の計算方法……10
4.2　固有周期の計算条件……12
4.3　固有周期の計算結果……12
5.　構造強度評価……13
5.1　構造強度評価方法……13
5.2　荷重の組合せ及び許容応力……13
5.3　許容限界……14
5.4　設計用地震力……16
5.5　計算方法……16
5.6　計算条件……21
6.　機能維持評価……22
6.1　機能維持評価方法……22
7.　評価結果……23

1. 概要

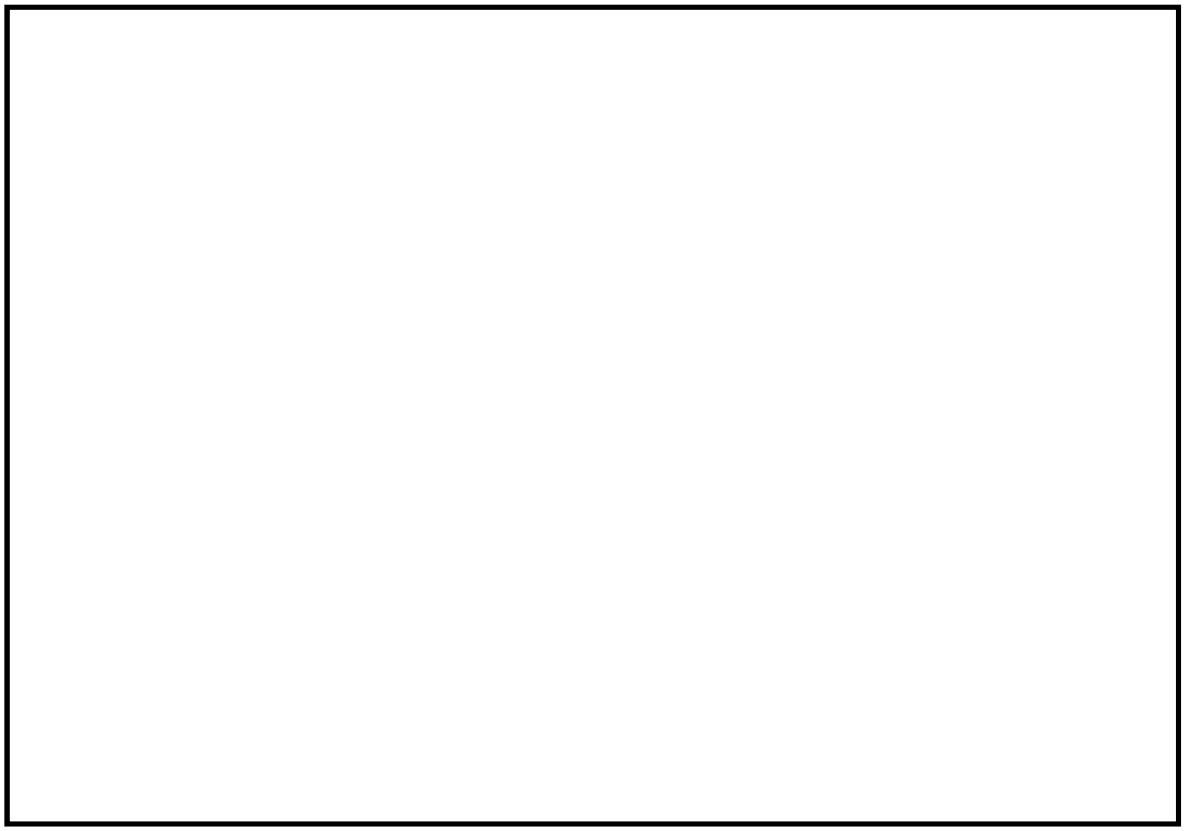
本資料は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度に基づき，浸水防護施設のうち緊急用海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁が設計用地震力に対して，主要な構造部材が十分な構造健全性を有することを確認するものである。その耐震評価は，逆止弁の固有値解析，応力評価，機能維持評価及び機能維持評価結果に基づく構造健全性評価により行う。

2.　一般事項

2.1　配置概要

緊急用海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁は，緊急用海水ポンプ室の床面に設置する。

緊急用海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の設置位置を図 2-1 に示す。



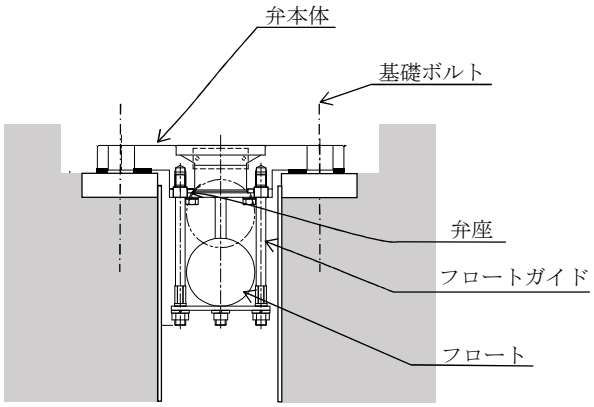
（単位：mm）

図 2-1　緊急用海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の設置位置図

2.2　構造計画

緊急用海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁は，フロート式の逆止弁であり，津波の流入によりフロートが押上げられ，弁座に密着することで止水する。緊急用海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
弁本体のフランジ部を緊急用海水ポンプ室の床面に基礎ボルトで固定する。	弁座を含む弁本体，弁体であるフロート及びフロートを弁座へ導くフロートガイドで構成する。	

2.3　評価方針

緊急用海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の耐震評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.2　構造計画」に示す緊急用海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の構造を踏まえ，「3.　評価部位」にて設定する評価部位において，「4.　固有周期」にて算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを，「5.　構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また，緊急用海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の機能維持評価は，緊急用海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の固有周期を考慮して評価用加速度を設定し，設定した評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを「6.　機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。さらに，構造健全性評価により耐震評価を実施する評価部位については，緊急用海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の機能維持評価結果に基づき構造健全性を確認することで実施する。応力評価，機能維持評価及び構造健全性評価の評価結果を「7.　評価結果」にて確認する。

ここで，機能確認済加速度には，正弦波加振試験において，止水性の機能の健全性を確認した加振波の最大加速度を適用する。

耐震評価フローを図 2-2 に示す。

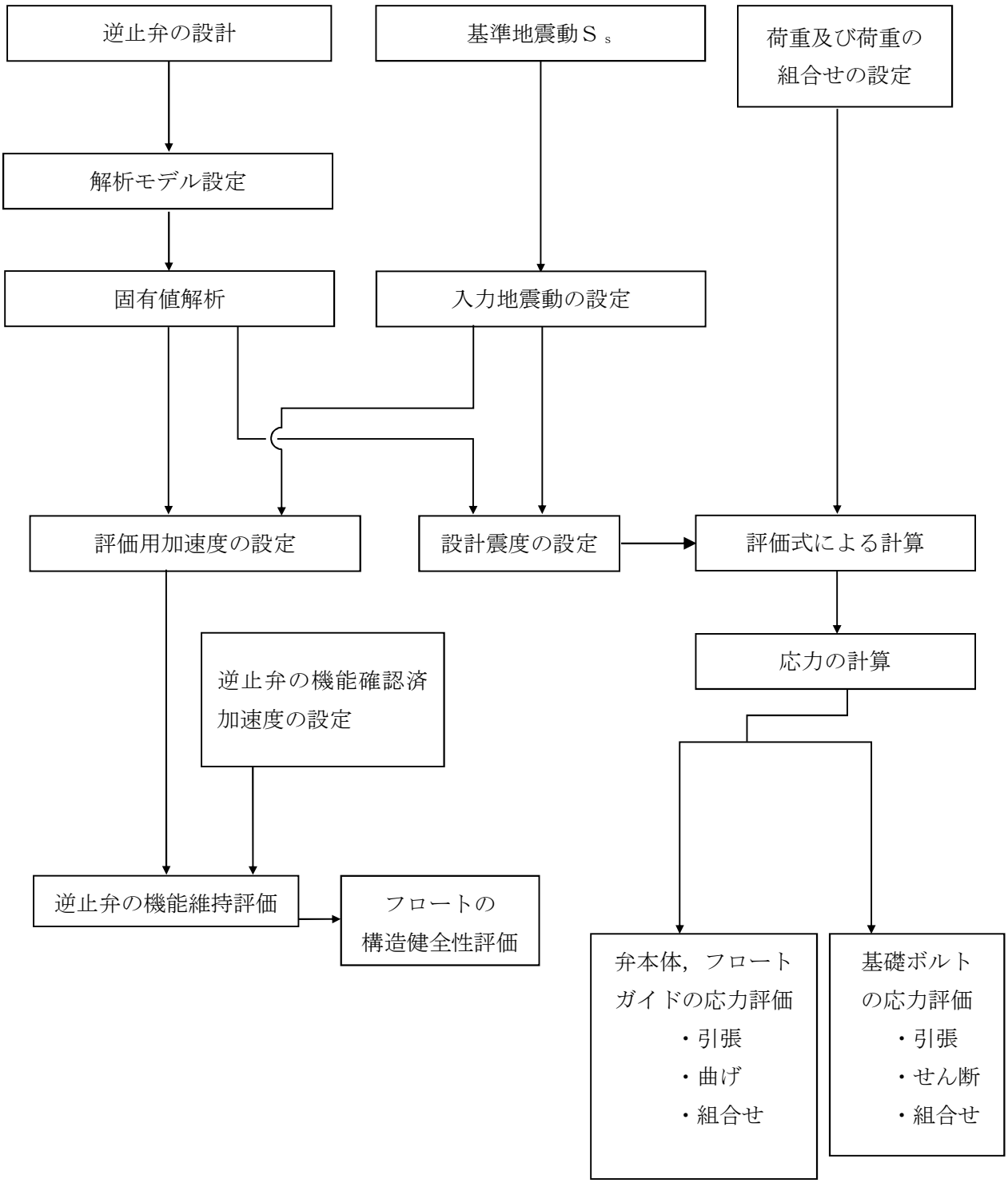

逆止弁の設計
基準地震動Ｓｓ
荷重及び荷重の組合せの設定
解析モデル設定
固有値解析
入力地震動の設定
評価用加速度の設定
設計震度の設定
評価式による計算
応力の計算
逆止弁の機能確認済加速度の設定
逆止弁の機能維持評価
フロートの構造健全性評価
弁本体，フロートガイドの応力評価
・引張
・曲げ
・組合せ
基礎ボルトの応力評価
・引張
・せん断
・組合せ

図 2-2　耐震評価フロー

2.4　適用基準

適用する規格，基準等を以下に示す。

(1)　発電用原子力設備規格　設計・建設規格（2005 年版（2007 年追補版含む。））ＪＳＭＥＳ　ＮＣ１－2005/2007（日本機械学会）

(2)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1987（日本電気協会）

(3)　原子力発電所耐震設計技術指針　重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１・補－1984（日本電気協会）

(4)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1991 追補版（日本電気協会）

2.5　記号の説明

緊急用海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の固有周期の計算に用いる記号を表 2-2 に，応力評価に用いる記号を表 2-3 にそれぞれ示す。

表 2-2　緊急用海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の固有周期の計算に用いる記号

記　号	記号の説明	単　位
A	モデル化に用いるフロートガイドの断面積	mm^2
d_m	モデル化に用いる弁本体の内径	mm
D_{fm}	モデル化に用いるフロートガイドの直径	mm
D_m	モデル化に用いる弁本体の外径	mm
E	モデル化に用いるフロートガイドの縦弾性係数	MPa
f	逆止弁の一次固有振動数	Hz
T	逆止弁の固有周期	s
I_a	モデル化に用いるフロートガイド１本の断面二次モーメント	mm^4
I_m	モデルの等価断面二次モーメント	mm^4
I_{m1}	モデル化に用いる弁本体の断面二次モーメント	mm^4
I_{m2}	モデル化に用いるフロートガイド４本の等価断面二次モーメント	mm^4
k	モデルのばね定数	N/mm
ℓ_1	モデル化に用いる弁本体の長さ	mm
ℓ_2	モデル化に用いるフロートガイドの長さ	mm
m	モデル化に用いる弁の全質量	kg
yg	フロートガイドの図心ＧとＸ軸の距離	mm

表 2-3　緊急用海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の応力評価に用いる記号（1／2）

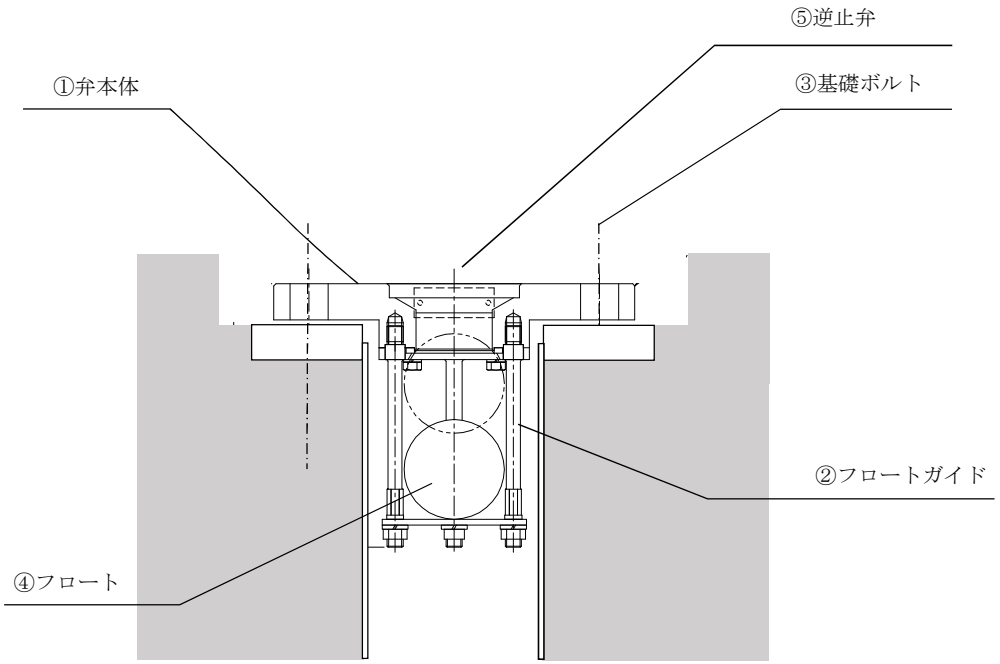
記　号	記号の説明	単　位
C_H	基準地震動S_sによる水平方向の設計震度	－
C_V	基準地震動S_sによる鉛直方向の設計震度	－
A_1	弁本体の断面積	mm^2
A_2	フロートガイドの最小断面積	mm^2
A_3	基礎ボルトのねじ部の断面積	mm^2
d_1	弁本体の内径	mm
D_1	弁本体の外径	mm
D_2	フロートガイドの最小直径	mm
D_P	基礎ボルトのピッチサークル	mm
F_{H1}	弁本体の最下端に加わる水平方向地震荷重	N
F_{H2}	フロートガイドの最下端に加わる水平方向地震荷重	N

表 2-3　緊急用海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の応力評価に用いる記号（2／2）

記　号	記号の説明	単　位
F_{V1}	弁本体に加わる鉛直方向地震荷重	N
F_{V2}	フロートガイドに加わる鉛直方向地震荷重	N
g	重力加速度	m/s^2
I_1	弁本体の断面二次モーメント	mm^4
I_2	フロートガイドの断面二次モーメント	mm^4
L_1	弁全体の長さ	mm
L_2	フロートガイドの長さ	mm
m	弁の全質量	kg
m_f	フロートガイド1本当たりの質量	kg
M_1	弁本体に発生する曲げモーメント	N･mm
M_2	フロートガイドに発生する曲げモーメント	N･mm
n	基礎ボルトの本数	本
W_{d1}	弁全体の常時荷重	N
W_{d2}	フロートガイド1本当たりに作用する常時荷重	N
σ_{bH}	水平方向地震荷重によるモーメントにより基礎ボルト 1 本当たりに加わる引張応力	MPa
σ_{bV}	鉛直方向地震荷重により基礎ボルト 1 本当たりに加わる引張応力	MPa
σ_{H1}	弁本体に加わる曲げ応力	MPa
σ_{H2}	フロートガイドの最小断面積に加わる曲げ応力	MPa
σ_{V1}	弁本体に加わる引張応力	MPa
σ_{V2}	フロートガイドの最小断面積に加わる引張応力	MPa
τ_3	基礎ボルトに加わるせん断応力	MPa
S	ボルト以外の許容引張応力，許容曲げ応力及び組合せ応力（Sを1.2倍した値）	MPa
f_s	許容せん断応力（f_sを1.5倍した値）	MPa
f_t	許容引張応力（f_tを1.5倍した値）	MPa
f_{to}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力（f_tを1.5倍した値）	MPa
f_{ts}	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力	MPa
τ	ボルトに作用するせん断応力	MPa

3. 評価部位

緊急用海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁は，弁本体，フロート，フロートガイド及び基礎ボルト等で構成されている。耐震評価においては，応力評価による評価部位として，弁本体，フロートガイド及び基礎ボルトを選定し，構造健全性評価による評価部位としてフロートを選定する。また，機能維持評価による評価部位として，逆止弁を選定する。緊急用海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の評価部位について，図 3-1 に示す。



図中の①～③は応力評価による評価部位を，④は構造健全性評価による評価部位を，
⑤は機能維持評価による評価部位をそれぞれ示す。

図 3-1　緊急用海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の評価部位

4.　固有周期

4.1　固有周期の計算方法

緊急用海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の構造に応じて，保守的に固有周期が大きく算出されるよう，より柔となるようにモデル化し，固有周期を算出する。また，その場合においても固有周期が 0.05s 以下であることを確認する。

(1)　解析モデル

質量の不均一性を考慮し，一方の端を固定端，他方の端を自由端の 1 質点系モデルとして，自由端に弁の全質量mが集中したモデルを組む。モデル化は，円筒状の弁本体及び円柱状の 4 本のフロートガイドの異なる 2 つの断面をもつ梁の組合せとして設定する。モデル化の概略を図 4-1 に示す。

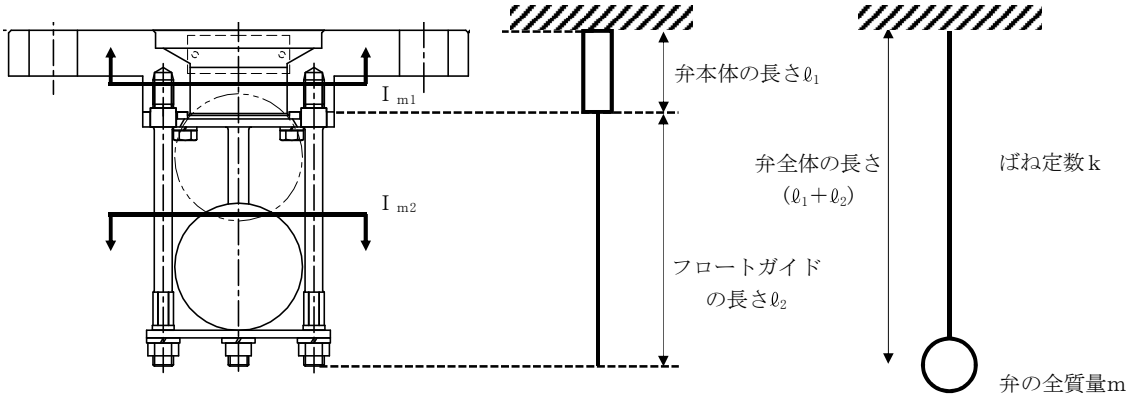


図 4-1　モデル化の概略

(2)　固有周期の計算

固有周期の計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

固有周期Tを以下の式より算出する。

$$T = \frac{1}{f}$$

$$f = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$k = \frac{3 \cdot E \cdot I_m}{(L_1)^3}$$

モデルの等価断面二次モーメントI_mの算出過程を以下に示す。

a.　モデル化に用いる弁本体の断面二次モーメント

モデル化に用いる弁本体の断面二次モーメントI_{m1}は，以下の式より算出する。

$$I_{m1} = (D_m^{\,4} - d_m^{\,4}) \cdot \frac{\pi}{64}$$

b. モデル化に用いるフロートガイド４本の等価断面二次モーメント

平行軸の定理から，フロートガイドの図心Ｇと Ｘ軸の距離 yg を用いて，モデル化に用いるフロートガイド４本の等価断面二次モーメント I_{m2} は，以下の式より算出する。フロートガイド４本の断面を図 4-2 に示す。

$$I_a = D_{fm}^{\,4} \cdot \frac{\pi}{64}$$

$$I_{m2} = 2 \cdot I_a + 2 \cdot \left(I_a + (yg)^2 \cdot A \right)$$

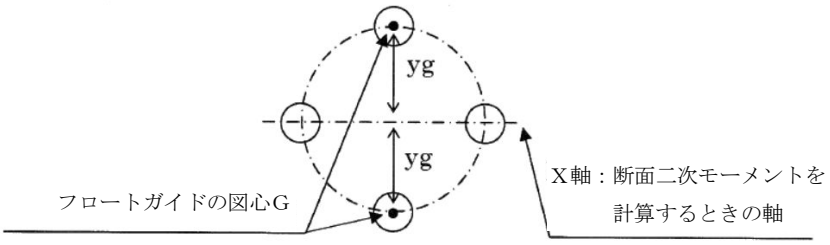


図 4-2　フロートガイド４本の断面

c. モデルの等価断面二次モーメント

モデルの等価断面二次モーメント I_m は，以下の式より算出する。

$$I_m = \frac{(\ell_1 + \ell_2)^3 \cdot I_{m1} \cdot I_{m2}}{I_{m1} \cdot \ell_2^{\,3} + I_{m2} \cdot \left(\ell_1^{\,3} + 3 \cdot \ell_1 \cdot \ell_2^{\,2} + 3 \cdot \ell_1^{\,2} \cdot \ell_2 \right)}$$

4.2　固有周期の計算条件

表 4-1 に固有周期の計算条件を示す。

表 4-1　固有周期の計算条件

フロートガイドの材質	モデル化に用いる弁の全質量 m（kg）	モデル化に用いる弁本体の外径 D_m（mm）	モデル化に用いる弁本体の内径 d_m（mm）	モデル化に用いるフロートガイドの直径 D_{fm}（mm）
SUS316L	3.95	75	65	7

フロートガイドの図心GとX軸の距離 yg（mm）	モデル化に用いる弁本体の長さ ℓ_1（mm）	モデル化に用いるフロートガイドの長さ ℓ_2（mm）	モデル化に用いるフロートガイドの縦弾性係数 E（MPa）
30	30	102	1.92×10^5

4.3　固有周期の計算結果

表 4-2 に固有周期の計算結果を示す。固有周期は，0.05s 以下であることから，剛構造である。

表 4-2　固有周期の計算結果

固有振動数 (Hz)	465
固有周期 (s)	0.003

5.　構造強度評価

5.1　構造強度評価方法

緊急用海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の耐震評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえて，「3.　評価部位」にて設定する評価部位に作用する応力等が「5.3　許容限界」にて示す許容限界以下であることを確認する。

5.2　荷重の組合せ及び許容応力

5.2.1　荷重の設定

(1)　固定荷重（D）

常時作用する荷重として，弁全体及びフロートガイドの自重を考慮する。

$W_{d1}=m_1 \cdot g$

$W_{d2}=m_2 \cdot g$

(2)　基準地震動S_sによる地震荷重（S_s）

基準地震動S_sによる地震荷重を考慮する。

$F_{H1}=m_1 \cdot C_H \cdot g$

$F_{H2}=m_2 \cdot C_H \cdot g$

$F_{V1}=m_1 \cdot C_V \cdot g$

$F_{V2}=m_2 \cdot C_v \cdot g$

5.2.2　荷重の組合せ

緊急用海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の耐震計算にて考慮する荷重の組合せを表5-1に示す。

表5-1　緊急用海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の耐震計算にて考慮する荷重の組合せ

施設区分	機器名称	荷重の組合せ*1
浸水防護施設 （浸水防止設備）	緊急用海水ポンプグランド ドレン排出口逆止弁	$D+S_s$

注記　＊1：Dは固定荷重，S_sは基準地震動S_sによる地震荷重を示す。

5.3　許容限界

緊急用海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の弁本体，フロートガイド及び基礎ボルトの許容限界は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき表 5-2 のとおりとする。また，許容応力評価条件を表 5-3 に，フロートガイド及び基礎ボルトの許容応力算出結果を表 5-4 にそれぞれ示す。

表 5-2　弁本体，フロートガイド及び基礎ボルトの許容限界

許容応力状態	許容限界*1 (ボルト以外)			許容限界*2 (ボルト)		
	一次応力			一次応力		
	引　張	曲　げ	組合せ*3	引　張	せん断	組合せ*4
$\mathrm{III}_{\mathrm{A}}\mathrm{S}$ *5	1.2・S	1.2・S	1.2・S	1.5・f_t	1.5・f_s	1.5・f_{ts}

注記　＊1：引張及び曲げは，ＪＥＡＧ４６０１・補－1984 を準用し，「管」の許容限界のうちクラス２，３配管に対する許容限界に準じて設定する。

＊2：引張及びせん断は，ＪＥＡＧ４６０１・補－1984 を準用し，「その他の支持構造物」の許容限界を適用する。組合せは，ＪＳＭＥ　ＮＣ１－2005/2007 による。

＊3：引張と曲げの組合せ応力

＊4：せん断応力と引張応力の組合せ応力

せん断応力と引張応力を同時に受けるボルトの許容引張応力 f_{ts} は，次のいずれか小さい方の値

$f_{ts}=1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau$

$f_{ts}=f_{to}$

＊5：地震後，津波後の再使用性や津波の繰返し作用を想定し，当該構造物全体の変形能力に対して浸水防護機能として十分な余裕を有するよう，設備を構成する材料が弾性域内に収まることを基本とする。

表 5-3　弁本体，フロートガイド及び基礎ボルトの許容応力評価条件

評価部位	材　料	温度条件 (℃)	S*1 (MPa)	S_y*1 (MPa)	S_u*1 (MPa)	S_y(RT)*1 (MPa)	F*1*2 (MPa)
弁本体	SUS316L	66	129	－	－	－	－
フロートガイド	SUS316L		129	－	－	－	－
基礎ボルト	SUS304		－	188	479	205	205

注記　＊1：S：鉄鋼材料（ボルト材を除く）の許容引張応力，S_y：設計降伏点，S_u：設計引張強さ，S_y(RT)：40℃における設計降伏点，F：許容応力算定用基準値を示す。

＊2：F＝Min[1.35・S_y，0.7・S_u，S_y(RT)]とする。

表 5-4　弁本体，フロートガイド及び基礎ボルトの許容応力算出結果

許容応力状態	評価部位	許容限界（ボルト以外）			許容限界（ボルト）	
		一次応力			一次応力	
		引　張 S (MPa)	曲　げ S (MPa)	組合せ S (MPa)	引　張 f_{to} (MPa)	せん断 f_s (MPa)
$\mathrm{III}_A\mathrm{S}$	弁本体	129	129	129	－	－
	フロートガイド	129	129	129	－	－
	基礎ボルト	－	－	－	153	117

5.4　設計用地震力

「4.　固有周期」に示したとおり緊急用海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の固有周期が 0.05s 以下であることを確認したため，緊急用海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の耐震計算に用いる設計震度は，添付書類「Ⅴ-2-1-7　設計用床応答曲線の作成方針」に示す緊急用海水ポンプピットにおける設置床の最大応答加速度の 1.2 倍を考慮して設定する。緊急用海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の耐震計算に用いる設計震度を表 5-5 に示す。

表 5-5　設計用地震力

地震動	据付場所 及び床面高さ (m)	地震による設計震度*1	
基準地震動 S_S	緊急用海水ポンプピット EL.　0.800*2	水平方向C_H	1.50
		鉛直方向C_V	0.65

注記　＊1：「4.　固有周期」より，緊急用海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の固有周期が 0.05s 以下であることを確認したため，設置床の最大応答加速度の 1.2 倍を考慮した設計震度を設定した。

＊2：基準床レベルを示す。

5.5　計算方法

(1)　弁本体

弁本体の発生応力を算出する。弁本体の応力評価に用いる断面積A_1は，図 5-1 に示すとおり，弁本体のうち最も肉厚が薄い断面を適用する。

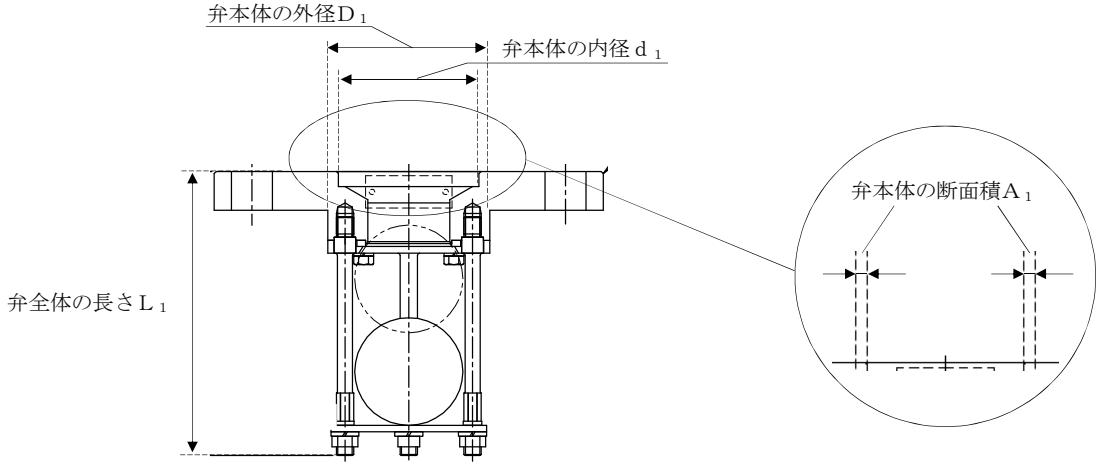


図 5-1　逆止弁本体の構造図

a. 鉛直応答加速度負荷時

鉛直応答加速度により，弁本体に加わる引張応力σ_{V1}を以下の式より算出する。

$$\sigma_{V1}=\frac{W_{d1}+F_{V1}}{A_1}$$

b. 水平応答加速度負荷時

弁体の最下端に集中荷重が負荷された片持ち梁として，水平応答加速度により，弁本体に加わる曲げ応力σ_{H1}を以下の式より算出する。

$$M_1=F_{H1}\cdot L_1$$

$$I_1=(D_1^{\,4}-d_1^{\,4})\cdot\frac{\pi}{64}$$

$$\sigma_{H1}=\frac{M_1\cdot(\frac{D_0}{2})}{I_1}$$

(2)　フロートガイド

フロートガイドの応力評価に用いるフロートガイドの最小断面積A_2は，以下の図 5-2 に示すフロートガイドの最小直径D_2から求める。フロートガイドの最小断面積A_2はフロートガイドのうち最も肉厚が薄い断面を適用する。

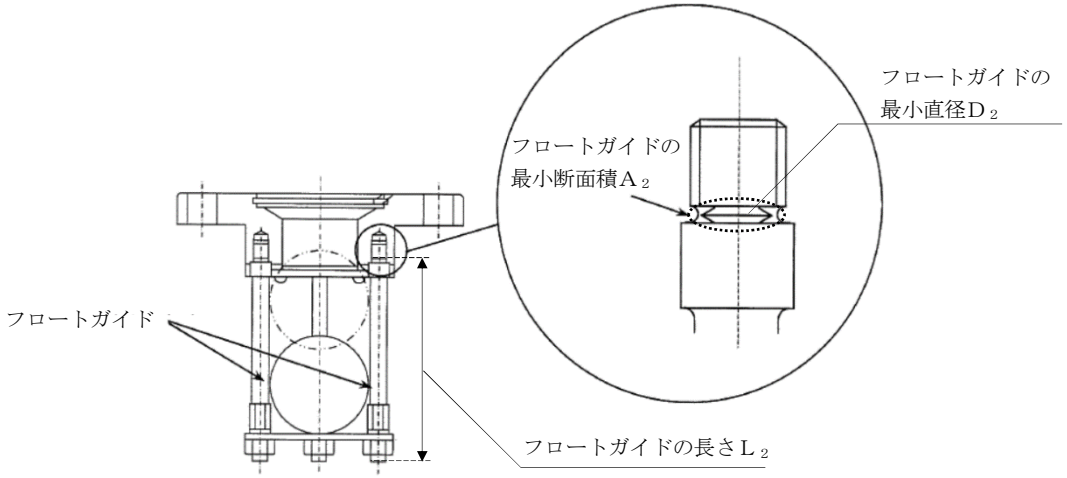


図 5-2　フロートガイドの応力評価に用いる断面積

a.　鉛直応答加速度負荷時

鉛直応答加速度により，フロートガイドの最小断面積に加わる引張応力σ_{V2}を以下の式より算出する。

$$\sigma_{V2}=\frac{W_{d2}+F_{V2}}{A_2}$$

b.　水平応答加速度負荷時

フロートガイドの最下端に集中荷重が負荷された片持ち梁として，水平応答加速度により，フロートガイドの最小断面積に加わる曲げ応力σ_{H2}を以下の式より算出する。

$$M_2=F_{H2}\cdot L_2$$

$$I_2=D_2{}^4\cdot\frac{\pi}{64}$$

$$\sigma_{H2}=\frac{M_2\cdot(\frac{D_2}{2})}{I_2}$$

(3)　基礎ボルト

基礎ボルトの応力評価に用いる基礎ボルトのねじ部の断面積A_3は，図 5-3 に示すとおり，最も肉厚が薄い断面を適用する。

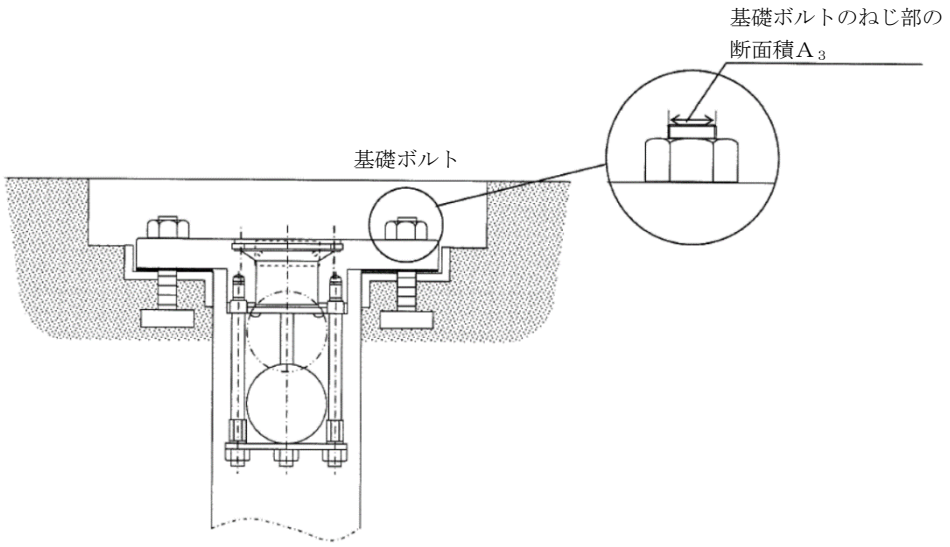


図 5-3　基礎ボルトの応力評価に用いる断面積

a.　鉛直応答加速度負荷時

鉛直応答加速度により，基礎ボルト 1 本当たりに加わる引張応力σ_{bV}を以下の式より算出する。

$$\sigma_{bV}=\frac{W_{d1}+F_{V1}}{A_3\cdot n}$$

b.　水平応答加速度負荷時

(a) せん断応力

水平応答加速度により，基礎ボルトに加わるせん断応力τ_3を以下の式より算出する。

$$\tau_3=\frac{F_{H1}}{A_3\cdot n}$$

(b) モーメントによる引張応力

水平応答加速度により対角線上の基礎ボルトを 2 本支持したと仮定し，弁全体の最下端に集中荷重が作用した場合において，水平方向地震荷重によるモーメントにより基礎ボルト 1 本当たりに加わる引張応力σ_{bH}を以下の式より算出する。図 5-4 にモーメントによる引張応力の作用イメージを示す。

$$\sigma_{bH}=\frac{F_{H1}\cdot L_1}{D_P\cdot A_3}$$

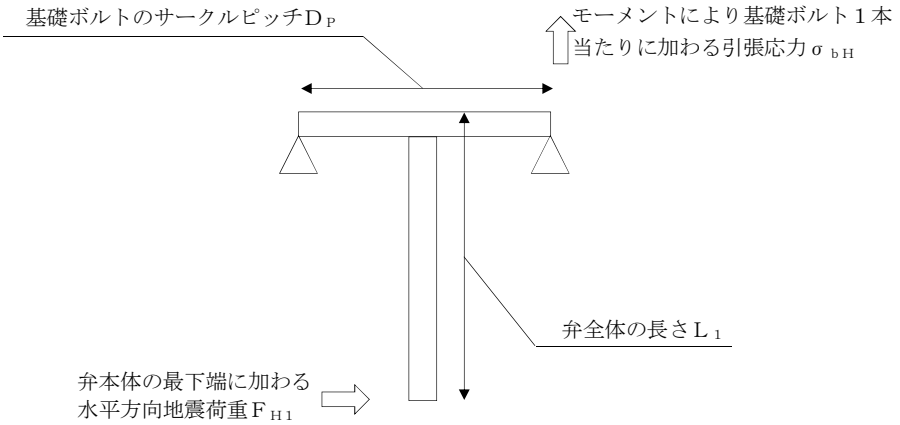


図 5-4　モーメントによる引張応力の作用イメージ

5.6　計算条件

緊急用海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の応力評価に用いる計算条件を表 5-6 に示す。

表 5-6　緊急用海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の応力評価に用いる計算条件

弁本体の材質	弁本体の 断面積A_1 (mm^2)	弁の全質量 m (kg)	弁全体の長さ L_1 (mm)
SUS316L	1.100×10^3	3.95	132

弁本体の 外径D_1 (mm)	弁本体の 内径d_1 (mm)	フロートガイドの 材質	フロートガイドの 最小断面積A_2 (mm^2)
75	65	SUS316L	34.21

フロートガイドの 1本当たりの質量m_f (kg)	フロートガイドの 長さL_2 (mm)	フロートガイド の最小直径D_2 (mm)	基礎ボルトの材質
0.05	102	6.6	SUS304

基礎ボルトの ねじ部の断面積A_3 (mm^2)	基礎ボルトの本数n	基礎ボルトの サークルピッチ D_P (mm)	重力加速度 g (m/s^2)
2.011×10^2	4	145	9.80665

6. 機能維持評価

「3. 評価部位」にて評価部位として設定した逆止弁の地震時及び地震後の機能維持を確認するため，「6.1 機能維持評価方法」に示すとおり，逆止弁の加振試験後に逆止弁の漏えい試験を実施することにより逆止弁の機能維持評価を実施した。

6.1 機能維持評価方法

緊急用海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の固有周期を考慮して，地震時における緊急用海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の評価用加速度を設定し，設定した評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを確認する。機能確認済加速度には，正弦波加振試験において，止水性の機能の健全性を確認した加振波の最大加速度を適用する。機能確認済加速度を表6-1に示す。

具体的な機能維持確認として，緊急用海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁に対して，正弦波により水平方向及び鉛直方向の加振試験を実施後，Ⅴ-1-1-2-2-3「入力津波の設定」に示す入力津波を踏まえ，それらの津波荷重水位を上回る圧力として0.3 MPa以上の水圧にて漏えい試験を実施し，漏えい量が許容漏えい量以下であることを確認した。本漏えい試験の結果により，フロートの地震時及び地震後の機能維持を確認した。

なお，固有値解析結果より，緊急用海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の固有周期が0.05s以下であることを確認したため，評価用加速度には設置床の最大応答加速度を使用した。

表6-1 逆止弁の機能確認済加速度

評価部位	機能確認済加速度（×9.8m/s^2）	
	水平方向	鉛直方向
逆止弁	6.0	6.0

7. 評価結果

緊急用海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の耐震評価結果を以下に示す。(1),(2)及び(3)に示す評価結果から，緊急用海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁が耐震性を有することを確認した。

(1) 基準地震動S_Sに対する評価

基準地震動S_Sに対する構造強度評価結果を表 7-1 に示す。発生応力が許容応力以下であることから構造部材が構造健全性を有することを確認した。

表 7-1 基準地震動S_Sによる評価結果

評価部位	評価応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
弁本体	引 張	1	129
	曲 げ	1	129
	組合せ*1	2	129
フロートガイド	引 張	1	129
	曲 げ	3	129
	組合せ*1	4	129
基礎ボルト	引 張*2	2	153*3
	せん断	1	117

注記 ＊1：引張（σ_V）＋曲げ（σ_H）は，$\sigma_V+\sigma_H \leqq f_t$で評価

＊2：基礎ボルトの引張応力は，$\sigma_{bH}+\sigma_{bV}$の和

＊3：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau, f_{to}]$より算出

(2) 基準地震動S_Sに対する逆止弁の機能維持評価

緊急用海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の機能維持確認結果を表 7-2 に示す。表 7-2 に示すとおり評価用加速度が機能確認済加速度以下であることから逆止弁の機能維持を確認した。

表 7-2 機能維持評価結果

評価部位	機能確認済加速度との比較			
	水平加速度（×9.8 m/s^2）		鉛直加速度（×9.8 m/s^2）	
	評価用加速度*	機能確認済加速度	評価用加速度*	機能確認済加速度
逆止弁	1.25	6.0	0.54	6.0

注記 ＊：「4. 固有周期」より，緊急用海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の固有周期が 0.05s 以下であることを確認したため，評価用加速度には設置床の最大応答加速度を使用した。

(3)　基準地震動Ｓ$_s$に対するフロートの構造健全性評価

「(2)　基準地震動Ｓ$_s$に対する逆止弁の機能維持評価」に示したとおり逆止弁の機能維持を確認したことにより,評価部位であるフロートが構造健全性を有することを確認した。

Ⅴ-2-10-2-6-4　緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口逆止弁の耐震性についての計算書

目　次

1.　概要……1
2.　一般事項……2
2.1　配置概要……2
2.2　構造計画……3
2.3　評価方針……4
2.4　適用基準……6
2.5　記号の説明……7
3.　評価部位……9
4.　固有周期……10
4.1　固有周期の計算方法……10
4.2　固有周期の計算条件……12
4.3　固有周期の計算結果……12
5.　構造強度評価……13
5.1　構造強度評価方法……13
5.2　荷重の組合せ及び許容応力……13
5.3　許容限界……14
5.4　設計用地震力……16
5.5　計算方法……16
5.6　計算条件……21
6.　機能維持評価……22
6.1　機能維持評価方法……22
7.　評価結果……23

1. 概要

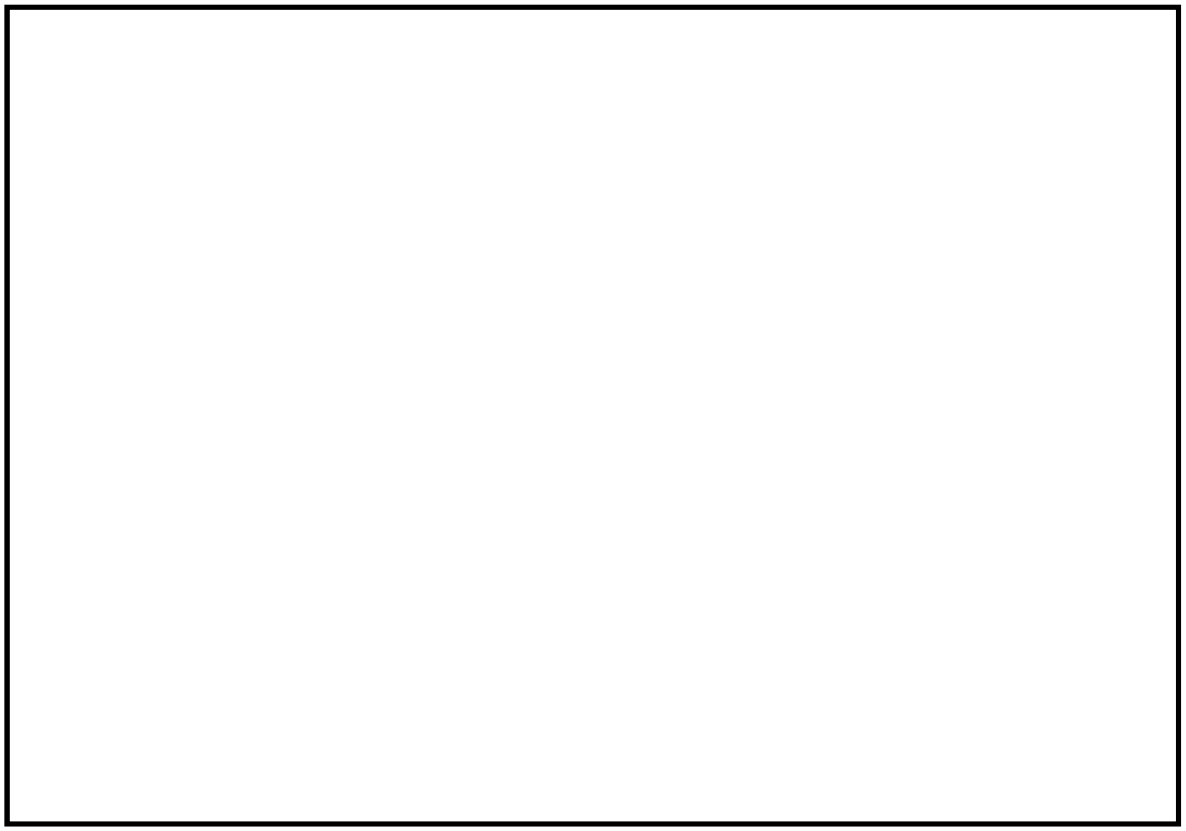
本資料は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定している構造強度に基づき，浸水防護施設のうち緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口逆止弁が設計用地震力に対して，主要な構造部材が十分な構造健全性を有することを確認するものである。その耐震評価は，逆止弁の固有値解析，応力評価，機能維持評価及び機能維持評価結果に基づく構造健全性評価により行う。

2.　一般事項

2.1　配置概要

緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口逆止弁は，緊急用海水ポンプ室の床面に設置する。

緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口逆止弁の設置位置を図 2-1 に示す。



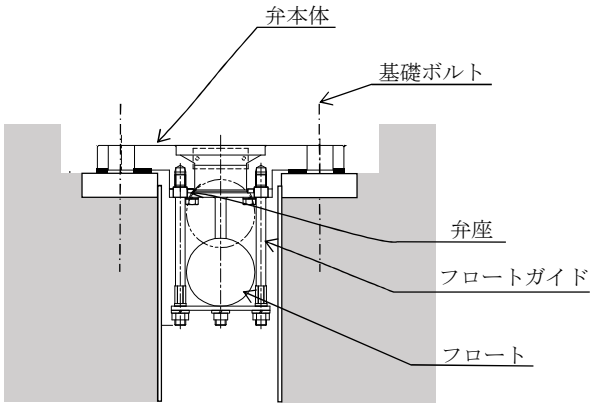
（単位：mm）

図 2-1　緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口逆止弁の設置位置図

2.2　構造計画

緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口逆止弁は，フロート式の逆止弁であり，津波の流入によりフロートが押上げられ，弁座に密着することで止水する。緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口逆止弁の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
弁本体のフランジ部を緊急用海水ポンプ室の床面に基礎ボルトで固定する。	弁座を含む弁本体，弁体であるフロート及びフロートを弁座へ導くフロートガイドで構成する。	

2.3　評価方針

緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口逆止弁の耐震評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.2　構造計画」に示す緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口逆止弁の構造を踏まえ，「3.　評価部位」にて設定する評価部位において，「4.　固有周期」にて算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを，「5.　構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また，緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口逆止弁の機能維持評価は，緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口逆止弁の固有周期を考慮して評価用加速度を設定し，設定した評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを「6.　機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。さらに，構造健全性評価により耐震評価を実施する評価部位については，緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口逆止弁の機能維持評価結果に基づき構造健全性を確認することで実施する。応力評価，機能維持評価及び構造健全性評価の評価結果を「7.　評価結果」にて確認する。

ここで，機能確認済加速度には，正弦波加振試験において，止水性の機能の健全性を確認した加振波の最大加速度を適用する。

耐震評価フローを図 2-2 に示す。

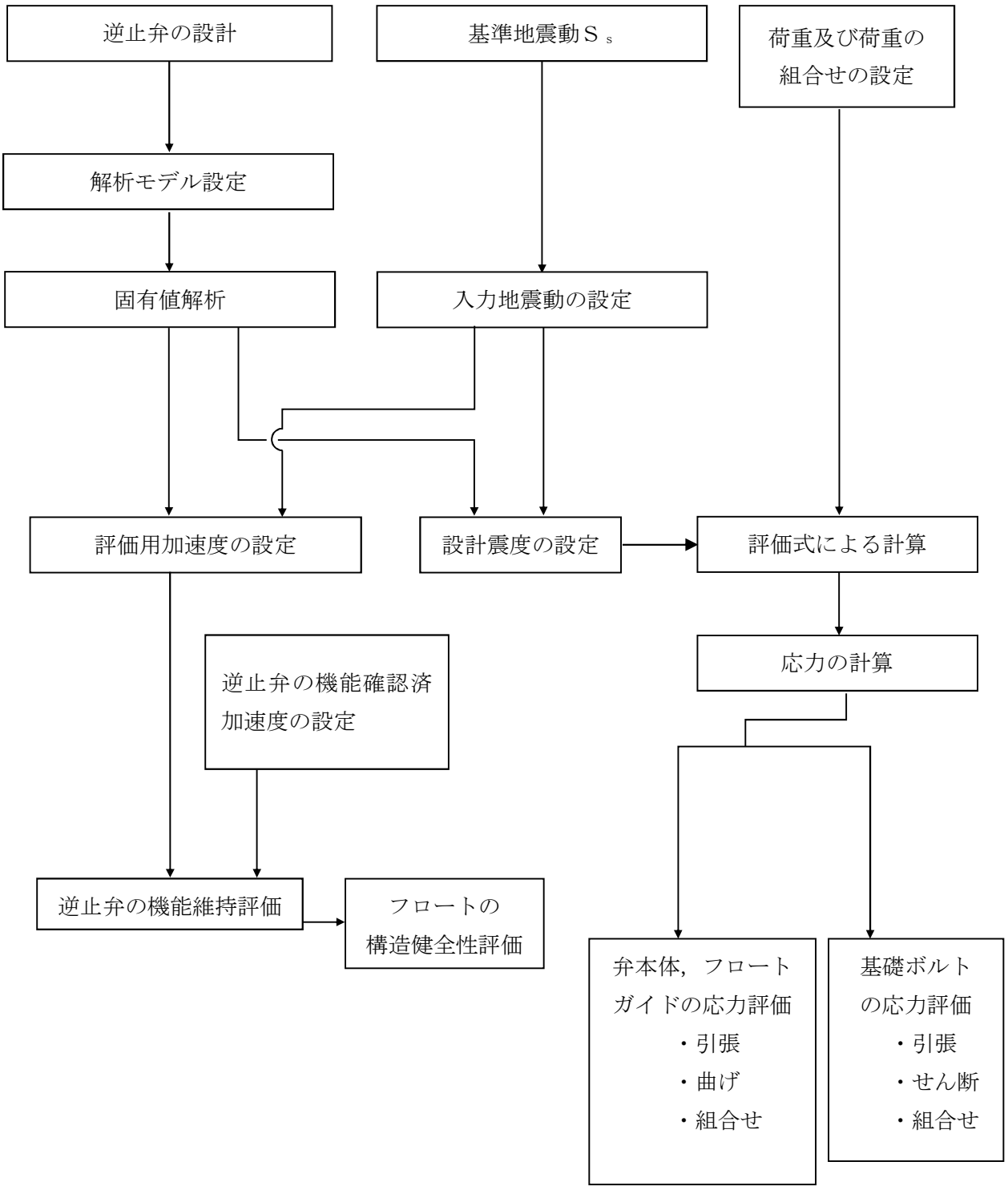

逆止弁の設計
基準地震動Ｓｓ
荷重及び荷重の組合せの設定
解析モデル設定
固有値解析
入力地震動の設定
評価用加速度の設定
設計震度の設定
評価式による計算
応力の計算
逆止弁の機能確認済加速度の設定
逆止弁の機能維持評価
フロートの構造健全性評価
弁本体，フロートガイドの応力評価
・引張
・曲げ
・組合せ
基礎ボルトの応力評価
・引張
・せん断
・組合せ

図 2-2　耐震評価フロー

2.4　適用基準

適用する規格，基準等を以下に示す。

(1)　発電用原子力設備規格　設計・建設規格（2005 年版（2007 年追補版含む。））ＪＳＭＥＳ　ＮＣ１－2005/2007（日本機械学会）

(2)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1987（日本電気協会）

(3)　原子力発電所耐震設計技術指針　重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１・補－1984（日本電気協会）

(4)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1991 追補版（日本電気協会）

2.5　記号の説明

緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口逆止弁の固有周期の計算に用いる記号を表 2-2 に，応力評価に用いる記号を表 2-3 にそれぞれ示す。

表 2-2　緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口逆止弁の固有周期の計算に用いる記号

記　号	記号の説明	単　位
A	モデル化に用いるフロートガイドの断面積	mm^2
d_m	モデル化に用いる弁本体の内径	mm
D_{fm}	モデル化に用いるフロートガイドの直径	mm
D_m	モデル化に用いる弁本体の外径	mm
E	モデル化に用いるフロートガイドの縦弾性係数	MPa
f	逆止弁の一次固有振動数	Hz
T	逆止弁の固有周期	s
I_a	モデル化に用いるフロートガイド１本の断面二次モーメント	mm^4
I_m	モデルの等価断面二次モーメント	mm^4
I_{m1}	モデル化に用いる弁本体の断面二次モーメント	mm^4
I_{m2}	モデル化に用いるフロートガイド４本の等価断面二次モーメント	mm^4
k	モデルのばね定数	N/mm
ℓ_1	モデル化に用いる弁本体の長さ	mm
ℓ_2	モデル化に用いるフロートガイドの長さ	mm
m	モデル化に用いる弁の全質量	kg
yg	フロートガイドの図心ＧとＸ軸の距離	mm

表 2-3　緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口逆止弁の応力評価に用いる記号（1／2）

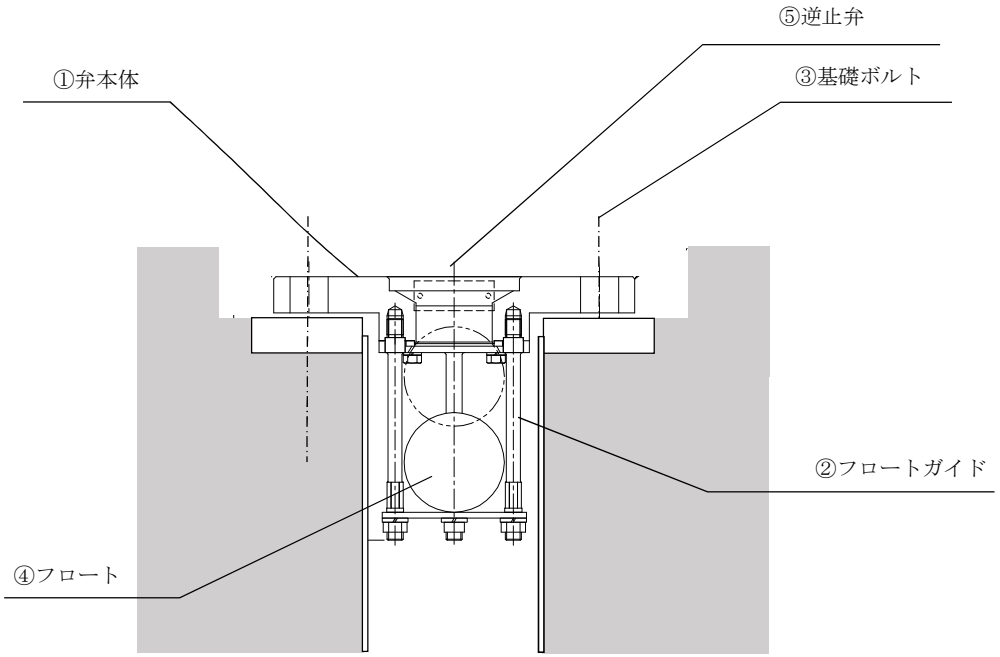
記　号	記号の説明	単　位
C_H	基準地震動S_sによる水平方向の設計震度	－
C_V	基準地震動S_sによる鉛直方向の設計震度	－
A_1	弁本体の断面積	mm^2
A_2	フロートガイドの最小断面積	mm^2
A_3	基礎ボルトのねじ部の断面積	mm^2
d_1	弁本体の内径	mm
D_1	弁本体の外径	mm
D_2	フロートガイドの最小直径	mm
D_P	基礎ボルトのピッチサークル	mm
F_{H1}	弁本体の最下端に加わる水平方向地震荷重	N
F_{H2}	フロートガイドの最下端に加わる水平方向地震荷重	N

表 2-3　緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口逆止弁の応力評価に用いる記号（2／2）

記　号	記号の説明	単　位
F_{V1}	弁本体に加わる鉛直方向地震荷重	N
F_{V2}	フロートガイドに加わる鉛直方向地震荷重	N
g	重力加速度	m/s^2
I_1	弁本体の断面二次モーメント	mm^4
I_2	フロートガイドの断面二次モーメント	mm^4
L_1	弁全体の長さ	mm
L_2	フロートガイドの長さ	mm
m	弁の全質量	kg
m_f	フロートガイド1本当たりの質量	kg
M_1	弁本体に発生する曲げモーメント	N･mm
M_2	フロートガイドに発生する曲げモーメント	N･mm
n	基礎ボルトの本数	本
W_{d1}	弁全体の常時荷重	N
W_{d2}	フロートガイド1本当たりに作用する常時荷重	N
σ_{bH}	水平方向地震荷重によるモーメントにより基礎ボルト 1 本当たりに加わる引張応力	MPa
σ_{bV}	鉛直方向地震荷重により基礎ボルト 1 本当たりに加わる引張応力	MPa
σ_{H1}	弁本体に加わる曲げ応力	MPa
σ_{H2}	フロートガイドの最小断面積に加わる曲げ応力	MPa
σ_{V1}	弁本体に加わる引張応力	MPa
σ_{V2}	フロートガイドの最小断面積に加わる引張応力	MPa
τ_3	基礎ボルトに加わるせん断応力	MPa
S	ボルト以外の許容引張応力，許容曲げ応力及び組合せ応力（Sを1.2倍した値）	MPa
f_s	許容せん断応力（f_sを1.5倍した値）	MPa
f_t	許容引張応力（f_tを1.5倍した値）	MPa
f_{to}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力（f_tを1.5倍した値）	MPa
f_s	ボルトの許容せん断応力（f_sを1.5倍した値）	MPa
f_{ts}	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力	MPa
τ	ボルトに作用するせん断応力	MPa

3. 評価部位

緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口逆止弁は，弁本体，フロート，フロートガイド及び基礎ボルト等で構成されている。耐震評価においては，応力評価による評価部位として，弁本体，フロートガイド及び基礎ボルトを選定し，構造健全性評価による評価部位としてフロートを選定する。また，機能維持評価による評価部位として，逆止弁を選定する。緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口逆止弁の評価部位について，図 3-1 に示す。



図中の①～③は応力評価による評価部位を，④は構造健全性評価による評価部位を，⑤は機能維持評価による評価部位をそれぞれ示す。

図 3-1　緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口逆止弁の評価部位

4.　固有周期

4.1　固有周期の計算方法

緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口逆止弁の構造に応じて，保守的に固有周期が大きく算出されるよう，より柔となるようにモデル化し，固有周期を算出する。また，その場合においても固有周期が 0.05s 以下であることを確認する。

(1)　解析モデル

質量の不均一性を考慮し，一方の端を固定端，他方の端を自由端の 1 質点系モデルとして，自由端に弁の全質量mが集中したモデルを組む。モデル化は，円筒状の弁本体及び円柱状の 4 本のフロートガイドの異なる 2 つの断面をもつ梁の組合せとして設定する。モデル化の概略を図 4-1 に示す。

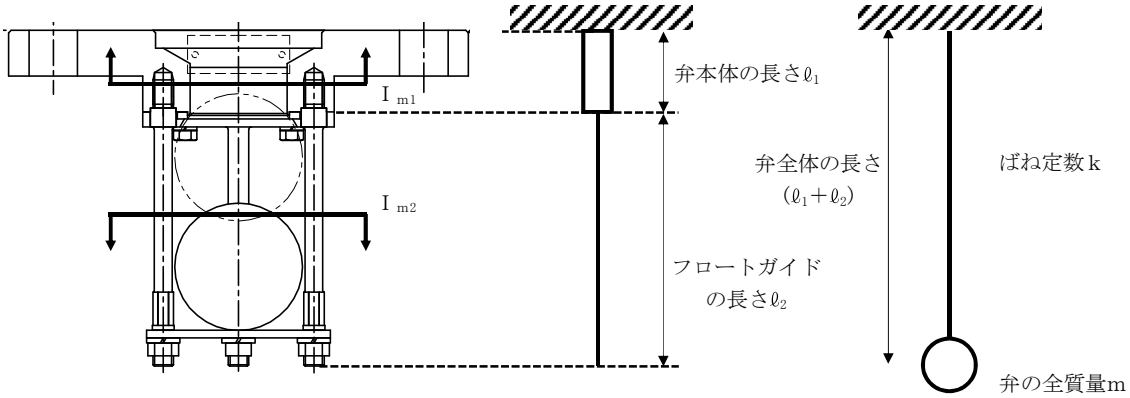


図 4-1　モデル化の概略

(2)　固有周期の計算

固有周期の計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

固有周期Tを以下の式より算出する。

$$T=\frac{1}{f}$$

$$f=\frac{1}{2\cdot\pi}\cdot\sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$k=\frac{3\cdot E\cdot I_m}{(L_1)^3}$$

モデルの等価断面二次モーメントI_mの算出過程を以下に示す。

a.　モデル化に用いる弁本体の断面二次モーメント

モデル化に用いる弁本体の断面二次モーメントI_{m1}は，以下の式より算出する。

$$I_{m1} = (D_m^{\,4} - d_m^{\,4}) \cdot \frac{\pi}{64}$$

b. モデル化に用いるフロートガイド４本の等価断面二次モーメント

平行軸の定理から，フロートガイドの図心Ｇと Ｘ軸の距離 yg を用いて，モデル化に用いるフロートガイド４本の等価断面二次モーメント I_{m2} は，以下の式より算出する。フロートガイド４本の断面を図 4-2 に示す。

$$I_a = D_{fm}^{\,4} \cdot \frac{\pi}{64}$$

$$I_{m2} = 2 \cdot I_a + 2 \cdot \left(I_a + (yg)^2 \cdot A \right)$$

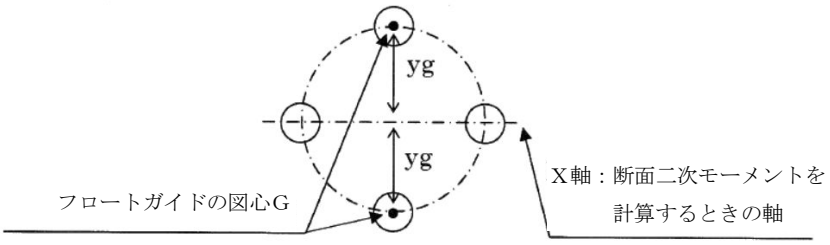


図 4-2　フロートガイド４本の断面

c. モデルの等価断面二次モーメント

モデルの等価断面二次モーメント I_m は，以下の式より算出する。

$$I_m = \frac{(\ell_1 + \ell_2)^3 \cdot I_{m1} \cdot I_{m2}}{I_{m1} \cdot \ell_2^{\,3} + I_{m2} \cdot \left(\ell_1^{\,3} + 3 \cdot \ell_1 \cdot \ell_2^{\,2} + 3 \cdot \ell_1^{\,2} \cdot \ell_2 \right)}$$

4.2　固有周期の計算条件

表 4-1 に固有周期の計算条件を示す。

表 4-1　固有周期の計算条件

フロートガイドの材質	モデル化に用いる弁の全質量 m（kg）	モデル化に用いる弁本体の外径 D_m（mm）	モデル化に用いる弁本体の内径 d_m（mm）	モデル化に用いるフロートガイドの直径 D_{fm}（mm）
SUS316L	3.95	75	65	7

フロートガイドの図心GとX軸の距離 yg（mm）	モデル化に用いる弁本体の長さ ℓ_1（mm）	モデル化に用いるフロートガイドの長さ ℓ_2（mm）	モデル化に用いるフロートガイドの縦弾性係数 E（MPa）
30	30	102	1.92×10^5

4.3　固有周期の計算結果

表 4-2 に固有周期の計算結果を示す。固有周期は，0.05s 以下であることから，剛構造である。

表 4-2　固有周期の計算結果

固有振動数 (Hz)	465
固有周期 (s)	0.003

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口逆止弁の耐震評価は，添付書類「Ⅴ-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえて，「3. 評価部位」にて設定する評価部位に作用する応力等が「5.3 許容限界」にて示す許容限界以下であることを確認する。

5.2 荷重の組合せ及び許容応力

5.2.1 荷重の設定

(1) 固定荷重（D）

常時作用する荷重として，弁全体及びフロートガイドの自重を考慮する。

$$W_{d1}=m_1 \cdot g$$

$$W_{d2}=m_2 \cdot g$$

(2) 基準地震動S_sによる地震荷重（S_s）

基準地震動S_sによる地震荷重を考慮する。

$$F_{H1}=m_1 \cdot C_H \cdot g$$

$$F_{H2}=m_2 \cdot C_H \cdot g$$

$$F_{V1}=m_1 \cdot C_V \cdot g$$

$$F_{V2}=m_2 \cdot C_v \cdot g$$

5.2.2 荷重の組合せ

緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口逆止弁の耐震計算にて考慮する荷重の組合せを表5-1に示す。

表5-1 緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口逆止弁の耐震計算にて考慮する荷重の組合せ

施設区分	機器名称	荷重の組合せ*1
浸水防護施設 （浸水防止設備）	緊急用海水ポンプ室 床ドレン排出口逆止弁	D＋S_s

注記 ＊1：Dは固定荷重，S_sは基準地震動S_sによる地震荷重を示す。

5.3　許容限界

緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口逆止弁の弁本体，フロートガイド及び基礎ボルトの許容限界は，添付書類「Ⅴ-2-1-9　機能維持の基本方針」に基づき表 5-2 のとおりとする。また，許容応力評価条件を表 5-3 に，フロートガイド及び基礎ボルトの許容応力算出結果を表 5-4 にそれぞれ示す。

表 5-2　弁本体，フロートガイド及び基礎ボルトの許容限界

許容応力状態	許容限界*1 (ボルト以外)			許容限界*2 (ボルト)		
	一次応力			一次応力		
	引　張	曲　げ	組合せ*3	引　張	せん断	組合せ*4
ⅢAS*5	1.2・S	1.2・S	1.2・S	1.5・f_t	1.5・f_s	1.5・f_{ts}

注記　＊1：引張及び曲げは，ＪＥＡＧ４６０１・補－1984 を準用し，「管」の許容限界のうちクラス２，３配管に対する許容限界に準じて設定する。

＊2：引張及びせん断は，ＪＥＡＧ４６０１・補－1984 を準用し，「その他の支持構造物」の許容限界を適用する。組合せは，ＪＳＭＥ　ＮＣ１－2005/2007 による。

＊3：引張と曲げの組合せ応力

＊4：せん断応力と引張応力の組合せ応力

せん断応力と引張応力を同時に受けるボルトの許容引張応力 f_{ts} は，次のいずれか小さい方の値

$f_{ts}=1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau$

$f_{ts}=f_{to}$

＊5：地震後，津波後の再使用性や津波の繰返し作用を想定し，当該構造物全体の変形能力に対して浸水防護機能として十分な余裕を有するよう，設備を構成する材料が弾性域内に収まることを基本とする。

表 5-3　弁本体，フロートガイド及び基礎ボルトの許容応力評価条件

評価部位	材　料	温度条件 (℃)	S*1 (MPa)	S_y*1 (MPa)	S_u*1 (MPa)	S_y(RT)*1 (MPa)	F*1*2 (MPa)
弁本体	SUS316L	66	129	－	－	－	－
フロート ガイド	SUS316L		129	－	－	－	－
基礎ボルト	SUS304		－	188	479	205	205

注記　＊1：S：鉄鋼材料（ボルト材を除く）の許容引張応力，S_y：設計降伏点，S_u：設計引張強さ，S_y(RT)：40℃における設計降伏点，F：許容応力算定用基準値を示す。

＊2：F＝Min[1.35・S_y，0.7・S_u，S_y(RT)]とする。

表 5-4　弁本体，フロートガイド及び基礎ボルトの許容応力算出結果

許容応力状態	評価部位	許容限界（ボルト以外）			許容限界（ボルト）	
		一次応力			一次応力	
		引　張 S (MPa)	曲　げ S (MPa)	組合せ S (MPa)	引　張 f_{to} (MPa)	せん断 f_s (MPa)
$\mathrm{III}_A\mathrm{S}$	弁本体	129	129	129	－	－
	フロートガイド	129	129	129	－	－
	基礎ボルト	－	－	－	153	117

5.4　設計用地震力

「4.　固有周期」に示したとおり緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口逆止弁の固有周期が0.05s 以下であることを確認したため，緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口逆止弁の耐震計算に用いる設計震度は，添付書類「Ⅴ-2-1-7　設計用床応答曲線の作成方針」に示す緊急用海水ポンプピットにおける設置床の最大応答加速度の 1.2 倍を考慮して設定する。緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口逆止弁の耐震計算に用いる設計震度を表 5-5 に示す。

表 5-5　設計用地震力

地震動	据付場所 及び床面高さ (m)	地震による設計震度*1	
基準地震動 S_S	緊急用海水ポンプピット EL.　0.800*2	水平方向C_H	1.50
		鉛直方向C_V	0.65

注記　＊1：「4.　固有周期」より，緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口逆止弁の固有周期が 0.05s 以下であることを確認したため，設置床の最大応答加速度の 1.2 倍を考慮した設計震度を設定した。

＊2：基準床レベルを示す。

5.5　計算方法

(1)　弁本体

弁本体の発生応力を算出する。弁本体の応力評価に用いる断面積A_1は，図 5-1 に示すとおり，弁本体のうち最も肉厚が薄い断面を適用する。

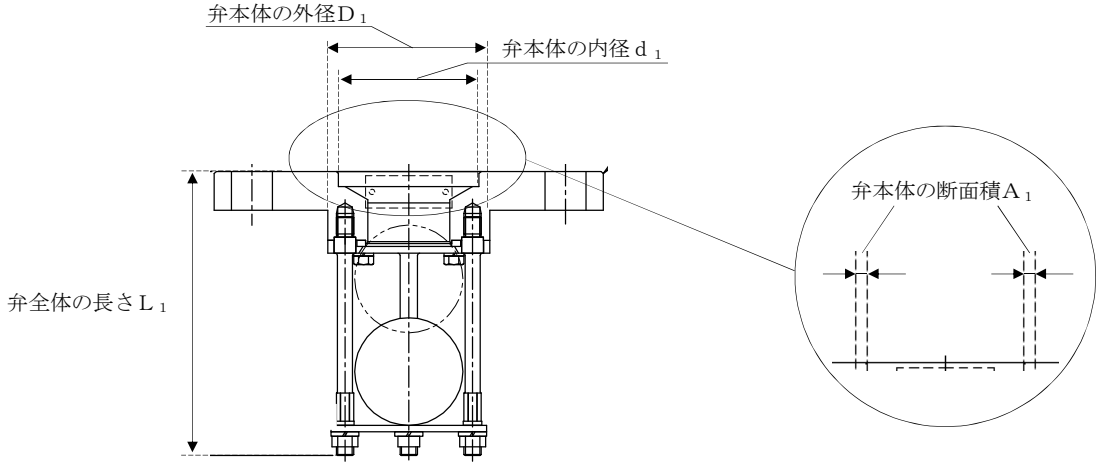


図 5-1　逆止弁本体の構造図

a. 鉛直応答加速度負荷時

鉛直応答加速度により，弁本体に加わる引張応力σ_{V1}を以下の式より算出する。

$$\sigma_{V1}=\frac{W_{d1}+F_{V1}}{A_1}$$

b. 水平応答加速度負荷時

弁体の最下端に集中荷重が負荷された片持ち梁として，水平応答加速度により，弁本体に加わる曲げ応力σ_{H1}を以下の式より算出する。

$$M_1=F_{H1}\cdot L_1$$

$$I_1=(D_1^{\,4}-d_1^{\,4})\cdot\frac{\pi}{64}$$

$$\sigma_{H1}=\frac{M_1\cdot(\frac{D_0}{2})}{I_1}$$

(2)　フロートガイド

フロートガイドの応力評価に用いるフロートガイドの最小断面積A_2は，以下の図 5-2 に示すフロートガイドの最小直径D_2から求める。フロートガイドの最小断面積A_2はフロートガイドのうち最も肉厚が薄い断面を適用する。

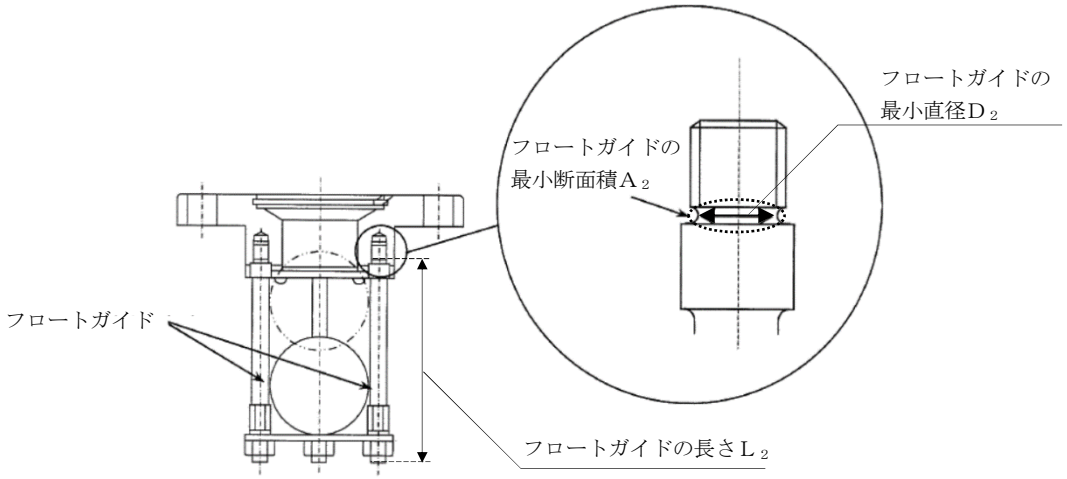


図 5-2　フロートガイドの応力評価に用いる断面積

a.　鉛直応答加速度負荷時

鉛直応答加速度により，フロートガイドの最小断面積に加わる引張応力σ_{V2}を以下の式より算出する。

$$\sigma_{V2}=\frac{W_{d2}+F_{V2}}{A_2}$$

b.　水平応答加速度負荷時

フロートガイドの最下端に集中荷重が負荷された片持ち梁として，水平応答加速度により，フロートガイドの最小断面積に加わる曲げ応力σ_{H2}を以下の式より算出する。

$$M_2=F_{H2}\cdot L_2$$

$$I_2=D_2{}^4\cdot\frac{\pi}{64}$$

$$\sigma_{H2}=\frac{M_2\cdot(\frac{D_2}{2})}{I_2}$$

(3)　基礎ボルト

基礎ボルトの応力評価に用いる基礎ボルトのねじ部の断面積A_3は，図 5-3 に示すとおり，最も肉厚が薄い断面を適用する。

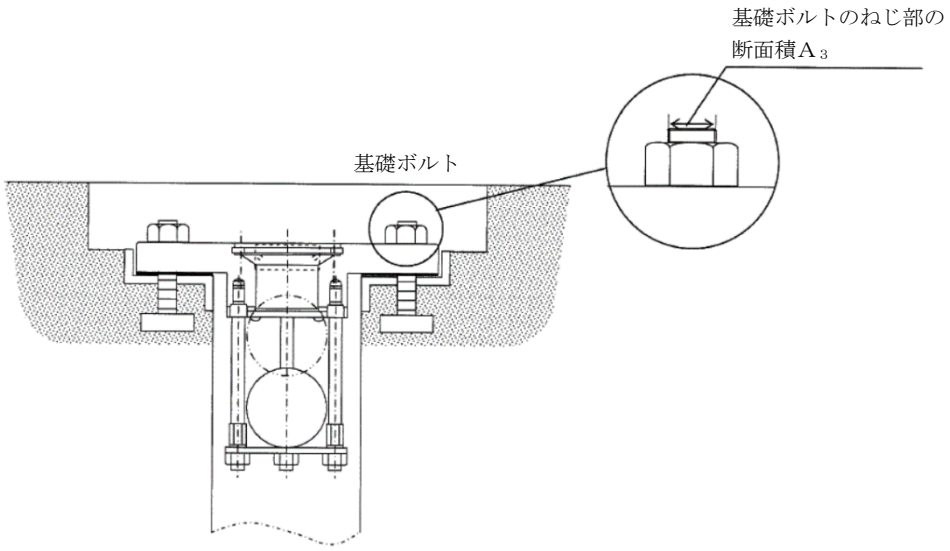


図 5-3　基礎ボルトの応力評価に用いる断面積

a.　鉛直応答加速度負荷時

鉛直応答加速度により，基礎ボルト 1 本当たりに加わる引張応力σ_{bV}を以下の式より算出する。

$$\sigma_{bV}=\frac{W_{d1}+F_{V1}}{A_3 \cdot n}$$

b.　水平応答加速度負荷時

(a) せん断応力

水平応答加速度により，基礎ボルトに加わるせん断応力τ_3を以下の式より算出する。

$$\tau_3=\frac{F_{H1}}{A_3 \cdot n}$$

(b) モーメントによる引張応力

水平応答加速度により対角線上の基礎ボルトを 2 本支持したと仮定し，弁全体の最下端に集中荷重が作用した場合において，水平方向地震荷重によるモーメントにより基礎ボルト 1 本当たりに加わる引張応力σ_{bH}を以下の式より算出する。図 5-4 にモーメントによる引張応力の作用イメージを示す。

$$\sigma_{bH}=\frac{F_{H1}\cdot L_1}{D_P\cdot A_3}$$

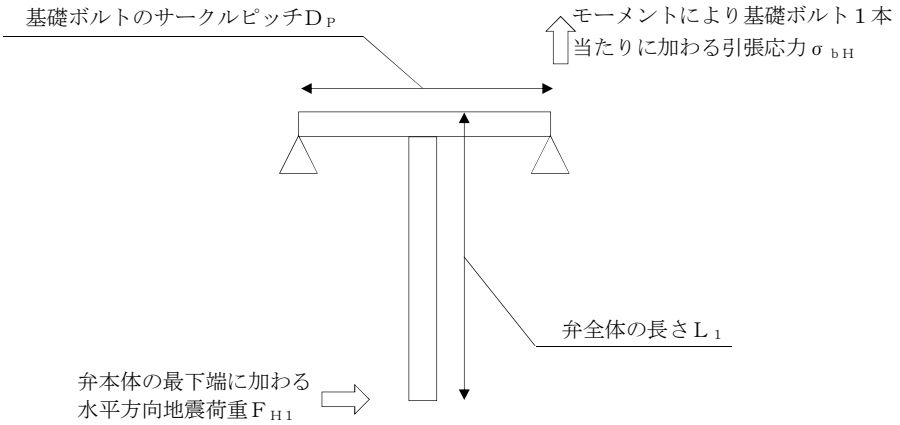


図 5-4　モーメントによる引張応力の作用イメージ

5.6　計算条件

緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口逆止弁の応力評価に用いる計算条件を表 5-7 に示す。

表 5-7　緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口逆止弁の応力評価に用いる計算条件

弁本体の材質	弁本体の 断面積A_1 (mm^2)	弁の全質量 m (kg)	弁全体の長さ L_1 (mm)
SUS316L	1.100×10^3	3.95	132

弁本体の 外径D_1 (mm)	弁本体の 内径d_1 (mm)	フロートガイドの 材質	フロートガイドの 最小断面積A_2 (mm^2)
75	65	SUS316L	34.21

フロートガイドの 1本当たりの質量m_f (kg)	フロートガイドの 長さL_2 (mm)	フロートガイド の最小直径D_2 (mm)	基礎ボルトの材質
0.05	102	6.6	SUS304

基礎ボルトの ねじ部の断面積A_3 (mm^2)	基礎ボルトの本数n	基礎ボルトの サークルピッチ D_P (mm)	重力加速度 g (m/s^2)
2.011×10^2	4	145	9.80665

6. 機能維持評価

「3. 評価部位」にて評価部位として設定した逆止弁の地震時及び地震後の機能維持を確認するため,「6.1 機能維持評価方法」に示すとおり，逆止弁の加振試験後に逆止弁の漏えい試験を実施することにより逆止弁の機能維持評価を実施した。

6.1 機能維持評価方法

緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口逆止弁の固有周期を考慮して，地震時における緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口逆止弁の評価用加速度を設定し，設定した評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを確認する。機能確認済加速度には，正弦波加振試験において，止水性の機能の健全性を確認した加振波の最大加速度を適用する。機能確認済加速度を表 6-1 に示す。

具体的な機能維持確認として，緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口逆止弁に対して，正弦波により水平方向及び鉛直方向の加振試験を実施後，Ⅴ-1-1-2-2-3「入力津波の設定」に示す入力津波を踏まえ，それらの津波荷重水位を上回る圧力として 0.3 MPa 以上の水圧にて漏えい試験を実施し,漏えい量が許容漏えい量以下であることを確認した。本漏えい試験の結果により，フロートの地震時及び地震後の機能維持を確認した。

なお，固有値解析結果より，緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口逆止弁の固有周期が 0.05s 以下であることを確認したため，評価用加速度には設置床の最大応答加速度を使用した。

表 6-1 逆止弁の機能確認済加速度

評価部位	機能確認済加速度（×9.8m/s^2）	
	水平方向	鉛直方向
逆止弁	6.0	6.0

7. 評価結果

緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口逆止弁の耐震評価結果を以下に示す。(1)，(2) 及び (3) に示す評価結果から，緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口逆止弁が耐震性を有することを確認した。

(1) 基準地震動S_Sに対する評価

基準地震動S_Sに対する構造強度評価結果を表 7-1 に示す。発生応力が許容応力以下であることから構造部材が構造健全性を有することを確認した。

表 7-1 基準地震動S_Sによる評価結果

評価部位	評価応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
弁本体	引 張	1	129
	曲 げ	1	129
	組合せ*1	2	129
フロートガイド	引 張	1	129
	曲 げ	3	129
	組合せ*1	4	129
基礎ボルト	引 張*2	2	153*3
	せん断	1	117

注記 ＊1：引張（σ_V）＋曲げ（σ_H）は，$\sigma_V+\sigma_H \leqq f_t$で評価

＊2：基礎ボルトの引張応力は，$\sigma_{bH}+\sigma_{bV}$の和

＊3：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau, f_{to}]$より算出

(2) 基準地震動S_Sに対する逆止弁の機能維持評価

緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口逆止弁の機能維持確認結果を表 7-2 に示す。表 7-2 に示すとおり評価用加速度が機能確認済加速度以下であることから逆止弁の機能維持を確認した。

表 7-2 機能維持評価結果

評価部位	機能確認済加速度との比較			
	水平加速度（×9.8 m/s^2）		鉛直加速度（×9.8 m/s^2）	
	評価用加速度*1	機能確認済加速度	評価用加速度*1	機能確認済加速度
逆止弁	1.25	6.0	0.54	6.0

注記 ＊1：「4. 固有周期」より，緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口逆止弁の固有周期が 0.05s 以下であることを確認したため，評価用加速度には設置床の最大応答加速度を使用した。

(3)　基準地震動Ｓｓに対するフロートの構造健全性評価

「(2)　基準地震動Ｓｓに対する逆止弁の機能維持評価」に示したとおり逆止弁の機能維持を確認したことにより,評価部位であるフロートが構造健全性を有することを確認した。