V-3-別添 3-2-2 防潮堤(鉄筋コンクリート防潮壁)の強度計算書

V-3-別添 3-2-2-1 防潮堤(鉄筋コンクリート防潮壁)の強度計算書

1.	概	要······
2.	基	本方針 ••••••••••••••••••••••••••••••••••••
2	. 1	位置 ····· 2
2	. 2	構造概要 ····· 3
2	. 3	評価方針 ····································
2	. 4	適用規格 ······ ··· ··· ··· ··· 10
3.	強	度評価方法 ··················11
3	. 1	記号の定義 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・11
3	. 2	評価対象断面及び部位 ・・・・・・・・ 13
3	. 3	荷重及び荷重の組合せ ·······18
3	. 4	解析モデル及び諸元 ・・・・・・ 20
3	. 5	許容限界 ····································
3	. 6	評価方法 ····· 26

### 1. 概要

本資料は、V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に示すと おり、鉄筋コンクリート防潮壁が繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重 や余震荷重等に対し、主要な構造部材の構造健全性を保持すること、十分な支持性能を有する地 盤に設置していること及び主要な構造体の境界部に設置する部材が有意な漏えいを生じない変形 に留まることを確認するものである。 2. 基本方針

鉄筋コンクリート防潮壁の検討対象断面位置は、V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に示す「3.2 機能維持の方針」を踏まえて選定する。鉄筋コンクリート防潮壁の「2.1 位置」及び「2.2 構造概要」を示す。

2.1 位置

鉄筋コンクリート防潮壁の位置図を第2-1図に示す。



第2-1図 鉄筋コンクリート防潮壁位置図

#### 2.2 構造概要

鉄筋コンクリート防潮壁は、1 ブロック幅約 11 m~20 m、天端高 T.P.+20 m、奥行約 10 m の鉄筋コンクリート造の構造物であり、ブロック間は止水ジョイントを施した構造である。鉄筋コンクリート防潮壁は、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。 また、鉄筋コンクリート防潮壁に防潮扉及びフラップゲートを設置する。

鉄筋コンクリート防潮壁のたて壁と地中連続壁基礎とは,鉄筋コンクリートフーチングを介 した剛結合で一体構造とする。

鉄筋コンクリート防潮壁の検討対象位置平面図を第2-2図に、概要図を第2-3図に、構造 図を第2-4図に示す。



第2-2図 鉄筋コンクリート防潮壁 検討対象位置平面図



鉄筋コンクリート防潮壁の取水構造物の北側概要図



第2-3図 鉄筋コンクリート防潮壁構造概要図



第2-4(1)図 鉄筋コンクリート防潮壁構造図(フラップゲート部)



第2-4(2)図 鉄筋コンクリート防潮壁構造図(防潮扉部)

#### 2.3 評価方針

防潮堤(鉄筋コンクリート防潮壁)は、Sクラス施設である浸水防護施設に分類される。 鉄筋コンクリート防潮壁の強度評価は、V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施 設の強度計算の方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」及び「4.2 許容限界」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実施する。強度評価では、「3. 強度 評価方法」に示す方法により、「4. 評価条件」に示す評価条件を用いて評価し、「5. 強度 評価結果」より、鉄筋コンクリート防潮壁の評価対象部位に作用する応力等が許容限界以下で あることを確認する。

鉄筋コンクリート防潮壁の耐震評価項目を第 2-1 表に,強度評価フローを第 2-5 図に示す。

鉄筋コンクリート防潮壁の強度評価においては、その構造を踏まえ、津波に伴う荷重の作用 方向及び伝達過程を考慮し、評価対象部位を設定する。強度評価に用いる荷重及び荷重の組合 せは、津波に伴う荷重作用時(以下、「津波時」という。)及び津波に伴う荷重と余震に伴う 荷重作用時(以下、「重畳時」という。)について行う。

鉄筋コンクリート防潮壁は、上部工と下部工を一体とした3次元モデルで強度評価を行なう。 地中連続壁基礎をはり要素、鉄筋コンクリート及びフーチングを平面要素でモデル化する。

鉄筋コンクリート防潮壁の強度評価は、設計基準対象施設として第2-1表の鉄筋コンクリ

ート防潮壁の評価項目に示すとおり、構造部材の健全性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、構造部材の発生応力が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、有意な漏えいが生 じないことを確認した許容限界以下であることを確認する。

重畳時の評価における入力地震動は,解放基盤表面で定義される弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>-D1 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。

なお、防潮扉の評価をV-3-別添 3-2-4「防潮扉の強度計算書」に示す。

	<b>1</b> 3			
評価方針	評価項目	部位	評価方法	許容限界
		鉄筋コンクリート	発生応力が許容限界以	短期許容応力度
		防潮壁	下であることを確認	
		地中連続壁基礎	発生応力が許容限界以	短期許容応力度
推准改革	構造部材の		下であることを確認	
特垣 畑 皮	健全性	鋼製アンカー	発生応力が許容限界以	短期許容応力度
を有りる			下であることを確認	
		鋼製防護部材	発生応力が許容限界以	短期許容応力度
			下であることを確認	
	基礎地盤の	基礎地盤	接地圧が許容限界以下	極限支持力*
	支持性能		であることを確認	
		鉄筋コンクリート	発生応力が許容限界以	短期許容応力度
		防潮壁	下であることを確認	
		地中連続壁基礎	発生応力が許容限界以	短期許容応力度
	構造部材の		下であることを確認	
	健全性	鋼製アンカー	発生応力が許容限界以	短期許容応力度
止水性を			下であることを確認	
損なわな		鋼製防護部材	発生応力が許容限界以	短期許容応力度
いこと			下であることを確認	
	基礎地盤の	基礎地盤	接地圧が許容限界以下	極限支持力*
	支持性能		であることを確認	
	構造物の変形	止水ジョイント部	発生変形量が許容限界	有意な漏えいが
	性	材	以下であることを確認	生じないことを
				確認した変形量

第2-1表 鉄筋コンクリート防潮壁の評価項目

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 2-1 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 2-1 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 2-1 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2-5図 鉄筋コンクリート防潮壁の耐津波評価フロー

2.4 適用規格

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((社)土木学会,2002年制定)
- ・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)
- ・鋼構造設計規準-許容応力度設計法-((社)日本建築学会,2005年9月)
- ・各種合成構造設計指針・同解説((社)日本建築学会,2010年11月)
- ・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))
- ・建築基準法(昭和 25 年 5 月 24 日法律第 201 号)
- ・建築基準法施行令(昭和 25 年 11 月 16 日政令第 338 号)

# 3. 強度評価方法

# 3.1 記号の定義

強度評価に用いる記号を第3-1表に示す。

記号	単位	定義
G	kN	固定荷重
Р	kN	積載荷重
P s	kN	積雪荷重
$P_{\rm t}$	$kN/m^2$	遡上津波荷重
P <sub>c</sub>	kN	衝突荷重
$K_{S d}$	kN	余震荷重
P <sub>d</sub>	$kN/m^2$	動水圧
В	m	地中連続壁基礎の前面幅
D	m	地中連続壁基礎の側面幅
γ	$kN/m^3$	単位体積重量
P <sub>n1</sub>	$kN/m^2$	最大津波波圧(地表面の津波波圧)
P <sub>n2</sub>	$kN/m^2$	壁天端の津波波圧
σса	$N/mm^2$	コンクリートの許容曲げ圧縮応力度
$ au_{a\ 1}$	$N/mm^2$	コンクリートの許容せん断応力度
σ <sub>ca</sub> '	$N/mm^2$	コンクリートの許容支圧応力度
σ <sub>c</sub>	$N/mm^2$	コンクリートの圧縮応力度
Ø <sub>sa</sub>	$N/mm^2$	鋼材の許容曲げ圧縮応力度
М	N•mm	最大曲げモーメント
Ν	Ν	軸力
S	kN	 せん断力
Ζ	mm <sup>3</sup>	断面係数
А	$\mathrm{mm}^2$	有効断面積

第3-1表(1) 強度評価に用いる記号(1/2)

記号	単位	定義
f'ck	$N/mm^2$	コンクリートの設計基準強度
f <sub>y k</sub>	$N/mm^2$	鋼材の引張降伏強度
E <sub>c</sub>	$kN/mm^2$	コンクリートのヤング係数
E <sub>s</sub>	$kN/mm^2$	鋼材のヤング係数
F <sub>s</sub>		安全率
u	$kN/m^2$	平均過剰間隙水圧
W	$kN/m^2$	土の有効重量
γ'	$kN/m^3$	土の水中単位体積重量
1	m	浸透流路長
h w	m	水面から掘削底面までの高さ(水位差)

第3-1表(2) 強度評価に用いる記号(2/2)

3.2 評価対象断面及び部位

鉄筋コンクリート防潮壁の評価対象断面は, V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要 な施設の強度計算の方針」の「4.2 許容限界」にて示している評価対象部位を踏まえて設定 する。

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。第3-1図に評価対象断面位置図を,第3-2図に評価対象の断面図を示す。

- (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、鉄筋コンクリート防潮壁、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、鉄筋コンクリート防潮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ゴムジョイント及びシートジ ョイントとする。
- (4) 鋼製アンカー鋼製アンカーの評価対象部位は、止水ジョイント部材の取り付け部の鋼製アンカーとする。
- (5) 鋼製防護部材鋼製防護部材の評価対象部位は、止水ジョイント部材を防護する鋼製防護部材とする。

第3-1図 鉄筋コンクリート防潮壁の検討対象断面位置



第 3-2 図(2) 鉄筋コンクリート防潮壁断面図(②-②断面)

0

50m

-110.0

-120.0

-130.0

-110.0

-120.0

-130.0







第 3-2 図(5) 鉄筋コンクリート防潮壁断面図(⑤-⑤断面)



3.3 荷重及び荷重の組合せ

強度計算に用いる荷重及び荷重の組合せは, V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要 な施設の強度計算の方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」にて示している荷重及び荷重の 組合せを踏まえて設定する。

3.3.1 荷重

鉄筋コンクリート防潮壁の強度評価において、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,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。
- (3) 遡上津波荷重(P<sub>t</sub>) 遡上津波荷重については,防潮堤前面における最大津波水位標高と防潮堤設置地盤標高 の差分の 3/2 倍を考慮して算定する。
- (4)余震荷重(K<sub>sd</sub>)
  余震荷重として,弾性設計用地震動S<sub>d</sub>-D1による地震力及び動水圧を考慮する。
  重畳時は,余震荷重(K<sub>sd</sub>)として水平慣性力及び鉛直慣性力を考慮する。地表面の最大
  加速度から水平震度及び鉛直震度を算定し,積雪荷重に対応する慣性力を作用させる。
- (5) 衝突荷重(P<sub>c</sub>)(5) 衝突荷重として,総排水トン15 tの漁船の衝突を考慮する。
- (6)積雪荷重(P<sub>s</sub>)
  積雪荷重として,30 cmの積雪を考慮する。
- (7) 風荷重(P<sub>K</sub>)

津波荷重作用時には風荷重の受圧面が存在しないため、津波荷重作用側には風荷重を考 慮しない。また津波の作用方向と逆向きの風荷重は、保守的に考慮しない。

3.3.2 荷重の組合せ

荷重の組合せを第 3-2 表に示す。強度評価に用いる荷重組合せは津波時及び重畳時に 区分する。

区分	荷重の組み合せ		
津波時	$G + P + P_t + P_c + P_s$		
重畳時	$G + P + P_t + K_{Sd} + P_S$		

第3-2表 荷重の組合せ

G : 固定荷重

- P : 積載荷重
- P t : 遡上津波荷重

Ksd:余震荷重

P 。 : 衝突荷重 P s : 積雪荷重

- 3.4 解析モデル及び諸元
- 3.4.1 鉄筋コンクリート防潮壁の解析モデル

鉄筋コンクリート防潮壁は、上部工と下部工を一体としたフレーム解析モデル及び地震 応答解析モデルで強度評価を行なう。鉄筋コンクリート防潮壁の3次元フレーム解析モデ ルの解析モデル概念図を第3-3図に示す。

(1) 構造物のモデル化 地中連続壁基礎をはり要素、鉄筋コンクリート及びフーチングを平面要素でモデル化す る。

(2) 地盤のモデル化

フレーム解析モデルにおいて、地盤は、非線形バネ要素でモデル化する。

地震応答解析モデルにおいて, 地盤は, 剛性と減衰の非線形特性を考慮してモデル化す る。

3.4.2 鉄筋コンクリート防潮壁(上部工)の解析モデル

上部工である鉄筋コンクリートについては、堤軸直交方向が弱軸断面方向となるため、 竪壁下端を固定端とする片持ち梁で保守的に評価する。上部工の解析モデル概念図を第3 -4 図に示す。

(a) 津波時の解析モデル概念図



(b) 重畳時の解析モデル概念図(堤軸直交方向地震力の例)

第3-3図 鉄筋コンクリート防潮壁の津波時及び重畳時の3次元フレームモデル概念図



第3-4図 鉄筋コンクリート防潮壁(上部工)の重畳時の解析モデル概念図

3.4.3 使用材料及び材料の物性値

使用材料を第3-3表に、材料の物性値を第3-4表に示す。

笛	3	-3表	使用材料
11	0	0 1	

材料		諸元
	地中連続壁基礎	設計基準強度 40 N/mm <sup>2</sup>
	防潮壁	設計基準強度 40 N/mm <sup>2</sup>
鉄筋		SD345, SD390, SD490

第3-4表 材料の物性値

	++*1	単位体積重量	ヤング係数	ポマソンド
	171 177	$(kN/m^3)$	$(N/mm^2)$	ホノノン比
鉄筋	設計基準強度 40 N/mm <sup>2</sup>	24.5	3. $1 \times 10^4$	0.2
コンクリート				
鋼材	SM400, SM490	77.0	2. $05 \times 10^5$	0.3

## 3.4.4 地盤の物性値

地盤の物性値は、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。 3.5 許容限界

鉄筋コンクリート防潮壁の許容限界は、「3.2 評価対象断面」にて設定した評価対象断面 の機能損傷モードを考慮し、V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算 の方針」の「4.2 許容限界」にて示している許容限界を踏まえて設定する。

(1) 鉄筋コンクリートの許容限界

許容応力度については、「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)に基づき第3-5表のとおり設定する。短期許容応力度は、基準津 波時におけるコンクリート及び鉄筋の許容応力度に対して1.5倍の割増を考慮する。また、 T.P.+24m 津波時はコンクリートの許容応力度に対して2.0倍,鉄筋の許容応力度に対して 1.65倍の割増しを考慮する。

評価項目			短期許容応力度(N/mm <sup>2</sup> )			
			基準津波	T.P.+24m 津波		
	f' <sub>ck</sub> =40 N/mm <sup>2</sup>	許容曲げ圧縮応力度 σ <sub>ca</sub>	21.0	28.0		
		許容せん断応力度 τ а1	0.825*	$1.1^{*}$		
	SD345	許容引張応力度 $\sigma_{sa}$	294	323.4		
鉄筋	SD390	許容引張応力度 $\sigma_{sa}$	309	339.9		
	SD490	許容引張応力度 σ sa	435	478.5		

第3-5表 許容応力度(短期)

注記 \*: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<sub>a</sub>)を許 容限界とする。

 $V_{a}\,{=}\,V_{c\ a}\,{+}\,V_{s\ a}$ 

ここで,

V <sub>c a</sub> : コンクリートの許容せん断力  $V_{ca} = 1/2 \cdot \tau_{a1} \cdot b_w \cdot j \cdot d$ :斜め引張鉄筋の許容せん断力 V s a  $V_{sa} = A_w \cdot \sigma_{sa} \cdot j \cdot d / s$ :斜め引張鉄筋を考慮しない場合の許容せん断応力度 τ<sub>al</sub> : 有効幅 b w : 1/1.15 j d : 有効高さ :斜め引張鉄筋断面積  $A_{w}$ :鉄筋の許容引張応力度 σ<sub>sa</sub> :斜め引張鉄筋間隔 S

(2) 基礎地盤の支持性能評価における許容限界

基礎地盤の支持性能については、構造物の接地圧が基礎地盤の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。基礎地盤の極限支持力は、「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)による評価値とし、V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき算定する。

(3) 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 3-6 表に止水ジョイント部材の 変形量の許容限界を示す。

第3-6表 止水ジョイント部材の変形量の許容限界

評	面項目	許容限界
止水ジョイント	ゴムジョイント	水平:200 mm, 鉛直:200 mm, 軸直角:200 mm
部材	シートジョイント	防潮壁天端相対変位:2 m

(4) 鋼製アンカー

鋼製アンカーの許容限界は、「各種合成構造設計指針・同解説((社)日本建築学会、 2010年11月)」に基づき設定する。コンクリートの許容限界は、第3-5表に示す短期許容 応力度を許容限界とする。

(5) 鋼製防護部材

鋼製防護部材の許容限界は、「鋼構造設計規準-許容応力度設計法-((社)日本建築学 会、2005年9月)」、「各種合成構造設計指針・同解説((社)日本建築学会、2010年11 月)及び「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)」に基づき設定する。 3.6 評価方法

鉄筋コンクリート防潮壁の評価方法は、V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な 施設の強度計算の方針」の「5. 強度評価方法」にて示している荷重及び荷重の組合せを踏 まえて設定する。

鉄筋コンクリート防潮壁の強度評価は,解析結果により得られる照査用応答値が「3.5 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) 津波時
  - a. 鉄筋コンクリート防潮壁

鉄筋コンクリート防潮堤は,堤軸方向に同様な断面が連続する構造であることから,堤 軸直交方向が弱軸断面方向となる。

上部工については、フーチングとの連結部を固定端とする片持ち梁として評価する。

- b. 地中連続壁基礎 地盤バネを設定した3次元フレームモデルに津波荷重等を載荷して評価する。
- c. 基礎地盤の支持力 地中連続壁基礎底面において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。
- d. 止水ジョイント部材
  本震後の津波時における変形量が許容限界以下であることを確認する。
- e. 鋼製アンカー 津波荷重が止水ジョイント部材へ載荷された際に,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が許容限界以下であることを確認する。
- f. 鋼製防護部材 鋼製防護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。

- (2) 重畳時
  - a. 地盤応答解析
    - (a) 解析方法

重畳時の検討で実施する地震応答解析は,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。

地震応答解析には,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,別紙「計算機プログラム(解析コード)の 概要」に示す。

イ. 地盤

V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に示す有効応力解析用地盤物性値に基づき,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モデル化とする。

- ロ. 減衰特性
  時刻歴非線形解析における減衰特性については、固有値解析にて求められる固有振
  動数に基づく Rayleigh 減衰を考慮する。
- (b) 解析モデル及び諸元
  - イ. 解析モデル
    解析モデルは、構造物設置位置の地層構成に基づきモデル化する。
  - ロ. 地盤の物性値 地盤の物性値は、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。
- (c) 入力地震動

入力地震動は、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弾性設計用地震動

S<sub>d</sub>を,1次元波動論によって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,別紙「計算機プログラム(解析コード)の 概要」に示す。

- b. 評価方法
  - (a) 鉄筋コンクリート防潮壁

鉄筋コンクリート防潮堤は,堤軸方向に同様な断面が連続する構造であることから,堤軸直交方向が弱軸断面方向となる。

上部工については、フーチングとの連結部を固定端とする片持ち梁として評価する。

(b) 地中連続壁基礎

地盤バネを設定した3次元フレームモデルに津波荷重や余震荷重等を考慮して評価 する。

- (c) 基礎地盤の支持力
  地中連続壁基礎底面において基礎地盤に作用する接地圧が、極限支持力に基づく許
  容限界値以下であることを確認する。
- (d) 止水ジョイント部材
  止水ジョイント部材の重畳時の評価は、本震後の余震時と津波の重畳時における変
  形量が許容限界以下であることを確認する。
- (e) 鋼製アンカー 鋼製アンカーの重畳時の評価は「(1) 津波時」と同じ方法により,許容限界以下 であることを確認する。
- (f) 鋼製防護部材 鋼製防護部材の重畳時の評価は「(1) 津波時」と同じ方法により,許容限界以下 であることを確認する。

V-3-別添 3-2-2-2 防潮堤(鉄筋コンクリート防潮壁 (放水路エリア))の強度計算書

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 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	7
2	. 4	適用規格 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	0
3.	強	度評価方法	1
3	. 1	記号の定義・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	1
3	. 2	評価対象断面及び部位・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	3
3	. 3	荷重及び荷重の組合せ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	6
3	. 4	許容限界 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	8
3	. 5	評価方法 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	21

### 1. 概要

本資料は、V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」に示すと おり、防潮堤のうち鉄筋コンクリート防潮壁(放水路エリア)が地震波の繰返しの襲来を想定し た津波荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、主要な構造部材の構造健 全性を保持すること、十分な支持性能を有する岩盤に設置していること及び主要な構造体の境界 部に設置する部材が有意な漏えいを生じない変形に留まることを確認するものである。 2. 基本方針

V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」に示す「2.1 機能 維持の方針」を踏まえ,鉄筋コンクリート防潮壁(放水路エリア)の「2.1 位置」及び「2.2 構造概要」を示す。

2.1 位置

鉄筋コンクリート防潮壁(放水路エリア)の位置図を第2-1図に示す。



第2-1図 鉄筋コンクリート防潮壁(放水路エリア)の位置図

2.2 構造概要

鉄筋コンクリート防潮壁(放水路エリア)は、V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要 な施設の強度計算書の方針」のうち「3.2 機能維持の方針」に示す構造計画を踏まえ、詳細な 構造を設定する。

鉄筋コンクリート防潮壁(放水路エリア)は、鉄筋コンクリート製の放水路及び地中連続壁 基礎の上に鉄筋コンクリート製の防潮壁を構築するものである。防潮壁、放水路及び地中連続 壁基礎はすべて鉄筋コンクリートで一体化した構造とし、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。防潮壁直下に構築する放水路はカルバート構造であり、敷地内 への津波の浸水を防止するためのゲートを設置する。

鉄筋コンクリート防潮壁(放水路エリア)の平面図を第 2-2 図に、断面図を第 2-3 図に示す。

また,防潮壁に隣接する鋼管杭で支持された鉄筋コンクリート壁との境界には,止水性の維持のため,伸縮性を有する止水ジョイント部材を設置する。止水ジョイント部材の設置位置図を第2-4図に,概念図を第2-5図に示す。

第2-2図 鉄筋コンクリート防潮壁(放水路エリア)の平面図
# <u> 横断方向:①—①断面</u>

注:寸法はmmを示す。

第2-3図(1) 鉄筋コンクリート防潮壁(放水路エリア)の断面図

<u>縦断方向:②—②断面</u>

<u>縱断方向:③—③断面</u>



# <u>水平方向:④—④断面</u>

注:寸法はmmを示す。

第2-3図(2) 鉄筋コンクリート防潮壁(放水路エリア)の断面図



第2-4図 止水ジョイント部材の設置位置図



第2-5図 止水ジョイント部材の概念図

2.3 評価方針

鉄筋コンクリート防潮壁(放水路エリア)は、Sクラス施設である浸水防護施設に分類される。

鉄筋コンクリート防潮壁(放水路エリア)の強度評価は、V-3-別添 3-1「津波又は溢水への 配慮が必要な施設の強度計算書の方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」及び「4.2 許容限 界」におい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実施する。強度 評価では、「3. 強度評価方法」に示す方法により、「4. 評価条件」に示す評価条件を用い て評価し、「5. 強度評価結果」より、鉄筋コンクリート防潮壁(放水路エリア)の評価対象 部位に作用する応力等が許容限界以下であることを確認する。

鉄筋コンクリート防潮壁(放水路エリア)の強度評価においては、その構造を踏まえ、津波 及び余震荷重の作用方向や伝達過程を考慮し、評価対象部位を設定する。強度評価に用いる荷 重及び荷重の組合せは、津波に伴う荷重作用時(以下、「津波時」という。)及び津波に伴う 荷重と余震に伴う荷重作用時(以下、「重畳時」という。)について行う。鉄筋コンクリート 防潮壁(放水路エリア)の強度評価は、設計基準対象施設として第2-1表の鉄筋コンクリート 防潮壁(放水路エリア)の評価項目に示すとおり、構造部材の健全性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,構造部材の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、防潮壁を支持する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。

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、有意な漏えいが生 じないことを確認した許容限界以下であることを確認する。

鉄筋コンクリート防潮壁(放水路エリア)の強度評価フローを第2-6図に示す。

なお,重畳時の評価における入力地震動は,解放基盤表面で定義される弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>-D1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。

評価方針	評価項目	部位	評価方法	許容限界	
	構造部材の		発生応力が許容限界以下		
構造強度を	健全性		であることを確認	思期計谷応力度	
有すること	基礎地盤の	甘花林山山的小	接地圧が許容限界以下で		
	支持性能	奉啶地盛	あることを確認	極限又行力	
	構造部材の	仲がーンクリート	発生応力が許容限界以下	后期款应内力库	
	健全性		であることを確認	思期計谷応力度	
止水性を損	基礎地盤の	甘花林山山的小	接地圧が許容限界以下で	極限支持力*	
なわないこ	支持性能	奉碇地盛	あることを確認		
と	推進が		水井本形具が計会四用い	有意な漏えいが生じ	
	一件 但 初 ()	再旦初ック 止水ジョイント部材	光工友が里が計谷限介以	ないことを確認した	
	发///注		「てめるここを確認	変形量	

第2-1表 鉄筋コンクリート防潮壁(放水路エリア)の評価項目

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2-1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2-1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2-1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2-6図 鉄筋コンクリート防潮壁(放水路エリア)の強度評価フロー

## 2.4 適用規格

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)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987((社)日本電気協会)
- ・建築基準法(昭和 25 年 5 月 24 日法律第 201 号)
- ・建築基準法施行令(昭和 25 年 11 月 16 日政令第 338 号)
- ・各種合成構造設計指針・同解説((社)日本建築学会,2010年11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)

# 3. 強度評価方法

3.1 記号の定義

強度評価に用いる記号を第3-1表に示す。

記号	単位	定義
G	kN	固定荷重
Р	kN	積載荷重
P s	kN	積雪荷重
$P_{\rm t}$	$kN/m^2$	遡上津波荷重
P <sub>w</sub>	kN	衝突荷重
$K_{Sd}$	kN	余震荷重
P <sub>d</sub>	$kN/m^2$	動水圧
В	m	断面幅
γ	$kN/m^3$	単位体積重量
P <sub>n1</sub>	$kN/m^2$	最大津波波圧
Øsa	$N/mm^2$	鉄筋の許容引張応力度
б <sub>са</sub>	$N/mm^2$	コンクリートの許容曲げ圧縮応力度
V a	kN	斜め引張鉄筋を考慮する場合の許容せん断力
V c a	kN	コンクリートの負担するせん断力
V s a	kN	斜め引張鉄筋の負担するせん断力
b w	m	有効幅
j	_	1/1.15
d	m	有効高さ
$A_{w}$	$m^2$	斜め引張鉄筋断面積
s	m	斜め引張鉄筋間隔
τ <sub>a1</sub>	$N/mm^2$	コンクリートの許容せん断応力度
σ	$N/mm^2$	曲げモーメント及び軸力による応力
М	N•mm	最大曲げモーメント

第3-1表(1) 強度評価に用いる記号

Z	$\mathrm{mm}^3$	断面係数
Ν	Ν	軸力
А	$\mathrm{mm}^2$	有効断面積
τ	$N/mm^2$	せん断応力
S	kN	せん断力
F	$N/mm^2$	鋼材の基準強度 $(= \sigma_y)$
E	$kN/mm^2$	ヤング係数
F <sub>s</sub>	_	安全率
u	$kN/m^2$	平均過剰間隙水圧
W	$kN/m^2$	土の有効重量
γ'	$kN/m^3$	土の水中単位体積重量

第3-1表(2) 強度評価に用いる記号

3.2 評価対象断面及び部位

鉄筋コンクリート防潮壁(放水路エリア)の地中連続壁基礎は,強軸断面方向と弱軸断面方 向が明確でなく,横断方向と縦断方向で地質断面に差異があるため,構造物に直交する両方向 を評価対象断面とする。

(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,一体化された防潮壁,放水路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。

鉄筋コンクリートの評価対象部位は、津波方向に対応する部材とする。第 3-1 図に評価対 象断面を示す。

(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,鉄筋コンクリート防潮堤(放水路エリア)の下 部工となる地中連続壁基礎を支持する基礎地盤とし,基礎地盤に発生する接地圧を検討する。



第3-1図 鉄筋コンクリート防潮壁(放水路エリア)の評価対象断面図

14

(3) 止水ジョイント部材の変形性

止水ジョイント部材の変形性に係る評価対象部位は,防潮壁に隣接する鋼管杭で支持された 鉄筋コンクリート壁との境界に設置された止水ジョイント部材とする。止水ジョイント部材の 変位量の評価対象部位を第3-2図に示す。



第3-2図 止水ジョイント部材の位置図

#### 3.3 荷重及び荷重の組合せ

強度計算に用いる荷重及び荷重の組合せは、V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な 施設の強度計算書の方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」にて示している荷重及び荷重の組 合せを踏まえて設定する。

### 3.3.1 荷重

鉄筋コンクリート防潮壁(放水路エリア)の強度評価において,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, 躯体自重を考慮する。
- (2) 積載荷重(P) 積載荷重として、浸水防止ゲート及び巻上機械の機器・配管荷重、並びに放水路内の静水圧による荷重を考慮する。

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
浸水防止ゲート及び巻上機	86 kN/基×3基

(3) 遡上津波荷重(P<sub>t</sub>)

遡上津波荷重については,防潮堤前面における最大津波水位標高と防潮堤設置地盤標高 の差分の 3/2 倍を考慮して算定する。

(4) 余震荷重(K<sub>Sd</sub>)

余震荷重として,弾性設計用地震動S<sub>d</sub>-D1による地震力及び動水圧を考慮する。 余震と津波の「重畳時」は余震荷重(K<sub>Sd</sub>)として水平慣性力及び鉛直慣性力を考慮する。 地表面の最大加速度から水平震度及び鉛直震度を算定し,積雪荷重に対応する慣性力を作 用させる。

a. 動水圧(P<sub>d</sub>)

余震と津波の「重畳時」は,余震による地表面最大加速度に応じた水平震度に基づき 算定される動水圧を考慮する。

- (5) 衝突荷重(P<sub>w</sub>)
   衝突荷重として,総排水トン15 tの漁船の衝突を考慮する。
- (6) 積雪荷重(P<sub>s</sub>)
   積雪荷重として, 30 cmの積雪を考慮する。
- (7) 風荷重(P<sub>k</sub>)

風荷重は,作用時の方向が津波遡上荷重の作用方向と逆向きであることから,保守的に 考慮しない。

# 3.3.3 荷重の組合せ

荷重の組合せを第 3-3 表に示す。強度評価に用いる荷重の組合せは津波時及び重畳時に 区分する。

区分	荷重の組合せ	
津波時	$G + P + P_t + P_w + P_s$	
重畳時	$G + P + P_t + K_{Sd} + P_d + P_s$	
G :固定荷重		
P : 積載荷重		
P <sub>t</sub> : 遡上津波荷重		
P <sub>d</sub> :動水圧		
Ksd:余震荷重		
P w : 衝突荷重		
P 。:積雪荷重		

第3-3表 荷重の組合せ

3.4 許容限界

許容限界は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。

(1) 構造部材に対する許容限界

構造部材である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・同解説 IV下部構造編((社) 日本道路協会、平成24年3月)」に基づき、第3-4表のとおり設定する。なお、第3-4表 に示す許容応力度は短期許容応力度とし、短期許容応力度は、基準津波時におけるコンクリ ート及び鉄筋の許容応力度に対して1.5倍の割増を考慮する。また、T.P.+24 m津波時は2 倍(コンクリート),1.65倍(鉄筋)の割増を考慮する。

# 第3-4表 許容応力度

# (基準津波時)

評価項目			短期許容応力度 (N/mm <sup>2</sup> )
コンクリート	$f' - 20 N/m^2$	許容曲げ圧縮応力度 σ <sub>ca</sub>	16.5
	$I c k = 30 N/mm^2$	許容せん断応力度 τ <sub>a1</sub>	0.75*
	f' - 40 N/2	許容曲げ圧縮応力度 σ c a	21
	1 c k - 40 N/mm	許容せん断応力度 τ <sub>a1</sub>	0.825*
	SD345	許容引張応力度σ <sub>sa</sub>	294
鉄筋	SD390	許容引張応力度σsa	309
	SD490	許容引張応力度σ <sub>sa</sub>	435

(T.P.+24 m 津波時)

評価項目			短期許容応力度 (N/mm <sup>2</sup> )
	$f' = 20 N/mm^2$	許容曲げ圧縮応力度 σ <sub>ca</sub>	22
<b>コンクリート</b>	1 c k = 30 N/mm	許容せん断応力度 τ <sub>а1</sub>	1*
	f' <sub>ck</sub> =40 N/mm <sup>2</sup> 許容曲げ圧縮応力度 $\sigma_{c}$ 許容せん断応力度 $\tau_{a1}$	許容曲げ圧縮応力度 σ c a	28
		$1.1^{*}$	
	SD345	許容引張応力度 $\sigma_{sa}$	323.4
鉄筋	SD390	許容引張応力度σsa	339.9
	SD490	許容引張応力度 $\sigma_{sa}$	478.5

注記 \*: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<sub>a</sub>)を許容限界とする。

$$V_a = V_{ca} + V_{sa}$$

ここで,

V<sub>ca</sub>:コンクリートの許容せん断力

 $V_{ca} = 1/2 \cdot \tau_{a1} \cdot b_w \cdot j \cdot d$ 

Vsa : 斜め引張鉄筋の許容せん断力

 $V_{sa} = A_w \cdot \sigma_{sa} \cdot j \cdot d / s$ 

τ<sub>a1</sub>:斜め引張鉄筋を考慮しない場合の許容せん断応力度

- b<sub>w</sub> :有効幅
- j : 1/1.15
- d : 有効高さ
- A<sub>w</sub>:斜め引張鉄筋断面積
- σ<sub>sa</sub>:鉄筋の許容引張応力度
- s : 斜め引張鉄筋間隔
- (2) 基礎地盤の支持力

基礎地盤の支持性能に係る許容限界は,基礎地盤である支持岩盤の極限支持力に基づき, V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している値を用いる。

(3) 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3-5表に止水ジョイント部材の変 形量の許容限界を示す。

 評価項目
 許容限界

 止水ジョイント
 ゴムジョイント
 水平:200 mm,鉛直:200 mm,軸直角200 mm

 部材
 シートジョイント
 防潮壁天端相対変位:2 m

第3-5表 止水ジョイント部材の変形量の許容限界

3.5 評価方法

鉄筋コンクリート防潮壁(放水路エリア)の耐震評価は、V-3-別添 3-1「津波又は溢水への 配慮が必要な施設の強度計算書の方針」の「5. 強度評価方法」に基づき設定する。

- 3.5.1 津波時
  - (1) 解析方法

津波時に発生する応答値は,固定荷重,積載荷重及び積雪の長期荷重に加え,遡上津波 荷重を作用させるとともに,衝突荷重を防潮壁天端に作用させたフレーム解析及びFEM 解析により算定する。

解析コードは、フレーム解析については「MSC NASTRAN Ver. 2017.1」を、FEM解析に ついては「FLIP Ver. 7.3.0\_2」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、別紙「計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

- (2) 解析モデル及び諸元
  - a. 解析モデル

フレーム解析においては,防潮壁,地中連続壁基礎及び放水路(頂版及び底版)を線 形はり要素,放水路(中壁及び側壁)を線形平面要素,地盤を非線形バネ要素でモデル 化する。

地中連続壁基礎は,線形はり要素でモデル化し地盤バネを考慮する。防潮壁背面の放 水路ゲートは,津波波力等の作用荷重に対して防潮壁を支持する構造部材として評価せ ず,付加質量として考慮する。

津波時の解析モデル図を第3-3図に示す。



第3-3図 解析モデル概念図(津波時)

b. 使用材料及び材料の物性値

使用材料を第3-6表に、材料の物性値を第3-7表に示す。

使用箇所	材料	諸元
四十、海田安	鉄筋	SD345, SD490
的俐壁	コンクリート	設計基準強度 40 N/mm <sup>2</sup>
	鉄筋	SD345
/仄乂/八 ⊭台	コンクリート	設計基準強度 30 N/mm <sup>2</sup>
地市海娃時甘林	鉄筋	SD390, SD490
地中連航堂基礎	コンクリート	設計基準強度 40 N/mm <sup>2</sup>

第3-6表 使用材料

第3-7表 材料の物性値

使用箇所	材料	単位体積重量 (kN/m <sup>3</sup> )	ヤング係数 (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比
防潮壁	鉄筋コンクリート	24.5	3. $1 \times 10^4$	0.2
放水路	鉄筋コンクリート	24.5	2.8×10 <sup>4</sup>	0.2
地中連続壁基礎	鉄筋コンクリート	24.5	3. $1 \times 10^4$	0.2

c. 地盤及び地盤改良体の物性値

地盤及び地盤改良体の物性値は、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。 (3) 評価方法

鉄筋コンクリート防潮壁(放水路エリア)の強度評価は,静的解析結果より得られる照 査用応答値が「3.4 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。

- a. 鉄筋コンクリート 鉄筋コンクリートは,強度評価により算定した曲げ圧縮応力,曲げ引張応力及びせん 断応力が許容限界以下であることを確認する。
- b. 基礎地盤の支持力
   基礎地盤の支持性能に係る評価においては、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。
- c. 止水ジョイント部材の変形量 止水ジョイント部材の変形量の評価は、本震後の津波時における変形量が許容限界以 下であることを確認する。

### 3.5.2 重畳時

- (1) 地震応答解析
  - a. 解析方法

重畳時の検討で実施する地震応答解析は,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。

解析コードは、地震応答解析については解析コード「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、別紙「計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

b. 地盤

V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に示す有効応力解析用地盤物性値に基づき,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モデル化とする。

c. 減衰特性

時刻歴非線形解析における減衰特性は、固有振動数等に基づく Rayleigh 減衰並びに地 盤の履歴減衰を考慮する。 d. 入力地震動

入力地震動は、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実施する。

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弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>-D1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3-4図に示す。入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度 応答スペクトルを第3-5図に示す。

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,別紙「計算機プログラム(解析コード)の概 要」に示す。



第3-4図 入力地震動算定の概念図







(b) 加速度応答スペクトル

第3-5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 (水平方向:S<sub>d</sub>-D1)







(b) 加速度応答スペクトル

第3-5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 (鉛直方向:S<sub>d</sub>-D1)

- e. 解析モデル及び諸元
  - (a) 解析モデル 解析モデルは,構造物設置位置の地層構成に基づきモデル化する。
  - (b) 使用材料及び材料の物性値 使用材料及び材料の物性値は、「3.5.1 津波時」と同じである。
  - (c) 地盤及び地盤改良体の物性値使用材料及び材料の物性値は、「3.5.1 津波時」と同じである。

- (2) 静的解析
  - a. 解析方法

重畳時に発生する構造部材の発生応力は,固定荷重,積載荷重及び積雪の長期荷重に 加え,遡上津波荷重を作用させるとともに,余震荷重に対応する動水圧及び慣性力の静 的荷重,並びに地盤変位を作用させた応答変位法(フレーム解析)により算定する。

また,重畳時に発生する基礎地盤の接地圧は,固定荷重,積載荷重及び積雪の長期荷 重に加え,遡上津波荷重を作用させるとともに,余震荷重に対応する動水圧を作用させ たFEM解析で算出された接地圧に,地震応答解析で算出された接地圧を加えて算定す る。

解析コードは、フレーム解析については「MSC NASTRAN Ver. 2017.1」、FEM解析に ついては「FLIP Ver. 7.3.0\_2」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、別紙「計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

b. 解析モデル

フレーム解析においては,防潮壁,地中連続壁基礎及び放水路(頂版及び底版)を線 形はり要素,放水路(中壁及び側壁)を線形平面要素,地盤を非線形バネ要素でモデル 化する。

地中連続壁基礎は,線形はり要素でモデル化し地盤バネを考慮する。防潮壁背面の放 水路ゲートは,津波波力等の作用荷重に対して防潮壁を支持する構造部材として評価せ ず,付加質量として考慮する。

重畳時の解析モデル図を第3-6図に示す。



第3-6図 解析モデル概念図(重畳時)

- c. 使用材料及び材料の物性値
   使用材料及び材料の物性値は、「3.5.1 津波時」と同じである。
- d. 地盤及び地盤改良体の物性値
   地盤及び地盤改良体の物性値は、「3.5.1 津波時」と同じである。

(3) 評価方法

鉄筋コンクリート防潮壁(放水路エリア)の強度評価は,静的解析結果より得られる照 査用応答値が「3.4 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。

- a. 鉄筋コンクリート 鉄筋コンクリートの評価は、「3.5.1 津波時」と同じ方法により、許容限界以下であ ることを確認する。
- b. 基礎地盤の支持力

基礎地盤の支持性能に係る評価については、「3.5.1 津波時」と同じ方法により、基礎地盤の支持性能に係る評価においては、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。

c. 止水ジョイント部材の変形量

止水ジョイント部材の変形量の評価は、「3.5.1 津波時」と同じ方法により、本震後 の余震と津波の重畳時における変形量が許容限界以下であることを確認する。 V-3-別添 3-2-3 防潮堤(鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁)の 強度計算書

目次

1.	概	$\overline{g}$ · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
2.	基	本方針 ••••••••••••••••••••••••••••••••••••
2	. 1	位置
2	. 2	構造概要 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
2	. 3	評価方針 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
2	. 4	適用規格 ····································
3.	強	度評価方法 ••••••••••••••••••••••••••••••••••••
3	. 1	記号の定義・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
3	. 2	評価対象断面及び部位 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
3	. 3	荷重及び荷重の組合せ ・・・・・・ 17
3	. 4	許容限界 ······ 20
3	. 5	評価方法 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·

## 1. 概要

本資料は、V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」に示す とおり、防潮堤のうち鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁が地震後の繰返しの襲来を想定した津波荷 重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、主要な構造部材の構造健全性を保 持すること及び主要な構造体の境界部に設置する部材が有意な漏えいを生じない変形に留まるこ とを確認するものである。 2. 基本方針

V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」に示す「2.1 機能 維持の方針」を踏まえ,鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の「2.1 位置」及び「2.2 構造概要」 を示す。

2.1 位置



鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の位置図を第2-1図に示す。

第2-1図 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の位置図

#### 2.2 構造概要

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁は、鋼管杭による下部工と、5本の鋼管杭を束ね止水機能を 確保する鉄筋コンクリートの壁による上部工から構成される。

下部工は鋼管杭,上部工は鉄筋コンクリート梁壁及び鋼管鉄筋コンクリート(SRC構造) の一体構造で構築される。大口径で肉厚の厚い鋼管杭を地震及び津波荷重に耐える構造躯体と し,杭間からの津波の浸水を防止する観点で,鋼管杭に鉄筋コンクリートを被覆する上部構造 とした。

隣接する構造物との境界には、止水性を確保するための止水ジョイント部材を設置する。

防潮壁の堤内側には,耐津波に対する受働抵抗を目的とした改良体による地盤高さの嵩上げ を行うとともに,洗掘防止対策やボイリング対策として,堤内及び堤外の表層部の地盤改良を 実施する。

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の構造概要図を第2-2図,上部工概要図を第2-3図,止水 ジョイント部材概念図を第2-4図,止水ジョイント部を有する範囲を第2-5図に示す。

第2-2図(1) 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の構造概要図(1/2) (断面③:正面図と断面図)



第2-2図(2) 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の構造概要図(2/2)






第2-4図 止水ジョイント部概念図



第2-5図 止水ジョイント部を有する範囲

2.3 評価方針

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁は、Sクラス施設である浸水防護施設に分類される。 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の強度評価は、V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必 要な施設の強度計算書の方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」及び「4.2 許容限界」にお い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実施する。強度評価で は、「3. 強度評価方法」に示す方法により、「4. 評価条件」に示す評価条件を用いて評価 し、「5. 強度評価結果」より、鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の評価対象部位に作用する応 力等が許容限界以下であることを確認する。

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の強度評価においては、その構造を踏まえ、津波及び余震荷 重の作用方向や伝達過程を考慮し、評価対象部位を設定する。強度評価に用いる荷重及び荷重 の組合せは、津波に伴う荷重作用時(以下、「津波時」という。)及び津波に伴う荷重と余震 に伴う荷重作用時(以下、「重畳時」という。)について行う。

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の強度評価は,設計基準対象施設として第2-1表の鋼管杭 鉄筋コンクリート防潮壁の評価項目に示すとおり,構造部材の健全性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,構造部材の発生応力が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、有意な漏えいが生 じないことを確認した許容限界以下であることを確認する。

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の強度評価の検討フローを第2-6図に示す。

なお,重畳時の評価における入力地震動は,解放基盤表面で定義される弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>-D1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。

評価方針	評価項目	部位	評価方法	許容限界
		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
構造強度	様と生気ない	鋼製アンカー	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
を有する こと	健全性	地盤高さの嵩上げ部 (改良体)及び表層 改良体	発生応力が許容限界以 下であることを確認	せん断強度* 短期許容応力度
		鋼製防護部材	発生応力が許容限界以 下であることを確認	
		シートパイル	発生応力が許容限界以 下であることを確認	せん断強度*
		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 短期許容応力度 せん断強度*
止水性を 損なわな いこと	推進がせの	鋼製アンカー	発生応力が許容限界以 下であることを確認	
	健全性	地盤高さの嵩上げ部 (改良体)及び表層 改良体	発生応力が許容限界以 下であることを確認	
		鋼製防護部材	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
		シートパイル	発生応力が許容限界以 下であることを確認	せん断強度*
	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	<ul><li>有意な漏えいが</li><li>生じないことを</li><li>確認した変形量</li></ul>

第2-1表 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の評価項目

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2-1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:構造物の変形性評価を実施することで,第2-1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2-6図 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の強度評価の検討フロー

2.4 適用規格

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)
- ・ 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)
- · 建築基礎構造設計指針((社)日本建築学会,2001年)
- · 各種合成構造設計指針・同解説((社)日本建築学会,2010年11月)
- · 建築基準法(昭和 25 年 5 月 24 日法律第 201 号)
- · 建築基準法施行令(昭和 25 年 11 月 16 日政令第 338 号)
- · 鋼構造設計規準-許容応力度設計法-((社)日本建築学会,2005年9月)
- トンネル標準示方書[共通編]・同解説/[開削工法編]・同解説((社)土木学会, 2016年制定)
- ・ 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. 強度評価方法

# 3.1 記号の定義

強度評価に用いる記号を第3-1表に示す。

記号	単位	定義
G	kN	固定荷重
P <sub>s</sub>	kN	積雪荷重
P <sub>k</sub>	kN	風荷重
P <sub>t</sub>	$kN/m^2$	遡上津波荷重
P <sub>c</sub>	kN	衝突荷重
${ m K}_{ m S d}$	kN	余震荷重
P <sub>d</sub>	$kN/m^2$	動水圧
σ <sub>sal</sub>	$N/mm^2$	鋼管杭の許容引張応力度及び許容圧縮応力度
τsal	$N/mm^2$	鋼管杭の許容せん断応力度
σса	$N/mm^2$	コンクリートの許容曲げ圧縮応力度
τ <sub>al</sub>	$N/mm^2$	コンクリートの許容せん断応力度
V a	kN	斜め引張鉄筋を考慮する場合の許容せん断力
V c a	kN	コンクリートの許容せん断力
V <sub>s a</sub>	kN	斜め引張鉄筋の許容せん断力
b w	m	有効幅
j	_	1/1.15
d	m	有効高さ
$A_w$	$m^2$	斜め引張鉄筋断面積
σ <sub>sa2</sub>	$N/mm^2$	鉄筋の許容引張応力度
S	m	斜め引張鉄筋間隔
σ	$N/mm^2$	鋼管杭の曲げモーメント及び軸力より算定される応力
Ν	Ν	軸力
А	$\mathrm{mm}^2$	有効断面積
М	N•mm	最大曲げモーメント
Z	mm <sup>3</sup>	断面係数
τ	$N/mm^2$	鋼管杭のせん断力より算定されるせん断応力
S	kN	せん断力
κ	_	せん断応力の分布係数(2.0)

第3-1表(1) 強度評価に用いる記号(1/2)

記号	単位	定義
F s	_	安全率
u	$kN/m^2$	シートパイル先端に作用する平均過剰間隙水圧
W	$kN/m^2$	土の有効重量
γ'	$kN/m^3$	土の水中単位体積重量
1 d	m	シートパイルの根入れ深さ
1	m	浸透流路長
h w	m	水面から掘削底面までの高さ(水位差)

第3-1表(2) 強度評価に用いる記号(2/2)

- 3.2 評価対象断面及び部位
  - 3.2.1 評価対象断面

評価対象断面は,鋼管杭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,第3-1図に示す断面位置とする。評価対象断面図を第3-2図~第3-4図に示す。 断面①:防潮壁高さが T.P.+18 mの個所で第四紀層が薄く堆積する個所。

- 断面②:防潮壁高さが T.P.+20 mの個所で第四紀層が薄く堆積する個所。
- 断面③:防潮壁高さが T.P.+20 mの個所で,津波波力が最も大きく,第四紀層が厚く 堆積する個所。



第3-1図 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の評価対象断面位置図



第3-3図 評価対象断面 (2/3)

(3) 断面③



第3-4 図 評価対象断面 (3/3)

- 3.2.2 評価対象部位 評価対象部位は、鋼管杭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) 鋼管杭鋼管杭の評価対象部位は、下部工及び上部工の鋼管杭とする。
  - (2) 鉄筋コンクリート
     鉄筋コンクリートの評価対象部位は、上部工のうち鉄筋コンクリート(鉄筋コンクリート)
     ト梁壁)とする。
  - (3) 地盤高さの嵩上げ部(改良体)及び表層改良体 地盤高さの嵩上げ部(改良体)及び表層改良体の評価対象部位は、堤外側の地盤高さの 嵩上げ部(改良体)と堤外側及び堤内側の表層改良体とする。
  - (4) 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止水ゴム及び止水シートと する。

- (5) 鋼製アンカー 鋼製アンカーの評価対象部位は、止水ジョイント部材の取り付け部の鋼製アンカーとす る。
- (6) 鋼製防護部材

鋼製防護部材の評価対象部位は、止水ジョイント部材を防護する鋼製防護部材とする。

(7) シートパイルシートパイルの評価対象部位は、地中から堤内側への浸水を防止するシートパイルとする。

3.3 荷重及び荷重の組合せ

強度計算に用いる荷重及び荷重の組合せは、V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要 な施設の強度計算書の方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」にて示している荷重及び荷重 の組合せを踏まえて設定する。

(1) 荷重

強度評価には,以下の荷重を用いる。

- a. 固定荷重(G) 固定荷重として, 躯体自重, 地盤高さの嵩上げ部(改良体)及び表層改良体の静止土圧, 並びに杭体内の土の重量を考慮する。
- b. 積雪荷重(P<sub>s</sub>)
   積雪荷重として 30 cm の積雪を考慮する。
- c. 風荷重(P<sub>k</sub>)
   津波の遡上時には海面下にあり、風荷重は考慮しない。
- d. 遡上津波荷重(P<sub>t</sub>)
   遡上津波荷重については、防潮堤前面における最大津波水位標高と防潮堤設置地盤標高の差分の 3/2 倍を考慮して算定する。
- e. 衝突荷重(P<sub>c</sub>)
   衝突荷重として,総排水トン15tの漁船の衝突を考慮する。
- f. 余震荷重(K<sub>sd</sub>)

余震荷重として,弾性設計用地震動S<sub>d</sub>-D1による地震力及び動水圧を考慮する。 余震と津波の「重畳時」は余震荷重(K<sub>Sd</sub>)として水平慣性力及び鉛直慣性力を考慮す

る。地表面の最大加速度から水平震度及び鉛直震度を算定し、慣性力を作用させる。

(a) 動水圧(P<sub>d</sub>)

余震と津波の「重畳時」は,余震による地表面最大加速度に応じた水平震度に基づ き算定される動水圧を考慮する。

(2) 荷重の組合せ

荷重の組合せを第 3-2 表に示す。強度評価に用いる荷重の組合せは津波時及び重畳時に 区分し、荷重の作用図を第 3-5 図~第 3-8 図に示す。

区分	荷重の組合せ
津波時	$G + P_s + P_t + P_c$
重畳時	$\mathrm{G}+\mathrm{P}_{\mathrm{s}}+\mathrm{P}_{\mathrm{t}}+\mathrm{K}_{\mathrm{S}\mathrm{d}}$

第3-2表 荷重の組合せ

G :固定荷重

P s:積雪荷重

P t : 遡上津波荷重

P<sub>c</sub>:衝突荷重 K<sub>Sd</sub>:余震荷重











NT2 補② V-3-別添 3-2-3 R0

#### 3.4 許容限界

許容限界は、「3.2 評価対象断面及び部位」にて設定した評価対象部位の応力や変形の状態を考慮し、V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」にて 設定している許容限界を踏まえて設定する。

(1) 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、第3-3表に示す短期許容応力度とする。短期許容 応力度は、基準津波時における鋼材の許容応力度に対して1.5倍の割増を考慮する。また、 T.P.+24m津波時は1.7倍の割増を考慮する。

#### 第3-3表 鋼管杭の許容限界

評価項目			短期許容応力度 (N/mm <sup>2</sup> )
鋼管杭	SM570	許容引張応力度 σ <sub>sa1</sub> 許容圧縮応力度 σ <sub>sa1</sub>	382. 5
		許容せん断応力度 τ <sub>sa1</sub>	382. 5 217. 5
		(T.P.+24 m 津波時)	

評価項目			短期許容応力度 (N/mm <sup>2</sup> )
鋼管杭	SM570	許容引張応力度 $\sigma_{sa1}$ 許容圧縮応力度 $\sigma_{sa1}$	433. 5
		許容せん断応力度 τ s a 1	246.5

### (2) 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、第3-4表に示す短期許容応力度とす る。短期許容応力度は、基準津波時における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。また、T.P.+24 m 津波時においては、コンクリートの許容応力度に対 して2.0倍、鉄筋の許容応力度に対して1.65倍の割増を考慮する。

### 第3-4表 鉄筋コンクリートの許容限界

	短期許容応力度		
	計Ш項日	1	$(N/mm^2)$
コンクリート	$f' = 40 \text{ N/mm}^2$	許容曲げ圧縮応力度 σ <sub>ca</sub>	21
コングリート	$1_{\rm ck}$ – 40 N/ mm <sup>-</sup>	許容せん断応力度 τ <sub>а1</sub>	0.825*
		許容曲げ引張応力度 σ <sub>sa2</sub>	425
鉄筋	SD490	(軸方向鉄筋)	435
		許容曲げ引張応力度 σ s a 2	200
		(せん断補強筋)	300

### (基準津波時)

(T.P.+24 m津波時)

評価項目		
$f' = 40 \text{ N/mm}^2$	許容曲げ圧縮応力度σ <sub>ca</sub> 28	28
$1_{ck} - 40 \text{ N/mm}^2$	許容せん断応力度 τ <sub>а1</sub>	$1.1^{*}$
	許容曲げ引張応力度 σ <sub>sa2</sub>	(N/mm <sup>2</sup> ) 28 1. 1* 478. 5 330
50400	(軸方向鉄筋)	
01400	許容曲げ引張応力度 σ <sub>sa2</sub> (せん断補強筋)	330
	評価項目 f' <sub>ck</sub> =40 N/mm <sup>2</sup> SD490	評価項目 f' <sub>ck</sub> =40 N/mm <sup>2</sup> 許容曲げ圧縮応力度σ <sub>ca</sub> 許容せん断応力度τ <sub>a1</sub> 許容曲げ引張応力度σ <sub>sa2</sub> (軸方向鉄筋) 許容曲げ引張応力度σ <sub>sa2</sub> (せん断補強筋)

注記 \*: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<sub>a</sub>)を許容限界とする。

 $V_a = V_{ca} + V_{sa}$ 

ここで,

V $_{\rm c~a}$	: 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 <sub>s a</sub>	: 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 <sub>al</sub>	: 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 <sub>sa2</sub>	: 鉄筋の許容引張応力度
S	: 斜め引張鉄筋間隔

(3) 地盤高さの嵩上げ部(改良体)及び表層改良体

地盤高さの嵩上げ部(改良体)及び表層改良体の許容限界は,「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)」及び「耐津波設計 に係る工認審査ガイド(原子力規制委員会,平成25年6月)」を考慮し,せん断強度に基 づき設定する。

(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 3-5 表に止水ジョイント部材の 変形量の許容限界を示す。

第3-5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	ゴムジョイント	水平:200 mm, 鉛直:200 mm, 軸直角:200 mm
	シートジョイント	防潮壁天端相対変位:2 m

(5) 鋼製アンカー

鋼製アンカーの許容限界は、「各種合成構造設計指針・同解説((社)日本建築学会、 2010年11月)」に基づき設定する。コンクリートの許容限界は、第3-4表に示す短期許容 応力度を許容限界とする。

(6) 鋼製防護部材

鋼製防護部材の許容限界は、「鋼構造設計規準-許容応力度設計法-((社)日本建築学 会、2005年9月)」、「各種合成構造設計指針・同解説((社)日本建築学会、2010年11 月)」及び「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)」に基づき設定する。

(7) シートパイル

シートパイルの許容限界は、せん断強度に基づき設定する。

### 3.5 評価方法

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の耐震評価は、V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」の「5. 強度評価方法」に基づき設定する。

- (1) 津波時
  - a. 鋼管杭
    - (a) 解析方法

保守的な配慮として,鋼管杭のみでも津波に抵抗可能とするため,鋼管杭のみをモデ ル化した静的フレーム解析を行い,津波時の鋼管杭基礎の構造健全性を確認する。

- (b) 解析モデル及び諸元
  - イ. 解析モデル

解析モデルは鋼管杭を2次元梁要素でモデル化し、地盤抵抗を表現するため、地盤 バネを設置する。

解析モデル概念図を第3-9図に示す。



第3-9図 解析モデル概念図

## ロ. 使用材料及び材料の物性値

使用材料を第3-6表に、材料の物性値を第3-7表に示す。

鉄筋	SD490		
コンクリート	設計基準強度 : 40 N/mm <sup>2</sup>		
公园在在十十一	敷地前面東側 : φ2500 mm (SM570)		
<b>述问"官"</b>	敷地側面北側及び南側:φ2000 mm(SM570)		

第3-6表 使用材料

第3-7表 材料の物性値

材料	単位体積重量 (kN/m <sup>3</sup> )	ヤング係数 (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比
鉄筋コンクリート	24.5	3. $10 \times 10^4$	0.2
鋼管杭	77.0	$2.00 \times 10^{5}$	0.3

(c) 鋼管杭の評価

鋼管杭の評価は,杭体の曲げモーメント及び軸力より算定される応力及びせん断力 より算定されるせん断応力が許容限界以下であることを確認する。

#### イ. 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<sup>2</sup>)
- M :最大曲げモーメント (N・mm)
- Z : 断面係数 (mm<sup>3</sup>)
- N : 軸力 (N)
- A : 有効断面積 (mm<sup>2</sup>)

ロ. 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<sup>2</sup>)

S : せん断力 (N)

A : 有効断面積 (mm<sup>2</sup>)

κ : せん断応力の分布係数 (2.0)

b. 鉄筋コンクリート

(a) 解析方法

上部工については、2次元梁バネモデル解析を基本として実施する。

(b) 解析モデル及び諸元

イ. 解析モデル

上部工の解析モデルを以下に示す。

(イ) 2次元梁バネモデル

解析モデルは,鉄筋コンクリート梁壁をビーム要素でモデル化し,地盤抵抗を表 現するため,地盤バネを設置する。

2次元梁バネモデルの概念図を第3-10図に示す。



第3-10図 2次元梁バネモデル概念図

(ロ) 3次元FEMモデル

解析モデルは上部工をソリッド要素で、鋼管杭をシェル要素でモデル化し、地盤 抵抗を表現するため、地盤バネを設置する。

3次元FEMモデルの概要を第3-11図に示す。



### ロ. 使用材料及び材料の物性値

使用材料を第3-8表に、材料の物性値を第3-9表に示す。

諸元				
鉄筋	SD490			
コンクリート	設計基準強度 : 40 N/mm <sup>2</sup>			
鋼管杭	敷地前面東側 : φ2500 mm (SM570)			
	敷地側面北側及び南側:φ2000 mm(SM570)			

第3-8表 使用材料

第3-9表 材料の物性値

材料	単位体積重量 (kN/m <sup>3</sup> )	ヤング係数 (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比
鉄筋コンクリート	24.5	3. $10 \times 10^4$	0.2
鋼管杭	77.0	2. $00 \times 10^5$	0.3

(c) 評価方法

鉄筋コンクリートは,強度評価により算定した曲げ圧縮応力,曲げ引張応力及びせん 断応力が許容限界以下であることを確認する。

c. 地盤高さの嵩上げ部(改良体)及び表層改良体

津波時の2次元有効応力解析及び2次元フレーム解析による結果より,地盤高さの嵩上 げ部(改良体)及び表層改良体のせん断応力が改良体の許容限界以下であることを確認す る。

- d. 止水ジョイント部材 本震後の津波時における変形量が許容限界以下であることを確認する。
- e. 鋼製アンカー
   津波荷重が止水ジョイント部へ載荷された際に、アンカーの引張力、せん断力及びコン
   クリートのせん断応力が許容限界以下であることを確認する。
- f. 鋼製防護部材

鋼製防護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。

g. シートパイル

シートパイルに発生す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。

(a) ボイリングに対する評価

ボイリングに対する評価は,堤内側の地盤の有効重量とシートパイル先端位置に作用 する平均過剰間隙水圧との比を求める次式に基づいて実施する。

$$F_s = \frac{w}{u}$$

ここで,

u :シートパイル先端に作用する平均過剰間隙水圧

w : 土の有効重量

$$w = \gamma' l_d$$

y' : 土の水中単位体積重量

1 :シートパイルの根入れ深さ

なお,安全率(F<sub>s</sub>)は,「トンネル標準示方書[共通編]・同解説/[開削工法編]・同解説((社)土木学会,2016年制定)」に準拠し,F<sub>s</sub>≧1.5を確保する。

(b) パイピングに対する評価

パイピングに対する評価は,堤外側から堤内側の浸透経路長と水位差の比を求める 次式に基づいて実施する。

$$l/h_{w} \ge F_{s}$$

ここで,

1 :浸透流路長

h<sub>w</sub>:水面から掘削底面までの高さ(水位差)

なお,安全率(F<sub>s</sub>)は,「トンネル標準示方書[共通編]・同解説/[開削工法編]・同解説((社)土木学会,2016年制定)」に準拠し,F<sub>s</sub>≧2.0を確保する。

- (2) 重畳時
  - a. 地震応答解析
    - (a) 解析方法

重畳時の検討で実施する地震応答解析は,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。

地震応答解析には,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,別紙「計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

イ. 地盤

V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に示す有効応力解析用地盤物性値に基づき,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モデル化とする。

口. 減衰特性

時刻歴非線形解析における減衰特性については,固有値解析にて求められる固有振動数に基づく Rayleigh 減衰を考慮する。

- (b) 解析モデル及び諸元
  - イ. 解析モデル 解析モデルは,構造物設置位置の地層構成に基づきモデル化する。
  - ロ. 地盤の物性値

地盤の物性値は、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。

(c) 入力地震動

入力地震動は、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弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>-D1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,別紙「計算機プログラム(解析コード)の概 要」に示す。

- b. 静的解析
- (a) 鋼管杭 鋼管杭の重畳時の評価は「(1) 津波時」と同じ方法により,許容限界以下であるこ とを確認する。
- (b) 鉄筋コンクリート
   鉄筋コンクリートの重畳時の評価は「(1) 津波時」と同じ方法により、許容限界以下であることを確認する。
- (c) 地盤高さの嵩上げ部(改良体)及び表層改良体
   地盤高さの嵩上げ部(改良体)及び表層改良体の重畳時の評価は「(1) 津波時」と
   同じ方法により,許容限界以下であることを確認する。
- (d) 止水ジョイント部材
   止水ジョイント部材の重畳時の評価は、本震後の余震と津波の重畳時における変形量
   が許容限界以下であることを確認する。
- (e) 鋼製アンカー
   鋼製アンカーの重畳時の評価は「(1) 津波時」と同じ方法により、許容限界以下であることを確認する。
- (f) 鋼製防護部材 鋼製防護部材の重畳時の評価は「(1) 津波時」と同じ方法により,許容限界以下で あることを確認する。
- (g) シートパイル シートパイルの重畳時の評価は「(1) 津波時」と同じ方法により,許容限界以下で あることを確認する。

V-3-別添 3-2-4 防潮扉の強度計算書

目次

1.	概	要 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
2.	基	本方針 ••••••••••••••••••••••••••••••••••••
2	. 1	位置 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
2	. 2	構造概要 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
2	. 3	評価方針 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
2	. 4	適用規格 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
3.	強	度評価方法 ••••••••••••••••••••••••••••••••••••
3	. 1	記号の定義・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
3	. 2	評価対象断面及び部位・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
3	. 3	荷重及び荷重の組合せ ・・・・・・ 22
3	. 4	許容限界 ····································
3	. 5	評価方法 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·

### 1. 概要

本資料は、V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」に示す 通り、防潮扉が地震後の繰返しの襲来を想定した津波荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を 考慮した荷重に対し、主要な構造部材の構造健全性を保持すること及び主要な構造体の境界部に 設置する部材が有意な漏えいを生じない変形に留まることを確認するものである。

### 2. 基本方針

V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」に示す 「2.1 評価対象施設」を踏まえて、防潮扉の位置及び構造概要を示す。

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1及び防潮扉2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

(1) 防潮扉1

防潮扉は、スライド式のゲートで扉体、戸当り、駆動装置、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、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、端桁により架構が構成され、スキンプレートに掛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 物が受ける構造である。

扉体の構造は、鋼製の桁及びスキンプレートを組合せた構造であり、鉄筋コンクリート 防潮壁の躯体で保持している。戸当りは、H形鋼を組合せた構造である。

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、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。鉄筋コンクリート防潮壁と地中連続壁基礎は、 鉄筋コンクリート製のフーチングを介した剛結合で一体構造とする。

防潮扉1の正面図及び平面図を図2-2,側面図を図2-3に示す。

図 2-2 防潮扉1正面図及び平面図

図 2-3 防潮扉 1 側面図

(2) 防潮扉 2

防潮扉は、スライド式のゲートで扉体、戸当り、駆動装置、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、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、端桁により架構が構成され、スキンプレートに掛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 物が受ける構造である。

扉体の構造は、鋼製の桁及びスキンプレートを組合せた構造であり、鉄筋コンクリート防 潮壁の躯体で保持している。戸当りは、H形鋼を組合せた構造である。

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 ート製のフーチングを介した剛結合で一体構造とする。

防潮扉2の正面図及び平面図を図2-4,側面図を図2-5に示す。


NT2 補② V-3-別添 3-2-4 R0

図 2-5 図 防潮扉 2 側面図

#### 2.3 評価方針

防潮扉の強度評価は、V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算書の 方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」及び「4.2 許容限界」におい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実施する。強度評価では、「3. 強度評価方法」 に示す方法により、「4. 評価条件」に示す評価条件を用いて評価し、「5. 強度評価結果」 より、防潮扉の評価対象部位に作用する応力等が許容限界以下であることを確認する。

防潮扉の強度評価においては、その構造を踏まえ、津波及び余震荷重の作用方向や伝達過程 を考慮し、評価対象部位を設定する。強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、津波に伴う 荷重作用時(以下、「津波時」という。)及び津波荷重に伴う荷重作用時と余震に伴う荷重作 用時(以下、「重畳時」という。)について行う。

#### (1) 扉体及び戸当り

防潮扉の強度評価は、スキンプレート、主桁、縦補助桁、端桁、支圧板の各部材に発 生する応力を算定し、許容限界との比較を行う。

戸当りの強度評価は、H鋼及び後打ちコンクリートに発生する応力を算定し、許容限 界との比較を行う。強度評価のフローを図 2-6 に示す。

なお,重畳時の評価における入力地震動は,解放基盤表面で定義される弾性設計用地 震動 S<sub>d</sub>-D1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。

### (2) 防潮壁

a. 防潮扉1

防潮扉1における鉄筋コンクリート防潮壁の強度評価は、V-3-別添 3-2-2-1「防潮 堤(鉄筋コンクリート防潮壁)の強度計算書」に示す。

#### b. 防潮扉2

防潮扉2における鉄筋コンクリート防潮壁の強度評価は,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、有意な漏 えいが生じないことを確認した許容限界以下であることを確認する。

防潮壁の強度評価フローを図 2-7 に示す。

なお,重畳時の評価における入力地震動は,解放基盤表面で定義される弾性設計用 地震動S<sub>d</sub>-D1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。



図 2-6 防潮扉(扉体及び戸当り)の強度評価における評価フロー

評価方針	評価項目	部位	評価方法	許容限界
構造強度	構造部材の	鋼管杭	発生応力が許容限界以	短期許容応力度
を有する	健全性		下であることを確認	
こと		鉄筋コンクリート	発生応力が許容限界以	短期許容応力度
			下であることを確認	
		鋼製アンカー	発生応力が許容限界以	短期許容応力度
			下であることを確認	
		鋼製防護部材	発生応力が許容限界以	短期許容応力度
			下であることを確認	
	基礎地盤の	基礎地盤	発生応力が許容限界以	極限支持力*
	支持性能		下であることを確認	
止水性を	構造部材の	鋼管杭	発生応力が許容限界以	短期許容応力度
損なわな	健全性		下であることを確認	
いこと		鉄筋コンクリート	発生応力が許容限界以	短期許容応力度
			下であることを確認	
		鋼製アンカー	発生応力が許容限界以	短期許容応力度
			下であることを確認	
		鋼製防護部材	発生応力が許容限界以	短期許容応力度
			下であることを確認	
	構造物の	止水ジョイント部	発生変形量が許容限界	有意な漏えいが
	変形性	材	以下であることを確認	生じないことを
				確認した変形量

表 2-1 防潮扉(防潮壁)の評価項目

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 2-7 防潮扉(防潮壁)の強度評価フロー

2.4 適用規格

適用する規格,基準等を以下に示す。

- ・ 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)
- ・ 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・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)
- ・ 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)
- · 建築基礎構造設計指針 ((社)日本建築学会 2001年)
- · 各種合成構造設計指針・同解説((社)日本建築学会 2010年11月)
- · 建築基準法(昭和 25 年 5 月 24 日法律第 201 号)
- · 建築基準法施行令(昭和 25 年 11 月 16 日政令第 338 号)
- · 鋼構造設計規準-許容応力度設計法-((社)日本建築学会 2005年9月)
- ・ 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. 強度評価方法

- 3.1 記号の定義
  - (1) 扉体及び戸当り

扉体及び戸当りの強度評価に用いる記号を表 3-1 に示す。

記号 単位 定義 G kN 固定荷重  $P_{s}$  $kN/m^2$ 静水圧  $P_{e}$  $kN/m^2$ 動水圧 I  $_{\rm g~i}$ kΝ 地震時慣性力  $W_{s}$ kΝ 積雪荷重 P<sub>c</sub> kΝ 漂流物衝突荷重 Η 津波高さ m 水密高さ  $H_{\text{S}}$ m 津波時の設計水深  $H_0$ m 津波時の下端止水位置までの水深  $H_1$ m 津波時の上端止水位置までの水深  $H_2$ m 余震時の基礎地盤までの深さ  $H_3$ m 余震時の設計水深  $H_4$ m 水密幅 В m  $kN/m^3$  $W_1$ 水の単位体積荷重 扉体自重による荷重  $W_{\mathrm{g}}$ kΝ 余震時の設計震度  $K_{i}$ \_  $P_w$ kΝ 風荷重  $kN \cdot s^2/m^4$ 空気密度 ρ  $U_{\,\text{d}}$ m/s 風速 \_ ガスト応答係数 G 形状係数  $C_{d}$ \_  $m^2$ А 投影面積  $\mathrm{kN}/\mathrm{m}^2$ 単位積雪荷重  $q_{\rm \ s}$ 扉体総桁高  $D_{\rm s}$ m  $B_{s}$ 扉体受圧幅 m

表 3-1 扉体及び戸当りの強度評価に用いる記号(1/2)

記号	単位	定義
М	kN•m	各評価対象部位における最大曲げモーメント
R	kN	各評価対象部位における最大圧縮力
σ <sub>c</sub>	$N/mm^2$	各評価対象部位における最大曲げ、圧縮及び支圧応力
		度
S	kN	各評価対象部位における最大せん断力
τ	$N/mm^2$	各評価対象部位における最大せん断応力
δ	mm	各評価対象部位における最大たわみ
t s	mm	スキンプレート厚
σf	$N/mm^2$	戸当り底面フランジの曲げ応力度
σw	$N/mm^2$	戸当り腹板の圧縮応力度
au c	$N/mm^2$	戸当りコンクリートのせん断応力度

表 3-1 扉体及び戸当りの強度評価に用いる記号(2/2)

## (2) 防潮壁

防潮壁の強度評価に用いる記号を表 3-2 に示す。

記号	単位	定義
G	kN	固定荷重
Р	kN	積載荷重
P s	kN	積雪荷重
P <sub>k</sub>	kN	風荷重
P <sub>t</sub>	$kN/m^2$	遡上津波波力
${ m K}_{ m S~d}$	kN	余震荷重
Рс	kN	漂流物衝突荷重
P <sub>d</sub>	$kN/m^2$	動水圧
τ <sub>sal</sub>	$N/mm^2$	鋼管杭の許容せん断応力度
б <sub>са</sub>	$N/mm^2$	コンクリートの許容曲げ圧縮応力度
τ <sub>al</sub>	$N/mm^2$	コンクリートの許容せん断応力度
τ <sub>а1</sub> '	$N/mm^2$	コンクリートの許容押抜きせん断応力度
σ <sub>ca</sub> '	$N/mm^2$	コンクリートの許容支圧応力度
V c	kN	コンクリートの負担するせん断力
V s	kN	斜め引張鉄筋の負担するせん断力
b w	m	有効幅
j	_	1/1.15
d	m	有効高さ
$A_w$	$m^2$	斜め引張鉄筋断面積
σ <sub>sal</sub>	$N/mm^2$	鋼管杭の許容引張応力度及び許容圧縮応力度
σ <sub>sa2</sub>	$N/mm^2$	鉄筋の許容曲げ引張応力度
S	m	斜め引張鉄筋間隔
σ	$N/mm^2$	鋼管杭の曲げモーメント及び軸力より算定される応力
М	N•mm	最大曲げモーメント
Ζ	$\mathrm{mm}^3$	断面係数
Ν	Ν	軸力
А	$\mathrm{mm}^2$	有効断面積
τ	$N/mm^2$	鋼管杭のせん断力より算定されるせん断応力
S	kN	せん断力
κ	_	せん断応力の分布係数 (κ=2.0)

表 3-2 防潮壁の強度評価に用いる記号

3.2 評価対象断面及び部位

防潮扉の評価対象断面及び評価対象部位は、V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要 な施設の強度に関する説明書」の「3.2 許容限界」にて示している。

(1) 扉体及び戸当り

評価対象部位は、水圧等の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、 端桁により構成される架構の構造部材を評価対象部材とする。また、扉体の支圧板から支承 部の戸当りについても評価対象部材にする。

防潮扉1の部材名を図 3-1 及び図 3-2 に示す。

- a. 扉体の健全性 扉体は主桁,スキンプレート,縦補助桁,端桁,支圧板について検討する。
- b. 戸当りの健全性

戸当りはコンクリート支圧応力,底面フランジ曲げ応力,コンクリートのせん断応力そ れぞれについて検討する。

図 3-1 防潮扉1の部材名(正面図,平面図)

図 3-2 防潮扉2の部材名(側面図)

- (2) 防潮壁
  - a. 評価対象断面

評価対象断面は津波荷重が作用する方向,すなわち防潮扉横断方向とする。評価対象断 面位置図を図 3-3,評価対象断面図を図 3-4 に示す。

# 図 3-3 評価対象断面位置図

b. 評価対象部位

評価対象部位は、防潮壁の構造上の特徴を踏まえ設定する。

- (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、防潮壁とフーチングの鉄筋コンクリートとする。
   (c) 基礎地盤の支持力
  - 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。
- (d) 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止水ゴム及び止水シート
   とする。
- (e) 鋼製アンカー 鋼製アンカーの評価対象部位は、止水ジョイント部材の取り付け部のアンカーとする。
- (f) 鋼製防護部材 鋼製防護部材の評価対象部位は、止水ジョイント部材を防護する鋼製防護部材とする。

3.3 荷重及び荷重の組合せ

強度計算に用いる荷重及び荷重の組合せは、V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要 な施設の強度計算書の方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」にて示している荷重及び荷重 の組合せを踏まえて設定する。

- (1) 扉体及び戸当り
  - a. 荷重

荷重強度には、以下の荷重を用いる。

- (a) 固定荷重(G)固定荷重として,扉体自重(W<sub>g</sub>)を考慮する。
- (b) 静水圧 (P<sub>s</sub>)
   津波時の扉体への作用静水圧を考慮する。
   P<sub>s</sub> = {H<sub>s</sub>(p<sub>u</sub> + p<sub>d</sub>) B}/2
   p<sub>u</sub> = W<sub>1</sub> · H<sub>2</sub>
   p<sub>d</sub> = W<sub>1</sub> · H<sub>1</sub>
- (c) 動水圧(P<sub>e</sub>)
   余震時の扉体への作用動水圧を考慮する。
   P<sub>e</sub>=7/12・W<sub>1</sub>・K<sub>H</sub>・√H<sub>3</sub>・(√H<sub>4</sub><sup>3</sup>-√H<sub>5</sub><sup>3</sup>)・B
- (d) 地震時慣性力(I<sub>gi</sub>)
   余震時の扉体自重による慣性力を考慮する。
   I<sub>gi</sub>=W<sub>g</sub>・K<sub>i</sub>
- (e) 積雪荷重(W<sub>s</sub>)
   津波時・余震時とも扉体への積雪荷重を考慮する。
   W<sub>s</sub> = q<sub>s</sub> D<sub>s</sub> B<sub>s</sub>
- (f) 漂流物衝突荷重(P。)
   津波時は漂流物として総排水トン 15 t の漁船による衝突荷重を集中荷重として考慮する。
- b. 荷重の組合せ

扉体及び戸当りの設計に考慮する荷重の組合せを表 3-3 に,静水圧と動水圧の荷重作 用図を図 3-5,図 3-6 に示す。

区分	荷重の組合せ
津波時	$G + P_{S} + W_{S} + P_{C}$
重畳時	$G + P_{S} + P_{e} + I_{gi} + W_{S}$

表 3-3 荷重の組合せ





図 3-6 動水圧の荷重作用図

3.3.1 使用材料及び材料の物性値

使用材料及び材料の物性値について表 3-4 に示す。

表 3-4 扉体本体の使用材料

評価部材	諸元
スキンプレート,縦補助桁, 主桁,端桁	SM490
支圧板	SUS304

- (2) 防潮壁
  - a. 荷重

防潮壁の強度評価には、以下の荷重を用いる。

- (a) 固定荷重(G) 固定荷重として,構造物の自重及び浮力を考慮する。地下水位のレベルは地表面とす る。
- (b) 積載荷重(P)積載荷重として,機器荷重とする。
- (c) 積雪荷重(P<sub>s</sub>)
   積雪荷重として, 30 cmの積雪を考慮する。
- (d) 風荷重(P<sub>k</sub>)
   津波の遡上時には海面下にあり、風荷重は考慮しない。
- (e) 遡上津波荷重(P<sub>t</sub>)
  - イ. 遡上津波波圧

遡上津波荷重については,防潮堤前面における最大津波水位標高と防潮堤設置地盤 標高の差分の 3/2 倍を考慮して算定する。

- ロ. 海水重量
   防潮扉前面のフーチング上について津波の水塊による海水重量を考慮する。なお、
   海水の密度は ρ = 1.03t/m<sup>3</sup> とする。
- ハ. 津波による揚圧力
   津波波圧が防潮扉上部の軒を超える場合は津波による揚圧力を考慮する。
- (f) 漂流物衝突荷重(P<sub>c</sub>)
   漂流物衝突荷重として,総排水トン15tの漁船の衝突を考慮する。

(g) 余震荷重(K<sub>sd</sub>)

余震荷重として,弾性設計用地震動S<sub>d</sub>-D1による地震力及び動水圧を考慮する。 余震と津波の「重畳時」は余震荷重(K<sub>sd</sub>)として水平慣性力及び鉛直慣性力を考慮 する。地震応答解析で算定した地表面の最大加速度から水平震度及び鉛直震度を算定し, 慣性力を作用させる。

イ. 動水圧

余震と津波の「重畳時」は,余震による地表面最大加速度に応じた水平震度に基 づき算定される動水圧を考慮する。 b. 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 3-5 に示す。

区分	荷重の組合せ			
津波時	$G + P + P_s + P_t + P_c$			
重畳時	$G + P + P_s + P_t + K_{Sd}$			

表 3-5 荷重の組合せ

G :固定荷重

P : 積載荷重

P 。:積雪荷重

P<sub>t</sub>:津波波力

Ksd:余震荷重

P 。: 衝突荷重

3.4 許容限界

防潮扉の許容限界は、「3.2 評価対象断面及び部位」にて設定した評価対象断面の機能損 傷モードを考慮し、V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」 の「4.2 許容限界」にて示している許容限界を踏まえて設定する。

- (1) 扉体及び戸当り
  - a. 扉体

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、表3-6に示す短期許容応 力度とする。短期許容応力度は、基準津波時及び余震+基準津波時に対しては鋼材の許容 応力度に対して1.5倍、敷地に遡上する津波時(T.P.+24 m)及び余震+敷地に遡上する 津波時(T.P.+24 m)に対しては鋼材の許容応力度に対して2.0倍の割増しを考慮する。

また,止水性については許容限界を短期許容応力度とすることで部材をおおむね弾性域 内の変形に留め、戸当りとの圧着構造を保つことで止水性を確保するものとする。

		短期許容応力度(N/mm <sup>2</sup> )			
		基準 津波	敷地に遡上する 津波		
スキンプレ			許容曲げ応力度 σ <sub>ca</sub>	240	320
一下, 主	SM490	$t \le 40^{*1}$	許容圧縮応力度, 許容引張応力度 $\sigma_{ca}$	240	320
和1, 他的			許容せん断応力度 τ <sub>а</sub>	135	180
们」, 4面们 ]			許容支圧応力度 $\sigma_{ca}^{*2}$	360	480
支圧板	SUS304	$t \leq 40^{*1}$	許容支圧応力度 $\sigma_{ca}^{*2}$	225	300

表 3-6 鋼材の許容応力度(短期)

注記 \*1:t 鋼材の板厚 (mm)

\*2:許容支圧応力の上限値は降伏点とする。

b. 戸当り

防潮扉戸当りの許容限界は,鋼材については扉体と同様とする。コンクリートの許容限 界は,は表 3-7 に示す短期許容応力度とする。短期許容応力度は,基準津波時及び余震+ 基準津波時に対してはコンクリートの許容応力度に対して 1.5 倍,敷地に遡上する津波時 (T.P.+24 m)及び余震+敷地に遡上する津波時(T.P.+24 m)に対してはコンクリート の許容応力度に対して 2.0 倍の割増しを考慮する。

評価項目			短期許容応力度(N/mm²)	
			基準津	敷地に遡上する津波時
			波時	(T.P.+24 m)
		許容圧縮応力度σca	8.1	10.8
無筋 コンクリート 24 N/mm <sup>2</sup>	許容支圧応力度 $\sigma_{ca}$	8.85	11.8	
	設計基準强度 24 N/mm <sup>2</sup>	許容せん断応力度 τ a	0.6	0.8
		許容付着応力度σ са*	2.4	3. 2

表 3-7 コンクリートの許容応力度(短期)

注記 \*: 異形鉄筋の場合を示す。

- (2) 防潮壁
  - 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3-8に示す短期許容応力度とする。短期許容応力度は、基準津波時における鋼材の許容応力度に対して1.5倍の割増を考慮する。また、敷地に遡上する津波時(T.P.+24m)は1.7倍の割増を考慮する。

#### 表 3-8 鋼管杭の許容限界

奉华律波府
-------

評価項目			短期許容応力度 (N/mm <sup>2</sup> )
	SM570	許容引張応力度 $\sigma_{sa1}$ 許容圧縮応力度 $\sigma_{sa1}$	382. 5
		許容せん断応力度τ <sub>sa1</sub>	217.5

評価項目			短期許容応力度 (N/mm <sup>2</sup> )
鋼管杭	SM570	許容引張応力度 $\sigma_{sa1}$ 許容圧縮応力度 $\sigma_{sa1}$	433. 5
		許容せん断応力度τ <sub>sal</sub>	246.5

#### 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3-9に示す短期許容応力度とす る。短期許容応力度は、基準津波時における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。また、敷地に遡上する津波時(T.P.+24 m)においては、コンクリ ートの許容応力度に対して2.0倍、鉄筋の許容応力度に対して1.65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3-9に示す短期許容応力度を許容限界

とする。

## 表 3-9 コンクリート及び鉄筋の許容限界

評価項目			短期許容応力度 (N/mm <sup>2</sup> )
コンクリート	f' <sub>ck</sub> =40 N/mm <sup>2</sup>	許容曲げ圧縮応力度 σ <sub>ca</sub>	21
		許容せん断応力度 τ <sub>а1</sub>	0.825*
		許容押抜きせん断応力度τ <sub>а1</sub> '	1.65
		許容支圧応力度σca'	18
鉄筋	SD490	許容曲げ引張応力度 σ <sub>sa2</sub>	435
		(軸方向鉄筋)	
		許容曲げ引張応力度 σ <sub>sa2</sub>	300
		(せん断補強筋)	

敷地に遡上する津波時 (T.P.+24 m)

評価項目			短期許容応力度 (N/mm <sup>2</sup> )
コンクリート	f' <sub>ck</sub> =40 N/mm <sup>2</sup>	許容曲げ圧縮応力度 σ <sub>ca</sub>	28
		許容せん断応力度 τ <sub>а1</sub>	1.1*
		許容押抜きせん断応力度τα1'	2.2
		許容支圧応力度 $\sigma_{ca}$ '	24
鉄筋	SD490	許容曲げ引張応力度 σ <sub>sa2</sub>	478.5
		(軸方向鉄筋)	
		許容曲げ引張応力度 σ <sub>sa2</sub>	330
		(せん断補強筋)	

注記 \*: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<sub>a</sub>)を許容限界とする。

# $V_{a}\,{=}\,V_{c\ a}\,{+}\,V_{s\ a}$

ここで,

V $_{\rm c\ a}$	: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 $_{\rm s~a}$	:斜め引張鉄筋の許容せん断力
	$V_{sa} = A_w \cdot \sigma_{sa2} \cdot j \cdot d \neq s$
τ <sub>a1</sub>	: 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<sub>w</sub> :斜め引張鉄筋断面積

σ<sub>sa2</sub>:鉄筋の許容引張応力度

- s : 斜め引張鉄筋間隔
- c. 基礎地盤の支持力

基礎地盤に作用する許容限界は、V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」を考慮し、極限支持力に基づき設定する。

d. 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。表 3-10 に止水ジョイント部 材の変形量の許容限界を示す。

表 3-10 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	ゴムジョイント	水平:200 mm, 鉛直:200 mm, 軸直角:200 mm	
部材	シートジョイント	防潮壁天端相対変位:2 m	

e. 鋼製アンカー

鋼製アンカーの許容限界は、「各種合成構造設計指針・同解説((社)日本建築学会 2010年11月)」に基づき設定する。コンクリートの許容限界は、表 3-9 に示す短期許容 応力度を許容限界とする。

### f. 鋼製防護部材

鋼製防護部材の許容限界は、「鋼構造設計規準-許容応力度設計法-((社)日本建築 学会 2005年9月)」、「各種合成構造設計指針・同解説((社)日本建築学会 2010 年11月)」及び「津波漂流物対策施設設計ガイドライン((社)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)」に基づき設定する。

## 3.5 評価方法

防潮壁の耐震評価は、V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算書の 方針」の「5. 強度評価方法」に基づき設定する。

- (1) 津波時
  - a. 扉体及び戸当り

評価対象部位における発生応力が許容限界以下であることを確認する。

(a) 扉体

イ. 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 3-7 に示す。



図 3-7 主桁のモデル図

ロ. 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辺を固定指示された平板としてモ デル化し、「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3-8に示す。



図 3-8 スキンプレートのモデル図及び応力算定式

ハ. 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。

また,縦補助桁はスキンプレートの補剛材であるため、衝突荷重についても考慮する。衝突荷重は曲げモーメント時は桁中央に、せん断力時は桁端部に 1/2 の集中荷重が作用したとして計算する。

縦補助桁のモデル図及び応力算定式を図 3-9 に示す。



- p: 各区分の平均水圧 (kN/m<sup>2</sup>)
- Pc: 衝突荷重
- a: 主桁及び横補助桁間隔 (m)
- b: 縦補助桁間隔 (m)

最大曲げモーメント

$$M = \frac{p \cdot b}{24} (3 \cdot a^2 - b^2) + \frac{Pc \cdot b}{4} (kN-m)$$

最大せん断力

$$S = \frac{p \cdot b}{2} (a - \frac{b}{2}) + \frac{Pc}{2} (kN)$$

図 3-9 縦補助桁のモデル図及び応力算定式

ニ. 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が戸当りを介し てコンクリート躯体に伝達する役割を果たしている。よって「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)」に従い、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 照査を行う。

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。縦桁腹板は天地方 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ため,有効幅はそれぞれの板厚の12倍までとする。ただし,補 剛材(主桁ウェブ)については,全有効断面積が補剛材断面積の1.7倍を超える場合 は有効幅を小さくし,全有効断面積が補剛材断面積の1.7倍となるようにする。

端桁のモデル図を図 3-10 に示す。



図 3-10 端桁のモデル図

ホ. 支圧板

支圧板の面圧は踏面に曲率を設けるため、「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)」のローラ の線接触に倣って計算する。

なお、衝突荷重については扉体端桁に作用したとして、端桁高、スキンプレート厚 さ支圧板厚さを考慮した片側 45 度分布長で負担するものとする。

端桁のモデル図及び応力算定式を図 3-11 に示す。



図 3-11 支圧板のモデル図及び応力算定式

### (b) 戸当り

評価位置において鋼材については底面フランジの曲げ応力,腹板の圧縮応力が,コン クリートについては支圧応力,せん断応力が許容限界以下であることを確認する。

イ. 鋼材

戸当りの鋼材は、下面の水圧が高いため作用水圧とする。また、衝突荷重は扉体端 桁上流側フランジに作用したとして、片側 45 度の分布長で負担するものとする。 戸当りのモデル図及び応力算定式を図 3-12 に示す。



図 3-12 戸当り鋼材のモデル図及び応力算定式

ロ. コンクリート

戸当りのコンクリートは,前項の鋼材の作用力を負担するものとして支圧応力及び せん断応力を評価する。

戸当りコンクリートのモデル図及び応力算定式を図 3-13 に示す。



図 3-13 戸当りコンクリートのモデル図及び応力算定式

- b. 防潮壁
  - (a) 鋼管杭

鋼管杭の評価は、杭体の曲げモーメント及び軸力より算定される応力及びせん断力よ り算定されるせん断応力が許容限界以下であることを確認する。

#### イ. 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,

- :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<sup>2</sup>) σ
- :最大曲げモーメント (N・mm) Μ
- :断面係数 (mm<sup>3</sup>) Ζ
- : 軸力 (N) Ν
- А : 有効断面積 (mm<sup>2</sup>)

ロ. 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,

: 鋼管杭のせん断力より算定されるせん断応力 (N/mm<sup>2</sup>) τ

: せん断力 (kN) S

А : 有効断面積 (mm<sup>2</sup>)

: せん断応力の分布係数(2.0) κ

(b) 鉄筋コンクリート

鉄筋コンクリートは、強度評価により算定した曲げ圧縮応力、曲げ引張応力及びせん 断応力が許容限界以下であることを確認する。

(c) 基礎地盤の支持力

基礎地盤の支持性能評価においては、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。

(d) 止水ジョイント部材

地震時残留変位と津波荷重作用時変位の和で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。

(e) 鋼製アンカー

津波荷重が止水ジョイントへ載荷された際に,アンカーの引張力,せん断力及びコン クリートのせん断応力が許容限界以下であることを確認する。

(f) 鋼製防護部材

鋼製防護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。

- (2) 重畳時
  - a. 扉体及び戸当り 評価対象部位における発生応力が許容限界以下であることを確認する。
    - (a) 扉体

評価位置において主桁など鋼材の曲げ応力, せん断応力が, たわみ, スキンプレート の最大応力, 支圧板の支圧応力が許容限界以下であることを確認する。

- イ. 主桁主桁の重畳時の評価は「(1) 津波時」と同じ方法により行う。
- ロ. スキンプレート
   スキンプレートの重畳時の評価は「(1) 津波時」と同じ方法により行う。
- ハ. 縦補助桁
   縦補助桁の重畳時の評価は「(1) 津波時」と同じ方法により行う。
- ニ. 端桁
   端桁の重畳時の評価は「(1) 津波時」と同じ方法により行う。
- ホ. 支圧板支圧板の重畳時の評価は「(1) 津波時」と同じ方法により行う。
- (b) 戸当り

評価位置において鋼材については底面フランジの曲げ応力,腹板の圧縮応力が,コン クリートについては支圧応力,せん断応力が許容限界以下であることを確認する。

- イ. 鋼材
   鋼材の重畳時の評価は「(1) 津波時」と同じ方法により行う。
- ロ. コンクリートコンクリートの重畳時の評価は「(1) 津波時」と同じ方法により行う。

- b. 防潮壁
  - (a) 地震応答解析
    - イ. 解析方法

重畳時の検討で実施する地震応答解析は,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に基づく液状化強度特性)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。

解析コードは、「FLIP Ver. 7.3.0\_2」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、別紙「計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

(イ) 地盤

V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に示す有効応力解析用地盤物性値に 基づき,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モデル化とする。

(口) 減衰特性

時刻歴非線形解析における減衰特性については、固有値解析にて求められる固有 振動数に基づく Rayleigh 減衰を考慮する。

- ロ. 解析モデル及び諸元
- (イ) 解析モデル解析モデルは、構造物設置位置の地層構成に基づきモデル化する。
- (ロ) 地盤の物性値

地盤の物性値は、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。

ハ. 入力地震動

入力地震動は、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弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>-D1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,別紙「計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

- (b) 静的解析
  - イ. 鋼管杭

鋼管杭の重畳時の評価は「(1) 津波時」と同じ方法により,許容限界以下である ことを確認する。

- ロ. 鉄筋コンクリート
   鉄筋コンクリートの重畳時の評価は「(1) 津波時」と同じ方法により,許容限界
   以下であることを確認する。
- ハ. 止水ジョイント部材 止水ジョイント部材の重畳時の評価は、本震後の残留変位に加え、余震時の変形量 が許容限界以下であることを確認する。
- ニ. 鋼製アンカー
   鋼製アンカーの重畳時の評価は「(1) 津波時」と同じ方法により、許容限界以下
   であることを確認する。
- ホ. 鋼製防護部材 鋼製防護部材の重畳時の評価は「(1) 津波時」と同じ方法により,発生する応力 が許容限界以下であることを確認する。

V-3-別添 3-3 放水路ゲートの強度計算書
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 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	• 6
	2.	4	適用規格 ·····	• 8
3.		強	<b></b> 雲評価方法 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	• 9
	3.	1	記号の定義 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	• 9
	3.	2	評価対象部位	11
	3.	3	荷重及び荷重の組合せ	14
	3.	4	許容限界 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	16
	3.	5	評価方法 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	18

# 1. 概要

本資料は、V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」に示す 通り、放水路ゲートが地震後の繰返しの襲来を想定した津波荷重、余震や積雪を考慮した荷重に 対し、主要な構造部材の構造健全性を保持すること及び主要な構造体の境界部に設置する部材が 有意な漏えいを生じない変形に留まることを確認するものである。 2. 基本方針

V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」に示す「2.1 評価 対象施設」を踏まえて,放水路ゲートの「2.1 位置」及び「2.2 構造概要」を示す。

2.1 位置

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図を図 2-1 に示す。

図 2-1 放水路ゲートの位置図

#### 2.2 構造概要

(1) 放水路ゲート

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、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、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、端桁により架構が構成され、スキンプレートに掛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 電動駆動式と機械式の駆動機構によって確実に閉止する。

躯体は、鉄筋コンクリート防潮壁から構成され、地中連続壁基礎で支持する。

鉄筋コンクリート防潮壁は,鉄筋コンクリート造の構造物であり,ブロック間は止水ジョ イントを施した構造である。鉄筋コンクリート防潮壁は,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。鉄筋コンクリート防潮壁と地中連続壁基礎とは,鉄筋コン クリート製のフーチングを介した剛結合で一体構造とする。

放水路ゲートの正面図及び平面図を図 2-2,側面図を図 2-3 に示す。

注:寸法は mm を示す。

図 2-2 放水路ゲート正面図及び平面図

図 2-3 放水路ゲート側面図

注:寸法は mm を示す。

#### 2.3 評価方針

放水路ゲートの強度評価は、V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計 算書の方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」及び「4.2 許容限界」において設定している 荷重及び荷重の組合せ、並びに許容限界を踏まえて実施する。強度評価では、「3. 強度評価 方法」に示す方法により、「4. 評価条件」に示す評価条件を用いて評価し、「5. 強度評価 結果」より、放水路ゲートの評価対象部位に作用する応力等が許容限界以下であることを確認 する。

放水路ゲートの強度評価においては、その構造を踏まえ、津波及び余震荷重の作用方向や伝 達過程を考慮し、評価対象部位を設定する。強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、津波 に伴う荷重作用時(以下、「津波時」という。)及び津波荷重に伴う荷重作用時と余震に伴う荷 重作用時(以下、「重畳時」という。)について行う。

#### (1) 扉体及び戸当り

放水路ゲートの強度評価は、スキンプレート、主桁、縦補助桁、端桁、支圧板の各部 材に発生する応力を算定し、許容限界との比較を行う。

戸当りの強度評価は,H鋼及び後打ちコンクリートに発生する応力を算定し,許容限 界との比較を行う。強度評価のフローを図 2-4 に示す。

なお,重畳時の評価における入力地震動は,解放基盤表面で定義される弾性設計用地 震動 S<sub>d</sub>-D1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。



図 2-4 放水路ゲート(扉体及び戸当り)の強度評価における評価フロー

2.4 適用規格

適用する規格,基準等を以下に示す。

- ・ 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)
- ・ 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・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)
- ・ 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 J EAC4616-2009((社)日本電気協会)
- · 建築基礎構造設計指針 ((社)日本建築学会 2001年)
- · 各種合成構造設計指針·同解説((社)日本建築学会 2010年11月)
- · 建築基準法(昭和 25 年 5 月 24 日法律第 201 号)
- · 建築基準法施行令(昭和 25 年 11 月 16 日政令第 338 号)
- · 鋼構造設計規準-許容応力度設計法-((社)日本建築学会 2005年9月)
- ・ 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. 強度評価方法

- 3.1 記号の定義
  - (1) 扉体及び戸当り

扉体及び戸当りの強度評価に用いる記号を表 3-1 に示す。

記号 単位 定義 G kN 固定荷重  $P_{s}$  $kN/m^2$ 静水圧  $P_{e}$  $kN/m^2$ 動水圧 I  $_{\rm g~i}$ kΝ 地震時慣性力  $W_{s}$ kN 積雪荷重 Η m 津波高さ  $H_{\text{S}}$ 水密高さ m 津波時の設計水深  $H_0$ m 津波時の下端止水位置までの水深  $H_1$ m 津波時の上端止水位置までの水深  $H_2$ m 余震時の基礎地盤までの深さ  $H_{3}$ m 余震時の設計水深  $H_4$ m В 水密幅 m  $W_1$  $kN/m^3$ 水の単位体積荷重 扉体自重による荷重  $W_{\rm g}$ kΝ \_ 余震時の設計震度  $K_{\rm H}$  $P_w$ kΝ 風荷重  $kN \cdot s^2/m^4$ 空気密度 ρ Ud m/s 風速 G ガスト応答係数 形状係数  $C_{d}$   $m^2$ 投影面積 А  $kN/m^2$ 単位積雪荷重  $q_{\rm s}$ 扉体総桁高  $D_s$ m  $\mathrm{B}_{\mathrm{s}}$ 扉体受圧幅 m

表 3-1 扉体及び戸当りの強度評価に用いる記号(1/2)

記号	単位	定義
М	kN•m	各評価対象部位における最大曲げモーメント
R	kN	各評価対象部位における最大圧縮力
σ <sub>c</sub>	$N/mm^2$	各評価対象部位における最大曲げ、圧縮及び支圧応力
		度
S	kN	各評価対象部位における最大せん断力
τ	$N/mm^2$	各評価対象部位における最大せん断応力
δ	mm	各評価対象部位における最大たわみ
t s	mm	スキンプレート厚
σf	$N/mm^2$	戸当り底面フランジの曲げ応力度
σw	$N/mm^2$	戸当り腹板の圧縮応力度
τ <sub>c</sub>	$N/mm^2$	戸当りコンクリートのせん断応力度

表 3-1 扉体及び戸当りの強度評価に用いる記号(2/2)

3.2 評価対象部位

放水路ゲートの評価対象断面及び評価対象部位は、V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮 が必要な施設の強度計算書の方針」の「3.2 許容限界」にて示している。

評価対象部位は放水路ゲートの構造上の目的から,水圧等の荷重を受ける受圧部にスキン プレート,スキンプレートを受ける縦補助桁,その受圧部から荷重を受ける架構部に主桁, 端桁,架構部から支承部にかけて戸当り,支圧板の構造部材を評価対象部位とする。

放水路ゲートの放水路ゲート正面図及び平面図を図 3-1 に,放水路ゲート側面図及び平面図 を図 3-2 に示す。

(1) 扉体及び戸当り

扉体は主桁,スキンプレート,縦補助桁,端桁,支圧板それぞれについて評価する。 戸当りはコンクリート支圧応力,底面フランジ曲げ応力,コンクリートのせん断応力そ れぞれについて評価する。

注:寸法は mm を示す。

図 3-1 放水路ゲート正面図及び平面図

注:寸法は mm を示す。

図 3-2 放水路ゲート側面図

3.3 荷重及び荷重の組合せ

強度計算に用いる荷重及び荷重の組合せは、V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要 な施設の強度計算書の方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」にて示している荷重及び荷重 の組合せを踏まえて設定する。

- (1) 扉体及び戸当り
  - a. 荷重

荷重強度には、以下の荷重を用いる。

- (a) 固定荷重(G)固定荷重として,扉体自重(W<sub>g</sub>)を考慮する。
- (b) 静水圧 (P<sub>s</sub>)
  津波時の扉体への作用静水圧を考慮する。
  P<sub>s</sub>={H<sub>s</sub>(p<sub>u</sub>+p<sub>d</sub>)B}/2
  p<sub>u</sub>=W<sub>1</sub>・H<sub>2</sub>
  p<sub>d</sub>=W<sub>1</sub>・H<sub>1</sub>
  (c) 動水圧 (P<sub>e</sub>)
- (c) 動水庄 (P<sub>e</sub>) 余震時の扉体への作用動水圧を考慮する。  $P_e = 7/12 \cdot W_1 \cdot K_H \cdot \sqrt{H_2} \cdot (\sqrt{H_3^3} - \sqrt{H_4^3}) \cdot B$
- (d) 地震時慣性力(I<sub>gi</sub>)
   余震時の扉体自重による慣性力を考慮する。
   I<sub>gi</sub>=W<sub>g</sub>・K<sub>H</sub>
   (e) 積雪荷重(W<sub>s</sub>)

 津波時・余震時とも扉体への積雪荷重を考慮する。  $W_s = q_s \cdot D_s \cdot B_s$ 

b. 荷重の組合せ

扉体及び戸当りの設計に考慮する荷重の組合せを表 3-3 に,静水圧と動水圧の荷重作用 図を図 3-5,図 3-6 に示す。

	• • • • • •
区分	荷重の組合せ
津波時	$G + P_{S} + W_{S}$
重畳時	$G + P_{S} + P_{e} + I_{gi} + W_{S}$

表 3-3 荷重の組合せ



図 3-6 動水圧の荷重作用図

3.3.1 使用材料及び材料の物性値

使用材料及び材料の物性値について表 3-4 に示す。

表 3-4 扉体本体の使用材料

評価部材	諸元
スキンプレート,縦補助桁, 主桁,端桁	SM490
支圧板	SUS304

### 3.4 許容限界

許容限界は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。

- (1) 扉体及び戸当り
  - a. 扉体の許容限界

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、表3-5に示す短期許容応 力度とする。短期許容応力度は、基準津波時及び余震+基準津波時に対しては鋼材の許容 応力度に対して1.5倍、敷地に遡上する津波時(T.P.+24 m)及び余震+敷地に遡上する 津波時(T.P.+24 m)に対しては鋼材の許容応力度に対して2.0倍の割増しを考慮する。 また、止水性については許容限界を短期許容応力度とすることで部材をおおむね弾性域 内の変形に留め、戸当りとの圧着構造を保つことで止水性を確保するものとする。

				短期許容応	力度 (N/mm <sup>2</sup> )	
		基準津波	<ul><li>敷地に遡上</li><li>する津波</li></ul>			
スキンプレ	*レ 許容曲げ応力度		許容曲げ応力度 σ <sub>ca</sub>	240	320	
一下,主	SM490	t≦40*1	許容圧縮応力度 σ <sub>ca</sub> , 許容引張応力度 σ <sub>ca</sub>	240	320	
111, 1110) 板 逆板			許容せん断応力度 t a	135	180	
ሳ <b>ገ], ካ</b> መሳገ]			許容支圧応力度 $\sigma_{ca}^{*2}$	360	480	
支圧板	SUS304	$t \le 40^{*1}$	許容支圧応力度 $\sigma_{ca}^{*2}$	225	300	

表 3-5 鋼材の許容応力度(短期)

注記 \*1:t 鋼材の板厚 (mm)

\*2:許容支圧応力度の上限値は降伏点とする。

b. 戸当りの許容限界

戸当りの許容限界は,鋼材については扉体と同様とする。コンクリートの許容限界は, は表 3-6 に示す短期許容応力度とする。短期許容応力度は,基準津波時及び余震+基準津 波時に対してはコンクリートの許容応力度に対して 1.5 倍,敷地に遡上する津波時(T.P. +24 m)及び余震+敷地に遡上する津波時(T.P.+24 m)に対してはコンクリートの許容 応力度に対して 2.0 倍の割増しを考慮する。

			短期評	F容応力度(N/mm²)
	評価項目	基準津	敷地に遡上する津波	
		波時	時 (T.P.+24 m)	
		許容圧縮応力度 σ ca	8.1	10.8
無筋	シングリートの	許容支圧応力度 σ са	8.85	11.8
コンクリート		許容せん断応力度 τ a	0.6	0.8
	24 11/1111	許容付着応力度 σ ca*	2.4	3.2

表 3-6 コンクリートの許容応力度(短期)

注記 \*: 異形鉄筋の場合を示す。

## 3.5 評価方法

放水路ゲートの強度評価は、V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計 算書の方針」の「5. 強度評価方法」に基づき設定する。

- (1) 津波時
  - a. 扉体及び戸当り 評価対象部位における発生応力が許容限界以下であることを確認する。
    - (a) 扉体
      - イ. 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 3-7 に示す。



図 3-7 主桁のモデル図

ロ. 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、「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3-8に示す。



図 3-8 スキンプレートのモデル図及び応力算定式

ハ. 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 3-9 に示す。



- p: 各区分の平均水圧 (kN/m<sup>2</sup>)
- a : 主桁及び横補助桁間隔 (m)
- b : 縦補助桁間隔 (m)

最大曲げモーメント

$$\mathbf{M} = \frac{\mathbf{p} \cdot \mathbf{b}}{24} \left( 3 \cdot \mathbf{a}^2 - \mathbf{b}^2 \right) \qquad (\mathbf{kN} \cdot \mathbf{m})$$

最大せん断力

$$S = \frac{p \cdot b}{2} (a - \frac{b}{2}) (kN \cdot m)$$

図 3-9 縦補助桁のモデル図及び応力算定式

ニ. 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が戸当りを介し てコンクリート躯体に伝達する役割を果たしている。よって「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)」に従い、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照 査を行う。

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。縦桁腹板は天地方 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ため、有効幅はそれぞれの板厚の12倍までとする。ただし、補 剛材(主桁ウェブ)については、全有効断面積が補剛材断面積の1.7倍を超える場合 は有効幅を小さくし、全有効断面積が補剛材断面積の1.7倍となるようにする。

端桁のモデル図を図 3-10 に示す。



図 3-10 端桁のモデル図

ホ. 支圧板

支圧板の面圧は踏面に曲率を設けるため、「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)」のローラ の線接触に倣って計算する。

端桁のモデル図及び応力算定式を図 3-11 に示す。



$$p = 0.591 \sqrt{\frac{P \cdot E_1 \cdot E_2}{Lh \cdot R \cdot (E_1 + E_2)}}$$
$$C = 1.080 \sqrt{\frac{P \cdot R \cdot (E_1 + E_2)}{Lh \cdot E_1 \cdot E_2}}$$

ここに、

$$C = 1.080 \sqrt{\frac{P \cdot R \cdot (E_1 + E_2)}{Lh \cdot E_1 \cdot E_2}}$$

$$p : ~ \wedge \nu \vee \sigma 接触応力度 (N/mm^2)$$

$$P : 計算荷重の常時換算値= (Ps+Pc) / \gamma (N)$$

$$pd : 扉体下端水圧 (N/mm^2)$$

$$B : 扉体水密幅$$

$$\gamma : 許容応力補正係数に裕度を乗じた係数$$

$$E_1 : 支圧板の弾性係数$$

$$E_2 : 支圧板当りの弾性係数$$

$$Lh : 支圧板計算高さ$$

$$R : 支圧板半径 (mm)$$

$$C : 接触幅の1/2 (mm)$$

$$Z : 最大せん断応力度が発生する深さ (mm)$$

$$\nu : 安全率=1.3(線接触の場合)$$

$$H_B : 支圧板のブリネル硬さ$$

図 3-11 支圧板のモデル図及び応力算定式

- (b) 戸当り 評価対象部位における発生応力が許容限界以下であることを確認する。
  - イ. 鋼材

戸当りの鋼材は、下面の水圧が高いため作用水圧とする。 戸当りのモデル図及び応力算定式を図 3-12 に示す。



底面フランジ曲げ応力度

$$\sigma f = \frac{6 \cdot \sigma k \cdot bf^2}{8 \cdot t_f^2} (N/mm^2)$$

腹板の圧縮応力度

$$\sigma \, \mathrm{cw} = \frac{\mathrm{pd} \cdot \mathrm{B}}{2 \cdot \mathrm{t_w}} \quad (\mathrm{N/mm}^2)$$

- pd: 下部作用水圧 (N/mm<sup>2</sup>)
- B: 扉体水密幅
- br : 水路面より戸当り中心までの距離
- hr:戸当り高
- tw:戸当りウェブ厚さ
- bf:戸当り底面フランジ幅
- tf:戸当り底面フランジ厚さ

図 3-12 戸当り鋼材のモデル図及び応力算定式

ロ. コンクリート

戸当りのコンクリートは,前項の鋼材の作用力を受ける部材として支圧応力及びせん断応力を評価する。

戸当りコンクリートのモデル図及び応力算定式を図 3-13 に示す。



図 3-13 戸当りコンクリートのモデル図及び応力算定式

- (2) 重畳時
  - a. 扉体及び戸当り 評価対象部位における発生応力が許容限界以下であることを確認する。
    - (a) 扉体

評価位置において主桁など鋼材の曲げ応力, せん断応力が, たわみ, スキンプレート の最大応力, 支圧板の支圧応力が許容限界以下であることを確認する。

- イ. 主桁
   主桁の重畳時の評価は「(1) 津波時」と同じ方法により行う。
- ロ. スキンプレートスキンプレートの重畳時の評価は「(1) 津波時」と同じ方法により行う。
- ハ. 縦補助桁
   縦補助桁の重畳時の評価は「(1) 津波時」と同じ方法により行う。
- ニ. 端桁
   端桁の重畳時の評価は「(1) 津波時」と同じ方法により行う。
- ホ. 支圧板 支圧板の重畳時の評価は「(1) 津波時」と同じ方法により行う。
- (b) 戸当り

評価位置において鋼材については底面フランジの曲げ応力,腹板の圧縮応力が,コン クリートについては支圧応力,せん断応力が許容限界以下であることを確認する。

- イ. 鋼材
   鋼材の重畳時の評価は「(1) 津波時」と同じ方法により行う。
- ロ. コンクリートコンクリートの重畳時の評価は「(1) 津波時」と同じ方法により行う。

Ⅴ-3-別添 3-4 構内排水路逆流防止設備の強度計算書

1.	概	要		• • •	•••			 •••	 	••	 •••	•••	 •••	•••		•••	• •	• •	•••	••	•••		•••	• •	•••	 1
2.	基	本方針·			•••	• • • •	• • •	 ••	 	••	 •••	•••	 	•••		•••	••		•••	••	••	••	••	•••	•••	 2
2	2.1	位置・・			•••	• • • •	• • •	 ••	 	••	 •••	•••	 	•••	•••	•••	••	• •	••	••	••	••	••	•••	•••	 2
2	2.2	構造概	要・・	• • •	• • •	• • • •	• • •	 •••	 	••	 •••	•••	 	•••		•••	• •	• •	•••	•••	•••		•••	•••	•••	 4
2	2.3	評価方針	計・・	• • •	•••	• • • •		 ••	 	••	 •••	•••	 	•••	•••	•••	••	• •	••	••	••	••	••	•••	•••	 6

1. 概要

本資料は、V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」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津波荷重及び余震を考慮した荷重に対し、主要な 構造部材が構造健全性を有することを確認するものである。

# 2. 基本方針

2.1 位置

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。



## 2.2 構造概要

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、ジョイント、吊りピン及びアンカー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。

司供友称	構造	<b>走概要</b>	⇒光 □□ □□
<b></b>	主体構造	支持構造	前九 9万 区
構内排水路逆 流防止設備 1,2,3,4,7,8,9	スレよすント構	本ンイりびーて集固体ジンピアを出水定をジ,ンン介口枡するとヨ吊及力し側に。	(単位 : mn)

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

<b></b>	構造	造概要									
<b></b>	主体構造	支持構造	就 労 凶								
構内排水路 逆流防止設 備 5,6	スレよすシート 構	本ジンピンし集定体,トンカて水すをジ,及一出枡る。ンイりア介側固	(単位:m)								

# 表 2-2 構内排水路逆流防止設備(5,6)の構造概要

### 2.3 評価方針

構内排水路逆流防止設備の強度評価は,添付資料V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」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,構内排水路逆流防止設備の評価対象部位に作用する応力等が許容限界以下であることを 「3. 強度評価方法」に示す方法により,「4. 評価条件」に示す評価条件を用いて評価し, 「5. 強度評価結果」にて確認する。

構内排水路逆流防止設備の強度評価フローを図 2-2 に示す。構内排水路逆流防止設備の強度 評価においては、その構造を踏まえ、津波及び余震に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮 し、評価対象部位を設定する。強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、津波に伴う荷重作 用時(以下、「津波時」という。)及び津波に伴う荷重と余震に伴う荷重の作用時(以下、「重 畳時」という。)を考慮し、評価される最大荷重を設定する。重畳時においては、添付資料V -1-1-2-2-5「津波防護に関する施設の設計方針」に示す津波荷重との重畳を考慮する弾性設計 用地震動S<sub>d</sub>を入力して得られた最大床応答加速度の最大値を静的震度として用いる。

また,上記評価を実施するに当たり,構内排水路逆流防止設備をモデル化した固有値解析を 行う。



図 2-2 強度評価フロー

Ⅴ-3-別添 3-5 浸水防止蓋の強度計算書

Ⅴ-3-別添 3-5-1 取水路点検用開口部浸水防止蓋の強度計算書
1	•	概要		1
2	•	基本方	針	1
	2.	1 位置	置	1
	2.	2 構造	告概要	2
	2.	3 評値	西方針	4
	2.	4 適月	月規格	6
3	•	強度評	価方法	7
	3.	1 記号	号の定義	8
	3.	2 評信	西対象部位	9
	3.	3 荷重	重及び荷重の組合せ1	.1
		3.3.1	荷重1	.1
		3.3.2	荷重の組合せ1	3
	3.	4 許容	容限界	4
	3.	5 評信	五方法1	5
		3.5.1	荷重条件1	5
		3.5.2	応力評価1	5
		3.5.3	組合せ応力1	7
4	•	評価条	件	8
5		強度評	価結果2	20

1. 概要

本資料は、添付資料V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算書 の方針」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津波荷重及び 余震を考慮した荷重に対し、主要な構造部材が構造健全性を有することを確認するもの である。

- 2. 基本方針
- 2.1 位置

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 構造概要

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概要を表 2-1 及び表 2-2 に示す。

表 2-1 構造概要(取水路点検用開口部浸水防止蓋 1,10)

設備名称			配置図
取水路点検用開 口部浸水防止蓋			
1,10	計画(	り概要	弐 田 図
	主体構造	支持構造	1717日
	蓋により構成	取水路上版に	浸水防止蓋
	する。	基礎ボルトで	基礎ボルト
		固定する。 	



表 2-2 構造概要(取水路点検用開口部浸水防止蓋 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9)

#### 2.3 評価方針

取水路点検用開口部浸水防止蓋の強度評価は、添付資料V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」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、取水路点検用開口部浸水防止蓋の評価対象部位に作用 する応力等が許容限界以下であることを「3. 強度評価方法」に示す方法により、「4. 評価条件」に示す評価条件を用いて評価し、「5. 強度評価結果」にて確認する。

取水路点検用開口部浸水防止蓋の強度評価フローを図 2-2 に示す。取水路点検用開 口部浸水防止蓋の強度評価においては、その構造を踏まえ、津波及び余震に伴う荷重 の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価対象部位を設定する。強度評価に用いる荷重 及び荷重の組合せは、津波に伴う荷重作用時(以下、「津波時」という。)及び津波に 伴う荷重と余震に伴う荷重の作用時(以下、「重畳時」という。)を考慮し、評価され る最大荷重を設定する。重畳時においては、添付資料V-1-1-2-2-5「津波防護に関す る施設の設計方針」に示す津波荷重との重畳を考慮する弾性設計用地震動S<sub>d</sub>を入力 して得られた最大床応答加速度の最大値を静的震度として用いる。



図 2-2 強度評価フロー

2.4 適用規格

適用する規格,基準等を以下に示す。

- ・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)) JS
   ME S NC1-2005/2007((社)日本機械学会 2007年)
- ・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 昭和59年)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987 ((社)日本電気協会 昭和62年)
- ・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 平成3年)
- ・各種合成構造設計指針・同解説((社)日本建築学会 2010 改定)
- ・建築基準法及び同施行令
- ・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
- ・日本工業規格 JIS G 4303 (1998) ステンレス鋼棒
- ・港湾の施設の技術上の基準・同解説((社)日本港湾協会 平成19年)

3. 強度評価方法

取水路点検用開口部浸水防止蓋の強度評価は,添付資料V-3-別添 3-1「津波又は溢水 への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」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,「3.2 評価対象部位」にて設定する評価対象部位に作用する 応力等が「3.4 許容限界」にて示す許容限界以下であることを確認する。

# 3.1 記号の定義

取水路点検用開口部浸水防止蓋の強度計算に用いる記号を表 3-1 に示す。

記号	単位	定義
m s	kg	積雪荷重による質量
P s	Ν	積雪荷重
A s	$m^2$	積雪面積
W s	Pa	積雪量1 cmごとの積雪荷重
d s	сm	垂直積雪量
P <sub>t</sub>	Pa	津波荷重 (動・突き上げ)
ρ	$kg/m^3$	海水の密度
g	$m/s^2$	重力加速度
h	m	津波荷重水位 (T.P.+)
C <sub>D</sub>		抗力係数
U	m/s	流速
S	MDo	JSME S NC1-2005/2007 の付録図表 Part5 表 8
S y	MIA	に規定される材料の設計降伏点
S	MPa	JSME S NC1-2005/2007 の付録図表 Part5 表 9
U u	MI a	に規定される材料の設計引張強さ
		許容引張応力 JSME S NC1-2005/2007 SSB-
İ t	MPa	3121.1(1)に定める値とする。
		<u> </u>
f s	MPa	計存せん例応グ $\int 3 \text{ ME} 3 \text{ NC1} 2003/2007 33B - 3191 1(9) に定める値とする$
fь	MPa	許容曲げ応力 JSME S NC1-2005/2007 SSB-
		3121.1(4)に定める値とする。
		許容応力算定用基準値 JSME S NC1-2005/2007
F	MPa	SSB-3121.1(1)a.(b)に定める, S <sub>y</sub> 及び 0.7・S <sub>u</sub> のいずれ
		か小さい方の値とする。

表 3-1 強度計算に用いる記号

3.2 評価対象部位

取水路点検用開口部浸水防止蓋の強度評価対象部位は,「2.2 構造概要」にて示 す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,津波と余震による荷重が作用し,これら の荷重は蓋より,それを固定している基礎ボルトに伝達することから,評価対象部位 は蓋及び基礎ボルトを対象とする。

取水路点検用開口部浸水防止蓋の強度評価における評価対象部位を,図 3-1 及び図 3-2 に示す。



平面図



A-A 断面図

図 3-1 評価対象部位 (蓋 1,10)











B-B 断面図

図 3-2 評価対象部位 (蓋 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9)

- 3.3 荷重及び荷重の組合せ
  - 3.3.1 荷重
    - (1) 固定荷重(D)

固定荷重として, 蓋の自重を考慮する。

(2) 津波荷重(動・突き上げ)(P<sub>t</sub>)

津波荷重(動・突き上げ)は,基準津波による取水ピットにおける入力津波高 さT.P.+19.2 mの静水圧に設計上の裕度をもたせた津波荷重水位T.P.+22.0 m の静水圧を考慮する。

津波荷重は次式を用いて算出する。

$$\mathbf{P}_{t} = \rho \cdot \mathbf{g} \cdot \mathbf{h} + \frac{1}{2} \cdot \mathbf{C}_{\mathrm{D}} \cdot \rho \cdot \mathbf{U}^{2}$$

(3) 余震荷重(S<sub>d</sub>)

余震荷重は、添付資料V-1-1-2-2-5「津波防護に関する施設の設計方針」に示 す津波荷重との重畳を考慮する弾性設計用地震動S<sub>d</sub>を入力して得られた地震応 答解析に伴う取水路上版における最大床応答加速度の最大値を静的震度として、 取水路点検用開口部浸水防止蓋に作用する余震による慣性力を考慮する。なお、 静的震度は最大床応答加速度を重力加速度で除して算出する。

また,取水路点検用開口部浸水防止蓋の強度評価に用いる地震応答解析は,添 付資料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」と同様の解析方法,モデル化及び諸元(材料物性値,地盤の物性値,荷重の 入力方法),評価対象断面及び評価対象位置により実施する。

取水路点検用開口部浸水防止蓋の最大床応答加速度を表 3-2 に,応力評価に用いる S<sub>d</sub> 地震荷重の最大静的震度を表 3-3 に示す。

なお,鉛直地震荷重については,津波荷重(動・突き上げ)を緩和する方向に 作用するため考慮しない。

弾性設計用	水平地震動	鉛直地震動	最大床応答加速度 (Gal)				
地展到			水平方向	鉛直方向			
	正転	正転	192	357			
	反転	正転	187	371			
$S_d - D T L$	正転	反転	199	373			
	反転	反転	332	551			

表 3-2 取水路点検用開口部浸水防止蓋の最大床応答加速度

表 3-3 応力評価に用いる最大静的震度

弾性設計用	水平	鉛直	最大床応答加速度 (Gal)		水平震度	鉛直震度
地展到	地長動	地展到	水平方向	鉛直方向	С <sub>Н</sub>	υ
S <sub>d</sub> – D 1 L	反転	反転	332	551	$0.34^{*1}$	0.57

注記 \*1:下線部は応力評価に用いる静的震度を示す。

(4) 積雪荷重(P<sub>s</sub>)

積雪荷重を考慮する。

積雪荷重 P 。については、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は次式を用いて算出する。

$$m_{s} = \frac{P_{s} \cdot A_{s}}{g} = \frac{0.35 \cdot w_{s} \cdot d_{s} \cdot A_{s}}{g}$$

3.3.2 荷重の組合せ

取水路点検用開口部浸水防止蓋は,取水路上版部に位置す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 3-4 に示す。

表 3-4 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	取水路点給用開口部浸水防止萎	D + P + S + P		
(浸水防止設備)	<u>从</u> , , , , , , , , , , , , , , , , , , ,			
 注記 *1:Dは固定荷重,	P <sub>t</sub> は津波荷重(動・突き上げ),	S」は余震荷重, P。は積雪		

荷重を示す。

#### 3.4 許容限界

取水路点検用開口部浸水防止蓋の設計にて考慮する供用状態(許容応力状態)を表 3-5 に,許容応力算定用基準値を表 3-6 に示す。また,評価部位に応じた許容応力評 価条件を表 3-7 に示す。

	許容限界*1*2					
供用状態	盖			基礎ボルト		
(許容応力状態)		一次応力			一次応力	
	曲げ	せん断	組合せ*3	引張	せん断	
С	15•f.	15•f	15•f	15•f	15•f	
(Ⅲ <sub>A</sub> S)	1. J · I b	1.5 • 1 <sub>s</sub>	1.5 · 1 t	1. J · 1 t	1. J · 1 s	

表 3-5 供用状態(許容応力状態)

注記 \*1:曲げ及びせん断は, 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。

\*2: f<sub>b</sub>:許容曲げ応力, f<sub>s</sub>:許容せん断応力, f<sub>t</sub>:許容引張応力を示す。 \*3:曲げとせん断の組合せである。

 $S_{u}$  \* 1 F \*1\*2  $S_{v}^{*1}$ 温度条件 評価部位 材料  $(^{\circ}C)$ (MPa) (MPa) (MPa) 蓋 SUS304 40 205 520 205 基礎ボルト

表 3-6 許容応力算定用基準值

注記 \*1: S<sub>y</sub>:設計降伏点, S<sub>u</sub>:設計引張強さ, F:許容応力算定用基準値を示す。
 \*2: F=Min[S<sub>y</sub>, 0.7・S<sub>u</sub>]とする。

表 3-7 許容応力評価条件

評価部位	材料	温度条件 (℃)	f <sub>b</sub> (MPa)	f <sub>t</sub> (MPa)	f <sub>s</sub> (MPa)
盖	SUS304	40	136	136	79
基礎ボルト				102	1 (8

#### 3.5 評価方法

取水路点検用開口部浸水防止蓋の強度評価は、構造部材に作用する応力が、「3.4 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。

- 3.5.1 荷重条件
  - (1) 固定荷重(D)

蓋の自重は津波荷重(動・突き上げ)を緩和する方向に作用することから、考慮しない。ただし、Sa地震時水平地震力を求めるに当たって、固定荷重として 蓋の自重を考慮する。

(2) 積雪荷重(P<sub>s</sub>)

蓋の自重と同様の理由により考慮しない。ただし、S<sub>d</sub>地震時水平地震力を求めるに当たっては、取水路点検用開口部浸水防止蓋の全面に積雪荷重を考慮する。

(3) 津波荷重(動・突き上げ)(P<sub>t</sub>)

津波荷重(動・突き上げ)は、取水路点検用開口部浸水防止蓋の取水路上版開 口部に作用するものとする。

(4) 余震荷重(S<sub>d</sub>)

余震荷重 S<sub>a</sub>は,取水路点検用開口部浸水防止蓋の設置位置における水平方向 の最大床応答加速度を静的震度として,以下のとおり算出する。

W<sub>h k</sub> = C<sub>H</sub> · (m<sub>D</sub> + m<sub>S</sub>) · g ここで, W<sub>h k</sub> : 水平地震荷重(N) C<sub>H</sub> : 設計水平震度 m<sub>D</sub> : 蓋の自重による質量(kg) m<sub>S</sub> : 積雪荷重による質量(kg) g : 重力加速度(m/s<sup>2</sup>)

3.5.2 応力評価

各評価対象部位に作用する応力及びその算出式等をまとめる。

(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。単位幅当たりの最大曲げモーメント及び単位幅 当たりの最大せん断力は次式で与えられる。

$$M = \frac{w \cdot L^2}{8}$$

a. 最大曲げ応力

最大曲げ応力は,次式により算出する。

$$\sigma_{b} = \frac{M}{Z}$$

$$z = \mathcal{C},$$

**σ**<sub>b</sub>:最大曲げ応力 (MPa)

- M:単位幅当たりの最大曲げモーメント (N・mm)
- Z:単位幅当たりの断面係数 (mm<sup>3</sup>)

b. 最大せん断応力

最大せん断応力は, 次式により算出する。

$$\tau = \frac{Q}{A_s}$$

τ:最大せん断応力 (MPa)

Q:単位幅当たりの最大せん断力(N)

A<sub>s</sub>:単位幅当たりのせん断断面積(mm<sup>2</sup>)

(2) 基礎ボルト

基礎ボルトに作用する引張荷重は鉛直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。

a. 引張応力

基礎ボルトの引張応力は、次式により算出する。

σ t =  $\frac{P t b}{Am}$ ここで, σ t : 基礎ボルトの引張応力 (MPa) P t b : 基礎ボルトに作用する引張荷重 (N) P t b = Q · b で求める。

Q: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<sub>m</sub> : 基礎ボルトの断面積 (mm<sup>2</sup>)

$$A_{m} = \frac{\pi \cdot \phi^{2}}{4} \, \mathcal{C} \, \mathfrak{K} \, \mathfrak{W} \, \mathfrak{Z}_{\circ}$$

φ:基礎ボルトの呼び径 (mm)

b. せん断応力

基礎ボルトのせん断応力は、次式により算出する。

$$\tau_{k} = \frac{Q}{A_{m}}$$
ここで,  

$$\tau_{k} : 基礎ボルトのせん断応力 (MPa)$$

$$Q : 基礎ボルトに作用するせん断荷重 (N)$$

$$Q = \frac{W_{hk}}{n} で求める,$$

$$W_{hk} : 水平地震荷重 (N)$$

$$n : 基礎ボルトの本数$$

$$A_{m} : 基礎ボルトの断面積 (mm2)$$

$$A_{m} = \frac{\pi \cdot \phi^{2}}{4} で求める,$$

 $\phi: 基礎ボルトの呼び径(mm)$ 

3.5.3 組合せ応力

3.5.2 において算出した垂直応力やせん断応力については,次式にて組合せ応力を算出する。

$$\sigma = \sqrt{\sigma_{x}^{2} + \sigma_{y}^{2} - \sigma_{x} \cdot \sigma_{y} + 3 \cdot \tau_{xy}^{2}} *^{1}$$
ここで,  
 $\sigma : 組合せ応力 (MPa)$   
 $\sigma_{x}, \sigma_{y} : 互いに直交する垂直応力 (MPa)$   
 $\tau_{xy} : \sigma_{x}, \sigma_{y} の作用する面内のせん断応力 (MPa)$   
注記 \*1: JSME S NC1-2005/2007 SSB-3121.1

## 4. 評価条件

取水路点検用開口部浸水防止蓋の強度評価に関する評価条件を以下に説明する。

- (1) 荷重算出条件及び結果
  - a. 積雪荷重の算出条件

積雪荷重の算出条件を表 4-1 に示す。

表 4-1 積雪荷重の算出条件

積雪箇所	1 cm ごとの 積雪荷重w。 (Pa/cm)	積雪面積A s (m²)	垂直積雪量ds (cm)
取水路点検用開口部浸水防止蓋	20	3. 323	30
1,10			
取水路点検用開口部浸水防止蓋	20	4 168	20
2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	20	4.108	30

## b. 津波荷重の算出条件

津波荷重の算出条件を表 4-2 に示す。

表 4-2 津波荷重の算出条件

津波荷重の内訳	算出条件				
静水頭圧	津波荷重水位 h (T.P.+m)	海水の密度 ρ (kg/m³)	重力加速度 g (m/s²)		
	22.0	1030*1	9.80665		
	抗力係数	海水の密度 ρ	流速		
動圧	( — )	$(kg/m^3)$	(m/s)		
	2.01*1	1030*1	2.0		

注記 \*1:港湾の施設の技術上の基準・同解説((社)日本港湾協会 平成19年)による。

c. 余震荷重の算出条件及び結果

余震荷重算出に用いる質量の算出結果を表 4-3 に示す。

項目	部位	質量又は 荷重	質量換算	合計	
取水路点検用開口部浸水	固定荷重 (自重)	来	1000 kg	1000 kg	1072 kg
防止蓋 1,10	積雪荷重	Ē	600 Pa	72.12 kg	1012 Ng
取水路点検用開口部浸水	固定荷重 (自重)	来	2000 kg	2000 kg	2090 kg
防止蓋 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	積雪荷重	盘	600 Pa	90.44 kg	2090 Kg

表 4-3 余震荷重算出に用いる質量の算出結果

(2) 評価対象部位の諸元

評価対象部位である, 蓋の諸元を表 4-4, 基礎ボルトの諸元を表 4-5 に示す。 表 4-4 評価対象部位の各諸元(蓋)

	计质	厚さ	たて	横
旭設石桥		(mm)	(mm)	(mm)
取水路点検用開口部浸水防止蓋	SUS204	29.75	2020*1	<b>970</b> *1
1,10	303304	$(30.0^{*1})$	3820	010
取水路点検用開口部浸水防止蓋	SUS204	49.75	2020*1	1525*1
2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	303304	$(50.0^{*1})$	3820	1535

注記 \*1:公称値を示す。

表 4-5 評価対象部位の各諸元(基礎ボルト)

施設名称	材質	呼び径 (mm)	本数 (本)	
取水路点検用開口部浸水防止蓋	SUSSOA	16	3.0	
1,10	505304	10	52	
取水路点検用開口部浸水防止蓋	SUS204	16	40	
2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	303304	10	40	

5. 強度評価結果

蓋,基礎ボルトの強度評価結果を表 5-1 に示す。取水路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、津波荷重及び余震を考慮した荷重に対して構 造部材が十分な健全性を有することを確認した。

表	5 - 1	強度評価結果

(単位:MPa)

評価対象部位	評価応力	発生応力	許容応力	
		曲げ	146	204
	蓋	せん断	4	117
取水路点検用開口部浸水防止蓋 1 10		組合せ*1	146	204
	基礎ボルト	引張	122	153
		せん断	1	117
	蓋	曲げ	162	204
取水路点検用開口部浸水防止蓋 2,3,4,5,6,7,8,9		せん断	4	117
		組合せ*1	162	204
	主体ボルト	引張	122	153
	∞(ψ 小/ ) ト	せん断	1	117

注記 \*1:曲げとせん断の組合せである。

V-3-別添-3-5-2 SA用海水ピット開口部浸水防止蓋の強度計算書

目 次

1.	概	要 1
2.	基	本方針 2
4	2.1	位置
4	2.2	構造概要 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
4	2.3	評価方針 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
4	2.4	適用規格 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
3.	強	度評価方法
	3.1	記号の定義・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
	3.2	評価対象部位 ····································
	3.3	荷重及び荷重の組合せ ・・・・・ 8
	3.4	許容限界 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
	3.5	評価方法 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·

## 1. 概要

本資料は、V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に基づき、 浸水防護設備のうちSA用海水ピット開口部浸水防止蓋が津波荷重及び余震荷重を考慮した荷重 に対し、主要な構造部材が構造健全性を有することを確認するものである。

## 2. 基本方針

2.1 位置

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第2-1図に示す。

第2-1図 SA用海水ピット開口部浸水防止蓋設置位置図

### 2.2 構造概要

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概要図を第2-2図に示す。

第2-2図 SA用海水ピット開口部浸水防止蓋の構造概要

### 2.3 評価方針

SA用海水ピット開口部浸水防止蓋は、Sクラス施設である浸水防護施設に分類される。

SA用海水ピット開口部浸水防止蓋の強度計算は、SA用海水ピット開口部浸水防止蓋の評価対象部位に作用する応力が許容限界以下であることを「3. 強度評価方法」に示す方法により、「4. 評価条件」に示す評価条件を用いて計算する。

SA用海水ピット開口部浸水防止蓋の強度評価では、津波襲来時に余震が発生することを想 定し、津波荷重及び余震荷重を考慮した強度評価を実施する。強度評価フローを第2-3図に示 す。

また,上記評価を実施するにあたり,SA用海水ピット開口部浸水防止蓋をモデル化した固 有値解析を行う。



第2-3図 強度評価フロー

2.4 適用規格

適用する規格,基準等を以下に示す。

- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987((社)日本電気協会)
- ・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)
- ・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)
- ・発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2005 ((社) 日本機械学 会)
- ・発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2007((社)日本機械学 会)
- ・日本工業規格(JIS)
- ・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)

## 3. 強度評価方法

SA用海水ピット開口部浸水防止蓋の強度評価は、「3.2 評価対象部位」に示す評価対象部位 に対し、「3.3 荷重及び荷重の組合せ」及び「3.4 許容限界」に示す荷重の種類及び荷重の組合 せ並びに許容限界を踏まえ、「3.5 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

### 3.1 記号の定義

SA用海水ピット開口部浸水防止蓋の強度計算に用いる記号を第3-1表に示す。

記号	単位	定義
$W_0$	$kg/m^3$	海水の密度
g	$m/s^2$	重力加速度
К	G	余震時設計震度
Н	m	津波水位(T.P.)
h	m	津波時設計水深
q	$kN/m^2$	津波時静水圧
q '	$kN/m^2$	津波時動水圧
σ <sub>y</sub>	$N/mm^2$	日本工業規格に規定される材料の設計降伏点
σ <sub>u</sub>	$N/mm^2$	日本工業規格に規定される材料の設計引張強さ
		許容圧縮応力度,許容引張応力度,許容曲げ応力度
σ <sub>a</sub>	$N/mm^2$	ダム・堰施設技術基準(案)
		$\sigma_{a} = \sigma_{y} / F^{*}$ 安全率Fは2程度
-	$N/mm^2$	許容せん断応力度 ダム・堰施設技術基準(案)
La		$\tau_{a} = \sigma_{a} / \sqrt{3}$
	N/mm <sup>2</sup>	許容支圧応力度 ダム・堰施設技術基準(案)
Оса		$\sigma_{ca} = 1.5 \sigma_{a}$

第3-1表 SA用海水ピット開口部浸水防止蓋の強度計算に用いる記号

## 3.2 評価対象部位

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 構造概要」にて設定している 構造を踏まえて,津波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強度計算における評価対象部位は、浸水防止蓋, ヒンジ及び固定ボルトとする。

SA用海水ピット開口部浸水防止蓋の強度評価における評価対象部位を第3-1図に示す。

# 第3-1図 評価対象部位

- 3.3 荷重及び荷重の組合せ 強度評価に用いる荷重の種類及び荷重の組合せに関して以下に示す。
- 3.3.1 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) 常時作用する荷重(D) 常時作用する荷重として、自重Dを考慮する。自重Dについては、SA用海水ピット開 口部浸水防止蓋の構成部材の質量を用いる。
- (2) 津波荷重(動・突き上げ)(P<sub>t</sub>) 津波時静水圧及び余震時動水圧を考慮して算出した設計水圧と各部材の受圧面積から各 部材の津波荷重を算出する。津波時静水圧は、設計水深と海水の密度から算出し、津波時 動水圧は、ウェスタガードの簡易式を用いて算出する。
- (3) 余震荷重(S<sub>d</sub>)
   余震荷重として,弾性設計用地震動S<sub>d</sub>-D1による地震力を考慮する。
   余震荷重S<sub>d</sub>は,SA用海水ピット開口部浸水防止蓋に作用する余震による慣性力を考慮する。
- 3.3.2 荷重の組合せ 荷重の組合せを第3-2表に示す。

第	3 - 2	表	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	SA用海水ピット開口部 浸水防止蓋	$D + P_t + S_d$

注記 \*: D: 自重, S<sub>d</sub>: 余震荷重, P<sub>t</sub>: 津波荷重

3.4 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。

各評価対象部位の許容限界を第3-3表に示す。

	許容限界*1, *2			
状態	浸水防止蓋		固定ボルト	
	一次応力		一次応力	
<u> </u>	曲げ	せん断	引張	せん断
湿期	1.5σ <sub>a</sub>	$1.5 \tau$ a	1.5σ <sub>a</sub>	1.5 $\tau$ a

第3-3表 各評価対象部位の許容限界

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とする。

\*2:σ<sub>a</sub>:許容曲げ応力度,τ<sub>a</sub>:許容せん断応力度

### 3.5 評価方法

SA用海水ピット開口部浸水防止蓋の強度評価は、津波荷重及び余震荷重による各部材の発 生応力が許容限界以下であることを確認するものとする。

- 3.5.1 荷重条件
  - (1) 固定荷重(D) 固定荷重は津波荷重を緩和する方向に作用することから、考慮しない。ただし、余震時 水平地震力を求めるにあたっては、固定荷重による質量を考慮する。
  - (2) 津波荷重(P<sub>t</sub>)

津波時の水圧は,静水圧と動水圧の2つを考慮するものとする。静水圧q及び動水圧q' はそれぞれ以下のとおりとする。

$$q = h \cdot W_0$$
  
 $q' = \frac{7}{8} \cdot W_0 \cdot K \cdot \sqrt{H \cdot h}$  (ウェスタガードの簡易式)

(3) 余震荷重(S<sub>d</sub>)
 余震荷重は、以下のとおりとする。
 W<sub>g</sub>=K・D・g
 ここで、
 K :余震時設計震度(G)
 W<sub>g</sub>:余震時地震荷重(k)
 D :固定荷重による全体質量(kg)
 g :重力加速度(m/s<sup>2</sup>)

- 3.5.2 強度評価
  - (1) 浸水防止蓋

浸水防止蓋の荷重条件は,地震荷重を等分布荷重とし浸水防止蓋を構成する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。なお,主桁については,「ダム・堰施設技術基準(案)」に準 じ,たわみ度も確認する。

(a) 曲げ応力

津波時水圧により浸水防止蓋の主桁及び補助桁に発生する最大曲げ応力 o は,次式に より算出する。

 $\sigma = M / Z$ 

ここで,

R0

M: 主桁及び補助桁に発生する最大曲げモーメント

Z: 主桁及び補助桁の断面係数

- (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。
   τ = S / A<sub>w</sub>
   ここで、
   S : 主桁及び補助桁に発生する最大せん断力
   A<sub>w</sub>: 主桁及び補助桁のウェブ断面積
- (c) たわみ度

浸水防止蓋の主桁のたわみ度△δを次式により算出する。

ここで,

- w: 主桁に作用する地震荷重による等分布荷重
- E:鋼材の縦弾性係数
- I: 主桁の断面二次モーメント
- B:水密荷重作用幅
- L: 主桁の支間距離
- (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 $\sigma_{b}$ は、次式により算出する。  $\sigma_{b} = P_{b} / A_{b}$ ここで、  $P_{b}: 固定ボルト1本あたりに作用する引張応力$  $A_{b}: 固定ボルトの有効断面積$ 

(b) せん断応力
 固定ボルト1本あたりのせん断応力 τ<sub>b</sub>は,次式により算出する。
 τ<sub>b</sub>=S<sub>b</sub>/A<sub>b</sub>
 ここで,

S<sub>b</sub>:固定ボルト1本あたりに作用するせん断荷重

(c) 組合せ応力

固定ボルトに発生する曲げ応力 $\sigma_b$ 及びせん断応力 $\tau_b$ による組合せ荷重 $\sigma_{bm}$ を「ダム・堰施設技術基準(案)」記載の次式により算出する。

$$\sigma_{\rm b\,m} = \sqrt{\sigma_{\rm b}^2 + 3\,\tau_{\rm b}^2}$$

(3) ヒンジ

ヒンジに作用する引張荷重は、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、鉛直方向荷重及び水平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)

ブラケットの根本に発生する曲げ応力 $\sigma_{bu}$ を,次式により算出する。  $\sigma_{bu} = M_{bu} / Z_{bu}$ ここで,

M<sub>bu</sub>:ブラケットを片持ち梁でモデル化した時に発生する最大曲げモーメント Z<sub>bu</sub>:ブラケット根本の断面二次係数

(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 τ<sub>bu</sub>を,次式により算出する。
 τ<sub>bu</sub>=S<sub>bu</sub>/A<sub>bu</sub>
 ここで,
 S<sub>bu</sub>:ブラケットに発生する最大せん断荷重
 A<sub>bu</sub>:最大せん断荷重発生箇所におけるブラケットの断面積

ブラケットに発生する曲げ応力 $\sigma_{bu}$ 及びせん断応力  $\tau_{bu}$ による組合せ荷重 $\sigma_{bum}$ を「ダム・堰施設技術基準(案)」記載の次式により算出する。

$$\sigma_{\rm bum} = \sqrt{\sigma_{\rm bu}^2 + 3\tau_{\rm bu}^2}$$

(c) 組合せ応力(ブラケット)

(d) 曲げ応力 (ピン)  
ピンに発生する曲げ応力
$$\sigma_p を$$
,次式により算出する。  
 $\sigma_p = M_p / Z_p$   
ここで,

 $M_p$ : ピンを両端支持梁でモデル化した時に発生する最大曲げモーメント  $Z_p$ : ピンの断面二次係数

(e) せん断応力 (ピン) ピンに発生するせん断応力  $\tau_{p}$ を,次式により算出する。  $\tau_{p} = S_{p}/2A_{p}$ ここで,  $S_{p}$ : ピンを両端支持梁でモデル化した時に発生する最大せん断荷重  $A_{p}$ : ピンの断面積
3.5.3 固有值解析

SA用海水ピット開口部浸水防止蓋の耐震評価にあたり、「2.3 評価方針」に記載した とおり、当該設備をモデル化した固有値解析を実施する。

(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) 固有振動数の計算

SA用海水ピット開口部浸水防止蓋は,主桁を単純支持梁としてモデル化し,評価を行う。「構造力学公式集(1988年),土木学会」より,両端支持梁の一次固有振動数は次のとおり与えられる。

$$f = \frac{\pi^2}{2 \pi L^2} \sqrt{\frac{E \cdot I}{m}}$$

各記号の定義並びに評価に必要な諸元を第3-4表に示す。

第3-4表 固有振動数の計算における記号の定義と評価に必要な諸元

記号	定義	単位	備考
f	一次固有振動数	Hz	
E	縦弾性係数	$N/m^2$	
Ι	主桁の断面二次モーメント	$\mathrm{m}^4$	
m	主桁の単位長さ当りの重量	kg/m	
L	主桁の長さ	m	

# V-3-別添 3-5-3 緊急用海水ポンプピット点検用開口部

浸水防止蓋の強度計算書

1.	概	Ę	· • 1
2.	基	≤方針 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	$\cdot \cdot 2$
2	2.1	位置 ••••••••••••••••••••••••••••••••••••	$\cdot \cdot 2$
2	2.2	構造概要 • • • • • • • • • • • • • • • • • • •	· · 3
2	2.3	評価方針 • • • • • • • • • • • • • • • • • • •	· · 4

## 1. 概要

本資料は、V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に基づき、 浸水防護設備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津波荷重及び余震を考慮 した荷重に対し、主要な構造部材が構造健全性を有することを確認するものである。

# 2. 基本方針

2.1 位置

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 構造概要

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及び補助桁 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概要を表 2-1 に示す。

凯供女称	構造	皆概要	⇒>>> □□ □□
<b></b>	主体構造	支持構造	就 9月 区
緊ポトロ上番人の人の人の人の人の人の人の人の人の人の人の人の人の人の人の人の人の人の人の	蓋構る。	緊ポ面ルする。	(単位:m)

表 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構造概要

#### 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強度評価は、添付資料V-3-別添 3-1「津 波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」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、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対象部 位に作用する応力等が許容限界以下であることを「3. 強度評価方法」に示す方法により、「4. 評価条件」に示す評価条件を用いて評価し、「5. 強度評価結果」にて確認する。

緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋の強度評価フローを図 2-2 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強度評価においては、その構造を踏まえ、津波及 び余震に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価対象部位を設定する。強度評価に用 いる荷重及び荷重の組合せは、津波に伴う荷重作用時(以下、「津波時」という。)及び津波 に伴う荷重と余震に伴う荷重の作用時(以下、「重畳時」という。)を考慮し、評価される最 大荷重を設定する。重畳時においては、添付資料V-1-1-2-2-5「津波防護に関する施設の設計 方針」に示す津波荷重との重畳を考慮する弾性設計用地震動S<sub>d</sub>を入力して得られた最大床応 答加速度の最大値を静的震度として用いる。

また,上記評価を実施するに当たり,緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋をモ デル化した固有値解析を行う。



図 2-2 強度評価フロー

# Ⅴ-3-別添 3-5-4 緊急用海水ポンプ点検用開口部

浸水防止蓋の強度計算書

目 次

1.	概	要 1
2.	基	本方針 2
2	. 1	位置
2	.2	構造概要 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
2	. 3	評価方針 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
2	. 4	適用規格 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
3.	強	度評価 6
3	.1	記号の定義 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
3	.2	評価対象部位 ····································
3	. 3	荷重及び荷重の組合せ ······ 8
3	.4	許容限界 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
3	. 5	評価方法 ······ 10

## 1. 概要

本資料はV-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に基づき,浸水防護設備のうち緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋が津波荷重及び余震を考慮した荷重 に対し,主要な構造部材が構造健全性を有することを確認するものである。

- 2. 基本方針
- 2.1 位置

緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋は,最上部スラブ(頂版部)の人員用開口部分に 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第2-1図に示す。

第2-1図 緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋配置図

2.2 構造概要

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、本体を最上部スラブ(頂版部)の人員用開口 部分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概要 図を第2-2図に示す。

第2-2図 緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の構造概要

#### 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強度計算は,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に作用する応力が許容限界以下であることを「3. 強度評価方法」に示す方法により、「4. 評価条件」に示す評価条件を用いて評価し、「5. 強度評価結果」にて確認する。

緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の強度評価では、津波襲来時に余震が発生することを想定し、津波荷重及び余震荷重を考慮した強度評価を実施する。強度評価フローを第2-3 図に示す。

また,上記評価を実施するにあたり,緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋をモデル化 した固有値解析を行う。



第2-3図 強度評価フロー

2.4 適用規格

適用する規格,基準等を以下に示す。

- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987((社)日本電気協会)
- ・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)
- ・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)
- ・日本工業規格(JIS)
- ・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)

# 3. 強度評価

緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の強度評価は、「3.2 評価対象部位」に示す評価対象部位に対し、「3.3 荷重及び荷重の組合せ」及び「3.4 許容限界」に示す荷重の種類及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえ、「3.5 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

## 3.1 記号の定義

緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の強度計算に用いる記号を第3-1表に示す。

記号	単位	定義	
W <sub>0</sub>	$kg/m^3$	海水の密度	
g	$m/s^2$	重力加速度	
K	G	余震時設計震度	
Н	m	津波水位(T.P.)	
h	m	津波時設計水深	
q	$kN/m^2$	津波時静水圧	
σу	$N/mm^2$	日本工業規格に規定される材料の設計降伏点	
σu	$N/mm^2$	日本工業規格に規定される材料の設計引張強さ	
		許容圧縮応力度,許容引張応力度,許容曲げ応力度	
σ <sub>a</sub>	N/mm <sup>2</sup>	ダム・堰施設技術基準 (案)	
		$\sigma_{a} = \sigma_{y} / F$ *安全率Fは2程度	
-	$N/mm^2$	許容せん断応力度 ダム・堰施設技術基準(案)	
l a	N/ mm²	$\tau_{a} = \sigma_{a} / \sqrt{3}$	
	$N/mm^2$	許容支圧応力度 ダム・堰施設技術基準(案)	
0 <sub>ca</sub>		$\sigma_{ca} = 1.5 \sigma_{a}$	

第3-1表 緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の強度計算に用いる記号

# 3.2 評価対象部位

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 構造概要」にて設定している構造を踏まえて,津波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強度計算における評価対象部位は,浸水 防止蓋とする。

緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の強度評価における評価対象部位を,第 3-1 図 に示す。

第3-1 図 評価対象部位

- 3.3 荷重及び荷重の組合せ 強度評価に用いる荷重の種類及び荷重の組合せに関して以下に示す。
  - 3.3.1 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) 常時作用する荷重(D) 常時作用する荷重として、自重Dを考慮する。自重Dについては、緊急用海水ポンプ点 検用開口部浸水防止蓋の構成部材の質量を用いる。
- (2) 津波荷重(動・突き上げ)(P<sub>t</sub>)
  津波時静水圧を考慮して算出した設計水圧と各部材の受圧面積から各部材の津波荷重を 算出する。
- (3) 余震荷重(S<sub>d</sub>)
  余震荷重として,弾性設計用地震動S<sub>d</sub>-D1による地震力を考慮する。
  余震荷重S<sub>d</sub>は,緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋に作用する余震による慣性力を考慮する。
- 3.3.2 荷重の組合せ 荷重の組合せを第3-2表に示す。

施設区分	機器名称	荷重の組合せ*	
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	$D + P_t + S_d$	

注記 \*:D:自重, S<sub>d</sub>:余震荷重, P<sub>t</sub>:津波荷重

## 3.4 許容限界

緊急用海水ポンプ点検用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。

各評価対象部位の許容限界を第3-3表に示す。

	許容限界*1,*2		
状態	浸水防止蓋		
	一次応力		
<u>4</u>	曲げ	せん断	
思期	$1.5\sigma$ a	$1.5 \tau$ a	

第3-3表 各評価対象部位の許容限界

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とする。

\*2: σ<sub>a</sub>:許容曲げ応力度, τ<sub>a</sub>:許容せん断応力度

#### 3.5 評価方法

緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の強度評価は、津波荷重や余震荷重による各部材 の発生応力が許容限界以下であることを確認するものとする。

- 3.5.1 荷重条件
  - 固定荷重(D)
    緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の構成部材の質量を用いる。
  - (2) 津波荷重(P<sub>t</sub>)
    津波時の水圧qは、以下のとおりとする。
    q=h・W<sub>0</sub>
  - (3) 余震荷重(S<sub>d</sub>)
    余震荷重は、以下のとおりとする。
    W<sub>g</sub>=K・D・g
    ここで、
    K :余震時設計震度(G)
    W<sub>g</sub>:余震時地震荷重(kN)
    - D :固定荷重による全体質量(kg)
    - g :重力加速度 (m/s<sup>2</sup>)
- 3.5.2 強度評価
  - (1) 浸水防止蓋

浸水防止蓋の荷重条件は、地震荷重を等分布荷重とし、浸水防止蓋を構成する主桁に発 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 る計算式を用いる。なお、主桁については、「ダム・堰施設技術基準(案)」に準じ、たわ み度も確認する。

(a) 曲げ応力

津波時水圧により浸水防止蓋の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。

- $\sigma = M \diagup Z$
- ここで,
- σ :最大曲げ応力度
- M : 主桁に発生する曲げモーメント
- Z : 主桁及び補助桁の断面係数
- (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  $\tau$  は次式により算出する。  $\tau = S / A_w$ 

- ここで,
- τ:最大せん断応力度
- S : 主桁に発生する最大せん断力
- A<sub>w</sub>: 主桁及び補助桁のウェブ断面積
- (c) たわみ度

浸水防止蓋の主桁のたわみ度⊿δを次式により算出する。

ここで,

- △δ: 主桁のたわみ度
- w : 主桁に作用する地震荷重による等分布荷重
- E:鋼材の弾性係数
- I : 主桁の断面二次モーメント
- B :水密荷重作用幅
- L : 主桁の支間距離
- (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<sub>b</sub>は、次式により算出する。

- $\sigma_b = P_b \diagup A_b$
- ここで,
- **σ**<sub>b</sub>: 固定ボルト1本あたりの引張応力度
- P<sub>b</sub>:固定ボルト1本あたりに作用する引張応力
- A<sub>b</sub>:固定ボルトの有効断面積
- (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。

- $\tau_{b} = S_{b} \nearrow A_{b}$
- ここで,
- τ<sub>b</sub>:固定ボルト1本あたりのせん断応力度
- S<sub>b</sub>:固定ボルト1本あたりに作用するせん断荷重

A<sub>b</sub>:固定ボルトの有効断面積

(c) 組合せ応力

固定ボルトに発生する曲げ応力度  $\sigma_b$ 及びせん断応力度  $\tau_b$ による組合せ荷重  $\sigma_{bm}$  を「ダム・堰施設技術基準(案)」記載の次式により算出する。

$$\sigma_{\rm bm} = \sqrt{\sigma_{\rm b}^2 + 3\tau_{\rm b}^2}$$

3.5.3 固有值解析

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あたり、「2.3 評価方針」に記載したとおり、当該設備をモデル化した固有値解析を実施する。

- (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) 固有振動数の計算

緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋は,主桁を単純支持梁としてモデル化し,評価を行う。「構造力学公式集(1988年),土木学会」より,両端支持梁の一次固有振動数は次のとおり与えられる。

$$f = \frac{\pi^2}{2\pi L^2} \sqrt{\frac{E \cdot I}{m}}$$

各記号の定義並びに評価に必要な諸元を第3-4表に示す。

記号	定義	数値	単位
f	一次固有振動数	—	Hz
g	重力加速度	9.80665	$m/s^2$
E	縦弾性係数	$206 \times 10^{6}$	$kN/m^2$
Ι	主桁の断面2次モーメント	$10541 \times 10^{-8}$	$\mathrm{m}^4$
m	主桁の単位長さ当りの重量	53.2	kg/m
L	主桁の長さ	2.73	m

第3-4表 固有振動数の計算における記号の定義と評価に必要な諸元

# Ⅴ-3-別添 3-5-5 緊急用海水ポンプ室人員用開口部

浸水防止蓋の強度計算書

目 次

1.	概	要 1
2.	基	本方針 2
4	2.1	位置
4	2.2	構造概要 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
4	2.3	評価方針 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
4	2.4	適用規格 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
3.	強	度評価方法
ć	3.1	記号の定義・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
ć	3.2	評価対象部位 ····································
ć	3.3	荷重及び荷重の組合せ ······ 8
ć	3.4	許容限界 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
ę	3.5	評価方法

# 1. 概要

本資料は、V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に基づき、 浸水防護設備のうち緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋が津波荷重及び余震を考慮した荷 重に対し、主要な構造部材が構造健全性を有することを確認するものである。

# 2. 基本方針

2.1 位置

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第2-1図に示す。



第2-1図 緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋配置図

## 2.2 構造概要

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 防止蓋の構造概要図を第2-2図に示す。

第2-2図 緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋の構造概要

#### 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強度計算は,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に作用する応力が許容限界以下であることを「3. 強度評価方法」 に示す方法により、「4. 評価条件」に示す評価条件を用いて評価し、「5. 強度評価結果」に て確認する。

緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋の強度評価では、津波襲来時に余震が発生する ことを想定し、津波荷重及び余震荷重を考慮した強度評価を実施する。強度評価フローを 第2-3図に示す。

また,上記評価を実施するにあたり,緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋をモデル 化した固有値解析を行う。



第2-3図 強度評価フロー

2.4 適用規格

適用する規格,基準等を以下に示す。

- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987((社)日本電気協会)
- ・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)
- ・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)
- ・日本工業規格(JIS)
- ・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)

# 3. 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強度評価は、「3.2 評価対象部位」に示す評価 対象部位に対し、「3.3 荷重及び荷重の組合せ」及び「3.4 許容限界」に示す荷重の種類及び荷 重の組合せ並びに許容限界を踏まえ、「3.5 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

## 3.1 記号の定義

緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋の強度計算に用いる記号を第3-1表に示す。

記号	単位	定義	
W 0	$kg/m^3$	海水の密度	
g	$m/s^2$	重力加速度	
К	G	余震時設計震度	
Н	m	津波水位(T.P.)	
h	m	津波時設計水深	
q	$kN/m^2$	津波時静水圧	
σу	$N/mm^2$	日本工業規格に規定される材料の設計降伏点	
σu	$N/mm^2$	日本工業規格に規定される材料の設計引張強さ	
		許容圧縮応力度,許容引張応力度,許容曲げ応力度	
σa	N/mm <sup>2</sup>	ダム・堰施設技術基準 (案)	
		$\sigma_{a} = \sigma_{y} / F$ *安全率Fは2程度	
-	N/mm <sup>2</sup>	許容せん断応力度 ダム・堰施設技術基準(案)	
La		$\tau_{a} = \sigma_{a} / \sqrt{3}$	
G	$N/mm^2$	許容支圧応力度 ダム・堰施設技術基準(案)	
Uca		$\sigma_{ca} = 1.5 \sigma_{a}$	

第3-1表 緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋の強度計算に用いる記号

# 3.2 評価対象部位

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 構造概要」にて設定 している構造を踏まえて,津波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強度計算における評価対象部位は,浸 水防止蓋とする。

緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋の強度評価における評価対象部位を,第3-1図 に示す。

第3-1 図 評価対象部位

- 3.3 荷重及び荷重の組合せ
  強度評価に用いる荷重の種類及び荷重の組合せに関して以下に示す。
  - 3.3.1 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) 常時作用する荷重(D)
  常時作用する荷重として、自重Dを考慮する。自重Dについては、緊急用海水ポンプ室
  人員用開口部浸水防止蓋の構成部材の質量を用いる。
- (2) 津波荷重(動・突き上げ)(P<sub>t</sub>)
  津波時静水圧を考慮して算出した設計水圧と各部材の受圧面積から各部材の津波荷重を 算出する。
- (3) 余震荷重(S<sub>d</sub>)
  余震荷重として,弾性設計用地震動S<sub>d</sub>-D1による地震力を考慮する。
  余震荷重S<sub>d</sub>は,緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋に作用する余震による慣 性力を考慮する。

3.3.2 荷重の組合せ

荷重の組合せを第3-2表に示す。

甮	3 -	2 表	荷重の組合せ
11	<u> </u>	- <u>-</u>	

施設区分	機器名称	荷重の組合せ*
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	$\mathrm{D}+\mathrm{P}_{\mathrm{t}}+\mathrm{S}_{\mathrm{d}}$

注記 \*: D: 自重, S<sub>d</sub>: 余震荷重, P<sub>t</sub>: 津波荷重

## 3.4 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。

各評価対象部位の許容限界を第3-3表に示す。

状態	許容限界*1,*2		
	浸水防止蓋		
	一次応力		
短期	曲げ	せん断	
	1.5 $\sigma$ a	1.5 τ a	

第3-3表 各評価対象部位の許容限界

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とする。

\*2: σ<sub>a</sub>:許容曲げ応力度, τ<sub>a</sub>:許容せん断応力度

#### 3.5 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強度評価は、津波荷重や余震荷重による各部 材の発生応力が許容限界以下であることを確認するものとする。

- 3.5.1 荷重条件
  - (1) 固定荷重(D)緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋の構成部材の質量を用いる。
  - (2) 津波荷重(P<sub>t</sub>)
    津波時の水圧qは、以下のとおりとする。
    q=h・W<sub>0</sub>
  - (3) 余震荷重(S<sub>d</sub>)
    余震荷重は、以下のとおりとする。
    W<sub>g</sub>=K・D・g
    ここで、
    K :余震時設計震度(G)
    W<sub>g</sub>:余震時地震荷重(kN)
    - D :固定荷重による全体質量(kg)
    - g :重力加速度 (m/s<sup>2</sup>)
- 3.5.2 強度評価
  - (1) 浸水防止蓋

浸水防止蓋の荷重条件は、地震荷重を等分布荷重とし、浸水防止蓋を構成する主桁に発 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 る計算式を用いる。なお、主桁については、「ダム・堰施設技術基準(案)」に準じ、たわ み度も確認する。

(a) 曲げ応力

津波時水圧により浸水防止蓋の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。

- $\sigma = M \diagup Z$
- ここで,
- σ :最大曲げ応力度
- M : 主桁に発生する曲げモーメント
- Z : 主桁及び補助桁の断面係数

RO

(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  $\tau$  は次式により算出する。  $\tau = S / A_w$ ここで、  $\tau$ :最大せん断応力度

- S : 主桁に発生する最大せん断力
- A<sub>w</sub>: 主桁及び補助桁のウェブ断面積
- (c) たわみ度

浸水防止蓋の主桁のたわみ度⊿δを次式により算出する。

ここで,

- △δ: 主桁のたわみ度
- w : 主桁に作用する地震荷重による等分布荷重
- E:鋼材の弾性係数
- I : 主桁の断面二次モーメント
- B :水密荷重作用幅
- L : 主桁の支間距離
- (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<sub>b</sub>は、次式により算出する。

- $\sigma_{b} = P_{b} \nearrow A_{b}$
- ここで,
- **σ**<sub>b</sub>: 固定ボルト1本あたりの引張応力度
- P<sub>b</sub>:固定ボルト1本あたりに作用する引張応力
- A<sub>b</sub>:固定ボルトの有効断面積
- (b) せん断応力

固定ボルト1本あたりのせん断応力度  $\tau_{b}$ は,次式により算出する。  $\tau_{b} = S_{b} / A_{b}$ ここで,
τь:固定ボルト1本あたりのせん断応力度

S<sub>b</sub>:固定ボルト1本あたりに作用するせん断荷重

A<sub>b</sub>:固定ボルトの有効断面積

(c) 組合せ応力

固定ボルトに発生する曲げ応力度 $\sigma_b$ 及びせん断応力度 $\tau_b$ による組合せ荷重 $\sigma_{bm}$ を「ダム・堰施設技術基準(案)」記載の次式により算出する。

$$\sigma_{\rm bm} = \sqrt{\sigma_{\rm b}^2 + 3\tau_{\rm b}^2}$$

3.5.3 固有值解析

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あたり、「2.3 評価方針」に 記載したとおり、当該設備をモデル化した固有値解析を実施する。

- (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) 固有振動数の計算

緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋は,主桁を単純支持梁としてモデル化し, 評価を行う。「構造力学公式集(1988年),土木学会」より,両端支持梁の一次固有振動数 は次のとおり与えられる。

$$f = \frac{\pi^2}{2\pi L^2} \sqrt{\frac{E \cdot I}{m}}$$

各記号の定義並びに評価に必要な諸元を第3-4表に示す。

記号	定義	数値	単位
f	一次固有振動数	—	Hz
g	重力加速度	9.80665	$m/s^2$
E	縦弾性係数	$206 \times 10^{6}$	$kN/m^2$
Ι	主桁の断面2次モーメント	$1066 \times 10^{-8}$	$\mathrm{m}^4$
m	主桁の単位長さ当りの重量	23.9	kg/m
L	主桁の長さ	1.36	m

第3-4表 固有振動数の計算における記号の定義と評価に必要な諸元

V-3-別添 3-5-6 放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の強度計算書

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 ·	 			 ••		•••	••	•••		 				•••	 			••	•••	 						4

# 1. 概 要

本資料は、添付資料V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」 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津波荷重、余震を考慮し た荷重及びその他自然現象等による荷重に対し、主要な構造部材が構造健全性を有することを確 認するものである。

# 2. 基本方針

2.1 位置

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)



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 構造概要

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概要を表 2-1 に示す。

凯供女称	構造	步概要	<u>⇒∺ пп ⊡</u>
<b></b>	主体構造	支持構造	就明
放水路ゲー ト点検用開 止蓋1,2,3	蓋により構成する。	放に下する。	(単位 : mm)

表 2-1 放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の構造概要

#### 2.3 評価方針

放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の強度評価は,添付資料V-3-別添 3-1「津波又は溢水 への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」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,放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の評価対象部位に作用する応力等が 許容限界以下であることを「3. 強度評価方法」に示す方法により,「4. 評価条件」に示す 評価条件を用いて評価し,「5. 強度評価結果」にて確認する。

放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋の強度評価フローを図 2-2 に示す。放水路ゲート点検 用開口部浸水防止蓋の強度評価においては、その構造を踏まえ、津波及び余震に伴う荷重の作 用方向及び伝達過程を考慮し、評価対象部位を設定する。強度評価に用いる荷重及び荷重の組 合せは、津波に伴う荷重作用時(以下、「津波時」という。)及び津波に伴う荷重と余震に伴 う荷重の作用時(以下、「重畳時」という。)を考慮し、評価される最大荷重を設定する。重 畳時においては、添付資料V-1-1-2-2-5「津波防護に関する施設の設計方針」に示す津波荷重 との重畳を考慮する弾性設計用地震動S<sub>d</sub>を入力して得られた最大床応答加速度の最大値を静 的震度として用いる。

また,上記評価を実施するに当たり,放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋をモデル化した 固有値解析を行う。



図 2-2 強度評価フロー

V-3-別添 3-5-7 海水ポンプ室ケーブル点検口浸水防止蓋の強度計算書

1.	概	要要	1
2.	基	本方針	1
2.	. 1	位置	1
2.	. 2	構造概要	2
2.	. 3	評価方針	3

#### 1. 概要

本資料は、添付資料V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算書 の方針」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溢水 による静水圧荷重及び余震を考慮した荷重に対し、主要な構造部材が構造健全性を有す ることを確認するものである。

- 2. 基本方針
- 2.1 位置

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 構造概要

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概要を表 2-1 に示す。

表 2-1 海水ポンプ室ケーブル点検口浸水防止蓋の構造概要

設備名称			配置図
海水ポンプ室 ケーブル点検 口浸水防止蓋 1,2,3			
	計画の	の概要	37 日 図
	主体構造	支持構造	武巧区
	蓋により構成	海水ポンプ室	
	する。	壁面に基礎ボ ルトで固定す る。	基礎ボルト 浸水防止蓋 水 圧

#### 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強度評価は,添付資料V-3-別添 3-1「津 波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」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,海水ポンプ室ケーブル点検口浸水防止蓋の評 価対象部位に作用する応力等が許容限界以下であることを「3. 強度評価方法」に示 す方法により,「4. 評価条件」に示す評価条件を用いて評価し,「5. 強度評価結果」 にて確認する。

海水ポンプ室ケーブル点検口浸水防止蓋の強度評価フローを図 2-2 に示す。海水ポ ンプ室ケーブル点検口浸水防止蓋の強度評価においては、その構造を踏まえ、溢水に よる荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価対象部位を設定する。強度評価に用 いる荷重及び荷重の組合せは、溢水による荷重作用時(以下、「溢水時」という。)及 び溢水による荷重と余震に伴う荷重作用時(以下、「重畳時」という。)を考慮し、評 価される最大荷重を設定する。重畳時においては、添付資料V-1-1-2-2-5「津波防護 に関する施設の設計方針」に示す津波荷重との重畳を考慮する弾性設計用地震動S<sub>d</sub> を入力して得られた最大床応答加速度の最大値を静的震度として用いる。



図 2-2 強度評価フロー

Ⅴ-3-別添 3-6 逆止弁の強度計算書

V-3-別添 3-6-1 海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の強度計算書

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 ·	 			 ••		•••	••	•••		 				•••	 			••	•••	 						4

# 1. 概 要

本資料は、添付資料V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」 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津波荷重及び余震を考 慮した荷重に対し、主要な構造部材が構造健全性を有することを確認するものである。

# 2. 基本方針

2.1 位置

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 構造概要

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 止弁の構造概要を表 2-1 に示す。

凯供力和	構造	步概要	3 <u>2</u> 88 50
<b></b>	主体構造	支持構造	就吃
海水ポンプ グランドド レン排出口 逆止弁1,2	弁体ロフ弁フィオすので、システムので、システムので、システムので、システムので、システムので、して、システムので、して、システムので、システムので、システムので、システムので、システムので、システムの	弁本なのフラン キンジン 本ののフタン ポイン ポイン ポイト かんの 花 かい たいしん しょう ひん ひんしょう しんしょう しんしょう しんしょう しんしょう しんしょう かいしん かいしん かいしん かいしん しんしょう かいしんしょう しんしょう ひんしょう しんしょう かいしんしょう かいしんしょう ひんしょう ひんしょう かいしんしょう ひんしょう ひんしょ ひんしょ ひんしょ ひんしょう ひんしょ ひんしょう ひんしょ ひんしょう ひんしょ ひんしょ ひんしょ ひんしょ ひんしょ ひんしょ ひんしょ ひんしょ	弁本体   基礎ボルト   予座   フロートガイド   大圧

表 2-1 海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の構造概要

#### 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強度評価は,添付資料V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」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,海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の評価対象部位に作用する応力 等が許容限界以下であることを「3. 強度評価方法」に示す方法により,「4. 評価条件」に 示す評価条件を用いて評価し,「5. 強度評価結果」にて確認する。

海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の強度評価フローを図 2-2 に示す。海水ポンプグラ ンドドレン排出口逆止弁の強度評価においては、その構造を踏まえ、津波及び余震に伴う荷重 の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価対象部位を設定する。強度評価に用いる荷重及び荷重 の組合せは、津波に伴う荷重作用時(以下、「津波時」という。)及び津波に伴う荷重と余震 に伴う荷重の作用時(以下、「重畳時」という。)を考慮し、評価される最大荷重を設定する。 重畳時においては、添付資料V-1-1-2-2-5「津波防護に関する施設の設計方針」に示す津波荷 重との重畳を考慮する弾性設計用地震動S<sub>d</sub>を入力して得られた最大床応答加速度の最大値を 静的震度として用いる。

また,上記評価を実施するに当たり,海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁をモデル化した固有値解析を行う。



V-3-別添 3-6-2 取水ピット空気抜き配管逆止弁の強度計算書

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 ·	 			 ••		•••	••	•••		 				•••	 			••	•••	 						4

## 1. 概 要

本資料は、添付資料V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」 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津波荷重及び余震を考慮した荷 重に対し、主要な構造部材が構造健全性を有することを確認するものである。

# 2. 基本方針

2.1 位置

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。





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 構造概要

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概要を 表 2-1 に示す。

乳供友新	構造	步概要	396 日 110
<b></b>	主体構造	支持構造	就的区
取水ピット 空気抜き配 管 逆 止 弁 1,2,3	弁座蓋あトーヘーでる本を,る及ト導ト構へ。弁フびをくガ成,む体ロフ弁フイ成。	弁弁ン環室れ水気の面でまへ造け定本蓋ジ水にてピ抜フに固たの物にす体の部ポ設いッきラボ定配支のよる、及フをン置るト配ンルる管持取りびラ循プさ取空管ジト。系構付固	・ ・ た た た ル 上 近 ル 上 近 ル 上 近 ル 上 近 ル 上 近 ル 上 近 ル 上 近 ル 上 近 ル 上 近 ル 上 1

表 2-1 取水ピット空気抜き配管逆止弁の構造概要

2.3 評価方針

取水ピット空気抜き配管逆止弁の強度評価は,添付資料V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配 慮が必要な施設の強度計算書の方針」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,取水ピット空気抜き配管逆止弁の評価対象部位に作用する応力等が許容限界以下 であることを「3. 強度評価方法」に示す方法により,「4. 評価条件」に示す評価条件を用 いて評価し,「5. 強度評価結果」にて確認する。

取水ピット空気抜き配管逆止弁の強度評価フローを図 2-2 に示す。取水ピット空気抜き配管 逆止弁の強度評価においては、その構造を踏まえ、津波及び余震に伴う荷重の作用方向及び伝 達過程を考慮し、評価対象部位を設定する。強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、津波 に伴う荷重作用時(以下、「津波時」という。)及び津波に伴う荷重と余震に伴う荷重の作用 時(以下、「重畳時」という。)を考慮し、評価される最大荷重を設定する。重畳時において は、添付資料V-1-1-2-2-5「津波防護に関する施設の設計方針」に示す津波荷重との重畳を考 慮する弾性設計用地震動S<sub>d</sub>を入力して得られた最大床応答加速度の最大値を静的震度として 用いる。

また,上記評価を実施するに当たり,取水ピット空気抜き配管逆止弁をモデル化した固有値 解析を行う。



# Ⅴ-3-別添 3-6-3 緊急用海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の

強度計算書

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·					 • •	•••					•••	•••						 				••		 •		••	•••		4

# 1. 概 要

本資料は,添付資料V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」 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津波荷重及び余 震を考慮した荷重に対し,主要な構造部材が構造健全性を有することを確認するものである。

# 2. 基本方針

2.1 位置

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。

NT2 補② V-3-別添 3-6-3 R0

(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 構造概要

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概要を表 2-1 に示す。

	構造	步概要	乳 田 図										
<b></b>	主体構造	支持構造	武 圴 凶										
緊 急 ポ ン ド ン ド レン 排 出 弁	弁弁体ロフ弁フイすを体あトーヘーでする。るからとしていたので、ころのたって、ころのたり、ころのたり、ころのたり、ころのたいで、ことで、ころので、ころので、ころので、ころので、ころので、ころので、ころのの	弁ラ緊ポ 床ボ 定する。	弁本体   基礎ボルト   ・										

表 2-1 緊急用海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の構造概要

#### 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強度評価は,添付資料V-3-別添 3-1「津波 又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」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,緊急用海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の評価対象部位に 作用する応力等が許容限界以下であることを「3. 強度評価方法」に示す方法により,「4. 評 価条件」に示す評価条件を用いて評価し,「5. 強度評価結果」にて確認する。

緊急用海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁の強度評価フローを図2-2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強度評価においては、その構造を踏まえ、津波及び余 震に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価対象部位を設定する。強度評価に用いる 荷重及び荷重の組合せは、津波に伴う荷重作用時(以下、「津波時」という。)及び津波に伴 う荷重と余震に伴う荷重の作用時(以下、「重畳時」という。)を考慮し、評価される最大荷 重を設定する。重畳時においては、添付資料V-1-1-2-2-5「津波防護に関する施設の設計方針」 に示す津波荷重との重畳を考慮する弾性設計用地震動S<sub>d</sub>を入力して得られた最大床応答加速 度の最大値を静的震度として用いる。

また,上記評価を実施するに当たり,緊急用海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁をモデ ル化した固有値解析を行う。


# V-3-別添 3-6-4 緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口逆止弁の

# 強度計算書

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 ·	 			 ••		•••	••	•••		 				•••	 			••	•••	 						4

# 1. 概 要

本資料は、添付資料V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」 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津波荷重及び余震を 考慮した荷重に対し、主要な構造部材が構造健全性を有することを確認するものである。

# 2. 基本方針

2.1 位置

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。

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

(単位:mm)

# 2.2 構造概要

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 口逆止弁の構造概要を表 2-1 に示す。

<b>乳供力</b>	構造	步概要	34 田 (13)
<b></b>	主体構造	支持構造	就 97 区
緊急用海水 ポンプ室床 ドレン排出 ロ逆止弁	弁座を含む、 弁体でレロア・ かるひトーの座ロド る。 オフびをくガ成	弁	<u> 弁本体 基礎ボルト 子座 フロートガイド 水圧 </u>

表 2-1 緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口逆止弁の構造概要

#### 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強度評価は、添付資料V-3-別添 3-1「津波又は 溢水への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」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、緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口逆止弁の評価対象部位に作用する 応力等が許容限界以下であることを「3. 強度評価方法」に示す方法により、「4. 評価条件」 に示す評価条件を用いて評価し、「5. 強度評価結果」にて確認する。

緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口逆止弁の強度評価フローを図 2-2 に示す。緊急用海水ポ ンプ室床ドレン排出口逆止弁の強度評価においては、その構造を踏まえ、津波及び余震に伴う 荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価対象部位を設定する。強度評価に用いる荷重及び 荷重の組合せは、津波に伴う荷重作用時(以下、「津波時」という。)及び津波に伴う荷重と 余震に伴う荷重の作用時(以下、「重畳時」という。)を考慮し、評価される最大荷重を設定 する。重畳時においては、添付資料V-1-1-2-2-5「津波防護に関する施設の設計方針」に示す 津波荷重との重畳を考慮する弾性設計用地震動S<sub>d</sub>を入力して得られた最大床応答加速度の最 大値を静的震度として用いる。

また,上記評価を実施するに当たり,緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口逆止弁をモデル化 した固有値解析を行う。



Ⅴ-3-別添 3-7 貫通部止水処置の強度計算書

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 4

# 1. 概 要

本資料は,添付資料V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算書の方法」 に示すとおり,貫通部止水処置が繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水や冠水に伴う 津波荷重及び余震を考慮した荷重に対し,津波後の再使用性を考慮して,構造部材が構造健全 性を有することを確認するものである。

# 2. 基本方針

添付資料V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」に示す構造計画のとおり、貫通部止水処置の位置及び構造概要を示す。

2.1 位 置

貫通部止水処置は,添付資料V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算 書の方針」の構造計画に示すとおり,津波の津波防護対象設備を内包する建屋及び区画への流 入を防止するために,防潮堤及び防潮扉下部に配管等貫通部を施工する。 防潮堤及び防潮扉下部貫通部止水処置の位置図を図 2-1 に示す。



図 2-1 防潮堤及び防潮扉下部貫通部止水処置の位置図

# 2.2 構造概要

貫通部止水処置の構造は,貫通する壁に貫通スリーブを設置し,貫通スリーブと配管等との 間にモルタルを充填することで,止水性を確保する構造である。

貫通部止水処置の構造計画を表 2-1 に、貫通部止水処置の概要図を図 2-2 に示す。

乳供力粉		計画の概要	11 日 12				
<u></u> 取佣名称	主体構造	支持構造	記明凶				
貫通部 止水処置	モルタルによ り構成する。	貫通部の開口部にモルタル を充てんし,貫通部内面,配 管等の外面と一定の付着 力によって接合される。	壁 配管等 モルタル				





図 2-2 貫通部止水処置概要図

#### 2.3 評価方針

貫通部止水処置の強度評価は、添付資料V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設 の強度計算書の方針」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、貫 通部止水処置の評価対象部位に作用する荷重が許容限界内に収まることを「3. 強度評価方法」 に示す方法により、「4. 評価条件」に示す評価条件を用いて計算し、「5. 強度評価結果」に て確認する。

強度評価フローを図 2-3 に示す。

評価用加速度は、添付資料V-2「耐震性に関する説明書」のうち添付資料V-2-1-7「設計用 床応答曲線の作成方針」に基づき、評価対象貫通部の設置階層を包絡する設計用床応答曲線を 用いる。当該貫通部は貫通部の周りをモルタルで固定しており、壁と一体に動く構造となって おり、貫通配管等の評価用加速度には最大床応答加速度の1.2倍を用いて評価する。地震荷重 は添付資料V-2「耐震性に関する説明書」のうち添付資料V-2-1-11「機器・配管の耐震支持設 計方針」に基づいて評価を行う。使用されていない貫通部は配管等の自重により生じる荷重が ないため、配管等が通っている場合の評価に包絡される。また、評価においては受圧面積とし て配管等の貫通面積を含まないことにより、貫通部止水処置部に作用する荷重を保守的に考慮 し、余裕を持った評価とする。



Ⅴ-3-別添 3-8 水密扉の強度計算書

目 次

内部溢水	
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	8
2.4 適用規格	10
3. 強度評価方法	11
3.1 記号の定義	11
3.2 評価対象部位	13
3.3 荷重及び荷重の組合せ	14
3.4 許容限界	16
3.5 評価方法	18
4. 評価条件	24
5. 強度評価結果	29
外郭防護	
1. 概要	1
2. 基本方針	2
内郭防護	
1. 概要	1
2. 基本方針	2

内部溢水

1. 概要

本資料は,資料V-3-別添3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」に示 すとおり,浸水防護施設のうち原子炉建屋地下2階に設置する水密扉(以下「原子炉建屋地下2階 水密扉」という。)について評価するものである。原子炉建屋地下2階水密扉は,内部溢水に伴う 荷重に対し,主要な構造部材の構造健全性を維持することを確認する。

### 2. 基本方針

資料V-3-別添3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」に示す「3.構造 強度設計」を踏まえ、水密扉の「2.1 位置」、「2.2 構造概要」、「2.3 評価方針」及び「2.4 適用規格」を示す。

2.1 位置

水密扉は,資料V-3-別添3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」の 「3.2 機能維持の方針」のうち構造計画に示すとおり,原子炉建屋地下2階水密扉は,残留熱 除去系A系ポンプ室,原子炉隔離時冷却系室北側及び南側,高圧炉心スプレイポンプ室の開口 部に設置する。

原子炉建屋残留熱除去系A系ポンプ室水密扉,原子炉建屋原子炉隔離時冷却系室北側水密扉, 原子炉建屋原子炉隔離時冷却系室南側水密扉,原子炉建屋高圧炉心スプレイポンプ室水密扉の 設置位置図を第2-1図に示す。

-: 水密扉

平面図

第2-1図 原子炉建屋水密扉の設置位置

#### 2.2 構造概要

水密扉の構造は,資料V-3-別添3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算書の方 針」の「3.2 機能維持の方針」に示す構造計画を踏まえ詳細な構造を設定する。

水密扉は,片開型の鋼製扉とし,扉板の背面に芯材(主桁及び横桁)を配する構造である。 扉は閉塞時には,カンヌキにより固定され,水密性を確保している。

原子炉建屋地下2階水密扉は, 扉枠を介して建屋の壁の開口部にアンカー等で固定し, 支持する構造とする。

原子炉建屋残留熱除去系A系ポンプ室水密扉,原子炉建屋原子炉隔離時冷却系室北側水密扉, 原子炉建屋原子炉隔離時冷却系室南側水密扉,原子炉建屋高圧炉心スプレイポンプ室水密扉の 構造図を第2-2図,第2-3図,第2-4図,第2-5図に示す。

原子炉建屋残留熱除去系A系ポンプ室水密扉

第2-2図 原子炉建屋残留熱除去系A系ポンプ室水密扉の構造図

原子炉建屋原子炉隔離時冷却系室北側水密扉

第2-3図 原子炉建屋原子炉隔離時冷却系室北側水密扉の構造図

原子炉建屋原子炉隔離時冷却系室南側水密扉

第2-4図 原子炉建屋原子炉隔離時冷却系室南側水密扉の構造図

原子炉建屋高圧炉心スプレイポンプ室水密扉

第2-5図 原子炉建屋高圧炉心スプレイポンプ室水密扉の構造図

#### 2.3 評価方針

水密扉の強度評価は、資料V-3-別添3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算書 の方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」及び「4.2 許容限界」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、水密扉の評価対象部位に作用する応力などが許容 限界に収まることを、「3.強度評価方法」に示す方法により、「4.評価条件」に示す評価条 件を用いて評価し、「5.強度評価結果」にて確認する。

水密扉の強度評価フローを第2-6図に示す。水密扉の強度評価においては、その構造を踏まえ、 溢水に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価対象部位を設定する。強度評価に用い る荷重及び荷重の組合せは、溢水に伴う荷重と津波による溢水と組み合わせる余震に伴う荷重 作用時(以下「重畳時」という。)を考慮し、設定する。強度評価においては、荷重を静的に 作用させる静的解析により、評価対象部位の発生応力又は荷重を算定し、許容限界との比較を 行う。

重畳時の評価における余震に伴う地震力は,資料V-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」 にて算定している,水密扉設置位置における弾性設計用地震動S<sub>d</sub>-D1による地震応答解析結 果を用いて設定する。

なお、重畳時荷重は津波防護対策に必要な浸水防護施設にて考慮する。



第2-6図 水密扉の強度評価フロー

### 2.4 適用規格

適用する規格,基準等を以下に示す。

- ・建築基準法・同施行令
- ・鋼構造設計規準-許容応力度設計法-((社)日本建築学会,2005改定)
- ・鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説((社)日本建築学会,2010改定)
- ・水道施設耐震工法指針・解説((社)日本水道協会,2009年版)

# 3. 強度評価方法

# 3.1 記号の定義

強度評価に用いる記号を第3-1表に示す。

記号	単位	定義
А	$\mathrm{mm}^2$	断面積
A a	$\mathrm{mm}^2$	1本当たりの表面積
A <sub>b</sub>	$\mathrm{mm}^2$	1本当たりの断面積
a n	m	横桁ピッチ
В	m	受圧幅
g	$m/s^2$	重力加速度
G	kN	扉体自重
h	m	当該部分の浸水深
Н	m	水深
h <sub>c</sub>	m	水圧中心位置
H g	m	受圧高
K <sub>H</sub>	-	水平震度
Κs	kN	余震による地震荷重
L	m	区画短辺の長さ
L <sub>b</sub>	mm	軸支持間距離 (カンヌキ)
L p	m	軸支持間距離 (カンヌキ受けピン)
L <sub>k</sub>	m	カンヌキ中心間距離
М	$kN \cdot m$	曲げモーメント
$M_{\rm X1}$	_	等分布荷重による曲げ応力算定用の係数
$M_{\rm X2}$	_	等変分布荷重による曲げ応力算定用の係数
n	本	ボルトの本数
Ρ <sub>0</sub>	kN	設計水圧荷重
P <sub>a</sub>	kN	扉板全体に作用する合計荷重
Рь	kN	水密扉から伝達される荷重
P <sub>d</sub>	$kN/m^2$	余震による動水圧荷重
P <sub>h</sub>	$kN/m^2$	浸水津波荷重又は溢水による静水圧荷重
$P_{h d}$	$kN/m^2$	浸水津波荷重又は溢水による静水圧荷重(下部)
P <sub>hu</sub>	$kN/m^2$	浸水津波荷重又は溢水による静水圧荷重(上部)
Рт	kN	許容引張力
p <sub>n</sub>	$kN/m^2$	溢水時荷重

第3-1表 強度評価に用いる記号 (1/2)

記号	単位	定義
Q	kN	せん断力
R p	kN	溢水に伴う荷重による反力
Т	kN	引張力
W d	kN/m	区画下端の単位長さ当たりの作用荷重
Wu	kN/m	区画上端の単位長さ当たりの作用荷重
Y	m	主桁ピッチ
Z	$\mathrm{mm}^3$	断面係数
β	-	浸水エリアの幅と水深の比による補正係数
ρ	$t/m^3$	水の密度
σ	$N/mm^2$	曲げ応力度
στ	$N/mm^2$	引張応力度
σx	$N/mm^2$	組合せ応力度
τ	$N/mm^2$	せん断応力度

第3-1表 強度評価に用いる記号 (2/2)

3.2 評価対象部位

水密扉の評価対象部位は,資料V-3-別添3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計 算書の方針」の「4.2 許容限界」にて示している評価対象部位を踏まえて設定する。

水密扉に生じる外部からの溢水に伴う荷重は,扉板から芯材に伝わり,壁と一体化した扉枠 を介し,躯体に伝達されることから,評価対象部位は,扉板及び芯材とする。

水密扉に生じる建屋内部からの溢水に伴う荷重は,扉板から芯材,芯材からカンヌキ,カン ヌキからカンヌキ受けピン,カンヌキ受けピンからカンヌキ受けボルトへと伝達され,アンカ ーを介し躯体に伝達されることから,評価対象部位は,扉板,芯材,カンヌキ,カンヌキ受け ピン及びカンヌキ受けボルトとする。

なお, ヒンジ側にもカンヌキを配しているため, 建屋内部からの溢水に伴う荷重はヒンジ部 に作用しない。

水密扉に作用する荷重の作用図を第3-1図に示す。

← : 津波又は溢水に伴う荷重
 ← : 評価対象部位に作用する荷重
 : 評価対象部位

3.3 荷重及び荷重の組合せ

強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは,資料V-3-別添3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」にて示している荷重及び荷重の組合せを踏まえて設定する。

資料V-3-別添3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」の「4.1 荷重 及び荷重の組合せ」にて示している荷重の組合せを以下に示す。

P<sub>h</sub>(溢水時)

 $P_h + K_s + P_d$  (重畳時)

なお、本資料において、余震荷重のうち、余震による地震荷重をK<sub>s</sub>、余震による動水圧荷 重をP<sub>d</sub>とする。

(1) 荷重の設定

強度評価に用いる荷重を以下に示す。

a. 溢水に伴う荷重(P<sub>h</sub>)

溢水に伴う荷重として,溢水に伴う水位までの静水圧を考慮する。溢水による静水圧 荷重 P<sub>h</sub>は,対象とする水の密度に当該部分の浸水深hを乗じた次式により算出する。

 $P_h = \rho \cdot g \cdot h$ 

溢水に伴う荷重の算定に用いる、水圧作用高さ及び水の密度を第3-2表に示す。

一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一	水口作田百々	水の密度			
月尾石 竹	小江作用向さ	$(t/m^3)$			
百乙には見なの教唆ナズルズポンプ安水索豆		正圧	1.00		
尿丁炉建産残留熱味云ボAボホンノ至水苗扉		逆圧	1.00		
百乙后建民百乙后阿娜呋次却灭安北侧水索豆		正圧	1.00		
尿丁炉建度尿丁炉隔酶时而却术主北侧小省旗		逆圧	1.00		
百乙烷建民百乙烷醇醚呋冷却炙安克侧水废豆		正圧	1.00		
尿丁炉建度尿丁炉隔酶时而却术主用侧小名扉		逆圧	1.00		
「「「「「」」」「「」」」」」」」」「「」」」」」		正圧	1.00		
尿丁炉建産向圧炉心ヘノレイホンノ至水密扉		逆圧	1.00		

第3-2表 水圧作用高さ及び水の密度

b. 余震荷重(地震荷重K<sub>s</sub>,動水圧荷重P<sub>d</sub>)

余震荷重として,弾性設計用地震動S<sub>d</sub>-D1による地震荷重K<sub>s</sub>及び動水圧荷重P<sub>d</sub> を考慮する。余震荷重は,水密扉の設置位置における水平方向の最大応答加速度から設 定する震度を用いて評価する。最大応答加速度を保守的に評価するために,最大応答加 速度の抽出位置は,水密扉設置位置よりも上部の節点の値とし,原子炉建屋については, 水密扉設置階の上階(上層)の値とする。

原子炉建屋水密扉の震度の設定に用いる最大応答加速度は資料V-2-1「耐震設計の基本方針」のうち資料V-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」の地震応答解析結果を用いる。

各扉の水平震度K<sub>H</sub>を第3-3表に示す。

地震荷重Ksは、水密扉の固定荷重に水平震度KHを乗じた次式により算出する。

 $K_s = G \cdot K_H$ 

動水圧荷重 P<sub>d</sub>は、「水道施設耐震工法指針・解説((社)日本水道協会,2009年版)」 に基づき、次式により算出する。

$$P_{d} = \beta \cdot \frac{7}{8} \cdot K_{H} \cdot \rho \cdot g \cdot \sqrt{H \cdot h}$$

#### 第3-3表 各扉の水平震度Кн

扉名称	水平震度K <sub>H</sub>
原子炉建屋残留熱除去系A系ポンプ室水密扉	*
原子炉建屋原子炉隔離時冷却系室北側水密扉	_ *
原子炉建屋原子炉隔離時冷却系室南側水密扉	*
原子炉建屋高圧炉心スプレイポンプ室水密扉	_*

\*:津波防護対策に必要な浸水防護施設でない為、考慮不要。

(1) 荷重の組合せ

強度評価に用いる荷重の組合せは、溢水時及び重畳時に区分して設定し、評価される最大 荷重を用いる。

a. 原子炉建屋水密扉

原子炉建屋水密扉の強度評価に用いる荷重の組合せを第3-4表に示す。

原子炉建屋残留熱除去系A系ポンプ室水密扉,原子炉建屋原子炉隔離時冷却系室北側水密 扉,原子炉建屋原子炉隔離時冷却系室南側水密扉,原子炉建屋高圧炉心スプレイポンプ 室水密扉は,津波防護対策に必要な浸水防護施設でない為,強度評価に用いる荷重の組 合せは溢水時と重畳時は同じとする。

扉名称	事象	荷重の組合せ
百乙后建長建の執吟土玉ム玉ポンプ安水恋豆	溢水時	$G + P_h$
尿丁炉建産残留熱除云示A示ホンク重水冶扉	重畳時	$G + P_H + K_S + P_d$
百乙后建民百乙后隔離時必却亥安北側水索豆	溢水時	$G + P_h$
尿于炉建连尿于炉隔酶时币却未至北侧小笛旗	重畳時	$G + P_H + K_S + P_d$
百乙后建民百乙后隔離時必却亥安西側水密京	溢水時	$G + P_h$
尿于炉建连尿于炉隔酶时币却示至用侧小笛库	重畳時	$G + P_H + K_S + P_d$
原子に建民宣圧にいっプレイポンプ安水密京	溢水時	$G + P_h$
尿丁尿 建全同 広	重畳時	$G + P_H + K_S + P_d$

第3-4表 原子炉建屋水密扉の強度評価に用いる荷重の組合せ

3.4 許容限界

水密扉の許容限界は、「3.2 評価対象部位」にて設定した評価対象部位の機能損傷モードを 考慮し、資料V-3-別添3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」の「4.2 許容限界」にて設定している許容限界を踏まえ設定する。

(1) 使用材料

水密扉を構成する,扉板,芯材,カンヌキ部の使用材料を第3-5表に示す。

第3-5表 使用材料

	部位	材質	仕様
	扉板		
	芯材		
	カンヌキ	-	
カンヌキ部	カンヌキ受けピン	-	
	カンヌキ受けボルト		

- (2) 許容限界
  - a. 扉板,芯材,カンヌキ部

扉板,芯材,カンヌキ部の許容限界は,「鋼構造設計規準-許容応力度設計法-((社) 日本建築学会,2005改定)」を踏まえて第3-6表の値とする。

第3-6表 扉板,芯材,カンヌキ部の許容限界

材料	短期許容応力度(N/mm <sup>2</sup> )	
	曲げ	せん断

注記 \*1:tは板厚(mm)を示す

\*2:許容応力度を決定する場合の基準値Fの値は,「JIS G 4053:2008 機械構 造用合金鋼鋼材」に基づく

\*3:引張りの短期許容応力度も同様

b. アンカー

アンカーの許容限界は、「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説((社)日本建築 学会、2010改定)」に基づき算定した、第3-7表の値とする。

第3-7表 アンカーの許容限界

コンクリート設計基準強度	短期許容付着応力度 f a
$(N/mm^2)$	$(N/mm^2)$

# 3.5 評価方法

水密扉の強度評価は,資料V-3-別添3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」の「5.強度評価方法」にて設定している評価式を用いる。

(1) 応力算定

a. 扉板

扉板に生じる荷重は、溢水に伴う荷重に余震荷重を考慮し、等変分布荷重及び等分布 荷重を受ける周辺固定支持の矩形板として、次式により算定する。

扉板に生じる荷重の例を第3-2図に示す。

$$M = M_{X1} \cdot W_U \cdot L^2 + M_{X2} \cdot (W_d - W_U) \cdot L^2$$





b. 芯材

芯材に生じる荷重は,溢水に伴う荷重に余震荷重を考慮し,荷重を負担する芯材の取 付方向(鉛直又は水平)に応じて,それぞれ算定する。正圧時は鉛直方向に取付く,主 桁については,扉枠で全長を支持されるために評価外とし,逆圧時のカンヌキ部の中で 評価を行う。水平方向に取付く,横桁については,等分布荷重を受ける両端支持の単純 梁として,次式により算定する。

芯材に生じる荷重の例を第3-3図に示す。

(a) 横桁

$$M = \frac{P_{n} + P_{n+1}}{2} \cdot \frac{a_{n} + a_{n+1}}{2} \cdot \frac{Y^{2}}{8}$$
$$Q = \frac{P_{n} + P_{n+1}}{2} \cdot \frac{a_{n} + a_{n+1}}{2} \cdot \frac{Y}{2}$$


# c. カンヌキ部

カンヌキ部は,カンヌキ,カンヌキ受けピン及びカンヌキ受けボルトで構成されており, 次式により算定する重畳時に伴う荷重による反力から,各部材に発生する荷重を算定する。 カンヌキ部に生じる荷重の例を第3-4図に示す。

$$R_{P} = (P_{O} + K_{S} + P_{D}) \cdot \frac{h'}{2 \cdot L_{k}}$$
$$h' = L_{2} - h_{C}$$



(a) カンヌキ

カンヌキに生じる荷重は,次式により算定する。 カンヌキに生じる荷重の例を第3-5図に示す。

 $M = R_{P} \cdot L_{b}$  $Q = R_{P}$ 



第3-5図 カンヌキに生じる荷重の例

(b) カンヌキ受けピン
 カンヌキ受けピンに生じる荷重は、次式により算定する。
 カンヌキ受けピンに生じる荷重の例を第3-6図に示す。

$$M = R_{\rm P} \cdot \frac{L_{\rm P}}{4}$$
$$Q = R_{\rm P}$$



第3-6図 カンヌキ受けピンに生じる荷重の例

(c) カンヌキ受けボルト

カンヌキ受けボルトに生じる荷重は,次式により算定する。 カンヌキ受けボルトに生じる荷重の例を第3-7図に示す。

 $T = R_P$ 



第3-7図 カンヌキ受けボルトに生じる荷重の例

(d) 主桁

主桁に生じる荷重は,次式より,上下カンヌキ部を支点とする両端支持の集中荷重と みなし算定する。

主桁に生じる荷重の例を第3-8図に示す。

$$M = (P_0 + K_s + P_D) \cdot \frac{h^{\cdot} (L_k - h)}{2 \cdot L_k}$$

$$Q = (P_0 + K_s + P_D) \cdot \frac{h'}{2 \cdot L_k}$$
  
第3-8図 主桁 (端桁) に生じる荷重の例

## (2) 断面検定

a. 扉板

各部材に生じる応力より算定する応力度等が,許容限界値以下であることを確認する。 なお,異なる荷重が同時に作用する部材については,組合せを考慮する。

扉板に生じる曲げ応力度を算定し、扉板の短期許容応力度以下であることを確認する。  $\sigma = \frac{M}{Z}$ 

b. 芯材

芯材に生じる曲げ応力度及びせん断応力度を算定し,カンヌキ受けピンの短期許容応力 度以下であることを確認する。

$$\sigma = \frac{M}{Z}$$
$$\tau = \frac{Q}{A}$$

c. カンヌキ部

(a) カンヌキ

カンヌキに生じる曲げ応力度及びせん断応力度から,組合せ応力度を次式により算定し, カンヌキの短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\sigma_{\rm X} = \sqrt{\left(\frac{\rm M}{\rm Z}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{\rm Q}{\rm A}\right)^2}$$

(b) カンヌキ受けピン

カンヌキ受けピンに生じる曲げ応力度及びせん断応力度を算定し,芯材の短期許容応力 度以下であることを確認する。

$$\sigma = \frac{M}{Z}$$
$$\tau = \frac{Q}{2 \cdot A}$$

(c) カンヌキ受けボルト

カンヌキ受けボルトに生じる引張応力度を算定し,ボルトの短期許容応力度以下である ことを確認する。

$$\sigma_T = \frac{T}{n \cdot A_b}$$

# 4. 評価条件

「3.5 評価方法」に用いる評価条件を第4-1表に示す。

			-炉隔 原子炉建屋高压炉心	室 スプレイポンプ室	1 水密扉											_
	数値	量地下2階水密扉	原子炉建屋原子	離時冷却系	南側水密扉											
、る条件 (1/4)		原子炉建屋	原子炉建屋原子炉	隔離時冷却系室	北側水密扉											
1表 強度評価に用い			原子炉建屋残留熱	除去系A系ポンプ室	水密扉											
第4-			定義			水密扉の自重	区画短辺の長さ	区画上端の単位長さ当	たりの作用荷重	区画下端の単位長さ当	たりの作用荷重	等分布荷重による曲げ	応力算定用の係数	等変分布荷重による曲	げ応力算定用の係数	断面係数
			単位			kΝ	ш	1-NT /		1-NT /			I		l	mm <sup>3</sup>
			司马			IJ	L	117	n M	117	VV d	e e	IMIX1	E F	IVI X 2	Ζ
		<b>述</b>	象部	过		并通					運	校				

- 1表 強度評価に用いる条件 (2/4)	数値	原子炉建屋地下2階水密扉	·炉建屋原子炉   原子炉建屋原子炉   原子炉建屋高压炉心	11.11.11.11.11.11.11.11.11.11.11.11.11.	比側水密扉 南側水密扉 水密扉																		
			原子炉建屋残留熱 原子	除去系A系ポンプ室 隔	水密扉																		
第4-			定義			受圧高	受圧幅	浸水津波荷重又は	溢水による静水圧	荷重 (上部)	浸水津波荷重又は	溢水による静水圧	荷重 (下部)	地震荷重	動水圧荷重	断面係数	断面積	主桁ピッチ	横桁ピッチ	横桁ピッチ	横桁ピッチ	横桁ピッチ	雑芬プジー
			単位			ш	ш		$\mathrm{kN}/\mathrm{m}^2$			$\mathrm{kN}/\mathrm{m}^2$		kN	$kN/m^2$	mm <sup>3</sup>	$\mathrm{mm}^2$	ш	ш	ш	ш	m	£
			意문			Hg	В		$P_{hu}$			$\mathrm{P}_{\mathrm{h}\mathrm{d}}$		${ m K}_{ m S}$	$P_d$	Ζ	Α	Υ	a 1	<b>a</b> 2	a <sub>3</sub>	a 4	C
		衣	象部	位						‡ó:	友(	州荐	⊒)					校:	友(	横桥	=)		

			第4-	-1表 強度評価に用い	いる条件 (3/4)		
					数	く値	
茶					原子炉建屋地	也下2階水密扉	
象部	記号	単位	后畿	原子炉建屋残留熱	原子炉建屋原子炉	原子炉建屋原子炉	原子炉建屋高压炉心
位				除去系A系ポンプ室	隔離時冷却系室	隔離時冷却系室	スプレイポンプ室
				水徳扉	北側水密扉	南側水密扉	水密扉
	a 6	ш	横桁ピッチ				
	a 7	ш	横桁ピッチ				
	a <sub>8</sub>	ш	横桁ピッチ				
	<b>a</b> 9	ш	横桁ピッチ				
	$\mathbf{P}_{1}$	kN/m <sup>2</sup>	重昰荷重				
‡	$\mathrm{P}_2$	$kN/m^2$	重昰荷重				
ά¥	$\mathrm{P}_{3}$	$kN/m^2$	重昰荷重				
(韗	$\mathrm{P}_4$	kN/m <sup>2</sup>	重昰荷重				
(た)	$\mathrm{P}_5$	$kN/m^2$	重昰荷重				
	$\mathrm{P}_6$	kN/m <sup>2</sup>	重昰荷重				
	$\mathrm{P}_7$	kN/m <sup>2</sup>	重昰荷重				
	$\mathrm{P}_{\mathrm{s}}$	$kN/m^2$	重昰荷重				
	$\mathrm{P}_9$	$kN/m^2$	重昰荷重				
	Ζ	mm <sup>3</sup>	断面係数				
	А	$mm^2$	断面積				

									1									
			原子炉建屋高压炉心	スプレイポンプ室	水密扉													
	直	下2階水密扉	原子炉建屋原子炉	隔離時冷却系室	南側水密扉													
5条件(4/4)	数值	原子炉建屋地	原子炉建屋原子炉隔	離時冷却系室	北側水密扉													
1表 強度評価に用いる			原子炉建屋残留熱除	去系A系ポンプ室	水密扉													
第4一			定義			設計水圧荷重	水圧中心位置	受圧高	軸支持間距離	本数	断面係数	断面積	軸支持間距離	本数	断面係数	断面積	本数	1本当たりの断面積
			単位			kΝ	ш	ш	mm	¥	mm <sup>3</sup>	$\mathrm{mm}^2$	mm	*	$\mathrm{mm}^3$	$\mathrm{mm}^2$	¥	mm <sup>2</sup>
			意문			${\rm R}_{ m P}$	$h_{\rm c}$	Н	$L_{b}$	и	Ζ	А	L <sub>p</sub>	и	Ζ	А	ц	$\mathrm{A}_\mathrm{b}$
		赵	象部	位		Ŕ	⇒ ∕k	#	,	RV	ХH		4	たった	J // (+)	支	R)	ボルト シヌキ 受け
													た	7 M	(			

# 5. 強度評価結果

原子炉建屋地下2階水密扉の強度評価結果を第5-1表に示す。水密扉の各部材の断面検定を行った結果,発生応力度又は荷重は許容限界値以下である。

名称		評価対象部位	発生応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	許容限界値 (N/mm <sup>2</sup> )	発生応力度 /許容限界
		扉板			
原子炉建屋		芯材*1			Ť
残留熱除去	力	カンヌキ*2			Ť
室水密扉	シヌナ	カンヌキ受けピン			Ī
	<del>イ</del> 部	カンヌキ受けボルト			Ī
		扉板			Ī
原子炉建屋		芯材*1			Ť
原子炉隔離 時公却玄玄	力	カンヌキ*2			Ť
北側水密扉	シヌナ	カンヌキ受けピン			Ī
	<del>イ</del> 部	カンヌキ受けボルト			Ī
		扉板			Ī
原子炉建屋		芯材*1			Ī
原子炉隔離 時冷却系室	カ	カンヌキ*2			Ī
南側水密扉	ノヌモ	カンヌキ受けピン			Ī
	部	カンヌキ受けボルト			Ī
		扉板			Ī
原子炉建屋		芯材*1			Ī
局圧炉心ス     プレイポン	カ	カンヌキ*2	]		Ť
プ室水密扉	ンヌモ	カンヌキ受けピン	]		Ť
	キ部	カンヌキ受けボルト		1	Ĭ

第5-1表 原子炉建屋地下2階水密扉の強度評価結果

注記 \*1: 横桁のせん断及び曲げのうち評価結果が厳しくなる曲げによる値を記載 \*2: 曲げ応力度及びせん断応力度の組合せ応力度値を記載 外郭防護

1. 概要

本資料は,資料V-3-別添3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」に示 すとおり,浸水防護施設のうち原子炉建屋1階に設置する水密扉(以下「原子炉建屋1階水密扉」 という。)について評価するものである。原子炉建屋1階水密扉は,基準津波を超え敷地に遡上す る津波に伴う荷重に対し,主要な構造部材の構造健全性を維持することを確認する。

# 2. 基本方針

資料V-3-別添3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」に示す「3. 構造 強度設計」を踏まえ、水密扉の「2.1 位置」、「2.2 構造概要」、「2.3 評価方針」及び「2.4 適用規格」を示す。

2.1 位置

水密扉は,資料V-3-別添3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」の 「3.2 機能維持の方針」のうち構造計画に示すとおり,原子炉建屋1階水密扉は,原子炉建屋 原子炉棟開口部,原子炉建屋付属棟北側開口部,原子炉建屋付属棟東側開口部,原子炉建屋付 属棟南側開口部,原子炉建屋付属棟西側開口部に設置する。 内郭防護

1. 概要

本資料は,資料V-3-別添3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」に示 すとおり,浸水防護施設のうち原子炉建屋1階に設置する水密扉(以下「原子炉建屋1階水密扉」 という。)について評価するものである。原子炉建屋1階水密扉は,地震により低耐震クラス設備 である屋外タンクが損傷した場合の溢水等に伴う荷重に対し,主要な構造部材の構造健全性を維 持することを確認する。

# 2. 基本方針

資料V-3-別添3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」に示す「3. 構造 強度設計」を踏まえ、水密扉の「2.1 位置」、「2.2 構造概要」、「2.3 評価方針」及び「2.4 適用規格」を示す。

2.1 位置

水密扉は,資料V-3-別添3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」の 「3.2 機能維持の方針」のうち構造計画に示すとおり,原子炉建屋1階水密扉は,原子炉建屋 原子炉棟開口部,原子炉建屋付属棟北側開口部,原子炉建屋付属棟東側開口部,原子炉建屋付 属棟南側開口部,原子炉建屋付属棟西側開口部に設置する。 Ⅴ-3-別添 3-9 浸水防止堰の強度計算書

目次

1.	概要	1
2.	基本方針	1
2	2.1 位置	1
2	2.2 構造概要	6
2	2.3 評価方針	6
2	2.4 適用規格 ·····	7
3.	強度評価方法	8
3	3.1 記号の定義 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	8
3	3.2 評価対象部位 ······	8
3	3.3 荷重及び荷重の組合せ ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	11
3	3.4 許容限界	11
4.	評価方法	12

## 1. 概 要

本資料は、 V-1-1-8-5「溢水防護施設の詳細設定」に示すとおり、溢水拡大防止堰(以下「堰」 という。)が、溢水伝播防止機能を維持可能な止水性を有することを確認するものである。

## 2. 基本方針

2.1 位 置

堰は、V-1-1-8-5「溢水防護施設の詳細設計」の「4.1 溢水伝播を防止する設備」に示す配置のとおり、原子炉建屋 EL. 46.5m、同 38.8m、同 29.0m、同 20.3m、同 14.0m、同 8.2m、同 2.0m に設置する。

堰の設置位置図を第2-1図~第2-7図に示す。

# NT2 補② V-3-別添 3-9 R0

第2-1図 堰の設置位置図(EL.46.5m)

第2-2図 堰の設置位置図 (EL.38.8m)

第2-3図 堰の設置位置図 (EL.29.0m)

第2-4図 堰の設置位置図 (EL.20.3m)







第 2-7 図 堰の設置位置図 (EL. 2. 0m)

### 2.2 構造概要

堰の構造は、V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」のう ち「2.1 評価対象施設」に示す構造計画のとおり、詳細な構造を設定する。

堰は、アンカー筋(鉄筋)により、既存の鉄筋コンクリート躯体と一体化させた鉄筋コンク リート構造物である。

堰の概略構造図を第2-8図に示す。



第2-8図 堰の概略構造図

2.3 評価方針

堰の強度評価は、V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」 のうち「3. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界」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、堰の評価対象部位に作用する応力又は荷重が許容限界値以下であ ることを「3. 強度評価方法」に示す方法により、「4. 評価条件」に示す評価条件を用いて 計算し、「5. 強度評価」にて確認する。

堰の強度評価フローを第2-9図に示す。



第2-9図 堰の強度評価フロー

2.4 適用規格

適用する規格基準等を以下に示す。

- ・建築基準法・同施工令
- ・鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 -許容応力度設計法-

((社)日本建築学会、1999 改定)

・各種合成構造設計指針・同解説((社)日本建築学会、2010改定)

# 3. 強度評価方法

3.1 記号の定義

強度評価に用いる記号を第3-1表に示す。

記号	定義	単位
Р	溢水荷重 (集中荷重置換)	kN
P <sub>h</sub>	溢水による静水圧荷重	kN/m
Н	堰の高さ	m
Р'	堰が転倒する荷重	kN
G	堰の固定荷重	kN
L	堰の固定荷重作用点と応力作用点との水平距離	m
h'	溢水荷重(集中荷重置換)が作用する高さ	m
$\rho_{1}$	溢水の密度	$t/m^3$
g	重力加速度	$m/s^2$
h	当該部分の浸水深	m
М	曲げモーメント	kN•m
Q	せん断力	kN
Т	鉄筋1本当たりの引張力	kN/本
n	単位幅 (1m) 当たりの鉄筋本数	本
j	応力中心距離(=7/8・d)	mm
d	部材の有効せい	mm
Q a	鉄筋1本当たりのせん断力	kN/本
А	堰の断面積	$\mathrm{mm}^2$
τ	せん断応力度	$N/mm^2$
σ <sub>c</sub>	 圧縮縁応力度	$N/mm^2$
T'	引張側鉄筋に生じる引張力(=M/j)	Ν
X n	圧縮縁から中立軸までの距離	mm
b	堰の幅(単位幅)	mm

第3-1表 強度評価に用いる記号

## 3.2 評価対象部位

堰の評価対象部位は、V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」のうち「2.1 評価対象施設」に示す構造計画にて設定している構造に基づき、溢水に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し設定する。

堰に生じる応力は第3-1図に示すとおり,溢水荷重を等変分布荷重として受ける片持ち はりとして評価するものとし,評価対象部位は溢水荷重により応力が発生する堰と既存躯 体の取り合い部分とする。 堰の評価においては、設計断面を踏まえ、評価を包絡できる堰により代表する。

溢水荷重に伴う転倒力に対して自重のみで抵抗できる堰については, 堰への曲げモーメ ント及び引張力が生じないため, せん断力のみ評価する。

評価の対象となる堰の溢水水位及び堰高さを第3-2表に示す。

	当用中立と		溢水水位	設置堰高さ
設直建座	設直休局さ	設佣名称	床上 (m)	床上 (m)
	FL 2 Om	原子炉建屋地下1階エレベータ	0 1	03171
	EL. 2. Ull	入口用溢水拡大防止堰	0.1	0.3 以上
	EL. 2. Om	東側階段用溢水拡大防止堰	0.1	0.3以上
	EL. 2. Om	北側階段用溢水拡大防止堰	0.1	0.3以上
	FL 2 Om	残留熱除去系B系熱交換器室用	0 1	03R/F
	DD. 2. 0m	溢水拡大防止堰	0.1	0.0 5/1
	EL. 8. 2m	原子炉建屋1階エレベータ入口	0.1	0.3 K/ F
		用溢水拡大防止堰		0.000
	EL, 8, 2m	残留熱除去系A系熱交換器ハッ	0. 1	0.3 以上
		チ用溢水拡大防止堰		
	EL, 8, 2m	残留熱除去系B系熱交換器ハッ	0.1	0.3 以上
		チ用溢水拡大防止堰		
	EL, 14, 0m	原子炉建屋2階エレベータ入口	0.1	0.3以上
		用溢水拡大防止堰		0.000
	EL. 14. Om	原子炉建屋2階西側階段用溢水	0.1	0.3 K/ F
		拡大防止堰		0.000
原子炬棟	EL, 20, 3m	原子炉建屋3階エレベータ入口	0.1	0.3以上
原子炉棟		用溢水拡大防止堰		
	EL. 20. 3m	原子炉建屋3階西側階段用溢水	0.1	0.3以上
		拡大防止堰		
	EL. 29. Om	原于炉建産4階エレベータ入口 田浴水坊大防止堰	0.1	0.3以上
		原子炉建屋4階两側階段用溢水		
	EL. 29. Om	拡大防止堰	0.1	0.3以上
	FI 38 8m	原子炉建屋5階エレベータ入口	0 1	03171
	EL. 30. OIII	用溢水拡大防止堰	0.1	0.3 以上
	EL. 38.8m	原子炉建屋5階西側階段用溢水	0.1	0.3 K/ F
		拡大防止堰	0.1	0.0 //1
	EL. 46. 5m	原子炉建屋6階エレベータ入口	0.4	0.4以上
		用溢水拡大防止堰 燃料輸送容界搬出口田浴水坊		
	EL. 46.5m	大防止堰	0.4	0.4以上
	FI 16 5m	大物機器搬入口用溢水拡大防	0.4	041716
	EL, 40, JIII	止堰	0.4	0.4 以上
	EL.46.5m	原子炉建屋換気系ダクト用溢	0.4	0.4以上
	in the second seco	水拡大防止堰	~• +	

第3-2表 評価の対象となる堰の選定



第3-1図 堰に生じる応力

- 3.3 荷重及び荷重の組合せ
  - 3.3.1 荷重の設定

強度評価に用いる荷重は、V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度 計算書の方針」のうち「3.1 荷重及び荷重の組合せ」にて設定している荷重の種類を踏 まえて設定する。

溢水による静水圧荷重(P<sub>h</sub>)

溢水による静水圧荷重は次式により算定する。

 $P_h = \rho_1 \cdot g \cdot h$ 

3.3.2 荷重の組合せ

強度評価に用いる荷重の組合せは、V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設 の強度計算書の方針」のうち「3.1 荷重及び荷重の組合せ」にて設定している荷重の組合 せを踏まえて設定する。

また,自重等は既存躯体により支持されることから,荷重の組合せとして考慮せず,溢 水荷重のみとする。

### 3.4 許容限界

堰の許容限界値は、V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算書の方 針」うち「3.2 許容限界」にて設定している許容限界を踏まえて、「3.2 評価対象部位」に て設定している評価対象部位ごとに、機能損傷モードを考慮し、短期許容応力度又は短期許容 荷重を設定する。

(1) 鉄筋

「各種合成構造設計指針・同解説((社)日本建築学会,2010改定)」に基づきアンカ 一筋として使用する鉄筋の短期許容荷重を許容限界として設定する。

(2) コンクリート

「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 -許容応力度設計法-((社)日本建築学会、1999 改定)」に基づきコンクリートの短期許容応力度を許容限界として設定する。

- 4. 評価方法
  - (1) 応力算定
    - a. 曲げモーメント

溢水の荷重により生じるせん断力は、単位幅当たりとして次式により算定する。 堰に生じる応力の概念図を第4-1図に示す。



第4-1図 堰に生じる応力の概念図

b. せん断力

溢水の荷重により生じるせん断力は、単位幅当たりとして次式により算定する。 堰に生じる応力の概念図を第4-2図に示す。



第4-2図 堰に生じる応力の概念図

- (2) 断面検定
  - a. 引張力に対する検定
  - (a) 鉄筋

堰に生じる曲げモーメントにより,鉄筋1本当たりに生じる引張力を次式により算 定し,鉄筋1本当たりの許容限界値を超えないことを確認する。

堰に生じる荷重の概念図を第4-3図に示す。



第4-3図 堰に生じる荷重

- b. せん断力に対する検定
- (a) 鉄筋

堰に生じるせん断力より,鉄筋1本当たりに生じるせん断力を次式により算定し、 鉄筋1本当たりの許容限界値を超えないことを確認する。

$$Q_a = \frac{Q}{n}$$

(b) コンクリート

堰に生じるせん断応力度を次式により算定し、コンクリートの許容限界値を超えな いことを確認する。

$$\tau = \frac{Q}{A}$$

c. 圧縮力に対する検定

(a) コンクリート

堰に生じる曲げモーメントにより発生するコンクリートの圧縮縁応力度を次式に より算定し、コンクリートの許容限界値を超えないことを確認する。圧縮縁応力の算 定にあたり、圧縮側鉄筋は考慮しない。

堰に生じる荷重の概念図を第4-4図に示す。





第4-4図 堰に生じる荷重

V-3-別添 3-10 防護カバーの強度計算書

目次

1.	概	要
2.	基	本方針 ••••••••••••••••••••••••••••
2	.1	位置
2	. 2	構造概要 •••••••••••••••••••••••••••••••
2	. 3	評価方針 ····································
2	.4	適用規格
3.	強	度評価方法
3	.1	記号の定義 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
3	. 2	評価対象部位
3	. 3	荷重及び荷重の組合せ ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
3	.4	許容限界 ····································
3	. 5	評価方法 ••••••••••••••••••••••••••••••••••••
4.	評	価条件
5.	強	度評価 ••••••••••••••••••••••••••••••••••••

1. 概要

本資料は、V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」に示すと おり、ターミナルエンド部防護カバー(以下「防護カバー」という。)が発生を想定する漏えい蒸 気に対し、蒸気による環境条件を緩和し、設備の健全性が確認されている条件以下に制限する機 能の維持を考慮して、主要な構造部材が構造健全性を有することを確認するものである。

2. 基本方針

防護カバーは、V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」の「3. 構造強度設計」に示す構造計画を踏まえ、防護カバーの「2.1 位置」及び「2.2 構造概要」を示 す。

2.1 位置

防護カバーは、V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」の 「3.構造強度設計」の構造計画に示すとおり、配管破断による蒸気噴出により、防護対象設備 の機能を損なうおそれがある蒸気配管の破損想定箇所に設置する。

2.2 構造概要

防護カバーは、V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」の 「3. 構造強度設計」に示す構造計画を踏まえた構造とする。

防護カバーの構造計画を第2-1表に、防護カバーの外観図を第2-1図に示す。

防護カバー本体は、配管のターミナルエンドを覆う構造とし、防護カバー本体とパッドを溶 接することで固定する。配管とラグ及び防護カバー本体とシム調整キャップは溶接されており、 配管破断時に、ラグとシム調整キャップにより配管の変位を拘束する構造とする。

防護カバーは、防護カバーと配管のすき間寸法を4mm以下とし、配管外径と防護カバーのす き間面積を制限することで、流路断面積より計算した蒸気流出流量以下とする。

乳供友分	≣- □	上面の概要	学用网
<b></b>	主体構造	支持構造	就坍凶
		防護カバーは配管のターミナ	
		ルエンド部を覆う形で設置さ	
	防護カバー、シム調整	れており, パッドと防護カバ	
防護カバー	キャップ及びラグで	ーは溶接し固定する。	第2-1 図
	構成する。	ラグと配管,及びシム調整キ	
		ャップと防護カバーは溶接し	
		固定する。	

第2-1表 防護カバーの構造計画

RO



第2-1図 防護カバーの外観図

### 2.3 評価方針

防護カバーの強度評価は、V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算 書の方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」及び「4.2 許容限界」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、防護カバーの評価対象部位に作用する応力が許容 限界内に収まることを、「3. 強度評価方法」に示す方法により、「4. 評価条件」に示す評価条 件を用いて計算し、「5. 強度評価結果」にて確認する。具体的な評価方針を以下に示す。

なお,防護カバー本体は円筒形状の鋼製カバーであり配管支持構造物のパッド部に溶接により固定されており,自重によって発生する荷重は,蒸気噴出荷重に対して十分小さいため,荷 重の組合せは考慮しない。

防護カバーの強度評価においては、その構造を踏まえ、主荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価対象部位を選定する。また、防護カバーに作用する荷重については、配管破断による荷重、流体力等の時間的変化を考慮し、評価される最大荷重を用いる。防護カバーの許容限界は、局所的な変位を生じても防護カバーの要求機能が維持されることから、「発電用原子力設備規格設計・建設規格(2005 年版)(2007 年追補版を含む)(第 I 編 軽水炉規格) J S M E S N C 1 - 2005/2007)」(日本機械学会)(以下「J S M E」という。)の供用状態 C の許容応力を準用する。

配管破断により発生する配管軸方向荷重は、ラグ及びシム調整キャップを介して、防護カバーを両側へ引っ張る力として作用するが、防護カバーは必要な強度を有する設計とするため、 配管支持構造物への影響は軽微である。

2.4 適用規格

適用する規格,基準等を以下に示す。

・原子力発電所配管破損防護設計技術指針(JEAG4613-1998)

RO

- 3. 強度評価方法
- 3.1 記号の定義

防護カバーの強度評価に用いる記号を第3-1表に示す。

弗 3-1 衣 独皮評価に用いる記方(
---------------------

記号	記号の定義	単位
A c	防護カバー開口面積	$\mathrm{mm}^2$
A <sub>e</sub>	配管内径断面積	$\mathrm{mm}^2$
Am	配管金属断面積	$\mathrm{mm}^2$
A p	支圧応力計算に用いる断面積	$\mathrm{mm}^2$
A s	せん断応力計算に用いる断面積	$\mathrm{mm}^2$
A <sub>t</sub>	引張応力計算に用いる断面積	$\mathrm{mm}^2$
b	各部品のせん断面寸法	mm
Ст	定常スラスト係数	-
DLF	ダイナミックロードファクタ (=2.0) (*1)	-
F <sub>b</sub>	曲げ応力	MPa
F <sub>ip</sub>	引張応力(内圧による)	MPa
F j	蒸気噴出による荷重	Ν
Fj'	防護カバーに作用する荷重	Ν
F ℓ	リップフォース	Ν
F <sub>m</sub>	組合せ応力	MPa
F <sub>p</sub>	支圧応力	MPa
F <sub>r</sub>	リリース力	Ν
F <sub>s</sub>	せん断応力	MPa
F <sub>t</sub>	引張応力(蒸気噴出反力による)	MPa
	許容曲げ応力	
f <sub>b</sub>	支持構造物(ボルト等を除く)に対して J SME SSB-3121.1(4)によ	MPa
	り規定される値	
	許容支圧応力	
f p	支持構造物(ボルト等を除く)に対してJSME SSB-3121.1(5)によ	MPa
	り規定される値	

第3-1表 強度評価に用いる記号(2/2)

記号	記号の定義	単位
	許容せん断応力	
f s	支持構造物(ボルト等を除く)に対してJSME SSB-3121.1(2)により	MPa
	規定される値	
	許容引張応力	
f t	支持構造物(ボルト等を除く)に対してJSME SSB-3121.1(1)により	MPa
	規定される値	
h	支圧面の高さ	mm
е, ℓ	モーメントアーム長さ	mm
m	シム調整キャップ長さ	mm
n	シム調整キャップ幅	mm
P <sub>a</sub>	配管周辺の圧力	MPa
Ρ <sub>0</sub>	配管における破断開口発生前の配管圧力	MPa
r 1	防護カバーの内径	mm
r <sub>2</sub>	防護カバーの外径	mm
t	ラグ厚さ	mm
t wp	溶接脚長	mm
Ζ	断面係数	$\mathrm{mm}^3$

### 3.2 評価対象部位

防護カバーの具体的な評価対象部位は、V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設 の強度計算書の方針」の「3.2 許容限界」に示す評価対象部位を踏まえて、「2.2 構造概要」で 示す構造に従い、蒸気噴出荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し設定する。

配管破断による蒸気噴出荷重は,配管から配管に溶接されるラグに伝わり,シム調整キャップを介し,防護カバー本体に伝達される。

このことから,防護カバー本体,ラグ,ラグと配管の溶接部,シム調整キャップ及びシム調 整キャップと防護カバー本体の溶接部を評価対象部位として設定する。

- 3.3 荷重及び荷重の組合せ
  - 3.3.1 荷重の種類

強度評価に用いる荷重は、V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計 算書の方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」にて設定している蒸気噴出荷重の算定方法 を用いる。

(1) 蒸気噴出荷重

蒸気噴出荷重は、以下の通り「軸方向荷重」及び「円周方向荷重」として算定する。

a. 軸方向荷重

配管破断により防護カバーに作用する荷重は,配管破断時に配管内力が開放されるこ とにより作用する力(リリース力),配管金属破断面に圧力が作用することにより配管が

RO

補② V-3-別添 3-10

NT2

分離しようとする力(リップフォース)及び蒸気噴出により作用する力(流体力)を,保守 的に片側からのみ蒸気が噴出する場合を想定するものとする。

(a) リリース力

第3-1図に示す配管破断時に解放される配管内力は次式により計算する。

$$F_r = P_0 \cdot A_e$$

(b) リップフォース

第3-2図に示す配管金属破断面に圧力が作用することにより,配管が分離しようと する力は次式により計算する。配管金属破断面に作用する圧力は,保守的に,破断開 口発生前の配管圧力とする。

$$F_1 = P_0 \cdot A_m$$

(c) 流体力

第 3-3 図に示す蒸気噴出による荷重として防護カバーに作用する力は次式により 計算する。

$$F_{j} = C_{T} \cdot P_{0} \cdot A_{C}$$
<sup>(\*)</sup>

なお, C<sub>T</sub>は

$$C_{T} = 1.26 - \frac{P_{a}}{P_{0}}$$

で表し、P<sub>a</sub>/P<sub>0</sub>=0と仮定し、圧損を無視した保守的な評価を行う。
 (\*) JEAG4613-1998を準用する。

(d) 防護カバーに作用する荷重

防護カバーに作用する荷重 F<sub>j</sub>'は,保守的に,動的に作用するとして,次式により決定する。

$$F_{j}' = D L F (F_{r} \cdot F_{\lambda} \cdot F_{j})$$

b. 円周方向荷重

第3-4図に示す配管破断により防護カバーに作用する荷重として,防護カバーの円周 方向に圧力が作用することにより,防護カバーが円周方向へ引っ張られる力を考慮する。 配管からの漏えい時の防護カバー内圧力は,防護カバーのすき間により破断開口発生前 の配管内圧より低くなるが,保守的に破断開口発生前の配管内圧が防護カバーに作用す る場合を考える。


第3-1図 リリース力の作用図



第3-2図 リップフォースの作用図



第3-3図 流体力の作用図



第3-4図 円周方向荷重の作用図

3.3.2 荷重の組合せ

強度評価に用いる荷重の組合せは、防護カバーの評価対象部位ごとに設定する。 蒸気噴出荷重により、防護カバー本体には軸方向及び円周方向の荷重が作用する。ラグ 及びシム調整キャップには軸方向荷重が作用する。荷重の組合せを第3-2表に示す。 配管の破損は想定破損を対象としているため、地震との組合せは考慮しない。

設備名称	荷重	荷重の方向	評価対象部位
		軸方向	<b>叶莱马</b> 派 大休
		円周方向	的渡刀八一本体
		動士向	ラグ
防護カバー	J	単田ノノ「ド」	ラグと配管の溶接部
			シム調整キャップ
		軸方向	シム調整キャップと防護カバー
			本体の溶接部

第3-2表 防護カバーの評価対象部位に作用する荷重の組合せ

- J:蒸気噴出荷重
- 3.4 許容限界

防護カバーの許容限界は、V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」の「4.2 許容限界」にて設定している許容限界に従って、「3.2 評価対象部位」にて設定している評価対象部位の機能損傷モードを考慮し、供用状態 C の許容応力とする。

各評価対象部位の許容限界を第3-3表に示す。防護カバーの許容限界は,配管破損時の荷重 に対し,発生応力が材料の降伏応力以下であれば,流路面積を保持し,機能維持を図ることが できるため,供用状態Cの許容応力を準用する。防護カバーは両端が拘束されておらず,熱伸 びの影響が軽微であるため,ここでは防護カバーに作用する配管破断時の蒸気噴出により発生 する一次応力を考慮する。

第3-3表 供用状態Cを基本とする評価対象部位ごとの許容限界値

			許容剛	录界(*)
評価対象部位	荷重の組合せ	供用状態	一次	応力
			引張	曲げ
防護カバー本体	J	С	1.5 f <sub>t</sub>	1.5 f <sub>b</sub>

			許容剛	灵界(*)						
評価対象部位	荷重の組合せ	供用状態	一次応力							
			せん断	曲げ						
ラグ	J	С	1.5 f <sub>s</sub>	1.5 f <sub>b</sub>						

			許容限界(*)								
評価対象部位	荷重の組合せ	供用状態	一次応力								
			せん断	支圧							
シム調整キャップ	J	С	1.5 f s	1.5 f <sub>p</sub>							

(\*) f<sub>t</sub>, f<sub>s</sub>, f<sub>p</sub>: JSME SSB-3121.1(1), (2), (4), (5)により規定される値。

3.5 評価方法

防護カバーの応力評価は、V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」の「5.強度評価方法」にて示している機器・配管系に関する評価式を踏まえて、評価対象部位の発生応力を計算し、許容応力以下となることを確認する。

防護カバーは、(a)防護カバー本体、(b) ラグ、(c) シム調整キャップに作用する配管全周 破断時の荷重に対する強度評価を行う。

(a) 防護カバー本体

防護カバー本体は第3-5図に示すように二つに分けて計算を行う。

a. 防護カバー本体(A-A 断面)

軸方向応力を算出し、許容引張応力以下であることを確認する。

$$F_t = \frac{F_j'}{A_t}$$

$$A_t = \pi (r_2^2 - r_1^2)$$

b. 防護カバー本体(B-B 断面)
 軸方向応力(引張+曲げ)を算出し,許容引張応力以下であることを確認する。

$$F_{t} + F_{b} = \frac{F_{j}}{A_{t}} + \frac{e \cdot F_{j}}{Z}$$
$$A_{t} = \frac{\pi}{2} (r_{2}^{2} - r_{1}^{2})$$

$$Z = \frac{\left\{ 0.1098(r_{2}^{4} - r_{1}^{4}) - \frac{0.283r_{2}^{2} \cdot r_{1}^{2}(r_{2} - r_{1})}{r_{2} + r_{1}} \right\}}{e}$$

$$e = \frac{4(r_{2}^{2} + r_{2} \cdot r_{1} + r_{1}^{2})}{3\pi(r_{2} + r_{1})} \quad (*)$$

(\*)機械工学便覧による。

漏えい時の内圧による周方向応力を算出し許容引張応力以下であることを確認する。 配管からの漏えい時に発生する内圧は,防護カバーのすき間により配管内圧より低くな るが,保守的に配管内圧と同じ圧力で評価する。

$$\mathbf{F}_{i p} = \frac{\mathbf{P}_{0} \cdot \mathbf{r}_{1}}{\mathbf{r}_{2} - \mathbf{r}_{1}}$$

応力強さが,許容引張応力以下であることを確認する。  $F_m = MAX \{ (F_t + F_b) - F_{i_p} |, F_t + F_b, F_{j_p} \} \le 1.5 f_t$ 



第3-5図 防護カバー断面概略図(防護カバー本体)

(b) ラグ

ラグは第3-6図に示すように二つに分けて計算を行う。

a. ラグと配管の溶接部(C-C 断面) せん断応力を算出し,許容せん断応力以下であることを確認する。

$$F_{s} = \frac{F_{j}}{2A_{s}}$$
$$A_{s} = 2(b + t)\frac{t_{wp}}{\sqrt{2}}$$

曲げ応力を算出し、許容曲げ応力以下であることを確認する。

$$F_{b} = \frac{F_{j} \cdot \lambda}{2Z}$$

$$Z = \frac{\left\{\frac{1}{12}\left(t + \frac{2t_{wp}}{\sqrt{2}}\right)\left(b + \frac{2t_{wp}}{\sqrt{2}}\right)^{3} - \frac{1}{12}t \cdot b^{3}\right\}}{\left(\frac{b}{2} + \frac{t_{wp}}{\sqrt{2}}\right)}$$

組合せ応力を算出し、許容応力以下であることを確認する。

$$F_n = \sqrt{F_b^2 + F_s^2} \le 1.5 f_s$$

b. ラグ材(D-D 断面)

せん断応力を算出し、許容せん断応力以下であることを確認する。

$$F_{s} = \frac{F_{j}}{2A_{s}}$$
$$A_{s} = b \cdot t$$

曲げ応力を算出し、許容曲げ応力以下であることを確認する。

$$F_{b} = \frac{F_{j} \cdot \lambda}{2Z}$$
$$Z = \frac{1}{6}t \cdot b^{2}$$

組合せ応力を算出し、許容応力以下であることを確認する。

$$F_{m} = \sqrt{F_{b}^{2} + 3F_{s}^{2}} \leq 1.5f_{t}$$



第3-6図防護カバー断面概略図 (ラグ)

(c) シム調整キャップ
 シム調整キャップは第 3-7 図に示すように二つに分けて計算を行う。

a. シム調整キャップと防護カバー本体の溶接部(E-E 断面)

せん断応力を算出し、許容せん断応力以下であることを確認する。

$$F_{s} = \frac{F_{j}'}{2A_{s}}$$
$$A_{s} = 2(m+n)\frac{t_{wp}}{\sqrt{2}}$$

b. シム調整キャップ(F-F 断面)

せん断応力を算出し、許容せん断応力以下であることを確認する。

$$F_s = \frac{F_j'}{2A_s}$$

$$A_s = (2h + t)d$$

支圧応力を算出し、許容支圧応力以下であることを確認する。

$$F_{p} = \frac{F_{j}'}{2A_{p}}$$
$$A_{p} = h \cdot t$$



第3-7図 防護カバー断面概略図(シム調整キャップ)

4. 評価条件

「3. 強度評価方法」に用いる評価条件を第4-1表~第4-3表に示し,許容応力評価条件を第4-4表に示す。

	<i>,</i> ,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,			
パッド厚さ(mm)	F'(N)	$\mathbf{D}$ (MD <sub>2</sub> )	主要寸	法(mm)
	Fj (N)	г <sub>0</sub> (мга)	r 1	r 2

第4-1表 防護カバー本体の強度評価条件

第4-2表 ラグの強度評価条件

パッド回 <i>と(mm</i> )	F.' (N)	$\mathbf{D}$ (MD <sub>o</sub> )		主要寸法(mm)							
	I'j (IV)	r <sub>0</sub> (Mia)	b	t	t wp	l					

第4-3表 シム調整キャップの強度評価条件

い。 いい いい に同 キ(mm)	E'(N)	$\mathbf{D}$ (MD <sub>o</sub> )			主要	寸法(mm)		
ハッド序で(皿)	Γ <sub>j</sub> (N)	$P_0$ (MPa)	m	n	t wp	d	h	t

計算対象部位	材料	温度条件 (℃)	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	F (MPa)						
防護カバー本体	(信田社			_	_						
ラグ	(使用羽	(設計温度)									
シム調整キャップ	1747) 1			_	_						
記号の定義											
S <sub>y</sub> :設計降伏点JS	S <sub>y</sub> :設計降伏点JSME 付録材料図表Part5表8に規定される値										
Su:設計引張強さJSME 付録材料図表 Part5表9に規定される値											
F:JSME SSB	F : J S M E S S B-3121.1(1)により規定される値										

5. 強度評価

防護カバーの強度評価を第5-1表に示す。

第5-1表 防護	カバーの強度評価
----------	----------

評価対象設備		評価対象部位	応力分類
		A-A 断面	引張
			引張(軸方向)
	防護カバー		曲げ(軸方向)
	本体	B一B 断面	組合せ(軸方向)
			引張(周方向)
			応力強さ
			せん断
は誰もバー		ラグと配管の溶接部	曲げ
的喪力八一	ニガ		組合せ
	) //		せん断
		ラグ材	曲げ
			組合せ
		シム調整キャップと防護カバー	上)版
	シム調整	本体の溶接部	ててを
	キャップ	いた調敷キャップは	せん断
		シム詞定イヤツノ内	支圧

Ⅴ-3-別添 3-11 津波監視装置の強度計算書

V-3-別添3-11-1 潮位計の強度計算書

1.	楒	· 要	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1
2.	基	本方金	ŀ	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1
2.1	1	位置	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1
2.2	2	構造機	既要	Î	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1
2.3	3	評価力	亍針	-	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	3
2.4	1	適用規	見格	T	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	4

#### 1. 概要

本計算書は、V-3-別添3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」に 示すとおり、潮位計が繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水や冠水に伴う津波荷重及び 余震を考慮した荷重に対し、津波監視機能の維持を考慮して、主要な構造部材が構造健全性を有 することを確認するものである。

2. 基本方針

V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」に示す構造計画 を踏まえ、潮位計の「2.1 位置」及び「2.2 構造概要」を示す。

2.1 位置

潮位計は,取水路に2台設置する。

2.2 構造概要

潮位計の構造計画を第2-1表に示す。

乳借友分	計画	Ĩの概要	一 田 団
<b></b>	主体構造	支持構造	就 约 凶
潮位計	潮位計本体	潮位計は架台	
	である圧力	に取付プラグ	
	式検出器及	で固定する。	<b>笠</b> 9 1 団
	び検出器の	架台は躯体と	
	架台より構	基礎ボルトに	
	成する。	て据付ける。	

第2-1表 潮位計の構造計画



第2-1図 潮位計の構造計画図

# 2.3 評価方針

潮位計の強度評価は、V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計 算書の方針」を用いて確認する。具体的な評価方針を以下に示す。

潮位計の強度評価では、津波が取水路内に侵入した場合に余震が発生することを想定し、 余震により作用する慣性力と動水圧を組み合わせた評価を実施する。

### 2.4 適用規格

本計算書においては,原子力発電所耐震設計技術指針(重要度分類・許容応力編JEAG4 601・補-1984,JEAG4601-1987及びJEAG4601-1991追補版)(日本電気 協会 電気技術基準調査委員会 昭和59年,昭和62年及び平成3年)及び発電用原子力設備 規格 設計・建設規格(JSME S NC1-2005/2007)に準拠して評価する。 V-3-別添 3-11-2 取水ピット水位計の強度計算書

1.	樃	要	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1
2.	基	本方針	針		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1
2.1		位置		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1
2.2	2	構造権	斑§	要		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1
2.3	}	評価	方針	計		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	2
2.4	ł	適用規	睍	各		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	3

#### 1. 概要

本計算書は、V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」に 示すとおり、取水ピット水位計が繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水や冠水に伴う津 波荷重及び余震を考慮した荷重に対し、津波監視機能の維持を考慮して、主要な構造部材が構造 健全性を有することを確認するものである。

2. 基本方針

V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」に示す構造計画 を踏まえ、取水ピット水位計の「2.1 位置」及び「2.2 構造概要」を示す。

2.1 位置

取水ピット水位計は, 取水ピットに2台設置する。

#### 2.2 構造概要

取水ピット水位計の構造計画を第2.1-1表に示す。

乳借友分	計画	īの概要	弐 田 図					
<b></b>	主体構造	支持構造						
取水ピット水位計	水位計本体	水位計は架台	躯体 架台					
	であるレー	に取付ボルト						
	ザー式検出	で固定する。						
	器及び検出	架台は躯体と	*(#=)					
	器の架台よ	一体化させ						
	り構成す	る。						
	る。							
			取付ホルト					

第2.1-1表 取水ピット水位計の構造計画

# 2.3 評価方針

取水ピット水位計の強度評価は、V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の 強度計算書の方針」を用いて確認する。具体的な評価方針を以下に示す。

取水ピット水位計の強度評価では,津波が取水ピット内に侵入した場合に余震が発生するこ とを想定し,余震により作用する慣性力と動水圧を組み合わせた評価を実施する。

# 2.4 適用規格

本計算書においては,原子力発電所耐震設計技術指針(重要度分類・許容応力編JEAG4 601・補-1984,JEAG4601-1987及びJEAG4601-1991追補版)(日本電気 協会 電気技術基準調査委員会 昭和59年,昭和62年及び平成3年)及び発電用原子力設備 規格 設計・建設規格(JSME S NC1-2005/2007)に準拠して評価する。 V-3-別添 3-12 格納容器圧力逃がし装置格納槽点検用

水密ハッチの強度計算書

目 次

1. 概要	要	1
2. 基本	本方針 ————————————————————————————————————	—— 1
2.1	位置 ————————————————————————————————————	—— 1
2.2	構造概要	2
2.3	評価方針	3
2.4	適用規格 ————————————————————————————————————	3
3. 強厚	度評価方法 ————————————————————	3
3.1	記号の定義	—— 4
3.2	評価対象部位 —————————————————————	—— 4
3.3	荷重及び荷重の組合せ	—— 5
3.4	許容限界 ————————————————————	—— 6
3.5	評価方法	6

# 1. 概要

本資料は、添付資料V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」 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。)が津波の冠水に伴う津波荷重を考慮した荷重に対し、津波後の再使用性を考 慮して主要な構造部材が構造健全性を有することを確認するものである。

2. 基本方針

2.1 位置

水密ハッチの設置場所を図1に示す。



図1 水密ハッチの設置場所

## 2.2 構造概要

水密ハッチの構造は,鋼板構造であり,格納容器圧力逃がし装置格納槽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。

水密ハッチの構造計画を表1に示す。



表1 水密ハッチ構造計画

2.3 評価方針

水密ハッチの強度評価は、添付資料V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強 度計算書の方針」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、水密ハッ チの評価対象部位に作用する応力が許容限界内に収まることを「3.強度評価方法」に示す方法に より確認する。

水密ハッチの強度評価フローを図2に示す。



図2 水密ハッチの強度評価フロー

2.4 適用規格

適用する規格,基準等を以下に示す。

・発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME SNC1-2005 ((社)日本機械学会)

3. 強度評価方法

水密ハッチの強度評価は、添付資料V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」にて設定している方法を用いて強度評価を実施する。

水密ハッチの強度評価は「3.2 評価対象部位」に示す評価対象部位に対し、「3.3 荷重及び荷 重の組合せ」及び「3.4 許容限界」に示す荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえ、 「3.5 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

#### 3.1 記号の定義

水密ハッチの強度評価に用いる記号を表2に示す。

記号	単位	定義						
а	mm	上蓋の荷重負担幅						
b	mm	 上蓋の荷重負担長さ						
g	$m/s^2$	重力加速度						
h	m	水位差						
$P_{\rm Hss1}$	MPa	水平加速度により加わる動水圧荷重						
$P_{V_{\rm SS1}}$	MPa	鉛直加速度により加わる動水圧荷重						
Ph	MPa	浸水津波荷重による静水圧荷重						
Pt	MPa	突き上げ津波荷重(波圧)						
t	mm	上蓋の板厚						
$\beta_{-1}$	_	上蓋の曲げ応力算定に用いる係数						
$\rho_{0}$	$kg/m^3$	海水の密度						
σ	MPa	曲げ応力						

表2 強度評価に用いる記号

3.2 評価対象部位

水密ハッチの評価対象部位は、「2.2 構造概要」にて示している評価対象部位を踏まえて、 津波に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し設定する。

津波による荷重は、上蓋に静水圧がかかることにより床と一体化したシールケースを介して 屋外設備の床に伝わる。このことから、主要構成部材である上蓋を評価対象部位として設定す る。評価対象部位について図3に示す。



図3 評価対象部位

3.3 荷重及び荷重の組合せ

強度評価に用いる荷重の組合せは添付資料V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」にて示している荷重及び荷重の組合せを用いる。

3.3.1 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) 常時作用する荷重(D)

常時作用する荷重として水密ハッチの自重を考慮する。

(2) 突き上げ津波荷重(Pt)

突き上げ津波荷重(以下「波圧」という)は屋外設備用水密ハッチには作用しないと想定さ れるため考慮しないものとする。

Pt=0

(3) 浸水津波荷重(Ph)

浸水津波荷重として,経路からの津波又は溢水に伴う水位を用いた静水圧を考慮し,以下 の式より算出する。

 $Ph = \rho_o \cdot g \cdot h$ 

(4) 余震荷重(Ss-1)

余震荷重は,基準地震動 Ss-1 に伴う地震力(動水圧含む)とする。屋外設備用水密ハッチに は作用しないと想定されるため考慮しないものとする。

 $P_{V_{SS1}}=0$  $P_{H_{SS1}}=0$ 

3.3.2 荷重の組合せ

強度評価に用いる荷重の組合せは、津波時、重畳時に区分して設定する。 荷重の組合せを表3に示す。

表3 荷重の組合せ

施設区分	種類	設置位置	強度評価	面に用いる荷重の組合せ			
<b>温水</b> 佐山凯/曲	上辈	昆丛 凯准	津波時	D+Pt			
<b>皮</b> 小的止 <b></b> 故 俪	上盃	座21 設備	違波時D+Pt重畳時D+Ph+Ss-1				

R0

3.4 許容限界

水密ハッチの許容限界は、「3.2 評価対象部位」にて設定している評価対象部位ごとに、「発電 用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME SNC1-2005」に準じた供用状態 A 及び B の許容応力を用 いる。各評価対象部位の許容限界を表 4 に示す。

		許容限界(ボルト以外)(注2)
状態温度条件	(°C)	一次応力
		曲げ
供用状態 A 及び B	40 <sup>(注1)</sup>	ft1

表4 水密ハッチの許容限界

(注1)水密ハッチの温度条件は40℃とする。

(注 2)「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME SNC1-2005」のボルト材以外の許容応力を 適用する。

3.5 評価方法

水密ハッチの強度評価は、構造部材に作用する応力が、「3.4 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) 津波時の強度評価(D+Pt)

a. 上蓋

四辺を固定された長方形板に等分布荷重が作用した際に,上蓋に発生する曲げ応力は, 以下の式より算出する。

$$\sigma = \frac{\beta_1 \cdot Pt \cdot a^2}{t^2}$$

(2) 重畳時の強度評価(D+Ph+Ss-1)

a. 上蓋

四辺を固定された長方形板に等分布荷重が作用した際に,上蓋に発生する曲げ応力は, 以下の式より算出する。

$$\sigma = \frac{\beta_1 \cdot (Ph + P_{VSS1} + P_{HSS1}) \cdot a^2}{t^2}$$

V-3-別添 3-13 常設低圧注水系格納槽点検用水密ハッチの

強度計算書

目 次

1. 概要	要	1
2. 基本	本方針 ————————————————————————————————————	—— 1
2.1	位置 ————————————————————————————————————	—— 1
2.2	構造概要	2
2.3	評価方針	3
2.4	適用規格 ————————————————————————————————————	3
3. 強厚	度評価方法 ————————————————————	3
3.1	記号の定義	—— 4
3.2	評価対象部位 —————————————————————	—— 4
3.3	荷重及び荷重の組合せ	—— 5
3.4	許容限界 ————————————————————	—— 6
3.5	評価方法	6

# 1. 概要

本資料は、添付資料V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」 に基づき、浸水防護施設のうち常設低圧注水系格納槽点検用水密ハッチ(以下、「水密ハッチ」 という。)が津波の冠水に伴う津波荷重を考慮した荷重に対し、津波後の再使用性を考慮して主 要な構造部材が構造健全性を有することを確認するものである。

- 2. 基本方針
- 2.1 位置

水密ハッチの設置場所を図1に示す。

図1 水密ハッチの設置場所

### 2.2 構造概要

水密ハッチの構造は、鋼板構造であり、常設低圧代替注水系格納槽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。

水密ハッチの構造計画を表1に示す。



表1 水密ハッチ構造計画

2.3 評価方針

水密ハッチの強度評価は、添付資料V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強 度計算書の方針」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、水密ハッ チの評価対象部位に作用する応力が許容限界内に収まることを「3.強度評価方法」に示す方法に より確認する。

水密ハッチの強度評価フローを図2に示す。



図2 水密ハッチの強度評価フロー

2.4 適用規格

適用する規格,基準等を以下に示す。

・発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME SNC1-2005 ((社)日本機械学会)

3. 強度評価方法

水密ハッチの強度評価は、添付資料V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」にて設定している方法を用いて強度評価を実施する。

水密ハッチの強度評価は「3.2 評価対象部位」に示す評価対象部位に対し、「3.3 荷重及び荷 重の組合せ」及び「3.4 許容限界」に示す荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえ、 「3.5 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

#### 3.1 記号の定義

水密ハッチの強度評価に用いる記号を表2に示す。

記号	単位	定義						
а	mm	上蓋の荷重負担幅						
b	mm	上蓋の荷重負担長さ						
g	$m/s^2$	重力加速度						
h	m	水位差						
$P_{\rm Hss1}$	MPa	水平加速度により加わる動水圧荷重						
$P_{V_{\rm SS1}}$	MPa	鉛直加速度により加わる動水圧荷重						
Ph	MPa	浸水津波荷重による静水圧荷重						
Pt	MPa	突き上げ津波荷重(波圧)						
t	mm	上蓋の板厚						
$\beta_{-1}$	_	上蓋の曲げ応力算定に用いる係数						
$\rho_{0}$	$kg/m^3$	海水の密度						
σ	MPa	曲げ応力						

表2 強度評価に用いる記号

3.2 評価対象部位

水密ハッチの評価対象部位は、「2.2 構造概要」にて示している評価対象部位を踏まえて、 津波に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し設定する。

津波による荷重は、上蓋に静水圧がかかることにより床と一体化したシールケースを介して 屋外設備の床に伝わる。このことから、主要構成部材である上蓋を評価対象部位として設定す る。評価対象部位について図3に示す。



図3 評価対象部位

3.3 荷重及び荷重の組合せ

強度評価に用いる荷重の組合せは添付資料V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」にて示している荷重及び荷重の組合せを用いる。

3.3.1 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) 常時作用する荷重(D)

常時作用する荷重として水密ハッチの自重を考慮する。

(2) 突き上げ津波荷重(Pt)

突き上げ津波荷重(以下「波圧」という)は屋外設備用水密ハッチには作用しないと想定さ れるため考慮しないものとする。

Pt=0

(3) 浸水津波荷重(Ph)

浸水津波荷重として,経路からの津波又は溢水に伴う水位を用いた静水圧を考慮し,以下 の式より算出する。

 $Ph = \rho_o \cdot g \cdot h$ 

(4) 余震荷重(Ss-1)

余震荷重は,基準地震動 Ss-1 に伴う地震力(動水圧含む)とする。屋外設備用水密ハッチに は作用しないと想定されるため考慮しないものとする。

 $P_{V_{SS1}}=0$  $P_{H_{SS1}}=0$ 

3.3.2 荷重の組合せ

強度評価に用いる荷重の組合せは、津波時、重畳時に区分して設定する。 荷重の組合せを表3に示す。

表3. 荷重の組合せ

施設区分	種類	設置位置	強度評価	面に用いる荷重の組合せ			
<b>温水</b> 佐山凯/曲	上辈	昆丛 乳准	津波時	D+Pt			
<b>夜</b> 小的止 <b></b> 故 俪	上盃	座21 政 佣	強度評価に用いる荷重の組合せ       津波時     D+Pt       重畳時     D+Ph+Ss-1				

RO

3.4 許容限界

水密ハッチの許容限界は、「3.2 評価対象部位」にて設定している評価対象部位ごとに、「発電 用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME SNC1-2005」に準じた供用状態 A 及び B の許容応力を用 いる。各評価対象部位の許容限界を表 4 に示す。

		許容限界(ボルト以外)(注2)
状態温度条件(	°C)	一次応力
		曲げ
供用状態 A 及び B	40 <sup>(注 1)</sup>	ft1

表4 水密ハッチの許容限界

(注1)水密ハッチの温度条件は40℃とする。

(注 2)「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME SNC1-2005」のボルト材以外の許容応力を 適用する。

3.5 評価方法

水密ハッチの強度評価は、構造部材に作用する応力が、「3.4 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) 津波時の強度評価(D+Pt)

a. 上蓋

四辺を固定された長方形板に等分布荷重が作用した際に,上蓋に発生する曲げ応力は, 以下の式より算出する。

$$\sigma = \frac{\beta_1 \cdot Pt \cdot a^2}{t^2}$$

(2) 重畳時の強度評価(D+Ph+Ss-1)

a. 上蓋

四辺を固定された長方形板に等分布荷重が作用した際に,上蓋に発生する曲げ応力は, 以下の式より算出する。

$$\sigma = \frac{\beta_1 \cdot (Ph + P_{VSS1} + P_{HSS1}) \cdot a^2}{t^2}$$
V-3-別添 3-14 常設低圧注水系格納槽可搬型ポンプ用

水密ハッチの強度計算書

目 次

1. 概要	要	1
2. 基本	本方針	—— 1
2.1	位置 ————————————————————————————————————	—— 1
2.2	構造概要	2
2.3	評価方針	3
2.4	適用規格 ————————————————————————————————————	3
3. 強厚	度評価方法 ————————————————————	3
3.1	記号の定義	—— 4
3.2	評価対象部位 —————————————————————	—— 4
3.3	荷重及び荷重の組合せ	—— 5
3.4	許容限界 ————————————————————	—— 6
3.5	評価方法	6

## 1. 概要

本資料は、添付資料V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」 に基づき、浸水防護施設のうち常設低圧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。)が津波の冠水に伴う津波荷重を考慮した荷重に対し、津波後の再使用性を考 慮して主要な構造部材が構造健全性を有することを確認するものである。

- 2. 基本方針
- 2.1 位置

水密ハッチの設置場所を添付1に示す。

図1 水密ハッチの設置場所

## 2.2 構造概要

水密ハッチの構造は、鋼板構造であり、代替淡水貯槽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。

水密ハッチの構造計画を表1に示す。



表1 水密ハッチ構造計画

2.3 評価方針

水密ハッチの強度評価は、添付資料V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強 度計算書の方針」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、水密ハッ チの評価対象部位に作用する応力が許容限界内に収まることを「3.強度評価方法」に示す方法に より確認する。

水密ハッチの強度評価フローを図2に示す。



図2 水密ハッチの強度評価フロー

2.4 適用規格

適用する規格,基準等を以下に示す。

・発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME SNC1-2005 ((社)日本機械学会)

3. 強度評価方法

水密ハッチの強度評価は、添付資料V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」にて設定している方法を用いて強度評価を実施する。

水密ハッチの強度評価は「3.2 評価対象部位」に示す評価対象部位に対し、「3.3 荷重及び荷 重の組合せ」及び「3.4 許容限界」に示す荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえ、 「3.5 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

### 3.1 記号の定義

水密ハッチの強度評価に用いる記号を表2に示す。

記号	単位	定義	
а	mm	上蓋の荷重負担幅	
b	mm	上蓋の荷重負担長さ	
g	$m/s^2$	重力加速度	
h	m	水位差	
$P_{\rm Hss1}$	MPa	水平加速度により加わる動水圧荷重	
$P_{\rm Vss1}$	MPa	鉛直加速度により加わる動水圧荷重	
Ph	MPa	浸水津波荷重による静水圧荷重	
Pt	MPa	突き上げ津波荷重(波圧)	
t	mm	上蓋の板厚	
$eta_{_1}$	_	上蓋の曲げ応力算定に用いる係数	
$\rho_{0}$	$kg/m^3$	海水の密度	
σ	MPa	曲げ応力	

表2 強度評価に用いる記号

3.2 評価対象部位

水密ハッチの評価対象部位は、「2.2 構造概要」にて示している評価対象部位を踏まえて、 津波に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し設定する。

津波による荷重は、上蓋に静水圧がかかることにより床と一体化したシールケースを介して 屋外設備の床に伝わる。このことから、主要構成部材である上蓋を評価対象部位として設定す る。評価対象部位について図3に示す。



図3 評価対象部位

3.3 荷重及び荷重の組合せ

強度評価に用いる荷重の組合せは添付資料V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」にて示している荷重及び荷重の組合せを用いる。

3.3.1 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) 常時作用する荷重(D)

常時作用する荷重として水密ハッチの自重を考慮する。

(2) 突き上げ津波荷重(Pt)

突き上げ津波荷重(以下「波圧」という)は屋外設備用水密ハッチには作用しないと想定さ れるため考慮しないものとする。

Pt=0

(3) 浸水津波荷重(Ph)

浸水津波荷重として,経路からの津波又は溢水に伴う水位を用いた静水圧を考慮し,以下 の式より算出する。

 $Ph = \rho_o \cdot g \cdot h$ 

(4) 余震荷重(Ss-1)

余震荷重は,基準地震動 Ss-1 に伴う地震力(動水圧含む)とする。屋外設備用水密ハッチに は作用しないと想定されるため考慮しないものとする。

 $P_{V_{SS1}}=0$  $P_{H_{SS1}}=0$ 

3.3.2 荷重の組合せ

強度評価に用いる荷重の組合せは、津波時、重畳時に区分して設定する。 荷重の組合せを表3に示す。

表3. 荷重の組合せ

施設区分	種類	設置位置	強度評信	面に用いる荷重の組合せ
這水は心乳供	上苯	昆丛 凯准	津波時	D+Pt
夜小的止說彌	上盘	座21政佣	重畳時	D+Ph+Ss-1

R0

3.4 許容限界

水密ハッチの許容限界は、「3.2 評価対象部位」にて設定している評価対象部位ごとに、「発電 用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME SNC1-2005」に準じた供用状態 A 及び B の許容応力を用 いる。各評価対象部位の許容限界を表 4 に示す。

		許容限界(ボルト以外) (注2)
状態温度条件	(°C)	一次応力
		曲げ
供用状態 A 及び B	40 <sup>(注 1)</sup>	ft1

表4 水密ハッチの許容限界

(注1)水密ハッチの温度条件は40℃とする。

(注 2)「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME SNC1-2005」のボルト材以外の許容応力を 適用する。

3.5 評価方法

水密ハッチの強度評価は、構造部材に作用する応力が、「3.4 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。

a. 上蓋

四辺を固定された長方形板に等分布荷重が作用した際に,上蓋に発生する曲げ応力は, 以下の式より算出する。

$$\sigma = \frac{\beta_1 \cdot Pt \cdot a^2}{t^2}$$

(2) 重畳時の強度評価(D+Ph+Ss-1)

a. 上蓋

四辺を固定された長方形板に等分布荷重が作用した際に,上蓋に発生する曲げ応力は, 以下の式より算出する。

$$\sigma = \frac{\beta_1 \cdot (Ph + P_{VSS1} + P_{HSS1}) \cdot a^2}{t^2}$$

 <sup>(1)</sup> 津波時の強度評価(D+Pt)

V-3-別添 3-15 貯留堰の強度計算書

1.	. 概要	1
2.	. 基本方針	2
	2.1 位置	2
	2.2 構造概要	4
	2.3 評価方針・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	7
	2.4 適用規格	10
3.	. 強度評価方法 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	11
	3.1 記号の定義 ······	11
	3.2 評価対象断面及び部位 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	13
	3.3 荷重及び荷重の組合せ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	19
	3.4 許容限界	22
	3.5 評価方法	25

## 1. 概要

本資料は、V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」に 示すとおり、貯留堰が地震後の繰返しの襲来を想定した津波荷重、余震及び漂流物の衝突を 考慮した荷重に対し、主要な構造部材の構造健全性を保持すること及び主要な構造体の境界 部に設置する部材が有意な漏えいを生じない変形に留まることを確認するものである。 2. 基本方針

V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」に示す「2.1機能維持の方針」を踏まえ,貯留堰の「2.1 位置」及び「2.2 構造概要」を示す。

2.1 位置

貯留堰の平面配置図を第2-1図に示す。



第2-1図(1) 貯留堰の平面配置図(全体図)

# 第2-1図(2) 貯留堰の平面配置図(拡大図)

2.2 構造概要

貯留堰は,その機能及び目的から貯留堰本体及び護岸接続部に区分され,このうち貯留 堰本体は鋼管矢板と鋼管矢板同士を接続する鋼管矢板継手,護岸接続部は止水ゴム,防護 材及びこれらを取り付けるための鋼材より構成される。

鋼管矢板は、 $\phi 2000 \text{ mm}$ の炭素鋼鋼管であり、247 本の鋼管矢板を連続的に打設することにより堰形状を構成する。鋼管矢板は、下端を岩盤に十分根入れすることにより支持 性能を確保するとともに、天端は、非常用海水ポンプの取水に必要な水量を確保するた め、海底地盤レベル T.P.-6.9 mに対して天端高さを T.P.-4.9 mとしており、約2 mの堰 高さを有する。貯留堰の寸法は、約 65 m×約 24 m である。

貯留堰の平面図を第2-2図、断面図を第2-3図、縦断断面図を第2-4図に示す。



第 2-2 図(2) 貯留堰の平面図(A部拡大)





第2-4図 貯留堰の縦断断面図 (A-A 断面)

2.3 評価方針

貯留堰は,設計基準対象施設においては,Sクラス施設である浸水防護施設及び非常用 取水設備である屋外重要土木構造物に,重大事故等対処施設においては,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。

貯留堰の強度評価は、V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算 書の方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」及び「4.2 許容限界」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、貯留堰の評価対象部位に作用する応力 等が許容限界以下となることを、「3. 強度評価方法」に示す方法により、「4. 評価条 件」に示す評価条件を用いて評価し、「5. 強度評価結果」にて確認する。

貯留堰においては、その構造を踏まえ、津波及び余震荷重の作用方向や伝達過程を考慮 し、評価対象部位を設定する。強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、津波に伴う荷 重作用時(以下、「津波時」という。)及び津波に伴う荷重と余震に伴う荷重作用時(以 下、「重畳時」という。)について行う。

貯留堰の強度評価は,設計基準対象施設として第2-1表の貯留堰の評価項目に示すと おり,構造部材の健全性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,構造部材の発生応力が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、止水ゴムの変形量を算定し、有意な漏えいが生じない ことを確認した許容限界以下であることを確認する。

貯留堰の強度評価の検討フローを第2-5図に示す。

なお,重畳時の評価における余震に伴う入力地震動は,解放基盤表面で定義される弾性 設計用地震動S<sub>d</sub>-D1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。

評価方針	評価項目	部位	評価方法	許容限界
構造強度	構造部材の	鋼管矢板	発生応力が許容限界以	短期許容応力度
を有する	健全性		下であることを確認	
こと		止水ゴム取付	発生応力が許容限界以	短期許容応力度
		部鋼材	下であることを確認	
		防護材	発生応力が許容限界以	短期許容応力度
			下であることを確認	
		防護材取付部	発生応力が許容限界以	短期許容応力度
		鋼材	下であることを確認	
止水性を	構造部材の	鋼管矢板	発生応力が許容限界以	短期許容応力度
損なわな	健全性		下であることを確認	
いこと		止水ゴム取付	発生応力が許容限界以	短期許容応力度
		部鋼材	下であることを確認	
		防護材	発生応力が許容限界以	短期許容応力度
			下であることを確認	
		防護材取付部	発生応力が許容限界以	短期許容応力度
		鋼材	下であることを確認	
	構造物の	止水ゴム	発生変形量が許容限界	有意な漏えいが
	変形性		以下であることを確認	生じないことを
				確認した変形量

第2-1表 貯留堰の評価項目



- 注記 \*1:構造部材の健全性を評価することで,第2-1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:構造物の変形性評価を実施することで,第2-1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2-5図 貯留堰の強度評価フロー

2.4 適用規格

適用する規格,基準等を以下に示す。

- ・ 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)
- ・ 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(I共通編・II鋼橋編)・同解説((社)日本道路協会,平成24年3月)
- ・ 港湾の施設の技術上の基準・同解説(国土交通省港湾局,2007年版)
- ・防波堤の耐津波設計のガイドライン(国土交通省港湾局,平成27年改訂)

# 3. 強度評価方法

# 3.1 記号の定義

貯留堰の強度評価に用いる記号を第3-1表に示す。

記号	単位	定義	
g	$m/s^2$	重力加速度	
h	m	浸水深	
k h	—	水平震度	
k v	—	鉛直震度	
р <sub>1</sub>	$kN/m^2$	直立壁前面の底面における波圧強度	
p 2	$kN/m^2$	直立壁前面の天端面における波圧強度	
р з	$kN/m^2$	直立壁背面の底面における波圧強度	
$\eta$ f	m	直立壁前面の静水面からの津波高さ	
$\eta$ r	m	直立壁背面の静水面からの津波高さ	
h'	m	直立壁の底面の水深	
h <sub>c</sub>	m	静水面から直立壁天端面までの高さ	
Рс	kN	衝突荷重	
P <sub>d</sub>	$kN/m^2$	動水圧	
P <sub>t</sub>	$kN/m^2$	津波荷重	
v	m/s	貯留堰位置での津波最大流速	
W c	kN	漂流物の重量	
У	m	動水圧の作用高さ	
γw	kN/m <sup>3</sup>	海水の単位体積重量	
ρ	$kg/m^3$	海水の密度	
G	kN	固定荷重	
K <sub>s d</sub>	kN	余震荷重	
σ	$N/mm^2$	曲げモーメント及び軸力による応力	
σ <sub>a</sub>	$N/mm^2$	許容曲げ圧縮応力度	
М	N•mm	最大曲げモーメント	

第 3-1 表(1) 強度評価に用いる記号(1/2)

記号	単位	定義
Z	mm <sup>3</sup>	断面係数
Ν	Ν	軸力
А	$\mathrm{mm}^2$	有効断面積
τ	$N/mm^2$	せん断応力
τa	$N/mm^2$	許容せん断応力度
S	kN	せん断力
κ	_	せん断応力の分布係数で (κ=2.0)

第 3-1 表(2) 強度評価に用いる記号(2/2)

3.2 評価対象断面及び部位

評価対象断面及び部位は,貯留堰の構造物の配置,荷重条件及び地盤条件を考慮し設定 する。

3.2.1 評価対象断面

評価対象断面は, 貯留堰鋼管矢板が縦断方向に対し一様な設備形状であることを踏 まえ, 鋼管矢板の周辺の地質状況に基づき設定する。

第3-1図に示す平面図及び第3-2図に示す断面図より,南北方向では北に向かっ て堆積層の基底面が深くなっていることから,貯留堰の本体に着目した検討断面とし て,以下の4断面より選定する。支持層である久米層の深度に着目して久米層の深度 が最も高い断面3と最も低い断面4を強度評価の評価対象断面とする。

- 断面1:貯留堰の長手方向直線部の北側端部(Km層の上端標高が低い断面)
- 断面 2 : 貯留堰の長手方向直線部の南側端部(Km層の上端標高が中間程度の高さの 断面)
- 断面3:貯留堰の短手方向直線部の南側端部(Km層の上端標高が最も高い断面)
- 断面4:貯留堰の短手方向直線部の北側端部(Km層の上端標高が最も低い断面)







第3-2図 貯留堰の断面図 (NS-2)





NT2 補②V-3-別添 3-15 R0





NT2 補②V-3-別添 3-15 R0

3.2.2 評価対象部位

第3-4図に評価対象部位を示す。

(1) 鋼管矢板

構造部材の健全性が要求される鋼管矢板を評価対象部位とする。

(2) 止水ゴム

貯留堰の護岸接続部に設置する止水ゴムを評価対象部位とする。

(3) 止水ゴム取付部鋼材

貯留堰の護岸接続部に設置する止水ゴム取付部鋼材を評価対象部位とする。

(4) 防護材

貯留堰の護岸接続部に設置する防護材を評価対象部位とする。

(5) 防護材取付部鋼材

貯留堰の護岸接続部に設置する防護材取付部鋼材を評価対象部位とする。



第 3-4 図(1) 評価対象部位(1/3)





3.3 荷重及び荷重の組合せ

強度計算に用いる荷重及び荷重の組合せは、V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が 必要な施設の強度計算書の方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」にて示している荷重 及び荷重の組合せを踏まえて設定する。

3.3.1 荷重

貯留堰の強度評価には以下の荷重を用いる。

- (1) 固定荷重(G) 固定荷重として,構造物及び海水の自重を考慮する。
- (2) 津波荷重(P<sub>t</sub>)
   津波荷重として,貯留堰を越流する直前の津波波力と越流時の津波波力(静水圧
   差)を算定し,保守的なものを適用する。
  - (3) 衝突荷重(P。)衝突荷重として,総排水トン15tの漁船の衝突を考慮する。
  - (4)余震荷重(K<sub>sd</sub>) 余震荷重として、弾性設計用地震動S<sub>d</sub>-D1による地震力及び動水圧を考慮する。 余震と津波の「重畳時」は余震荷重(K<sub>sd</sub>)として水平慣性力及び鉛直慣性力を考慮 する。地表面の最大加速度から水平震度及び鉛直震度を算定し、慣性力及び動水圧を 作用させる。
  - a. 動水圧(P<sub>d</sub>)

余震と津波の「重畳時」は,余震による地表面最大加速度に応じた水平震度に基 づき算定される動水圧を考慮する。 3.3.2 荷重の組合せ

荷重の組合せを第3-2表に示す。強度評価に用いる荷重の組合せは津波時及び重畳時に区分し、荷重の作用図を第3-5図に示す。

第3-2表 荷重の組合せ

区分	荷重の組合せ
津波時	$G + P_t + P_c$
重畳時	$G + P_t + K_{sd} + P_d$

G :固定荷重

P<sub>t</sub> :津波荷重

P<sub>d</sub> : 動水圧

P。: 衝突荷重

K<sub>sd</sub>:余震荷重

#### 貯留堰外側



第 3-5 図(1) 荷重の作用図(津波時)

貯留堰外側

貯留堰内側



3.4 許容限界

許容限界は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。

- 3.4.1 構造部材の健全性
  - (1) 鋼管矢板

鋼管矢板の許容限界は、「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,第3-3表に示す短期許容応力 度とする。短期許容応力度は,基準津波時における鋼材の許容応力度に対して1.5倍 の割増しを考慮する。

	評価項目	短期許容応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	
鋼管矢板	SME 70	許容曲げ応力度	382.5
	SM970	許容せん断応力度	217. 5

第3-3表 鋼管矢板の許容応力度(短期)

(2) 止水ゴム

止水ゴム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3-4表に止水ゴムの変形量の 許容限界を示す。

第3-4表 止水ゴムの変形量の許容限界

評価項目	許容限界
止水ゴム	貯留堰と貯留堰取付護岸の相対変位:1050mm

(3) 止水ゴム取付部鋼材

止水ゴム取付部鋼材の許容限界は、「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、第3-5表に示す短期許 容応力度とする。短期許容応力度は、基準津波時における鋼材の許容応力度に対して 1.5倍の割増しを考慮する。

	評価項目	短期許容応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	
止水ゴム	55400	許容曲げ応力度	210
取付部鋼材	55400	許容せん断応力度	120

第3-5表 止水ゴム取付部鋼材の許容応力度(短期)

(4) 防護材

防護材の許容限界は、「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、第3-6表に示す短期許容応力 度とする。短期許容応力度は、基準津波時における鋼材の許容応力度に対して1.5倍 の割増しを考慮する。

評価項目			短期許容応力度 (N/mm <sup>2</sup> )
防護材	SS400	許容曲げ応力度	210
		許容せん断応力度	120

第3-6表 防護材の許容応力度(短期)

(5) 防護材取付部鋼材

防護材取付部鋼材の許容限界は、「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、第3-7表に示す短期許容 応力度とする。短期許容応力度は、基準津波時における鋼材の許容応力度に対して 1.5倍の割増しを考慮する。

評価項目			短期許容応力度 (N/mm <sup>2</sup> )
防護材 取付部鋼材	SM570	許容曲げ応力度	382. 5
		許容せん断応力度	217.5

第3-7表 防護材取付部鋼材の許容応力度(短期)

### 3.5 評価方法

貯留堰の評価方法は, V-3-別添 3-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算 書の方針」の「5. 強度評価方法」に基づき設定する。

- 3.5.1 津波時
  - (1) 鋼管矢板
    - a. 解析方法 鋼管矢板で津波に抵抗するため,鋼管矢板をモデル化した静的フレーム解析を行 い,津波時の鋼管矢板の構造健全性を確認する。
    - b. 解析モデル及び諸元
      - (a) 解析モデル

解析モデルは鋼管矢板を2次元はり要素でモデル化し,地盤抵抗を表現するため,地盤バネを設置する。

(b) 使用材料及び材料の物性値
 使用材料を第3-8表に、材料の物性値を第3-9表に示す。

第3-8表 使用材料

諸元						
鋼管矢板	SM570					

第3-9表 材料の物性値

材料	単位体積重量 (kN/m <sup>3</sup> )	ヤング係数 (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比
鋼管矢板	77	2.00 $\times 10^{5}$	0.3

c. 鋼管矢板の評価

鋼管矢板の評価は,鋼管の曲げモーメント及び軸力より算定される応力及びせん断 力より算定される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。

25

$$\sigma = \frac{N}{A} \pm \frac{M}{Z}$$
ここで、  
 $\sigma$  : 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<sup>2</sup>)  
M : 最大曲げモーメント (N·mm)  
Z : 断面係数 (mm<sup>3</sup>)  
N : 軸力 (N)  
A : 有効断面積 (mm<sup>2</sup>)

(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。

$$\tau = \kappa \, \frac{\mathrm{S}}{\mathrm{A}}$$

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<sup>2</sup>)

S : せん断力 (N)

A : 有効断面積 (mm<sup>2</sup>)

κ : せん断応力の分布係数 (2.0)

(2) 止水ゴム

発生変位量が「3.4 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。

(3) 止水ゴム取付部鋼材

止水ゴム取付部鋼材に発生する曲げ応力及びせん断応力が「3.4 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。

(4) 防護材及び防護材取付部鋼材

防護材に発生する曲げ応力及びせん断応力が「3.4 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。
- 3.5.2 重畳時
  - (1) 地盤応答解析
    - a. 解析方法

重畳時の検討で実施する地震応答解析は,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に基づく液状化強度特性)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,別紙「計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

(a) 地盤

V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に示す有効応力解析用地盤物性値に基づき、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モデルとする。

(b) 減衰特性

時刻歴非線形解析における減衰特性については、固有値解析にて求められる固 有振動数に基づく Rayleigh 減衰を考慮する。

- b. 解析モデル及び諸元
  - (a) 解析モデル 解析モデルは,構造物設置位置の地層構成に基づきモデル化する。
  - (b) 地盤の物性値

地盤の物性値は、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。

c. 入力地震動

入力地震動は、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弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>-D1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,別紙「計算機プログラム(解析コー ド)の概要」に示す。

- (2) 静的解析
  - a. 鋼管矢板

鋼管矢板の重畳時の評価は「(1) 津波時」と同じ方法により,許容限界以下であ ることを確認する。

b. 止水ゴム

止水ゴムの重畳時の評価は「(1) 津波時」と同じ方法により,許容限界以下であることを確認する。

c. 止水ゴム取付部鋼材

止水ゴム取付部鋼材の重畳時の評価は「(1) 津波時」と同じ方法により,許容限 界以下であることを確認する。

d. 防護材及び防護材取付部鋼材

防護材の及び防護材取付部鋼材の重畳時の評価は「(1) 津波時」と同じ方法により,許容限界以下であることを確認する。

V-3-別添4 発電用火力設備の技術基準による強度に関する説明書

E	次

1. 強度評価の基本方針 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	1
1.1 概要 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	1
1.2 強度評価の基本方針 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	2
1.2.1 評価対象設備 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	2
1.2.2 評価方法の選定 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	2
2. 発電用火力設備の技術基準による強度評価方法 ・・・・・・・・・	4
2.1 概 要 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	4
2.2 強度評価方法 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	5
2.2.1 水圧試験 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	5
2.2.2 内燃機関ケーシングの水圧試験 ・・・・・・・・・・・・	7
2.2.3 強度計算方法 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	8
2.2.3.1 記号の定義 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	8
2.2.3.2 管の厚さの計算 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	9
2.3 強度評価書のフォーマット ・・・・・・・・・・・・・・・・・・	10
2.3.1 強度評価書のフォーマットの概要 ・・・・・・・・・・・・	10
2.3.2 記載する数値に関する注意事項 ・・・・・・・・・・・・	10
2.3.3 強度評価書のフォーマット ・・・・・・・・・・・・・・・	10
3. 発電用火力設備の技術基準による強度評価書 ・・・・・・・・・・	12
3.1 概要 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	14
3.2 その他発電用原子炉の附属施設	
(非常用電源設備)の内燃機関の強度評価 ・・・・・	15
3.2.1 水圧試験結果 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	15
3.2.2 内燃機関ケーシングの水圧試験結果 ・・・・・・・・・・	17
3.2.3 強度計算結果 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	19
3.2.3.1 管の設計仕様 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	19
3.2.3.2 管の厚さ計算結果 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・	20

- 1. 強度評価の基本方針
- 1.1 概要

本書類は、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」(平成 25 年6月28日原子力規制委員会規則第6号)(以下「技術基準規則」という。)第48条 第3項及び第78条第1項に基づき、「発電用原子炉施設の火災防護に関する説明書」 又「非常用発電装置の出力の決定に関する説明書」で「発電用火力設備に関する技術基 準を定める省令」(平成9年3月27日通商産業省令第51号)(以下「火力省令」とい う。)を準用する設備として対象としている設計基準対象施設又は重大事故等対処設 備に施設する内燃機関が、十分な強度を有することを確認するための強度評価方針に ついて説明するものである。

#### 1.2 強度評価の基本方針

設計基準対象施設又は重大事故等対処設備に施設する内燃機関については,技術基 準規則第48条第3項及び第78条第1項に基づき,火力省令第25条から第29条の規 定を準用し,強度評価においては,火力省令第25条第3項を適用する。また,「実用発 電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈」(平成25年6月19日原 規技発第1306194号)第48条第5項において,火力省令の準用に当たっては,「発電用 火力設備の技術基準の解釈」(平成25年5月17日20130507商局第2号)(以下「火力 基準解釈」という。)の該当部分によることが規定されている。

よって内燃機関については、火力省令第25条第3項を受けた火力基準解釈第39条 第1項第2号に基づき、同解釈第5条を準用した水圧試験による強度評価又は最高使 用圧力の1.5倍\*の水圧に耐える強度を有することを確認するための強度計算による 評価を実施する。

注記 \*:火力基準解釈については平成28年2月25日に一部改正され、材料の許容 応力を求める際の安全率や水圧試験の倍率が見直されているが、より厳 しい評価となるよう改正前の解釈を用いる。

### 1.2.1 評価対象設備

設計基準対象施設又は重大事故等対処設備に施設する内燃機関として、V-1-1-7「発電用原子炉施設の火災防護に関する説明書」又はV-1-9-1-1「非常用発電装置の出力の決定に関する説明書」に基づき,強度評価を実施する設備について以下に示す。

- ・非常用ディーゼル発電機内燃機関
- ・高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機内燃機関
- 常設代替高圧電源装置内燃機関
- •緊急時対策所用発電機内燃機関
- ・ディーゼル駆動消火ポンプ内燃機関

また,内燃機関に係る燃料設備(燃料配管,燃料タンク及び燃料ポンプ)に ついても強度評価対象とする。

#### 1.2.2 評価方法の選定

強度評価については、火力基準解釈第 39 条第1項第2号にて、同解釈第5条(水 圧試験)を準用することが規定されている。

ただし、最高使用圧力の 1.5 倍の水圧に耐える強度を有することが強度計算等 で確認できるもの並びに当該機種と同一の材料及び構造を有する内燃機関ケーシ ングにおいて火力基準解釈第5条を満たす水圧試験の実績を有するものについて は、水圧試験を要しないことが規定されている。

よって、上記規定のいずれかの方法により強度評価を行うこととするが、評価対象設備において水圧試験の試験結果があるもの並びに評価対象設備と同一の材料 及び構造を有する内燃機関ケーシングにおいて火力基準解釈第5条を満たす水圧 試験の試験結果があるものについては、それらの試験結果の確認により強度評価 を実施する。なお、開放型タンクについては、最高使用圧力が0MPaであることか ら耐圧部分に該当せず火力基準解釈第5条要求に該当しないものの、消防法に準 じた水圧試験を実施していることを確認する。

水圧試験の試験結果を用いた評価ができないものについては,最高使用圧力の 1.5倍の水圧に耐える強度を有することを強度計算で確認する。

- 2. 発電用火力設備の技術基準による強度評価方法
- 2.1 概 要

本書類は、「1. 強度評価の基本方針」に基づき、非常用ディーゼル発電機の内燃機 関、高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機の内燃機関、常設代替高圧電源装置の内燃機 関、緊急時対策所用発電機の内燃機関、ディーゼル駆動消火ポンプの内燃機関また、内 燃機関に係る燃料設備(燃料配管,燃料タンク及び燃料ポンプ)が十分な強度を有す ることを確認するための強度評価方法について説明するものであり、強度評価方法及 び強度評価書のフォーマットにより構成する。 2.2 強度評価方法

火力基準解釈の第 39 条第1項第2号に基づき,以下の(1)に示す水圧試験の試験結 果の確認による強度評価を基本とする。

ただし,評価対象設備と同一の材料及び構造を有する内燃機関ケーシングの水圧試験の試験結果があるものについては(2)に示す水圧試験の試験結果の確認により強度評価を実施する。

水圧試験の試験結果を用いた評価ができないものについては,(3)に示す強度計算に より強度評価を実施する。

- (1) 水圧試験 火力基準解釈第5条の水圧試験に耐え、これに適合するものであることを確認す る。
- (2) 内燃機関ケーシングの水圧試験

当該機種と同一の材料及び構造を有する内燃機関ケーシングにおいて火力基準解 釈第5条を満たす水圧試験の実績を有するものについては、その結果を確認する。

(3) 強度計算

火力基準解釈第5条の水圧試験に耐える強度を有することを強度計算により確認 する。

#### 2.2.1 水圧試験

内燃機関のうち水圧試験により評価を実施するものについては、火力基準解釈 第5条に基づき、最高使用圧力の1.5倍以上の水圧まで昇圧した後、適切な時間保 持したとき、これに耐えることを確認する。また、上記試験に引き続き最高使用圧 力以上の水圧で点検を行ったときに、漏えいがないものであることを確認する。 試験条件を以下に示す。

		名 称	最高使用 圧力 (MPa)	耐圧試験 倍率	耐圧試験 圧力 (MPa)
		非常用ディーゼル発電機燃料油デイタン ク	静水頭	(注1)	
		非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプ	1.0	1.5以上	1.5以上
(非常用電源設備その他発電用原子炉の	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	静水頭	(注1)		
	その他が	高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃 料移送ポンプ	1.0	1.5以上	1.5以上
	充電用原	常設代替高圧電源装置燃料油サービスタ ンク	静水頭	(注1)	
	常設代替高圧電源装置燃料移送ポンプ	1.0	1.5以上	1.5以上	
	) 属施設	緊急時対策所用発電機燃料油サービスタ ンク	静水頭	(注1)	
		緊急時対策所用発電機燃料給油ポンプ	0.5	1.5以上	0.75以上
		軽油貯蔵タンク	静水頭	(注1)	
		緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク	静水頭	()	主1)
その他発		ディーゼル駆動消火ポンプ用燃料タンク	静水頭	(注1)	
駆動用燃料	(駆動用燃料電用原子炉)	可搬型設備用軽油タンク	静水頭	(注1)	
設備)	)付属施設	軽油貯蔵タンク		(注2)	

(注1) 消防法に準じた水圧試験を実施する。

(注2) 本設備は、その他発電用原子炉の附属施設(非常用電源設備)と兼用する。

### 2.2.2 内燃機関ケーシングの水圧試験

試験条件を以下に示す。

内燃機関ケーシングの水圧試験の実績により評価を実施するものについては、火 力基準解釈第 39 条第 1 項第 2 号において、「当該機種と同一の材料及び構造を有す る内燃機関ケーシングにおいて火力基準解釈第 5 条を満たす水圧試験の実績を有す るもの」にあっては水圧試験を要しないと規定されていることから、圧力バウンダリ として主要な耐圧部である内燃機関ケーシングの水圧試験の試験結果を確認する。 また、水圧試験の実績には、「当該設備と同一の材料及び構造を有する内燃機関ケー シングにおいて火力基準解釈第 5 条を満たす水圧試験の実績を有するもの」として 当該評価対象機種の内燃機関ケーシングにおける水圧試験を含める。

	名称	最高使用 圧力 (MPa)	耐圧試験 倍率	耐圧試験 圧力 (MPa)
	<sup>(注1)</sup> 非常用ディーゼル発電機 内燃機関	(注2)	<sup>(注3)</sup> 1.5以上	(注2)
(非常用電	( <sub>注4)</sub> 高圧炉心スプレイ系 ディーゼル発電機 内燃機関	(注2)	<sup>(注3)</sup> 1.5以上	(注2)
电源設備) 福加原子后	(注5)(注6) 常設代替高圧電源装置 内燃機関		1.5以上	
/9	(注6)(注7) 緊急時対策所用発電機 内燃機関		1.5以上	

(注1)非常用ディーゼル発電機内燃機関に附属する冷却水設備として非常用ディーゼル発 電機冷却水ポンプを含む。

(注 2) SI 単位に換算したものである。

- (注3) SI 単位に換算前の最高使用圧力及び耐圧試験圧力による耐圧試験倍率を示す。
- (注4)高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機内燃機関に附属する冷却水設備として高圧炉 心スプレイ系ディーゼル発電機冷却水ポンプを含む。
- (注5)内燃機関に附属する冷却水設備として常設代替高圧電源装置冷却水ポンプを含む。
- (注6)ケーシングとしてシリンダカバーにおける圧力を記載する。
- (注7) 内燃機関に附属する冷却水設備として緊急時対策所用発電機冷却水ポンプを含む。

2.2.3 強度計算方法

内燃機関のうち強度計算を実施するものについては、火力基準解釈第 39 条第 1 項第 2 号ロに定める強度計算において、火力基準解釈第 12 条を準用し、内燃機関 の管として最高使用圧力の 1.5 倍の水圧に耐える強度を有することを確認する。 以下に方法を説明する。

火力基準解釈別表第1に記載されている材料の許容引張応力を用いて強度計算す る際に,温度が記載値の中間値の場合は,比例法を用いて許容引張応力を計算し, その場合の端数処理は,小数第1位以下を切捨てた値を用いるものとする。 強度計算は火力基準解釈に基づき適切な裕度を持った許容値を使用して実施する ことから,強度計算に用いる寸法は公称値を使用する。

フランジについては、火力基準解釈第13条第1項に規定される日本工業規格等に 適合するものを使用する。

2.2.3.1 記号の定義

管の厚さ計算に用いる記号について、以下に説明する。

	記号	単位	定義
竺	Р	MPa	最高使用圧力
官の厚さ計	σa	N/mm <sup>2</sup>	最高使用温度における火力基準解釈別表第1に規定する材料の許容引 張応力
算に使用	do	mm	管の外径
用するた	t	mm	管の計算上必要な厚さ
もの	η	_	継手の効率

### 2.2.3.2 管の厚さの計算

管の厚さが,以下の計算式から求められる計算上必要な厚さ以上であることを確認する。

区分	適用基準	計算式
その他管	火力基準解釈第12条 第1項第7号	$t = \frac{P \cdot d_o}{2\sigma_a \cdot \eta + 0.8P} $ (注)

(注)継手の効率η

長手継手の効率は、火力基準解釈第12条第1項に規定されるJIS B 8201 における 表21を用いるが、今回の評価では継手の種類から以下のとおりとする。

	溶接継手の効率	
継手の種類	ボイラー等及び独立節炭器に属する容器 及び管にあっては火力基準解釈第125条及 び第127条第2項第1号の規定に準じて放射 線透過試験を行い,同条第3項第1号の規 定に適合するもの,それ以外のものにあ っては同解釈第143条及び第145条第2項第 1号の規定に準じて放射線透過試験を行 い,同条第3項第1号の規定に適合するも の	放射線透 過試験を 行わない もの
突合せ両側溶接又はこれ と同等以上とみなされる 突合せ片側溶接継	1.00	0.70

- 2.3 強度評価書のフォーマット
  - 2.3.1 強度評価書のフォーマットの概要

水圧試験結果のフォーマットは,試験条件及び結果を記載し,強度計算書のフォ ーマットは,耐圧部分を構成する部材についてフォーマット中に計算に必要な条 件及び結果を記載する。

- 2.3.2 記載する数値に関する注意事項 計算に使用しないものや計算結果のないものは、計算結果表の欄には \_\_\_\_\_と して記載する。
- 2.3.3 強度評価書のフォーマット 強度評価書のフォーマットは,以下のとおりである。
- FORMAT-I 水圧試験結果
- FORMAT-Ⅱ 内燃機関ケーシングの水圧試験結果
- FORMAT-Ⅲ 管の厚さ計算結果

## FORMAT-I 水圧試験結果

設備区分

設備区分					
a th	最高使用圧力	耐圧試験圧力	耐圧試験	耐圧試験	<b>家 在</b>
石 你	(MPa)	(MPa)	倍率	結果	₽ <del>₽</del> 1Щ

# FORMAT-II 内燃機関ケーシングの水圧試験結果

設備区分

設備区分					
夕 升·	最高使用圧力	耐圧試験圧力	耐圧試験	耐圧試験	<b>河</b> (王)
	(MPa)	(MPa)	倍率	結果	町

# FORMAT-Ⅲ 管の厚さ計算結果

設備区分	<u>}</u>								
番号	最高使用 圧 力 (MPa)	最高使用 温 度 (℃)	材料	許容引張応力 σ <sub>a</sub> (N/mm²)	外 径 do (mm)	継手の効率 η	計算上 必要な厚さ t (mm)	炭素鋼鋼管の 必要最小 厚さ (mm)	管の厚さ (最小厚さ) (mm)
評価	:								

- 3. 発電用火力設備の技術基準による強度評価書
  - 3.1 概要

本書類は、別添 4-2「発電用火力設備の技術基準による強度評価方法」に基づき、 非常用ディーゼル発電機の内燃機関、高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機の内燃 機関、常設代替高圧電源装置の内燃機関、緊急時対策所代替電源設備の内燃機関、デ ィーゼル駆動消火ポンプの内燃機関、また、内燃機関に係る燃料設備(燃料配管、燃 料タンク及び燃料ポンプ)が十分な強度を有することを確認した結果を示す。 3.2 その他発電用原子炉の附属施設(非常用電源設備)の内燃機関の強度評価

## 3.2.1 水圧試験結果

設備区分 その他発電用原子炉の附属施設 (非常用電源設備)

## 非常用発電装置

名称	最高使用圧力	耐圧試験圧力	耐圧試験	耐圧試験	評価
	(MPa)	(MPa)	倍率	結果	
(注1)					
非常用ディーゼル				<u></u>	<u>`</u> 本 へ
発電機燃料油				艮	週台
デイタンク					
(注1)					
高圧炉心スプレイ系		1		<u></u>	~ 本 八
ディーゼル発電機				R	道合
燃料油デイタンク					
(注2)					
非常用ディーゼル発電					
機燃料油デイタンク				良	適合
$\sim$					
燃料油フィルタ					
(注2)					
燃料油フィルタ					
$\sim$				良	適合
非常用ディーゼル発電					
機内燃機関					

(続き)

名称	最高使用圧力 (MPa)	耐圧試験圧力 (MPa)	耐圧試験 倍率	耐圧試験 結果	評価
<ul> <li>(注2)</li> <li>高圧炉心スプレイ系</li> <li>ディーゼル発電機燃</li> <li>料油デイタンク</li> <li>ペ</li> <li>燃料油フィルタ</li> </ul>				良	適合
<ul> <li>(注2)</li> <li>燃料油フィルタ</li> <li>~</li> <li>高圧炉心スプレイ系</li> <li>ディーゼル発電機</li> <li>内燃機関</li> </ul>				良	適合

(注1) 開放型タンクであることから耐圧部分に該当せず消防法に準じた水圧試験(水張検査)を実施している。

(注2) ディーゼル発電機燃料油系主配管。

- 3.2.2 内燃機関ケーシングの水圧試験結果
- 設備区分その他発電用原子炉の附属施設(非常用電源設備) 非常用発電装置

(注5) (注6)

(注6) (注7)

名称	最高使用圧力 (MPa)	耐圧試験圧力 (MPa)	耐圧試験 倍率	耐圧試験 結果	
(注1	) (注2)	(注2)	(注3)		
非常用ディーゼル発電機				良	
内燃機関					
(注4	)				
高圧炉心スプレイ系	(注2)	(注2)	(注3)		
ディーゼル発雷機				良	

評価

適合

適合

適合

適合

良

良

(注1)非常用ディーゼル発電機内燃機関に附属する冷却水設備として非常用ディーゼル発電機冷却水ポンプを含む。

(注 2) SI 単位に換算したものである。

内燃機関

常設代替高圧電源装置

内燃機関

緊急時対策所用発電機

内燃機関

(注3) SI 単位に換算前の最高使用圧力及び耐圧試験圧力による耐圧試験倍率を示す。

(注4)高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機内燃機関に附属する冷却水設備として高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機冷却水ポンプを 含む。

- (注5) 内燃機関に附属する冷却水設備として常設代替高圧電源装置冷却水ポンプを含む。
- (注6)ケーシングとしてシリンダカバーにおける圧力を記載する。
- (注7) 内燃機関に附属する冷却水設備として緊急時対策所用発電機冷却水ポンプを含む。

# 3.2.3 強度計算結果

3.2.3.1 管の設計仕様

	名称	最高 使用 圧力 (MPa)	最高 使用 温度 (℃)	(注1) 外径 (mm)	(注1) 厚さ (mm)	材料	番号
非常用ディー	非常用ディーゼル発電 機燃料油デイタンク ~ 燃料油フィルタ	0.20	55	60.5	3. 9	STPT38	1
ゼル発雪	燃料油フィルタ ~	0.20	55	60.5	3.9	STPT38	2
電装置	非常用ディーゼル発電 機内燃機関	0.20	55	139. 8	6.6	STPT38	3
高圧炉心スプレイ	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 〜 燃料油フィルタ	0. 20	55	60. 5	3. 9	STPT38	4
系ディー	燃料油フィルタ ~	0.20	55	60.5	3.9	STPT38	5
-ゼル発電	高圧炉心スプレイ系 ディーゼル発電機 内燃機関	0.20	55	139.8	6.6	STPT38	6

(注1) 公称值

3.2.3.2 管の厚さ計算結果

	設備区分	その他発電用原子炉の附属施設	(非常用電源設備)
--	------	----------------	-----------

# 非常用発電装置

番号	最高使用 圧 力 (MPa)	最高使用 温 度 (℃)	材料	許容引張応 σ <sub>a</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	力	外 径 d。 (mm)	継手の効率 η	計算上 必要な厚さ t (mm)	炭素鋼鋼管の 必要最小 厚さ (mm)	管の厚さ (最小厚さ) (mm)
1	0.20	55	STPT38			60.5		0.06	_	3. 90 (3. 40)
2	0.20	55	STPT38			60.5		0.06		3.90
										(3. 40)
2										6.60
3	0.20	55	STPT38			139.8		0.14	_	(5.77)
										3.90
4	0.20	55	STPT38			60.5		0.06	—	(3.40)
_							T F			3.90
5	0.20	55	STPT38			60.5		0.06	_	(3. 40)
2						100.0				6.60
6	0.20	55	STPT38			139.8		0.14	_	(5.77)
評 価:上記鋼管の最小厚さは、すべて計算上必要な厚さ以上である。										

V-3-別添5 非常用発電装置(可搬型)の強度に関する説明書

1.	概要	. 1
2.	強度評価の基本方針	2
2.	1 評価対象設備	2
2. 2	2 評価方法の選定	2
3.	強度評価方法	3
3. 1	Ⅰ JEM-1354に規定される温度試験による評価	3
4.	強度評価結果	3
4.	Ⅰ J E M − 1 3 5 4 に規定される温度試験による評価結果	3

目次

1. 概要

本資料は、資料V-1-9-1-1「非常用発電装置の出力の決定に関する説明書」にて、「発電用火 力設備の技術基準を定める省令」を引用している「可搬型発電設備技術基準(NEGA C 3 31:2005)」(以下「可搬型発電設備技術基準」という。)の準用を確認した可搬型の非常用 発電装置の内燃機関が、十分な強度を有することを確認するための強度評価方針、強度評価方法 について説明するものである。

#### 2. 強度評価の基本方針

非常用発電装置(可搬型)の内燃機関の強度評価は,常設の非常用発電装置の内燃機関と同様 に耐圧部の強度評価を行う。ただし,可搬型発電設備技術基準には耐圧部の強度に関連する事項 がないため,完成品として一般産業品の規格及び基準により,耐圧部が要求される強度を有して いることを確認する。

2.1 評価対象設備

強度評価を行う非常用発電装置(可搬型)の内燃機関を表1に示す。

施設 分類	強度評価の対象設備
その他発電用原子炉の附属施設	<ul> <li>可搬型代替低圧電源車内燃機関</li> <li>・窒素供給装置用電源車内燃機関</li> </ul>

表1 強度評価の対象設備

2.2 評価方法の選定

強度評価については、内燃機関等を含めた一体構造品の完成品として製作されている非常用 発電装置(可搬型)が重大事故等時に給電で要求される強度を有することを確認するため、 「日本電機工業会規格 JEM-1354」(以下「JEM-1354」という。)に規定さ れる温度試験により、非常用発電装置(可搬型)が内燃機関等を含めた一体構造品として、定 格負荷状態において安定した運転が維持されることの確認による評価を実施する。 3. 強度評価方法

非常用発電装置(可搬型)は、JEM-1354に規定される温度試験により、強度の要求 を満たしていることを以下のとおり確認する。

また,温度試験による強度評価は,対象となる非常用発電装置(可搬型)又はその発電装置 と同一型式の発電装置の試験結果にて実績を確認する。

- 3.1 JEM-1354に規定される温度試験による評価
  - (1) 使用条件に対する強度の確認

JEM-1354に基づいた温度試験により,対象となる非常用発電装置(可搬型)の定 格負荷状態における最高温度が,メーカ許容値の範囲内であることを確認し,当該非常用発 電装置(可搬型)が十分な強度を有することを確認する。

- 4. 強度評価結果
- 4.1 JEM-1354に規定される温度試験による評価結果

非常用発電装置(可搬型)は、内燃機関等を含めた一体構造品としてJEM-1354に 規定される温度試験により強度評価を実施しているため、強度評価結果を重大事故等クラス 3機器である非常用発電装置(可搬型)の冷却水ポンプが記載されている資料V-3-7-1-1-5-1「可搬型代替低圧電源車冷却水ポンプの強度計算書」及び資料V-3-7-1-1-6-1「窒素供 給装置用電源車冷却水ポンプの強度計算書」並びに燃料タンクが記載されている資料V-3-7-1-1-5-2「可搬型代替低圧電源車燃料タンクの強度計算書」及び資料V-3-7-1-1-6-2「窒 素供給装置用電源車燃料タンクの強度計算書」に示す。

強度評価結果より,表1の非常用発電装置(可搬型)の内燃機関は,重大事故等時における非常用発電装置(可搬型)の所要負荷に対する給電で要求される強度を有している。

V-3-別添6 炉心支持構造物の強度に関する説明書

V-3-別添6-5 炉心支持板の応力計算書

1. 一般事項 ······	1
<ul> <li>11 形状・寸法・材料・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・</li></ul>	1
1.1 かな がる 111	1
1.2 記与の既例 1.2 老虔子Z 芸香	1
1.3	2
2. 計算条件	6
2.1 解析範囲	6
2.2 設計条件	6
2.3 運転条件	6
2.4 材料	6
2.5 物性値及び許容応力・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	6
2.6 応力の記号と方向 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	7
3. 温度分布計算 ······	7
4. 応力計算 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	8
4.1 応力評価点 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	8
4.2 差圧による応力 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	8
4.2.1 荷重条件(L02) ······	8
4.2.2 計算方法	8
4.3 外荷重による応力 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	13
4.3.1 荷重条件(L03, L04, L14及びL16)・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	13
4.3.2 計算方法	13
4.4 熱応力	15
5. 応力強さの評価 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	16
5.1 一次一般膜応力強さの評価 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	16
5.2 一次一般膜+一次曲げ応力強さの評価・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	16
5.3 一次+二次応力強さの評価 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	16
6. 繰返し荷重の評価 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	17
6.1 設計・建設規格 CSS-3130 についての検討・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	17

# 図表目次

図 1-1	形状・寸法・材料・応力評価点・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	3
図 4-1	補強ビームの荷重計算モデル・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	18
⊠ 4-2	補強ビームの応力計算モデル・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	18
図 4-3	支持板の荷重計算及び応力計算モデル・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	20
図 4-4	支持板の応力計算モデル・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	21

表 5-1	一次一般膜応力強さの評価方法・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	23
表 5-2	一次一般膜+一次曲げ応力強さの評価方法・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	24
表 5-3	一次+二次応力強さの評価方法・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	25

### 1. 一般事項

本計算書は、炉心支持板の応力計算書である。

1.1 形状・寸法・材料

本計算書で解析する箇所の形状・寸法・材料を図1-1に示す。

1.2 記号の説明

「V-3-別添 6-1 炉心支持構造物の応力解析の方針」(以下「応力解析の方針」という。)の 2章による。

さらに,	本計算書におい	τ,	以下の記号を用いる。
------	---------	----	------------

- , ,		
記号	記号の説明	単 位
а	長方形断面の長辺	mm
аi	補強ビーム固定端から中央部までの長さ	mm
b	長方形断面の短辺	mm
b e	等価幅	mm
D	制御棒案内管用穴径	mm
d	中性子計測案内管用穴径	mm
e o	中立軸からの距離	mm
e <sub>0</sub> '	中立軸からの距離	mm
$e_1$	中立軸からの距離	mm
e ,'	中立軸からの距離	mm
e 2	中立軸からの距離	mm
e 3	中立軸からの距離	mm
Fs	せん断力	Ν
G	せん断弾性係数	MPa
h c	支持板の厚さ	mm
h o	補強ビーム固定端の高さ	mm
Ιo	断面二次モーメント	$\mathrm{mm}^4$
I <sub>1</sub>	断面二次モーメント	$\mathrm{mm}^4$
I <sub>2</sub>	断面二次モーメント	$\mathrm{mm}^4$
Ι 3	断面二次モーメント	$\mathrm{mm}^4$
ΙA	断面二次モーメント	$\mathrm{mm}^4$
Ιв	断面二次モーメント	$\mathrm{mm}^4$
$\lambda_i$	補強ビーム固定端近傍から中央部までの長さ	mm
$\lambda_{ m p}$	補強ビーム1スパン当たりの長さ	mm
t	補強ビーム厚さ	mm
α	a 及びbより求まる係数	—
β	a 及びbより求まる係数	_

## 1.3 考慮する荷重

考慮した荷重は、次のとおりである。

- a.差 圧
- b.外荷重

各荷重の値を「応力解析の方針」の4章に示す。

なお,応力評価点の選定に当たっては,形状不連続,溶接部及び厳しい荷重作用点に着目し,応力 評価上厳しくなる代表的な評価点を本計算書に記載している。


注1: B部の詳細は図1-1(2)に示す。 注2: 各補強ビームの寸法を図1-1(3)に示す。

図1-1(1) 形状・寸法・材料・応力評価点



B部詳細図

C~C断面図

( : 応力評価点

図1-1(2) 形状・寸法・材料・応力評価点(単位:mm)



	1	各補強ビーム	の寸法		
寸法 ビーム No.	a i	$\lambda_{i}$	h o	h c	t
補強ビーム No.1	-				
補強ビーム No.2					
補強ビーム No.3					
補強ビーム No.4	-				
補強ビーム No.5	<u>-</u>				
補強ビーム No.6					
補強ビーム No.7					L

注:λ:は図に示す補強ビームの中央から固定端手前までの長さ

図 1-1(3) 形状・寸法・材料・応力評価点(補強ビーム)(単位:mm)

- 2. 計算条件
- 2.1 解析範囲
   解析範囲を図1-1に示す。
- 2.2 設計条件設計条件を「応力解析の方針」の4.1節に示す。
- 2.3 運転条件
   考慮した運転条件とその回数を「応力解析の方針」の4.2節に示す。
- 2.4 材 料
   各部の材料を図1-1に示す。
- 2.5 物性値及び許容応力
   物性値及び許容応力は、「応力解析の方針」の3.4節及び3.6節による。
   溶接部の継手効率を「応力解析の方針」の3.7節に示す。

#### 2.6 応力の記号と方向

応力の記号とその方向は、以下のとおりとする。

なお,主応力の算出は,「応力解析の方針」5.5.1項に示される式において,  $\sigma$ t,  $\sigma$ λ,  $\sigma$ r,  $\tau$ tλ,  $\tau$ λr,  $\tau$ rt をそれぞれ  $\sigma$ x,  $\sigma$ y,  $\sigma$ z,  $\tau$ xy,  $\tau$ yz,  $\tau$ zx に添字を置き換えて求める。







3. 温度分布計算

炉心支持板は、すべて同一領域(領域B)内にあること、また、薄肉構造で材料の異なる部分 はなく温度勾配は無視し得ることから温度分布計算を行わない。

### 4. 応力計算

応力計算において、荷重は図 4-1 及び図 4-3 に示す各補強ビーム及び各支持板に加わると考 えて計算する。

#### 4.1 応力評価点

応力評価点の位置を図 1-1 に示す。

- 4.2 差圧による応力
  - 4.2.1 荷重条件(L02)
     各運転条件における差圧を「応力解析の方針」の4.2節に示す。
     計算は,設計差圧に対して行い,各供用状態での応力は,比例計算により求める。
  - 4.2.2 計算方法
    - (1) 差圧による一次応力の計算
      - a. 補強ビーム
      - (a) 差圧による荷重
         補強ビームの荷重計算モデルを,図4-1に示す。
         差圧による単位長さ当たりの分布荷重W<sub>1</sub>は,次式で求める。

$$W_1 = P_{13} \cdot \frac{1}{\lambda_p} \cdot (2 \cdot \lambda_p^2 - 2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot D^2)$$

(b) 曲げ応力(一次応力)

図 4-1 に示す補強ビームの荷重計算モデルにより荷重を求め,図 4-2(1)及び(2) に示す補強ビームの応力計算モデルにより曲げ応力を求める。ここで、断面二次モー メント I<sub>1</sub>は,支持板を穴の部分の面積を除いたものと等しい面積を持つ穴のない帯状 の板に置き換えて計算する。穴としては、制御棒案内管の入る穴及び中性子計測案内 管の入る穴を考慮する。なお、モーメントは最長の補強ビーム No.4について求める。

## イ. 中央部 (0≦ x ≦λiのとき)

(イ) モーメント  

$$M = -M_A + \frac{W_1}{2} \cdot (a_i^2 - x^2)$$

(ロ)曲げ応力

$$\sigma_{x} = \frac{M}{I_{1}} \cdot e_{1} \qquad (補強ビームの下端)$$

$$\sigma_{x} = \frac{M}{I_{1}} \cdot e_{1}' \qquad (補強ビームの上端)$$

ロ. 
$$\lambda i \leq x \leq a i \mathcal{O} \diamond \delta$$
  
(イ) モーメント  
 $M = -MA + \frac{W_1}{2} \cdot (a i^2 - x^2)$   
(ロ) 曲げ応力  
 $\sigma x = \frac{M}{I_0} \cdot e_0$  (補強ビームの下端)  
 $\sigma x = \frac{M}{I_0} \cdot e_0$ ? (補強ビームの上端)

ここで、MA:固定端モーメント  

$$MA = -\frac{\frac{W_{1}}{2}\lambda_{i} \cdot \left\{a_{i}^{2} - \frac{\lambda_{i}^{2}}{3}\right\} \cdot (I_{0} - I_{1}) + I_{1} \cdot \frac{W_{1}}{3} \cdot a_{i}^{3}}{(I_{0} - I_{1}) \cdot \lambda_{i} + I_{1} \cdot a_{i}}$$

$$I_{0}: I_{0}$$
部の断面二次モーメント  

$$I_{1}: I_{1}$$
部の断面二次モーメント

(c) せん断応力(一次一般膜応力) 補強ビームの固定端でせん断力は最大となり,補強ビームの中央でせん断力は0と なる。

補強ビームの固定端におけるせん断応力は次式で求める。

$$\tau zx = \frac{F}{A_0}$$
  
ここで, F : 固定端におけるせん断力  
F = W<sub>1</sub>・a i  
 $A_0$  : 固定端の断面積  
 $A_0$  = be・hc+ho・t

b. 支持板

支持板の計算モデルを、図4-3及び図4-4に示す。

(a) 差圧による荷重差圧による単位長さ当たりの分布荷重W₂は、次式で求める。

$$W_2 = P_{13} \cdot \frac{1}{2 \cdot \lambda_4} \cdot (2 \cdot \lambda_4 \cdot \lambda_p - 2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot D^2)$$

(b) 曲げ応力(一次応力)図 4-3 に示す支持板の計算モデルにより曲げ応力を求める。

イ.モーメント

$$\mathbf{M} = \mathbf{M}_{\mathrm{A}} - \mathbf{W}_{2} \cdot \boldsymbol{\lambda}_{4} \cdot \mathbf{y} + \frac{\mathbf{W}_{2}}{2} \cdot \mathbf{y}^{2}$$

ロ. 曲げ応力

固定端における曲げ応力は、次式で求める。

$$\sigma_{y} = \frac{M_{A}}{I_{2}} \cdot \left(\frac{h_{c}}{2}\right)$$
 (支持板の下面)

$$\sigma_{y} = \frac{M_{A}}{I_{2}} \cdot \left(-\frac{h_{c}}{2}\right)$$
 (支持板の上面)

また, y **=** における曲げ応力は, 次式で求める。

- $\sigma_{y} = \frac{M(y)}{I_{3}} \cdot \left(\frac{hc}{2}\right)$  (支持板の下面)
- $\sigma_{y} = \frac{M(y = 1)}{I_{3}} \cdot \left(-\frac{h_{c}}{2}\right)$  (支持板の上面)

ここで, MA:固定端モーメント

$$\mathbf{M}_{A} = \left[ \frac{2 \cdot \lambda_{4}^{3} - \left(\frac{\mathbf{I}_{2}}{\mathbf{I}_{3}} - 1\right) \cdot (\lambda_{3}^{3} - \lambda_{2}^{3} - 3 \cdot \lambda_{3}^{2} \cdot \lambda_{4} + 3 \cdot \lambda_{2}^{2} \cdot \lambda_{4})}{6 \cdot \left\{ \lambda_{4} + \left(\frac{\mathbf{I}_{2}}{\mathbf{I}_{3}} - 1\right) \cdot (\lambda_{3} - \lambda_{2}) \right\}} \right] \cdot \mathbf{W}_{2}$$

(c) せん断応力(一次一般膜応力) 固定端におけるせん断応力は,次式で求める。

$$\tau_{yz} = \frac{W_2 \cdot \lambda_4}{h_c \cdot \lambda_5}$$
  
y = \_\_\_\_mmにおけるせん断応力は,次式で求める。



- (2) 差圧による二次応力の計算 差圧による荷重により、隣接補強ビーム間でたわみ差及び傾斜角差が生じる。 このたわみ差及び傾斜角差によって二次応力が生じる。
  - a. 補強ビーム 補強ビームではたわみ差及び傾斜角差は生じないので、二次応力は発生しない。
  - b. 支持板
    - (a) たわみ差による二次応力

支持板のたわみ差による計算モデルを、図4-4(1)に示す。支持板のたわみは $I_2$ の 部分が剛であり、 $I_3$ の部分のみで生じるものとして計算する。隣接補強ビームをそれ ぞれ固定端とすると、たわみ差 $\Delta z$ による固定端のせん断力は次式で表される。

$$F_{S} = \left\{ \frac{E \cdot I_{3}}{\lambda_{4}^{2} \cdot \lambda_{2} + \lambda_{4} \cdot \lambda_{3}^{2} + \frac{\lambda_{2}^{3}}{3} - \lambda_{4}^{2} \cdot \lambda_{3} - \lambda_{4} \cdot \lambda_{2}^{2} - \frac{\lambda_{3}^{3}}{3} \right\} \cdot \frac{\Delta z}{2}$$

$$= \underbrace{\mathbf{E} \cdot \mathbf{I}_{3}}_{\mathbf{Z}} \cdot \frac{\Delta \mathbf{z}}{2}$$

ここで、Δz= したがって、固定端における曲げ応力は、次式で求める。

$$\sigma_{y} = \frac{Fs \cdot \lambda_{4}}{I_{2}} \cdot e_{2}$$
 (支持板の下面)

$$\sigma_{y} = -\frac{Fs \cdot \lambda_{4}}{I_{2}} \cdot e_{2}$$
 (支持板の上面)

- y = \_\_\_\_\_m における曲げ応力は, 次式で求める。
  - $\sigma_{y} = \frac{F_{s} \cdot (\lambda_{4} \dots + e_{s})}{I_{s}} \cdot e_{s} \qquad ( 支持板の下面)$

$$\sigma_{y} = -\frac{Fs \cdot (\lambda_{4} - \frac{1}{I_{3}})}{I_{3}} \cdot e_{3}$$
 (支持板の上面)

固定端におけるせん断応力は、次式で求める。



(b) 傾斜角差による二次応力
 支持板の傾斜角差による計算モデルを、図4-4(2)に示す。
 長さ2・λ<sub>4</sub>にわたる傾斜角差Δθによるねじりモーメントは次式で表される。

$$M_{t} = \frac{G \cdot \Delta \theta}{\left\{ \frac{2 \cdot (\lambda_{4} - \lambda_{3} + \lambda_{2})}{(\beta \cdot a \cdot b^{3})_{A}} + \frac{2 \cdot (\lambda_{3} - \lambda_{2})}{(\beta \cdot a \cdot b^{3})_{B}} \right\}}$$

$$= \frac{E}{2 \cdot C}, \quad G = \frac{E}{2 \cdot (1 + \nu)}$$

$$\Delta \theta = \frac{E}{2 \cdot (1 + \nu)}$$

$$\Delta \theta = \frac{E}{2 \cdot (1 + \nu)}$$

したがって、固定端におけるねじりせん断応力は、次式で求める。

- 4.3 外荷重による応力
  - 4.3.1 荷重条件(L03, L04, L14 及びL16)炉心支持板に働く外荷重を「応力解析の方針」の4.2 節に示す。
  - 4.3.2 計算方法
    - (1) 外荷重による一次応力の計算
      - a. 補強ビーム 補強ビームの荷重計算モデルを,図4-1に示す。
        - (a) 死荷重による単位長さ当たりの分布荷重死荷重による単位長さ当たりの分布荷重W<sub>3</sub>は、次式で求める。

$$W_3 = \frac{V_1}{\lambda_p}$$

(b) 鉛直方向地震荷重による単位長さ当たりの分布荷重 鉛直方向地震荷重による単位長さ当たりの分布荷重W<sub>4</sub>は,次式で求める。

$$W_4 = \frac{V_1}{\lambda_p}$$

- (c) 曲げ応力及びせん断応力4.2.2(1)a.項と同様にして求める。
- b. 支持板

支持板の計算モデルを図4-3に示す。

(a) 死荷重による単位長さ当たりの分布荷重
 死荷重による単位長さ当たりの分布荷重W₅は、次式で求める。

$$W_5 = \frac{V_2}{2 \cdot \lambda_4}$$

(b) 鉛直方向地震荷重による単位長さ当たりの分布荷重 鉛直方向地震荷重による単位長さ当たりの分布荷重W<sub>6</sub>は,次式で求める。

$$W_6 = \frac{V_2}{2 \cdot \lambda_4}$$

(c) 水平方向地震荷重による荷重

図 4-4(3) に示す1本の制御棒案内管が支持板に与える水平方向地震荷重Hpは,次 式で求める。

$$H_{p} = \frac{4 \cdot H}{764}$$

ここで、Hは水平方向地震荷重で「応力解析の方針」の4.2節に示す。

- (d) 曲げ応力及びせん断応力
- イ.鉛直方向荷重(死荷重及び鉛直方向地震荷重)4.2.2(1)b.項と同様にして求める。
- 口.水平方向地震荷重

図 4-4(3)に示す支持板のモデルにより、曲げ応力を求める。

(イ) モーメント

固定端におけるモーメント MA

$$MA = \underbrace{\begin{array}{c} & & \\ & &$$

(ロ)曲げ応力(一次応力) 固定端における曲げ応力

$$\sigma_{y} = \frac{M_{A}}{I_{A}} \cdot \frac{\lambda_{5}}{2}$$

$$y = \underbrace{M_{B}}_{mm} i c おける曲げ応力$$

$$\sigma_{y} = \frac{M_{B}}{I_{B}} \cdot \frac{\lambda_{6}}{2}$$
ここで、
$$I_{A} = \frac{h c \cdot \lambda_{5}^{3}}{12} = \underbrace{mm^{4}}$$



(ハ) せん断応力(一次一般膜応力) 固定端におけるせん断応力

$$\tau_{xy} = \frac{H_p}{h_c \cdot \lambda_5}$$
  
y = \_\_\_\_mmにおけるせん断応力  
 $\tau_{xy} = \frac{H_p}{h_c \cdot \lambda_5}$ 

- (2) 外荷重による二次応力の計算
  - a. 補強ビーム

4.2.2(2)a.項と同様に二次応力は発生しない。

b. 支持板

4.2.2(2)b.項と同様の計算式により計算する。

# 4.4 熱応力

3章で述べたように熱応力は無視できる。

- 5. 応力強さの評価
- 5.1 一次一般膜応力強さの評価 一次一般膜応力強さの評価に用いる荷重の組合せを表 5-1 に示す。
- 5.2 一次一般膜+一次曲げ応力強さの評価 一次一般膜+一次曲げ応力強さの評価に用いる荷重の組合せを表 5-2 に示す。
- 5.3 一次+二次応力強さの評価

一次+二次応力強さの評価に用いる荷重の組合せを表 5-3 に示す。

- 6. 繰返し荷重の評価
- 6.1 設計・建設規格 CSS-3130 についての検討

炉心支持板について,設計・建設規格 CSS-3130 により,疲労解析が不要になることを以下の(1)から(3)で確認する。

なお、物性値E、α及びSの値は、「応力解析の方針」の表 3-3 による。

- (1) 設計・建設規格 CSS-3130(1)及び CSS-3130(2)
   3章で述べたように、炉心支持板の温度差は無視し得るので、設計・建設規格 CSS-3130(1)
   及び CSS-3130(2)の検討は不要である。
- (2) 設計・建設規格 CSS-3130(3)(異なる材料よりなる部分の温度変動) 炉心支持板には、縦弾性係数又は熱膨張係数の異なる材料よりなる部分は存在しない。
- (3) 設計・建設規格 CSS-3130(4) (機械的荷重変動)
  - 機械的荷重により生じる応力の全振幅が,荷重変動回数10<sup>11</sup>回に対応する繰返しピーク応 力強さを超えないことを確認する。

10<sup>11</sup> 回に対応する繰返しピーク応力強さ:S= 機械的荷重変動による応力の全振幅 :  $\Delta \sigma$ したがって、S> $\Delta \sigma$ であれば、条件を満足する。



図 4-1 補強ビームの荷重計算モデル(単位:mm)



図 4-2(1) 補強ビームの応力計算モデル



$$\Box \Box \mathfrak{T}, \quad \mathbf{b} = \frac{1}{\lambda_{p}} \cdot (2 \cdot \lambda_{p}^{2} - 2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot \mathbf{D}^{2} - \frac{\pi}{4} \cdot \mathbf{d}^{2})$$

図 4-2(2) 補強ビームの応力計算モデル(単位:mm)



注記\*:固定端から最少幅になる部分までの距離

図 4-3 支持板の荷重計算及び応力計算モデル(単位:mm)









図 4-4(2) 支持板の応力計算モデル





Hp:制御棒案内管用穴1つ当たりに作用する水平方向地震荷重

図 4-4(3) 支持板の応力計算モデル(単位:mm)

荷重	設計条件	供用状態C	供用状態D	許容応力状態 ⅢAS	許容応力状態 IVAS
L02*	1.000				
差圧					
L03 設計機械的荷重	1.000	—	_	—	_
L04 死荷重	_	1.000	1.000	1.000	1.000
L14 地震荷重Sd*	_	_	_	1.000	_
L16 地震荷重Ss	_	_	_	_	1.000
許容値	「応力解析のフ	方針」の 3.6 節及	とび3.7節による	Ď <sub>o</sub>	

表 5-1 一次一般膜応力強さの評価方法

注記 \*:( )内は圧力の値(MPa)を示す。

注1:荷重条件は、「応力解析の方針」の4章に示す。



荷重	設計条件	供用状態C	供用状態D	許容応力状態 ⅢAS	許容応力状態 IVAS
L02*	1.000				
差圧		i		i	
L03	1 000	_	_	_	_
設計機械的荷重	1.000				
L04	_	1 000	1 000	1 000	1 000
死荷重		1.000	1.000	1.000	1.000
L14				1 000	
地震荷重Sd*		_	—	1.000	—
L16					1 000
地震荷重S s					1.000
許容値	「応力解析の方針」の 3.6 節及び 3.7 節による。				

## 表 5-2 一次一般膜+一次曲げ応力強さの評価方法

注記 \*:( )内は圧力の値(MPa)を示す。

注2:

注1:荷重条件は、「応力解析の方針」の4章に示す。

表 5-3 一次+二次応力強さの評価方法

荷重	C03-01 起動昇温		C12-01 定格出力運転	
L02* 差圧				
L04 死荷重		1.000	1.000	

供用状態A及びB

注記 \*: ( )内は圧力の値 (MPa)を示す。

注2:

注1:荷重条件は、「応力解析の方針」の4章に示す。

NT2 補② V-3-別添 6-5 R0E

V-3-別添6-6 燃料支持金具の応力計算書

1. 一般事項 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	• 1
1.1 形状・寸法・材料・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	• 1
1.2 記号の説明・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	• 1
1.3 考慮する荷重・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	• 1
2. 計算条件 ····································	• 4
2.1 解析範囲	• 4
2.2 設計条件・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	• 4
2.3 運転条件・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	• 4
2.4 材料	• 4
2.5 物性値及び許容応力・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	• 4
2.6 応力の記号と方向・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	• 4
3. 温度分布計算 ······	• 4
4. 応力計算・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	• 5
4.1 応力評価点・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	• 5
4.2 差圧による応力・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	• 5
4.2.1 荷重条件(L02) ·····	• 5
4.2.2 計算方法・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	• 5
4.3 外荷重による応力・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	• 6
4.3.1 荷重条件(LO3, LO4, L14及びL16) ······	• 6
4.3.2 計算方法・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	• 6
4.4 熱応力・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	• 7
5. 応力強さの評価・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	• 8
5.1 一次一般膜応力強さの評価・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	• 8
5.2 一次一般膜+一次曲げ応力強さの評価・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	· 8
5.3 一次+二次応力強さの評価・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	• 8
<ol> <li>繰返し荷重の評価・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・</li></ol>	• 9
6.1 設計・建設規格 CSS-3130 についての検討・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	• 9

# 図表目次

図 1-1	形状・寸法・材料・応力評価点・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	2
図 4-1	中央燃料支持金具の差圧による応力計算モデル・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	10
図 4-2	中央燃料支持金具の外荷重による応力計算モデル・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	10
表 5-1	一次一般膜応力強さの評価方法・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	11
表 5-2	一次一般膜+一次曲げ応力強さの評価方法・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	12
表 5-3	一次+ <sup>一</sup> 次応力強さの評価方法・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	13

#### 1. 一般事項

本計算書は、燃料支持金具の応力計算書である。

- 1.1 形状・寸法・材料
   本計算書で解析する箇所の形状・寸法・材料を図1-1に示す。
- 1.2 記号の説明

「V-3-別添 6-1 炉心支持構造物の応力解析の方針」(以下「応力解析の方針」という。)の 2章による。

さらに、本計算書において、以下の記号を用いる。

記号	記号の説明	単 位
А	断面積	$\mathrm{mm}^2$
Di	内径	mm
Do	外 径	mm
Ι	断面二次モーメント	$\mathrm{mm}^4$
l	高さ	mm
t	厚さ	mm

1.3 考慮する荷重

考慮した荷重は、次のとおりである。

- a. 差 圧
- b. 外荷重

各荷重の値を「応力解析の方針」の4章に示す。

なお,応力評価点の選定に当たっては,形状不連続,溶接部及び厳しい荷重作用点に着目し, 応力評価上厳しくなる代表的な評価点を本計算書に記載している。



図1-1(1) 形状・寸法・材料・応力評価点(単位:mm)



図1-1(2) 形状・寸法・材料・応力評価点(単位:mm)

- 2. 計算条件
- 2.1 解析範囲
   解析範囲を図1-1に示す。
- 2.2 設計条件設計条件を「応力解析の方針」の4.1節に示す。
- 2.3 運転条件
   考慮した運転条件とその回数を「応力解析の方針」の4.2節に示す。
- 2.4 材料
   各部の材料を図1-1に示す。
- 2.5 物性値及び許容応力 物性値及び許容応力は、「応力解析の方針」の3.4節及び3.6節による。 溶接部の継手効率を「応力解析の方針」の3.7節に示す。
- 2.6 応力の記号と方向 応力の記号とその方向は、以下のとおりとする。
  - σt :周方向応力
  - σℓ:軸方向応力
  - σr :半径方向応力
  - τtl: せん断応力



3. 温度分布計算

燃料支持金具は、すべて同一領域(領域B)内にあること、また、薄肉構造で材料の異なる部 分はなく温度勾配は無視し得ることから温度分布計算を行わない。

- 4. 応力計算
- 4.1 応力評価点応力評価点の位置を図 1-1 に示す。
- 4.2 差圧による応力
  - 4.2.1 荷重条件(L02)
     各運転条件による差圧を「応力解析の方針」の4.2節に示す。
     計算は、設計条件に対して行い、各供用状態(許容応力状態)での応力は、比例計算により求める。

#### 4.2.2 計算方法

中央燃料支持金具の差圧による応力は、応力評価点の位置における断面で、外径を φ \_\_\_\_\_m とし、かつ厚さが最小となる円筒を考え計算する。

中央燃料支持金具の差圧による応力計算のモデルを、図4-1に示す。

周辺燃料支持金具の差圧による応力は,応力評価点の位置における断面の円筒を考え計 算する。

(1) 一次一般膜応力

差圧 P13による一次一般膜応力は、次式で求める。

$$\sigma t = \frac{1}{Y-1} \cdot P_{13}$$

$$\sigma \ell = \frac{1}{\mathbf{Y}^2 - 1} \cdot \mathbf{P}_{13}$$

$$\sigma_{\rm r} = -\frac{1}{{\rm Y}+1} \cdot {\rm P}_{13}$$

$$z z \overline{c}, \quad Y = \frac{D_0}{D_1}$$

- (2) 一次一般膜+一次曲げ応力
   差圧による一次曲げ応力は存在しない。したがって、一次一般膜+一次曲げ応力は一次
   一般膜応力と同じである。
- (3) 一次+二次応力差圧 P<sub>13</sub>による一次+二次応力は、次式で求める。

$$\sigma t = \frac{1+K^2}{Y^2-1} \cdot P_{13}$$

$$\sigma \ell = \frac{1}{Y^2 - 1} \cdot P_{13}$$

$$\sigma_{\rm r} = \frac{1-K^2}{Y^2-1} \cdot P_{13}$$

ここで、K=Y(内表面) K=1 (外表面)

- 4.3 外荷重による応力
  - 4.3.1 荷重条件(L03, L04, L14 及びL16) 燃料支持金具に働く外荷重を「応力解析の方針」の4.2 節に示す。
  - 4.3.2 計算方法

中央燃料支持金具の外荷重による応力は,応力評価点の位置における断面で,その断面 の最小幅を内径とし,かつ厚さが最小となる円筒を考え計算する。

中央燃料支持金具の外荷重による応力計算のモデルを、図4-2に示す。

周辺燃料支持金具の外荷重による応力は,応力評価点の位置における断面の円筒を考え 計算する。

(1) 一次一般膜応力

外荷重による一次一般膜応力は、次式で求める。

$$\sigma \ell = \frac{V}{A} + \frac{M}{I} \cdot \frac{D \circ}{2}$$
$$\tau t \ell = \frac{H}{A}$$

- ここで、M:応力評価点での水平力Hにより発生するモーメント M=H・ℓ
- (2) 一次一般膜+一次曲げ応力
   外荷重による一次曲げ応力は存在しない。したがって、一次一般膜+一次曲げ応力は、
   一次一般膜応力と同じである。
- (3) 一次+二次応力

外荷重による二次応力は存在しない。したがって、一次+二次応力は一次一般膜+一次 曲げ応力と同じである。

6

# 4.4 熱応力

3章で述べたように熱応力は無視できる。

- 5. 応力強さの評価
- 5.1 一次一般膜応力強さの評価 一次一般膜応力強さの評価に用いる荷重の組合せを表 5-1 に示す。
- 5.2 一次一般膜+一次曲げ応力強さの評価 一次一般膜+一次曲げ応力強さの評価に用いる荷重の組合せを表 5-2 に示す。
- 5.3 一次+二次応力強さの評価

一次+二次応力強さの評価に用いる荷重の組合せを表 5-3 に示す。

- 6. 繰返し荷重の評価
- 6.1 設計・建設規格 CSS-3130 についての検討

燃料支持金具について,設計・建設規格 CSS-3130 により疲労解析が不要となることを以下 の(1)から(3)で確認する。

なお、物性値E、α及びSの値は、「応力解析の方針」の表 3-3 による。

(1) 設計・建設規格 CSS-3130(1)及び CSS-3130(2)

3 章で述べたように、燃料支持金具の温度差は無視し得るので、設計・建設規格 CSS-3130(1)及びCSS-3130(2)の検討は不要である。

- (2) 設計・建設規格 CSS-3130(3)(異なる材料よりなる部分の温度変動) 燃料支持金具には,縦弾性係数又は熱膨張係数の異なる材料よりなる部分は存在しない。
- (3) 設計・建設規格 CSS-3130(4) (機械的荷重変動)
  - 機械的荷重により生じる応力の全振幅が,荷重変動回数10<sup>11</sup>回に対応する繰返しピーク応 力強さを超えないことを確認する。

10<sup>11</sup> 回に対応する繰返しピーク応力強さ:S= 機械的荷重変動による応力の全振幅 :  $\Delta \sigma$ したがって、S> $\Delta \sigma$ であれば、条件を満足する。



図 4-1 中央燃料支持金具の差圧による応力計算モデル(単位:mm)



図 4-2 中央燃料支持金具の外荷重による応力計算モデル(単位:mm)
<b>古</b>	迎封冬州	世田史能で	伊田中能り	許容応力状態	許容応力状!	態
仰里	成訂未什	医用状態し	医用状感 D	III ∧ S	IV A S	
L02*	1.000					
差圧				+		
L03						
設計機械的荷重	1.000	_	_	—	—	
L04		1.000	1.000	1.000	1.000	
死荷重	_					
L14						
地震荷重Sd*	_	_	_	1.000	—	
L16						
地震荷重S s	_	_	_	_	1.000	
許容値	「応力解析の方針」の 3.6 節及び 3.7 節による。					
注記 *:( )内は圧力の値(MPa)を示す。						

表 5-1 一次一般膜応力強さの評価方法

注2:

注1:荷重条件は、「応力解析の方針」の4章に示す。

荷重	設計条件	供用状態C	供用状態D	許容応力状態 ⅢAS	許容応力状態 IVAS	
L02*	1.000					
差圧						
L03 設計機械的荷重	1.000	_	_	_	_	
L04 死荷重	_	1.000	1.000	1.000	1.000	
L14 地震荷重Sd*	_	_	_	1.000	_	
L16 地震荷重Ss	_	_	_	_	1.000	
許容値	「応力解析の方針」の 3.6 節及び 3.7 節による。					

## 表 5-2 一次一般膜+一次曲げ応力強さの評価方法

注記 \*: ( )内は圧力の値 (MPa)を示す。

注2:

注1:荷重条件は、「応力解析の方針」の4章に示す。

表 5-3 一次+二次応力強さの評価方法

荷重	C03-01 起動昇温	C12-01 定格出力運転
L02* 差圧		
L04 死荷重	1.000	1.000

供用状態A及びB

注記 \*: ( )内は圧力の値 (MPa)を示す。

注1:荷重条件は、「応力解析の方針」の4章に示す。

注2:

V-3-別添 6-7 中央燃料支持金具の応力計算書

本計算書の評価結果については,添付書類「V-3-別添 6-6 燃料支持金具の応力計算書」による。

V-3-別添 6-8 周辺燃料支持金具の応力計算書

本計算書の評価結果については,添付書類「V-3-別添 6-6 燃料支持金具の応力計算書」による。

V-3-別添 6-9 制御棒案内管の応力計算書

1. –	-般事項 ·····	1
1.1	形状・寸法・材料 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	1
1.2	記号の説明・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	1
1.3	考慮する荷重・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	1
2. 言	+算条件・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	3
2.1	解析範囲 ••••••••••••••••••••••••••••••••••••	3
2.2	設計条件 ·····	3
2.3	運転条件 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	3
2.4	材料 ••••••••••••••••••••••••••••••••••••	3
2.5	物性値及び許容応力・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	3
2.6	応力の記号と方向・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	3
3. 湛	晶度分布計算 ·····	4
3.1	境界の熱伝達率 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	4
3.2	温度分布の計算 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	4
3.	2.1 荷重条件	4
3.	2.2 計算方法 ·····	4
3.	2.3 温度遷移図	4
3.	2.4 温度分布図	4
3.3	熱応力の計算時点・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	4
4. 凥	芯力計算 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	5
4.1	応力評価点 ·····	5
4.2	差圧による応力・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	5
4.	2.1 荷重条件(L02) ·····	5
4.	2.2 計算方法 ·····	5
4.3	外荷重による応力・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	6
4.	3.1 荷重条件(L03, L04, L14 及び L16)・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	6
4.	3.2 計算方法	6
4.4	熱応力	6
4.	4.1 荷重条件(L10) ·····	6
4.	4.2 計算方法	6

5. 応力強さの評価 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	7
5.1 一次一般膜応力強さの評価 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	7
5.2 一次一般膜+一次曲げ応力強さの評価・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	7
5.3 一次+二次応力強さの評価 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	7
6. 繰返し荷重の評価 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	8
6.1 疲労解析	8
6.1.1 設計・建設規格 CSS-3300の適用性の検討・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	8
6.1.2 繰返しピーク応力強さ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	8
7. 特別な応力の検討・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	9
7.1 軸圧縮応力の評価・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	9
7.1.1 計算データ ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	9
7.1.2 圧縮応力 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	9
7.1.3 許容圧縮応力 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	10
7.1.4 軸圧縮応力の評価 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	10
7.2 外圧の評価・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	11
7.2.1 外圧	11
7.2.2 許容外圧	11
7.2.3 外圧の評価・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	11
別添 応力計算モデルの寸法 ・・・・・	44

## 図表目次

図 1-1	形状・寸法・材料・応力評価点・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	2
図 3-1	温度分布及び応力計算のモデル・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	12
図 3-2	温度遷移図・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	13
図 3-3	温度分布図・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	19
表 3-1	熱伝達率の計算・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	29
表 4-1	応力集中係数 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	35
表 5-1	一次一般膜応力強さの評価方法・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	36
表 5-2	一次一般膜+一次曲げ応力強さの評価方法 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	37
表 5-3	一次+二次応力強さの評価方法・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	38
表 6-1	一次+二次応力強さの評価方法(熱曲げを除く。) ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	40
表 6-2	一次+二次+ピーク応力強さの評価方法 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	42

## 1. 一般事項

本計算書は、制御棒案内管の応力計算書である。

1.1 形状・寸法・材料

本計算書で解析する箇所の形状・寸法・材料を図1-1に示す。

1.2 記号の説明

「V-3-別添 6-1 炉心支持構造物の応力解析の方針」(以下「応力解析の方針」という。)の 2章による。

記 号	記号の説明	単 位
А	断面積	$\mathrm{mm}^2$
Di	内径	mm
Do	外径	mm
Ι	断面二次モーメント	$\mathrm{mm}^4$
Ro	外半径	mm
t	厚さ	mm
σca	許容圧縮応力	MPa
Ра	許容外圧	MPa
L	長さ	mm

さらに、本計算書において、以下の記号を用いる。

1.3 考慮する荷重

考慮した荷重は、次のとおりである。

- a. 差 圧
- b. 外荷重
- c. 熱負荷

差圧及び外荷重の値を「応力解析の方針」の4章に示す。

なお,応力評価点の選定に当たっては,形状不連続,溶接部及び厳しい荷重作用点に着目し, 応力評価上厳しくなる代表的な評価点を本計算書に記載している。



図1-1 形状・寸法・材料・応力評価点(単位:mm)

- 2. 計算条件
- 2.1 解析範囲
   解析範囲を図1-1に示す。
- 2.2 設計条件設計条件を「応力解析の方針」の4.1節に示す。
- 2.3 運転条件考慮した運転条件とその回数を「応力解析の方針」の4.2節に示す。
- 2.4 材 料
   各部の材料を図1-1に示す。
- 2.5 物性値及び許容応力 物性値及び許容応力は、「応力解析の方針」の3.4節及び3.6節による。 溶接部の継手効率を「応力解析の方針」の3.7節に示す。
- 2.6 応力の記号と方向 応力の記号とその方向は、以下のとおりとする。
  - σt :周方向応力
  - σλ :軸方向応力
  - σr :半径方向応力
  - τ tλ : せん断応力
  - τλr:せん断応力



- 3. 温度分布計算
- 3.1 境界の熱伝達率

温度分布計算に使用する制御棒案内管内外面の熱伝達率の計算条件と計算結果を表 3-1 に 示す。

- 3.2 温度分布の計算
  - 3.2.1 荷重条件

「応力解析の方針」の4.2節に示す運転条件に基づいて計算する。

3.2.2 計算方法

温度分布計算は、計算機コード「ABAQUS」により行う。 計算のためのモデルを図 3-1 に示す。 境界における熱伝達率は、3.1 節の計算結果を用いる。

3.2.3 温度遷移図

温度分布計算を行った運転条件について,代表点における温度の時間的変化を図 3-2 に示す。

制御棒案内管での指定した 2 点間の温度差が極値となる時点を図 3-2 に記号 [例 C04-01] で示す。

3.2.4 温度分布図

3.1.3項で選定した2点間の温度差が極値となる時点についての温度分布を図3-3に示す。

3.3 熱応力の計算時点

熱応力計算は,3.2.3 項で選定した2 点間の温度差が極値となる時点及び定格出力運転 [C12-01](計算時点を図3-2中に示す。)に対して行う。

- 4. 応力計算
- 4.1 応力評価点

応力評価点の位置を図 1-1 に示す。 応力集中を生じる箇所の応力集中係数を表 4-1 に示す。

- 4.2 差圧による応力
  - 4.2.1 荷重条件(L02)
     各運転条件による差圧を「応力解析の方針」の4.2節に示す。
     計算は,設計条件に対して行い,各供用状態での応力は,比例計算により求める。
  - 4.2.2 計算方法
    - (1) 一次一般膜応力差圧 P<sup>13</sup>による一次一般膜応力は、次式で求める。

$$\sigma t = -\frac{Y}{Y-1} \cdot P_{13}$$

 $\sigma \lambda = 0$ 

$$\sigma_{\rm r} \!=\! - \!\frac{Y}{Y+1} \! \cdot \, P_{13}$$

$$\sum \mathcal{T}, \quad Y = \frac{D \circ}{D i}$$

- (2) 一次一般膜+一次曲げ応力
   差圧による一次曲げ応力は存在しない。したがって、一次一般膜+一次曲げ応力は一次
   一般膜応力と同じである。
- (3) 一次+二次応力
   差圧によって生じる形状の不連続の効果を含む一次+二次応力の計算は、計算機コード
   「ABAQUS」により行う。
   応力計算のモデル及び仮定した境界条件を図 3-1 に示す。

- 4.3 外荷重による応力
  - 4.3.1 荷重条件(L03, L04, L14 及びL16) 制御棒案内管に働く外荷重を「応力解析の方針」の4.2 節に示す。
  - 4.3.2 計算方法
    - (1) 一次一般膜応力外荷重による一次一般膜応力は、次式で求める。

$$\sigma \, \lambda \!\!=\!\! \frac{V}{A} \!+\! \frac{M}{I} \!\cdot\! \frac{D \, \circ}{2}$$

$$\tau \ {}_{t\lambda} \!\!=\!\! \frac{H}{A}$$

- (2) 一次一般膜+一次曲げ応力
   外荷重による一次曲げ応力は存在しない。したがって、一次一般膜+一次曲げ応力は、
   一次一般膜応力と同じである。
- (3) 一次+二次応力 外荷重によって生じる形状の不連続の効果を含む一次+二次応力の計算は、計算機コード「ABAQUS」により行う。 応力計算のモデル及び仮定した境界条件を図 3-1 に示す。
- 4.4 熱応力
  - 4.4.1 荷重条件(L10) 熱応力計算には、3章で求めた温度分布を用いる。
  - 4.4.2 計算方法

熱応力計算は,計算機コード「ABAQUS」により行う。 応力計算のモデル及び仮定した境界条件を図3-1に示す。

- 5. 応力強さの評価
- 5.1 一次一般膜応力強さの評価 一次一般膜応力強さの評価に用いる荷重の組合せを表 5-1 に示す。
- 5.2 一次一般膜+一次曲げ応力強さの評価 一次一般膜+一次曲げ応力強さの評価に用いる荷重の組合せを表 5-2 に示す。
- 5.3 一次+二次応力強さの評価
   一次+二次応力強さの評価に用いる荷重の組合せを表 5-3 に示す。

一次+二次応力の応力差最大範囲が η・3・Smを超える評価点については,6章で設計・建 設規格 CSS-3300の簡易弾塑性解析の方法を適用し,許容値を満足することの確認を行う。

- 6. 繰返し荷重の評価
- 6.1 疲労解析

制御棒案内管について,一次+二次応力の応力差最大範囲(Sn)がη・3・Smを超える評価 点 P02 で代表して,詳細な繰返し荷重の評価を行う。

6.1.1 設計・建設規格 CSS-3300 の適用性の検討

一次+二次応力の応力差最大範囲がη・3・Smを超える評価点については「応力解析の 方針」の5.6.2項及び以下に示すとおり設計・建設規格 CSS-3300による簡易弾塑性解析 の方法を適用することができる。

(1) 材料の最小降伏点と最小引張強さの比は,以下に示すとおり 0.8 以下である。 (設計・建設規格 CSS-3311)

応力評価点	オナギト	最小降伏点 最小引張強さ		最小降伏点と最	
	12 12	(MPa)	(MPa)	小引張強さの比	
P02 SCS13		185	440	0.42	

- (2) 制御棒案内管の運転温度は 430 ℃以下である。(設計・建設規格 CSS-3312)
- (3) 熱応力のうち曲げ応力を除く一次+二次応力の評価方法を表 6-1 に示す。
   (設計・建設規格 CSS-3313)
- (4) 計算された繰返しピーク応力強さ(S<sub>λ</sub>)に対応する許容繰返し回数(N<sub>a</sub>)を求める。
   (設計・建設規格 CSS-3314)
- (5) 繰返しピーク応力強さは、「応力解析の方針」の 5.6.2 項に従って割り増ししたものを 使用する。(設計・建設規格 CSS-3320)
- 6.1.2 繰返しピーク応力強さ

ー次+二次+ピーク応力強さの評価方法を表 6-2 に示す。 これらの図表より繰返しピーク応力強さ(S<sub>λ</sub>)及び縦弾性係数を補正した繰返しピーク 応力強さ(S<sub>λ</sub>)を求める。

- 7. 特別な応力の検討
- 7.1 軸圧縮応力の評価

制御棒案内管に圧縮応力を発生させる荷重は、「応力解析の方針」の表 4-1(6)に示す鉛直力 である。これらの荷重の組合せにより発生する圧縮応力の評価を行う。

7.1.1 計算データ



7.1.2 圧縮応力

各運転条件での圧縮応力は、次のように求める。

供用状態A及びB









7.1.3 許容圧縮応力

各運転条件での許容圧縮応力は、次のように求める。

供用状態A及びBにおける許容圧縮応力は,設計・建設規格 CSS-3116.1(1)より,次の2つの値のうち小さい方の値を用いる。

Sm=114 MPa

B = 55 MPa

(供用状態A及びBの最高温度 における値)

ここで, B値は次のようにして求める。

設計・建設規格 付録材料図表 Part7 図 11 より,

$$\frac{0.125}{\text{R}_{\circ} / \text{t}} = \frac{0.125}{\text{R}_{\circ} / \text{t}} = 0.0038$$

を用いて,

B = 55 MPa

ゆえに,許容圧縮応力は継手効率を考慮し,

 $\sigma$  ca=27 MPa

供用状態Cにおける許容圧縮応力は,設計・建設規格 CSS-3116.1(2)より,次の2つの 値のうち小さい方の値を用いる。

 $1.5 \cdot S_m = 171 MPa$ 

1.5 · B = 82 MPa

(供用状態Cの最高温度 における値)

ゆえに、許容圧縮応力は継手効率を考慮し、

 $\sigma$  ca=41 MPa

供用状態Dにおける許容圧縮応力は,設計・建設規格 CSS-3116.1(3)より,次の2つの 値のうち小さい方の値を用いる。

2.0 ·  $S_m = 232$  MPa

2.0 · B = 113 MPa

(供用状態Dの最高温度 における値)

ゆえに,許容圧縮応力は継手効率を考慮し,

 $\sigma$  ca=56 MPa

7.1.4 軸圧縮応力の評価

各供用状態における軸圧縮応力の評価を行い,各供用状態における圧縮応力は,設計・ 建設規格 CSS-3116.1を満足することを確認する。

## 7.2 外圧の評価

ボディに作用する外圧の評価を行う。

7.2.1 外圧

各運転条件における外圧を「応力解析の方針」の図 4-2(1)に示す。

7.2.2 許容外圧

各供用状態における許容外圧を次に示す。

(単位:MPa)

条件	許容外圧
供用状態A及びB	$\frac{4 \cdot B^{*1} \cdot t}{3 \cdot D_{\circ}} = 0.44$
供用状態C	$1.5 \cdot \frac{4 \cdot B^{*2} \cdot t}{3 \cdot D_{\circ}} = 0.66$
供用状態D	$2.0 \cdot \frac{4 \cdot B^{*3} \cdot t}{3 \cdot D_{\circ}} = 0.89$
注記 *1:設計・建設	2規格 付録材料図表 Part7 図 11 より
求めた供用	状態A及びBの最高温度
Bの値=22	MPa
*2:設計・建設	と規格 付録材料図表 Part7 図 11 より
求めた供用	状態Cの最高温度におけるBの値
=22 MPa	
*3:設計・建設	と規格 付録材料図表 Part7 図11より
求めた供用	状態Dの最高温度 におけるBの値
=22 MPa	

7.2.3 外圧の評価

各供用状態における外圧の評価を行い,各供用状態における外圧は設計・建設規格 CSS-3220を満足することを確認する。

図 3-1 温度分布及び応力計算のモデル



NT2 補② V-3-別添 6-9 R0





NT2 補② V-3-別添 6-9 R0





















図 3-3(1)	温度分布図	J	(単位:℃)

図 3-3(2)	温度分布区	]	(単位:℃)
	20		

図 3-3(4)	温度分布区	(単位:℃)

図 3-3(5)	温度分布区	(単位:℃)

図 3-3(6)	温度分布図	1	(単位:℃)

図 3-3(7)	温度分布図		(単位:℃)
		_	
----------	-------	---	--------
図 3-3(8)	温度分布区	]	(単位:℃)

I

図 3-3(9)	温度分布図	(	〔単位:℃〕

_			
1			

NT2 補② V-3-別茶 6-9 R0

 $(W/(m^2 \cdot K))$ 熱伝達率 Ч レイノルズ数  $\mathrm{R}_{\mathrm{e}}$ I  $(W/(m \cdot K))$ 熱伝導率  $\sim$ 動粘性係数  $(m^2/s)$  $\mathcal{V}_{0}$ (制御棒案内管ボディ部内径) 注1:流体の種類は「<u>応力解</u>析の方針」の表 3-4 による。 注2:代表長さL= (制御棒案内管ボディ 注3:計算は「応力解析の方針」の添付4による。  $(m^3/h)$ 流量 Q 温度 C) L<sup>f</sup> 注4:流路断面積= 流体 ĸ

表3-1(1) 熱伝達率の計算

NT2 補② V-3-別添 6-9 R0

表3-1(2) 熱伝達率の計算	温度 流量 動粘性係数 熱伝導率 プラントル数 レイノルズ数 熱伝達率	流体 Tf Q v <sup>0</sup> λ Pr Re h	$(^{\circ}C) \qquad (m^{3}/h) \qquad (m^{2}/s) \qquad (W/(m \cdot K)) \qquad (-) \qquad (-) \qquad (W/(m^{2} \cdot K))$	Ψ	注1:流体の種類は「応力解析の方針」の表 3-4 による。	注2:代表長さL=	注3:計算は「応力解析の方針」の添付4による。	注4:流路断面積=
		流体		Ϋ́				

注注注 注注注 注: 注: 注: 注: 注: 注: 注: 注:	<u> 表3-1(3) 熟に達率の計具</u>	流量         動粘性係数         熱伝導率         プラントル数         レイノルズ数         熱伝達率           Q $v_0$ $\lambda$ $P_r$ $R_e$ h           (m <sup>3</sup> /h)         (m <sup>2</sup> /s)         (W/(m·K))         ( - )         ( - )         (W/(m <sup>2</sup> ·K))	i <u>は「応力解</u> 析の方針」の表 3-4 による。 = 5.力解析の方針」の添付 4 による。
		温度 流量 T f Q (m <sup>3</sup> /h)	注1:流体の種類は <u>「応力解</u> 折の 注2:代表長さL= 注3:計算は「応力 <u>解析の方針</u> 」

勅に速家の計管 (6)1--₩3

NT2 補② V-3-別添 6-9 R0

R0
6-9
V-3-別添
補②
NT2

温度         流量         動粘性係数         熱伝導率         レイノルズ数         熱伝達率           k         Tf         Q $\nu_0$ $\Lambda$ Re         h           (°C)         (m <sup>3</sup> /h)         (m <sup>2</sup> /s)         (W/(m·K))         ( - )         (W/(m <sup>2</sup> ·K))		流体の種類は「応力解析の方針」の表 3-4 による。 代表長さ L= 計算は「応力解析の方針」の添付 4 による。
流体	¥	注1:流体の種類 注2:代表長さL 注3:計算は「応

表3-1(4) 熱伝達率の計算

NT2 補② V-3-別添 6-9 R0

レイノルズ数 ~  $\mathrm{R}_{\mathrm{e}}$ I  $\smile$ プラントル数  $\mathbf{P}_{\mathrm{r}}$ ~ 表3-1(5) 熱伝達率の計算  $(W/(m \cdot K))$ 熱伝導率  $\sim$ 動粘性係数  $(m^2/s)$  $\mathcal{V}_0$  $(m^3/h)$ 流量 0 温度 () $\mathbf{T}_{\mathrm{f}}$ 流体 ĸ

 $(W/(m^2 \cdot K))$ 

熱伝達率 h

> 注1:流体の種類は「応力解析の方針」の表 3-4 による。 注2:代表長さ L=\_\_\_\_\_ 注3:計算は「応力解析の方針」の添付 4 による。 注4:流路断面積=

> > 33

	<ul> <li></li></ul>		
	$\begin{array}{c c} \nu \not< \lambda \nu \not> \\ R_{e} \\ ( - \end{array}$		
	プラントル数 Pr ( - )		
執伝達率の計算	熱伝導率 ん (W/(m・K))		Ŷ
表3-1(6)	動粘性係数 ッ <sup>。</sup> (m <sup>2</sup> /s)		」の表 3-4 によ; け 4 に よる。
	流量 Q (m <sup>3</sup> /h)		<u>「応力解</u> 析の方針-         の添(
	温度 T f (°C)		: 流体の種類は : 代表長さ L= : 計算は「応力 <u>静</u> : 流路断面積=
	流体	¥	1 注 1 3 4 4

表 4-1 応力集中係数

応力評価点	Kn	Kb
P01, P02		

注:設計・建設規格 CSS-3140の規定による。

荷重	設計条件	供用状態C	供用状態D	許容応力状態	許容応力状態 W ^ S	
L02*	1.000			III A S	IVAS	
差圧			<u>.</u>			
L03	1 000	_	_	_	_	
設計機械的荷重	1.000					
L04		1 000	1 000	1 000	1 000	
死荷重		1.000	1.000	1.000	1.000	
L14 地震荷重Sd*	_	_	_	1.000	_	
L16 地震荷重Ss	_	-	_	_	1.000	
許容値	「応力解析の方針」の 3.6 節及び 3.7 節による。					

表 5-1 一次一般膜応力強さの評価方法

注記 \*:( )内は圧力の値(MPa)を示す。

注2

注1:荷重条件は、「応力解析の方針」の4章に示す。

荷重	設計条件	供用状態C	供用状態D	許容応力状態 ⅢAS	許容応力状態 IVAS	
L02*	1.000					
差圧						
L03	1 000					
設計機械的荷重	1.000	_	—			
L04		1 000	1 000	1 000	1 000	
死荷重	_	1.000	1.000	1.000	1.000	
L14				1 000		
地震荷重Sd*				1.000		
L16					1 000	
地震荷重Ss	_				1.000	
許容値	「応力解析の方針」の 3.6 節及び 3.7 節による。					

## 表 5-2 一次一般膜+一次曲げ応力強さの評価方法

注記 \*: ( )内は圧力の値 (MPa)を示す。

注1:荷重条件は、「応力解析の方針」の4章に示す。

表 5-3(1) 一次+二次応力強さの評価方法

	C04-01	C08-01	C08-02	C10-01	C10-02
荷重	起動タービン	発電機トリッ	発電機トリッ	スクラムター	スクラムター
	起動	プ	プ	ビントリップ	ビントリップ
L02*1					
差圧					
L04	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000
死荷重	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
L10					
熱負荷	*2	*2	*2	*2	*2

供用状態A及びB

注記 \*1: ( )内は圧力の値 (MPa) を示す。

\*2:各運転条件において熱応力Q(膜+曲げ)を組み合わせる。

注1:荷重条件は、「応力解析の方針」の4章に示す。

表 5-3(2) 一次+二次応力強さの評価方法

	C12-01	C13-01	C20-01	C20-02	C21-01
<b>芦</b> 舌	定格出力運転	停止タービン	スクラム原子	スクラム原子	スクラム逃が
仰里		停止	炉給水ポンプ	炉給水ポンプ	し安全弁誤作
			停止	停止	動
L02*1					
差圧					
L04	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000
死荷重	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
L10					
熱負荷	*2	*2	*2	*2	*2

供用状態A及びB

注記 \*1: ( )内は圧力の値 (MPa)を示す。

\*2:各運転条件において熱応力Q(膜+曲げ)を組み合わせる。

注1:荷重条件は、「応力解析の方針」の4章に示す。

表 6-1(1) 一次+二次応力強さの評価方法(熱曲げを除く。)

	C04-01	C08-01	C08-02	C10-01	C10-02	C12-01
荷重	起動タービ	発電機トリ	発電機トリ	スクラムター	スクラムター	定格出力運転
	ン起動	ップ	ップ	ビントリップ	ビントリップ	
$L02^{*1}$				•		
差圧		-				
L04	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000
死荷重	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
L10						
熱負荷	*2	*2	*2	*2	*2	*2

供用状態A及びB

注記 \*1:()内は圧力の値(MPa)を示す。

\*2:各運転条件において熱応力Q(膜)を組み合わせる。

注1:荷重条件は、「応力解析の方針」の4章に示す。

表 6-1(2) 一次+二次応力強さの評価方法(熱曲げを除く。)

	C13-01	C20-01	C20-02	C21-01
荷重	停止タービン停	スクラム原子炉	スクラム原子炉	スクラム逃がし
	止	給水ポンプ停止	給水ポンプ停止	安全弁誤作動
L02*1				
差圧			,	
L04	1 000	1 000	1 000	1 000
死荷重	1.000	1.000	1.000	1.000
L10				
熱負荷	*2	*2	*2	*2

供用状態A及びB

注記 \*1:()内は圧力の値(MPa)を示す。

\*2:各運転条件において熱応力Q(膜)を組み合わせる。

注1:荷重条件は、「応力解析の方針」の4章に示す。

表 6-2(1) 一次+二次+ピーク応力強さの評価方法

	C04-01	C08-01	C08-02	C10-01	C10-02	C12-01
荷重	起動タービ	発電機トリ	発電機トリ	スクラムター	スクラムター	定格出力運転
	ン起動	ップ	ップ	ビントリップ	ビントリップ	
$L02^{*1}$				-		
差圧						
L04	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000
死荷重	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
L10						
熱負荷	<b>*</b> 2	*2	*2	*2	*2	*2

供用状態A及びB

注記 \*1:()内は圧力の値(MPa)を示す。

\*2:各運転条件において熱応力Q(膜+曲げ)+Fを組み合わせる。

注1:荷重条件は、「応力解析の方針」の4章に示す。

表 6-2(2) 一次+二次+ピーク応力強さの評価方法

	C13-01	C20-01	C20-02	C21-01
荷重	停止タービン停	スクラム原子炉	スクラム原子炉	スクラム逃がし
	止	給水ポンプ停止	給水ポンプ停止	安全弁誤作動
L02*1				
差圧				
L04	1 000	1 000	1 000	1 000
死荷重	1.000	1.000	1.000	1.000
L10				
熱負荷	*2	*2	*2	*2

供用状態A及びB

注記 \*1: ( )内は圧力の値 (MPa) を示す。

\*2:各運転条件において熱応力Q(膜+曲げ)+Fを組み合わせる。

注1:荷重条件は、「応力解析の方針」の4章に示す。

## V-4 その他計算書

V-4-1 安全弁及び逃がし弁の吹出量計算書

V-4-2 生体遮蔽装置の放射線の遮蔽及び熱除去についての計算書

V-4-2-1 中央制御室の生体遮蔽装置の放射線の遮蔽及び熱除去についての計算書

V-4-2-2 緊急時対策所の遮蔽装置の放射線の遮蔽及び熱除去についての計算書

V-4 その他計算書

V-4-1 安全弁及び逃がし弁の吹出量計算書

		頁
1.	概要 ••••••••••••••••••••••••••••••••••••	1
2.	基本方針 ••••••	1
	2.1 記号の定義 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	2
	2.2 容量計算方法 ••••••••••••••••••••••••••••••••••••	5
3.	原子炉冷却系統施設の安全弁等の容量計算結果 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	6
4.	計測制御系統施設の安全弁等の容量計算結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	44
5.	原子炉格納施設の安全弁等の容量計算結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	50
6.	非常用電源設備の安全弁等の容量計算結果 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	54

### 1. 概要

本書類は、「実用発電用原子炉及びその付属施設の技術基準に関する規則」(以下「技術基準規 則」という。)第20条及び第57条並びにそれらの「実用発電用原子炉及びその付属施設の技術基準 に関する規則の解釈」の安全弁等の規定に基づき設置された原子炉冷却系統施設、計測制御系統施 設、原子炉格納施設及び非常用電源設備の安全弁及び逃がし弁が、必要な機能・性能を有すること を確認するための容量計算の方針と、これに基づいた計算結果について説明するものである。

重大事故等時に流路となる配管及び容器に付属する安全弁及び逃がし弁が、今回重大事故等対処 設備として申請範囲となるため、本計算書にて必要吹出量又は容量の算定を行う。

#### 2. 基本方針

ガス用安全弁及び逃がし弁(以下「安全弁等」という。)の容量計算は,各安全弁等の施設時に 適用された「発電用原子力設備に関する構造等の技術基準」(昭和45年通商産業省告示第501 号)(以下「S45年告示第501号」という。)第73条(安全弁等の容量の計算式),又は「発 電用原子力設備規格(設計・建設規格(2005年版(2007年追補版を含む。))JSME S N C1-2005/2007)」(日本機械学会 2007年)(以下「設計・建設規格」という。)第10章 安全弁等の規定に基づいて算定し,算定結果が必要な吹出量以上であることを確認する。

ただし,逃がし弁のうち施設時の適用基準が S45 年告示第501号のものについては,容量の計 算式の規定がないことから,設計・建設規格に基づき評価を実施する。

# 2.1 記号の定義

安全弁等の容量計算に用いる記号について、次に説明する。

(1) ガス用安全弁の容量計算に使用するもの

a. S	345 年告示第5	01号	こ基づく評	F価を実施す	る場合
------	-----------	-----	-------	--------	-----

	記号	単位	定義
	W	kg/h	弁の容量
ガ	D 1	cm	弁座口の径
ス用空	D <sub>2</sub>	mm	のど部の径
女全弁	L	cm	リフト
の容量計	Р	kg/cm² (MPa)	吹出圧力
町算*に	Т	К	気体の温度(絶対温度)
に使用するもの	А	$\mathrm{cm}^2$	弁の有効面積 リフトが弁径の1/4未満の場合 A=2.22 D <sub>1</sub> ・L リフトが弁径の1/4以上の場合 A=0.785 D <sub>2</sub> <sup>2</sup>
	М	—	気体の分子量

注記 \*: S45 年告示第501号第73条第4項による。

	記号	甲位	定義
	Qm	kg/h	公称吹出量(容量)
	D <sub>t</sub>	mm	のど部の径
	D	mm	弁座口の径
	L	mm	リフト
	Р	MPa	吹出圧力
			κとP <sub>2</sub> /P <sub>1</sub> とによる係数
			(「蒸気用及びガス用ばね安全弁」(日本工業規
	C'	_	格 JIS B 8210-1994) 附属書図2に
귀	C		よる)
ルス			κ:断熱指数(Cp/Cv),不明の場合κ=
用安			1.0とする。
全金	D	MD	公称吹出量決定圧力の絶対圧力
の	$P_1$	MPa	(設定圧力の1.1倍の絶対圧力)
谷量	P 2	MPa	背圧の絶対圧力
計算	K d	_	公称吹出係数
・ に			吹出面積
使用			$\Delta$ 鲁士亚云应の担合 $\Lambda - \pi$ · D <sup>2</sup>
する			生里式平面座の場合 A
るも	А	$\mathrm{mm}^2$	揚程式平面座の場合 A=π・D・L
0)			(「蒸気用及びガス用ばね安全弁」(日本工業規
			格JIS B 8210-1994) 附属書付図1に
			よる)
	М	—	ガスの分子量
			圧縮係数
	7		(「蒸気用及びガス用ばね安全弁」(日本工業規
	L	—	格JIS B 8210-1994) 附属書図3によ
			る)
	Т	К	公称吹出量決定圧力におけるガスの絶対温度
注記	*: 設計・建設規	格 SRV-3111 (2) (	による。

b. 設計・建設規格に基づく評価を実施する場合

(2	(2)逃がし弁の容量計算に使用するもの				
	記号	単位	定義		
逃	W	kg/h	弁の容量		
がし	Р	MPa	吹出圧力		
弁の	А	$\mathrm{mm}^2$	弁の流体通路の最小面積		
容具	10		流量係数		
重計	11		(0.5又は実験的に求めた値)		
算 *	D	mm	弁座口の径		
に使	$d_{\rm t}$	mm	のど部の径		
用 す	L	mm	リフト		
るも	∠P	MPa	逃がし弁入口の圧力と逃がし弁出口の圧力との差		
Ō	G	kg/m <sup>3</sup>	入口側の液体の密度		

\_\_\_\_\_ 注記 \*:設計・建設規格 SRV-3112 による。

## 2.2 容量計算方法

安全弁等の容量については、次の適用基準に基づく計算式により容量を求める。

項目	適用基準		計 算 式
ガス用安全弁の	1	S45 年告示第501号 第73条第4項	W=230A (P+1) $\sqrt{\frac{M}{T}}$
吹出量 (容量)	2	設計・建設規格 SRV-3111(2)* <sup>1</sup>	$Q_m = C' \cdot K_d \cdot A \cdot P_1 \sqrt{\frac{M}{Z \cdot T}} \times 0.9$
逃がし弁の容量	3	設計・建設規格 SRV-3112	W=5.04A $\cdot$ n $\sqrt{1.1}$ $\triangle$ P $\cdot$ G *2

注記 \*1:日本工業規格 JIS B 8210-1994「蒸気用及びガス用ばね安全弁」の「附属書 安全弁の公称吹出し量の算定方法」の「3 ガス用に対する公称吹出し量」による。

\*2:弁の流体通路の最小面積は以下の計算式で求めた最も小さな値を使用する。

• A = 
$$(\pi / 4) D_{t^2}$$

 $\cdot \mathbf{A} = \pi \cdot \mathbf{D} \cdot \mathbf{L}$ 

3. 原子炉冷却系統施設の安全弁等の容量計算結果

3. 原子炉冷却系統施設の安全弁等の容量計算結果

番号	弁番号	適用基準
1	E12-F005	3
2	Е12-F025А, В	3
3	E12-F025C	3
4	E12-F088A, B	3
5	E12-F088C	3
6	E12-FF028	3
7	3-12VB001A, B	3
8	E22-F014	3
9	E22-F035	3
10	E21-F018	3
11	E21-F031	3
12	E51-F017	3
13	7-9V18A, B	3
14	7-9V19A, B	3
15	7-9V20	3
16	CUW-VLV-B001 SHELL-SV	3
17	CUW-VLV-B002 TUBE-SV	3
18	G33-62A, B	3

以下の逃がし弁の容量計算結果を次頁以降に示す。

3.1.1. 吹出し量の計算式

3.1.1.1 設計条件

名	称	E12-F005	
種	類	非平衡型	
形	式	逃がし弁	
呼び径(入 口	)	25	А
流体取入口の	径 d i =	25.0	mm
のど部の	径 d t =		
弁座口の	径 D =		
リフ	ŀ L =		
流体の種	類	水	
最高使用圧	力 (MPa)	1.52	
最高使用温	度 (℃)	174	
個	数	1	

3.1.1.2 吹出し量の計算式

逃がし弁としての吹出し量は,発電用原子力設備規格(設計・建設規格 JSME S NC1-2001及び2005【事例規格】過圧防護に関する規定 NC-CC-00 1)(日本機械学会2006年3月)0PP-7000により,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9月)SRV-3112に従う。

W = 5. 04 · A · n ·  $\sqrt{1.1 \cdot \bigtriangleup P \cdot G}$ 

ここで,

W:弁の容量 (kg/h)

A:弁の流体通路の最小面積(mm<sup>2</sup>) 98.96

n:流量係数(実験的に求めた値以外は0.5とする。) 0.5

△P:逃がし弁入口圧力と逃がし弁出口圧力との差(MPa) 1.52

G:入口側流体の密度(kg/m<sup>3</sup>) 1000.0

3.1.2. 逃がし弁の吹出し量

3.1.1.2節の式よりWは以下となる。

W=5.04 × 98.96 × 0.5 ×  $\sqrt{1.1 \times 1.52 \times 1000.0}$ 

=10190 kg/h

よって逃がし弁の容量は、シートパスおよび流体の熱膨張等による必要容量を満足する ため十分である。 3.2.1. 吹出し量の計算式

3.2.1.1 設計条件

名	称		E12-F025	А, В
種	類		非平衡型	
形	式		逃がし弁	
呼び径(入 口	)		25	А
流体取入口の	径	d i =	25.0	mm
のど部の	径	$d_t =$		
弁座口の	径	D =		
リフ	$\mathbb{P}$	L =		
流体の種	類		水	
最 高 使 用 圧	力	(MPa)	3.45	
最 高 使 用 温	度	(°C)	174	
個	数		2	

3.2.1.2 吹出し量の計算式

逃がし弁としての吹出し量は,発電用原子力設備規格(設計・建設規格 JSME S NC1-2001及び2005【事例規格】過圧防護に関する規定 NC-CC-00 1)(日本機械学会2006年3月)0PP-7000により,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9月)SRV-3112に従う。

W = 5. 04 · A · n ·  $\sqrt{1.1 \cdot \bigtriangleup P \cdot G}$ 

ここで,

W:弁の容量 (kg/h)

A:弁の流体通路の最小面積(mm<sup>2</sup>) 98.96

n:流量係数(実験的に求めた値以外は0.5とする。) 0.5

△P:逃がし弁入口圧力と逃がし弁出口圧力との差(MPa) 3.45

G:入口側流体の密度(kg/m<sup>3</sup>) 1000.0

3.2.2. 逃がし弁の吹出し量

3.2.1.2節の式よりWは以下となる。

 $W = 5.04 \times 98.96 \times 0.5 \times \sqrt{1.1 \times 3.45 \times 1000.0}$ 

=15360 kg/h

よって逃がし弁の容量は、シートパスおよび流体の熱膨張等による必要容量を満足する ため十分である。 3.3.1. 吹出し量の計算式

3.3.1.1 設計条件

名	称		E12-F025	С
種	類		非平衡型	
形	式		逃がし弁	
呼び径(入口	)		25	А
流体取入口の	径(	1 i =	25.0	mm
のど部の	径(	t t =		
弁座口の	径 I	) =		
リフ	トI	_ =		
流体の種	類		水	
最高使用圧	力 ()	MPa)	3.45	
最高使用温	度(	C)	100	
個	数		1	

3.3.1.2 吹出し量の計算式

逃がし弁としての吹出し量は,発電用原子力設備規格(設計・建設規格 JSME S NC1-2001及び2005【事例規格】過圧防護に関する規定 NC-CC-00 1)(日本機械学会2006年3月)0PP-7000により,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9月)SRV-3112に従う。

W = 5. 04  $\cdot$  A  $\cdot$  n  $\cdot \sqrt{1.1 \cdot \bigtriangleup P \cdot G}$ 

ここで,

W:弁の容量 (kg/h)

A:弁の流体通路の最小面積(mm<sup>2</sup>) 98.96

n:流量係数(実験的に求めた値以外は0.5とする。) 0.5

△P:逃がし弁入口圧力と逃がし弁出口圧力との差(MPa) 3.45

G:入口側流体の密度(kg/m<sup>3</sup>) 1000.0

3.3.2. 逃がし弁の吹出し量

3.3.1.2節の式よりWは以下となる。

 $W = 5.04 \times 98.96 \times 0.5 \times \sqrt{1.1 \times 3.45 \times 1000.0}$ 

=15360 kg/h

よって逃がし弁の容量は、シートパスおよび流体の熱膨張等による必要容量を満足する ため十分である。
3.4.1. 吹出し量の計算式

3.4.1.1 設計条件

名	称		E12-F088	А, В
種	類		非平衡型	
形	式		逃がし弁	
呼び径(入 口	])		25	А
流体取入口の	)径	d i =	25.0	mm
のど部の	径	d t =		
弁座口の	径	D =		
リフ	$\mathbb{P}$	L =		
流体の種	類		水	
最高使用圧	力	(MPa)	1.52	
最高使用温	度	(°C)	174	
個	数		2	

3.4.1.2 吹出し量の計算式

逃がし弁としての吹出し量は,発電用原子力設備規格(設計・建設規格 JSME S NC1-2001及び2005【事例規格】過圧防護に関する規定 NC-CC-00 1)(日本機械学会2006年3月)0PP-7000により,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9月)SRV-3112に従う。

W = 5. 04 · A · n ·  $\sqrt{1.1 \cdot \bigtriangleup P \cdot G}$ 

ここで,

W:弁の容量 (kg/h)

A:弁の流体通路の最小面積(mm<sup>2</sup>) 98.96

n:流量係数(実験的に求めた値以外は0.5とする。) 0.5

△P:逃がし弁入口圧力と逃がし弁出口圧力との差(MPa) 1.52

3.4.2. 逃がし弁の吹出し量

3.4.1.2節の式よりWは以下となる。

 $W = 5.04 \times 98.96 \times 0.5 \times \sqrt{1.1 \times 1.52 \times 1000.0}$ 

=10190 kg/h

3.5.1. 吹出し量の計算式

3.5.1.1 設計条件

名	称		E12-F088	С
種	類		非平衡型	
形	式		_	
呼び径(入口	)		40	А
流体取入口の	径	d i =	40.0	mm
のど部の	径	d t =		
弁座口の	径	D =		
リフ	$\mathbb{P}$	L =		
流体の種	類		水	
最高使用圧	力	(MPa)	0.86	
最高使用温	度	(°C)	100	
個	数		1	

3.5.1.2 吹出し量の計算式

逃がし弁としての吹出し量は,発電用原子力設備規格(設計・建設規格 JSME S NC1-2001及び2005【事例規格】過圧防護に関する規定 NC-CC-00 1)(日本機械学会2006年3月)0PP-7000により,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9月)SRV-3112に従う。

W = 5.04 · A · n ·  $\sqrt{1.1 \cdot \bigtriangleup P \cdot G}$ 

ここで,

W:弁の容量 (kg/h)

A:弁の流体通路の最小面積(mm<sup>2</sup>) 150.7

n:流量係数(実験的に求めた値以外は0.5とする。) 0.5

△P:逃がし弁入口圧力と逃がし弁出口圧力との差(MPa) 0.86

3.5.2. 逃がし弁の吹出し量

3.5.1.2節の式よりWは以下となる。

 $W = 5.04 \times 150.7 \times 0.5 \times \sqrt{1.1 \times 0.86 \times 1000.0}$ 

=11680 kg/h

3.6.1. 吹出し量の計算式

3.6.1.1 設計条件

名	称		E12-FF02	8
種	類		平衡型	
形	式		逃がし弁	
呼び径(	入口)		25	А
流体取2	、口の径	d i =	22.0	mm
のど音	ふの 径	d t =		
弁座 □	1の 径	D =		
リフ	7 下	L =		
流体の	)種類		水	
最 高 使	用圧力	(MPa)	8.62	
最 高 使	用 温 度	(°C)	302	
個	数		1	

3.6.1.2 吹出し量の計算式

逃がし弁としての吹出し量は,発電用原子力設備規格(設計・建設規格 JSME S NC1-2001及び2005【事例規格】過圧防護に関する規定 NC-CC-00 1)(日本機械学会2006年3月)0PP-7000により,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9月)SRV-3112に従う。

W = 5. 04 · A · n ·  $\sqrt{1.1 \cdot \bigtriangleup P \cdot G}$ 

ここで,

W:弁の容量 (kg/h)

A:弁の流体通路の最小面積(mm<sup>2</sup>) 81.68

n:流量係数(実験的に求めた値以外は0.5とする。) 0.5

△P:逃がし弁入口圧力と逃がし弁出口圧力との差(MPa)7.09

3.6.2. 逃がし弁の吹出し量

3.6.1.2節の式よりWは以下となる。

 $W = 5.04 \times 81.68 \times 0.5 \times \sqrt{1.1 \times 7.09 \times 1000.0}$ 

=18170 kg/h

3.7.1. 吹出し量の計算式

3.7.1.1 設計条件

名	称	3-12VB001A, B
種	類	非平衡形
形	式	逃がし弁
呼び径(入口	)	40 A
流体取入口の	径 d i =	40 mm
のど部の	径 d <sub>t</sub>	
弁座口の	径 D	
リフ	トL	
流体の種	類	海水
最 高 使 用 圧	力 (MPa)	3.45
最 高 使 用 温	度 (℃)	249
個	数	2

# 3.7.1.2 吹出し量の計算式

逃がし弁としての吹出し量は,発電用原子力設備規格(設計・建設規格 JSME S NC1-2001及び2005 【事例規格】 過圧防護に関する規定 NC-CC-001)(日本 機械学会2006年3月) 0PP-7000 により,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9月) SRV-3112 に従う。

W = 5. 04  $\cdot$  A  $\cdot$  n  $\cdot \sqrt{1.1} \cdot \angle$  P  $\cdot$  G

ここで,

W:弁の容量 (kg/h)

A:弁の流体通路の最小面積(mm<sup>2</sup>)150.7

n:流量係数(実験的に求めた値以外は0.5とする。) 0.5

△P:逃がし弁入口圧力と逃がし弁出口圧力との差(MPa) 3.45

3.7.2. 逃がし弁の吹出し量

3.7.1.2節の式よりWは以下となる。

- W= 5.04×150.7×0.5× $\sqrt{1.1×3.45×1025.9}$ 
  - = 23695 kg/h
  - =  $2.369 \times 10^4$  kg/h

3.8.1. 吹出し量の計算式

3.8.1.1 設計条件

名	称		E22-F014	
種	類		非平衡型	
形	式		逃がし弁	
呼び径(入口	)		25	А
流体取入口の	径	d i =	25.0	mm
のど部の	径	$d_{t} =$		
弁座口の	径	D =		
リフ	$\mathbb{P}$	L =		
流体の種	類		水	
最高使用圧	力	(MPa)	0.70	
最高使用温	度	(°C)	100	
個	数		1	

3.8.1.2 吹出し量の計算式

逃がし弁としての吹出し量は,発電用原子力設備規格(設計・建設規格 JSME S NC1-2001及び2005【事例規格】過圧防護に関する規定 NC-CC-00 1)(日本機械学会2006年3月)0PP-7000により,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9月)SRV-3112に従う。

W = 5. 04 · A · n ·  $\sqrt{1.1 \cdot \bigtriangleup P \cdot G}$ 

ここで,

W:弁の容量 (kg/h)

A:弁の流体通路の最小面積(mm<sup>2</sup>) 56.54

n:流量係数(実験的に求めた値以外は0.5とする。) 0.5

△P:逃がし弁入口圧力と逃がし弁出口圧力との差(MPa) 0.70

3.8.2. 逃がし弁の吹出し量

8.1.2節の式よりWは以下となる。

W = 5. 04 × 56. 54 × 0. 5 ×  $\sqrt{1.1 \times 0.70 \times 1000.0}$ 

= 3950 kg/h

3.9.1. 吹出し量の計算式

3.9.1.1 設計条件

名	称	E22-F035	
種	類	非平衡型	
形	式	逃がし弁	
呼び径(入 口	1)	40	А
流体取入口の	径 d i =	40.0	mm
のど部の	径 d t =		
弁座口の	径 D =		
リフ	ŀ L =		
流体の種	類	水	
最高使用圧	力 (MPa)	10.69	
最高使用温	度 (℃)	100	
個	数	1	

3.9.1.2 吹出し量の計算式

逃がし弁としての吹出し量は,発電用原子力設備規格(設計・建設規格 JSME S NC1-2001及び2005【事例規格】過圧防護に関する規定 NC-CC-00 1)(日本機械学会2006年3月)0PP-7000により,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9月)SRV-3112に従う。

W = 5. 04 · A · n ·  $\sqrt{1.1 \cdot \bigtriangleup P \cdot G}$ 

ここで,

W:弁の容量 (kg/h)

A:弁の流体通路の最小面積(mm<sup>2</sup>) 150.7

n:流量係数(実験的に求めた値以外は0.5とする。) 0.5

△P:逃がし弁入口圧力と逃がし弁出口圧力との差(MPa) 10.69

3.9.2. 逃がし弁の吹出し量

3.9.1.2節の式よりWは以下となる。

W = 5.04 × 150.7 × 0.5 ×  $\sqrt{1.1 \times 10.69 \times 1000.0}$ 

=41180 kg/h

3.10.1. 吹出し量の計算式

3.10.1.1 設計条件

名	称		E21-F018	
種	類		非平衡型	
形	式		逃がし弁	
呼び径(入 口	)		40	А
流体取入口の	径	d i =	40.0	mm
のど部の	径	$d_t =$		
弁座口の	径	D =		
リフ	$\mathbb{P}$	L =		
流体の種	類		水	
最高使用圧	力	(MPa)	4.14	
最高使用温	度	(°C)	100	
個	数		1	

3.10.1.2 吹出し量の計算式

逃がし弁としての吹出し量は,発電用原子力設備規格(設計・建設規格 JSME S NC1-2001及び2005【事例規格】過圧防護に関する規定 NC-CC-00 1)(日本機械学会2006年3月)0PP-7000により,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9月)SRV-3112に従う。

W = 5. 04 · A · n ·  $\sqrt{1.1 \cdot \bigtriangleup P \cdot G}$ 

ここで,

W: 弁の容量 (kg/h)

A:弁の流体通路の最小面積(mm<sup>2</sup>) 150.7

n:流量係数(実験的に求めた値以外は0.5とする。) 0.5

△P:逃がし弁入口圧力と逃がし弁出口圧力との差(MPa) 4.14

10.2. 逃がし弁の吹出し量

10.1.2節の式よりWは以下となる。

 $W = 5.04 \times 150.7 \times 0.5 \times \sqrt{1.1 \times 4.14 \times 1000.0}$ 

=25620 kg/h

3.11.1. 吹出し量の計算式

3.11.1.1 設計条件



3.11.1.2 吹出し量の計算式

逃がし弁としての吹出し量は,発電用原子力設備規格(設計・建設規格 JSME S NC1-2001及び2005【事例規格】過圧防護に関する規定 NC-CC-00 1)(日本機械学会2006年3月)0PP-7000により,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9月)SRV-3112に従う。

W = 5.04  $\cdot$  A  $\cdot$  n  $\cdot \sqrt{1.1} \cdot \angle$  P  $\cdot$  G

ここで,

W:弁の容量 (kg/h)

A: 弁の流体通路の最小面積(mm<sup>2</sup>) 56.54

n:流量係数(実験的に求めた値以外は0.5とする。) 0.5

△P:逃がし弁入口圧力と逃がし弁出口圧力との差(MPa) 0.70

3.11.2. 逃がし弁の吹出し量

3.11.1.2節の式よりWは以下となる。

 $W = 5.04 \times 56.54 \times 0.5 \times \sqrt{1.1 \times 0.70 \times 1000.0}$ 

=3950 kg/h

3.12.1. 吹出し量の計算式

3.12.1.1 設計条件



3.12.1.2 吹出し量の計算式

逃がし弁としての吹出し量は,発電用原子力設備規格(設計・建設規格 JSME S NC1-2001及び2005【事例規格】過圧防護に関する規定 NC-CC-00 1)(日本機械学会2006年3月)0PP-7000により,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9月)SRV-3112に従う。

W = 5.04  $\cdot$  A  $\cdot$  n  $\cdot \sqrt{1.1} \cdot \angle$  P  $\cdot$  G

ここで,

W:弁の容量 (kg/h)

A: 弁の流体通路の最小面積(mm<sup>2</sup>) 150.7

n:流量係数(実験的に求めた値以外は0.5とする。) 0.5

△P:逃がし弁入口圧力と逃がし弁出口圧力との差(MPa) 0.86

3.12.2. 逃がし弁の吹出し量

3.12.1.2節の式よりWは以下となる。

 $W = 5.04 \times 150.7 \times 0.5 \times \sqrt{1.1 \times 0.86 \times 1000.0}$ 

=11680 kg/h

3.13.1. 吹出し量の計算式

3.13.1.1 設計条件

名	称		7-9V18A, B
種	類		非平衡形
形	式		_
呼び径(入口	)		40 A
流体取入口の	径	d $_{\rm i}$ =	40 mm
のど部の	径	$d_{t}$ =	
弁座口の	径	D =	
リフ	$\mathbb{P}$	L =	
流体の種	類	•	淡水
最 高 使 用 圧	力	(MPa)	0.86
最 高 使 用 温	度	(°C)	66
個	数		2

#### 3.13.1.2 吹出し量の計算式

逃し弁としての吹出し量は,発電用原子力設備規格(設計・建設規格 JSME S NC1-2001及び2005【事例規格】過圧防護に関する規定 NC-CC-001)(日 本機械学会2006年3月)0PP-7000 により,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9月)SRV-3112 に従う。

 $W = 5.04 \cdot A \cdot n \cdot \sqrt{1.1 \cdot \Delta P \cdot G}$ 

ここで,

W: 吹出し量 (kg/h)

A: 吹出し面積 (mm<sup>2</sup>) 367.5

- n:流量係数(実験的に求めた値以外は0.5とする。) 0.5
- △ P: 逃し弁入口圧力と逃し弁出口圧力との差(MPa) 0.86

G:入口側流体の密度(kg/m<sup>3</sup>)993.3

3.13.2. 逃し弁の吹出し量

3.13.1.2節の式よりWは以下となる。

- W= 5.04 × 367.5 × 0.5 ×  $\sqrt{1.1 \times 0.86 \times 993.3}$ 
  - = 28388 kg/h
  - =  $2.838 \times 10^4$  kg/h

3.14.1. 吹出し量の計算式

3.14.1.1 設計条件 名 称 7-9V19A, B 種 非平衡型 類 形 式 — 呼び径(入口) 40 A 流体取入口の径 d<sub>i</sub> = 40.0 mm ど部の  $\mathcal{O}$ 径  $d_{\rm t}$ = 座 径 弁 口  $\mathcal{O}$ D = IJ フ F L = 流 体 の 種 頖 水 最高使用圧力 (MPa) 0.86 最高使用温度(℃) 538 個 数 2

3.14.1.2 吹出し量の計算式

逃し弁としての吹出し量は,発電用原子力設備規格(設計・建設規格 JSME S NC1-2001及び2005【事例規格】過圧防護に関する規定 NC-CC-00 1)(日本機械学会2006年3月)0PP-7000により,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9月)SRV-3112に従う。

W=5.04 · A ·  $n\sqrt{1.1 \cdot \Delta P \cdot (d_{1})}$ 

ここで,

W:吹出し量 (kg/h)

A:吹出し面積(mm<sup>2</sup>) 150.7

n:流量係数(実験的に求めた値以外は0.5とする。) 0.5

ΔP: 逃し弁入口圧力と逃し弁出口圧力との差(MPa) 0.86

3.14.2. 安全弁の吹出し量

3.14.1.2節の式よりWは以下となる。

W= 5.04 × 150.7 × 0.5 ×  $\sqrt{1.1 \times 0.86 \times 1000.0}$ 

=11680 kg/h

3.15.1. 吹出し量の計算式

3.15.1.1 設計条件



## 3.15.1.2 吹出し量の計算式

逃し弁としての吹出し量は,発電用原子力設備規格(設計・建設規格 JSME S NC1-2001及び2005【事例規格】過圧防護に関する規定 NC-CC-001)(日 本機械学会2006年3月)0PP-7000 により,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9月)SRV-3112 に従う。

 $W = 5.04 \cdot A \cdot n \cdot \sqrt{1.1 \cdot \Delta P \cdot G}$ 

ここで,

- W : 吹出し量 (kg/h)
- A : 吹出し面積 (mm<sup>2</sup>) 150.7
- n :流量係数(実験的に求めた値以外は0.5とする。) 0.5
- △ P: 逃し弁入口圧力と逃し弁出口圧力との差(MPa) 0.86
- G :入口側流体の密度(kg/m<sup>3</sup>) 989.0

3.15.2. 逃し弁の吹出し量

3.15.1.2節の式よりWは以下となる。

- W =  $5.04 \times 150.7 \times 0.5 \times \sqrt{1.1 \times 0.86 \times 989.0}$ 
  - = 11616 kg/h
  - =  $1.16 \times 10^4$  kg/h

3.16.1. 吹出し量の計算式

3.16.1.1 設計条件



3.16.1.2 吹出し量の計算式

逃がし弁としての吹出し量は,発電用原子力設備規格(設計・建設規格 JSME S NC1-2001及び2005【事例規格】過圧防護に関する規定 NC-CC-001)(日 本機械学会2006年3月)0PP-7000 により,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9月)SRV-3112 に従う。

W = 5. 04  $\cdot$  A  $\cdot$  n  $\cdot \sqrt{1.1 \cdot \bigtriangleup P \cdot G}$ 

ここで,

- W :弁の容量 (kg/h)
- A : 弁の流体通路の最小面積 (mm<sup>2</sup>) 62.83
- n : 流量係数(実験的に求めた値以外は 0.5 とする。) 0.5
- △P : 逃がし弁入口圧力と逃がし弁出口圧力との差(MPa) 9.88
  - G :入口側流体の密度(kg/m<sup>3</sup>) 934.0

- 3.16.2. 逃がし弁の吹出し量
  - 3.16.1.2節の式よりWは以下となる。
  - W= 5.04×62.83×0.5× $\sqrt{1.1\times9.88\times934.0}$ 
    - = 15952 kg/h
    - =  $1.595 \times 10^4$  kg/h

3.17.1. 吹出し量の計算式

3.17.1.1 設計条件

名	称	CUW-VLV-B002 TUBE-SV
種	類	平衡形
形	式	逃がし弁
呼び径(入口	)	25 A
流体取入口の	径 d i =	25 mm
のど部の	径 d t =	
弁座口の	径 D =	
リフ	ト L =	
流体の種	類	淡水
最 高 使 用 圧	力 (MPa)	9. 79
最 高 使 用 温	度 (℃)	302
個	数	1

### 3.17.1.2 吹出し量の計算式

逃がし弁としての吹出し量は,発電用原子力設備規格(設計・建設規格 JSME S NC1-2001及び2005 【事例規格】 過圧防護に関する規定 NC-CC-001)(日本 機械学会2006年3月)0PP-7000 により,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9月)SRV-3112 に従う。

W = 5.04 · A · n ·  $\sqrt{1.1 \cdot \bigtriangleup P \cdot G}$ 

ここで,

- W : 弁の容量 (kg/h)
- A : 弁の流体通路の最小面積(mm<sup>2</sup>) 31.41
- n :流量係数(実験的に求めた値以外は0.5とする。) 0.5
- △P:逃がし弁入口圧力と逃がし弁出口圧力との差(MPa) 9.88
- G :入口側流体の密度(kg/m<sup>3</sup>) 954.3

3.17.2. 逃がし弁の吹出し量

3.17.1.2節の式よりWは以下となる。

- W= 5. 04×31. 41×0.  $5 \times \sqrt{1.1 \times 9.88 \times 954.3}$ 
  - = 8060.9 kg/h
  - =  $8.060 \times 10^3$  kg/h

3.18.1. 吹出し量の計算式

3.18.1.1 設計条件

名					称			G3	3-62A,	В		
種					類			非	平衡形			
形					式			逃	がし弁			
呼	び	径	( ]		)			20	А			
流	体	取フ		コの	径	$d_{i}$	=	20	mm			
$\mathcal{O}$	ど	音	ß	の	径	$d_{\rm t}$	=					٦
弁	座	F		の	径	D	=					I
IJ		-	7		$\mathbb{P}$	L	=					I
流	体	0	D	種	類			炉	水			
最	高	使	用	圧	力	(MPa)		9.	80			
最	高	使	用	温	度	(°C)		66				
個					数			2				

3.18.1.2 吹出し量の計算式

逃がし弁としての吹出し量は,発電用原子力設備規格(設計・建設規格 JSME S NC1-2001及び2005【事例規格】過圧防護に関する規定 NC-CC-001)(日 本機械学会2006年3月)0PP-7000 により,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9月)SRV-3112 に従う。

W = 5. 04  $\cdot$  A  $\cdot$  n  $\cdot \sqrt{1.1} \cdot \angle$  P  $\cdot$  G

ここで,

W : 弁の容量 (kg/h)

A:弁の流体通路の最小面積(mm<sup>2</sup>)78.5

n : 流量係数(実験的に求めた値以外は0.5とする。) 0.5

△P:逃がし弁入口圧力と逃がし弁出口圧力との差(MPa) 9.80

# 3.18.2. 逃がし弁の吹出し量

3.18.1.2節の式よりWは以下となる。

- W= 5.04 × 78.5 × 0.5 ×  $\sqrt{1.1 \times 9.80 \times 1000.0}$ 
  - = 20539 kg/h
  - =  $2.053 \times 10^4$  kg/h

4. 計測制御系統施設の安全弁等の容量計算結果

4. 計測制御系統施設の安全弁等の容量計算結果

以下の安全弁等の容量計算結果を次頁以降に示す。	0
-------------------------	---

番号	弁番号	適用基準
1	С41-F029А, В	3
2	3-16V18A, B	2

4.1.1. 吹出し量の計算式

4.1.1.1 設計条件

名	称 称				C41-F(	029A, B	
種	重    類				非平衡	ī型	
形	形 式				逃がし弁		
呼び径	(入 🛙	])			25	А	
流体耶	x 入口の	谷	d	i =	25.0	mm	
のど	部の	径	d	$_{\rm t} =$			
弁 座	口の	径	D	=			
IJ	フ	ŀ	L	=			
流 体	の 種	類			水		
最高(	使用圧	力	(MP	a)	9.66		
最高(	使用温	度	(°C	)	66		
個		数			2		

4.1.1.2 吹出し量の計算式

逃がし弁としての吹出し量は,発電用原子力設備規格(設計・建設規格 JSME S NC1-2001及び2005【事例規格】過圧防護に関する規定 NC-CC-00 1)(日本機械学会2006年3月)0PP-7000により,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9月)SRV-3112に従う。

W = 5. 04  $\cdot$  A  $\cdot$  n  $\cdot \sqrt{1.1 \cdot \bigtriangleup P \cdot G}$ 

ここで,

W:弁の容量 (kg/h)

A:弁の流体通路の最小面積(mm<sup>2</sup>) 56.54

n:流量係数(実験的に求めた値以外は0.5とする。) 0.5

△P:逃がし弁入口圧力と逃がし弁出口圧力との差(MPa) 9.66

4.1.2. 逃がし弁の吹出し量

4.1.1.2節の式よりWは以下となる。

W=5.04 × 56.54 × 0.5 ×  $\sqrt{1.1 \times 9.66 \times 1000.0}$ 

=14680 kg/h

4.2.1. 吹出し量の計算式

4.2.1.1 設計条件

	名	称		3-16V18A	, В		
	種	類		非平衡型			
	形	式		全量式			
	呼び径(入 口	])		25	А		
	ガス取入口の	径	d i =			1	
	のど部の	径	$d_{t} =$				
	弁座口の	径	D =				
	リフ	$\mathbb{P}$	L =				
	流体の種	類		窒素ガス		-	
	最高使用圧	力	(MPa)	1.38			
	最高使用温	度	(°C)	66			
	必要吹出し	量	(kg/h)	482			
							]
	Į						J
個	娄	Ż		2			

4.2.1.2 吹出し量の計算式

安全弁としての吹出し量は,発電用原子力設備規格(設計・建設規格 JSME S NC1-2001及び2005【事例規格】過圧防護に関する規定 NC-CC-001) (日本機械学会2006年3月) OPP-7000により,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9月)SRV-3111を適用して,JIS B 8210(1994)「蒸気用 及びガス用ばね安全弁」の「附属書 安全弁の公称吹出し量の算定方法」(以下「附属 書」という。)の「3. ガスに対する公称吹出し量」に従う。

$$Q_{m} = C' \cdot K_{d} \cdot A \cdot P_{-1} \cdot \sqrt{\frac{M}{Z \cdot T}} \cdot 0.9$$

ここで,



4.2.2. 安全弁の吹出し量



よって、安全弁の吹出し量は必要吹出し量を満足するため十分である。
5. 原子炉格納施設の安全弁等の容量計算結果

5. 原子炉格納施設の安全弁等の容量計算結果

番号	弁番号	適用基準
1	2-43V6A, B	3

5.1.1. 吹出し量の計算式

5.1.1.1 設計条件

名	称	2-43V6A,	В
種	類	平衡型	
形	式	逃がし弁	
呼び径(入 口	1)	40	А
流体取入口の	径 d i =	40.0	mm
のど部の	径 d t =		
弁座口の	径 D =		
リフ	⊦ L =		
流体の種	類	水	
最高使用圧	力 (MPa)	0.31	
最高使用温	度 (℃)	171	
個	数	2	

5.1.1.2 吹出し量の計算式

逃がし弁としての吹出し量は,発電用原子力設備規格(設計・建設規格 JSME S NC1-2001及び2005【事例規格】過圧防護に関する規定 NC-CC-00 1)(日本機械学会2006年3月)0PP-7000により,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9月)SRV-3112に従う。

W = 5. 04  $\cdot$  A  $\cdot$  n  $\cdot \sqrt{1.1 \cdot \bigtriangleup P \cdot G}$ 

ここで,

W:弁の容量 (kg/h)

A:弁の流体通路の最小面積(mm<sup>2</sup>) 150.7

n:流量係数(実験的に求めた値以外は0.5とする。) 0.5

△P:逃がし弁入口圧力と逃がし弁出口圧力との差(MPa) 0.21

G:入口側流体の密度(kg/m<sup>3</sup>) 1000.0

5.1.2. 逃がし弁の吹出し量

5.1.1.2節の式よりWは以下となる。

 $W = 5.04 \times 150.7 \times 0.5 \times \sqrt{1.1 \times 0.21 \times 1000.0}$ 

=5771 kg/h

よって逃がし弁の容量は、シートパスおよび流体の熱膨張等による必要容量を満足す るため十分である。 6. 非常用電源設備の安全弁等の容量計算結果

6. 非常用電源設備の安全弁等の容量計算結果

以下の安全弁の容量計算結果を次頁以降に示す。

番号	弁番号	適用基準		
1	3-14Z1, 3-14Z101	1		
2	3-14Z201	1		

6.1.1. 吹出し量の計算式

6.1.1.1 設計条件

名	称	3-14Z1, 3-14Z101
種	類	非平衡形
形	式	安全弁
呼び径(入口	)	20 A
弁座口の	径 D <sub>1</sub> =	
のど部の	径 D <sub>2</sub> =	
リフ	トL =	
流体の種	類	空気
吹 出 圧	力 (MPa) =	3.2
最 高 使 用 温	度 (℃)	60
個	数	2
必要吹出し	量 (kg/h) =	262

## 6.1.1.2 吹出し量の計算式

安全弁としての吹出し量は,発電用原子力設備に関する構造等の技術基準(昭和45 年通商産業省告示第501号)第73条4項に従う。

W=230A (P+1) 
$$\sqrt{\frac{M}{T}}$$

ここで,

- W : 弁の容量 (kg/h)
- A : 有効面積で次の計算式により計算した値 (cm<sup>2</sup>)
  - イ リフトが弁径の4分の1未満の場合

A=2.22D L

ロ リフトが弁径の4分の1以上の場合

A=0.785 d  $_2\,{}^2$ 

- P : 吹出圧力 (kg/cm<sup>2</sup>)
- T : 気体の温度(絶対温度)

M : 気体の分子量

6.1.2 安全弁の吹出し量



よって、安全弁の吹出し量は必要吹出し量を満足するため十分である。

6.2.1. 吹出し量の計算式

6.2.1.1 設計条件

名					称			3-14Z201
種					類			非平衡形
形				式		安全弁		
呼	び犭	圣	(入	. 🗆	)			20 A
弁	座	F		の	径	D $_1$	=	
の	ど	音	<del>'</del>  }	の	径	D $_2$	=	
IJ	フ			$\mathbb{P}$	L	=		
流	体	0	D	種	類			空気
吹	ļ	出	圧	-	力	(MPa)	=	3.2 MPa
最	高	使	用	温	度	(°C)		60 °C
個					数			2
必	要	吹	出	l	量	(kg/h)	=	262

## 6.2.1.2 吹出し量の計算式

安全弁としての吹出し量は,発電用原子力設備に関する構造等の技術基準(昭和45 年通商産業省告示第501号)第73条4項に従う。

W=230A (P+1) 
$$\sqrt{\frac{M}{T}}$$

ここで,

- W : 弁の容量 (kg/h)
- A :有効面積で次の計算式により計算した値(cm<sup>2</sup>)
  - イ リフトが弁径の4分の1未満の場合

A=2.22D L

ロ リフトが弁径の4分の1以上の場合

A=0.785 d  $_{2}^{2}$ 

- P : 吹出圧力 (kg/cm<sup>2</sup>)
- T :気体の温度(絶対温度)

M :気体の分子量

6.2.2. 安全弁の吹出し量



よって、安全弁の吹出し量は必要吹出し量を満足するため十分である。

V-4-2 生体遮蔽装置の放射線の遮蔽及び熱除去についての計算書

V-4-2-1 中央制御室の生体遮蔽装置の放射線の遮蔽及び 熱除去についての計算書 中央制御室の生体遮蔽装置の放射線の遮蔽及び熱除去についての計算は,添付書類「V-1-7-3 中央制御室の居住性に関する説明書」に含まれている。 V-4-2-2 緊急時対策所の遮蔽装置の放射線の遮蔽及び 熱除去についての計算書 緊急時対策所の遮蔽装置の放射線の遮蔽及び熱除去についての計算は,添付書類「V-1-9-3-2 緊急時対策所の居住性に関する説明書」に含まれている。