部位	モード	卓越方向	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数
1	1	面外方向	0.069	14.449	5.24
2	1	面外方向	0.050	20. 115	5.23
3	1	面外方向	0.016	63.176	-3.27
4	1	面外方向	0.064	15.551	10.05
5	1	面外方向	0.013	76.240	1.87
6	1	面外方向	0.048	20.836	9.74
7	1	面外方向	0.055	18.076	12.71
8	1	面外方向	0.028	36.184	7.88
9	1	面外方向	0.028	35. 367	2.07
10	1	面外方向	0.015	67.467	-3.56

表4-9 固有值解析結果(RC造躯体)

*:2次モード以上については、面外方向及び面内方向の全てにおいて20 Hz以上となる。



図4-6 振動モード図(RC造躯体) (1/2)





図4-6 振動モード図(RC造躯体) (2/2)

4.5 設計用地震力

適用する応答曲線は,添付書類「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。また,ネット用架構及び鉄骨架構の床応答曲線を作成する際の減衰定数は,添付書類「V-2-1-6 地震応答解析の基本方針」第3-1表に記載の減衰定数のうち,溶接構造部の存在を考慮し,1%を用いる。また,RC造躯体については,「道路橋示方書(I共通編・Ⅳ下部構造編)・同解説((社)日本道路協会 平成14年3月)」を踏まえ,5%を用いる。

評価に用いる設計用地震力を,表4-10及び表4-11に示す。

	秋 年10	取可用地	「長月(小り	17.月末情及01	以月 木 (円)		
	据付場所	固有周]期(s)	基準地震	震動S₅	減衰定数	数(%)*2
部位	及び 床面高さ(m)	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平	鉛直
\$−1		0. 207	0. 202	*1	*1	1	1
\$\$€-1	取水構造物	0. 198	0. 196	*1	*1	1	1
\$€-2	 (ポンプピット)上 増打壁天端 EL.約8.1 	0. 195	0. 193	*1	*1	1	1
\$>−1	EL. 水JO. 1	0.074	0.050	*1	1.04	1	1
\$-2		0.072	0.049	*1	1.04	1	1
<>−1	取水構造物 (ポンプピット) 天端 EL.6.600 及び 取水構造物 (取水路) 天端 EL.3.310	0. 038	0.017	*1	*1	1	1

表4-10 設計用地震力(ネット用架構及び鉄骨架構)

注記 *1:基準地震動S。に基づく設備評価用床応答曲線より得られる値

*2:溶接構造物に適用される減衰定数の値。

	据付場所	固有周	引期(s)	基準地方	震動 S 。	減衰定数	数(%)*3
部位	及び 床面高さ(m)	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平	鉛直
1		0. 069	≤0. 05	*1	1.04	5	5
2	取水構造物 (ポンプピット)	0.050	≤0. 05	1.11	1.04	5	5
3	(ボンブピット) 天端 EL. 6. 600	0.016	≤0. 05	1.11	1.04	5	5
4		0.064	≤0. 05	*1	0.84	5	5
5		0.013	≤0. 05	1.11	1.04	5	5
6	取水構造物 (取水路) 天端 EL.3.310	0.048	≤0. 05	0.98	0.84	5	5
7	取水構造物	0.055	≤0. 05	*1	0.84	5	5
8	(ポンプピット) 天端*2	0.028	≤0. 05	0.98	0.84	5	5
9	EL. 6. 600	0.028	≤0.05	1.11	1.04	5	5
10	取水構造物 (取水路) 天端 EL.3.310	≤0. 05	0. 015	1.11	1.04	5	5

表4-11 設計用地震力(RC造躯体)

注記 *1:基準地震動S。に基く設備評価用床応答曲線より得られる値

*2: 回はポンプピット(~EL.6.600)と結合しているため(表2-1参照), EL.6.600 の応答を用いる。

*3:「道路橋示方書(I共通編・IV下部構造編)・同解説 平成14年3月」を踏まえ設定。

4.6 計算方法

4.6.1 ネット用架構及び鉄骨架構の応力評価

ネット用架構及び鉄骨架構の応力計算式を表4-12に示す。

		201 11	
J.	芯力の種類	単位	応力計算式
Ę	引張応力 σ_t	MPa	$\frac{N_t}{A}$
圧縮応力 σ。		MPa	$\frac{N_c}{A}$
曲げ応力 σ ₀		MPa	$\frac{M_y}{Z_y}$, $\frac{M_z}{Z_z}$
번	た断応力 τ	MPa	$\frac{Q_y}{A_{sy}}$, $\frac{Q_z}{A_{sz}}$
	圧縮+曲げ		$\max\left(\frac{\sigma_{\rm c}}{1.5f_{\rm c}} + \frac{\sigma_{\rm bx} + \sigma_{\rm by}}{1.5f_{\rm b}} , \frac{\sigma_{\rm bx} + \sigma_{\rm by} - \sigma_{\rm c}}{1.5f_{\rm t}}\right)$
組合	引張+曲げ	_	$\max\left(\frac{\sigma_{t} + \sigma_{bz} + \sigma_{by}}{1.5 f_{t}} , \frac{\sigma_{bz} + \sigma_{by} - \sigma_{t}}{1.5 f_{b}}\right)$
「せ応力	曲げ+せん断		max $ \begin{pmatrix} \sqrt{\left(\sigma_{c}^{+}\sigma_{bz}^{+}\sigma_{by}\right)^{2}+3\tau_{z}^{2}} \\ \frac{1.5f_{t}}{\sqrt{\left(\sigma_{c}^{+}\sigma_{bz}^{+}\sigma_{by}\right)^{2}+3\tau_{y}^{2}}} \\ \sqrt{\left(\sigma_{c}^{+}\sigma_{bz}^{+}\sigma_{by}\right)^{2}+3\tau_{y}^{2}} \\ 1.5f_{t} \end{pmatrix} $ 軸力が引張の場合は、 $\sigma_{c} \varepsilon \sigma_{t} \varepsilon \tau \delta_{c}$

表4-12 ネット用架構及び鉄骨架構の応力計算式

4.6.2 防護ネット及び防護鋼板取付ボルト並びにアンカーボルトの応力評価 防護ネット及び防護鋼板取付ボルト並びにアンカーボルトの応力計算式を表4-13に示す。

表4-13 ボルトの応力計算式

応力の種類	単位	応力計算式		
引張応力 σ _t	MPa	$\frac{F_x}{A_b}$		
せん断応力 τ	MPa	$\frac{\sqrt{{F_y}^2 + {F_z}^2}}{A_b}$		
組合せ応力	MPa	$\frac{F_x}{A_b}$		

4.6.3 RC部の応力評価

RC部(躯体及び基礎)の応力計算方法を表4-14に示す。

応力の種類	単位	応力計算
コンクリート圧縮応力σ。	MPa	
鉄筋の引張応力 σ s	MPa	 解析コード「RC断面計算」*に
鉄筋の圧縮応力σs'	MPa	より算出
せん断応力 τ	MPa	

表4-14 RC部(躯体及び基礎)の応力計算方法

注記 *:解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「V-5-43 計算機プログラム(解析コード)の概要・RC断面計算」に示す。

4.7 計算条件

応力解析において、自重、積雪、風及び地震による荷重は、4.2.1項及び4.5項に基づく。

4.8 応力の評価

4.8.1 鋼構造部の応力評価

4.6.2 及び 4.6.3 で求めた鋼構造部の応力が表 4-15 に示す許容応力以下であること。

ボルト以外ボルト*1.*2許容引張応力 f_t $\frac{F}{1.5} \cdot 1.5$ $\frac{F}{2} \cdot 1.5$ 許容せん断応力 f_s $\frac{F}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$ $\frac{F}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$ 許容圧縮応力 f_c $\left\{1-0.4 \cdot \left(\frac{\lambda}{\lambda}\right)^2\right\} \cdot \frac{F}{\nu} \cdot 1.5 \quad (\lambda \leq \Lambda)$
 $0.277 \cdot F \cdot \left(\frac{\Lambda}{\lambda}\right)^2 (\lambda > \Lambda)$ -許容曲げ応力 f_b $\frac{F}{1.5 \cdot 1.5} \cdot 1.5$ -

表 4-15 鋼構造部の許容応力(DB条件及びSA条件)

ここで,

$$F : Min\{S_y, 0.7S_u\}$$

v:以下の計算式により算出した値

v=1. 5+
$$\frac{2}{3} \cdot \left(\frac{\lambda}{\Lambda}\right)^2$$

注記 *1: ボルトにおいて,引張とせん断の組合せ応力を考慮する時の許容限界は下 式で求める。

 $Min(f_t \times 1.4 - 1.6\tau, f_t)(\tau: ボルトに発生するせん断応力)$

- *2:材質 F8T のボルトについては,鋼構造設計指針における高力ボルトの許容 応力度に基づき算出する。
- 4.8.2 RC部の応力評価

4.6.1 項で求めた R C 部の応力が,表 4-16 に示す許容応力以下であること。

	評価項	目	短期許容応力度(N/mm ²)
コンク	設計基準強度	許容曲げ圧縮応力 σ _{ca}	$1.5 \sigma_{ca}$
リート	24 N/mm^2	許容せん断応力τ _{а1}	1.5 τ a 1 *1
trat datas		許容曲げ引張応力 σ _{SA2} (軸方向鉄筋)	1.5σ _{SA2}
鉄筋	SD345	許容曲げ引張応力 σ _{SA2} (せん断補強筋)	1.5σ _{SA2}
アンカー	SD345	許容引張耐力	Min(p _{al} , p _{a3})* ^{2, *3}

表 4-16 RCの許容応力(DB条件及びSA条件)

注記 *1:斜め引張鉄筋を考慮する場合は、「コンクリート標準示方書(構造性能照 査編)((社)土木学会 2002 年制定)」に準拠し、次式により求められ る許容せん断力(V_a)に対し、1.5の割増係数を考慮した短期許容せん断 力を許容応力とする。

$$V_{a} = V_{ca} + V_{SA}$$

$$\exists \forall c_{a} = 1/2 \cdot \tau_{a1} \cdot b_{w} \cdot j \cdot d$$

$$V_{SA} = A_{w} \cdot \sigma_{SA2} \cdot j \cdot d / s$$

$$\exists \forall c_{SA} = A_{w} \cdot \sigma_{SA2} \cdot j \cdot d / s$$

*2:単位はN

*3: $p_{a1} = \phi_1 \cdot \sigma_{pa} \cdot \sigma_{sc} a$

$$p_{a3} = \phi_3 \cdot \tau_a \cdot \pi \cdot d_a \cdot 1_{ce}$$

ここで、 ϕ_1 、 ϕ_3 は低減係数で短期荷重であるから、
 $\phi_1 = 1.0$ 、 $\phi_3 = 2/3 \ge 0$ 、
さらに、
 $s \sigma_{pa} = s \sigma_y$
 $1_{ce} = 1_e - 2d_a$

$$\tau_{a} = \alpha_{1} \cdot \alpha_{2} \cdot \alpha_{3} \cdot \tau_{bavy}$$

 $\tau_{\rm bavg} = 10 \sqrt{F c/21}$

5. 評価結果

5.1 DB条件に対する評価結果

海水ポンプエリア防護壁のDB条件に対する,水平2方向の地震力の組合せを考慮した耐震 評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており,設計用地震力に対して十分な構造 強度を有していることを確認した。なお,最大応力発生位置を図5-1に示す。

表5-1 海水ポンプエリア防護壁の発生応力評価結果(DB条件:ネット用架構及び鉄骨架構)

	評価部位		発生応力 (MPa)	許容限界 (MPa)	備考
評価部位発生応力 (MPa)許容 (MP (MP (MP MPa)	マット田加捷	曲げ	364	399	水平2方向の組合せ不要
	イツト用米博	せん断	32	230	水平2方向の組合せ不要
	アンカー	引張	169	191*	組合せ応力含む
	223				
\$\$−1	マット田加楼	曲げ	60	399	水平2方向の組合せ不要
	イツト用朱博	せん断	6	230	水平2方向の組合せ不要
\$>−2	アンカー	引張	2	267*	組合せ応力含む
	ボルト	せん断	86	223	
		曲げ+せん断	0.65	1	単位なし
	分母加捷	引張	2	245	
	 	曲げ	154	245	
<8>−1		せん断	6	141	
	アンカー	引張	94	289*	組合せ応力含む
	ボルト	せん断	23	223	

注記 *: Min(f_t×1.4 - 1.6 τ, f_t)より算出

表5-2 海水ポンプエリア防護壁の発生応力評価結果(DB条件:ボルト)

評	価部位	発生応力 (MPa)	許容限界 (MPa)	備考
防護ネット	引張	4	250*	組合せ応力含む
取付ボルト	せん断	10	120	
防護鋼板	引張	7	183*	組合せ応力含む
取付ボルト	せん断	8	141	

注記 *: $Min(f_t \times 1.4 - 1.6\tau, f_t)$ より算出

		1.	発生応力	許容限界	tite for
	評価部位	Ĺ	(MPa)	(MPa)	備考
		圧縮(コンクリート)	9.0	13.5	
	エリア②南側壁,	引張(鉄筋)	272	294	
	エリア③北側壁	せん断(コンクリート)	0.29	0.67^{*1}	
		アンカー	80.2 kN	83.8 kN	
		圧縮(コンクリート)	5.1	13.5	
	エリア④南側壁	引張(鉄筋)	212	294	
2	(エリア②北側壁)	せん断(コンクリート)	0.2	0.67^{*1}	
		アンカー	43.0 kN	58.4 kN	
		圧縮(コンクリート)	1.5	13.5	
	エリア同北側膀	引張 (鉄筋)	74	294	
3	エリアの北側壁	せん断(コンクリート)	0.09	0.67^{*1}	
		アンカー	21.3 kN	61.2 kN	
		圧縮(コンクリート)	1.7	13.5	
	ェリア同声側時	引張(鉄筋)	83	294	
4	エリアの四側壁	せん断(コンクリート)	0.08	0.67^{*1}	
		アンカー	23.8 kN	57.5 kN	
	5 エリア(5)南側壁	圧縮(コンクリート)	1.1	13.5	*2
		引張 (鉄筋)	52	294	
5	エリアの角側壁	せん断(コンクリート)	0.07	0.67^{*1}	
		アンカー	14.9 kN	64.7 kN	
		圧縮(コンクリート)	2.5	13.5	
	エリマの①古畑陸	引張(鉄筋)	167	294	
6	エリノ③④東側壁	せん断(コンクリート)	0.1	0.67^{*1}	
		アンカー	47.9 kN	57.5 kN	
		圧縮(コンクリート)	0.4	13.5	
		引張 (鉄筋)	46	294	
7	エリア(3)(4)四側壁	せん断(コンクリート)	0.06	0.67^{*1}	
		アンカー	17.9 kN	80.3 kN	
		圧縮(コンクリート)	0.8	13.5	
		引張(鉄筋)	62	294	
8	エリア(2)西側壁	せん断(コンクリート)	0.08	0.67^{*1}	
		アンカー	17.8 kN	59.6 kN	
		圧縮(コンクリート)	5.2	13.5	
		引張(鉄筋)	168	294	
9	エリア⑧北側壁	せん断(コンクリート)	0.18	0.67^{*1}	
		アンカー	48.2 kN	58.4 kN	
		圧縮 (コンクリート)	1.8	13.5	
		引張(鉄筋)	99	294	
10	エリア(8)南側基礎	せん断(コンクリート)	0.14	0.67*1	
		アンカー	28.4 kN	58.4 kN	
L		, • <i>)</i> •	20. T IN	00. T MN	

表 5-3 海水ポンプエリア防護壁の発生応力評価結果(DB条件:RC造躯体)

注記 *1:斜め引張鉄筋は考慮していない。

*2:水平2方向地震力の組合せ不要



\$−1, \$\$\$−1, \$\$\$−2





(a) ネット用架構における最大発生位置(エリア②~⑤)図5-1 最大応力発生位置(1/5)

NT2 補② V-2-11-2-11 R13



(b) 鉄骨架構における最大応力発生位置(エリア⑧)

図5-1 最大応力発生位置(2/5)





(c)ネット用架構及び鉄骨架構のアンカーボルトにおける最大応力発生位置(エリア②~⑤及びエリア⑧)

図5-1 最大応力発生位置(3/5)

NT2 補② V-2-11-2-11 R13

防護ネット取付ボルト最大組合せ応力(引張+せん断)発生位置
 防護鋼板取付ボルト最大組合せ応力(引張+せん断)発生位置



(d)防護ネット及び防護鋼板取付ボルトにおける最大応力発生位置(エリア⑧) 図5-1 最大応力発生位置(4/5)



図 5-1 最大応力発生位置 (5/5)

5.2 SA条件に対する評価結果DB条件に対する評価結果に同じ。

V-2-11-2-12 中央制御室天井照明の耐震性についての計算書

次

1. 札	既要 ······	1
2	-般事項	1
2.1	配置概要	1
2.2	構造計画	2
2.3	評価方針	3
2.4	適用基準	4
2.5	記号の説明 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	5
2.6	計算精度と数値の丸め方 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	7
3. 責	平価部位	8
4. ±	也震応答解析及び構造強度評価 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	8
4.1	地震応答解析及び構造強度評価方法	8
4.2	荷重の組合せ及び許容応力・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	8
4.3	解析モデル及び諸元 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	13
4.4	固有周期	16
4.5	設計用地震力	17
4.6	計算方法	18
4.7	計算条件	20
4.8	応力の評価 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	21
5. 言	平価結果	22
5.1	設計基準対象施設としての評価結果 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	22
5.2	重大事故等対処設備としての評価結果 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	22

1. 概要

本資料は,添付書類「V-2-11-1 波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の耐震 評価方針」にて設定している耐震評価方針に基づき,下位クラス設備である中央制御室天井 照明が設計用地震動に対して十分な構造強度を有していることを確認することで,下部に設 置された上位クラス施設である緊急時炉心冷却系操作盤,原子炉補機操作盤等に対して,波 及的影響を及ぼさないことを説明するものである。

- 2. 一般事項
- 2.1 配置概要

中央制御室天井照明は、図2-1の位置関係図に示すように、上位クラス施設である主盤 及び原子炉補助盤等の上部に設置されており、落下時に緊急時炉心冷却系操作盤、原子炉 補機操作盤等に対して波及的影響を及ぼすおそれがある。



図2-1 中央制御室天井照明と緊急時炉心冷却系操作盤,原子炉補機操作盤等の位置関係図

2.2 構造計画

中央制御室天井照明の構造計画を表2-1に示す。

表2-1 構造計画 計画の概要 概略構造図 基礎·支持構造 主体構造 中央制御室天井照明は吊具 吊ボルトとレースウェイ 等を介して天井に接続され による吊り下げ型の照明 装置 ている。 天井照明用の照明器具は, 中央制御室天井フロアに埋 吊ボルト (φ9)· め込まれたインサートから - レースウェイ 吊ボルトにより吊られてお り、吊具としてのレースウ ェイとの接続は、ボルトに レースウェイ て接続されている。 レースウェイ また,照明器具より下方に はルーバーが吊ボルトによ 一照明器具 りハンガー,メーンランナ ~吊ボルト(69) ーを介して吊られており, -ハンガー ルーバー 各吊具はボルトにて接続さ れている。 メーンランナー

 \sim

2.3 評価方針

中央制御室天井照明の応力評価は、添付書類「V-2-11-1波及的影響を及ぼすおそれの ある下位クラス施設の耐震評価方針」の「3. 耐震評価方針」に従い実施する。

評価については、「2.2 構造計画」にて示す中央制御室天井照明の部位を踏まえ、「3. 評価部位」にて設定する箇所において「4.4 固有周期」に示す固有振動数に基づく設計用 地震力により応力等が許容限界内に収まることを、「4.6 計算方法」にて示す方法にて確 認することで実施する。確認結果を「5. 評価結果」に示す。

中央制御室天井照明の耐震評価フローを図2-2に示す。



図2-2 中央制御室天井照明の耐震評価フロー

2.4 適用基準

適用基準を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987(社) 日本電気協会
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編JEAG4601・補
 -1984(社)日本電気協会
- (3) 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991追補版(社)日本電気協会
- (4) 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)(以下「設計・建設規格」という。)

2.5 記号の説明

記	号	記号の説明	単	位
A	Α	断面積	mm	2
A	S y	y 軸方向のせん断断面積	mm	2
A	S z	z 軸方向のせん断断面積	mm	2
E	E	縦弾性係数	MPa	a
ν	,	ポアソン比		
Fe	с	コンクリートの設計基準強度	MPa	a
F	х	解析から得られる軸力	N	
F	у	解析から得られる y 軸まわりのせん断力	N	
F	Z	解析から得れらるz軸まわりのせん断力	N	
f	с	許容引張応力(f _c *を1.5倍した値)	MPa	a
f_{1}	b	許容曲げ応力(f _b *を1.5倍した値)	MPa	a
f	S	許容せん断応力(f _s *を1.5倍した値)	MPa	a
$f_{\rm t}$	S	引張力とせん断力を同時に受ける吊ボルト及びレースウェイの許容引張	MPa	a
		応力		
f _t	0	許容引張応力(f _s *を 1.5 倍した値)	MPa	a
f c	с*	一次応力における許容圧縮応力	MPa	a
f 1	t*	一次応力における許容引張応力	MPa	a
f t	* 0	一次応力における許容曲げ応力	MPa	a
f s	* S	一次応力における許容せん断応力	MPa	a
g)	重力加速度(=9.80665)	m/s	\mathbf{s}^2
Ι	у	水平方向の断面二次モーメント	mm	4
Ι	z	鉛直方向の断面二次モーメント	mm	4
J	[ねじり剛性	mm	4
М	[_x	解析から得られるx軸まわりのねじりモーメント	N•m	ım
М	[y	解析から得られるy軸まわりの曲げモーメント	N•m	ım
М	[_z	解析から得られる z 軸まわりの曲げモーメント	N•m	ım
Z	р	極断面係数	mm	3
Z	у	y 軸まわりの断面係数	mm	3
Z	Z		mm	3

記	号		記	号	\mathcal{O}	説	明	単	位
σt	_	ー次応力評価に	おける引	張応力				MF	°a
σb	-	ー次応力評価に	おける曲	时応力				MF	a
σс	_	ー次応力評価に	おける日	E縮応力				MF	Pa
τ	-	一次応力評価に	おけるも	とん断応け	ካ			MF	Pa

2.6 計算精度と数値の丸め方

表示する数値の丸め方は表 2-2 に示すとおりとする。

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

表 2-2 表示する数値の丸め方

注記*1:設計上定める値が小数点以下第1位の場合は、小数点以下第1位表示とする。

*2:絶対値が1000以上のときはべき数表示とする。

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

3. 評価部位

中央制御室天井照明は、9¢吊ボルト、レースウェイ等を介して建屋躯体部から吊り下げる構造となっている。よって、中央制御室天井照明が落下することにより、波及的影響を及ぼさないことを確認する観点から、耐震評価上厳しくなる9¢吊ボルト①~③、レースウェイ①~③について実施する。中央制御室天井照明の耐震評価部位を図3-1に示す。



図3-1 中央制御室天井照明の耐震評価部位

- 4. 地震応答解析及び構造強度評価
- 4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法
 - (1) 中央制御室天井照明は,原子炉建屋躯体天井面に吊ボルトを介して設置されている。
 - (2) 中央制御室天井照明の重量には,耐震評価部位である9 φ 吊ボルト及びレースウェイに加 えて,照明器具及びルーバーを考慮する。
 - (3) 地震力は、固有値解析結果を踏まえて設定するものとする。
 - (4) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
- 4.2 荷重の組合せ及び許容応力
 - 4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

中央制御室天井照明の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の 評価に用いるものを表4-1に,重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-2に示す。

4.2.2 許容応力

中央制御室天井照明の許容応力は,添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表4-3のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

中央制御室天井照明の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いる ものを表4-4に,重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-5に示す。

施設区分	分	機器名称	耐震設計上の 重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他	その他	中央制御室 天井照明	С	*	$D+P_D+M_D+S$ s	IV A S

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態(設計基準対象施設)

注記 *:その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態(重大事故等対処設備)

施設国	区分	機器名称	設備分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他	その他	中央制御室 天井照明	_	* 1	$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_S$	VAS (VASとして ⅣASの許容限界を 用いる。)

注記 *1:その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

	許容限界*1 (ボルト等以外)			許容限界*1 (ボルト等)			
許容応力状態		一次応力		一次応力			
	せん断	圧縮	曲げ	引張	せん断	曲げ	
IV A S	1.5•fs*	1.5 • fc*	1.5•fb*	1.5 • f.*	1.5•fs*	1.5•fb*	
V _A S (V _A Sとして IV _A Sの許容限界 を用いる。)						1.5 10	

表4-3 許容応力(その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物)

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

表 4-4 使用材料の許容応力評価条件(設計基準対象施設)

評価部材	材料	温度条件 (℃)	S (MPa)	Sу (MPa)	S u (MPa)	S y (RT) (MPa)
9φ吊ボルト		田田西安泊床		015	100	
レースウェイ			—	215	400	_

注記 *:新JISにおける SS400 相当

H	-	
Ľ	0	

表 4-5 使用材料の許容応力評価条件(重大事故等対処設備)

評価部材	材料	温度条件 (℃)	S (MPa)	S y (MPa)	S u (MPa)	Sy(RT) (MPa)
9φ吊ボルト		田田連体追座		215	100	
レースウェイ		间囲瑔垷温皮	_	215	400	_

注記 *:新JISにおける SS400 相当

4.3 解析モデル及び諸元

中央制御室天井照明の解析モデルを図4-1に示す。

- (1) 解析モデルの諸元及び部材の断面性能を表4-6及び表4-7に示す。
- (2) 解析モデルは、各部材を表4-8に示す要素を用いてモデル化する。なお、モデル化は基本 部材の軸心で行うものとする。
- (3) 解析コードは「MSC Nastran」を使用し,解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については,添付書類「V-5-1 計算機プログラム(解析コード)の概要MSC N astran」に示す。

図4-1 中央制御室天井照明の解析モデル

X10 MmH/1							
項目	記号	単位	入力値				
材質	—	—					
質量	М	kg					
温度条件 (雰囲気温度)	Т	°C					
縦弾性係数	Е	MPa					
ポアソン比	ν	—					

表4-6 機器諸元

表 4-7 断面性能

	断面積	せ/ 断i	ん断 面積	断面 モーン	i二次 メント		断面係数	
部位	A [mm ²]	$A_{sy}[mm^2]$	A_{sz} [mm ²]	I _y [mm ⁴]	$I_z [mm^4]$	Z_y [mm ³]	Z _z [mm ³]	$Z_p[mm^3]$
9φ								
吊ボルト								
(1)~(3)	-							-
レース								
ウェイ								
(1)~(3)								
AL								
メーン								
ランナー								

部位	使用要素	使用材料	使用断面	備考	
9¢吊ボルト ①~③]
レースウェイ ①~③					
AL メーン ランナー					
ハンガー ①~③					
照明器具					
アルミライト ルーバー					

表 4-8 使用要素

4.4 固有周期

固有値解析結果を表4-9に示す。固有周期は0.05s以下であり剛であることを確認した。

次数	卓越方向	固有周期(s)
1	水平	
2	鉛直	

表4-9 固有值解析結果

4.5 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表4-10及び表4-11に示す。基準地震動Ssによる地震力は、添付書類「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期(s)		基準地震動S。	
	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
EL. 23.8 ^{*1}			С _Н =2.05	$C_{V} = 1.56$

表 4-10 設計用地震力(設計基準対象施設)

注記 *1:基準床レベルを示す。

表 4-11 設計用地震力(重大事故等対処設備)

据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期(s)		基準地震動 S _s			
	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度		
EL. 23.8 ^{*1}			С _н =2.05	$C_{V} = 1.56$		

注記 *1:基準床レベルを示す。

4.6 計算方法

4.6.1 9 φ 吊ボルトの評価方法

9φ吊ボルトは,引張,せん断,曲げについて評価を実施する。評価は,発生応力が許容 応力に収まることを確認する。以下に,発生応力の算出方法を示す。

【引張応力 σ_t】

$$\sigma_{t} = F_{x} / A$$

【曲げ応力 σ ₀】

$$\sigma_{\rm b} = \left| \frac{\rm M_y}{\rm Z_y} \right| + \left| \frac{\rm M_z}{\rm Z_z} \right|$$

【せん断応力 τ】

$$\tau = \sqrt{\left(\frac{F_{y}}{A_{sy}}\right)^{2} + \left(\frac{F_{a}}{A_{sz}}\right)^{2} + \left|\frac{M_{x}}{Z_{p}}\right|^{2}}$$
- 4.6.2 レースウェイの評価方法
 - (1) 一次応力評価

レースウェイの応力評価は、圧縮、曲げ、せん断について評価を実施する。評価は、発 生応力が許容応力に収まることを確認する。

以下に,発生応力の算出方法を示す。

【圧縮応力 σ。】

 $\sigma_{\rm c} = F_{\rm x} / A$

【曲げ応力 σ ₀】

4.6.1に示す内容と同じため省略する。

【せん断応力 τ】

4.6.1に示す内容と同じため省略する。

4.7 計算条件

応力解析に用いる自重(吊ボルト,レースウェイ)は、以下の表 4-12 に示す。また、荷重条件は、常時と地震時増分を考慮した。常時は鉛直下方に重力加速度を作用させた状態とした。

			-	
項目	単位体積重量 及び 単位質量	解析モデル体積 及び 設置数	質量 [ton]	備考
9ゅ吊ボルト①			•	-
9φ吊ボルト②			-	-
9φ吊ボルト③	Ĩ		-	-
レースウェイ①			-	-
レースウェイ②			-	-
レースウェイ③			-	_
AL メーンランナー			-	-
アルミライト ルーバー			-	取付位置に付加質量として考慮
ハンガー①			-	取付位置に付加質量として考慮
ハンガー②			-	取付位置に付加質量として考慮
ハンガー③			-	取付位置に付加質量として考慮
照明器具	Ī		-	取付位置に付加質量として考慮
	Ī			

表 4-12 各部品の質量一覧

4.8 応力の評価

4.8.1 ボルト等以外の部材の応力の評価

4.6.2 項で求めた各応力が下表に示す許容曲げ応力 f_b ,許容せん断応力 f_s 又は許容圧縮応力 f_c 以下であること。



4.8.2 ボルトの部材の応力の評価

4.6.1項で求めた引張応力 σ_t が次式より求めた許容引張応力 f_{ts} 以下であること。

また,4.6.1 項で求めた各応力が下表より求めた許容曲げ応力 $f_{\rm b}$ 及び許容せん断応力 $f_{\rm s}$ 以下であること。

 $f_{ts} = Min[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau, f_{to}]$ ただし、 f_{to} は下表による。

	基準地震動 S 。による荷重との組合せの場合
許容引張応力 f_{to}	$\frac{\mathrm{F}}{2}^{*} \cdot 1.5$
許容曲げ応力 f b	$\frac{\mathrm{F}}{1.5}^{*} \cdot 1.5$
許容せん断応力 f_s	$\frac{\mathrm{F}^{*}}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

- 5. 評価結果
- 5.1 設計基準対象施設としての評価結果

中央制御室天井照明の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容 限界を満足しており,設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果構造強度評価の結果を次頁以降の【中央制御室天井照明の耐震性についての計算結果】に

示す。

5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

中央制御室天井照明の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発 生値は許容限界を満足しており,設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確 認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の【中央制御室天井照明の耐震性についての計算結果】 に示す。

【中央制御室天井照明の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

		据付場所	固有周	周期(s)	基準地	震動S₅	周囲環境
機器名称	耐震設計上の 重要度分類	及び 床面高さ (m)	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	温度 (℃)
	С	EL. 23.8 ^{*1}			$C_{H}=2.05$	$C_{V} = 1.56$	40

注記 *1:基準床レベルを示す。

1.2 評価結果

項目	応力分類	応力値(MPa)	許容応力(MPa)
	引張	11	210*
90 市ホルト	曲げ	94	210
Ū	せん断	1	161
0,84,1	引張	10	210*
90市ホルト	曲げ	97	210
Q	せん断	1	161
0,84,1	引張	3	210*
90円ホルト ③	曲げ	68	210
	せん断	1	161
	圧縮	2	116
レースリェイ	曲げ	6	116
Ú	せん断	1	161
1. 7 占 /	圧縮	9	116
レースリエイ	曲げ	49	116
Q	せん断	42	161
	圧縮	9	116
レースリエイ	曲げ	8	116
\odot	せん断	1	161
		注記 *: ft=Min[1.4•	ft-1.6・τ, ft]より算b

23

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

	弐1/世	据付場所	固有周]期(s)	基準地対	震動S₅	ļī	周囲環境	
機器名称	^{政備} 分類	及び 床面高さ (m)	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度		温度 (℃)	
	_	EL. 23.8 ^{*1}			$C_{H}=2.05$	$C_{V} = 1.56$			

注記 *1:基準床レベルを示す。

2.2 評価結果

項目	応力分類	応力値(MPa)	許容応力(MPa)
	引張	11	210*
90市ホルト	曲げ	94	210
(I)	せん断	1	161
이 모프 과 기	引張	10	210*
90市ホルト の	曲げ	97	210
2	せん断	1	161
の「日子」	引張	3	210*
90円ホルト	曲げ	68	210
	せん断	1	161
	圧縮	2	116
	曲げ	6	116
(I)	せん断	1	161
山、フウ、ノ	圧縮	9	116
レースリエイ	曲げ	49	116
2	せん断	42	161
	圧縮	9	116
3	曲げ	8	116
	せん断	1	161

注記*: ft=Min[1.4・ft-1.6・τ, ft]より算出

V-2-11-2-13 タービン建屋の耐震性についての計算書

1.	根	既要	l
2.	麦	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・基準等 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・)
3.		平価方法)
3.	1	評価対象部位及び評価方針・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・)
3.	2	入力地震動)
3.	3	荷重及び荷重の組合せ ・・・・・・ 15	5
3.	4	許容限界······17	7
3.	5	解析方法	3
3.	6	評価方法・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・)
4.	<u>특기</u>	平価結果)
4.	1	構造物全体としての変形性能の評価結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・)
4.	2	原子炉建屋への影響の評価結果 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	1

1. 概要

本資料は、添付書類「V-2-11-1 波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の耐震評価方針」に基づき、タービン建屋が原子炉建屋に対して波及的影響を及ぼさないことを説明するものである。その波及的影響の評価は、原子炉建屋の有する機能が保持されることを確認するために、下位クラス施設であるタービン建屋の構造物全体としての変形性能の評価及び原子炉建屋への影響の評価を行う。

- 2. 基本方針
- 2.1 位置

タービン建屋の設置位置を図 2-1 に示す。

図 2-1 タービン建屋の設置位置

2.2 構造概要

タービン建屋は,原子炉建屋に隣接した建物である。タービン建屋の概略平面図を図 2-2 に, 概略断面図を図 2-3 に示す。建屋配置図を

図 2-4 に、原子炉建屋とタービン建屋のクリアランスを図 2-5 に示す。

タービン建屋の平面規模は、南北方向で約70 m、東西方向で約105 m であり、最高屋根面 (EL. +40.45 m)の基礎スラブ底面(EL. -5.90 m)からの高さは、46.35 m である。

タービン建屋は、地上2階、地下1階建で、3層の主要な床面を有する鉄筋コンクリート造 (一部鉄骨造)の構造物である。

タービン建屋の基礎は、厚さ約1.9 mの基礎スラブで、建屋中央部及び外周部のうち原子炉 建屋に接する南側はケーソン、その他の外周部は場所打ちコンクリート杭を介して、砂質泥岩 である久米層に支持される。



図 2-3 タービン建屋の概略断面図(A-A 断面 NS 方向)

NT2 補② V-2-11-2-13 R0

図 2-4 建屋配置図

NT2 補② V-2-11-2-13 R0



図 2-5 原子炉建屋とタービン建屋のクリアランス(A-A 断面 NS 方向)

2.3 評価方針

タービン建屋は,原子炉建屋と同じ運転状態を想定することから,設計基準対象施設及び重 大事故等対処施設に対する波及的影響の評価を行う。

タービン建屋の設計基準対象施設に対する波及的影響評価においては、基準地震動S。に対 する評価(以下「S。地震時に対する評価」という。)を行うこととする。タービン建屋の波 及的影響評価は、添付書類「V-2-11-1 波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の 耐震評価方針」に基づき、地震応答解析による評価において、せん断ひずみの評価及び原子炉 建屋との相対変位の評価を行うことで、原子炉建屋への波及的影響確認を行う。相対変位の評 価では、タービン建屋の最大応答変位に加えて、添付書類「V-2-2-1 原子炉建屋の地震応答 計算書」に基づく最大応答変位を用いる。評価にあたっては、地盤物性のばらつきを考慮する。 なお、原子炉建屋直交方向(NS 方向)は原子炉建屋平行方向(EW 方向)に比べ原子炉建屋と 接触する可能性が高いこと、原子炉建屋直交方向(NS 方向)はタービン建屋短辺方向であり 原子炉建屋平行方向(EW 方向)に比べ壁量が少ないことから、波及的影響確認はタービン建 屋のNS 方向に対して行う。

また,重大事故等対処施設に対する波及的影響評価においては,S_s地震時に対する評価を 行う。ここで,タービン建屋では,設計基準事故時及び重大事故等時の状態における圧力,温 度等の条件に有意な差異がないことから,重大事故等対処施設に対する波及的影響評価は,設 計基準対象施設に対する波及的影響評価と同一となる。

図 2-6 に波及的影響の評価フローを示す。



図 2-6 タービン建屋の波及的影響の評価フロー

2.4 適用規格·基準等

タービン建屋の波及的影響の評価を行う際に適用する規格・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)(以下「JEAG4601-1987」という。)
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力度編 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)(以下「JEAG4601-1991 追補版」という。)
- · 建築基準法 · 同施行令
- ・ 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)

- 3. 評価方法
- 3.1 評価対象部位及び評価方針

タービン建屋の評価対象部位は、耐震壁とし、以下の方針に基づき検討を行う。

S。地震時に対する評価は、建屋全体について質点系モデルを用いた弾塑性時刻歴応答解析 によることとし、地震力と地震力以外の荷重の組合せの結果、材料物性のばらつきを考慮した 最大せん断ひずみが、「JEAG4601-1987」に基づき設定した許容限界を超えないことに より、タービン建屋が倒壊しないことを確認する。

また,地盤物性のばらつきを考慮した,タービン建屋の最大応答変位と隣接する原子炉建屋 の最大応答変位の絶対値和(以下「最大相対変位」という。)と建屋間のクリアランスの大小 関係により隣接する原子炉建屋への衝突の有無を確認する。

更に最大相対変位が建屋間のクリアランスを超える箇所については, S_s地震時の地盤物性 のばらつきを考慮したタービン建屋の時刻歴応答変位と地盤物性のばらつきを考慮した原子炉 建屋の時刻歴応答変位による相対変位(以下「時刻歴相対変位」という。)が, 建屋間のクリ アランスを超えないことを確認する。

3.2 入力地震動

タービン建屋の地震応答解析に用いる入力地震動は、一次元波動論に基づき、添付書類「V -2-1-2 基準地震動S。及び弾性設計用地震動S。の策定概要」に示す解放基盤レベルで定義 される基準地震動S。に対する、地盤条件を考慮したケーソン下端位置及び側面地盤ばねレベ ルでの地盤応答として評価する。入力地震動の算定には、解析コード「KSHAKE ver.2.0」 を用いる。解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「V-5-17 計算 機プログラム(解析コード)の概要・KSHAKE」に示す。地盤物性を基本ケースとした場 合のケーソン下端位置における入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを図 3-1 及び図 3-2 に示す。







図 3-1 (1/3) 入力地震動の加速度時刻歴波形 (S_s)







図 3-1 (2/3) 入力地震動の加速度時刻歴波形 (S_s)





図 3-1 (3/3) 入力地震動の加速度時刻歴波形 (S_s)



図 3-2 入力地震動の加速度応答スペクトル(S_s)

3.3 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは,添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している荷 重及び荷重の組合せを用いる。

- 3.3.1 荷重
 - (1) 固定荷重(G),積載荷重(P)

タービン建屋の固定荷重(G)及び積載荷重(P)を表 3-1 に示す。

	部位	固定荷重 (kN/m ²)	積載荷重 (kN/m ²)
屋根	EL. +40.64 m	10.8	0.6
屋根	EL. +28.00 m	64.7	0.6
床 (2F)	EL. +18.00 m	74.0	14.7
床 (1F)	EL. + 8.20 m	74.4	14.7

表 3-1 固定荷重(G)及び積載荷重(P)(屋根及び床)

(2) 積雪荷重(S)

積雪荷重は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に記載の地震力と積雪の組合 せに基づき、表 3-2 のとおり設定する。ただし、積雪荷重は屋根面の積載荷重に含まれる ものとする。

表 3-2 積雪荷重(S)

荷重及び外力について想定する状態	積雪荷重
地震時荷重(S _{地震時})	210 N/m^2

(3) 地震荷重 (K_s)

タービン建屋の地震応答解析に用いる入力地震動は、「3.2入力地震動」に示す基準地 震動S。を用いる。

3.3.2 荷重の組合せ

荷重の組合せは, 添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき設定する。荷重 組合せを表 3-3 に示す。

	外力の状態	荷重組合せ
	S。地震時	G+P+S _{地震時} +K _S
G	:固定荷重	
Р	: 積載荷重	
S _{地震時}	:積雪荷重	
Ks	: S 。地震荷重	

表 3-3 荷重の組合せ

3.4 許容限界

タービン建屋の原子炉建屋に対する波及的影響評価における許容限界は,添付書類「V-2-11-1 波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の耐震評価方針」に記載の許容限界に 基づき,表 3-4 及び表 3-5 のとおり設定する。

機能設計上の 性能目標	地震力	部位	機能維持のための 考え方	許容限界			
原子炉建屋に波	基準	耐震壁	最大せん断ひずみが波 及的影響を及ぼさない ための許容限界を超え ないことを確認	最大せん断ひずみ 4.0×10 ⁻³			
さない	S _s	タービン建屋 及び 原子炉建屋	建屋間の相対変位が波 及的影響を及ぼさない ための許容限界を超え ないことを確認	最大相対変位 50 mm			

表 3-4 波及的影響評価における許容限界

(設計基準対象施設に対する評価)

表 3-5 波及的影響評価における許容限界

機能設計上の 性能目標	地震力	部位	機能維持のための 考え方	許容限界		
原子炉建屋に波	基準	耐震壁	最大せん断ひずみが波 及的影響を及ぼさない ための許容限界を超え ないことを確認	最大せん断ひずみ 4.0×10 ⁻³		
さない	S _s	タービン建屋 及び 原子炉建屋	建屋間の相対変位が波 及的影響を及ぼさない ための許容限界を超え ないことを確認	最大相対変位 50 mm		

(重大事故等対処施設に対する評価)

3.5 解析方法

3.5.1 地震応答解析モデル

地震応答解析モデルは、添付書類「V-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に示す解析方法及び解析モデルに基づき、水平方向(NS 方向)について設定する。地震応答解析モデルの設定に用いた建物・構築物の物性値を表 3-6 に示す。

地震応答解析モデルは、地盤との相互作用を考慮した、曲げ及びせん断剛性を考慮した 剛基礎を有する多質点系モデルとする。地震応答解析モデルを図 3-3 に、地震応答解析モ デルの諸元を表 3-7 に示す。

建物・構築物の鉄筋コンクリート耐震壁については、せん断剛性として地震方向耐震壁 のウェブ部分のせん断剛性を考慮し、曲げ剛性として地震方向耐震壁のウェブ部分に加え て、フランジ部分の曲げ剛性を考慮する。また、鉄筋コンクリートフレーム部については、 等価なせん断剛性を考慮する。

水平方向モデルへの入力地震動は、一次元波動論に基づき、解放基盤レベルで定義され る基準地震動S。に対するケーソン下端位置及び側面地盤ばねレベルでの応答として評価 する。また、建屋基礎底面レベルにおけるせん断力(以下、「切欠き力」という。)を入力 地震動に付加することにより、地盤の切欠き効果を考慮する。

基礎底面の地盤ばね(水平ばね及び回転ばね)は,「JEAG4601-1991 追補版」 により,ケーソン以深の地盤の成層補正を行ったのち,振動アドミッタンス理論に基づい て,スウェイ及びロッキングばね定数を近似法により評価する。基礎底面ばねの評価には 解析コード「GRIMP2 ver.2.5」を用いる。解析コードの検証及び妥当性確認等の概 要については,添付書類「V-5-15 計算機プログラム(解析コード)の概要・GRIM P2」に示す。

また,建屋埋め込み部分の側面地盤ばねのばね定数については,「JEAG4601-1991 追補版」に基づいてNovakの方法により設定する。建屋側面ばねの評価には解 析コード「NVK463 ver.1.0」を用いる。解析コードの検証及び妥当性確認等の概要 については,添付書類「V-5-16 計算機プログラム(解析コード)の概要・NVK46 3」に示す。

基準地震動 S_sに対する地盤定数を表 3-8~表 3-15 に,地盤ばねの定数化の概要を図 3-4 に,地盤ばね定数及び減衰定数を表 3-16~表 3-23 に示す。

復元力特性は、耐震壁のせん断及び曲げ剛性については、建屋の NS 方向に層を単位として、「JEAG4601-1991 追補版」に基づいて設定する。

地震応答解析は、上記復元力特性を用いた弾塑性時刻歴応答解析とし、建屋と地盤の相 互作用を評価した建屋-地盤連成モデルとする。

建物・構築物	使用材料	ヤング係数 E (N/mm ²)	せん断 弾性係数 G (N/mm ²)	減衰定数 h (%)
タービン建屋	鉄筋コンクリート コンクリート: Fc=22.1 (N/mm ²) (Fc=225 (kgf/cm ²)) 鉄筋:SD35 (SD345 相当)	2. 21×10^4	9. 21×10^3	5

表 3-6 建物・構築物の物性値



図 3-3 地震応答解析モデル (NS 方向)

部位	標高 EL.	質点	質点重量	回転慣性 重量	要素	せん断 断面積	断面2次 モーメント	部位	標高 EL.	質点	質点重量	回転慣性 重量	要素	せん断 断面積	断面2次 モーメント	せん断 ばね定数
	(m)	番号	(kN)	$(imes 10^5 {\rm kN} \cdot { m m}^2)$	备亏	(m^2)	$(imes 10^3 { m m}^4)$		(m)	番号	(kN)	$(imes 10^5 {\rm kN} \cdot {\rm m}^2)$	备亏	(m^2)	$(imes 10^3 { m m}^4)$	$(imes 10^5 {\rm kN/m})$
	40.64	21	15790	20.0	(2.1)				40.64	31	—	_	()			
	28.00	22	66740	448.5	(21)	19.5	2.8		28.00	42	41500	4.6	(41)	—	—	1.40
西側	18.00	23	131280	656.1	(22)	32.5	13.0	北側	18.00	43	97560	35.0	(42)	26.4	0.33	
	8.20	24	159380	733.6	(23)	79.8	24.9		8.20	44	49970	13.7	(43)	35.6	1.6	. —
	-4.00	15	—	—	(24)	170	67.0		-4.00	15	—	—	(44)	48.8	2.4	
	40.64	51	15640	19.8					40.64	31	15480	_				
	28.00	52	63860	429.1	(51)	19.5	2.8		28.00	32	62160	_	(31)			1.40
東側	18.00	53	158110	694.0	(52)	30.6	12.6	南側	18.00	33	152290		(32)	_	_	9.28
	8.20	54	176590	776.5	(53)	95.9	32.8		8.20	34	138210	—	(33)			17.6
	-4.00	15	_	_	(54)	178	80.9		-4.00	15	_	_	(34)			17.7
	17 00	13	157990	32.0				. L			I					I
T /0	17.90	13	157990	32.9	(13)	43.7	4.5		床ばね K= 9	$72 \times$	10^5 kN/m		K=1	0.4×10^{5}	kN/m	
1/6	8.20	14	58180	10. 5	(14)	34.7	4.9		K ₂₁ =13.	$1 \times$	10 ⁵ kN/m		K 22=	5. 97×10^{5}	kN/m	
	-4.00	15	—	—	~~~~~				K ₂₃ =14.	0 ×	10 ⁵ kN/m		K ₂₄ =	6. 38×10^5	kN/m	
	-4.00	15	518590	2,679.8	(1.5)				K ₃₁ =47. K ₃₃ =61.	9 × 5 ×	10 ⁵ kN/m 10 ⁵ kN/m		K 32=2 K 34=3	22.7×10^{3} 5.7×10^{5}	kN/m kN/m	
基礎	-5.90	16	667550	3,077.4	(15)	8,029	3,663.9		K ₄₁ =38.	$4 \times$	10^5 kN/m		K 42=2	21.1×10^{5}	kN/m	
	-17.00	17	292080	1,362.8	(16)	816	434.2		K 43=39.	1 ×	10° kN/m		K 44=2	22.2 $\times 10^{5}$	kN/m	
	総重量	<u> </u>	3038950		1	1	1	基礎スラブ下端回転拘束ばね K _p =3.06×10 ¹¹ kN·m/rad								

表 3-7 地震応答解析モデル諸元 (NS 方向)

	10	0 20				/	
標高 EL. (m)	地層 区分	層厚 (m)	密度 (t/m ³)	等価 減衰定数	等価 S波速度 (m/s)	等価 P波速度 (m/s)	ポアソン比
8.0	du*	5.0	1.82	0.06	178	412	0.385
3.0 2.0	$Ag2^*$	1.0	1.89	0.08	193	353	0.286
2.0	Ag2	4.7	2.01	0.11	171	1794	0.495
-14.4	D2g-3	11.7	2. 15	0.05	391	1847	0. 477
-14.4		5.6	1.72	0.03	406	1644	0.468
-20.0		20.0	1.72	0.03	410	1660	0.468
-40.0		20.0	1.73	0.03	425	1679	0.466
-60.0		30.0	1.73	0.03	442	1691	0.463
-90.0	Km	30.0	1.73	0.03	465	1718	0.460
-120.0	IXIII	30.0	1.73	0.03	486	1745	0.458
-150.0		40.0	1.74	0.03	508	1769	0.455
-190.0		40.0	1.74	0.03	542	1809	0.451
-230.0		40.0	1.75	0.03	577	1850	0.446
-270.0		50.0	1.75	0.03	612	1899	0.442
-320.0		50.0	1.76	0.03	652	1937	0.436
-370.0	解放基盤		1.76	0.00	718	1988	0.425

表 3-8 地盤定数(S_s-D1)

表 3-9 地盤定数(S_s-11)

標高 EL. (m)	地層 区分	層厚 (m)	密度 (t/m ³)	等価 減衰定数	等価 S波速度 (m/s)	等価 P波速度 (m/s)	ポアソン比
8.0	du*	5.0	1.82	0.04	191	442	0.385
3.0	$Ag2^*$	1.0	1.89	0.04	217	396	0.286
_2.7	Ag2	4.7	2.01	0.05	212	1800	0.493
-2. 7	D2g-3	11.7	2.15	0.04	442	1862	0. 470
-14.4		5.6	1.72	0.02	425	1651	0.465
-20.0		20.0	1.72	0.02	433	1667	0.464
-40.0		20.0	1.73	0.02	445	1686	0.463
-90.0		30.0	1.73	0.02	461	1698	0.460
-120.0	Km	30.0	1.73	0.03	479	1723	0.458
-150.0		30.0	1.73	0.03	501	1751	0.455
-190.0		40.0	1.74	0.02	526	1776	0.452
-230.0		40.0	1.74	0.02	558	1816	0.448
-270.0		40.0	1.75	0.02	587	1854	0.444
-320.0		50.0	1.75	0.02	619	1902	0.441
-370.0	飯齿其般	50.0	1.76	0.02	656	1938	0.435
	/http://ixiae/action/	_	1.76	0.00	718	1988	0.425

	10	10 20			1 4	()	
標高 EL. (m)	地層 区分	層厚 (m)	密度 (t/m ³)	等価 減衰定数	等価 S波速度 (m/s)	等価 P波速度 (m/s)	ポアソン比
8.0	du*	5.0	1.82	0.04	191	442	0.385
3.0	$Ag2^*$	1.0	1.89	0.04	217	396	0.286
2.0	Ag2	4.7	2.01	0.05	211	1800	0.493
-14 4	D2g-3	11.7	2.15	0.04	433	1859	0. 471
11.1		5.6	1.72	0.02	421	1649	0.465
-20.0		20.0	1.72	0.02	425	1665	0.465
-40.0		20.0	1.73	0.03	435	1682	0.464
-60.0		30.0	1.73	0.03	447	1693	0.463
-90.0	Km	30.0	1.73	0.03	468	1719	0.460
-120.0	11III	30.0	1.73	0.03	486	1745	0.458
-150.0		40.0	1.74	0.03	511	1770	0.455
-190.0		40.0	1.74	0.03	539	1808	0.451
-230.0		40.0	1.75	0.03	567	1846	0.448
-210.0		50.0	1.75	0.03	594	1891	0.445
-320.0		50.0	1.76	0.03	633	1928	0.440
570.0	解放基盤	_	1.76	0.00	718	1988	0.425

表 3-10 地盤定数(S_s-12)

表 3-11 地盤定数(S_s-13)

標高 EL. (m)	地層 区分	層厚 (m)	密度 (t/m ³)	等価 減衰定数	等価 S波速度 (m/s)	等価 P波速度 (m/s)	ポアソン比
8.0	du*	5.0	1.82	0.04	190	439	0.385
3.0 2.0	$Ag2^*$	1.0	1.89	0.05	216	395	0.286
-2.7	Ag2	4. 7	2.01	0.06	209	1800	0.493
-2. 7	D2g-3	11.7	2.15	0.04	433	1859	0. 471
-14.4		5.6	1.72	0.02	421	1649	0.465
-20.0		20.0	1.72	0.02	428	1666	0.465
-40.0		20.0	1.73	0.03	435	1682	0.464
-90.0		30.0	1.73	0.03	450	1694	0.462
-120.0	Km	30.0	1.73	0.03	468	1719	0.460
-150.0		30.0	1.73	0.03	486	1745	0.458
-190.0		40.0	1.74	0.03	511	1770	0.455
-230.0		40.0	1.74	0.03	539	1808	0.451
-270.0		40.0	1.75	0.03	563	1844	0.449
-320.0		50.0	1.75	0.03	594	1891	0.445
-370.0	飯齿其般	50.0	1.76	0.03	629	1926	0.440
	所放盔篮	_	1.76	0.00	718	1988	0.425

	10	12 10	近金にす	X (D _s	1 4	E /	
標高 EL. (m)	地層 区分	層厚 (m)	密度 (t/m ³)	等価 減衰定数	等価 S波速度 (m/s)	等価 P波速度 (m/s)	ポアソン比
8.0	du*	5.0	1.82	0.03	195	451	0.385
3.0 2.0	$Ag2^*$	1.0	1.89	0.04	220	402	0.286
2.0	Ag2	4.7	2.01	0.05	216	1801	0.493
-14 4	D2g-3	11.7	2.15	0.04	439	1861	0. 471
14. 4		5.6	1.72	0.02	423	1650	0.465
-20.0		20.0	1.72	0.02	430	1666	0.464
-40.0		20.0	1.73	0.03	440	1684	0.463
-60.0		30.0	1.73	0.03	453	1695	0.462
-90.0	Km	30.0	1.73	0.03	471	1720	0.459
-120.0	11III	30.0	1.73	0.03	489	1746	0.457
-150.0		40.0	1.74	0.03	514	1771	0.454
-190.0		40.0	1.74	0.03	542	1809	0.451
-230.0		40.0	1.75	0.03	574	1849	0.447
-270.0		50.0	1.75	0.03	601	1894	0.444
-320.0		50.0	1.76	0.03	641	1932	0.438
-370.0	解放基盤	_	1.76	0.00	718	1988	0.425

表 3-12 地盤定数(S_s-14)

表 3-13 地盤定数(S_s-21)

標高 EL. (m)	地層 区分	層厚 (m)	密度 (t/m ³)	等価 減衰定数	等価 S波速度 (m/s)	等価 P波速度 (m/s)	ポアソン比
8.0	du*	5.0	1.82	0.06	179	414	0.385
3.0 2.0	$Ag2^*$	1.0	1.89	0.07	198	362	0.286
_2 7	Ag2	4.7	2.01	0.08	189	1797	0.494
-14.4	D2g-3	11.7	2. 15	0.04	418	1854	0. 473
-14.4		5.6	1.72	0.02	418	1648	0.466
-20.0		20.0	1.72	0.03	425	1665	0.465
-40.0		20.0	1.73	0.03	435	1682	0.464
-90.0		30.0	1.73	0.03	453	1695	0.462
-120.0	Km	30.0	1.73	0.03	477	1723	0.458
-150.0		30.0	1.73	0.03	501	1751	0.455
-190.0		40.0	1.74	0.02	532	1779	0.451
-230.0		40.0	1.74	0.02	561	1817	0.447
-270.0		40.0	1.75	0.02	591	1856	0.444
-320.0		50.0	1.75	0.02	619	1902	0.441
-370.0	#77 +La 甘 mn	50.0	1.76	0.02	656	1938	0.435
	解 放	—	1.76	0.00	718	1988	0.425

	11.0	IT PU				.)	
標高 EL. (m)	地層 区分	層厚 (m)	密度 (t/m ³)	等価 減衰定数	等価 S波速度 (m/s)	等価 P波速度 (m/s)	ポアソン比
8.0	du*	5.0	1.82	0.06	177	409	0.385
3.0 2.0	$Ag2^*$	1.0	1.89	0.08	195	356	0.286
_2.0	Ag2	4. 7	2.01	0.10	178	1795	0.495
-14 4	D2g-3	11.7	2.15	0.05	406	1851	0. 475
14.4		5.6	1.72	0.03	416	1648	0.466
-20.0		20.0	1.72	0.03	425	1665	0.465
-40.0		20.0	1.73	0.03	438	1683	0.464
-60.0		30.0	1.73	0.03	455	1695	0.461
-90.0	Km	30.0	1.73	0.03	477	1723	0.458
-120.0	11m	30.0	1.73	0.03	501	1751	0.455
-190.0		40.0	1.74	0.03	526	1776	0.452
-230.0		40.0	1.74	0.02	555	1815	0.448
-270.0		40.0	1.75	0.02	587	1854	0.444
-320.0		50.0	1.75	0.02	619	1902	0.441
-370 0		50.0	1.76	0.02	659	1940	0.435
570.0	解放基盤	—	1.76	0.00	718	1988	0.425

表 3-14 地盤定数(S_s-22)

表 3-15 地盤定数(S_s-31)

標高 EL. (m)	地層 区分	層厚 (m)	密度 (t/m ³)	等価 減衰定数	等価 S波速度 (m/s)	等価 P波速度 (m/s)	ポアソン比
8.0	du*	5.0	1.82	0.06	177	409	0.385
3.0 2.0	$Ag2^*$	1.0	1.89	0.08	190	347	0.286
-2.7	Ag2	4.7	2.01	0.11	168	1794	0.496
-14.4	D2g-3	11.7	2.15	0.06	384	1845	0. 477
-20.0		5.6	1.72	0.03	401	1643	0.468
20.0		20.0	1.72	0.03	405	1658	0.468
-40.0		20.0	1.73	0.03	414	1675	0.467
-60.0		30.0	1.73	0.03	436	1689	0.464
-90.0	Km	30.0	1.73	0.03	468	1719	0.460
-120.0	TTIII	30.0	1.73	0.03	489	1746	0.457
-150.0		40.0	1.74	0.03	517	1773	0.454
-190.0		40.0	1.74	0.03	545	1811	0.450
-230.0		40.0	1.75	0.03	577	1850	0.446
-270.0		50.0	1.75	0.03	612	1899	0.442
-320.0		50.0	1.76	0.03	652	1937	0.436
-370.0	解放基盤	_	1.76	0.00	718	1988	0.425



ばね定数:底面ばねは0 Hz,側面ばねは理論解の極大値であるばね定数 K。で定式化 減衰係数:地盤-建屋連成系の1次固有円振動数 ω1に対応する虚部の値と原点とを結ぶ直線の傾き C。 で定式化

図 3-4 地盤ばねの定数化の概要

ばね 番号	地盤ばね 成分	ばね定数 K _c		減	衰係数 C _c
K1	側面·水平	4. 46×10^5	(kN/m)	2. 47×10^5	(kN·s/m)
K2	側面·水平	1.52×10^{5}	(kN/m)	8. 45×10^4	(kN·s/m)
K3	側面·水平	1.52×10^{5}	(kN/m)	8. 45×10^4	(kN·s/m)
K4	側面·水平	4. 22×10^5	(kN/m)	2. 34×10^5	(kN·s/m)
K5	側面·水平	3. 60×10^{6}	(kN/m)	6. 81×10^5	(kN•s/m)
K6	側面·水平	4. 08×10^7	(kN/m)	2.83 $\times 10^{6}$	(kN·s/m)
К7	側面·水平	7.62 $\times 10^{6}$	(kN/m)	2. 61×10^{6}	(kN·s/m)
K8	側面·水平	5. 60×10^7	(kN/m)	2. 51×10^{6}	(kN·s/m)
K9	底面・回転	1.32×10^{11}	(kN•m/rad)	2. 37×10^{9}	(kN·m·s/rad)

表 3-16 地盤ばね定数と減衰係数(S_s-D1)

ばね 番号	地盤ばね 成分	ばね定数 K _c		減	衰係数 C _c					
K1	側面·水平	5. 34×10^5	(kN/m)	2.95 $\times 10^{5}$	(kN•s/m)					
K2	側面·水平	1.83×10^{5}	(kN/m)	1.01×10^{5}	(kN•s/m)					
K3	側面·水平	1.83×10^{5}	(kN/m)	1.01×10^{5}	(kN·s/m)					
K4	側面·水平	5.06 $\times 10^{5}$	(kN/m)	2.80 $\times 10^{5}$	(kN·s/m)					
K5	側面·水平	5.06 $\times 10^{6}$	(kN/m)	7. 37×10^5	(kN•s/m)					
K6	側面·水平	4. 71×10^{7}	(kN/m)	3. 12×10^{6}	(kN·s/m)					
К7	側面·水平	9.06 $\times 10^{6}$	(kN/m)	2.82 $\times 10^{6}$	(kN•s/m)					
K8	側面·水平	6. 14×10^7	(kN/m)	2. 63×10^{6}	(kN•s/m)					
К9	底面・回転	1.44×10^{11}	(kN·m/rad)	2.46×10^{9}	(kN·m·s/rad)					

表 3-17 地盤ばね定数と減衰係数(S_s-11)

表 3-18 地盤ばね定数と減衰係数(S_s-12)

ばね 番号	地盤ばね 成 分	ばね定数 Kc		減衰係数 C _c	
K1	側面·水平	5. 34×10^5	(kN/m)	3. 02×10^5	(kN·s/m)
K2	側面·水平	1.83×10^{5}	(kN/m)	1.03×10^{5}	(kN·s/m)
K3	側面·水平	1.83×10^{5}	(kN/m)	1.03×10^{5}	(kN·s/m)
K4	側面·水平	5.06 $\times 10^{5}$	(kN/m)	2.87 $\times 10^{5}$	(kN·s/m)
K5	側面·水平	4.91×10^{6}	(kN/m)	7. 38×10^5	(kN·s/m)
K6	側面·水平	4. 62×10^7	(kN/m)	3. 08×10^{6}	(kN·s/m)
K7	側面·水平	8.79 $\times 10^{6}$	(kN/m)	2. 77×10^{6}	(kN·s/m)
K8	側面·水平	5. 90×10^7	(kN/m)	2. 58 $\times 10^{6}$	(kN·s/m)
K9	底面・回転	1.37×10^{11}	(kN•m/rad)	2. 42×10^9	(kN•m•s/rad)

ばね 番号	地盤ばね 成 分	ばね定数 K _c		減衰係数 C _c		
K1	側面·水平	5. 28×10^5	(kN/m)	2.92 $\times 10^{5}$	(kN·s/m)	
K2	側面·水平	1.81×10^{5}	(kN/m)	1.00×10^{5}	(kN·s/m)	
K3	側面·水平	1.81×10^{5}	(kN/m)	1.00×10^{5}	(kN·s/m)	
K4	側面·水平	5.00 $\times 10^{5}$	(kN/m)	2. 77×10^5	(kN·s/m)	
K5	側面·水平	4.87 $\times 10^{6}$	(kN/m)	7. 37×10^5	(kN·s/m)	
K6	側面·水平	4. 62×10^7	(kN/m)	3. 09×10^{6}	(kN·s/m)	
K7	側面·水平	8.79 $\times 10^{6}$	(kN/m)	2. 78×10^{6}	(kN•s/m)	
K8	側面·水平	5. 93×10^7	(kN/m)	2.58×10 ⁶	(kN·s/m)	
K9	底面・回転	1.39×10^{11}	(kN•m/rad)	2. 43×10^9	(kN·m·s/rad)	

表 3-19 地盤ばね定数と減衰係数(S_s-13)

表 3-20 地盤ばね定数と減衰係数(S_s-14)

ばね 番号	地盤ばね 成 分	ばね定数 K _c		減衰係数 C _c	
K1	側面·水平	5. 58 $\times 10^{5}$	(kN/m)	3.31×10^{5}	(kN•s/m)
K2	側面·水平	1.91×10^{5}	(kN/m)	1.13×10^{5}	(kN·s/m)
K3	側面·水平	1.91×10^{5}	(kN/m)	1.13×10^{5}	(kN·s/m)
K4	側面·水平	5. 29×10^5	(kN/m)	3.14×10^{5}	(kN•s/m)
K5	側面·水平	5. 12×10^{6}	(kN/m)	7.62 $\times 10^{5}$	(kN·s/m)
K6	側面·水平	4. 74×10^7	(kN/m)	3.12×10^{6}	(kN·s/m)
K7	側面·水平	8.96×10^{6}	(kN/m)	2.81 $\times 10^{6}$	(kN•s/m)
K8	側面·水平	6. 01×10^7	(kN/m)	2.60 $\times 10^{6}$	(kN•s/m)
K9	底面・回転	1.41×10^{11}	(kN·m/rad)	2. 44×10^9	(kN•m•s/rad)

ばね	地盤ばね	ばね定数 K _c		減衰係数 C _c	
香亏	<u> </u>				
K1	側面·水平	4. 54×10^5	(kN/m)	2. 52×10^5	(kN·s/m)
K2	側面·水平	1.55×10^{5}	(kN/m)	8.62×10 ⁴	(kN·s/m)
K3	側面·水平	1.55×10^{5}	(kN/m)	8.62×10 ⁴	(kN·s/m)
K4	側面·水平	4. 30×10^5	(kN/m)	2. 39×10^5	(kN·s/m)
K5	側面·水平	4. 25×10^{6}	(kN/m)	6.94 $\times 10^{5}$	(kN·s/m)
K6	側面·水平	4. 45×10^{7}	(kN/m)	3.01×10^{6}	(kN·s/m)
K7	側面·水平	8.39 $\times 10^{6}$	(kN/m)	2.73 $\times 10^{6}$	(kN·s/m)
K8	側面·水平	5. 93×10^7	(kN/m)	2. 58×10^{6}	(kN·s/m)
K9	底面・回転	1.39×10^{11}	(kN•m/rad)	2. 42×10^9	(kN·m·s/rad)

表 3-21 地盤ばね定数と減衰係数(S_s-21)

表 3-22 地盤ばね定数と減衰係数(S_s-22)

ばね 番号	地盤ばね 成 分	ばね定数 Kc		減衰係数 Cc	
K1	側面·水平	4. 42×10^5	(kN/m)	2. 50×10^5	(kN·s/m)
K2	側面·水平	1.51×10^{5}	(kN/m)	8.55 $\times 10^{4}$	(kN·s/m)
K3	側面·水平	1.51×10^{5}	(kN/m)	8.55×10^4	(kN•s/m)
K4	側面·水平	4. 19×10^5	(kN/m)	2. 37×10^5	(kN·s/m)
K5	側面·水平	3.91×10^{6}	(kN/m)	6. 91×10^5	(kN·s/m)
K6	側面·水平	4. 33×10^7	(kN/m)	2.96 $\times 10^{6}$	(kN·s/m)
K7	側面·水平	8.09 $\times 10^{6}$	(kN/m)	2.69 $\times 10^{6}$	(kN·s/m)
K8	側面·水平	5. 93×10^7	(kN/m)	2. 58 $\times 10^{6}$	(kN•s/m)
K9	底面・回転	1.40×10^{11}	(kN•m/rad)	2. 41×10^9	(kN•m•s/rad)
ばね 番号	地盤ばね 成 分	ばれ	a定数 K。	減	衰係数 C _c
----------	-------------	-----------------------	------------	-----------------------	-----------------------
K1	側面·水平	4. 38×10^5	(kN/m)	2. 46×10^5	(kN·s/m)
K2	側面·水平	1.50×10^{5}	(kN/m)	8. 40×10^4	(kN·s/m)
K3	側面·水平	1.50×10^{5}	(kN/m)	8. 40×10^4	(kN·s/m)
K4	側面·水平	4. 15×10^5	(kN/m)	2. 33×10^5	(kN•s/m)
K5	側面·水平	3. 45×10^{6}	(kN/m)	6.73 $\times 10^{5}$	$(kN \cdot s/m)$
K6	側面·水平	3.95×10^{7}	(kN/m)	2.80 $\times 10^{6}$	$(kN \cdot s/m)$
K7	側面·水平	7.39 $\times 10^{6}$	(kN/m)	2. 56 $\times 10^{6}$	(kN•s/m)
K8	側面·水平	5. 44×10^{7}	(kN/m)	2. 48×10^{6}	(kN·s/m)
K9	底面・回転	1.28×10^{11}	(kN·m/rad)	2. 34×10^9	(kN·m·s/rad)

表 3-23 地盤ばね定数と減衰係数(S_s-31)

3.5.2 解析方法

タービン建屋の地震応答解析には,解析コード「DAC3N V97」を用いる。また,解 析コードの検証及び妥当性確認等の概要については,添付書類「V-5-18 計算機プログ ラム(解析コード)の概要・DAC3N」に示す。

タービン建屋の動的解析は、添付書類「V-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の 解析方法に基づき、時刻歴応答解析により実施する。

- 3.5.3 解析条件
 - (1) 耐震壁のせん断応力度-せん断ひずみ関係(τ-γ関係)
 耐震壁のせん断応力度-せん断ひずみ関係(τ-γ関係)は、「JEAG4601 1991 追補版」に基づき、トリリニア型スケルトン曲線とする。耐震壁のせん断応力度 せん断ひずみ関係を図 3-5 に示す。



τ₁:第1折点のせん断応力度
 τ₂:第2折点のせん断応力度
 τ₃:終局点のせん断応力度
 γ₁:第1折点のせん断ひずみ
 γ₂:第2折点のせん断ひずみ
 γ₃:終局点のせん断ひずみ (4.0×10⁻³)

図 3-5 耐震壁のせん断応力度-せん断ひずみ関係

(2) 耐震壁のせん断応力度-せん断ひずみ関係の履歴特性

耐震壁のせん断応力度-せん断ひずみ関係の履歴特性は、「JEAG4601-1991 追 補版」に基づき、最大点指向型モデルとする。耐震壁のせん断応力度-せん断ひずみ関係 の履歴特性を図 3-6 に示す。



- a. 0-A間 : 弾性範囲。
- b. A-B間 : 負側スケルトンが経験した最大点に向う。ただし、負側最大点が第1 折点を超えていなければ、負側第1折点に向う。
- c. B-C間 : 負側最大点指向。
- d. 各最大点は、スケルトン上を移動することにより更新される。
- e. 安定ループは面積を持たない。

図 3-6 耐震壁のせん断応力度-せん断ひずみ関係の履歴特性

(3) 耐震壁の曲げモーメントー曲率関係 (M-φ 関係)

耐震壁の曲げモーメントー曲率関係(M- φ 関係)は、「JEAG4601-1991 追補版」に基づき、トリリニア型スケルトン曲線とする。耐震壁の曲げモーメントー曲率関係を図 3-7 に示す。



図 3-7 耐震壁の曲げモーメントー曲率関係

(4) 耐震壁の曲げモーメントー曲率関係の履歴特性

耐震壁の曲げモーメントー曲率関係の履歴特性は、「JEAG4601-1991 追補版」 に基づき、ディグレイディングトリリニア型モデルとする。耐震壁の曲げモーメントー曲 率関係の履歴特性を図 3-8 に示す。



- a. 0-A間 : 弾性範囲。
- b. A-B間 : 負側スケルトンが経験した最大点に向う。ただし、負側最大点が第1 折点を超えていなければ、負側第1折点に向う。
- c. B-C間 : 負側最大点指向型で,安定ループは最大曲率に応じた等価粘性減衰を 与える平行四辺形をしたディグレイディングトリリニア型とする。平 行四辺形の折点は,最大値から 2·M₁を減じた点とする。ただし,負側 最大点が第 2 折点を超えていなければ,負側第 2 折点を最大点とする 安定ループを形成する。また,安定ループ内部での繰り返しに用いる 剛性は安定ループの戻り剛性に同じとする。
- d. 各最大点は、スケルトン上を移動することにより更新される。

図 3-8 耐震壁の曲げモーメントー曲率関係の履歴特性

(5) フレーム部のせん断力-層間変形関係(Q-δ 関係)

フレーム部のせん断力-層間変形関係(Q-δ 関係)は、トリリニア型スケルトン曲線 とする。フレーム部のせん断力-層間変形関係を図 3-9 に示す。



(6) フレーム部のせん断力-層間変形関係の履歴特性

フレーム部のせん断力-層間変形関係の履歴特性は、原点最大点指向型モデルとする。 フレーム部のせん断力-層間変形関係の履歴特性を図 3-10 に示す。



- a. 0-A間 : 弾性範囲。
- b. A-B間 : 原点までは原点に向う。原点を超えた後は負側スケルトンが経験した 最大点に向う。ただし、負側最大点が第1折点を超えていなければ、 負側第1折点に向う。
- c. 各最大点は、スケルトン上を移動することにより更新される。
- d. 安定ループは面積を持たない。

図 3-10 フレーム部のせん断力-層間変形関係の履歴特性

(7) スケルトン曲線の諸数値

タービン建屋の各部材について算出したせん断及び曲げのスケルトン曲線の諸数値を表 3-24 及び表 3-25 に示す。

EL. m	要素 番号	$ au_1$ (N/mm ²)	$ au_2$ (N/mm ²)	$ au_3$ (N/mm ²)	$\gamma_{1} (imes 10^{-3})$	$\gamma_{2} \ (imes 10^{-3})$	γ_{3} (×10 ⁻³)
$40.64 \sim 28.00$	(21)	1.62	2.19	3.02	0.176	0. 528	4.0
$28.00 \sim 18.00$	(22)	2.10	2.84	3. 58	0.228	0.684	4.0
$18.00 \sim 8.20$	(23)	2.27	3.06	4.06	0.246	0.738	4.0
8.20 ~ -4.00	(24)	2.15	2.90	4.08	0.233	0.699	4.0
$28.00 \sim 18.00$	(42)	1.92	2.59	3.34	0.208	0.624	4.0
$18.00 \sim 8.20$	(43)	2.35	3.17	4.53	0.255	0.765	4.0
8.20 ~ -4.00	(44)	2.23	3.01	4.24	0.242	0.726	4.0
40.64 \sim 28.00	(51)	1.62	2.19	3.02	0.176	0.528	4.0
$28.00 \sim 18.00$	(52)	2.23	3.01	3.80	0.242	0.726	4.0
$18.00 \sim 8.20$	(53)	2.15	2.90	3. 47	0.233	0. 699	4.0
$8.20 \sim -4.00$	(54)	2.14	2.89	4.01	0.232	0. 696	4.0

表 3-24 せん断力のスケルトン曲線
 (a) 耐震壁(τ - γ 関係)

(b) フレーム部 (Q-δ 関係)

	EL. m		要素 番号	Q ₁ (kN)	Q ₂ (kN)	Q ₃ (kN)	δ_{1} (mm)	δ 2 (mm)	δ ₃ (mm)
40.64	\sim	28.00	(31)	1390	6790	—	9.93	173	_
28.00	\sim	18.00	(32)	1920	13200	—	2.07	51.2	_
18.00	\sim	8.20	(33)	11300	25400	—	6.42	53.5	_
8.20	\sim	-4.00	(34)	19100	29700	_	10.8	71.3	
40.64	\sim	28.00	(41)	1580	6790	_	11.3	173	_

		21			7 123110		
EL. m	要素 番号	$\underset{(\times 10^6 \text{kN} \boldsymbol{\cdot} \text{m})}{\text{M}_1}$	M_2 (×10 ⁶ kN·m)	M_3 (×10 ⁶ kN·m)			ϕ_{3} (×10 ⁻⁵ 1/m)
$40.64 \sim 28.00$	(21)	0.321	0.458	0.709	0.519	6.50	130
$28.00 \sim 18.00$	(22)	1.34	2.08	2.98	0.466	4.70	64.7
$18.00 \sim 8.20$	(23)	2.03	4.51	5.94	0.369	4.02	28.6
8.20 \sim -4.00	(24)	5.92	13.1	17.9	0.400	3.82	28.6
$28.00 \sim 18.00$	(42)	0.181	0.279	0.378	2.48	24.6	362
$18.00 \sim 8.20$	(43)	0.454	0.918	1.22	1.28	12.6	110
8.20 \sim -4.00	(44)	0.899	1.57	2.15	1.69	14.7	192
$40.64 \sim 28.00$	(51)	0.321	0.458	0.709	0.519	6.50	130
$28.00 \sim 18.00$	(52)	1.34	2.08	2.98	0.481	4.82	66.3
$18.00 \sim 8.20$	(53)	3.38	5.96	7.77	0.466	4.31	44.9
$8.20 \sim -4.00$	(54)	7.91	15.9	22.0	0.442	4.12	31.3

表 3-25 曲げスケルトン曲線 (M-φ 関係)

3.5.4 材料物性のばらつき

解析においては、「3.5.1 地震応答解析モデル」に示す物性値及び定数を基本ケースとし、材料物性のばらつきを考慮する。材料物性のばらつきを考慮した地震応答解析は、基準地震動 S_s のうち、原子炉建屋の評価で選定している S_s -D1、 S_s -21、 S_s -22及び S_s -31に対して実施することとする。

材料物性のばらつきのうち,地盤物性については,地盤調査結果の平均値をもとに設定 した数値を基本ケースとし,支持地盤のせん断波速度のばらつきは, $\pm \sigma$ 相当として, 変 動係数 10 %を考慮する。また表層地盤についても同様に $\pm \sigma$ 相当として du 層は 5 %, Ag2 層は 10 %, D2g-3 層は 15 %の変動係数を考慮する。なお,建屋物性のばらつきに ついては,コンクリートの実強度は設計基準強度よりも大きくなること及び建屋剛性とし て考慮していない壁の建屋剛性への寄与については構造耐力の向上が見られることから, 保守的に考慮しない。

材料物性のばらつきを考慮する地震応答解析ケースを表 3-26 に示す。

中 を	中を		地盤のせん断波速度 (m/s)			
同日 EL.(m)	^{地層} 区分	基本ケース	+σ相当	一σ相当	
8.0 ~	3.0	du	210	221	199	
3.0 ~	-2.7	Ag2	240	264	216	
$-2.7 \sim$	-14.4	D2g-3	500	575	425	
-14.4 ~	-20.0		446	491	401	
$-20.0 \sim$	-40.0		456	502	410	
-40.0 ~	-60.0		472	520	424	
$-60.0 \sim$	-90.0		491	541	441	
$-90.0 \sim$	-120.0		514	566	462	
$-120.0 \sim$	-150.0	Km	537	591	483	
-150.0 ~	-190.0		564	621	507	
$-190.0 \sim$	-230.0		595	655	535	
$-230.0 \sim$	-270.0		626	689	563	
$-270.0 \sim$	-320.0		660	726	594	
$-320.0 \sim$	-370.0		699	769	629	

表 3-26 材料物性のばらつきを考慮する地震応答解析ケース

3.6 評価方法

タービン建屋の波及的影響評価は、質点系モデルの地震応答解析に基づき、基準地震動 S。 に対して、タービン建屋の構造物全体としての変形性能の評価及び原子炉建屋への影響の評価 を行う。

3.6.1 構造物全体としての変形性能の評価方法

タービン建屋の構造物全体としての変形性能の評価は、質点系モデルによる地震応答解 析を行い、最大せん断ひずみを算出し、最大せん断ひずみが許容限界を超えないことを確 認する。変形性能の評価にあたっては、地盤物性のばらつきを考慮する。

3.6.2 原子炉建屋への影響の評価方法

タービン建屋の原子炉建屋への影響の評価は,原子炉建屋との最大相対変位により建屋 衝突の有無を確認する。最大相対変位を算出する際の基準点は,タービン建屋の基礎底面 レベルとする。原子炉建屋への影響の評価にあたっては,地盤物性のばらつきを考慮する。 更に最大相対変位が建屋間のクリアランスを超える箇所については,タービン建屋の時刻 歴応答変位と原子炉建屋の時刻歴応答変位による時刻歴相対変位が,建屋間のクリアラン スを超えないことを確認する。

- 4. 評価結果
- 4.1 構造物全体としての変形性能の評価結果

地盤剛性のばらつきを考慮した最大応答せん断ひずみは、 1.41×10^{-3} (要素番号 (52)、地 盤+ σ 相当、S_s-31)であり、許容限界(4.00×10^{-3})を超えないことを確認した。地盤 物性のばらつきを考慮した要素番号(52)の $Q-\gamma$ 関係と最大応答値を図 4-1 示す。



図 4-1 Q-γ関係と最大応答値

4.2 原子炉建屋への影響の評価結果

タービン建屋の原子炉建屋への影響評価は、「3.5 解析方法」に示すタービン建屋の地震応 答解析モデルによる解析結果と添付書類「V-2-2-1 原子炉建屋の地震応答計算書」における 地震応答解析結果から、建屋間の相対変位を確認する。

建屋間の相対変位は、「3.6 評価方法」に基づき、タービン建屋と原子炉建屋の互いに近接 する質点における最大相対変位を確認し、最大相対変位が建屋間のクリアランスを超える箇所 については、時刻歴応答変位から求まる時刻歴相対変位を確認する。

4.2.1 最大相対変位による評価結果

基準地震動S_sに対する基本ケースによるタービン建屋と原子炉建屋との最大相対変位 を表 4-1 に示す。基本ケースの最大相対変位は、S_s-D1,S_s-21,S_s-22及び S_s-31のタービン建屋質点レベル EL.28.0 m とS_s-31のタービン建屋質点レベル EL.18.00 mにおいて、許容限界を超える。

基準地震動S_sに対する地盤物性のばらつきを考慮したタービン建屋と原子炉建屋の最 大相対変位を表 4-2 に示す。地盤物性のばらつきを考慮した最大相対変位は、S_s-D1, S_s-21, S_s-22及びS_s-31のタービン建屋質点レベル EL.28.0 m とS_s-31 のタービン建屋質点レベル EL.18.00 m 及び EL.8.20 m において、許容限界を超える。

なお,タービン建屋質点レベル EL.40.64 m においては,建屋間離隔距離が十分に大き く(約30 m)対象外としている。

		表 4-1				との量	との最大相対変位(基本ケース)					
					最大相交				芝位* (mm)			
質点 番号	EL. (m)	質点 番号	EL. (m)	S _s – D 1	S _s -11	S _s -12	S _s – 1 3	S _s – 1 4	S _s -21	S _s – 2 2	S _s – 3 1	
32	28.00	6	29.00	63.4	20.1	27.0	25.7	21.0	55.2	57.8	85.6	
33	18.00	7	20.30	45.4	14.6	19.4	18.9	17.5	36.4	35.8	54.7	
34	8.20	8	8.20	34.7	11.8	16.6	16.4	13.6	27.2	24.0	38.2	
15	-4.00	11	-4.00	15.4	5.4	8.1	8.2	6.6	10.5	9.5	17.1	

注記 *:タービン建屋及び原子炉建屋の質点の高さが異なる場合の最大相対変位については、 タービン建屋の質点に対して、その直上の原子炉建屋質点の応答を用いて最大相対 変位を算定する。

表 4-2		との最大相対変位				のばらつき	ケース)	
	(a) 地盤+σ相当							
				最大相対変位* (mm)				
質点 番号	EL. (m)	質点 番号	EL. (m)	S _s – D 1	S _s -21	S _s -22	S _s – 3 1	
32	28.00	6	29.00	64.1	60.5	63.8	85.5	
33	18.00	7	20.30	42.2	36. 7	36.1	52.4	
34	8.20	8	8.20	31.6	27.0	23. 7	35.2	
15	-4.00	11	-4.00	12.9	9. 9	9.1	15.6	

注記 *: タービン建屋及び原子炉建屋の質点の高さが異なる場合の最大相対変位については、 タービン建屋の質点に対して、その直上の原子炉建屋質点の応答を用いて最大相対 変位を算定する。

					最大相対変	〔位* (mm)	
質点 番号	EL. (m)	質点 番号	EL. (m)	S _s – D 1	S _s -21	S _s -22	S _s – 3 1
32	28.00	6	29.00	66.5	55.8	59.6	98.2
33	18.00	7	20.30	49.5	35.1	35.4	68.1
34	8. 20	8	8.20	39.1	26.7	25.9	52.6
15	-4.00	11	-4.00	19.0	11.9	10.7	24.3

(b) 地盤-σ相当

注記 *: タービン建屋及び原子炉建屋の質点の高さが異なる場合の最大相対変位については, タービン建屋の質点に対して,その直上の原子炉建屋質点の応答を用いて最大相対 変位を算定する。 4.2.2 時刻歴相対変位による評価結果

地盤物性のばらつきを考慮した時刻歴相対変位の最大値は 33.2 mm であり,基準地震動 S。時に相対変位が許容限界を超えないことを確認した。

地盤物性のばらつきを考慮したS。地震時おいて時刻歴相対変位が最大となるS。-3 1を入力した時の EL.28.00 m 位置での時刻歴相対変位を図 4-2 に示す。



図 4-2 時刻歴相対変位(S_s-31, EL.28.00 m, 地盤+σ相当)

V-2-11-2-14 サービス建屋の耐震性についての計算書

1.	根	我要・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	1
2.	麦	5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・基準等 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	9
3.	譶	『価方法・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	0
3.	1	評価対象部位及び評価方針・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	0
3.	2	入力地震動	0
3.	3	荷重及び荷重の組合せ ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・1	5
3.	4	許容限界····································	7
3.	5	解析方法	8
3.	6	評価方法・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	8
4.	譶	『価結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	9
4.	1	構造物全体としての変形性能の評価結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・2	9
4.	2	原子炉建屋への影響の評価結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	0

1. 概要

本資料は、添付書類「V-2-11-1 波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の耐震評価方針」に基づき、サービス建屋が原子炉建屋に対して波及的影響を及ぼさないことを説明するものである。その波及的影響の評価は、原子炉建屋の有する機能が保持されることを確認するために、下位クラス施設であるサービス建屋の構造物全体としての変形性能の評価及び原子炉建屋への影響の評価を行う。

- 2. 基本方針
- 2.1 位置

サービス建屋の設置位置を図 2-1 に示す。

図 2-1 サービス建屋の設置位置

2.2 構造概要

サービス建屋は,原子炉建屋に隣接した建物である。サービス建屋の概略平面図を図 2-2 に, 概略断面図を図 2-3 に,建屋配置図を図 2-4 に,原子炉建屋とサービス建屋のクリアランスを 図 2-5 に示す。

サービス建屋は,発電所建設時に設置した部分(以下「既設部」という。)及び,その後に 増設した部分(以下「増設部」という。)で構成され,既設部及び増設部並びに原子炉建屋は, それぞれ構造的に独立した建物である。本評価では原子炉建屋に隣接する既設部を対象とする。 (以下特記の無い限り「サービス建屋」という場合は,既設部を指す。)

サービス建屋の平面規模はNS方向で約40m, EW方向で約20mであり,4層の主要な床面を 有する鉄筋コンクリート造のラーメン構造である。

サービス建屋の基礎は、厚さ約1.2 mの基礎スラブで場所打ちコンクリート杭を用いた杭基 礎となっており、砂質泥岩である久米層に支持される。

サービス建屋の既設部は,耐震性向上の観点から耐震補強を行うこととし,耐震補強を考慮 した評価を行う。耐震補強は既設耐震壁の増厚もしくは耐震壁の新設により行う。

サービス建屋の増設部が既設部を介して原子炉建屋に与える間接的な影響については,増設 部の重量及び剛性の関係から増設部の変形量が既設部よりも小さくなることを確認しており,

地震時に既設部が原子炉建屋側に変形する際には、増設部が既設部に衝突しない。

従って、原子炉建屋への波及的影響評価は、サービス建屋の既設部を代表として行う。







図 2-5 原子炉建屋とサービス建屋のクリアランス

2.3 評価方針

サービス建屋は,原子炉建屋と同じ運転状態を想定することから,設計基準対象施設及び重 大事故等対処施設に対する波及的影響の評価を行う。

サービス建屋の設計基準対象施設に対する波及的影響評価においては、基準地震動S_sに対 する評価(以下「S_s地震時に対する評価」という。)を行うこととする。サービス建屋の波 及的影響評価は、添付書類「V-2-11-1 波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の 耐震設計方針」に基づき、地震応答解析による評価において、層間変形角の評価及び原子炉建 屋との相対変位の評価を行うことで、原子炉建屋への波及的影響確認を行う。相対変位の評価 では、サービス建屋の最大応答変位に加えて、添付書類「V-2-2-1 原子炉建屋の地震応答計 算書」に基づく最大応答変位を用いる。評価にあたっては、地盤物性のばらつきを考慮する。 なお、原子炉建屋直交方向(EW 方向)は原子炉建屋平行方向(NS 方向)に比べ原子炉建屋と 接触する可能性が高いこと、原子炉建屋直交方向(EW 方向)はサービス建屋短辺方向であり 原子炉建屋平行方向(NS 方向)に比べ底面回転地盤ばねが小さくなりロッキングの影響によ る変形が大きくなることから、波及的影響確認はサービス建屋の EW 方向に対して行う。

また,重大事故等対処施設に対する波及的影響評価においては,S_s地震時に対する評価を 行う。ここで,サービス建屋では,設計基準事故時及び重大事故等時の状態における圧力,温 度等の条件に有意な差異がないことから,重大事故等対処施設に対する波及的影響評価は,設 計基準対象施設に対する波及的影響評価と同一となる。

図 2-6 に波及的影響の評価フローを示す。

評価は、サービス建屋が原子炉建屋との相対変位により原子炉建屋に衝突しないことを確認 するものであり、耐震補強により衝突しないよう変位を抑制するため衝突に対する評価は不要 とした。



図 2-6 サービス建屋の波及的影響の評価フロー

2.4 適用規格·基準等

サービス建屋の波及的影響の評価を行う際に適用する規格・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・許容応力度編 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)(以下「JEAG4601-1991 追補版」という。)
- · 建築基準法·同施行令
- ・ 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)
- ・ 2015 年版 建築物の構造関係技術基準解説書(国土交通省国土技術政策総合研究 所・国立研究開発法人建築研究所)(以下「技術基準解説書」という。)

- 3. 評価方法
- 3.1 評価対象部位及び評価方針

サービス建屋の評価対象部位は, EL.8.2 m より上部の柱・梁のフレーム及び耐震壁とし, 以下の方針に基づき検討を行う。

S₈地震時に対する評価は,建屋全体について質点系モデルを用いた弾塑性時刻歴応答解析 によることとし,地震力と地震力以外の荷重の組合せの結果,材料物性のばらつきを考慮した 層間変形角が,「技術基準解説書」により設定した 1/120 以下であることを確認することによ り,サービス建屋が倒壊しないことを確認する。

また,地盤物性のばらつきを考慮した,サービス建屋の最大応答変位と隣接する原子炉建屋 の最大応答変位の絶対値和(以下「最大相対変位」という。)と建屋間のクリアランスの大小 関係により,隣接する原子炉建屋への衝突の有無を確認する。

3.2 入力地震動

サービス建屋の地震応答解析に用いる入力地震動は、一次元波動論に基づき、添付書類「V -2-1-2 基準地震動S。及び弾性設計用地震動Sdの策定概要」に示す解放基盤レベルで定義される基準地震動S。に対する、地盤条件を考慮した建屋基礎スラブ底面レベルでの地盤の応答 として評価する。入力地震動の算定には、解析コード「KSHAKE ver.2.0」を用いる。解 析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「V-5-17 計算機プログラム (解析コード)の概要・KSHAKE」に示す。地盤物性を基本ケースとした場合の基礎スラ ブ底面位置における入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを図 3-1 及び図 3-2 に示す。







図 3-1 (1/3) 入力地震動の加速度時刻歴波形 (S_s)







図 3-1 (2/3) 入力地震動の加速度時刻歴波形 (S_s)





図 3-1 (3/3) 入力地震動 加速度時刻歷波形 (S_s)



3.3 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは, 添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している荷 重及び荷重の組合せを用いる。

- 3.3.1 荷重
 - (1) 固定荷重(G),積載荷重(P)

サービス建屋の固定荷重(G)及び積載荷重(P)を表 3-1 及び表 3-2 に示す。

	部位	固定荷重*1 (kN/m ²)	積載荷重*1 (kN/m ²)
屋根	EL. +22.0 m	5.2	1.1^{*2}
床 (3F)	EL. +18.0 m	3.8	1.8
床 (2F)	EL. +14.0 m	5.9	2.1
床 (M2F)	EL. +11.2 m	4.5	2.7
床 (1F)	EL. + 8.2 m	26.0	5.1

表 3-1 固定荷重(G)及び積載荷重(P)(屋根及び床)

注記 *1:各階の平均値を示す。

*2:積雪荷重を含む。積雪荷重を除いた積載荷重は 0.89 (kN/m²) である。

表 3-2	固定荷重(G)(パラペッ	ット及び壁)
音	位	固定荷重
パラペット	屋根	4.80 kN/m
壁 (ALC パネル)	外壁 (1F~3F)	1.20 kN/m ²
壁 (新設耐震壁)	内外壁 (1F~3F)	24.0 kN/m ³

(2) 積雪荷重 (S)

積雪荷重は, 添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に記載の地震力と積雪の組合 せに基づき, 表 3-3 のとおり設定する。ただし, 積雪荷重は屋根面の積載荷重に含まれる ものとする。

表 3-3 積雪荷重 (S)

荷重及び外力について想定する状態	積雪荷重
地震時荷重(S _{地震時})	210 N/m^2

- (3) 地震荷重(K_s) サービス建屋の地震応答解析に用いる入力地震動は、「3.2入力地震動」に示す基準地震 動S_sを用いる。
- 3.3.2 荷重の組合せ

荷重の組合せは,添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき設定する。荷重 組合せを表 3-4 に示す。

表 3-4 荷重の組合せ

外力の状態	荷重組合せ		
S。地震時	G+P+S 地震時+Ks		

G : 固定荷重

P : 積載荷重

S_{地震時}:積雪荷重

K_s : S_s地震荷重

3.4 許容限界

サービス建屋の原子炉建屋に対する波及的影響評価における許容限界は,添付書類「V-2-11-1 波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の耐震設計方針」に記載の許容限界に 基づき,表 3-5 及び表 3-6 のとおり設定する。

機能設計上の 性能目標	地震力	部位	機能維持のための 考え方	許容限界
原子炉建屋に波 及的影響を及ぼ さない	基準	耐震壁付きの 柱・梁のフレ ーム部材	最大層間変形角が構 造物全体としての構 造強度のための許容 限界を超えないこと を確認	最大層間変形角 1/120 ^{*1}
	地展到 S _s	サービス建屋 及び 原子炉建屋	建屋間の最大相対変 位が波及的影響を及 ぼさないための許容 限界を超えないこと を確認	最大相対変位 50 mm

表 3-5 波及的影響評価における許容限界

(設計基準対象施設に対する評価)

注記 *1:建築基準法施行令第82条の2(層間変形角)より設定。

表 3-6 波及的影響評価における許容限界

(重大事故等対処施設に対する評価)

機能設計上の 性能目標	地震力	部位	機能維持のための 考え方	許容限界
原子炉建屋に波 及的影響を及ぼ さない	基準 地震動 S _s	耐震壁付きの 柱・梁のフレ ーム部材	最大層間変形角が構 造物全体としての構 造強度の確認のため の許容限界を超えな いことを確認	最大層間変形角 1/120 ^{*1}
		サービス建屋 及び 原子炉建屋	建屋間の最大相対変 位が波及的影響を及 ぼさないための許容 限界を超えないこと を確認	最大相対変位 50 mm

注記 *1:建築基準法施行令第82条の2(層間変形角)より設定。

- 3.5 解析方法
- 3.5.1 地震応答解析モデル

地震応答解析モデルは、添付書類「V-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に示す解析 方法及び解析モデルに基づき、水平方向(EW 方向)について設定する。地震応答解析モ デルの設定に用いた建物・構築物の物性値を表 3-7 に示す。

地震応答解析モデルは、地盤との相互作用を考慮した、剛基礎を有する多質点系のせん断ばねモデルとし、地震応答解析モデルの諸元を設定する。地震応答解析モデルを図に、 地震応答解析モデルの諸元を表 3-8 に示す。

せん断剛性及び復元力特性は、3次元FEMによる荷重増分解析に基づき設定する。

地盤ばね(水平ばね及び回転ばね)は、三次元薄層要素法に基づいて振動数依存の実部と虚部を評価したうえで、「JEAG4601-1991 追補版」による近似法によって、水平及び回転ばねを定数化する。地盤ばねの評価にには解析コード「SuperFLUSH/3D ver.3.0A01」を用いる。解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、添付書類「V-5-60 計算機プログラム(解析コード)の概要・SuperFLUSH/3D」に示す。

地盤ばねの算定に用いる地盤定数は、初期地盤の物性値とひずみの依存特性から一次 元波動論より求めた等価物性値とする。基準地震動S。に対する地盤定数を表 3-9~表 3-16 に、地盤ばねの定数化の概要を図 3-4 に、地盤ばね定数及び減衰係数を表 3-17 に示す。

地震応答解析は、上記の復元力特性を用いた弾塑性時刻歴応答解析とし、建屋と杭と 地盤の相互作用を評価した建屋-杭-地盤連成モデルとする。

表 3-7 建物・構築物の物性値

建物・構築物	使用材料	ヤング係数 E (N/mm ²)	せん断 弾性係数 G (N/mm ²)	減衰定数 h (%)
サービス建屋	コンクリート: Fc=17.7 (N/mm ²) (Fc=180 (kgf/cm ²)) 鉄筋:SD30 (SD295A 相当)	2. 05×10^4	8.54 $\times 10^{3}$	5



表 3-8 地震応答解析モデル諸元(EW 方向)

高さ (_{EL})	質点 番号	質点重量 (kN) ₩	回転慣性重量 (×10 ⁶ kN·m ² Ig	要素 番号	ばね定数 (×10 ⁶ kN/加 K
22.00	1	11220	_		
				(1)	8. 53
18.00	2	9710		(₂)	9. 16
14.00	3	11560	_		
11 90	4	9490		(3)	36.0
11.20	4	8420		(4)	36.2
8.20	5	37370	2.42		
総重	量	78280			

図 3-3 地震応答解析モデル(EW 方向)
	1	0 0		- %	s D	1 /	
標高 EL. (m)	地層 区分	層厚 (m)	密度 (t/m ³)	等価 減衰定数	等価 S波速度 (m/s)	等価 P波速度 (m/s)	ポアソン比
8.0	du*	5.0	1.82	0.06	178	412	0.385
3.0 2.0	$Ag2^*$	1.0	1.89	0.08	193	353	0.286
2.0	Ag2	4.7	2.01	0.11	171	1794	0.495
-14.4	D2g-3	11.7	2. 15	0.05	391	1847	0. 477
20.0		5.6	1.72	0.03	406	1644	0.468
-20.0		20.0	1.72	0.03	410	1660	0.468
-40.0		20.0	1.73	0.03	425	1679	0.466
-60.0		30.0	1.73	0.03	442	1691	0.463
-90.0	Km	30.0	1.73	0.03	465	1718	0.460
-120.0	11III	30.0	1.73	0.03	486	1745	0.458
-150.0		40.0	1.74	0.03	508	1769	0.455
-190.0		40.0	1.74	0.03	542	1809	0.451
-230.0		40.0	1.75	0.03	577	1850	0.446
-270.0		50.0	1.75	0.03	612	1899	0.442
-320.0		50.0	1.76	0.03	652	1937	0.436
570.0	解放基盤	_	1.76	0.00	718	1988	0.425

表 3-9 地盤定数(S_s-D1)

表 3-10 地盤定数(S_s-11)

標高 EL. (m)	地層 区分	層厚 (m)	密度 (t/m ³)	等価 減衰定数	等価 S波速度 (m/s)	等価 P波速度 (m/s)	ポアソン比
8.0	du*	5.0	1.82	0.04	191	442	0. 385
3.0	$Ag2^*$	1.0	1.89	0.04	217	396	0.286
_2.0	Ag2	4.7	2.01	0.05	212	1800	0.493
-2.1	D2g-3	11.7	2.15	0.04	442	1862	0. 470
-14.4		5.6	1.72	0.02	425	1651	0.465
-20.0		20.0	1.72	0.02	433	1667	0.464
-40.0		20.0	1.73	0.02	445	1686	0.463
-00.0		30.0	1.73	0.02	461	1698	0.460
-120.0	Km	30.0	1.73	0.03	479	1723	0.458
-120.0		30.0	1.73	0.03	501	1751	0.455
-190.0		40.0	1.74	0.02	526	1776	0.452
-230.0		40.0	1.74	0.02	558	1816	0.448
-270.0		40.0	1.75	0.02	587	1854	0.444
-320.0		50.0	1.75	0.02	619	1902	0.441
-370.0		50.0	1.76	0.02	656	1938	0.435
010.0	解放基盤	_	1.76	0.00	718	1988	0.425

	1	0 11			5 s 1	<i>□</i>)	
標高 EL. (m)	地層 区分	層厚 (m)	密度 (t/m ³)	等価 減衰定数	等価 S波速度 (m/s)	等価 P波速度 (m/s)	ポアソン比
8.0	du*	5.0	1.82	0.04	191	442	0.385
3. U 2. O	$Ag2^*$	1.0	1.89	0.04	217	396	0.286
2.0	Ag2	4.7	2.01	0.05	211	1800	0.493
-14.4	D2g-3	11.7	2. 15	0.04	433	1859	0. 471
14.4		5.6	1.72	0.02	421	1649	0.465
-20.0		20.0	1.72	0.02	425	1665	0.465
-40.0		20.0	1.73	0.03	435	1682	0.464
-60.0		30.0	1.73	0.03	447	1693	0.463
-90.0	Km	30.0	1.73	0.03	468	1719	0.460
-120.0	1111	30.0	1.73	0.03	486	1745	0.458
-150.0		40.0	1.74	0.03	511	1770	0.455
-190.0		40.0	1.74	0.03	539	1808	0.451
-230.0		40.0	1.75	0.03	567	1846	0.448
-270.0		50.0	1.75	0.03	594	1891	0.445
-320.0		50.0	1.76	0.03	633	1928	0.440
-370.0	解放基盤		1.76	0.00	718	1988	0.425

表 3-11 地盤定数(S_s-12)

表 3-12 地盤定数(S_s-13)

標高 EL. (m)	地層 区分	層厚 (m)	密度 (t/m ³)	等価 減衰定数	等価 S波速度 (m/s)	等価 P波速度 (m/s)	ポアソン比
8.0	du*	5.0	1.82	0.04	190	439	0. 385
3.0	$Ag2^*$	1.0	1.89	0.05	216	395	0.286
_9.7	Ag2	4.7	2.01	0.06	209	1800	0.493
-2. 7	D2g-3	11.7	2.15	0.04	433	1859	0. 471
-14.4		5.6	1.72	0.02	421	1649	0.465
-20.0		20.0	1.72	0.02	428	1666	0.465
-40.0		20.0	1.73	0.03	435	1682	0.464
-90.0		30.0	1.73	0.03	450	1694	0.462
-120.0	Km	30.0	1.73	0.03	468	1719	0.460
-150.0		30.0	1.73	0.03	486	1745	0.458
-190.0		40.0	1.74	0.03	511	1770	0.455
-230.0		40.0	1.74	0.03	539	1808	0.451
-270.0		40.0	1.75	0.03	563	1844	0.449
-320.0		50.0	1.75	0.03	594	1891	0.445
-370.0	あ刀 ナム 甘	50.0	1.76	0.03	629	1926	0.440
	脌	_	1.76	0.00	718	1988	0.425

	1	0 10			J _S 1	1)	
標高 EL. (m)	地層 区分	層厚 (m)	密度 (t/m ³)	等価 減衰定数	等価 S波速度 (m/s)	等価 P波速度 (m/s)	ポアソン比
8.0	du*	5.0	1.82	0.03	195	451	0.385
2.0	$Ag2^*$	1.0	1.89	0.04	220	402	0.286
-2.7	Ag2	4. 7	2.01	0.05	216	1801	0. 493
-14.4	D2g-3	11.7	2.15	0.04	439	1861	0. 471
14.4		5.6	1.72	0.02	423	1650	0.465
-20.0		20.0	1.72	0.02	430	1666	0.464
-40.0		20.0	1.73	0.03	440	1684	0.463
-60.0		30.0	1.73	0.03	453	1695	0.462
-90.0	Km	30.0	1.73	0.03	471	1720	0.459
-120.0	1111	30.0	1.73	0.03	489	1746	0.457
-150.0		40.0	1.74	0.03	514	1771	0.454
-190.0		40.0	1.74	0.03	542	1809	0.451
-230.0		40.0	1.75	0.03	574	1849	0.447
-270.0		50.0	1.75	0.03	601	1894	0.444
-320.0		50.0	1.76	0.03	641	1932	0.438
-370.0	解放基盤		1.76	0.00	718	1988	0.425

表 3-13 地盤定数(S_s-14)

表 3-14 地盤定数(S_s-21)

標高 EL. (m)	地層 区分	層厚 (m)	密度 (t/m ³)	等価 減衰定数	等価 S波速度 (m/s)	等価 P波速度 (m/s)	ポアソン比
8.0	du*	5.0	1.82	0.06	179	414	0.385
3.0 2.0	$Ag2^*$	1.0	1.89	0.07	198	362	0.286
-2.7	Ag2	4.7	2.01	0.08	189	1797	0.494
-14.4	D2g-3	11.7	2. 15	0.04	418	1854	0. 473
-14.4		5.6	1.72	0.02	418	1648	0.466
-20.0		20.0	1.72	0.03	425	1665	0.465
-40.0		20.0	1.73	0.03	435	1682	0.464
-90.0		30.0	1.73	0.03	453	1695	0.462
-120.0	Km	30.0	1.73	0.03	477	1723	0.458
-150.0		30.0	1.73	0.03	501	1751	0.455
-190.0		40.0	1.74	0.02	532	1779	0.451
-230.0		40.0	1.74	0.02	561	1817	0.447
-270.0		40.0	1.75	0.02	591	1856	0.444
-320.0		50.0	1.75	0.02	619	1902	0.441
-370.0	解放基盤	50.0 —	1.76	0.02	656 718	1938 1988	0. 435

標高 EL. (m)	地層 区分	層厚 (m)	密度 (t/m ³)	等価 減衰定数	等価 S波速度 (m/s)	等価 P波速度 (m/s)	ポアソン比	
8.0	du*	5.0	1.82	0.06	177	409	0.385	
3.0	$Ag2^*$	1.0	1.89	0.08	195	356	0.286	
2.0	Ag2	4.7	2.01	0.10	178	1795	0.495	
-14 4	D2g-3	11.7	2. 15	0.05	406	1851	0. 475	
20.0		5.6	1.72	0.03	416	1648	0.466	
-20.0		20.0	1.72	0.03	425	1665	0.465	
-40.0		20.0	1.73	0.03	438	1683	0.464	
-00.0		30.0	1.73	0.03	455	1695	0.461	
-120.0	Km	30.0	1.73	0.03	477	1723	0.458	
-150.0		30.0	1.73	0.03	501	1751	0.455	
-190.0		40.0	1.74	0.03	526	1776	0.452	
-230.0		40.0	1.74	0.02	555	1815	0.448	
-270.0		40.0	1.75	0.02	587	1854	0.444	
-320.0		50.0	1.75	0.02	619	1902	0.441	
-370.0	Ann 11 and 1-	50.0	1.76	0.02	659	1940	0.435	
0.0.0	解放基盤		1.76	0.00	718	1988	0.425	

表 3-15 地盤定数(S_s-22)

表 3-16 地盤定数(S_s-31)

標高 EL. (m)	地層 区分	層厚 (m)	密度 (t/m ³)	等価 減衰定数	等価 S波速度 (m/s)	等価 P波速度 (m/s)	ポアソン比
8.0	du*	5.0	1.82	0.06	177	409	0. 385
3.0 2.0	$Ag2^*$	1.0	1.89	0.08	190	347	0.286
-2 7	Ag2	4.7	2.01	0.11	168	1794	0.496
-2. 1	D2g-3	11.7	2.15	0.06	384	1845	0. 477
-14.4		5.6	1.72	0.03	401	1643	0.468
-20.0		20.0	1.72	0.03	405	1658	0.468
-40.0		20.0	1.73	0.03	414	1675	0.467
-60.0		30.0	1.73	0.03	436	1689	0.464
-90.0	Km	30.0	1.73	0.03	468	1719	0.460
-150.0		30.0	1.73	0.03	489	1746	0.457
-100.0		40.0	1.74	0.03	517	1773	0.454
-230.0		40.0	1.74	0.03	545	1811	0.450
-270 0		40.0	1.75	0.03	577	1850	0.446
-320.0		50.0	1.75	0.03	612	1899	0.442
-370 0		50.0	1.76	0.03	652	1937	0.436
570.0	解放基盤	—	1.76	0.00	718	1988	0.425



ばね定数:0 Hzの値をばね定数K。で定式化

減衰係数:地盤-建屋連成系の1次固有円振動数 ω1に対応する虚部の値と原点とを結ぶ直線の傾 き C_cで定式化

図 3-4	地盤ばねの定数化の概要
凶 J I	心血はない人気口の小児女

表 3-17 地盤ばね定数と減衰係数

対象 地震動	地盤ばね 成 分	ばね定数 K (kN/m) (kN・m/rad)	減衰係数 C (kN・s/m) (kN・m・s/rad)
S D 1	底面 スウェイばね K _s ,Cs	4. 08×10^{6}	3.23×10^{5}
5 _s -D1	底面 ロッキングばね K _{R,} C _R	1.87×10^{9}	1.98×10^{7}
0 1 1	底面 スウェイばね K _{s,} C _s	5. 73×10^{6}	3.34×10^{5}
5 _s -11	底面 ロッキングばね K _{R,} C _R	2. 15×10^9	1.80×10^{7}
S _ 1 9	底面 スウェイばね K _{s,} C _s	5. 65×10^{6}	3. 37×10^5
$S_{s} = 1.2$	底面 ロッキングばね K _{R,} C _R	2. 13×10^9	1.87×10^{7}
S _ 1 9	底面 スウェイばね K _{s,} C _s	5. 58 $\times 10^{6}$	3. 35×10^5
5 _s -15	底面 ロッキングばね K _R , C _R	2. 12×10^9	1.85×10^{7}
S = 1.4	底面 スウェイばね K _{s,} C _s	6. 02×10^{6}	3. 41×10^5
$3_{s} = 14$	底面 ロッキングばね K _{R,} C _R	2. 18×10^9	1.81×10^{7}
S _ 9 1	底面 スウェイばね K _{s,} C _s	4. 53×10^{6}	3. 08×10^5
$3_{s} = 21$	底面 ロッキングばね K _R , C _R	1.99×10^{9}	1.80×10^{7}
S - 2 2	底面 スウェイばね K _{s,} C _s	4. 24×10^{6}	3. 12×10^5
$5_{s} - 22$	底面 ロッキングばね K _R , C _R	1.93×10^{9}	1.86×10^{7}
S = 3.1	底面 スウェイばね K _s ,C _s	3.95×10^{6}	3.22×10^{5}
S _s – 3 1	底面 ロッキングばね K _R , C _R	1.84×10^{9}	1.99×10^{7}

3.5.2 解析方法

サービス建屋の地震応答解析には,解析コード「RESP-T Ver.5.1.2」を用いる。 また,解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については,添付書類「V-5-44 計算 機プログラム(解析コード)の概要・RESP-T」に示す。

サービス建屋の地震応答解析は、添付書類「V-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の解析方法に基づき、時刻歴応答解析により実施する。

- 3.5.3 解析条件
 - (1) 復元力特性

地震応答解析に用いる復元力特性は、3次元FEMによる荷重増分解析に基づき設定する。鉛直部材間の鉄筋コンクリート造スラブは、剛床として設定し、柱の復元力特性はファイバーモデルとする。

EW 方向のせん断力(Q) - 層間変形角(R)関係を図 3-5 に示す。



図 3-5 EW 方向のせん断力(Q) - 層間変形角(R) 関係

(2) スケルトン曲線

サービス建屋の各階部材について、スケルトン曲線の諸数値を表 3-18 に示す。

EL. (m)	要素 番号	Q ₁ (kN)	Q ₂ (kN)	Q ₃ (kN)	δ ₁ (mm)	δ ₂ (mm)	δ ₃ (mm)
22.00 \sim 18.00	(1)	1450	21600	23000	0.170	9.80	40.0
$18.00 \sim 14.00$	(2)	2940	30500	33700	0.321	12.2	40.0
14.00 \sim 11.20	(3)	3090	45000	47600	0.0859	6.50	28.0
$11.20 \sim 8.20$	(4)	2660	51400	54300	0.0734	7.50	30.0

表 3-18 サービス建屋の復元力特性諸元(EW 方向)

3.5.4 材料物性のばらつき

解析においては、「3.5.1 地震応答解析モデル」に示す物性値及び定数を基本ケースとし、材料物性のばらつきを考慮する。材料物性のばらつきを考慮した地震応答解析は、基準地震動 S_s のうち、原子炉建屋の評価で選定している S_s -D1、 S_s -21、 S_s -22及び S_s -31に対して実施することとする。

材料物性のばらつきのうち,地盤物性については,地盤調査結果の平均値をもとに設定 した数値を基本ケースとし,支持地盤のせん断波速度のばらつきは,±σ相当として,変 動係数10%を考慮する。また表層地盤についても同様に±σ相当として du 層は5%, Ag2層は10%,D2g-3層は15%の変動係数を考慮する。なお,建屋物性のばらつきに ついては,コンクリートの実強度は設計基準強度よりも大きくなること及び建屋剛性とし て考慮していない壁の建屋剛性への寄与については構造耐力の向上が見られることから, 保守的に考慮しない。材料物性のばらつきを考慮する地震応答解析ケースを表 3-19に示 す。

	БI			地盤の	せん断波速度(n	n/s)			
	EL. (m)		^{地層} 区分	基本ケース	+ σ 相当	一σ相当			
8.0	\sim	3.0	du	210	221	199			
3.0	\sim	-2.7	Ag2	240	264	216			
-2.7	\sim	-14.4	D2g-3	500	575	425			
-14.4	\sim	-20.0		446	491	401			
-20.0	\sim	-40.0		456	502	410			
-40.0	\sim	-60.0		472	520	424			
-60.0	\sim	-90.0		491	541	441			
-90.0	\sim	-120.0		514	566	462			
-120.0	\sim	-150.0	Km	537	591	483			
-150.0	\sim	-190.0		564	621	507			
-190.0	\sim	-230.0		595	655	535			
-230.0	\sim	-270.0		626	689	563			
-270.0	\sim	-320.0		660	726	594			
-320.0	\sim	-370.0		699	769	629			

表 3-19 材料物性のばらつきを考慮する地震応答解析ケース

3.6 評価方法

サービス建屋の地震応答解析による波及的影響評価は、質点系モデルの地震応答解析に基づき、基準地震動 S_sに対して、サービス建屋の構造物全体としての変形性能の評価及び原子炉 建屋への影響の評価を行う。

3.6.1 構造物全体としての変形性能の評価方法

サービス建屋の構造物全体としての変形性能の評価は、質点系モデルによる地震応答解 析を行い、層間変形角を算出し、最大層間変形角が許容限界を超えないことを確認する。 変形性能の評価にあたっては、地盤物性のばらつきを考慮する。

3.6.2 原子炉建屋への影響の評価方法

サービス建屋の原子炉建屋への影響の評価は,原子炉建屋との最大相対変位により,建 屋衝突の有無を確認する。最大相対変位を算出する際の基準点は,サービス建屋の基礎底 面レベルとする。原子炉建屋への影響の評価にあたっては,地盤物性のばらつきを考慮す る。

- 4. 評価結果
- 4.1 構造物全体としての変形性能の評価結果

基準地震動S_sに対する最大層間変形角を表 4-1 に示す。なお,全ケースにおいて,最大層間変形角は地上2階(EL.14.0 m~EL.18.0 m)である。

地盤物性のばらつきを考慮した最大層間変形角は、最大で 1/265 (S_s-31, + σ 相当) であり、許容限界 (1/120) 以下であることを確認した。

(a) 基本ケース									
地震波	最大層間変形角	許容限界							
S _s -D1	1/305								
S _s - 1 1	1/950								
S _s - 1 2	1/1018								
S _s - 1 3	1/1024	1/120							
S _s - 1 4	1/1073								
S _s – 2 1	1/499								
S _s - 2 2	1/347								
S _s – 3 1	1/267								

表 4-1 耐震壁の最大層間変形角

(b) 地盤+σ相当

地震波	最大層間変形角	許容限界				
S _s – D 1	1/284					
S _s – 2 1	1/515	1/120				
S _s – 2 2	1/327					
S _s – 3 1	1/265					

(c) 地盤-σ相当

地震波	最大層間変形角	許容限界				
S _s – D 1	1/314					
S _s – 2 1	1/503	1/120				
S _s – 2 2	1/383					
S _s -31	1/294					

4.2 原子炉建屋への影響の評価結果

サービス建屋の原子炉建屋への影響評価は,「3.5 解析方法」に示すサービス建屋の地震応 答解析モデルによる解析結果と添付書類「V-2-2-1 原子炉建屋の地震応答計算書」における 地震応答解析結果から,建屋間の相対変位を確認する。

建屋間の相対変位は、「3.6 評価方法」に基づき、サービス建屋質点高さにおけるサービス 建屋と原子炉建屋の最大応答変位を確認する。

基準地震動S_sに対する基本ケースによるサービス建屋と原子炉建屋の最大相対変位を表 4-2 に示す。基本ケースの最大相対変位は、S_s-31のサービス建屋質点レベル EL.22.00 m で 49.5 mm であり、許容限界を超えない。

基準地震動S_sに対する地盤物性のばらつきを考慮したサービス建屋と原子炉建屋の最大相 対変位を表 4-3 に示す。地盤物性のばらつきを考慮した最大相対変位は、S_s-31のサービ ス建屋質点レベル EL.22.00 mで 49.7 mm であり、許容限界を超えないことから、サービス建 屋と原子炉建屋は接触しないことを確認した。

表 4-2 サービス建屋と原子炉建屋との最大相対変位(基本ケース)

サ-	ービス 建屋	原 妥	〔子炉 建屋	最大相対変位 (mm)											
質点 番号	EL. (m)	質点 番号	EL. (m)	S _s – D 1	S _s – 1 1	S _s -12	S _s – 1 3	S _s - 1 4	S _s -21	S _s -22	S _s – 3 1				
1	22.00	*	22.00	45.1	16.0	14.8	14.8	14.1	24.8	39.1	49.5				
3	14.00	8	14.00	17.0	6.4	5.7	5.8	5.0	9.6	14.3	18.9				
\			7) ISS 14))		7 - /				

注記 *: 原子炉建屋の EL. 22.00 m の応答は, 質点番号 6 (EL. 29.00 m) と質点番号 7 (EL. 20.30 m) の応答を線形補完して算定する。

表 4-3 サービス建屋と原子炉建屋との最大相対変位

サービ	ス建屋	原子均	戸建屋	最大相対変位 (mm)							
質点 番号	EL. (m)	質点 番号	EL. (m)	S _s – D 1	S _s -21	S _s -22	S _s - 3 1				
1	22.00	*	22.00	45.5	24.9	41.1	49.4				
3	14.00	8	14.00	16.5	9.7	14.3	18.7				

(a) 地盤+σ相当

注記 *: 原子炉建屋の EL. 22.00 mの応答は, 質点番号 6(EL. 29.00 m) と質点番号 7(EL. 20.30 m)の応答を線形補完して算定する。

(b) 地盤-σ相当

サービ	ス建屋	原子均	戸建屋	最大相対変位 (mm)							
質点 番号	EL. (m)	質点 番号	EL. (m)	S _s – D 1	S _s - 2 1	S _s - 2 2	S _s - 3 1				
1	22.00	*	22.00	44.3	24.8	36.1	49.7				
3	14.00	8	14.00	17.2	9.5	13.7	19.4				

注記 *: 原子炉建屋の EL. 22.00 mの応答は, 質点番号 6(EL. 29.00m) と質点番号 7(EL. 20.30 m)の応答を線形補完して算定する。 V-2-11-2-15 使用済燃料乾式貯蔵建屋上屋の耐震性についての計算書

1.	棑	${\mathfrak M} \equiv \cdots $
2.	麦	基本方針・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
2.	1	位置
2.2	2	構造概要
2.	3	評価方針・・・・・5
2.4	4	適用規格・基準等・・・・・・7
3.	屴	也震応答解析による評価方法・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
4.	凥	5.力解析による評価方法・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
4.	1	評価対象部位及び評価方針・・・・・.9
4. 2	2	荷重及び荷重の組合せ・・・・・11
4.	3	許容限界 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
4.4	4	解析モデル及び諸元・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・16
4.	5	評価方法
5.	司	平価結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
5.	1	地震応答解析による評価結果・・・・・ 22
5.2	2	応力解析による評価結果・・・・・24

1. 概要

本資料は,添付書類「V-2-11-1 波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の耐震評価 方針」に基づき,使用済燃料乾式貯蔵建屋上屋が上位クラス施設である使用済燃料乾式貯蔵容器 に対して波及的影響を及ぼさないことを説明するものである。その波及的影響の評価は,使用済 燃料乾式貯蔵容器の有する機能が保持されることを確認するために,下位クラス施設である使用 済燃料乾式貯蔵建屋上屋の構造物全体としての変形性能の評価及び屋根トラスの構造健全性の評 価により行う。

- 2. 基本方針
- 2.1 位置

使用済燃料乾式貯蔵建屋の設置位置を図 2-1 に示す。

NT2 補② V-2-11-2-15 R0

図 2-1 使用済燃料乾式貯蔵建屋の設置位置

2.2 構造概要

使用済燃料乾式貯蔵建屋は,使用済燃料乾式貯蔵容器を24基収納する地上1階,平面が南北 方向52.3 m,東西方向24.25 m,地上高さ21.2 mの鉄筋コンクリート造(一部鉄骨鉄筋コンク リート造及び鉄骨造)の建物である。

使用済燃料乾式貯蔵建屋の基礎は,平面が南北方向 59.7 m,東西方向 33.0 m,厚さ 2.5 m (一部 2.0 m)で,鋼管杭を介して,砂質泥岩である久米層に岩着している。また,耐震壁に は冷却空気取り入れのための開口がある。

使用済燃料乾式貯蔵建屋に加わる地震時の水平力は,外周部に配置した耐震壁と柱及び梁(屋 根トラス)からなるフレーム構造で負担する。

使用済燃料乾式貯蔵建屋の杭伏図、概略平面図及び概略断面図を図 2-2~図 2-4 に示す。

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	ρ.	0	0.	0.	0.	_0	_Q	_Q	_0_	_0_	_0_	_0_	9	Δ	0	0	0_	0_	0_	. O_	۵.	Ω.	0	0.	_0.	_0	-9	0	
0	þ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	q	0	
0	þ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	þ	0	
0	þ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	þ	0	
0	þ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	þ	0	
0	þ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	å	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	00m
0	þ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	ġ	0	
0	þ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	d	0	0
0	þ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	ģ	0	
0	þ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	þ	0	
0	φ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	ģ	0	
0	р-	- 0-	- 0 -	0	-0-	-σ	-σ	-σ	-σ	-σ	-0	-0-	σ	σ	σ	0	70-	5	0	-o	-σ-	0	0	-0-	- 0 -	-σ	-9	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
														5	9 7	70	m												
L														0	J. 1	0	ш												

凡例 ○: 杭

図 2-2 使用済燃料乾式貯蔵建屋の杭伏図(EL.5.8 m)

図 2-3	の概略平面図 (EL.8.3 m)



図 2-4(1/2) 使用済燃料乾式貯蔵建屋の概略断面図(A-A 断面 NS 方向)



2.3 評価方針

使用済燃料乾式貯蔵建屋上屋は、上位クラスである使用済燃料乾式貯蔵容器と同じ運転状態 を想定することから、設計基準対象施設に対する波及的影響の評価を行う。

設計基準対象施設に対する波及的影響評価においては、基準地震動S。による地震力に対す る評価(以下「S。地震時に対する評価」という。)を行うこととする。使用済燃料乾式貯蔵建 屋上屋の波及的影響評価は、添付書類「V-2-11-1 波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラ ス施設の耐震評価方針」に基づき、地震応答解析による評価においては使用済燃料乾式貯蔵建 屋上屋の構造物全体としての変形性能の評価を、応力解析による評価においては屋根トラスの 構造強度の確認を行うことで、上位クラス施設である使用済燃料乾式貯蔵容器への波及的影響 を及ぼさないことの確認を行う。

図 2-2 に使用済燃料乾式貯蔵建屋上屋の評価フローを示す。



注記 *: 添付書類「V-2-2-4 使用済燃料乾式貯蔵建屋の地震応答計算書」の結果を踏まえた 評価を行う

図 2-2 使用済燃料乾式貯蔵建屋上屋の評価フロー

2.4 適用規格·基準等

使用済燃料乾式貯蔵建屋上屋の評価において、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・許容応力度編 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)(以下「JEAG4601-1991 追補版」という。)
- 建築基準法・同施行令
- ・ 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)
- ・ 原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説((社)日本建築学会,2005)(以下「RC-N規準」という。)
- ・ 鋼構造設計規準 -許容応力度設計法-((社)日本建築学会,2005)(以下「S規準」 という。)
- ・ 2015 年版 建築物の構造関係技術基準解説書(国土交通省国土技術政策総合研究所・国 立研究開発法人建築研究所)(以下「技術基準解説書」という。)

3. 地震応答解析による評価方法

地震応答解析による評価は、添付書類「V-2-2-4 使用済燃料乾式貯蔵建屋の地震応答計算書」 に基づき、耐震壁の最大せん断ひずみが許容限界を超えないことを確認する。地震応答解析によ る評価における使用済燃料乾式貯蔵建屋上屋の許容限界は、添付書類「V-2-11-1 波及的影響を 及ぼすおそれのある下位クラス施設の耐震評価方針」に基づき、表 3-1 のとおり設定する。

要求 機能	機能設計上の 性能目標	地震力	部位	機能維持のための 考え方	許容限界
_	上位クラス施設 に波及的影響を 及ぼさないこと	基準地震動 S _s	耐震壁*	最大せん断ひずみが波 及的影響を及ぼさない ための許容限界を超え ないことを確認	最大せん断ひずみ 4.0×10 ⁻³

表 3-1 地震応答解析による評価における許容限界

注記 *:建屋全体としては、地震力を主に耐震壁で負担する構造となっており、柱、梁、間仕切壁等が耐 震壁の変形に追従することと、全体に剛性の高い構造となっており、複数の耐震壁間の相対変形 が小さく床スラブの面内変形が抑えられるため、各層の耐震壁が最大せん断ひずみの許容限界を 満足していれば、建物・構築物に要求される機能は維持される。

- 4. 応力解析による評価方法
- 4.1 評価対象部位及び評価方針

使用済燃料乾式貯蔵建屋上屋の応力解析による評価対象部位については,屋根トラスの内, 主トラスとし,以下の方針に基づき評価を行う。

S₈地震時の応力は、3 次元FEMモデルを用いた動的解析により求まる地震力と静的解析から求まる地震力以外の荷重の組合せとし、発生する応力が、「S規準」に基づき設定した許容限界を超えないことを確認する。なお、地震荷重については、地盤物性のばらつきを考慮する。 応力解析による評価フローを図 4-1 に示す。



注記 *: 地震荷重の設定においては、地盤物性のばらつきを考慮する。

図 4-1 応力解析による評価フロー(主トラス)

4.2 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している荷 重及び荷重の組合せを用いる。

- 4.2.1 荷重
 - (1) 固定荷重(G)

使用済燃料乾式貯蔵建屋上屋に作用する固定荷重は,『既工事計画認可申請書「IV-2-3 使用済燃料乾式貯蔵建屋の耐震性についての計算書」(平成11・06・2資第1号 平成11 年9月2日認可)』に基づき,表4-1のとおり設定する。

部 位	部材	固定荷重* (kN/m ²)
屋根部	コンクリート厚 0.45 m	10.8
山間庄	コンクリート厚 0.30 m	7.2
中间床	コンクリート厚 0.45 m	10.8
基礎スラブ	コンクリート厚 2.5 m	60.0

表 4-1 固定荷重(G)

注記 *: 屋根部については、非構造質量として2(kN/m²)を別途考慮する。

(2) 機器荷重(E)

機器荷重は、表 4-2 のとおり設定する。

表 4-2 機器荷重(E)

	機器荷重
キャスク重量 : 計 24 基	1180 kN/基

(3) 積載荷重 (P)

積載荷重は、表 4-3 のとおり設定する。

表 4-3 積載荷重(P)

外力の状態	部位	積載荷重
	屋根部	600 N/m^2
	中間床(電気室及び出	$1500 \text{ N}/m^2$
地震時	入管理室の天井部)	1500 N/m ²
	基礎スラブ(貯蔵容器	200 N/m ²
	貯蔵部は除く)	800 N/m²

(4) 積雪荷重(S)

積雪荷重は、表 4-4 のとおり設定する。

外力の状態	部位	積雪荷重
地震時	屋根部	210 N/m^2

表 4-4 積雪荷重 (S)

(5) クレーン荷重 (CL)

クレーン荷重は、表4-5のとおり設定する。

表 4-5 クレーン荷重 (CL)

	クレーン荷重
クレーン自重	1470 kN

(6) 地震荷重 (Ks)

地震荷重は、基準地震動S_sに対する 3 次元FEMモデルを用いた動的解析より算定する。入力地震動は、添付書類「V-2-2-4 使用済燃料乾式貯蔵建屋の地震応答計算書」に示すS_s地震時の地震応答解析モデルの入力地震動とする。検討対象の主トラスはEW方向に配置されているため、検討方向はEW方向とする。また、地震荷重については、地盤物性のばらつきを考慮するものとする。地盤物性のばらつき(+σ)を考慮した基準地震動S_s-D1の加速度応答スペクトル及び加速度時刻歴波形を図 4-2 及び図 4-3 に示す。





4.2.2 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 4-6 に示す。

外力の状態	荷重の組合せ	
S。地震時	G+E+P+S+CL+Ks	
G	:固定荷重	
Е	:機器荷重	
Р	: 積載荷重(地震時)	

S

表 4-6 荷重の組合せ

: 積雪荷重(地震時)

CL : クレーン荷重

Ks : 地震荷重

4.3 許容限界

応力解析による評価における使用済燃料乾式貯蔵建屋の主トラスの許容限界は,表 4-7 のと おり設定する。

また、鋼材の許容応力度を表 4-8 に示す。

要求 機能	機能設計上の 性能目標	地震力	部位	機能維持のための 考え方	許容限界
	上位クラス施 設に波及的影 響を及ぼさな いこと	基準地震動 S _s	主トラス	部材に生じる応力 が構造強度を確保 するための許容限 界を超えないこと を確認	「S規準」に基づ く弾性限強度*

表 4-7 応力解析による評価における許容限界

注記 *:「S規準」の短期許容応力度の評価式に,「技術基準解説書」に基づきF値に1.1 倍の割増を考慮する。

表 4-8 鋼材の許容応力度

括	臼	F 値	短 期(N/mm ²)		
1里 9	识	(N/mm^2)	引 張	圧縮及び曲げ	せん断
SS400	t≦40	225	225	0.25*	125
SM400A	(mm)	233	230	230	155

注記 *:上限値であり、座屈長さ等を勘案して設定する。

- 4.4 解析モデル及び諸元
 - 4.4.1 モデル化の基本方針

応力解析は、3次元FEMモデルを用いた動的解析及び静的解析とする。応力解析にお ける評価対象部位は主トラスであり、建屋の荷重伝達を考慮するために、応力解析モデル には使用済燃料乾式貯蔵建屋の基礎とその上屋を一体とした全体モデルを用いる。解析モ デルに使用するFEM要素は、柱、屋根トラスは梁要素、屋根スラブ、壁、基礎スラブは シェル要素、地盤はばね要素とする。また、束材及び斜材端部はピン接合としてモデル化 する。図 4-4 に解析モデルを示す。解析モデルの要素数はシェル要素 3576、梁要素 1425 で、節点数は 4344 である。

解析には,解析コード「MSC NASTRAN Ver.2008r1」を用いる。また,解析コ ードの検証及び妥当性確認等の概要については,添付書類「V-5-1 計算機プログラム(解 析コード)の概要・MSC NASTRAN」に示す。

4.4.2 境界条件

3 次元FEMモデルの基礎底面に,添付書類「V-2-2-4 使用済燃料乾式貯蔵建屋の地 震応答計算書」に示す地盤ばねを杭(計435本)の分布に応じて離散化して,水平方向及 び鉛直方向のばねを設ける。水平動入力時のばねについては,水平方向は地震応答解析モ デルのスウェイばねに,鉛直方向はロッキングばね(EW方向)に基づき設定する。鉛直動 入力時及び地震以外の荷重の入力時のばねについては,水平方向は地震応答解析モデルの スウェイばねに,鉛直方向は鉛直ばねに基づき設定する。

4.4.3 解析諸元

使用材料の物性値を表 4-9 に,部材リストを表 4-10 及び図 4-5 に示す。



Y X

(梁要素) 図 4-4 解析モデル

使用材料	ヤング係数 (×10 ³ N/mm ²)	せん断弾性係数 (×10 ³ N/mm ²)	減衰定数 (%)
コンクリート : Fc23.5	22.5	9.38	5
鉄 骨:SS400, SM400A	205	79.0	2

表 4-9 使用材料の物性値

表 4-10 部材リスト

部位	部材鉄骨部材	
	上弦材	$BH\!\!-\!500\!\times\!400\!\times\!16\!\times\!28$
	下弦材	$BH\!-\!500\!\times\!400\!\times\!16\!\times\!28$
主トラス	斜材 (a)	$BH-250\times250\times9\times14$
	斜材 (b)	$BH-300\times300\times12\times16$
	斜材 (c)	BH-350 \times 350 \times 12 \times 19
	垂直材(a)	BH-250 \times 250 \times 9 \times 14
	垂直材(b')	$\text{H-}298\!\times\!299\!\times\!9\!\times\!14$
	垂直材(c')	$\text{H-}344 \times 348 \times 10 \times 16$



4.5 評価方法

4.5.1 応力解析方法

使用済燃料乾式貯蔵建屋上屋について、S。地震時に対して 3 次元FEMモデルを用いた動的解析及び静的解析を実施する。

(1) 荷重ケース

S。地震時の応力は、次の荷重ケースによる応力を組み合わせて求める。

- G : 固定荷重
- E :機器荷重
- P : 積載荷重(地震時)
- S : 積雪荷重(地震時)
- CL : クレーン荷重
- Ksew : EW 方向 S 。地震荷重(西向きを正とする。)
- Ksw : 鉛直方向S。地震荷重(上向きを正とする。)

(2) 荷重の組合せケース

荷重の組合せケースを表 4-11 に示す。 組み合わせる荷重は,同時刻で組み合わせる。

表 4-11 荷重の組合せケース

ケース No.	荷重の組合せ
1	$G+E+P+S+CL+K_{SEW}+K_{SDU}$
2	$G+E+P+S+CL+K_{S_{EW}}-K_{S_{DU}}$
3	$G+E+P+S+CL-Ks_{EW}+Ks_{DU}$
4	$G+E+P+S+CL-Ks_{EW}-Ks_{DU}$

(3) 荷重の入力方法

a. 地震荷重

地震荷重は,図4-3に示す入力地震動を,3次元FEMモデルの基礎底面位置に入力する。

b. 地震以外の荷重

地震以外の荷重については、3次元FEMモデルの各節点又は各要素に集中荷重又は 分布荷重として入力する。 4.5.2 断面の評価方法

•

断面の評価は、「S規準」に基づき、次式をもとに計算した評価対象部位に生じる軸力 及び曲げモーメントによる応力度が表 4-8 に示した鋼材の許容応力度に 1.1 倍の割増しを 考慮した弾性限応力度を超えないことを確認する。

・ 圧縮力と曲げモーメント

$$\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{c\sigma_b}{f_b} \leq 1 \quad p \sim \frac{\tau^{\sigma_b - \sigma_c}}{f_t} \leq 1$$

$$f_c : 許容圧縮応力度$$

$$f_b : 許容曲げ応力度$$

$$f_t : 許容引張応力度$$

$$\sigma_c : 平均圧縮応力度$$

$$c\sigma_b : 圧縮曲げ応力度$$

$$\tau^{\sigma_b} : 引張曲げ応力度$$

引張力と曲げモーメント

$$\frac{\sigma_{t}+_{t}\sigma_{b}}{f_{t}} \leq 1 \quad \text{かつ} \quad \frac{_{c}\sigma_{b}-\sigma_{t}}{f_{b}} \leq 1$$

$$\sigma_{t} : 平均引張応力度$$

・ せん断力
$$rac{ au}{f_s} \leq 1$$
 au :せん断応力度 f_s :許容せん断応力度

- 5. 評価結果
- 5.1 地震応答解析による評価結果

鉄筋コンクリート造耐震壁について、S。地震時の各層の最大せん断ひずみが許容限界(4.0 ×10⁻³)を超えないことを確認する。

地盤物性のばらつきを考慮した最大せん断ひずみは 1.82×10^{-3} (要素番号 BM02, 地盤+ σ , NS 方向, S_s-22) であり, 波及的影響を及ぼさないための許容限界 (4.0×10^{-3}) を超え ないことを確認した。地盤物性のばらつきを考慮した各方向の Q- γ 関係と最大応答値を図 5-1 及び図 5-2 に示す。





図 5-1 Q-γ関係と最大応答値(要素番号 BM02, NS 方向)




図 5-2 Q-γ関係と最大応答値(要素番号 BM02, EW 方向)

5.2 応力解析による評価結果

5.2.1 固有值解析結果

「4.4 解析モデル及び諸元」に示す3次元FEMモデルの固有値解析結果を表5-1, 固有モード図を図5-3に示す。EW方向の1次モードは全体1次に現れており,固有振動 数は3.60 Hz である。鉛直方向の1次モードは全体1次に現れており,固有振動数は4.78 Hz である。

表 5-1 固有值解析結果

方向	次数	固有周期(s)	振動数(Hz)	建屋全体の 卓越モード
	1	0. 278	3.60	EW 方向 1 次モード
	2	0.179	5.59	
	3	0.179	5.60	
	4	0.155	6.43	
EW	5	0.155	6.44	
EW	6	0.155	6.46	
	7	0.154	6. 49	EW 方向 2 次モード
	8	0.153	6.55	
	9	0.113	8.84	
	10	0.111	9.02	
	1	0.209	4.78	鉛直方向1次モード
	2	0.156	6. 39	鉛直方向2次モード
	3	0.151	6.62	
	4	0.130	7.67	
UD	5	0.127	7.84	
UD	6	0.115	8.70	
	7	0.114	8.74	
	8	0.112	8.92	
	9	0.104	9.66	
	10	0.098	10.25	

(地盤物性のばらつき (+ g) を考慮)

図 5-3 固有モード図

5.2.2 断面算定結果

検討代表部位は、屋根トラスを構成する主トラスの上弦材、下弦材、垂直材及び斜材に おいて、許容応力度に対する発生応力度の比が最大となる部材とする。

検討結果を表 5-2 及び図 5-4~図 5-7 に示す。発生応力度が許容応力度以下であることを確認した。

表 5-2 (1/5) 主トラスの断面の検討結果

· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	5 , <u> </u>				
部材	部材名	通り	最大検定値	要素番号	決定ケース No.
主トラス上弦材	TG1_上弦材	Y6 通り	0.380	7840	1
主トラス下弦材	TG1_下弦材	Y6 通り	0.968	7845	3
主トラス斜材	TG1(c)_斜材	Y5 通り	0.664	8067	3
主トラス垂直材	TG1(c')_垂直材	Y6 通り	0.651	8124	1

(S_s-D1, 地盤物性(+ σ) のばらつきを考慮)

表 5-2 (2/5) 主トラスの断面の検討結果 (要素番号:7840)

±0++	符号	TG1_上弦材			
前內	部材	$BH-500\times400\times16\times28$			
	地震波	Ss-D1			
荷重0	D組合せケース	1			
	要素番号	78	7840		
	N (kN)	276	-		
Ν	1 (kN•m)	464	-		
	Q (kN)	-	105		
	$N_a = f_c \cdot A (kN)$	7080	-		
	$M_a = f_b \cdot Z_p (kN \cdot m)$	1360	-		
	$Q_a = f_s \cdot A_w$ (kN)	_	917		
断面検討	$\frac{\sigma_{\rm c}}{f_{\rm c}} + \frac{\sigma_{\rm b}}{f_{\rm b}}$	0. 380	-		
	$\frac{\tau}{f_s}$	_	0. 115		
	判定	П	可		

4 0++	符号	TG1_下弦材		
いた	部材	$BH-500 \times 400 \times 16 \times 28$		
	地震波	Ss-D1		
荷重の)組合せケース	3		
	要素番号	7845		
	N (kN)	4350	-	
М	(kN•m)	240	-	
	Q (kN)	_	22	
	$N_a = f_t \cdot A (kN)$	5840	-	
	$M_a = f_t \cdot Z_p (kN \cdot m)$	1080	-	
	$Q_a = f_s \cdot A_w (kN)$	_	831	
断面検討	$\frac{\sigma_{t}}{f_{t}} + \frac{\sigma_{b}}{f_{t}}$	0.968	_	
	$\frac{\tau}{f_s}$	-	0.027	
	判定	可	П	

表 5-2 (3/5) 主トラスの断面の検討結果(要素番号:7845)

表 5-2(4/5) 主トラスの断面の検討結果(要素番号:8067)

***	符号	TG1(c)_斜材		
小小百	部材	$BH-350\times350\times12\times19$		
地震波		Ss-D1		
荷重0	D組合せケース	3		
	要素番号	8067		
N (kN)		2980		
	$N_a = f_t \cdot A (kN)$	4490		
断面検討	$\frac{\sigma_{t}}{f_{t}}$	0. 664		
	判定	र्म		

±77++	符号	TG1(c')_垂直材		
内小口	部材	$H - 344 \times 348 \times 10 \times 16$		
地震波		Ss-D1		
荷重0	D組合せケース	1		
	要素番号	8124		
N (kN)		2330		
	$N_a = f_c \cdot A (kN)$	3580		
断面検討	$\frac{\sigma_{c}}{f_{c}}$	0. 651		
	判定	可		

7840

表 5-2 (5/5) 主トラスの断面の検討結果(要素番号:8124)



図 5-4 主トラス上弦材の結果を記載する要素の位置(要素番号 7840)



図 5-5 主トラス下弦材の結果を記載する要素の位置(要素番号 7845)



図 5-6 主トラス斜材の結果を記載する要素の位置(要素番号 8067)



図 5-7 主トラス垂直材の結果を記載する要素の位置(要素番号 8124)

V-2-11-2-16 土留鋼管矢板の耐震性についての計算書

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 適用基準
3	3. 地震応答解析・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
	3.1 評価対象断面 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
	3.2 解析方法
	3.3 荷重及び荷重の組合せ······12
	3.4 入力地震動
	3.5 解析モデル及び諸元・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・32
4	l. 耐震評価・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
	4.1 評価対象部位・・・・・・・・・・・・
	4.2 荷重及び荷重の組合せ・・・・・・38
	4.3 許容限界 ····································
	4.4 評価方法・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
5	5. 耐震評価結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
	5.1 構造部材の健全性に対する評価結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
	5.2 基礎地盤の支持性能に対する評価結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・51

1. 概要

本資料は、添付書類「V-2-11-1 波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の耐震評価方針」に基づき、土留鋼管矢板が周辺に設置された上位クラス施設である貯留堰に対して、地 震時に波及的影響を及ぼさないことを説明するものである。

基準地震動S。に対して地震応答解析を行い,構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能 評価を実施することで,土留鋼管矢板が十分な構造強度を有することを確認する。

2. 基本方針

2.1 位置

土留鋼管矢板の平面配置図を第2-1図に示す。



第2-1図(2) 土留鋼管矢板の平面配置図(拡大図)

2.2 構造概要

土留鋼管矢板は,地震時における捨石等の土砂の変形が貯留堰本体へ影響を与えないように, 貯留堰の南北側に2mの離隔をとって配置する。また,土留鋼管矢板には,海水による腐食防 止のため,電気防食を施す。

土留鋼管矢板は,貯留堰の南北側にある捨石マウンドの土圧を受け持つ構造である。 土留鋼管矢板の平面図を第2-2図,標準図を第2-3図に示す。





(a) A-A断面図

(b) B-B断面図



第2-3図 土留鋼管矢板の標準図

2.3 評価方針

土留鋼管矢板は,貯留堰と同じ運転状態を想定することから,設計基準対象施設及び重大事 故等対処施設として,波及的影響評価を行う。

土留鋼管矢板の地震応答解析においては,地震時の地盤の有効応力の変化に応じた影響を考 慮できる有効応力解析を実施する。

有効応力解析に用いる液状化強度特性は,敷地の原地盤における代表性及び網羅性を踏まえ た上で保守性を考慮して設定する。

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。その際は,原地盤よりも十分に小さい液状化強度特性(敷地に存在しな い豊浦標準砂の液状化強度特性)を仮定する。

構造物への加速度応答に対する保守的な配慮として,地盤の非液状化の影響を考慮する。そ の際は,原地盤において非液状化の条件を仮定した解析を実施する。

土留鋼管矢板の波及的影響評価は、「3. 地震応答解析」により得られた解析結果に基づき、 設計基準対象施設及び重大事故等対処施設として、第 2-1 表の土留鋼管矢板の評価項目に示 すとおり、構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を行う。

構造部材の健全性評価については,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,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。

土留鋼管矢板の耐震評価フローを第2-4図に示す。

ここで、土留鋼管矢板は、運転時、設計基準事故時及び重大事故時の状態における圧力、温 度等について、波及的影響評価における手法及び条件に有意な差異はなく、評価は設計基準対 象施設の評価結果に包括されることから、設計基準対象施設の評価結果を用いた重大事故等対 処施設の評価を行う。

評価方針	評価項目	部位	評価方法	許容限界
構造強度	構造部材の健	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	全性		下であることを確認	
こと	基礎地盤の支	基礎地盤	接地圧が許容限界以下	極限支持力*
	持性能		であることを確認	

第2-1表 土留鋼管矢板の評価項目

注記 *:妥当な安全余裕を考慮する。

R1



- 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」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」を満足することを確認する。

第2-4図 土留鋼管矢板の耐震評価フロー

2.4 適用基準

適用する規格,基準類を以下に示す。

- ・道路橋示方書(I共通編・IV下部構造編)・同解説((社)日本道路協会,平成14年3月)
- ・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)
- ・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7月)

3. 地震応答解析

3.1 評価対象断面

評価対象断面は,上位クラス施設である貯留堰への影響を評価するため,土留鋼管矢板背後 の捨石マウンドの形状を踏まえ設定する。

第 3-1 図に示す平面図より,土留鋼管矢板は護岸法線直角方向に連続する鋼管矢板で構成 される。また,捨石マウンドは海側から既設護岸側へ向かって高くなっていることから,土留 鋼管矢板高さも既設護岸側端部において最も高く設置される。

土留鋼管矢板の評価対象断面として,構造の安定性に支配的な弱軸方向断面のうち,土留鋼 管矢板の高さが高くなり捨石による荷重が最も大きくなる NS-1 断面(第3-2図)を選定し, 基準地震動S。による耐震評価を実施する。



第3-1図 土留鋼管矢板の平面図



第3-2図 土留鋼管矢板の断面図 (NS-1)

3.2 解析方法

地震応答解析は、添付書類「V-2-1-6 地震応答解析の基本方針」のうち、「2.3 屋外重 要土木構造物」に示す解析方法及び解析モデルを踏まえて実施する。

地震応答解析では,地盤の有効応力の変化に応じた地震時挙動を考慮できる有効応力解析手 法を用いる。

有効応力解析には,解折コード「FLIP Ver. 7.3.0_2」を使用する。なお,解析コードの検 証及び妥当性確認の概要については,添付書類「V-5-10 計算機プログラム(解析コード) の概要・FLIP」に示す。

3.2.1 構造部材

構造部材は、線形はり要素によりモデル化する。

3.2.2 地盤

地盤の繰返しせん断応力~せん断ひずみ関係の骨格曲線の構成則を有効応力解析へ適用 する際は、地盤の繰返しせん断応力~せん断ひずみ関係の骨格曲線に関するせん断ひずみ 及び有効応力の変化に応じた特徴を適切に表現できるモデルを用いる必要がある。

一般に、地盤は荷重を与えることによりせん断ひずみを増加させていくと、地盤のせん 断応力は上限値に達し、それ以上はせん断応力が増加しなくなる特徴がある。また、地盤 のせん断応力の上限値は有効応力に応じて変化する特徴がある。

よって、耐震評価における有効応力解析では、地盤の繰返しせん断応力~せん断ひずみ 関係の骨格曲線の構成則として、地盤の繰返しせん断応力~せん断ひずみ関係の骨格曲線 に関するせん断ひずみ及び有効応力の変化に応じたこれら2つの特徴を表現できる双曲線 モデル(H-Dモデル)を選定する。

3.2.3 減衰定数

固有値解析により求められる固有振動数及び初期減衰定数に基づく要素剛性比例型減衰 を考慮する。また、非線形特性をモデル化する地盤の履歴減衰を考慮する。 3.2.4 地震応答解析の検討ケース

耐震評価における検討ケースを第3-1表に示す。

耐震評価においては、全ての基準地震動Ssに対して実施する①の検討ケース(基本ケース)において、せん断力照査及び曲げ軸力照査をはじめとした全ての照査項目について、 各照査値が最も厳しい(許容限界に対する余裕が最も小さい)地震動を用い、②~⑥の中 から追加検討ケースを実施する。

	N10 13	以 间 成 印 阻				
	1	2	3	4	5	6
	原地盤に基	地盤物性の	地盤物性の	地盤を強制	原地盤にお	地盤物性のば
	づく液状化	ばらつきを	ばらつきを	的に液状化	いて非液状	らつきを考慮
検討ケース	強度特性を	考慮(+1	考慮 (-1	させること	化の条件を	(+1 σ) し
	用いた解析	σ)した解	σ)した解	を仮定した	仮定した解	て非液状化の
	ケース(基	析ケース	析ケース	解析ケース	析ケース	条件を仮定し
	本ケース)					た解析ケース
	原地盤に基	原地盤に基	原地盤に基	敷地に存在	液状化パラ	液状化パラ
海 世化 帝 唐 唐 唐 唐 唐 唐 唐 唐 唐	づく液状化	づく液状化	づく液状化	しない豊浦	メータを	メータを
成初に強反的に	強度特性	強度特性	強度特性	標準砂の液	非適用	非適用
の設定	(標準偏差	(標準偏差	(標準偏差	状化強度特		
	を考慮)	を考慮)	を考慮)	性		

第3-1表 耐震評価における検討ケース

構造物間の相対変位の算定を行う場合は、上記の実施ケースにおいて変位量が厳しいケースで行う。

- 3.3 荷重及び荷重の組合せ 荷重及び荷重の組合せは、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき設定する。
 - 3.3.1 耐震安全性評価上考慮する状態 土留鋼管矢板の地震応答解析において,地震以外に考慮する状態を以下に示す。
 - (1) 運転時の状態

発電用原子炉施設が運転状態にあり,通常の条件下におかれている状態。ただし,運転 時の異常な過渡変化時の影響を受けないことから考慮しない。

- (2) 設計基準事故時の状態設計基準事故時の影響を受けないことから考慮しない。
- (3) 設計用自然条件 積雪荷重及び風荷重を考慮する。
- (4) 重大事故等時の状態重大事故等時の状態の影響を受けないことから考慮しない。

- 3.3.2 荷重 土留鋼管矢板の地震応答解析において,考慮する荷重を以下に示す。
 - (1) 固定荷重(G)
 固定荷重として, 躯体自重を考慮する。
 - (2) 地震荷重(K_s)
 基準地震動S_sによる荷重を考慮する。
 - (3) 積雪荷重(P_s)
 積雪荷重として 30 cm の積雪を考慮する。
 - (4) 風荷重(P_k)
 風荷重として,風速30 m/sの風圧力を考慮する。

3.3.3 荷重の組合せ

荷重の組合せを第3-2表に示す。

第3-2表 荷重の組合せ

外力の状態		荷重の組合せ		
	地震時(S _s)	$G + K_s + P_s + P_k$		
G	:固定荷重			

K_s : 地震荷重

P 。 : 積雪荷重

P k :風荷重

3.4 入力地震動

入力地震動は,添付書類「V-2-1-6 地震応答解析の基本方針」のうち,「2.3 屋外重要 土木構造物」に示す入力地震動の設計方針を踏まえて設定する。

地震応答解析に用いる入力地震動は,解放基盤表面で定義される基準地震動S。を1次元波 動論により地震応答解析モデル底面位置で評価したものを用いる。

入力地震動算定の概念図を第 3-3 図に,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 3-4 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、添付書類「V-5-25 計算機プログラム(解析コード)の概要・k - SHAKE」に示す。



第3-3図 入力地震動算定の概念図







第3-4図(1) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(NS-1) (水平方向:S_s-D1)







第3-4図(2) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(NS-1) (鉛直方向:S_s-D1)







第3-4図(3) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(NS-1) (水平方向:S_s-11)







第3-4図(4) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(NS-1) (鉛直方向:S_s-11)







第3-4図(5) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(NS-1) (水平方向:S_s-12)



 475 cm/s^2

MAX

(27.83s)





第3-4図(6) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(NS-1) (鉛直方向:S_s-12)







第3-4図(7) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(NS-1) (水平方向:S_s-13)







第3-4図(8) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(NS-1) (鉛直方向:S_s-13)



MAX

(28.27s)





第3-4図(9)入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(NS-1) (水平方向: S_s-14)







第3-4図(10) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(NS-1) (鉛直方向:S_s-14)







第3-4図(11) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(NS-1) (水平方向:S_s-21)






第3-4図(12) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(NS-1) (鉛直方向:S_s-21)







第3-4図(13) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(NS-1) (水平方向:S_s-22)







第3-4図(14) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(NS-1) (鉛直方向:S_s-22)







第3-4図(15) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(NS-1) (水平方向:S_s-31)







第3-4図(16) 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル(NS-1) (鉛直方向:S_s-31)

- 3.5 解析モデル及び諸元
 - 3.5.1 解析モデルの設定
 土留鋼管矢板の地震応答解析モデルを第3-5図に示す。
 - (1) 解析モデル領域
 地震応答解析モデルは、境界条件の影響が地盤及び構造物の応力状態に影響を及ぼさな
 いよう、十分広い領域とする。
 - (2) 境界条件

地震応答解析時の境界条件については,有限要素解析における半無限地盤を模擬するため,粘性境界を設ける。

- (3) 構造物のモデル化構造物は、線形はり要素によりモデル化する。
- (4) 地盤のモデル化

地盤は、マルチスプリング要素及び間隙水要素にてモデル化し、地震時の有効応力の変 化に応じた非線形せん断応力~せん断ひずみ関係を考慮する。



3.5.2 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。

	書	元
	十四细答左垢	北側:φ2000 mm×t25 mm ^{*1} (SKY490)
鋼管矢板	上亩甽自入似	南側:φ2000 mm×t40 mm ^{*1} (SM570)
	貯留堰	$\phi 2000 \text{ mm} \times t40 \text{ mm}^{*1} \text{ (SM570)}$

第3-3表 使用材料

注記 *1:外側1 mmの腐食代を考慮する。内側は中詰コンクリートを充填するため腐食 代を考慮しない。

第3-4表 材料の物性値

	材料	単位体積重量	ヤング係数	ポアソンド	減衰定数
		(kN/m^3)	(N/mm^2)		(%)
	鋼管矢板	77.0 *1	2. $0 \times 10^5 * 1$	0.3 *1	3^{*2}

注記 *1:道路橋示方書(Ⅱ鋼橋編)・同解説((社)日本道路協会,平成14年3月) *2:道路橋示方書(V耐震設計編)・同解説((社)日本道路協会,平成14年3月)

3.5.3 地盤の物性値

地盤の物性値は、添付書類「V-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定して いる物性値を用いる。地盤の物性値を第3-5表に示す。

							原封	也盤				
	パラメータ			埋戻土			第四系(液状化検討	対象層)			豊浦標準砂
				fl	du	Ag2	As	Ag1	D2s-3	D2g-3	D1g-1	
物理性	密度 () は地下水位以浅	ρ	g/cm^3	1.98 (1.82)	1.98 (1.82)	2.01 (1.89)	1.74	2.01 (1.89)	1.92	2.15 (2.11)	2.01 (1.89)	1.958
特性	間隙比	е	-	0.75	0.75	0.67	1.2	0.67	0.79	0.43	0.67	0.702
	ポアソン比	ν _{CD}	—	0.26	0.26	0.25	0.26	0.25	0.19	0.26	0.25	0.333
変形	基準平均有効主応力 ()は地下水位以浅	σ'_{ma}	kN/m^2	358 (312)	358 (312)	497 (299)	378	814 (814)	966	1167 (1167)	1695 (1710)	12.6
特性	基準初期せん断剛性 ()は地下水位以浅	$G_{\rm ma}$	kN/m^2	253529 (220739)	253529 (220739)	278087 (167137)	143284	392073 (392073)	650611	1362035 (1362035)	947946 (956776)	18975
	最大履歷減衰率	h_{max}	-	0.220	0.220	0.233	0.216	0.221	0.192	0.130	0.233	0. 287
強度	粘着力	C_{CD}	$\mathrm{N/mm}^2$	0	0	0	0.012	0	0.01	0	0	0
特 性	内部摩擦角	$\phi_{\rm CD}$	度	37.3	37.3	37.4	41	37.4	35.8	44.4	37.4	30
	液状化パラメータ	$\phi_{\rm p}$	-	34.8	34.8	34.9	38.3	34.9	33.4	41.4	34.9	28
液	液状化パラメータ	S_1	-	0.047	0.047	0.028	0.046	0.029	0.048	0.030	0.020	0.005
状化	液状化パラメータ	\mathtt{W}_1	-	6.5	6.5	56.5	6.9	51.6	17.6	45.2	10.5	5.06
特	液状化パラメータ	P_1	-	1.26	1.26	9.00	1.00	12.00	4.80	8.00	7.00	0.57
性	液状化パラメータ	P_2	_	0.80	0.80	0.60	0.75	0.60	0.96	0.60	0.50	0.80
	液状化パラメータ	C_1	-	2.00	2.00	3.40	2.27	3.35	3.15	3.82	2.83	1.44

第3-5表(1) 地盤の解析用物性値一覧(液状化検討対象層)

第3-5表(2) 地盤の解析用物性値一覧(非液状化層)

					原地盤						
	パラメータ				第四系(非	液状化層)		新第三系 脸石			
				Ac	D2c-3	lm	D1c-1 ^{*1}	Km	信句		
物理	密度 () は地下水位以浅	ρ	g/cm ³	1.65	1.77	1.47 (1.43)	-	1.72–1.03×10 ⁻⁴ · z	2.04 (1.84)		
性	間隙比	е	-	1.59	1.09	2.8	-	1.16	0.82		
	ポアソン比	ν _{CD}	-	0.10	0.22	0.14	Ι	0.16+0.00025 · z	0.33		
変形	基準平均有効主応力 () は地下水位以浅	σ'_{ma}	kN/m²	480	696	249 (223)	_	FLibbert werter at a st	98		
特性	基準初期せん断剛性 () は地下水位以浅	G_{ma}	kN/m²	121829	285223	38926 (35783)	I	動的変形特性に基づさ z(標高)毎に物性値を 設定	180000		
	最大履歴減衰率	h_{max}	-	0.200	0.186	0.151	—		0.24		
強度	粘着力	C _{CD}	N/mm^2	0.025	0.026	0.042	-	0.358-0.00603 · z	0.02		
特 性	内部摩擦角	ϕ_{CD}	度	29.1	35.6	27.3	_	23.2+0.0990 · z	35		

注記 *1:施設の耐震評価に影響を与えるものではないことから、解析用物性値として本表には記載しない。

z:標高 (m)

区分	設定深度		密度	静ポアソン比	粘着力	内部摩擦鱼	せん断波	基進初期	基 進 体 積	基准亚均有効	拘束圧	最大履歴	動ポアソン比	硬密波
番号	TP (m)	適用深度 TP(m)	0	V cp.	Con		速度Vs	・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・	弹性係数 Kma	主応力 σ'ma	依存係数	減衰率		速度 Vp
	Z		(σ/cm^3)	. (5	(kN/m^2)	(°)	(m/s)	(kN/m^2)	(kN/m^2)	(kN/m^2)	mG, mK	hmax(-)	· a	(m/s)
1	10	$9.5 \sim 10.5$	1.72	0.16	298	24.2	425	310,675	353, 317	504	0,0	0,105	0.464	1,640
2	9	8.5 ~ 9.5	1.72	0.16	304	24.1	426	312, 139	354,982	504	0.0	0.105	0.464	1,644
3	8	7.5 ∼ 8.5	1.72	0.16	310	24.0	427	313,606	356,650	504	0.0	0.105	0.464	1,648
4	7	6.5 ~ 7.5	1.72	0.16	316	23.9	428	315,076	358, 322	504	0.0	0.105	0.464	1,651
5	6	5.5 ~ 6.5	1.72	0.16	322	23.8	428	315,076	358, 322	504	0.0	0.106	0.464	1,651
6	5	$4.5 \sim 5.5$	1.72	0.16	328	23.7	429	316, 551	359,999	504	0.0	0.106	0.464	1,655
7	4	$3.5 \sim 4.5$	1.72	0.16	334	23.6	430	318,028	361,679	504	0.0	0.106	0.463	1,638
8	3	$2.5 \sim 3.5$	1.72	0.16	340	23.5	431	319, 509	363, 363	504	0.0	0.107	0.463	1,642
9	2	1.5 ~ 2.5	1.72	0.16	346	23.4	431	319, 509	363, 363	504	0.0	0.107	0.463	1,642
10	1	$0.5 \sim 1.5$	1.72	0.16	352	23.3	432	320, 993	365,051	504	0.0	0.107	0.463	1,646
11	0	$-0.5 \sim 0.5$	1.72	0.16	358	23.2	433	322, 481	366, 743	504	0.0	0.107	0.463	1,650
12	-1	$-1.5 \sim -0.5$	1.72	0.16	364	23.1	434	323, 972	368, 439	504	0.0	0.108	0.463	1,653
13	-2	$-2.5 \sim -1.5$	1.72	0.16	370	23.0	435	325, 467	370, 139	504	0.0	0.108	0.463	1,657
14	-3	$-3.5 \sim -2.5$	1.72	0.16	376	22.9	435	325, 467	370, 139	504	0.0	0.108	0.463	1,657
15	-4	$-4.5 \sim -3.5$	1.72	0.16	382	22.8	436	326,965	371,843	504	0.0	0.108	0.463	1,661
10	-5	-5.5 ~ -4.5	1.72	0.16	388	22.1	437	328,467	373, 551	504	0.0	0.109	0.462	1,644
10	-0	-6.5 ~ -5.5	1.72	0.16	394	22.0	438	329,972	275 262	504	0.0	0.109	0.462	1,040
10	-1	-7.5 ~ -6.5	1.72	0.16	400	22.5	438	229,972	276 077	504	0.0	0.109	0.462	1,040
20	-Q	$-9.5 \sim -8.5$	1.72	0.10	419	22.3	440	332 992	378 697	504	0.0	0.109	0.402	1 656
21	-10	-11 ~ -9.5	1.72	0.16	418	22.2	441	334, 507	380, 420	504	0.0	0.110	0.462	1,659
22	-12	-13 ~ -11	1.72	0, 16	430	22.0	442	336, 026	382, 147	504	0, 0	0, 110	0,462	1,663
23	-14	$-15 \sim -13$	1.72	0.16	442	21.8	444	339,074	385, 614	504	0.0	0.111	0.462	1,671
24	-16	-17 ~ -15	1.72	0.16	454	21.6	445	340, 603	387, 352	504	0.0	0.111	0.461	1,654
25	-18	$-19 \sim -17$	1.72	0.16	467	21.4	447	343,671	390, 842	504	0.0	0.112	0.461	1,662
26	-20	$-21 \sim -19$	1.72	0.16	479	21.2	448	345, 211	392, 593	504	0.0	0.112	0.461	1,665
27	-22	$-23 \sim -21$	1.72	0.15	491	21.0	450	348, 300	381, 471	498	0.0	0.112	0.461	1,673
28	-24	$-25 \sim -23$	1.72	0.15	503	20.8	452	351,403	384, 870	498	0.0	0.113	0.461	1,680
29	-26	$-27 \sim -25$	1.72	0.15	515	20.6	453	352, 959	386, 574	498	0.0	0.113	0.460	1,664
30	-28	$-29 \sim -27$	1.72	0.15	527	20.4	455	356,083	389,996	498	0.0	0.114	0.460	1,672
31	-30	$-31 \sim -29$	1.72	0.15	539	20.2	456	357,650	391,712	498	0.0	0.114	0.460	1,675
32	-32	$-33 \sim -31$	1.72	0.15	551	20.0	458	360, 794	395, 155	498	0.0	0.115	0.460	1,683
33	-34	$-35 \sim -33$	1.72	0.15	563	19.8	459	362, 371	396, 883	498	0.0	0.115	0.459	1,667
34	-36	$-37 \sim -35$	1.72	0.15	575	19.6	461	365, 536	400, 349	498	0.0	0.115	0.459	1,675
35	-38	$-39 \sim -37$	1.72	0.15	587	19.4	462	367, 124	402,088	498	0.0	0.116	0.459	1,678
30	-40	$-41 \sim -39$	1.72	0.15	599 611	19.2	464	370, 309	405, 577	498	0.0	0.110	0.459	1,685
31	-42	-45 ~ -41	1.72	0.15	622	19.0	400	275 112	407, 327	498	0.0	0.117	0.459	1,009
30	-44	$-43 \sim -43$	1.72	0.15	635	18.6	407	376 791	410,030	490	0.0	0.117	0.458	1,078
40	-48	$-49 \sim -47$	1.72	0.15	647	18.4	400	379 948	416 134	498	0.0	0.118	0.458	1,688
41	-50	$-51 \sim -49$	1 73	0.15	660	18.3	472	385 416	422 122	498	0.0	0 118	0 458	1 696
42	-52	$-53 \sim -51$	1.73	0.15	672	18.1	473	387,051	423, 913	498	0.0	0.118	0.458	1,699
43	-54	$-55 \sim -53$	1.73	0.15	684	17.9	475	390, 331	427, 505	498	0.0	0.118	0.457	1,688
44	-56	$-57 \sim -55$	1.73	0.15	696	17.7	476	391, 976	429, 307	498	0.0	0.119	0.457	1,692
45	-58	$-59 \sim -57$	1.73	0.15	708	17.5	478	395, 277	432,922	498	0.0	0.119	0.457	1,699
46	-60	$-61 \sim -59$	1.73	0.15	720	17.3	479	396, 933	434, 736	498	0.0	0.120	0.457	1,702
47	-62	$-63 \sim -61$	1.73	0.14	732	17.1	481	400, 255	422, 491	492	0.0	0.120	0.457	1,709
48	-64	$-65 \sim -63$	1.73	0.14	744	16.9	482	401,921	424, 250	492	0.0	0.120	0.456	1,695
49	-66	$-67 \sim -65$	1.73	0.14	756	16.7	484	405,263	427, 778	492	0.0	0.120	0.456	1,702
50	-68	$-69 \sim -67$	1.73	0.14	768	16.5	485	406, 939	429, 547	492	0.0	0.121	0.456	1,705
51	-70	$-71 \sim -69$	1.73	0.14	780	16.3	487	410, 302	433, 097	492	0.0	0.121	0.456	1,712
52	-72	-73 ~ -71	1.73	0.14	792	16.1	489	413,679	436,661	492	0.0	0.121	0.456	1,719
53	-74	$-75 \sim -73$	1.73	0.14	804	15.9	490	415, 373	438, 449	492	0.0	0.122	0.455	1,705
54	-79	$-11 \sim -75$	1.73	0.14	816	15.7	492	418,771	442,036	492	0.0	0.122	0.455	1, (12
00 52	-18	-19 ~ -17	1.73	0.14	028 840	10.0	493	420,410	440,830	492	0.0	0.122	0.455	1,710
90 E7	-00	-85 ~ -91	1.70	0.14	040 859	10.0	490	420,090	441,440	434	0.0	0.122	0.400	1,726
58	-88	$-90 \sim -85$	1.73	0.14	889	14.5	501	420,000	458 356	432	0.0	0.123	0.400	1,720
59	-92	-95 ~ -90	1 73	0.14	913	14 1	504	439 448	463 862	492	0.0	0 124	0 454	1,736
60	-98	-101 ~ -95	1.73	0.14	949	13.5	509	448, 210	473, 111	492	0.0	0. 125	0.453	1,736
61	-104	-108 ~ -101	1.73	0.13	985	12.9	513	455, 282	463, 485	486	0.0	0.126	0.452	1,733
62	-112	-115 ~ -108	1.73	0.13	1,033	12.1	519	465, 995	474, 391	486	0.0	0.127	0.451	1,737
63	-118	$-122 \sim -115$	1.73	0.13	1,070	11.5	524	475,016	483, 575	486	0.0	0.127	0.451	1,754
6.4	196	120 - 122	1 72	0.12	1 1 1 0	10.7	520	495 057	404 719	496	0.0	0 100	0.450	1 750

第3-5表(3) 地盤の解析用物性値一覧(新第三系 Km 層)

3.5.4 地下水位

土留鋼管矢板背後の捨石マウンドの透水性を考慮し,地下水位は海水面(L.W.L. T.P. -0.81 m)として設定する。

4. 耐震評価

4.1 評価対象部位

評価対象部位は、土留鋼管矢板の構造上の特徴を踏まえ設定する。

(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) 基礎地盤

鋼管矢板を支持する基礎地盤を評価対象部位とする。

- 4.2 荷重及び荷重の組合せ 荷重及び荷重の組合せは、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき設定する。
 - 4.2.1 耐震安全性評価上考慮する状態 土留鋼管矢板の地震応答解析において,地震以外に考慮する状態を以下に示す。
 - (1) 運転時の状態

発電用原子炉施設が運転状態にあり,通常の条件下におかれている状態。ただし,運転 時の異常な過渡変化時の影響を受けないことから考慮しない。

- (2) 設計基準事故時の状態設計基準事故時の影響を受けないことから考慮しない。
- (3) 設計用自然条件 積雪荷重及び風荷重を考慮する。
- (4) 重大事故等時の状態重大事故等時の状態の影響を受けないことから考慮しない。

- 4.2.2 荷重 土留鋼管矢板の地震応答解析において,考慮する荷重を以下に示す。
 - (1) 固定荷重(G)
 固定荷重として, 躯体自重を考慮する。
 - (2) 地震荷重(K_s)基準地震動S_sによる荷重を考慮する。
 - (3) 積雪荷重(P_s)
 積雪荷重として 30 cm の積雪を考慮する。
 - (4) 風荷重(P_k)
 風荷重として,風速30 m/sの風圧力を考慮する。

4.2.3 荷重の組合せ

荷重の組合せを第4-1表に示す。

第4-1表 荷重の組合せ

	外力の状態	荷重の組合せ
	地震時(S _s)	$G + K_s + P_s + P_k$
G	:固定荷重	

K_s : 地震荷重

P 。:積雪荷重

P k : 風荷重

4.3 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) 構造部材の健全性に対する許容限界

構造部材に対する許容限界は、「道路橋示方書(I共通編・IV下部構造編)・同解説 ((社)日本道路協会、平成14年3月)」に基づき、鋼管矢板の許容応力度に対して割 増係数1.5を考慮し、第4-2表に示す短期許容応力度とする。

			許容限界 (N/mm ²)								
	南側 鋼管矢板 φ 2000	鋼管矢板	SME 70	短期許容曲げ応力度 σ _{sa}	382.5						
		φ 2000	SMDTU	短期許容せん断応力度 τ _{sa}	217.5						
	北側	鋼管矢板 φ2000	SKY490	短期許容曲げ応力度 σ _{sa}	277.5						
				短期許容せん断応力度 τ _{sa}	157.5						

第4-2表 鋼管矢板の許容限界

(2) 基礎地盤の支持性能に対する許容限界

極限支持力は, 添付書類「V-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき, 道路 橋示方書(Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編)・同解説((社)日本道路協会, 平成 14 年 3 月) により設定する。

道路橋示方書による杭基礎(打込み工法)の支持力算定式を以下に,基礎地盤の支持性 能に対する許容限界を第4-3表に示す。

 $R_u = P_u + U \Sigma L_i f_i$

- R_u: 地盤から決まる杭の極限支持力(kN)
- P_u: 杭先端の極限支持力(kN)(打込み工法)
 - $P_{u} = 440 \cdot q_{u}^{1/2} \cdot A_{t}^{2/5} \cdot A_{i}^{1/3}$

q_u:支持岩盤の一軸圧縮強度(kN/m²)

- A_t:鋼管杭の先端純断面積(m²)
- A_i:鋼管杭の先端閉塞面積(m²)
- U : 杭の周長 (m)
- L_i: 周面摩擦力を考慮する層の層厚(m)
- f i : 周面摩擦力を考慮する層の最大周面摩擦力度(kN/m²)

百日	算定	結果	備老	
快日	南側	北側	「用~う	
極限支持力R _u (kN)	_			
杭先端の極限支持力Pu(kN)	15463	13384	440 • q $_{\rm u}$ $^{1/2}$ • A $_{\rm t}$ $^{2/5}$ • A $_{\rm i}$ $^{1/3}$	
杭先端の極限支持力度 P u'(kN/m²)	4932	4269	P _u /A	
一軸圧縮強度q _u (kN/m²)	1904	2048	非排水せん断強度×2	
非排水せん断強度C _{CUU} (kN/m ²) *	952	1024		
杭先端純断面積A _t (m ²)	0.24	0.149		
杭先端閉塞面積 A_i (m²)	2.895	2.986		
杭先端面積A(m ²)	3.135	3.135	$A_t + A_i$	
杭先端標高乙 EL. (m)	-33.1	-54.1		
杭の周長U (m)	_	_		
周面摩擦を考慮する層厚L _i (m)	_	_		
最大周面摩擦力度f _i (kN/m ²)	_	_		

第4-3表 基礎地盤の支持性能に対する許容限界

注記 *: 非排水せん断強度C_{CUU}=(0.837-0.00346・Z)×1000 (kN/m²)

4.4 評価方法

「3. 地震応答解析」により算定した照査用応答値が「4.3 許容限界」で設定した許容限 界以下であることを確認する。

(1) 構造部材の健全性評価

鋼管矢板の曲げ軸力に対する照査については,地震応答解析により算定した曲げ軸応力 が許容限界以下であることを確認する。

せん断力に対する照査については,地震応答解析により算定したせん断応力が許容限界 以下であることを確認する。

a. 曲げモーメント及び軸力に対する照査

鋼管矢板に発生する曲げモーメント及び軸力を用いて次式により算定した応力が許容 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 : 鋼管矢板の曲げモーメント及び軸力より算定した応力 (N/mm²)
- M :最大曲げモーメント (N·mm)
- Z : 断面係数 (mm³)
- N :軸力 (N)
- A : 有効断面積 (mm²)
- b. せん断力に対する照査

鋼管矢板に発生するせん断力を用いて次式により算定した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 :鋼管矢板のせん断力より算定したせん断応力 (N/mm²)

S : せん断力 (N)

A : 有効断面積 (mm²)

κ : せん断応力の分布係数 (2.0)

鋼管矢板の健全性評価において最も厳しい照査結果となったのは、曲げ軸力照査にお ける最大照査値である。曲げ軸力照査における最大照査値の評価時刻での断面力図を第 4-1 図に示す。



第4-1図(1) 照査値が最も厳しくなる時刻の断面力(S_s-D1(H-, V+))
 (NS-1(南側):検討ケース④ 敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により
 地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース)



10000

5000

0 50 せん断力(kN/本)

Ag1

As

Ag1

Km

-3285 **S**

-5000

-40

-50

-60 -10000

(2) 基礎地盤の支持力

基礎地盤の支持性能評価においては,基礎地盤に生じる接地圧が極限支持力に基づく 許容限界以下であることを確認する。

- 5. 耐震評価結果
- 5.1 構造部材の健全性に対する評価結果
 - (1) 曲げ軸力に対する照査

鋼管矢板に対して許容応力度法による照査を行った結果、曲げ軸応力が短期許容応力度 以下であることを確認した。

曲げ軸力に対する照査結果を第 5-1 表に示す。なお、曲げ軸応力は各地震動において 最大となる値を示している。

				軸力	曲げ軸	短期許容	1177 L. L.L.
検討ケース	検討ケース 地震動		モーメント	(1)	応力	応力度	照査値
			(kN • m)	(kN)	(N/mm^2)	(N/mm^2)	
		H+, $V+$	21797	84	190	382.5	0.50
	S D 1	H+, $V-$	21411	374	188	382.5	0.50
	$S_s - D_1$	H-, V+	24082	69	210	382.5	0.55
		H-, V-	23903	18	208	382.5	0.55
	$S_{s} - 1 1$		19294	780	171	382.5	0.45
	$S_{s} - 12$		19914	1103	178	382.5	0.47
Û	$S_{s} - 1 3$		18299	702	162	382.5	0.43
	$S_{s} - 14$		15164	621	134	382.5	0.36
	$S_{s} - 21$		20430	-587	180	382.5	0.48
	$S_{s} - 22$		18873	37	164	382.5	0.43
	S 9 1	H+, $V+$	19955	728	177	382.5	0.47
	$5_{s} - 5_{1}$	H-, V+	19465	438	171	382.5	0.45
2			24045	-12	209	382.5	0.55
3			23755	100	207	382.5	0.55
(4)	$S_{s} - D 1$	H-, V+	28745	1569	257	382.5	0.68
5	I		26217	-1815	236	382.5	0.62
6			25194	-1751	226	382.5	0.60

第5-1表(1) 曲げ軸力に対する照査結果 (NS-1 土留鋼管矢板 (南側))

注記 ①: 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース

②:地盤物性のばらつきを考慮(+1 σ)した解析ケース
 ③:地盤物性のばらつきを考慮(-1 σ)した解析ケース

④:敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース

⑤:原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース

			曲げ	軸力	曲げ軸	短期許容	
検討ケース	地	雲動	モーメント		応力	応力度	照査値
			$(kN \cdot m)$	(kN)	(N/mm^2)	(N/mm^2)	
		H+, $V+$	-11652	-817	165	277.5	0.60
	6 D 1	H+, V-	-11894	-578	167	277.5	0.61
	$S_s - DI$	H-, V+	-12768	-528	179	277.5	0.65
		H-, V-	-12572	-452	175	277.5	0.64
	$S_{s} - 1 1$		-11107	-731	157	277.5	0.57
	$S_{s} - 12$		-10765	-683	152	277.5	0.55
Û	$S_{s} - 1 3$		-9988	-658	141	277.5	0.51
	$S_{s} - 14$		-8686	-797	124	277.5	0.45
	$S_{s} - 21$		-12100	-869	172	277.5	0.62
	$S_{s} - 22$		-12827	-639	180	277.5	0.65
	C 9 1	H+, $V+$	-8460	-773	121	277.5	0.44
	$5_{s} - 5_{1}$	H-, V+	-7671	-861	111	277.5	0.40
2			-12022	-566	169	277.5	0.61
3			-13642	-595	191	277.5	0.69
4	$S_s - D_1$	H-, V+	-11255	-188	155	277.5	0.57
5	I		-9575	-799	137	277.5	0.50
6			-9231	-925	133	277.5	0.48

第5-1表(2) 曲げ軸力に対する照査結果(NS-1 土留鋼管矢板(北側))

注記 ①: 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース

②:地盤物性のばらつきを考慮(+1 σ)した解析ケース ③:地盤物性のばらつきを考慮(-1 σ)した解析ケース

④:敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース

⑤:原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース

(2) せん断力に対する照査

鋼管矢板に対して許容応力度法による照査を行った結果, せん断応力が短期許容応力度 以下であることを確認した。

せん断力に対する照査結果を第 5-2 表に示す。なお、せん断応力は各地震動において 最大となる値を示している。

第5-2表(1) せん断力に対する照査結果(NS-1 土留鋼管矢板(南側))

検討ケース	地)	雲動	せん断力	せん断 応力	短期許容 応力度	照査値
		1	(kN)	(N/mm^2)	(N/mm^2)	
		H+, $V+$	3844	32	217.5	0.15
	S D 1	H+, $V-$	3991	33	217.5	0.16
	$S_s - D_1$	H-, V+	4103	34	217.5	0.16
		H-, V-	4192	35	217.5	0.17
	$S_{s} - 1 1$		3268	27	217.5	0.13
	$S_{s} - 12$		3432	29	217.5	0.14
Û	$S_{s} - 1 3$		3071	26	217.5	0.12
	$S_{s} - 14$		2515	21	217.5	0.10
	$S_{s} - 21$		3489	29	217.5	0.14
	$S_{s} - 22$		3102	26	217.5	0.12
	<u> </u>	H+, V+	3432	29	217.5	0.14
	$5_{s} - 31$	H-, V+	3405	28	217.5	0.14
2			3910	33	217.5	0.15
3]		4189	35	217.5	0.17
4	$S_{s} - D1$	H-, V+	5010	42	217.5	0.20
5			3912	33	217.5	0.15
6			3709	31	217.5	0.15

注記 ①: 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース

②:地盤物性のばらつきを考慮(+1 g)した解析ケース

③:地盤物性のばらつきを考慮(-1 σ)した解析ケース

④:敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース

⑤:原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース

検討ケース 地震動 せん断力 せん断 短期許容 (kN) (N/2) (N/2)	昭本値
検討ケース 地震動 応力 応力度 (kN) (N/2) (N/2) (N/2)	昭本値
(kN) (N/m^2) (N/m^2)	四旦日邓
H+, V+ -3480 47 157.5	0.30
H+, V- -3407 46 157.5	0.30
H - , V + -3619 49 157.5	0.31
H-, V- -3696 50 157.5	0.32
S _s -1 1 1392 19 157.5	0.12
\bigcirc S _s - 1 2 -3187 43 157.5	0.28
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	0.23
$S_s - 1 4$ 1222 16 157.5	0.11
S _s -21 -1760 24 157.5	0.15
S _s -22 -2020 27 157.5	0.18
H + , V + -1632 22 157.5	0.14
$S_{s} = 3 I$ H-, V+ -1922 26 157.5	0.17
② -3720 50 157.5	0.32
3 -3285 44 157.5	0.29
$\begin{array}{ c c c c c c c c c } \hline (4) & S_{s} - D & 1 & H - , & V + & -3701 & 50 & 157.5 \\ \hline \end{array}$	0.32
(5) -2054 28 157.5	0.18
6 -1848 25 157.5	0.16

第5-2表(2) せん断力に対する照査結果(NS-1 土留鋼管矢板(北側))

注記 ①: 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース

②:地盤物性のばらつきを考慮(+1 σ)した解析ケース ③:地盤物性のばらつきを考慮(-1 σ)した解析ケース

④:敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース

⑤:原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース

5.2 基礎地盤の支持性能に対する評価結果

土留鋼管矢板の基礎地盤に生じる最大接地圧が極限支持力度以下であることを確認した。基礎地盤の支持性能評価結果を第5-3表に示す。

検討ケース	地)	震動	最大 接地圧 (kN/m ²)	極限 支持力度 (kN/m ²)					
		H+, V+	707	4932					
		H+, V-	673	4932					
	$S_s - DI$	H-, V+	694	4932					
		H-, V-	712	4932					
	$S_{s} - 1 1$		627	4932					
1	$S_{s} - 12$		663	4932					
	$S_{s} - 1 3$		662	4932					
	$S_{s} - 14$		598	4932					
	$S_{s} - 21$		660	4932					
	$S_{s} - 22$		656	4932					
	S _ 9 1	H+, V+	487	4932					
	$3_{s} - 3_{1}$	H-, V+	488	4932					
2			642	4932					
3			712	4932					
4	$S_s - D_1$	H-, V+	830	4932					
5			686	4932					
6			686	4932					

第5-3表(1)	基礎地般の	支持性能評価結果	(NS-1)	十留鑼管矢板	(南側))

注記 ①: 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース

②:地盤物性のばらつきを考慮(+1 g)した解析ケース

③:地盤物性のばらつきを考慮(-1 σ)した解析ケース

④:敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース

- ⑤:原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース
- ⑥:地盤物性のばらつきを考慮(+1g)して非液状化の条件を仮定した解析ケース

検討ケース	地)	雲動	最大 接地圧 (kN/m ²)	極限 支持力度 (kN/m ²)				
		H+, V+	1156	4269				
	S _ D 1	H+, V-	1262	4269				
	$S_s - D_1$	H-, V+	1252	4269				
1		H-, V-	1357	4269				
	$S_{s} - 1 1$		1048	4269				
	$S_{s} - 1 2$		1114	4269				
	$S_{s} - 1 3$		1094	4269				
	$S_{s} - 14$		985	4269				
	$S_{s} - 21$		1087	4269				
	$S_{s} - 22$		1183	4269				
	S _ 2 1	H+, V+	1087	4269				
	$3_{s} - 3_{1}$	H-, V+	1036	4269				
2			1249	4269				
3			1224	4269				
4	$S_s - D_1$	H-, V+	1164	4269				
5			1257	4269				
6			1232	4269				

第5-3表(2) 基礎地盤の支持性能評価結果(NS-1 土留鋼管矢板(北側))

注記 ①: 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース

②:地盤物性のばらつきを考慮(+1 σ)した解析ケース ③:地盤物性のばらつきを考慮(-1 σ)した解析ケース

④:敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース

⑤:原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース

V-2-11-2-17 耐火障壁の耐震性についての計算書

目次

1.	栶	〔要・		•••						••	• •			•••	••	 •••	• •	•••	•••	•••	•••	• •	•••	• •	• •	• •	•••	•••	•••	• •	· 1
2.	_	·般事項	į	•••		•••	•••		•••	••	• •			•••	••	 •••	• •	• •	•••	•••	•••	• •	•••	• •	• •	• •	•••	•••	•••	• •	· 1
2.	1	配置櫻	要	•••					•••	• •		•••		•••	• •	 •••	• •	•••	•••	••	•••	• •	• •	•••			•••	•••			· 1
2.	2	構造計	·画	•••					•••	• •		•••		•••	• •	 •••	• •	•••	•••	•••	•••	• •	• •	•••			•••	•••			11
2.	3	評価方	針	•••		•••			•••	••	• •	•••		••	••	 •••	••	••	••	•••	•••	••	• •	••	• •	••	••	•••	•••	••	12
2.	4	適用基	準	•••		•••		•••	•••	• •	• •	•••		••	••	 •••	• •	• •	••	•••	•••	• •	• •	•••	• •	••	•••	•••	•••	••	12
2.	5	記号の	說明	•		•••		•••	•••	• •	• •	•••		••	••	 •••	• •	••	••	•••	•••	• •	• •	•••	• •	••	•••	•••	•••	••	13
3.	討	計用地	震力							• •		•••		••	••	 •••	• •	•••	•••	•••	•••	• •	• •	•••			•••	•••		•••	15
4.	椲	造 強度	評価							• •		•••		••	••	 •••	• •	•••	••	•••	•••	• •	• •	• •			•••	•••		•••	16
4.	1	評価部	3位	•••						• •		•••		••	••	 •••	• •	••	••	•••	•••	••	• •	• •			•••	•••			16
4.	2	構造強	度評	価力	方法	•		•••		• •		•••		••	••	 •••	• •	•••	••	•••	•••	••	• •	• •			•••	•••		• •	17
4.	3	荷重の	組合	せ,	許	容,	芯大	度	及	び	降	伏,	点强	i良		 •••	•••	•••	•••	•••	•••	• •	•••	• •			•••	•••		•••	17
4.	4	あと施	江ア	ンス	,—	耐フ	力及	えび	面	外	方	句フ	ħ	•	•••	 •••	• •	•••	•••	•••	•••	•••	• •	• •			•••	•••	•••		18
5.	對	^z 価結果	Ļ.,	•••					•••	• •	• •	•••		•••	• •	 •••	• •	• •	•••	•••	•••	• •	• •	• •	• •	••	•••	•••	•••	••	23

1. 概要

耐火障壁は、「実用発電用原子炉及びその附属施設の火災防護に係る審査基準」の「2.3 火災 の影響軽減」に基づき、設計基準対象施設のうち原子炉の安全停止に必要な機器等の火災の影 響軽減対策として、発電用原子炉施設において火災が発生した場合に、原子炉の安全停止に必 要な機能を確保するために、互いに相違する系列間の系統分離を行うために設置するものであ る。耐火障壁は鋼材に耐火被覆材を貼り付けた1時間耐火壁と鉄筋コンクリート造の3時間耐 火壁を設置する。

本資料は、添付書類「V-2-11-1 波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の耐震評価方針」の耐震評価方針に基づき、下位クラス設備である耐火障壁が設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認することで、上位クラス施設に対して、波及的影響を及ぼさないことを説明するものである。

2. 一般事項

2.1 配置概要

耐火障壁は,原子炉建屋原子炉棟の EL.38.80 m, EL.29.00 m, EL.20.30 m, EL.14.00 m, EL.8.20 m, EL.2.00 m, 原子炉建屋付属棟の EL.30.30 m, EL.23.00 m, EL.18.00 m, EL.10.50 m, EL.8.20 m, EL.2.56 m, EL.-4.00 m に設置する。耐火障壁の設置位置を図 2-1~図 2-8 に示す。

本資料では、図 2-1~図 2-8 に示す耐火障壁のうち、構造強度評価の評価部位であるアンカー部の発生荷重と許容荷重の比が最大のものを代表として耐火障壁の耐震性について示す。

対象とした耐火障壁は,図 2-9 の位置関係図に示すように,上位クラス施設であるパワーセンタの近傍に設置されており,転倒時に波及的影響を及ぼすおそれがある。

図 2-1 耐火障壁の設置位置図 (EL.-4.00 m)

図 2-2 耐火障壁の設置位置図 (EL.2.00 m)

4

図 2-3 耐火障壁の設置位置図 (EL.8.20 m)

図 2-4 耐火障壁の設置位置図 (EL. 14.00 m)

図 2-5 耐火障壁の設置位置図 (EL. 20. 30 m)

図 2-6 耐火障壁の設置位置図 (EL. 23.00 m)

図 2-7 耐火障壁の設置位置図 (EL.29.00 m)
NT2 補② V-2-11-2-17 R3

図 2-8 耐火障壁の設置位置図 (EL. 38.80 m)

NT2 補② V-2-11-2-17 R3

図 2-9 耐火障壁の位置関係図

2.2 構造計画

耐火障壁の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		
基礎・支持構造	主体構造	燃哈博道区
耐火障壁は、接着系アンカー	鉄筋コンクリート	
ボルトにより建屋躯体である		
壁,床に固定される。		

*1 上部の開口は鉄板に発泡性耐火被覆材を貼り付け、電線管などの貫通部はシール材により貫通部処理し、区画する。耐震評価では、鉄板等の重量を考慮する。

*2 下部の開口は耐火扉により区画する。耐震評価では、耐火扉はコンクリートと同じ重量として考慮する。

2.3 評価方針

耐火障壁は,上位クラスへの波及的影響を考慮すべき設備として地震荷重に対する構造強度 評価を行う。

耐火障壁が面外方向の地震力を受けた際に, 倒壊により周辺設備へ影響を与えないように接合部のアンカーボルトに発生する荷重が許容荷重以下であることを確認する。

耐火障壁の耐震評価フローを図 2-10 に示す。



図 2-10 耐火障壁の耐震評価フロー

2.4 適用基準

適用基準を以下に示す。

- (1) 建築基準法及び同施行令
- (2) 2015年版建築物の構造関係技術基準解説書(国土交通省国土技術政策総合研究所,国立研究開発法人建築研究所)
- (3) 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年改訂) (以下,「RC規準」という。)
- (4) 原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説((社)日本建築学会,2005年制定)
- (5) 各種合成構造設計指針·同解説((社)日本建築学会,2010年改訂)
- (6) 原子力発電所耐震設計技術指針(JEAG4601-1987)((社)日本電気協会)

2.5 記号の説明

耐火障壁の耐震評価に用いる記号を表 2-2 に示す。

記号	記号の説明	単位
Le	接着系アンカーボルトの有効埋込み長さ	mm
_{sc} a	接着系アンカーボルトの断面積	mm^2
d	接着系アンカーボルトの径	mm
ѕσу	接着系アンカーボルトの規格降伏点強度(短期許容引張応力度)	N/mm^2
F _c	コンクリートの設計基準強度	N/mm^2
E _c	コンクリートのヤング係数	N/mm^2
ϕ_1	低減係数 長期:2/3 短期:1.0	_
ϕ_2	低減係数 長期:1/3 短期:2/3	-
ф з	低減係数 長期:1/3 短期:2/3	-
_	接着系アンカーボルトの材料強度のばらつきを考慮した規格降伏点強度に対す	
lpha yu	る割増係数=1.0	
s O pa	接着系アンカーボルトの引張強度= ѕ б у с а уц	N/mm^2
L ce	接着系アンカーボルトの強度算定用埋め込み長さ=L _e -2・d	mm
C 1	へりあき寸法又はアンカーボルトピッチ1	mm
C 2	へりあき寸法又はアンカーボルトピッチ2	mm
C 3	へりあき寸法又はアンカーボルトピッチ3	mm
α_1	へりあき及びアンカーボルトのピッチによる付着強度の低減係数1	-
lpha 2	へりあき及びアンカーボルトのピッチによる付着強度の低減係数2	-
α_3	へりあき及びアンカーボルトのピッチによる付着強度の低減係数3	-
au bavg	接着系アンカーボルトの基本平均付着強度=10・√F _c /21	N/mm^2
	へりあき及びアンカーボルトのピッチを考慮した接着系アンカーボルトの引張	N/mm^2
τα	力に対する付着強度	IN/ IIIIII
n.	接着系アンカーボルトの降伏により決まる場合のアンカーボルト 1 本当りの許	ĿN/木
P a1	容引張力= $\phi_1 \cdot \sigma_{pa} \cdot \sigma_{sc} a$	KIV/ /+*
n .	接着系アンカーボルトの付着力により決まる場合のアンカーボルト 1 本当りの	ĿN/木
P a3	許容引張力= $\phi_3 \cdot \tau_a \cdot \pi \cdot d \cdot L_{ce}$	KIV/ /+
P a	接着系アンカーボルト1本当りの許容引張力=min(pal, pa3)	kN/本
s O qa	接着系アンカーボルトのせん断強度=0.7・ _s σ ,	N/mm^2
c O qa	コンクリートの支圧強度=0.5・√F _c ・E _c	N/mm ²
c O t	コーン状破壊に対するコンクリートの引張強度=0.31・√F。	N/mm^2
С	へりあき寸法	mm
A_{qc}	せん断力に対するコーン状破壊面の有効投影面積=0.5・π・c ²	mm^2
с р	接着系アンカーボルトのせん断強度により決まる場合のアンカーボルト 1 本当	kN/木
9 ª1	りの許容せん断力= $\phi_1 \cdot s \sigma_{qa} \cdot sc a$	····/ / T*
C eo	定着した躯体の支圧強度により決まる場合の接着系アンカーボルト 1 本当りの	kN/本
Ч a2	許容せん断力= $\phi_2 \cdot \sigma_{qa} \cdot sca$	····/ /T*
Q a3	定着した躯体のコーン状破壊により決まる場合の接着系アンカーボルト 1 本当	kN/本
1 40	りの許容せん断力= $\phi_3 \cdot \sigma_t \cdot A_{qc}$	
Qa	接着系アンカーボルト1本当りの許容せん断力=min(q, q, q, q, q)	kN/本

表 2-2 記号の説明(1/2)

記号	記号の説明	単位
L	耐火障壁の幅	mm
В	耐火障壁の評価対象部位の幅	mm
b	評価対象部位のうち評価上有効とする幅 (=B-開口部)	mm
D	耐火障壁の壁厚	mm
$d_{\rm t}$	引張鉄筋重心位置	mm
d	有効せい (=D-d _t)	mm
j	応力中心間距離(= d ×7/8)	mm
F _c	コンクリートの設計基準強度	N/mm^2
\mathbf{W}_{c}	鉄筋コンクリート重量	kN/m^2
σу	鉄筋の降伏点強度	N/mm^2
f s	コンクリートの許容せん断応力度	N/mm^2
W	耐火障壁の周辺工作物重量	kN
k	水平震度	-
Р	耐火障壁の周辺工作物による荷重(= k × W)	kN
q	壁自重地震力 $(= \mathbf{k} \times \mathbf{W}_{c} \times \mathbf{D} \times \mathbf{L})$	kN/m
М	作用曲げモーメント (= $P \times L + q \times L \times L/2$)	kN•m
Q	作用せん断力 (= $P + q \times L$)	kN
a _t	設計鉄筋量(アンカーボルト断面積)	mm^2
Му	終局曲げ耐力 (=0.9×a _t ×σ _y ×d/10 ⁶)	kN•m
τ	設計せん断応力度 $(=Q/(b \times j))$	N/mm^2
n	厚さ方向 アンカー筋本数	本
m	幅方向 アンカー筋列数	列
P _i	アンカーボルト1本当りの引張力 (=M/ (j×m))	kN/本
\mathbf{Q}_{i}	アンカーボルト1本当りのせん断力 (=Q/ (n×m))	kN/本
P _a	アンカーボルトの引張耐力	kN/本
Q a	アンカーボルトのせん断耐力	kN/本

表 2-2 記号の説明(2/2)

3. 設計用地震力

設計用地震力は,添付書類「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」にて示す耐火障壁設置 位置の上階における地震応答解析結果を用いる。

耐火障壁が剛構造であることから、地震応答解析に基づいて算定された最大応答加速度から設計震度を設定する。最大応答加速度から算出した基準地震動S。による設計震度を表 3-1 に示す。

表 3-1 地震荷重の算定に用いる設計震度

設置 場所及7%年	設計震度				
双电物 川及0小	水平方向	鉛直方向			
	EL.2.00 m ^{*1}	0.80	0.77		

*1 設置場所は原子炉建屋付属棟の EL.-4.00 m であるため,設置フロア上階の設計震度を用いる。

- 4. 構造強度評価
- 4.1 評価部位

耐火障壁の耐震評価は、「4.2 構造強度評価方法」に示す条件に基づき実施する。

耐火障壁の評価部位は地震荷重により応力が発生する耐火障壁と既存躯体の取り合い部分であるアンカー部とする。耐火障壁の評価部位を図 4-1 に示す。

耐火障壁の評価概要図を図 4-2 に示す。耐火障壁の開口部は,扉上端から 45°におさまる範囲を扉の荷重影響範囲とし,検討幅とする。検討幅から扉幅分を除いた幅を評価上の有効幅とし,扉開口部は,周辺躯体と同じ重量として荷重を考慮する。これらを考慮し,有効幅に対する荷重が最も大きくなる範囲として,図 4-2 に示す範囲を代表として評価する。



図 4-1 耐火障壁の評価部位



図 4-2 耐火障壁の評価概要図(単位:mm)

4.2 構造強度評価方法

次の条件で計算する。

- (1) 地震力は,耐火障壁に対して,水平方向から作用するものとする。なお,鉛直方向の 設計震度は1より小さく,地震時にアンカーボルトに引張力が生じないため,評価に は鉛直方向の設計震度を考慮しない。
- (2) 耐震計算は、耐火障壁の自重に加えて、地震荷重を考慮する。
- 4.3 荷重の組合せ,許容応力度及び降伏点強度
 - (1) 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 4-1 に示す。

名称	荷重の組合せ
耐火障壁	D+S _s

表 4-1 荷重の組合せ

D:耐火障壁(周辺工作物物を含む)の自重

S。: 基準地震動 S。による地震力

(2) 材料の許容応力度

鉄筋の材料の許容応力度を表 4-2 に示す。

表 4-2 鉄筋の許容応力度(単位:N/mm²)

	長	期	短期			
種別	引張り 及び圧縮	せん断補強	引張り 及び圧縮	せん断補強		
SD295A	195	195	295	295		

※RC規準による。

(3) 降伏点強度

鉄筋の降伏点強度を表 4-3 に示す。

话炤	JIS規格材							
作里天只	引張り 及び圧縮	せん断補強						
SD295A	324	295						

表 4-3 鉄筋の降伏点強度(単位:N/mm²)

※建築基準法施行令第96条による。

- 4.4 あと施工アンカー耐力及び面外方向力
- 4.4.1 あと施工アンカー耐力の算出

新設される耐火障壁は,既存躯体にあと施工アンカーを設置し,耐火障壁と既存躯体を一体化する。あと施工アンカーは接着系アンカー(有機系カプセル)とし,日本建築学会発行の「各種合成構造設計指針・同解説」よりアンカー耐力を次式の通り算出する。

(1) 許容引張力

既存コンクリート中に定着されたアンカーボルト1本当りの許容引張力は,(4.4.1.1) 式及び(4.4.1.2)式で算出される値のうち,小さい値とする。

a. アンカーの降伏により定まる許容引張力

 $\mathbf{p}_{a 1} = \phi_1 \cdot \mathbf{s}_{a c} \sigma_{p a} \cdot \mathbf{s}_{c} \mathbf{a} \cdot \cdots \cdot \mathbf{a} \cdot \mathbf{a$

- b. アンカーの付着力により定まる許容引張力
 - $\mathbf{p}_{a,3} = \phi_{3} \cdot \tau_{a} \cdot \pi \cdot \mathbf{d} \cdot \mathbf{L}_{c,e} \cdot \cdots \cdot \cdots \cdot \cdots \cdot \cdots \cdot (4.4.1.2)$
 - ここで、φ1 :低減係数 長期:2/3 短期:1.0
 - φ₃ : 低減係数 長期: 1/3 短期: 2/3
 - sσ μa:接着系アンカーボルトの引張強度
 - sc a : 接着系アンカーボルトの断面積
 - τ。:へりあき及びアンカーボルトのピッチを考慮した接着系アンカーボルトの引張力に対する付着強度
 - d : 接着系アンカーボルトの径
 - Lce: : 接着系アンカーボルトの有効埋込み長さ
- (2) 許容せん断力

コンクリート躯体中に定着されたアンカーボルト 1 本当りの許容せん断力は, (4.4.1.3)式, (4.4.1.4)式及び(4.4.1.5)式で算出される値のうち,最も小さい値とする。 a. アンカーのせん断強度により定まる許容せん断力

$\mathbf{q}_{\mathbf{a} 1} = \phi_{1} \cdot \mathbf{s}_{\mathbf{s}} \sigma$	q a •	a ۰ د م	••	•	•	••	•	••	•	••	•	•	•	•	•	•	• (4. 4. 1. 3	;)
---	-------	----------------	----	---	---	----	---	----	---	----	---	---	---	---	---	---	---------------	----

b. コンクリートの支圧強度により定まる許容せん断力

$$q_{a2} = \phi_{2} \cdot \sigma_{qa} \cdot \sigma_{a} \cdot \sigma_$$

- c. コンクリートのコーン状破壊により定まる許容せん断力
 - $q_{a3} = \phi_{3} \cdot \sigma_{t} \cdot A_{qc} \cdot \cdots \cdot \cdots \cdot \cdots \cdot \cdots \cdot \cdots \cdot (4.4.1.5)$
 - ここで、 φ₁ : 低減係数 長期: 2/3 短期: 1.0
 - ϕ_2 : 低減係数 長期 : 1/3 短期 : 2/3
 - φ₃ : 低減係数 長期: 1/3 短期: 2/3
 - ѕσ да: 接着系アンカーボルトのせん断強度
 - _cσ_{ga}: コンクリートの支圧強度
 - 。σ_t:コーン状破壊に対するコンクリートの引張強度
 - sc a : 接着系アンカーボルトの断面積
 - A_{gc}: せん断力に対するコーン状破壊面の有効投影面積

短期許容せん断力を確保するためのアンカー鉄筋埋め込み長さL。は、(4.4.1.6)式を満たすように算定するものとする。

$$L_{e} \geq \frac{s \sigma_{pa} \cdot d}{4 \cdot \tau_{a}} \cdot \cdots \cdot (4.4.1.6)$$

ここで, sσpa:接着系アンカーボルトの引張強度

d : 接着系アンカーボルトの径

τ。:へりあき及びアンカーボルトのピッチを考慮した接着系アンカーボルトの引張力に対する付着強度

4.4.2 面外方向力に対する検討方針

面外方向力に対して,アンカー部に生じる引張力およびせん断力が,前項で算出したア ンカー耐力以下であることを確認する。

地震時の検討は、アンカー部応力に対して、短期での検討とする。

検討モデルは図 4-3 に示す通り,既存躯体を支持端とした片持ち形式にモデル化し,安 全側評価での検討を行う。



図 4-3 検討モデル図

a. アン:	カー1本	当りの引張力	
P _i =	$=\frac{M}{j \cdot m}$		· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
b. アン:	カー1 本	当りのせん断	力
Q _i =	$=\frac{Q}{n \cdot m}$		$\cdots \cdots (4.4.1.8)$
ここで,	М	:作用曲げモ	テーメント
	Q	:作用せん断	行力
	j	: 応力中心間	距離
	n	:厚さ方向	アンカー筋本数
	m	:幅方向	アンカー筋列数

引張力及びせん断力が同時に作用する場合には、組合せ荷重を受けるアンカーボルト1 本当りの許容値として、(4.4.1.9)式により求める。

4.4.3 計算条件

耐火障壁の耐震評価に用いる入力値を表 4-4 に示す。

表 4-4	耐火障壁の耐震評価に用い	いる入力値	(1 /	2)
			< - /		,

記号	単位	記号の説明	数値
L _e	mm	接着系アンカーボルトの有効埋込み長さ	200
_{sc} a	mm^2	接着系アンカーボルトの断面積	199
d	mm	接着系アンカーボルトの径	16
ѕσу	N/mm^2	接着系アンカーボルトの規格降伏点強度(短期許容引張応力度)	295
F _c	N/mm^2	コンクリートの設計基準強度	22.1
E _c	N/mm^2	コンクリートのヤング係数	22100
ϕ_1	_	低減係数 長期:2/3 短期:1.0	1.0
ϕ_2	_	低減係数 長期:1/3 短期:2/3	2/3
ф з	_	低減係数 長期:1/3 短期:2/3	2/3
α	_	接着系アンカーボルトの材料強度のばらつきを考慮した規格降伏点強度に	1.0
ca yu		対する割増係数=1.0	1. 0
s O pa	N/mm^2	接着系アンカーボルトの引張強度= _s σy・αyu	295
L ce	mm	接着系アンカーボルトの強度算定用埋め込み長さ=L _e -2・d	168
C 1	mm	へりあき寸法又はアンカーボルトピッチ1	100.0
C 2	mm	へりあき寸法又はアンカーボルトピッチ2	-
C 3	mm	へりあき寸法又はアンカーボルトピッチ3	-
α_1	-	へりあき及びアンカーボルトのピッチによる付着強度の低減係数1	0.81
lpha 2	_	へりあき及びアンカーボルトのピッチによる付着強度の低減係数2	1.00
lpha 3	_	へりあき及びアンカーボルトのピッチによる付着強度の低減係数3	1.00
au bavg	N/mm^2	接着系アンカーボルトの基本平均付着強度=10・√F。/21	10.25
-	N/mm^2	へりあき及びアンカーボルトのピッチを考慮した接着系アンカーボルトの	8 20
La	11/ 11111	引張力に対する付着強度	0.00
Þ _{al}	kN/本	接着系アンカーボルトの降伏により決まる場合のアンカーボルト 1 本当り	58.7
		の許容引張力= $\phi_1 \cdot \sigma_{pa} \cdot \sigma_{sc} a$	
p _{a3}	kN/本	接着系アンカーボルトの付着力により決まる場合のアンカーボルト 1 本当	46.7
		りの計容引張力= $\phi_3 \cdot \tau_a \cdot \pi \cdot d \cdot L_{ce}$	
Pa	kN/本	接着糸アンカーホルト1本当りの許容引張力=min(p _{al} , p _{a3})	46.7
s O qa	N/mm ²	接着糸アンカーボルトのせん断強度=0.7・ $s\sigma$,	206.5
c O qa	N/mm ²	コンクリートの支圧強度=0.5・√ F _c ・E _c	349
c O t	N/mm ²	コーン状破壊に対するコンクリートの引張強度=0.31・√ F。	1.45
С	mm	へりあき寸法	-
A_{qc}	mm^2	せん断力に対するコーン状破壊面の有効投影面積=0.5・π・c ²	-
Q a1	kN/本	接着系アンカーボルトのせん断強度により決まる場合のアンカーボルト 1	41.0
		本ヨリの計谷セん断刀= $\phi_1 \bullet_s \sigma_{qa} \bullet_{sc} a$	
Q a2	kN/本	た有しに躯体の文圧強度により伏よる場合の按有糸ノンガーホルト 1 本当 れの許容社と断力ーム・ <i>α</i> 、 <i>α</i>	46.3
		フックロイモンDBIDJ= Ψ_2 ψ	
Q a3	kN/本		-
Qa	kN/本	接着系アンカーボルト1本当りの許容せん断力=min(qa1, qa2, qa3)	41.0

記号	単位	記号の説明	数値
L	mm	耐火障壁の幅	2750
D	mm	耐火障壁の壁厚	300
$d_{\rm t}$	mm	引張鉄筋重心位置	80
d	mm	有効せい (=D-d _t)	220
j	mm	応力中心間距離 (= d ×7/8)	192
$W_{\rm c}$	kN/m^2	鉄筋コンクリート重量	24
W	kN	耐火障壁の周辺工作物重量(1.0 kN/m ²)	4.0
k	-	水平震度	0.80
Р	kN	耐火障壁の周辺工作物による荷重 (= k×W)	3.2
q	kN/m	壁自重地震力 $(= k \times W_c \times D \times L)$	15.6
М	kN•m	作用曲げモーメント (= $P \times L + q \times L \times L/2$)	67.8
Q	kN	作用せん断力 (= $P + q \times L$)	46.1
n	本	厚さ方向 アンカー筋本数	2
m	列	幅方向 アンカー筋列数	10
P_{i}	kN/本	アンカーボルト1本当りの引張力(=M/(j×m))	35.4
Q_{i}	kN/本	アンカーボルト 1本当りのせん断力 (=Q/ (n×m))	2.4
P _a	kN/本	アンカーボルトの引張耐力	46.7
Q a	kN/本	アンカーボルトのせん断耐力	41.0

表 4-4 耐火障壁の耐震評価に用いる入力値(2/2)

5. 評価結果

耐火障壁の耐震評価結果を表 5-1~表 5-2 に示す。耐火障壁については、面外方向の地震力を 受けた際に、倒壊により周辺設備へ影響を与えないように、接合部のアンカーボルトに発生する 応力が許容応力度以下であることを確認した。また、耐火障壁の耐震評価結果の一覧について表 5-3~表 5-4 に示す。

機器	耐震設計上の	設置場所及び	設計震度	周辺環境
名称	重要度分類	床面高さ(m)	水平方向	温度 (℃)
耐火 障壁	С	EL. 2. 00m* ¹	0.80	40

表 5-1 設計条件

*1 設置場所は原子炉建屋付属棟の EL.-4.00 m であるため、設置フロア上階の設計震度を用いる。

表 5-2 構造強度評価結果(鉄筋アンカーボルト1本当り)

機器名称	評価部位	材料	荷重の種類	発生荷重 (kN/本)	許容荷重 (kN/本)
	Not believe and a second secon	~~~~~	引張力	35.4	46.7
耐火障壁	鉄筋アンカーボルト	SD295	せん断力	2.4	41.0

発生応力はすべて許容応力度以下である。

		表 5-3 耐火障壁の						
鈔罟	設置床		設計第		惑出甚重	<u> </u>		
成直 建屋	高さ (m)	対象	水平 方向	鉛直 方向	光兰何重 (kN/本)	而在何里 (kN/本)	荷重比	代表
	EL. 2.00	地下1階通路南側	0.92	0.80	17.1	46.7	0.37	
	EL. 8.20	1 階通路南側	0.95	0.83	26.4	46.7	0.57	
	EL. 14. 00	2 階通路南側	1.11	0.84	39.0	46.7	0.71	
	EL. 20. 30	3 階通路北側	1.29	0.98	40.4	46.7	0.74	
		3 階通路南側	1.29	0.98	10.4	41.0	0.26	
		5 階通路東側1	1.46	1.26	6.1	42.2	0.15	
	EL. 38. 80	5 階通路東側2	1.46	1.26	6.1	42.2	0.15	
		5 階通路西側	1.46	1.26	6.1	42.2	0.15	

		表 5-4 耐火障壁の						
設置 建屋	設置床 高さ (m)	対象	設計 水平 方向	<u>震</u> 度 鉛直 方向	発生荷重 (kN/本)	許容荷重 (kN/本)	荷重比	代表
	EL4. 00	地下2階電気室	0.80	0.77	35.4	46.7	0.76	0
	EL. 2.56	地下1階電気室	0.92	0.80	_*1	_	-	
	EL. 8.20	1階電気室1	0.95	0.83	_* 1	-	-	
		1階電気室2	0.95	0.83	_* 1	-	-	
		1 階電気室 3	0.95	0.83	_*1	-	-	
		1 階バッテリー室	0.95	0.83	2.4	41.0	0.06	
	EL. 10. 50	直流 125V 蓄電池室	0.95	0.83	3.1	41.0	0.08	
		空調機械室1	1.29	0.98	_*1	-	-	
	EL. 23. 00	空調機械室2	1.29	0.98	_*1	_	-	
		空調機械室3	1.29	0.98	_* 1	-	_	

*1 耐火障壁は同一の構造であるため,最も設計震度の大きい EL.38.80 の評 価にて包絡される。

V-2-11-2-18 原子炉建屋外側ブローアウトパネル防護対策施設の

耐震性についての計算書

1.	概	要.	1	1
2.	_	般事	「項]	1
2.	1	配置	概要	1
2.	2	構造	計画	2
2.	3	評価	ī方針	1
2.	5	記号	・の説明	5
2.	6	計算	「精度と数値の丸め方	7
3.	評	価部	3位	7
4.	地	震応	、答解析及び構造強度評価	7
4.	1	地震	応答解析及び構造強度評価方法	7
4.	2	荷重	[の組合せ及び許容応力	3
	4.2	. 1	荷重の組合せ及び許容応力状態 8	3
	4.2	. 2	許容応力)
	4.2	. 3	使用材料の許容応力評価条件10)
4.	3	解析	モデル及び諸元12	2
4.	4	固有	「周期13	3
4.	5	設計	·用地震力	3
4.	6	計算	与法16	3
	4.6	. 1	フレームの評価方法16	3
	4.6	. 2	アンカーボルトの評価方法17	7
4.	7	計算	「条件	7
4.	8	応力	の評価17	7
	4.8	. 1	フレームの応力評価17	7
	4.8	. 2	アンカーボルトの応力評価18	3
5.	評	価結	7果19	9
5.	1	DВ	条件における評価結果 19)
5.	2	S A	条件における評価結果19	9

1. 概要

本計算書は、添付書類「V-2-11-1 波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の耐 震評価方針」にて設定している耐震評価方針に基づき、下位クラス設備である原子炉建屋外 側ブローアウトパネル防護対策施設(以下「BOP竜巻対策施設」という。)が設計用地震 動に対して十分な構造強度を有していることを確認することで、近傍に設置された上位クラ ス施設である原子炉建屋外側ブローアウトパネル及びブローアウトパネル閉止装置に対し て、BOP竜巻対策施設の接触による波及的影響を及ぼさないことを説明するものである。

- 2. 一般事項
- 2.1 配置概要

BOP竜巻対策施設は、図2-1の位置関係図に示すように、上位クラス施設である原子炉 建屋外側ブローアウトパネル及びブローアウトパネル閉止装置の横に設置されており、大 規模な変形時には、これらの施設に対して波及的影響を及ぼすおそれがある。



図2-1 BOP 竜巻対策施設と原子炉建屋外側ブローアウトパネル及び ブローアウトパネル閉止装置の位置関係図

2.2 構造計画

BOP 竜巻対策施設の構造計画を表2-1に示す。

計 画 の 概 要			
基礎·支持構造	主体構造	11.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1	凶
BOP竜巻対策施	防護鋼板及び防護ネ		
設は,原子炉建屋	ットが取り付けられ		
原子炉棟5階外壁	た鉄骨架構		
面に2箇所,6階			
外壁面に8箇所設			
置しており, アン			
カーボルトにより			
原子炉建屋原子炉			
棟外壁面に固定さ			
れている。			
		L	
		(EL. +38.8 m)	(EL.+46.5 m)
		BOP 竜巻対策施設面	2置(建屋平面図)

表2-1 構造計画 (1/2)

 \sim

表2-1 構造計画 (2/2)



ω

2.3 評価方針

BOP竜巻対策施設の応力評価は、添付書類「V-2-11-1 波及的影響を及ぼすおそれの ある下位クラス施設の耐震評価方針」の「3. 耐震評価方針」に従い実施する。

評価については、「2.2 構造計画」にて示すBOP竜巻対策施設の部位を踏まえ、「3. 評価部位」にて設定する箇所において「4.4 固有周期」にて算出した固有周期に基づく設 計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「4.6 計算方法」にて示す方法に て確認することで実施する。確認結果を「5. 評価結果」に示す。

BOP竜巻対策施設の耐震評価フローを図2-2に示す。



図2-2 BOP 竜巻対策施設の耐震評価フロー

2.4 適用基準

適用基準を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987(日本電気協会)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 JEAG4601・補一 1984(日本電気協会)
- (3) 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991追補版(日本電気協会)
- (4) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格(2005年版(2007年追補版含む。)) JS
 ME S NC1-2005/2007(日本機械学会)(以下「設計・建設規格」という。)
- (5) 「鋼構造設計規準-許容応力度設計法-」(日本建築学会,2005年改定)

2.5 記号の説明

記号	記号の説明	単 位
А	フレームの断面積	mm ²
A _b	アンカーボルトの断面積	mm^2
A _{sy}	フレームのy軸方向せん断断面積	mm^2
A s z	フレームの z 軸方向せん断断面積	mm ²
A _{syb}	アンカーボルトの y 軸方向せん断断面積	mm^2
$A_{s\ z\ b}$	アンカーボルトの z 軸方向せん断断面積	mm^2
Е	縦弾性係数	MPa
F	設計・建設規格 SSB-3121.1又はSSB-3131に定める値	MPa
F _x	解析から得られる軸力	Ν
F _y	解析から得られるy軸方向のせん断力	Ν
F _z	解析から得られる z 軸方向のせん断力	Ν
f _b	許容曲げ応力(長期荷重に対するもの)	MPa
f c	許容圧縮応力(長期荷重に対するもの)	MPa
f s	許容せん断応力(長期荷重に対するもの)	MPa
f t	許容引張応力(長期荷重に対するもの)	MPa
$m{f}_{ m b}$	フレームの許容曲げ応力(fьを1.5倍した値)	MPa
$f_{ m c}$	フレームの許容圧縮応力(f。を1.5倍した値)	MPa
f s	フレームの許容せん断応力 (f sを1.5倍した値)	MPa
f t	フレームの許容引張応力(f tを1.5倍した値)	MPa
f _{sb}	アンカーボルトの許容せん断応力 (f sを1.5倍した値)	MPa
f t o	アンカーボルトの許容引張応力(f tを1.5倍した値)	MPa
$m{f}_{ m t\ s}$	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力	MPa
I p	断面二次極モーメント	mm^4
I y	水平方向の断面二次モーメント	mm^4
I z	鉛直方向の断面二次モーメント	mm^4
J	ねじり剛性	mm^4
M _x	解析から得られる x 軸まわりのねじりモーメント	N•mm
M y	解析から得られるy軸まわりの曲げモーメント	N•mm
M z	解析から得られる z 軸まわりの曲げモーメント	N•mm

記号	記 号	の	説	明	単 位
n	固定点のアンカーボルト本数	[—
S	設計・建設規格 付録材料図	表 part5	表5に定め	る値	MPa
S _y	設計・建設規格 付録材料図	表 part5	表8に定め	る値	MPa
S (PT)	設計・建設規格 付録材料図	表 part5	表8に定め	る材料の40 ℃にお	MDo
S_y (K1)	ける値				IVII a
S _u	設計・建設規格 付録材料図	表 part5	表9に定め	る値	MPa
Т	雰囲気温度				°C
Χ,Υ,Ζ	絶対(接点)座標軸				—
х,у, z	局所(要素)座標軸				—
Z p	極断面係数				mm ³
Z _y	y軸まわりの断面係数				mm ³
Z _z	z 軸まわりの断面係数				mm ³
σ _t	フレームの引張応力				MPa
σ _b	フレームの曲げ応力				MPa
σс	フレームの圧縮応力				MPa
σf	組合せ応力				MPa
σ _{fa}	引張応力(又は圧縮応力)と	曲げ応力の	和		MPa
σ _{tb}	アンカーボルトの引張応力				MPa
τ	フレームのせん断応力				MPa
τь	アンカーボルトのせん断応力	I			MPa
ν	ポアソン比				—
λ	細長比				—
Λ	限界細長比				—

2.6 計算精度と数値の丸め方

表示する数値の丸め方は表 2-2 を基本とする。

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

表 2-2 表示する数値の丸め方

注記 *1:設計上定める値が小数点以下第1位の場合は、小数点以下第1位表示とする。

*2:絶対値が1000以上のときはべき数表示とする。

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

3. 評価部位

BOP竜巻対策施設の耐震評価は,BOP竜巻対策施設が変形することにより波及的影響 を及ぼさないことを確認する観点から,「4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法」に示す 条件に基づき,耐震評価上厳しくなるフレーム及びアンカーボルトについて実施する。耐震 評価部位については,表2-1の概略構造図に示す。

- 4. 地震応答解析及び構造強度評価
- 4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法
 - (1) 地震応答解析には、はり要素を用いた有限要素法モデルによるスペクトルモーダル解析を 行う。
 - (2) BOP 竜巻対策施設の質量には、フレーム自身の質量のほか、防護鋼板及び防護ネットの 質量を考慮する。

- (3) 地震力は, BOP 竜巻対策施設に対して水平方向及び鉛直方向から個別に作用するものとし, 強度評価において組み合わせるものとする。
- (4) 地震力は、固有値解析結果を踏まえて設定するものとする。
- (5) 積雪による荷重は、評価対象部位に対して鉛直方向に作用するものとする。
- (6) 風荷重は、評価対象部位に対して水平方向に作用するものとする。
- (7) BOP 竜巻対策施設の質量及び積雪荷重と風荷重については、強度評価において組み合わせるものとする。
- (8) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
- 4.2 荷重の組合せ及び許容応力
 - 4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態
 - (1) 荷重
 - a. 死荷重

フレーム、防護鋼板及び防護ネットの自重を考慮する。

b. 地震荷重

基準地震動S。に基づく地震荷重を考慮する。

c. 風荷重

風速は,建築基準法施行令に基づく平成12年建設省告示第1454号に定められた東海村の基準風速である30 m/sとする。

風荷重は、建築基準法施行令第87条に規定される算出法より次式にて算出する。

$$W_{p1} = q_1 \cdot C_f \cdot A$$

ここで

W_{p1}:風荷重 q₁:速度圧 C_f:風力係数

- A :受圧面積
- d. 積雪荷重

フレーム及び鋼板に雪が積もるとし,積雪荷重を考慮する。なお,積雪深は,茨城県 建築基準法等施行細則(昭和45年3月9日茨城県規則第9号)による東海村の垂直積雪量 30 cmに平均的な積雪荷重を与えるための係数を考慮する。

(2) 荷重の組合せ及び許容応力状態

BOP竜巻対策施設の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に 用いるもの(以下「DB条件」という。)を表4-1に,重大事故等対処設備の評価に用いる もの(以下「SA条件」という。)を表4-2に示す。なお,波及的影響防止の観点において は,許容限界として塑性変形領域を考慮することも許容されるが,原子炉建屋外側ブロー アウトパネル及びブローアウトパネル閉止装置に対して,BOP竜巻対策施設の接触を防 止するため変形を概ね弾性領域に留める設計方針とし,許容限界を設定している。なお, 荷重の組合せは,添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づく。

施設 区分	機器名称	耐震 重要度 分類	機器等の 区分	荷重の組合せ	許容応力状態				
その他	B O P 竜巻対策施設	С	*1	$D+S_s+P_k+P_s$	III ∧ S *2				
D :死	荷重								

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態(DB条件)

S_s:地震荷重

P k: 風荷重

P s:積雪荷重

注記 *1:その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

*2:防護対象であるブローアウトパネル閉止装置に近接して設置する構造であるため, 変形を概ね弾性範囲に留める設計とする。

表 4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態(SA条件)

施設 区分	機器名称	設備 分類	機器等の 区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他	B O P 竜巻対策施設	_	*1	$D + S_s + P_k + P_s$	III ∧ S *2

D : 死荷重

S 。: 地震荷重

P_k:風荷重

P。:積雪荷重

注記 *1:その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

*2:防護対象であるブローアウトパネル閉止装置に近接して設置する構造であるため, 変形を概ね弾性範囲に留める設計とする。

4.2.2 許容応力

BOP 竜巻対策施設の許容応力を表4-3に示す。

	許行	容限界*1,*2	k)	許容限界*1,*	² (ボルト等)	
許容応力状態						応力
	引張	曲げ	せん断	圧縮	引張	せん断
III ∧ S	1.5•f t	1.5 • f _b	1.5•f _s	1.5 • f c	1.5 • f _t	1.5•f _s

表4-3 許容応力(DB条件及びSA条件)

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

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

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

BOP 竜巻対策施設の許容応力評価条件を表4-4に示す。

	材料	温度条件		S	S _y	S _u	S _y (RT)
F平11111年13个月		(°C)		(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
フレーム	SM490A	周囲環境 温度	40		- 325	490	_
	(厚さ≦16mm)						
	SM490A			_	215	400	_
	(16mm<厚さ≦40mm)		温度	40		515	490
アンカーボルト	S45C				400	600	
	(厚さ≦40mm)			_	490	690	—

表 4-4 使用材料の許容応力評価条件(DB条件及びSA条件)

4.3 解析モデル及び諸元

BOP 竜巻対策施設の解析モデルを図4-1に,解析モデルの概要を以下に示す。また,機器の 諸元を表4-5に示す。

- (1) 解析モデルは、フレームについてはり要素を用いてモデル化する。フレームの接合部は剛結合とする。
- (2) 拘束条件は、フレームと原子炉建屋原子炉棟壁面をボルトで固定する。なお、固定箇所は 4箇所のアンカーボルトで固定することから剛結合とする。
- (3) 部材の断面性能を表4-6に示す。
- (4) 解析コードは、「MSC NASTRAN」を使用し、解析コードの検証および妥当性確 認等の概要については、添付書類「V-5-1 計算機プログラム(解析コード)の概要・MS C NASTRAN」に示す。



図4-1 BOP竜巻対策施設の解析モデル

項目	記号	単位	入力値	
材質	—	_	SM490A	
温度条件 (雰囲気温度)	Т	°C	40	
縦弾性係数	Е	MPa	2. 05×10^5	
ポアソン比	ν	_	0.3	

表4-5(1/2) 機器諸元 (フレーム)

項目	記号	単位	入力値
材質	_	_	S45C
呼び径	_	_	M24

表4-5(2/2) 機器諸元 (アンカーボルト)

_	表 4-6	断面性能	
断面性能	$\text{H-}300\!\times\!300\!\times\!10\!\times$	$\text{H-}350\!\times\!350\!\times\!12\times$	$\text{H-400}\!\times\!400\!\times\!13\times$
	15	19	21
$A (mm^2)$	1.185×10^{4}	1.719×10^{4}	2. 187×10^4
$A_{s y}$ (mm ²)	9.000 $\times 10^3$	1.330×10^{4}	1.680×10^{4}
$A_{s z} (mm^2)$	2. 700×10^3	3. 744×10^3	4. 654×10^3
I $_{\rm p}$ (mm ⁴)	7.700 $\times 10^{5}$	$1.780 imes 10^{6}$	2.750 $\times 10^{6}$
I $_{\rm y}$ (mm ⁴)	2. 020×10^8	3. 980×10^8	6. 660×10^8
I $_{z}$ (mm ⁴)	6. 750×10^7	1.360×10^{8}	2. 240×10^8
$Z_{\rm p} (\rm mm^3)$	5.133×10^4	9. 369×10^{6}	1.310×10^{5}
$Z_y (mm^3)$	1.350×10^{6}	2. 280×10^{6}	3.330×10^{6}
Z_{z} (mm ³)	3. 650×10^5	7.760 $\times 10^5$	1.120×10^{6}
質量(kg/m)	93	135	172

4.4 固有周期

固有値解析の結果を表4-7に、振動モード図を図4-2に示す。

	╘┶	固有周期	刺激係数		
モート	早越力回	(_s)	X方向	Y方向	Z方向
1次	水平	0.092	3.167	0. 499	-0.266
2次	水平	0.077	2.311	0.366	1.968
3次	水平	0.072	-0.974	-0.113	3. 787
4次	鉛直	0.059	-0.785	4.384	-0.031
5次	鉛直	0.053	0. 439	-1.081	0. 128
6次	鉛直	0.043		_	_

表4-7 固有值解析結果





Deform 01 Max 1: 4.409-001 @Nd 433 Min 1: 0. @Nd 4

Deform 01 Max 1: 3.738-001 @Nd 2362 Min 1: 0. @Nd 4

Deform 01 Max 1: 4.863-001 @Nd 1964 Min 1: 0. @Nd 4









Deform 01 Max 1: 3.585-001 @Nd 189 Min 1: 0. @Nd 4

図4-2 振動モード図(2/2)

4.5 設計用地震力

「基準地震動S_s」による地震力は,添付書類「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に 基づき設定する。また,減衰定数は添付書類「V-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の 減衰定数を用いる。

評価に用いる設計用地震力を表4-8に示す。

減衰定数 据付場所 固有周期(s) 基準地震動S。 (%) 及び 床面高さ 水平方向 鉛直方向 水平方向 鉛直方向 水平 鉛直 (m) 設計震度 設計震度 $C_{\rm H} = 2.45$ $C_{v} = 1.88$ 1.0^{*3} 0.092 0.059 1.0^{*3} EL.約+57.0*1 又は*2 又は*2 EL. 約+63.7*1

表 4-8 設計用地震力(DB条件及びSA条件)

注記 *1:BOP 竜巻対策施設が位置する領域である原子炉建屋原子炉棟5階及び6階のうち, 震度が大きい6階の高さを選定。

*2:基準地震動S。に基づく設備評価用床応答曲線より得られる値(上記2つの高さにおける応答の包絡値)

*3:溶接構造部に適用される減衰定数の値。

4.6 計算方法

4.6.1 フレームの評価方法

フレームは,引張, せん断, 曲げ及び圧縮について評価を実施する。評価は, 発生応力 が許容応力に収まることを確認する。以下に,発生応力の算出方法を示す。

引張応力又は圧縮応力
 σ_{t (c)} = F_x / A

(2) せん断応力

$$\tau = Max \left(\frac{|F_y|}{A_{sy}}, \frac{|F_z|}{A_{sz}} \right)$$

(3) 曲げ応力

$$\sigma_{b} = \frac{|M_{y}|}{Z_{y}} + \frac{|M_{z}|}{Z_{z}}$$

(4) 組合せ応力
$$\sigma_{\rm f} = \sqrt{\sigma_{\rm fa}^2 + 3 \cdot \tau^2}$$

ここで,

R5

$$\sigma_{fa} = \left| F_x \right| / A + \sigma_b$$

4.6.2 アンカーボルトの評価方法

アンカーボルトは,引張及びせん断について評価を実施する。評価は,アンカーボルト 1 本あたりの発生応力が許容応力に収まることを確認する。以下に,発生応力の算出方法 を示す。

(1) 引張応力



4.7 計算条件

応力解析に用いる自重及び荷重(地震荷重)は、本計算書の【BOP竜巻対策施設の耐震性 についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

4.8 応力の評価

4.8.1 フレームの応力評価

4.6.1 項で求めた各応力が,許容引張応力 f_t ,許容曲げ応力 f_b ,許容せん断応力 f_s 又は許容圧縮応力 f_c 以下であること。なお、組合せ応力については f_t 以下であること。 ただし、 f_t 、 f_b 、 f_s 及び f_c は下表による。

	基準地震動S。による荷重との組合せの場合
許容引張応力 f t	$\frac{\mathrm{F}}{1.5} \cdot 1.5$
許容曲げ応力 f _b	$\frac{\mathrm{F}}{1.5} \cdot 1.5$
許容せん断応力 ƒ。	$\frac{\mathrm{F}}{1.5\sqrt{3}} \cdot 1.5$
許容圧縮応力 f 。	$\left\{1-0.4\cdot\left(\frac{\Lambda}{\lambda}\right)^{2}\right\}\cdot\frac{F}{\nu}\cdot1.5\qquad\left(\lambda\leq\Lambda\right)$

4.8.2 アンカーボルトの応力評価

4.6.2 項で求めたアンカーボルトの引張応力 σ_{tb} は次式より求めた許容応力 f_{ts} 以下であること。ただし、 f_{to} は下表による。

 $f_{ts} = Min\{1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_{b}, f_{to}\}$

せん断応力 τ_b はせん断力を受けるアンカーボルトの許容せん断応力 f_{sb} 以下であること。ただし、 f_{sb} は下表による。

	基準地震動 S。による荷重との組合せの場合
許容引張応力 <i>f</i> _t 。	$\frac{\mathrm{F}}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 f s b	$\frac{\mathrm{F}}{1.5\sqrt{3}} \cdot 1.5$
- 5. 評価結果
- 5.1 DB条件に対する評価結果

代表として,フレームの組合せ応力が最も大きいBOP竜巻対策施設(表 2-1 に示す6 階③) の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており, 設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の【BOP 竜巻対策施設の耐震性についての計算結果】の 設計条件及び機器要目に示す。

5.2 SA条件に対する評価結果

DB条件における評価と条件が同じであるため、記載を省略する。

【BOP竜巻対策施設の耐震性についての計算結果】

- 1. 設計基準対象施設
- 1.1 設計条件

機器名称	副電売計しの	据付場所及び	最高	最高	周囲環境
	····································	床面高さ	使用圧力	使用温度	温度
		(m)	(MPa)	(°C)	(°C)
B O P 竜巻対策施設	С	EL.約+57.0 EL.約+63.7	_	_	40

- 18	固有周期	基準地震動 S _s			
モード	(_S)	水平方向震度	鉛直方向震度		
1 次	0.092	9.43	7.16		
2 次	0.077	9.10	11.46		
3 次	0.072	8.92	11.46		
4 次	0.059	4.32	9.82		
5 次	0.053	3.20	9.82		

1.2 機器要目

		アンカーボルト			
断面性能	$\text{H-}300\!\times\!300\!\times\!10$	$\text{H-}350\!\times\!350\!\times\!12$	$\text{H-400}\!\times\!400\!\times\!13$	M9.4	
	$\times 15$	imes19	$\times 21$	M24	
A (mm^2)	1.185×10^{4}	1.719×10^{4}	2. 187×10^4	—	
A_{sy} (mm ²)	9.000 $\times 10^3$	1.330×10^{4}	1.680×10^4	_	
A_{sz} (mm ²)	2. 700×10^3	3. 744×10^3	4.654 $\times 10^{3}$	_	
A_{b} (mm ²)	—	_	_	452.4	
A_{syb} (mm ²)	_			452.4	
$A_{s z b}$ (mm ²)	—	_	_	452.4	
I_{p} (mm ⁴)	7.700 $\times 10^{5}$	1.780×10^{6}	2.750 $\times 10^{6}$	_	
I_{y} (mm ⁴)	2. 020×10^8	3. 980×10^8	6. 660×10^8	—	
I_{z} (mm ⁴)	6. 750×10^7	1.360×10^{8}	2. 240×10^8	—	
Z_{p} (mm ³)	5. 133×10^4	9. 369×10^{6}	1.310×10^{5}	—	
Z_y (mm ³)	1.350×10^{6}	2.280 $\times 10^{6}$	3. 330×10^{6}	_	
Z_{z} (mm ³)	3.650 $\times 10^{5}$	7.760 $\times 10^{5}$	1.120×10^{6}	—	
質量 (kg/m)	93	135	172	_	
n (-)				4	
材質	SM490A	SM490A	SM490A	S45C	

<u> ※牛力以下))</u>		アンカーボルト*			
発生力又はモーメン	$\text{H-}300\!\times\!300\!\times$	$\text{H-}350\!\times\!350\!\times$	$\text{H-400}\!\times\!400\!\times$	WO 4	
Г	10×15	12×19	13×21	M24	
F_{x} (N)	9.985 $\times 10^4$	1.230×10^{5}	3. 443×10^3	1.503×10^{5}	
F _y (N)	3. 369×10^4	2.797 $\times 10^4$	1.478×10^5	8.886×10^4	
F _z (N)	2.328×10^4	3. 493×10^4	1.303×10^{5}	1.886×10^{5}	
M_x (N · mm)	2. 496×10^4	5. 052×10^4	2.843 $\times 10^{5}$	—	
M_y (N • mm)	3.779×10^{7}	7.935×10^{7}	8. 547 $\times 10^{7}$	_	
M_z (N • mm)	6.852 $\times 10^{7}$	4.715×10^{7}	9.733 $\times 10^{7}$	_	

注記 *:各部位に発生する組合せ応力が最大となる箇所の値を示す。

フレーム総質量*
(kg)
28927

注記 *:フレーム総質量には、防護鋼板、防護ネットの質量を含む。

評価部材	材料	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)
フレーム	SM490A (厚さ≦16mm)	325	490	325
	SM490A (16mm<厚さ≦40mm)	315	490	315
アンカーボルト	S45C (厚さ≦40mm)	490	690	483

1.	3	応力

Ţ	項目		応力分類	応力値 ^{*1} (MPa)	許容応力 (MPa)
			引張	9	325
			圧縮	9	258
	$H=300 \times 300$	1	曲げ	219	325
	~10~15		せん断	9	187
			組合せ (軸力+せん断)	228	325
			引張	8	315
	$\begin{array}{c} \text{H-350}\times350\\ \times12\times19\end{array}$	2	圧縮	8	268
フレーム			曲げ	96	315
			せん断	9	181
			組合せ (軸力+せん断)	105	315
			引張	1	315
	IL 400 X 400		圧縮	1	307
	$H=400 \times 400$	3	曲げ	114	315
	×13×21		せん断	28	181
			組合せ (軸力+せん断)	123	315
アンカー	MO 4		引張	84	219^{*2}
ボルト	MZ4	(4)	せん断	116	223

注記 *1:各部位に発生する組合せ応力が最大となる箇所の値を示す。

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



各部位ごとの最大応力発生部位

V-2-12 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する 影響評価結果

1.	概要
2.	水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価に用いる地震動・・・・・・・1
3.	各施設における水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する検討結果・・・・・・1
3.]	1 建物・構築物・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
3.2	2 機器・配管系····································
3.3	3 屋外重要土木構造物・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・

1. 概要

本資料は、添付書類「V-2-1-1 耐震設計の基本方針の概要」のうち、「4.1 地震力の算定法 (2)動的地震力」及び添付書類「V-2-1-8 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響 評価方針」に基づき、水平2方向及び鉛直方向地震力により、施設が有する耐震性に及ぼす影響 について評価した結果を説明するものである。

2. 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価に用いる地震動

水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価には,基準地震動Ssを用いる。基準 地震動Ssは,添付書類 「V-2-1-2 基準地震動Ss及び弾性設計用地震動Sdの策定概要」によ る。

ここで,水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価に用いる基準地震動Ssは, 複数の基準地震動Ssにおける地震動の特性及び包絡関係を,施設の特性による影響も考慮した 上で確認し,本影響評価に用いる。

- 3. 各施設における水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する検討結果
- 3.1 建物·構築物
 - 3.1.1 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価部位の抽出
 - (1) 耐震評価上の構成部位の整理

建物・構築物の耐震評価上の構成部位を整理し,各建屋において,該当する耐震評価上の 構成部位を網羅的に確認した。確認した結果を表 3-1-1 に示す。

(2) 応答特性の整理

建物・構築物における耐震評価上の構成部位について,水平2方向及び鉛直方向地震力の 影響が想定される応答特性を整理した。応答特性は,荷重の組合せによる影響が想定される もの及び3次元的な建屋挙動から影響が想定されるものに分けて整理した。整理した結果を 表 3-1-2及び表 3-1-3に示す。

なお、隣接する上位クラス建物・構築物への波及的影響防止のための建物・構築物の評価 は、上位クラスの建物・構築物との相対変位による衝突可否判断が基本となる。そのため、 せん断及び曲げ変形評価を行うこととなり、壁式構造では耐震壁(ラーメン構造では柱、梁) を主たる評価対象部位とし、その他の構成部位については抽出対象に該当しない。杭及びケ ーソンについても上部構造の大変形による衝突が杭及びケーソンの大規模損傷に伴う転倒よ り先行すると考えられる。そのため、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに対し、耐震 評価への影響が想定される部位として抽出対象に該当しない。

(3) 荷重の組合せによる応答特性が想定される部位の抽出

表 3-1-1 に示す耐震評価上の構成部位のうち,表 3-1-2 に示す荷重の組合せによる応答特性により,水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響が想定される部位を抽出した。抽出した結果を表 3-1-4 に示す。

応答特性①-1「直交する水平2方向の荷重が、応力として集中する部位」として、主排 気筒及び非常用ガス処理系配管支持架構の隅柱、原子炉建屋、非常用ガス処理系配管支持架 構、使用済燃料乾式貯蔵建屋、格納容器圧力逃がし装置格納槽及び緊急時対策所建屋の基礎

R

スラブ並びに主排気筒,非常用ガス処理系配管支持架構,使用済燃料乾式貯蔵建屋及び緊急 時対策所建屋の杭を抽出した。

また,応答特性①-2「面内方向の荷重を負担しつつ,面外方向の荷重が作用する部位」 として,原子炉建屋の地下外壁及びプール側壁,格納容器圧力逃がし装置格納槽及びタービ ン建屋の地下外壁を抽出した。

(4) 3 次元的な応答特性が想定される部位の抽出

表 3-1-1 に示す耐震評価上の構成部位のうち,荷重の組合せによる応答特性が想定される 部位として抽出されなかった部位について,表 3-1-3 に示す3次元的な応答特性により, 水平2方向及び鉛直方向地震力の影響が想定される部位を抽出した。抽出した結果を表3-1-5に示す。

応答特性②-1「面内方向の荷重に加え,面外慣性力の影響が大きい可能性がある部位」 として,原子炉建屋の燃料取替フロアの壁を抽出した。

また,応答特性②-2「加振方向以外の方向に励起される振動が発生する可能性がある部 位」として,非常用ガス処理系配管支持架構の梁一般部(水平材)及び鉄骨ブレース(斜 材)を抽出した。

(5) 3 次元 F E M モデルによる精査

上記(4)で抽出した3次元的な応答特性が想定される部位として抽出した部位について, 3次元FEMモデルにより精査を行う。精査した結果を表 3-1-6 に示す。

応答特性②-1「面内方向の荷重に加え,面外慣性力の影響が大きい部位」については, 施設の重要性,建屋規模及び構造特性を考慮し,下部に上位クラス施設がある原子炉建屋の 燃料取替フロアの壁を代表として3次元FEMモデルによる精査を行う。

応答特性②-2「加振方向以外の方向に励起される振動の影響が大きい部位」については、 ねじれ応答の影響が懸念されるとともに、重要設備である非常用ガス処理系配管支持架構 の梁一般部(水平材)及び鉄骨ブレース(斜材)を代表として3次元FEMモデルによる 精査を行う。

また,原子炉建屋の耐震評価部位全般に対し,局所的な応答について,3次元FEMモ デルによる精査を行う。精査は,地震応答解析により水平2方向及び鉛直方向入力時の影 響を評価することで行う。 NT2 補② V-2-12 R1

耐震性評価部位		原子炉建屋	主排気筒	非常用ガス 処理系配管 支持架構	使用済燃料 乾式貯蔵 建屋	格納容器 圧力逃がし 装置格納槽	緊急時 対策所建屋	タービン 建屋	サービス 建屋
		RC 造 及び S 造	S 造	S 造	RC 造 及び S 造	RC 造	RC 造	RC 造 及び S 造	RC 造 及び S 造
	一般部	\bigcirc	_	_	\bigcirc	_	0	\bigcirc	\bigcirc
<u></u>	隅部	\bigcirc	\bigcirc	0	\bigcirc	_	0	0	\bigcirc
11	地下部	\bigcirc	_	_	_	_		\bigcirc	
	筒身	_	0	_	_	_			
	一般部	\bigcirc	\bigcirc	0	\bigcirc	-	0	\bigcirc	\bigcirc
梁	地下部	\bigcirc	_	_	_	_	_	\bigcirc	—
	鉄骨トラス	\bigcirc	_	_	\bigcirc	—	_	\bigcirc	—
	一般部	\bigcirc	_	_	\bigcirc	0	0	\bigcirc	\bigcirc
壁	地下部	\bigcirc	_	_	_	0	_	\bigcirc	_
	鉄骨ブレース	_	\bigcirc	0	_	_			\bigcirc
床 屋根	一般部	\bigcirc	_	_	\bigcirc	\bigcirc	0	0	0
	基礎スラブ	\bigcirc	_	0	\bigcirc	\bigcirc	0	\bigcirc	_
±+7₩	ケーソン	_	_	_	_	_	_	0	_
 左啶	基礎梁	_	0	_	_	_	_	_	0
	杭	_	0	0	0	_	0	\bigcirc	\bigcirc

表 3-1-1 建物・構築物における耐震評価上の構成部材の整理

凡例 ○:対象の構造部材有り,一:対象の部材なし



表 3-1-2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響が想定される応答特性

表 3-1-3 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響が想定される応答特性 (3 次元的な応答特性)



NT2 補② V-2-12 R1

12	514 小十2	- 刀间及0-如直刀间地度	受力の加口 じに	- よの影響の唯心の	北安な印度の田田	(间里)加口已(こよる心合行日	によるハクタ	
武豪性亚征如位		原子炉建屋	主排気筒	非常用ガス処理系 配管支持架構	使用済燃料 乾式貯蔵建屋	格納容器圧力逃 がし装置格納槽	緊急時 対策所建屋	タービン 建屋	サービス 建屋
) 辰	:11 王言平1 四音121 立。	RC 造 及び S 造	S造	S造	RC 造 及び S 造	RC 造	RC 造	RC 造 及び S 造	RC 造 及び S 造
	一般部	該当なし	_		該当なし	_	該当なし	該当なし	該当なし
柱	隅部	該当なし	①-1要	①-1要	該当なし	_	該当なし	該当なし	不要 (*1)
17.	地下部	該当なし				_	_	該当なし	_
	筒身	_	該当なし			_	_	_	_
	一般部	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	_	該当なし	該当なし	該当なし
梁	地下部	該当なし	_	_	_	_	—	該当なし	_
	鉄骨トラス	該当なし			該当なし	_	—	該当なし	_
	一般部	①-2要(プール側壁)	_	_	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし
壁	地下部	①-2要	_	_	_	①-2要	—	①-2要	_
	鉄骨ブレース		該当なし	該当なし	—	_	—	—	不要 (*2)
床 屋根	一般部	該当なし	_	_	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし
	基礎スラブ	①-1要	_	①-1要	①-1要	①-1要	①-1要	不要 (*2)	_
主动	ケーソン	_	_	_	_	_	—	不要 (*2)	_
2 1 244/JE	基礎梁		該当なし	_		_	_	—	不要 (*2)
	杭	_	①-1要	①-1要	①-1要	—	①-1要	不要 (*2)	不要 (*2)

表 3-1-4 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の確認が必要な部位の抽出(荷重の組合せによる応答特性によるスクリーニング)

R例 要:評価必要,不要:評価不要,①-1:応答特性「直交する水平2方向の荷重が応力として集中」,①-2:応答特性「面内荷重を負担しつつ,面外方向の荷重が作用」

注記 *1:上位クラス建物・構築物への波及的影響防止のための評価対象建屋であり、隣接する原子炉建屋への衝突方向には耐震壁追設補強により、隅柱に軸応力が集中しても波及的影響評価に影響が ないため、不要とする。

*2: 上位クラス建物・構築物への波及的影響防止のための評価対象建屋は、衝突可否判断が基本となるため、せん断及び曲げ変形評価を行うこととなり、耐震壁を主たる評価対象部位とするため 不要とする。杭及びケーソンについても上部構造の大変形による衝突が杭及びケーソンの大規模損傷に伴う転倒より先行すると考えられる。そのため、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合 せに対し、耐震評価への影響が想定される部位として抽出対象に該当しない。 NT2 補② V-2-12 R1

耐震性評価部位		原子炉建屋	主排気筒	非常用ガス 処理系配管 支持架構	使用済燃料 乾式貯蔵 建屋	格納容器 圧力逃がし 装置格納槽	緊急時 対策所建屋	タービン 建屋	サービス 建屋
		RC 造 及びS 造	S造	S造	RC 造 及び S 造	RC 造	RC 造	RC造 及びS造	RC 造 及び S 造
	一般部	不要	_	_	不要	_	不要	不要	不要
1).	隅部	不要	要	要	不要	_	不要	不要	不要
11:	地下部	不要		_	_		_	不要	
	筒身	—	不要	_	_	_	_	_	_
	一般部	不要	不要	2-2	不要	_	不要	不要	不要
梁	地下部	不要	_	_	_	_	_	不要	_
	鉄骨トラス	不要	_	_	不要	_	_	不要	_
	一般部	要(プール側壁) ②-1 (燃料取替フロア壁)	_	_	不要	不要	不要	不要 🕅	不要
壁	地下部	要	_	_	_	要	_	要	_
	鉄骨ブレース	_	不要	2)-2			_		不要
床 屋根	一般部	不要		_	不要	不要	不要	不要	不要
	基礎スラブ	要	—	要	要	要	要	不要	—
	ケーソン	—	_	_	_	_	_	不要	_
基礎	基礎梁	_	不要	—	—	—	_	—	不要
	杭	_	要	要	要	—	要	不要	不要

表 3-1-5 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の確認が必要な部位の抽出 (3 次元的な応答特性を踏まえたスクリーニング)

凡例 要:荷重の組合せによる応答特性でのスクリーニングで抽出済み、不要:評価不要、②-1:応答特性「面内方向の荷重に加え、面外慣性力の影響が大きい」、②-2:応答特性「加振方向以外の方向に励起される振動」

(※1):上部階の壁は複数スパンにまたがって直交方向に壁及び大梁がなく、面内方向荷重に加え、面外慣性力の影響が大きいと考えられるが下部に上位クラス施設がないため不要とする。

耐震評価部位		対象 建物・構築物	3次元的な応答特性	3 次元モデルを用いた精査方法	3次元モデルを用いた精査結果
梁	一般部	<u>非常用ガス処理系</u> <u>配管支持架構</u>	②-2 (加振方向以外の方向に励起される振 動が発生)	水平2方向及び鉛直方向入力時の 応答の水平1方向入力時の応答に 対する増分が小さいことを確認す る。	水平2方向及び鉛直方向地震 力による左記の対象に有する 耐震性への影響は想定されな いため抽出しない。
臣	一般部	<u>原子炉建屋</u> (燃料取替フロア) (燃料取替フロア) (面内方向の荷重に加え面外慣性力の 影響が大きい)		同上	同上
型 鉄骨 ½ ブレース 配		<u>非常用ガス処理系</u> <u>配管支持架構</u>	②-2 (加振方向以外の方向に励起される振 動が発生)	同上	同上
耐震評価 部位全般		原子炉建屋	局所的な応答	同上	同上

表 3-1-6 3 次元 F E M モデルを用いた精査

(注)<u>下線部</u>は代表として評価する建物・構築物を示す。

- 3.1.2 水平2方向及び鉛直方向地震力の影響評価部位の抽出結果
 - (1) 建物・構築物における影響評価部位の抽出結果

建物・構築物において,水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響が想定される として抽出した部位を表 3-1-7 に示す。

応答特性①-1「直交する水平2方向の荷重が,応力として集中する部位」のうち,重 要施設である非常用ガス処理系排気筒を支持する,主排気筒鉄塔部の主柱材を代表とし て,水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価を行う。また,建屋規模が 大きく,重要な設備を多く内包している等の留意すべき特徴を有している原子炉建屋の 基礎を代表として,水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価を行う。

応答特性①-2「面内方向の荷重を負担しつつ,面外方向の荷重が作用する部位」として,施設の重要性,建屋規模及び構造特性を考慮し,上部に床などの拘束がなく,面外荷 重(水圧)が作用する原子炉建屋使用済燃料プールの壁を代表して,水平2方向及び鉛 直方向地震力の組合せによる影響評価を行う。

		· · · · ·		
応答 特性	耐	震評価部位	対象建物・構築物	代表評価部位
	柱	隅部	<u>・主排気筒</u> ・非常用ガス処理系配管支持架構	重要設備である非常用ガス 処理系排気筒を支持する, 主排気筒鉄塔部の主柱材を 代表として評価する。
①-1	基礎	基礎スラブ ・ 杭	 ・原子炉建屋 ・主排気筒 ・非常用ガス処理系配管支持架構 ・使用済燃料乾式貯蔵建屋 ・格納容器圧力逃がし装置格納層 ・緊急時対策所建屋 	建物規模が比較的大きく, 重要な設備を多く内包して いる等の留意すべき特徴を 有している原子炉建屋の基 礎を代表として評価する。
①-2	壁	水圧 作用部 地下部	 ・原子炉建屋(使用済燃料プール) ・原子炉建屋(壁地下部) ・格納容器圧力逃がし装置格納槽 (壁地下部) ・タービン建屋(壁地下部) 	施設の重要性,建屋規模及 び構造特性を考慮し,上部 に床などの拘束がなく,面 外荷重(水圧)が作用する 使用済燃料プールの壁を評 価する。

表 3-1-7 水平 2 方向及び鉛直方向地震力による影響評価部位の抽出結果

凡例 ①-1:応答特性「直交する水平2方向の荷重が、応力として集中」

①-2:応答特性「面内方向の荷重を負担しつつ,面外方向の荷重が作用」

(注)<u>下線部</u>は代表として評価する建物・構築物を示す。

- 3.1.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の影響評価結果
 - (1) 主排気筒の主柱材の評価

主排気筒の主柱材について,基準地震動S。による地震力を水平2方向及び鉛直方向に 作用させ,3次元FEMモデルを用いた弾性応答解析の結果を用いた評価を行った。

主排気筒の主柱材の評価については、S_s地震時を対象として、直交する水平2方向の 荷重が応力集中する可能性のある主柱材を対象に、水平2方向及び鉛直方向入力時と水平 1方向及び鉛直方向入力時の最大応力度比の比率を求め、当該比率を考慮した各主柱材の 最大応力度比が、1.0を超えないことにより確認する。

3 次元FEMモデルによる弾性応答解析は、添付書類「V-2-2-15-1 主排気筒の耐震 性についての計算書」に基づいて行った。

主排気筒の構造概要図を図 3-1-1 に示す。

地震荷重時については、基準地震動S。の地震応答解析により得られた地震荷重を、地 震荷重による応力評価用モデルに入力して評価した。解析に用いた材料物性値を表 3-1-8 に示す。

地震荷重以外の荷重については、添付書類「V-2-2-15-1 主排気筒の耐震性についての計算書」に基づいて評価を実施する。

荷重の組合せは、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき設定、基準地震動S。に係る組合せに加えて、地震荷重及び風荷重を組み合わせた場合についても水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響を評価した。風荷重は、添付書類「V-2-2-15-1 主排気筒の耐震性についての計算書」と同様に作用させるものとした。

主排気筒の3次元FEMモデルは,図3-1-2に示すとおり梁要素で構成される立体骨組モデルとしてモデル化する。

解析結果として,水平2方向及び鉛直方向入力時並びに水平1方向及び鉛直方向入力時 の主柱材の最大応力度比を表 3-1-9 に示す。

評価の結果,水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる解析結果は,水平1方向及 び鉛直方向地震力の組合せによる解析結果と比較して水平2方向の地震力の影響により, 解析結果の値は増加傾向であるものの,各主柱材の最大応力度比が1.0を超えないことを 確認した。

以上より,水平2方向及び鉛直方向地震力に対し,主排気筒の主柱材が有する耐震性への影響がないことを確認した。



図 3-1-1 主排気筒の構造概要図(単位:mm)



(a) 地震荷重による応力評価用モデル (b) 風荷重による応力評価用モデル

図 3-1-2 鉄塔の応力解析モデル

表 3-1-8 材料物性值

使用材料	ヤング係数	ポアソン比
主柱材 (STK400)	205000 N/mm^2	0. 3

表 3-1-9 主排気筒の主柱材の解析結果

			判定	結果	
EL. (m)	使用部材	材質	① 水平1方向及び 鉛直方向入力時	② 水平2方向及び 鉛直方向入力時	比率 ②/①
112.205	Φ406 . 4×6 . 4	STK400	$0.48 \leq 1.00$	$0.52 \leq 1.00$	1.09
95.432	Φ 406. 4×12. 7	STK400	$0.53 \leq 1.00$	$0.65 \le 1.00$	1.23
75. 444	Φ 558.8×12.7	STK400	$0.73 \le 1.00$	$0.87 \leq 1.00$	1.20
52.618	Φ812.8×12.7	STK400	$0.71 \le 1.00$	$0.73 \leq 1.00$	1.03
26.257	Φ1016. 0×12. 7	STK400	$0.55 \le 1.00$	$0.57 \leq 1.00$	1.04

(2) 原子炉建屋基礎盤の評価

原子炉建屋基礎盤について,基準地震動S。による地震力を水平2方向及び鉛直方向に 作用させ,3次元FEMモデルを用いた弾性応力解析を行った。3次元FEM解析による 断面の評価は,添付書類「V-2-9-3-4 原子炉建屋基礎盤の耐震性についての計算書」に 基づいて行った。

原子炉建屋基礎盤の評価については、S_s地震時を対象とし、直交する水平2方向の荷 重が隅部に応力集中する可能性がある矩形の原子炉棟基礎及び付属棟基礎に対して、水平 2方向及び鉛直方向地震力の影響を評価した。

原子炉建屋基礎盤の概略平面図及び概略断面図を図 3-1-3 及び図 3-1-4 に示す。

地震荷重は、添付書類「V-2-2-1 原子炉建屋の地震応答計算書」のうち、S。地震時のNS方向及びEW方向の地震力を応答スペクトルに基づく地震動、断層モデルに基づく地 震動及び震源を特定せず策定する地震動のそれぞれについて包絡させた結果を用いる。

荷重の組合せは、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している荷重の 組合せに基づき、風荷重の影響は地震荷重と比較して極めて小さいため、地震荷重及び風 荷重の組合せは考慮しない。また、地震荷重及び積雪荷重の組合せは、地震荷重及び積載 荷重の組合せに含まれるものとする。

原子炉建屋基礎盤の応力解析モデルは,基礎とその上部構造の耐震壁の剛性を考慮した モデルである。解析モデルを図 3-1-5 に示す。材料の物性値を表 3-1-10 に示す。

解析結果を記載する要素の位置(許容値に対する解析結果の割合が最大となる要素)を 図 3-1-6,評価結果を表 3-1-11 に示す。

評価の結果,水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する評価結果と水平2方向及 び鉛直方向地震力の組合せに対する評価結果を比較すると,水平2方向及び鉛直方向地震 力の組合せによる,許容値に対する解析結果の割合は,水平2方向の地震力の影響により 割合が最大となる要素位置が一部で変わり,解析結果の値は増加傾向であるものの,水平 2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる軸力,曲げモーメント及び面外せん断力に対す る評価における発生値が各許容値を超えないことを確認した。

また,設備の補強や追加等の改造工事に伴い重量が増加することの影響についての検討 を行った。

原子炉建屋基礎盤は、外壁からの基礎への地震時せん断力、軸力を地震荷重として考慮 することから、原子炉建屋基礎盤上層(要素番号(10)、EL.-4.0~EL.2.0m)の最大応答せ ん断力及び軸力の各方向の応答比率の最大値を割増係数として設定し、応力評価結果の発 生値に乗じて各許容値を超えないことを確認する。表 3-1-12 に原子炉建屋基礎盤上層

(要素番号(10))の最大応答せん断力及び軸力の各方向の応答比率と割増係数を示す。

検討結果を表 3-1-13 に示す。重量増加を考慮した割増係数を乗じた結果においても、 各許容値を超えないことを確認した。

以上のことから,水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに対し,原子炉建屋基礎盤が 有する耐震性への影響はないことを確認した。





図 3-1-4 原子炉建屋基礎盤の概略断面図(A-A 断面 EW 方向)

図 3-1-5 解析モデル

表 3-1-3	使用材料の物性値
~~~~~	

部位	コンクリートの 設計基準強度 Fo (N/mm ² )	ヤング係数 F (N/mm ² )	ポアソン比
基礎版	22. 1	$2.21 \times 10^4$	0.2





評価項目		方向	要素 番号	発生値	許容値
軸力	曲げモーメント	NS	851	10.7	11.8
⊤ (×10 ³ kN・m/m) 曲げモーメント	半径	276	43.6	49.8	
云外おく能力	面外せん断応力度	NS	438	1.42**	2.12
面外せん断力	$(N/mm^2)$	半径	279	1.96*	2.12

表 3-1-11 原子炉棟基礎及び付属棟基礎の評価結果(S_s地震時) (a) 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せ

※:応力の再配分等を考慮して、応力の平均化を行った結果

	方向	要素 番号	発生値	許容値	
軸力	曲げモーメント	NS	851	10.9	12.2
ー 曲げモーメント	$(\times 10^3 \text{ kN} \cdot \text{m/m})$	EW	626	23. 2	32.4
王从上)临去	面外せん断応力度	NS	851	1.60	2.19
面外せん断力	$(N/mm^2)$	EW	465	1.90	2.19

(b) 水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せ

	表 3-1-12	-12 重量増加を考慮	した割増係数	: 原子炉建屋基礎
--	----------	-------------	--------	-----------

	NS 方向	EW 方向	UD 方向
要素番号(10)	$1.02^{*1}$	$1.02^{*1}$	1. 02*1
割増係数		$1.02^{*2}$	

※1:添付書類「V2-2-1原子炉建屋の地震応答計算書」別紙1に示す原子炉建屋
 基礎盤上層(要素番号(10))の最大応答せん断力及び軸力の応答比率

※2:各方向の応答比率の最大値









Ĩ	評価項目	方向	要素 番号	発生値 ①	割増係数 ②	(1)×(2)	許容値
軸力 +	曲げモーメント	NS	851	10.7	1.02	11.0	11.8
曲げモー (×10 ³ kN・m/m) メント	半径	276	43.6	1.02	44.5	49.8	
面外せん	面外せん断応力度	NS	438	1.42*	1.02	1.45	2.12
断力	$(N/mm^2)$	半径	279	1.96*	1.02	2.00	2.12

表 3-1-13 重量増加を考慮した評価結果(S_s地震時) (a) 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せ

注記 *:応力の再配分等を考慮して、応力の平均化を行った結果

(3) 使用済燃料プールの壁の評価

使用済燃料プールの壁について、基準地震動S。による地震力を水平2方向及び鉛直方向に作用させ、3次元FEMモデルを用いた弾性応力解析を行った。3次元FEM解析による断面の評価は、添付書類「V-2-4-2-1 使用済燃料プールの耐震性についての計算書」に基づいて行った。

使用済燃料プールの壁の評価については、S₈地震時を対象とし、面内方向の荷重を負担しつつ、面外方向の荷重が作用する壁について、水平2方向及び鉛直方向地震力の影響 を評価する。

使用済燃料プールを含む原子炉建屋の概略平面図及び概略断面図を図 3-1-7 及び図 3-1-8,使用済燃料プール周りの概略平面図及び概略断面図を図 3-1-9 及び図 3-1-10 に示す。

地震荷重は、添付書類「V-2-4-2-1 使用済燃料プールの耐震性についての計算書」の うち、基準地震動S。により算定される動的地震力を各レベルで包絡した評価結果を用い る。その他、水圧荷重を考慮する。

地震荷重以外の荷重については添付書類「V-2-4-2-1 使用済燃料プールの耐震性についての計算書」に基づいて評価を実施する。

荷重の組合せは、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している荷重の 組合せに基づき、風荷重の影響は地震荷重と比較して極めて小さいため、地震荷重及び風 荷重の組合せは考慮しない。また、地震荷重及び積雪荷重の組合せは、地震荷重及び積載 荷重の組合せに含まれるものとする。

解析モデルは、使用済燃料プール、原子炉ウェル及び蒸気乾燥器・気水分離器ピットを 一体としてモデル化する。また、プール部に連続する壁及び床については、これらのプー ル部に対する拘束効果を適切に反映した解析モデルとする。解析モデル概要図を図 3-1-11 に示す。材料の物性値を表 3-1-14 に示す。

解析結果を記載する要素の位置(許容値に対する解析結果の割合が最大となる要素)を 図 3-1-12 及び図 3-1-13,評価結果を表 3-1-15 に示す。

評価の結果,水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する評価結果と水平2方向及 び鉛直方向地震力の組合せに対する評価結果を比較すると,水平2方向及び鉛直方向地震 力の組合せによる,許容値に対する解析結果の割合は,水平2方向の地震力の影響により 割合が最大となる要素位置が一部で変わり,解析結果の値は増加傾向であるものの,水平 2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる軸力,曲げモーメント及び面外せん断力に対す る評価における発生値が各許容値を超えないことを確認した。

また,設備の補強や追加等の改造工事に伴い重量が増加することの影響を考慮した検討 を行った。

使用済燃料プールは, 主たる水平地震時荷重として, せん断力分配解析による内部ボックス壁 (I/W)の EL.46.5m~EL.34.7m 位置(要素番号(3),(4))でのせん断力を考慮し, 鉛直震度として EL.46.5m~EL.34.7m 位置(質点番号 3,4,5)の鉛直方向最大応答加速度より算出した値を考慮することから,NS 方向及び EW 方向は要素番号(3),(4)の最大応答せん断力の応答比率の最大値を,UD 方向は質点番号 3,4,5 の最大応答加速度の応答比率の最大値を応答比率とし,各方向の応答比率の最大値を割増係数として設定し,応力

評価結果の発生値に乗じて各許容値を超えないことを確認する。表 3-1-16 に要素番号 (3),(4)の最大応答せん断力の応答比率及び質点番号 3,4,5 の最大応答加速度の応答比 率,並びに割増係数を示す。

検討結果を表 3-1-17 に示す。重量増加を考慮した割増係数を乗じた結果においても、 各許容値を超えないことを確認した。

以上のことから,水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに対し,使用済燃料プールの 壁が有する耐震性への影響はないことを確認した。



図 3-1-8 使用済燃料プールを含む原子炉建屋の概略断面図(A-A 断面)



図 3-1-10 使用済燃料プール周りの概略断面図(A-A 断面)

節点数:1028 要素数:1038



図 3-1-11 解析モデル概要図

A C I I C I I I C I I I I C I I I I I I	表 3-1-14	使用材料の物性値
-----------------------------------------	----------	----------

コンクリートの 設計基準強度	ヤング係数	ポアソン比
Fc $(N/mm^2)$	$E (N/mm^2)$	ν
22. 1	2. $21 \times 10^4$	0.2



(a) 北側壁



(b) 東側壁 図 3-1-12(1/2) 解析結果を記載する要素の位置(水平2方向)



(c) 南側壁



(d) 西側壁図 3-1-12 (2/2) 解析結果を記載する要素の位置(水平2方向)





(b) 東側壁

図 3-1-13 (1/2) 解析結果を記載する要素の位置(水平1方向)


(c) 南側壁



(d) 西側壁図 3-1-13 (2/2) 解析結果を記載する要素の位置(水平1方向)

		評価項目	要素 位置	解析 結果	許容値	備考
	业加睦	コンクリート (×10 ⁻³ )	2219	0.135	3.00	圧縮側
	北侧堂	鉄筋 (×10 ⁻³ )	2272	1.78	5.00	引張側
*** -*-	声侧辟	コンクリート (×10 ⁻³ )	1590	0.148	3.00	圧縮側
====== ======== ====================	术则型	鉄筋 (×10 ⁻³ )	1590	1.93	5.00	引張側
一日のビーバント	南側踥	コンクリート (×10 ⁻³ )	3055	0. 337	3.00	圧縮側
四11670月/1	用侧型	鉄筋 (×10 ⁻³ )	3037	1.60	5.00	引張側
	而個辟	コンクリート (×10 ⁻³ )	1090	0.159	3.00	圧縮側
	四側壁	鉄筋 (×10 ⁻³ )	1046	1.69	5.00	引張側
	北側壁	面内せん断応力度 (N/mm ² )	2272	0.716	14.7	
+1.1.	東側壁	面内せん断応力度 (N/mm ² )	1581	1.36	14.7	
単四ノリ	南側壁	面内せん断応力度 (N/mm ² )	3043	3.22	14.7	
	西側壁	面内せん断応力度 (N/mm ² )	1090	1.55	14.7	
	北側壁	面内せん断応力度 (N/mm ² )	2209	0. 483	1.61	
面内社と断力	東側壁	面内せん断応力度 (N/mm ² )	1590	1.15	1.47	
田下1070四75	南側壁	面内せん断応力度 (N/mm ² )	3037	2.11	3.81	
	西側壁	面内せん断応力度 (N/mm ² )	1087	1.13	1.86	
	北側壁	面外せん断応力度 (N/mm ² )	2228	0.621	1.31	
	東側壁	面外せん断応力度 (N/mm ² )	1536	0. 439	1.37	
	南側壁	面外せん 断応力度 (N/mm ² )	7801	1.11	2.05	
	西側壁	面外せん 断応力度 (N/mm ² )	1033	0.470	1.32	

表 3-1-15 使用済燃料プールの壁の評価結果(S_s地震時)(1/2) (a) 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せ

		評価項目	要素 位置	解析 結果	許容値	備考
	小加陸	コンクリート (×10 ⁻³ )	2219	0.142	3.00	圧縮側
	北側堂	鉄筋 (×10 ⁻³ )	2272	1.77	5.00	引張側
*** -	古侧腔	コンクリート (×10 ⁻³ )	1535	0.135	3.00	圧縮側
	来則堂	鉄筋 (×10 ⁻³ )	1590	1.78	5.00	引張側
曲りモーメント + あ内せん断力	古仙時	コンクリート (×10 ⁻³ )	3055	0.393	3.00	圧縮側
面11070時75	用侧壁	鉄筋 (×10 ⁻³ )	3037	1.46	5.00	引張側
	再加险	コンクリート (×10 ⁻³ )	1035	0.145	3.00	圧縮側
	四側壁	鉄筋 (×10 ⁻³ )	1046	1.58	5.00	引張側
	北側壁	面内せん断応力度 (N/mm ² )	2272	0.701	14.7	
#h +1	東側壁	面内せん断応力度 (N/mm ² )	1581	1.36	14.7	
軸刀	南側壁	面内せん断応力度 (N/mm ² )	3055	3.15	14.7	
	西側壁	面内せん断応力度 (N/mm ² )	1090	1.54	14.7	
	北側壁	面内せん断応力度 (N/mm ² )	2268	0.648	1.97	
五中升)版力	東側壁	面内せん断応力度 (N/mm ² )	1590	1.06	1.50	
面内での例グ	南側壁	面内せん断応力度 (N/mm ² )	3037	2.08	3.93	
	西側壁	面内せん断応力度 (N/mm ² )	1087	1.10	1.90	
	北側壁	面外せん断応力度 (N/mm ² )	2228	0.666	1.28	
西 <u>从</u> 升/ (新力	東側壁	面外せん断応力度 (N/mm ² )	1546	0.424	1.27	
国クトマの四刀	南側壁	面外せん断応力度 (N/mm ² )	7803	0.895	1.60	
	西側壁	面外せん断応力度 (N/mm ² )	1033	0.457	1.32	

表 3-1-15 使用済燃料プールの壁の評価結果(S_s地震時)(2/2) (b) 水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せ

	NS 方向	EW 方向	UD 方向		
要素番号(3),(4)の最大値	$1.03^{*1}$	$1.04^{*1}$	_		
質点番号 3, 4, 5 の最大値	_	_	$1.00^{*2}$		
割増係数		1.04*3			

表 3-1-16 重量増加を考慮した割増係数:使用済燃料プール

*1:添付書類「V2-2-1原子炉建屋の地震応答計算書」別紙1に示す要素番号
 (3),(4)の最大応答せん断力の応答比率の最大値

*2:添付書類「V2-2-1 原子炉建屋の地震応答計算書」別紙1に示す質点番号3,
 4,5の最大応答加速度の応答比率の最大値

*3:各方向の応答比率の最大値



NS,EW 方向



UD 方向

表 3-1-17 重量増加を考慮した評価結果(S。地震時)

		評価項目	要素 位置	解析 結果 ①	割増 係数 ②	1)×2)	許容値
	山、四日本	コンクリート (×10 ⁻³ )	2219	0.135	1.04	0.141	3.00
	北侧堂	鉄筋 (×10 ⁻³ )	2272	1.78	1.04	1.86	5.00
## +1	甫側辟	コンクリート (×10 ⁻³ )	1590	0.148	1.04	0.154	3.00
====/J + 曲げエーメント	术阅生	鉄筋 (×10 ⁻³ )	1590	1.93	1.04	2.01	5.00
画 の に	南側辟	コンクリート (×10 ⁻³ )	3055	0. 337	1.04	0.350	3.00
四[16/06]//	田岡堂	鉄筋 (×10 ⁻³ )	3037	1.60	1.04	1.67	5.00
	西侧辟	コンクリート (×10 ⁻³ )	1090	0.159	1.04	0.165	3.00
	四侧壁	鉄筋 (×10 ⁻³ )	1046	1.69	1.04	1.75	5.00
	北側壁	面内せん断応力度 (N/mm ² )	2272	0.716	1.04	0.745	14. 7
## +1	東側壁	面内せん断応力度 (N/mm ² )	1581	1.36	1.04	1.41	14. 7
甲田ノノ	南側壁	面内せん断応力度 (N/mm ² )	3043	3. 22	1.04	3.35	14. 7
	西側壁	面内せん断応力度 (N/mm ² )	1090	1.55	1.04	1.61	14.7
	北側壁	面内せん断応力度 (N/mm ² )	2209	0. 483	1.04	0.502	1.61
西内井 / 新士	東側壁	面内せん断応力度 (N/mm ² )	1590	1.15	1.04	1.20	1.47
面内でん例ク	南側壁	面内せん断応力度 (N/mm ² )	3037	2.11	1.04	2.20	3.81
	西側壁	面内せん断応力度 (N/mm ² )	1087	1.13	1.04	1.18	1.86
	北側壁	面外せん断応力度 (N/mm ² )	2228	0.621	1.04	0.646	1.31
<b>声</b> 魚 み う 素	東側壁	面外せん断応力度 (N/mm ² )	1536	0. 439	1.04	0.457	1.37
面外せん断力	南側壁	面外せん断応力度 (N/mm ² )	7801	1.11	1.04	1.15	2.05
	西側壁	面外せん断応力度 (N/mm ² )	1033	0.470	1.04	0. 489	1.32

(a) 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せ

(4) 地震観測記録を踏まえた耐震評価への影響検討

東北地方太平洋沖地震の地震観測記録では、オペフロにおける EW 方向の床応答加速度 スペクトルの 10Hz 付近が増幅することが確認されていることから、地震観測記録を踏ま えた耐震評価への影響について検討する。なお、建屋全体の3次元 FEM モデルを用いた検 討より、鉛直地震力によりウェル壁が東西方向に開閉する振動モードにより 10Hz 付近が 増幅することを確認している。

検討は、10Hz 付近の増幅の影響が大きいウェル壁を対象とし、先ず、建屋全体の3次 元 FEM モデルを用いた地震応答解析により、ウェル壁に発生するEW 方向単独入力時の応 力と鉛直方向単独入力時の応力を比較し応答増幅率を算出する。次に、水平2方向及び鉛 直方向地震力による評価結果に応答増幅率を乗じて検定比が1.0以下となる事を確認する。

評価結果を記載する要素の位置を図 3-1-14 に,応答増幅率を表 3-1-18 に,影響検討結 果を表 3-1-19 に示す。

評価の結果,地震観測記録に見られるEW方向の応答増幅を考慮した場合にも,水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる軸力,曲げモーメントに対する評価における発生 値が各許容値を超えないことを確認した。

(a) 応答増幅率を記載する要素の位置

(b) 応力解析結果を記載する要素の位置

図 3-1-14 評価結果を記載する要素の位置

要素番号	応力	UD 方向入力 による応力増分	EW 方向入力 による発生応力	応答増幅率 (1.0EW+0.4UD) /(1.0EW)
6141	鉛直軸方向引張力	294	1240	1.095
6142	鉛直軸方向引張力	411	1640	1.101
5378	水平軸方向引張力	253	275	1.368

表 3-1-18 応答増幅率

表 3-1-19 ウェル壁の影響検討結果(S。地震 水平2方向及び鉛直方向地震)

西丰釆旦	тан	亡冬进后卒	応力解析時	応答増幅を考慮
安杀留万	供日	心合增帕平	検定比	した検定比
3031	引張鉄筋検定比	1.095	0.264	0.290
3043	引張鉄筋検定比	1.101	0.209	0.231
3037	引張鉄筋検定比	1.368	0.321	0.440

3.2 機器·配管系

- 3.2.1 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価設備(部位)の抽出 評価対象設備を機種毎に分類した結果を、表 3-2-1に示す。機種毎に分類した設備の各 評価部位,応力分類に対し構造上の特徴から水平2方向の地震力による影響を以下の項目 より検討し,影響の可能性がある設備を抽出した。
- (1) 水平2方向の地震力が重畳する観点

水平1方向の地震力に加えて,さらに水平直交方向に地震力が重畳した場合,水平2方 向の地震力による影響を検討し,影響が軽微な設備以外の影響検討が必要となる可能性が あるものを抽出する。以下の場合は,水平2方向の地震力により影響が軽微な設備である と整理した。なお,ここでの影響が軽微な設備とは,構造上の観点から発生応力への影響 に着目し,その増分が1割程度以下となる機器を分類しているが,水平1方向地震力によ る裕度(許容応力/発生応力)が1.1未満の機器については個別に検討を行うこととす る。

a. 水平2方向の地震力を受けた場合でも、その構造により水平1方向の地震力しか負担し ないもの

横置きの容器等は,水平2方向の地震力を想定した場合,水平1方向を拘束する構 造であることや水平各方向で振動特性及び荷重の負担断面が異なる構造であることによ り,特定の方向の地震力の影響を受ける部位であるため,水平1方向の地震力しか負担 しないものとして分類した。

- b. 水平2方向の地震力を受けた場合、その構造により最大応力の発生箇所が異なるもの 一様断面を有する容器類の胴板等は、水平2方向の地震力を想定した場合、それぞ れの水平方向地震力に応じて応力が最大となる箇所があることから、最大応力の発生箇 所が異なり、水平2方向の地震力を組み合わせても影響が軽微であるものとして分類し た。その他の設備についても同様の理由から最大応力の発生箇所が異なり、水平2方向 の地震力を組み合わせても影響が軽微であるものとして分類した。
- c. 水平2方向の地震力を組み合わせても水平1方向の地震による応力と同等と言えるもの

原子炉圧力容器スタビライザ及び格納容器スタビライザは、周方向8箇所を支持す る構造で配置されており、水平1方向の地震力を6体で支持する設計としており、水平 2方向の地震力を想定した場合、地震力を負担する部位が増え、また、最大反力を受け もつ部位が異なることで、水平1方向の地震力による荷重と水平2方向の地震力を想定 した場合における荷重が同等になるものであり、水平2方向の地震を組み合わせても1 方向の地震による応力と同等のものと分類した。

スタビライザと同様の支持方式を有するその他の設備についても、同様の理由から 水平2方向の地震を組み合わせても1方向の地震による応力と同様のものと分類した。 d. 従来評価において、水平2方向の考慮をした評価を行っているもの

蒸気乾燥器支持ブラケット等は、従来評価において、水平2方向地震を考慮した評価 を行っているため、水平2方向の影響を考慮しても影響がないものとして分類した。

(2) 水平方向とその直交方向が相関する振動モード(ねじれ振動等)が生じる観点

水平方向とその直交方向が相関する振動モードが生じることで有意な影響が生じる可能性 のある設備を抽出する。

機器・配管系設備のうち,水平方向の各軸方向に対して均等な構造となっている機器は, 評価上有意なねじれ振動は生じない。

一方,3次元的な広がりを持つ配管系等は,系全体として考えた場合,有意なねじれ振動 が発生する可能性がある。しかし,水平方向とその直交方向が相関する振動が想定される設 備は,従来設計より3次元のモデル化を行っており,その振動モードは適切に考慮した評価 としているため,この観点から抽出される機器は無かった。

(3) 水平1方向及び鉛直方向地震力に対する水平2方向及び鉛直方向地震力の増分の観点

(1)(2)において影響の可能性がある設備について,水平2方向の地震力が各方向1:1 で入力された場合に各部にかかる荷重や応力を求め,従来の水平1方向及び鉛直方向地震 力の設計手法による発生値と比較し,その増分により影響の程度を確認し,耐震性への影 響が懸念される設備を抽出した。

水平1方向に対する水平2方向の地震力による発生値の増分の検討は、機種毎の分類に 対して地震力の寄与度に配慮し耐震裕度が小さい設備(部位)を対象とする。水平2方向 の地震力の組合せは米国 Regulatory Guide 1.92 の「2. Combining Effects Caused by Three Spatial Components of an Earthquake」を参考として非同時性を考慮した SRSS 法 により組み合わせ、発生値の増分を算出する。増分の算出は、従来の評価で考慮している 保守性により増分が低減又は包絡されることも考慮する。

- 従来の評価データを用いた簡易的な算出では、地震・地震以外の応力に分離可能なものは地震による発生値のみ組み合わせた後、地震以外による応力と組み合わせて算出する。
- ・設備(部位)によっては解析等で求められる発生荷重より大きな設計荷重を用いているものもあるため、上記組合せによる発生値を設計荷重が上回ることを確認したものには、水平2方向の地震力による発生値の増分はないものとして扱う。
- 応答軸が明確な設備で、設備の応答軸の方向あるいは厳しい応力が発生する向きへ地 震力を入力している場合は、耐震性への影響が懸念されないものとして扱う。
- 3.2.2 建物・構築物の検討結果を踏まえた機器・配管系の設備の抽出

3.2.1 項及び3.3.4 項における建物・構築物及び屋外重要土木構造物の影響評価におい て機器・配管系への影響を検討した結果,耐震性への影響が懸念されるものは抽出されな かった。

3.2.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果

3.2.1項で検討した,水平2方向の地震力が重畳する観点,水平方向とその直交方向が 相関する振動モード(ねじれ振動等)が生じる観点,水平1方向及び鉛直方向地震力に対 する水平2方向及び鉛直方向地震力の増分の観点で水平2方向の地震力による影響の可能 性がある設備を抽出した結果を表 3-2-2 に示す。

RO

3.2.4 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価

抽出された設備について,水平2方向及び鉛直方向地震力を想定した発生値を以下の方 法により算出する。

発生値の算出における水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せは、米国 Regulatory Guide 1.92の「2. Combining Effects Caused by Three Spatial Components of an Earthquake」を参考として非同時性を考慮した SRSS 法を適用する。

(1) 従来評価データを用いた算出

従来の水平1方向及び鉛直方向地震力を組み合わせた評価結果を用いて,以下の条件に より水平2方向及び鉛直方向地震力に対する発生値を算出することを基本とする。

- ・水平各方向及び鉛直方向地震力をそれぞれ個別に用いて従来の発生値を算出している 設備は、水平2方向及び鉛直方向地震力を組み合わせて水平2方向を考慮した発生値の算出を行う。
- ・水平1方向と鉛直方向の地震力を組合せた上で従来の発生値を各方向で算出している 設備は、鉛直方向を含んだ水平各方向別の発生値を組み合わせて水平2方向を考慮し た発生値の算出を行う。
- ・水平各方向を包絡した床応答曲線による地震力と鉛直方向の地震力を組み合わせた上 で従来の発生値を算出している設備は、鉛直方向を含んだ水平各方向同一の発生値を 組み合わせて水平2方向を考慮した発生値の算出を行う。
- また、算出にあたっては必要に応じて以下も考慮する。
- ・発生値が地震以外の応力成分を含む場合,地震による応力成分と地震以外の応力成分 を分けて算出する。
- 3.2.5 水平2方向及び鉛直方向地震力の影響評価結果

3.2.3 項で抽出した以下の設備に対して, 3.2.4 項の影響評価条件で算出した発生値に対して設備が有する耐震性への影響を確認した。評価した内容を設備(部位)毎に以下に示

- し、その影響評価結果については重大事故時等の状態も考慮した結果を表 3-2-3 に示す。
- a. 原子炉圧力容器内部構造物 シュラウドヘッド

従来設計では,地震応答解析により水平1方向及び鉛直方向地震力による当該部の 発生値を算定し,評価を実施している。水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによ る発生値は,円筒形容器に対する水平2方向地震力の影響検討を行い,そこで得られ た発生値の増加率を,水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せによる発生値に乗じて 算定し,許容値を満足することを確認した。

b. 原子炉圧力容器内部構造物 炉内配管

従来設計では、地震応答解析により水平1方向及び鉛直方向地震力による当該部の 発生値を算定し、評価を実施している。水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによ る発生値は、各方向の地震力による発生値を SRSS 法により組み合わせることで算定 し、許容値を満足することを確認した。 c. 原子炉格納容器 円筒部(中央部)

従来設計では、地震応答解析により水平1方向及び鉛直方向地震力による当該部の 発生値を算定し、評価を実施している。水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによ る発生値は、円筒形容器に対する水平2方向地震力の影響検討を行い、そこで得られ た発生値の増加率を、水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せによる発生値に乗じて 算定し、許容値を満足することを確認した。

d. 原子炉格納容器 サプレッション・チェンバアクセスハッチ

従来設計では、地震応答解析により水平1方向及び鉛直方向地震力による当該部の 発生値を算定し、評価を実施している。水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによ る発生値は、各方向の地震力による発生値を SRSS 法により組み合わせることで算定 し、許容値を満足することを確認した。

e. ベント管 ブレージング部

従来設計では、地震応答解析により水平1方向及び鉛直方向地震力による当該部の 発生値を算定し、評価を実施している。水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによ る発生値は、各方向の地震力による発生値を SRSS 法により組み合わせることで算定 し、許容値を満足することを確認した。

f. 原子炉遮蔽 開口集中部

従来設計では、地震応答解析により水平1方向及び鉛直方向地震力による当該部の 発生値を算定し、評価を実施している。水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによ る発生値は、円筒形容器に対する水平2方向地震力の影響検討を行い、そこで得られ た発生値の増加率を、水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せによる発生値に乗じて 算定し、許容値を満足することを確認した。

## 3.2.6 まとめ

機器・配管系において,水平2方向の地震力の影響を受ける可能性がある設備(部位) について,従来設計手法における保守性も考慮した上で抽出し,従来の水平1方向及び鉛 直方向地震力の組合せによる設計に対して影響を評価した。その結果,従来設計の発生値 を超えて耐震性への影響が懸念される設備については,水平2方向及び鉛直方向地震力を 想定した発生値が許容値を満足し,設備が有する耐震性に影響のないことを確認した。

本影響評価は、水平2方向及び鉛直方向地震力により設備が有する耐震性への影響を確認することを目的としている。そのため、従来設計の発生値をそのまま用いて水平2方向 及び鉛直方向地震力の組合せを評価しており、以下に示す保守側となる要因を含んでいる。

- ・鉛直方向地震力による応力成分と圧力等の地震以外の応力成分が重複されたまま水平2 方向及び鉛直方向地震力を想定した発生値として算出している。
- ・従来設計において水平各方向を包絡した床応答曲線を応答軸方向に入力している設備は
   各方向の大きい方の地震力が水平2方向に働くことを想定した発生値として算出している。

以上のことから,水平2方向及び鉛直方向地震力については,機器・配管系が有する耐

震性に影響がないことを確認した。

	設備	部位		
		上部胴		
	炉心シュラウド	下部胴		
		下部胴		
		レグ		
	シュラウドサポート	シリンダプレート		
		下部胴		
炉心支持構造物	上部格子板	グリッドプレート		
	后心主性招	補強ビーム		
	炉心文持板	支持板		
	<b>协会 计</b> 社 人 月	中央燃料支持金具		
	燃料文 <b>行</b> 金兵	周辺燃料支持金具		
		長手中央部		
	前個燁条內官	下部溶接部		
		鏡板		
	胴板	下鏡		
	下鏡	下鏡と胴板の接合部		
		下鏡とスカートの接合部		
	制御棒駆動機構ハウジン グ貫通部	スタブチューブ		
		ハウジング		
百之后亡于应明		下部鏡板リガメント		
原于炉庄刀谷奋	中性子計測ハウジング貫			
	通部			
	ノズル	各部位		
		原子炉圧力容器スタビライザブラケット		
	ブニケット	スチームドライヤサポートブラケット		
	ノフクツト頬	炉心スプレイブラケット		
		給水スパージャブラケット		
原子炉圧力容器 支持構造物	原子炉圧力容器支持スカ			
	<u>ー</u> ト			
	原子炉圧力容器基礎ボル	甘 <i>び</i> 株式れた		
	<u>۲</u>			

表 3-2-1 水平 2 方向入力の影響検討対象設備

	設備	部位	
	原子炉圧力容器スタビラ	各部位	
	イザ		
原子炉圧力容器	原子炉格納容器スタビラ	ボルト	
付属構造物	イザ		
	制御棒駆動機構ハウジン	レストレイントビーム	
	グ支持金具	ボルト	
		ユニットサポート	
	蒸気乾燥器	耐震用ブロック	
	気水分離器及びスタンド パイプ	各部位	
原子炉圧力容器 内部構造物	シュラウドヘッド 中性子束案内管	各部位	
	スパージャ 炉内配管	各部位	
		ライザ	
	ジェットポンプ	ディフューザ	
		ライサブレース	
		ラック部材	
使用済燃料貯蔵ラ	ック		
(共通ベース含む)		基礎ボルト	
		ラック取付ボルト	
乾式貯蔵容器		各部位	
		胴板	
四脚たて置き円筒; 	形容器	脚	
		胴板	
横置円筒形容器		脚	
		基礎ボルト	
		コラムパイプ	
ナポポンプ		バレルケーシング	
エルハイノ		基礎ボルト	
		取付ボルト	
ECCS ストレーナ		各部位	

	設備	部位		
横形ポンプ				
ポンプ駆動用ターヒ	ジン			
海水ストレーナ		基礎ボルト		
空調ファン		取付ボルト		
空調ユニット				
空気圧縮機				
制御棒駆動機構		各部位		
大口知のティー		フレーム		
水圧制御ユニット		基礎ボルト		
	-	胴板		
半底たて置円筒容器	\$	基礎ボルト		
核計装設備		各部位		
伝送器(壁掛)		取付ボルト		
伝送器 (円形吊下)		取付ボルト		
制御盤		取付ボルト		
	サプレッション・チェ	ライナプレート		
	ンバ底部ライナ	リングガータ部		
	ドライウェル円錐部及			
	びサプレッション・チ			
	ェンバ円筒部シェル部	各部位		
	及びサンドクッション			
	音以			
	ドライウェルビームシ	各部位		
	- F	ビームシート		
	ドライウェル上部シア	各部位		
	ラグ及びスタビライザ			
原子炉格納容器	ドライウェル下部シア	上部シアラグと格納容器胴との接合部		
	ラグ及びスタビライザ	下部シアラグと格納容器胴との接合部		
	機器搬入用ハッチ			
	所員用エアロック	本体と補強板との接合部		
	サプレッション・チェ	補強板と格納容器胴一般部との接合部		
	ンバアクセスハッチ			
	原子炉格納容器胴アン	各部位		
	カー部	コンクリート		
	配管貫通部	原子炉格納容器胴とスリーブとの接合部		
	·프 는 ㅠ	スリーブ付根部		
	電気配線員連部 	補強板付根部		

設備	部 位	
	基礎コンクリートスラブ	
	大梁	
ダイヤフラムフロア	小梁	
	柱	
	シアコネクタ	
	上部	
	ブレージング部	
	スプレイ管部	
格納容器スプレイヘッダ	ティー部	
	案内管部	
可憐州ガス連座判御亥軍は会壮署ブロロ	ブレース	
可然住从へ張及前仰末丹和百安直ノロジ	ベース取付溶接部	
非常田ガス加理交排気管	筒身	
并市用从不处理术排入同	サポート	
ディーゼル発電機	基礎ボルト	
	取付ボルト	
	側板	
プレート式熱交換器	脚	
	基礎ボルト	
	胴板	
ラガ支持たて置き田筒形宏界	振れ止め	
ノノ又内にて直さ日间的存留	シアラグ	
	取付ボルト	
その他電源設備	取付ボルト	
配管本体、サポート(多質点梁モデル解	- 記答 サポート	
析)		
矩形構造の架構設備(静的触媒式水素再結	冬邨位	
合装置,架台を含む)		
通信連絡設備(アンテナ)	基礎ボルト	
水位計	取付ボルト	
温度計	溶接部	
監視カメラ	取付ボルト	
	据付部材	
貫通部止水処置	シール材	
浸水防止素	蓋	
	基礎ボルト	
逆流防止逆止弁	各部位	

設備	部位
原子炉ウェル遮へいプラグ	本体
	円筒部
原子炉本体の基礎	中間スラブ
	下層円筒基部
	燃料取替機構造物フレーム
	ブリッジ脱線防止ラグ(本体)
燃料取替機	トロリ脱線防止ラグ(本体)
	走行レール
	横行レール
	ブリッジ脱線防止ラグ(取付ボルト)
	トロリ脱線防止ラグ(取付ボルト)
	吊具
	クレーン本体ガーダ
	落下防止金具
建屋クレーン	トロリストッパ
	トロリ
	吊具
	ガーダ
	浮上防止装置(つめ)
	浮上防止装置(取付ボルト)
	車輪
佐田这牌料技士哈莱建民カレッシン	走行レール
使用消燃料配式町蔵建屋クレーン	(取付ボルト)
	横行レール
	(溶接部)
	横行レール
	(取付ボルト)
百乙烷连去	
尿 <b>ナ</b> 炉 遮敝	開口集中部

## 表 3-2-2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果

(凡例)○:影響の可能性あり

(1) 構造強度評価

△:影響軽微

	水平2	方向及び鉛直力	方向地震力の影響の可能性
設備(機種)及び部位	3.2.1項(1) 及び(2)の 観点	3.2.1項 (3)の観点	検討結果
原子炉圧力容器付属構造物 (原子炉圧力容器スタビラ イザ)	Δ	Δ	構造上の観点から水平2方向地震 力による評価は,水平1方向地震 力による評価に包絡される。
原子炉圧力容器付属構造物 (スタンドパイプ)		Δ	材料物性のばらつきを考慮した水 平2方向の地震力による評価が, 水平1方向地震力による評価に包 絡される。
原子炉圧力容器付属構造物 (シュラウドヘッド)	Δ	0	影響評価結果は表 3-2-3 参照
原子炉圧力容器付属構造物 (炉内配管)	Δ	0	影響評価結果は表 3-2-3 参照
原子炉格納容器(円筒部)	$\bigtriangleup$	0	影響評価結果は表 3-2-3 参照
原子炉格納容器(上部シア ラグ及びスタビライザ)	Δ	Δ	構造上の観点から水平2方向地震 力による評価は,水平1方向地震 力による評価に包絡される。
原子炉格納容器(サプレッ ション・チェンバアクセス ハッチ)	Δ	0	影響評価結果は表 3-2-3 参照
ベント管	$\bigtriangleup$	0	影響評価結果は表 3-2-3 参照
原子炉本体の基礎	Δ	Δ	構造上の観点から水平2方向地震 力による評価は,水平1方向地震 力による評価に包絡される。
燃料取替機	Δ	Δ	構造上の観点から水平2方向地震 力による評価は,水平1方向地震 力による評価に包絡される。
使用済燃料乾式貯蔵建屋クレーン	Δ	Δ	構造上の観点から水平2方向地震 力による評価は,水平1方向地震 力による評価に包絡される。
原子炉遮蔽	Δ	0	影響評価結果は表 3-2-3 参照

単位:なし 単位:なし 備港 ---235254253393380458261---許容値 MPa 208229 0.6463795180.112 2272527422 方向 発生値 想近 MPa 228 0.428204187227668291422従来 発生 MPa 表 3-2-3 水平 2 方向及び鉛直方向地震力による影響評価結果 阃 - 次+二次応力強さ* - 次+二次応力強さ* ー次一般膜応力強さ 一次曲げ応力強さ 一次曲げ応力強さ 一次曲げ応力強さ 応力分類 組合せ応力 疲労評価 疲労評価 サプレッション・チェン バ円筒胴と補強板との結 (原子炉圧力容器内部) 低圧炉心スプレイ配管 シュラウドヘッド 評価部位 円筒部 (中央部) ブレーシング部 合部 (P6-3) 開口集中部 サプレッション・チェ ンバアクセスハッチ シュラウドヘッド 円筒部 (中央部) 対象評価設備 炉内配管 原子炉格納容器 原子炉圧力容器 原子炉遮蔽 内部構造物 ベント館

NC1-2005) bAB-3300 に基づいて S *:一次+二次応力評価結果は評価基準値を満足しないが,設計・建設規格(JSME 評価を行い、この結果より耐震性を有することを確認した。

NT2 補② V-2-12 R0

49

- 3.3 屋外重要土木構造物
- 3.3.1 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出
  - (1) 構造形式の分類

第3-3-1図に屋外重要土木構造物の配置図を示す。

屋外重要土木構造物は、その構造形式より 1) 取水構造物、常設代替高圧電源装置 置場、緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎、可搬型設備用軽油タンク基礎の ような箱型構造物、2) 常設代替高圧電源装置用カルバート(トンネル部),常設代替 高圧電源装置用カルバート(カルバート部),常設低圧代替注水系配管カルバート, 格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートのような線状構造物、3)常設代替高圧電源 装置用カルバート(立坑部),常設低圧代替注水系ポンプ室,緊急用海水ポンプピッ トのような立坑構造物(矩形),4)代替淡水貯槽,SA用海水ピット,SA用海水ピ ット取水塔のような立坑構造物(円筒形),5)取水構造物,屋外二重管(屋外二重管 基礎),常設代替高圧電源装置用カルバート(カルバート部),緊急時対策所用発電 機燃料油貯蔵タンク基礎,可搬型設備用軽油タンク基礎のような鋼管杭基礎,並びに 6)屋外二重管(屋外二重管本体),緊急用海水取水管,海水引込み管のような管路構 造物の6つに大別される。

屋外重要土木構造物の構造形式を第3-3-1表に示す。

第3-3-1図 屋外重要土木構造物配置図

		構造形式										
	対象構造物	<ol> <li>1) 箱型 構造物</li> </ol>	2)線状 構造物	<ol> <li>3) 立坑構造物 (矩形)</li> </ol>	<ol> <li>4) 立坑構造物 (円筒形)</li> </ol>	5) 鋼管杭 基礎	<ol> <li>6) 管路 構造物</li> </ol>					
	取水構造物	0				0						
	屋外二重管 (屋外二重管本体)						0					
	屋外二重管(屋外二重管基礎)					0						
屋外重要土木	常設代替高圧電源装置置場及び西側淡水貯水設備	0										
	常設代替高圧電源装置用カルバート(トンネル部)		0									
	常設代替高圧電源装置用カルバート(立坑部)			0								
	常設代替高圧電源装置用カルバート(カルバート部)		0			0						
	代替淡水貯槽				0							
	常設低圧代替注水系ポンプ室			0								
	常設低圧代替注水系配管カルバート		0									
構	格納容器圧力逃がし装置用配管カルバート		0									
造物	緊急用海水ポンプピット			0								
	緊急用海水取水管						0					
	SA用海水ピット				0							
	海水引込み管						0					
	SA用海水ピット取水塔				0							
	緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎	0				0						
	可搬型設備用軽油タンク基礎	0				0						

## 第3-3-1表 屋外重要土木構造物の構造形式

(2) 従来設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重の整理

第 3-3-2 表に,従来設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重を示す。 従来設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重として,動土圧及び動水 圧,摩擦力,慣性力が挙げられる。

	作用荷重	作用荷重のイメージ ^(注)
⑦動土圧及 び動水圧	従来設計手法における評価 対象断面に対して,平行に 配置される構造部材に作用 する動土圧及び動水圧	<ul> <li>▲ 従来設計手法の評価対象断面</li> <li>▲ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓</li></ul>
④摩擦力	周辺の埋戻土と躯体間で生 じる相対変位に伴い発生す る摩擦力	<ul> <li>▲ 従来設計手法の評価対象断面</li> <li>▲ ① ▲ ○ ▲ ○ ▲ ○ ▲ ○ ▲ ○ ▲ ○ ▲ ○ ▲ ○ ▲ ○</li></ul>
⑦慣性力	躯体に作用する慣性力	◆ 従来設計手法の評価対象断面 従来設計手法の評価対象断面 従来設計手法の評価対象断面 「 使来設計手法の評価対象断面 「 作用 」 「 」 」 」 」 」 」 」 」 」 」 」 」 」

第3-3-2表 従来設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重

(注)作用荷重のイメージ図は平面図を示す。

(3) 荷重の組合せによる応答特性が想定される構造形式の抽出

第3-3-3表に,3.3.1 (1)で整理した構造形式毎に,3.3.1 (2)で整理した荷重作 用による影響程度を示す。

評価対象構造物の地震時の挙動は, 躯体が主に地中に埋設されることから, 周辺地 盤の挙動に大きく影響される。3.3.1 (2)で整理した荷重のうち①摩擦力や⑦慣性力は, ⑦動土圧及び動水圧と比較するとその影響は小さいことから, 水平 2 方向及び鉛直方 向地震力の組合せの影響検討の対象とする構造物の抽出では, ⑦動土圧及び動水圧に よる影響を考慮する。

線状構造物及び管路構造物については、その構造上の特徴として、妻壁(評価対象 断面に対して平行に配置される壁部材)等を有さない若しくは妻側(小口)の面積が 小さいことから、従来設計手法における評価対象断面に対して直交する⑦動土圧及び 動水圧は作用しない。

箱型構造物は,妻壁等を有することから,従来設計手法における評価対象断面に対して直交する⑦動土圧及び動水圧が作用する。

立坑構造物(矩形)及び立坑構造物(円筒形)は、その構造形状の特徴として第 3-3-3 表に示すように従来設計手法における評価対象断面に対して直交する⑦動土圧及び動 水圧が作用する。

以上のことから、荷重の組合せによる応答特性が想定される構造形式として、従来 評価手法における評価対象断面に対して直交する⑦動土圧及び動水圧が作用する箱型 構造物,立坑構造物(矩形),立坑構造物(円筒形)及び鋼管杭基礎を抽出する。

R0
-12
4-2-
$\geq$
補2
NT2

沿 一	3-3-3 枚 次十 2 2 1	同次の皆国の同地康ンの組合すの	ノ評価凶険価値物の抽印	(1/3)
3.3.4 (1) で整理した構	1)	箱型構造物	後(2	泉状構造物
造形式の分類	(取	水構造物等)	(常設低圧代替注水系配)	管カルバート(トンネル部等)
	従来設計手法におけ	ナる評価対象断面(弱軸断面方向)	ねない栄手情観来が ―――	・る評価対象断面(弱軸断面方向)
3.3.4(2) で整理した荷 重の作用状況		RRR RRR R		RRR
		注) @ 慣性力はすべての構造部材に作用	<b>禄</b> )	主) ⑤慣性力はすべての構造部材に作用
	の動土圧及び動水圧	主に妻壁に作用	の動土圧及び動水圧	作用しない
	④摩擦力	側壁に作用	④摩擦力	側壁,頂版に作用
	の慣性力	全ての部材に作用	の慣性力	全ての部材に作用
従来設計手法における評	従来設計手法における	る評価対象断面に対して平行に	従来設計手法における	評価対象断面に対した平行に
価対象断面に対して直交	配置される構造部材(	(妻壁)を有し、 ②動土圧及び動	配置される構造部材を	有さずの動土圧及び動水圧に
する荷重の影響程度	水圧による荷重が作用	目するため影響大	よる荷重が作用しない	ため影響小
抽出結果		C		×
(〇:影響檢討実施)		)		<

*辺9 七向み1%約直方向装置力の組合みの認価対象構造物の抽出 (1/3) 業で ĉ 筆 3-

5-3-3枚 水井 Z 万円及い脳直ク回地限力の組合でい評価凶象構造物の抽日(Z/3)	4) 立坑構造物(円筒形)	(代替淡水貯槽等)	従来設計手法における評価対象断面 の の (注)①慣性力はすべての構造部材に作用	の動土圧及び動水圧 主い胴体部に作用	④摩擦力 主に胴体部に作用	の慣性力 全ての部材に作用	胴体部において、②動土圧及び動水圧による荷重が作 用するため影響大	0	
	Z坑構造物(矩形)	冬配管カルバート(立坑部)等)	:おける評価対象断面 の し し し し し し し し し し し し し	主に胴体部に作用	主に胴体部に作用	全ての部材に作用	カ土圧及び動水圧による荷重が作	0	
	3) 1	(常設低圧代替注水系	(田) (田) (田) (田) (田) (田) (田) (田) (田)	の動土圧及び動水圧	④摩擦力	の慣性力	胴体部において, <b>②</b> 勇 用するため影響大		
あら	3.3.4 (2) で整理した構	造形式の分類	3.3.4 (2) で整理した荷 重の作用状況				従来設計手法における評 価対象断面に対して直交 する荷重の影響程度	抽出結果 (〇:影響検討実施)	

⇒○
⇒○
十回及び
○
十回
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○
○ Ħ C c 44.3-

R0
-12
-2-
$\geq$
補②
NT2

Г

(3/3)	<b>吝</b> 構造物	直管本体等)	11方向		道 一道 一道		作用しない	側壁,頂版に作用	全ての部材に作用	評価対象断面に対して平	材を有さず②動土圧及び	用しないため影響小		<
の評価対象構造物の抽出	6) 管路	(屋外二重	<b>捙</b>				②動土圧及び動水圧	④摩擦力	<del>③</del> 慣性力	従来設計手法における言	行に配置される構造部が	動水圧による荷重が作月		
♪鉛直方向地震力の組合せの 	管杭基礎	<b>9</b> 等の杭基礎等)	ける評価対象断面	<b>A</b>	S F		QIEV/30、20番組的ないたの 主に胴体部に作用	主に胴体部に作用	全ての部材に作用	り土圧及び動水圧による荷	)荷重が作用するため影響		(	C
-3 表 水平 2 方向及び	5) 鋼	(取水構造物	, ()	加振方向	ß		の動土圧及び動水圧	④摩擦力	<del>③</del> 慣性力	胴体部において、②動	重、及び上部工からの	大。		
第 3-3-	3.3.4 (1) で整理した構	造形式の分類			3.3.4 (2) で整理した荷	重の作用状況				従来設計手法における評	価対象断面に対して直交	する荷重の影響程度	抽出結果	(〇:影響検討実施)

(4)従来設計手法における評価対象断面以外の3次元的な応答特性が想定される箇所の抽出 (3)で抽出しなかった構造形式である線状構造物について、構造物ごとの平面・断面図を 以下に示す。各構造物の構造、地盤条件等を考慮した上で、従来設計手法における評価対 象断面以外の3次元的な応答特性が想定される箇所を抽出する。なお、管路構造物につい ては、従来設計手法において管軸方向と管軸直角方向の応力を合成した応力評価を実施し ており、水平2方向及び鉛直方向の地震力を同時に作用させて評価を行っているため、抽 出の対象外とする。

## a) 常設代替高圧電源装置用カルバート(トンネル部) 【線状構造物】

第 3-3-2 図に常設代替高圧電源装置用カルバート(トンネル部)の配置図,第 3-3-3 図及び第 3-3-4 図に当該トンネル部)の断面図を示す。

当該トンネルは、断面変化がほとんどないが、緩やかな曲線部が計画されている。第 3-3-5 図(施工目地の割り付け図)に示すように、適切な間隔で施工目地を設けるこ とにより、構造物に応力集中が発生しないような設計方針とする。なお、施工目地の間 隔は、トンネルの適用事例が多い「トンネル標準示方書:土木学会」に基づき決定する。



第3-3-2図 常設代替高圧電源装置用カルバート配置図



第3-3-3図 常設代替高圧電源装置用カルバート(トンネル部)縦断面図



第3-3-4図 常設代替高圧電源装置用カルバート(トンネル部)横断面図

第3-3-5図 常設代替高圧電源装置用カルバート(トンネル部) 施工目地の割り付け図 b)常設代替高圧電源装置用カルバート(カルバート部)【線状構造物】

第 3-3-6 図に常設代替高圧電源装置用カルバート(カルバート部)の配置図,第 3-3-7 図及び第 3-3-8 図にカルバート部の平面図及び断面図を示す。

内空幅約 2m, 内空高さ約 3m の軽油カルバートは, 断面変化もほとんどなく直線である。 また, 杭を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置されるため, 強軸断面方向の曲げの 影響をほとんど受けない。一方, 内空幅約 12m, 内空高さ約 3m の水電気カルバートは, 内空寸法はほぼ一様であるが屈曲部(隅角部)を有するため, 水平 2 方向及び鉛直方向地 震力の組合せの影響として, 弱軸断面方向のせん断変形や強軸断面方向の曲げ変形への影 響が想定される。



第3-3-6図 常設代替高圧電源装置用カルバート配置図



(カルバート部)断面図(①-①断面)

c)常設低圧代替注水系配管カルバート【線状構造物】

第 3-3-9 図及び第 3-3-10 図に常設低圧代替注水系配管カルバートの平面図及び断 面図を示す。

当該構造物は、断面変化もほとんどなく直線である。また、人工岩盤を介して十分な支 持性能を有する岩盤に設置されるため、強軸断面方向の曲げの影響をほとんど受けない。



第3-3-9図 常設低圧代替注水系配管カルバート平面図



第3-3-10図 常設低圧代替注水系配管カルバート断面図(東西断面)

d) 格納容器圧力逃がし装置用配管カルバート【線状構造物】

第3-3-11 図,第3-3-12 図及び第3-3-13 図に格納容器圧力逃がし装置用配管カ ルバートの平面図及び断面図を示す。

当該構造物は、断面変化があり屈曲部を有するため、水平2方向及び鉛直方向地震力の 組合せの影響として、弱軸断面方向のせん断変形や強軸断面方向の曲げ変形への影響が想 定される。



第3-3-11図 格納容器圧力逃がし装置用配管カルバート平面図



第3-3-12図 格納容器圧力逃がし装置用配管カルバート 断面図(A-A断面)



断面図(D-D断面)

線状構造物として大別した常設代替高圧電源装置用カルバート(カルバート部)及び格 納容器圧力逃がし装置用配管カルバートは,構造物の配置上,屈曲部を有する。線状構造 物の屈曲部では,水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響として,弱軸断面方向の せん断変形や強軸断面方向の曲げ変形への影響が想定される。

以上のことから,常設代替高圧電源装置用カルバート(カルバート部)及び格納容器圧 力逃がし装置用配管カルバートの屈曲部について水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せ の影響を検討する。
- (5) 従来設計手法の妥当性の確認
  - i)常設代替高圧電源装置用カルバート(カルバート部) 常設代替高圧電源装置用カルバート(カルバート部)【水電気カルバート】の従来設計では、第3-3-4表に示す通り、屈曲部における3次元的な拘束効果(評価対象断面のせん断変形を抑制する構造部材及び南方に位置する常設代替高圧電源装置用カルバート(立 坑部))を期待せず、保守的に評価対象断面に直交する部材のみで荷重を受け持たせる設計となっている。また、常設代替高圧電源装置用カルバート(カルバート部)は、杭及び地盤改良体を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置されるため、躯体が底面で拘束されていることから、屈曲部における強軸断面方向の曲げの影響もほとんど受けない。

上記の通り,常設代替高圧電源装置用カルバート(カルバート部)の屈曲部の水平2方 向及び鉛直方向地震力の組合せの影響は小さいと考えられるが,第3-3-4表に示す通り, 評価対象断面に対して直交する方向に動土圧が作用する妻壁があることから,3.3.2にお ける影響評価候補施設として選定する。



ii)格納容器圧力逃がし装置用配管カルバート

格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの従来設計では,第 3-3-5 表に示す通り, 屈曲部における 3 次元的な拘束効果(評価対象断面のせん断変形を抑制する構造部材) を期待せず,保守的に評価対象断面に直交する部材のみで荷重を受け持たせる設計とな っている。また,格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートは,人工岩盤を介して十分 な支持性能を有する岩盤に設置されるため,躯体が底面で拘束されていることから,屈 曲部における強軸断面方向の曲げの影響もほとんど受けない。

しかし、小規模ながら、第 3-3-5 表に示す通り、評価対象断面に対して直交する方 向に動土圧が作用する妻壁があることから、3.3.2 における影響評価候補施設として選 定する。

第 3-3-5 表	評価対象断面に与える3次元的な影響
(長小市学田	〒4.142011年四日町体よっ いうしう



3.3.2 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出結果

3.3.1 の検討を踏まえ,水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価を検討 すべき構造物として,構造及び作用荷重の観点から,箱型構造物,線状構造物のうち常設 代替高圧電源装置用カルバート(カルバート部)及び格納容器圧力逃がし装置用配管カル バート並びに鋼管杭基礎を抽出する。なお,立坑構造物(矩形),立坑構造物(円筒形)及び 管路構造物については,耐震設計手法において水平 2 方向及び鉛直方向の地震力に基づく 荷重を考慮した設計を行っているため対象外とする。

箱型構造物,線状構造物のうち常設代替高圧電源装置用カルバート(カルバート部)及 び格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートのうち,主たる荷重を受ける部位である妻壁 の面積が最も大きい常設代替高圧電源装置置場を代表構造物として選定し,影響評価を行 う。また,既設構造物であることを考慮し,その次に妻壁の面積が大きい取水構造物につ いても,代表構造物として選定し,影響評価を行う。第 3-3-6 表に箱型構造物,線状構 造物のうち常設代替高圧電源装置用カルバート(カルバート部)及び格納容器圧力逃がし 装置用配管カルバートの代表構造物の選定結果を示す。

鋼管杭基礎については,鋼管杭の材料,孔径,杭間隔,長さ及び周辺地盤の状況が施設 毎に異なり,定性的に代表構造物を選定することが困難であるため,各施設の耐震評価対 象断面における鋼管杭の照査値(水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せに基づく耐震評 価結果)に基づき代表構造物を選定し,影響評価を行う。第 3-3-6 表に鋼管杭基礎の代 表構造物の選定結果を示す。同表より,緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎の鋼 管杭の曲げ軸力照査について影響評価を行う。

第3-3-14図から第3-3-31図に各構造物の概要図を示す。

構造形式	構造物(施設)名	妻壁面積	選定結果	選定理由
	取水構造物	約305m ²	0	妻壁面積が大きい
箱型 構造物	常設代替高圧電源装置置場	約1220m ²	0	妻壁面積が大きい
	緊急時対策所用発電機用燃料油タンク基礎	約26m ²		
	可搬型設備用軽油タンク基礎(西側)・(南側)	約 $45$ m ²		
線状 構造物	常設代替高圧電源装置用カルバート(カルバート部)	約44m ²		
	格納容器圧力逃がし装置用配管カルバート	約41m ²		

第3-3-6表 代表構造物の選定結果(その1)

※緑色ハッチングが、代表構造物(施設)

可搬型設備用軽油タンク基礎

構造形式構造物(加	* 	照査値		選定結里	濯之理中
		曲げ軸力照査	せん断力照査	一 送 仁 加 木	速定连西
	取水構造物	0.32	0.68		
	屋外二重管(基礎)	0.90	0.21		
鋼管杭 基礎	常設代替高圧電源装置用カルバート(カルバート部)	0.34	0.26		
	緊急時対策所用発電機用燃料油タンク基礎	0.94	0.32	0	照査値が最大

0.74

0.25

# 第3-3-6表 代表構造物の選定結果(その2)

a) 取水構造物 【箱型構造物】【鋼管杭基礎の代表】
 第3-3-14 図から第3-3-17 図に取水構造物の平面図及び断面図を示す。



b) 常設代替高圧電源装置置場 【箱型構造物の代表】

第3-3-18 図及び第3-3-19 図に常設代替高圧電源装置置場の断面図を示す。



第3-3-18図 常設代替高圧電源装置置場断面図(東西断面)



第3-3-19図 常設代替高圧電源装置置場断面図(南北断面)

c)常設代替高圧電源装置用カルバート(立坑部) 【箱型構造物】 第 3-3-20 図に常設代替高圧電源装置用カルバート(立坑部)の断面図を示す。



第3-3-20図 常設代替高圧電源装置用カルバート(立坑部)断面図

d) 常設低圧代替注水系ポンプ室 【箱型構造物】

第3-3-21 図に常設低圧代替注水系ポンプ室の断面図を示す。



第3-3-21図 常設低圧代替注水系ポンプ室断面図(南北断面)



e) 緊急用海水ポンプピット 【箱型構造物】
 第 3-3-22 図に緊急用海水ポンプピットの断面図を示す。

f)緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎 【箱型構造物】【鋼管杭基礎】 第 3-3-23 図に緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎の断面図を示す。



第3-3-23図 緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎断面図

第3-3-22図 緊急用海水ポンプピット断面図(東西断面)

g) 可搬型設備用軽油タンク基礎 【箱型構造物】【鋼管杭基礎】 第 3-3-24 図及び第 3-3-25 図に可搬型設備用軽油タンク基礎の断面図を示す。



第3-3-24図 可搬型設備用軽油タンク基礎断面図(東西断面)



h)代替淡水貯槽 【円筒状構造物の代表】
 第 3-3-26 図に代替淡水貯槽の断面図を示す。



第3-3-26 図 代替淡水貯槽断面図(東西断面)

i) SA用海水ピット 【円筒状構造物の代表】
 第 3-3-27 図にSA用海水ピットの断面図を示す。



第3-3-27図 SA用海水ピット断面図

j) SA用海水ピット取水塔 【円筒状構造物】
 第3-3-28 図にSA用海水ピット取水塔の断面図を示す。



第3-3-28図 SA用海水ピット取水塔断面図

k)屋外二重管 【鋼管杭基礎】

第3-3-29 図及び第3-3-30 図に屋外二重管の平面及び断面図を示す。第3-3-31 図 に概念図を示す。



第3-3-29図 屋外二重管平面図



第3-3-30図 屋外二重管縦断面図(A-A断面)



第3-3-31 図 屋外二重管概念図

- 3.3.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価
  - (1) 箱型構造物

水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価については,箱型構造物の弱軸 断面方向(評価対象断面)と強軸断面方向(評価対象断面に直交する断面)におけるそれ ぞれの 2 次元の地震応答解析にて,互いに干渉し合う断面力や応力を選定し,弱軸断面方 向加振における部材照査において,強軸断面方向加振の影響を考慮し評価する。

強軸断面方向加振については、箱型構造物の隔壁・側壁が、強軸断面方向加振にて耐震 壁としての役割を担うことから、当該構造部材を耐震壁と見なし、「鉄筋コンクリート構 造計算基準・同解説-許容応力度設計法-(日本建築学会、1999)」(以下「RC基準」 という。)に準拠し耐震評価を実施する。

RC基準では、耐震壁に生じるせん断力(面内せん断)に対して、コンクリートのみで 負担できるせん断耐力と、鉄筋のみで負担できるせん断耐力のいずれか大きい方を鉄筋コ ンクリートのせん断耐力として設定する。したがって、壁部材の生じるせん断力がコンク リートのみで負担できるせん断力以下であれば、鉄筋によるせん断負担は無く鉄筋には応 力が発生しないものとして取り扱う。

一方,強軸断面方向加振にて生じるせん断力を,箱型構造物の隔壁・側壁のコンクリートのみで負担できず,鉄筋に負担させる場合,第3-3-32図に示す通り,強軸断面方向加振にて発生する側壁・隔壁の主筋の発生応力が,弱軸断面方向における構造部材の照査に影響を及ぼす可能性がある。

したがって,水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価においては,強軸 断面方向加振にて発生する応力を,弱軸断面方向における構造部材の照査に付加すること で,その影響の有無を検討する。

なお,弱軸断面方向及び強軸断面方向の地震応答解析では,保守的に両方とも基準地震動 S 。を用いる。

第3-3-33図に水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる評価フローを示す。



		①強軸断面方向加振	②弱軸断面方向加振	備考
	My(y軸まわりの曲げモーメント)	$\bigtriangleup$	×	
	Mx(x軸まわりの曲げモーメント)	×	0	
断面力	Nz(鉛直方向軸力)	0	0	互いに干渉する可能性あり
	Nzx (zx平面面内せん断)	0	×	
	Qz (z方向面外せん断)	×	0	
	主筋	0	0	互いに干渉する可能性あり
応力	配力筋	0	×	
	せん断補強筋	×	0	

(○:発生する可能性あり、△:発生する可能性があるが極めて軽微、×:発生しない)

第3-3-32図 強軸断面方向加振及び弱軸断面方向加振において発生する断面力・応力



# (2) 鋼管杭基礎

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価については,鋼管構造物の弱軸 断面方向(評価対象断面)と強軸断面方向(評価対象断面に直交する断面)におけるそれ ぞれの2次元有効応力解析にて評価した同要素及び同時刻の断面力を組み合わせて用いる。 これにより算定した水平2方向及び鉛直方向地震力による発生応力が許容限界以下である ことを確認する。

### 3.3.4 機器・配管系への影響評価

水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響が確認された構造物が耐震重要施設,常 設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設 の機器・配管系の間接支持構造物である場合,水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに よる応答値への影響を確認する。

水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる応答値への影響が確認された場合,機器・配管系の影響評価に反映する。

なお、屋外重要土木構造物の影響の観点から抽出されなかった部位であっても、地震応 答解析結果から機器・配管系への影響の可能性が想定される部位については検討対象とし て抽出する。

- 3.3.5 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価条件
  - (1) 東西方向の地震応答解析
    - a. 地震応答解析手法

電源装置置場の地震応答解析は,地盤と構造物の相互作用を考慮できる2次元有限要 素法を用いて,基準地震動に基づき設定した水平地震動と鉛直地震動の同時加振による 逐次時間積分の時刻歴応答解析にて行う。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。また,東西方向における構造部材(壁部材)については, 「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-(日本建築学会, 1999)」を参考に,以下の式で求まる許容せん断力(QA)を許容限界とする。

水平荷重を受ける耐震壁の許容水平せん断力 Q_Aは(1)式による。

ただし、r:開口に対する低減率で、(2)式のr1とr2のうちいずれか小さい方による。

$$r_{1} = 1 - \frac{t_{0}}{l}$$

$$r_{2} = 1 - \sqrt{\frac{\hbar_{0} t_{0}}{\hbar l}}$$

$$(2)$$

$$\left($$
 適用範囲 $\sqrt{\frac{\dot{n}_0 l_0}{\alpha l}} \le 0.4 \right)$ 

記号

- t :壁板の厚さ
- 1 : 壁板周辺の柱中心間距離
- h : 壁板中心の梁中心間距離
- 10:開口部の長さ
- h₀:開口部の高さ
- 1 ': 壁板の内法長さ
- h ': 壁板の内法高さ

f 。: コンクリートの短期許容せん断応力度



(a) 構造部材

構造部材としてのスラブ,底版及び側壁を線形はり要素で,耐震壁の効果を期待す る側壁及び隔壁を平面ひずみ要素でモデル化する。

(b) 地盤

常設代替高圧電源装置置場周辺の地盤条件については、V-2-2-22「常設代替高圧電 源装置置場及び西側淡水貯水設備の地震応答計算書」に基づく。

(c) 減衰特性

減衰特性については、V-2-2-22「常設代替高圧電源装置置場及び西側淡水貯水設備の地震応答計算書」に基づく。

- b. 地震応答解析手法 常設代替高圧電源装置置場東西方向における解析モデルを第3-3-34 図に示す。
  - (a) 解析領域
     地震応答解析モデルは、境界条件の影響が地盤及び構造物の応力状態に影響を及ぼ
     さないよう、十分広い領域とする。
  - (b) 境界条件 地震応答解析時の境界条件については,有限要素解析における半無限地盤を模擬す るため,粘性境界を設ける。
  - (c) 構造物のモデル化 構造部材は、線形はり要素としてモデル化する。
  - (d) 地盤のモデル化 有効応力の変化に応じた地震時挙動を適切に考慮できるようにモデル化する。

第3-3-34 図 常設代替高圧電源装置置場の地震応答解析モデル(東西断面)

- 3.3.6 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価結果
  - (1) 構造物の耐震評価に与える影響

第 3-3-7 表に東西方向加振により壁部材に発生するせん断応力及び許容せん断応力を, 第 3-3-35 図に評価対象部材の位置図を示す。なお、同表に示すせん断応力は、東西方向 において、地中部及び地表部のせん断照査結果が最も厳しくなる時間のせん断ひずみを基 に算定したものである。

常設代替高圧電源装置置場の東西加振にて発生するせん断力は,地中部で 0.642N/mm²,地上部で 0.186N/mm²である。

一方, RC 基準によるコンクリートの許容せん断応力は,地中部で 0.878N/mm²,地上部で 1.134N/mm² であることから,壁部材に発生するせん断力はコンクリートの許容せん断力を 下回る。

従って,東西方向加振において壁部材に発生するせん断力はコンクリートのみで負担で き,壁部材の鉄筋には顕著な応力は発生しないことから,東西方向加振にて壁部材に生じ るせん断力は,横断方向の耐震評価に影響を与えることはない。

対象	高さ	発生時刻	せん断応力	開口による 低減率	許容値	照查値
	H(m)	(s)	$\tau_{xy}$ (N/mm ² )	r (-)	au a	$\tau$ $_{xy}/$ $\tau$ $_{a}$
地中部	32.500	53.88	0.642	0.65	0.878	0.73
地上部	13.000	53.89	0.186	0.84	1.134	0.16

第3-3-7表 せん断評価結果(検討ケース④:Ss-D1(H+,V+))



地中部]第3-3-35図 せん断ひずみを算定する際の対象節点

(2) 機器・配管系への影響

(1)で示した通り,常設代替高圧電源装置置場における東西方向加振の影響は東西方向 に対して影響を与えることはないため,加速度応答についても,それぞれ独立すると判断 できる。

また,水平2方向の地震力が床応答に与える影響については,構造体にねじれが発生す る場合,応答に影響を与えると考えられるが,常設代替高圧電源装置置場の鉛直部材の配 置状況より,地震力によるねじれは発生しない構造であるため,東西方向加振の影響は南 北方向に対して顕著な影響を及ぼさないと考えられる。従って,加速度応答についても, それぞれ独立と見なしても実用上は問題ないと判断できる。

以上のことから,水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる機器・配管系への影響 の可能性はない。

# 3.3.7 まとめ

屋外重要土木構造物において,水平2方向の地震力を受ける可能性がある構造物を抽出 し,その構造物における従来の水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せによる設計に対し て影響を確認した結果,水平2方向及び鉛直方向地震力は,水平1方向及び鉛直方向地震 力に対し影響を及ぼすことはなかった。

従って,水平2方向及び鉛直方向地震力に対しても,構造物が有する耐震性への影響はない。

また、機器・配管系への影響の可能性がある構造物については、抽出されなかった。

V-2-別添1【別添】火災防護設備の耐震性についての計算書

- V-2-別添1-1 火災防護設備の耐震計算の方針
- V-2-別添1-2 火災感知器の耐震計算書
- V-2-別添1-3 火災受信機盤の耐震計算書
- V-2-別添1-4 ハロンボンベ設備の耐震計算書
- V-2-別添1-5 ハロンガス供給選択弁の耐震計算書
- V-2-別添1-6 ハロン消火設備制御盤の耐震計算書
- V-2-別添1-7 二酸化炭素ボンベ設備の耐震計算書
- V-2-別添1-8 二酸化炭素供給選択弁の耐震計算書
- V-2-別添1-9 二酸化炭素消火設備制御盤の耐震計算書
- V-2-別添1-10 ガス供給配管の耐震計算書
- V-2-別添1-11 火災防護設備の水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価

V-2-別添1-1 火災防護設備の耐震計算の方針

1. 概要	1
2. 耐震評価の基本方針	2
2.1 評価対象設備	2
2.2 適用基準・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	.3
2.3 記号の定義・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	.4
3. 評価部位及び荷重の組合せ	26
3.1 荷重及び荷重の組合せ ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	0
3.2 許容限界 ····································	\$1
4. 固有周期 ····································	\$4
4.1 固有周期算出方法 ····································	\$4
5. 耐震評価方法 ····································	\$4
5.1 地震応答解析 ····································	\$4
5.2 構造強度評価 ····································	;7
5.3 機能維持評価	53
5.4 水平2方向及び鉛直方向地震力の考慮・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	55

目次

#### 1. 概要

本資料は、「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」(以下「技 術基準規則」という。)第11条及び第52条並びにそれらの「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」が適合することを要求している「実用発電用原子 炉及びその附属施設の火災防護に係る審査基準」(平成25年6月19日制定)(以下「火災 防護に係る審査基準」という。)に適合する設計とするため、添付書類「V-1-1-7 発電 用原子炉施設の火災防護に関する説明書」(以下「V-1-1-7」という。)に示す火災感知 設備及び消火設備が、火災防護上重要な機器等の耐震クラス及び重大事故等対処施設の 区分に応じた地震力に対して耐震性を有することを確認するための耐震計算方針につい て説明するものである。

火災防護設備の結果は、添付書類「V-2-別添1-2 火災感知器の耐震計算書」,添付書 類「V-2-別添1-3 火災受信機盤の耐震計算書」,添付書類「V-2-別添1-4 ハロンボン べ設備の耐震計算書」,添付書類「V-2-別添1-5 ハロンガス供給選択弁の耐震計算書」, 添付書類「V-2-別添1-6 ハロン消火設備制御盤の耐震計算書」,添付書類「V-2-別添 1-7 二酸化炭素ボンベ設備の耐震計算書」,添付書類「V-2-別添1-8 二酸化炭素供給 選択弁の耐震計算書」,添付書類「V-2-別添1-9 二酸化炭素消火設備制御盤の耐震計算 書」及び添付書類「V-2-別添1-10 ガス供給配管の耐震計算書」に示すとともに、動的 地震力の水平2方向及び鉛直方向の組合せに対する各設備の影響評価結果を、添付書類 「V-2-別添1-11 火災防護設備の水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影 響評価結果」に示す。

#### 2. 耐震評価の基本方針

耐震評価は、「2.1 評価対象設備」に示す評価対象設備を対象として、「3. 評価部 位及び荷重の組合せ」で示す地震力と組み合わすべき他の荷重による応力等が許容限界 内にあることを、「5. 耐震評価方法」に示す評価方法を使用し、「2.2 適用基準」に 示す適用基準を用いて確認する。

火災感知設備及び消火設備は、その機能を保持できる設計とすることを踏まえ、水平2 方向及び鉛直方向地震力を適切に組み合わせて実施する。影響評価方法は、「5.4 水平 2方向及び鉛直方向地震力の考慮」に示す。

## 2.1 評価対象設備

評価対象設備は,添付書類「V-1-1-7 5.1 火災感知設備について」に示す火災感 知設備のうち火災感知器及び火災受信機盤並びに添付書類「V-1-1-7 5.2 消火設 備について」に示す消火設備のうちハロゲン化物消火設備を構成するハロンボンベ設 備,ハロンガス供給選択弁,ハロン消火設備制御盤及びハロンガス供給配管並びに消 火設備のうち二酸化炭素自動消火設備を構成する二酸化炭素ボンベ設備,二酸化炭素 供給選択弁,二酸化炭素消火設備制御盤及び二酸化炭素供給配管を対象とする(以下 ハロンガス供給配管及び二酸化炭素供給配管を総称し,「ガス供給配管」という。)。

添付書類「V-1-1-7 5.1 火災感知設備について」に示す火災感知設備の構造計画 を表2-1,表2-2に,添付書類「V-1-1-7 5.2 消火設備について」に示す消火設備の 構造計画を表2-3から表2-6に示す。

松阳友托	計画の構	既要	⇒光 田 [57]
成帝泊你	基礎・支持構造	主体構造	武功区
熱感知器	各火災感知器	熱感知器	基礎ボルト(4本止め)
煙感知器①	は、固定金具に	煙感知器	
	溶接により接続		取付求ルト取付板
	されている取付		
	板に取付ボルト		
	にて取り付け		400
	る。また,固定金		
	具は基礎ボルト		固定金具
	により, 建屋壁		7
	等の躯体に据え		(単位:mm)
	付ける。		基礎ボルトの評価上最も厳しい条件として,感知器の設置レベ ルが最も高く,最長の固定金具となるケースを代表とする。
光電分離式	光電分離式煙感	光電分離式	基礎ボルト (4本止め)
煙感知器	知器は, 取付ボ	煙感知器	The Art and a second se
	ルトにて固定金		
	具に取り付け,		
	固定金具を基礎		
	ボルトにより,		
	建屋壁等の躯体		
	に据え付ける。		
			□ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □
			│
			(+[±. · mm)
煙感知器	各火災感知器	煙感知器	基礎ボルト(4本止め)
(防爆)	は、取付ボルト	(防爆)	
熱感知器	にて固定金具に	熱感知器	
(防爆)	取り付け、固定	(防爆)	
	金具を基礎ボル		
	トにより,建屋		
	大井等の躯体に		
	1店 ん 竹 り る 。 		<u></u>
			(単位:mm)

表2-1 火災防護設備のうち火災感知器の構造計画(1/2)

松胆々折	計画の	概要		
版合行机	基礎・支持構造	主体構造	記り込	
屋外仕様	炎感知器は, 取	炎感知器	268	
炎感知器	付ボルトにて			
	固定金具に取			
	り付け,固定金			
	具を基礎ボル			
	トにより,建屋			
	壁等の躯体に		<u>基礎ボルト(4本止め)</u>	
	据え付ける。		固定金具	
			(単位:mm)	
熱感知	熱感知カメラ	熱感知	基礎ボルト(9本止め)	
カメラ	は, 取付ボルト	カメラ	熱感知カメラ	
	にて固定金具			
	に取り付け,固		│	
	定金具を基礎			
	ボルトにより,		取付ボルト	
	建屋壁の躯体			
	に据え付ける。			
			(単位・mm)	
煙感知器	煙感知器②は,	煙感知器		
2	取付ボルトに		煙感知器②	
	て固定金具に			
	取り付け,固定		• •	
	金具を基礎ボ		1440	
	ルトにより,建		取付ボルト <mark> </mark>	
	屋床の躯体に		周定金耳	
	据え付ける。 			
			基礎ボルト (8本止め)	
			(単位:mm)	

表2-1 火災防護設備のうち火災感知器の構造計画(2/2)

松胆友升	計画の	)概要	当田団
陇奋石小	基礎・支持構造	支持構造	武功区
火災受信機	火災受信機盤	火災受信機	650
盤	は、取付ボル	盤(壁支持を	火災受信機盤 600 600
	トにて固定金	含む垂直自	
	具に取り付	立型*)	振れ止め金具
	け,固定金具		
	を基礎ボルト		<u>取付ボルト</u> 000000000000000000000000000000000000
	により、建屋		
	躯体に据え付		<u>固定金具</u> 基礎ボルト ()))(ガーマーマー) 本平方向
	ける。		山東(平) (甲位:mm)
			* 評価上は壁支持(振れ止め金具)を含まない。
	制御監視盤	制御監視盤	
	は, 取付ボル	(垂直自立	
	トにて固定金	形)	
	具に取り付		約直方向 ◆ ●◆ ●
	け,固定金具		本平方向 ← ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓
	を基礎ボルト		
	により、建屋		
	躯体に据え付		
	ける。		
			(単位:mm)
	<u> </u>	ユーサーコ	固定金具 $\left  \underbrace{ 450}_{7-t\bar{t}-7} \right $
	ソール <u>ユニッ</u> しは	シソールユ	
	下は、取付ハ	ーツト(壁掛	
	ノトにし回止	<i>Π</i> Σ)	
	金兵に取り竹 は 田安会員		320
	り、回足並兵 を基礎式ルト		
	こ 至 硬 か ア ア に ト り 健 民		
	1267, 定座 駆休に握え付		<u> </u>
	ける。		水平方向 ←
	-		(単位:mm)

表2-2 火災防護設備のうち火災受信機盤等の構造計画(1/2)

松兕友折	計画の概要		⇒⇒田⊠	
成奋泊你	基礎・支持構造	主体構造	武功区	
火災受信機	モニタの上部	モニタ	固定金具 基礎ボルト	
盤	及び下部は,	(壁掛形)		
	取付ボルトに		TER A	
	て固定金具に			
	取り付け, 固			
	定金具を基礎			
	ボルトによ			
	り,建屋躯体		<u>135</u> 取付ボルト	
	に据え付け			
	る。		(単位:mm)	

表2-2 火災防護設備のうち火災受信機盤等の構造計画(2/2)

乳借友分	計画の概要	学田区	
<b></b>	基礎・支持構造	主体構造	成切凶
ハロンボンベ設備	容器弁は、ガスボンベにねじ込	ガスボンベ	
	み固定する。ガスボンベはラッ	及び容器弁	<u>ज्यि</u> 1
	クに固定し、基礎ボルトにより		
	ラックを建屋床のコンクリート		×2-2
	躯体に据え付ける。		











(単位:mm)

図2-2 容器弁 外観図

設備名称	計画の概要		弐円団
	基礎・支持構造	主体構造	就坍凶
ハロン供給選択弁	容器弁は、ガスボンベにねじ込み	ハロン供給	
	固定する。ガスボンベはラックに	選択弁	$ \textcircled{3}{2-3} $ $ \textcircled{3}{2-4} $
	固定し、基礎ボルトによりラック		
	を建屋床のコンクリート躯体に据		
	え付ける。		





図2-3 ハロンガス供給選択弁ユニット 外観図



図2-4 選択弁 外観図



表2-5 火災防護設備のうちハロン消火設備制御盤の構造計画
乳供友分	計画の概要		弐田団	
<b></b>	基礎・支持構造	主体構造	說明凶	
二酸化炭素ボンベ	容器弁は、ガスボンベにねじ込み	ガスボンベ		
設備	固定する。ガスボンベはラックに	及び容器弁	<u> </u>	
	固定し、基礎ボルトによりラック		$\boxtimes 2 - 3$	
	を建屋床のコンクリート躯体に据		⊠2—6	
	え付ける。			

表 2-6 火災防護設備のうち二酸化炭素ボンベ設備の構造計画



図2-5 二酸化炭素ボンベ設備 外観図





(単位:mm)

図2-6 容器弁 外観図

乳供友分	計画の概要		学出日回	
<b></b>	基礎・支持構造	主体構造	远り凶	
二酸化炭素供給選	選択弁は集合管に取り付けて固定	選択弁及び		
択弁ユニット	する。集合管はラックに固定し, 基	集合管	図2-7	
	礎ボルトによりラックを建屋床の		図2-8	
	コンクリート躯体に据え付ける。			

表 2-7 火災防護設備のうち二酸化炭素供給選択弁ユニットの構造計画









表 2-8 火災防護設備のうち二酸化炭素消火設備制御盤の構造計画

- 2.2 適用基準
  - (1)発電用原子力設備規格 設計・建設規格 (JSME S NC1-2005/2007)((社)日本機械学会)
  - (2) 原子力発電所耐震設計技術指針(JEAG4601-1987)(日本電気協会)
  - (3) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 (JEAG4601・ 補-1984) (日本電気協会)
  - (4) 原子力発電所耐震設計技術指針(JEAG4601-1991 追補版)(日本電気協会)

### 2.3 記号の定義

基礎ボルトの構造強度評価に用いる記号の定義を表2-7~2-20に示す。

# 表2-7 熱感知器,煙感知器①,光電分離式煙感知器及び屋外仕様炎感知器の応力評価に 用いる記号の定義

記号	記号の説明	単位
A b	ボルトの軸断面積	$\mathrm{mm}^2$
Сн	水平方向設計震度	—
C _v	鉛直方向設計震度	—
d	ボルトの呼び径	mm
F _b	ボルトに作用する引張力(1本当たり)	Ν
Б	鉛直方向地震及び壁取付面に対し左右方向の水平方向地震により	
Г _{b1}	ボルトに作用する引張力(1本当たり)	N
	鉛直方向地震及び壁取付面に対し前後方向の水平方向地震により	N
F b 2	ボルトに作用する引張力(1本当たり)	IN
g	重力加速度(=9.80665)	$m/s^2$
h 1	取付面から重心までの距離	mm
$\ell_1$	重心と下側ボルト間の距離	mm
l a	左側ボルトと右側ボルト間の水平方向距離	mm
Q _b	上側ボルトと下側ボルト間の鉛直方向距離	mm
m	機器の質量	kg
n	ボルトの本数	—
n _{f H}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数(水平方向)	—
n fv	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数(鉛直方向)	—
Q _b	ボルトに作用するせん断力	Ν
Q _{b1}	水平方向地震によりボルトに作用するせん断力	Ν
Q _{b2}	鉛直方向地震によりボルトに作用するせん断力	Ν
π	円周率	—
σь	ボルトに生じる引張応力	MPa
au b	ボルトに生じるせん断応力	MPa
${f_{ m to}}$	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力(f*を1.5倍した値)	MPa
${f}_{ m sb}$	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 (f *を1.5倍した値)	MPa
$f_{ m ts}$	引張力とせん断力を受けるボルトの許容引張応力	MPa

記号	記号の説明	単位
A _b	ボルトの軸断面積	$\mathrm{mm}^2$
Сн	水平方向設計震度	—
C _V	鉛直方向設計震度	—
d	ボルトの呼び径	mm
F _b	ボルトに作用する引張力(1本当たり)	Ν
g	重力加速度(=9.80665)	$m/s^2$
h 2	取付面から重心までの距離	mm
Q 2	重心とボルト間の水平方向距離*1	mm
l 3	重心とボルト間の水平方向距離*1	mm
m	機器の質量	kg
n	ボルトの本数	—
n _f	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数	—
Q b	ボルトに作用するせん断力	Ν
π	円周率	—
σ _b	ボルトに生じる引張応力	MPa
τь	ボルトに生じるせん断応力	MPa
$f_{ m to}$	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力(f [*] tを1.5倍した値)	MPa
$f_{ m sb}$	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 (f *を1.5倍した値)	MPa
$f_{ m ts}$	引張力とせん断力を受けるボルトの許容引張応力	MPa

表 2-8 煙感知器(防爆)及び熱感知器(防爆)の応力評価に用いる記号の定義

注記 $*1:\ell_2 \leq \ell_3$ 

記号	記号の説明	単位
A b	ボルトの軸断面積	$\mathrm{mm}^2$
Сн	水平方向設計震度	—
C _v	鉛直方向設計震度	—
d	ボルトの呼び径	mm
F _b	ボルトに作用する引張力(1本当たり)	Ν
Б	鉛直方向地震及び壁取付面に対し左右方向の水平方向地震により	N
F _{b1}	ボルトに作用する引張力(1本当たり)	
	鉛直方向地震及び壁取付面に対し前後方向の水平方向地震により	N
<b>Г</b> b 2	ボルトに作用する引張力(1本当たり)	N
g	重力加速度(=9.80665)	$m/s^2$
h 1	取付面から重心までの距離	mm
l 1	重心と下側ボルト間の距離	mm
l a	左側ボルトと右側ボルト間の水平方向距離	mm
lь	上側ボルトと下側ボルト間の鉛直方向距離	mm
m	機器の質量	kg
n	ボルトの本数	—
n _{f H}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数(水平方向)	—
n _{f V}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数(鉛直方向)	—
Q _b	ボルトに作用するせん断力	Ν
Q _{b 1}	水平方向地震によりボルトに作用するせん断力	Ν
Q _{b2}	鉛直方向地震によりボルトに作用するせん断力	Ν
π	円周率	—
σь	ボルトに生じる引張応力	MPa
τь	ボルトに生じるせん断応力	MPa
${f}_{ m to}$	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力(f*を1.5倍した値)	MPa
${f}_{ m sb}$	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力(f*を1.5倍した値)	MPa
$f_{ m ts}$	引張力とせん断力を受けるボルトの許容引張応力	MPa

表 2-9 熱感知カメラの応力評価に用いる記号の定義

記号	記号の説明	単位
A b	ボルトの軸断面積	$\mathrm{mm}^2$
Сн	水平方向設計震度	—
C _V	鉛直方向設計震度	—
d	ボルトの呼び径	mm
F _b	ボルトに作用する引張力(1本当たり)	Ν
g	重力加速度(=9.80665)	$m/s^2$
h 2	取付面から重心までの距離	mm
$\ell_2$	重心とボルト間の水平方向距離*1	mm
l 3	重心とボルト間の水平方向距離*1	mm
m	機器の質量	kg
n	ボルトの本数	—
n _f	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数	—
Q _b	ボルトに作用するせん断力	Ν
π	円周率	—
σь	ボルトに生じる引張応力	MPa
τь	ボルトに生じるせん断応力	MPa
$f_{ m to}$	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力(f*を1.5倍した値)	MPa
${f}_{ m sb}$	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 (f *を1.5倍した値)	MPa
$f_{ m ts}$	引張力とせん断力を受けるボルトの許容引張応力	MPa

表2-10 煙感知器②の応力評価に用いる記号の定義

注記*1 :ℓ₂≦ℓ₃

記号	記号の説明	単位
A _b	ボルトの軸断面積	$\mathrm{mm}^2$
C _H	水平方向設計震度	—
C _V	鉛直方向設計震度	—
d	ボルトの呼び径	mm
F _b	ボルトに作用する引張力(1本当たり)	Ν
g	重力加速度(=9.80665)	$m/s^2$
h 1	取付面から重心までの距離	mm
$\ell_1$	重心とボルト間の水平方向距離*1	mm
$\ell_2$	重心とボルト間の水平方向距離*1	mm
m	盤の質量	kg
n	ボルトの本数	—
n _f	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数	—
Q _b	ボルトに作用するせん断力	Ν
π	円周率	—
σ _b	ボルトに生じる引張応力	MPa
τь	ボルトに生じるせん断応力	MPa
${f}_{ m to}$	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力(f*を1.5倍した値)	MPa
$f_{ m sb}$	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 (f *を1.5倍した値)	MPa
$f_{ m ts}$	引張力とせん断力を受けるボルトの許容引張応力	MPa

表 2-11 火災受信機盤の応力評価に用いる記号の定義

注記 $*1:\ell_1 \leq \ell_2$ 

記号	記号の説明	単位
A b	ボルトの軸断面積	$\mathrm{mm}^2$
Сн	水平方向設計震度	—
C _V	鉛直方向設計震度	—
d	ボルトの呼び径	mm
F _b	ボルトに作用する引張力(1本当たり)	Ν
g	重力加速度(=9.80665)	$m/s^2$
h 1	取付面から重心までの距離	mm
Q 1	重心とボルト間の水平方向距離*1	mm
$\ell_2$	重心とボルト間の水平方向距離*1	mm
m	盤の質量	kg
n	ボルトの本数	—
n _f	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数	—
Q _b	ボルトに作用するせん断力	Ν
π	円周率	—
σ _b	ボルトに生じる引張応力	MPa
τь	ボルトに生じるせん断応力	MPa
$f_{ m to}$	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力(f*を1.5倍した値)	MPa
$f_{ m sb}$	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 (f*を1.5倍した値)	MPa
$f_{ m ts}$	引張力とせん断力を受けるボルトの許容引張応力	MPa

表 2-12 制御監視盤の応力評価に用いる記号の定義

注記 $*1:\ell_1 \leq \ell_2$ 

記号	記号の説明	単位
A b	ボルトの軸断面積	$\mathrm{mm}^2$
Сн	水平方向設計震度	—
C _v	鉛直方向設計震度	—
d	ボルトの呼び径	mm
F _b	ボルトに作用する引張力(1本当たり)	Ν
Б	鉛直方向地震及び壁取付面に対し左右方向の水平方向地震により	N
F _{b1}	ボルトに作用する引張力(1本当たり)	N
	鉛直方向地震及び壁取付面に対し前後方向の水平方向地震により	NT.
F b 2	ボルトに作用する引張力(1本当たり)	Ν
g	重力加速度(=9.80665)	$m/s^2$
h 1	取付面から重心までの距離	mm
$\ell_1$	重心と下側ボルト間の鉛直方向距離	mm
$\ell_2$	上側ボルトと下側ボルト間の鉛直方向距離	mm
$\ell_3$	左側ボルトと右側ボルト間の水平方向距離	mm
m	機器の質量	kg
n	ボルトの本数	—
n _{f H}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数(水平方向)	—
n _{f V}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数(鉛直方向)	—
Q _b	ボルトに作用するせん断力	Ν
Q _{b1}	水平方向地震によりボルトに作用するせん断力	Ν
Q _{b2}	鉛直方向地震によりボルトに作用するせん断力	Ν
π	円周率	—
σь	ボルトに生じる引張応力	MPa
τь	ボルトに生じるせん断応力	MPa
${f}_{ m to}$	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力(f*を1.5倍した値)	MPa
${f}_{ m sb}$	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力(f*を1.5倍した値)	MPa
$f_{ m ts}$	引張力とせん断力を受けるボルトの許容引張応力	MPa

表 2-13 ユーザーコンソールユニットの応力評価に用いる記号の定義

記号	記号の説明	単位
A b	ボルトの軸断面積	$\mathrm{mm}^2$
Сн	水平方向設計震度	—
C _v	鉛直方向設計震度	—
d	ボルトの呼び径	mm
F _b	ボルトに作用する引張力(1本当たり)	Ν
E	鉛直方向地震及び壁取付面に対し左右方向の水平方向地震により	N
F _{b1}	ボルトに作用する引張力(1本当たり)	
Б	鉛直方向地震及び壁取付面に対し前後方向の水平方向地震により	N
<b>Г</b> b 2	ボルトに作用する引張力(1本当たり)	Ν
g	重力加速度(=9.80665)	$m/s^2$
h 1	取付面から重心までの距離	mm
$\ell_1$	重心と下側ボルト間の鉛直方向距離	mm
$\ell_2$	上側ボルトと下側ボルト間の鉛直方向距離	mm
$\ell_3$	左側ボルトと右側ボルト間の水平方向距離	mm
m	機器の質量	kg
n	ボルトの本数	—
n _{f H}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数(水平方向)	—
n _{f V}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数(鉛直方向)	—
Q _b	ボルトに作用するせん断力	Ν
Q _{b1}	水平方向地震によりボルトに作用するせん断力	Ν
Q _{b2}	鉛直方向地震によりボルトに作用するせん断力	Ν
π	円周率	—
σь	ボルトに生じる引張応力	MPa
τь	ボルトに生じるせん断応力	MPa
${f}_{ m to}$	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力(f*を1.5倍した値)	MPa
${f}_{ m sb}$	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力(f*を1.5倍した値)	MPa
$f_{ m ts}$	引張力とせん断力を受けるボルトの許容引張応力	MPa

表 2-14 モニタの応力評価に用いる記号の定義

記号	記号の定義	単 位
А	基礎ボルト断面積	$\mathrm{mm}^2$
F _s	基礎ボルトのせん断力	Ν
$F_{t}$	基礎ボルトの引張力	Ν
σ	ラックの組合せ応力	MPa
σ _a	ラックの軸応力	MPa
$\sigma$ b	ラックの曲げ応力	MPa
$\sigma$ bt	基礎ボルトに発生する引張応力	MPa
τ	ラックのせん断応力	MPa
au b	基礎ボルトに発生するせん断応力	MPa
au t	ねじりモーメントによるせん断応力	MPa
${f}_{ m t}$	許容引張応力(f*を1.5倍した値)	MPa
$f_{ m to}$	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力 (f*を1.5倍した値)	MPa
${f}_{ m sb}$	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力(f*を1.5倍した値)	MPa
${f}_{ m ts}$	引張力とせん断力を受けるボルトの許容引張応力	MPa

表 2-15 ハロンボンベ設備 ボンベラック及び基礎ボルトの応力評価に使用する記号の定義

表 2-16 ハロンガス供給選択弁ユニット 弁ラック及び基礎ボルトの応力評価に使用する記号の定義

記号	記号の定義	単 位
А	基礎ボルト断面積	$\mathrm{mm}^2$
F _s	基礎ボルトのせん断力	Ν
$F_{\rm t}$	基礎ボルトの引張力	Ν
σ	ラックの組合せ応力	MPa
σa	ラックの軸応力	MPa
σь	ラックの曲げ応力	MPa
$\sigma$ bt	基礎ボルトに発生する引張応力	MPa
τ	ラックのせん断応力	MPa
au b	基礎ボルトに発生するせん断応力	MPa
au t	ラックのねじりモーメントによるせん断応力	MPa
${f}_{ m t}$	許容引張応力(f*を1.5倍した値)	MPa
$f_{ m to}$	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力 (f*を1.5倍した値)	MPa
${f}_{ m sb}$	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力(f*を1.5倍した値)	MPa
$f_{ m ts}$	引張力とせん断力を受けるボルトの許容引張応力	MPa

記号の説明	単位			
ボルトの軸断面積	$\mathrm{mm}^2$			
水平方向設計震度	_			
鉛直方向設計震度	—			
ボルトの呼び径	mm			
ボルトに作用する引張力(1本当たり)	Ν			
鉛直方向地震及び壁掛盤取付面に対し左右方向の水平方向地震に	N			
よりボルトに作用する引張力(1本当たり) (壁掛形)				
鉛直方向地震及び壁掛盤取付面に対し前後方向の水平方向地震に				
よりボルトに作用する引張力(1本当たり) (壁掛形)				
重力加速度(=9.80665)	$m/s^2$			
取付面から重心までの距離	mm			
重心と下側ボルト間の鉛直方向距離 (壁掛形)	mm			
上側ボルトと下側ボルト間の鉛直方向距離(壁掛形)	mm			
左側ボルトと右側ボルト間の水平方向距離(壁掛形)	mm			
盤の質量	kg			
ボルトの本数	—			
評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数				
(鉛直方向) (壁掛形)				
評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数				
(水平方向) (壁掛形)				
ボルトに作用するせん断力	Ν			
水平方向地震によりボルトに作用するせん断力(壁掛形)	Ν			
鉛直方向地震によりボルトに作用するせん断力(壁掛形)	Ν			
円周率	—			
ボルトに生じる引張応力	MPa			
ボルトに生じるせん断応力	MPa			
引張力のみを受けるボルトの許容引張応力(f*を1.5倍した値)	MPa			
せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力(f*を1.5倍した値)	MPa			
引張力とせん断力を受けるボルトの許容引張応力	MPa			
	記号の説明 ボルトの軸断面積 水平方向設計震度 鉛直方向設計震度 ボルトの呼び径 ボルトに作用する引張力(1本当たり) 鉛直方向地震及び壁掛盤取付面に対し左右方向の水平方向地震に よりボルトに作用する引張力(1本当たり)(壁掛形) 鉛直方向地震及び壁掛盤取付面に対し前後方向の水平方向地震に よりボルトに作用する引張力(1本当たり)(壁掛形) 重力加速度(=9,80665) 取付面から重心までの距離 重心と下側ボルト間の鉛直方向距離(壁掛形) 上側ボルトと下側ボルト間の鉛直方向距離(壁掛形) 差側ボルトと右側ボルト間の鉛直方向距離(壁掛形) 整の質量 ボルトの本数 評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 (鉛直方向)(壁掛形) 評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 (水平方向)(壁掛形) ボルトに作用するせん断力 水平方向地震によりボルトに作用するせん断力(壁掛形) 鉛直方向地震によりボルトに作用するし、「禁を1.5倍した値) 可服率			

表 2-17 ハロン消火設備制御盤 基礎ボルトの応力評価に使用する記号の定義

記号	記号の定義	単 位
А	基礎ボルト断面積	$\mathrm{mm}^2$
F s	基礎ボルトのせん断力	Ν
F _t	基礎ボルトの引張力	Ν
σ	ラックの組合せ応力	MPa
σa	ラックの軸応力	MPa
$\sigma$ b	ラックの曲げ応力	MPa
$\sigma$ bt	基礎ボルトに発生する引張応力	MPa
τ	ラックのせん断応力	MPa
au b	基礎ボルトに発生するせん断応力	MPa
au t	ねじりモーメントによるせん断応力	MPa
${f}_{ m t}$	許容引張応力(f*を1.5倍した値)	MPa
${f_{ m to}}$	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力(f *を1.5倍した値)	MPa
$f_{ m sb}$	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 (f *を1.5倍した値)	MPa
$f_{ m ts}$	引張力とせん断力を受けるボルトの許容引張応力	MPa

表 2-18 二酸化炭素ボンベ設備 ボンベラック及び基礎ボルトの応力評価に使用する記号の定義

表 2-19 二酸化炭素供給選択弁ユニット 弁ラック及び基礎ボルトの応力評価に使用する記号の定義

記号	記号の定義	単 位
А	基礎ボルト断面積	$\mathrm{mm}^2$
F _s	基礎ボルトのせん断力	Ν
$F_{\rm t}$	基礎ボルトの引張力	Ν
σ	ラックの組合せ応力	MPa
σa	ラックの軸応力	MPa
σь	ラックの曲げ応力	MPa
$\sigma$ bt	基礎ボルトに発生する引張応力	MPa
τ	ラックのせん断応力	MPa
au b	基礎ボルトに発生するせん断応力	MPa
au t	ラックのねじりモーメントによるせん断応力	MPa
${f}_{ m t}$	許容引張応力(f *を1.5倍した値)	MPa
${f_{ m to}}$	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力(f *を1.5倍した値)	MPa
${f}_{ m sb}$	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 (f *を1.5倍した値)	MPa
$f_{ m ts}$	引張力とせん断力を受けるボルトの許容引張応力	MPa

記号	記号の説明	単位		
A b	ボルトの軸断面積	$\mathrm{mm}^2$		
Сн	水平方向設計震度	_		
C _v	鉛直方向設計震度	_		
d	ボルトの呼び径	mm		
F _b	ボルトに作用する引張力(1本当たり)	Ν		
E E	鉛直方向地震及び壁掛盤取付面に対し左右方向の水平方向地震 によりボルトに作用する引張力(1本当たり)(壁掛形)			
Р _{b1}				
	鉛直方向地震及び壁掛盤取付面に対し前後方向の水平方向地震			
F b 2	によりボルトに作用する引張力(1本当たり)(壁掛形)	Ν		
g	重力加速度(=9.80665)	$m/s^2$		
h 1	取付面から重心までの距離	mm		
l 1	重心と下側ボルト間の鉛直方向距離(壁掛形)	mm		
l 2	上側ボルトと下側ボルト間の鉛直方向距離(壁掛形)	mm		
l 3	左側ボルトと右側ボルト間の水平方向距離(壁掛形)	mm		
m	盤の質量	kg		
n	ボルトの本数	—		
10	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数			
II f V	(鉛直方向) (壁掛形)	_		
10	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数			
II f H	(水平方向) (壁掛形)			
$\mathbf{Q}_{\mathrm{b}}$	ボルトに作用するせん断力	Ν		
$Q_{b\ 1}$	水平方向地震によりボルトに作用するせん断力 (壁掛形)	Ν		
Q b 2	鉛直方向地震によりボルトに作用するせん断力(壁掛形)	Ν		
π	円周率	—		
σ _b	ボルトに生じる引張応力	MPa		
τь	ボルトに生じるせん断応力	MPa		
${f_{ m to}}$	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力(f*を1.5倍した値)	MPa		
$f_{ m sb}$	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力(f*を1.5倍した値)	MPa		
$f_{ m ts}$	引張力とせん断力を受けるボルトの許容引張応力	MPa		

表 2-20 二酸化炭素消火設備制御盤 基礎ボルトの応力評価に使用する記号の定義

### 3. 評価部位及び荷重の組合せ

火災防護設備における耐震評価のための評価対象を以下に示す。また、荷重及び荷重 の組合せを「3.1 荷重及び荷重の組合せ」に、許容限界を「3.2 許容限界」に示す。

- (1) 火災感知器
  - a. 基礎ボルト

火災感知器は、火災起因の荷重は発生しないため、耐震性を有する原子炉建屋 等にボルト等で固定し、主要な構造部材が火災防護上重要な機器等及び重大事 故等対処設備に対する火災の影響を限定し、火災を早期に感知する機能を保持 可能な構造強度を有する設計とすることを構造強度上の性能目標とし、具体的 には以下に示す構造強度を有する設計とする。

火災感知器は,基準地震動S。による地震力に対し,主要な構造部材が,火災 を早期に感知する機能を保持可能な構造強度を有する設計とする。

したがって、火災感知器を固定する火災感知器の基礎ボルトの許容限界は、基準地震動S。による地震力に対し、塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が微小なレベルに留まって破断延性限界に十分な余裕を有することを計算により確認する評価方針としていることを踏まえ、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に示す「原子力発電所耐震設計技術指針」JEAG4601-1987(以下「JEAG4601-1987」という。)に準じて許容応力状態IVASの許容応力以下とすることを許容限界として設定する。

- (2) 火災受信機盤
  - a. 基礎ボルト

火災受信機盤は、火災起因の荷重は発生しないため、耐震性を有する原子炉建 屋等にボルト等で固定し、主要な構造部材が火災防護上重要な機器等及び重大 事故等対処設備に対する火災の影響を限定し、火災を早期に感知する機能を保 持可能な構造強度を有する設計とすることを構造強度上の性能目標とし、具体 的には以下に示す構造強度を有する設計とする。

火災受信機盤は,基準地震動S。による地震力に対し,主要な構造部材が,火 災を早期に感知する機能を保持可能な構造強度を有する設計とする。

したがって、火災受信機盤を固定する火災受信機盤の基礎ボルトの許容限界 は、基準地震動S。による地震力に対し、塑性ひずみが生じる場合であっても、 その量が微小なレベルに留まって破断延性限界に十分な余裕を有することを計 算により確認する評価方針としていることを踏まえ、添付書類「V-2-1-9 機能 維持の基本方針」に示すJEAG4601-1987に準じて許容応力状態IV_ASの 許容応力以下とすることを許容限界として設定する。

- (3) ハロンボンベ設備
- a. ボンベラック及び基礎ボルト

ハロンボンベ設備は、火災起因の荷重は発生しないため、耐震性を有する原子 炉建屋等にボルト等で固定し、主要な構造部材が火災防護上重要な機器等及び 重大事故等対処設備に対する火災の影響を限定し、火災を早期に消火する機能 を保持可能な構造強度を有する設計とすることを構造強度上の性能目標とし、 具体的には以下に示す構造強度を有する設計とする。

ハロンボンベ設備は,基準地震動S。による地震力に対し,主要な構造部材が, 火災を早期に消火する機能を保持可能な構造強度を有する設計とする。

したがって、ハロンボンベ設備の構成品であるボンベラック及び基礎ボルトの許容限界は、基準地震動S。による地震力に対し、塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が微小なレベルに留まって破断延性限界に十分な余裕を有することを計算により確認する評価方針としていることを踏まえ、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に示すJEAG4601-1987に準じて許容応力状態 $\mathbb{N}_{A}$ Sの許容応力以下とすることを許容限界として設定する。

(4) ハロンガス供給選択弁

a. 弁ラック及び基礎ボルト

ハロンガス供給選択弁は、火災起因の荷重は発生しないため、耐震性を有する 緊急時対策建屋等にボルト等で固定し、主要な構造部材が火災防護上重要な機 器等及び重大事故等対処設備に対する火災の影響を限定し、火災を早期に感知 する機能を保持可能な構造強度を有する設計とすることを構造強度上の性能目 標とし、具体的には以下に示す構造強度を有する設計とする。

ハロンガス供給選択弁は、基準地震動 S。による地震力に対し、主要な構造部 材が、火災を早期に消火する機能を保持可能な構造強度を有する設計とする。

したがって、ハロンガス供給選択弁の構成品である弁ラック及びハロンガス 供給選択弁の基礎ボルトの許容限界は、基準地震動S₆による地震力に対し、塑 性ひずみが生じる場合であっても、その量が微小なレベルに留まって破断延性 限界に十分な余裕を有することを計算により確認する評価方針としていること を踏まえ、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に示すJEAG4601 -1987に準じて許容応力状態 $W_AS$ の許容応力以下とすることを許容限界とし て設定する。

- (5) ハロン消火設備制御盤
  - a. 基礎ボルト

ハロン消火設備制御盤は、火災起因の荷重は発生しないため、耐震性を有する 原子炉建屋等にボルト等で固定し、主要な構造部材が火災防護上重要な機器等 及び重大事故等対処設備に対する火災の影響を限定し、火災を早期に消火する 機能を保持可能な構造強度を有する設計とすることを構造強度上の性能目標と し、具体的には以下に示す構造強度を有する設計とする。

ハロン消火設備制御盤は,基準地震動S。による地震力に対し,主要な構造部 材が,火災を早期に消火する機能を保持可能な構造強度を有する設計とする。

したがって、ハロン消火設備制御盤を固定するハロン消火設備制御盤の基礎 ボルトの許容限界は、基準地震動S_sによる地震力に対し、塑性ひずみが生じる 場合であっても、その量が微小なレベルに留まって破断延性限界に十分な余裕 を有することを計算により確認する評価方針としていることを踏まえ、添付書 類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に示すJEAG4601-1987に準じて許 容応力状態IV_ASの許容応力以下とすることを許容限界として設定する。

(6) 二酸化炭素ボンベ設備

a. ボンベラック及び基礎ボルト

二酸化炭素ボンベ設備は、火災起因の荷重は発生しないため、耐震性を有する 原子炉建屋等にボルト等で固定し、主要な構造部材が火災防護上重要な機器等 及び重大事故等対処設備に対する火災の影響を限定し、火災を早期に消火する 機能を保持可能な構造強度を有する設計とすることを構造強度上の性能目標と し、具体的には以下に示す構造強度を有する設計とする。

二酸化炭素ボンベ設備は,基準地震動S。による地震力に対し,主要な構造部 材が,火災を早期に消火する機能を保持可能な構造強度を有する設計とする。

したがって、二酸化炭素ボンベ設備の構成品であるボンベラック及び二酸化 炭素ボンベ設備の基礎ボルトの許容限界は、基準地震動S。による地震力に対 し、塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が微小なレベルに留まって破 断延性限界に十分な余裕を有することを計算により確認する評価方針としてい ることを踏まえ、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に示すJEAG 4601-1987に準じて許容応力状態 $W_AS$ の許容応力以下とすることを許容 限界として設定する。

- (7) 二酸化炭素供給選択弁
  - a. 弁ラック及び基礎ボルト

二酸化炭素供給選択弁は、火災起因の荷重は発生しないため、耐震性を有する 原子炉建屋等にボルト等で固定し、主要な構造部材が火災防護上重要な機器等 及び重大事故等対処設備に対する火災の影響を限定し、火災を早期に消火する 機能を保持可能な構造強度を有する設計とすることを構造強度上の性能目標と し、具体的には以下に示す構造強度を有する設計とする。

二酸化炭素供給選択弁は,基準地震動 S。による地震力に対し,主要な構造部 材が,火災を早期に消火する機能を保持可能な構造強度を有する設計とする。

したがって、二酸化炭素供給選択弁の構成品である弁ラック及び二酸化炭素 供給選択弁の基礎ボルトの許容限界は、基準地震動S。による地震力に対し、塑 性ひずみが生じる場合であっても、その量が微小なレベルに留まって破断延性 限界に十分な余裕を有することを計算により確認する評価方針としていること を踏まえ、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に示すJEAG4601 -1987に準じて許容応力状態IVASの許容応力以下とすることを許容限界とし て設定する。

- (8) 二酸化炭素消火設備制御盤
- a. 基礎ボルト

二酸化炭素消火設備制御盤は、火災起因の荷重は発生しないため、耐震性を有 する原子炉建屋等にボルト等で固定し、主要な構造部材が火災防護上重要な機 器等及び重大事故等対処設備に対する火災の影響を限定し、火災を早期に消火 する機能を保持可能な構造強度を有する設計とすることを構造強度上の性能目 標とし、具体的には以下に示す構造強度を有する設計とする。

二酸化炭素消火設備制御盤は,基準地震動S。による地震力に対し,主要な構造部材が,火災を早期に消火する機能を保持可能な構造強度を有する設計とする。

したがって、二酸化炭素消火設備制御盤を固定する二酸化炭素消火設備制御盤の基礎ボルトの許容限界は、基準地震動S。による地震力に対し、塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が微小なレベルに留まって破断延性限界に十分な余裕を有することを計算により確認する評価方針としていることを踏まえ、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に示すJEAG4601-1987に準じて許容応力状態IVASの許容応力以下とすることを許容限界として設定する。

(9) ガス供給配管

ガス供給配管は,火災起因の荷重は発生しないため,耐震性を有する原子炉建 屋等にボルト等で固定し,主要な構造部材が,火災防護上重要な機器等及び重大 事故等対処設備に対する火災の影響を限定し,火災を早期に消火する機能を保持 可能な構造強度を有する設計とする。

したがって、基準地震動S。による地震力に対し、供給配管が塑性ひずみを生じる場合であっても、その量が微小なレベルに留まって破断延性限界に十分な余裕を有することを計算により確認する評価方針としていることを踏まえ、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に示すJEAG4601-1987に準じて許容応力状態IVASの許容応力以下とすることを許容限界として設定する。

#### 3.1 荷重及び荷重の組合せ

3.1.1 荷重の種類

荷重は,添付書類「V-1-1-7 5.1 火災感知設備について」及び「5.2 消火 設備について」に示す以下の荷重を用いる。

- (1) 死荷重(D)
   死荷重は、持続的に生じる荷重であり、添付書類「V-1-1-7 5.1 火災感知設備について」及び「5.2 消火設備について」に示すとおり、自重とする。
- (2) 内圧荷重(P_D)

内圧荷重は,添付書類「V-1-1-7 5.2 消火設備について」に示すとおり,当 該設備に設計上定める最高使用圧力による荷重とする。

(3) 地震荷重(S_s)

地震荷重は、添付書類「V-1-1-7 5.1 火災感知設備について」及び「5.2 消 火設備について」に示すとおり、基準地震動S。に伴う地震力とする。

耐震計算における動的地震力の水平2方向及び鉛直方向の組合せについては, 機器の構造特性から水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の可能 性があるものを抽出し,耐震性に及ぼす影響を評価する。

3.1.2 荷重の組合せ

荷重の組合せは、火災起因の荷重は発生しないため、添付書類「V-2-1-9 機 能維持の基本方針」の「3.1 構造強度上の制限」に示す、機器、配管系の荷重の 組合せを用いる。

評価対象部位ごとの荷重及び荷重の組合せを表3-1に示す。

# 3.2 許容限界

許容限界は、添付書類「V-1-1-7 5.1 火災感知設備について」及び「5.2 消火 設備について」に示す設備ごとの構造強度上の性能目標に従い、評価対象部位ごとに 設定する。

評価対象部位ごとの許容限界を表3-1に示す。

各設備の許容限界の詳細は、各計算書にて評価対象部位の機能損傷モードを考慮し、 評価項目を選定し、表3-2、表3-3、表3-4に評価項目ごとの許容限界を示す。

乳供友新	古手の知会み	河在丹角刘贞	機能損傷モー	<u> </u>	
<b></b>	何里の和古世	計個列家即位	応力等の状態	限界状態	计在欧尔
火災感知器	$\rm D+S$ s	基礎ボルト	引張、せん断	部材の降伏	JEAG4601-1987
火災受信機盤	$D+S_s$	基礎ボルト	引張、せん断	部材の降伏	に準じて、許容応力状態
ションギンベ乳供		ボンベラック	組合せ	部材の降伏	Ⅳ _A Sの許容応力以下とす
	$D+5_{s}$	基礎ボルト	引張、せん断	部材の降伏	る。
ハロンガス		弁ラック	組合せ	部材の降伏	
供給選択弁	$D+5_{s}$	基礎ボルト	引張、せん断	部材の降伏	
ハロン消火設備制 御般	D+S _s	基礎ボルト	引張, せん断	部材の降伏	
二酸化炭素ボンベ		ボンベラック	組合せ		
設備	$D+S_s$	基礎ボルト	引張、せん断	部材の降伏	
二酸化炭素		弁ラック	組合せ	部材の降伏	
供給選択弁	$D + S_s$	基礎ボルト	引張, せん断	部材の降伏	
二酸化炭素消火設 備制御盤	$D+S_s$	基礎ボルト	引張, せん断	部材の降伏	
ガス供給配管	$D + P_D + S_s$	ガス供給配管	一次応力(曲げ応力含む), 一次+二次応力, 一次+二次+ピーク応力	部材の降伏	

表3-2 基礎ボルトの許容限界

評価対象 新位 都位 重要度分類	耐震設計上の	荷重の組合せ	許容応	許容限界(注1)(注2)	
				一次応力	
		刀扒ᇟ	引張 (注3)	せん断 ^(注3)	
基礎ボルト	С	$\rm D+S$ s	$IV_A S$	1.5 • f $_{\rm t}^{*}$	1.5 • f _s *

 (注1) f^{*}_t, f^{*}_s: JSME S NC1-2005/2007 SSB-3121.1(1)a及び(2)の本文中, S_y及び S_y(RT)を1.2・S_y及び1.2・S_y(RT)と読み替えて算出した値

(J SME S NC 1 - 2005/2007 SSB-3133).

(注2) JEAG4601・補-1984の「その他の支持構造物の許容応力」に準じて設定する。 (注3) ボルトにせん断力が作用する場合,組合せ評価を実施する。その際の許容応力値は,

JSME S NC1-2005/2007 SSB-3131及び3133に基づき、 $Min[1.4 \cdot f_{to}-1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$ とする。ここで、 $\tau_b$ はボルトに作用するせん断応力である。

表3-3 ラックの許容限界

亚体为在			新家内	許容限界 (注1) (注2)
計1111 対象	耐震設計上の	荷重の組合せ	<b>计</b> 谷心 	一次応力
百円			刀扒態	組合せ
ラック	С	$D+S_s$	$IV_A S$	1.5 • f $_{t}^{*}$

(注1) f_t*: JSME S NC1-2005/2007 SSB-3121.1(1)a及び(2)の本文中, S_y及びS_y
 (RT)を1.2・S_y及び1.2・S_y(RT)と読み替えて算出した値(JSME S NC1-2005/2007 SSB-3133)。

(注2) JEAG4601・補-1984の「その他の支持構造物の許容応力」に準じて設定する。

亚体为色	耐震設計上の 重要度分類	荷重の 組合せ	許容応 力状態	許容限界		
評恤				一次応力(曲げ	一次+二次応力	一次+二次+
目り小				応力含む)		ピーク応力
	С	$D + P_D + S_s$	IV _A S	0.9 • S u	S。地震動のみ	みによる疲労
ガス供給 配管					解析 ^(注) を行い	い,疲労累積
					係数が1.0以	下であるこ
					と。ただし,	地震動のみに
					よる一次+二	こ次応力の変
					動値が2・S	,以下であれ
					ば,疲労解析	は行わない。

表3-4 ガス供給配管の許容限界

 (注) 2・S_yを超える場合は弾塑性解析を行う。この場合、JSME S NC1-2005/2007
 PPB-3536(同(3), (6)及び(7)を除く。また、S_mは2/3・S_yに読み替える。)の簡易弾塑 性解析を用いる。

- 4. 固有周期
  - 4.1 固有周期算出方法

火災感知設備及び消火設備の固有周期は、以下に示す手法により求める。

- ・正弦波掃引試験またはランダム波試験
- ・3次元FEMモデルによる解析
- 5. 耐震評価方法

火災感知設備及び消火設備の耐震評価は,以下の「5.1 地震応答解析」,「5.2 構造強度評価」及び「5.3 機能維持評価」に従って実施する。

#### 5.1 地震応答解析

火災感知設備及び消火設備の地震応答解析は、以下の「5.1.1 入力地震動」に示す入力地 震動及び「5.1.2 解析方法及び解析モデル」に示す解析方法に従い、「5.1.3 設計用減衰定 数」に示す減衰定数を用いて実施する。

火災感知設備及び消火設備の地震応答解析フローを図5-1に示す。

5.1.1 入力地震動

火災感知設備及び消火設備の地震応答解析における入力地震動は、添付書類「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に示す。

5.1.2 解析方法及び解析モデル

動的解析による地震力の算定にあたっては、地震応答解析の適用性及び適用限界等を 考慮のうえ、適切な解析法を選定するとともに、解析条件として考慮すべき減衰定数、剛 性等の各種物性値は、適切な規格及び基準や実験等の結果に基づき設定する。 火災感知設備及び消火設備の地震応答解析は、以下の方法に従い実施する。

(1) スペクトルモーダル法による解析

消火設備のうちガス供給配管は,熱的条件及び口径を踏まえ低温配管に分類し,その仕様に応じて適切なモデルに置換し,入力地震動において発生する荷重をスペクトルモーダル解析法により求める。

解析の概要を以下に示す。

- a. スペクトルモーダル解析法における最大値は、二乗和平方根(SRSS)法により求める。
- b. 許容応力についてJSME S NC1-2005/2007の付録材料図表を用いて計算す る際に,温度が図表記載温度の中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。ただし、 比例法を用いる場合の端数処理は、小数第1位以下を切り捨てた値を用いるものとする。
- c. 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

(2) 3次元FEMモデルによる解析

「2.1 評価対象設備」に示す評価対象設備のうち,解析により固有値等の評価を行う 設備は、当該設備を3次元FEMモデルにてモデル化し、固有周期を算出する。 解析の概要を以下に示す。

- a. 評価対象部位をはり要素としてモデル化した3次元FEMモデルによる地震応答解析 を実施する。
- b. 評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「V-5-1 計算機プログラム(解析コード)の概要 ・MSC NASTRAN」に示す。
- c. 拘束条件として,基礎ボルト点を並進3方向固定として設定する。
- d. 許容応力についてJSME S NC1-2005/2007の付録材料図表を用いて計算する 際に、温度が図表記載温度の中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。ただし、比 例法を用いる場合の端数処理は、小数第1位以下を切り捨てた値を用いるものとする。
- e. 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
- 5.1.3 設計用減衰定数

地震応答解析に用いる減衰定数は、添付書類「V-2-1-6 地震応答解析の基本方針」 に記載されている減衰定数又は試験等で妥当性が確認された値を用いる。



図5-1 火災感知設備及び消火設備の地震応答解析フロー

5.2 構造強度評価

火災感知設備及び消火設備の構造強度評価は、「3.1 荷重及び荷重の組合せ」に示す荷重 の組合せに対して、「5.1 地震応答解析」で示す地震応答解析により求める荷重から算出す る発生応力、又は評価対象設備の応答加速度から算出する発生応力が「3.2 許容限界」に示 す許容応力以下となることを確認する。

固有周期が0.05s以下の剛構造である場合は、その機器の設置床面の最大応答加速度の1.2 倍の加速度から発生応力を算出する。

火災感知設備及び消火設備の構造強度評価は、以下に示す評価手法により実施する。

・1 質点系モデルによる構造強度評価

正弦波掃引試験またはランダム波試験により固有振動数の測定を行う設備は,試験で 得られた固有振動数に応じて応答加速度を算出し,設備の重心位置に質量を集中させた 1質点系モデルに対して,構造強度評価を実施する。

・3次元FEMモデルによる解析

3次元FEMモデルによる解析を実施する設備は、解析により求めた荷重を用いて構造強度評価を実施する。なお、解析コードはMSC NASTRANを用い、検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「V-5-1 計算機プログラム(解析コード)の概要・MSC NASTRAN」に示す。

ガス供給配管は、添付書類「V-2-1-14-6 管の応力計算書及び耐震性についての計算書作 成の基本方針」に基づき、管の構造強度評価を実施する。

ガス供給配管の支持構造物は、添付書類「V-2-1-12-1 配管及び支持構造物の耐震計算に ついて」に基づき、配管を支持する支持構造物のうち、種類及び型式ごとの最大反力が発生し ている支持構造物の強度及び耐震性について計算し、十分な強度及び耐震性を有しているこ とを確認する。なお、解析コードについては、「SAP-N」、「AutoPIPE」及び「S TAAD. Pro」を使用し、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要につい ては、添付書類「V-5-3 計算機プログラム(解析コード)の概要 ・SAP-N」、添付書 類「V-5-35 計算機プログラム(解析コード)の概要 ・AutoPIPE」及び添付書類 「V-5-36 計算機プログラム(解析コード)の概要 ・STAAD. Pro」に示す。 以下に各設備の具体的な評価方法を示す。

5.2.1 火災感知器

構造強度評価モデルは、1 質点系モデルであり、各設備の重心位置に地震荷重が作用するものとする。火災感知器については、保守的な評価とするため、重心位置を火災感知器の先端とする。

(1) 熱感知器,煙感知器①,光電分離式煙感知器及び屋外仕様炎感知器の構造強度評価 評価条件を用いて、以下の式により熱感知器,煙感知器①,光電分離式煙感知器及び屋 外仕様炎感知器における基礎ボルトの発生応力を算出する。 熱感知器,煙感知器①,光電分離式煙感知器及び屋外仕様炎感知器の構造強度評価モデルを図5-1に示す。

a. 引張応力計算

基礎ボルトに対する引張力は、最も厳しい条件として、図5-1で最外列のボルトを支 点とする転倒を考え、これを片側の最外列のボルトで受けるものとして計算する。

- (a) 引張力
  - イ. 基礎ボルトに作用する引張力(F_b)

ロ. 鉛直方向地震及び左右方向の水平方向地震により基礎ボルトに作用する
 引張力(F_{b1})

$$\mathbf{F}_{b\ 1} = \mathbf{m} \cdot \mathbf{g} \cdot \left( \frac{\mathbf{C}_{\mathrm{H}} \cdot \mathbf{h}_{1}}{\mathbf{n}_{\mathrm{f}\,\mathrm{H}} \cdot \boldsymbol{\ell}_{\mathrm{a}}} + \frac{\left(1 + \mathbf{C}_{\mathrm{V}}\right) \cdot \mathbf{h}_{1}}{\mathbf{n}_{\mathrm{f}\,\mathrm{V}} \cdot \boldsymbol{\ell}_{\mathrm{b}}} \right) \quad \cdot \cdot \cdot \cdot (5.2.1.2)$$

ハ. 鉛直方向地震及び前後方向の水平方向地震により基礎ボルトに作用する 引張力(F_{b2})

$$\mathbf{F}_{b2} = \mathbf{m} \cdot \mathbf{g} \cdot \left( \frac{\mathbf{C}_{H} \cdot \boldsymbol{\ell}_{1} + (1 + \mathbf{C}_{V}) \cdot \mathbf{h}_{1}}{\mathbf{n}_{fV} \cdot \boldsymbol{\ell}_{b}} \right) \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (5.2.1.3)$$

- (b) 引張応力
  - イ. 基礎ボルトに生じる引張応力(σ_b)

ロ. ボルトの軸断面積(A_b)

b. せん断応力計算

基礎ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

イ. 基礎ボルトに作用するせん断力(Q_b)

ロ. 水平方向地震により基礎ボルトに作用するせん断力(Q_{b1})

$$\mathbf{Q}_{\mathbf{b} \mathbf{1}} = \mathbf{m} \cdot \mathbf{g} \cdot \mathbf{C}_{\mathbf{H}} \quad \cdots \quad (5.2.1.7)$$

ハ. 鉛直方向地震により基礎ボルトに作用するせん断力(Q_{b2})

$$Q_{b2} = m \cdot g \cdot (1 + C_V) \cdot \cdots \cdot \cdots \cdot \cdots \cdot \cdots \cdot (5.2.1.8)$$

- (b) せん断応力
  - イ. 基礎ボルトに生じるせん断応力 (τ_b)





図5-1 熱感知器,煙感知器①,光電分離式煙感知器及び屋外仕様炎感知器 構造強度評価モデル (2) 煙感知器(防爆)及び熱感知器(防爆)の構造強度評価

評価条件を用いて,以下の式により煙感知器(防爆)及び熱感知器(防爆)における基 礎ボルトの発生応力を算出する。

煙感知器(防爆)及び熱感知器(防爆)の構造強度評価モデルを図5-2に示す。

a. 引張応力計算

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

- (a) 引張力
  - イ. 基礎ボルトに作用する引張力(F_b)

$$F_{b} = \frac{m \cdot C_{H} \cdot h_{2} \cdot g + m \cdot (1 + C_{V}) \cdot \ell_{3} \cdot g}{n_{f} \cdot (\ell_{2} + \ell_{3})} \quad \cdot \cdot \cdot \quad (5.2.1.10)$$

- (b) 引張応力
- イ. 基礎ボルトに生じる引張応力(σ_b)

ロ. ボルトの軸断面積(A_b)

b. せん断応力計算

基礎ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

- (a) せん断力
  - イ. 基礎ボルトに作用するせん断力(Q_b)

$$\mathbf{Q}_{\mathbf{b}} = \mathbf{m} \cdot \mathbf{C}_{\mathbf{H}} \cdot \mathbf{g} \quad \cdots \quad (5.2.1.13)$$

# (b) せん断応力

イ. 基礎ボルトに生じるせん断応力 (τ_b)



(平面)



図5-2 煙感知器(防爆)及び熱感知器(防爆) 構造強度評価モデル

(3) 熱感知カメラの構造強度評価

評価条件を用いて,以下の式により熱感知カメラにおける基礎ボルトの発生応力を算出 する。

熱感知カメラの構造強度評価モデルを図5-3に示す。

a. 引張応力計算

基礎ボルトに対する引張力は、最も厳しい条件として、図5-3で最外列のボルトを支 点とする転倒を考え、これを片側の最外列のボルトで受けるものとして計算する。

- (a) 引張力
  - イ. 基礎ボルトに作用する引張力(F_b)

ロ. 鉛直方向地震及び左右方向の水平方向地震により基礎ボルトに作用する
 引張力(F_{b1})

$$\mathbf{F}_{b\ 1} = \mathbf{m} \cdot \mathbf{g} \cdot \left( \frac{\mathbf{C}_{\mathrm{H}} \cdot \mathbf{h}_{1}}{\mathbf{n}_{\mathrm{f}\,\mathrm{H}} \cdot \boldsymbol{\ell}_{a}} + \frac{\left(1 + \mathbf{C}_{\mathrm{V}}\right) \cdot \mathbf{h}_{1}}{\mathbf{n}_{\mathrm{f}\,\mathrm{V}} \cdot \boldsymbol{\ell}_{b}} \right) \quad \cdot \cdot \cdot \cdot (5.2.1.16)$$

ハ. 鉛直方向地震及び前後方向の水平方向地震により基礎ボルトに作用する 引張力(F_{b2})

$$\mathbf{F}_{b\ 2} = \mathbf{m} \cdot \mathbf{g} \cdot \left( \frac{\mathbf{C}_{H} \cdot \boldsymbol{\ell}_{1} + (1 + \mathbf{C}_{V}) \cdot \mathbf{h}_{1}}{\mathbf{n}_{f\ V} \cdot \boldsymbol{\ell}_{b}} \right) \quad \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (5.2.1.17)$$

- (b) 引張応力
  - イ. 基礎ボルトに生じる引張応力(σ_b)

$$\sigma_{\rm b} = \frac{F_{\rm b}}{A_{\rm b}} \qquad (5.2.1.18)$$

ロ. ボルトの軸断面積(A_b)

b. せん断応力計算

基礎ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

- (a) せん断力
  - イ. 基礎ボルトに作用するせん断力(Q_b)

ロ. 水平方向地震により基礎ボルトに作用するせん断力(Q_{b1})

 $\mathbf{Q}_{\mathbf{b} \mathbf{1}} = \mathbf{m} \cdot \mathbf{g} \cdot \mathbf{C}_{\mathbf{H}} \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad (5. \ 2. \ 1. \ 21)$ 小古七白地電にトり其磁ボルトに作用するけん断力(Q₁₂)

$$Q_{b2} = m \cdot g \cdot (1 + C_V) \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad (5.2.1.22)$$

- (b) せん断応力
- イ. 基礎ボルトに生じるせん断応力 (τ_b)

$$\tau_{\rm b} = \frac{Q_{\rm b}}{n \cdot A_{\rm b}} \qquad \cdots \qquad (5.2.1.23)$$







図5-3 熱感知カメラ 構造強度評価モデル

(4) 煙感知器②の構造強度評価

評価条件を用いて,以下の式により煙感知器② 短辺方向及び長辺方向における基礎 ボルトの発生応力を算出する。

煙感知器② 短辺方向及び長辺方向における基礎ボルトの構造強度評価モデルを図5-4に示す。

a. 引張応力計算

基礎ボルトに対する引張力は,最も厳しい条件として,図5-4で最外列のボルトを 支点とする転倒を考え,これを片側の最外列のボルトで受けるものとして計算する。

- (a) 引張力
  - イ. 基礎ボルトに作用する引張力(F_b)

$$F_{b} = \frac{m \cdot C_{H} \cdot h_{2} \cdot g - m \cdot (1 - C_{V}) \cdot \ell_{2} \cdot g}{n_{f} \cdot (\ell_{2} + \ell_{3})} \quad \cdots \quad (5.2.1.24)$$

- (b) 引張応力
  - イ. 基礎ボルトに生じる引張応力(σ_b)

$$\sigma_{\rm b} = \frac{F_{\rm b}}{A_{\rm b}} \qquad (5.2.1.25)$$

ロ. ボルトの軸断面積(A_b)

b. せん断応力計算

基礎ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

- (a) せん断力
  - イ. 基礎ボルトに作用するせん断力(Q_b)

$$\mathbf{Q}_{\mathbf{b}} = \mathbf{m} \cdot \mathbf{C}_{\mathbf{H}} \cdot \mathbf{g} \quad \cdots \quad (5.2.1.27)$$

### (b) せん断応力

イ. 基礎ボルトに生じるせん断応力 (τ_b)


図5-4 煙感知器② 構造強度評価モデル

5.2.2 火災受信機盤

構造強度モデルは、1質点系モデルであり、火災受信機盤の重心位置に地震荷重が作用 するものとする。

火災受信機盤は,基礎ボルトにより据え付けるため,基礎ボルトの応力評価モデル及び 評価式にて評価する。

- (1) 火災受信機盤の構造強度評価
  - a. 短辺方向の構造強度評価

評価条件を用いて,以下の式により短辺方向における基礎ボルトの発生応力を算出す る。

短辺方向における基礎ボルトの構造強度評価モデルを図5-5に示す。

(a) 引張応力計算

基礎ボルトに対する引張力は、最も厳しい条件として、図5-5で最外列のボルトを 支点とする転倒を考え、これを片側の最外列のボルトで受けるものとして計算する。

- イ. 引張力
- (イ) 基礎ボルトに作用する引張力(F_b)

$$F_{b} = \frac{m \cdot C_{H} \cdot h_{1} \cdot g - m \cdot (1 - C_{V}) \cdot \ell_{2} \cdot g}{n_{f} \cdot (\ell_{1} + \ell_{2})} \quad \cdots \quad (5.2.2.1)$$

口. 引張応力

(イ) 基礎ボルトに生じる引張応力 (σ_b)

(b) せん断応力計算

基礎ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

- イ. せん断力
- (イ) 基礎ボルトに作用するせん断力(Q_b)

 $Q_{b} = m \cdot C_{H} \cdot g$  (5.2.2.4)

- ロ. せん断応力
- (イ) 基礎ボルトに生じるせん断応力(_{て b})



(正面)

図5-5 火災受信機盤 短辺方向の構造強度評価モデル

b. 長辺方向の構造強度評価

評価条件を用いて,以下の式により長辺方向における基礎ボルトの発生応力を算出す る。

長辺方向における基礎ボルトの構造強度評価モデルを図5-6に示す。

(a) 引張応力計算

基礎ボルトに対する引張力は,最も厳しい条件として,図5-6で最外列のボルトを 支点とする転倒を考え,これを片側の最外列のボルトで受けるものとして計算する。 イ. 引張力

(イ) 基礎ボルトに作用する引張力(F_b)

$$F_{b} = \frac{m \cdot g \cdot C_{H} \cdot h_{1} - m \cdot g \cdot (1 - C_{V}) \cdot \ell_{1}}{n_{f} \cdot (\ell_{2} - \ell_{1})} \quad \cdots \quad (5.2.2.6)$$

- 口. 引張応力
- (イ) 基礎ボルトに生じる引張応力(σ_b)

$$\sigma_{\rm b} = \frac{F_{\rm b}}{A_{\rm b}} \qquad (5.2.2.7)$$

(b) せん断応力計算

基礎ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

- イ. せん断力
  - (イ) 基礎ボルトに作用するせん断力(Q_b)

### ロ. せん断応力

(イ) 基礎ボルトに生じるせん断応力 (τ_b)

$$\tau_{\rm b} = \frac{\mathbf{Q}_{\rm b}}{\mathbf{n} \cdot \mathbf{A}_{\rm b}} \qquad \cdots \qquad (5.2.2.10)$$



(側面)

図5-6 火災受信機盤 長辺方向の構造強度評価モデル

(2) 制御監視盤の構造強度評価

評価条件を用いて,以下の式により制御監視盤における基礎ボルトの発生応力を算出す る。

制御監視盤の構造強度評価モデルを図5-7に示す。

a. 引張応力計算

基礎ボルトに対する引張力は、最も厳しい条件として、図5-7で最外列のボルトを支 点とする転倒を考え、これを片側の最外列のボルトで受けるものとして計算する。

- (a) 引張力
  - イ. 基礎ボルトに作用する引張力(F_b)

$$F_{b} = \frac{m \cdot C_{H} \cdot h_{1} \cdot g - m \cdot (1 - C_{V}) \cdot \ell_{1} \cdot g}{n_{f} \cdot (\ell_{1} + \ell_{2})} \quad \cdot \cdot \cdot (5.2.2.11)$$

- (b) 引張応力
- イ. 基礎ボルトに生じる引張応力(σ_b)

$$\sigma_{b} = \frac{F_{b}}{A_{b}} \qquad (5.2.2.12)$$

ロ. ボルトの軸断面積(A_b)

b. せん断応力計算

基礎ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

- (a) せん断力
  - イ. 基礎ボルトに作用するせん断力(Q_b)

- (b) せん断応力
  - イ. 基礎ボルトに生じるせん断応力 (τ_b)



図5-7 制御監視盤 構造強度評価モデル

(3) ユーザーコンソールユニットの構造強度評価

評価条件を用いて,以下の式によりユーザーコンソールユニットにおける基礎ボルトの 発生応力を算出する。

ユーザーコンソールユニットの構造強度評価モデルを図5-8に示す。

a. 引張応力計算

基礎ボルトに対する引張力は、最も厳しい条件として、図5-8で最外列のボルトを支 点とする転倒を考え、これを片側の最外列のボルトで受けるものとして計算する。

- (a) 引張力
  - イ. 基礎ボルトに作用する引張力(F_b)

ロ. 鉛直方向地震及び左右方向の水平方向地震により基礎ボルトに作用する
 引張力(F_{b1})

$$F_{b1} = \frac{m \cdot (1 + C_V) \cdot h_1 \cdot g}{n_{fV} \cdot \ell_2} + \frac{m \cdot C_H \cdot h_1 \cdot g}{n_{fH} \cdot \ell_3} \quad \cdot \cdot \quad (5.2.2.17)$$

ハ. 鉛直方向地震及び前後方向の水平方向地震により基礎ボルトに作用する 引張力(F_{b2})

$$F_{b2} = \frac{m \cdot (1 + C_{V}) \cdot h_{1} \cdot g + m \cdot C_{H} \cdot \ell_{1} \cdot g}{n_{fV} \cdot \ell_{2}} \quad \cdots \quad (5.2.2.18)$$

- (b) 引張応力
  - イ. 基礎ボルトに生じる引張応力(σ_b)

$$\sigma_{\rm b} = \frac{F_{\rm b}}{A_{\rm b}} \qquad (5.2, 2.19)$$

ロ. ボルトの軸断面積(A_b)

b. せん断応力計算

基礎ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

- (a) せん断力
  - イ. 基礎ボルトに作用するせん断力(Q_b)

ロ. 水平方向地震により基礎ボルトに作用するせん断力(Q_{b1})

 $\mathbf{Q}_{\mathbf{b} \ 1} = \mathbf{m} \cdot \mathbf{C}_{\mathbf{H}} \cdot \mathbf{g} \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad (5. \ 2. \ 2. \ 22)$ 

ハ. 鉛直方向地震により基礎ボルトに作用するせん断力(Q_{b2})

$$Q_{b2} = m \cdot (1 + C_V) \cdot g \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad (5.2.2.23)$$

- (b) せん断応力
  - イ. 基礎ボルトに生じるせん断応力 (τ_b)

$$\tau_{\rm b} = \frac{\mathbf{Q}_{\rm b}}{\mathbf{n} \cdot \mathbf{A}_{\rm b}} \qquad (5.2.2.24)$$



図5-8 ユーザーコンソールユニット 構造強度評価モデル

(4) モニタの構造強度評価

評価条件を用いて,以下の式によりモニタにおける基礎ボルトの発生応力を算出する。 モニタの構造強度評価モデルを図5-9に示す。

a. 引張応力計算

基礎ボルトに対する引張力は、最も厳しい条件として、図5-9で最外列のボルトを支 点とする転倒を考え、これを片側の最外列のボルトで受けるものとして計算する。

- (a) 引張力
  - イ. 基礎ボルトに作用する引張力(F_b)

ロ. 鉛直方向地震及び左右方向の水平方向地震により基礎ボルトに作用する
 引張力(F_{b1})

$$\mathbf{F}_{b1} = \frac{\mathbf{m} \cdot (\mathbf{1} + \mathbf{C}_{V}) \cdot \mathbf{h}_{1} \cdot \mathbf{g}}{\mathbf{n}_{fV} \cdot \boldsymbol{\ell}_{2}} + \frac{\mathbf{m} \cdot \mathbf{C}_{H} \cdot \mathbf{h}_{1} \cdot \mathbf{g}}{\mathbf{n}_{fH} \cdot \boldsymbol{\ell}_{3}} \quad \cdot \quad \cdot \quad (5.2.2.26)$$

ハ. 鉛直方向地震及び前後方向の水平方向地震により基礎ボルトに作用する 引張力(F_{b2})

$$F_{b2} = \frac{m \cdot (1 + C_{V}) \cdot h_{1} \cdot g + m \cdot C_{H} \cdot \ell_{1} \cdot g}{n_{fV} \cdot \ell_{2}} \quad \cdots \quad (5.2.2.27)$$

- (b) 引張応力
  - イ. 基礎ボルトに生じる引張応力(σ_b)

$$\sigma_{\rm b} = \frac{F_{\rm b}}{A_{\rm b}} \qquad (5.2.2.28)$$

ロ. ボルトの軸断面積(A_b)

b. せん断応力計算

基礎ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

- (a) せん断力
  - イ. 基礎ボルトに作用するせん断力(Q_b)

ロ. 水平方向地震により基礎ボルトに作用するせん断力(Q_{b1})

 $Q_{b1} = m \cdot C_H \cdot g \quad \cdots \quad (5.2.2.31)$ 

ハ. 鉛直方向地震により基礎ボルトに作用するせん断力(Q_{b2})

$$Q_{b 2} = m \cdot (1 + C_V) \cdot g \cdot \cdots \cdot \cdots \cdot \cdots \cdot \cdots \cdot \cdots \cdot (5.2.2.32)$$

- (b) せん断応力
  - イ. 基礎ボルトに生じるせん断応力 (τ_b)



(正面)

(側面)



5.2.3 ハロンボンベ設備,ハロン選択弁,二酸化炭素ボンベ設備及び二酸化炭素選択弁 各ボンベ設備及び各選択弁ユニットについては、3次元FEMモデルによる固有値解析結果 から求めた荷重を用いて構造強度評価を実施する。

また、「2.1 評価対象設備」の表2-3から表2-6に示すとおり、ボンベ及び選択弁をラ ックに固定し、ラックを基礎ボルトにより据え付けるため、ラック及び基礎ボルト、それ ぞれに対し構造強度評価を実施する。

(1) ラックの構造強度評価

「5.1.2 解析方法及び解析モデル」にて算出するラックの軸応力,曲げ応力及びせん断応力を用いて,以下の式によりラックの組合せ応力を算出する。

- (2) 基礎ボルトの構造強度評価
  - a. 基礎ボルトに発生する引張応力の算出

「3. 固有値解析及び構造強度評価」にて算出する基礎ボルトの引張力及び基礎ボルトの断面積を用いて、以下の式により基礎ボルトの引張応力を算出する。

b. 基礎ボルトに発生するせん断応力の算出

「3. 固有値解析及び構造強度評価」にて算出する基礎ボルトのせん断力及び基礎ボルトの断面積を用いて、以下の式により基礎ボルトのせん断応力を算出する。

5.2.4 ハロン消火設備制御盤,二酸化炭素消火設備制御盤の構造強度評価

構造強度評価モデルは、1質点系モデルであり、各盤の重心位置に地震荷重が作用する ものとする。

各盤は,基礎ボルトにより据え付けるため,基礎ボルトの構造強度評価モデル及び評価 式にて評価する。

(1) 構造強度評価

以下の式により壁掛形における基礎ボルトの発生応力を算出する。 また,壁掛形における基礎ボルトの構造強度評価モデルを図5-10に示す。

a. 引張応力計算

基礎ボルトに対する引張力は、最も厳しい条件として、図5-10で最外列のボルトを 支点とする転倒を考え、これを片側の最外列のボルトで受けるものとして計算する。 (a) 引張力

イ. 水平方向転倒による引張力(F_{b1})

$$\mathbf{F}_{b1} = \frac{\mathbf{m} \cdot (\mathbf{1} + \mathbf{C}_{V}) \cdot \mathbf{h}_{1} \cdot \mathbf{g}}{\mathbf{n}_{fV} \cdot \boldsymbol{\ell}_{2}} + \frac{\mathbf{m} \cdot \mathbf{C}_{H} \cdot \mathbf{h}_{1} \cdot \mathbf{g}}{\mathbf{n}_{fH} \cdot \boldsymbol{\ell}_{3}} \qquad \cdot \cdot \cdot (5.2.4.1)$$

ロ. 鉛直方向転倒による引張力(F_{b2})

$$F_{b2} = \frac{m \cdot (1 + C_V) \cdot h_1 \cdot g + m \cdot C_H \cdot \ell_1 \cdot g}{n_{fV} \cdot \ell_2} \qquad (5.2.4.2)$$

ハ. 基礎ボルトに作用する引張力(F_b)

- (b) 引張応力
  - イ. 基礎ボルトに生じる引張応力(σ_b)

$$\sigma_{b} = \frac{F_{b}}{A_{b}} \qquad (5.2.4.4)$$

ロ. ボルトの軸断面積(A_b)

b. せん断応力計算 基礎ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

- (a) せん断力
  - イ. 水平方向のせん断力(Q_{b1})

$$Q_{b1} = m \cdot C_{H} \cdot g \quad \cdots \quad (5.2.4.6)$$

ロ. 鉛直方向のせん断力(Q_{b2})

$$Q_{b2} = m \cdot (1 + C_V) \cdot g \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad (5.2.4.7)$$

ハ. 基礎ボルトに作用するせん断力(Q_b)

- (b) せん断応力
  - イ. 基礎ボルトに生じるせん断応力 (τ_b)









5.3 機能維持評価

火災感知設備及び消火設備は、基準地震動S。に対し、火災を早期に感知、消火する動的機 能及び電気的機能を保持することを性能目標としているため、火災感知設備及び消火設備の 構造強度による機能維持、動的機能維持及び電気的機能維持に係る耐震計算の方針は、添付書 類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」の「3. 構造強度」及び「4. 機能維持」を用いる。

5.3.1 動的機能維持

地震時及び地震後に動的機能が要求される機器は、添付書類「V-1-1-7 消火設備について」に示す設備ごとの構造強度上の性能目標を踏まえ、基準地震動S。による当該設備 設置床の最大応答加速度が以下に示す機能確認済加速度以下であることを確認する。

#### (1) 消火設備

a. ハロンボンベ設備のうち容器弁

ハロンボンベ設備の構成品である容器弁は,基準地震動S。による地震力に対し,地震 応答解析により求めたハロンボンベ設備を設置する床の基準地震動S。によるハロンボ ンベ設備の最大応答加速度が,容器弁単体の動的機能が保持できることを確認した加振 台の加速度以下であることにより確認する。

b. ハロンボンベ供給選択弁

選択弁は、基準地震動S。による地震力に対し、地震応答解析により求めた選択弁を設置する床の基準地震動S。による最大応答加速度が、加振試験にて選択弁単体の動的機能が保持できることを確認した加振台の加速度以下であることを確認する。

c. 二酸化炭素ボンベ設備のうち容器弁

二酸化炭素ボンベ設備の構成品である容器弁は,基準地震動S。による地震力に対し, 地震応答解析により求めた二酸化炭素ボンベ設備を設置する床の基準地震動S。による 最大応答加速度が,加振試験にて容器弁単体の動的機能が保持できることを確認した加 振台の加速度以下であることにより確認する。

d. 二酸化炭素供給選択弁

選択弁は、基準地震動S。による地震力に対し、地震応答解析により求めた選択弁を設置する床の基準地震動S。による最大応答加速度が、加振試験にて選択弁単体の動的機能が保持できることを確認した加振台の加速度以下であることを確認する。

#### 5.3.2 電気的機能維持

地震時及び地震後に電気的機能が要求される機器は、添付書類「V-1-1-7 5.1 火災 感知設備について」及び「5.2 消火設備について」に示す設備ごとの構造強度上の性能 目標を踏まえ、基準地震動S。による当該設備設置床の最大応答加速度が以下に示す機能 確認済加速度以下であることを確認する。ただし、評価機器が柔の場合には、当該設備設 置床の設備評価用床応答曲線から得られる応答加速度が機能確認済加速度以下であるこ とを確認する。

- (1) 火災感知設備
  - a. 火災感知器

火災感知器は,基準地震動S。による地震力に対し,地震応答解析により求めた火災 感知器を設置する場所の基準地震動S。による最大応答加速度が,加振試験にて火災感 知器単体の電気的機能が保持できることを確認した加振台の加速度以下であることによ り確認する。

b. 火災受信機盤

火災受信機盤は、基準地震動S。による地震力に対し、地震応答解析により求めた火 災受信機盤を設置する場所の基準地震動S。による最大応答加速度が、加振試験にて火 災受信機盤単体の電気的機能が保持できることを確認した加振台の加速度以下であるこ とにより確認する。ただし、評価機器が柔であった場合には、当該設備設置床の設備評 価用床応答曲線から得られる応答加速度が加振台の加速度以下であることを確認する。

- (2) 消火設備
  - a. ハロン消火設備制御盤

ハロン消火設備制御盤は、基準地震動S。による地震力に対し、地震応答解析により 求めたハロン消火設備制御盤を設置する場所の基準地震動S。による最大応答加速度 が、加振試験にてハロン消火設備制御盤単体の電気的機能が保持できることを確認した 加振台の加速度以下であることにより確認する。

b. 二酸化炭素消火設備制御盤

二酸化炭素消火設備制御盤は,基準地震動S。による地震力に対し,地震応答解析により求めた二酸化炭素消火設備制御盤を設置する場所の基準地震動S。による最大応答加速度が,加振試験にて二酸化炭素消火設備制御盤単体の電気的機能が保持できることを確認した加振台の加速度以下であることにより確認する。

5.4 水平2方向及び鉛直方向地震力の考慮

基準地震動S。による地震力による耐震性評価を実施する火災感知設備及び消火設備に関する,水平2方向及び鉛直方向の組合せによる影響評価については,添付書類「V-2-1-8水 平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針」の「4.2 機器・配管系」の評価方針及び評価方法に基づき評価を行う。

評価内容及び評価結果は、添付書類「V-2-別添1-11 火災防護設備の水平2方向及び鉛直方 向地震力の組合せに関する影響評価結果」に示す。 V-2-別添1-2 火災感知器の耐震計算書

目次

1.	概要····································
2.	一般事項
2.1	構造計画・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
3.	固有周期 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
3.1	解析方法
3.2	固有値解析結果
3.3	設計用地震力・・・・・・・・・・・・・10
4.	構造強度評価・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
4.1	構造強度評価方法・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
4.2	荷重の組合せ及び許容応力・・・・・・10
5.	機能維持評価・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
5.1	電気的機能維持評価方法·······13
6.	評価結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・

#### 1. 概要

本計算書は、添付書類「V-2-別添1-1 火災防護設備の耐震計算の方針」(以下「別添1-1」 という。)に示すとおり、火災感知器が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を 有しており、火災を早期に感知する機能を保持することを確認するものである。

### 2. 一般事項

2.1 構造計画

火災感知器の構造計画を表2-1に示す。

また、火災感知器における基礎ボルトの構造強度評価モデルの諸元を表2-2に示す。

なお,火災感知器は,火災区域又は火災区画における放射線,取付面高さ,温度,湿度,空気 流等の環境条件及び炎が生じる前に発煙する等の予想される火災の性質を考慮して選定された種 類の火災感知器を発電所全体にわたって広範囲に設置する。

燃嬰々秩	計画の概要		111 111 111 111 111 111 111 111 111 11	
成帝泊你	基礎・支持構造	主体構造	武門区	
熱感知器	各火災感知器は,	熱感知器		
煙感知器①	固定金具に溶接に	煙感知器	基礎ホルト(4本止め) 1000	
	より接続されてい	(壁掛型)	取付ボルト 取付板	
	る取付板に取付ボ			
	ルトにて取り付け			
	る。また,固定金具			
	は基礎ボルトによ			
	り,建屋壁等の躯		固定金具	
	体に据え付ける。		\$\vin	
			(単位:mm)	
			基礎ボルトの評価上最も厳しい条件として、感知器の設置レ	
			ベルが最も高く、最長の固定金具となるケースを代表とす	
			నం	
光電分離式	光電分離式煙感知	光電分離式		
煙感知器	器は、取付ボルト	煙感知器	基礎ボルト(4本止め)	
	にて固定金具に取	(壁掛型)	The (dual of a l	
	り付け、固定金具			
	を基礎ボルトによ			
	り、建屋壁等の躯			
	体に据え付ける。			
			固定金具 95 120	
			(単位:mm)	

表2-1 構造計画(1/3)

松阳友升	計画の	概要	光田回
機舔石仦	基礎・支持構造	主体構造	說明凶
煙感知器	各火災感知器	煙感知器	
(防爆)	は、取付ボルト	(防爆)	基礎ボルト(4本止め)
熱感知器	にて固定金具に	熱感知器	
(防爆)	取り付け,固定	(防爆)	
	金具を基礎ボル		
	トにより, 建屋		
	天井等の躯体に		
	据え付ける。		<u> 感知器 取付ボルト </u>
			(単位:mm)
屋外仕様	炎感知器は, 取	炎感知器	
炎感知器	付ボルトにて固	(壁掛型)	268
	定金具に取り付		
	け、固定金具を		
	基礎ボルトによ		
	り、建屋壁等の		
	躯体に据え付け		
	る。		<u>基礎ボルト (4本止め)</u>
			固定金具
			(単位:mm)

表2-1 構造計画(2/3)

松胆友托	計画の	概要	⇒光田□□
機舔石孙	基礎・支持構造	主体構造	前几时区
熱感知	熱感知カメラは,	熱感知	基礎ボルト (9本止め)
カメラ	取付ボルトにて	カメラ	<u> </u>
	固定金具に取り	(壁掛型)	
	付け,固定金具を		
	基礎ボルトによ		
	り, 建屋壁の躯体		
	に据え付ける。		
			(単位:mm)
煙感知器②	煙感知器②は,取	煙感知器	
	付ボルトにて固	(垂直自立	
	定金具に取り付	型)	
	け,固定金具を基		
	礎ボルトにより,		
	建屋床の躯体に		1440
	据え付ける。		<u>取付ボルト • • • •</u>
			基礎ボルト (8本止め) 680
			(単位:mm)

表2-1 構造計画(3/3)

項目	記号	単位	入力値
ボルトの軸断面積	Аь	$\mathrm{mm}^2$	
ボルトの呼び径	d	mm	Ţ
重力加速度	g	$m/s^2$	
取付面から重心までの距離	h 1	mm	
重心と下側ボルト間の距離	$\ell_1$	mm	
左側ボルトと右側ボルト間の水平方 向距離	Q a	mm	
上側ボルトと下側ボルト間の鉛直方 向距離	<b>Q</b> _b	mm	
機器の質量	m	kg	
ボルトの本数	n	—	4
評価上引張力を受けるとして期待す	n _{f H}	_	2
ゴードの本数(水平方向)     評価上引張力を受けるとして期待す     るボルトの本数(鉛直方向)	n _{f V}	_	2

表2-2 熱感知器の構造強度評価モデルの諸元

表2-3 煙感知器①の構造強度評価モデルの諸元

項目	記号	単位	入力値
ボルトの軸断面積	A _b	$\mathrm{mm}^2$	
ボルトの呼び径	d	mm	
重力加速度	g	$m/s^2$	
取付面から重心までの距離	h 1	mm	
重心と下側ボルト間の距離	Ø 1	mm	
左側ボルトと右側ボルト間の水平方	0	mm	
向距離	V a	11111	
上側ボルトと下側ボルト間の鉛直方	0	mm	
向距離	¥ъ	11111	
機器の質量	m	kg	
ボルトの本数	n	_	
評価上引張力を受けるとして期待す		_	9
るボルトの本数(水平方向)	n _{f H}		Δ
評価上引張力を受けるとして期待す	n en		9
るボルトの本数(鉛直方向)	11 f V		2

項目	記号	単位	入力値	
ボルトの軸断面積	A _b	m ²		
ボルトの呼び径	d	mm		
重力加速度	g	$m/s^2$		
取付面から重心までの距離	h 1	mm		
重心と下側ボルト間の距離	Q 1	mm		
左側ボルトと右側ボルト間の水平方	0		-	
向距離	ℓ _a	mm		
上側ボルトと下側ボルト間の鉛直方	0			
向距離	Иb	mm		
機器の質量	m	kg	-	
ボルトの本数	n	_	-	
評価上引張力を受けるとして期待す			0	
るボルトの本数(水平方向)	n _{f H}	_	2	
評価上引張力を受けるとして期待す	2		0	
るボルトの本数(鉛直方向)	n fv	_	2	

表2-4 光電分離式煙感知器の構造強度評価モデルの諸元

表2-5 煙感知器(防爆)の構造強度評価モデルの諸元

項目	記号	単位	入力値
ボルトの軸断面積	A _b	$\mathrm{mm}^2$	
ボルトの呼び径	d	mm	T
重力加速度	g	$m/s^2$	
取付面から重心までの距離	h 2	mm	
重心とボルト間の水平方向距離	$\ell_2$	mm	
重心とボルト間の水平方向距離	Ø 3	mm	
機器の質量	m	kg	
ボルトの本数	n		4
評価上引張力を受けるとして期待す るボルトの本数	n _f	_	2

項目	記号	単位	入力値
ボルトの軸断面積	A b	$\mathrm{mm}^2$	
ボルトの呼び径	d	mm	
重力加速度	g	$m/s^2$	
取付面から重心までの距離	h 2	mm	
重心とボルト間の水平方向距離	$\ell_2$	mm	
重心とボルト間の水平方向距離	Q 3	mm	
機器の質量	m	kg	
ボルトの本数	n	_	4
評価上引張力を受けるとして期待す るボルトの本数	n f	_	2

表2-6 熱感知器(防爆)の構造強度評価モデルの諸元

表2-7 屋外仕様炎感知器の構造強度評価モデルの諸元

項目	記号	単位	入力値
ボルトの軸断面積	A _b	$\mathrm{mm}^2$	
ボルトの呼び径	d	mm	
重力加速度	g	$m/s^2$	
取付面から重心までの距離	h 1	mm	
重心と下側ボルト間の距離	Q 1	mm	
左側ボルトと右側ボルト間の水平方	0		
向距離	V a	11111	
上側ボルトと下側ボルト間の鉛直方	0		
向距離	Иb	11111	
機器の質量	m	kg	
ボルトの本数	n	—	4
評価上引張力を受けるとして期待す	10		0
るボルトの本数(水平方向)	II f H	_	2
評価上引張力を受けるとして期待す	2		2
るボルトの本数(鉛直方向)	II f V	_	۷.

項目	記号	単位	入力値
ボルトの軸断面積	Аь	$\mathrm{mm}^2$	
ボルトの呼び径	d	mm	
重力加速度	g	$m/s^2$	
取付面から重心までの距離	h 1	mm	
重心と下側ボルト間の距離	Q 1	mm	
左側ボルトと右側ボルト間の水平方	0		
向距離	U a	111111	
上側ボルトと下側ボルト間の鉛直方	0.	mm	
向距離	Иb	11111	
機器の質量	m	kg	
ボルトの本数	n	_	
評価上引張力を受けるとして期待す	10		2
るボルトの本数(水平方向)	II fH	_	ა
評価上引張力を受けるとして期待す			2
るボルトの本数(鉛直方向)	II f V	_	3

表2-8 熱感知カメラの構造強度評価モデルの諸元

表2-10 煙感知器②の構造強度評価モデルの諸元

項目	記号	単位	入力値
ボルトの軸断面積	A _b	$\mathrm{mm}^2$	
ボルトの呼び径	d	mm	T I
重力加速度	g	$m/s^2$	T I
取付面から重心までの距離	h 2	mm	T I
重心とボルト間の水平方向距離	0		T I
(短辺方向)	V 2	mm	
重心とボルト間の水平方向距離	0		T I
(短辺方向)	V 3	mm	
重心とボルト間の水平方向距離	0		T I
(長辺方向)	V 2	mm	
重心とボルト間の水平方向距離	0		T I
(長辺方向)	U 3	11111	
機器の質量	m	kg	
ボルトの本数	n	—	8
評価上引張力を受けるとして期待す			4
るボルトの本数(短辺方向)	n f	_	4
評価上引張力を受けるとして期待す	n f		0
るボルトの本数(長辺方向)			2

# 3. 固有周期

3.1 基本方針

火災感知器の固有周期は,添付書類「別添1-1 4. 固有周期」に示す評価方針に従い, 「3.2 解析方法」に基づき,正弦波掃引試験により評価する。

3.2 固有值解析結果

火災感知器の固有値解析結果を表3-1に示す。

表3-1により、火災感知器の固有周期は、 であり剛であることを確認した。

	表3	-1 固有值解机	f結果	(肖	单位 : s)
機器名称		方向		固有周期	_
	熱感知器	水平			
		鉛直		_	
	煙感知器①	水平		_	
		鉛直		_	
	光電分離式 煙感知器	水平		_	
		鉛直		_	
火災感知器	煙感知器 (防爆)	水平		_	
		鉛直		_	
	熱感知器(防爆)	水平		_	
		鉛直		_	
	屋外仕様炎感知器	水平		_	
		鉛直		_	
	熱感知カメラ	水平		_	
		鉛直		_	
	煙感知器②	水平		_	
		鉛直			

3.3 設計用地震力

火災感知器の耐震計算に用いる設計用地震力については,添付書類「V-2-1-7 設計用床応 答曲線の作成方針」に基づき設定する。

- 4. 構造強度評価
- 4.1 構造強度評価方法

火災感知器は,添付書類「別添1-1 5.2 構造強度評価」に示す評価方針に従い,構造強度 評価を実施する。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

構造強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、添付書類「別添1-1 3.1 荷重及び荷重の 組合せ」に示す荷重及び荷重の組合せを使用する。

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

構造強度評価に用いる荷重の組合せ及び許容応力状態は、火災感知器の評価対象部位ご とに設定する。荷重の組合せ及び許容応力状態を表4-1に示す。

4.2.2 許容応力及び許容応力評価条件

火災感知器の基礎ボルトにおける許容応力は添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方 針」に基づき表4-2に示す。

火災感知器における基礎ボルトの許容応力評価条件を表4-3に示す。

施設区分		機器名称	耐震設計上の 重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電 用原子炉の 附属施設	火災防護 設備	熱感知器	С	*	$\rm D+S$ s	IV _A S
		煙感知器①	С	*	D+S _s	IV _A S
		光電分離式煙感知器	С	*	D+S _s	IV _A S
		煙感知器(防爆)	С	*	D+S _s	IV _A S
		熱感知器(防爆)	С	*	$\rm D+S$ s	IV _A S
		屋外仕様炎感知器	С	*	$\rm D+S$ s	$IV_A S$
		熱感知力メラ	С	*	D+S _s	IV _A S
		煙感知器②	С	*	D+S _s	IV _A S

表4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態(設計基準対象施設)

注記 *:その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

表4-2 許容応力(その他の支持構造物)

	許容限界(ボルト等)*1,*2		
許容応力状態	一次応力		
	引張り	せん断	
IV _A S	1.5 • f _t *	1.5 • f _s *	

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

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

表4-3 許容応力評価条件(設計基準対象施設)

評価対象	++*1	温度条件	S _y	S _u	F*
部位	树科	(°C)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
甘7株デルー	SS400	40	945	400	280
本碇小/レト	(径≦16 mm)	(雰囲気温度)	245		

## 5. 機能維持評価

## 5.1 電気的機能維持評価方法

火災感知器は,添付書類「別添1-1 5.3 機能維持評価」に示す評価方針に従い,機能維持 評価を実施する。

なお,機能確認済加速度には,対象機器の加振試験において電気的機能の健全性を確認した 最大加速度を適用する。 6. 評価結果

火災感知器の構造強度評価結果及び機能維持評価結果を以下に示す。なお,発生値は許容限界 を満足しており,設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確 認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。
# 【火災感知器の耐震性についての計算結果】

6.1 設計条件

	計電設計 トの 捉っ けけ提訴及		固有周	]期(s)	基準地震動 S _s		国辺彊培泪府
機器名称	前 長 武 司 上 の	店 え 们 り 場 所 及 い	水亚古向	公直专向	水平方向	鉛直方向	问边垛境值度
	里安反刀頬		水十刀间	如臣//问	設計震度	設計震度	(0)
<b></b> 樹    武    知    史	C	原子炉建屋		]	1 74	1 52	40
大学校大中石中	C	EL. 46. $5^{*1}$			1.74	1. 52	40
価咸知哭①	C	原子炉建屋			1 74	1 59	40
) <u></u> 注恐和奋狂	C	EL. 46. $5^{*1}$			1.74	1. 52	40
北電八磷十価武石明	C	原子炉建屋		T	9.45	1 00	40
兀电汀触入涅愍和奋	C	EL. 63. $65^{*1}$			2.45	1.88	40
/////////////////////////////////////	C	原子炉建屋		Ī	1 19	0.00	40
) 座感和奋(的漆)	C	EL. 14. 0*1			1.13	0.99	40
劫武尔吗 (Itt)属)	C	原子炉建屋			1 19	0.00	40
然感和奋(防漆)	C	EL. 14. 0 ^{*1}			1.13	0.99	40
导风仙楼水武和明	C	原子炉建屋		Ī	0.45	1 00	40
	C	EL. 63. $65^{*1}$			2.45	1.88	40
教 武 知 み ノ ニ	C	海水ポンプ室		Ī	1 10	1.00	10
熱感知刀メフ	C	EL. 0. 3			1.10	1.03	40
価成知明の	C	原子炉建屋		Ī	1 19	0.00	40
煙感知器(2)	С	EL. 14. 0		<b>_</b>	1.13	0.99	40

注記 *1:建屋天井等に固定しているため,設置フロア上階の設備評価用床応答曲線を用いる。

*2:固有値解析より0.05秒以下であり、剛であることを確認した。

6.2 機器要目

熟感知器     基礎ボルト       // 煙感知器     基礎ボルト       光電分離式煙     基礎ボルト       // 感知器     基礎ボルト       // (防爆)     基礎ボルト       // (知力方向)     基礎ボルト       // (知力方向)     -       // (知力方向)     -       // (国力方向)     -       // (国力方向)     -       // (日)     -       // (日) </th <th>機器名称</th> <th>部材</th> <th>m (kg)</th> <th>$h_{i}$ (mm)</th> <th>$\ell_1$ (mm)</th> <th>$\ell_2  (\mathrm{mm})$</th> <th>$\ell_3 (\mathrm{mm})$</th> <th>$\ell_{\rm a}({\rm mm})$</th> <th>$\ell_{ m b}$ (mm)</th> <th>$A_b$</th> <th>n</th> <th>n _f</th>	機器名称	部材	m (kg)	$h_{i}$ (mm)	$\ell_1$ (mm)	$\ell_2  (\mathrm{mm})$	$\ell_3 (\mathrm{mm})$	$\ell_{\rm a}({\rm mm})$	$\ell_{ m b}$ (mm)	$A_b$	n	n _f
埋感知器①     基礎ボルト       光電分離式煙 感知器 (防爆)     基礎ボルト       埋感知器 (防爆)     基礎ボルト       発感知器 (防爆)     基礎ボルト       素礎ボルト     4       2       発感知器 (防爆)     基礎ボルト       基礎ボルト     4       2       発感知器     3       基礎ボルト     9       基礎ボルト     8       基礎ボルト     8       基礎ボルト     8	熱感知器	基礎ボルト		1			1	I		1	4	2
光電分離式煙 感知器 (防爆)       基礎ボルト       4       2         煙感知器 (防爆)       基礎ボルト       4       2         熟感知器 (防爆)       基礎ボルト       4       2         整像ボルト       4       2         整像ボルト       4       2         基礎ボルト       4       2         基礎ボルト       4       2         基礎ボルト       9       3         基礎ボルト       9       3         基礎ボルト       8       4         生       4       2          基礎ボルト       9       3	煙感知器①	基礎ボルト									4	2
感知器       基礎ボルト       4       2         煙感知器       基礎ボルト       4       2         熱感知器       基礎ボルト       4       2         整成ボルト       基礎ボルト       4       2         屋外仕様       基礎ボルト       4       2         整成知器       基礎ボルト       9       3         整成知器       基礎ボルト       9       3         上確ボルト       塩酸ボルト       8       4         生       基礎ボルト       8       4         生       基礎ボルト       8       2	光電分離式煙	甘水子儿									Δ	0
煙感知器 (防爆)     基礎ボルト       熟感知器 (防爆)     基礎ボルト       基礎ボルト       屋外仕様 炎感知器       基礎ボルト       整成ホルト       基礎ボルト       基礎ボルト       塩酸ボルト       基礎ボルト       基礎ボルト       基礎ボルト       基礎ボルト       基礎ボルト       基礎ボルト       基礎ボルト       基礎ボルト       8       4	感知器	を確か/と下									4	2
(防爆)     基礎ボルト       熟感知器 (防爆)     基礎ボルト       量外仕様 炎感知器     基礎ボルト       基礎ボルト     4       2       熱感知カメラ       基礎ボルト       (短辺方向)       基礎ボルト       (短い方向)       基礎ボルト       (短い方向)	煙感知器	甘7株子31	-							-	4	0
熱感知器 (防爆)     基礎ボルト       屋外仕様 炎感知器     基礎ボルト       整成ガルト     基礎ボルト       熱感知カメラ     基礎ボルト       集礎ボルト (短辺方向)     4       基礎ボルト (短辺方向)     8       基礎ボルト     8       2	(防爆)	を確か/と下									4	2
(防爆)     差碰ボルト       屋外仕様 炎感知器     基礎ボルト       整礎ボルト     基礎ボルト       熟感知カメラ     基礎ボルト       (短辺方向)     基礎ボルト       基礎ボルト     8       基礎ボルト       (短辺方向)       基礎ボルト       (短辺方向)	熱感知器	甘花林子山人									4	0
屋外仕様 炎感知器     基礎ボルト     4     2       熟感知カメラ     基礎ボルト     9     3       振磁ボルト (短辺方向)     基礎ボルト     8     4       基礎ボルト     8     2	(防爆)	本礎 ハルト									4	2
炎感知器     準礎ホルト       熱感知カメラ     基礎ボルト       加水力     基礎ボルト       (短辺方向)     基礎ボルト       基礎ボルト     8       4     2       2     9       3     3       8     4       8     2	屋外仕様	其体于九下									4	0
熱感知カメラ     基礎ボルト       推感知器②     基礎ボルト       基礎ボルト     8       基礎ボルト     8       2	炎感知器	産(ボハルト)									4	Δ.
// 埋感知器②     基礎ボルト     8     4       / 塩礎ボルト     8     2	熱感知カメラ	基礎ボルト									9	3
(短辺方向)     (短辺方向)     4       基礎ボルト     8     2		基礎ボルト									0	4
建礎ボルト 8 2	価武和聖の	(短辺方向)									0	4
	/主恐和奋区	基礎ボルト								-	0	0
(長辺方向)		(長辺方向)									0	۷.

***	S y	S _u	F*	
日本	(MPa)	(MPa)	(MPa)	
基礎ボルト	245	400	280	

# 6.3 計算数値

(1)ボルトに作用する力

(1) ボルトに作用する		(単位	: N)	
機器名称	部材	Fь	${f Q}$ b	
熱感知器	基礎ボルト			
煙感知器①	基礎ボルト			
光電分離式煙感知器	基礎ボルト			
煙感知器(防爆)	基礎ボルト			
熱感知器(防爆)	基礎ボルト			
屋外仕様炎感知器	基礎ボルト			
熱感知カメラ	基礎ボルト			
煙感知器②	基礎ボルト			

## 6.4 構造強度評価結果

6.4.1 構造強度評価結果

(単位:MPa)

機器名称	評価部位	材料	応力分類	発生応力	許容応力
<b></b> 教武知聖	甘醂ゴルト	55400	引張応力	$\sigma_{\rm b} = 20$	$f_{t s} = 168^*$
<u>大小松</u> 石中石中	本碇 小ノレト	55400	せん断応力	$\tau$ b=2	$f_{s\ b} = 128$
<b>価成知</b> 盟①	甘醂ゴルト	55400	引張応力	$\sigma_{b}=20$	$f_{t s} = 168^*$
》至悠知奋(1)	本碇 小ノレト	55400	せん断応力	$\tau_{\rm b} = 2$	$f_{s b} = 128$
业重八碗才価咸知聖	甘醂ゴルト	55400	引張応力	$\sigma_{b}=2$	$f_{t s} = 168^*$
儿电刀触入注恐冲奋	産碇小ルト	55400	せん断応力	$\tau_{b} = 1$	$f_{s\ b} = 128$
	基礎ボルト	55400	引張応力	$\sigma_{b}=1$	$f_{t s} = 168^*$
)至恐和奋(四)漆)		55400	せん断応力	$\tau_{b} = 1$	$f_{s b} = 128$
劫 成 fg 兜 (/广北星)	基礎ボルト	SS400	引張応力	$\sigma_{b} = 1$	$f_{t s} = 168^*$
款感和器(PD)漆)			せん断応力	$\tau_{b} = 1$	$f_{s\ b} = 128$
民从开境水域加盟	甘水平山上	55400	引張応力	$\sigma_{\rm b}=9$	$f_{t s} = 168^*$
座2711球灭感和奋	基礎ホルト	55400	せん断応力	$\tau_{\rm b} = 2$	$f_{s b} = 128$
麹成知力メラ	甘水平山上	55400	引張応力	$\sigma_{b} = 15$	$f_{t s} = 168^*$
熱感知刀メフ	産碇小ルト	55400	せん断応力	$\tau_{\rm b} = 5$	$f_{s\ b} = 128$
<b>唐武行昭</b> ③	甘水平山	55400	引張応力	$\sigma_{\rm b}=11$	$f_{t s} = 168^*$
》		55400	せん断応力	$\tau_{\rm b} = 3$	$f_{s b} = 128$

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

発生応力はすべて許容応力以下である。

## 6.4.2 電気的機能維持評価結果

 $(\times 9.8 \text{ m/s}^2)$ 

		機能確認済加速度との比較					
松 巴 友 乔	据え付け場所及び	水	平	鉛直			
成帝伯你	床面高さ(m)	評価用	機能確認済	評価用	機能確認済		
		加速度	加速度	加速度	加速度		
教武知聖	原子炉建屋	1 46	5.97	1 96	0.01		
<u> </u>	EL. 46. 5*	1.40	0.27	1.20	5. 51		
<b>唐武哲昭</b> ①	原子炉建屋	1 46	5.97	1 96	2 91		
用語名は	EL. 46. 5*	1.40	5.21	1.20	5. 51		
业重八丈士庙武知史	原子炉建屋	2.04	5.97	1 56	0.01		
儿电刀触入迷怒冲奋	EL. 63. 65*	2.04	5.21	1.30	0.01		
価成知哭 (防爆)	原子炉建屋	0.05	2 21	0.83	3 39		
/主恐知奋(例)漆)	EL. 14. 0*	0.95	5. 51	0.03	5. 52		
<b></b> 太武知哭 (広爆)	原子炉建屋	0.05	2 21	0.83	2 20		
	EL. 14. 0*	0.95	5. 51	0.03	J. JZ		
民从仕垟水咸知哭	原子炉建屋	2 04	2 10	1 56	3 30		
更不且被灭怒和奋	EL. 63. 65*	2.04	5.19	1.50	3. 30		
麹咸知カメラ	海水ポンプ室	0.01	10 12	0.86	1 55		
	EL. 0. 3	0.91	10.12	0.80	4.00		
価成知界の	原子炉建屋	0.05	6.36	0.83	4 10		
/王尔尔不平台/金/	EL. 14. 0	0.90	0.00	0.00	4.19		

注記 *: 建屋天井等に固定しているため,設置フロア上階の設備評価用床応答曲線を用いる。 評価用加速度(1.0ZPA)はすべて機能確認済加速度以下である。 V-2-別添1-3 火災受信機盤の耐震計算書

目次

1. 概要	
2. 一般事項 ······	
2.1 構造計画 ·····	
3. 固有周期 ······	
3.1 解析方法	
3.2 固有値解析結果	
3.3 設計用地震力	
4. 構造強度評価 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
4.1 構造強度評価方法	
4.2 荷重の組合せ及び許容応力・・・・・	
5. 機能維持評価 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
5.1 電気的機能維持評価方法	
6. 評価結果・・・・・	

### 1. 概要

本計算書は、添付書類「V-2-別添1-1 火災防護設備の耐震計算の方針」(以下「別添1-1」という。)に示すとおり、火災受信機盤が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有しており、火災を早期に感知する機能を保持することを確認するものである。

### 2. 一般事項

2.1 構造計画

火災受信機盤等の構造計画を表 2-1 に示す。

また,火災受信機盤等における基礎ボルトの構造強度評価モデルの諸元を表 2-2,表 2-3,表 2-4,表 2-5 に示す。

なお,火災受信機盤の位置は,火災感知器からの作動信号を常時監視できるよう,中央制御 室に設置する。

楼哭夕称	計画の概要		影問図
17246-7117	基礎・支持構造	主体構造	脱ウゴム
火災受信	火災受信機盤	火災受信機盤	650
機盤	は、取付ボル	(壁支持を含	火災受信機盤 600 600
	トにて固定金	む垂直自立型	
	具に取り付	*)	
	け,固定金具		振れ止め金具
	を基礎ボルト		
	により、建屋		
	躯体に据え付		
	ける。		
			 <u>基礎ボルト</u> (単位:mm) ^{鉛直方向}
			*評価上は壁支持(振れ止め金具)を含まない。 ホ平方向 ←
制御監視	制御監視盤	制御監視盤	
盤	は、取付ボル	(垂直自立形)	
	トにて固定金		
	具に取り付		
	け,固定金具		
	を基礎ボルト		水平方向 ←
	により, 建屋		тт / (м) Тт /
	躯体に据え付		
	ける。		
			(単位:mm)
ユーザー	ユーザーコン	ユーザーコン	425
コンソー	ソールユニッ	ソールユニッ	固定金具 ユーザーコンソールユニット
ルユニッ	トは、取付バ	ト(壁掛形)	
F	ンドにて固定		
	金具に取り付		
	け,固定金具		
	を基礎ボルト		
	により, 建屋		
	躯体に据え付		
	ける。		<u> </u>

表 2-1 構造計画 (1/2)

機哭夕称	計画の	概要	影明网			
1及16-71-17	基礎・支持構造	主体構造				
モニタ	モニタの上部	モニタ				
	及び下部は,	(壁掛形)				
	取付ボルトに					
	て固定金具に		<u>==</u> 9			
	取り付け,固					
	定金具を基礎					
	ボルトによ		57			
	り,建屋躯体					
	に据え付け					
	る。		(単位:mm) (単位:mm) (単位:mm)			

表 2-1 構造計画 (2/2)

表 2-2 火災受信機盤 構造強度評価モデルの諸元

項目	記号	単位	入力値
ボルトの軸断面積	A b	$\mathrm{mm}^2$	
ボルトの呼び径	d	mm	
重力加速度	g	$m/s^2$	
取付面から重心までの距離	h 1	mm	
重心とボルト間の水平方向距離(垂直自立形 短辺方向)	Q 1	mm	
重心とボルト間の水平方向距離(垂直自立形 短辺方向)	$\ell_2$	mm	
重心とボルト間の水平方向距離(垂直自立形 長辺方向)	Q 1	mm	
重心とボルト間の水平方向距離(垂直自立形 長辺方向)	$\ell_2$	mm	
盤の質量	m	kg	
ボルトの本数	n	—	6
評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数	10		1
(垂直自立形 短辺方向)	II f	_	1
評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数	5		0
(垂直自立形 長辺方向)	II f	_	Ζ

	/		
項目	記号	単位	入力値
ボルトの軸断面積	A b	$\mathrm{mm}^2$	
ボルトの呼び径	d	mm	
重力加速度	g	$m/s^2$	
取付面から重心までの距離	h 1	mm	
重心とボルト間の水平方向距離(垂直自立形 短辺方向)	$\ell_1$	mm	
重心とボルト間の水平方向距離(垂直自立形 短辺方向)	$\ell_2$	mm	
重心とボルト間の水平方向距離(垂直自立形 長辺方向)	$\ell_1$	mm	
重心とボルト間の水平方向距離(垂直自立形 長辺方向)	$\ell_2$	mm	
盤の質量	m	kg	
ボルトの本数	n	—	8
評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数	10		4
(垂直自立形 短辺方向)	II f	_	4
評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数	12		0
(垂直自立形 長辺方向)	II f	_	Δ

表 2-3 制御監視盤 構造強度評価モデルの諸元

表 2-4 ユーザーコンソールユニット 構造強度評価モデルの諸元

項目	記号	単位	入力値
ボルトの軸断面積	A _b	$\mathrm{mm}^2$	
ボルトの呼び径	d	mm	T I
重力加速度	g	$m/s^2$	
取付面から重心までの距離	h 1	mm	
重心と下側ボルト間の鉛直方向距離	$\ell_1$	mm	T I
上側ボルトと下側ボルト間の鉛直方向距離	$\ell_2$	mm	
左側ボルトと右側ボルト間の水平方向距離	l 3	mm	
機器の質量	m	kg	T [
ボルトの本数	n	_	4
評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数	'n		0
(水平方向)	II f H		Δ
評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数	p.		2
(鉛直方向)	II f V	_	Δ

項目	記号	単位	入力値
ボルトの軸断面積	A b	$\mathrm{mm}^2$	
ボルトの呼び径	d	mm	T I
重力加速度	g	$m/s^2$	T I
取付面から重心までの距離	h 1	mm	T I
重心と下側ボルト間の鉛直方向距離	$\ell_1$	mm	T [
上側ボルトと下側ボルト間の鉛直方向距離	$\ell_2$	mm	
左側ボルトと右側ボルト間の水平方向距離	l 3	mm	T I
機器の質量	m	kg	
ボルトの本数	n	—	4
評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数	10		0
(水平方向)	II f H	_	Δ
評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数	<b>D</b> 4		9
(鉛直方向)	II f V		Δ

表 2-5 モニタ 構造強度評価モデルの諸元

- 3. 固有周期
- 3.1 解析方法

火災受信機盤の固有周期は,添付書類「別添 1-1 4. 固有周期」に示す評価方針に基づき, 正弦波掃引試験またはランダム波試験により評価する。

3.2 固有值解析結果

火災受信機盤の固有値解析結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有值解析結果 (単位:s)						
機器名称	方向	固有周期				
山巛巫/台搬船	鉛直					
八灰文IG 傚盈	水平					
生山谷口時台之日,與马	鉛直					
п)仰监咒盗 	水平					
コーザーコンソールコーット	鉛直					
	水平					
エータ	鉛直					
モーク	水平					

火災受信機盤, ユーザーコンソールユニット及びモニタは, 固有周期が であり, 剛であることを確認した。 3.3 設計用地震力

火災受信機盤, ユーザーコンソールユニット及びモニタは,「3.2 固有値解析結果」により, 固有周期がであることを確認した。従って耐震計算 に用いる設計用地震力については, 添付書類「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」の最大 応答加速度を用いる。

また、制御監視盤は、「3.2 固有値解析結果」により、固有周期が

であることを確認した。従って耐震計算に用いる設計用地震力は,設置フロア高 さにおける固有周期の応答加速度を用い,鉛直方向の設計用地震力については添付書 類「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」の最大応答加速度を用いる。なお,減衰定数は添 付書類「V-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

- 4. 構造強度評価
- 4.1 構造強度評価方法

添付書類「別添 1-1 5.2 構造強度評価」に示す評価方針に従い,構造強度評価を実施する。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

構造強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、添付書類「別添 1-1 3.1 荷重及び荷重の 組合せ」に示す荷重及び荷重の組合せを使用する。

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

構造強度評価に用いる荷重の組合せ及び許容応力状態は、火災受信機盤の評価対象部位 ごとに設定する。荷重の組合せ及び許容応力状態を表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力及び許容応力評価条件

基礎ボルトにおける許容応力は,添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 に示す。

また、基礎ボルトの許容応力評価条件を表 4-3 に示す。

施設区分		機器名称	耐震設計上の 重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
		火災受信機盤	С	*	$\rm D+S$ s	IV _A S
その他発電 用原子炉の 附属施設 その他発電 火災防護 設備		制御監視盤	С	*	$D+S_s$	IV _A S
	火灾防護 設備	ユーザーコンソール ユニット	С	*	$\rm D+S$ $_{\rm s}$	$IV_A S$
		モニタ	С	*	D+S _s	IV _A S

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態(設計基準対象施設)

注記 *:その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

表 4-2 許容応力 (その他の支持構造物)

許容応力状態	許容限界(ボ	許容限界(ボルト等)*1,*2					
	一次応力						
	引張り	せん断					
IV _A S	1.5 • f t*	1.5 • f _s *					

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

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

表 4-3 許容応力評価条件(設計基準対象施設)

	評価対象	<b>+</b> +火]	温度条件		S _u	F *
	部位	421 本子	(°C)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
		SS400	40	945	400	000
基礎ホルト	(径≦16 mm)	(雰囲気温度)	240	400	280	

### 5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

火災受信機盤は,添付書類「別添 1-1 5.3 機能維持評価」に示す評価方針に従い,機能維持評価を実施する。

機能確認済加速度には,対象機器の加振試験において,電気的機能の健全性を確認した最大 加速度を適用する。 6. 評価結果

火災受信機盤の構造強度評価結果及び機能維持評価結果を以下に示す。なお,発生値は許容限 界を満足しており,設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確 認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

## 【火災受信機盤の耐震性についての計算結果】

6.1 設計条件

	副電売計しの	据付場所及び	固有周期	期(s)	基準地震動 S _s		減衰定数(%)		国江谭培祖库
機器名称	長	床面高さ	水平土白	秋古士白	水平方向	鉛直方向	水平	垂直	同辺環境価度 (℃)
	里安皮汀頬	(m)	小平方问	<b>站但</b> 刀円	設計震度	設計震度	方向	方向	(C)
<b>小</b> 巛 巫 仨 撇 船	C	原子炉建屋		1	C = 1 EE	C = 1.17			40
火灭文信機盛	C	EL. 29. 0*1			$C_{\rm H} - 1.55$	$C_{\rm V} = 1.17$			40
	С	原子炉建屋			$C = 1 02^{*3}$	C = 0.00	4.0		40
前仰 監 倪 盗		EL4. 0*1			$C_{\rm H} = 1.05$	$C_{\rm V} = 0.90$	4.0	_	40
ユーザーコンソール	C	原子炉建屋	-		C = 1 EE	C = 1.17			40
ユニット	C	EL. 29. 0*1			$C_{\rm H} - 1.55$	$C_{\rm V} = 1.17$			40
<b>T</b> - <i>D</i>	G	原子炉建屋				C = 1.17			40
モニタ	С	EL. 29. 0 ^{*1}			$C_{\rm H} - 1.55$	$C_{V} - 1.17$	_	_	40

注記 *1:建屋床面及び壁面に固定しているため,設置フロア上階の設備評価用床応答曲線を用いる。

*2:固有値解析より0.05秒以下であり、剛であることを確認した。

*3:柔構造のため固有周期に応じた設備評価用床応答曲線を用いる。

# 6.2 機器要目

機器名称	部材	m (kg)	h 1 (mm)	ℓ1 (mm)	₽2 (mm)	ℓ _a (mm)	ℓ _b (mm)	$A_{b2}$ (mm ² )	n 2	n _f
	基礎ボルト									1
山巛爫仨搬船	(短辺方向)								G	1
八次文信機盈	基礎ボルト								0	0
	(長辺方向)									2
	基礎ボルト							_		4
生化和医生生的	(短辺方向)								Q	4
即仰监饥盗	基礎ボルト								8	0
	(長辺方向)									2
	基礎ボルト							_		9
ユーザーコンソール	(短辺方向)								4	2
ユニット	基礎ボルト								4	9
	(長辺方向)									2
	基礎ボルト									9
	(短辺方向)								4	2
モーク	基礎ボルト								4	0
	(長辺方向)									2

部材	S _y	Su	F *
	(MPa)	(MPa)	(MPa)
基礎ボルト	245	400	280

13

6.3 計算数値

(1)ボルトに作用する力

(単位:N)

機器名称	部材	F _b	Q _b
	基礎ボルト	i	
山巛西合搬船	(短辺方向)		
八天文后機盛	基礎ボルト	_	
	(長辺方向)		
	基礎ボルト	_	
制約股力服	(短辺方向)		
前仰盖祝益	基礎ボルト		
	(長辺方向)		
ユーザーコンソール	甘花水子れた		
ユニット			
モニタ	基礎ボルト		

6.4 結論

6.4.1 構造強度評価結果

(単位:MPa)

機器名称	評価部位	材料	応力分類	発生応力	許容応力
	基礎ボルト	55400	引張応力	$\sigma_{\rm b} = 70$	$f_{t s} = 168^*$
山公司合接船	(短辺方向)	55400	せん断応力	$\tau_{\rm b} = 6$	$f_{s\ b} = 128$
八灭文旧微盛	基礎ボルト	55400	引張応力	$\sigma_{\rm b}=62$	$f_{t s} = 168^*$
	(長辺方向)	55400	せん断応力	$\tau_{\rm b} = 6$	$f_{s\ b} = 128$
	基礎ボルト	55400	引張応力	$\sigma_{\rm b} = 19$	$f_{t s} = 168^*$
生化和医疗生命	(短辺方向)	55400	せん断応力	$\tau_{\rm b} = 8$	$f_{s b} = 128$
前仰監祝盛	基礎ボルト	55400	引張応力	$\sigma_{\rm b}=31$	$f_{t s} = 168^*$
	(長辺方向)	55400	せん断応力	$\tau_{\rm b} = 8$	$f_{s\ b} = 128$
ユーザーコンソール	甘花生工	55400	引張応力	$\sigma_{b}=4$	$f_{t s} = 168^*$
ユニット	産(症が)と下	55400	せん断応力	$\tau_{\rm b}=2$	$f_{s\ b} = 128$
モニタ	甘花林子儿。	55400	引張応力	$\sigma_{b}=2$	$f_{t s} = 168^*$
	査碇小///ト	55400	せん断応力	$\tau_{\rm b} = 2$	$f_{s b} = 128$

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

発生応力はすべて許容応力以下である。

6.4.2 電気的機能維持評価結果

(	$\times$	9.	8	$m/s^2$ )
· · ·		•••	$\sim$	$m/ \sim /$

	担仲担訴及び	機能確認済加速度との比較						
松兕々升	店村場別及い	水	平	鉛直				
版	小山向さ	評価用	機能確認済	評価用	機能確認済			
	(111)	加速度	加速度	加速度	加速度			
火災受信機盤	原子炉建屋 EL. 29. 0*	1.29	2. 28	0. 98	1. 78			
制御監視盤	原子炉建屋 EL4.0*	1.03	2. 39	0.75	1.99			
ユーザーコンソール ユニット	原子炉建屋 EL. 29.0*	1.29	3. 72	0. 98	3. 13			
モニタ	原子炉建屋 EL. 29.0*	1.29	3. 72	0. 98	3. 13			

注記 *:建屋壁等に固定しているため,設置フロア上階の設備評価用床応答曲線を用いる。 評価用加速度(1.0ZPA または 1.0FRS(制御監視盤水平方向))はすべて機能確認済加速度以下である。 V-2-別添1-4 ハロンボンベ設備の耐震計算書

1.	椆	既要 ······
2.	_	-般事項・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
2.1	L	構造計画・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
3.		固有値解析及び構造強度評価・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
3.1	L	固有値解析及び構造強度評価方法・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
3.2	2	荷重の組合せ及び許容応力・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
3.3	3	解析モデル及び諸元・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
3.4	1	固有周期
3.5	5	設計用地震力・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
4.	楑	幾能維持評価・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
4.1	L	動的機能維持評価方法 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
5.	<u>특</u>	平価結果 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・

### 1. 概要

本計算書は、添付書類「V-2-別添 1-1 火災防護設備の耐震計算の方針」(以下「別添 1-1」という。)に示すとおり、ハロンボンベ設備が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を 有しており、火災を早期に消火する機能を保持することを確認するものである。

### 2. 一般事項

2.1 構造計画

ハロンボンベ設備の構造計画を表 2-1 に,外観図を図 2-1 に,容器弁の外観図を図 2-2 に 示す。

また,ハロンボンベ設備は,火災が発生している火災区域又は火災区画からの火災の火炎及 び熱による直接的な影響のみならず,煙,流出流体,爆発等の二次的影響を受けず,火災防護 上重要な機器等及び重大事故等対処施設に悪影響を及ぼさないように設置する。

松兕友秎	計画の概要	学用区		
陵硆石竹	基礎・支持構造	主体構造	武明凶	
	容器弁は、ガスボンベにねじ込み固定する。			
ハロンガス	ガスボンベはボンベラックに固定し、基礎ボ	ガスボンベ	ً 2−1	
ボンベ設備	ルトによりボンベラックを建屋床のコンクリ	及び容器弁	ً 2−2	
	ート躯体に据え付ける。			

表 2-1 ハロンボンベ設備の構造計画







(単位:mm)



3. 固有値解析及び構造強度評価

ハロンボンベ設備の固有周期及び構造強度評価は,添付書類「別添 1-1 4.固有周期」及び「5.1 地震応答解析」に示す評価方針に基づき,3次元FEMモデルによる解析及び正弦波掃引試験に より固有周期及び構造強度を評価する。

- 3.1 固有値解析及び構造強度評価方法
  - 3.1.1 固有值解析方法
  - ハロンボンベ設備の解析方法 対象部位であるボンベラックについて添付書類「別添 1-1 5.1.2 解析方法及び解析 モデル」に基づき、3次元FEMモデルによる解析を実施する。
  - ② 容器弁の解析方法

容器弁は、正弦波掃引試験を実施する。

3.1.2 構造強度評価方法

ハロンボンベ設備の構造強度評価は,添付書類「別添 1-1 5.2 構造強度評価」に示 す評価方針に従い,構造強度評価を実施する。 3.2 荷重の組合せ及び許容応力

構造強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、添付書類「別添 1-1 3.1 荷重及び荷重の 組合せ」に示す荷重及び荷重の組合せを使用する。

3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

構造強度評価に用いる荷重の組合せ及び許容応力状態は,ハロンボンベ設備の評価対象 部位ごとに設定する。荷重の組合せ及び許容応力状態を表 3-1 に示す。

3.2.2 許容応力及び許容応力評価条件

ハロンボンベ設備の基礎ボルトにおける許容応力は,添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 3-2 に示す。

また,ハロンボンベ設備におけるボンベラック並びに基礎ボルトの許容応力評価条件を 表 3-3 に示す。

表 3-1 荷重の組合せ及び許容応力状態(設計基準対象施設)

施設区分		機器名称	耐震設計上の 重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電 用原子炉の 附属施設	火災防護 設備	ハロンボンベ設備	С	*	D+S _s	IV _A S

注記 *:その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

表 3-2 許容応力(その他の支持構造物)

	許容限界(ボルト等)*1,*2		
許容応力状態	一次応力		
	引張り	せん断	
IV _A S	1.5 • f t*	1.5 • f s*	

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

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

評価対象	++ 40	評価用温度	S y	S _u	F*
部位		(°C)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
ボンベラック	STKR400	40 (雰囲気温度)	245	400	280
	SS400 (厚さ≦16 mm)	40 (雰囲気温度)	245	400	280
基礎ボルト	SS400 (径≦16 mm)	40 (雰囲気温度)	245	400	280

表 3-3 ハロンボンベ設備の許容応力評価条件

3.3 解析モデル及び諸元

「3.1.1 ハロンボンベ設備の解析方法」に示すハロンボンベ設備の解析モデルを図 3-1 に, 解析モデルの諸元を表 3-4 に, ハロンボンベ設備の外形図を図 2-1 に示す。なお, 解析コー ドについては,「MSC NASTRAN」を使用し, 評価に用いる解析コードの検証及び妥当 性確認等の概要については, 添付書類「V-5-1 計算機プログラム (解析コード)の概要 ・ MSC NASTRAN」に示す。



図 3-1 解析モデル

	材質	諸元(数値)	縦弾数係数 (MPa)	断面積 (mm²)	断面二次モーメント (mm ⁴ )	
	(釵恒)				強軸	弱軸
	SS400	$L65 \times 65 \times t6$	2. $02 \times 10^5$	752.7	2.940 $\times 10^{5}$	2. $940 \times 10^{5}$
ボンベ	55400	$C200 \times 90 \times 8$	$9.09 \times 10^{5}$	2965	$9,400\times 10^{7}$	$9.770 \times 10^{6}$
ラック	55400	×t13.5	2. $02 \times 10^{-5}$	3805	2. $490 \times 10^{\circ}$	2. $770 \times 10^{-5}$
	STKR400	$\Box 75 \times 75 \times t4.5$	2. $02 \times 10^5$	1217	9.860 $\times 10^{5}$	9.860 $\times 10^{5}$
基礎						
ボルト	SS400	M16×16本	—		—	
(mm)						
温度条件		40				
(°C)		40	_			
質量(kg)		736	—		—	_
ポアソン		0.3				
比		0.5	_			

表 3-4 解析モデルの諸元

### 3.4 固有周期

ハロンボンベ設備の固有値解析結果を「3.4.1 ハロンボンベ設備」に、ハロンボンベ設備の 容器弁の固有値解析結果を「3.4.2 容器弁」に示す。

3.4.1 ハロンボンベ設備

ハロンボンベ設備の固有値解析結果を表 3-5 に,振動モード図を図 3-2 に示す。なお、 であり剛であることを確認した。 固有周期は

### 3.4.2 容器弁

容器弁の固有値解析結果を表 3-6 に示す。表 3-6 より、容器弁は剛であることを確認 した。

表 3-5	ハロンボンベ設備の固有属	周期 (単位:s)
設備名称	方向	固有周期
	水平	
	鉛直	

表 3-5 ハロンボンベ設備の固有周期

表 3-6 容器弁の固有周期

(単位:s)

機器名称	方向	固有周期
<b>在</b> 明 <del>在</del>	水平	
谷奋力	鉛直	



図 3-2 振動モード図

## 3.5 設計用地震力

ハロンボンベ設備の耐震計算に用いる設計用地震力については、添付書類「V-2-1-7 設計 用床応答曲線の作成方針」に基づく。

## 4. 機能維持評価

4.1 動的機能維持評価方法

ハロンボンベ設備は,添付書類「別添 1-1 5.3 機能維持評価」に示す評価方針に従い,機 能維持評価を実施する。

なお,機能確認済加速度には,対象機器の加振試験において動的機能の健全性を確認した最 大加速度を適用する。
5. 評価結果

ハロンボンベ設備の構造強度評価結果及び機能維持評価結果を以下に示す。なお,発生値は許 容限界を満足しており,設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを 確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁の表に示す。

(2)機能維持評価結果動的機能維持評価の結果を次頁の表に示す。

# 【ハロンボンベ設備の耐震性についての計算結果】

## 5.1 設計条件

		据え付け場所及 固有		固有周期(s)		基準地震動S _s	
機器名称	前展成訂上の 重更度公約	16元竹()場所及 び庄西喜さ(m)	水亚古向	<b>扒</b> 古士白	水平方向	鉛直方向	间也垛現価度
	里女反力規	い水面同さ(111)	水千万间	<u> </u>	設計震度	設計震度	(C)
ハロンボンベシー	C	原子炉建屋			1.67	1 44	40
	C	EL. 38. 8			1.07	1.44	40

## 5.2 計算数値

(1) ボルトに作用する力

部材	$F_{b}(N)$		$\mathbf{Q}_{\mathrm{b}}$ (N)	A $_{\rm b}$ (mm ² )	
基礎ボルト					

## 5.3 結論

### 5.3.1 固有周期

水平方向		
鉛直方向		

### 5.3.2 構造強度評価結果

(単位:MPa)

設備名称	評価部位	材料	応力分類	発生応力	許容応力
	ボンベラック	STKR400	組合せ応力	$\sigma = 64$	$f_{t} = 280$
ハロンボンベ設備	甘水光山上	55400	引張応力	$\sigma_{\rm b}=32$	$f_{t s} = 168^*$
	基礎ボルト SS400		せん断応力	$\tau_{\rm b} = 7$	$f_{s\ b} = 128$

(単位:s)

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

発生応力はすべて許容応力以下である。

14

## 5.3.3 動的機能維持の評価結果

 $(\times 9.8 \text{ m/s}^2)$ 

			機能確認済加	速度との比較	
	据え付け場所及	水平		鉛直	
₩ /m /m/	び床面高さ(m)	評価用	機能確認済	評価用	機能確認済
		加速度	加速度	加速度	加速度
ハロンボンベ設備 容器弁	原子炉建屋 EL. 38.8	1.40	4.00	1.20	2.00

評価用加速度(1.0ZPA)はすべて機能確認済加速度以下である。

V-2-別添1-5 ハロンガス供給選択弁の耐震計算書

1.	概要
2.	一般事項・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
2.1	構造計画・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
3.	固有値解析及び構造強度評価・・・・・3
3.1	固有値解析及び構造強度評価方法・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
3.2	荷重の組合せ及び許容応力・・・・・ 4
3.3	解析モデル及び諸元・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
3.4	固有周期・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
3.5	設計用地震力・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
4. 7	機能維持評価・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
4.1	動的機能維持評価方法・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
5.	評価結果 ••••••••••••••••••••••••••••••••••••

#### 1. 概要

本計算書は、添付書類「V-2-別添1-1 火災防護設備の耐震計算の方針」(以下「別添1-1」という。)に示すとおり、ハロンガス供給選択弁ユニットが設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有しており、火災を早期に消火する機能を保持することを確認するものである。

#### 2. 一般事項

2.1 構造計画

ハロンガス供給選択弁ユニットの構造計画を表 2-1 に,選択弁ユニットの外観図を図 2-1 に,選択弁の外観図を図 2-2 に示す。

また,ハロンガス供給選択弁ユニットは,火災が発生している火災区域又は火災区画からの 火災の火炎及び熱による直接的な影響のみならず,煙,流出流体,爆発等の二次的影響を受け ず,火災防護上重要な機器等及び重大事故等対処施設に悪影響を及ぼさないように設置する。

松兕々缶	計画の概要	当代 日日 下河	
17英石市-7日 17小	基礎・支持構造	主体構造	毗切凶
ハロンガス供給選	選択弁は集合管に取り付けて固定す	選択弁及び集合管	
択弁ユニット	る。集合管はラックに固定し、基礎ボ		ً 2−1
	ルトによりラックを建屋床のコンクリ		⊠ 2-2
	ート躯体に据え付ける。		

表 2-1 ハロンガス供給選択弁ユニットの構造計画



図 2-1 ハロンガス供給選択弁ユニット 外観図





(単位:mm)

図 2-2 選択弁 外観図

3. 固有値解析及び構造強度評価

ハロンガス供給選択弁ユニットの固有周期及び構造強度評価は,添付書類「別添 1-1 4.固 有周期」及び「5.1 地震応答解析」に示す評価方針に基づき,3次元FEMモデルによる解析 及び正弦波掃引試験により固有周期及び構造強度を評価する。

- 3.1 固有値解析及び構造強度評価方法
  - 3.1.1 固有值解析方法
  - ハロンガス供給選択弁ユニットの解析方法 対象部位である弁ラックについて添付書類「別添 1-1 5.1.2 解析方法及び解析モデ ル」に基づき、3次元FEMモデルによる解析を実施する。
  - ② 選択弁の解析方法

選択弁は、正弦波掃引試験を実施する。

3.1.2 構造強度評価方法

ハロンガス供給選択弁ユニットの構造強度評価は,添付書類「別添 1-1 5.2 構造強 度評価」に示す評価方針に従い、構造強度評価を実施する。 3.2 荷重の組合せ及び許容応力

構造強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、添付書類「別添 1-1 3.1 荷重及び荷重の 組合せ」に示す荷重及び荷重の組合せを使用する。

3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

構造強度評価に用いる荷重の組合せ及び許容応力状態は、ハロンガス供給選択弁ユニットの評価対象部位ごとに設定する。荷重の組合せ及び許容応力状態を表 3-1 に示す。

3.2.2 許容応力及び許容応力評価条件

ハロンガス供給選択弁ユニットの基礎ボルトにおける許容応力は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 3-2 に示す。

また,ハロンガス供給選択弁ユニットにおける弁ラック並びに基礎ボルトの許容応力評価条件を表 3-3 に示す。

表 3-1 荷重の組合せ及び許容応力状態(設計基準対象施設)

施設	区分	機器名称	耐震設計上の 重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電 用原子炉の 附属施設	火災防護 設備	ハロンガス供給選択弁 ユニット	С	*	D+S _s	IV _A S

注記 *:その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

表 3-2 許容応力(その他の支持構造物)

	許容限界(ボルト等)*1,*2		
許容応力状態	一次応力		
	引張り	せん断	
$IV_A S$	1.5 • f t*	1.5 • f *	

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

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

評価対象 評価用温度 S_v  $S_u$ F* 材料 部位  $(^{\circ}C)$ (MPa) (MPa) (MPa) SS400 40 弁ラック 245400280 (厚さ≦16 mm) (雰囲気温度) SS400 40 基礎ボルト 245400280 (雰囲気温度) (径≦16 mm)

表 3-3 ハロンガス供給選択弁ユニットの許容応力評価条件

### 3.3 解析モデル及び諸元

「3.1.1 ハロンガス供給選択弁ユニットの解析方法」に示すハロンガス供給選択弁ユニットの解析モデルを図 3-1 に,解析モデルの諸元を表 3-4 に,ハロンガス供給選択弁ユニットの外形図を図 2-1 に示す。なお,解析コードについては,「MSC NASTRAN」を使用し,評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については,添付書類「V-5-1 計算機プログラム(解析コード)の概要 ・MSC NASTRAN」に示す。



NT2 補② V-2-別添 1-5

R5

図 3-1 解析モデル

	材質	諸元(数値)	縦弾数係数	断面積	断面二次モーメント (mm ⁴ )	
	(奴厄)		(MI d)		強軸	弱軸
	SS400	$L50 \times 50 \times t4$	2. $02 \times 10^5$	389.2	9.060 $\times 10^{4}$	9.060 $\times 10^4$
弁ラック	SS400	$L100 \times 100 \times t10$	2. $02 \times 10^5$	1900	$1.750 \times 10^{6}$	$1.750 \times 10^{6}$
	SS400	$L40 \times 40 \times t3^*$	2. $02 \times 10^5$	168	2.777 $\times 10^{4}$	4. $208 \times 10^3$
基礎						
ボルト	SS400	M16×4本	—	—	—	—
(mm)						
温度条件		40				
(°C)		40				
質量(kg)		416	—			—
ポアソン	_	0.3				
比						

表 3-4 解析モデルの諸元

*等辺山形鋼の片側フランジを先端から21 mm 切欠いた断面を示す。

### 3.4 固有周期

ハロンガス供給選択弁ユニットの固有値解析結果を「3.4.1 ハロンガス供給選択弁ユニット」に, ハロンガス供給選択弁ユニットの選択弁の固有値解析結果を「3.4.2 選択弁」に示す。

3.4.1 ハロンガス供給選択弁ユニット

ハロンガス供給選択弁ユニットの固有値解析結果を表 3-5 に,振動モード図を図 3-2 に示す。固有周期はであり剛であることを確認した。

#### 3.4.2 選択弁

選択弁の固有値解析結果を表 3-6 に示す。表 3-6 より,選択弁は剛であることを確認 した。

設備名称	方向	固有周期
ハロンガス供給選択弁	水平	
ユニット	鉛直	

表 3-5 ハロンガス供給選択弁ユニットの固有周期 (単位:s)

表 3-6 選択	弁の固有周期
----------	--------

(単位:s)

機器名称	方向	固有周期		
记七分	水平			
进机开	鉛直			



### 3.5 設計用地震力

ハロンガス供給選択弁ユニットの耐震計算に用いる設計用地震力については、添付書類「V -2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づく。

### 4. 機能維持評価

4.1 動的機能維持評価方法

ハロンガス供給選択弁ユニットは,添付書類「別添 1-1 5.3 機能維持評価」に示す評価方 針に従い,機能維持評価を実施する。

なお,機能確認済加速度には,対象機器の加振試験において動的機能の健全性を確認した最 大加速度を適用する。 5. 評価結果

ハロンガス供給選択弁ユニットの構造強度評価結果及び機能維持評価結果を以下に示す。なお, 発生値は許容限界を満足しており,設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有して いることを確認した。

- (1)構造強度評価結果
   構造強度評価の結果を次頁の表に示す。
- (2)機能維持評価結果動的機能維持評価の結果を次頁の表に示す。

【ハロンガス供給選択弁ユニットの耐震性についての計算結果】

## 5.1 設計条件

	耐電設計上の	捉ったけ担正及び	固有属	周期(s)	基準地	震動S₅	国辺理培泪由
機器名称	前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	店之内()場所及() 店面直さ(m)	水亚十向	<b>扒</b> 声士白	水平方向	鉛直方向	间也垛境值度
	里安皮刀短	小山同 C (III)	小平方问	<u> </u>	設計震度	設計震度	(C)
ハロンガス供給	C	緊急時対策所建屋			1 40	1.07	10
選択弁ユニット	C	EL. 23. 3			1.43	1.27	40
) 語 古 去	C	緊急時対策所建屋			1 4 9	1.07	40
进伏升	U	EL. 23. 3		1	1.43	1.27	40

注記 *:固有値解析より0.05秒以下であり、剛であることを確認した。

## 5.2 計算数値

(1)ボルトに作用する力

部材	F _b (N)	${ m Q}_{ m b}$ (N)	$A_{b}$ (mm ² )
基礎ボルト			

(単位:s)

5.3 結論

5.3.1 固有周期

水平方向		
鉛直方向		

### 5.3.2 構造強度評価結果

(単位:MPa)

設備名称	評価部位	材料	応力分類	発生応力	許容応力
トロンガス世外認知会	弁ラック	SS400	組合せ応力	$\sigma = 60$	$f_{t} = 280$
ハロンガス供給選択并 ユニット	甘林ゴルト	55400	引張応力	$\sigma_{\rm b} = 10$	$f_{t s} = 168^*$
	茶碇小ルト	55400	せん断応力	$\tau_{\rm b} = 6$	$f_{s\ b} = 128$

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

発生応力はすべて許容応力以下である。

14

## 5.3.3 動的機能維持の評価結果

 $(\times 9.8 \text{ m/s}^2)$ 

			機能確認済加	速度との比較	
<b>乳供力</b>	据え付け場所及び	水平		鉛直	
	床面高さ(m)	評価用	機能確認済	評価用	機能確認済
		加速度	加速度	加速度	加速度
選択弁	緊急時対策所建屋 EL. 23. 3	1.20	4.00	1.06	2.00

評価用加速度(1.0ZPA)はすべて機能確認済加速度以下である。

V-2-別添1-6 ハロン消火設備制御盤の耐震計算書

目次

1. 相	既要	1
2	一般事項・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	1
2.1	構造計画・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	1
3.	固有周期 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	3
3.1	解析方法	3
3.2	固有値解析結果	3
3.3	設計用地震力・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	3
4. 柞	<b>溝</b> 造強度評価・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	4
4.1	構造強度評価方法・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	4
4.2	荷重の組合せ及び許容応力・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	4
5. 杉	幾能維持評価・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	6
5.1	電気的機能維持評価方法・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	6
6. 責	評価結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	7

#### 1. 概要

本計算書は、添付書類「V-2-別添1-1 火災防護設備の耐震計算の方針」(以下「別添1-1」という。)に示すとおり、ハロン消火設備制御盤が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有しており、火災を早期に消火する機能を保持することを確認するものである。

#### 2. 一般事項

2.1 構造計画

ハロン消火設備制御盤の構造計画を表 2-1 に示す。

また,ハロン消火設備制御盤における基礎ボルトの構造強度評価モデルの諸元を表 2-2 に示す。

なお,ハロン消火設備制御盤は,火災が発生している火災区域又は火災区画からの火災の火 炎及び熱による直接的な影響のみならず,煙,流出流体,爆発等の二次的影響を受けず,火災 防護上重要な機器等及び重大事故等対処施設に悪影響を及ぼさないように設置する。



表 2-1 構造計画

表 2-2 構造強度評価モデルの諸元

項目	記号	単位	入力値
ボルトの軸断面積	A _b	$\mathrm{mm}^2$	
ボルトの呼び径	d	mm	T T
重力加速度	g	$m/s^2$	T T
取付面から重心までの距離	h 1	mm	
重心と下側ボルト間の鉛直方向距離	$\ell_1$	mm	T T
上側ボルトと下側ボルト間の距離	$\ell_2$	mm	
左側ボルトと右側ボルト間の距離	Q 3	mm	T T
盤の質量	m	kg	
ボルトの本数	n		6
評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数	n		0
(鉛直方向)	II f V		2
評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数	<b>D</b> 4		3
(水平方向)	II f H		ა

- 3. 固有周期
- 3.1 解析方法

ハロン消火設備制御盤の固有周期は、添付書類「別添 1-1 4. 固有周期」に示す評価方針 に基づき、正弦波掃引試験により評価する。

3.2 固有值解析結果

ハロン消火設備制御盤の固有値解析結果を表 3-1 に示す。

であり剛であることを確認 表 3-1 より, ハロン消火設備制御盤の固有周期は, した。

	衣 3 ⁻¹ 固有 恒 阱 切 和 未	(単位:S)
機器名称	方向	固有周期
ハロン消火設備制御盤	水平	
	鉛直	

-1 田右庙龆托灶田 ± ∩

(単合・。)

3.3 設計用地震力

ハロン消火設備制御盤の耐震計算に用いる設計用地震力については、添付書類「V-2-1-7 設 計用床応答曲線の作成方針」に基づく。

- 4. 構造強度評価
- 4.1 構造強度評価方法

ハロン消火設備制御盤は、添付書類「別添 1-1 5.2 構造強度評価」に示す評価方針に従い、 構造強度評価を実施する。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

構造強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは,添付書類「別添 1-1 3.1 荷重及び荷重の 組合せ」に示す荷重及び荷重の組合せを使用する。

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

構造強度評価に用いる荷重の組合せ及び許容応力状態は,ハロン消火設備制御盤の評価 対象部位ごとに設定する。荷重の組合せ及び許容応力状態を表 4-1 に示す。

- 4.2.2 許容応力及び許容応力評価条件
  - ハロン消火設備制御盤の基礎ボルトにおける許容応力は, 添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 に示す。

また、基礎ボルトの許容応力評価条件を表 4-3 に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態(設計基準対象施設)

施設	区分	機器名称	耐震設計上の 重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電 用原子炉の 附属施設	火災防護 設備	ハロン消火設備制御盤	С	*	D+S _s	IV _A S

注記 *:その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

表 4-2 許容応力 (その他の支持構造物)

	許容限界(ボルト等)*1,*2		
許容応力状態	一次応力		
	引張り	せん断	
IV _A S	1.5 • f _t *	1.5 • f s*	

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

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

表 4-3 許容応力評価条件(設計基準対象施設)

評価対象	材料	温度条件	S y	S _u	F*
部位		(℃)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
基礎ボルト	SS400 (径≦16 mm)	40 (雰囲気温度)	245	400	280

ы

### 5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

ハロン消火設備制御盤は, 添付書類「別添 1-1 4.3 機能維持評価」に示す評価方針に従い, 機能維持評価を実施する。

なお,機能確認済加速度には,対象機器の加振試験において電気的機能の健全性を確認した 最大加速度を適用する。 6. 評価結果

ハロン消火設備制御盤の構造強度評価結果及び機能維持評価結果を以下に示す。なお,発生値 は許容限界を満足しており,設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有している ことを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

## 【ハロン消火設備制御盤の耐震性についての計算結果】

6.1 設計条件

	耐雪弥計上の	据付場所及び	固有周期	朝(s)	基準地類	震動 S 。	国辺環培須産	
機器名称	前長成訂上の 重要由公約	床面高さ	水亚士白	約古士山	水平方向	鉛直方向	月四垛堤価皮	
	里安皮刀短	(m)	小平方问	<b>茹</b> 但刀内	設計震度	設計震度	(C)	
ハロン消火	C	原子炉建屋			$C_{-1}$ 74	$C_{1} = 1$ 59	40	
設備制御盤	C	EL. 46. 5 ^{*1}			$C_{\rm H} = 1.74$	$C_{\rm V} = 1.52$	40	

注記 *1:ハロン消火設備制御盤は,壁掛形のため,設置床上階の設備評価用床応答曲線を用いる。

*2:固有値解析より0.05秒以下であり、剛であることを確認した。

6.2 機器要目

部材	m (kg)	h 1 (mm)	ℓ₁ (mm)	l _a (mm)	l _b (mm)	${ m A}_{b2}$ (mm ² )	n ₂	n _{f*}
甘び林ギルト							G	2(鉛直方向)
<b>産</b> 碇小ルト							0	3(水平方向)

<b>☆</b> ∇++	S _y	Su	F *		
百01/1	(MPa)	(MPa)	(MPa)		
基礎ボルト	245	400	280		

## 6.3 計算数值

(1) ボルトに作用する力

224	1		AT)
HH /	1 1	٠	
- <b>F</b>	11/.		1117

機器名称	部材	Fь	Q _b
ハロン消火設備制御盤	基礎ボルト		

### 6.4 結論

6.4.1 構造強度評価結果

(単位:MPa)

機器名称	評価部位	材料	応力分類	発生応力	許容応力
いりンジョン記住生の知知	甘7株-ギュー	65400	引張応力	$\sigma_{\rm b} = 5$	$f_{t s} = 168^*$
ハロン消火設備制御盤	基礎ホルト	55400	せん断応力	$\tau_{b} = 4$	$f_{s b} = 128$

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

発生応力はすべて許容応力以下である。

9

### 6.4.2 電気的機能維持評価結果

 $(\times 9.8 \text{ m/s}^2)$ 

	提供担訴及び	機能確認済加速度との比較						
松兕々折	据11場所及び 床面高さ (m)	水	平	鉛直				
1成在2177		評価用	機能確認済	評価用	機能確認済			
		加速度	加速度	加速度	加速度			
ハロン消火設備制御盤	原子炉建屋 EL. 46. 5*	1.46	4.00	1.26	3.00			

注記 *:建屋壁に固定しているため、設置フロア上階の設備評価用床応答曲線を用いる。

評価用加速度(1.0ZPA)はすべて機能確認済加速度以下である。

V-2-別添1-7 二酸化炭素ボンベ設備の耐震計算書

1.	根	既要	••••	••••		 • • • • •				 • • •	•••	• • •	$\cdots 1$
2.		一般事項・・・・・	•••••	••••	• • • • • •	 • • • • •	• • • • •			 • • •	•••	• • •	$\cdots 1$
2.	1	構造計画 · · · · · ·	•••••	••••		 ••••			• • • •	 • • •	•••	• • •	$\cdots 1$
3.		固有値解析及び構造	皆強度評価・	••••		 • • • • •		• • • • •		 • • •	•••	• • •	$\cdots 3$
3.	1	固有値解析及び構	造強度評価	方法・		 • • • • •		• • • • •		 • • •	•••	• • •	$\cdots 3$
3. 2	2	荷重の組合せ及び	許容応力・・	••••		 • • • • •		• • • • •		 • • •	•••	• • •	$\cdots 4$
3.	3	解析モデル及び諸	元	• • • • •		 • • • • •		• • • • •		 • • •	•••	• • •	$\cdots 6$
3.	4	固有周期 · · · · · ·	••••	••••		 ••••		• • • • •		 	•••	•••	8
3.	5	設計用地震力	•••••	• • • • •		 ••••			• • • •	 • • •	•••	•••	· · 10
4.	楰	幾能維持評価	•••••	••••		 ••••		• • • • •		 	•••	•••	· · 11
4.	1	動的機能維持評価	方法 · · · · ·	••••		 ••••		• • • • •		 	•••	•••	· · 11
5.	訂	平価結果	•••••	••••		 • • • • •				 	•••		$\cdot \cdot 12$

目次

#### 1. 概要

本計算書は、添付書類「V-2-別添 1-1 火災防護設備の耐震計算の方針」(以下「別添 1-1」という。)に示すとおり、二酸化炭素ボンベ設備が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有しており、火災を早期に消火する機能を保持することを確認するものである。

### 2. 一般事項

2.1 構造計画

二酸化炭素ボンベ設備の構造計画を表 2-1 に,ボンベ設備の外観図を図 2-1 に,容器弁の外 観図を図 2-2 に示す。

また,二酸化炭素ボンベ設備は,火災が発生している火災区域又は火災区画からの火災の火炎 及び熱による直接的な影響のみならず,煙,流出流体,爆発等の二次的影響を受けず,火災防護 上重要な機器等及び重大事故等対処施設に悪影響を及ぼさないように設置する。

松兕友升	計画の概要	彩明网	
陵菇石柳	基礎・支持構造	主体構造	前明凶
	容器弁は、ガスボンベにねじ込み		
二酸化炭素 ボンベ設備	固定する。ガスボンベはラックに		₩ <b>2</b> —1
	固定し、基礎ボルトによりラック	りラック ガスボンベ及び容器弁	
	を建屋床のコンクリート躯体に据		
	え付ける。		

表 2-1 二酸化炭素ボンベ設備の構造計画







(単位:mm)

図 2-2 容器弁 外観図

3. 固有値解析及び構造強度評価

二酸化炭素ボンベ設備の固有周期及び構造強度評価は、添付書類「別添 1-1 4.固有周期」 及び「5.1 地震応答解析」に示す評価方針に基づき、3次元FEMモデルによる解析及び正弦 波掃引試験により固有周期及び構造強度を評価する。

- 3.1 固有値解析及び構造強度評価方法
  - 3.1.1 固有值解析方法
  - 二酸化炭素ボンベ設備の解析方法 対象部位であるボンベラックについて添付書類「別添 1-1 5.1.2 解析方法及び解析 モデル」に基づき、3次元FEMモデルによる解析を実施する。
  - ② 容器弁の解析方法

容器弁は、正弦波掃引試験を実施する。

3.1.2 構造強度評価方法

二酸化炭素ボンベ設備ボンベ設備の構造強度評価は,添付書類「別添 1-1 5.2 構造強度 評価」に示す評価方針に従い,構造強度評価を実施する。 3.2 荷重の組合せ及び許容応力

構造強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、添付書類「別添 1-1 3.1 荷重及び荷重の 組合せ」に示す荷重及び荷重の組合せを使用する。

3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

構造強度評価に用いる荷重の組合せ及び許容応力状態は、二酸化炭素ボンベ設備の評価 対象部位ごとに設定する。荷重の組合せ及び許容応力状態を表 3-1 に示す。

3.2.2 許容応力及び許容応力評価条件

二酸化炭素ボンベ設備の基礎ボルトにおける許容応力は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 3-2 に示す。

また、二酸化炭素ボンベ設備におけるラック並びに基礎ボルトの許容応力評価条件を表 3-3 に示す。
表 3-1 荷重の組合せ及び許容応力状態(設計基準対象施設)

施設区分		機器名称	耐震設計上の 重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電 用原子炉の 附属施設	火災防護 設備	二酸化炭素ボンベ設備	С	*	D+S _s	IV _A S

注記 *:その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

表 3-2 許容応力(その他の支持構造物)

	許容限界(ボルト等)*1,*2					
許容応力状態	一次応力					
	引張り	せん断				
IV A S	1.5 • f t*	1.5 • f _s *				

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

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

表 3-3 二酸化炭素ボンベ設備の許容応力評価条件

評価対象	++ \61	評価用温度	S _y	S _u	F*	
部位	M 科 (℃)		(MPa)	(MPa)	(MPa)	
5.4	SS400	40	945	100	220	
/ ツク	(厚さ≦16 mm)	(雰囲気温度)	245	400	280	
甘7株子り1	SNB7	40	795	960	609	
査碇小/レト	(径≦63 mm)	(雰囲気温度)	125	800	602	

сл

3.3 解析モデル及び諸元

「3.1.1 二酸化炭素ボンベ設備の解析方法」に示す二酸化炭素ボンベ設備の解析モデルを 図 3-1 に,解析モデルの諸元を表 3-4 に,二酸化炭素ボンベ設備の外形図を図 2-1 に示す。 なお,解析コードについては,「MSC NASTRAN」を使用し,評価に用いる解析コード の検証及び妥当性確認等の概要については,添付書類「V-5-1 計算機プログラム(解析コー ド)の概要 ・MSC NASTRAN」に示す。



図 3-1 解析モデル

		• •	741 81 7				
	材質	諸元(数値)	縦弾数係数	断面積	断面二次न (m	モーメント n ⁴ )	
ラック	(叙恒)		(MPa)	(mm ⁻ )	強軸	弱軸	
ラック	SS400	$\text{H150}\!\times\!150\!\times\!7\!\times\!\text{t10}$	2. $02 \times 10^5$	3965	$1.620 \times 10^{7}$	5.630 $\times 10^{6}$	
	SS400 $H194 \times 150 \times 6 \times t9$		2. $02 \times 10^5$	3811 2. 630×1		5. $070 \times 10^{6}$	
	SS400	$L65 \times 65 \times t6$	2. $02 \times 10^5$	752.7	2. $940 \times 10^{5}$	2.940 $\times 10^{5}$	
	SS400	$C125\!\times\!65\!\times\!6\!\times\!t8$	2. $02 \times 10^5$	1711	4. $240 \times 10^{6}$	6. $180 \times 10^5$	
基礎							
ボルト	SNB7	M16×14本	—	—	—	—	
(mm)							
温度条件		40				_	
(°C)		40					
質量(kg)		2771					
 ポアソン 比	_	0. 3					

表 3-4 解析モデルの諸元

3.4 固有周期

二酸化炭素ボンベ設備の固有値解析結果を「3.4.1 二酸化炭素ボンベ設備」に、二酸化炭素 ボンベ設備の容器弁の固有値解析結果を「3.4.2 容器弁」に示す。

3.4.1 二酸化炭素ボンベ設備

二酸化炭素ボンベ設備の固有値解析結果を表 3-5 に,振動モード図を図 3-2 に示す。 固有周期は であり剛であることを確認した。

### 3.4.2 容器弁

容器弁の固有値解析結果を表 3-6 に示す。表 3-6 より,容器弁は剛であることを確認 した。

設備名称	方向	固有周期
一动心出来我又必知准	水平	
二酸化炭素ボンベ設備	鉛直	

表 3-5 二酸化炭素ボンベ設備の固有周期 (単位:s)

#### 表 3-6 容器弁の固有周期

(単位:s)

機器名称	方向	固有周期	
<b>卢</b> 耶 (5	水平		
谷裕井	鉛直		



図 3-2 振動モード図

## 3.5 設計用地震力

二酸化炭素ボンベ設備の耐震計算に用いる設計用地震力については,添付書類「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づく。

- 4. 機能維持評価
- 4.1 動的機能維持評価方法

二酸化炭素ボンベ設備は、添付書類「別添 1-1 5.3 機能維持評価」に示す評価方針に従い、 機能維持評価を実施する。

なお,機能確認済加速度には,対象機器の加振試験において動的機能の健全性を確認した最 大加速度を適用する。 5. 評価結果

二酸化炭素ボンベ設備の構造強度評価結果及び機能維持評価結果を以下に示す。なお,発生値 は許容限界を満足しており,設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有しているこ とを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁の表に示す。

(2)機能維持評価結果動的機能維持評価の結果を次頁の表に示す。

# 【二酸化炭素ボンベ設備の耐震性についての計算結果】

5.1 設計条件

機器名称	副電売計しの	据させけ根武功	固有周	周期(s)	基準地	震動 S 。	国江潭培泪庄	
	前長取訂上の 重要由公約	店 こ わ り 場 所 及 び 庄 西 直 さ (m)	水亚十向	<b>扒</b> 古士白	水平方向	鉛直方向	同型環境価度	
	里安度刀短	い水面向で(111)	小平方问	<u> </u>	設計震度 設計震度			
二酸化炭素	C	原子炉建屋			1 55	1 17	40	
ボンベ設備	C	EL. 29.0m*			1. 55	1.17	40	

*:二酸化炭素ボンベ設備は原子炉建屋に付随するガスボンベ庫に設置するため、設置フロアより上階の原子炉建屋の設備評価用床応答曲線を用いる。

# 5.2 計算数値

(1) ボルトに作用する力

部材	$F_{b}$ (N)	${ m Q}_{ m b}$ (N)	$A_{b} (mm^{2})$
基礎ボルト			

5.3 結論

### 5.3.1 固有周期

水平方向		
鉛直方向		

### 5.3.2 構造強度評価結果

(単位:MPa)

設備名称	評価部位	材料	応力分類	発生応力	許容応力
二酸化炭素ボンベ設備	ラック	SS400	組合せ応力	$\sigma = 49$	$f_{t} = 280$
	甘び林子りし	CMD7	引張応力	$\sigma_{\rm b} = 133$	$f_{t s} = 360^*$
	本碇小ルト	SIND (	せん断応力	$\tau_{\rm b} = 85$	$f_{s\ b} = 277$

(単位:s)

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

発生応力はすべて許容応力以下である。

14

# 5.3.3 動的機能維持の評価結果

 $(\times 9.8 \text{ m/s}^2)$ 

			機能確認済加	速度との比較	
設備名称	据え付け場所及	水	平	鉛	直
	び床面高さ(m)	評価用 加速度	機能確認済 加速度	評価用 加速度	機能確認済 加速度
二酸化炭素ボンベ設備 容器弁	原子炉建屋 EL. 29.0m [*]	1.29	4.00	0. 98	2.00

*:二酸化炭素ボンベ設備は原子炉建屋に付随するガスボンベ庫に設置するため,設置フロアより上階の原子炉建屋の設備評価用床応答曲線を用いる。 評価用加速度(1.0ZPA)はすべて機能確認済加速度以下である。 Ⅴ-2-別添1-8 二酸化炭素供給選択弁の耐震計算書

1.	根	概要		 ••••	 	• • •	• • •	•••	•••	•••	•••	• 1
2.		一般事項 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·		 ••••	 	• • •	• • •	• • •		•••	•••	• 1
2.	1	1 構造計画・・・・・		 ••••	 • • • •	• • •	• • •	•••	•••	•••	•••	• 1
3.		固有値解析及び構造強度評価・・・・・	• • • • •	 ••••	 • • • •	• • •	• • •	•••	• • •	•••	•••	• 3
3.	1	1 固有値解析及び構造強度評価方法	• • • • •	 ••••	 • • • •	• • •	• • •	•••	• • •	•••	•••	• 3
3. 2	2	2 荷重の組合せ及び許容応力・・・・・・	• • • • •	 ••••	 • • • •	• • •	• • •	•••	• • •	•••	•••	• 4
3.	3	3 解析モデル及び諸元・・・・・・	• • • • •	 ••••	 • • • •	• • •	• • •	•••	• • •	•••	•••	• 6
3.	4	4 固有周期・・・・・	••••	 ••••	 • • • •	• • •	• • •	• • •		•••	• • •	• 8
3.	5	5 設計用地震力・・・・・	••••	 ••••	 • • • •	• • •	• • •	• • •		• • •	• • •	10
4.	楰	機能維持評価・・・・・	• • • • •	 ••••	 • • • •	• • •	• • •	• • •		• • •	• • •	11
4.	1	1 動的機能維持評価方法 · · · · · · · · · · · ·	• • • • •	 ••••	 • • • •	• • •	• • •	• • •		•••	• • •	11
5.	訂	評価結果	• • • • •	 ••••	 	•••				•••	• • •	12

目次

### 1. 概要

本計算書は、添付書類「V-2-別添1-1 火災防護設備の耐震計算の方針」(以下「別添1-1」という。)に示すとおり、二酸化炭素供給選択弁ユニットが設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有しており、火災を早期に消火する機能を保持することを確認するものである。

### 2. 一般事項

2.1 構造計画

二酸化炭素供給選択弁ユニットの構造計画を表 2-1 に,選択弁ユニットの外観図を図 2-1 に,選択弁の外観図を図 2-2 に示す。

また,二酸化炭素供給選択弁ユニットは,火災が発生している火災区域又は火災区画からの 火災の火炎及び熱による直接的な影響のみならず,煙,流出流体,爆発等の二次的影響を受け ず,火災防護上重要な機器等及び重大事故等対処施設に悪影響を及ぼさないように設置する。

松兕々新	計画の概要	当田団	
成奋石竹	基礎・支持構造	主体構造	就坍凶
二酸化炭素供給	選択弁は集合管に取り付けて固定する。		
選択弁ユニット	集合管は弁ラックに固定し、基礎ボルト	選択弁及び	⊠ 2−1
	により弁ラックを建屋床のコンクリート	集合管	⊠ 2−2
	躯体に据え付ける。		

表 2-1 二酸化炭素供給選択弁ユニットの構造計画



図 2-1 二酸化炭素供給選択弁ユニット 外観図





(単位:mm)

図 2-2 選択弁 外観図

3. 固有値解析及び構造強度評価

二酸化炭素供給選択弁ユニットの固有周期及び構造強度評価は,添付書類「別添 1-1 4.固 有周期」及び「5.1 地震応答解析」に示す評価方針に基づき,3次元FEMモデルによる解析 及び正弦波掃引試験により固有周期及び構造強度を評価する。

- 3.1 固有値解析及び構造強度評価方法
  - 3.1.1 固有值解析方法
  - 二酸化炭素供給選択弁ユニットの解析手法 対象部位である弁ラックについて添付書類「別添 1-1 5.1.2 解析方法及び解析モデ ル」に基づき、3次元FEMモデルによる解析を実施する。
  - ② 選択弁の解析方法

選択弁は、正弦波掃引試験を実施する。

3.1.2 構造強度評価方法

二酸化炭素供給選択弁ユニットの構造強度評価は,添付書類「別添 1-1 5.2 構造強 度評価」に示す評価方針に従い,構造強度評価を実施する。 3.2 荷重の組合せ及び許容応力

構造強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、添付書類「別添 1-1 3.1 荷重及び荷重の 組合せ」に示す荷重及び荷重の組合せを使用する。

3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

構造強度評価に用いる荷重の組合せ及び許容応力状態は、二酸化炭素供給選択弁ユニットの評価対象部位ごとに設定する。荷重の組合せ及び許容応力状態を表 3-1 に示す。

3.2.2 許容応力及び許容応力評価条件

二酸化炭素供給選択弁ユニットの基礎ボルトにおける許容応力は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 3-2 に示す。

また、二酸化炭素供給選択弁ユニットにおける弁ラック並びに基礎ボルトの許容応力評価条件を表 3-3 に示す。

表 3-1 荷重の組合せ及び許容応力状態(設計基準対象施設)

施設	区分	機器名称	耐震設計上の 重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電 用原子炉の 附属施設	火災防護 設備	二酸化炭素供給選択弁 ユニット	С	*	D+S _s	IV _A S

注記 *:その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

表 3-2 許容応力(その他の支持構造物)

	許容限界(ボルト等)*1,*2		
許容応力状態	一次応力		
	引張り	せん断	
IV _A S	1.5 • f t*	1.5 • f s*	

сл

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

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

評価対象	++ w1	評価用温度	S y	S _u	F*
部位	1/1 1/ <del>1</del>	(°C)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
弁ラック	SS400	40	945	400	280
	(厚さ≦16 mm)	(雰囲気温度)	240		
	SS400	40	945	100	200
を碇ハルト	(径≦16 mm)	(雰囲気温度)	240	400	280

表 3-3 二酸化炭素供給選択弁ユニットの許容応力評価条件

3.3 解析モデル及び諸元

「3.1.1 二酸化炭素供給選択弁ユニットの解析方法」に示す二酸化炭素供給選択弁ユニットの解析モデルを図 3-1 に,解析モデルの諸元を表 3-4 に,二酸化炭素供給選択弁ユニットの外形図を図 2-1 に示す。なお,解析コードについては,「MSC NASTRAN」を使用し,評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については,添付書類「V-5-1 計算機プログラム (解析コード)の概要 ・MSC NASTRAN」に示す。



図 3-1 解析モデル

		÷ •				
	材質 諸元(数値)		縦弾数係数	断面積 (mm ² )	断面二次モーメント (mm ⁴ )	
	(致厄)		(WII d)		強軸	弱軸
	SS400	$L50 \times 50 \times t4$	2. $02 \times 10^5$	389.2	9.060 $\times 10^{4}$	9.060 $\times 10^4$
弁ラック	SS400	$L100 \times 100 \times t10$	2. $02 \times 10^5$	1900	$1.750 \times 10^{6}$	$1.750 \times 10^{6}$
	SS400	$L40 \times 40 \times t3^*$	2. $02 \times 10^5$	168	2.777 $\times 10^{4}$	4. $208 \times 10^3$
基礎						
ボルト	SS400	M16×4本			_	
(mm)						
温度条件		40				
(°C)		40				
質量(kg)		554				—
ポアソン		0.3				
比						

表 3-4 解析モデルの諸元

*等辺山形鋼の片側フランジを先端から21 mm 切欠いた断面を示す。

## 3.4 固有周期

二酸化炭素供給選択弁ユニットの固有値解析結果を「3.4.1 二酸化炭素供給選択弁ユニット」に,選択弁の固有値解析結果を「3.4.2 選択弁」に示す。

3.4.1 二酸化炭素供給選択弁ユニット

二酸化炭素供給選択弁ユニットの固有値解析結果を表 3-5 に,振動モード図を図 3-2 に示す。固有周期はであり剛であることを確認した。

3.4.2 選択弁

選択弁の固有値解析結果を表 3-6 に示す。表 3-6 より,選択弁は剛であることを確認 した。

設備名称	方向	固有周期	
二酸化炭素供給選択弁	水平		
ユニット	鉛直		

表 3-5 二酸化炭素供給選択弁ユニットの固有周期 (単位:s)

表 3-6	選択弁の固有周期 (単	é位:s)
機器名称	方向	固有周期
29-11 分	水平	
速八升	鉛直	

NT2 補② V-2-別添 1-8 R5



図 3-2 振動モード図

## 3.5 設計用地震力

二酸化炭素供給選択弁ユニットの耐震計算に用いる設計用地震力については、添付書類「V -2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づく。

## 4. 機能維持評価

4.1 動的機能維持評価方法

二酸化炭素供給選択弁ユニットは、添付書類「別添 1-1 5.3 機能維持評価」に示す評価方 針に従い、機能維持評価を実施する。

なお,機能確認済加速度には,対象機器の加振試験において動的機能の健全性を確認した最 大加速度を適用する。 5. 評価結果

二酸化炭素供給選択弁ユニットの構造強度評価結果及び機能維持評価結果を以下に示す。なお, 発生値は許容限界を満足しており,設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有して いることを確認した。

- (1)構造強度評価結果
   構造強度評価の結果を次頁の表に示す。
- (2)機能維持評価結果動的機能維持評価の結果を次頁の表に示す。

## 【二酸化炭素供給選択弁ユニットの耐震性についての計算結果】

### 5.1 設計条件

	副電売計しの	据さけは相応及	固有周期(s)		基準地震動S。		国江理培祖庄
機器名称	前長取司上の 重要度公約	店 こ 竹 り 場 川 及 び 庄 西 直 さ (m)	水亚十向	(約)古 士 白	水平方向	鉛直方向	回辺環境価度
	里安度分類	の休田尚さ(m) 7	小平方问	始但力问	設計震度	設計震度	(C)
二酸化炭素供給	C	原子炉建屋			1 55	1 17	40
選択弁ユニット	C	EL. 29. 0*1			1. 55	1.17	40
) 语 七 女	C	原子炉建屋	-		1 55	1 17	40
選択开	C	EL. 29. 0*1			1. 55	1.17	40

注記 *1:二酸化炭素供給選択弁ユニットは原子炉建屋に付随するガスボンベ庫に設置するため,設置フロアより上階の原子炉建屋の設備評価用床応答曲線を用いる。

*2:固有値解析より0.05秒以下であり、剛であることを確認した。

13

5.2 計算数値

(1) ボルトに作用する力

部材	$F_{b}(N)$	$\mathbf{Q}_{\mathrm{b}}$ (N)	$A_{b}$ (mm ² )
基礎ボルト			

(単位:s)

## 5.3 結論

### 5.3.1 固有周期

水平方向		
鉛直方向		

## 5.3.2 構造強度評価結果

(単位:MPa)

設備名称	評価部位	材料	応力分類	発生応力	許容応力
一職化農業供給還相会	弁ラック	SS400	組合せ応力	$\sigma = 64$	$f_{t} = 280$
酸化灰茶供給速択开 ユニット	甘7株子り,1	55400	引張応力	$\sigma_{b} = 15$	$f_{t s} = 168^*$
	本碇小ルト	基礎ボルト SS400 -		$\tau_{b} = 8$	$f_{s\ b} = 128$

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

発生応力はすべて許容応力以下である。

14

## 5.3.3 動的機能維持の評価結果

#### $(\times 9.8 \text{ m/s}^2)$

			機能確認済加	速度との比較	
	据え付け場所及	水平		鉛直	
	び床面高さ(m)	評価用	機能確認済	評価用	機能確認済
		加速度	加速度	加速度	加速度
選択弁	原子炉建屋 EL.29.0*	1.29	4.00	0. 98	2.00

*:二酸化炭素供給選択弁ユニットは原子炉建屋に付随するガスボンベ庫に設置するため,設置フロアより上階の原子炉建屋の設備評価用床応答曲線を用いる。 評価用加速度(1.0ZPA)はすべて機能確認済加速度以下である。 Ⅴ-2-別添1-9 二酸化炭素消火設備制御盤の耐震計算書

目次

1. 札	既要	1
2	一般事項・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	1
2.1	構造計画・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	1
3.	固有周期 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	3
3.1	解析方法	3
3.2	固有値解析結果	3
3.3	設計用地震力・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	3
4. 柞	<b>溝</b> 造強度評価・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	4
4.1	構造強度評価方法・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	4
4.2	荷重の組合せ及び許容応力・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	4
5. 杉	幾能維持評価・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	6
5.1	電気的機能維持評価方法・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	6
6. 責	評価結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	7

### 1. 概要

本計算書は、添付書類「V-2-別添 1-1 火災防護設備の耐震計算の方針」(以下「別添 1-1」 という。)に示すとおり、二酸化炭素消火設備制御盤が設計用地震力に対して十分な構造強度及 び電気的機能を有しており、火災を早期に感知する機能を保持することを確認するものである。

- 2. 一般事項
- 2.1 構造計画

二酸化炭素消火設備制御盤の構造計画を表 2-1 に示す。

また,二酸化炭素消火設備制御盤における基礎ボルトの構造強度評価モデルの諸元を表 2-2 に示す。

なお,二酸化炭素消火設備制御盤は,火災が発生している火災区域又は火災区画からの火災 の火炎及び熱による直接的な影響のみならず,煙,流出流体,爆発等の二次的影響を受けず, 火災防護上重要な機器等及び重大事故等対処施設に悪影響を及ぼさないように設置する。

松阳友环	計画の	概要	封田図	
(茂쥼)石 (小	基礎・支持構造	主体構造	就明因	
二酸化炭素消	二酸化炭素消火設	二酸化炭素消火		
火設備制御盤	備制御盤は,基礎	設備制御盤	二酸化炭素制御盤	
	ボルトにより, 建	(壁掛型)		
	屋躯体に据え付け			
	る。		建屋躯体	
			006	
			300 基礎ボルト	
			jigi (lii/) (n) ↑	
			水平方向 ← → (単位:mm)	

表 2-1 構造計画

項目 記号 単位 入力値 ボルトの軸断面積  $\mathrm{mm}^2$  $A_{b}$ ボルトの呼び径 d mm  $m/s^2$ 重力加速度 g 取付面から重心までの距離 h₁ mm 重心と下側ボルト間の鉛直方向距離(壁掛形)  $\ell_1$ mm 上側ボルトと下側ボルト間の鉛直方向距離(壁掛形)  $\ell_2$ mm 左側ボルトと右側ボルト間の水平方向距離(壁掛形)  $\ell_3$ mm 盤の質量 m kg ボルトの本数 6 _ n 評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 2  $n_{\rm f V}$ _

3

 $n_{\rm f\,H}$ 

—

表 2-2 構造強度評価モデルの諸元

(鉛直方向) (壁掛形)

(水平方向) (壁掛形)

評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数

- 3. 固有周期
- 3.1 解析方法

二酸化炭素消火設備制御盤の固有周期は,添付書類「別添 1-1 4. 固有周期」に示す評価 方針に基づき,正弦波掃引試験により評価する。

3.2 固有值解析結果

二酸化炭素消火設備制御盤の固有値解析結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 より,二酸化炭素消火設備制御盤の固有周期は, であり剛であることを確認した。

	孜3 I 回有 喧胜仍 柏木	(単位・5)
機器名称	方向	固有周期
一致化出去巡礼讯化性和你响	鉛直	
一敗佔灰茶伯八成脯前仰盈	水平	

表 3-1 固有值解析結果

(単位:s)

## 3.3 設計用地震力

二酸化炭素消火設備制御盤の耐震計算に用いる設計用地震力については,添付書類「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づく。

- 4. 構造強度評価
- 4.1 構造強度評価方法

二酸化炭素消火設備制御盤は,添付書類「別添 1-1 5.2 構造強度評価」に示す評価方針に 従い,構造強度評価を実施する。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

構造強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは,添付書類「別添 1-1 3.1 荷重及び荷重の 組合せ」に示す荷重及び荷重の組合せを使用する。

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

構造強度評価に用いる荷重の組合せ及び許容応力状態は、二酸化炭素消火設備制御盤の 評価対象部位ごとに設定する。荷重の組合せ及び許容応力状態を表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力及び許容応力評価条件

二酸化炭素消火設備制御盤の基礎ボルトにおける許容応力は, 添付書類「V-2-1-9 機能 維持の基本方針」に基づき表 4-2 に示す。

また、基礎ボルトの許容応力評価条件を表 4-3 に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態(設計基準対象施設)

施設区分		機器名称	耐震設計上の 重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電 用原子炉の 附属施設	火災防護 設備	二酸化炭素 消火設備制御盤	С	*	D+S _s	IV _A S

注記 *:その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

表 4-2 許容応力 (その他の支持構造物)

	許容限界(ボルト等)*1, *2			
許容応力状態	一次応力			
	引張り	せん断		
IV _A S	1.5 • f t*	1.5 • f s*		

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

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

表 4-3 許容応力評価条件(設計基準対象施設)

	評価対象	林才来让	温度条件	S _y	S _u	F*
	部位	141 171	(°C)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
-	甘7林-半ヵ.1	SS400	40	945	400	280
	査碇小// ト	(径≦16 mm)	(雰囲気温度)	240	400	

ы

## 5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

二酸化炭素消火設備制御盤は,添付書類「別添 1-1 5.3 機能維持評価」に示す評価方針に 従い,機能維持評価を実施する。

なお,機能確認済加速度には,対象機器の加振試験において電気的機能の健全性を確認した 最大加速度を適用する。 6. 評価結果

二酸化炭素消火設備制御盤の構造強度評価結果及び機能維持評価結果を以下に示す。なお,発 生値は許容限界を満足しており,設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有して いることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

# 【二酸化炭素消火設備制御盤の耐震性についての計算結果】

6.1 設計条件

	耐震設計上の 重要度分類	据付場所及び	場所及び 固有周期(s)		基準地震動S。		国辺環接泪度
機器名称		床面高さ	<ul><li>面高さ</li><li>m)</li></ul>	鉛直方向	水平方向	鉛直方向	问辺堤現価及
		(m)			設計震度	設計震度	
二酚化出素	С	原子炉建屋	·	 			
一酸化灰杀		付属棟			$C_{H} = 1.10$	$C_{\rm V} = 0.96$	40
伯八辽佣削仰盛		EL. 8. 20*1					

注記 *1:二酸化炭素消火設備制御盤は、壁掛形のため、設置床上階の設備評価用床応答曲線を用いる。

*2:固有値解析より0.05秒以下であり、剛であることを確認した。

6.2 機器要目

部材	m (kg)	h 1 (mm)	0 ₁ (mm)	Q _a (mm)	lb (mm)	${ m A}_{ m b2}$ (mm ² )	n ₂	n _{f*}
甘び林ギルト		i		i	i.		G	2(鉛直方向)
茶城小/レト							0	3(水平方向)

<b>☆</b> 7 + +	S y	Su	F *
百八八	(MPa)	(MPa)	(MPa)
基礎ボルト	245	400	280
## 6.3 計算数値

(1) ボルトに作用する力

(単位:N)

機器名称	評価部位	F _b	Q _b
二酸化炭素	甘花林子山		
消火設備制御盤	産碇 かりと 下		

### 6.4 結論

9

6.4.1 構造強度評価結果

(単位:MPa)

機器名称	評価部位	材料	応力分類	発生応力	許容応力
二酸化炭素消火設備	基礎ボルト	SS400	引張応力	$\sigma_{\rm b} = 4$	$f_{t s} = 168^*$
制御盤			せん断応力	$\tau_{\rm b} = 3$	$f_{s\ b} = 128$

注記 * f_{ts} =Min[1.4・f_{to}-1.6・_{て bi}, f_{to}]より算出

発生応力はすべて許容応力以下である。

#### 6.4.2 電気的機能維持評価結果

 $(\times 9.8 \text{ m/s}^2)$ 

機器名称	据付場所及び 床面高さ (m)	機能確認済加速度との比較			
		水平		鉛直	
		評価用	機能確認済	評価用	機能確認済
	(111)	加速度	加速度	加速度	加速度
二酸化炭素消火設備制御盤	原子炉建屋 付属棟 EL.8.20*	0.92	4.00	0.80	3.00

注記 *:建屋壁に固定しているため、設置フロア上階の設備評価用床応答曲線を用いる。

評価用加速度(1.0ZPA)はすべて機能確認済加速度以下である。

V-2-別添 1-10 ガス供給配管の耐震計算書

目 次

1.	概要	<u>í</u>	1
2.	概略	系統図及び鳥瞰図 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	2
2.1	概	略系統図	2
2.2	2 鳥	瞰図	70
3.	計算	条件 ••••••	84
3.1	荷	重の組合せ及び許容応力 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	84
3.2	設	'計条件	85
3.3	\$ 材	料及び許容応力 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	91
3.4	設	·計用地震力 ·····	92
4.	解析	- 結果及び評価 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	93
4.1	固	有周期及び設計震度 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	93
4.2	2 評	「価結果 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	105
4.	2.1	管の応力評価結果 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	105
4.	2.2	支持構造物評価結果 ••••••	106
4.	2.3	弁の動的機能維持評価結果 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	107
4.	2.4	代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	108

1. 概要

本計算書は、添付書類「V-2-別添1-1 火災防護設備の耐震計算の方針」に基づき、管、支 持構造物及び弁が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説 明するものである。

評価結果の記載方法は以下に示すとおりとする。

(1) 管

工事計画記載範囲の管のうち,各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モ デル単位に記載する。また,全158モデルのうち,各応力区分における最大応力評価点 の許容値/発生値(裕度)が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図,計算条件及び評 価結果を記載する。代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を4.2.4に記載する。

(2) 支持構造物

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

(3) 弁

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

## 2. 概略系統図及び鳥瞰図

# 2.1 概略系統図

記号	内容		
(太線)	工事計画記載範囲の管のうち,本計算書記載範囲の管 (重大事故等対処設備)		
— — — (太破線)	工事計画記載範囲の管のうち,本計算書記載範囲の管 (設計基準対象施設)		
(細線)	工事計画記載範囲の管のうち,本系統の管であって他 計算書記載範囲の管		
————— (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管の うち,他系統の管であって系統の概略を示すために表 記する管		
00-0-00	鳥瞰図番号(鳥瞰図,計算条件及び評価結果を記載す る範囲)		
(00-0-00)	鳥瞰図番号(評価結果のみ記載する範囲)		
	アンカ		
[管クラス]			
DB1	クラス1管		
DB2	クラス2管		
DB3	クラス3管		
DB4	クラス4管		
SA2	重大事故等クラス2管		
SA3	重大事故等クラス3管		
DB1/SA2	重大事故等クラス2管であってクラス1管		
DB2/SA2	重大事故等クラス2管であってクラス2管		
DB3/SA2	重大事故等クラス2管であってクラス3管		
DB4/SA2	重大事故等クラス2管であってクラス4管		

概略系統図記号凡例



消火系概略系統図 (その2)

5

消火系概略系統図 (その3)

消火系概略系統図 (その4)

7

消火系概略系統図 (その5)

消火系概略系統図 (その6)

消火系概略系統図 (その7)

消火系概略系統図(その8)

消火杀概略系統図 (その9)

消火系概略系統図 (その10)

消火系概略系統図(その11)

消火系概略系統図 (その12)

消火系概略系統図 (その13)

16

消火系概略系統図 (その14)

消火系概略系統図 (その15)

消火系概略系統図 (その16)

消火系概略系統図(その17)

消火系概略系統図 (その18)

消火系概略系統図 (その19)

消火系概略系統図 (その20)

消火系概略系統図(その21)

消火系概略系統図 (その22)

消火系概略系統図(その23)

消火系概略系統図(その24)

消火系概略系統図 (その25)

消火系概略系統図 (その26)

消火系概略系統図(その27)

30

消火系概略系統図(その28)

(6
曙糸統図(その)
( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( )

32

消火系概略系統図 (その30)

31)
6
Mp
充区
※
既認
家
~ 涙
--

		_
		33)
		40
		· ·
		然図
		各
		機
		大奏
		消

		34)
		6
		N
		X
		条
		留
		系
		ا الم الم
		柒

		35)
		$\Theta$
		140
		が図
		※ ※
		戦
		家
		道少

		_
		(9
		03
		$\widetilde{\gamma}$
		X
		添
		器
		を概
		X
		渋

		(2
		03
		<i>v</i> ^ℓ
		X
		系統
		品
		条
		美
		決

6
2
) 2
3
12/12/
11/2
くて
÷

		39)
		6
		$\widetilde{\mathcal{N}}$
		が図
		深
		戦
		楽
		「「「「」」を見ていていていていた。

消火系概略系統図 (その40)

		1)
		04
		× €
		X
		系統
		器
		条
		〔 × 〕
		が

		$\overline{5}$
		$\mathcal{O}4$
		Ň
		X
		統
		略
		を
		Ж Х
		洪

		43)
		6
		巡
		迷
		観惑
		家
		消少

		44)
		40
		流回
		器
		系展
		柒

		45)
		6
		統図
		を
		戦
		水素
		洪

消火系概略系統図 (その46)

		47)
		6
		<u>,</u>
		巡区
		をある
		観
		×
		消

		48)
		6
		<u>,</u>
		統図
		を送
		魏
		人系
		消

		(6)
		0
		Ň
		条
		光明
		系
		水
		深

		(0)
		6
		Ň
		Ly Ly
		系後
		先出
		米
		当人
		*

$\Box$
05.
N N
$\dot{}$
X
が
格法
艱
Ж.
لي الم الم
柒

(40.7.) 风源还雅雅还不识。	
(97(7) ) 因辨交如瓣*交 7(获 )	
(40.9) 网络医猫	$\binom{2}{3}$
0 化	25
7)	0
区缘 安 朝 醾 安 子 尽	14
uwy cryithing to the second	
*y 如難y 2 不起	14 [
	\$** \\\\
	1×1
服	<del>来</del>
	۱۹۱ لا
	ЭШ С
	1

53)
6
Mo
巡
系系
規制
采
消少
-

		54)
		6
		$\widetilde{\mathcal{W}}$
		が図
		条
		戦
		米
		派

		$\overline{5}$
		$\mathcal{O}_5$
		Ň
		$\mathbb{X}$
		添
		略
		を摂
		X
		浜

		(9
		05
		Ň
		X
		統
		略义
		滅
		水 家
		消

消火系概略系統図(その57)

60

消火系概略系統図(その28)

61

消火系概略系統図 (その59)

_
6
206
Ň
松区
条
略
赵
除い
近
177

(1)
2)6
N
が図
条
器
戦
マン
消
<i></i>
1
1
1

消火系概略系統図 (その63)

65

消火系概略系統図 (その63)

66

消火系概略系統図(その64)

消火系概略系統図 (その62)

68

消火系概略系統図 (その66)

69

消火系概略系統図 (その67)
### 2.2 鳥瞰図

### 鳥瞰図記号凡例

記 号	内容
—— (太線)	工事計画記載範囲の管のうち,本計算書記載範囲の管 (重大事故等対処設備の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(SA)」,設 計基準対象施設の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(DB)」とする。)
——— (細線)	工事計画記載範囲の管のうち,本系統の管であって他計算書記 載範囲の管
——— (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち,他 系統の管であって解析モデルの概略を示すために表記する管
•	質点
$\mathbf{\Theta}$	アンカ
	レストレイント (本図は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示 す。スナッバについても同様とする。)
<u>∃-</u> ⊑	スナッバ
$\exists$	ハンガ
<u> </u>	リジットハンガ
	拘束点の地震による相対変位量(mm) (*は評価点番号,矢印は拘束方向を示す。また, 内に 変位量を記載する。) 注・島瞬図中の寸法の単位は mm である
	仕・ 局瞰凶中の 当広の単位は Ⅲ での る。

14
l 🗑
19
ГТ
S5
33
Ρ̈́
ļ
1  _ ]
$\mathbb{N}$
■ 歃
J.
1
1
1
1
1
1
1
1
1
1
1
1
1
1
-

(2/4)

FP-083R5F (DB)

(3/4)

FP-083R5F (DB)

( <b>4</b> )
E E
18
Ľ.
L SS
一臣
X
極

(1/9)

FP-101R3F (DB)

6
$  \rangle$
5
۱ <u>ظ</u>
3F
H
음
正
ান্স
刻 文
田田
⁴ IIIĔ

(3/9)

FP-101R3F (DB)

(4/9)

FP-101R3F (DB)

6
<b>a</b>
=
ЗF
118
ΗĦ
F
K K
画
ATTE

80

(6/9)

FP-101R3F (DB)

٦
6
<u>اق</u>
ГТ
E S
0
臣
$ \mathbb{N} $
一種
ШĘ.

82

(8⁄9)

FP-101R3F (DB)

(6/6)

FP-101R3F (DB)

3. 計算条件

3.1 荷重の組合せ及び許容応力

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力を下表に示す。

類 柳里の組合で、 状態	$D + P_D + S_s$ $IV_A S$	
耐震設計 重要度	C	
機器等 の区分	クラス3管	ミ施する。
設備分類	I	心設備を示す。 はを用いて評価を実
施設 分類*1	DB	大事故等対∮ 又は包絡条∮
系統名称	消火系	象施設, SAは重 こ最も厳しい条件
設備名称	火災防護設備	▶Bは設計基準対 まな応力状態ごと()
施設名称	その他発電用 原子炉の附属 施設	注記*1: D *2: 許

3.2 設計条件

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

鳥 瞰 図 FP-083R5F

縦弾性係数 (MPa)	
耐震設計上の 重要度分類	С
材料	SUS304TP
厚さ (mm)	3.6
外径 (mm)	42.7
最高使用温度 (°C)	40
最高使用圧力 (MPa)	5.20
対応する評価点	$5000 \sim 5028$
管番号	1

### 支持点及び貫通部ばね定数

鳥	瞰	义	FP-083R5F

十十十二十二十十十十十十十十十十十十十十十十十十十十十十十十十十十十十十十十十	各軸方	向ばね定数	(N/mm)	各軸回り回轉	<b>転ばね定数</b> (	N•mm/rad)
又村ন留方	Х	Y	Z	Х	Y	Z
5000	_					
5001						
5002	Ē					
5003						
5004						
5005						
5006						
5007						
5008						
5009						
5010						
5011						
5012						
5013						
5014						
5015						
5016						
5017						
5018						
5019						
5020						
5021	Ē					
5022	Ē.					
5023	-					
5024						
5025						
5026						
5027						
5028						

設計条件

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

鳥 瞰 図 FP-101R3F

	С	SUS304TP	3.6	42.7	40	5.20	5000~5067	1
(MPa)	重要度分類	12 14	(mm)	(mm)	(°C)	(MPa)	Mino A のHuminia	目催り
縦弾性係数	耐震設計上の	। <del>अप न न</del>	を宣	外径	最高使用温度	最高使用圧力	ユビオ 2 単田 中	在 4 日

### 支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 FP-101R3F

十十十五日	各軸方	向ばね定数(1	N/mm)	各軸回り回転	云ばね定数(N	• mm/rad)
文持点番号	Х	Y	Ζ	Х	Y	Ζ
5000		I		1 1	i	
5001						-
5002						-
5003						-
5004						-
5005						-
5006						-
5007						-
5008						-
5009						-
5010						-
5011						-
5012						-
5013						-
5014						-
5015						-
5016						-
5017						-
5018						-
5019						-
5020						-
5021						-
5022						-
5023						-
5024						-
5025						-
5026						-
5027						-
5028						-
5029	_	_			_	-

	各軸方	向ばね定数(	(N/mm)	各軸回り回	<b>転ばね定数</b> (	N•mm/rad)
文杅ন番方	Х	Y	Z	Х	Y	Ζ
5030						
5031						
5032						
5033						
5034						
5035	Ē.					
5036	Ē.					
5037	-					1
5038	Ē.					
5039	-					1
5040	-					1
5041	-					1
5042	-					1
5043	-					1
5044	-					1
5045	-					
5046	-					
5047	-					
5048						
<b>**</b> 5048 <b>**</b>	-					
5049	-					
5050	-					
5051	-					
5052	-					
5053						
5054						
5055						
5056						
5057						

鳥 瞰 図 FP-101R3F

古住占来旦	各軸方	向ばね定数(	(N/mm)	各軸回り回	転ばね定数(	N•mm/rad)
又付尽留方	Х	Y	Z	Х	Y	Z
5058						
5059						
5060						
5061						
5062						
5063						
5064						
5065						
5066						
5067						

鳥 瞰 図 FP-101R3F

** 印は斜め拘束を示す。また、下段は方向余弦を示す。

3.3 材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

	$\rm S~h$	-
) (MPa)	n S	520
許容応力	S y	205
	$\mathrm{S}\mathrm{m}$	I
最高使用温度	(°C)	40
1.27	1	SUS304TP

### 3.4 設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる床応答曲線を下表に示す。 なお,設備評価用床応答曲線は添付書類「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に 基づき策定したものを用いる。また,減衰定数は添付書類「V-2-1-6 地震応答解析の基 本方針」に記載の減衰定数を用いる。

鳥瞰図	建物・構築物	標高	減衰定数 (%)
FP-083R5F	原子炉建屋	EL. 14.0 m - EL4.0 m*	2.0
FP-101R3F	原子炉建屋	EL. 29.0 m - EL. 8.2 m*	2.0

*床応答曲線は,対象となる配管が敷設されるすべての設置フロア高さにおける設備評価用床応答曲線を包絡するものとする。

### 4. 解析結果及び評価

## 4.1 固有周期及び設計震度

### 鳥 瞰 図 FP-083R5F

		応答鉛直震度	Y方向	_								
С	S	平震度	Z方向									
		応答水	X方向	-								
)重要度分類	地震動等	固有周期	(s)	-	1	1			1	1		震 度
耐震設計上の	適用する。	2 }	د ا ب	1 次	2 次	3 次	4 次	5 次	6 次	7 次	8 次	剣 傾

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図 FP-083R5F

N	固有周期		刺激係数	
t-r	(s)	X方向	Y方向	Z方向
1次				
2次				]
3次				
4次				
5次				
6次				
7次				
8 次				

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



FP-083R5F

鳥瞰図

NT2 補② V-2-別添1-10 R3

代表的振動モード図 (1次)



FP-083R5F

鳥瞰図

NT2 補② V-2-別添1-10 R3

代表的振動モード図 (2次)



FP-083R5F

鳥瞰図



代表的振動モード図 (3次)

### 4. 解析結果及び評価

## 4.1 固有周期及び設計震度

### 鳥 瞰 図 FP-101R3F

		応答鉛直震度	Y方向	_	-					-	-			_
С	S s	平震度	Z方向											
		応答水	X方向											-
0重要度分類	地震動等	固有周期	(s)											震度
耐震設計上の	適用する	ے ا	۲ ۱ ۲	1 次	2 次	3 次	4 次	5 次	6次	7 次	8 次	14 次	15 次	動的

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図 FP-101R3F

N	固有周期		刺激係数	
	(s)	X方向	Y方向	Z方向
1次				
2次				
3次				
4次				
5次				
6次				
7次				
8次				
14 次				
15 次				

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





z d

 $\times$ 









Z L

×



鳥瞰図 FP-101R3F





Z L

 $\times$ 



4.2 評価結果

4.2.1 管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

クラス3管

	葬 茶 応 力			一次応力評	(価 (MPa)	一次十二次応,	力評価 (MPa)	疲労評価
鳥瞰図	状 能 (供用状態)	最大応力課値点	康 大 尽 分 公	計算応力 S prm (S _s )	許容応力 0.9S u	計算応力 S n (S 。)	許容応力 2 S y	疲労累積係数 US。
FP-083R5F FP-101R3F	$\mathrm{IV}_\mathrm{A}~\mathrm{S}$ $\mathrm{IV}_\mathrm{A}~\mathrm{S}$	29 50	Sprm (S _s ) Sn (S _s )	220 	468 —	345	- 410	
### 4.2.2 支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果(荷重評価)

結果	許 荷重 (kN)	-
聖瓐	計算 荷重 (kN)	—
	温度 (°C)	_
	材質	
	型式	I
	種類	_
	支持構造物 番号	-

支持構造物評価結果(応力評価)

	許交	応力 (MPa)	279	279
評価結果	計償	応力 (MPa)	45	41
		心均	組合せ	組合せ
	N • m)	${\rm M_{Z}}$		1
	≻	${ m M}_{ m Y}$	—	1
京荷重	モーメ	${\rm M}_{\rm X}$	I	1
支持点		F z	15	2
	力 (kN)	$F_{Y}$	0	2
	R	F _X	3	13
	温度	() ()	40	40
	大大府子	<u>r</u>	STKR400	STKR400
		Х Н	架構	架構
	徒者	1 年 2月	レストレイント	アンカ
	支持構造物	奉	FP-7419RES	FP-7301ANC

# 4.2.3 弁の動的機能維持評価結果

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

許容応力	I
計算応力	I
鉛直	Ι
本水	I
鉛直	Ι
土が	Ι
1)36 810	I
	Ι
	I

* 応答加速度は、打ち切り振動数を 50Hz として計算した結果を示す。

4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

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

1			r –														1
	代表																
疲労評価	疲労累積 係数	-	-	—	—	—	—	_	_	—	_	_	_	—		_	—
	評価点	-	-	—	—	—	-		-	-		-	-	-	Ι	-	—
	代表		I			Ι											I
_	裕度	3.05	1.83	1.38	1.49	1.81	1.86	1.99	2.32	1.43	4.45	7.59	12.05	2.97	1.43	1.70	1.31
十二次応力	許容応力 [MPa]	410	410	410	410	410	410	410	410	410	410	410	410	410	410	410	410
ー次	計算応力 [MPa]	134	224	296	274	226	220	206	176	286	92	54	34	138	286	240	312
	評価点	A36	A88	A04	A106N	A52N	A72	A03N	A129N	A04	A39N	A27	B02	A53	A100F	A10	A10
	代表					Ι											
	裕度	5.08	3.60	2.81	3.01	3.27	3.65	3.86	4.45	2.85	6.98	10.17	10.63	4.77	2.83	3.09	2.68
- 次応力	許容応力 [MPa]	468	468	468	468	468	468	468	468	468	468	468	468	468	468	468	468
	計算応力 [MPa]	92	130	166	155	143	128	121	105	164	67	46	44	98	165	151	174
	評価点	A36	A88	A04	A109F	A52N	A72	A03N	A129N	A04	A39N	A27	B02	A53	A100F	A10	A10
西部ナルラ		FP-020R5F	FP-021R5F	FP-022R5F	FP-023R4F	FP-024R4F	FP-025R4F	FP-026R4F	FP-027R4F	FP-028R4F	FP-142R5F	FP-128R4F	FP-131R4F	FP-029R3F	FP-030R3F	FP-031R3F	FP-032R3F
No		1	2	3	4	5	9	7	8	6	10	11	12	13	14	15	16
	N。	No         配管モデル         一次応刀         一次十一次応刀         数牙評価           評価点         計算応力         許容応力         裕度         代表         評価点         一次当         一次子         一次         一次	No	No	No         HIGH EFF/L $-\infty\kappa_{5.7}$ $-\infty\kappa_{}$ $\infty\kappa_{7.3}$ $\infty\kappa_{7.3}$ 1         Predict         Predict	No $\overline{\text{BPE+F/L}}$ $-\infty - \infty $	No         Heff et function $\infty - \infty - \infty - \infty - \infty - \infty + -\infty - \infty - \infty + -\infty - \infty + -\infty - \infty + -\infty - \infty + -\infty + \infty - \infty + \infty +$	No         Ender         High         High <th< td=""><td>No</td><td>No         Biffet for the structure        </td><td>No         $\overline{\text{Bref} = 7^{7} \text{A}}$ $\overline{\text{Fref} = 7^{7} \text{A}$</td><td>No</td><td>No         Reference         $$</td><td>No         Reflet F/L         MAGE         Mage</td><td>No         Effect $\mathcal{I}$         -$\mathcal{K}(\mathcal{K})$ $\mathcal{K}(\mathcal{K})$ $\mathcal{K}(\mathcal{K})$</td><td>No         Endle F + $J_{-J}$ </td><td>No         $\overline{\mathrm{mer} \mathrm{e} \mathrm{r} \mathrm{J} \mathrm{L}}$ $\overline{\mathrm{mer} \mathrm{r} \mathrm{r} \mathrm{L} \mathrm{L} \mathrm{J}}$ $\overline{\mathrm{mer} \mathrm{r} \mathrm{r} \mathrm{L} \mathrm{L} \mathrm{J}}$ $\overline{\mathrm{mer} \mathrm{r} \mathrm{r} \mathrm{L} \mathrm{L} \mathrm{J}}$ $\overline{\mathrm{mer} \mathrm{r} \mathrm{r} \mathrm{r} \mathrm{L} \mathrm{L} \mathrm{J} \mathrm{L} \mathrm{L} \mathrm{L} \mathrm{L} \mathrm{L} \mathrm{L} \mathrm{L} L$</td></th<>	No	No         Biffet for the structure	No $\overline{\text{Bref} = 7^{7} \text{A}}$ $\overline{\text{Fref} = 7^{7} \text{A}$	No	No         Reference $$	No         Reflet F/L         MAGE         Mage	No         Effect $\mathcal{I}$ - $\mathcal{K}(\mathcal{K})$	No         Endle F + $J_{-J}$	No $\overline{\mathrm{mer} \mathrm{e} \mathrm{r} \mathrm{J} \mathrm{L}}$ $\overline{\mathrm{mer} \mathrm{r} \mathrm{r} \mathrm{L} \mathrm{L} \mathrm{J}}$ $\overline{\mathrm{mer} \mathrm{r} \mathrm{r} \mathrm{L} \mathrm{L} \mathrm{J}}$ $\overline{\mathrm{mer} \mathrm{r} \mathrm{r} \mathrm{L} \mathrm{L} \mathrm{J}}$ $\overline{\mathrm{mer} \mathrm{r} \mathrm{r} \mathrm{r} \mathrm{L} \mathrm{L} \mathrm{J} \mathrm{L} \mathrm{L} \mathrm{L} \mathrm{L} \mathrm{L} \mathrm{L} \mathrm{L} L$

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果(クラス3範囲)

				++++			許容応	5力状態 IV	A S 				正法がまた	
西絶 モデラー 一次 応	- 次応7	- 次応7	-次応7	۲ ۲				一次	十二次応力	_			疲労評価	
LLE L / / 評価点 計算応力 許容/ EMPa] EMP	評価点 計算応力 [MPa] [MP	計算応力 許容J [MPa] [MP	許容/J [MP	た力 a]	裕度	代表	評価点	計算応力 [MPa]	許客応力 [MPa]	裕度	代表	評価点	疲労累積 係数	代表
FP-148R4F D16 43 44	D16 43 4	43 4	4	58	10.88		D13	44	410	9.31			I	
FP-121R3F A13 45 4	A13 45 4	45 4	4	68	10.40		A13	56	410	7.32				T
FP-143R3F A16N 51 4	A16N 51 4	51 4	4	ł68	9.17		A16N	54	410	7.59				I
FP-144R3F A35 41	A35 41 4	41	7	168	11.41		A35	50	410	8.20				T
FP-145R4F A13 48	A13 48	48	7	168	9.75		A13	58	410	7.06			I	I
FP-118Y2F A10N 174 4	A10N 174 4	174 4	4	68	2.68		A10N	300	410	1.36			I	Ι
FP-119R2F A10N 58	A10N 58	58	7.	168	8.06	Ι	A10N	58	410	7.06			I	Ι
FP-035RB1 1 47 4	1 47 4	47 4	4	-68	9.95		1	47	410	8.72			Ι	Ι
FP-036RB1 17 70 4	17 70 4	5 02	4	-68	6.68		17	78	410	5.25			Ι	Ι
FP-037RB1 5 116 4	5 116 4	116 4	4	68	4.03		9	182	410	2.25				Ι
FP-038RB1 25 52 4	25 52 4	52 4	4	68	9.00		25	29	410	6.11			Ι	Ι
FP-039RB1 21 110 4	21 110 4	110 4	4	68	4.25		21	166	410	2.46			Ι	Ι
FP-040RB1 20 30 4	20 30 4	30	7	ł68	15.60		17	20	410	20.50			I	Ι
FP-122RB1 A14N 79 ¢	A14N 79 4	5 6L	7	ł68	5.92		A14N	122	410	3.36			I	T
FP-125RB1 A14N 77	A14N 77	·	7	168	6.07		A14N	120	410	3.41			Ι	Ι
FP-041RB2 11 66 4	11 66 4	66 4	4	68	7.09		11	95	410	4.31			I	I
FP-042RB2 5005 55 4	5005 55 4	55 4	4	68	8.50	Ι	5005	65	410	6.30			I	Ι
FP-043RB2 1 82 4	1 82 4	82 4	4	68	5.70		1	116	410	3.53				Ι
FP-044RB2 20 37 4	20 37 4	37 4	4	68	12.64		20	34	410	12.05			Ι	Ι
FP-045RB2 19 176	19 176	176		468	2.65		19	313	410	1.30				
FP-046RB2 38 25	38 25	25		468	18.72		38	10	410	41.00	-	Ι	I	I

	→茶点土			許容応	5力状態 IV 一加	A S + - 参告				油学型価	
-										<u> </u>	
評価点 計算応7 [MPa]	J 許容応ナ [MPa]	7 裕度	代表	評価点	計算応力 [MPa]	許容応力 [MPa]	裕度	代表	評価点	疲労累積 係数	代表
5 105	468	4.45		5	161	410	2.54				
19 47	468	9.95		19	59	410	6.94		Ι	I	Ι
8001 54	468	8.66		8001	67	410	6.11				T
5006 26	468	18.00		25	11	410	37.27		—		I
40 43	468	10.88		40	45	410	9.11				I
5013 69	468	6. 78		5013	101	410	4.05		-		
5013 27	468	17.33		5013	18	410	22.77		—		Ι
A17N 48	468	9.75		A20	54	410	7.59		—		Ι
2 55	468	8. 50	I	2	62	410	6.61		—	Ι	Ι
5025 128	468	3.65		5025	217	410	1.88		—	Ι	Ι
67 38	468	12.31		67	23	410	17.82		—		Ι
11 97	 468	4.82		11	157	410	2.61				
5011 101	468	4.63		5011	128	410	3.20		Ι		
5017 36	468	13.00		5017	31	410	13.22		-		I
13 83	468	5.63		13	123	410	3. 33		—		Ι
5021 128	 468	3.65		5021	216	410	1.89				I
135 35	468	13.37		135	31	410	13.22			I	T
13 97	 468	4.82		13	156	410	2.62		—		Ι
5019 143	468	3.27		5019	250	410	1.64			I	I
141 28	468	16.71		141	18	410	22.77				I
44 113	468	4.14	I	44	176	410	2.32	I	—	Ι	Ι

							許容応	5力状態 IV	S A					
(	問練せ近こ		I	- 次応力				一次	+二次応力	1			疲労評価	
2		評価点	計算応力 [MPa]	許容応力 [MPa]	裕度	代表	評価点	計算応力 [MPa]	許容応力 [MPa]	裕度	代表	評価点	疲労累積 係数	代表
59	FP-068RB2	5011	78	468	6.00		12	106	410	3.86			I	
30	FP-146R1F	A18	09	468	7.80		A20	89	410	6.02		Ι	Ι	I
51	FP-067RB1	2	82	468	6,00	-	2	108	410	3.79	—	-	-	I
32	FP-069R2F	65	89	468	5.25		65	130	410	3.15		Ι		Ι
33	FP-070R1F	11	46	468	10.17		14	49	410	8.36		Ι	Ι	I
34	FP-072R1F	58	129	468	3.62	-	58	225	410	1.82	-	-		Ι
35	FP-071R1F	78	33	468	14.18	-	78	30	410	13.66		-	-	Ι
36	FP-073R1F	11	51	468	9.17		11	02	410	5.85		Ι	Ι	Ι
57	FP-075R2F	52	180	468	2.60		52	326	410	1.25	-	-	-	Ι
38	FP-074R1F	5035	99	468	7.09		5035	26	410	4.22		Ι	-	Ι
39	FP-076R1F	5001	38	468	12.31		11	45	410	9.11		Ι	Ι	I
70	FP-078R1F	52	151	468	3.09		52	270	410	1.51		Ι	Ι	Ι
71	FP-077R1F	5035	33	468	14.18		5035	33	410	12.42		Ι	Ι	Ι
72	FP-079R1F	5001	63	468	7.42		5001	06	410	4.55		Ι	Ι	Ι
73	FP-083R5F	29	220	468	2.12	0	29	333	410	1.23			I	I
'4	FP-080R1F	5047	65	468	4.92		79	148	410	2.77		Ι	Ι	Ι
75	FP-081R3F	5072	48	468	9.75		5072	99	410	7.32		Ι	Ι	Ι
6	FP-082R5F	125	29	468	6.98		125	96	410	4.27			Ι	Ι
7	FP-084R1F	5001	59	468	7.93		5001	82	410	5.00			I	I
.8	FP-088R5F	23	171	468	2.73		23	238	410	1.72				Ι
9	FP-085R1F	64	96	468	4.87		64	124	410	3.30				
30	FP-086R3F	2067	46	468	10.17	-	5073	47	410	8.72	Ι	-	Ι	Ι

		代表	Ι	I	Ι	Ι	Ι	Ι	Ι	Ι	Ι	I	Ι	Ι	Ι	Ι		I	Ι	Ι	Ι	I	I
	度労評価	疲労累積 係数						I			I				I								
		評価点	I		I	I	I	Ι		I	Ι		Ι	I	Ι	I	I			I	I		I
		代表													0								-
		裕度	6.30	4.60	1.95	2.86	8.03	9.53	1.36	1.64	1.75	7.88	6.21	3.30	1.18	5.54	1.20	1.57	2.80	1.84	2.00	2.62	9.76
$^{\prime}{}_{\rm A}$ S	:+二次応力	許容応力 [MPa]	410	410	410	410	410	410	410	410	410	410	410	410	410	410	410	410	410	410	410	410	410
:力状態 IV	一次	計算応力 [MPa]	65	89	210	143	51	43	301	249	233	52	66	124	345	74	340	261	146	222	205	156	42
許容応		評価点	118	5000	5001	5046	5062	111	11	5002	68	5064	111	11	50	5067	31	122	148	5000	126	5052	A20
		代表																					I
		裕度	9.17	6.50	3.41	4.45	8.66	12.64	2.80	2.92	2.98	8.66	8.35	5.70	2.46	7.54	2.41	2.98	4.72	3.49	3.65	4.58	11.41
	- 次応力	許容応力 [MPa]	468	468	468	468	468	468	468	468	468	468	468	468	468	468	468	468	468	468	468	468	468
		計算応力 [MPa]	51	72	137	105	54	37	167	160	157	54	56	82	190	62	194	157	66	134	128	102	41
		評価点	118	5000	5001	68	5062	111	11	5002	68	5064	113	5000	50	5067	31	122	148	5000	126	5052	A17N
	門紙は八三、		FP-087R5F	FP-089R1F	FP-093R5F	FP-090R1F	FP-091R3F	FP-092R4F	FP-094R1F	FP-098R5F	FP-095R1F	FP-096R3F	FP-097R4F	FP-099R3F	FP-101R3F	FP-100R3F	FP-102R3F	FP-134R3F	FP-103R3F	FP-104R3F	FP-135R3F	FP-105R4F	FP-141R2F
	N	ONI	81	82	83	84	85	86	87	88	89	06	91	92	93	94	95	96	26	98	66	100	101

	代表		I	Ι	Ι		Ι	Ι	I	I	I	Ι	Ι	Ι		Ι		I	I			Ι
麻学評価	疲労累積 係数	I	I	I	I	Ι	I	I	I	I	I	I	I	I		I	I	I	I	Ι		I
	評価点	I	I	Ι	Ι	I	Ι	Ι	I	Ι		Ι	Ι	Ι		Ι		Ι	I	I		I
	代表		-	-	-	-	—	—	-	-	—	—	—	—		—		-	—	-		—
	裕度	2.10	1.25	4.27	4.93	19.52	13.22	10.00	11.38	3.94	4.40	6.72	3.50	4.76	9.31	6.02	3.20	27.33	4.76	7.73	102.50	37.27
A S + - 派示+	于 新容応力 [MPa]	410	410	410	410	410	410	410	410	410	410	410	410	410	410	410	410	410	410	410	410	410
:力状態 IV 一次	計算応力 [MPa]	195	328	96	83	21	31	41	36	104	93	61	117	86	44	68	128	15	86	53	4	11
許容応	評価点	11	19	A30	A00	A16	A46	B07	D03	N608	A01F	H01	A23F	A29N	A38N	B10F	A08	E07	A42	B26F	A00	B14
	代表		I	Ι	Ι		Ι	Ι	I	I	I	Ι	Ι	Ι		Ι		I	I			Ι
	裕度	4.17	2.38	6.50	6.88	13.76	12.31	11.41	10.63	6.00	8.06	11.14	5.57	8.50	14.18	10.40	5.20	18.72	8.50	12.64	17.33	15.60
上茶店ナ	許容応力 [MPa]	468	468	468	468	468	468	468	468	468	468	468	468	468	468	468	468	468	468	468	468	468
	計算応力 [MPa]	112	196	72	68	34	88	15	44	82	89	42	84	22	33	45	06	25	22	28	72	08
	評価点	11	19	A30	A00	A00	A46	B07	B26	N608	A01F	H01	A23F	A29N	A38N	B10F	A08	B18	A42	B56	A00	B14
	配管モデレ	FP-137R2F	FP-136R2F	FP-147YB1	C-01-1360-517F	C-01-1360-518F	C-01-1360-509F	C-01-1360-502F	C-01-1360-506F	C-01-1360-507F	C-01-1360-523F	C-01-1360-501F	C-01-1360-508F	C-01-1360-504F	C-01-1360-503F	C-01-1360-505F	C-01-1360-001F	C-01-1360-002F	C-01-1360-017F	C-01-1360-008F	C-01-1360-006F	C-01-1360-007F
	No	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122

		代表	-	Ι	Ι	Ι	-	-	Ι	-	-	-	-	-	—	Ι	-	-	—	-	-	-	-
	度労評価	疲労累積 係数		I				I			Ι												Ι
		評価点		I	I	I		Ι	Ι	I	I			I	Ι	Ι							I
		代表	Ι	I	Ι	Ι	Ι	Ι	Ι	Ι	Ι	Ι	Ι	Ι	Ι	Ι	Ι	Ι	Ι		Ι	I	Ι
		裕度	102.50	4.93	37.27	4.14	11.38	5.94	6.30	8.72	3. 50	37.27	34.16	7.06	14.13	41.00	1.68	45.55	1.68	3.01	58.57	29.28	11.08
^A S	+二次応力	許容応力 [MPa]	410	410	410	410	410	410	410	410	410	410	410	410	410	410	410	410	410	410	410	410	410
:力状態 IV	ー次	計算応力 [MPa]	4	83	11	66	36	69	65	47	117	11	12	58	29	10	244	6	244	136	7	14	37
許容応		評価点	A00	A03F	A14	A06	B02	A32F	B41N	A22	409	B18	A04	A03F	A08	A06	B46F	A00	C42F	A14F	A06	A00	A00
		代表	I	I		I	I	I	I	Ι	Ι		I	Ι	Ι	I					I		Ι
		裕度	17.33	7.20	15.60	6.24	15.09	10.40	10.88	13.00	5.37	18.72	22.28	10.88	17.33	16.71	7.42	16.13	7.42	5.03	18.72	16.13	13.37
	- 次応力	許容応力 [MPa]	468	468	468	468	468	468	468	468	468	468	468	468	468	468	468	468	468	468	468	468	468
	-	計算応力 [MPa]	27	65	30	75	31	45	43	36	87	25	21	43	27	28	63	29	63	93	25	29	35
		評価点	A00	A03F	A17	A06	B02	A32F	B41N	A22	409	B24	A04	A03F	A08	A06	B52	A00	C48	B05	A06	A00	409
	開催した。		C-01-1360-003F	С-01-1360-004F	C-01-1360-005F	C-01-1360-013F	C-01-1360-014F	С-01-1360-019F	C-01-1360-018F	C-01-1360-016F	C-01-1360-047F	C-01-1360-048F	C-01-1360-040F	С-01-1360-039F	C-01-1360-038F	C-01-1360-043F	C-01-1360-042F	С-01-1360-046F	C-01-1360-045F	C-01-1360-065F	С-01-1360-066F	C-01-1360-061F	C-01-1360-062F
	N	ONI	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143

R3E
1-10
-2-別孫
浦② V
NT2 1

		代表	Ι	Ι													
	疲労評価	疲労累積 係数		Ι			Ι	Ι		Ι	Ι		Ι	Ι	Ι		
		評価点	—	—	—	—	-	Ι		-	Ι				Ι		—
		代表	Ι	Ι	Ι	Ι	I	I	I	I	I		I	I	I	I	Ι
	ĺ	裕度	8.91	4.27	10.00	1.86	12.05	2.69	8.54	7.32	1.25	12.81	1.64	3.47	12.42	3.44	12.42
$^{\rm A}{ m S}$	十二次応力	許容応力 [MPa]	410	410	410	410	410	410	410	410	410	410	410	410	410	410	410
5力状態 IV	一次	計算応力 [MPa]	46	96	41	220	34	152	48	99	328	32	250	118	33	119	33
許容応		評価点	A21	60Y	80A	C02	A26	A66	409	A45	E02	A51	B23F	A22	A10	A24	A10
		代表	-	-	-	-		Ι			Ι				Ι		Ι
		裕度	10.17	7.54	12.00	3.16	7.09	3.83	8.35	7.67	2.29	6.88	3.00	5.03	9,00	4.97	9.00
	- 狄応力	許容応力 [MPa]	468	468	468	468	468	468	468	468	468	468	468	468	468	468	468
	-	計算応力 [MPa]	9	29	68	148	99	122	99	19	204	89	156	63	52	94	52
		評価点	A21	409	A08	C02	A26	A66	A00	A45	E02	A51	B23F	A22	A03	A24	A03
	「「」」という。		C-01-1360-053F	R218YDRxx-1-01	R218YDRxx-2-01	FP-106Y2F	FP-109RB1	FP-112RB1	FP-110RB1	FP-113RB1	FP-114Y1F	FP-116RB1	FP-117RB1	С-01-1360-520F	С-01-1360-519F	C-01-1360-522F	C-01-1360-521F
	N	ONI	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158

V-2-別添1-11 火災防護設備の水平2方向及び鉛直方向地震力 の組合せに関する影響評価

1.	概要	1
2.	影響評価・・・・・・	1
2.	1 基本方針	1
2.2	2 評価条件及び評価方法・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	1
3.	評価結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	3

1. 概要

本計算書は、添付書類「V-2-別添1-1 火災防護設備の耐震計算の方針」の「2. 耐震評価の基本方針」に基づき、火災防護設備について設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能、動的機能を有することを確認するため、動的地震力の水平2方向及び鉛直方向の組合せに関する影響評価について説明するものである。

- 2. 影響評価
- 2.1 基本方針

火災防護設備に関する,水平方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価については, 添付書類「V-2-1-8 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針」の「4.2 機器・配管系」の評価方針及び評価方法を踏まえて,設備が有する耐震性に及ぼす影響を評価 する。

2.2 評価条件及び評価方法

添付書類「V-2-1-8 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針」の

「4. 各施設における水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方針」を踏まえて, 基準地震動S。による地震力に対して耐震評価を実施する設備のうち,従来の設計手法におけ る水平1方向及び鉛直方向地震力の組み合わせた耐震計算(以下「従来の計算」という。)に 対して,設備の構造特性から水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の可能性があ るものを抽出し,設備が有する耐震性に及ぼす影響を評価する。影響評価のフローを図2-1に 示す。

(1) 評価対象となる設備の整理

火災防護設備のうち、基準地震動S_sによる地震力に対してその機能が維持できることを 確認する設備を評価対象とする。(図2-1①)

(2) 構造上の特徴による抽出

構造上の特徴から水平2方向の地震力が重複する観点,若しくは応答軸方向以外の振動 モード(ねじれ振動等)が生じる観点にて検討を行い,水平2方向の地震力による影響の可 能性がある設備を抽出する。(図2-12)

(3) 発生値の増分による抽出

水平2方向の地震力による影響の可能性がある設備に対して,水平2方向の地震力が各 方向1:1で入力された場合に各部にかかる荷重や応力を求め,従来の水平1方向及び鉛直方 向地震力の組合せによる設計に対して,水平2方向及び鉛直方向地震力を考慮した発生値の 増分を用いて影響を検討し,耐震性への影響が懸念される設備を抽出する。

また,建物・構築物及び屋外重要土木構造物の検討により,機器・配管系への影響の可 能性がある部位が抽出された場合は,機器・配管系への影響を評価し,耐震性への影響が懸 念される設備を抽出する。(図2-1③)

(4) 水平2方向及び鉛直方向地震力の影響評価

「(3)発生値の増分による抽出」の検討において算出された荷重や応力を用いて,設備 が有する耐震性への影響を検討する。(図2-1④)

1



図 2-1 水平2 方向及び鉛直方向地震力による影響評価フロー

- 3. 評価結果
- 3.1 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価設備(部位)の抽出
   火災防護設備のうち、水平2方向及び鉛直方向地震力の評価対象設備を表3-1に示す。添付書類「V-2-1-8 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針」の「4.2
   機器・配管系」の評価設備(部位)の抽出方法を踏まえ、評価対象設備の各評価部位、応力

分類に対し構造上の特徴から,水平2方向の地震力による影響を以下の項目により検討し影響の可能性がある設備を抽出した。

- (1) 水平2方向の地震力が重複する観点
   評価対象設備は、水平1方向の地震に加えて、さらに水平直交方向に地震力が重複した
   場合、水平2方向の地震力による影響検討が必要となる可能性があるものとして抽出した。
- (2) 水平方向とその直交方向が相関する振動モード(ねじれ振動等)が生じる観点 水平方向とその直交方向が相関する振動モードが生じることで有意な影響が生じる可能性 がある設備を抽出した。
- (3) 水平1方向及び鉛直方向地震力に対する水平2方向及び鉛直方向地震力の増分の観点 (1)及び(2)にて影響の可能性がある設備について、水平2方向の地震力が各方向1:1 で入力された場合に各部にかかる荷重や応力を求め、従来の計算による発生値と比較し、そ の増分により影響の程度を確認し、耐震性への影響が懸念される設備を抽出した。

3.2 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価

表3-2にて抽出された設備について,水平2方向及び鉛直方向地震力を想定した発生値 を,添付書類「V-2-1-8 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針」 の「4.2 機器・配管系」の方法にて算出した。

3.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の影響評価結果

「3.2 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価」の影響評価条件にて算出した発生値に対して,設備が有する耐震性への影響を評価した。影響評価結果を表3-3に示す。

3.4 まとめ

火災防護設備について,水平2方向及び鉛直方向地震力を想定した場合でも火災防護設備 が有する耐震性への影響がないことを確認したため,従来の水平1方向及び鉛直方向地震力 の組合せによる設計手法に加えて更なる設計上の配慮が必要な設備はない。

設備名称	評価対象 部位
火災感知器	基礎ボルト
火災受信機盤	基礎ボルト
ハロンボンベ設備	ボンベラック 基礎ボルト
ハロンガス供給選択弁ユニット	弁ラック 基礎ボルト
ハロン消火設備制御盤	基礎ボルト
二酸化炭素ボンベ設備	ボンベラック 基礎ボルト
二酸化炭素供給選択弁ユニット	弁ラック 基礎ボルト
二酸化炭素消火設備制御盤	基礎ボルト
ガス供給配管	ガス供給配管

表3-1 水平2方向及び鉛直方向地震力の影響検討対象設備

### 表3-2 水平2方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果(1/2)

2.3.1項(2)

の観点

___

_

____

____

_

_

_

—

2.3.1項(1)

の観点

 $\bigcirc$ 

 $\bigcirc$ 

 $\bigcirc$ 

 $\bigcirc$ 

 $\bigcirc$ 

 $\bigcirc$ 

 $\bigcirc$ 

 $\bigcirc$ 

 $\bigcirc$ 

△:影響軽微

水平2方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性

2.3.1項(3)

の観点

 $\bigcirc$ 

 $\triangle$ 

 $\triangle$ 

 $\triangle$ 

 $\triangle$ 

 $\triangle$ 

 $\triangle$ 

 $\triangle$ 

0

-:該当なし

検討結果

明確な応答軸を有

明確な応答軸を有

明確な応答軸を有

明確な応答軸を有

明確な応答軸を有

明確な応答軸を有

補足-340-7の表2

の評価結果より 影響評価結果は

影響評価結果は

表3-3参照

している。

している。

している。

している。

している。

している。

表3-3参照

(1) 構造強度評価

設備名称

火災感知器

火災受信機盤

ハロンボンベ設備

ハロンガス供給選択弁ユニット

ハロン消火設備制御盤

二酸化炭素ボンベ設備

二酸化炭素供給選択弁ユニット

二酸化炭素消火設備制御盤

ガス供給配管

⁽凡例)○:影響の可能性あり

### 表3-2 水平2方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果(2/2)

△:影響軽微

-:該当なし

(2)	機能維持評価
<u>`</u>	

(2) 機能維持評価				
	水平2	2方向及び鉛直	方向地震力の	影響の可能性
設備名称	2.3.1項(1) の観点	2.3.1項(2) の観点	2.3.1項(3) の観点	検討結果
火災感知器	0	_	0	影響評価結果は 表3-4参照
火災受信機盤	0	_	Δ	明確な応答軸を有 している。
ハロンボンベ設備 容器弁	0	_	0	影響評価結果は 表3-4参照
ハロンガス供給選択弁ユニット 選択弁	0	_	0	影響評価結果は 表3-4参照
ハロン消火設備制御盤	0	_	$\bigtriangleup$	明確な応答軸を有 している。
二酸化炭素ボンベ設備 容器弁	0	_	0	影響評価結果は 表3-4参照
二酸化炭素供給選択弁ユニット 選択弁	0	_	0	影響評価結果は 表3-4参照
二酸化炭素消火設備制御盤	0	_		明確な応答軸を有 している。

⁽凡例)○:影響の可能性あり

### (1) 構造強度評価

### 表3-3 水平2方向及び鉛直方向地震力による構造強度評価

(単位:MPa)

	水平2方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性					
設備名称	評価部位	一次応力評価	一次+二次応力評価	2 方向想定 発生応力	許容応力	
熱感知器	基礎ボルト	20	-	20*	168	
煙感知器①	基礎ボルト	20	_	20*	168	
光電分離式煙感知器	基礎ボルト	2	-	2*	168	
煙感知器(防爆)	基礎ボルト	2	_	2*	168	
熱感知器(防爆)	基礎ボルト	20	_	20*	168	
屋外仕様炎感知器	基礎ボルト	20	_	20*	168	
熱感知力メラ	基礎ボルト	20	_	29	168	
煙感知器②	基礎ボルト	20	_	20*	168	
ガス世公司等	ガマ世公司答	220	_	220*	468	
	カス供給配管	-	345	345*	410	

注記*:原子炉建屋に設置する機器は,設計用床応答曲線(設置床の最大応答加速度(ZPA)を含む)の震度を一律1.5倍した設備評価用 床応答曲線を用いて評価しているため,水平2方向及び鉛直方向地震力の組み合わせである最大√2倍の影響を含む。

発生応力はすべて許容応力以下である。

 $\overline{\phantom{a}}$ 

### (2) 機能維持評価

表3-4	水平2方向及び鉛直方向地震力による影響評価結果	(1/2)

 $(\times 9.8 \text{ m/s}^2)$ 

設備名称		水平2方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性				
			水平方向加速度			
		加速度 評価部位	従来の計算 による発生 加速度	2方向想定 発生加速度	機能確認 済加速度	
	熱感知器	加振台への 取付位置	1.46	1. 46*	5.27	
	煙感知器①	加振台への 取付位置	1.46	1.46*	5.27	
	光電分離式煙感知器	加振台への 取付位置	2.04	2.04*	5.27	
火災	煙感知器(防爆)	加振台への 取付位置	0.95	0.95*	3. 31	
怒 知 器	熱感知器(防爆)	加振台への 取付位置	0.95	0.95*	3. 31	
	屋外仕様炎感知器	加振台への 取付位置	2.04	2.04*	3. 19	
	熱感知カメラ	加振台への 取付位置	0.91	1.29	10.12	
	煙感知器②	加振台への 取付位置	0.95	0.95*	6.36	

注記*:原子炉建屋に設置する機器は,設計用床応答曲線(設置床の最大応答加速度(ZPA)を含む)の震度を一律1.5倍した設備評価用 床応答曲線を用いて評価しているため,水平2方向及び鉛直方向地震力の組み合わせである最大√2倍の影響を含む。

 $\infty$ 

### 表3-4 水平2方向及び鉛直方向地震力による影響評価結果(2/2)

### $(\times 9.8 \text{ m/s}^2)$

	水平2方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性				
	加速度 評価部位	水平方向加速度			
設備名称		従来の計算 による発生 加速度	2 方向想定 発生加速度	機能確認済 加速度	
ハロンボンベ設備 容器弁	加振台への 取付位置	1.40	1. 40*	4.00	
ハロンガス供給選択弁ユニット 選択弁	加振台への 取付位置	1.20	1.70	4.00	
二酸化炭素ボンベ設備 容器弁	加振台への 取付位置	1.29	1.29*	4.00	
二酸化炭素供給選択弁ユニット 選択弁	加振台への 取付位置	1.29	1.29*	4. 00	

注記*:原子炉建屋に設置する機器は,設計用床応答曲線(設置床の最大応答加速度(ZPA)を含む)の震度を一律1.5倍した設備評価用 床応答曲線を用いて評価しているため,水平2方向及び鉛直方向地震力の組み合わせである最大√2倍の影響を含む。

2方向想定発生加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

### V-2-別添 2-1 溢水防護に係る施設の耐震性についての計算書の方

針

1.	概	要1
2.	耐	震評価の基本方針2
2.	1	評価対象施設2
3.	荷	重及び荷重の組合せ並びに許容限界14
3.	1	荷重及び荷重の組合せ14
3.	2	許容限界16
4.	耐	震評価方法19
4.	1	地震応答解析19
4.	2	耐震評価
4.	. 3	機能維持評価
4.	. 4	水平2方向及び鉛直方向地震力の考慮27
5.	適	用基準27

### 目次

### 1. 概要

本資料は、「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12条及び第 54条並びに「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」に適 合する設計とするため、添付書類「V-1-1-8 発電用原子炉施設の溢水防護に関する説 明書」のうち添付書類「V-1-1-8-3 溢水評価条件の設定」にて耐震性を有することか ら溢水源として設定しないとした耐震B,Cクラス機器(以下「耐震B,Cクラス機器」 という。)及び耐震Cクラス機器で工事計画、基本設計方針に示す浸水防護施設、主要 設備リストに記載のない浸水防護施設(以下「溢水防護に係る施設」という。)が、基 準地震動S。による地震力に対して耐震性を有することを確認するための耐震計算方針 について説明するものである。溢水防護に係る施設及び耐震B,Cクラス機器への基準 地震動S。による地震力に対する耐震性の要求は、技術基準規則の第5条及び50条の対象 ではない。

耐震B, Cクラス機器の具体的な計算の方法及び結果は, 添付書類「V-2-別添2-2 溢 水源としない耐震B, Cクラス機器の耐震性についての計算書」に, 溢水防護に係る施 設のうち循環水系隔離システム(以下「漏えい検知」という。)及び防護カバーの具体 的な計算の方法及び結果は, 添付書類「V-2-別添2-4 循環水系隔離システムの耐震性 についての計算書」及び添付書類「V-2-別添2-5 防護カバーの耐震性についての計算 書」に示すとともに, 動的地震力の水平2方向及び鉛直方向の組合せに対する各設備の 影響評価結果は, 添付書類「V-2-別添2-3 溢水防護に係る施設の水平2方向及び鉛直 方向地震力の組合せに関する影響評価結果」に示す。

また,基準地震動による地震力に対し,止水性の維持を期待する逆流防止装置の耐震 性については,評価対象が同一である添付書類「V-2-10-2-6 逆止弁の耐震性について の計算書」にて耐震性を確保されたものを採用することから,ここでは,浸水防護に関 する配置計画を示す。

なお,主要設備リストに記載する浸水防護に係る浸水防護施設となる貫通部止水処置, 水密扉及び堰の基本方針書を,添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に示し,そ の耐震性についての計算書を添付書類「V-2-10-2-7-2 貫通部止水処置(内郭防護)の 耐震性についての計算書」,添付書類「V-2-10-2-8-2 水密扉(溢水防護設備)の耐震 性についての計算書」,添付書類「V-2-10-2-10 溢水拡大防止堰及び止水板の耐震性 についての計算書」及び添付書類「V-2-10-2-11 管理区域外伝播防止堰の耐震性につ いての計算書」に示す。

1

### 2. 耐震評価の基本方針

耐震評価は、「2.1 評価対象施設」に示す評価対象施設を対象として、「3.1 荷重 及び荷重の組合せ」で示す基準地震動S。による地震力と組み合わすべき他の荷重による 組合せ荷重による応力又は荷重(以下「応力等」という。)が、「3.2 許容限界」で示 す許容限界内にあることを、「4. 耐震評価方法」に示す評価方法を使用し、「5. 適 用規格」で示す適用規格を用いて確認する。

耐震B, Cクラス機器及び溢水防護に係る施設は,基準地震動S。による地震力に対し て,その機能を維持又は保持できる設計とすることを踏まえ,水平2方向及び鉛直方向 地震力を適切に組み合わせて実施する。影響評価方法は「4.5 水平2方向及び鉛直方向 地震力の考慮」に示す。

### 2.1 評価対象施設

評価対象施設は,耐震B,Cクラス機器及び溢水防護に係る施設(主要設備リストに 記載する浸水防護施設を除く。以下同じ。)を対象とする。

### 2.1.1 耐震B, Cクラス機器

添付書類「V-1-1-8-3 溢水評価条件の設定」にて溢水源となり得る流体を内包 する機器のうち,基準地震動S。による地震力に対して溢水源として想定しない耐 震性B, Cクラス機器を評価対象施設とする。

評価対象施設のうち容器は,添付書類「V-2-1-13-1 スカート支持たて置円筒 形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」,添付書類「V-2-1-13-2 横 置一胴円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」,添付書類「V -2-1-13-3 平底たて置円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」に て示すスカート支持たて置円筒形容器,横置円筒形容器,平底たて置円筒形容器の 構造を踏まえ,応答性状を適切に評価することで適用する地震力に対して構造強度 を有する構造とする。

評価対象施設のうちポンプ類は、添付書類「V-2-1-13-4 横軸ポンプの耐震性 についての計算書作成の基本方針」、添付書類「V-2-1-13-5 たて軸ポンプの耐 震性についての計算書作成の基本方針」にて示す横置ポンプ及びファンの構造を踏 まえ、応答性状を適切に評価することで適用する地震力に対して構造強度を有する 構造とする。

評価対象施設のうち配管,弁及び支持構造物は,添付書類「V-2-1-13-6 管の耐 震性についての計算書作成の基本方針」にて示す配管,弁及び支持構造物の構造を 踏まえ,応答性状を適切に評価することで適用する地震力に対して構造強度を有す る構造とする。

### 2.1.2 溢水防護に係る施設

添付書類「V-1-1-8-5 溢水防護施設の詳細設計」の「4. 機能設計」にて設定 している対象施設の配置計画を表2-1に,構造計画を表2-2,表2-3及び表2-4に 示す。



表 2-1 逆流防止装置の配置計画



表 2-2 貫通部止水処置の構造計画(1/5)



表 2-2 貫通部止水処置の構造計画(2/5)



表 2-2 貫通部止水処置の構造計画(3/5)



表 2-2 貫通部止水処置の構造計画(4/5)

計画の概	要	田田 町 七葉 二生 「豆」
基礎・支持構造	主体構造	19.町1時2回四
-		
-		
-		
-		
-		

### 表 2-2 貫通部止水処置の構造計画(5/5)

西	置図

表 2-3 漏えい検知の構造計画(1/2)



表 2-3 漏えい検知の構造計画(2/2)



表 2-4 防護カバーの構造計画 (1/2)

計画の概要	<b>把财产 (井)</b> (1)		
基礎・支持構造	主体構造	熌略構這凶	
		図 2-1	

表 2-4 防護カバーの構造計画(2/2)



図2-1 防護カバーの概観
3. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界

耐震B, Cクラス機器及び溢水防護に係る施設の耐震評価に用いる荷重及び荷重の組合せを,「3.1 荷重及び荷重の組合せ」に,許容限界を「3.2 許容限界」に示す。

- 3.1 荷重及び荷重の組合せ
  - 3.1.1 荷重の種類 荷重は、溢水起因の荷重との組合せはない*ため、以下の荷重を用いる。
    - (1) 常時作用する荷重(D)
       死荷重は,持続的に生じる荷重であり,自重とする。
    - (2) 内圧荷重(P_D) 内圧荷重は、当該設備に設計上定められた最高使用圧力による荷重とする。
    - (3) 機械的荷重(M_D)当該設備に設計上定められた機械的荷重
    - (4) 地震荷重(S_s)
       地震荷重は、基準地震動S_sにより定まる地震力とする。
  - 3.1.2 荷重の組合せ

荷重の組合せは、溢水起因の荷重との組合せはない*ため、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」の「3.1 構造強度上の制限」に示す機器・配管系の荷重の組 合せを踏まえて設定する。

- *:地震起因により発生する溢水は、地震後に作用するため、地震荷重と組合せない。 なお、添付書類「V-1-1-8-3 溢水評価条件の設定」にて溢水源として設定する想 定破損による溢水及び消火水の放水による溢水による荷重は、地震起因による溢水 と重畳しない。
- 3.1.3 荷重の算出方法

「3.1 荷重及び荷重の組合せ」で示す荷重の算出方法のうち、添付書類「V -2-10-2-7 貫通部止水処置の耐震性についての計算書」のモルタルに作用する自 重及び基準地震動S。による地震力に伴う荷重の算出方法を「(1) モルタルの荷重 算出方法」に示す。

- (1) モルタルの荷重算出方法
- a. 記号の定義

モルタルの荷重算出に用いる記号を表3-1に示す。

R6

記号	単位	定義	
F s	kN	配管反力によりモルタルに生じるせん断荷重	
F s_total	kN	モルタル部に生じる合計せん断荷重	
F _C	kN	配管反力によりモルタルに生じる圧縮荷重	
F _{C_total}	kN	モルタル部に生じる合計圧縮荷重	
F _v	Ν	基準地震動S。により生じる鉛直反力	
F _H	Ν	基準地震動S。により生じる水平反力	
F _{H1}	Ν	壁貫通配管の軸方向荷重として作用する F _H	
F _{H 2}	Ν	壁貫通配管の軸直方向荷重として作用するF _H	

表 3-1 モルタルの耐震評価に用いる記号

b. 荷重算出方法

モルタルに作用する地震荷重の様式図を図3-1に示す。 せん断荷重Fsは貫通配管の水平反力より次のとおり算出する。

$$F_s = F_{H_1}$$

圧縮荷重Fcは貫通配管の水平反力と鉛直反力から次のとおり算出する。

$$F_{C} = \sqrt{F_{H2}^{2} + F_{V}^{2}}$$

モルタルに作用する合計せん断力  $F_{s_{total}}$ 及び合計圧縮荷重  $F_{c_{total}}$ は次のとおり 算出する。

 $F_{S_total}\!=\!F_{S}$  ,  $F_{C_total}\!=\!F_{C}$ 



図 3-1 地震荷重の様式図

#### 3.2 許容限界

耐震B, Cクラス機器の許容限界は,基準地震動S。による地震力に対する耐震性を 有し,機器の破損により溢水源とならない設計とするため,添付書類「V-2-1-9 機能 維持の基本方針」に示している各機器の許容応力状態IVAsの許容限界を準用する。

溢水防護に係る施設の許容限界は,添付書類「V-1-1-8-5 溢水防護施設の詳細設計」 にて設定している施設ごとの構造強度設計上の性能目標及び設計方針を踏まえて,評価 部位ごとに,地震時及び地震後に機能維持が可能となるように設定する。

評価部位ごとの許容限界を表3-2に示す。

溢水防護に係る施設ごとの許容限界の詳細は、各計算書で評価部位の損傷モードを踏 まえ評価刻目を選定し定める。

施設ごとの許容限界を「3.2.1 施設ごとの許容限界」に示し,許容限界の設定で用いる許容限界式を「3.2.2 許容限界設定方法」に示す。

#### 3.2.1 施設ごとの許容限界

(1) 貫通部止水処置

貫通部止水処置の許容限界は、構造強度設計上の性能目標として、基準地震動 S_sに 対して、海水ポンプ室(浸水防止設備と兼用)、原子炉建屋(浸水防止設備と兼用)、タ ービン建屋及び廃棄物処理建屋の貫通口と貫通部とのすき間に貫通部止水処置を施工 し、優位な漏えいを生じない又は主要な構造部材が構造健全性を維持する設計とする。

したがって、基準地震動S。による地震力に対して、海水ポンプ室(浸水防止設備と 兼用)、原子炉建屋(浸水防止設備と兼用)、タービン建屋及び廃棄物処理建屋の貫通口 と貫通部とのすき間に施工する貫通部止水処置を構成するシール材、ブーツ及びモルタ ルが、計算により確認した変位量又はおおむね弾性状態に留まることを計算により確認 する方針としていることを踏まえ、試験により確認した止水性能を維持可能な変位量並 びに「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)に定め る計算式を用いて貫通部止水処置の寸法により計算にて算出される許容付着荷重及び 設計値としての許容圧縮荷重に対し、妥当な安全裕度を確保した許容荷重を許容限界と して設定する。

(2) 漏えい検知

漏えい検知の許容限界は、構造強度設計上の性能目標として、基準地震動S。による地震力に対し、地震後の循環水系配管の漏えいを検出する機能の維持を考慮して、 主要な構造部材が上記機能を維持可能な構造強度を有する設計とするため、漏えい検 知を固定する基礎ボルトは、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に示してい る「その他の支持構造物」の許容応力状態IVASの許容限界を準用する。

16

(3) 防護カバー

防護カバーの許容限界は、構造強度設計上の性能目標として、基準地震動S。による地震力に対して、原子炉隔離時冷却系配管のターミナルエンドを囲うように設置し、防護カバー本体とパッドを溶接することで固定する。原子炉隔離時冷却系配管への波及的影響を考慮して、主要な構造部材が構造健全性を維持する設計とする。

したがって,基準地震動S。による地震力に対して,防護カバー本体とパッドの溶接部が,おおむね弾性状態に留まることを計算により確認する評価方針としていることを踏まえ,添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に示しているその他の支持構造物の許容応力状態IVAsの許容限界を準用する。

帯重の組		機能	損傷モード			
設備名称	何里の祖合せ	評価部位	応力等 の状態	限界状態 (*)	許容限界	
		シール材		有意な漏水に	試験により確認した止水性 能を維持可能な変位量以下	
		ブーツ	引張	至る変形	とする。	
貫通部止水 処置	D+S _s	モルタル	せん断 圧縮	部材が弾性域 にととまらず 塑性域に入る 状態	「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)に定める計 算式を用いた,計算により 算出される許容付着荷重の 妥当な安全裕度を確保した 許容荷重以下とする。*2	
漏えい検知	D+S _s	基礎ボルト	せん断 引張	<ul> <li>部材が弾性域</li> <li>にとどまらず</li> <li>塑性域に入る</li> <li>状態</li> </ul>	JEAG4601に準じて許容 応力状態W _{As} の許容応力以 下とする。	
防護カバー	D+S _s	防護カバー本 体とパッドの 溶接部	せん断 引張	部材が弾性域 にとどまらず 塑性域に入る 状態	JEAG4601に準じて許容 応力状態W _{As} の許容応力以 下とする。	

表 3-2 施設ごとの許容限界

3.2.2 許容限界設定方法

添付書類「V-2-10-2-7 貫通部止水処置の耐震性についての計算書」に使用するモルタルの許容限界設定式を「(1) モルタルの許容限界式」に示す。

(1) モルタルの許容限界式

モルタルの許容限界は、「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)に定める計算式を用いる。

a. 記号の定義

モルタルの許容限界式に用いる記号を表 3-3 に示す。

記号	単位	定義
f s	kN	モルタルの許容付着荷重
f _C	kN	モルタルの許容圧縮荷重
f' _{ck}	$N/mm^2$	モルタル圧縮強度
f' _{bok}	$N/mm^2$	モルタル付着強度
S	mm	貫通物の周長
L	mm	モルタルの充填深さ
А	$\mathrm{mm}^2$	貫通物の投影面積
γc	_	材料定数

表 3-3 モルタルの許容限界式に用いる記号

b. 許容限界式

(a) 貫通配管がせん断荷重を受ける場合のモルタルの評価

荷重の算出で得られた貫通配管のせん断荷重は,以下に示す貫通配管の周囲 に充填したモルタルの付着強度に対する許容値以下となるようにする。

 $f_{S} = f'_{bok} \times S \times L / \gamma_{C}$   $= 12 \text{ L} / \gamma_{C}$ 

$$f'_{ck} = \boxed{\begin{array}{c} 0.28 \times f_{ck}^{2/3} \times 0.} \\ f'_{ck} = \boxed{\begin{array}{c} 0.28 \times f_{ck}^{2/3} \times 0.} \\ \hline 0.28 \times f_{ck}^{2/3} \times 0. \\ \hline 0.28 \times f_$$

(b) 貫通配管が圧縮荷重を受ける場合のモルタルの評価

荷重の算出で得られた貫通配管の圧縮荷重は,以下に示す貫通配管の周囲に 充填したモルタルの圧縮強度に対する許容値以下となるようにする。

$$f_{C} = f'_{ck} \times A / \gamma_{C}$$

4. 耐震評価方法

耐震B, Cクラス機器及び溢水防護に係る施設の耐震評価は,「4.1 地震応答解析」の「4.2 耐震評価」及び「4.3 機能維持評価」に従って実施する。

4.1 地震応答解析

耐震B, Cクラス機器の地震応答解析は,「4.1.1入力地震動」に示す入力地震動, 「4.1.2 解析方法及び解析モデル」に示す解析方法及び「4.1.3 設計用減衰定数」に示 す減衰定数を用いて実施する。

漏えい検知及び防護カバーの耐震評価に用いる地震荷重を算定するための地震応答解 析は、添付書類「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づいて得られた、漏え い検知及び防護カバーの設置位置における地震応答解析結果を用いる。

図4-1に耐震B, Cクラス機器の地震応答解析の手順を示す。



図4-1 耐震B, Cクラス機器の地震応答解析の手順

4.1.1 入力地震動

耐震B, Cクラス機器及び溢水防護に係る施設の地震応答解析による入力地震動 は,添付書類「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」の「4.設計用床応答曲 線(S_s)」に設定している当該設備設置床の基準地震動S_sにおける設計用床応答 曲線(S_s)とする。

4.1.2 解析方法及び解析モデル

動的解析による地震力の算定に当たっては、地震応答解析手法の適用性及び適用 限界を考慮の上、適切な解析法を選定するとともに、解析条件として考慮すべき減 衰定数、剛性等、各種物性値は、適切な規格・基準、あるいは実験等の結果に基づ き設定する。

機器の解析に当たっては,形状,構造特性等を考慮して,代表的な振動モードを 適切に表現できるよう1質点系,多質点系モデル等に置換し,定式化された評価式 を用いた解析法(一般機器等)又は,設計用床応答曲線を用いたスペクトルモーダ ル解析法により応答を求める。

剛性の高い機器は、その機器の設置床面の設計用最大床加速度の1.2倍の加速度 を震度として作用させて地震力を算出する。

配管系については,多質点系モデルに置換し,設計用床応答曲線を用いたスペク トルモーダル解析法により応答を求める。

なお、動的解析に用いる地震力は材料物性のばらつき等を適切に考慮する。

- (1) 解析方法
  - ・定式化された評価式を用いた解析法(一般機器等)
  - ・スペクトルモーダル解析法
- (2) 解析モデル

代表的な機器・配管系の解析モデルを以下に示す。耐震評価に用いる寸法は,公称値を使用する。

a. 一般機器

タンク,熱交換器,脱塩塔などの一般の機器は,機器本体及び支持構造物の 剛性をそれぞれ考慮し,原則として重心位置に質量を集中させた1質点系にモ デル化する。

b. 配管

配管は3次元多質点はりモデルに置換する。

 $\mathbb{R}6$ 

## 4.1.3 設計用減衰定数

地震応答解析に用いる減衰係数は、添付書類「V-2-1-6 地震応答解析の基本方 針」に設定している、JEAG4601に記載されている減衰定数又は試験等で妥当性 が確認された値を用いる。具体的には表4-1に示す値を用いる。

(1) 機器・配管系

<b>社</b> 在凯供	減衰定数 (%)		
>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>	水平方向	鉛直方向	
溶接構造物	1.0	$1.0^{*1}$	
ボルト及びリベット構造物	2.0	$2.0^{*1}$	
ポンプ・ファン等の機械装置	1.0	$1.0^{*1}$	
配管系	$0.5\sim 3.0^{*2*3}$	$0.5 \sim 3.0^{*1*2*3}$	

*1:既往の研究等において,設備の地震入力方向の依存性や減衰特性について検討さ れ妥当性が確認された値。

*2:既往の研究等において、試験及び解析等により妥当性が確認されている値。

*3:具体的な適用条件を「(2).配管系の設計用減衰定数」に示す。

(参考文献)

電力共通研究「機器・配管系に対する合理的耐震評価法の研究(H12~H13)」

電力共通研究「鉛直地震動を受ける設備の耐震評価手法に関する研究(H7~H10)」

表 4-1 減衰定数

# (2) 配管系の減衰定数

副签区公		減衰定数*1 (%)		
	<b></b> 臣 臣 <i>四 刀</i>	保温材無	保温材有*2	
	スナッバ及び架構レストレイント支持主体			
Ι	の配管系で、支持具(スナッバ又は架構レス	2.0	$3.0^{*3}$	
	トレイント)の数が4個以上*4のもの			
	スナッバ, 架構レストレイント, ロッドレス			
Π	トレイント、ハンガ等を有する配管系で、ア	1.0	2. 0 ^{*3}	
	ンカ及びUボルトを除いた支持具の数が4	1.0		
	個以上であり,配管区分 I に属さないもの			
	Uボルトを有する配管系で,架構で水平配管			
Ш	の自重を受けるUボルトの数が4個以上*4の	2. $0^{*3}$	$3.0^{*3}$	
	もの			
IV	配管区分Ⅰ,Ⅱ及びⅢに属さないもの	0.5	$1.5^{*3}$	

*1:水平方向及び鉛直方向の設計用減衰定数は同じ値を使用。

*2:金属保温材による付加減衰定数は,配管全長に対する金属保温材使用割合が40% 以下の場合1.0%を適用するが,金属保温材使用割合が40%を超える場合は 0.5%とする。

*3: JEAG4601-1991 追補版で規定されている配管系の設計用減衰定数に,既往の 研究等において妥当性が確認された値を反映。

*4:支持具の種類及び数は、アンカからアンカまでの独立した振動系について算定する。

(参考文献)

電力共通研究「機器・配管系に対する合理的耐震評価法の研究(H12~H13)」

電力共通研究「鉛直地震動を受ける設備の耐震評価手法に関する研究(H7~H10)」

4.2 耐震評価

耐震B, Cクラス機器及び溢水防護に係る施設の耐震評価は, 「3.1 荷重及び荷重 の組合せ」にて示す荷重の組合せに対して, 「4.1 地震応答解析」で示した地震応答 解析により発生応力を算出し, 「3.2 許容限界」にて設定している許容限界内にある ことを確認する。評価手法は, 定式化された評価式を用いた解析法又はスペクトルモ ーダル解析法により, JEAG4601に基づき実施することを基本とする。

4.2.1 耐震評価方法

添付書類「V-2-別添2-2 溢水源としない耐震B,Cクラス機器の耐震性につい ての計算書」,添付書類「V-2-別添2-4 循環水系隔離システムの耐震性について の計算書」及び添付書類「V-2-別添2-5 防護カバーの耐震性についての計算書」 の評価方法について示す。

(1) 耐震B, Cクラス機器

評価対象の耐震B, Cクラス機器については, 添付書類「V-2-1-13-1 スカ ート支持たて置円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」, 添付書 類「V-2-1-13-2 横置一胴円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方 針」, 添付書類「V-2-1-13-3 平底たて置円筒形容器の耐震性についての計算 書作成の基本方針」, 添付書類「V-2-1-13-4 横軸ポンプの耐震性についての 計算書作成の基本方針」, 添付書類「V-2-1-13-5 たて軸ポンプの耐震性につ いての計算書作成の基本方針」, 添付書類「V-2-1-13-6 管の応力計算書及び 耐震性についての計算書作成の基本方針」にて示す評価方法及び, 「原子力発電 所耐震設計技術指針」(JEAG4601-1987)日本電気協会」に準拠した, 評価 方法により評価を行う。なお, 評価式が示されない機器については, 実機の構造 モデルをFEMの解析方法を用いた評価を行う。

(2) 漏えい検知

評価対象の漏えい検知については、添付書類「V-2-1-14-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価する。

(3) 防護カバー

防護カバーは,以下の記号の定義,評価条件,評価部位及び評価式より応力評 価を実施する。

a. 記号の定義

防護カバーの評価式に用いる記号を表4-2に示す。

記号	説明	単位
Fн	防護カバーに作用する水平方向荷重	Ν
$F_{\rm V}$	防護カバーに作用する鉛直方向荷重	Ν
A _p	防護カバーとパッドの溶接部断面積	$\mathrm{mm}^2$
b	防護カバーのパッド接触端部間の直線距離	mm
$f_{\rm t}$ *	許容応力状態IV _A S での許容引張応力	MPa
f s*	許容応力状態IV _A S での許容せん断応力	MPa
$f_{ m t}$	許容引張応力(f _t *を1.5倍した値)	MPa
$f_{\rm s}$	許容せん断応力(f _s *を1.5倍した値)	MPa
g	重力加速度(=9.80665)	$m/s^2$
h	防護カバー切欠部長さ	mm
m	防護カバー質量	kg
t wp	防護カバーとパッド溶接部脚長	mm
Сн	水平方向設計震度(=1.34)	_
$C_{\rm V}$	鉛直方向設計震度(=1.01)	_
σ _p	引張応力	MPa
au p	せん断応力	MPa
σ	組合せ応力	MPa

表 4-2 防護カバーの応力評価に用いる記号

# b. 評価方針

防護カバー及び架構は十分に剛であるため,防護カバーに作用する加速度は,据え 付けられる床面における床応答より求める。求められた加速度に防護カバー質量を乗 じて基準地震動S。による荷重を求め,この荷重が防護カバー本体とパッドの溶接部に 作用する評価モデルを用いて,防護カバーに生じる応力が許容限界を超えないことを 確認する。

c. 評価部位

耐震評価を実施する防護カバーの評価部位及び評価内容を表4-3に示す。

表 4-3	評価部位及び評価内容

評価部位	応力等
防護カバーとパッドの溶接部	引張, せん断

d. 評価式

添付書類「V-2-別添2-5 防護カバーの耐震性についての計算書」に使用する評価

式は以下の評価式を用いる。

(a) 防護カバーとパッドの溶接部

防護カバー本体とパッドの溶接部における引張応力, せん断応力及び組合せ応力 を算出し, 許容せん断応力以下であることを確認する。

発生応力は次の計算式により求める。なお、円周部の長さについては、安全側に防 護カバーのパッド接触端部間の直線距離とする。

$$\sigma_{p} = \frac{F_{V}}{A_{p}} \qquad \tau_{p} = \frac{F_{H}}{A_{p}}$$
$$\sigma = \sqrt{\sigma_{p}^{2} + \tau_{p}^{2}}$$
$$A_{p} = 2 (b+h) \frac{t_{wp}}{\sqrt{2}}$$

4.3 機能維持評価

耐震B, Cクラス機器の溢水防護設計上の構造強度に係る機能維持の方針は, 添付 書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」の「3.1 構造強度上の制限」を準用する。

溢水防護に係る施設の溢水防護設計上の構造強度に係る機能維持の動的機能の維持 及び止水性の維持に係る耐震計算の方針は,添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方 針」の「3.1 構造強度上の制限」及び「4.1 動的機器の機能維持」を準用する。 4.3.1 動的機能の維持

地震時及び地震後に動的機能が要求される機器は、添付書類「V-1-1-8 発電用 原子炉施設の溢水防護に関する説明書」のうち添付書類「V-1-1-8-5 溢水防護施 設の詳細設計」にて設定している設備ごとの耐震設計上の性能目標を踏まえ、基準 地震動S。による当該設備床、設計用床応答曲線若しくは設計用最大床加速度から 求まる評価用加速度が、機能確認済加速度以下であることにより確認する。

(1) 漏えい検知(漏えい検出器)

漏えい検知を構成する漏えい検知器は,地震時及び地震後においても,基準地震動S。による地震力に対して,固有周期から求めた応答加速度が,機能確認済加速 度以下であることを確認する。機能確認済加速度には,同型式の器具の正弦波加振 試験において,電気的機能の健全性を確認した器具の加速度を適用する。

4.4 水平2方向及び鉛直方向地震力の考慮

耐震B, Cクラス機器及び溢水防護に係る施設については,基準地震動S。による 地震力に対して耐震性を有することを確認している。

今回,新たに水平2方向及び鉛直方向の組合せによる耐震設計に係る技術基準が制 定されたことから,これら設備についても水平2方向及び鉛直方向の組合せによる影 響を評価する。

影響評価については, 添付書類「V-2-1-8 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合 せに関する影響評価方針」の「4.2 機器・配管系」の評価方針及び評価方法に基づき 行う。

5. 適用基準

適用する規格,指針等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987(日本電気協会)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 JEAG460
   1・補-1984(日本電気協会)
- (3) 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版(日本電 気協会)
- (4) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格(2005 年版(2007 年追補版を含む))
   JSME S NC1-2005/2007(日本機械学会)
- (5) 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)

V-2-別添 2-2 溢水源としない耐震B, Cクラス機器の耐震性に

ついての計算書

1. 椤	要1
2. —	·般事項1
2.1	配置概要1
2.2	構造計画1
2.3	評価方針1
2.4	適用基準2
3. 評	通部位
4. 地	1震応答解析及び構造強度評価4
4.1	地震応答解析及び構造強度評価方法4
4.2	荷重及び荷重の組合せ6
4.3	許容限界7
4.4	計算方法15
4.5	計算条件16
5. 評	7価結果18

# 目次

#### 1. 概要

本資料は、添付書類「V-2-別添2-1 溢水防護に係る施設の耐震性についての計算書の方針」 の「2. 耐震評価の基本方針」に基づき、溢水源となり得る流体を内包する機器のうち溢水源と して設定しない機器(以下「耐震B, Cクラス機器」という。)が、基準地震動S。による地震 力に対して、十分な耐震性を有することを説明するものである。その耐震評価は、応力評価によ り行う。

耐震B, Cクラス機器は,設計基準対象施設においてはBクラス施設又はCクラス施設に分類 される。以下,設計基準対象施設としての構造強度評価を示す。

### 2. 一般事項

2.1 配置概要

耐震B, Cクラス機器は, 原子炉建屋原子炉棟及び海水ポンプ室に設置する。各機器の具体的 な設置建屋及び設置高さは, 表4-1に示し, 設置建屋及び設置高さに応じた評価を行う。

2.2 構造計画

耐震B, Cクラス機器のうちタンク,熱交換器,冷却器等(以下「容器類」という。)の構造 は,添付書類「V-2-1-13-1 スカート支持たて置円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基 本方針」,添付書類「V-2-1-13-2 横置一胴円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方 針」,添付書類「V-2-1-13-3 平底たて置円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」 にて示しているスカート支持たて置円筒形容器,横置円筒形容器,平底たて置円筒形容器を適用 できる構造である。

耐震B, Cクラス機器のうちポンプ及びファン等(以下「ポンプ類」という。)の構造は, 添 付書類「V-2-1-13-4 横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」, 添付書類「V -2-1-13-5 たて軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」にて示している横置ポンプ, ファンを適用できる構造である。耐震B, Cクラス機器のうち配管, 弁及び支持構造物の構造は, 添付書類「V-2-1-13-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」にて示す配管, 弁及び支 持構造物を適用できる構造である。

2.3 評価方針

耐震B, Cクラス機器の応力評価は, 添付書類「V-2-別添2-1 溢水防護に係る施設の耐震性 についての計算書の方針」の「3.1 荷重及び荷重の組合せ」及び「3.2 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, 耐震B, Cクラス機器の評価部位に作用 する応力が許容限界内にあることを, 「3. 地震応答解析」及び「4. 応力評価」に示す方法に より計算し, 「5. 耐震評価」にて確認する。

耐震B, Cクラス機器のうち容器類については, 添付書類「V-2-1-13-1 スカート支持たて置 円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」, 添付書類「V-2-1-13-2 横置一胴円筒 形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」, 添付書類「V-2-1-13-3 平底たて置円筒形

 $\mathbb{R}6$ 

1

容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」にて示しているスカート支持たて置円筒形容器, 四脚たて置円筒形容器,横置円筒形容器,平底たて置円筒形容器,プレート式熱交換器及びラグ 支持たて置き円筒形容器の構造と同様であり,耐震B,Cクラス機器のうちポンプ類については, 添付書類「V-2-1-13-4 横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」,添付書類「V -2-1-13-5 たて軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」にて示している横置ポンプ, ファン及びユニットの構造と同様であることから,添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」 に示している各機器,許容応力状態IVASの荷重の組合せを踏まえて,添付書類「V-2-1-13-1 ス カート支持たて置円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」,添付書類「V-2-1-13-2 横置一胴円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」,添付書類「V-2-1-13-3 平底 たて置円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」の胴板,側板,支持脚,スカート, ラグ,基礎ボルト,取付ボルト及び溶接部並びに添付書類「V-2-1-13-4 横軸ポンプの耐震性に ついての計算書作成の基本方針」,添付書類「V-2-1-13-5 たて軸ポンプの耐震性についての計 算書作成の基本方針」の基礎ボルト及び取付ボルトの評価式を用いて評価する。

耐震B, Cクラス機器の配管, 弁及び支持構造物については, 添付書類「V-2-1-13-6 管の耐 震性についての計算書作成の基本方針」にて示す配管, 弁及び支持構造物の構造と同様であるこ とから, 添付書類「V-2-1-13-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」に示す配管, 弁 及び支持構造物の解析方法を用いて評価する。

2.4 適用基準

適用する規格,基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987(日本電気協会)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 JEAG4601・補一 1984(日本電気協会)
- (3) 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版(日本電気協会)
- (4) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格(2005 年版(2007 年追補版を含む))
   JSME S NC1-2005/2007(日本機械学会)

## 3. 評価部位

耐震B, Cクラス機器の評価部位は,容器及びポンプ類については,添付書類「V-2-1-13-1 スカート支持たて置円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」,添付書類「V -2-1-13-2 横置一胴円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」,添付書類「V -2-1-13-3 平底たて置円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」にて設定してい る胴板,側板,支持脚,スカート,ラグ,基礎ボルト,取付ボルト及び溶接部並びに添付書類 「V-2-1-13-4 横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」,添付書類「V -2-1-13-5 たて軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」にて設定している基礎ボ ルト及び取付ボルトを評価部位とする。

配管,弁及び支持構造物については,添付書類「V-2-1-13-6 管の耐震性についての計算書 作成の基本方針」に示す配管,弁及び支持構造物を評価部位とする。

評価結果は、発生応力と許容応力を踏まえ、評価上厳しい箇所の結果について記載する。

- 4. 地震応答解析及び構造強度評価
- 4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法
- 4.1.1 地震応答解析方法

基準地震動S。による設計用地震力は,添付書類「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」 に基づき設定する。

耐震B, Cクラス機器の地震応答解析は, 添付書類「V-2-別添2-1 溢水防護に係る施設の 耐震性についての計算書の方針」の「4.1 地震応答解析」にて設定している評価方針に従い 実施する。

表4-1に各機器の設置床の最大応答加速度から算出した設計震度を示す。

	設置建屋及び	設計震度	
評価対象設備 	設置高さ EL. (m)	水平方向	鉛直方向
R/B機器ドレンサンプ熱交換器(A)			0.00
R∕B機器ドレンサンプ熱交換器(B)	-4.00	0.87	0.90
制御棒駆動水ポンプ潤滑油冷却器 (A)			
制御棒駆動水ポンプ潤滑油冷却器(B)			
制御棒駆動水加熱器			
制御棒駆動水系ポンプ(A)サクションフィル			
<i>A</i>		0.96	0.92
制御棒駆動水系ポンプ(B)サクションフィル	2.00		
9			
制御棒駆動水ポンプA			
制御棒駆動水ポンプB			
PASSクーラ		1.10	0.96
	8.20		
		1.13	0.99
原子炉冷却材浄化系循環ボンブB	14.00		
スクラム排出水容器(I)		1.34	1 01
スクラム排出水容器 (Ⅱ)	20.30	又は*	1. 11

表4-1 耐震B, Cクラス機器の設計震度(1/3)

*:基準地震動S。に基づく設備評価用床応答曲線より得られる値。

評価対象設備	設置建屋及び 設置高さ	設計震度		
	EL. (m)	水平方向	鉛直方向	
非再生熱交換器 (A)				
非再生熱交換器(B)				
再生熱交換器 (A)				
再生熱交換器 (B)				
再生熱交換器 (C)				
原子炉冷却材浄化系逆洗水受タンク				
原子炉冷却材浄化系逆洗水移送ポンプ				
燃料プール冷却浄化系熱交換器 (A)		1 55		
燃料プール冷却浄化系熱交換器(B)		1.55 ∇ <i>l</i> †∗	1.17	
燃料プール冷却浄化系再循環ポンプA	29.00			
燃料プール冷却浄化系再循環ポンプB				
燃料プール冷却浄化系逆洗水移送ポンプ				
燃料プール冷却浄化系逆洗水受タンク				
燃料プール冷却浄化系保持ポンプA				
燃料プール冷却浄化系保持ポンプB				
サンプルクーラ				
PLR-LFMG室空調機				
ドライウェル除湿機				
燃料プール冷却浄化系フィルタ脱塩器(A)				
燃料プール冷却浄化系フィルタ脱塩器(B)				
燃料プール冷却浄化系プリコートポンプ				
燃料プール冷却浄化系プリコートタンク				
原子炉冷却材浄化系フィルタ脱塩器 (A)		1.67	1 44	
原子炉冷却材浄化系フィルタ脱塩器(B)	38.80	又は*	1. 11	
原子炉冷却材浄化系プリコートタンク				
原子炉冷却材浄化系プリコートポンプ				
原子炉冷却材浄化系保持ポンプA				
原子炉冷却材浄化系保持ポンプB				
DHC冷水ポンプ				

表4-1 耐震B, Cクラス機器の設計震度(2/3)

*:基準地震動S。に基づく設備評価用床応答曲線より得られる値。

評価対象設備	設置建屋及び 設置高さ	設計震度	
	EL. (m)	水平方向	鉛直方向
R/B 6Fローカルクーラ		1.74	
原子炉補機冷却系サージタンク	46.50	又は*	1.52
補器冷却系海水ポンプA			
補器冷却系海水ポンプB	0.300	1.10	1.03
補器冷却系海水ポンプC	0.000		

表 4-1 耐震B, Cクラス機器の設計震度 (3/3)

*:基準地震動S。に基づく設備評価用床応答曲線より得られる値。

#### 4.1.2 構造強度評価方法

耐震B, Cクラス機器の応力評価は, 添付書類「V-2-別添2-1 溢水防護に係る施設の耐震 性についての計算書の方針」の「4.2 耐震評価」にて設定している評価方針を踏まえ, 応力 評価を実施する。

耐震B, Cクラス機器の応力評価は、「4.2 評価部位」に示す評価部位に対し、「4.3 荷 重及び荷重の組合せ」及び「4.4 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、「4.5 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

# 4.2 荷重及び荷重の組合せ

応力評価に用いる荷重及び荷重の組合せは,添付書類「V-2-別添2-1 溢水防護に係る施設 の耐震性についての計算書の方針」の「3.1 荷重及び荷重の組合せ」にて示している荷重及び 荷重の組合せを用いる。

4.2.1 荷重の種類

荷重は、溢水起因の荷重と組合せはない*ため、以下の荷重を用いる。

(1) 常時作用する荷重(D)

死荷重は、持続的に生じる荷重であり、自重とする。

(2) 内圧荷重(P_D)

内圧荷重は、当該設備に設計上定められた最高使用圧力による荷重とする。

(3) 機械的荷重(M_D)

当該設備に設計上定められた機械的荷重。

- (4) 地震荷重(S_s)地震荷重は、基準地震動S_sにより定まる地震力とする。
  - *: 地震起因により発生する溢水は、地震後に作用するため、地震荷重と組合せない。 なお、添付書類「V-1-1-8-3 溢水評価条件の設定」にて溢水源として設定する想定 破損による溢水及び消火水の放水による溢水による荷重は、地震起因による溢水と重

畳しない。

4.2.2 荷重の組合せ

応力評価に用いる荷重の組合せは、各機器の評価部位ごとに設定する。荷重の組合せを表 4-2、表4-3及び表4-4に示す。

表4-2 容器類の荷重の組合せ

許容応力状態	荷重の組合せ	評価部位		
TV S		胴板		
IV A S	$D + r_D + m_D + 3_s$	側板		

表4-3 配管の荷重の組合せ

許容応力状態	荷重の組合せ	評価部位
<b>N</b> U C		配管
IV A S	$D + r_D + MD + S_s$	弁

表4-4 支持構造物の荷重の組合せ

許容応力状態	荷重の組合せ	評価部位	
IV _A S		支持脚	
		スカート	
	$D \perp D \perp M \perp S$	ラグ	
	$D + P_D + M_D + S_s$	基礎ボルト	
		取付ボルト	
		溶接部	

#### 4.3 許容限界

耐震B, Cクラス機器の評価の許容限界は, 添付書類「V-2-別添2-1 溢水防護に係る施設 の耐震性についての計算書の方針」の「3.2 許容限界」にて設定している許容限界に従って, 「4.2 評価部位」にて設定している評価部位ごとに, 許容応力状態IVASの許容応力を用いる。 各機器の評価部位ごとの許容限界を表4-5, 表4-6及び表4-7に, 使用材料及び使用材料の許 容応力評価条件を表4-8に示す。

表4-5 容器類の許容限界

	副雪	Ŧ						
区分	回長	荷重の組合せ	<b>计</b> 谷心 	一次一般	一次膜応力+	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	一次+二次+	
	<i><i><i>V7×</i></i></i>		刀扒您	膜応力	一次曲げ応力	一次十二次応力	ピーク応力	
容器類	В, С	$D + P_D + M_D + S_s$	IV _A S	0.6•Su	左欄の1.5倍 の値	S。地震力のみによ 積係数が1.0以下で のみによる一次+ 以下であれば,疲	*2 こる疲労解析を行い,疲労累 ごあること。ただし,地震動 二次応力の変動値が2・S _y 労解析は不要。	

注記*1 座屈に対する評価が必要な場合は、クラスMC容器の座屈に対する評価式による。

*2 2・S_yを超える場合は弾塑性解析を行う。この場合,設計・規格 PVB-3000(PVB-3313を除く。Smは2/3・S_yと読 み替える。)の簡易弾塑性解析を用いる。

表4-6 配管の許容限界

						許容限界	
区分	耐震 クラス	荷重の組合せ	許容応 力状態	一次一般 膜応力	一次応力 (曲げ応力含 む)	一次+二次応力	一次+二次+ ピーク応力
配管	В, С	$D + P_D + M_D + S_s$	IV _A S	*1 0.6•S _u	左欄の1.5倍 の値	S _。 地震力のみによ 積係数が1.0以下で のみによる一次+ 以下であれば,疲	*2 こる疲労解析を行い,疲労累 ごあること。ただし,地震動 二次応力の変動値は2・S _y 労解析は不要。

注記*1 軸力による全断面平均応力については,許容応力状態ⅢASの一次一般膜応力の許容値の0.8倍の値とする。

*2 2・S_yを超える場合は弾塑性解析を行う。この場合,設計・建設規格 PPB-3536(1),(2),(4)及び(5)(ただし,S_mは 2/3・S_yと読み替える。)の簡易弾塑性解析を用いる。

表4-7 支持構造物の許容限界

				許容限界*1, *2, *3 (ボルト等以外)					許容限 (ボル	界* ^{2,*4} 小、等)	形式試験 による場合				
エレテ	世史の			-	一次応力	J				次十二次	応力		一次	:応力	
「「一」「「」」「「」」「「」」「」」「「」」「」」「「」」「」」「」」「」」「	何里の組合せ	計 谷 応 力 状 態	3136	1 L A NEC	亡论	-#+ ) L2	+=	引張 圧縮	せん断	曲げ	+ -	tion er	BELE		許容荷重
			51饭	セん断	广府	Ш	又庄	3•f t	*6 3•f _s	*7 2•f _b	又庄	<i>)坐/</i> 出	51 瘶	セん断	
В, С	$D + P_{D} + M_{D} + S_{s}$	IV _A S	1.5 • f r*	1.5• f _s *	1.5 • f c*	1.5• f _b *	1.5 • f p*	S 。地震 力振幅に	わのみに こついて評	よる応 価する。	*8 1.5• f _p *	*7, *8 1.5・f _b 1.5・f _s 又は 1.5・f _c	1.5• f _t *	1.5• f _s *	$T_{L} \cdot 0.6 \cdot \frac{S_{y d}}{S_{y t}}$

注記*1 「鋼構造設計規準 SI単位版」(2002年日本建築学会)等の幅厚比の制限を満足させる。

*2 応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

*3 耐圧部に溶接等により直接取り付けられる支持構造物であって耐圧部と一体の応力解析を行うものについては、耐圧部と同じ許容応力とする。

*4 コンクリートに埋め込まれるアンカボルトで地震応力の占める割合が支配的なものであって、トルク管理、材料の照合等を行わないものについては、材料の品質、据付状態等のゆらぎ等を考慮して、ⅢASの許容応力を一次引張応力に対してはft,一次せん断応力に対してはfsとして、またWAS→ⅢASとして応力評価を行う。

*5 薄肉円筒形状のものの座屈の評価にあっては、クラスMC容器の座屈に対する評価式による。

*6 すみ肉溶接部にあっては最大応力に対して 1.5・f sとする。

*7 設計・建設規格 SSB-3121.1(4)により求めたfbとする。

*8 自重,熱膨張等により常時作用する荷重に,地震動による荷重を重ね合わせて得られる応力の圧縮最大値について評価する。

10

評価対象設備	評価部位	材料	温度 条件 (℃)	Sу (MPa)	Su (MPa)
	胴	SM400A	65.6	234	386
原子炉補機冷却系	脚	SM400A	65.6	206	386
サージタング	基礎ボルト	SS400	60	208	389
	胴	SB410	188	190	391
非再生熱交換器 (A)	脚	SM400A	188	188	373
	基礎ボルト	SS400	60	208	389
	胴	SB410	188	190	391
非再生熱交換器 (B)	脚	SM400A	188	188	373
	基礎ボルト	SS400	60	208	389
ドライウェル除湿機	基礎ボルト	SS400	60	208	389
DHC 冷水ポンプ	基礎ボルト	SS400	60	237	389
R/B機器ドレンサンプ 熱交換器(A)	支持材	SUS304	80	180	461
R/B機器ドレンサンプ           熱交換器(B)	支持材	SUS304	80	180	461
制御棒駆動水ポンプ 潤滑油冷却器(A)	基礎ボルト	SS400	60	237	389
制御棒駆動水ポンプ 潤滑油冷却器(B)	基礎ボルト	SS400	60	237	389
PASSクーラ	基礎ボルト	SS400	60	237	389
サンプルクーラ	基礎ボルト	SS400	60	237	389
PLR-LFMG室 空調機	基礎ボルト	SS400	60	237	389
R∕B 6Fローカル クーラ	基礎ボルト	SS400	60	237	389
原子炉冷却材浄化系 循環ポンプA	基礎ボルト	S20C	60	237	382
原子炉冷却材浄化系 循環ポンプB	基礎ボルト	S20C	60	237	382
	胴	SB410	66	212	400
燃料ブール冷却浄化系	脚	SM400A	66	206	385
款父換奋(A)	基礎ボルト	SS400	60	208	389

表4-8 修	も用材料及び使用	材料の許容応	力評価条件	(1/4)
--------	----------	--------	-------	-------

評価対象設備	評価部位	材料	温度 条件 (℃)	S y (MPa)	S u (MPa)
	胴	SB410	66	212	400
燃料フール冷却浄化糸	脚	SM400A	66	206	385
熱父換器(B)	基礎ボルト	SS400	60	208	389
燃料プール冷却浄化系 逆洗水移送ポンプ	基礎ボルト	SS400	60	208	389
	胴	SUS304	94	173	447
燃料フール冷却浄化糸	脚	SS400	94	223	374
ノイルグ脱塩奋(A)	基礎ボルト	S25C	60	256	420
	胴	SUS304	94	173	447
燃料フール冷却浄化糸	脚	SS400	94	223	374
/ / / / / グ <u>尻</u> 塩 奋( B )	基礎ボルト	S25C	60	256	420
	胴	SUS304L	94	147	413
燃料ノール冷却浄化糸	脚	SS400	94	196	374
世況水交ダンク 	基礎ボルト	SS400	60	208	389
燃料プール冷却浄化系 保持ポンプA	基礎ボルト	S25C	60	256	420
燃料プール冷却浄化系 保持ポンプB	基礎ボルト	S25C	60	256	420
燃料プール冷却浄化系 プリコートポンプ	基礎ボルト	S25C	60	256	420
燃料プール冷却浄化系	胴	SM400	94	223	374
プリコートタンク	基礎ボルト	S25C	94	245	406
燃料プール冷却浄化系 再循環ポンプA	基礎ボルト	S20C	65	235	378
燃料プール冷却浄化系 再循環ポンプB	基礎ボルト	S20C	65	235	378
百乙后必却せ後ルダ	胴	SUS304L	94	147	413
「ホーントローク」が   「ホーク」	脚	SM400A	94	223	374
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	基礎ボルト	SS400	60	208	389
原子炉冷却材浄化系 逆洗水移送ポンプ	基礎ボルト	SS400	60	208	389

亚伍出免犯借	河価如位	<b>*</b> 才来].	温度条件	S y	S u
計加刈豕亚加	市工工作目前工作	1/1 1/1	(°C)	(MPa)	(MPa)
百了后公却壮治儿ズ	胴	SB410	66	212	400
原于炉竹却材 伊化糸	脚	SS400	66	234	385
ノイルク航塩品(A)	基礎ボルト	S25C	60	256	420
百乙后冲却封海ル조	胴	SB410	66	212	400
原丁炉印4470伊11ボ ファルタ昭指翌(P)	脚	SS400	66	234	385
	基礎ボルト	S25C	60	256	420
原子炉冷却材浄化系	胴	SM400A	66	234	385
プリコートタンク	基礎ボルト	S25C	66	253	414
原子炉冷却材浄化系 プリコートポンプ	基礎ボルト	S25C	60	256	420
原子炉冷却材浄化系 保持ポンプA	基礎ボルト	S25C	60	256	420
原子炉冷却材浄化系 保持ポンプB	基礎ボルト	S25C	60	256	420
	胴	SUS316	302	130	427
再生熱交換器 (A)	脚	SM400A	302	149	373
	基礎ボルト	S25C	50	260	430
	胴	SUS316	302	130	427
再生熱交換器 (B)	脚	SM400A	302	149	373
	基礎ボルト	S25C	50	260	430
	胴	SUS316	302	130	427
再生熱交換器 (C)	脚	SM400A	302	149	373
	基礎ボルト	S25C	50	260	430
	胴	SUS304	90	175	451
制御棒駆動水加熱器	脚	SS400	90	216	376
	基礎ボルト	S20C	60	227	389
判御持町動业でよいプ	胴	STPT 相当	66	234	385
前御倅駆り水ボルンフ	脚	SS400 相当	66	234	385
(A) リクンヨンノイルタ	基礎ボルト	SS400	60	227	389
判御権関連をなる	胴	STPT 相当	66	234	385
前御俸恥期水ボホンフ	脚	SS400 相当	66	234	385
(ロノック ショマノイルグ	基礎ボルト	SS400	60	227	389

表 4-8 使用材料及び使用材料の許容応力評価条件(3/4)

評価対象設備	評価部位	材料	温度 条件 (℃)	S y (MPa)	S u (MPa)
フカラ / 批山水 宏明 (I)	胴	STPT410	138	215	404
スクノム排山小谷岙(1)	架台	SS400	60	237	389
フカラム地田水宏碧 (Π)	胴	STPT410	138	215	404
スクノム排山小谷岙(Ⅱ)	架台	SS400	60	237	389
制御棒駆動水ポンプA	基礎ボルト	S20C	60	237	382
制御棒駆動水ポンプB	基礎ボルト	S20C	60	237	382
補器冷却系海水系ポンプA	基礎ボルト	SS400	50	211	394
補器冷却系海水系ポンプB	基礎ボルト	SS400	50	211	394
補器冷却系海水系ポンプC	基礎ボルト	SS400	50	211	394

表 4-8 使用材料及び使用材料の許容応力評価条件(4/4)

- 4.4 計算方法
  - (1) 溢水防護として要求する機能を踏まえ,添付書類「V-2-別添2-1 溢水防護に係る施設の耐震性についての計算書の方針」の「3.2 許容限界」より,基準地震動S。による地震力に対して耐震性が確保され溢水に至らないことを確認するために,許容応力状態IV_ASで,許容限界を満足することを確認する。
  - (2) 減衰定数については、添付書類「V-2-別添2-1 溢水防護に係る施設の耐震性についての 計算書の方針」の「4.1.3 設計用減衰定数」に示す値を適用する。

(3) 評価に用いる解析コード並びにその適用機器及び使用目的を以下に記す。

耐震B, Cクラス機器の容器類及びポンプ類の固有値解析及び応力評価に用いる「MSC NASTRAN」の検証及び妥当性確認の概要については、添付書類「V-5-1 計算機プロ グラム(解析コード)の概要・NASTRAN」に示す。配管、弁及び支持構造物の固有値 解析等に用いる「SAP-IV」、「HISAP」、「AutoPIPE」の検証及び妥当性 確認の概要については、添付書類「V-5-3 計算機プログラム(解析コード)の概要・SA P-IV」、添付書類「V-5-4 計算機プログラム(解析コード)の概要・HISAP」及び 添付書類「V-5-3 計算機プログラム(解析コード)の概要・AutoPIPE」に示す。

応力評価は、添付書類「V-2-1-13-1 スカート支持たて置円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」、添付書類「V-2-1-13-2 横置一胴円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」、添付書類「V-2-1-13-3 平底たて置円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」及び添付書類「V-2-1-13-4 横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」及び添付書類「V-2-1-13-5 たて軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」にて示す評価方法及び、原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG 4601-1987(日本電気協会)に準拠した、評価方法により評価を行う。

耐震B, Cクラス機器のうち配管の応力評価は, 添付書類「V-2-1-13-6 管の耐震性に ついての計算書作成の基本方針」に示す配管の解析方法を用いて評価する。

15

4.5 計算条件

3次元はりモデル解析により応力計算を行った配管について,解析モデル図を図4-1に示し,配 管諸元の一覧表を表4-9に,質点質量の一覧表を表4-10に示す。

図4-1 解析モデル図

名称	単位	節点 2から8040
外径	mm	27.2
厚さ	mm	2.9
材料	—	STPG370
縦弾性係数	$ imes 10^5 \mathrm{MPa}$	2.06
最高使用圧力	MPa	0.87
最高使用温度	°C	66

表4-9 配管諸元

表4-10 質点質量

# 5. 評価結果

耐震B, Cクラス機器が基準地震S。による地震力に対し, 耐震性を有することを確認した。 なお, 原子炉建屋内設置の機器について, 算出応力が許容応力に近い機器・配管があるが, 地 盤物性等のばらつきとして1.5を乗じた設計震度を用いていることから, 実際の機器・配管の裕 度は表5-1及び表5-2記載の値よりも大きくなる。

区分	評価対象設備	耐 震 設 計 上 の 重 要 度 分類	設置高さ EL. (m)	評価対象 部位	応力の 種類	算出応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	判定	備考
	原子炉補機冷却系 サージタンク			胴	組合せ	144	468	0	備考 
		D	40.50	脚	組合せ	79	247	0	
		В	46.50	甘7株-ビッ.1	引張	85	100*	)* O	
				基礎ホルト	せん断	68	115	0	
容 器 類 ・ ポ	非再生熱交換器(A)			胴	組合せ	223	380	0	
		D	20, 00	脚	組合せ	50	225	0	
		Б	29.00	甘7株-ビルー1	引張	149	186*	0	
				基礎ホルト	せん断	43	143	O       O       O       O       O       O       O       O       O       O       O       O       O       O       O       O       O       O       O       O       O       O       O       O       O       O       O       O       O       O       O       O       O       O       O       O       O       O       O       O       O       O       O       O       O       O       O       O       O       O       O       O       O       O       O       O       O       O       O       O       O       O       O       O       O       O       O       O <t< td=""><td></td></t<>	
ン	非再生熱交換器(B)			胴	組合せ	223	380	0	
プ		D	20,00	脚	組合せ	50	225	0	
類		В	29.00	11 mile 12 . 1	引張	149	186*	0	
				査 碇 小 ルト	せん断	43	143	0	
	ドライウェル除湿機	С	38, 80	基礎ボルト	引張	98	154*	0	
		_			せん断	67	143	0	

表5-1 基準地震動S。に対する容器・ポンプ類の応力評価結果(1/7)

注記 *: f_{ts} =Min {1.4 · f_{t0}-1.6 · τ_b, f_{t0}} より算出。

			_							
区分	評価対象設備	耐震設 計上の 重要度 分類		設置 高さ EL. (m)	評価対象 部位	応力の 種類	算出応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	判定	備考
容 器 類 ・ ポ	DHC冷水ポンプ	С		38.80	基礎ボルト	引張	15	204*	0	
						せん断	9	157	0	
	R/B機器ドレン サンプ熱交換器(A)	В		-4.00	支持材	せん断	3	124	0	
	<ul><li>R/B機器ドレン</li><li>サンプ熱交換器(B)</li></ul>	В		-4.00	支持材	せん断	3	124	0	
	制御棒駆動水 ポンプ潤滑油 冷却器(A)	D		9.00	H 744 12 .	引張	3	163*	0	
		D		2.00	基礎ホルト	せん断	2	125	0	
	制御棒駆動水 ポンプ潤滑油 冷却器(B)	в		2 00	甘7株-ビュー	引張	3	163*     ○       125     ○	0	
		D	-	2.00	産碇小ルト	せん断	2		0	
	PASSクーラ	в		8 20	主体デルト	引張	9	163*	0	
ン		2				せん断	3	125	0	
プ	サンプルクーラ	D		20,00	+++ with 12 5 1	引張	37	163*	0	
换		Б		29.00	基礎ボルト	せん断	11	125	0	
	PLR-LFMG室 空調機	D	_	20,00	++*************************************	引張	44	204*	0	
		В		29.00	基礎ホルト	せん断	20	157	0	
	R∕B 6F ローカルクーラ	В		46. 50	基礎ボルト	引張	69	163*	0	
						せん断	20	125	0	

表5-1 基準地震動S。に対する容器・ポンプ類の応力評価結果(2/7)

注記 *: f_{ts} =Min {1.4 · f_{t0}-1.6 · τ_b, f_{t0}} より算出。

				•						
区分	評価対象設備	耐設上重度類		設置高さ EL. (m)	評価対象 部位	応力の 種類	算出応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	判定	備考
	原子炉冷却材 海化系循環	В		14.00	基礎ボルト	引張	15	160*	0	
	ポンプA					せん断	12	123	0	
	原子炉冷却材 海化 - 2 年 - 7 - 7 - 7 - 7 - 7 - 7 - 7 - 7 - 7 -	в		14.00	基礎ボルト	引張	15	160*	0	
	浄化糸循環 ポンプB	Ь				せん断	12	123	0	
容 器 類 ・ ポ ン プ 類	燃料プール 冷却浄化系 熱交換器(A)	В		29.00	胴	組合せ	143	424	0	
					脚	組合せ	52	247	0	
					+++ mHz 1% 、 1	引張	15	186*	0	
					基礎小ルト	せん断	31	143	0	
	燃料プール 冷却浄化系 熱交換器 (B)				胴	組合せ	143	424	0	
		В		29.00	脚	組合せ	52	247	0	
					基礎ボルト・	引張	15	186*	0	
						せん断	31	143	0	
	燃料プール 冷却浄化系 逆洗水移送ポンプ	В		00.00	00 基礎ボルト .	引張	8	186*	0	
				29.00		せん断	4	143	0	
	燃料プール 冷却浄化系 フィルタ脱塩器(A)				用同	組合せ	298	346	0	
		B (A)		38.80	脚	組合せ	202	261	0	
			В		基礎ボルト	引張	163	176*	0	
						せん断	42	135	0	

表5-1 基準地震動S。に対する容器・ポンプ類の応力評価結果(3/7)

注記 *: f_{ts} =Min {1.4 · f_{t0}-1.6 · τ_b, f_{t0}} より算出。
	•									
K N	評価対象設備	耐 震 計 上の 重要		設置高さ EL. (m)	評価対象	応力の	算出応力	許容応力	判	備考
স		度分類		EL. (m)	司以正	作里尖貝	(MPa)	(MPa)	λE.	
					胴	組合せ	298	346	0	
	燃料プール				脚	組合せ	202	261	0	
	冷却浄化系 フィルタ脱塩器(B)	В		38.80		引張	163	176*	0	
					基礎ボルト	せん断	42	135	0	
	燃料プール 冷却浄化系 逆洗水受タンク		-		胴	組合せ	287	294	0	
		В	20.40	脚	組合せ	139	235	0		
				29.00	基礎ボルト	引張	155	178*	0	
容						せん断	52	143	0	
器	燃料プール	D		29.00	甘7株JY J	引張	10	220*	0	
類	冷却浄化糸 保持ポンプA	В			基礎小ルト	せん断	5	169	0	
•	燃料プール	D	-	29.00	9.00 基礎ボルト -	引張	10	220*	0	
	冷却浄化糸 保持ポンプB	В				せん断	5	169	0	
~	燃料プール	D	-	00.00	++-7++-12 · · · 1	引張	12	220*	0	
~	冷却浄化糸 プリコートポンプ	В		38.80	基礎小ルト	せん断	7	169	0	
大只	燃料プール		-		胴	組合せ	12	446	0	
	冷却浄化系	В		38.80	甘7枚113 1	引張	129	211*	0	
	プリコートタンク				基礎小ルト	せん断	55	163	0	
	燃料プール		-			引張	12	198*	0	
	冷却浄化系 再循環ポンプA	В		29.00	基礎ボルト	せん断	11	152	0	
	燃料プール			00.00	基礎ボルト	引張	12	198*	0	
	冷却浄化系 再循環ポンプB	В		29.00		せん断	11	152	0	
L	l	•			l					,

## 表5-1 <u>基準地震動S</u>。に対する容器・ポンプ類の応力評価結果(4/7)

注記 *: f_{ts} =Min {1.4 · f_{t0}-1.6 · τ_b, f_{t0}} より算出。

表5-1	基準地震動S	。に対する容器・	・ポンプ類の応力評価結果	(5/7)
		J . , , , , , , , , , , , , , , , , , ,		· ·

区分	評価対象設備	耐 設 上 の 要 分 類		設置高さ EL. (m)	評価対象 部位	応力の 種類	算出応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	判定	備考
	原子炉冷却材				用司	組合せ	87	294	0	
		D		00.00	脚	組合せ	51	261	0	
	浄化糸 逆 洗 水 受 タ ン ク	В		29.00		引張	143	186*	0	
					基礎ボルト	せん断	33	143	0	
	原子炉冷却材					引張	9	186*	0	
	浄化系逆洗水 移送ポンプ	В		29.00	基礎ボルト	せん断	4	143	0	
容器	原子炉冷却材浄化系 フィルタ脱塩器 (A)				用同	組合せ	111	360	0	
		В			脚	組合せ	213	269	0	
				38.80	the setter size of a	引張	175	176*	0	
				基礎ボルト	せん断	29	135	0		
頬	原子炉冷却材浄化系 フィルタ脱塩器 (B)	В	20.00		用同	組合せ	111	360	0	
-1°				00.00	脚	組合せ	213	269	0	
~				38.80	基礎ボルト	引張	175	176*	0	
プ						せん断	29	135	0	
桁	原子恒冷却材净化				用同	組合せ	12	468	0	
754	系プリコートタン	В		38.80	+++ m++, 12 . , 1	引張	129	216*	0	
	ク				基礎ホルト	せん断	55	166	0	
	原子炉冷却材	P		20.00	#7#x_12_v_1	引張	12	220*	0	
	浄化糸ブリコート ポンプ	В		38.80	基礎ホルト	せん断	7	169	0	
	原子炉冷却材			00.00	11 mit. 12 1	引張	16	220*	0	
	浄化系保持 ポンプA	В		38.80	基礎ホルト	せん断	7	169	0	
	原子炉冷却材				++ ==== > > >	引張	16	220*	0	
	浄化系保持 ポンプB	В		38.80	基礎ボルト	せん断	7	169	0	

注記 *: f_{ts} =Min {1.4 · f_{t0}-1.6 · τ_b, f_{t0}} より算出。

区分	評価対象設備	耐設 設 の 要 分		設置高さ EL. (m)	評価対象 部位	応力の 種類	算出応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	判定	備考
		類			HE	知会开	201	260	0	
					月回 B±D	組合し	221	260	0	
	再生熱交換器 (A)	В		29.00	НДІ	相合せ	85	178	0	
					基礎ボルト	91張	3	39.	0	
						せん断	173	173	0	
				29.00	月同	組合せ	221	260	0	
	再牛熱交換器 (B)	В			脚	組合せ	85	178	0	
					基礎ボルト	引張	3	39*	0	
						せん断	173	173	0	
容					胴	組合せ	221	260	0	
器		_			脚	組合せ	85	178	0	
類	再生熱交換器(C)	В	29.00	29.00	基礎ボルト	引張	3	39*	0	
						せん断	173	173	0	
ポ			-		胴	組合せ	30	405	0	
$\sim$	制御棒駆動水	D			脚	組合せ	66	259	0	
プ	加熱器	В		2.00		引張	47	163*	0	
類					基礎ボルト	せん断	14	125	0	
	山湖按町動水ズ				胴司	組合せ	34	346	0	
	刑岬	р		2 00	脚	組合せ	86	269	0	
	サクション	Б		2.00	# 7# 12 a 1	引張	50	163*	0	
	フィルタ				基礎ホルト	せん断	8	125	0	
	判御捧取動水ズ				月同	組合せ	34	346	0	
	刑岬′甲恥IJ/Λボ ポンプ (B)	D		2.00	脚	組合せ	86	269	0	
	サクション	В		2.00	# 7# 12 a 1	引張	50	163*	0	
	フィルタ				基礎ボルト	せん断	8	125	0	

表5-1 基準地震動S。に対する容器類・ポンプ類の応力評価結果(6/7)

注記 *:f_{ts} =Min {1.4 · f_{t0}-1.6 · τ_b, f_{t0}} より算出。

		- 4	~			• • • • •	< - / L / J H I		(.,	/	
ľ		耐震 設計	設置高さ	- <del></del>	44.6	算出応力	許容応力	slet			
分	評価対象設備	上の 重要 度分 類	上の 重要 度分 類	EL. (m)	部位	種類	(MPa)	(MPa)	定	備考	
	スクラム排出水	в		20.30	胴	組合せ	52	363	0		
容	容器(I)	Б		20.30	架台	組合せ	144	272	0		
	スクラム排出水	в		20.30	胴	組合せ	52	363	0		
	容器(Ⅱ)		_	20. 30	架台	組合せ	144	272	0		
器	制御棒駆動水		2.00	其磯ボルト	引張	20	200*	0			
類	ポンプA	Б		2.00	2.00	産曜小ルト	せん断	14	154	0	
	制御棒駆動水 ポンプB	В		2.00	基礎ボルト	引張	20	200*	0		
ポ						せん断	14	154	0		
ン	補器冷却系海水系				基礎ボルト	引張	87	190*	0		
プ	ポンプA	C		0.300		せん断	43	146	0		
頖	補器冷却系海水系	C		0.200	++	引張	87	190*	0		
	ポンプB			0.300	基礎ボルト	せん断	43	146	0		
	補器冷却系海水系 ポンプC	却系海水系 ンプC C		0. 300	基礎ボルト	引張	87	190*	0		
						せん断	43	146	0		

表 5-1 基準地震動 S。に対する容器類・ポンプ類の応力評価結果(7/7)

注記 *:f_{ts} =Min {1.4 · f_{t0}-1.6 · τ_b, f_{t0}} より算出。

区	評価対象系統		設置高さ	耐震設 計上の	評価対象	応力の	算出応力	許容応力
分			EL. (m)	重要度 分類	部位	種類	(MPa)	(MPa)
	原子炉補機冷却水系		EL. 8. 20 m	В	配管本体	一次+二次	379	379
	(RCW糸)				支持構造物	組合せ	227	268
	燃料プール冷却浄化系 (FPC系) 復水・純水移送系 (MUW系)		EL. 29. 00 m	В	配管本体	一次+二次	410	463
					支持構造物	組合せ	239	268
配管・弁			EL4. 00 m~	В	配管本体	一次+二次	455	463
			EL. 8. 20 III		支持構造物	組合せ	226	268
	原子炉冷却材浄化系 (CUW系) 制御棒駆動系		EL. 38. 80 m	В	配管本体	一次+二次	462	463
及				D	支持構造物	組合せ	113	268
び			<b>TV</b> 00 00	В	配管本体	一次+二次	327	430
支持	(CRD系)		EL. 20. 30 m		支持構造物	組合せ	220	271
構	屋内消火系		EL. 8. 20 m~ EL. 29. 00 m	С	配管本体	一次+二次	326	396
垣物	(FP系)				支持構造物	組合せ	35	234
	所内蒸気系		EL.−4.00 m~	C	配管本体	一次+二次	134	428
	(HS系)		EL.14.00 m	C	支持構造物	組合せ	211	268
	補機冷却海水系 (ASW系)	<del>π</del>	EL.0.80 m	С	配管本体	一次+二次	255	490
					支持構造物	圧縮	46	160

## 表5-2 基準地震動S。に対する配管,弁及び支持構造物の応力評価結果

V-2-別添 2-3 溢水防護に関する施設の水平2方向及び鉛直方向地震力

の組合せに関する影響評価結果

1.	概要
2.	影響評価・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
2. 1	1 基本方針・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
2.2	2 評価条件及び評価方法・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
2.3	3 評価結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・

目次

#### 1. 概要

本資料は、添付書類「V-2-別添 2-1 溢水防護に係る施設の耐震性についての計算書の方針」 の「2. 耐震評価の基本方針」に基づき、溢水防護に関する施設及び耐震 B、Cクラス機器につい て、基準地震動 S。による地震力に対して、溢水伝播を防止する機能を維持するために、耐震性 を有することを確認しているため、動的地震動の水平 2 方向及び鉛直方向の組合せに関する影響 評価について説明するものである。

- 2. 影響評価
- 2.1 基本方針

溢水防護に関する施設及び耐震B, Cクラス機器に関する,水平方向及び鉛直方向地震力の 組合せによる影響評価については,添付書類「V-2-1-8 水平2方向及び鉛直方向地震力の組 合せに関する影響評価方針」の「4.2 機器・配管系」の評価方針及び評価方針を踏まえて,設 備が有する耐震性への影響を評価する。

2.2 評価条件及び評価方法

添付書類「V-2-1-8 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針」の「4. 各施設における水平2方向及び鉛直方向地震力に対する影響評価方針」を踏まえて、基準地震 動S。による地震力に対して耐震評価を実施する設備のうち、従来の設計手法における水平1 方向及び鉛直方向地震力を組み合わせた耐震計算(以下「従来の計算」という。)に対して、設 備の構造特性から水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の可能性があるものを抽 出し、設備が有する耐震性に及ぼす影響を評価する。影響評価のフローを図2-1に示す。

(1) 評価対象となる設備の整理

溢水防護に関する施設及び耐震B, Cクラス機器のうち,基準地震動S。による地震力に 対して機能維持及び波及的影響を確認する設備を評価対象とする。(図 2-1①)

(2) 構造上の特徴による抽出

構造上の特徴から水平2方向の地震力が重複する観点,若しくは応答軸方向以外の振動モ ード(ねじれ振動等)が生じる観点にて検討を行い,水平2方向の地震力による影響の可能 性がある設備を抽出する。(図 2-1②)

(3) 発生値の増分による抽出

水平2方向の地震力による影響の可能性がある設備に対して,水平2方向の地震力が各方 向1:1で入力された場合に各部にかかる荷重や応力を求め,従来の水平1方向及び鉛直方向 地震力の組合せによる設計に対して,水平2方向及び鉛直方向地震力を考慮した発生値の増 分を用いて影響を検討し,耐震性への影響が懸念される設備を抽出する。

また,建物・構築物呼び屋外重要土木構造物の検討において,機器・配管系への影響の可 能性がある部位が抽出された場合は,機器・配管系への影響を評価し,耐震性への影響が懸 念される設備を抽出する。(図 2-1③)

(4) 2方向及び鉛直方向地震力の影響評価

「(3)発生値の増分による抽出」の検討において算出された荷重や応力等を用いて,設備が 有する耐震性への影響を検討する。(図 2-1④)



図 2-1 水平2方向及び鉛直方向地震力を考慮した影響評価フロー

2.3 評価結果

2.3.1 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価設備(部位)の算出 溢水防護に関する施設及び耐震B, Cクラス機器の評価対象設備を表 2-1 に示す。添付書

類「V-2-1-8 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針」の「4.2 機器・配管系」の評価設備(部位)の抽出方法を踏まえ,評価対象設備の各評価部位,応力分類に対し構造上の特徴から,水平2方向の地震力による影響を以下の項目により検討し影響の可能性がある設備を抽出した。

(1) 水平2方向の地震力が重複する観点

評価対象設備は、水平1方向の地震に加えて、さらに水平直交方向に地震力が重複した場合、水平2方向の地震力による影響検討が必要となる可能性があるものとして抽出した。

- (2)水平方向とその直交方向が相関する振動モード(ねじれ振動等)が生じる観点 水平方向とその直交方向が相関する振動モードが生じることで有意な影響が生じる可 能性がある設備を抽出する。
- (3) 水平1方向及び鉛直方向地震力に対する水平2方向及び鉛直方向地震力の増分の観点
   (1) 及び(2) にて影響の可能性がある設備について、水平2方向の地震力が各方向
   1:1 で入力された場合に各部にかかる荷重や応力を求め、従来の計算による発生値と比較し、その増分により影響の程度を確認し、耐震性への影響が懸念される設備を抽出した。
- 2.3.2 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価

表 2-2 にて抽出された設備について,水平2方向及び鉛直方向地震力を想定した発生値を, 添付書類「V-2-1-8 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針」の 「4.2 機器・配管系」の方法にて算出した。

2.3.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の影響評価結果

「2.3.2 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価」の影響評価条件にて算出 した発生値に対して,設備が有する耐震性への影響を評価した。影響評価結果を表 2-3 に示す。

2.3.4 まとめ

溢水防護に関する施設及び耐震B, Cクラス機器について,水平2方向及び鉛直方向地震 力を想定した場合でも溢水防護に関する施設が有する耐震性への影響がないことを確認した ため,従来の水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せによる設計手法に加えて更なる設計上 の配慮が必要な設備はない。

設備名称	評価対象 部位		
循環水系隔離システム	基礎ボルト		
補機冷却系海水ポンプA	基礎ボルト		
補機冷却系海水ポンプB	基礎ボルト		
補機冷却系海水ポンプC	基礎ボルト		
原子炉補機冷却系サージタンク	胴、脚、基礎ボルト		
非再生熱交換器(A)	胴,脚,基礎ボルト		
非再生熱交換器(B)	胴,脚,基礎ボルト		
ドライウェル除湿機	基礎ボルト		
DHC 冷水ポンプ	基礎ボルト		
R/B機器ドレンサンプ熱交換器(A)	支持材		
R/B機器ドレンサンプ熱交換器(B)	支持材		
制御棒駆動水ポンプ潤滑油冷却器(A)	基礎ボルト		
制御棒駆動水ポンプ潤滑油冷却器(B)	基礎ボルト		
PASSクーラ	基礎ボルト		
サンプルクーラ	基礎ボルト		
PLR-LFMG室空調機	基礎ボルト		
R/B 6Fローカルクーラ	基礎ボルト		
原子炉冷却材浄化系循環ポンプA	基礎ボルト		
原子炉冷却材浄化系循環ポンプB	基礎ボルト		
燃料プール冷却浄化系熱交換器(A)	胴、脚、基礎ボルト		
燃料プール冷却浄化系熱交換器(B)	胴,脚,基礎ボルト		
燃料プール冷却浄化系逆洗水移送ポンプ	基礎ボルト		
燃料プール冷却浄化系フィルタ脱塩器(A)	胴,脚,基礎ボルト		
燃料プール冷却浄化系フィルタ脱塩器(B)	胴,脚,基礎ボルト		
燃料プール冷却浄化系逆洗水受タンク	胴,脚,基礎ボルト		
燃料プール冷却浄化系保持ポンプA	基礎ボルト		
燃料プール冷却浄化系保持ポンプB	基礎ボルト		

設備名称	評価対象 部位
燃料プール冷却浄化系プリコートポンプ	基礎ボルト
燃料プール冷却浄化系プリコートタンク	胴, 基礎ボルト
燃料プール冷却浄化系再循環ポンプA	基礎ボルト
燃料プール冷却浄化系再循環ポンプB	基礎ボルト
原子炉冷却材浄化系逆洗水受タンク	胴、脚、基礎ボルト
原子炉冷却材浄化系逆洗水移送ポンプ	基礎ボルト
原子炉冷却材浄化系フィルタ脱塩器(A)	胴、脚、基礎ボルト
原子炉冷却材浄化系フィルタ脱塩器(B)	胴、脚、基礎ボルト
原子炉冷却材浄化系プリコートタンク	胴, 基礎ボルト
原子炉冷却材浄化系プリコートポンプ	基礎ボルト
原子炉冷却材浄化系保持ポンプA	基礎ボルト
原子炉冷却材浄化系保持ポンプB	基礎ボルト
再生熱交換器(A)	胴, 脚, 基礎ボルト
再生熱交換器(B)	胴, 脚, 基礎ボルト
再生熱交換器 (C)	胴,脚,基礎ボルト
制御棒駆動水加熱器	胴,脚,基礎ボルト
制御棒駆動水系ポンプ(A)サクションフィルタ	胴, 脚, 基礎ボルト
制御棒駆動水系ポンプ(B)サクションフィルタ	胴,脚,基礎ボルト
スクラム排出水容器(I)	胴, 架台
スクラム排出水容器(Ⅱ)	胴, 架台
制御棒駆動水ポンプA	基礎ボルト
制御棒駆動水ポンプB	基礎ボルト
配管(原子炉補機冷却水系)	配管本体
配管(燃料プール冷却浄化系)	配管本体
配管(復水・純水移送系)	配管本体
配管(原子炉冷却材浄化系)	配管本体
配管(制御棒駆動系)	配管本体
配管(屋内消火系)	配管本体
配管(所内蒸気系)	配管本体
配管(補器冷却海水系)	配管本体
防護カバー	防護カバーとパッドの 溶接部

表 2-1 水平2 方向入力の影響検討対象設備(2/2)

# 表 2-2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果(1/5)

(凡例)○:影響の可能性あり

△:影響軽微

-:該当なし

	水平2方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性							
設備名称	2.3.1 (1) の観点	2.3.1 (2) の観点	2.3.1 (3) の 観点	検討結果				
循環水系隔離システム	○ (基礎ボルト)	_	Δ	評価結果は表 2-3 参照				
補機冷却系海水ポンプA	○ (基礎ボルト)	_	0	評価結果は表 2-3 参照				
補機冷却系海水ポンプB	○(基礎ボルト)	_	0	評価結果は表 2-3 参照				
補機冷却系海水ポンプC	○(基礎ボルト)	_	0	評価結果は表 2-3 参照				
原子炉補機冷却系サージタンク	〇 (胴, 脚, 基礎ボルト)	_	0	評価結果は表 2-3 参照				
非再生熱交換器(A)	○ (胴, 脚, 基礎ボルト)	_	Δ	明確な応答軸を有して いる				
非再生熱交換器(B)	○ (胴, 脚, 基礎ボルト)	_	Δ	明確な応答軸を有して いる				
ドライウェル除湿機	○(基礎ボルト)	_		明確な応答軸を有して いる				
DHC冷水ポンプ	○(基礎ボルト)	_	Δ	明確な応答軸を有して いる				
R∕B機器ドレンサンプ熱交換器(A)	(支持材)	_	Δ	明確な応答軸を有して いる				
R∕B機器ドレンサンプ熱交換器(B)	(支持材)	_	Δ	明確な応答軸を有して いる				
制御棒駆動水ポンプ潤滑油冷却器(A)	○(基礎ボルト)	_		明確な応答軸を有して いる				
制御棒駆動水ポンプ潤滑油冷却器(B)	○ (基礎ボルト)	_	Δ	明確な応答軸を有して いる				

# 表 2-2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果(2/5)

(凡例) ○:影響の可能性あり

### △:影響軽微

-:該当なし

	水平2方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性						
設備名称	2.3.1 (1) の観点	2.3.1 (2) の観点	2.3.1 (3) の 観点	検討結果			
PASSクーラ	○ (基礎ボルト)	_	Δ	明確な応答軸を有して いる			
サンプルクーラ	○(基礎ボルト)	_	Δ	明確な応答軸を有して いる			
PLR-LFMG室空調機	○(基礎ボルト)	-	Δ	明確な応答軸を有して いる			
R/B 6Fローカルクーラ	○(基礎ボルト)	-	Δ	明確な応答軸を有して いる			
原子炉冷却材浄化系循環ポンプA	○(基礎ボルト)	_	Δ	明確な応答軸を有して いる			
原子炉冷却材浄化系循環ポンプB	○ (基礎ボルト)	_	Δ	明確な応答軸を有して いる			
燃料プール冷却浄化系熱交換器(A)	○ (胴,脚,基礎ボルト)	_	Δ	明確な応答軸を有して いる			
燃料プール冷却浄化系熱交換器(B)	○ (胴,脚,基礎ボルト)	_	Δ	明確な応答軸を有して いる			
燃料プール冷却浄化系逆洗水移送ポン プ	○(基礎ボルト)	_	Δ	明確な応答軸を有して いる			
燃料プール冷却浄化系フィルタ脱塩器 (A)	○ (胴,脚,基礎ボルト)	_	0	評価結果は表 2-3 参照			
燃料プール冷却浄化系フィルタ脱塩器 (B)	○ (胴,脚,基礎ボルト)	_	0	評価結果は表 2-3 参照			
燃料プール冷却浄化系逆洗水受タンク	○ (胴,脚,基礎ボルト)	_	0	評価結果は表 2-3 参照			
燃料プール冷却浄化系保持ポンプA	(基礎ボルト)	_	Δ	明確な応答軸を有して いる			
燃料プール冷却浄化系保持ポンプB	○(基礎ボルト)	_	Δ	明確な応答軸を有して いる			

# 表 2-2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果(3/5)

(凡例) ○:影響の可能性あり

### △:影響軽微

-:該当なし

	水平2	水平2方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性						
設備名称	2.3.1 (1) の観点	2.3.1 (2) の観点	2.3.1 (3) の観点	検討結果				
燃料プール冷却浄化系プリコートポンプ	○ (基礎ボルト)	_	Δ	明確な応答軸を有している				
燃料プール冷却浄化系プリコートタンク	〇 (胴,基礎ボルト)	_	0	評価結果は表 2-3 参照				
燃料プール冷却浄化系再循環ポンプA	○(基礎ボルト)	_		明確な応答軸を有している				
燃料プール冷却浄化系再循環ポンプB	○(基礎ボルト)	_	Δ	明確な応答軸を有している				
原子炉冷却材浄化系逆洗水受タンク	〇 (胴,脚,基礎ボルト)	_	0	評価結果は表 2-3 参照				
原子炉冷却材浄化系逆洗水移送ポンプ	○(基礎ボルト)	_	Δ	明確な応答軸を有している				
原子炉冷却材浄化系フィルタ脱塩器(A)	○ (胴, 脚, 基礎ボルト)	_	0	評価結果は表 2-3 参照				
原子炉冷却材浄化系フィルタ脱塩器(B)	○ (胴, 脚, 基礎ボルト)	_	0	評価結果は表 2-3 参照				
原子炉冷却材浄化系プリコートタンク	○(胴,基礎ボルト)	_	0	評価結果は表 2-3 参照				
原子炉冷却材浄化系プリコートポンプ	○(基礎ボルト)	_	Δ	明確な応答軸を有している				
原子炉冷却材浄化系保持ポンプA	○(基礎ボルト)	_	Δ	明確な応答軸を有している				
原子炉冷却材浄化系保持ポンプB	○(基礎ボルト)	_	Δ	明確な応答軸を有している				
再生熱交換器(A)	○ (胴, 脚, 基礎ボルト)	-	0	評価結果は表 2-3 参照				
再生熱交換器(B)	○ (胴, 脚, 基礎ボルト)	_	0	評価結果は表 2-3 参照				

## 表 2-2 水平2方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果(4/5)

(凡例) ○:影響の可能性あり

### △:影響軽微

-:該当なし

	水平2方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性					
設備名称	2.3.1 (1) の観点	2.3.1 (2) の 観点	2.3.1 (3) の観点	検討結果		
再生熱交換器(C)	○ (胴,脚,基礎ボルト)	_	0	評価結果は表 2-3 参照		
制御棒駆動水加熱器	○ (胴,脚,基礎ボルト)	_	0	評価結果は表 2-3 参照		
制御棒駆動水系ポンプ(A)サクショ ンフィルタ	○ (胴,脚,基礎ボルト)	_	0	評価結果は表 2-3 参照		
制御棒駆動水系ポンプ(B)サクショ ンフィルタ	○ (胴,脚,基礎ボルト)	_	0	評価結果は表 2-3 参照		
スクラム排出水容器(I)	〇 (胴,架台)	-	$\bigtriangleup$	明確な応答軸を有して いる		
スクラム排出水容器(Ⅱ)	○ (胴, 架台)	I	Δ	明確な応答軸を有して いる		
制御棒駆動水ポンプA	○ (基礎ボルト)	_	Δ	明確な応答軸を有して いる		
制御棒駆動水ポンプB	○ (基礎ボルト)	_	Δ	明確な応答軸を有して いる		
配管(原子炉補機冷却水系)	<ul><li>○</li><li>(配管本体,支持構造物)</li></ul>	_	0	評価結果は表 2-3 参照		
配管(燃料プール冷却浄化系)	○ (配管本体, 支持構造物)	l	0	評価結果は表 2-3 参照		
配管(復水・純水移送系)	〇 (配管本体, 支持構造物)	_	0	評価結果は表 2-3 参照		
配管(原子炉冷却材浄化系)	〇 (配管本体, 支持構造物)	_	0	評価結果は表 2-3 参照		
配管(制御棒駆動系)	〇 (配管本体, 支持構造物)	_	0	評価結果は表 2-3 参照		
配管(屋内消火系)	(配管本体,支持構造物)	_	0	評価結果は表 2-3 参照		

## 表 2-2 水平2方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果(5/5)

(凡例) ○:影響の可能性あり

### △:影響軽微

-:該当なし

(1) 構造強度評価

	水平2方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性					
設備名称	2.3.1 (1)	2.3.1 (2) の	231(3)の組占	检封往里		
	の観点	観点	2.0.1 (0) 97 毗小示	很的加入		
配管 (所内蒸気系)	0	_	0	評価結果は表 2-3 参昭		
	(配管本体,支持構造物)					
配管(補器冷却海水系)	0	_	0	評価結果は表 2-3 参照		
	(配管本体,支持構造物)					
	0			明確な広区軸を有して		
防護カバー	(防護カバーとパッドの	_	$\bigtriangleup$	ジョルビィーモーレート		
	溶接部)			۶. ×		

## (2) 機能維持評価

	水平2方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性				
設備名称	2.3.1 (1) の観点	2.3.1 (2) の 観点	2.3.1 (3) の 観点	検討結果	
循環水系隔離システム	0	_	0	影響評価結果は表 2-3 参照	

### 表 2-3 水平2方向及び鉛直方向地震力による影響評価結果(1/2)

(1) 構造強度評価

### (単位:MPa)

	水平2方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性					
設備名称	評価部位	応力分類	従来の設計に よる発生値	2 方向想定 発生値	許容値	詳細評価
循環水系隔離システム	基礎ボルト	一次応力	2	3	147	
補機冷却系海水ポンプA	基礎ボルト	一次応力	87	124	190	
補機冷却系海水ポンプB	基礎ボルト	一次応力	87	124	190	_
補機冷却系海水ポンプC	基礎ボルト	一次応力	87	124	190	_
原子炉補機冷却系サージタンク	基礎ボルト	一次応力	85	85*	100	
燃料プール冷却浄化系フィルタ脱塩器 (A)	基礎ボルト	一次応力	163	163*	176	
燃料プール冷却浄化系フィルタ脱塩器 (B)	基礎ボルト	一次応力	163	163*	176	_
燃料プール冷却浄化系逆洗水受タンク	基礎ボルト	一次応力	155	155*	178	-
燃料プール冷却浄化系プリコートタンク	基礎ボルト	一次応力	129	129*	216	-
再生熱交換器 (A)	基礎ボルト	一次応力	173	173*	173	_
再生熱交換器 (B)	基礎ボルト	一次応力	173	173*	173	_
再生熱交換器 (C)	基礎ボルト	一次応力	173	173*	173	_
制御棒駆動水加熱器	基礎ボルト	一次応力	47	47*	163	-
制御棒駆動水系ポンプ(A)サクションフ ィルタ	基礎ボルト	一次応力	50	50*	163	_
制御棒駆動水系ポンプ(B)サクションフ イルタ	基礎ボルト	一次応力	50	50*	163	l
配管(原子炉補機冷却水系)	配管本体	一次+二次	379	379*	379	_
配管(燃料プール冷却浄化系)	配管本体	一次+二次	410	410*	463	_
配管(復水・純水移送系)	配管本体	一次+二次	455	455*	463	-
配管(原子炉冷却材浄化系)	配管本体	一次+二次	462	462*	463	-
配管(制御棒駆動系)	配管本体	一次+二次	327	327*	430	_
配管(屋内消火系)	配管本体	一次+二次	326	326*	396	_
配管(所内蒸気系)	配管本体	一次+二次	134	134*	428	_
配管(補器冷却海水系)	配管本体	一次+二次	255	361	490	—

注記 *: 原子炉建屋に設置する機器は,設計用床応答曲線(設置床の最大応答加速度(ZPA)を含む)の震度を一律1.5倍した 設備評価用床応答曲線を用いて評価しているため,水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せである最大√2倍の影響を 含む。

# 表 2-3 水平 2 方向及び鉛直方向地震力による影響評価結果(2/2)

(2) 機能維持評価

 $(\times 9.8 \text{ m/s}^2)$ 

		水平2方向	及び鉛直方向地	震力の影響の可能	<b></b> 七性
		7	水平方向加速度		
設備名称	河庙刘位	従来の設計に	2 方向想定応	松松本现文加	≥¥ ≤म ∋⊽ /म.
	計测可加不	よる応答加速	答加速度	機能唯祕資加	<b>百千</b> 水田 百十 11 <b>四</b>
		度		还没	
循環水系隔離システム	検出器	0.91	1.29		_

V-2-別添 2-4 循環水系隔離システムの耐震性についての計算書

	目次	
1.	概要	1
2.	一般事項	1
2	.1 構造計画	1
3.	固有周期	3
3	.1 固有周期の算出方法	3
3	.2 固有周期の計算条件	3
3	.3 固有周期の計算結果	3
4.	構造強度評価	4
5.	機能維持評価	7
6.	評価結果	7

#### 1. 概要

本資料は、添付書類「V-2-別添 2-1 溢水防護に係る施設の耐震性についての計算書の方針」 にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、循環水系隔離システム(以下「漏 えい検知」という。)が基準地震動S。に対して、配管破断時の溢水量を低減する機能を維持する ため、十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。その耐震評価は、 応力評価及び機能維持評価により行う。

漏えい検知は,設計基準対象施設においてはCクラス施設に分類される。以下,設計基準対象 施設としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

- 2. 一般事項
- 2.1 構造計画

漏えい検知の構造計画を表 2-1 に示す。



表 2-1 構造計画

- 3. 固有周期
- 3.1 固有周期の計算方法

漏えい検知の固有周期の計算方法を以下に示す。

- 3.1.1 水平方向
  - (1) 漏えい検知の質量は、重心に集中するものとする。
  - (2) 漏えい検知は、図 3-1 に示す下端固定の1 質点系振動モデルとして考える。
  - (3) 固有周期は次式で求める。

$$T = 2 \pi \sqrt{\frac{m_1}{1000} \cdot \left(\frac{h_1^3}{3 \text{ E I}} + \frac{h_1}{A_s \cdot G}\right)}$$



図 3-1 固有周期の計算モデル

3.1.2 鉛直方向

鉛直方向は十分な剛性を有していることから、固有周期の計算を省略する。

3.2 固有周期の計算条件

固有周期の計算に用いる数値を表 3-1 に示す。

- 双丁 - 四百四朔〇百异不曰	表 3-1	固有周期の	計算条件
------------------	-------	-------	------

項目	記号	単位	数值等
漏えい検知の質量	$m_1$	kg	10
据付面から重心までの距離	h 1	mm	300
縦弾性係数	Е	MPa	$1.94 \times 10^{5}$
断面二次モーメント	Ι	$\mathrm{mm}^4$	241000
最小有効せん断断面積	A s	$\mathrm{mm}^2$	336
せん断弾性係数	G	MPa	$7.90 \times 10^4$

3.3 固有周期の計算結果

固有周期の計算結果を表 3-2 に示す。

固有周期の計算結果から、固有周期は0.05秒以下であり、剛であることを確認した。

表 3-2 固有周期(s)

水平方向	鉛直方向
0.009	_

- 4. 構造強度評価
- 4.1 構造強度評価方法

漏えい検知は自立型であるため,構造強度評価は添付書類「V-2-1-13-9 計器スタンション の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

- 4.2 荷重の組合せ及び許容応力
  - 4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態 漏えい検知の荷重の組合せ及び許容応力状態を表 4-1 に示す。
  - 4.2.2 許容応力

漏えい検知の許容応力を表 4-2 に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件 漏えい検知の使用材料の許容応力評価条件を表 4-3 に示す。

機器名称	耐震設計上の重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
漏えい検知	C (S _s )	*	$D + P_D + M_D + S_s$	IV _A S

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態(設計基準対象施設)

*:その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

表 4-2 許容応力(その他の支持構造物(設計基準対象施設))

	許容限界* (ボルト等)				
許容応力状態	一次応力				
	引張り	せん断			
IV _A S	1.5 • f t*	1.5 • f s*			

*1:応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

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

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件(設計基準対象施設)

評価部材	材料	温度条件 (℃)		Sу (MPa)	Su (MPa)	Sу(RT) (MPa)
甘7株-22-0-1	CUS204	周囲環境温度 タービン建屋		205	520	-
基礎かりレト	505304	周囲環境温度 海水ポンプ室		205	520	-

- 5. 機能維持評価
- 5.1 機能維持評価方法

漏えい検知の電気的機能維持評価について、以下に示す。

電気的機能維持評価は、添付書類「V-2-1-14-9 計器スタンションの耐震性についての計算 書作成の基本方針」に基づき評価する。

漏えい検知の機能確認済加速度には,同形式の検出器単体の正弦波加振試験において,電気 的機能の健全性を確認した評価部位の加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

評価部位	方向	機能確認済
漏えい検知	水平	
	鉛直	

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8 m/s²)

- 6. 評価結果
- 6.1 設計基準対象施設としての評価結果

漏えい検知の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満 足しており,設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認し た。

- (1) 構造強度評価結果
   構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。
- (2) 機能維持評価評価電気的機能維持評価結果を次頁以降の表に示す。

#### 【漏えい検知の耐震性についての計算結果】

## 1. 設計基準対象設備

#### 1.1 設計条件

			固有周期(s)		基準地震動 S。		
機 器 名 称	耐震設計上の 重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	周囲環境温度 (℃)
漏えい検知	C (S _s )	タービン建屋 EL -4.00*	0.009	_	С _Н =0.52	$C_{V} = 0.60$	
漏えい検知	$C (S_s)$	海水ポンプ室 EL 0.300*	0.009	_	С _н =1.10	$C_{v} = 1.03$	

1.2 機器要目

1.2.1 漏えい検知

部 材	m (kg)	h1 (mm)	$\ell_1^*$ (mm)	ℓ₂* (mm)	$egin{array}{c} A_{ m b} \ ( m mm^2) \end{array}$	n	n _*
甘7株よい」	10	200	50	50	113.1	4	2
本碇小ルト	10	300	0.7	100.7	(M12)	4	2

 $\infty$ 

	S v	S 11	F	F.*	転倒方向
部材	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	基準地震動 S _s
基礎ボルト	205	520	205	246	側面

注記 *:各ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し,

下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

(単位:N)

#### 1.3 計算数值

#### 1.3.1 ボルトに作用する力

据付場所	タービ	ン建屋	海水ポンプエリア		
立	F _b	$\mathbf{Q}_{\mathrm{b}}$	F _b	$\mathbf{Q}_{\mathrm{b}}$	
日、	基準地震動 S _s	基準地震動 S _s	基準地震動S。	基準地震動 S _s	
基礎ボルト	155. 5	51.00	163. 3	107.9	

注記 *:基準床レベルを示す。

## NT2 補② V-2-別添 2-4 R5E

1.4 結論

1.4.1 漏えい検知の応力

(単位:MPa)

立て たオ 7立	ᅒ	<b>広</b> 力	基準地震動 S _s		
ניץ יום	19 19	ルロ・フリ	算出応力	許容応力	注
基礎ボルト	CUC204	引張り	$\sigma_b=2$	$f_{ts} = 147^*$	
(タービン建屋)	505304	せん断	$\tau_{b} = 1$	$f_{\rm sb} = 113$	
基礎ボルト	CUC204	引張り	$\sigma_{b}=2$	$f_{ts} = 147^*$	
(海水ポンプ室)	303304	せん断	$\tau_{b}=1$	$f_{\rm sb} = 113$	

全て許容応力以下である。

 4.2 電気的機能の評価結果  $(\times 9.8 \text{ m/s}^2)$ 機能確認済加速度 評価用加速度 水平方向 漏えい検知 0.43 タービン建屋 鉛直方向 0.50 水平方向 0.91 漏えい検知 海水ポンプエリア 鉛直方向 0.86

9

評価用加速度(1.0ZPA)は全て機能確認済加速度以下である。







(正面方向)

注記 *: f_{ts} =Min {1.4 · f_{t0}-1.6 · τ_b, f_{t0}} より算出。

(側面方向)

V-2-別添 2-5 防護カバーの耐震性についての計算書

1.	概	要1
2.	<u> </u>	般事項2
2	. 1	配置概要2
2	. 2	構造計画
2	. 3	評価方針4
2	. 4	適用基準5
2	. 5	記号の説明
3.	設	計用地震力
4.	評	価部位7
5.	構	造強度評価
5	. 1	荷重及び荷重の組合せ8
5	. 2	許容限界
5	. 3	計算方法10
5	. 4	計算条件11
6.	評	価結果11

#### 1. 概要

本資料は、添付書類「V-1-1-8-5 溢水防護施設の詳細設計」に示すとおり、防護カバーが、 基準地震動S。による地震力に対して、溢水防護対象区画内で発生を想定する配管破断時の漏え い蒸気量を制限する機能の維持及び上位クラス施設である原子炉隔離時冷却系配管に波及的影響 を及ぼさないことを確認するために、十分な構造強度を有していることを説明するものである。 その耐震評価は、応力評価により行う。

防護カバーは,設計基準対象施設においてはCクラス施設に分類される。以下,設計基準対象 施設としての構造強度評価を示す。

#### 2. 一般事項

### 2.1 配置概要

防護カバーは、添付書類「V-1-1-8-5 溢水防護施設の詳細設計」の「4.2 蒸気影響を緩和 する設備」に示すとおり、原子炉隔離時冷却系配管を囲うように設置する。防護カバーの設置 位置図を表2-1に示す。

表	2 -	1	防護カ	バーの	設置	位置図
~~	_	*	V7HX/*			

配置図	

#### 2.2 構造計画

防護カバーは,添付書類「V-2-別添 2-1 溢水防護に係る施設の耐震性についての計算書の 方針」の「2.1 評価対象施設」に示す構造計画を踏まえて,詳細な構造を設定する。

防護カバーの構造計画を表 2-2 に、防護カバーの概略構造図を図 2-1 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。

計画の概	柳收排达网	
基礎・支持構造	主体構造	讽哈伸迫凶
防護カバーは配管のターミナルエ	防護カバー、シム調整キャッ	
ンド部を覆う形で設置されており、	プ及びラグで構成する。	
ラグと配管、シム調整キャップと防		図 2-1
護カバー本体, パッドと防護カバー		
本体は溶接し固定する。		

表 2-2 構造計画

図2-1 防護カバーの概略構造図
### 2.3 評価方針

評価は、表2-3に示すように質量が最も大きく、設置位置も高い原子炉建屋原子炉棟防護カ バー2に対して実施する。

求められた加速度に防護カバー質量を乗じて基準地震動S。による設計用地震力を求め、この設計用地震力が作用することにより防護カバーとパッドの溶接部に生じる応力が許容限界内に収まることを、「5. 構造強度評価」に示す方法にて確認する。

防護カバーが基準地震動S_sに対して,防護カバー本体とパッドの溶接部が,概ね弾性状態 に留まることを計算により確認する評価方針としていることを踏まえ,添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に示しているその他の支持構造物の許容応力状態IV_{As}の許容限界を準 用する。防護カバーの耐震評価フローを図2-2に示す。

評価対象設備	質量 (kg)	設置位置 (m)
防護カバー1		EL. 2. 50
防護カバー2		EL. 18. 55

表2-3 防護カバーの設計条件



図 2-2 防護カバーの耐震評価フロー

2.4 適用基準

適用する規格,基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987(日本電気協会)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 JEAG4601・補一 1984(日本電気協会)
- (3) 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版(日本電気協会)
- (4) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格(2005 年版(2007 年追補版を含む))

JSME S NC1-2005/2007(日本機械学会)

# 2.5 記号の説明

防護カバーの耐震評価に用いる記号を表 2-4 に示す。

記号	説明	単位
Fн	防護カバーに作用する水平方向荷重	Ν
$F_{\rm V}$	防護カバーに作用する鉛直方向荷重	Ν
$A_p$	防護カバーとパッドの溶接部断面積	$\mathrm{mm}^2$
b	防護カバーのパッド接触端部間の直線距離	mm
f $_{\rm t}$ *	許容応力状態IV _A S での許容引張応力	MPa
f s*	許容応力状態IV _A S での許容せん断応力	MPa
$f_{ m t}$	許容引張応力(f t [*] を1.5倍した値)	MPa
$f_{s}$	許容せん断応力(f _s *を1.5倍した値)	MPa
g	重力加速度(=9.80665)	$m/s^2$
h	防護カバー切欠部長さ	mm
m	防護カバー質量	kg
t wp	防護カバーとパッド溶接部脚長	mm
$C_{\rm H}$	水平方向設計震度(=1.34)	Ι
$C_{\rm V}$	鉛直方向設計震度(=1.01)	-
$\sigma_{\rm p}$	引張応力	MPa
$\tau$ p	せん断応力	MPa
σ	組合せ応力	MPa

表 2-4 耐震評価に用いる記号

### 3. 設計用地震力

基準地震動S。による設計用地震力は、添付書類「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方 針」に基づき設定する。

防護カバーは機器・配管として評価する。防護カバー及び架構は十分に剛であるため,防護 カバーに作用する加速度は,設置床の最大応答加速度より求める。防護カバーの設置床の最大 応答加速度から算出した設計震度を表3-1に示す。

据付提所及び定面真★ (m)	設計震度	
1泊1737月及び水面同さ (皿)	水平方向	鉛直方向
EL. 20. 30	1. 34	1.01

表 3-1 地震荷重の算定に用いる設計震度

4. 評価部位

原子炉隔離時冷却系配管に対しての波及的影響を確認するために,基準地震動S。による荷 重の伝達経路となる防護カバー本体とパッドの溶接部について評価する。なお,パッドから防 護カバーの地震荷重が伝達する配管支持構造物であるラグについては,添付書類「V-2-5-6-1 原子炉隔離時冷却系の耐震性についての計算書」において,配管系から生じる地震荷重に適切 に組み合わせることにより健全性の確認を行う。

- 5. 構造強度評価
- 5.1 荷重及び荷重の組合せ

基準地震動S。による荷重及び防護カバーの自重を考慮する。

なお,基準地震動S。による荷重は防護カバー重心位置に作用するものとし,床応答曲線から求めた水平方向及び鉛直方向の加速度による設計用地震力,並びに防護カバーの自重による 組み合わせを考慮する。

水平方向荷重:  $F_{H} = m \times C_{H} \times g$ 

鉛直方向荷重:  $F_v = m \times (1 + C_v) \times g$ 

5.2 許容限界

防護カバー本体とパッドの溶接部の許容応力は,添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方 針」に基づき表 5-1 のとおりとする。また,表 5-2 に使用材料の許容応力評価条件を示す。

許容応力状態	許容限界 ^{*1,*2} (ボルト等以外)		
	一次応力		
	引張	せん断	
IV A S	1.5 • f t*	1.5 · f s*	

表 5-1 許容応力(その他の支持構造物(設計基準対象施設))

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

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

計算対象部位	材料	温度条件 (℃)	S _y (MPa)	S u (MPa)	F (MPa)
防護カバー本体		302			
パッド		302			

表 5-2 使用材料の許容応力評価条件(設計基準対象施設)

## 5.3 計算方法

防護カバー本体とパッドの溶接部における引張応力, せん断応力及び組合せ応力を算出 し, 許容せん断応力以下であることを確認する。

発生応力は次の計算式により求める。なお、円周部の長さについては、安全側に防護カバ ーのパッド接触端部間の直線距離とする。

$$\sigma_{p} = \frac{F_{v}}{A_{p}} \qquad \tau_{p} = \frac{F_{H}}{A_{p}}$$
$$\sigma = \sqrt{\sigma_{p}^{2} + \tau_{p}^{2}}$$
$$A_{p} = 2 (b+h) \frac{t_{wp}}{\sqrt{2}}$$

注:x-yは水平面を表す。

図 5-1 防護カバーの溶接部の構造図

## 5.4 計算条件

表 5-3 に防護カバーの計算条件を示す。

	F	F	主要寸法		
名称	г _н (N)	г _v (N)	b (mm)	h (mm)	t _{wp}
原子炉建屋原子炉棟			(iiiii)	(iiiii)	(IIIII)
防護カバー2					

表 5-3 防護カバーとパッド溶接部の計算条件

## 6. 評価結果

防護カバーの評価結果を表 6-1 に示す。発生する応力は、許容限界以下であることを確認した。

<b>亚</b> (年如/去	亡士の種類	算出応力	許容限界
〒平11町〒1212.	応力の推測	(MPa)	(MPa)
	引張応力		
防護カバーとパッドの 溶接部	せん断応力		
	組合せ応力		

表 6-1 基準地震動 S。に対する応力評価結果

V-2-別添 3-1 可搬型重大事故等対処設備の耐震計算方針

1.	概	$\overline{g}$ · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
2.	耐	震評価の基本方針・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
2.	. 1	評価対象設備・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
2.	. 2	評価方針・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
3.	荷	重及び荷重の組合せ並びに許容限界・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・15
3.	. 1	荷重及び荷重の組合せ・・・・・・15
3.	. 2	許容限界 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
4.	耐	震評価方法・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
4.	. 1	車両型設備・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
4.	. 2	ボンベ設備・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
4.	. 3	その他設備・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
4.	. 4	水平2方向及び鉛直方向地震力の考慮・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・42
5.	適	用基準・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・

#### 1. 概要

本添付書類は、「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(以下「技術基 準規則」という。)」第54条及び第76条並びにそれらの「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」(以下「解釈」という。)に適合する設計とするため、添付書類「V -1-1-6 安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明 書」(以下「添付書類V-1-1-6」という。)の別添2「可搬型重大事故等対処設備の設計方針」(以 下「添付書類V-1-1-6-別添2」という。)にて設定する耐震重要度分類及び重大事故等対処施設 の設備の分類に該当しない設備である可搬型重大事故等対処設備が、基準地震動S。による地震 力に対して耐震性を有することを確認するための耐震計算方針について説明するものである。

可搬型重大事故等対処設備の地震応答解析等に使用する保管場所の入力地震動は、添付書類 「V-2-別添 3-2 可搬型重大事故等対処設備の保管場所における入力地震動」に、車両型設備の 具体的な計算の方法及び結果は、添付書類「V-2-別添 3-3 可搬型重大事故等対処設備のうち車 両型設備の耐震性についての計算書」に、ボンベ設備の具体的な計算の方法及び結果は、添付書 類「V-2-別添 3-4 可搬型重大事故等対処設備のうちボンベ設備の耐震性についての計算書」に、 その他設備の具体的な計算の方法及び結果は、添付書類「V-2-別添 3-5 可搬型重大事故等対処 設備のうちその他設備の耐震性についての計算書」に示すとともに、動的地震力の水平2方向及 び鉛直方向の組合せに対する各設備の影響評価結果については、添付書類「V-2-別添 3-6 可搬 型重大事故等対処設備の水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果」に示す。

### 2. 耐震評価の基本方針

可搬型重大事故等対処設備の耐震評価は,「2.1 評価対象設備」に示す評価対象設備を対象と して,応力評価,転倒評価及び機能維持評価を実施して,地震後において重大事故等に対処する ための機能を損なわないこと,並びに車両型設備の支持機能及び移動機能が損なわれないことを 確認する。また,波及的影響の評価を実施し,当該設備が横すべり及び傾くことによる波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないことを確認する。

可搬型重大事故等対処設備は,基準地震動S。による地震力に対してその機能を維持できる設計とすることを踏まえ,水平2方向及び鉛直方向地震力の組み合わせに関する影響評価が必要な設備は,水平2方向及び鉛直方向地震力を適切に組み合わせて実施する。影響評価方法は「4.4水平2方向及び鉛直方向地震力の考慮」に示す。

2.1 評価対象設備

評価対象設備は、添付書類V-1-1-6-別添2の「3. 設備分類」に設定している車両型設備、 ボンベ設備及びその他設備を対象とし、表2-1に示す。また、評価を要しない可搬型重大事故 等対処設備についてもあわせて示す。

添付書類V-1-1-6-別添2にて設定している対象設備の構造計画を表2-2に示す。

2.2 評価方針

可搬型重大事故等対処設備の耐震評価は、添付書類V-1-1-6-別添2の「3. 設備分類」に 設定している車両型設備、ボンベ設備及びその他設備の分類ごとに定める応力評価、転倒評価、

RO

補③ V-2-別添 3-1

NT2

機能維持評価,波及的影響評価及び水平2方向及び鉛直方向地震力の考慮に従って実施する。

可搬型重大事故等対処設備の耐震評価の評価部位は,添付書類V-1-1-6-別添2の「4.2 性能目標」で設定している設備ごとの構造強度上の性能目標を踏まえて,表2-3に示すとおり設定する。

- 2.2.1 車両型設備
  - (1) 応力評価

車両型設備の応力評価については,添付書類V-1-1-6-別添2の「6.3.1(2)a. 構造強度」 にて設定している評価方針に基づき,基準地震動S。による地震力に対し,車両に積載し ているポンプ,発電機,内燃機関等の支持部の取付ボルト及びコンテナ取付ボルトが,塑 性ひずみが生じる場合であっても,その量が微小なレベルに留まって破断延性限界に十分 な余裕を有することを,計算により確認する。ここで,車両型設備に求められる主たる機 能を担うポンプ,発電機,内燃機関等の支持部の取付ボルトを直接支持構造物,この直接 支持構造物を支持するコンテナの取付ボルトを間接支持構造物とする。その評価方法は, 「4.1 車両型設備 (2) 応力評価」に示すとおり,加振試験にて得られる応答加速度を 用いて,車両に積載しているポンプ,発電機,内燃機関等の支持部の取付ボルト及びコン テナ取付ボルトの評価を行う。評価に当たっては,実機における車両型設備応答の不確実 さを考慮し,加速度が大きくなる加振試験で測定された評価部位頂部の加速度を用いる。

(2) 転倒評価

車両型設備の転倒評価については、添付書類V-1-1-6-別添2の「6.3.1(2)b. 転倒」に て設定している評価方針に基づき、ポンプ等の機器を積載している車両型設備全体は、基 準地震動S。による地震力に対し、保管場所の地表面の最大応答加速度が、加振試験によ り転倒しないことを確認した加振台の最大加速度以下であることにより確認する。その評 価方法は、「4.1 車両型設備 (3) 転倒評価」に示すとおり加振試験により転倒しない ことを確認する。

(3) 機能維持評価

車両型設備の支持機能,移動機能,動的及び電気的機能評価については,添付書類V -1-1-6-別添2の「6.3.1(2)c. 機能維持」にて設定している評価方針に基づき,車両部は, 基準地震動S。による地震力に対し,保管場所の地表面の最大応答加速度が,加振試験に より車両部の支持機能及び車両型設備としての自走又は牽引等による移動機能を維持で きることを確認した加振台の最大加速度以下であることにより確認する。また,車両に積 載しているポンプ,発電機,内燃機関等は,基準地震動S。による地震力に対し,保管場 所の地表面の最大応答加速度が,加振試験により,ポンプの送水機能,発電機の発電機能 及び内燃機関の駆動機能等の動的及び電気的機能を維持できることを確認した加振台の 最大加速度以下であることにより確認する。それらの評価方法は「4.1 車両型設備 (4) 機能維持評価」に示すとおり,加振試験により機能が維持できることを確認する。 (4) 波及的影響評価

車両型設備の波及的影響の評価については、添付書類V-1-1-6-別添2の「6.3.1 車両 型設備」にて設定している評価方針に基づき、車両型設備はサスペンションのようなバネ 構造を有するため設備に生じる地震荷重により傾きが生じること、またタイヤが固定され ていないため横すべりを生じることから、基準地震動S。による地震力に対し、他の可搬 型重大事故等対処設備に対して波及的影響を及ぼさないことを確認する。具体的には、設 備の傾き及び横すべりによる車両型設備頂部の変位量が、1台あたり、可搬型代替低圧電 源車及び可搬型窒素供給装置用電源車は前後方向1250mm及び左右方向2000mm、それ以外の 車両型設備は前後方向1250mm及び左右方向1250mmに設定した離隔距離の範囲内にあるこ とにより確認する。

その評価方法は、「4.1 車両型設備 (5) 波及的影響評価」に示すとおり、加振試験 により確認した車両型設備頂部の変位量を基に評価を行う。

- 2.2.2 ボンベ設備
  - (1) 応力評価

ボンベ設備の応力評価については、添付書類V-1-1-6-別添2の「6.3.2(2)評価方針」に て設定している評価方針に基づき、基準地震動S。による地震力に対し、ボンベを収容す るボンベ架台、ボンベカードルフレーム等を壁及び床に固定する溶接部又は取付ボルトが、 塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が微小なレベルに留まって破断延性限界に十 分な余裕を有することを、計算により確認する。その評価方法は、「4.2 ボンベ設備(2) 応 力評価及び波及的影響評価」に示すとおり、固有値解析により算出する固有振動数及び、 地震による荷重を用いて、ボンベ架台、ボンベカードルフレーム等を壁及び床に固定する 溶接部又は取付ボルトの評価を行う。

(2) 転倒評価及び波及的影響評価

ボンベ設備の波及的影響の評価については、添付書類V-1-1-6-別添2の「6.3.2(2)b. 転 倒」にて設定している評価方針に基づき実施する。基準地震動S。による地震力に対し、 ボンベを収容するボンベ架台、ボンベカードルフレーム等を床面に固定する溶接部又は取 付ボルトが、塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が微小なレベルに留まって破断 延性限界に十分な余裕を有することを、計算により確認することで、転倒しないこと及び 波及的影響を及ぼさないことを確認する。

- 2.2.3 その他設備
  - (1) 応力評価

その他設備の機器を保管する架台については、添付書類V-1-1-6-別添2の「6.3.3(2)評価方針」にて設定している評価方針に基づき、基準地震動S。による地震力に対し、架台及びこれを床に固定する基礎ボルトが、塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が微小なレベルに留まって破断延性限界に十分な余裕を有することを、計算により確認する。その評価方法は、「4.3 その他設備 (2) 応力評価」に示すとおり、固有値解析により算

出する固有振動数及び,地震による荷重を用いて,架台を床に固定する基礎ボルトの評価 を行う。

(2) 転倒評価

その他設備の転倒評価については、添付書類V-1-1-6-別添2の「6.3.3(2)a. 転倒」にて 設定している評価方針に基づき、その他設備の機器全体は、基準地震動S。による地震力に 対し、保管場所における設置床又は地表面の最大応答加速度が、加振試験により転倒を防止 するためスリング等の健全性を確認した加振台の最大加速度以下であることを確認する。そ の評価方法は、「4.3 その他設備 (3) 転倒評価」に示すとおり、加振試験によりスリン グ等が健全であることを確認する。

#### (3) 機能維持評価

その他設備の機能維持評価については,添付書類V-1-1-6-別添2の「6.3.3(2)b. 機能維持」にて設定している評価方針に基づき,その他設備の機器全体は,基準地震動S。による地震力に対し,保管場所における設置床又は地表面の最大応答加速度が,加振試験により計測機能,給電機能等の動的及び電気的機能,並びにスリング等の支持機能を維持できることを確認した加振台の最大加速度以下であることを確認する。その評価方法は,「4.3 その他設備(4)機能維持評価」に示すとおり,加振試験により機能が維持できることを確認する。

(4) 波及的影響評価

その他設備の波及的影響の評価については、添付書類V-1-1-6-別添2の「6.4.3 その他 設備」にて設定している評価方針に基づき、その他設備の機器全体は、基準地震動S。によ る地震力に対し、床、壁、架台及び収納ラック等に固定するスリング等が健全であることを 加振試験により確認することで、隣接する他の可搬型重大事故等対処設備等に対して波及的 影響を及ぼさないことを確認する。

その他設備に使用しているスリング等は、基準地震動S。による地震力に対し、対象設備 の重心高さを考慮してスリング等の設置位置を設定するとともに、保管場所における設置床 又は地表面の最大応答加速度によりスリング等が受ける荷重に対して十分な裕度を持たせ て選定を行う。スリング等の支持機能については保管状態を模擬した加振試験により確認す る。

以上を踏まえ,以降では,可搬型重大事故等対処設備の耐震計算に用いる荷重及び荷重の組合 せ並びに許容限界について,「3.荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界」に示し,車両型設備, ボンベ設備及びその他設備の分類ごとの耐震評価方法を評価項目ごとに「4.耐震評価方法」に示 す。

添付書類		添付書類V-2-別添3での記載箇所	
V-1-1-6-	名称		
別添2の区分		又は計画を安しない理由	
	可搬型代替注水大型ポンプ	別添3-3	
	可搬型代替注水中型ポンプ	別添3-3	
	可搬型代替低圧電源車	別添3-3	
<b>市市刑</b> 犯借	窒素供給装置用電源車	別添3-3	
<b>平</b> 凹空 <b></b> 初 佣	窒素供給装置	別添3-3	
	タンクローリ	別添3-3	
		重心が低く、地震により転倒せず、機能	
		喪失しない。	
	非常用窒素供給系高圧窒素ボンベユ		
	ニット	万月初53-4	
	非常用逃がし安全弁駆動系高圧窒素	別添3-4(非常用窒素供給系高圧窒素ボ	
	ボンベユニット	ンベユニットと構造及び設置環境が類	
ボンベ設備	中央制御室待避室空気ボンベユニッ		
	ト (空気ボンベ)	別添3-4	
	緊急時対策所加圧設備(空気ボンベ)	別添3-4	
	第二弁操作室空気ボンベユニット(空		
	気ボンベ)	別添3-4	
		- 重心が低く,地震により転倒せず,機能	
	可搬型スプレイノズル	喪失しない。	
		重心が低く、地震により転倒せず、機能	
	放水砲	喪失しない。	
		地震による転倒に対し、機能喪失しな	
	ホース	<i>د</i> ر.	
その他設備		地震による転倒に対し、機能喪失しな	
	汚濁防止膜	<i>د</i> ر.	
	泡混合器	航空機燃料火災時に使用するものであ	
		り,耐震性は要求されない。	
	泡消火薬剤容器(大型ポンプ用)	航空機燃料火災時に使用するものであ	
		り,耐震性は要求されない。	
	1		

表2-1 可搬型重大事故等対処設備(1/2)

添付書類 V-1-1-6- 別添2の区分	名称	添付書類V-2-別添3での記載箇所 又は評価を要しない理由
	可搬型計測器(温度, 圧力, 水位及び 流量計測用)	別添3-5
	可搬型計測器 (圧力,水位及び流量計 測用)	別添3-5
	酸素濃度計	別添3-5
	二酸化炭素濃度計	別添3-5
	可搬型照明 (SA)	別添3-5
	衛星電話設備(携帯型)	別添3-5
	衛星電話設備(可搬型)(待避室)	別添3-5
	無線連絡設備(携帯型)	別添3-5
	携行型有線通話装置	別添3-5
	データ表示装置(待避室)	別添3-5
	可搬型整流器	別添3-5
	逃がし安全弁用可搬型蓄電池	別添3-5
その仲設備	緊急時対策所エリアモニタ	別添3-5
この直接痛	電離箱サーベイ・メータ	別添3-5
	可搬型モニタリング・ポスト	別添3-5
	可搬型モニタリング・ポスト端末	別添3-5
	可搬型ダスト・よう素サンプラ	別添3-5
	β線サーベイ・メータ	別添3-5
	NaIシンチレーション	21)法?_5
	サーベイ・メータ	力14/20-0
	ZnSシンチレーション	別法3-5
	サーベイ・メータ	ט איזיי <i>ת</i>
	小刑船舶(船休)	重心が低く、地震により転倒せず、機能
		喪失しない。
	小型船舶 (船外機, バッテリ, コント ローラ)	別添3-5
	可搬型気象観測設備	別添3-5
	可搬型気象観測設備端末	別添3-5

表2-1 可搬型重大事故等対処設備(2/2)

表2-2 可搬型重大事故等対処設備の構造計画

設備分類	計画の	概要	對田図
	主体構造	支持構造	記明凶

【位置】

屋内の可搬型重大事故等対処設備は、添付書類V-1-1-6の要求を満たす耐震性を有する保管場所として、原子炉建屋及び緊急時対策所に保管する設計としている。

屋外の可搬型重大事故等対処設備は,添付書類V-1-1-6の要求を満たす地盤安定性を有する保 管場所として,可搬型重大事故等対処設備保管場所(西側),可搬型重大事故等対処設備保管場所 (南側)に保管する設計としている。

車両型設備	サスペンションを有し,地震 に対する影響を軽減できる構造 であるとともに,早期の重大事 故等への対処を考慮し,自走, 牽引等にて移動できる構造と し,車両,ポンプ,発電機等に より構成する。	ポンプ,発電機等は,コンテ ナに直接支持構造物である取 付ボルトにて固定する。ポン プ,発電機等を収納したコンテ ナは,間接支持構造物であるト ラックに積載し取付ボルトに より固定し,保管場所に固定せ ずに保管する。	図2-1
ボンベ設備	ボンベ設備は,ボンベ (窒素 ボンベ及び空気ボンベ)及びボ ンベ架台,ボンベカードルフレ ーム等により構成する。	ボンベは容器として十分な 強度を有する構造とし,取付ボ ルトによりボンベ架台,ボンベ カードルフレーム等に固定し, ボンベ架台,ボンベカードルフ レーム等を溶接により,壁又は 床のアンカープレート等に据 え付ける。	図2-2 図2-3 図2-4
	電離箱サーベイ・メータ及び それを収納する収納箱で構成す る。	機器又は収納箱を収納ラッ クに緩衝材とスリング等を用 いて固縛する。収納ラックは床 にボルトで固定する。	図2-5
その他設備	可搬型計測器(温度,圧力, 水位及び流量計測用)等を収納 する収納箱及び架台で構成す る。	緩衝材を内装した箱に収納 し,収納箱を架台にスリング等 で固縛する。架台は床にボルト で固定する。	図2-6
	逃がし安全弁用可搬型蓄電池 等で構成する。	機器本体を床又は床に固定 された支持構造物に設置し,ス リング等で固縛する。	図2-7

# NT2 補③ V-2-別添 3-1 RO

表2-3 可搬型重大事故等対処設備 応力評価部位 (1/3)

	三几 /井	評価部位		湿之理古		
機奋石が	<b></b>	直接支持構造物	間接支持構造物	選足理由		
可搬型代替注水 大型ポンプ	車両型 設備	ポンプ取付ボルト 内燃機関取付 ボルト	コンテナ取付 ボルト	ポンプ,内燃機関は、JEAG4601-1987において剛構造のポンプ,内燃機関は、取付ボルト及び基礎ボルトが応力評 価対象となる旨規定されている。ポンプ及び内燃機関は、内圧に耐える肉厚構造の設計となっており、剛構造であることから 当該設備はJEAG4601-1987に記載されているポンプや内燃機関と同等の構造とみなすことができるため評価対象は、 ポンプ及び内燃機関取付ボルトを対象とする。 車両部については、間接支持構造物の主たる支持構造物であり、支持機能が失われた場合に影響が大きい部位である車両フ レーム、コンテナ台板、コンテナ取付ボルトのうち断面積の小さなコンテナ取付ボルトを評価対象とする。		
可搬型代替注水 中型ポンプ	車両型 設備	内燃機関取付 ボルト	コンテナ取付 ボルト	内燃機関は、JEAG4601-1987において剛構造の内燃機関は、取付ボルト、基礎ボルトが応力評価対象となる旨規定 されている。内燃機関は、内圧に耐える肉厚構造の設計となっており、剛構造であることから当該設備はJEAG4601- 1987に記載されている内燃機関と同等の構造とみなすことができるため評価対象は、内燃機関取付ボルトが対象となる。 ポンプについては、通常時、車両に積載したコンテナ内に保管する水中ポンプであり、動力消防ポンプの技術上の規格に基 づいた設計がなされており、付録14「重大事故等クラス3機器の強度計算書作成の基本方針」において、重大事故等クラス3機 器として、強度評価を実施しており、十分な強度を有していることから、ポンプを積載する車両部については、間接支持構造 物の主たる支持構造物であり、支持機能が失われた場合に影響が大きい部位である車両フレーム、コンテナ台板、コンテナ取 付ボルトのうち断面積の小さなコンテナ取付ボルトを評価対象とする。		
可搬型代替低圧 電源車及び窒素 供給装置用電源 車	車両型 設備	発電機/内燃機関 取付ボルト	コンテナ取付 ボルト	発電機、内燃機関は、非常用電源設備としてJEAG4601-1987において発電機等は剛構造であり基礎ボルトが応 価対象となる旨規定されている。発電機は重量の大きな固定子、回転子を支持するケーシングからなる剛構造であり、内 関は、シリンダブロックが内圧に耐える肉厚構造の設計であり剛構造であることから、当該設備はJEAG4601-19 記載されている発電機や内燃機関と同等の構造とみなすことができるため、評価対象は発電機、内燃機関の取付ボルトを とする。 車両部については、間接支持構造物の主たる支持構造物であり、支持機能が失われた場合に影響が大きい部位である車		
窒素供給装置	車両型 設備	窒素ガス分離装置 取付ボルト 空気圧縮機取付 ボルト	コンテナ取付 ボルト	窒素ガス分離装置及び空気圧縮機は、パッケージ型の一体構造品であることから地震時、荷重が集中して作用する窒素ガス 分離装置取付ボルト及び空気圧縮機取付ボルトを評価対象とする。 車両部については、間接支持構造物の主たる支持構造物であり、支持機能が失われた場合に影響が大きい部位である車両フ レーム、コンテナ台板、コンテナ取付ボルトのうち断面積の小さなコンテナ取付ボルトを評価対象とする。		
タンクローリ	車両型 設備	タンク取付ボルト ポンプ取付ボルト	対象なし	タンクローリは、燃料を内包し輸送できる圧力容器であり十分な強度を有した設計である。保管状態は、タンク空の状態で あり地震時に考慮すべき荷重は、地震荷重によるタンク自重によるモーメントであり、当該モーメントはタンク取付ボルトに かかることからタンク取付ボルトを評価対象とする。また、ポンプについては、JEAG4601-1987において剛構造のポ ンプは、取付ボルト、基礎ボルトが応力評価対象となる旨規定されている。ポンプは、内圧に耐える肉厚構造の設計となって いることから、当該設備はJEAG4601-1987に記載されているポンプと同等の構造とみなすことができるため、評価対象 はポンプ取付ボルトを対象とする。		

 $\infty$ 

# 表2-3 可搬型重大事故等対処設備 応力評価部位 (2/3)

松阳勾孙	⇒几/共	評価部位		湿心理力		
機奋石が	<b></b> 砇佣	直接支持構造物	間接支持構造物	選足理出		
非常用窒素供給系A系 高圧窒素ボンベ	ボンベ 設備	ボンベ架台	対象なし	ボンベについては、高圧ガス保安法の規格に基づいた設計がなされており、添付書類「V-3-1-7 重大事故等クラス3機器 の強度計算書作成の基本方針」において、重大事故等クラス3機器として強度評価を実施しており、十分な強度を有している ことから、ボンベを床に固定している支持構造物であるボンベ架台、架台を据付ける埋込金物又はアンカープレートの溶接部 を評価対象とする。		
非常用窒素供給系 B 系 高圧窒素ボンベ	ボンベ 設備	ボンベ架台	対象なし	ボンベについては、高圧ガス保安法の規格に基づいた設計がなされており、添付書類「V-3-1-7 重大事故等クラス3機器 の強度計算書作成の基本方針」において、重大事故等クラス3機器として強度評価を実施しており、十分な強度を有している ことから、ボンベを床に固定している支持構造物であるボンベ架台、架台を据付ける埋込金物又はアンカープレートの溶接部 を評価対象とする。		
非常用逃がし安全弁駆動 系A系高圧窒素ボンベ	ボンベ 設備	ボンベ架台	対象なし	ボンベについては、高圧ガス保安法の規格に基づいた設計がなされており、添付書類「V-3-1-7 重大事故等クラス3機器 の強度計算書作成の基本方針」において、重大事故等クラス3機器として強度評価を実施しており、十分な強度を有している ことから、ボンベを床に固定している支持構造物であるボンベ架台、架台を据付けるアンカープレートの溶接部を評価対象と する。 なお、構造及び設置環境が類似する非常用窒素供給系の高圧窒素ボンベラックの1ラック当たりのボンベ収納本数が5本であ るのに対し、非常用逃がし安全弁駆動系の高圧窒素ボンベラックは、1ラック当たりのボンベ収納本数が3本であり軽量であ ることから、非常用窒素供給系の高圧窒素ボンベラックの評価に包絡される。		
非常用逃がし安全弁駆動 系 B 系高圧窒素ボンベ	ボンベ 設備	ボンベ架台	対象なし	ボンベについては、高圧ガス保安法の規格に基づいた設計がなされており、添付書類「V-3-1-7 重大事故等クラス3機器 の強度計算書作成の基本方針」において、重大事故等クラス3機器として強度評価を実施しており、十分な強度を有している ことから、ボンベを床に固定している支持構造物であるボンベ架台、架台を据付けるアンカープレートの溶接部を評価対象と する。 なお、構造及び設置環境が類似する非常用窒素供給系の高圧窒素ボンベラックの1ラック当たりのボンベ収納本数が5本であ るのに対し、非常用逃がし安全弁駆動系の高圧窒素ボンベラックは、1ラック当たりのボンベ収納本数が3本であり軽量である ことから、非常用窒素供給系の高圧窒素ボンベラックの評価に包絡される。		
中央制御室待避室空気 ボンベユニット	ボンベ 設備	ボンベ架台	対象なし	ボンベについては、高圧ガス保安法の規格に基づいた設計がなされており、添付書類「V-3-1-7 重大事故等クラス3機器 の強度計算書作成の基本方針」において、重大事故等クラス3機器として強度評価を実施しており、十分な強度を有している ことから、ボンベを床に固定している支持構造物であるボンベ架台、架台を据付けるアンカープレートの溶接部を評価対象と する。		
緊急時対策所加圧設備	ボンベ 設備	ボンベカードル フレーム	対象なし	ボンベについては、高圧ガス保安法の規格に基づいた設計がなされており、添付書類「V-3-1-7 重大事故等クラス3機器 の強度計算書作成の基本方針」において、重大事故等クラス3機器として強度評価を実施しており、十分な強度を有している ことから、ボンベを床に固定している支持構造物であるボンベカードルフレーム、ボンベカードルフレームを支持架構に取付 ける取付ボルト、ボンベカードルフレーム及び支持架構を床面に据え付ける取付ボルトを評価対象とする。		
第二弁操作室空気 ボンベユニット	ボンベ 設備	ボンベ架台	対象なし	ボンベについては、高圧ガス保安法の規格に基づいた設計がなされており、添付書類「V-3-1-7 重大事故等クラス3機器 の強度計算書作成の基本方針」において、重大事故等クラス3機器として強度評価を実施しており、十分な強度を有している ことから、ボンベを壁に固定している支持構造物であるボンベ架台、架台を据付けるアンカープレートの溶接部を評価対象と する。		

# NT2 補③ V-2-別添 3-1 RO

表2-3 可搬型重大事故等対処設備 応力評価部位 (3/3)

<b>燃</b> 界 夕 称		評価部位		海空田市		
陵 奋 尔	<b> </b>	直接支持構造物	間接支持構造物	进行 进行 建定理 田		
携行型有線通話装置,可 搬型計測器(温度,圧力, 水位及び流量計測用),可 搬型計測器(圧力,水位 及び流量計測用),酸素濃 度計,二酸化炭素濃度計, データ表示装置(待避 室),衛星電話設備(携帯 型),無線連絡設備(携帯 型),可搬型整流器	その他 設備	架台基礎ボルト	対象なし	架台は床に基礎ボルトで固定するため,耐震評価上厳しくなる基礎ボルトについて評価を実施する。		



図2-1 車両型設備



図2-2 ボンベ設備(壁掛床置形)







図2-4 ボンベ設備 (カードル形)



# 図2-5 その他設備(収納ラック固縛)



図2-6 その他設備(収納箱架台固縛)



図2-7 その他設備(本体固縛)

3. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界

可搬型重大事故等対処設備の耐震計算に用いる荷重及び荷重の組合せを,以下の「3.1 荷重 及び荷重の組合せ」に,許容限界を「3.2 許容限界」に示す。

3.1 荷重及び荷重の組合せ

可搬型重大事故等対処設備のうち,屋外に保管している設備の自然現象の考慮については, 添付書類「V-1-1-2 発電用原子炉施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書(自然 現象への配慮に関する説明を含む。)」に設定する荷重及び荷重の組合せを用いる。

荷重及び荷重の組合せは、重大事故等起因の荷重は発生しないため、添付書類V-1-1-6-別 添2の「6.2 荷重及び荷重の組合せ」に従い、保管状態における荷重を考慮し、設定する。

地震と組み合わせるべき荷重としては,積雪荷重及び風荷重が挙げられる。地震と組み合わ せる荷重の設定に当たっては,添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」の図3-1 耐震計 算における積雪荷重及び風荷重の設定フローに基づき設定する。

積雪については除雪にて対応することで無視できる。風荷重について,車両型設備は,風を 一面に受ける構造と違い,風は隙間を吹き抜けやすい構造となっており,また,車両型設備に は内燃機関や発電機等の重量物が積載され重量が大きいこと及び車両型設備以外の可搬型重 大事故等対処設備についても,建物・構築物,屋外設置の機器に比べ,風による受圧面積が相 対的に小さいことから,風荷重については無視できる。

3.2 許容限界

許容限界は,添付書類V-1-1-6-別添2の「4.2 性能目標」で設定している設備ごとの構造 強度上の性能目標のとおり,評価部位ごとに設定する。

「3.1 荷重及び荷重の組合せ」で設定している荷重及び荷重の組合せを含めた,設備ごとの許容限界は,添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表3-1から表3-6のとおりとする。

各設備の許容限界の詳細は,各計算書にて評価部位の損傷モードを考慮し,評価項目を選定 し,評価項目ごとに許容限界を定める。

直接支持構造物の評価については,JEAG4601・補-1984に規定されているその他の 支持構造物の評価に従った評価を実施する。また,車両型設備の間接支持構造物としてのボル トの評価については,直接支持構造物の評価に準じた評価を行う。

- 3.2.1 車両型設備
  - (1) 応力評価

車両型設備は、重大事故等起因の荷重は発生しないため、地震後において、基準地震動 S。による地震力に対し、地盤安定性を有する屋外の保管場所に保管し、炉心等へ冷却水 を送水するポンプ及びこれらの駆動源となる内燃機関等の機器を車両に取付ボルトで固 定し、主要な構造部材が送水機能、発電機能、支持機能等を維持可能な構造強度を有する 設計とする。

そのため、車両型設備は、「2.2.1(1) 応力評価」に設定している評価方針を踏まえ、 添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に設定している、JEAG4601・補-1984 を適用し、許容応力状態IV₄Sの許容応力以下とすることを許容限界として設定する。

#### (2) 転倒評価

車両型設備は、重大事故等起因の荷重は発生しないため、地震時において、基準地震動 S。による地震力に対し、地盤安定性を有する屋外の保管場所に保管し、炉心等へ冷却水 を送水するポンプ及びこれらの駆動源となる内燃機関等を車両に取付ボルトで固定し、車 両型設備全体が安定性を有し、転倒しない設計とする。

そのため、車両型設備は、「2.2.1(2) 転倒評価」に設定している評価方針を踏まえ、 加振試験にて転倒しないことを許容限界として設定する。

## (3) 機能維持評価

車両型設備は、重大事故等起因の荷重は発生しないため、地震後において、基準地震動 S。による地震力に対し、地盤安定性を有する屋外の保管場所に保管し、車両に積載して いるポンプ等の炉心等へ冷却水を送水する機能及びこれらの駆動源となる内燃機関等の 動的及び電気的機能を維持できる設計とする。

また、車両型設備は、地震後において、基準地震動S。による地震力に対し、車両積載 設備から受ける荷重を支持する機能並びに車両型設備としての自走又は牽引等による移 動機能を維持できる設計とする。

そのため、車両型設備は、「2.2.1(3) 機能維持評価」に設定している評価方針を踏ま え、加振試験により支持機能、移動機能、動的及び電気的機能が維持できることを許容限 界として設定する。

#### (4) 波及的影響評価

車両型設備は、重大事故等起因の荷重は発生しないため、基準地震動S。による地震力 に対し、地盤安定性を有する屋外の保管場所の地面等に固定せずに保管し、車両型設備全 体が安定性を有し、主要な構造部材が送水機能、発電機能、支持機能等を維持可能な構造 強度を有し、当該設備が傾き及び横すべりにより、当該設備以外の可搬型重大事故等対処 設備に波及的影響を及ぼさないよう隣接する他の可搬型重大事故等対処設備に対し離隔 距離を確保し、保管する設計とする。

そのため、車両型設備は、「2.2.1(4) 波及的影響評価」に設定している評価方針を踏

まえ,他の可搬型重大事故等対処設備との接触,衝突等の相互干渉による破損等を引き起 こし,機能喪失する等の波及的影響を及ぼさないよう,車両型設備の加振試験にて確認し た車両型設備の最大変位量を基に設定した離隔距離を,許容限界として設定する。

また,離隔距離に関しては,実際の設備配置の運用上の管理値として必要であるため, 保安規定に紐づく規定類に離隔距離を基に必要な設備間隔を定め,管理を行う。

- 3.2.2 ボンベ設備
  - (1) 応力評価,転倒評価及び波及的影響評価

ボンベ設備は、地震後において、基準地震動S。による地震力に対し、ボンベ架台又はボ ンベカードルフレームに収納し、ボンベ架台又はボンベカードルフレームを耐震性を有する 建屋内の保管場所の壁又は床のアンカープレート等に溶接又は取付ボルトで固定して保管 する。主要な構造部材は、窒素及び空気供給機能を維持可能な構造強度を有し、これにより 転倒及び波及的影響を及ぼさない設計とする。

そのため、ボンベ設備は、「2.2.2(1) 応力評価」及び「2.2.2(2) 転倒評価及び波及的影響評価」に設定している評価方針を踏まえ、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に 設定している、JEAG4601を適用し、許容応力状態IVASの許容応力以下とすることを 許容限界として設定する。

3.2.3 その他設備

(1) 応力評価

その他設備を設置する架台は、重大事故等起因の荷重は発生しないため、地震時において、 基準地震動S。による地震力に対し、耐震性を有する建屋内の保管場所又は地盤安定性を有 する屋外の保管場所の床に基礎ボルトで固定し、主要な構造部材が水位、圧力等を計測する 機能、必要な負荷へ給電するための給電機能等の支持機能、動的及び電気的機能を維持可能 な構造強度を有する設計とする。

そのため、その他設備を設置する架台は、「2.2.3(1) 応力評価」に設定している評価方 針を踏まえ、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に設定している、JEAG460 1・補-1984を適用し、許容応力状態IV_ASの許容応力以下とすることを許容限界として設定 する。

(2) 転倒評価

その他設備は、重大事故等起因の荷重は発生しないため、地震時において、基準地震動 S。による地震力に対し、耐震性を有する建屋内又は地盤安定性を有する屋外の保管場所 に保管し、床に基礎ボルトで固定した架台又は収納ラックに保管、壁等にスリング等にて 固縛することで、機器本体が安定性を有し、転倒しない設計とする。

そのため、その他設備は、「2.2.3(2) 転倒評価」に設定している評価方針を踏まえ、 加振試験にて転倒しないことを許容限界として設定する。 (3) 機能維持評価

その他設備は、重大事故等起因の荷重は発生しないため、地震時において、基準地震動 S。による地震力に対し、耐震性を有する建屋内又は地盤安定性を有する屋外の保管場所 に保管し、床に基礎ボルトで固定した架台又は収納ラックに保管、壁等にスリング等にて 固縛し、主要な構造部位が水位、圧力等を計測する機能、必要な負荷へ給電するための給 電機能等の支持機能、動的及び電気的機能を維持できる設計とする。

そのため、その他設備は、「2.2.3(3) 機能維持評価」に設定している評価方針を踏ま え、加振試験により支持機能、動的及び電気的機能が維持できることを許容限界として設 定する。

#### (4) 波及的影響評価

その他設備は、重大事故等起因の荷重は発生しないため、地震時において、基準地震動 S。による地震力に対し、耐震性を有する建屋内又は地盤安定性を有する屋外の保管場所 に保管し、床に基礎ボルトで固定した架台又は収納ラックに保管、壁等にスリング等にて 固縛し、機器本体が安定性を有し、主要な構造部材が水位、圧力等を計測する機能、必要 な負荷へ給電するための給電機能等の機能を維持可能な構造強度を有することで、他の設 備のうち、当該設備以外の可搬型重大事故等対処設備等に波及的影響を防止する必要があ る他の設備に対して、波及的影響を与えない設計とする。

そのため、その他設備は、「2.2.3(4) 波及的影響評価」に設定している評価方針を踏ま え、加振試験にてスリング等の支持機能が維持できることを許容限界として設定する。

亚伍哥免职借	古重の組合せ	亚研究公	機能損傷モー	<b></b>		
計圖內象政備	何里の施口と	스마이터 베이 구요	応力等の状態	限界状態		
車両型設備	$D + S_s$	支持部の取付 ボルト (表 3-2)	引張,せん断,組合せ	部材の降伏	JEAG4601・補− 1984を適用し,許容応力状 態W _A Sの許容応力以下と する。	
ボンベ設備	$D + S_s$	溶接部 (表 3-3)	引張, せん断, 組合せ	部材の降伏	JEAG4601・補− 1984を適用し,許容応力状 態W _A Sの許容応力以下と する。	
ボンベ設備 (ボンベカー ドル)	$D + S_s$	ボンベカードル フレーム,取付ボ ルト (表 3-4, 3-5)	引張,せん断,組合せ	部材の降伏	JEAG4601・補− 1984を適用し,許容応力状 態W _A Sの許容応力以下と する。	
その他設備 (架台)	$D + S_s$	基礎ボルト (表 3-6)	引張, せん断, 組合せ	部材の降伏	JEAG4601・補− 1984を適用し,許容応力状 態W _A Sの許容応力以下と する。	

表 3-1 設備ごとの荷重の組合せ及び許容限界

				許容限界	*1, *2, *4
	設備分類	荷重の組合せ	計容応力 状態	一次応力	
				引張*3	せん断*3
取付ボルト	_	$\rm D+S$ s	$IV_A S$	1.5•f _t *	1.5•f _s *

表 3-2 支持部の取付ボルトの許容限界

注記 *1:f_t*, f_s*は, JSME S NC1-2005/2007 SSB-3121.1(1)a本文中Sy及びSy (RT) を1.2·Sy及び1.2·Sy (RT)と読み替えて算出した値(JSME S NC1-2005/2007 SSB-3133)。ただし、Sy及び0.7·Suのいずれか小さい方の値とする。

*2: JEAG4601・補-1984の「その他の支持構造物の許容応力」に準じて設定する。 *3: ボルトにせん断力が作用する場合,組合せ評価を実施する。その際の許容引張応力

 $f_{t_s}$ は、JSME S NC1 SSB-3133に基づき、 $f_{t_s} = Min[1.4 \cdot f_{t_o} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{t_o}]$ とする。ここで、 $f_{t_o}$ は1.5 · f_t*とする。

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

				許容限界*1, *2	
	設備分類	荷重の組合せ	計谷応力	一次応力	
			大臣	組合せ	
溶接部	_	D+S _s	IV _A S	1.5•f _t *	

表 3-3 溶接部の許容限界

注記 *1:f_t*は, JSME S NC1-2005/2007 SSB-3121.1(1)a本文中Sy及びSy (RT) を1.2・ Sy及び1.2・Sy (RT) と読み替えて算出した値 (JSME S NC1-2005/2007 SSB-3133)。ただし, Sy及び0.7・Suのいずれか小さい方の値とする。

*2: JEAG4601・補-1984の「その他の支持構造物の許容応力」に準じて設定する。

				許容限界*1,*2
評価部位	設備分類	荷重の組合せ	許容応力状態	一次応力
				組合せ
ボンベカードル フレーム	-	$D + S_s$	IV _A S	$1.5 \cdot f_{t}^{*}$

表 3-4 ボンベカードルフレームの許容限界

注記 *1:ft*は、JSME S NC1-2005/2007 SSB-3121.1(1)a本文中Sy及びSy(RT)を1.2・ Sy及び1.2・Sy(RT)と読み替えて算出した値(JSME S NC1-2005/2007 SSB-3133)。ただし、Sy及び0.7・Suのいずれか小さい方の値とする。

*2: JEAG4601・補-1984の「その他の支持構造物の許容応力」に準じて設定する。

	X 0 0 1		· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·			
				許容限界*1, *2		
評価部位	設備分類	荷重の組合せ	許容応力	一次応力		
			八忠	引張*3	せん断*3	
取付ボルト	_	$D + S_s$	$IV_A S$	1.5•f _t *	1.5•f _s *	

表 3-5 ボンベカードルフレーム取付ボルトの許容限界

注記 *1:f_t*, f_s*は、JSME S NC1-2005/2007 SSB-3121.1(1)a本文中Sy及びSy(RT)を
 1.2・Sy及び1.2・Sy(RT)と読み替えて算出した値(JSME S NC1-2005/2007 SSB-3133)。ただし、Sy及び0.7・Suのいずれか小さい方の値とする。

*2: JEAG4601・補-1984の「その他の支持構造物の許容応力」に準じて設定する。 *3: ボルトにせん断力が作用する場合,組合せ評価を実施する。その際の許容引張応力

 $f_{t_s}$ は, JSME SNC1 SSB-3133に基づき,  $f_{t_s}$ =Min[1.4・ $f_{t_o}$ -1.6・ $\tau_b$ ,  $f_{t_o}$ ]とする。ここで,  $f_{t_o}$ は1.5・ $f_t^*$ とする。

		荷重の組合せ		許容限界*1,*2		
	設備分類		計谷心	一次応力		
			刀扒態	引張*3	せん断*3	
基礎ボルト	_	$D + S_s$	$IV_A S$	1.5•f _t *	1.5•f _s *	

表3-6 基礎ボルトの許容限界

注記 *1:f_t*, f_s*は, JSME S NC1-2005/2007 SSB-3121.1(1)a本文中Sy及びSy(RT)を 1.2Sy及び1.2Sy(RT)と読み替えて算出した値(JSME S NC1-2005/2007 SSB-3133)。ただし、Sy及び0.7Suのいずれか小さい方の値とする。

*2: JEAG4601・補-1984の「その他の支持構造物の許容応力」に準じて設定する。 *3:ボルトにせん断力が作用する場合,組合せ評価を実施する。その際の許容引張応力

 $f_{t_s}$ は、JSME S NC1 SSB-3133に基づき、 $f_{t_s}$ =Min[1.4・ $f_{t_o}$ -1.6・ $\tau_b$ 、  $f_{t_o}$ ]とする。ここで、 $f_{t_o}$ は1.5・ $f_t^*$ とする。

## 4. 耐震評価方法

可搬型重大事故等対処設備の耐震評価は、車両型設備、ボンベ設備及びその他設備の分類ごと に評価方法が異なることから、以下の「4.1 車両型設備」、「4.2 ボンベ設備」及び「4.3 そ の他設備」のそれぞれに示す「地震応答解析」、「加振試験」、「応力評価」、「転倒評価」、「機能維 持評価」及び「波及的影響評価」に従って実施する。

4.1 車両型設備

車両型設備においては,重大事故等に対処するための機能を維持するために,応力評価,転 倒評価,機能維持評価及び波及的影響評価を実施する。

車両型設備の評価の概要フローを図 4-1 に示す。



図4-1 車両型設備の評価フロー

- (1) 加振試験
  - a. 基本方針

車両型設備においては、重大事故等に対処するための機能を維持するために、車両全体として安定性を有し、転倒しないこと、主要な構造部材が必要な構造強度を有すること及び支持機能、移動機能、動的及び電気的機能が維持できることを加振試験の結果を踏まえて評価することから、以下の「b. 入力地震動」に示す入力地震動を用いて、「(3)転倒評価」及び「(4)機能維持評価」に示す方法により加振試験を行う。

b. 入力地震動

入力地震動は、添付書類「V-2-別添3-2 可搬型重大事故等対処設備の保管場所等に おける入力地震動」に示す、各保管場所の保管エリアごとに算定した入力地震動を用い る。

### (2) 応力評価

a. 直接支持構造物

車両型設備の直接支持構造物の応力評価は、以下に示す「(a) 取付ボルト①」及び 「(b) 取付ボルト②」に従って、評価部位について、JEAG4601・補-1984に 規定されているポンプ等の取付ボルト、基礎ボルトの評価方法を用いて発生応力を算出 し、許容応力以下であることを確認する。

評価については,実機における車両型設備応答の不確実さを考慮し,加速度が大きく なる加振試験で測定された評価部位頂部の加速度を設計用水平加速度及び設計用鉛直 加速度として設定し,応力評価を行う。

計算モデルを図4-2に、応力評価に使用する記号を表4-1に示す。なお、取付ボルト② についてはタンクローリのポンプに適用し、取付ボルト①についてはそれ以外の評価部 位について適用する。

(a) 取付ボルト①

イ. 引張応力

$$\sigma_{\rm bt} = \frac{\mathbf{m} \cdot (\mathbf{a}_{\rm H} + \mathbf{a}_{\rm P}) \cdot \mathbf{h} + \mathbf{M}_{\rm P} - \mathbf{m} \cdot (\mathbf{g} - \mathbf{a}_{\rm V} - \mathbf{a}_{\rm P}) \cdot \mathbf{L}}{\mathbf{A}_{\rm b}} \cdot \frac{\ell_{1}}{\sum_{i=1}^{N} \mathbf{N}_{i} \cdot \ell_{i}^{2}}$$

ロ. せん断応力

$$\tau_{\rm bs} = \frac{\mathbf{m} \cdot \left(\mathbf{a}_{\rm H} + \mathbf{a}_{\rm P}\right)}{\mathbf{n} \cdot \mathbf{A}_{\rm b}}$$

- (b) 取付ボルト②
  - イ. 引張応力

$$\sigma_{\rm bt} = \frac{\mathbf{m} \cdot \sqrt{\left(\mathbf{a}_{\rm H}\right)^2 + \left(\mathbf{g} + \mathbf{a}_{\rm V}\right)^2}}{N_{\rm i} \cdot A_{\rm b}}$$

ロ. せん断応力

$$\tau_{\rm bs} = \frac{\mathbf{m} \cdot \mathbf{a}_{\rm H} \cdot \mathbf{h} + \mathbf{m} \cdot (\mathbf{g} + \mathbf{a}_{\rm V}) \cdot \mathbf{L}}{\mathbf{A}_{\rm b}} \cdot \frac{\ell_{\rm 1}}{\sum_{\rm i=1}^{\rm N} \mathbf{N}_{\rm i} \cdot \ell_{\rm i}^{\rm 2}}$$

表4-1	応力評(	価に使	用す	る	記号
------	------	-----	----	---	----

記号	単位	記号の説明
Ab	$\mathrm{mm}^2$	取付ボルトの軸断面積
$a_{\mathrm{H}}$	$m/s^2$	設計用水平加速度
$a_P$	$m/s^2$	回転体振動による加速度
av	$m/s^2$	設計用鉛直加速度
g	$m/s^2$	重力加速度
h	mm	据付面から重心位置までの高さ
L	mm	評価部位の重心位置とボルト間の水平方向距離
P	mm	支点としている取付ボルトより評価に用いる取付ボルトまでの距離(iは
$\iota_i$		距離の長い順に番号取りをする。)
m	kg	機器の運転時質量
$M_{\rm P}$	N•mm	回転体回転により働くモーメント
N		引張力若しくはせん断力の作用する取付ボルトの本数(iは転倒支点から
INi		距離の遠い順に番号取りをする。)
n	_	取付ボルトの総本数
$\sigma$ bt	MPa	取付ボルトの最大引張応力
$\tau$ bs	MPa	取付ボルトの最大せん断応力



取付ボルト① (側面図)



取付ボルト②(せん断)(側面図)

取付ボルト②(引張)(側面図)

図4-2 直接支持構造物の計算モデル例
# b. 間接支持構造物

車両型設備の間接支持構造物の応力評価は、「a. 直接支持構造物 (a) 取付ボルト ①」に従って、評価部位について、JEAG4601・補-1984に規定されているポン プ等の取付ボルト、基礎ボルトの評価方法を用いて発生応力を算出し、許容応力以下で あることを確認する。

評価については,実機における車両型設備の応答の不確実さを考慮し,加速度が大き くなる加振試験で測定された評価部位頂部の加速度を設計用水平加速度及び設計用鉛 直加速度として設定し,応力評価を行う。

計算モデル図を図4-3に示し、応力評価に使用する記号を表4-2に示す。

(a) 引張応力

$$\sigma_{bt} = \frac{\mathbf{m} \cdot \mathbf{a}_{H} \cdot \mathbf{h} - \mathbf{m} \cdot (\mathbf{g} - \mathbf{a}_{V}) \cdot \mathbf{L}}{\mathbf{A}_{b}} \cdot \frac{\ell_{1}}{\sum_{i=1}^{L} \mathbf{N}_{i} \cdot \ell_{i}^{2}}$$

(b) せん断応力

$$\tau_{\rm bs} = \frac{\mathbf{m} \cdot \mathbf{a}_{\rm H}}{\mathbf{n} \cdot \mathbf{A}_{\rm b}}$$

記号	単位	記号の説明
$A_{\rm b}$	$\mathrm{mm}^2$	取付ボルトの軸断面積
$a_{\rm H}$	$m/s^2$	設計用水平加速度
a _P	$m/s^2$	回転体振動による加速度
av	$m/s^2$	設計用鉛直加速度
g	$m/s^2$	重力加速度
h	mm	据付面から重心位置までの高さ
L	mm	評価部位の重心位置とボルト間の水平方向距離
0	mm	支点としている取付ボルトより評価に用いる取付ボルトまでの距離(iは
$\iota_{i}$		距離の長い順に番号取りをする。)
m	kg	機器の運転時質量
$M_{\mathrm{P}}$	N•mm	回転体回転により働くモーメント
N	_	引張力若しくはせん断力の作用する取付ボルトの本数(iは転倒支点から
INi		距離の遠い順に番号取りをする。)
n		取付ボルトの総本数
$\sigma$ bt	MPa	取付ボルトの最大引張応力
au bs	MPa	取付ボルトの最大せん断応力

表4-2 応力評価に使用する記号



図4-3 間接支持構造物の計算モデル例

(3) 転倒評価

車両型設備は,実際の設置状態を模擬した状態で加振台に設置し,「4.1(1)b. 入力 地震動」を基に作成した入力地震動によるランダム波加振試験を行い,試験後に転倒し ていないことを確認する。転倒評価は,当該設備設置地表面での最大応答加速度が,加 振試験により転倒しないことを確認した加振台の最大加速度以下であることにより確 認する。

### (4) 機能維持評価

車両型設備は、実際の設置状態を模擬した状態で加振台に設置し、「4.1(1)b. 入力 地震動」を基に作成した入力地震動によるランダム波加振試験を行い、試験後に支持機 能、移動機能、動的及び電気的機能が維持されていることを確認する。加振試験につい ては、JEAG4601-1991に基づき実施する。

基準地震動S。による地震力に対し、当該設備設置地表面での最大応答加速度が、地 震力に伴う浮き上がりを考慮しても、加振試験により車両部の支持機能及び車両型設備 としての自走又は牽引等による移動機能を維持できることを確認した加振台の最大加 速度以下であることにより確認する。

また,基準地震動S。による地震力に対し,当該設備設置地表面での最大応答加速度 が,地震力による浮き上がりを考慮しても,加振試験により,ポンプの送水機能,内燃 機関の駆動機能等の動的及び電気的機能を維持できることを確認した加振台の最大加 速度以下であることにより確認する。

# (5) 波及的影響評価

車両型設備は,実際の設置状態を模擬した状態で加振台に設置し,「4.1(1)b. 入力 地震動」に示すランダム波で加振試験を行い,加振試験にて確認した車両型設備の最大 変位量が,他の可搬型重大事故等対処設備との離隔距離の範囲内であることにより確認 する。

## 4.2 ボンベ設備

ボンベ設備においては,重大事故等に対処するための機能を維持するために,応力評価,転 倒評価及び波及的影響評価を実施する。

以下,非常用窒素供給系の高圧窒素ボンベ設備の耐震評価を例示する。ボンベ設備の耐震評価フ ローを図4-4に示す。



(1) 耐震評価フロー

図 4-4 ボンベ設備の耐震評価フロー

記号	単 位	記号の説明
A _{HW}	$\mathrm{mm}^2$	水平方向せん断力を受ける溶接部の有効断面積
Avw	$\mathrm{mm}^2$	鉛直方向せん断力を受ける溶接部の有効断面積
$C_{\rm H}$	—	水平方向設計震度
$C_{\rm V}$	—	鉛直方向設計震度
F*	MPa	設計・建設規格* SSB-3133に定める値
$\mathrm{F}_{\mathrm{HW}}$	Ν	溶接部に作用する水平方向せん断力
$F_{VW}$	Ν	溶接部に作用する鉛直方向せん断力
${f_{ m s}}^*$	MPa	せん断力を受ける溶接部の許容せん断応力
g	$m/s^2$	重力加速度(=9.80665)
h	mm	取付面から重心までの距離
$\ell_1$	mm	重心と溶接部間の水平方向距離
$\ell_2$	mm	重心と溶接部間の水平方向距離
m	kg	ボンベユニット質量
n_vw	—	評価上鉛直方向せん断力を受けるとして期待する溶接箇所数
$S_u$	MPa	設計・建設規格* 付録材料図表 Part5 表9に定める値
Sy	MPa	設計・建設規格* 付録材料図表 Part5 表8に定める値
$ au_{ m W}$	MPa	溶接部に生じる最大せん断応力
$ au_{ m M}$	MPa	溶接部に生じる水平方向せん断応力
$ au_{W\!2}$	MPa	溶接部に生じる鉛直方向せん断応力

表 4-3 応力評価に使用する記号(非常用窒素供給系高圧窒素ボンベの例)

 注記 *:「設計・建設規格」とは、発電用原子力設備規格(設計・建設規格(2005 年版(2007 年 追補版含む。)) J SME S NC1-2005/2007)(日本機械学会 2007 年 9 月)をい う。 (3) 評価部位

非常用窒素供給系高圧窒素ボンベユニットの耐震評価は,「(5) a. 応力評価方法(溶 接部)」に示す条件に基づき,耐震評価上厳しくなるアンカプレートへの溶接部について 実施する。

- (4) 固有周期
  - a. 固有值解析方法

非常用窒素供給系高圧窒素ボンベユニットは、図 4-5 及び図 4-6 に示す 3 次元シェル 及びはりモデルとして考える。



図 4-5 解析モデル(非常用窒素供給系高圧窒素ボンベユニット)



図 4-6 解析モデル(非常用窒素供給系高圧窒素ボンベユニット(予備))

- (5) 応力評価
  - a. 応力評価方法(溶接部)
    - ① ボンベ設備の質量は重心に集中しているものとする。
    - ② ボンベ設備は、床に設置された埋込金物又はアンカプレートに溶接で固定する。
    - ③ 地震力はボンベ設備に対して、水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
  - b. 設計用地震力

基準地震動S_sによる地震力は,添付書類「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」 に基づき設定する。

c. 計算方法(溶接部の例)

溶接部の応力

溶接部の応力は、地震による震度によって生じる水平方向せん断力と鉛直方向せん断 力について計算する。計算モデルを図 4-7 から図 4-10 に示す。







図 4-8 計算モデル (短辺方向転倒-2 (1-C_v) <0の場合)



図 4-9 計算モデル (長辺方向転倒-1 (1-C_v) ≥0の場合)



図 4-10 計算モデル (長辺方向転倒-2 (1-C_V) <0の場合)

① 水平方向せん断応力

溶接部に対する水平方向せん断力は全溶接部で受けるものとして計算する。 水平方向せん断力(F_{HW})

 $F_{HW} = C_H \cdot m \cdot g$ 

水平方向せん応力 (τw1)

$$\tau_{W1} = \frac{F_{_{HW}}}{A_{_{HW}}}$$

- ② 鉛直せん断応力 溶接部に対する力は最も厳しい条件として、最外列の溶接部を支点とする転倒を考
  - え、これを片側の最外列の溶接部で受けるものとして計算する。

鉛直方向せん断力(Fvw)

計算モデル図4-7及び図4-8の場合のせん断力

 $F_{VW} = \frac{m \cdot g \cdot C_{H} \cdot h - m \cdot g \cdot (1 - C_{V}) \cdot \ell_{1}}{n_{VW} \cdot (\ell_{1} + \ell_{2})}$ 

計算モデル図4-9及び図4-10の場合のせん断力

$$F_{VW} = \frac{m \cdot g \cdot C_{H} \cdot h - m \cdot g \cdot (1 - C_{V}) \cdot \ell_{2}}{n_{VW} \cdot (\ell_{1} + \ell_{2})}$$

鉛直方向せん断応力(τ_{W2})

$$\tau_{W2} = \frac{F_{VW}}{A_{VW}}$$

溶接部の応力

 $\tau_{W} = Max \{ 水平方向せん断応力(\tau_{W1}), 鉛直方向せん断応力(\tau_{W2}) \}$ 

## 4.3 その他設備

その他設備においては,重大事故等に対処するための機能を維持するために,応力評価,転 倒評価,機能維持評価及び波及的影響評価を実施する。

その他設備の評価の概要フロー図を図 4-11 に示す。



図4-11 その他設備の耐震評価フロー

なお,架台に保管する設備については,図4-11の耐震評価フローに加え,図4-12に示すその 他設備の架台の耐震評価フロー(応力評価)を適用する。

応力評価を実施する設備(架台に保管する設備)は以下のとおり。

携行型有線通話装置,可搬型計測器(温度,圧力,水位及び流量計測用),可搬型計測器(圧 力,水位及び流量計測用),酸素濃度計,二酸化炭素濃度計,データ表示装置(待避室),衛星電 話設備(携帯型),無線連絡設備(携帯型),可搬型整流器

- (1) 加振試験
  - a. 基本方針

その他設備においては、重大事故等に対処するための機能を維持するために、機器全体として安定性を有し、転倒しないこと、支持機能、動的及び電気的機能が維持できることを加振試験の結果を踏まえて評価することから、以下の「b. 入力地震動」に示す入力地震動を用いて、「(3) 転倒評価」及び「(4) 機能維持評価」に示す方法により加振試験を行う。

b. 入力地震動

入力地震動は、添付書類「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」及び「V-2-別 添 3-2 可搬型重大事故等対処設備の保管場所等における入力地震動」に示す、各保管 場所の保管エリアごとに算定した入力地震動を用いる。

(2) 応力評価

その他設備を設置する架台においては,重大事故等に対処するための機能を維持するため に,架台単体としての応力評価,転倒評価及び波及的影響評価を実施する。



- a. 地震応答解析及び応力評価
  - (a) 基本方針

その他設備の架台においては,重大事故等に対処するための機能を維持するために, 地震応答解析により算出する固有振動数及び地震による荷重を用いて主要な構造部 材が必要な構造強度を有することを応力評価にて確認することから,以下のとおり, 地震応答解析を実施する。

その他設備の架台の地震応答解析は、以下の「(b) 地震応答解析」に示す解析方法に従い、「(c) 入力地震動」に示す入力地震動及び「(d) 設計用減衰定数」に示す減衰定数を用いて「(e) 応力評価」に示す応力計算方法に従って実施する。

#### (b) 地震応答解析

解析による地震力の算定に当たっては、地震応答解析の適用性及び適用限界等を考 慮のうえ、適切な解析方法を選定するとともに、解析条件として考慮すべき減衰定数、 剛性等の各種物性値は、適切な規格及び基準や実験等の結果に基づき設定する。

イ. 解析方法及び解析モデル

「2.1 評価対象設備」に示す評価対象設備のうち,解析により固有値等の評価 をおこなう設備は,当該設備を3次元FEMにてモデル化し,固有周期及び評価部 位に発生する荷重を算出する。解析の概要を以下に示す。

- i. その他設備の架台を構成する鋼材をはり及びシェル要素としてモデル化した3 次元FEMモデルによる固有値解析を行い,固有周期が0.05秒以下であり,剛 であることを確認した上で,1.2倍した設置床の最大応答加速度を用いた静解析 を実施する。
- ii. 架台上に保管される機器の質量は、棚板を模擬したシェル要素上に位置を限定 せずに等分布質量として負荷する。
- iv. 架台は,基礎ボルトにより床面に固定されることから,解析モデルでは各基礎 ボルトの位置で完全拘束(XYZ並進拘束,XYZ軸回り拘束)とする。
- v. 解析コードは「NX NASTARAN」を使用する。なお、評価に用いる解析 コードNX NASTRANの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書 類「V-5-49 計算機プログラム(解析コード)の概要 ・NX NASTRA N」に示す。

(c) 入力地震動

地震応答解析における入力地震動は,添付書類「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作 成方針」及び「V-2-別添3-2 可搬型重大事故等対処設備の保管場所等における入力 地震動」に示す各対象設備の保管エリアごとに算定した入力地震動を用いる。

(d) 設計用減衰定数

地震応答解析に用いる減衰定数は,添付書類「V-2-1-6 地震応答解析の基本方針」 の「3. 設計用減衰定数」に記載されている減衰定数を用いる。

その他設備の架台の減衰定数は、溶接構造物を準用し水平及び鉛直ともに1.0%とする。

(e) 応力評価

その他設備を設置する架台は、「3.1 荷重及び荷重の組合せ」にて設定している荷 重の組合せに対して、地震応答解析により求める荷重から算出した応力が、「3.2 許 容限界」にて設定している許容応力内に収まることを確認する。

応力評価に使用する記号を表4-4に示す。

記号	単位	記号の説明
$C_{\rm H}$	_	設計用水平震度
C _v	—	設計用鉛直震度
$\sigma$ bt	MPa	基礎ボルトの最大引張応力
Т	Ν	ボルトに作用する引張力
n	_	1要素あたりのボルト本数
$A_{\rm b}$	$\mathrm{mm}^2$	基礎ボルトの軸断面積
$M_{\rm y}$	N•mm	要素座標系y軸まわりに作用する曲げモーメント
ny		要素座標系y軸まわりに作用する曲げモーメントを受けるボルト本数
Lz	mm	要素座標系z方向のボルトピッチ
Mz	N•mm	要素座標系z軸まわりに作用する曲げモーメント
nz		要素座標系z軸まわりに作用する曲げモーメントを受けるボルト本数
Ly	mm	要素座標系y方向のボルトピッチ
au bs	MPa	基礎ボルトの最大せん断応力
$Q_y$	Ν	ボルトに作用する要素座標系y軸方向のせん断力
$Q_{\mathrm{z}}$	Ν	ボルトに作用する要素座標系 z 軸方向のせん断力
M _x	N•mm	要素座標系x 軸まわりに作用するねじりモーメント
L	mm	中立軸とボルト位置の距離

表4-4 応力評価に使用する記号

4. 応力計算

FEM解析を実施し、得られる荷重及び応力を用いて、基礎ボルトの応力計算を 行う。

i. 基礎ボルトの応力計算

ボルトの応力を以下のとおり計算する。

引張応力及び組合せ応力

$$\sigma_{b} = \frac{T}{nA_{b}} + \frac{M_{y}}{n_{y}L_{z}A_{b}} + \frac{M_{z}}{n_{z}L_{y}A_{b}}$$

せん断応力

$$\tau_{b} = \frac{\sqrt{Q_{y}^{2} + Q_{z}^{2}}}{nA_{b}} + \frac{M_{x}}{nLA_{b}}$$

b. 転倒評価

その他設備を設置する架台が,架台が基準地震動S。による地震力に対し,転倒しない ことを,「a. 地震応答解析及び応力評価」により,評価部位が健全であることにより確 認する。

c. 波及的影響評価

その他設備を設置する架台が,基準地震動S。による地震力に対し,他の可搬型重大事 故等対処設備等に対して波及的影響を及ぼさないことを,「a. 地震応答解析及び応力評 価」により,評価部位が健全であることにより確認する。

(3) 転倒評価

その他設備は、実際の設置状態を模擬した状態で加振台に設置し、「4.3 (1)b. 入力地 震動」を基に作成した入力地震動によるランダム波加振試験を行い、試験後に転倒してい ないことを確認する。転倒評価は、当該設備保管場所の設置床又は地表面での最大応答加 速度が、加振試験により転倒しないことを確認した加振台の最大加速度以下であることに より確認する。

(4) 機能維持評価

その他設備は、実際の設置状態を模擬した状態で加振台に設置し、「4.3(1)b. 入力地 震動」を基に作成した入力地震動によるランダム波加振試験を行い、試験後に支持機能、 動的及び電気的機能が維持されることを確認する。加振試験については、JEAG460 1-1991に基づき実施する。

機能維持評価は,当該設備保管場所の設置床又は地表面での最大応答加速度が,加振試 験により計測,給電等の機能を維持できることを確認した加振台の最大加速度以下である ことにより確認する。

R0

(5) 波及的影響評価

その他設備を実際の設置状態を模擬した状態で加振台に設置し、「4.3(1)b. 入力地震動」に示すランダム波で加振試験を行い、波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないことを,試験後に転倒していないことを確認した加振台の最大加速度以下であることにより確認する。

4.4 水平2方向及び鉛直方向地震力の考慮

動的地震力の水平2方向及び鉛直方向を組合せたものに対する可搬型重大事故等対処設備の 有する耐震性に及ぼす影響については、添付書類「V-2-1-8 水平2方向及び鉛直方向地震力 の組合せに関する影響評価方針」の「4.2 機器・配管系」の評価方針に基づき評価を行う。 評価内容及び評価結果は、添付書類「V-2-別添3-6 可搬型重大事故等対処設備の水平2方 向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果」に示す。

5. 適用基準

適用基準を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987(日本電気協会)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 JEAG4601・補-1984(日本電気協会)
- (3) 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991追補版(日本電気協会)
- (4) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格(2005 年版(2007 年追補版含む。)) J SME
   S NC1-2005/2007(日本機械学会)

V-2-別添 3-2 可搬型重大事故等対処設備の保管場所における 入力地震動

1.	概要 ••••••••••••••••••••••••••••••••••••	1
2.	可搬型重大事故等対処設備保管エリアの入力地震動・・・・・・・・・・・・・・・・・・	3
2.1	↓ 入力地震動の算定方針・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	3
2.2	2 保管エリアの入力地震動・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	4

#### 1. 概要

本添付書類は、添付書類「V-2-別添 3-1 可搬型重大事故等対処設備の耐震計算方針」 に示すとおり、可搬型重大事故等対処設備保管エリア等に保管する可搬型重大事故等対 処設備について、その地震応答解析等に際して必要となる入力地震動を求めるために行 う、基準地震動S。を基にした各保管エリアの地盤等の地震応答解析について説明する ものである。

評価対象は,可搬型重大事故等対処設備を保管している以下の場所とする。可搬型重 大事故等対処設備保管エリアの位置図を図 1-1 に示す。

なお,原子炉建屋,緊急時対策所建屋については,添付書類「V-2-1-7 設計用床応 答曲線の作成方針」に示す。

本添付書類には,可搬型重大事故等対処設備の耐震評価に使用する加速度時刻歴及び 設備への影響を検討するための入力地震動の基本的な特性を示す加速度応答スペクトル を示す。

本添付書類に示した各保管エリアの入力地震動を基に,添付書類「V-2-別添 3-3 可 搬型重大事故等対処設備のうち車両型設備の耐震性についての計算書」,添付書類「V-2-別添 3-4 可搬型重大事故等対処設備のうちボンベ設備の耐震性についての計算書」及 び添付書類「V-2-別添 3-5 可搬型重大事故対処設備等のうちその他設備の耐震性につ いての計算書」において,各対象設備の入力地震動を設定する。

- 可搬型重大事故等対処設備保管場所(西側)
- ·可搬型重大事故等対処設備保管場所(南側)
- ·原子炉建屋
- ·緊急時対策所建屋

- 2. 可搬型重大事故等対処設備保管エリアの入力地震動
- 2.1 入力地震動の算定方針

入力地震動は、水平方向及び鉛直方向に対して、解放基盤面で定義される基準地震動S。を基に、各保管エリアでの地盤条件を考慮し、地盤の地震応答解析により評価する。基準地震動S。は添付書類「V-2-1-2 基準地震動S。及び弾性設計用地震動S。の策定概要」による。

地盤の地震応答解析は、1次元波動論により行う。解析コードはk-SHAKEを 用いる。なお、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、 添付書類「V-5-25 計算機プログラム(解析コード)の概要・k-SHAKE」に示 す。

1次元波動論による入力地震動の評価フローを図 2-1 に示す。



図 2-1 入力地震動の評価フロー図

- 2.2 保管エリアの入力地震動
  - 2.2.1 入力地震動の算定
    - (1) 地盤の解析モデル
      - a. 解析領域

解析領域は、各保管エリアの地表面標高から原則として EL. - 370m までとする。

b. 境界条件

解析領域の底面には、エネルギーの散逸効果を考慮し、粘性境界を設ける。

c. 地盤のモデル化 地盤モデルの層分割は,地盤の地質区分に基づきモデル化する。 解析用地盤モデル図を図 2-2 に示す。

[標	高]

[地質区分]

EL. 23.000 m	
EL. 20.112 m	盛土
EL. 18.571 m	du
EL. 16.024 m	D2c-3
EL. 7.619 m	D2g-3
EL. 4.454 m	D2s-3
	D2c-3
EL 9.024  m	$D_{2} = 3$
EL 13.870 m	D2g-3
<u></u>	
/	
	Km
EL 370.000 m	

図 2-2 1 次元応答解析用地盤モデル (可搬型重大事故等対処設備保管場所(西側))(1/2)



[地質区分]

EL.	25.000 m	
EL.	24.259 m	盛土
EL.	20.967 m	du
		lm
<u> </u>	<u>17.437 m</u>	
		D1g-1
EL.	6.853 m	
		Km
EL.	- 370.000 m	

図 2-2 1 次元応答解析用地盤モデル (可搬型重大事故等対処設備保管場所(南側))(2/2) (2) 解析用物性值

地震応答解析に使用する地盤の物性値は,添付書類「V-2-1-3 地盤の支持性 能に係る基本方針」に基づく。

(3) 入力地震動の算定方法

可搬型重大事故等対処設備保管エリアにおける入力地震動は,解放基盤表面で 定義される基準地震動S。を,1次元波動論によって地表面位置で評価した地震 動を用いる。

入力地震動算定の考え方を図 2-3 に示す。



# 図 2-3 入力地震動算定の考え方

- 2.2.2 入力地震動の算定結果
  - (1) 可搬型重大事故等対処設備保管場所(西側)

1次元波動論により算定した可搬型重大事故等対処設備保管場所(西側)の地 表面における入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトルを図 2-4 に 示す。







図 2-4 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル(S_s-D1(H)) (可搬型重大事故等対処設備保管場所(西側))(1/22)

MAX= $-425.96 \text{ cm}/\text{s}^2$  (44.31s)



(a) 加速度時刻歷波形



図 2-4 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル(S_s-D1(V)) (可搬型重大事故等対処設備保管場所(西側))(2/22)

MAX=452.19 cm/s² (23.65s)



(a) 加速度時刻歷波形



図 2-4 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル(S_s-11 (NS)) (可搬型重大事故等対処設備保管場所(西側))(3/22)

MAX=-399.92cm/s² (26.47s)



(a) 加速度時刻歷波形



図 2-4 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (S_s-11 (EW)) (可搬型重大事故等対処設備保管場所(西側))(4/22)



(a) 加速度時刻歷波形



図 2-4 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル(S_s-11 (UD)) (可搬型重大事故等対処設備保管場所(西側))(5/22)



(a) 加速度時刻歷波形



図 2-4 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (S_s-12 (NS)) (可搬型重大事故等対処設備保管場所(西側))(6/22)

MAX=320.14 cm/s² (28.93s)



(a) 加速度時刻歷波形



図 2-4 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (S_s-12 (EW)) (可搬型重大事故等対処設備保管場所(西側))(7/22)



(a) 加速度時刻歷波形



図 2-4 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (S_s-12 (UD)) (可搬型重大事故等対処設備保管場所(西側))(8/22)

MAX=383.61 cm/s² (25.73s)



(a) 加速度時刻歷波形



図 2-4 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル(S_s-13(NS)) (可搬型重大事故等対処設備保管場所(西側))(9/22)



(a) 加速度時刻歷波形



図 2-4 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (S_s-13 (EW)) (可搬型重大事故等対処設備保管場所(西側))(10/22)




図 2-4 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (S_s-13 (UD)) (可搬型重大事故等対処設備保管場所(西側))(11/22)

MAX= $-352.88 \text{ cm}/\text{s}^2$  (29.94s)



(a) 加速度時刻歷波形



図 2-4 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル(S_s-14(NS)) (可搬型重大事故等対処設備保管場所(西側))(12/22)

MAX=324.03 cm/s² (27.89s)



(a) 加速度時刻歷波形



図 2-4 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (S_s-14 (EW)) (可搬型重大事故等対処設備保管場所(西側))(13/22)







図 2-4 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (S_s-14 (UD)) (可搬型重大事故等対処設備保管場所(西側))(14/22)

MAX=611.79 cm/s² (67.56s)



(a) 加速度時刻歷波形



図 2-4 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル(S_s-21 (NS)) (可搬型重大事故等対処設備保管場所(西側))(15/22)

 $MAX = -560.98 \text{ cm}/\text{s}^2$  (69.20s)



(a) 加速度時刻歷波形



図 2-4 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (S_s-21 (EW)) (可搬型重大事故等対処設備保管場所(西側))(16/22)

MAX= $-475.81 \text{ cm/s}^2$  (70.24s)



(a) 加速度時刻歷波形



図 2-4 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル(S_s-21 (UD)) (可搬型重大事故等対処設備保管場所(西側))(17/22)

MAX= $-626.60 \,\mathrm{cm/s^2}$  (70.25s)



(a) 加速度時刻歷波形



図 2-4 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (S_s-22 (NS)) (可搬型重大事故等対処設備保管場所(西側))(18/22)

MAX=460.21 cm/s² (76.25s)



(a) 加速度時刻歷波形



図 2-4 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (S_s-22 (EW)) (可搬型重大事故等対処設備保管場所(西側))(19/22)

MAX= $-511.36 \text{ cm}/\text{s}^2$  (72.16s)







図 2-4 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (S_s-22 (UD)) (可搬型重大事故等対処設備保管場所(西側))(20/22)



(a) 加速度時刻歷波形



図 2-4 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル(S_s-31(H))
(可搬型重大事故等対処設備保管場所(西側))(21/22)







図 2-4 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル(S_s-31(V))
(可搬型重大事故等対処設備保管場所(西側))(22/22)

(2) 可搬型重大事故等対処設備保管場所(南側)

1次元波動論により算定した可搬型重大事故等対処設備保管場所(南側)の地 表面における入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトルを図 2-5 に 示す。

MAX= $-844.58 \text{ cm}/\text{s}^2$  (19.98s)



(a) 加速度時刻歷波形



図 2-5 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル(S_s-D1(H)) (可搬型重大事故等対処設備保管場所(南側))(1/22)

MAX=-451.63 cm/s² (44.31s)



(a) 加速度時刻歷波形



図 2-5 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル(S_s-D1(V)) (可搬型重大事故等対処設備保管場所(南側))(2/22)







図 2-5 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル(S_s-11 (NS)) (可搬型重大事故等対処設備保管場所(南側))(3/22)





図 2-5 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (S_s-11 (EW)) (可搬型重大事故等対処設備保管場所(南側))(4/22)





図 2-5 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル(S_s-11 (UD)) (可搬型重大事故等対処設備保管場所(南側))(5/22)





図 2-5 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル(S_s-12(NS)) (可搬型重大事故等対処設備保管場所(南側))(6/22)

MAX=342.03 cm/s² (29.53s)



(a) 加速度時刻歷波形



図 2-5 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (S_s-12 (EW)) (可搬型重大事故等対処設備保管場所(南側))(7/22)





図 2-5 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (S_s-12 (UD)) (可搬型重大事故等対処設備保管場所(南側))(8/22)





図 2-5 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル(S_s-13(NS)) (可搬型重大事故等対処設備保管場所(南側))(9/22)







図 2-5 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (S_s-13 (EW)) (可搬型重大事故等対処設備保管場所(南側))(10/22)





図 2-5 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル(S_s-13 (UD)) (可搬型重大事故等対処設備保管場所(南側))(11/22)





図 2-5 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル(S_s-14(NS)) (可搬型重大事故等対処設備保管場所(南側))(12/22)







図 2-5 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (S_s-14 (EW)) (可搬型重大事故等対処設備保管場所(南側))(13/22)







図 2-5 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル(S_s-14 (UD)) (可搬型重大事故等対処設備保管場所(南側))(14/22)

MAX=799.72 cm/ $s^2$  (66.84s)



(a) 加速度時刻歷波形



図 2-5 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル(S_s-21 (NS)) (可搬型重大事故等対処設備保管場所(南側))(15/22)

MAX=472.94 cm/ $s^2$  (68.85s)







図 2-5 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (S_s-21 (EW)) (可搬型重大事故等対処設備保管場所(南側))(16/22)

MAX= $-499.56 \text{ cm}/\text{s}^2$  (70.24s)







図 2-5 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル(S_s-21 (UD)) (可搬型重大事故等対処設備保管場所(南側))(17/22)



(a) 加速度時刻歷波形



図 2-5 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル(S_s-22(NS)) (可搬型重大事故等対処設備保管場所(南側))(18/22)

 $MAX=743.88 \text{ cm/s}^2$  (73.05s)



(a) 加速度時刻歷波形



図 2-5 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル (S_s-22 (EW)) (可搬型重大事故等対処設備保管場所(南側))(19/22)

MAX= $-559.69 \text{ cm}/\text{s}^2$  (72.16s)



(a) 加速度時刻歷波形



図 2-5 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル(S_s-22(UD)) (可搬型重大事故等対処設備保管場所(南側))(20/22)



(a) 加速度時刻歷波形



図 2-5 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル(S_s-31(H))
(可搬型重大事故等対処設備保管場所(南側))(21/22)







図 2-5 入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトル(S_s-31(V))
(可搬型重大事故等対処設備保管場所(南側))(22/22)

V-2-別添 3-3 可搬型重大事故等対処設備のうち車両型設備の 耐震性についての計算書
目 次

1.	. 概	要		1
2.	. —	般事項		$\cdots 2$
	2.1	配置概要		····· 2
	2.2	構造計画		4
	2.3	固縛装置		9
	2.4	評価方針		10
	2.5	適用基準		$\cdots 13$
3.	. 加	振試験		$\cdots 14$
	3.1	基本方針		$\cdots 14$
	3.2	入力地震重	勛 ·····	14
	3.3	試験方法		14
	3.4	試験結果		•••• 14
4.	. 応	力評価 …		16
	4.1	基本方針		16
	4.2	評価部位		16
	4.3	荷重の組合	合せ及び許容応力 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	18
	4.4	評価方法		20
	4.5	計算条件		$\cdots 23$
5.	. 転	倒評価		
	5.1	基本方針		26
	5.2	評価部位		26
	5.3	許容限界		26
	5.4	評価方法		26
6.	. 機	能維持評価		$\cdots 27$
	6.1	基本方針		$\cdots 27$
	6.2	評価部位		27
	6.3	許容限界		$\cdots 27$
	6.4	評価方法		$\cdots 27$
7.	. 波	及的影響評	価	29
	7.1	基本方針		29
	7.2	評価部位		29
	7.3	許容限界		29
	7.4	評価方法		29

8.	評任	価結果 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
	8.1	応力評価結果
	8.2	転倒評価結果
	8.3	機能維持評価結果 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
	8.4	波及的影響評価結果

### 1. 概要

本計算書は、添付書類「V-2-別添3-1 可搬型重大事故等対処設備の耐震計算方針」(以下 「別添3-1」という。)にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、可搬型重 大事故等対処設備のうち車両型設備が地震後において、基準地震動S。による地震力に対し、 十分な構造強度及び機能維持を有するとともに、当該設備以外の可搬型重大事故等対処設備に 波及的影響を及ぼさないことを説明するものである。その耐震評価は加振試験、応力評価、転 倒評価及び機能維持評価並びに波及的影響評価により行う。

## 2. 一般事項

2.1 配置概要

車両型設備は、別添3-1の「2.1 評価設備」のうち構造計画に示すとおり、可搬型重大事 故等対処設備保管場所(西側)又は可搬型重大事故等対処設備保管場所(南側)に分散して 保管する。これらの保管場所を図2-1に示す。 NT2 補③ V-2-別添 3-3 R0

図2-1 車両型設備の保管場所位置図

## 2.2 構造計画

車両型設備の構造は、別添3-1の「2.1 評価対象設備」に示す構造計画としており、車両型 設備の構造計画を表2-1に、車両型設備の構造図を図2-2から図2-6に示す。

乳供なお		学中区	
<b> </b>	主体構造	支持構造	就明凶
		ポンプ、内燃機関は、コンテナに	
	サスペンションを有	直接支持構造物である取付ボルト	
	し, 自走にて移動で	にて固定する。ポンプ、内燃機関	
可搬空代谷往水	きる構造*1とし, 車	を収納したコンテナは、間接支持	図2-2
大型ホンノ	両,ポンプ,内燃機	構造物であるトラックに積載し取	
	関により構成する。	付ボルトにより固定し,保管場所	
		に固定せずに保管する。	
		内燃機関は、コンテナに直接支持	
	サスペンションを有	構造物である取付ボルトにて固定	
古いれていたまたシナート	し, 自走にて移動で	する。内燃機関を収納したコンテ	
可倣空八谷往小	きる構造*1とし、車	ナは、間接支持構造物であるトラ	図2-3
中型ホンノ	両、内燃機関により	ックに積載し取付ボルトにより固	
	構成する。	定し、保管場所に固定せずに保管	
		する。	
		発電機、内燃機関は、コンテナに	
可搬型代替低圧	サスペンションを有	直接支持構造物である取付ボルト	
電源車*2	し, 自走にて移動で	にて固定する。発電機、内燃機関	
及び	きる構造*1とし, 車	を収納したコンテナは、間接支持	図2-4
窒素供給装置用	両,発電機,内燃機	構造物であるトラックに積載し取	
電源車*2	関により構成する。	付ボルトにより固定し、保管場所	
		に固定せずに保管する。	

表2-1 車両型設備の構造計画(1/2)

注記 *1:早期の重大事故等への対処を考慮し移動機能を有するとともに、地震に対する影響を軽減できる構造として、サスペンションを有している。

*2:設備名称は異なるが、同型の車両型設備である。

乳供女社		彩田区		
[]	主体構造	支持構造	ппп凶	
窒素供給装置	<ul> <li>サスペンションを有</li> <li>し,自走にて移動で</li> <li>きる構造*1とし,車</li> <li>両,窒素ガス分離装</li> <li>置,空気圧縮機により構成する。</li> </ul>	窒素ガス分離装置,空気圧縮機 は、コンテナに直接支持構造物で ある取付ボルトにて固定する。窒 素ガス分離装置,空気圧縮機を収 納したコンテナは,間接支持構造 物であるトラックに積載し取付ボ ルトにより固定し,保管場所に固 定せずに保管する。	図2-5	
タンクローリ	サスペンションを有 し,自走にて移動で きる構造*1とし,車 両,タンク,ポンプ により構成する。	タンク,ポンプは,トラックの荷 台に直接支持構造物である取付ボ ルトにて固定し,保管場所に固定 せずに保管する。	図2-6	

表2-1 車両型設備の構造計画(2/2)

注記 *1:早期の重大事故等への対処を考慮し移動機能を有するとともに、地震に対する影響 を軽減できる構造として、サスペンションを有している。







図2-3 可搬型代替注水中型ポンプの構造図(外観図)







図2-5 窒素供給装置の構造図(外観図)



図2-6 タンクローリの構造図(外観図)

2.3 固縛装置

車両型設備については、屋外の可搬型重大事故等対処設備保管場所に保管することから、竜 巻襲来時に飛散し、他の重大事故等対処設備に悪影響を及ぼすことを防止するため、固縛装置 を設置する計画としている。固縛装置は、「連結材」と連結材を固定するための「固定材」及び 「基礎」から構成される。図 2-7 に固縛装置の構造概要を示す。

「連結材」は、車両型設備を胴巻きにするメインロープと固定材との取り合いとなるサイドロ ープで構成され、材質は高強度繊維ロープを使用している。サイドロープは、車両型設備の特徴 であるサスペンションの耐震性(振動抑制効果)を損なわないよう余長を持たせている。「固定材」 は、アンカープレートとフレノリンクボルトで構成され、「基礎部」は固定材と基礎を定着する接 着系アンカーボルト及び基礎で構成されている。

なお,固縛装置を車両型設備に設置する場合,地震時の車両型設備の挙動により固縛装置が 作用して,車両型設備の重大事故等に対処するために必要な機能に影響を与えることのないよ うに,以下のいずれかの設計とする。

- ・固縛装置の余長を十分に設けることにより地震時に作用させない設計とする。ここで、十 分な余長とは、地震に伴う車両型設備のすべり及び傾きによる変位が生じた場合でも、固 縛装置が展張せず、また、固定材にタイヤが干渉しない余長のことを示す。本設計に基づ く固縛装置を、以下「長い余長の固縛装置」という。
- ・十分な余長を設けない場合は、車両型設備に実際の保管状態と同じ固縛装置を取り付けた 状態で加振試験を行い、固縛装置と車両型設備が展張して荷重がかかった場合でも、重大 事故等に対処するために必要な機能を損なわないことを確認する。本設計に基づく固縛装 置を、以下「短い余長の固縛装置」という。

固縛装置は、竜巻対策と兼用するため、その設計方針、構造計画等の詳細については、添付 書類「V-1-1-2-3 竜巻への配慮に関する説明書」に、竜巻対策としての固縛装置の強度に関 する設計については、添付書類「V-3-別添1-3 屋外重大事故等対処設備の固縛装置の強度計 算の方針」及び添付書類「V-3-別添1-3-1 屋外重大事故等対処設備の固縛装置の強度計算書」 にて評価する。また、固縛装置の耐震評価としては、加振試験後に固縛装置が健全であり、車 両型設備が転倒しないことを確認する。



図 2-7 固縛装置の構造概要

### 2.4 評価方針

車両型設備の評価方針を以下に示し,評価方法の一覧を表2-2に,耐震評価フローを図2-8に 示す。

### 2.4.1 応力評価

車両型設備は、別添3-1の「2.2.1 車両型設備」にて設定した応力評価の方針に従い、 直接支持構造物及び間接支持構造物に対する応力評価を実施する。

車両型設備の応力評価は、「3. 加振試験」にて得られた評価部位頂部の加速度を用い、 「4. 応力評価」に示す方法により、車両型設備の評価部位に作用する応力が許容限界を 満足することを確認する。確認結果を「8. 評価結果」に示す。

別添3-1の「2.2 評価方針」に示す評価部位のうち直接支持構造物としての取付ボルト の応力評価については、JEAG4601・補-1984に規定されているその他の支持構造 物の評価に従い実施する。間接支持構造物としての取付ボルトについては、直接支持構造 物の応力評価に準じて実施する。

### 2.4.2 転倒評価

車両型設備は、別添3-1の「2.2.1 車両型設備」にて設定した転倒評価の方針に従い、 転倒評価を実施する。

車両型設備の転倒評価は、「5. 転倒評価」に示す方法により、「3. 加振試験」におけ る加振試験を行い、長い余長の固縛装置を設置する設備は、加振試験後に転倒していない こと、短い余長の固縛装置を設置する設備は、加振試験後に固縛装置が健全であり、車両 型設備が転倒していないことを確認し、保管場所の地表面の最大応答加速度と、加振試験 により転倒しないことを確認した加振台の最大加速度との比較を行い、許容限界を満足す ることを確認する。確認結果を「8. 評価結果」に示す。

2.4.3 機能維持評価

車両型設備は,別添3-1の「2.2.1 車両型設備」にて設定した機能維持評価の方針に従い,支持機能,移動機能,動的及び電気的機能維持評価を実施する。

車両型設備の機能維持評価は、「6. 機能維持評価」に示す方法により、「3. 加振試験」 における加振試験にて、加振試験後に支持機能及び移動機能,並びにポンプの送水機能及 び発電機の発電機能等の動的及び電気的機能を維持できることを確認し、保管場所の地表 面の最大応答加速度と、加振試験により支持機能、移動機能、動的及び電気的機能を維持 できることを確認した最大加速度との比較を行い、許容限界を満足することを確認する。 確認結果を「8. 評価結果」に示す。 2.4.4 波及的影響評価

車両型設備は,別添3-1の「2.2.1 車両型設備」にて設定した波及的影響評価の方針に 従い,波及的影響評価を実施する。

車両型設備の波及的影響評価は、「7. 波及的影響評価」に示す方法により、「3. 加振 試験」における加振試験にて確認した、車両型設備の傾き及びすべりによる最大変位量が、 許容限界を満足することを確認する。確認結果を「8. 評価結果」に示す。



図2-8 車両型設備の耐震評価フロー

		<u>⇒n./#:/≭n.(</u>	±→/∞1⇒∓/ <del>π</del>		応力	波及的	
設備名称	<b>単</b> 両種別	設頒種別	₩ <b>広1</b> 到言平1曲	★愛用E純E/守言半1曲	直接支持 構造物	間接支持 構造物	影響評価
可搬型代替注水大型 ポンプ	トラック	ポンプ車	加振試験	加振試験	応力計算+ 加振試験	応力計算+ 加振試験	加振試験
可搬型代替注水中型 ポンプ	トラック	ポンプ車	加振試験	加振試験	応力計算+ 加振試験	応力計算+ 加振試験	加振試験
可搬型代替低圧電源車	トラック	発電機車	加振試験	加振試験	応力計算+ 加振試験	応力計算+ 加振試験	加振試験
窒素供給装置用電源車	トラック	発電機車	加振試験	加振試験	応力計算+ 加振試験	応力計算+ 加振試験	加振試験
窒素供給装置	トラック	窒素発生装置	加振試験	加振試験	応力計算+ 加振試験	応力計算+ 加振試験	加振試験
タンクローリ	トラック	タンクローリ	加振試験	加振試験	応力計算+ 加振試験	対象なし	加振試験

表 2-2 車両型設備の評価方法

2.5 適用基準

適用する規格,基準等を以下に示す。

- (1) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格(2005年度版(2007年追補版を含む))<第</li>
   I編 軽水炉規格> JSME S NC1-2005/2007)(日本機械学会(以下「JSME S NC1-2005/2007」という。))
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987(日本電気協会)
- (3) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 JEAG4601・補
   -1984(日本電気協会)
- (4) 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991追補版(日本電気協会)

3. 加振試験

3.1 基本方針

別添3-1の「4.1 車両型設備 (1) 加振試験」にて設定した基本方針に従い,加振試験を 実施する。

加振試験は,以下の「3.2 入力地震動」に示す入力地震動を用いて,「3.3 試験方法」に 示す方法により,「4. 応力評価」に用いる評価部位頂部の最大応答加速度,「5. 転倒評価」 に用いる転倒の有無,「6. 機能維持評価」に用いる加振台の最大加速度及び「7. 波及的影 響評価」に用いる車両型設備の最大変位量を求める。

#### 3.2 入力地震動

入力地震動は、添付書類「V-2-別添3-2 可搬型重大事故等対処設備の保管エリアの入力地 震動」に示す、各保管場所のS_s-D1~S_s-31の地震動を用いて、添付書類「V-2-1-7 設 計用床応答曲線の作成方針」に基づき作成する設備評価用床応答曲線を包絡するよう作成した ランダム波とする。

加振試験の入力地震動は、すべての保管場所における入力地震動を各対象設備の固有周期帯において包絡し、かつ周期全体として包絡するように設定する。

#### 3.3 試験方法

車両型設備を実際の保管状態を模擬した状態で加振台に設置し、「3.2 入力地震動」に示す ランダム波を入力地震動として加振試験を行い,評価部位頂部の最大応答加速度,加振試験後 に転倒していないこと(長い余長の固縛装置を設置する設備は,加振試験後に転倒していない こと,短い余長の固縛装置を設置する設備は,加振試験後に固縛装置が健全であり,車両型設 備が転倒していないこと),加振台の最大加速度及び車両型設備の最大変位量を確認する。

また、加振試験は水平方向と鉛直方向同時入力で行う。

- ・加 振 波:「3.2 入力地震動」にて設定したランダム波
- ・加振方向:「水平(走行方向)+鉛直」及び「水平(走行直角方向)+鉛直」(2軸加振)
   又は「水平(走行方向)+水平(走行直角方向)+鉛直」(3軸加振)
   加振波の最大加速度と振動台の制限加速度の関係上,2軸加振及び3軸加振の
   使い分けを行うこととし,可搬型代替注水中型ポンプ及び窒素供給装置については2軸加振を実施し,その他の車両型設備については,3軸加振を実施する。
- ・固縛装置:可搬型代替注水大型ポンプ,可搬型代替低圧電源車,窒素供給装置用電源車, タンクローリについては,固縛装置を設置した状態で加振試験を実施する。
- 3.4 試験結果

加振試験により得られた結果を表3-1に示す。

		評価部位の最大			加振台の		車両型設備の		加振試験時の
凯供友称	志고 (파 수교 /는	応答加速度(G)*1		転倒の	最大加速度(G)*1		最大変位量		
<b></b> 衣/用石朴	青平1111音101 <u>17</u>		約古	有無	1. 35	約古	前後方向	左右方向	回将表直の 乳墨の右無*2
		水平	如但.		水平	如但	(mm)	(mm)	<b>取</b> 直の有無一
	ポンプ	2.08	2.18						
可搬型代替注水大型ポンプ	内燃機関	1.85	2.91	無	1. 59/1. 52	1.37	570	1141	有り
	コンテナ	2.01	2.18						
ゴ柳亜化株沿水中町ポンプ	内燃機関	3.09	3.71	無	2. 25/2. 08	1.02	320	677	4年1
可撤至八省在水中空ホンノ	コンテナ	3.45	5.67						無し
司协刑化扶任工家海市	発電機/内燃機関	2.39	3.13	無	1.59/1.52	1. 37	340	1679	右り
可撤至八省似土电原甲	コンテナ	3.39	2.72						有り
灾主州处壮军田豪酒市	発電機/内燃機関	2.39	3.13	furt	1.59/1.52	1.37	0.40	1.070	古り
至糸供柏表直用电原甲	コンテナ	3.39	2.72	***			340	1679	有り
	窒素ガス分離装置	3.06	1.87						
窒素供給装置	空気圧縮機	4.82	3.55	無	2.24/2.05	1.03	280	786	無し
	コンテナ	2.83	3.53						
	タンク	2.49	3.05	ÁTTT.	1 50/1 50	1.39	660	1095	+ 10
ダンクローリ	ポンプ	5.27	5.25	燕	1. 58/ 1. 50				有り

表3-1 加振試験結果

注記 *1:G=9.80665 (m/s²)

^{*2:}保管場所に車両型設備を配置する際には、全ての車両型設備に固縛装置を設置するが、短い余長の固縛装置を設置する車両型設備については、加振試験時に実際の保管状態を模擬する必要があるため、固縛装置の有り無しで識別した。

- 4. 応力評価
- 4.1 基本方針

車両型設備の応力評価は、別添3-1の「2.2 評価方針」で設定した評価方針に従って、応力 評価を実施する。

車両型設備の応力評価は、「4.2 評価部位」に示す評価部位が、「4.3 荷重の組合せ及び許 容応力」に示す荷重及び荷重の組合せに対し「4.3.2 許容応力」に示す許容応力を満足する ことを、「4.4 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

4.2 評価部位

車両型設備の評価部位は、別添3-1の「2.2 評価方針」で設定した評価部位に従って設定する。評価部位を表4-1に示す。

設備名称	評価部位	X
可搬型代替注水大型ポンプ	ポンプ取付ボルト 内燃機関取付ボルト	図2-2
可搬型代替注水中型ポンプ	内燃機関取付ボルト	図2-3
可搬型代替低圧電源車	発電機/内燃機関取付ボルト	図2-4
窒素供給装置用電源車	発電機/内燃機関取付ボルト	図2-4
窒素供給装置	窒素ガス分離装置取付ボルト 空気圧縮機取付ボルト	図2-5
タンクローリ	タンク取付ボルト ポンプ取付ボルト	図2-6

表4-1 (1/2) 車両型設備の直接支持構造物評価部位

表4-1(2/2) 車両型設備の間接支持構造物評価部位

設備名称	評価部位	X
可搬型代替注水大型ポンプ	コンテナ取付ボルト	図2-2
可搬型代替注水中型ポンプ	コンテナ取付ボルト	図2-3
可搬型代替低圧電源車	コンテナ取付ボルト	図2-4
窒素供給装置用電源車	コンテナ取付ボルト	図2-4
窒素供給装置	コンテナ取付ボルト	図2-5
タンクローリ	対象なし	図2-6

4.3 荷重の組合せ及び許容応力

車両型設備の応力評価に用いる荷重の組合せ及び許容応力は,別添3-1の「3.1 荷重の組合 せ及び許容応力」で設定した荷重及び荷重の組合せを用いる。

4.3.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

車両型設備の応力評価に用いる荷重の組合せ及び許容応力状態を表4-2に示す。

表4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態(重大事故等対処設備)

設備名	設備分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
車両型設備	—	*	$\rm D+S$ s	IV _A S

注記 *:その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

4.3.2 許容応力

車両型設備の直接及び間接支持構造物の許容応力は、「4.2 評価部位」にて設定した評価部位の破断延性限界を考慮し、別添3-1の「3.2 許容限界」で設定した許容限界に従い、許容応力状態 IVASの許容応力とする。

各評価部位の許容応力を表4-3に示す。

	許容限界*1,*2			
許容応力状態	一次応力			
	引張*3	せん断*3		
IV _A S	$1.5 \cdot f_t^*$	1.5•f _s *		

表4-3 許容応力(重大事故等その他の支持構造物)

 注記 *1:ft*, fs*は, JSME S NC1-2005/2007 SSB-3121.1(1)a本文中Sy及びSy (RT) を1.2・Sy 及び1.2・Sy (RT)と読み替えて算出した値(JSME S NC1-2005/2007 SSB-3133)。ただし、Sy及び0.7・Suのいずれか小さい方の値とする。
 *2: JEAG4601・補-1984の「その他の支持構造物の許容応力」に準じて設定する。
 *3: ボルトにせん断力が作用する場合、組合せ評価を実施する。その際の許容引張応力 ftsは、JSME S NC1 SSB-3133に基づき、fts=Min[1.4・fto-1.6・τb, fto]とする。ここで、ftoは1.5・ft*とする。

4.3.3 使用材料の許容応力評価条件

車両型設備の使用材料の許容応力評価条件を表 4-4 に示す。

					~	~
設備名称	評価部材	ボルト材質	温度条件		Sу	S u
		11124	(°C)		(MPa)	(MPa)
	ポンプ取付ギルト	SS400	国田博培祖库	40	995	100
可搬型代替注		(16mm<径≦40mm)	问 <b>四</b>	40	230	400
水大型ポンプ	内燃機関取付	SS400	用田畑体沿库	10	005	100
	ボルト	(16mm<径≦40mm)	<b>向田</b> 埬垷温皮	40	235	400
可搬型代替注	内燃機関取付	DIN931,	国国博塔坦库	10	6.40	200
水中型ポンプ	ボルト	933 相当品	同田琛垷温皮	40	640	800
可搬型代替低	発電機/内燃機関	SS400	国田谭梓泊库	40	945	400
圧電源車	取付ボルト	(径≦16mm)	同囲環現偏度	40	240	400
窒素供給装置	発電機/内燃機関	SS400	国田谭梓泊库	40	945	100
用電源車	取付ボルト	(径≦16mm)	同囲環現偏度	40	240	400
	窒素ガス分離装置	SCM42E	国田谭培祖库	40	705	020
灾事册处壮平	取付ボルト	SUM430	同囲環現傴皮	40	(85	930
至糸供柏表圓	空気圧縮機取付	COMADE	国田博塔泊库	40		
	ボルト	SUM435	周囲埬境温度		(85	930
	タンカ取付ギルト	SS400	国田彊培泪中	40	225	400
<u> </u>		(16mm<径≦40mm)		40	235	
17771-J	ポンプ取付モルト	SS400	国田理培祖中	40	245	400
	ポンプ取付ボルト	(径≦16mm)	间囲埬哯温度			400

表4-4(1/2) 直接支持構造物の使用材料の許容応力評価条件(重大事故等対処設備)

## 表4-4(2/2) 間接支持構造物の使用材料の許容応力評価条件(重大事故等対処設備)

設備名称	評価部位	ボルト材質	温度条件 (℃)		S y (MPa)	S u (MPa)
可搬型代替注	コンテナ取付	SNB7	周囲環境温度	40	725	860
水大型ポンプ	ボルト					
可搬型代替注	コンテナ取付	SUS304	周囲環境泪度	40	205	520
水中型ポンプ	ボルト	303304	间囲垛境価度	40	205	520
可搬型代替低	コンテナ取付	S45C	周囲彊倍沮宙	40	490	690
圧電源車	ボルト	5430	问四來現個反	40	430	030
窒素供給装置	コンテナ取付	S450	国田彊培泪庄	40	400	600
用電源車	ボルト	5450	间囲垛境価度	40	490	090
空去什妙壮罢	コンテナ取付	S450	国田彊培泪庄	40	400	600
	ボルト	5450	<b>问</b> 田	40	490	090

4.4 評価方法

車両型設備の直接及び間接支持構造物の応力評価は、別添3-1の「2.2 評価方針」で設定した評価式に従って、評価部位について、JEAG4601・補-1984に規定されているポンプ等の取付ボルトの評価方法を用いて発生応力を算出し、許容応力以下であることを確認する。

評価については,表3-1に示す加振試験で測定された評価部位頂部の加速度を設計用加速度 とし,発生応力を算出し,応力評価を行う。

4.4.1 評価に使用する計算モデル及び記号の説明

応力評価に使用する計算モデル例を図4-1及び図4-2に、記号を表4-5に示す。なお、取 付ボルト②についてはタンクローリのポンプに適用し、取付ボルト①についてはそれ以外 の評価部位について適用する。



取付ボルト① (側面図)



取付ボルト②(引張)(側面図)



取付ボルト②(せん断)(側面図)

図 4-1 直接支持構造物の計算モデル例



図4-2 間接支持構造物の計算モデル例

## 表4-5 応力評価に使用する記号

記号	単位	記号の説明
Ab	$\mathrm{mm}^2$	取付ボルトの軸断面積
$a_{\mathrm{H}}$	$m/s^2$	設計用水平加速度
a _P	$m/s^2$	回転体振動による加速度
av	$m/s^2$	設計用鉛直加速度
g	$m/s^2$	重力加速度
h	mm	据付面から重心位置までの高さ
L	mm	評価部位の重心位置とボルト間の水平方向距離
0	mm	支点としている取付ボルトより評価に用いる取付ボルトまでの距離(iは
<i>v</i> _i	IIIII	距離の長い順に番号取りをする。)
m	kg	機器の運転時質量
$M_{\rm P}$	N•mm	回転体回転により働くモーメント
N		引張力若しくはせん断力の作用する取付ボルトの本数(iは転倒支点から
Ni	_	距離の遠い順に番号取りをする。)
n	_	取付ボルトの総本数
$\sigma_{\rm bt}$	MPa	取付ボルトの最大引張応力
au bs	MPa	取付ボルトの最大せん断応力

- 4.4.2 直接支持構造物の応力計算式
  - (1) 取付ボルト①
    - ・取付ボルトの引張応力

$$\sigma_{bt} = \frac{\mathbf{m} \cdot (\mathbf{a}_{H} + \mathbf{a}_{P}) \cdot \mathbf{h} + \mathbf{M}_{P} - \mathbf{m} \cdot (\mathbf{g} - \mathbf{a}_{V} - \mathbf{a}_{P}) \cdot \mathbf{L}}{\mathbf{A}_{b}} \cdot \frac{\ell_{1}}{\sum_{i=1}^{N} \mathbf{N}_{i} \cdot \ell_{i}^{2}}$$

・取付ボルトのせん断応力

$$\tau_{_{\mathrm{bs}}} = \frac{m \cdot \left(\! a_{_{\mathrm{H}}} \! + \! a_{_{\mathrm{P}}} \right)}{n \cdot A_{_{\mathrm{b}}}}$$

(2) 取付ボルト②

・取付ボルトの引張応力

$$\sigma_{\rm bt} = \frac{\mathbf{m} \cdot \sqrt{\left(\mathbf{a}_{\rm H}\right)^2 + \left(\mathbf{g} + \mathbf{a}_{\rm V}\right)^2}}{N_{\rm i} \cdot A_{\rm b}}$$

・取付ボルトのせん断応力

$$\tau_{\rm bs} = \frac{\mathbf{m} \cdot \mathbf{a}_{\rm H} \cdot \mathbf{h} + \mathbf{m} \cdot (\mathbf{g} + \mathbf{a}_{\rm V}) \cdot \mathbf{L}}{\mathbf{A}_{\rm b}} \cdot \frac{\ell_{1}}{\sum_{i=1}^{1} \mathbf{N}_{i} \cdot \ell_{i}^{2}}$$

4.4.3 間接支持構造物の応力計算式

・取付ボルトの引張応力

$$\sigma_{\rm bt} = \frac{\mathbf{m} \cdot \mathbf{a}_{\rm H} \cdot \mathbf{h} - \mathbf{m} \cdot \left(\mathbf{g} - \mathbf{a}_{\rm V}\right) \cdot \mathbf{L}}{\mathbf{A}_{\rm b}} \cdot \frac{\boldsymbol{\ell}_{1}}{\sum_{\rm i=1}^{\rm N} N_{\rm i} \cdot \boldsymbol{\ell}_{\rm i}^{2}}$$

・取付ボルトのせん断応力

$$\tau_{\rm bs} = \frac{\mathbf{m} \cdot \mathbf{a}_{\rm H}}{\mathbf{n} \cdot \mathbf{A}_{\rm b}}$$

## 4.5 計算条件

応力評価に用いる評価条件を表4-6及び表4-7に示す。

松巴々升	並在如今	設計用加速度(G)*			
(茂石) 石 小	計判而到对不	水平a _H	鉛直av		
	ポンプ	2.50	2.62		
機器名称 可搬型代替注水大型ポンプ 可搬型代替注水中型ポンプ 可搬型代替低圧電源車 窒素供給装置用電源車 窒素供給装置	内燃機関	2.22	3. 50		
	コンテナ	2.42	2.62		
司柳刑化共注水中刑ポンプ	内燃機関	3.71	4.46		
可撤至代督社水中至ハンフ	コンテナ	4.14	6.81		
可柳刑件转低工委返车	発電機/内燃機関	2.87	3. 76		
可掀至1\省凶工电你 <b>平</b>	コンテナ	4.07	3. 27		
空丰州公准罢田雪酒声	発電機/内燃機関	2.87	3. 76		
至杀供和表直用电你中	コンテナ	4.07	3.27		
	窒素ガス分離装置	3.68	2.25		
窒素供給装置	空気圧縮機	5. 79	4.26		
	コンテナ	3.40	4.24		
	タンク	2.99	3. 66		
	ポンプ	6. 33	6. 30		

表4-6 直接及び間接支持構造物の設計用加速度

注記 *:G=9.80665 (m/s²)

表4-7(1/2) 直接支持構造物の設計条件

設備名称	評価部位	ボルト材質	m (kg)	h (mm)	A _b (mm ² )	n (—)	N ₁ (-)	N ₂ (-)	N ₃ (-)	L (mm)	$\ell_1$ (mm)	$\ell_2$ (mm)	l ₃ (mm)
可搬型代替注水	ポンプ取付ボルト	SS400	800	930	452	4	2	_	_	240	480	_	Ι
大型ポンプ	内燃機関取付ボルト	SS400	1860	1120	452	4	2	_	_	385	770	_	_
可搬型代替注水 中型ポンプ	内燃機関取付ボルト	DIN931, 933 相当品	585	850	380	4	2	_	_	275	550	_	_
可搬型代替低圧 電源車	発電機/内燃機関取付ボルト	SS400	2877	715	113	16	4	4	4	325	730	650	80
窒素供給装置用 電源車	発電機/内燃機関取付ボルト	SS400	2877	715	113	16	4	4	4	325	730	650	80
空丰田沙壮平	窒素ガス分離装置取付ボルト	SCM435	3500	1150	314	8	2	2	2	755	1650	1100	550
窒素供給装置	空気圧縮機取付ボルト	SCM435	1905	553	314	6	2	2		382	900	450	Ι
avan_11	タンク取付ボルト	SS400	900	721	314	8	4	_	_	451	902	_	_
777 u - y	ポンプ取付ボルト	SS400	28	125	113	4	2	_	_	53	106	_	_

表4-7(2/2) 間接支持構造物の設計条件

設備名称	評価部位	ボルト材質	m (kg)	h (mm)	A _b (mm ² )	n (—)	N ₁ (-)	N ₂ (-)	N ₃ (—)	L (mm)	Q ₁ (mm)	$\ell_2$ (mm)	Q ₃ (mm)
可搬型代替注水	コンテナ取付ボルト	SNB7	12000	1056	314	20	10	_	_	567	1134	_	_
大型ポンプ		UNDT	12000	1000	011	20				001	1104		
可搬型代替注水	コンテナ版仕ギルト	SUS 204	2000	800	152	16	0			E40	1100		
中型ポンプ	コンソノ取刊ホルト	505304	3000	800	100	10	0			540	1100		
可搬型代替低圧	コンニナモはギョー	0450	4400	705	110	00	1.4			20.4	000		
電源車	コンソノ取刊ホルト	5450	4488	105	113	28	14	_	_	394	806	_	
窒素供給装置用	コンニナモはギャー	0450	4400	705	110	00	1.4			20.4	000		
電源車	コンフノ取刊ホルト	5450	4488	705	113	28	14	—	_	394	806	—	_
窒素供給装置	コンテナ取付ボルト	S45C	10493	1077	907	4	2	_	_	1086	2260	_	_

- 5. 転倒評価
- 5.1 基本方針

車両型設備は、別添3-1の「2.2 評価方針」に設定した評価方針に従い、転倒評価を実施する。

車両型設備の転倒評価は、「5.2 評価部位」に示す評価部位が「5.3 許容限界」に示す許 容限界を満足することを「5.4 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

5.2 評価部位

転倒評価の評価部位は、別添3-1の「3.2 許容限界」にて設定したとおり、地震後に転倒し ないことが要求される車両型設備全体及び短い余長の固縛装置を設置する設備については固縛 装置も対象とする。

### 5.3 許容限界

許容限界は、「5.2 評価部位」にて設定した評価部位の保管場所の地表面の最大応答加速度 が、加振試験により転倒しないことを確認した加振台の最大加速度以下であることとする。

5.4 評価方法

車両型設備の転倒評価は、別添3-1の「2.2 評価方針」にて設定した評価方針に従い、保管 場所の地表面の最大応答加速度と、「3. 加振試験」における加振試験にて転倒しないことを 確認した加振台の最大加速度との比較を行い、水平方向と鉛直方向の比較結果がそれぞれ許容 限界以下であることを確認する。

- 6. 機能維持評価
- 6.1 基本方針

車両型設備は、別添3-1の「2.2 評価方針」にて設定した評価方針に従い、機能維持評価を 実施する。

車両型設備の機能維持評価は、「6.2 評価部位」に示す評価部位が「6.3 許容限界」に示 す許容限界を満足することを、「6.4 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

6.2 評価部位

車両型設備の評価部位は、別添3-1の「2.2 評価方針」に示す確認方法を踏まえて、地震後 に支持機能及び移動機能の維持が必要な車両部、並びに動的及び電気的機能の維持が必要な車 両に積載しているポンプ、発電機及び内燃機関等とする。

### 6.3 許容限界

許容限界は、「6.2 評価部位」にて設定した評価部位の保管場所の地表面の最大応答加速度 が、加振試験により支持機能、移動機能、動的及び電気的機能が維持されることを確認した加 振台の最大加速度以下であることとする。

6.4 評価方法

車両型設備の機能維持評価は、別添3-1の「2.2 評価方針」にて設定した評価方針に従い、 保管場所の地表面の最大応答加速度と、「3. 加振試験」における加振試験にて得られた、表 6-1に示す機能維持確認項目を確認した加振台の最大加速度との比較を行い、水平方向と鉛直 方向の比較結果がそれぞれ許容限界以下であることを確認する。

表6-1 車両型設備の機能維持確認項目

設備名称	機能維持確認項目
	重大事故等時に屋外から原子炉へ注水、格納容器内部へのスプレ
	イ、格納容器下部のペデスタル部への注水、使用済燃料プールへ
	の注水又はスプレイ、代替淡水源(代替淡水貯槽又は西側淡水貯
可搬型代替注水入型ホンノ	水設備)への補給、放射性物質の拡散抑制のために原子炉建屋へ
	の放水等が可能な容量及び揚程を有すること。
	また、保管場所から設置場所までの自走機能を有すること。
	重大事故等時に屋外から原子炉へ注水、格納容器内部へのスプレ
	イ、格納容器下部のペデスタル部への注水、使用済燃料プールへ
可搬型代替注水中型ポンプ	の注水又はスプレイ、代替淡水源(代替淡水貯槽)への補給等が
	可能な容量及び揚程を有すること。
	また、保管場所から設置場所までの自走機能を有すること。
	重大事故等時の全交流動力電源喪失時に必要な負荷に給電するた
可搬型代替低圧電源車	めの容量を有すること。
	また、保管場所から設置場所までの自走機能を有すること。
	重大事故等時に屋外から格納容器又は格納容器圧力逃がし装置へ
空志研約壮墨田電酒車	窒素を供給する窒素供給装置に給電するための容量を有するこ
至希供和表直用电你毕	と。
	また、保管場所から設置場所までの自走機能を有すること。
	重大事故等時に屋外から格納容器又は格納容器圧力逃がし装置へ
窒素供給装置	窒素を供給するための容量を有すること。
	また、保管場所から設置場所までの自走機能を有すること。
	重大事故等時に可搬型設備用軽油タンクから対象機器へ燃料油を
タンクローリ	輸送できること。
	また、保管場所から設置場所までの自走機能を有すること。

- 7. 波及的影響評価
- 7.1 基本方針

車両型設備は,別添3-1の「2.2.1(4) 波及的影響評価」にて設定した評価方針に従い,他の可 搬型重大事故等対処設備への波及的影響評価を実施する。

車両型設備の波及的影響評価は、「7.2 評価部位」に示す評価部位が、「7.3 許容限界」に示 す許容限界を満足することを「7.4 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

7.2 評価部位

波及的影響評価の評価部位は,別添3-1の「3.2 許容限界」にて設定したとおり,車両型設備 全体とする。

### 7.3 許容限界

車両型設備は、「7.2 評価部位」にて設定した評価部位と他の可搬型重大事故等対処設備との 離隔距離が、車両型設備の加振試験にて確認した最大変位量を基に、1台当たりについて以下の値 を許容限界とする。

- ・可搬型代替低圧電源車及び窒素供給装置用電源車は、①前後方向1250mm、②左右方向2000mm
- ・それ以外の車両型設備は、③前後方向1250mm、④左右方向1250mm

なお,実際の車両型設備の配置に必要な車両型設備の間隔については離隔距離を基に,各々の 離隔距離を加算し,以下のとおりとする。

- ・可搬型代替低圧電源車及び窒素供給装置用電源車が隣り合う場合は,前後方向2500mm (=① +①),左右方向4000mm (=②+②)
- ・可搬型代替低圧電源車若しくは窒素供給装置用電源車とその他の車両型設備が隣り合う場合 は、前後方向2500mm(=①+③)、左右方向3250mm(=②+④)
- ・その他の車両型設備同士が隣り合う場合は,前後方向2500mm (=③+③),左右方向2500mm (=④+④)
- ・変位を生じないように緊張して固縛する資機材と車両型設備との間隔については、車両型設備1台当たりの離隔距離
- 7.4 評価方法

車両型設備の波及的影響評価は、別添3-1の「2.2 評価方針」にて設定した評価方針に従い、

「3. 加振試験」における加振試験にて得られた,車両型設備の傾き及びすべりによる変位量の 合算値から求めた車両型設備の最大変位量が,許容限界以下であることを確認する。 8. 評価結果

車両型設備の基準地震動S。による地震力に対する評価結果を以下に示す。

応力評価の結果,発生値は許容応力を満足しており,基準地震動S。による地震力に対して評価部 位の健全性が維持されることを確認した。

転倒評価の結果,保管場所の地表面の最大応答加速度が,加振試験により転倒しないことを確認 した加振台の最大加速度以下であり,転倒しないことを確認した。また,短い余長の固縛装置を設 置した設備については,加振試験後に固縛装置が健全であることを確認した。

機能維持評価の結果,保管場所の地表面の最大応答加速度は,加振試験により支持機能,移動機能,動的及び電気的機能を維持できることを確認した最大加速度以下であり,基準地震動S。による 地震力に対し,機能が維持されることを確認した。

波及的影響評価の結果,車両型設備の最大変位量については,設定した許容限界(離隔距離)未 満であり,当該設備以外の可搬型重大事故等対処設備に波及的影響を及ぼさないことを確認した。

以上より,車両型設備は地震後において,基準地震動S。による地震力に対し,重大事故等に対処 するために必要な機能を維持するとともに当該設備以外の可搬型重大事故等対処設備に波及的影響 を及ぼさないことを確認した。

### 8.1 応力評価結果

車両型設備の応力評価結果を表8-1及び表8-2に示す。

## 8.2 転倒評価結果

車両型設備の転倒評価結果を表8-3に示す。

- 8.3 機能維持評価結果
   車両型設備の機能維持評価結果を表8-3に示す。
- 8.4 波及的影響評価結果

車両型設備の波及的影響評価結果を表8-4に示す。

設備名称	評価部位	応力分類	発生値 (MPa)	許容応力 (MPa)	評価
	ポンプ町付ポれし	評価部位       応力分類       発生値 (MPa)       許容成 (MPa)         ンプ取付ボルト       引張り       49       210         せん断       11       160         燃機関取付ボルト       引張り       91       210         燃機関取付ボルト       引張り       91       210         燃機関取付ボルト       引張り       91       210         燃機関取付ボルト       引張り       57       420         燃機関取付ボルト       引張り       57       420         電機/内燃機関取       引張り       146       210         ボルト       せん断       45       160         ボルト       せん断       45       160         ボルト       セん断       45       160         ボルト       セん断       45       160         ボルト       セん断       51       375         気圧縮機取付ボル       引張り       111       487         ボルト       せん断       51       375         気圧縮機取付ボルト       引張り       118       487         レク取付ボルト       引張り       27       210         ンク取付ボルト       引張り       12       210         レプ販       14       160         ンプ取付ボルト       七ん断       14       160	210*	0	
可柳町化装汁水+町ポンプ	ホンノ取りホルト	せん断	11	160	0
可加生代管注水八生小ノノ	内と地理取得ポルト	引張り	91	210*	$\bigcirc$
	り 旅校 民 取 行 ハ フレ ト	せん断	23	160	$\bigcirc$
可柳利化装汁水中利ポンプ	市場地間雨台デルト	引張り	57	420*	0
可撤望代替往水中空ホンノ	ドリ際(茂)民国(1) ハノレト	せん断	14	322	0
可掀到你转任工事酒声	発電機/内燃機関取	引張り	146	210*	0
· 明俶空1\省14/工电/床里	付ボルト	せん断	45	160	0
空志研验壮爱田季酒审	発電機/内燃機関取	引張り	146	210*	0
至杀	付ボルト	せん町     14       後関取     引張り     146     2       せん断     45       浅関取     引張り     146     2       せん断     45       支置取     引張り     146     2       せん断     45       支置取     引張り     111     4       せん断     51	160	0	
	窒素ガス分離装置取	引張り	111	487*	0
	付ボルト	せん断	51	375	0
至系供柘农直	空気圧縮機取付ボル	引張り	118	487*	0
	Ъ	応力分類         発生値 (MPa)         許容応力 (MPa)         評価           引張り         49         210*         〇           世ん断         11         160         〇           世ん断         11         160         〇           日張り         91         210*         〇           世ん断         11         160         〇           日張り         91         210*         〇           日張り         91         210*         〇           日張り         57         420*         〇           日張り         14         322         〇           朝取         引張り         146         210*         〇           朝取         引張り         146         210*         〇           國取         引張り         146         210*         〇           國取         引張り         146         210*         〇           夏取         引張り         111         487*         〇           電政         51         375         〇           ボル         引張り         118         487*         〇           ビん断         58         375         〇           世ん断         11         160         〇			
	カンカ転付ボルト	引張り	27	210*	0
設備名称 可搬型代替注水大型ポンプ 可搬型代替注水中型ポンプ 可搬型代替低圧電源車 窒素供給装置用電源車 タンクローリ	ク イク 取削 ホルト	せん断	11	160	$\bigcirc$
	ポンプ所付チャル	引張り	12	210*	0
	か ン ノ 取削 か/レト	せん断	14	160	0

# 表8-1 直接支持構造物の評価結果

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

設備名称	評価部位	応力分類	発生値 (MPa)	許容応力 (MPa)	評価
	ーンニナ医仕ギャー	引張り	115	451*	0
可搬型代替狂水入型ホンノ	コンテナ現所がルト	せん断	46	346	0
可抑刑化株沿水山刑ポンプ	コンテナ取付ポルト	引張り	141	178*	0
可撤空代督任水中空小ノノ		せん断	50	141	0
可柳刊公共任工家近古	コンテナ取付ポルト	引張り	130	361*	0
可撤空代省低注电源单		せん断	57	277	0
空丰州沙壮罢田季酒声	コンテナ取付ポルト	引張り	130	361*	0
至杀厌和表直用电你中		せん断	57	277	0
空志田妙壮要	コンテナ取付ポルト	引張り	180	350*	0
- 羊米		せん断	97	277	0

# 表8-2 間接支持構造物の評価結果

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

200 5 HAIPIITIШ次U7成肥油的中間和木(1/4)										
評価対象設備		可搬	可搬型代替注水							
			Ч	「空小ノノ						
伊答テリア	可搬型	重大事故	等対処	可搬型	重大事故	等対処	可搬型	重大事故	等対処	
休日エリノ	設備保	管場所(	西側)	設備保	管場所(	南側)	設備保管場所(西側)			
	水	平	鉛直	水	平	鉛直	水	平	鉛直	
加振力问*1	Х	Y	Z	Х	Y	Z	Х	Y	Z	
$S_{s} = D1 (G)^{*2, *3}$	0.58	0.58	0.45	0.89	0.89	0.47	0.58	0.58	0.45	
S _s -11 (G) * ^{2, *3}	0.42	0.47	0.45	0.34	0.32	0.47	0.42	0.47	0.45	
S $_{\rm s}$ -12 (G) $^{*2, *3}$	0.34	0.40	0.40	0.35	0.44	0.42	0.34	0.40	0.40	
S _s -13 (G) * ^{2, *3}	0.35	0.42	0.38	0.35	0.44	0.40	0.35	0.42	0.38	
S _s -14 (G) * ^{2, *3}	0.33	0.38	0.35	0.33	0.32	0.36	0.33	0.38	0.35	
S _s -21 (G) * ^{2, *3}	0.62	0.64	0.50	0.49	0.82	0.52	0.62	0.64	0.50	
S $_{\rm s}$ -22 (G) $^{*2, *3}$	0.48	0.64	0.55	0.77	0.86	0.58	0.48	0.64	0.55	
S _s -31 (G) *2, *3	0.53	0.53	0.20	1.08	1.08	0.21	0.53	0.53	0.20	
S $_{\rm s}$ -MAX (G) *2*,3	0.62	0.64	0.55	1.08	1.08	0.58	0.62	0.64	0.55	
加佐ムの見上		3軸加振			3軸加振		2軸加振			
加速百00取入	1 50	1 52	1 97	1 50	1 52	1 97	2.25	_	1.02	
加速度(6)	1. 09	1. 52	1.57	1. 09	1. 52	1.57	—	2.08	0.89	
転倒		$\bigcirc$			$\bigcirc$			$\bigcirc$		
評価結果*5		0		O						
機能維持		$\bigcirc$								
評価結果*6	0			$\cup$			U			

## 表8-3 転倒評価及び機能維持評価結果(1/4)

注記 *1:地震応答波のX方向, Y方向はそれぞれ, EW方向, NS方向を示す。

加振台の最大加速度のX方向、Y方向はそれぞれ、走行直角方向、走行方向を示す。

 $*2:G=9.80665 (m/s^2)$ 

- *3:地震応答解析により求めた地表面の最大応答加速度値。
- *4:「水平(前後)+鉛直」及び「水平(左右)+鉛直」又は「水平(前後)+水平(左右) +鉛直」の加振試験により計測された加振台の加速度値。
- *5:短い余長の固縛措置を設置する設備は、加振試験後に固縛装置が健全であることの確認を 含む。
- *6:加振試験後の支持機能,移動機能及び表6-1に示す機能維持確認項目の確認を含む。

評価対象設備	可携	吸型代替注 P型ポンプ	主水 プ	可搬型代替低圧電源車						
	可搬型重大事故等対処			可搬型	重大事故	等対処	可搬型重大事故等対処			
保管エリア	設備保	管場所(	南側)	設備保	管場所(	西側)	設備保管場所(南側)			
	水	平	鉛直	水	Ŧ	鉛直	水	水平		
加振力问*1	Х	Y	Z	Х	Y	Z	Х	Y	Z	
$S_{s} - D1$ (G) *2, *3	0.89	0.89	0.47	0.58	0.58	0.45	0.89	0.89	0.47	
S $_{\rm s}$ -11 (G) *2, *3	0.34	0.32	0.47	0.42	0.47	0.45	0.34	0.32	0.47	
S $_{\rm s}$ -12 (G) $^{*2, *3}$	0.35	0.44	0.42	0.34	0.40	0.40	0.35	0.44	0.42	
S _s -13 (G) *2, *3	0.35	0.44	0.40	0.35	0.42	0.38	0.35	0.44	0.40	
S $_{\rm s}$ -14 (G) $^{*2, *3}$	0.33	0.32	0.36	0.33	0.38	0.35	0.33	0.32	0.36	
S $_{\rm s}$ -21 (G) *2, *3	0.49	0.82	0.52	0.62	0.64	0.50	0.49	0.82	0.52	
S $_{\rm s}$ -22 (G) $^{*2, *3}$	0.77	0.86	0.58	0.48	0.64	0.55	0.77	0.86	0.58	
S _s -31 (G) *2, *3	1.08	1.08	0.21	0.53	0.53	0.20	1.08	1.08	0.21	
S $_{s}$ -MAX (G) *2*,3	1.08	1.08	0.58	0.62	0.64	0.55	1.08	1.08	0.58	
		2軸加振			3軸加振		3軸加振			
加振台の最大	2.25	—	1.02	1 50	1 52	1 27	1 50	1 52	1 27	
加速度(G)*2,**	—	2.08	0.89	1. 59	1. 52	1.57	1. 59	1. 52	1.57	
転倒 評価結果*5	0		0			0				
機能維持 評価結果*6	0			0			0			

表8-3 転倒評価及び機能維持評価結果(2/4)

注記 *1:地震応答波のX方向、Y方向はそれぞれ、EW方向、NS方向を示す。

加振台の最大加速度のX方向、Y方向はそれぞれ、走行直角方向、走行方向を示す。

 $*2:G=9.80665 (m/s^2)$ 

- *3:地震応答解析により求めた地表面の最大応答加速度値。
- *4:「水平(前後)+鉛直」及び「水平(左右)+鉛直」又は「水平(前後)+水平(左右) +鉛直」の加振試験により計測された加振台の加速度値。
- *5:短い余長の固縛措置を設置する設備は、加振試験後に固縛装置が健全であることの確認を 含む。
- *6:加振試験後の支持機能,移動機能及び表6-1に示す機能維持確認項目の確認を含む。
| 評価対象設備                                    | 窒素供給装      |            | 置用電源車      |       | 窒素供給装置     |      |      |            |      |
|-------------------------------------------|------------|------------|------------|-------|------------|------|------|------------|------|
| 伊塔テリア                                     | 可搬型重大事故等対処 |            | 可搬型重大事故等対処 |       | 可搬型重大事故等対処 |      |      |            |      |
| 体官エリノ                                     | 設備保        | 管場所(       | 西側)        | 設備保   | 管場所(       | 南側)  | 設備保  | 管場所(ī      | 西側)  |
|                                           | 水          | 平          | 鉛直         | 水     | 平          | 鉛直   | 水    | 平          | 鉛直   |
| 加振力问                                      | Х          | Y          | Z          | Х     | Y          | Z    | Х    | Y          | Z    |
| $S_{s} - D1$ (G) *2, *3                   | 0.58       | 0.58       | 0.45       | 0.89  | 0.89       | 0.47 | 0.58 | 0.58       | 0.45 |
| S _s -11 (G) * ^{2, *3} | 0.42       | 0.47       | 0.45       | 0.34  | 0.32       | 0.47 | 0.42 | 0.47       | 0.45 |
| S _s -12 (G) * ^{2, *3} | 0.34       | 0.40       | 0.40       | 0.35  | 0.44       | 0.42 | 0.34 | 0.40       | 0.40 |
| S _s -13 (G) *2, *3             | 0.35       | 0.42       | 0.38       | 0.35  | 0.44       | 0.40 | 0.35 | 0.42       | 0.38 |
| S _s -14 (G) * ^{2, *3} | 0.33       | 0.38       | 0.35       | 0.33  | 0.32       | 0.36 | 0.33 | 0.38       | 0.35 |
| S _s -21 (G) * ^{2, *3} | 0.62       | 0.64       | 0.50       | 0.49  | 0.82       | 0.52 | 0.62 | 0.64       | 0.50 |
| S _s -22 (G) * ^{2, *3} | 0.48       | 0.64       | 0.55       | 0.77  | 0.86       | 0.58 | 0.48 | 0.64       | 0.55 |
| S $_{\rm s}$ -31 (G) *2, *3               | 0.53       | 0.53       | 0.20       | 1.08  | 1.08       | 0.21 | 0.53 | 0.53       | 0.20 |
| S $_{\rm s}$ –MAX (G) *2*,3          | 0.62       | 0.64       | 0.55       | 1.08  | 1.08       | 0.58 | 0.62 | 0.64       | 0.55 |
|                                           |            | 3軸加振       |            | 3軸加振  |            | 2軸加振 |      |            |      |
| 加振台の最大                                    | 1 50       | 1 50       | 1 07       | 1 50  | 1 50       | 1 97 | 2.24 | —          | 1.03 |
| 加速度(G)* ^{2,*4}                   | 1. 59      | 1. 52      | 1.37       | 1. 59 | 1.52       | 1.37 | _    | 2.05       | 0.90 |
| 転倒                                        |            | $\sim$     |            |       | $\sim$     |      |      | $\sim$     |      |
| 評価結果*5                                    |            | $\bigcirc$ |            |       | 0          |      |      | $\bigcirc$ |      |
| 機能維持                                      |            | $\bigcirc$ |            |       | $\bigcirc$ |      |      | $\bigcirc$ |      |
| 評価結果*6                                    |            |            | U          |       |            |      |      |            |      |

表8-3 転倒評価及び機能維持評価結果 (3/4)

注記 *1:地震応答波のX方向, Y方向はそれぞれ, EW方向, NS方向を示す。

加振台の最大加速度のX方向、Y方向はそれぞれ、走行直角方向、走行方向を示す。

- $*2:G=9.80665 (m/s^2)$
- *3:地震応答解析により求めた地表面の最大応答加速度値。
- *4:「水平(前後)+鉛直」及び「水平(左右)+鉛直」又は「水平(前後)+水平(左右) +鉛直」の加振試験により計測された加振台の加速度値。
- *5:短い余長の固縛措置を設置する設備は、加振試験後に固縛装置が健全であることの確認を 含む。
- *6:加振試験後の支持機能,移動機能及び表6-1に示す機能維持確認項目の確認を含む。

評価対象設備	窒素供給装置		タンクローリ						
伊佐ェリマ	可搬型重大事故等対処		可搬型重大事故等対処		可搬型重大事故等対処				
休官エリノ	設備保	管場所(	南側)	設備保	管場所(	西側)	設備保	管場所(ī	南側)
	水	平	鉛直	水	平	鉛直	水	平	鉛直
川旅力回***	Х	Y	Z	Х	Y	Z	Х	Y	Z
$S_{s} - D1$ (G) *2, *3	0.89	0.89	0.47	0.58	0.58	0.45	0.89	0.89	0.47
S _s -11 (G) * ^{2, *3}	0.34	0.32	0.47	0.42	0.47	0.45	0.34	0.32	0.47
S $_{\rm s}$ -12 (G) $^{*2, *3}$	0.35	0.44	0.42	0.34	0.40	0.40	0.35	0.44	0.42
S _s -13 (G) * ^{2, *3}	0.35	0.44	0.40	0.35	0.42	0.38	0.35	0.44	0.40
S $_{\rm s}$ -14 (G) $^{*2, *3}$	0.33	0.32	0.36	0.33	0.38	0.35	0.33	0.32	0.36
S $_{\rm s}$ -21 (G) *2, *3	0.49	0.82	0.52	0.62	0.64	0.50	0.49	0.82	0.52
S $_{\rm s}$ -22 (G) $^{*2, *3}$	0.77	0.86	0.58	0.48	0.64	0.55	0.77	0.86	0.58
S $_{\rm s}$ -31 (G) $^{*2, *3}$	1.08	1.08	0.21	0.53	0.53	0.20	1.08	1.08	0.21
S $_{\rm s}$ –MAX (G) *2*,3	1.08	1.08	0.58	0.62	0.64	0.55	1.08	1.08	0.58
		2軸加振		3軸加振		3軸加振			
加振台の最大	2.24	—	1.03	1 50	1 50	1 20	1 50	1 50	1 20
加速度(G)* ^{2,*4}	—	2.05	0.90	1.00	1.00	1. 59	1. 00	1. 50	1. 59
転倒		$\bigcirc$			$\bigcirc$			$\bigcirc$	
評価結果*5		U			U			U	
機能維持		$\bigcirc$			$\bigcirc$			$\bigcirc$	
評価結果*6	評価結果*6		U						

表8-3 転倒評価及び機能維持評価結果(4/4)

注記 *1:地震応答波のX方向、Y方向はそれぞれ、EW方向、NS方向を示す。

加振台の最大加速度のX方向、Y方向はそれぞれ、走行直角方向、走行方向を示す。

 $*2:G=9.80665 (m/s^2)$ 

- *3:地震応答解析により求めた地表面の最大応答加速度値。
- *4:「水平(前後)+鉛直」及び「水平(左右)+鉛直」又は「水平(前後)+水平(左右) +鉛直」の加振試験により計測された加振台の加速度値。
- *5:短い余長の固縛措置を設置する設備は、加振試験後に固縛装置が健全であることの確認を 含む。
- *6:加振試験後の支持機能,移動機能及び表6-1に示す機能維持確認項目の確認を含む。

	車両型設備の	<b>新</b> 应阳用*			
⇒九/共 友 私・	最大変位量	计谷胶外 (七七十一)	気圧		
<b>武川用石</b> 朴	(左右方向)	(左右方问)	ē <del>Τ</del> -1Щ		
	(mm)	(mm)			
可搬型代替注水大型ポンプ	1141	1950	0		
可搬型代替注水中型ポンプ	677	1250	0		
可搬型代替低圧電源車	1679	2000	0		
窒素供給装置用電源車	1679	2000	0		
窒素供給装置	786	1950	0		
タンクローリ	1095	1250	0		

表8-4(1/2) 波及的影響評価結果(左右方向)

注記 *: 車両型設備の加振試験にて確認した最大変位量を基に定めた1台当たりの離隔距離

双0 f (2/2) (汉内)》音叶[linh术(时度力中)					
	車両型設備の	款应阻思*			
<u> </u>	最大変位量	計谷ኲ外 (前後古向)	亚年		
	(前後方向)		БŦЧЩ		
	(mm)				
可搬型代替注水大型ポンプ	570		0		
可搬型代替注水中型ポンプ	320		0		
可搬型代替低圧電源車	340	1950	0		
窒素供給装置用電源車	340	1250	0		
窒素供給装置	280		0		
タンクローリ	660		0		

表8-4(2/2) 波及的影響評価結果(前後方向)

注記 *: 車両型設備の加振試験にて確認した最大変位量を基に定めた1台当たりの離隔距離

V-2-別添 3-4 可搬型重大事故等対処設備のうちボンベ設備の

耐震性についての計算書

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 配置概要	1
2.2 構造計画	3
3. ボンベ設備の耐震評価 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	7
3.1.1 評価方針	7
3.1.1 応力評価 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	7
3.1.2 転倒評価及び波及的影響評価	7
4. 非常用窒素供給系高圧窒素ボンベ ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	9
4.1 評価方針	9
4.2 適用基準	10
4.3 記号の説明 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	10
4.4 評価部位	11
4.5 固有周期	12
4.5.1 固有值解析方法	12
4.5.2 解析モデル及び諸元	12
4.5.3 固有值解析結果	15
4.6 応力評価	16
4.6.1 応力評価方法(溶接部)	16
4.6.2 荷重の組合せ及び許容応力	16
4.6.3 設計用地震力	20
4.6.4 計算方法	21
4.6.5 計算条件	24
4.6.6 応力の評価 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	25
4.6.7 応力評価結果	26
5. 中央制御室待避室空気ボンベユニット	31
5.1 評価方針	31
5.2 適用基準	32
5.3 記号の説明 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	32
5.4 評価部位	33
5.5 固有周期 ······	34
5.5.1 固有值解析方法	34
5.5.2 解析モデル及び諸元	34
5.5.3 固有值解析結果	37
5.6 応力評価	38
5.6.1 応力評価方法(溶接部)	44

5.6.2 荷重の組合せ及び許容応力	38
5.6.3 設計用地震力	42
5.6.4 計算方法 ······	43
5.6.5 計算条件	48
5.6.6 応力の評価 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	49
5.6.7 応力評価結果	50
6. 第二弁操作室空気ボンベユニット ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	55
6.1 評価方針	55
6.2 適用基準	56
6.3 記号の説明 ······	56
6.4 評価部位	57
6.5 固有周期 ·····	58
6.5.1 固有值解析方法	58
6.5.2 解析モデル及び諸元 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	58
6.5.3 固有值解析結果	61
6.6 応力評価	62
6.6.1 応力評価方法(溶接部)	62
6.6.2 荷重の組合せ及び許容応力 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	62
6.6.3 設計用地震力	66
6.6.4 計算方法 ······	67
6.6.5 計算条件 ······	72
6.6.6 応力の評価 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	73
6.6.7 応力評価結果	74
7. 緊急時対策所加圧設備	78
7.1 評価方針	78
7.2 適用基準	78
7.3 記号の説明 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	78
7.4 評価部位	78
7.5 固有周期	79
7.5.1 固有值解析方法	79
7.5.2 解析モデル及び諸元 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	79
7.5.3 固有值解析結果	83
7.6 応力評価	84
7.6.1 応力評価方法	84
7.6.2 荷重の組合せ及び許容応力 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	84
7.6.3 設計用地震力	86
7.6.4 応力評価結果	87

### 1. 概要

本計算書は、添付書類「V-2-別添 3-1 可搬型重大事故等対処設備の耐震計算方針」(以下「別 添 3-1」という。)にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、可搬型重大事故 等対処設備のうちボンベ設備が、地震後において、基準地震動S。による地震力に対し、十分な 構造強度を有するとともに、転倒しないこと及び他設備に波及的影響を及ぼさないことを説明す るものである。その耐震評価は、応力評価、転倒評価及び波及的影響評価により行う。

### 2. 一般事項

2.1 配置概要

ボンベ設備は、別添 3-1 の「2.1 評価対象設備」のうち、構造計画に示すとおり、原子炉建 屋原子炉棟、原子炉建屋付属棟及び緊急時対策所建屋に保管する。これらの保管場所を図 2-1 に示す。 NT2 補③ V-2-別添 3-4 R1



### 2.2 構造計画

ボンベ設備の構造は、別添 3-1 の「2.1 評価対象設備」に示す構造計画としており、ボンベ設備の構造概要を表 2-1 に、ボンベ設備の構造計画を表 2-2 から表 2-4 に示す。

司供女子		計画の概要	士玉日
<b></b>	主体構造	支持構造	衣番方
<ul> <li>【床置形】</li> <li>・非常用窒素供給系</li> <li>高圧窒素ボンベA系</li> <li>・非常用窒素供給系</li> <li>高圧窒素ボンベB系</li> <li>・非常用逃がし安全弁駆動</li> <li>系高圧窒素ボンベA系</li> <li>・非常用逃がし安全弁駆動</li> <li>系高圧窒素ボンベB系</li> <li>・中央制御室待避室</li> <li>空気ボンベユニット</li> <li>・第二弁操作室</li> </ul>	エ14件構 垣 ボンベ設備は,ボ ンベ (窒素ボンベ及 び空気ボンベ)及び ボンベラック等に より構成する。	ズ戸構造 ボンベは容器として十分な強度 を有する構造とし,取付ボルトに よりボンベラックに固定し,ボン ベラックは床の後打ちアンカープ レートに溶接し据え付ける。	表22
空気ボンベユニット 【壁掛床置形】 ・中央制御室待避室 空気ボンベユニット ・第二弁操作室 空気ボンベユニット	ボンベ設備は,空 気ボンベ及びボン ベラック等により 構成する。	ボンベは容器として十分な強度 を有する構造とし,取付ボルトに よりボンベラックに固定し,ボン ベラックは壁の後打ちアンカープ レートに据え付ける。	表2-3
【カードル形】 緊急時対策所加圧設備	緊急時対策所加 圧設備は,空気ボン ベ及びボンベカー ドルフレーム等に より構成する。	ボンベは容器として十分な強度 を有する構造とし,取付ボルトに よりボンベカードルフレームに固 定し,カードルフレームを床の後 打ちアンカープレートに溶接し据 え付ける。	表2-4

表2-1 ボンベ設備の構造



表 2-2 構造計画



表 2-3 構造計画



表 2-4 構造計画

3. ボンベ設備の耐震評価

3.1 評価方針

ボンベ設備の評価方針を以下に示し、耐震評価フローを図3-1に示す。

3.1.1 応力評価

ボンベ設備は、別添 3-1 の「2.2.2 ボンベ設備」に示す応力評価の方針に従い、各ボン べ設備ごとに示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなるアンカープレートの溶接部(ボン べ設備(床置形及び壁掛床置形))、取付ボルト及びカードルフレーム(ボンベ設備(カー ドル形))について実施する。

ボンベ設備の応力評価は、各ボンベ設備ごとに示すに示す応力評価の方法に基づき、ボ ンベ設備の評価対象部位に作用する応力が許容限界を満足することを確認する。

3.1.2 転倒評価及び波及的影響評価

ボンベ設備は,別添3-1の「2.2.2 ボンベ設備」に示す転倒評価及び波及的影響評価の 方針に従い評価を実施する。

ボンベ設備の転倒評価及び波及的影響評価は、基準地震動S。による地震力に対し、ボ ンベを収容するボンベラックを後打ちアンカープレートに固定する溶接部、カードルを床 面に固定する取付ボルト及びカードルフレームが、塑性ひずみが生じる場合であっても、 その量が微小なレベルに留まって破断延性限界に十分な余裕を有することを、計算により 確認することで、転倒しないこと及び転倒による他設備への波及的影響がないことを確認 する。

具体的には,各設備ごとに設定する評価部位において,算出した固有周期に基づく設計 用地震力による応力等が許容限界内に収まることを計算にて求め,求めた応力が許容応力 以下であることを確認することで実施する。



図 3-1 ボンベ設備の耐震評価フロー

- 4. 非常用窒素供給系高圧窒素ボンベ
- 4.1 評価方針

非常用窒素供給系高圧窒素ボンベユニット(予備を含む。以下同じ。)の応力評価は,添付書類 「V-2-1-9 機能維持の基本方針」の「3.1 構造強度上の制限」にて設定した荷重及び荷重の組 合せ並びに許容限界に基づき,「2.2 構造計画」にて示す非常用窒素供給系高圧窒素ボンベユニ ットの部位を踏まえ「4.4 評価部位」にて設定する箇所において,「4.5 固有周期」で算出した 固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを,「4.6 応力評価」に て示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「4.6.7 評価結果」に示す。

非常用窒素供給系高圧窒素ボンベユニットの耐震評価フローを図 3-1 に示す。

4.2 適用基準

適用基準を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針(重要度分類・許容応力編 JEAG4601・補-1984, J EAG4601-1987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9月,昭和62年8月及び平成3年6月)
- (2) 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)(以下「設計・建設規格」と

いう。)

4.3 記号の説明

使用する記号を下表に示す。

記 号	記号の説明	単 位	
$A_{HW}$	水平方向せん断力を受ける溶接部の有効断面積	$\mathrm{mm}^2$	
$A_{\text{VW}}$	鉛直方向せん断力を受ける溶接部の有効断面積	$\mathrm{mm}^2$	
$C_{\mathrm{H}}$	水平方向設計震度	—	
$C_{\rm V}$	鉛直方向設計震度	—	
F *	設計・建設規格* SSB-3133に定める値	MPa	
$F_{H\!W}$	溶接部に作用する水平方向せん断力	Ν	
$F_{\text{VW}}$	溶接部に作用する鉛直方向せん断力	Ν	
$f_{ m s}$ *	せん断力を受ける溶接部の許容せん断応力	MPa	
g	重力加速度(=9.80665)	$m/s^2$	
h	取付面から重心までの距離	mm	
$\ell_1$	重心と溶接部間の水平方向距離	mm	
$\ell_2$	重心と溶接部間の水平方向距離	mm	
m	ボンベユニット質量	kg	
$n_{\text{VW}}$	評価上鉛直方向せん断力を受けるとして期待する溶接箇所数	—	
$S_u$	設計・建設規格* 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa	
$S_y$	設計・建設規格* 付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa	
$ au_{W}$	溶接部に生じる最大せん断応力	MPa	
$ au_{ m M}$	溶接部に生じる水平方向せん断応力	MPa	
$ au_{ m W2}$	溶接部に生じる鉛直方向せん断応力	MPa	
S	溶接部の脚長	mm	
Lw	溶接長(1か所当たり)	mm	
<u>&gt;</u> +⇒¬	「訊書」 神訊相檢。 心理 必慮田底之 计现件相构 (訊書) 神訊相檢 (000		20

注記 *:「設計・建設規格」とは,発電用原子力設備規格(設計・建設規格(2005 年版(2007 年追補版含む。)) JSME S NC1-2005/2007)(日本機械学会 2007 年9月) をいう。

### 4.4 評価部位

非常用窒素供給系高圧窒素ボンベユニットの耐震評価は、「4.6 応力評価」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなるアンカプレートへの溶接部について実施する。非常用窒素供給系高圧 窒素ボンベユニットの評価部位については、表 2-2 の概略構造図に示す。

- 4.5 固有周期
- 4.5.1 固有值解析方法

非常用窒素供給系高圧窒素ボンベユニットの固有値解析方法を以下に示す。

- (1) 非常用窒素供給系高圧窒素ボンベユニットは、4.5.2 解析モデル及び諸元に示す3次元シェル及びはりモデルとして考える。
- 4.5.2 解析モデル及び諸元

非常用窒素供給系高圧窒素ボンベユニットの解析モデルを図 4-1 及び図 4-2 に,解析モデルの概要を以下に示す。また,機器の諸元を表 4-1 及び表 4-2 に示す。

- (1) 非常用窒素供給系高圧窒素ボンベユニットの質量は、ボンベ及びボンベラックに密度として 与える。
- (2) 拘束条件は、ボンベユニットとアンカプレートの溶接部を完全拘束とする。
- (3) 解析コードは、「ABAQUS」を使用し固有値を求める。なお、評価に用いる計算機コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「V-5-5 計算機プログラム(解析コード)の概要・ABAQUS」に示す。
- (4) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。



図4-2 解析モデル(非常用窒素供給系高圧窒素ボンベユニット(予備))

項目	記号	単位	入力値
材質 (架台)	_	_	SS400
材質 (ボンベ)	—	—	STH12
材質(押えバー)	—	—	STKR400
質量	m	kg	750
温度条件 (雰囲気温度)	Т	°C	66
縦弾性係数 (架台)	Е	MPa	198720
縦弾性係数(ボンベ)	Е	MPa	198720
縦弾性係数(押えバー)	Е	MPa	200360
ポアソン比	ν	—	0.3
要素数	_	個	32109
節点数		個	33678

表4-1 機器諸元(非常用窒素供給系高圧窒素ボンベユニット)

表4-2 機器諸元(非常用窒素供給系高圧窒素ボンベユニット(予備))

項目	記号	単位	入力値
材質(架台)	_	_	SS400
材質 (ボンベ)	—	—	STH12
材質(押えバー)	—	—	STKR400
質量	m	kg	720
温度条件 (雰囲気温度)	Т	°C	66
縦弾性係数 (架台)	Е	MPa	198720
縦弾性係数(ボンベ)	Е	MPa	198720
縦弾性係数(押えバー)	Е	MPa	200360
ポアソン比	ν	—	0.3
要素数	—	個	30075
節点数	_	個	31552

4.5.3 固有值解析結果

固有値解析結果を表 4-3 及び表 4-4 に示す。

1次モードは、水平方向に卓越し、固有周期が0.05秒以下であり、剛であることを確認した。 また、鉛直方向は2次モード以降で卓越し、固有周期は0.05秒以下であり、剛であることを確認 した。

表 4-3 固有値解析結果(非常用窒素供給系高圧窒素ボンベユニット)

モード	固有周期(s)	卓越方向
1 次	0.045	水平

表 4-4 固有値解析結果(非常用窒素供給系高圧窒素ボンベユニット(予備))

モード	固有周期(s)	卓越方向
1次	0.044	水平

- 4.6 応力評価
  - (1) 非常用窒素供給系高圧窒素ボンベユニットの質量は重心に集中しているものとする。
  - (2) 非常用窒素供給系高圧窒素ボンベユニットは,床に設置されたアンカプレートに溶接で固定する。
  - (3) 地震力は非常用窒素供給系高圧窒素ボンベユニットに対して,水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
- 4.6.2 荷重の組合せ及び許容応力
  - (1) 荷重の組合せ及び許容応力状態 非常用窒素供給系高圧窒素ボンベユニットの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事 故等対処設備の評価に用いるものを表 4-5 及び表 4-6 に示す。
  - (2) 許容応力 非常用窒素供給系高圧窒素ボンベユニットの許容応力を表 4-7 に示す。
  - (3) 使用材料の許容応力評価条件 非常用窒素供給系高圧窒素ボンベユニットの使用材料の許容応力評価条件を表 4-8 に示す。 非常用窒素供給系高圧窒素ボンベユニット(予備)の使用材料の許容応力評価条件を表 4-9 に示す。

表 4-5	荷重の組合せ及び許容応力状態	(重大事故等対処設備)
X I U	间里》而日已及0日石心刀扒恣	(里八丁以可刈べ以開)

施設区分		機器名称	設備分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	制御用 空気設備	非常用窒素供給系高圧窒素 ボンベユニット	_	*	$D + S_s$	IV _A S

注記 *:その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

	表 4-6	荷重の組合せ及び許容応力状態	(重大事故等対処設備)	
--	-------	----------------	-------------	--

施設区分		機器名称	設備分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	制御用 空気設備	非常用窒素供給系高圧窒素 ボンベユニット(予備)	_	*	D+S _s	IV _A S

注記 *:その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

	許容限界*1, *2
許容応力状態	一次応力
	組合せ
IV _A S	1.5•f [*]

表 4-7 許容応力(重大事故等その他の支持構造物)

注記 *1:f_t*は, JSME S NC1-2005/2007 SSB-3121.1(1)a本文中Sy及びSy (RT)を1.2·Sy及び1.2·Sy (RT)と読み替えて算出した値(JS ME S NC1-2005/2007 SSB-3133)。ただし, Sy及び0.7·Suのいずれか小さい方の値とする。

*2: JEAG4601・補-1984の「その他の支持構造物の許容応力」に準じて設定する。

表 4-8 使用材料の許容応力評価条件(重大事故等対処設備)(非常用窒素供給系高圧窒素ボンベユニット)

評価部材	材料	温度《	条件	S y	S u	S y (R T)
		(°C)		(MPa)	(MPa)	(MPa)
溶接部 (アンカープレート)	SS400 (16mm<厚さ*≦40mm)	周囲環境温度	66	225	385	_

注記 *:母材寸法を示す。

表 4-9 使用材料の許容応力評価条件(重大事故等対処設備)(非常用窒素供給系高圧窒素ボンベユニット(予備))

評価部材	材料	温度美	条件	S y	S u	Sy(RT)
		(1	()	(MPa)	(MPa)	(MPa)
溶接部 (アンカープレート)	SS400 (16mm 以下*)	周囲環境温度	66	234	385	_

注記 *:母材寸法を示す。

4.6.3 設計用地震力

基準地震動S。による地震力は、添付書類「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき算定する。耐震評価に用いる設計用地震力を表 4-10 及び表 4-11 に示す。

表 4-10 設計用地震力 (重大事故等対処設備)

据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期	基準地震動S。		
	(s)	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
EL. 20.3*	0.045	С _н =1. 34	C _v =1. 01	

(非常用窒素供給系高圧窒素ボンベユニット)

注記 *:基準床レベルを示す。

表 4-11 設計用地震力(重大事故等対処設備)

(非常用窒素供給系高圧窒素ボンベユニット(予備))

据付場所 及び	固有周期	基準地震動S。			
床面高さ (m)	(s)	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度		
EL 20.3*	0.044	С _н =1. 34	C _V =1. 01		

注記 *:基準床レベルを示す。

### 4.6.4 計算方法

溶接部の応力は、地震による震度によって生じる水平方向せん断力と鉛直方向せん断力について計算する。



図 4-4 計算モデル (短辺方向転倒-2 (1-C_v) <0 の場合)



図 4-5 計算モデル (長辺方向転倒-1 (1-C_v) ≧0の場合)



- 水平方向せん断応力
   溶接部に対する水平方向せん断力は全溶接部で受けるものとして計算する。
- 水平方向せん断力 (F_{HW}) F_{HW}=C_H・m・g ······ (4.6.4.1)

水平方向せん応力( τ w1)

$$\tau_{W1} = \frac{F_{HW}}{A_{HW}}$$
 (4. 6. 4. 2)

(2) 鉛直せん断応力

溶接部に対する力は最も厳しい条件として,図4-3から図4-6で最外列の溶接部を支点とする転 倒を考え,これを片側の最外列の溶接部で受けるものとして計算する。

$$F_{VW} = \frac{m \cdot g \cdot C_{H} \cdot h - m \cdot g \cdot (1 - C_{V}) \cdot \ell_{1}}{n_{VW} \cdot (\ell_{1} + \ell_{2})} \qquad (4. 6. 4. 3)$$

計算モデル図4-5及び4-6の場合のせん断力

$$F_{VW} = \frac{m \cdot g \cdot C_{H} \cdot h - m \cdot g \cdot (1 - C_{V}) \cdot \ell_{2}}{n_{VW} \cdot (\ell_{1} + \ell_{2})} \quad \dots \qquad (4. 6. 4. 4)$$

鉛直方向せん断応力(てw2)

$$\tau_{W2} = \frac{F_{VW}}{A_{VW}}$$
 (4. 6. 4. 5)

せん断を受ける溶接部の有効断面積

$$A_{VW} = (S/\sqrt{2}) \times L_W \cdots (4.6.4.7)$$

## 4.6.5 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【非常用窒素供給系高圧窒素ボンベユニットの耐 震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

# 4.6.6 応力の評価

4.6.4.1項で求めた溶接部のせん断応力τwは許容せん断応力 fs 以下であること。

	基準地震動S sによる 荷重との組合せの場合
許容せん断応力	F *
$f_{ m s}$	$\frac{1}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

4.6.7 応力評価結果

- 4.6.7.1 重大事故等対処設備としての評価結果
   非常用窒素供給系高圧窒素ボンベユニットの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造 強度を有していることを確認した。
- (1) 応力評価結果

応力評価の結果を次頁以降の表に示す。

### 【非常用窒素供給系高圧窒素ボンベユニットの耐震性についての計算結果】

#### 1. 重大事故等対処設備

#### 1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ	田本田畑()	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動S _s		周囲環境温度
		(m)	固有周期(s)	水平方向 設計震度	水平方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	(°C)
非常用窒素供給系高圧窒素 ボンベユニット	_	EL. 20.3*1	0.045	_	_	C _H =1.34	C _v =1.01	66

注記*1:基準床レベルを示す。

#### 1.2機器要目

1.2.1 非常用窒素供給系高圧窒素ボンベユニット

部材	m (kg)	h (mm)	$\ell_1$ (mm)	$\ell_2$ (mm)	${ m A_{VW}}^{*}$ (mm ² )	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F* (MPa)
溶接部 (アンカープレート)	750	664	275	325	424.3	225	385	121

		n _{vw}		転倒方向		
部	材	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S。	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動S _s	
溶接部 (アンカープレート)		_	2	_	短辺	

(単位 : N)

*: せん断を受ける溶接部の有効断面積 Avw=(S/√2) ×Lw

1.3計算数值

1.3.1 溶接部に作用する力

S :脚長 Lw:溶接長(1か所当たり)

	F _{vw}	
部材	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動S。
溶接部 (アンカープレート)	_	$5.473 \times 10^{3}$

1.4 結 論

1.4.1 溶接部の応力

(単位:MPa)

立77 十十	材料	<u>с</u> – –	基準地震動S。		
日、七		応ノ」	算出応力	許容応力	
溶接部 (アンカープレート)	SS400	せん断	$\tau_W=13$	$f_s = 70$	

すべて許容応力以下である。

#### 【非常用窒素供給系高圧窒素ボンベユニット(予備)の耐震性についての計算結果】

#### 1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S。		周囲環境温度
機器名称				水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	(°C)
非常用窒素供給系高圧窒素 ボンベユニット(予備)	_	EL 20.3*1	0.044	_	_	C _H =1.34	C _v =1.01	66

#### 1.2機器要目

29

1.2.1 非常用窒素供給系高圧窒素ボンベユニット(予備)

部材	m (kg)	h (mm)	$\ell_1$ (mm)	ℓ₂ (mm)	${ m A_{VW}}^{*}$ (mm ² )	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F* (MPa)
溶接部 (アンカープレート)	720	667	275	325	424. 3	234	385	121

		n _{vw}		転倒方向		
部本	オ	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S。	
溶接部 (アンカープレート)		_	2	_	短辺	

*: せん断を受ける溶接部の有効断面積 Avw=(S/√2) ×Lw

S :脚長

1.3計算数値

1.3.1 溶接部に作用する力

(単位:N) Lw:溶接長(1か所当たり) F_{VW}

	F _{VW}			
部材	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動S。		
溶接部 (アンカープレート)	_	5. $278 \times 10^3$		

注記*1:基準床レベルを示す。

1.4 結 論

1.4.1 溶接部の応力

(単位:MPa)

立(7 十十	++ wi	<u>с</u> – –	基準地震動S。		
<u>ر</u> م را <u>ت</u>			算出応力	許容応力	
溶接部 (アンカープレート)	SS400	せん断	$\tau_{W}=13$	$f_s = 70$	

すべて許容応力以下である。
5. 中央制御室待避室空気ボンベユニット

5.1 評価方針

中央制御室待避室空気ボンベユニットの応力評価は,添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本 方針 3.1 構造強度上の制限」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき, 「2.2 構造計画」にて示す中央制御室待避室空気ボンベユニットの部位を踏まえ「5.4 評価 部位」にて設定する箇所において,「5.5 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震 力による応力等が許容限界内に収まることを,「5.6 応力評価」にて示す方法にて確認するこ とで実施する。確認結果を「5.6.7 応力評価結果」に示す。

中央制御室待避室空気ボンベユニットの耐震評価フローについては図 3-1 に示す。

5.2 適用基準

適用基準については、非常用窒素供給系高圧窒素ボンベの「4.2 適用基準」に示す。

5.3 記号の説明

使用する記号を下表に示す。

記	号	記号の説明	単 位
$A_{HY}$	W	水平方向せん断力を受ける溶接部の有効断面積(全箇所当たり)	$\mathrm{mm}^2$
$A_{VV}$	W	鉛直方向せん断力を受ける溶接部の有効断面積(1箇所当たり)	$\mathrm{mm}^2$
Aw	V	溶接部の有効断面積(1箇所当たり)(壁掛床置形)	$\mathrm{mm}^2$
Сн	ł	水平方向設計震度	_
C _V	7	鉛直方向設計震度	—
F	4	設計・建設規格* SSB-3133に定める値	MPa
FΗ	W	溶接部に作用する水平方向せん断力	Ν
F _v	W	溶接部に作用する鉛直方向せん断力	Ν
$F_{W}$	1	取付面に対し平行方向に作用するせん断力(壁掛床置形)	Ν
$F_{W}$	2	取付面に対し前後方向に作用するせん断力(水平方向転倒)(壁掛床置形)	Ν
$F_{W}$	3	取付面に対し前後方向に作用するせん断力(鉛直方向転倒)(壁掛床置形)	Ν
Fw	V	取付面に対し前後方向に作用する最大せん断力(壁掛床置形)	Ν
$f_{ m s}$	*	せん断力を受ける溶接部の許容せん断応力	MPa
g		重力加速度(=9.80665)	$m/s^2$
h		取付面から重心までの距離	mm
$\ell_1$		重心と溶接部間の水平方向距離	mm
$\ell_2$		重心と溶接部間の水平方向距離	mm
$\ell_3$		重心と下側溶接部間の距離(壁掛床置形)	mm
$\ell_4$		上側溶接部と下側溶接部中心間の距離(壁掛床置形)	mm
$\ell_5$		左側溶接部と右側溶接部中心間の距離(壁掛床置形)	mm
m		ボンベユニット質量	kg
n		溶接個所数(壁掛床置形)	—
n _{vv}	W	評価上鉛直方向せん断力を受けるとして期待する溶接箇所数	—
n _{vv}	V1	鉛直方向地震により取付面に対し前後方向のせん断力を受けるとして	—
		期待する溶接個所数(壁掛床置形)	
n _{HV}	W1	水平方向地震により取付面に対し前後方向のせん断力を受けるとして	—
		期待する溶接個所数(壁掛床置形)	
S u	ı	設計・建設規格* 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa
S y	r	設計・建設規格* 付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa

記号	き 記号の説明	単 位
τw	溶接部に生じる最大せん断応力	MPa
τwi	溶接部に生じる水平方向せん断応力	MPa
τ w 2	溶接部に生じる鉛直方向せん断応力	MPa
τwa	取付面に対し平行方向に作用するせん断応力(壁掛床置形)	MPa
τ w4	取付面に対し前後方向に作用するせん断応力(壁掛床置形)	MPa
S	溶接部の脚長	mm
Lw	溶接長(1か所当たり)	mm

注記 *:「設計・建設規格」とは、発電用原子力設備規格(設計・建設規格(2005 年版(2007 年))
 年追補版含む。)) JSME S NC1-2005/2007)(日本機械学会 2007 年9
 月)をいう。

## 5.4 評価部位

中央制御室待避室空気ボンベユニットの耐震評価は、「5.6 応力評価」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなるアンカプレートへの溶接部について実施する。中央制御室待避室空気ボンベユニットの耐震評価部位については、表 2-2 及び表 2-3 の概略構造図に示す。

- 5.5 固有周期
- 5.5.1 固有值解析方法

中央制御室待避室空気ボンベユニットの固有値解析方法を以下に示す。

- (1) 中央制御室待避室空気ボンベユニットは、5.5.2 解析モデル及び諸元に示す三次元シェル及びはりモデルとして考える。
- 5.5.2 解析モデル及び諸元

中央制御室待避室空気ボンベユニットの解析モデルを図 5-1 及び図 5-2 に,解析モデルの概 要を以下に示す。また,機器の諸元を表 5-1 及び表 5-2 に示す。

- (1) 中央制御室待避室空気ボンベユニットの質量は、ボンベ及びボンベラックに密度として与 える。
- (2) 拘束条件は、ボンベユニットとアンカプレートの溶接部を完全拘束とする。
- (3) 解析コードは、「ABAQUS」を使用し固有値を求める。なお、評価に用いる計算機コ ードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「V-5-5 計算機プログラム(解 析コード)の概要・ABAQUS」に示す。
- (4) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。



項目	記号	単位	入力値
材質(架台)	_	_	SS400
材質 (ボンベ)	_	_	STH12
材質(押えバー)	_	_	STKR400
質量	m	kg	700
温度条件 (雰囲気温度)	Т	$^{\circ}$	66
縦弾性係数 (架台)	Е	MPa	198720
縦弾性係数(ボンベ)	Е	MPa	198720
縦弾性係数(押えバー)	Е	MPa	200360
ポアソン比	ν		0.3
要素数	_	個	28433
節点数		個	29834

表5-1 機器諸元(中央制御室待避室空気ボンベユニット(床置形))

表5-2 機器諸元(中央制御室待避室空気ボンベユニット(壁掛床置形))

項目	記号	単位	入力値
材質 (架台)	_	_	SS400
材質 (ボンベ)	—	—	STH12
材質(押えバー)	—	—	STKR400
質量	m	kg	650
温度条件 (雰囲気温度)	Т	°C	66
縦弾性係数 (架台)	Е	MPa	198720
縦弾性係数(ボンベ)	Е	MPa	198720
縦弾性係数(押えバー)	Е	MPa	200360
ポアソン比	ν	—	0. 3
要素数	_	個	23807
節点数	_	個	24950

5.5.3 固有值解析結果

固有値解析結果を表 5-3 及び表 5-4 に示す。

1次モードは,水平方向に卓越し,固有周期が0.05秒以下であり,剛であることを確認した。 また,鉛直方向は2次モード以降で卓越し,固有周期は0.05秒以下であり,剛であることを確認 した。

表 5-3 固有値解析結果(中央制御室待避室空気ボンベユニット(床置形))

モード	固有周期(s)	卓越方向
1 次	0.042	水平

表 5-4 固有値解析結果(中央制御室待避室空気ボンベユニット(壁掛床置形))

モード	固有周期(s)	卓越方向
1 次	0.042	水平

- 5.6 応力評価
  - (1) 中央制御室待避室空気ボンベユニットの質量は重心に集中しているものとする。
  - (2) 中央制御室待避室空気ボンベユニットは、床または壁に設置されたアンカプレートに溶接 で固定する。
  - (3) 地震力は中央制御室待避室空気ボンベユニットに対して、水平方向及び鉛直方向から作用 するものとする。
- 5.6.1 荷重の組合せ及び許容応力
  - (1) 荷重の組合せ及び許容応力状態 中央制御室待避室空気ボンベユニットの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故 等対処設備の評価に用いるものを表 5-5 及び表 5-6 に示す。
  - (2) 許容応力中央制御室待避室空気ボンベユニットの許容応力を表 5-7 に示す。
  - (3) 使用材料の許容応力評価条件

中央制御室待避室空気ボンベユニット(床置形)及び中央制御室待避室空気ボンベユニ

ット(壁掛床置形)の使用材料の許容応力評価条件を表 5-8 に示す。

施設区分		機器名称	設備分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
放射線 管理施設	換気設備	中央制御室待避室 空気ボンベユニット (床置形)	_	*	$\rm D+S_{s}$	IV _A S

表 5-5 荷重の組合せ及び許容応力状態(重大事故等対処設備)

注記 *:その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

施設区分		機器名称	設備分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
放射線 管理施設	換気設備	中央制御室待避室 空気ボンベユニット (壁掛床置形)	_	*	D + S _s	IV _A S

表 5-6 荷重の組合せ及び許容応力状態(重大事故等対処設備)

注記 *:その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

	許容限界*1, *2
許容応力状態	一次応力
	組合せ
IV _A S	1.5·f _t *

表 5-7 許容応力(重大事故等その他の支持構造物)

40

注記 *1:f_t*は, JSME S NC1-2005/2007 SSB-3121.1(1)a本文中Sy及びSy(RT)を1.2·Sy及び1.2·Sy(RT)と読み替えて算出した値(JS ME S NC1-2005/2007 SSB-3133)。ただし, Sy及び0.7·Suのいずれか小さい方の値とする。

*2: JEAG4601・補-1984の「その他の支持構造物の許容応力」に準じて設定する。

評価部材	材料	温度条件 (℃)		Sу (MPa)	Su (MPa)	Sy(RT) (MPa)
溶接部 (アンカープレート)	SS400 (16mm 以下*)	周囲環境温度	66	234	385	_

表 5-8 使用材料の許容応力評価条件(重大事故等対処設備)

注記 *母材寸法を示す。

## 5.6.3 設計用地震力

基準地震動S_sによる地震力は、添付書類「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき算定する。耐震評価に用いる設計用地震力を表 5-9 及び表 5-10 に示す。

表 5-9 設計用地震力(重大事故等対処設備)

据付場所 及び	固有周期	基準地震動S。		
床面高さ	(s)	水平方向	鉛直方向	
(m)		設計震度	設計震度	
EL. 29.0*	0.042	С _н =1.55	C _v =1. 17	

(中央制御室待避室空気ボンベユニット(床置形))

注記 *:基準床レベルを示す。

表 5-10 設計用地震力 (重大事故等対処設備)

(中央制御室待避室空気ボンベユニット(壁掛床置形))

据付場所 及び	固有周期	基準地震動S。		
床面高さ (m)	(s)	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
EL. 29.0*	0.042	С _н =1.55	C _v =1. 17	

注記 *:基準床レベルを示す。

## 5.6.4 計算方法

溶接部の応力は、地震による震度によって生じる水平方向せん断力と鉛直方向せん断力に ついて計算する。



図 5-4 計算モデル (床置形 短辺方向転倒-2 (1-C_v) <0の場合)



図 5-5 計算モデル (床置形 長辺方向転倒-1 (1-C_v) ≥0の場合)





(1) 水平方向せん断応力

溶接部に対する水平方向せん断力は全溶接部で受けるものとして計算する。

水平方向せん断力 (F_{HW})

$$F_{HW} = C_{H} \cdot m \cdot g \quad (5. 6. 4. 1)$$

水平方向せん応力 ( τ w1)

(2) 鉛直方向せん断応力

溶接部に対する力は最も厳しい条件として、図5-3から図5-6で最外列の溶接部を支点とする 転倒を考え、これを片側の最外列の溶接部で受けるものとして計算する。

鉛直方向せん断力(Fvw) 計算モデル図5-3及び5-4の場合のせん断力

計算モデル図5-5及び5-6の場合のせん断力

鉛直方向せん断応力(τ_{w2})

$$\tau_{W2} = \frac{F_{VW}}{A_{VW}}$$
 (5.6.4.5)

(3) 溶接部の応力

τw=Max{水平方向せん断応力(τw1),鉛直方向せん断応力(τw2)} ····· (5.6.4.6)

せん断を受ける溶接部の有効断面積A_{HW}, A_{VW}

$A_{VW} \!=\!$	$(S/\sqrt{2})$	imesLw	 (5. 6. 4. 7)
$A_{vw} =$	$(S/\sqrt{2})$	imesLw	 (5. 6. 4. 7)







図 5-8 計算モデル (壁掛床置形 鉛直方向転倒の場合)

(1) ボンベユニット取付面に対し平行方向に作用するせん断応力

ボンベユニット取付面に対し平行方向に作用するせん断力は全溶接部で受けるものとして計 算する。

$$F_{W1} = \sqrt{(m \cdot C_H \cdot g)^2 + (m \cdot (1 + C_V) \cdot g)^2} \cdots (5.6.4.8)$$

ボンベユニット取付面に対し平行方向に作用するせん断応力 ( $\tau_{W3}$ )  $\tau_{W3} = \frac{F_{W1}}{n \cdot A_W}$ (5.6.4.9)

(2) ボンベユニット取付面に対し前後方向に作用するせん断応力 溶接部に対する力は最も厳しい条件として、図5-7及び図5-8で最外列の溶接部を支点とする 転倒を考え、これを片側の最外列の溶接部で受けるものとして計算する。

計算モデル図5-7に示す水平方向転倒の場合のせん断力(Fw2)

計算モデル図5-8に示す鉛直方向転倒の場合のせん断力(Fw3)

ボンベユニット取付面に対し前後方向に作用するせん断力

$$F_w = M a x (F_{w2}, F_{w3}) \cdots (5.6.4.12)$$

ボンベユニット取付面に対し前後方向に作用するせん断力応力(τ ω4)

$$\tau_{W4} = \frac{F_W}{A_W}$$
 (5. 6. 4. 13)

(3) 溶接部の応力

τw=Max{ボンベユニット取付面に対し平行方向に作用するせん断応力(τw3),ボンベユニット取付面に対し前後方向に作用するせん断力応力(τw4)} .....(5.6.4.14)

せん断を受ける溶接部の有効断面積

$A_W = (S/\sqrt{2}) \times L_W$	•••••••••••••••••••••••••••••••••••••••	(5. 6. 4. 15)
---------------------------------	-----------------------------------------	---------------

## 5.6.5 計算条件

# 5.6.5.1 溶接部の応力計算条件

応力計算に用いる計算条件は,本計算書の【中央制御室待避室空気ボンベユニットの耐 震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

# 5.6.6 応力の評価

5.6.4.1項で求めた溶接部のせん断応力  $\tau$  wは許容せん断応力  $f_s$  以下であること。

	基準地震動S。による 荷重との組合せの場合
許容せん断応力	F
$f_{ m s}$	$\frac{1}{1.5 \cdot \sqrt[3]{3}} \cdot 1.5$

5.6.7 応力評価結果

5.6.7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

中央制御室待避室空気ボンベユニットの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価 結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており,設計用地震力に対して十分な構造強 度を有していることを確認した。

(1) 応力評価結果

応力評価の結果を次頁以降の表に示す。

## 【中央制御室待避室空気ボンベユニット(床置形)の耐震性についての計算結果】

#### 1 重大事故等対処設備

#### 1.1 設計条件

		据付場所及び床面高さ		弾性設計 Sd又は	·用地震動 静的震度	基準地	震動S。	周囲環境温度
機器名称	設備分類	(m)	固有周期(s)	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	(°C)
中央制御室待避室 空気ボンベユニット (床置形)	_	EL 29.0 ^{*1}	0.042			C _H =1.55	C _v =1.17	66

1.2機器要目

1.2.1 中央制御室待避室空気ボンベユニット(床置形)

部材	m	h	ℓ₁	ℓ2	A _{VW} *	S _y	S _u	F*
	(kg)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm ² )	(MPa)	(MPa)	(MPa)
溶接部 (アンカープレート)	700	672	275	325	424.3	234	385	121

*: せん断を受ける溶接部の有効断面積 Avw=(S/√2) ×Lw

	n	VW	転倒	方向
部材	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動S。	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動S。
溶接部 (アンカープレート)		2		短辺

1.3計算数値

# 1.3.1 溶接部に作用する力

1.3.1 溶接部に作用	する力	(単位:N)	
	F	/ W	
部材	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動S。	
溶接部 (アンカープレート)	_	$6.275 \times 10^3$	

S :脚長

Lw:溶接長(1か所当たり)



注記*1:基準床レベルを示す。

1.4 結 論

1.4.1 溶接部の応力

(単位:MPa)

<u>++</u> 11	++ - 本[	ст – т	基準地	震動S。
<u>ل</u> א נום			算出応力	許容応力
溶接部 (アンカープレート)	SS400	せん断	$\tau_{W}=15$	$f_s = 70$

すべて許容応力以下である。

## 【中央制御室待避室空気ボンベユニット(壁掛床置形)の耐震性についての計算結果】

#### 1. 重大事故等対処設備

1.1設計条件

		据付場所及び床面高さ		弾性設計 S d 又は	用地震動 静的震度	基準地	震動S。	周囲環境温度
機器名称	設備分類	(m)	固有周期(s)	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	(°C)
中央制御室待避室 空気ボンベユニット (壁掛床置形)	-	EL 29. 0*1	0.042		Ι	C _H =1.55	C _v =1.17	66

1.2機器要目

1.2.1 中央制御室待避室空気ボンベユニット(壁掛床置形)

部材	m (kg)	h (mm)	ℓ₃ (mm)	$\ell_4$ (mm)	$\ell_5$ (mm)	${{ m A_W}^*} \ ({ m mm^2})$	S y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)
溶接部 (アンカープレート)	650	182	294	595	1040	763. 7	234	385	121

53

	n _v		n _F	HW1	転倒方向		
部 材	弾性設計用地震動	<b>其淮</b> 州雪 動 S	弾性設計用地震動	<b>主</b> 淮 州 雪 勈 ら	弾性設計用地震動	<b>主</b> 淮 州 雪 動 ら	
	Sd又は静的震度	坐中地反動 Os	S _d 又は静的震度	坐中地反動 Os	Sd又は静的震度	坐中地展動 Os	
溶接部 (アンカープレート)	_	2		2	_	鉛直方向	

* : せん断を受ける溶接部の有効断面積 Aw= (S/√2) ×Lw

S :脚長 Lw:溶接長(1か所当たり)

(単位:N)

## 1.3計算数值

1.3.1 溶接部に作用する力

	Fw				
部材	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動S。			
溶接部 (アンカープレート)	_	4. $557 \times 10^3$			



注記*1:基準床レベルを示す。

1.4 結 論

1.4.1 溶接部の応力

(単位:MPa)

立17 十十	++ wi		基準地震動Ss		
口, 12	121 127	//나 기	算出応力	許容応力	
溶接部 (アンカープレート)	SS400	せん断	$\tau_{W}=6$	$f_s = 70$	

すべて許容応力以下である。

- 6. 第二弁操作室空気ボンベユニット
- 6.1 評価方針

第二弁操作室空気ボンベユニットの応力評価は,添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針 3.1 構造強度上の制限」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき,「2.2 構造計画」にて示す第二弁操作室空気ボンベユニットの部位を踏まえ「6.4 評価部位」にて設 定する箇所において,「6.5 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力 等が許容限界内に収まることを,「6.6 応力評価」にて示す方法にて確認することで実施する。 確認結果を「6.6.7 応力評価結果」に示す。

第二弁操作室空気ボンベユニットの耐震評価フローを図 3-1 に示す。

## 6.2 適用基準

適用基準については、非常用窒素供給系高圧窒素ボンベの「4.2 適用基準」に示す。

6.3 記号の説明

使用する記号を下表に示す。

記 号	記号の説明	単 位	
$A_{\rm HW}$	水平方向せん断力を受ける溶接部の有効断面積(全箇所当たり)	$\mathrm{mm}^2$	
$A_{\rm VW}$	鉛直方向せん断力を受ける溶接部の有効断面積(1箇所当たり)	$\mathrm{mm}^2$	
$A_W$	溶接部の有効断面積(1箇所当たり)(壁掛床置形)	$\mathrm{mm}^2$	
$C_{\rm H}$	水平方向設計震度	—	
$C_{\rm V}$	鉛直方向設計震度	—	
F *	設計・建設規格* SSB-3133に定める値	MPa	
$F_{\rm HW}$	溶接部に作用する水平方向せん断力	Ν	
$F_{\rm VW}$	溶接部に作用する鉛直方向せん断力	Ν	
$F_{W1}$	取付面に対し平行方向に作用するせん断力 (壁掛床置形)	Ν	
$F_{W2}$	取付面に対し前後方向に作用するせん断力(水平方向転倒)(壁掛床置形)	Ν	
$F_{W3}$	取付面に対し前後方向に作用するせん断力(鉛直方向転倒)(壁掛床置形)	Ν	
$F_{W}$	取付面に対し前後方向に作用する最大せん断力(壁掛床置形)	Ν	
$f_{\rm s}$ *	せん断力を受ける溶接部の許容せん断応力		
g	重力加速度(=9.80665)	$m/s^2$	
h	取付面から重心までの距離		
$\varrho_1$	重心と溶接部間の水平方向距離 m		
$\ell_2$	重心と溶接部間の水平方向距離 m		
$\ell_3$	重心と下側溶接部間の距離(壁掛床置形) mm		
$\ell_4$	上側溶接部と下側溶接部中心間の距離(壁掛床置形)		
$\ell_5$	左側溶接部と右側溶接部中心間の距離(壁掛床置形)	mm	
m	ボンベユニット質量	kg	
n	溶接個所数(壁掛床置形)	—	
$n_{\rm VW}$	評価上鉛直方向せん断力を受けるとして期待する溶接箇所数		
$n_{\rm VW1}$	鉛直方向地震により取付面に対し前後方向のせん断力を受けるとして -		
	期待する溶接個所数(壁掛床置形)		
$n_{\rm HW1}$	水平方向地震により取付面に対し前後方向のせん断力を受けるとして	—	
	期待する溶接個所数(壁掛床置形)		
S _u	設計・建設規格* 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa	
S _y	設計・建設規格* 付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa	

記	号	記号の説明	単 位
τ	W	溶接部に生じる最大せん断応力	MPa
τ	W 1	溶接部に生じる水平方向せん断応力	MPa
τ	W 2	溶接部に生じる鉛直方向せん断応力	MPa
τ	W 3	取付面に対し平行方向に生じるせん断応力(壁掛床置形)	MPa
τ	W 4	取付面に対し前後方向に生じるせん断応力(壁掛床置形)	MPa
5	5	溶接部の脚長	mm
L	W	溶接長(1か所当たり)	mm

 注記 *:「設計・建設規格」とは、発電用原子力設備規格(設計・建設規格(2005 年版(2007 年追補版含む。)) JSME S NC1-2005/2007)(日本機械学会 2007 年9月) をいう。

# 6.4 評価部位

第二弁操作室空気ボンベユニットの耐震評価は、「6.6.1 応力評価方法(溶接部)」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなるアンカプレートへの溶接部について実施する。第二弁操作室空気ボンベユニットの耐震評価部位については、表 2-2 及び表 2-3 の概略構造図に示す。

- 6.5 固有周期
  - 6.5.1 固有值解析方法

第二弁操作室空気ボンベユニットの固有値解析方法を以下に示す。

- (1) 第二弁操作室空気ボンベユニットは,6.5.2 解析モデル及び諸元に示す3次元シェル及びはりモデルとして考える。
- 6.5.2 解析モデル及び諸元
   第二弁操作室空気ボンベユニットの解析モデルを図 6-1 及び図 6-2 に,解析モデルの概
   要を以下に示す。また,機器の諸元を表 6-1 及び表 6-2 に示す。
  - (1) 第二弁操作室空気ボンベユニットの質量は、ボンベ及びボンベラックに密度として与える。
  - (2) 拘束条件は、ボンベユニットとアンカプレートの溶接部を完全拘束とする。
  - (3) 解析コードは、「ABAQUS」を使用し、固有値を求める。なお、評価に用いる計算機 コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「V-5-5 計算機プログラ ム(解析コード)の概要・ABAQUS」に示す。
  - (4) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。



項目	記号	単位	入力値
材質(架台)	_	_	SS400
材質 (ボンベ)	_	_	STH12
材質(押えバー)	_	_	STKR400
質量	m	kg	592
温度条件 (雰囲気温度)	Т	°C	50
縦弾性係数(架台)	Е	MPa	200000
縦弾性係数 (ボンベ)	Е	MPa	200000
縦弾性係数(押えバー)	Е	MPa	201000
ポアソン比	ν	—	0. 3
要素数	_	個	24964
節点数		個	26185

表6-1 機器諸元(第二弁操作室空気ボンベユニット(床置形))

表6-2 機器諸元(第二弁操作室空気ボンベユニット(壁掛床置形))

項目	記号	単位	入力値
材質(架台)	_	_	SS400
材質(ボンベ)	—	—	STH12
材質(押えバー)	—	—	STKR400
質量	m	kg	552
温度条件 (雰囲気温度)	Т	°C	50
縦弾性係数(架台)	Е	MPa	200000
縦弾性係数 (ボンベ)	Е	MPa	200000
縦弾性係数(押えバー)	Е	MPa	201000
ポアソン比	ν	—	0.3
要素数	_	個	20776
節点数	_	個	21782

## 6.5.3 固有值解析結果

固有値解析結果を表 6-3 及び表 6-4 に示す。

1次モードは、水平方向に卓越し、固有周期が0.05秒以下であり、剛であることを確認 した。また、鉛直方向は2次モード以降で卓越し、固有周期は0.05秒以下であり、剛であ ることを確認した。

表 6-3 固有値解析結果(第二弁操作室空気ボンベユニット(床置形))

モード	固有周期(s)	卓越方向
1 次	0.042	水平

表 6-4 固有値解析結果(第二弁操作室空気ボンベユニット(壁掛床置形))

モード	固有周期(s)	卓越方向
1次	0.042	水平

- 6.6 応力評価
  - (1) 第二弁操作室空気ボンベユニットの質量は重心に集中しているものとする。
  - (2) 第二弁操作室空気ボンベユニットは、床または壁に設置されたアンカプレートに溶接で固定する。
  - (3) 地震力は第二弁操作室空気ボンベユニットに対して、水平方向及び鉛直方向から作用する ものとする。
  - 6.6.2 荷重の組合せ及び許容応力
    - (1) 荷重の組合せ及び許容応力状態 第二弁操作室空気ボンベユニットの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対 処設備の評価に用いるものを表 6-5 及び表 6-6 に示す。
    - (2) 許容応力

第二弁操作室空気ボンベユニットの許容応力を表 6-7 に示す。

(3) 使用材料の許容応力評価条件

第二弁操作室空気ボンベユニット(床置形)及び第二弁操作室空気ボンベユニット(壁 掛床置形)の使用材料の許容応力評価条件を表 6-8 に示す。

	表 6-5	荷重の組合せ及び許容応力状態	(重大事故等対処設備)
--	-------	----------------	-------------

施設	区分	機器名称	設備分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
放射線 管理施設	換気設備	第二弁操作室 空気ボンベユニット (床置形)	_	*1	$D + S_{s}^{*2}$	IV _A S

注記 *1:その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

施設	区分	機器名称	設備分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
放射線 管理施設	換気設備	第二弁操作室 空気ボンベユニット (壁掛床置形)	_	*1	$D + S_{s}^{*2}$	IV _A S

注記 *1:その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

*2:「D+S。」の評価に包絡されるため、評価結果の記載を省略する。

	許容限界*1, *2, *3	
許容応力状態	一次応力	
	せん断	
IV _A S	1.5 • f s*	

表 6-7 許容応力(重大事故等その他の支持構造物)

注記 *1:f_s*は, JSME S NC1 SSB-3121.1(1)a本文中Sy及びSy (RT) を1.2·Sy及び1.2· Sy (RT) と読み替えて算出した値 (JSME S NC1 SSB-3133)。ただし, Sy及び 0.7·Suのいずれか小さい方の値とする。

*2: JEAG4601・補-1984の「その他の支持構造物の許容応力」に準じて設定する。

表 6-8 使用材料の許容応力評価条件(重大事故等対処設備)

評価部材	材料	温度条件		S y	S u	S y (R T)
		(°C)		(MPa)	(MPa)	(MPa)
溶接部 (アンカープ レート)	SS400 (16mm 以下*)	周囲環境温度	50	241	394	_

注記 *:母材寸法を示す。

6.6.3 設計用地震力

「基準地震動 S_s」による地震力は,添付書類「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方 針」に基づき算定する。耐震評価に用いる設計用地震力を表 6-9 及び表 6-10 に示す。

設備名称	据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		基準地震動S。	
		水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
<ul><li>第二弁操作室空</li><li>気ボンベユニッ</li><li>ト(床置形)</li></ul>	EL. 14. 0 ^{*1}	0.042	0.05 以下* ²	С _н =1.13	$C_{\rm V} = 0.99$

表 6-9 設計用地震力 (重大事故等対処設備)

注記 *1:基準床レベルを示す。

*2:固有周期は水平方向より小さくなる,算出を省略した。

設備名称	据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		基準地震動S。	
		水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
第二弁操作室空 気ボンベユニッ ト(壁掛床置形)	EL. 20. 3*1	0.042	0.05 以下* ²	С _н =1.34	$C_{v} = 1.01$

表 6-10 設計用地震力(重大事故等対処設備)

注記 *1:基準床レベルを示す。

*2:固有周期は水平方向より小さくなる、算出を省略した。

6.6.4 計算方法

溶接部の応力は、地震による震度によって生じる水平方向せん断力と鉛直方向せん断力 について計算する。

- a. 第二弁操作室空気ボンベユニット(床置形)
- 水平方向せん断応力
   溶接部に対する水平方向せん断力は全溶接部で受けるものとして計算する。

水平方向せん断力 (F_{HW}) F_{HW}=C_H・m・g ····· (6.6.4.1)

(2) 鉛直方向せん断応力

溶接部に対する力は最も厳しい条件として、図6-3から図6-6で最外列の溶接部を支点と する転倒を考え、これを片側の最外列の溶接部で受けるものとして計算する。

鉛直方向せん断力(F_{vw}) 計算モデル図6-3及び6-4の場合のせん断力

$$F_{VW} = \frac{m \cdot g \cdot C_{H} \cdot h - m \cdot g \cdot (1 - C_{V}) \cdot \ell_{1}}{n_{VW} \cdot (\ell_{1} + \ell_{2})} \quad \dots \dots \quad (6. 6. 4. 3)$$

計算モデル図6-5及び図6-6の場合のせん断力

$$F_{VW} = \frac{m \cdot g \cdot C_{H} \cdot h - m \cdot g \cdot (1 - C_{V}) \cdot \ell_{2}}{n_{VW} \cdot (\ell_{1} + \ell_{2})} \quad \dots \dots \quad (6. 6. 4. 4)$$

鉛直方向せん断応力(τw2)

$$\tau_{W2} = \frac{F_{VW}}{A_{VW}}$$
 (6. 6. 4. 5)

(3) 溶接部の応力

τw=Max{水平方向せん断応力(τw1),鉛直方向せん断応力(τw2)} ···· (6.6.4.6)




図 6-4 計算モデル (床置形 短辺方向転倒-2 (1-C_V) <0の場合)



図 6-5 計算モデル (床置形 長辺方向転倒-1 (1-C_V) ≧0の場合)



図 6-6 計算モデル (床置形 長辺方向転倒-2 (1-C_v) <0の場合)

- b. 第二弁操作室空気ボンベユニット(壁掛床置形)
- (1) ボンベユニット取付面に対し平行方向に作用するせん断応力
   ボンベユニット取付面に対し平行方向に作用するせん断力は全溶接部で受けるものとして計算する。

$$F_{W1} = \sqrt{(m \cdot C_H \cdot g)^2 + (m \cdot (1 + C_V) \cdot g)^2} \cdots (6.6.4.8)$$

ボンベユニット取付面に対し平行方向に作用するせん断応力 (
$$\tau_{w_3}$$
)  

$$\tau_{w_3} = \frac{F_{w_1}}{n \cdot A_w} \quad .... \quad (6. 6. 4. 9)$$

(2) ボンベユニット取付面に対し前後方向に作用するせん断応力 溶接部に対する力は最も厳しい条件として、図6-7及び図6-8で最外列の溶接部を支点と する転倒を考え、これを片側の最外列の溶接部で受けるものとして計算する。

計算モデル図6-8に示す鉛直方向転倒の場合のせん断力(Fw3)

$$F_w = M a x (F_{w2}, F_{w3})$$
 ..... (5. 6. 4. 12)

(3) 溶接部の応力



5777  $\overline{}$ 77 /// 2  $m \cdot (1 + C_V) \cdot g$ 

図 6-7 計算モデル (壁掛床置形 水平方向転倒の場合)



図 6-8 計算モデル (壁掛床置形 鉛直方向転倒の場合)

# 6.6.5 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【第二弁操作室空気ボンベユニットの耐震性 についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

# 6.6.6 応力の評価

6.5.4項で求めた溶接部のせん断応力τwは許容せん断応力 fs 以下であること。

	基準地震動S _s による 荷重との組合せの場合
許容せん断応力	F *
$f_{ m s}$	$\frac{1}{1.5\cdot\sqrt{3}}\cdot 1.5$

- 6.6.7 応力評価結果
  - 6.6.7.1 重大事故等対処設備としての評価結果 第二弁操作室空気ボンベユニットの重大事故等時の状態を考慮した場合の応力評価 結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な 構造強度を有していることを確認した。
    - (1) 応力評価結果

応力評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### 【第二弁操作室空気ボンベユニット(床置形)の耐震性についての計算結果】

#### 1. 重大事故等対処設備

1.1設計条件

		据付場所及び床面高さ		弾性設計用地震動 Sd又は静的震度		基準地震動S。		周囲環境温度
機器名称	設備分類	(m)	固有周期(s)	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	(°C)
第二弁操作室空気ボンベユニット (床置形)	_	EL. 14.0 ^{*1}	0.040	_	_	C _H =1.13	C _v =0.99	50

注記*1:基準床レベルを示す。

## 1.2機器要目

1.2.1 第二弁操作室空気ボンベユニット(床置形)

部材	m	h	ℓ1	ℓ2	$A_{VW}^{*1}$	S y	S _u	F*
	(kg)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm ² )	(MPa)	(MPa)	(MPa)
溶接部 (アンカープレート)	592	672	275	325	424.3	241	394	124

	n	VW	転倒方向		
部材	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動S。	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動S。	
溶接部 (アンカープレート)		2		短辺	

*1: せん断を受ける溶接部の有効断面積 Avw=(S/√2) ×Lw

1.3計算数值

<u>1.3.1</u> 溶接部に作用 ⁻	(単位 : N)	
	Ι	VW
部材	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動S。
溶接部 (アンカープレート)		3. $660 \times 10^3$

S : 脚長 Lw: 溶接長(1か所当たり)



# 1.4 結 論

1.4.1 溶接部の応力

(単位:MPa)

<del></del>	なオ なオ ¥に		基準地震動S。		
司。  12			算出応力	許容応力	
溶接部 (アンカープレート) SS400		せん断	$\tau_{W}=9$	$f_{s} = 71$	

すべて許容応力以下である。

## 【第二弁操作室空気ボンベユニット(壁掛床置形)の耐震性についての計算結果】

#### 1. 重大事故等対処設備

1.1設計条件

		据付場所及び床面高さ	弾性設計用 」 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、		·用地震動 静的震度	基準地震動 S _s		周囲環境温度
機器名称	設備分類	(m)	固有周期(s)	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	(°C)
第二弁操作室空気ボンベユニット (壁掛床置形)	_	EL 20.3 ^{*1}	0. 040			C _H =1.34	C _V =1.01	50

注記*1:基準床レベルを示す。

## 1.2機器要目

1.2.1 第二弁操作室空気ボンベユニット(壁掛床置形)

部材	m (kg)	h (mm)	ℓ₃ (mm)	l ₄ (mm)	ℓ₅ (mm)	${{ m A}_{{ m W}}}^{*1}_{({ m mm}^2)}$	S _y (MPa)	S u (MPa)	F (MPa)*
溶接部 (アンカープレート)	552	182	294	595	780	763. 7	241	394	124
	n _{VW1} n _{HW1} 転倒方向					方向			
部材	弾性設計 S _d 又は	·用地震動 静的震度	基準地	震動 S 。	弾性設計 S _d 又は	·用地震動 静的震度	基準地震動S。	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
溶接部 (アンカープレート)	_		:	2	_		2		鉛直方向

*1: せん断を受ける溶接部の有効断面積 Avw= (S/√2) ×Lw

1.3計算数値

<u>1.3.1</u> 溶接部に作用 ⁻	(単位 : N)			
		Fw		
部材	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動S。		
溶接部 (アンカープレート)		3. $456 \times 10^3$		

S :脚長 Lw:溶接長(1か所当たり)



# 1.4 結 論

1.4.1 溶接部の応力

(単位:MPa)

立(7 十十	++ ×1		基準地震動 S _s		
司。  12	的科	心力	算出応力	許容応力	
溶接部 (アンカープレート) SS400		せん断	$\tau_{\rm w}=5$	$f_{s} = 71$	

すべて許容応力以下である。

- 7 緊急時対策所加圧設備
- 7.1 評価方針

緊急時対策所加圧設備の応力評価は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針 3.1 構造強度上の制限」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、 「2.2 構造計画」にて示す緊急時対策所加圧設備の部位を踏まえ「7.4 評価部位」 にて設定する箇所において、「7.5 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地 震力による応力等が許容限界内に収まることを、「7.6 応力評価」にて示す方法にて 確認することで実施する。確認結果を「7.6.7 評価結果」に示す。 緊急時対策所加圧設備の耐震評価フローについては図 3-1 に示す。

7.2 適用基準

適用基準については,非常用窒素供給系高圧窒素ボンベの「4.2 適用基準」に示す。

- 号 単 位 定 記 義 はり要素の軸応力 MPa  $\sigma$  a はり要素の曲げ応力 MPa  $\sigma$  b MPa はり要素のせん断応力 τ 取付ボルトの引張力  $F_{bt}$ Ν 取付ボルトのせん断力  $F_{bs}$ Ν  $\mathrm{mm}^2$ 取付ボルトの断面積 A_h
- 7.3 記号の説明

7.4 評価部位

緊急時対策所加圧設備の耐震評価は、「7.6.1 応力評価」に示す条件に基づき、取 付ボルト及びボンベカードルフレームについて実施する。緊急時対策所加圧設備の耐 震評価部位については、表 2-4 の概略構造図に示す。

- 7.5 固有周期
  - 7.5.1 固有值解析方法

緊急時対策所加圧設備の固有値解析方法を以下に示す。

- (1) ボンベカードルフレームを構成する鋼材をはり要素としてモデル化した多質点 モデルによる固有値解析を実施する。
- 7.5.2 解析モデル及び諸元

緊急時対策所加圧設備の解析モデルを図 7-1 に,解析モデルの概要を以下に示す。また,外形図を図 7-2 に,機器諸元を表 7-1 に示す。

- (1) ボンベカードルフレームに収納・固定される空気ボンベ及び配管・弁等の機器 重量は、各々組込む位置に相当する各質点に付加する。
- (2) 拘束条件として,建屋躯体との取合い点を固定端部とし完全拘束として設定する。
- (3) 許容応力についてJSME S NC12005/2007 の付録材料図表を用いて計算 する際に,温度が図表記載温度の中間の値の場合は,比例法を用いて計算する。 ただし,付録材料図表 Part5 で比例法を用いる場合の端数処理は,小数第1位 以下を切り捨てた値を用いるものとする。
- (4) 解析コードは、「NX NASTRAN」を使用する。なお、評価に用いる解析 コードNX NASTRANの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書 類「V-5-49 計算機プログラム(解析コード)の概要 ・NX NASTRA N」に示す。
- (5) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。



図 7-1 解析モデル (緊急時対策所加圧設備)



(単位:mm)

図 7-2 外形図 (緊急時対策所加圧設備)

項目	記号	単 位	入力値
材 質 (ボンベカードル)	_	_	SS400/STKR400
材 質(取付ボルト)	—	_	SNB7
質量(ボンベ)	m	kg	70
質量(フレーム)	m	kg	1000
温度条件(雰囲気温度)	Т	°C	50
縦弾性係数*	E	MPa	2. $01 \times 10^5$
ポアソン比	ν		0.3
要素数	_	個	312
節点数	—	個	233

表 7-1 機器諸元

注 *: 部位はボンベカードルフレーム

7.5.3 固有值解析結果

固有値解析結果を表 7-2 に示す。

1次モードは、水平方向に卓越し、固有周期が 0.05 秒以下であり、剛であることを確認した。また、鉛直方向は 2次モード以降で卓越し、固有周期は 0.05 秒以下であり、剛であることを確認した。

表 7-2 固有値解析結果(緊急時対策所加圧設備(ボンベカードル))

モード	固有周期(S)	卓越方向
1 次	0.045	水平

- 7.6 応力評価
  - 7.6.1 応力評価方法
    - (1) 緊急時対策所加圧設備は、ボンベカードルフレームを床にボルトで取付ける。
    - (2) 地震力は緊急時対策所加圧設備に対して,水平方向及び鉛直方向から作用する ものとする。
  - 7.6.2 荷重の組合せ及び許容応力
    - (1) 荷重の組合せ及び許容応力状態
       緊急時対策所加圧設備の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処
       設備の評価に用いるものを表 7-3 に示す。
    - (2) 許容応力緊急時対策所加圧設備の許容応力を表 7-4 及び表 7-5 に示す。
    - (3) 使用材料の許容応力評価条件
       緊急時対策所加圧設備の使用材料の許容応力評価条件を表 7-6 に示す。

施設区分	機器名称	評価対象部位	設備分類	機器等の 区分	荷重の組合せ	許容応力状態
緊急時 対策所	緊急時対 策所加圧 設備	ボンベカード ルフレーム	_	*1	$D + S_s$	IV _A S
		取付ボルト	_	*1	D + S _s	IV A S

表 7-3 荷重の組合せ及び許容応力状態

注記 *1:その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 7-4 ノレームの許谷応	力
----------------	---

	許容限界*1,*2
許容応力状態	一次応力
	組合せ
IV _A S	1.5f _t *

注記 *1:f_t*は,JSME S NC1-2005/2007 SSB-3121.1(1)a本文中Sy及びSy(RT) を1.2・Sy及び1.2・Sy(RT)と読み替えて算出した値(JSME S NC 1-2005/2007 SSB-3133)。ただし,Sy及び0.7・Suのいずれか小さい方の値とす る。

*2: JEAG4601・補-1984の「その他の支持構造物の許容応力」に準じて設 定する。

表 7-5 取付ボルトの許容応力

	許容限界*1,*2				
許容応力状態	一次応力				
	引張*3	せん断*3			
IV _A S	1.5 · f _t *	1.5·f _s *			

注記 *1:f_t*, f_s*: J SME S NC1-2005/2007 SSB-3121.1(1)a本文中 Sy 及び Sy (RT)を1.2·Sy 及び1.2·Sy(RT)と読み替えて算出した値(JSME S N C1-2005/2007 SSB-3133)。ただし、Sy 及び0.7·Su のいずれか小さい方の

値とする。

*2: JEAG4601・補-1984の「その他の支持構造物の許容応力」に準じて設 定する。

*3:ボルトにせん断力が作用する場合,組合せ評価を実施する。その際の許容引張応力  $f_{t_s}$ は,JSME S NC1 SSB-3133に基づき, $f_{t_s}$ =Min[1.4・ $f_{t_o}$ -1.6・ $\tau_b$ ,  $f_{t_o}$ ]とする。ここで、 $f_{t_o}$ は1.5・ $f_t$ *とする。

<u> </u>	壮质	評価温度		Sy	Su	F*		
成加加加	11 頁	(°C)		(MPa)	(MPa)	(MPa)		
ボンベカードル	SS400	<b>帝田</b> / 月 中	FO	9.4.1	204	976		
フレーム	$(t \leq 16 \text{mm})$	分田、江區及	50	241	394	270		
ボンベカードル	STED 400	<b>帝田</b> / 月 中	FO	<u>994</u>	204	976		
フレーム	51KK400	分田、仙皮	50	234	394	270		
あけボルト	SNB7	<b>雲田</b> 与泪庙	50	715	838	586		
	$(t \leq 63 \text{mm})$	分囲刈価度	50	715	030	560		

表 7-6 ボンベ設備の許容応力評価条件

7.6.3 設計用地震力

耐震評価に用いる設計用地震力を,表 7-7 に示す。

「基準地震動S。」による地震力は、添付書類「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づく。

据付場所及び 床面高さ	固有, (s	周期)	基準地震動 S _s		
(m)	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
緊急時対策所建屋 空気ボンベ室 EL. 23.3 ^{*1}	0.045	0.05 以下* ²	$C_{\rm H} = 1.43$	$C_{V} = 1.27$	

表 7-7 設計用地震力 (重大事故等対処設備)

注記 *1:基準床レベルを示す。

*2:固有周期は水平方向より小さくなる,算出を省略した。

7.6.4 応力評価結果

ボンベ設備の基準地震動S。による地震力に対する評価結果を表 7-8 に示す。 緊急時対策所加圧設備のカードル及び取付ボルトの重大事故等時の状態を考慮 した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており,設計 用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

X10 年生に反動し。による地反力に入する时間相不							
松兕々升		<u>с</u> +	発生値	許容応力			
懱奋石阶	司1777 (777 777)	ルロノリ	(MPa)	(MPa)			
	ボンベカードル	组合开户中	00	276			
取名吐马兹武	フレーム (SS400)		99	270			
緊急時对東所	ボンベカードル	知会社亡士	20	976			
加圧設備	フレーム (STKR400)		30	270			
		引張応力	75	440*			
		せん断応力	39	338			

表 7-8 基準地震動 S。による地震力に対する評価結果

すべて許容応力以下である。

注記 *: f_t = Min[1.4・f_t - 1.6・_τb, f_t]より算出

V-2-別添 3-5 可搬型重大事故等対処設備のうち その他設備の耐震性についての計算書

1.	概	$\overline{g}$ · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
2.	<u> </u>	般事項・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
2.	. 1	配置概要
2.	. 2	構造計画・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
2.	. 3	評価方針・・・・・8
2.	. 4	適用基準・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
3.	加	振試験・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
3.	. 1	基本方針
3.	. 2	入力地震動
3.	3	試験方法
3.	4	試験結果
4.	応	力評価・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
4.	. 1	評価方針・・・・・・・・・・・・15
4.	. 2	評価部位・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・15
4.	. 3	地震応答解析及び応力評価方法・・・・・15
4.	. 4	荷重の組合せ及び許容応力・・・・・16
4.	5	解析モデル及び諸元・・・・・・18
4.	6	固有周期
4.	. 7	設計用地震力
4.	8	計算方法
4.	9	計算条件
5.	転	倒評価・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
5.	1	基本方針
5.	2	評価部位・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
5.	3	許容限界
5.	4	評価方法・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
6.	機	能維持評価・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
6.	. 1	基本方針
6.	2	評価部位 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
6.	3	許容限界
6.	4	評価方法・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
7.	波	及的影響評価・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
7.	1	基本方針
7.	. 2	評価部位・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
7.	. 3	許容限界
7.	. 4	評価方法・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
8.	評	価結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・

8.1	応力評価結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	36
8.2	転倒評価結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	36
8.3	機能維持評価結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	36
8.4	波及的影響評価結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	36

#### 1. 概要

本計算書は、添付書類「V-2-別添 3-1 可搬型重大事故等対処設備の耐震計算方針」(以下、 「別添 3-1」という。)にて設定している機能維持の設計方針に基づき、可搬型重大事故等対処 設備のうちその他設備が地震後において、基準地震動S_sによる地震力に対し、十分な機能維持 を有するとともに、当該設備以外の可搬型重大事故等対処設備等に波及的影響を及ぼさないこと を確認するものである。その耐震評価は加振試験、応力評価、転倒評価、機能維持評価及び波及 的影響評価により行う。

#### 2. 一般事項

その他設備は、別添 3-1 の「2. 耐震評価の基本方針」に示す基本方針のとおり、その他設備の「2.1 配置概要」及び「2.2 構造計画」を示す。

#### 2.1 配置概要

その他設備は、別添 3-1 の「2.1 評価対象設備」のうち構造計画に示すとおり、可搬型重 大事故等対処設備保管場所(西側)及び可搬型重大事故等対処設備保管場所(南側)に分散 して保管若しくは、原子炉建屋又は緊急時対策所建屋に保管する。これらの保管場所を図 2-1 及び表 2-1 に示す。

 $\sim$ 

機器名称	機器保管場所	保管状態	備考
取合味料学能テリマエーカ	緊急時対策所建屋	収納ラック	
	EL.23.30 m	固縛	
司枷刑エーカルンガ・ポフト	緊急時対策所建屋	収納ラック	
可搬空モータリンク・ホスト	EL.23.30 m	固縛	
可搬型モニタリング・ポスト	緊急時対策所建屋	収納ラック	
端末	EL.23.30 m	固縛	
可搬型ダスト・よう素サンプ	緊急時対策所建屋	収納ラック	
ラ	EL.23.30 m	固縛	
0.約4 ベイ・オーク	緊急時対策所建屋	収納ラック	
り旅りーベイ・メータ	EL.23.30 m	固縛	
N a I シンチレーションサー	緊急時対策所建屋	収納ラック	
ベイ・メータ	EL.23.30 m	固縛	
ZnSシンチレーションサー	緊急時対策所建屋	収納ラック	
ベイ・メータ	EL.23.30 m	固縛	
雪離なサーベイ・メータ	緊急時対策所建屋	収納ラック	
电離相リーベイ・メーク	EL.23.30 m	固縛	
可枷刑左角知测剂准	緊急時対策所建屋	収納ラック	
可颁至风豕慨例政佣	EL.23.30 m	固縛	
可柳刑与每知測訊借設士	緊急時対策所建屋	収納ラック	
可加空风豕既侧辽佣师木	EL.23.30 m	固縛	
可掀刑斗게吗		収納箱架台	
り 旗 空 司 側 奋 ( 泪 庄 二 丁 九 一 九 位 乃 7 ǐ 法 昌	EL.18.00 m	固縛	
(価度、圧力、水位及び加重 動測用)	緊急時対策所建屋	収納箱架台	
司(则)用)	EL.30.30 m	固縛	
可掀刑斗게吗		収納箱架台	
り 旅空 司 例 命	EL.18.00 m	固縛	
(上刀), 水位及び加重計例 田)	緊急時対策所建屋	収納箱架台	
(11)	EL. 30. 30 m	固縛	
		収納箱架台	
酸表濃度計	EL.18.00 m	固縛	
	緊急時対策所建屋	収納箱架台	
	EL. 30. 30 m	固縛	
		収納箱架台	
一酸化炭素濃度計	EL. 18.00 m	固縛	
	緊急時対策所建屋	収納箱架台	
	EL.30.30 m	固縛	

表 2-1 機器リスト (1/2)

機器名称	機器保管場所	保管状態	備考
		収納箱架台	
アーダ表示装直(待避至)	EL.18.00 m	固縛	
逃がし安全弁用可搬型蓄電池	EL.18.00 m	本体固縛	
告目電託設備(推進刑)	緊急時対策所建屋	収納箱架台	
阐生电站 () () () () () () () () () () () () ()	EL. 30. 30 m	固縛	
無線演線設備 (堆烘刑)	緊急時対策所建屋	収納箱架台	
無脉連桁 (防竹生)	EL.30.30 m	固縛	
		収納箱架台	
進行刑右迫逼託壮墨	EL.18.00 m	固縛	
防门空有脉通品表直	緊急時対策所建屋	収納箱架台	
	EL. 30. 30 m	固縛	
衛星電話設備(可搬型)		大休田浦	机上
(待避室)	EL.18.00 m	平平回府	に固縛
司枷刑昭田(SA)	EL. 18.00 m	本体固縛	
可预生服药(3A)	EL. 23.00 m	本体固縛	
可拖把抽水达甲	可搬型重大事故等対処設備 保管場所(西側)EL.約23 m	本体固縛	架台上 に固縛
可傲望奎孤奋 	可搬型重大事故等対処設備 保管場所(南側)EL.約25 m	本体固縛	架台上 に固縛
「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	可搬型重大事故等対処設備 保管場所(西側)EL.約23 m	本体固縛	
小型附册	可搬型重大事故等対処設備 保管場所(南側)EL.約25 m	本体固縛	

表 2-1 機器リスト (2/2)

2.2 構造計画

その他設備の構造は、別添 3-1 の「2.1 評価対象設備」に示す構造計画としており、その 他設備の構造計画を表 2-2 から表 2-4 に、保管状態ごとに示す。



表 2-2 構造計画(収納ラック固縛)

注記 *:機器のリストについては、表 2-1「機器リスト」参照。

表 2-3 構造計画(収納箱架台固縛)



表 2-4 構造計画(本体固縛)



注記 *:機器のリストについては、表 2-1「機器リスト」参照。

 $\overline{\phantom{a}}$ 

# 2.3 評価方針

その他設備の評価方針を以下に示し、耐震評価フローを図 2-5 及び図 2-6 に、評価方法の一覧を表 2-5 に示す。

#### 2.3.1 応力評価

その他設備の架台は,別添 3-1 の「2.2.3 その他設備」にて設定した応力評価の方針に 従い,基礎ボルトに対する応力評価を実施する。

その他設備の架台の応力評価は、「2.2 構造計画」のうち表 2-3 構造計画(収納箱架 台固縛)にて示す架台 1-1 から架台 5 の部位を踏まえ「4.2 評価部位」にて設定する箇所 に作用する応力等が、「4.4 荷重の組合せ及び許容応力」に示す荷重の組合せ及び許容限 界を満足することを、「4.3 応力評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。確認結果を 「8. 評価結果」に示す。

また,応力評価結果を基に,その他設備の架台が転倒しないこと及び波及的影響を及ぼ さないことを確認する。確認結果を「8. 評価結果」に示す。

#### 2.3.2 転倒評価

その他設備は,別添 3-1 の「4.3 その他設備」にて設定した転倒評価の方針に従い,転 倒評価を実施する。

その他設備の転倒評価は、「5. 転倒評価」に示す方法により、「3. 加振試験」にお ける加振試験にて、試験後に転倒していないことを確認し、保管場所の設置床の最大応答 加速度と、加振試験により転倒しないことを確認した加振台の最大加速度との比較を行い、 許容限界を満足することを確認する。確認結果を「8. 評価結果」に示す。

#### 2.3.3 機能維持評価

その他設備は,別添 3-1 の「4.3 その他設備」にて設定した機能維持評価の方針に従い,動的及び電気的機能並びに固縛装置の支持機能の機能維持評価を実施する。

その他設備の機能維持評価は、「6. 機能維持評価」に示す方法により、「3. 加振試 験」における加振試験にて、保管場所の設置床の最大応答加速度と、試験後に計測機能、 給電機能等の動的及び電気的機能及びスリング等の固縛装置の支持機能を維持できること を確認した加振台の最大加速度との比較を行い、許容限界を満足することを確認する。確 認結果を「8. 評価結果」に示す。

## 2.3.4 波及的影響評価

その他設備は,別添 3-1 の「4.3 その他設備」にて設定した波及的影響評価の方針に従い,波及的影響評価を実施する。

その他設備の波及的影響評価は、「7. 波及的影響評価」に示す方法により、「3. 加 振試験」における加振試験にて、保管場所の設置床の最大応答加速度と、スリング等の固 縛装置の支持機能が維持されることを確認した加振台の最大加速度との比較を行い、許容 限界を満足することを確認する。確認結果を「8. 評価結果」に示す。



図 2-6 その他設備の架台の耐震評価フロー

				松台口》在十十	油 元 占与
機器名称	保管状態	応力評価	転倒評価	機肥維持	(次) 次) 民網(志) (正)
取名吐出物ボールフェーク				≓半1四	<u>家</u> 響評恤
緊急時対東所エリアモニタ	-				
可搬型モニタリング・ボスト	-				
可搬型モニタリング・ポスト端末	-				
可搬型ダスト・よう素サンプラ					
<i>β</i> 線サーベイ・メータ					
NaIシンチレーション	収納ラック	_	加振試験	加振試験	加振試験
サーベイ・メータ	固縛保管				
ZnSシンチレーション					
サーベイ・メータ	-				
電離箱サーベイ・メータ	-				
可搬型気象観測設備	-				
可搬型気象観測設備端末					
可搬型計測器(温度,圧力,水位及			加振試験 + 架台の 応力計算	加振試験	
び流量計測用)	_				
可搬型計測器(圧力,水位及び流量					
計測用)					加振試験
酸素濃度計	収納箱架台 固縛保管	架台の 応力計算			+
二酸化炭素濃度計					架台の
データ表示装置 (待避室)					応力計算
衛星電話設備(携帯型)					
無線連絡設備(携帯型)					
携行型有線通話装置					
逃がし安全弁用可搬型蓄電池					
衛星電話設備(可搬型)(待避室)	本体固縛				+-+
可搬型照明 (SA)	保管	_	加振訊騻	加振訊騻	加振試験
小型船舶					
			加振試験		加振試験
	本体固縛*	架台の	+		+
可搬型整流器	保管	応力計算	架台の	加振試験	架台の
			応力計算		応力計算

# 表 2-5 その他設備の評価方法

注記 *: 可搬型整流器は,機器本体を架台に固縛して保管する計画としている。

2.4 適用基準

適用基準を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987(日本電気協会)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 JEAG4601・補一
   1984(日本電気協会)
- (3) 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991追補版(日本電気協会)
- (4) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格(2005 年版(2007 年追補版含む。)) JS
   ME S NC1-2005/2007(日本機械学会)

## 3. 加振試験

3.1 基本方針

その他設備は,別添 3-1 の「4.3 その他設備」にて設定した評価方針に従い,加振試験を 実施する。

その他設備の加振試験は、以下の「3.2 入力地震動」に示す入力地震動を用いて、「3.3 試験方法」に示す方法により、「5. 転倒評価」、「6. 機能維持評価」、「7. 波及的影響 評価」に用いる加振台の最大加速度を求める。

3.2 入力地震動

入力地震動は、添付書類「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」及び「V-2-別添 3-2 可搬型重大事故等対処設備の保管場所等における入力地震動」に示す、各保管場所の基準地震 動S。に基づき作成する設備評価用床応答曲線を包絡するよう作成したランダム波とする。

3.3 試験方法

実際の設置状態を模擬した状態で加振台に設置し、「3.2 入力地震動」に示すランダム波 を入力地震動として加振試験を行い、スリング等が有効に機能することで、加振試験後に転倒 していないことを確認する。

また、加振試験は水平方向と鉛直方向の同時入力で行う。

- ・加振波:対象機器の保管場所における設置床の設備評価用床応答曲線を包絡するよう作 成したランダム波
- ・加振方向:「水平(前後)+水平(左右)+鉛直」(3軸加振)

保管場所 (m)	方向	最大応答加速度 (×9.8 m/s ² )
	水平	0. 89
EL. 18. 00 (EL. 20. 30*)	鉛直	0.67
	水平	1.03
EL. 23. 00 (EL. 29. 00*)	鉛直	0. 78
緊急時対策所建屋 EL.23.30*	水平	0.65
	鉛直	0. 55
緊急時対策所建屋 EL. 30. 30*	水平	0.67
	鉛直	0.71
可搬型重大事故等 対処設備保管場所	水平	0.64
(西側) EL. 23. 00*	鉛直	0.55
可搬型重大事故等 対処設備保管場所	水平	1.08
(南側) EL. 25. 00*	鉛直	0. 58

表 3-1 保管場所における設置床の最大応答加速度

注記 *:基準床レベルを示す。
# 3.4 試験結果

加振試験により得られた結果を表 3-2 に示す。

	加振	台の		
长秋 日日 方 五七	最大加速度		転倒の	固縛の
機奋名松	$(\times 9.8 \text{ m/s}^2)$		有無	破損有無
	水平	鉛直		
可搬型気象観測設備(風向風速				
計,日射計,放射収支計,雨量	1.95	1.64		
計, バッテリ)				
可搬型気象観測設備(衛星通信				
機器(観測局)),可搬型気象				
観測設備端末(衛星通信機器				
(監視局),アンテナ),	1.98	1.61		
可搬型モニタリング・ポスト端末,可				
搬型モニタリング・ポスト端末(デー				
タ受信装置)				
緊急時対策所エリアモニタ,			無	無
可搬型モニタリング・ポスト				
(バッテリ部),				
β線サーベイ・メータ,	1 02	1 09		
NaIシンチレーション	1.95	1.02		
サーベイ・メータ,				
ZnSシンチレーション				
サーベイ・メータ,				
電離箱サーベイ・メータ,				
可搬型モニタリング・ポスト	1.93	1.79		
(衛星通信部,検出・測定部,)				

表 3-2 加振試験結果 (1/2)

	加振	台の		
继兕夕敌	最大加速度		転倒の	固縛の
	(×9.8	$m/s^2$ )	有無	破損有無
	水平	鉛直		
衛星電話設備(携帯型),				
無線連絡設備(携帯型),	1 77	1 62		
携行型有線通話装置,	1. 77	1.05		
可搬型照明(SA)空調機械室				
酸素濃度計,				
二酸化炭素濃度計,				
データ表示装置(待避室),				
可搬型計測器				
(温度、圧力、水位及び流量計測用)、	1.84	1.67	無	無
可搬型計測器				
(圧力、水位及び流量計測用)、				
逃がし安全弁用可搬型蓄電池,				
可搬型照明(SA)中央制御室				
衛星電話設備(可搬型)(待避室)	1.79	1.66		
可搬型整流器	1.97	1.28		
小型船舶	0 12	1 97		
(船外機, コントローラ, バッテリ)	2.13	1.21		

表 3-2 加振試験結果 (2/2)

- 4. 応力評価
- 4.1 評価方針

その他設備の架台の応力評価は、別添3-1の「2.2 評価方針」で設定した評価方針に従って、 応力評価を実施する。

その他設備の架台の応力評価は、「2.2 構造計画」のうち表2-3 構造計画(収納箱架台固 縛保管設備)にて示す架台1-1から架台5の部位を踏まえ「4.2 評価部位」にて設定する箇所 に作用する応力等が、「4.4 荷重の組合せ及び許容応力」に示す荷重の組合せ及び許容限界 を満足することを、「4.3 地震応答解析及び応力評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

4.2 評価部位

その他設備の架台の評価部位は、別添3-1の「2.2 評価方針」で設定した評価部位に従って 基礎ボルトとする。

- 4.3 応力評価方法
  - (1) 固有周期及び荷重を求めるため、その他設備の架台を構成する鋼材をはり要素、シェル要素としてモデル化した3次元FEMモデルにより固有値解析を行い、固有周期が0.05秒以下であり、剛であることを確認した上で、1.2倍した設置床の最大応答加速度を用いた静解析を実施する。
  - (2) 架台は、各保管場所の床面に設置され、基礎ボルトにより固定されるものとする。
  - (3) 解析モデルの質量には、保管対象物の質量と架台自身の質量を考慮する。

4.4 荷重の組合せ及び許容応力

その他設備の架台の応力評価に用いる荷重の組合せ及び許容応力は,別添3-1の「3. 荷重 及び荷重の組合せ並びに許容限界」で設定した荷重の組合せ及び許容応力状態を用いる。

4.4.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

その他設備の架台の応力評価に用いる荷重の組合せ及び許容応力状態を表4-1に示す。

表 4-1 荷	f重の組合せ及び許容応力状態。	(重大事故等対処設備)
---------	-----------------	-------------

設備名称	設備分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他設備(架台)	_	*	$\rm D+S$ s	IV _A S

注記 *:その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

4.4.2 許容応力

その他設備の架台の基礎ボルトの許容応力は,別添3-1の「2.2 評価方針」にて設定した評価部位の破断延性限界を考慮し,別添3-1の「3.2 許容限界」で設定した許容限界に従い,許容応力状態 IVASの許容応力とする。

各評価部位の許容応力を表4-2に示す。

X - Z 前有心力(重八爭成寺(》他《文竹柄道彻》					
	許容限界*1,*2				
許容応力状態	一次応力				
	引張り*3	せん断*3			
IV _A S	$1.5 \cdot f_{t}^{*}$	$1.5 \cdot f_s^*$			

表 4-2 許容応力(重大事故等その他の支持構造物)

注記 *1: f_t*, f_s*は, JSME S NC1 SSB-3121.1(1)a本文中Sy及びSy (RT) を1.2·Sy及 び1.2·Sy (RT) と読み替えて算出した値 (JSME S NC1 SSB-3133)。ただし, Sy及び0.7·Suのいずれか小さい方の値とする。

*2: JEAG4601・補-1984の「その他の支持構造物の許容応力」に準じて設定する。 *3: ボルトにせん断力が作用する場合,組合せ評価を実施する。その際の許容引張応力

 $f_{ts}$ は、JSME S NC1 SSB-3133に基づき、 $f_{ts}$ =Min[1.4・ $f_{to}$ -1.6・ $\tau_{b}$ 、  $f_{to}$ ]とする。ここで、 $f_{to}$ は1.5・ $f_{t}$ *とする。

4.4.3 使用材料の許容応力評価条件

その他設備の架台の許容応力評価条件を表4-3に示す。

<b></b>	<b>河</b> (田立)(おお	ボルト材質	ボルト材質		S y	S u
政调石까	「小山白川」、十日	ホルト的員	(°C)		(MPa)	(MPa)
架台 1-1	基礎ボルト		周囲環境温度	40	245	400
架台 1-2	基礎ボルト		周囲環境温度	40	245	400
架台 2	基礎ボルト		周囲環境温度	40	245	400
架台 3	基礎ボルト		周囲環境温度	40	245	400
架台 4	基礎ボルト		周囲環境温度	40	245	400
架台 5	基礎ボルト		周囲環境温度	40	245	400

表4-3 その他設備の架台の許容応力評価条件(重大事故等対処設備)

4.5 解析モデル及び諸元

解析モデルを図4-1から図4-5に,解析モデルの諸元を表4-4に,外形図を図4-6から図4-10に示す。

- (1) 図4-1から図4-5中の△は拘束節点を示す。
- (2) 図4-1から図4-5中の赤線は山形鋼を示す。他のフレーム上の線は角型鋼管を示す。
- (3) 架台上に保管される機器の質量は、棚板を模擬したシェル要素上に位置を限定せずに 等分布質量として付加する。
- (4) 図4-5に示す架台5(可搬型整流器を保管する架台)は扉及び屋根付きであり、その質量は相当する位置の接点に集中質量として付加する。質量付加位置を■で示す。
- (5) 架台は,基礎ボルトにより床面に固定されることから,解析モデルでは各基礎ボルト の位置で完全拘束(XYZ並進拘束,XYZ軸回り拘束)とする。
- (6) 部材の応力算出に必要な機器要目を表4-5に示す。
- (7) 解析コードは「NX NASTARAN」を使用し、固有値及び荷重を求める。 なお、評価に用いる解析コードNX NASTRANの検証及び妥当性確認等の概要に ついては、添付書類「V-5-49 計算機プログラム(解析コード)の概要 ・NX N ASTRAN」に示す。



図 4-1 架台 1-1 (架台 4) 解析モデル



図 4-2 架台 1-2 解析モデル



図 4-3 架台2 解析モデル



図 4-5 架台5 解析モデル

項目	記号	単位	入力値				
材質(架台本体)	—	_					
材質(基礎ボルト)	_	_					
温度条件	Т	°C	_				
縦弾性係数	E	MPa					
ポアソン比	ν	_					

表 4-4 解析モデルの諸元

表 4-5 部材の機器要目 (1/2)

架台	.1		架台 1-1, 1-2, 2, 3 及び 4	架台 5
部本	才			
材質	БЩ.			
寸法		mm		
断面積	А	$\mathrm{mm}^2$		
断面二次	Iz	$\mathrm{mm}^4$		
モーメント	Iy	$\mathrm{mm}^4$		
ねじり定数	J	$\mathrm{mm}^4$		
有効せん断	Aey	$\mathrm{mm}^2$		
面積	Aez	$\mathrm{mm}^2$		

# 表 4-5 部材の機器要目 (2/2)

架台		全架台共通
部材		基礎ボルト
材質		
呼び径	mm	
呼び径		
断面積		
備考		

(単位:mm)

# 図 4-6 架台 1-1 (左側) 及び架台 1-2 (右側) 外形図

(単位:mm)

# 図 4-7 架台 2 外形図

(単位:mm)

図 4-8 架台3外形図

架台4は架台1-1と同じ構造であるため、外形図を省略する。

(単位:mm)

図 4-9 架台 5 外形図

# 4.6 固有周期

固有値解析の結果を表4-6から表4-11に示す。

1次モードは水平方向に卓越し,固有周期が0.05秒以下であり,剛であることを確認した。 また,鉛直方向は2次モード以降で卓越し,固有周期は0.05秒以下であり,剛であることを確認した。 認した。

表4-6 架台1-1 (架台4) 固有值解析結果

モード	固有周期(s)	卓越方向
1次		水平

表4-7 架台1-2 固有值解析結果

モード	固有周期(s)	卓越方向
1次		水平

表4-8 架台2 固有值解析結果

モード	固有周期(s)	卓越方向
1次		水平

表4-9 架台3 固有值解析結果

モード	固有周期(s)	卓越方向
1次		水平

表4-10 架台5 固有值解析結果

モード	固有周期(s)	卓越方向
1次		水平

# 4.7 設計用地震力

「基準地震動 S_s」による地震力は,添付書類「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」 及び「V-2-別添3-2 可搬型重大事故等対処設備の保管場所等における入力地震動」に基づき 設定する。評価に用いる設計用地震力を表4-11から表4-16に示す。

表 4-11 架台 1-1 の設計用地震力(重大事故等対処設備)

据付場所	固有	周期	基準地震動S。		
及び	(:	s)			
床面高さ	水平	鉛直	水平方向 鉛直方向		
(m)	方向	方向	設計震度 設計震度		
EL. 18. 00 (EL. 20. 30 ^{*1} )		0.05 以下* ²	С _н =1.34	$C_{V} = 1.01$	

注記 *1:基準床レベルを示す。

*2:固有値解析より0.05秒以下であり、剛であることを確認した。

据付場所 及び	固有	」周期 s)	基準地震動S。		
床面高さ (m)	水平 方向	鉛直 方向	水平方向 鉛直方向 設計震度 設計震度		
EL. 18. 00 (EL. 20. 30 ^{*1} )		0.05 以下* ²	С _н =1.34	$C_{v}=1.01$	

表 4-12 架台 1-2の設計用地震力(重大事故等対処設備)

注記 *1:基準床レベルを示す。

*2:固有値解析より0.05秒以下であり、剛であることを確認した。

据付場所 及び	固有	」周期 s)	基準地震動S。				
床面高さ	水平	鉛直	水平方向	鉛直方向			
(m)	方向	方向	設計震度	設計震度			
EL. 18. 00 (EL. 20. 30 ^{*1} )		0.05 以下* ²	С _н =1.34	$C_{V} = 1.01$			
緊急時対策所建屋 EL. 30. 30 ^{*1}		0.05 以下 ^{*2}	С _н =1.54	$C_{V} = 1.36$			

表 4-13 架台 2 の設計用地震力(重大事故等対処設備)

注記 *1:基準床レベルを示す。

*2:固有値解析より0.05秒以下であり、剛であることを確認した。

据付場所 及び	固有	周期 s)	基準地震動S。		
床面高さ (m)	水平 方向	鉛直 方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
EL. 18. 00 (EL. 20. 30 ^{*1} )		0.05 以下* ²	С _н =1.34	$C_{v}=1.01$	
緊急時対策所建屋 EL. 30. 30 ^{*1}		0.05 以下* ²	С _н =1.54	$C_{v} = 1.36$	

表 4-14 架台3の設計用地震力(重大事故等対処設備)

注記 *1:基準床レベルを示す。

*2:固有値解析より0.05秒以下であり、剛であることを確認した。

表 4-15 架台4の設計用地震力(重大事故等対処設備)

据付場所	固有	周期	基準地震動S。		
及び	(:	s)			
床面高さ	水平	鉛直	水平方向	鉛直方向	
(m)	方向	方向	設計震度	設計震度	
緊急時対策所建屋 EL. 30. 30 ^{*1}		0.05 以下* ²	$C_{\rm H} = 1.54$	$C_{V} = 1.36$	

注記 *1:基準床レベルを示す。

*2:固有値解析より0.05秒以下であり、剛であることを確認した。

据付場所	固有	」周期 s)	基準地震動S _s		
及い 床面高さ (m)	水平 方向	鉛直 方向	水平方向 設計震度 *3	鉛直方向 設計震度 * ³	
可搬型重大事故等対処 設備保管場所(西側) EL.23.00 ^{*1} 可搬型重大事故等対処 設備保管場所(南側) EL.25.00 ^{*1}		0.05 以下* ²	С _Н =1.93	C _V =1.03	

表 4-16 架台5の設計用地震力(重大事故等対処設備)

注記 *1:基準床レベルを示す。

*2:固有値解析より0.05秒以下であり、剛であることを確認した。

*3:設計震度は添付書類「V-2-別添 3-2 可搬型重大事故等対処設備の保管場所等に おける入力地震動」に基づく。なお,西側と南側を包絡する値を設計震度とする。

# 4.8 計算方法

応力評価に使用する記号を表4-17に示す。

記号	単位	定義
Сн	—	設計用水平震度
C _v	—	設計用鉛直震度
σ _b	MPa	基礎ボルトの最大引張応力
Т	Ν	ボルトに作用する引張力
n	_	1要素あたりのボルト本数
A _b	$\mathrm{mm}^2$	基礎ボルトの軸断面積
My	N•mm	要素座標系y軸まわりに作用する曲げモーメント
ny	_	要素座標系y軸まわりに作用する曲げモーメントを受けるボルト本数
Lz	mm	要素座標系z方向のボルトピッチ
Mz	N•mm	要素座標系z軸まわりに作用する曲げモーメント
nz	—	要素座標系z軸まわりに作用する曲げモーメントを受けるボルト本数
Ly	mm	要素座標系y方向のボルトピッチ
τь	MPa	基礎ボルトの最大せん断応力
$Q_{\rm y}$	Ν	ボルトに作用する要素座標系y軸方向のせん断力
Qz	N	ボルトに作用する要素座標系z軸方向のせん断力
M _x	N•mm	要素座標系x 軸まわりに作用するねじりモーメント
L	mm	中立軸とボルト位置の距離

表4-17 応力評価に使用する記号

FEM解析を実施し、得られる荷重及び応力を用いて、基礎ボルトの応力計算を行う。 ボルトの応力を以下のとおり計算する。

引張応力及び組合せ応力

$$\sigma_{b} = \frac{T}{nA_{b}} + \frac{M_{y}}{n_{y}L_{z}A_{b}} + \frac{M_{z}}{n_{z}L_{y}A_{b}}$$

せん断応力

____

$$\tau_{b} = \frac{\sqrt{Q_{y}^{2} + Q_{z}^{2}}}{nA_{b}} + \frac{M_{x}}{nLA_{b}}$$



# 4.9 計算条件

応力評価に用いる評価条件を表 4-9 に示す。

表 4-9 その他設備の架台の評価条件(1/2)

設備名称	据付場所	評価 部位	ボルト 材質	Сн	C _v	T (N)	n	A _b (mm ² )	M _y (N•mm)	ny	L _z (mm)	M _z (N∙mm)	nz	L _y (mm)
架台1-1				1.34	1.01	-742.0	3	113	3.836 $\times 10^4$	1	70	$2.834 \times 10^{5}$	1	70
架台1-2	原子炉			1.34	1.01	$\begin{array}{c} 1.\ 224 \\ \times 10^3 \end{array}$	3	113	1.614 $ imes 10^5$	1	70	$8.098 \times 10^{3}$	1	70
架台2	付属棟			1.34	1.01	$4.242 \times 10^{3}$	3	113	1.736 $ imes 10^5$	1	70	$6.020 \times 10^3$	1	70
架台3				1.34	1.01	105.7	3	113	$\begin{array}{c} 1.\ 689 \\ \times 10^3 \end{array}$	1	70	$8.708$ $\times 10^4$	1	70
架台2	取么吐	基礎 ボルト		1.54	1.36	$5.049 \times 10^{3}$	3	113	$1.980 \\ \times 10^5$	1	70	9. 416 $\times 10^{3}$	1	70
架台3	※急時 対策所 建屋			1.54	1.36	201.2	3	113	$1.298 \\ \times 10^{3}$	1	70	$1.016 \times 10^{5}$	1	70
架台4	建座			1.54	1.36	-864.7	3	113	$\begin{array}{c} 4.532 \\ \times 10^4 \end{array}$	1	70	$3.263 \times 10^5$	1	70
架台5	可搬型重 大事故等 対処設備 保管場所			1.93	1.03	$2.422 \times 10^{3}$	4	113	$6.037$ $\times 10^{3}$	2	100	$8.469 \times 10^5$	2	130

設備名称	据付場所	評価 部位	ボルト 材質	Qy (N)	Q _z (N)	A _b (mm ² )	n	M _x (N•mm)	L (mm)
架台1-1				$1.260 \times 10^{3}$	117.4	113	3	330. 9	65
架台1-2	原子炉			58. 57	801.6	113	3	125.3	65
架台2	付属棟			$\frac{1.010}{\times 10^3}$	38.82	113	3	96. 23	65
架台3				494.0	5.920	113	3	144.8	65
架台2	緊急時	基礎 ボルト		$1.165 \times 10^{3}$	45.73	113	3	113.8	65
架台3	対策所			570.1	7.232	113	3	167.0	65
架台4	建屋			$1.455 \times 10^{3}$	139.9	113	3	380.9	65
架台5	可搬型重 大事故等 対処設備 保管場所			126. 2	2. 359 $\times 10^{3}$	113	4	$3.991 \times 10^{3}$	82

表 4-9 その他設備の架台の評価条件(2/2)

- 5. 転倒評価
- 5.1 基本方針

その他設備は、別添 3-1 の「4.3 その他設備」にて設定した評価方針に従い、転倒評価を 実施する。

その他設備の転倒評価は、「5.2 評価部位」に示す評価部位が、「5.3 許容限界」に示す 許容限界を満足することを、「5.4 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

5.2 評価部位

その他設備の評価部位は,別添 3-1 の「4.3 その他設備」にて設定したとおり,地震後に 転倒していないことが要求される機器全体とする。

#### 5.3 許容限界

その他設備の許容限界は、「5.2 評価部位」にて設定した対象機器の保管場所における設置床の最大応答加速度が、加振試験によりスリング等が有効に機能し転倒しないことを確認した加振台の最大加速度以下であることとする。

#### 5.4 評価方法

その他設備の転倒評価は,別添 3-1 の「2.2 評価方針」にて設定した評価方針に従い,保 管場所の設置床の最大応答加速度と,「3. 加振試験」における加振試験にて転倒しないこと を確認した加振台の最大加速度との比較を行い,水平方向と鉛直方向の比較結果がそれぞれ許 容限界以下であることを確認する。

# 6. 機能維持評価

6.1 基本方針

その他設備は,別添 3-1 の「2.2 評価方針」にて設定した評価方針に従い,機能維持評価 を実施する。

その他設備の機能維持評価は、「6.2 評価部位」に示す評価部位が、「6.3 許容限界」に 示す許容限界を満足することを、「6.4 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

6.2 評価部位

その他の評価部位は,別添 3-1 の「2.2 評価方針」に示す確認方法を踏まえて,地震後に 計測機能,給電機能等の動的及び電気的機能並びにスリング等の固縛装置の支持機能を維持で きることが要求される機器全体とする。

#### 6.3 許容限界

その他設備の許容限界は、「6.2 評価部位」にて設定した評価部位の保管場所における設置床の最大応答床加速度が、加振試験により機能維持を確認した加振台の最大加速度以下であることとする。

# 6.4 評価方法

その他設備の機能維持評価は、別添 3-1 の「2.2 評価方針」にて設定した評価方針に従い、 保管場所の設置床の最大応答加速度と、「3. 加振試験」における加振試験にて得られた、表 6-1 に示す機能維持確認項目を確認した加振台の最大加速度との比較を行い、水平方向と鉛直 方向の比較結果がそれぞれ許容限界以下であることを確認する。

機器名称	機能維持確認項目				
緊急時対策所エリアモニタ					
可搬型モニタリング・ポスト	おけの見の測定が可分れてい				
可搬型モニタリング・ポスト端末	放射線重の側走かり 能なこと				
電離箱サーベイ・メータ					
β線サーベイ・メータ					
Na I シンチレーションサーベイ・メータ	放射性物質の濃度の測定が可能なこと				
ZnSシンチレーションサーベイ・メータ					
可搬型ダスト・よう素サンプラ	空気中の放射性物質を採取可能なこと				
可搬型気象観測設備	「一年年年月月日日」				
可搬型気象観測設備端末	ス家朱件の側とかり記なこと				
可搬型計測器					
(温度、圧力、水位及び流量計測用)	電力併始が示き、出力な測字可能なこと				
可搬型計測器	電力供給かでき、出力を測定可能なこと				
(圧力,水位及び流量計測用)					
酸素濃度計	酸素の濃度の測定が可能なこと				
二酸化炭素濃度計	二酸化炭素の濃度の測定が可能なこと				
データ表示装置(待避室)	データ通信可能なこと				
逃がし安全弁用可搬型蓄電池	負荷に給電可能なこと				
衛星電話設備(携帯型)					
衛星電話設備(可搬型)(待避室)	※信, 業信がった通知が可能なこし。				
無線連絡設備 (携帯型)	光信・看信かでき通品が可能なこと				
携行型有線通話装置					
可搬型照明 (SA)	照明が点くこと				
可搬型整流器	電気を直流に変換可能なこと				
小型船舶	水上での走行ができること				

表 6-1 機能維持確認項目

- 7. 波及的影響評価
- 7.1 基本方針

その他の設備は、別添 3-1 の「2.2.3(4) 波及的影響評価」にて設定した評価方針に従い、 他の可搬型重大事故対処設備等への波及的影響評価を実施する。

その他設備の波及的影響評価は、「7.2 評価部位」に示す評価部位が、「7.3 許容限界」 に示す許容限界を満足することを、「7.4 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

7.2 評価部位

波及的影響評価の対象部位は,別添 3-1 の「3.2 許容限界」にて設定したとおり,その他の設備全体とする。

#### 7.3 許容限界

許容限界は、「7.2 評価部位」にて設定した評価部位の保管場所の設置床の最大応答加速 度が、加振試験によりスリング等の固縛装置の支持機能が維持されることを確認した加振台の 最大加速度以下であることとする。

### 7.4 評価方法

その他設備の波及的影響評価は,別添 3-1 の「2.2 評価方針」にて設定した評価方針に従い,保管場所の設置床の最大応答加速度と,「3. 加振試験」における加振試験にて固縛装置の支持機能を維持できることを確認した加振台の最大加速度の比較を行い,水平方向と鉛直方向の比較結果がそれぞれ許容限界以下であることを確認する。

# 8. 評価結果

その他設備の基準地震動S。による地震力に対する評価結果を以下に示す。

応力評価の結果,その他設備を設置する架台の基礎ボルトの発生値は許容応力を満足しており, 基準地震動S。による地震力に対して評価部位の健全性が維持されることを確認した。

その他設備を設置する架台の健全性が維持されることにより,基準地震動 S_sによる地震力に 対し,転倒しないこと及び他の可搬型重大事故等対処設備等に対して波及的影響を及ぼさないこ とを確認した。

転倒評価の結果,保管場所の設置床の最大応答加速度が,加振試験により転倒しないことを確認した加振台の最大加速度以下であり,転倒しないことを確認した。また,加振試験後にスリン グ等の固縛装置が健全であることを確認した。

機能維持評価の結果,保管場所の設置床の最大応答加速度は,加振試験により電気的機能を維持できることを確認した最大加速度以下であり,基準地震動S。による地震力に対し,機能が維持されることを確認した。

波及的影響評価の結果,保管場所の設置床の最大応答加速度は,加振試験によりスリング等の 固縛装置の支持機能が維持されることを確認した加振台の最大加速度以下であり,当該設備以外 の可搬型重大事故等対処設備に波及的影響を及ぼさないことを確認した。

以上より,その他設備は地震後において,基準地震動S。による地震力に対し,重大事故等に 対処するために必要な機能を維持するとともに当該設備以外の可搬型重大事故等対処設備に波及 的影響を及ぼさないことを確認した。

### 8.1 応力評価結果

その他設備の架台の応力評価結果を表 8-1 に示す。

## 8.2 転倒評価結果

その他設備の転倒評価結果を表 8-2 に示す。

## 8.3 機能維持評価結果

その他設備の機能維持評価結果を表 8-2 に示す。

### 8.4 波及的影響評価結果

その他設備の波及的影響評価結果を表 8-2 に示す。

				-		
機器名称	河油河合	広力	算出応力	許容応力		
(据付場所)	□十、1111 户13.177 □	ルロノJ	(MPa)	(MPa)		
架台 1-1	甘水子儿	引張り	39	168*		
(原子炉建屋付属棟)	基礎ホルト	せん断	4	129		
架台 1-2	甘水子儿	引張り	25	168*		
(原子炉建屋付属棟)	基礎ホルト	せん断	3	129		
架台 2		引張り	36	168*		
(原子炉建屋付属棟)	基礎ホルト	せん断	3	129		
架台3		引張り	12	168*		
(原子炉建屋付属棟)	産碇 小ノレト	せん断	2	129		
架台 2	甘花水子儿	引張り	42	168*		
(緊急時対策所建屋)	産碇 小ノレト	せん断	4	129		
架台 3	甘水子儿	引張り	14	168*		
(緊急時対策所建屋)	産碇 小ノレト	せん断	2	129		
架台 4	甘花水子ルト	引張り	45	168*		
(緊急時対策所建屋)	産碇 小ノレト	せん断	5	129		
架台 5		引張り	35	168*		
(可搬型重大事故等	基礎ボルト					
対処設備保管場所)		せん断	6	129		
全て許容応力以下である。 注記 *: f _{ts} =Min[1.4・f _{to} -1.6・ _{てb} , f _t						

表8-1 その他設備の架台の応力評価結果

NT2 補② V-2-別添 3-5 R10

機器名称	機器保管場所	方向	最大応答 加速度 (×9.8	加振台の 最大 加速度 ^{3 m/s²)}	転倒評価	機能 維持 評価	波及 的 影響 評価
可搬型気象観測設備(風 向風速計,日射計,放射		水平	0.65	1.95		0	0
収支計,雨量計,バッテ リ)		鉛直	0.55	1.64			
可搬型気象観測設備端 末, 可搬型気象観測設備端末 アンテナ, 可搬型気象観測設備(衛 星通信機器(観測局)		水平	0. 65	1.98			
<ul> <li>              田協協協「」,             可搬型気象観測設備端末             (監視局)),             可搬型ダスト・ヨウ素サ             ンプラ,             可搬型モニタリング・ポ             スト端末及びデータ受信             装置      </li> </ul>	緊急時対策所 建屋 EL.23.30 m	鉛直	0. 65	1.61	0	0	0
NaIシンチレーション サーベイ・メータ, $\beta 線サーベイメータ,$ ZnSシンチレーション サーベイメータ,		水平	0.65	1.93	0	0	0
緊急時対策所エリアモニ タ, 可搬型モニタリングポス ト (バッテリ部)		鉛直	0. 55	1.82	0	0	0
電離箱サーベイ・メー タ,		水平	0.65	1.93			
可搬型モニタリング・ポ スト(衛星通信部,検 出・測定部)		鉛直	0. 55	1.79	0	0	0

表 8-2 基準地震動 S。による地震力に対する評価結果(ランダム波加振試験)(1/4)

機器名称	機器保管場所	方向	最大応答 加速度 (×9.8	加振台の 最大 加速度 3 m/s ² )	転倒評価	機能 維持 評価	波及 的 影響 評価
衛星電話設備 (携帯型)	緊急時対策所建屋 EL.30.30 m	水平 鉛直	0.67	1.77	0	$\bigcirc$	0
無線連絡設備	緊急時対策所建屋	水平	0.67	1. 77			
(携帯型)	EL. 30. 30 m	鉛直	0.61	1.63	0	0	0
		水平	0.89	1.77	0	0	
携行型有線通話装置	EL. 18.00 m	鉛直	0.67	1.63			
	緊急時対策所	水平	0.67	1.77	$\circ$	$\bigcirc$	$\bigcirc$
	EL. 30. 30 m	鉛直	0.71	1.63			
データ表示装置		水平     0.89     1.84       Bhē     0.67     1.67	0.89	1.84	0	0	0
(退避室)	EL.18.00 m						
衛星電話設備 (可搬型)		水平	0.89	1.79	0	0	0
(待避室)	EL.18.00 m	鉛直	0.67	1.66		0	0
		水平	0.89	1.84		0	
	EL.18.00 m	鉛直	0.67	1.67			
可搬型照明(SA)		水平	1.03	1.77			
	EL. 23. 00 m	鉛直	0.78	1.63			0

表 8-2 基準地震動 S。による地震力に対する評価結果(ランダム波加振試験) (2/4)

機器名称	機器保管場所	方向	最大応答 加速度 (×9.8	加振台の 最大 加速度 ^{3 m/s²)}	転倒 評価	機能 維持 評価	<ul><li>波及</li><li>的</li><li>影響</li><li>評価</li></ul>
		水平	0.89	1.84			
可搬型計測器 (温度,圧力,水位及	EL.18.00 m	鉛直	0.67	1.67	0	0	0
び流量計測用)	緊急時対策所建屋	水平	0.67	1.84			
	EL.30.30 m	鉛直	0.61	1.67	0	0	0
		水平	0.89	1.84	0	0	0
可搬型計測器 (圧力,水位及び流量 計測用)	EL.18.00 m	鉛直	0.67	1.67		0	0
	緊急時対策所建屋	水平	0.67	1.84	$\bigcirc$	$\bigcirc$	$\bigcirc$
	EL.30.30 m	鉛直	0.61	1.67	0	0	0
		水平	0.89	1.84	0	0	0
酸素濃度計	EL.18.00 m	鉛直	0.67	1.67			
	緊急時対策所建屋	水平	0.67	1.84	$\cap$	$\cap$	$\cap$
	EL.30.30 m	鉛直	0.61	1.67			
		水平	0.89	1.84			
二酸化炭素濃度計	EL.18.00 m	鉛直	0.67	1.67			
	緊急時対策所建屋	水平	0.67	1.84	$\cap$	$\cap$	$\cap$
	EL.30.30 m	鉛直	0. 61	1.67			
逃がし安全弁用		水平	0.89	1.84		$\cap$	$\cap$
可搬型蓄電池	EL.18.00 m	鉛直	0.67	1.67			

表 8-2 基準地震動 S。による地震力に対する評価結果(ランダム波加振試験) (3/4)

機器名称	機器保管場所	方向	最大応答 加速度 (×9.8	加振台の 最大 加速度 ^{3 m/s²)}	転倒 評価	機能 維持 評価	波及 的 影響 評価
	可搬型重大事故等 対処設備保管場所	水平	0.62	1.97	$\sim$	$\bigcirc$	0
可搬型整流器	(西側) EL.約23 m	鉛直	0.55	1.28	U		
	可搬型重大事故等 対処設備保管場所	水平	1.08	1.97	0		
	(南側) EL.約 25 m	鉛直	0. 58	1.28			
	可搬型重大事故等 対処設備保管場所	水平	0.62	2.13	$\sim$		
小型船舶 (船外機, コント	(西側) EL.約23 m	鉛直	0.55	1.27			
ローラ, バッテ リ)	可搬型重大事故等 対処設備保管場所	水平	1.08	2.13	0	0	
	(南側) EL.約 25 m	鉛直	0. 58	1.27	U	U	0

表 8-2	基準地震動 S.	による地震力に対する評価結果	(ランダム波加振試験)	(4/4)
-------	----------	----------------	-------------	-------

V-2-別添 3-6 可搬型重大事故等対処設備の 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果

1.	概	$     egin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$
2.	基	本方針
3.	評	価方法・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
4.	評	価結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
4	. 1	水平2方向及び鉛直方向の組合せの評価設備(部位)の抽出・・・・・・・・・・・3
4	. 2	水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
4	. 3	まとめ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・

### 1. 概要

本資料は、添付書類「別添 3-1 可搬型重大事故等対処設備の耐震計算方針」に基づき、基準 地震動S。による地震力に対する機能を保持できることを確認した可搬型重大事故等対処設備に 対し、水平2方向及び鉛直方向の組合せによる地震力が与える影響について説明するものである。 なお、耐震設計上の重大事故等対処施設の設備の分類に該当しない設備である可搬型重大事故等 対処設備は、「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の 解釈」別記2において水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる評価を要求されていないが、 確認を行うものである。

#### 2. 基本方針

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価については、添付書類「V-2-1-8 水 平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針」の「4.2 機器・配管系」の評価 方針を踏まえて、可搬型設備としての構造上及び保管方法の特徴を踏まえた抽出を行い、設備が 有する耐震性に及ぼす影響を評価する。

3. 評価方法

添付書類「V-2-1-8 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針」の「4. 各施設における水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する影響評価方針」を踏まえて、基 準地震動S。による地震力に対して、耐震評価を実施する設備のうち、従来の設計手法における 水平1方向及び鉛直方向地震力を組み合わせた耐震計算に対して、設備の構造特性から水平2方 向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の可能性があるものを評価対象設備として抽出し、設 備が有する耐震性に及ぼす影響を評価する。影響評価のフローを図 3-1 に示す。

(1) 評価対象となる設備の整理

可搬型重大事故等対処設備のうち,基準地震動S。による地震力に対して構造強度及び機能維持を確認する設備を評価対象とする。(図 3-1①)

(2) 構造上の特徴による抽出

可搬型設備としての構造上及び保管方法の特徴から水平2方向の地震力が重複する観点に て検討を行い,水平2方向の地震力による影響の可能性がある設備を抽出する。(図 3-1②)

(3) 発生値の増分による抽出

水平2方向の地震力による影響の可能性がある設備に対して,水平2方向の地震力が各方 向1:1で入力された場合に各部にかかる荷重や応力等を求め,従来の水平1方向及び鉛直 方向地震力の組合せによる設計に対して,水平2方向及び鉛直方向地震力を考慮した発生値 の増分を用いて影響を検討し,耐震性への影響が懸念される設備を抽出する。(図 3-1③) (4) 水平2方向及び鉛直方向地震力の影響評価

(3)の検討において算出された荷重や応力等を用いて,設備が有する耐震性への影響を検 討する。(図 3-1④)



図 3-1 水平2 方向及び鉛直方向の地震力を考慮した影響評価のフロー

- 4. 評価結果
- 4.1 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価設備(部位)の抽出 評価対象設備を表 4-1 に示す。添付書類「V-2-12 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合 せに関する影響評価結果」の「3.2 機器・配管系」の評価設備(部位)の抽出方法を踏まえ、 評価対象設備の各評価部位,応力分類に対し構造上の特徴から、水平2方向の地震力による影 響を以下の項目により検討し、影響の可能性がある設備を抽出した。
  - (1) 水平2方向の地震力が重複する観点

評価対象設備は、水平1方向の地震力に加えて、さらに水平直交方向に地震力が重複した 場合、水平2方向の地震力による影響を検討し、影響が軽微な設備以外の影響検討が必要と なる可能性があるものを抽出した。抽出結果を表 4-2 に示す。

なお、対象設備の抽出に当たって、耐震性への影響が軽微とした設備の理由を以下に示す。

- 構造強度評価対象設備
   構造強度評価対象設備において、耐震性への影響が軽微と分類した設備はなし。
- ② 機能維持評価対象設備
- a. 発電機

現行の機能維持確認済加速度における詳細評価*で最弱部である軸系において、曲 げに対して軸直角方向の水平方向の地震力のみを負担し、ほかの水平方向の地震力は 負担しないため、水平2方向入力の影響は軽微である。

b. 横型ポンプ

現行の機能維持確認済加速度における詳細評価*で最弱部である軸系において、曲 げに対して軸直角方向の水平方向の地震力のみを負担し、ほかの水平方向の地震力は 負担しないため、水平2方向入力の影響は軽微である。

c. 圧縮機

現行の機能維持確認済加速度における詳細評価*で最弱部である軸系において、曲 げに対して軸直角方向の水平方向の地震力のみを負担し、ほかの水平方向の地震力は 負担しないため、水平2方向入力の影響は軽微である。

d. 収納箱

収納箱に保管している設備(収納ラック保管含む)は、収納箱内で緩衝材によって 保護されており、X,Yの2方向入力に対して、応答増加は生じないものと考えられ ることから、水平2方向の入力の影響は軽微である。

e. その他

水平2方向と鉛直方向を同時に入力した加振試験結果に基づき機能維持評価を行い,

健全性を確認していることから,水平2方向入力の影響は考慮済みである。

注記 *: JEAG4601-1991 で定められた評価部位の余裕度評価

(2) 水平1方向及び鉛直方向地震力に対する水平2方向及び鉛直方向地震力の増分の観点

(1) にて影響の可能性がある設備について,水平2方向の地震力が各方向1:1で入力された場合に各部にかかる荷重や応力を求め,従来の水平1方向及び鉛直方向地震力の設計手法による発生値と比較し,その増分により影響の程度を確認し,耐震性への影響が懸念される設備を抽出した。抽出結果を表4-2に示す。

なお、対象設備の抽出にあたって、耐震性への影響が軽微とした設備の理由を以下に示す。

#### ① 構造強度評価対象設備

a. 車両型設備

車両型設備に積載したポンプ,発電機,内燃機関等は,矩形構造の横型回転機器で あり応答軸(強軸・弱軸)が明確である。水平2方向の地震力が発生した場合,その 応答はそれぞれの応答軸方向に分解され,実質的には弱軸方向に1方向入力した応答 レベルと同等となることから,耐震性への影響の懸念はないと整理した。

#### b. ボンベ型設備

ボンベ型設備は、矩形構造の架構設備であり応答軸(強軸・弱軸)が明確である。 水平2方向の地震力が発生した場合、その応答はそれぞれの応答軸方向に分解され、 実質的には弱軸方向に1方向入力した応答レベルと同等となることから、耐震性への 影響の懸念はないと整理した。

4.2 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価

表 4-2 において,水平 2 方向の地震力による影響の可能性があるとして抽出された設備はないため,水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価を行う設備はない。

4.3 まとめ

可搬型重大事故等対処設備について,水平2方向及び鉛直方向地震力の影響を受ける可能性 がある設備(部位)について,従来設計手法における保守性も考慮した上で抽出し,従来の水 平1方向及び鉛直方向地震力の組合せによる設計に対して影響を確認した結果,設備が有する 耐震性に影響のないことを確認したため,設計手法に加えて更なる設計上の配慮が必要な設備 はない。

別添番号	設備名称	構造強 度評価	機能維 持評価	部位*
	可搬型代替注水大型ポンプ	0	0	各部位
	可搬型代替注水中型ポンプ	0	0	各部位
	可搬型代替低圧電源車	0	0	各部位
为月46次 3-3	窒素供給装置用電源車	0	0	各部位
	窒素供給装置	0	0	各部位
	タンクローリ	0	0	各部位
	非常用窒素供給系高圧窒素ボンベユニット	0	—	各部位
	非常用逃がし安全弁駆動系高圧窒素ボンベユニット	0	—	各部位
別添 3-4	中央制御室待避室空気ボンベユニット	0	—	各部位
	緊急時対策所加圧設備	0	—	各部位
	第二弁操作室空気ボンベユニット	0	—	各部位
	緊急時対策所エリアモニタ	—	0	各部位
	可搬型モニタリング・ポスト	—	0	各部位
	可搬型ダスト・よう素サンプラ	—	0	各部位
	β線サーベイ・メータ	—	0	各部位
	NaIシンチレーションサーベイ・メータ	—	0	各部位
	ZnSシンチレーションサーベイ・メータ	—	0	各部位
	電離箱サーベイ・メータ	—	0	各部位
	小型船舶	_	$\bigcirc$	各部位
	可搬型気象観測設備	—	0	各部位
日山沃・9 F	可搬型計測器	—	0	各部位
万寸40~3~3	可搬型整流器	—	0	各部位
	逃がし安全弁用可搬型蓄電池	—	0	各部位
	可搬型照明(SA)	—	0	各部位
	携行型有線通話装置	—	0	各部位
	無線連絡設備 (携帯型)	—	0	各部位
	衛星電話設備 (携帯型)	—	0	各部位
	衛星電話設備(可搬型)(待避室)	—	0	各部位
	酸素濃度計	—	0	各部位
	二酸化炭素濃度計	_	0	各部位
	データ表示装置(待避室用含む)	_	0	各部位

注記 *:評価部位については、別添 3-3 から別添 3-5 に示す耐震評価箇所のとおり。
### 表 4-2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果(1/5)

(凡例) ○:影響の可能性あり

### △:影響軽微

- : 該当なし

	水平2方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性		
設備(機種)及び部位	4.1項(1)	4.1項(2)	
	の観点	の観点	検討福米 (影響軽傾の理由)
可搬型代替注水大型ポンプ	0	$\bigtriangleup$	4.1 項(2)①a. 「車両型設備」
			の理由による
可搬型代替注水中型ポンプ	0	$\bigtriangleup$	4.1 項(2)①a. 「車両型設備」
			の理由による
可搬型代替低圧電源車	0	$\bigtriangleup$	4.1 項(2)①a. 「車両型設備」
			の理由による
窒素供給装置用電源車	0	$\bigtriangleup$	4.1 項(2)①a. 「車両型設備」
			の理由による
窒素供給装置	0	$\bigtriangleup$	4.1 項(2)①a. 「車両型設備」
			の理由による
タンクローリ	0	$\bigtriangleup$	4.1 項(2)①a. 「車両型設備」
			の理由による

(1) 構造強度評価(1/2)

### 表 4-2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果(2/5)

(凡例) ○:影響の可能性あり

### △:影響軽微

- : 該当なし

	水平2方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性		
設備(機種)及び部位	4.1項(1)	4.1項(2)	
	の観点	の観点	検討福米 (影響軽傾の理由)
非常用窒素供給系	0	$\bigtriangleup$	4.1 項(2)①b. 「ボンベ型設
高圧窒素ボンベユニット			備」の理由による
非常用逃がし安全弁駆動系	0	$\bigtriangleup$	4.1 項(2)①b. 「ボンベ型設
高圧窒素ボンベユニット			備」の理由による
中央制御室待避室	0	Δ	4.1 項(2)①b. 「ボンベ型設
空気ボンベユニット			備」の理由による
緊急時対策所加圧設備	0	$\bigtriangleup$	4.1 項(2)①b. 「ボンベ型設
			備」の理由による
第二弁操作室空気ボンベユニット	0	Δ	4.1 項(2)①b. 「ボンベ型設
			備」の理由による
非常用窒素供給系	0	$\bigtriangleup$	4.1 項(2)①b. 「ボンベ型設
高圧窒素ボンベユニット			備」の理由による

(1) 構造強度評価(2/2)

### 表 4-2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果(3/5)

(凡例) ○:影響の可能性あり

### △:影響軽微

- : 該当なし

	水平2方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性		
設備(機種)及び部位	4.1項(1)	4.1項(2)	
	の観点	の観点	使討結果 (影響軽似の理田)
		_	4.1 項(1)①a., b.及びe.
可搬型代替注水大型ポンプ			「発電機」,「横型ポンプ」及び
			「その他」の理由による
可搬型代替注水中型ポンプ		_	4.1 項(1)①a. 「発電機」の理
			由による
可抛刑化转任工卖酒审		_	4.1 項(1)①a.及びe. 「発電
可搬型代替低圧電源車			機」及び「その他」の理由による
窒素供給装置用電源車		_	4.1 項(1)①a.及びe. 「発電
			機」及び「その他」の理由による
窒素供給装置	$\bigtriangleup$	_	4.1 項(1)①c. 「圧縮機」の理
			由による
タンクローリ	Δ	_	4.1項(1)①b.及びe. 「横型ポ
			ンプ」及び「その他」の理由によ
			る

(2) 機能維持評価 (1/3)

### 表 4-2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果(4/5)

(凡例) ○:影響の可能性あり

### △:影響軽微

- : 該当なし

	水平2方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性		
設備(機種)及び部位	4.1項(1)	4.1項(2)	
	の観点	の観点	検討福米 (影響軽傾の理由)
緊急時対策所エリアモニタ	Δ	_	4.1 項(1)①d. 「収納箱」の理
			由による
「「柳冊エーカリング」ポット		_	4.1 項(1)①d. 「収納箱」の理
可搬型モニタリンク・ホスト			由による
	<u>^</u>		4.1 項(1)①d. 「収納箱」の理
可搬型モニタリンク・ホスト端末		_	由による
ゴ枷刑ゲット」ときまれ、プラ	<u>,</u>		4.1 項(1)①d. 「収納箱」の理
可搬型ダスト・よう素サンノフ	$\bigtriangleup$	_	由による
			4.1 項(1)①d. 「収納箱」の理
β 禄 サーヘイ・メータ	$\bigtriangleup$	—	由による
NaIシンチレーション	^	_	4.1 項(1)①d. 「収納箱」の理
サーベイ・メータ			由による
ZnSシンチレーション	^	_	4.1 項(1)①d. 「収納箱」の理
サーベイ・メータ	$\square$		由による
一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一	Δ	_	4.1 項(1)①d. 「収納箱」の理
電離箱サーベイ・メータ			由による
	Δ	_	4.1 項(1)①e. 「その他」の理
小型船舶			由による
可搬型気象観測設備		_	4.1 項(1)①d. 「収納箱」の理
			由による
可搬型気象観測設備端末	Δ	_	4.1 項(1)①d. 「収納箱」の理
			由による
可搬型計測器	Δ	_	4.1 項(1)①d. 「収納箱」の理
			由による
可搬型整流器	Δ	_	4.1 項(1)①e. 「その他」の理
			由による

## (2) 機能維持評価 (2/3)

# 表 4-2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果(5/5)

(凡例) ○:影響の可能性あり

### △:影響軽微

-:該当なし

	水平2方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性			
設備(機種)及び部位	4.1項(1)	4.1項(2)		
	の観点	の観点	検討福米(影響軽傾の理由)	
逃がし安全弁用可搬型蓄電池	Δ	_	4.1 項(1)①e. 「その他」の理	
			由による	
可搬型照明 (SA)	$\bigtriangleup$	_	4.1 項(1)①e. 「その他」の理	
			由による	
携行型有線通話装置	Δ	_	4.1 項(1)①d. 「収納箱」の理	
			由による	
無線連絡設備(携帯型)	$\triangle$	_	4.1 項(1)①d. 「収納箱」の理	
			由による	
衛星電話設備(携帯型)	Δ	_	4.1 項(1)①d. 「収納箱」の理	
			由による	
衛星電話設備(可搬型)	Δ	_	4.1 項(1)①e. 「その他」の理	
(待避室)			由による	
酸素濃度計	$\bigtriangleup$	_	4.1 項(1)①d. 「収納箱」の理	
			由による	
二酸化炭素濃度計	Δ	_	4.1 項(1)①d. 「収納箱」の理	
			由による	
データ表示装置(待避室)	$\bigtriangleup$	_	4.1 項(1)①e. 「その他」の理	
			由による	

(2) 機能維持評価 (3/3)