

VI-2-6-7-3 通信連絡設備の耐震性についての計算書

VI-2-6-7-3-1 衛星電話設備（固定型）の耐震性についての計算書

VI-2-6-7-3-1-4 衛星電話設備（固定型）（緊急時対策所）の
耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格・基準等	3
3. 評価部位	3
4. 機能維持評価	4
4.1 機能維持評価用加速度	4
4.2 機能確認済加速度	5
5. 評価結果	6
5.1 重大事故等対処設備としての評価結果	6

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している機能維持の設計方針に基づき、衛星電話設備（固定型）（緊急時対策所）が設計用地震力に対して十分な電氣的機能を維持できることを説明するものである。

衛星電話設備（固定型）（緊急時対策所）は、設計基準対象施設においてはCクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての電氣的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

衛星電話設備（固定型）（緊急時対策所）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	
<p>電話機を固定具及び粘着固定シートにて机の上に固縛する。 机はボルトで床に固定する。</p>	<p>電話機</p>	<p>固定具</p> <p>電話機</p> <p>固定具および粘着シート</p> <p>1050</p> <p>820</p> <p>ボルト</p> <p>916</p> <p>1000</p> <p>A-A 矢視</p>

(単位：mm)

2.2 評価方針

衛星電話設備（固定型）（緊急時対策所）の機能維持評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを、「4. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5. 評価結果」に示す。

衛星電話設備（固定型）（緊急時対策所）の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

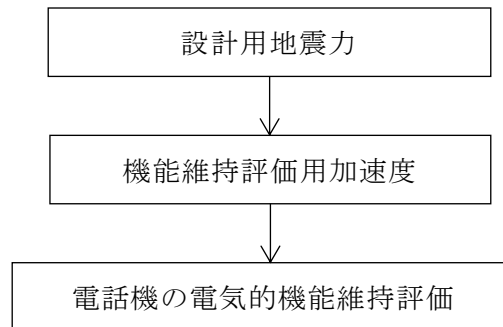


図 2-1 衛星電話設備（固定型）（緊急時対策所）の耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

本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 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補-1984（（社）日本電気協会）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987（（社）日本電気協会）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版（（社）日本電気協会）

3. 評価部位

衛星電話設備（固定型）（緊急時対策所）は、電話機を固定具及び粘着固定シートにて机上に固縛することから、机が支持している。机はボルトにて床に固定する。本計算書では、衛星電話設備（固定型）（緊急時対策所）の電氣的機能維持評価について示す。

4. 機能維持評価

衛星電話設備（固定型）（緊急時対策所）の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

4.1 機能維持評価用加速度

衛星電話設備（固定型）（緊急時対策所）は、電話機を固定具及び粘着固定シートにて机上に固縛することから、机が支持している。机についてもボルトにて床に固定することから、機能維持評価用加速度は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき、基準地震動 S_s により定まる衛星電話設備（固定型）（緊急時対策所）の設置床における最大応答加速度を適用する。機能維持評価用加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 機能維持評価用加速度 $(\times 9.8\text{m/s}^2)$

機器名称	対象機器設置箇所 (m)	方向	機能維持評価用加速度
衛星電話設備（固定型） （緊急時対策所）	緊急時対策所 EL 50.25*	水平	1.83
		鉛直	1.16

注記*：基準床レベルを示す。

4.2 機能確認済加速度

衛星電話設備（固定型）（緊急時対策所）の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、実機の据付状態を模擬したうえで、当該機器が設置される床における設計用床応答スペクトルを包絡する模擬地震波による加振試験において電氣的機能の健全性を確認した加振台の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 4-2 に示す。

表 4-2 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

機器名称	方向	機能確認済加速度
衛星電話設備（固定型）（緊急時対策所）	水平	□
	鉛直	□

5. 評価結果

5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

衛星電話設備（固定型）（緊急時対策所）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。機能維持評価用加速度は機能確認済加速度以下であり，設計用地震力に対して電氣的機能を維持できることを確認した。

(1) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

1. 重大事故等対処設備

1.1 電氣的機能維持の評価結果

 $(\times 9.8\text{m/s}^2)$

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
衛星電話設備（固定型） （緊急時対策所）	水平方向	1.83	<input type="checkbox"/>
	鉛直方向	1.16	<input type="checkbox"/>

注記*：設計用震度Ⅱ（基準地震動S s）により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

VI-2-6-7-3-2 無線通信設備（固定型）の耐震性についての計算書

VI-2-6-7-3-2-4 無線通信設備（固定型）（緊急時対策所）の
耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格・基準等	3
3. 評価部位	3
4. 機能維持評価	4
4.1 機能維持評価用加速度	4
4.2 機能確認済加速度	5
5. 評価結果	6
5.1 重大事故等対処設備としての評価結果	6

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している機能維持の設計方針に基づき、無線通信設備（固定型）（緊急時対策所）が設計用地震力に対して十分な電氣的機能を維持できることを説明するものである。

無線通信設備（固定型）（緊急時対策所）は、設計基準対象施設においてはCクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての電氣的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

無線通信設備（固定型）（緊急時対策所）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	
<p>ハンドセットを固定具及び粘着固定シートにて机の上に固縛する。 机はボルトで床に固定する。</p>	<p>ハンドセット</p>	<p style="text-align: right;">(単位：mm)</p>

2.2 評価方針

無線通信設備（固定型）（緊急時対策所）の機能維持評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを、「4. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5. 評価結果」に示す。

無線通信設備（固定型）（緊急時対策所）の耐震評価フローを図2-1に示す。

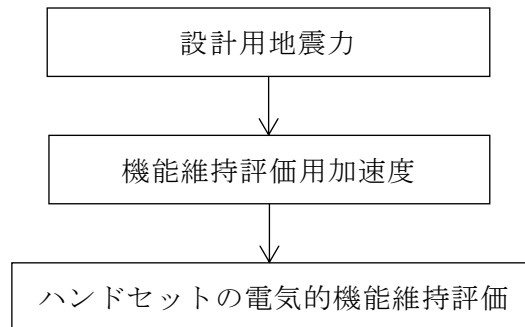


図2-1 無線通信設備（固定型）（緊急時対策所）の耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

本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 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補-1984（（社）日本電気協会）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987（（社）日本電気協会）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版（（社）日本電気協会）

3. 評価部位

無線通信設備（固定型）（緊急時対策所）は、ハンドセットを固定具及び粘着固定シートにて机上に固縛することから、机が支持している。机はボルトにて床に固定する。本計算書では、無線通信設備（固定型）（緊急時対策所）の電氣的機能維持評価について示す。

4. 機能維持評価

無線通信設備（固定型）（緊急時対策所）の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

4.1 機能維持評価用加速度

無線通信設備（固定型）（緊急時対策所）は、ハンドセットを固定具及び粘着固定シートにて机上に固縛することから、机が支持している。机についてもボルトにて床に固定することから、機能維持評価用加速度は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき、基準地震動 S_s により定まる無線通信設備（固定型）（緊急時対策所）の設置床における最大応答加速度を適用する。機能維持評価用加速度を表4-1に示す。

表 4-1 機能維持評価用加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)

機器名称	対象機器設置箇所 (m)	方向	機能維持評価用加速度
無線通信設備（固定型） （緊急時対策所）	緊急時対策所 EL 50.25*	水平	1.83
		鉛直	1.16

注記*：基準床レベルを示す。

4.2 機能確認済加速度

無線通信設備（固定型）（緊急時対策所）の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、実機の据付状態を模擬したうえで、当該機器が設置される床における設計用床応答スペクトルを包絡する模擬地震波による加振試験において電氣的機能の健全性を確認した加振台の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 4-2 に示す。

表 4-2 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

機器名称	方向	機能確認済加速度
無線通信設備（固定型）（緊急時対策所）	水平	□
	鉛直	□

5. 評価結果

5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

無線通信設備（固定型）（緊急時対策所）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。機能維持評価用加速度は機能確認済加速度以下であり，設計用地震力に対して電氣的機能を維持できることを確認した。

(1) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

1. 重大事故等対処設備

1.1 電氣的機能維持の評価結果

 $(\times 9.8\text{m/s}^2)$

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
無線通信設備（固定型） （緊急時対策所）	水平方向	1.83	<input type="checkbox"/>
	鉛直方向	1.16	<input type="checkbox"/>

注記*：設計用震度Ⅱ（基準地震動S_s）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

VI-2-6-7-3-3 統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備
の耐震性についての計算書

VI-2-6-7-3-3-1 統合原子力防災NW盤の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
3.1 固有周期の確認	3
4. 構造強度評価	4
4.1 構造強度評価方法	4
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	4
4.3 計算条件	4
5. 機能維持評価	8
5.1 電氣的機能維持評価方法	8
6. 評価結果	9
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	9

1. 概要

統合原子力防災NW盤は、設計基準対象施設においてはCクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設重大事故等対処設備（防止でも緩和でもない設備）に分類されるが、VI-1-1-11「通信連絡設備に関する説明書」に基づき、基準地震動 S_s による地震力に対して機能を維持できることを確認する。

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、統合原子力防災NW盤が基準地震動 S_s による地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを説明するものである。

以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、統合原子力防災NW盤は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形盤であるため、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

統合原子力防災NW盤の構造計画を表2-1に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>統合原子力防災NW盤は、取付ボルトにてチャンネルベースに設置する。チャンネルベースは溶接にて基礎に埋め込まれた金物に固定する。</p>	<p>直立形 (鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤)</p>	<p>【統合原子力防災NW盤】</p> <p>(単位: mm)</p>

3. 固有周期

3.1 固有周期の確認

統合原子力防災NW盤の固有周期は、プラスチックハンマ等により、当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し、確認する。試験の結果、剛構造であることを確認した。固有周期の確認結果を表3-1に示す。

表3-1 固有周期 (単位：s)

統合原子力防災NW盤 (H21-P0851)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

統合原子力防災NW盤の構造強度評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

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

統合原子力防災NW盤の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

統合原子力防災NW盤の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

統合原子力防災NW盤の使用材料の許容応力評価条件のうち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-3 に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【統合原子力防災NW盤（H21-P0851）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。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類	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	その他の計 測制御 系統施設	統合原子力防災NW盤	常設重大事故等 対処設備 (防止でも緩和 でもない設備)	—*1	$D + P_D + M_D + S_s$ *2	IVAS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS (VASとして IVASの許容限 界を用いる。)

注記*1：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。

表 4-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張	せん断
IVAS	1.5・f _t [*]	1.5・f _s [*]
VAS (VASとしてIVASの許容限界を用いる。)		

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

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

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件 (重大事故等対処設備)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト	SS400 (40mm<径)	周囲環境温度	50	211	394	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

統合原子力防災NW盤の電氣的機能維持評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

統合原子力防災NW盤の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、実機の据付状態を模擬したうえで、当該機器が設置される床における設計用床応答スペクトルを包絡する模擬地震波による加振試験において電氣的機能の健全性を確認した加振台の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

機器名称	方向	機能確認済加速度
統合原子力防災NW盤 (H21-P0851)	水平	□
	鉛直	□

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

統合原子力防災NW盤の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。
発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

(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

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【統合原子力防災NW盤（H21-P0851）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
統合原子力防災NW盤 (H21-P0851)	常設重大事故等 対処設備 (防止でも緩和 でもない設備)	緊急時対策所 EL 50.25* ¹	□	□	—	—	C _H =2.21* ²	C _V =1.38* ²	50

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）

1.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
取付ボルト (i=2)	□	2300* ¹	16 (M16)	201.1	12	211 (40mm<径)	394

部材	ℓ _{1 i} * ² (mm)	ℓ _{2 i} * ² (mm)	n _{f i} * ²	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	0* ¹	730* ¹	2	—	253	—	短辺方向
	0* ¹	880* ¹	4				

注記*1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS400	引張	—	—	$\sigma_{b2}=144$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=8$	$f_{sb2}=146$

すべて許容応力以下である。

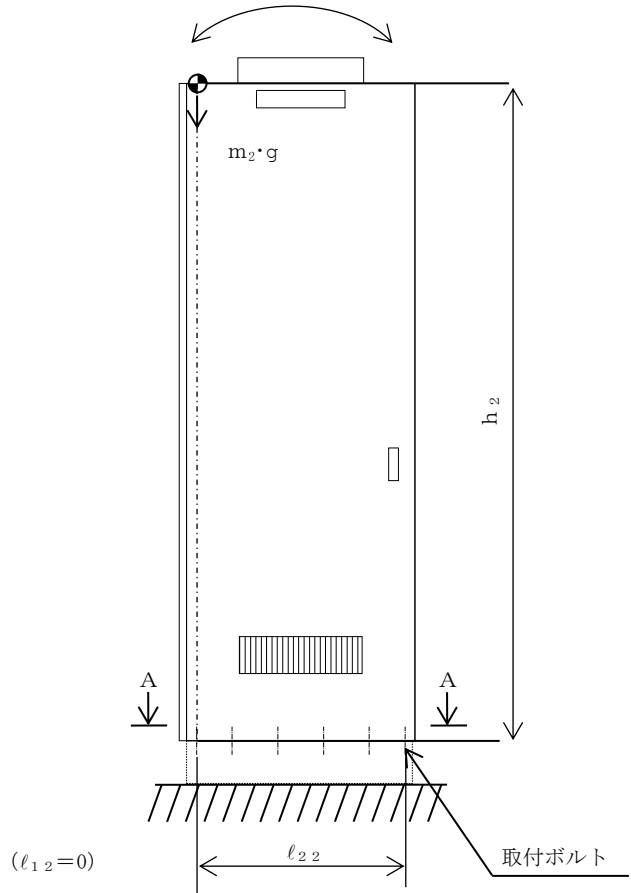
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s²)

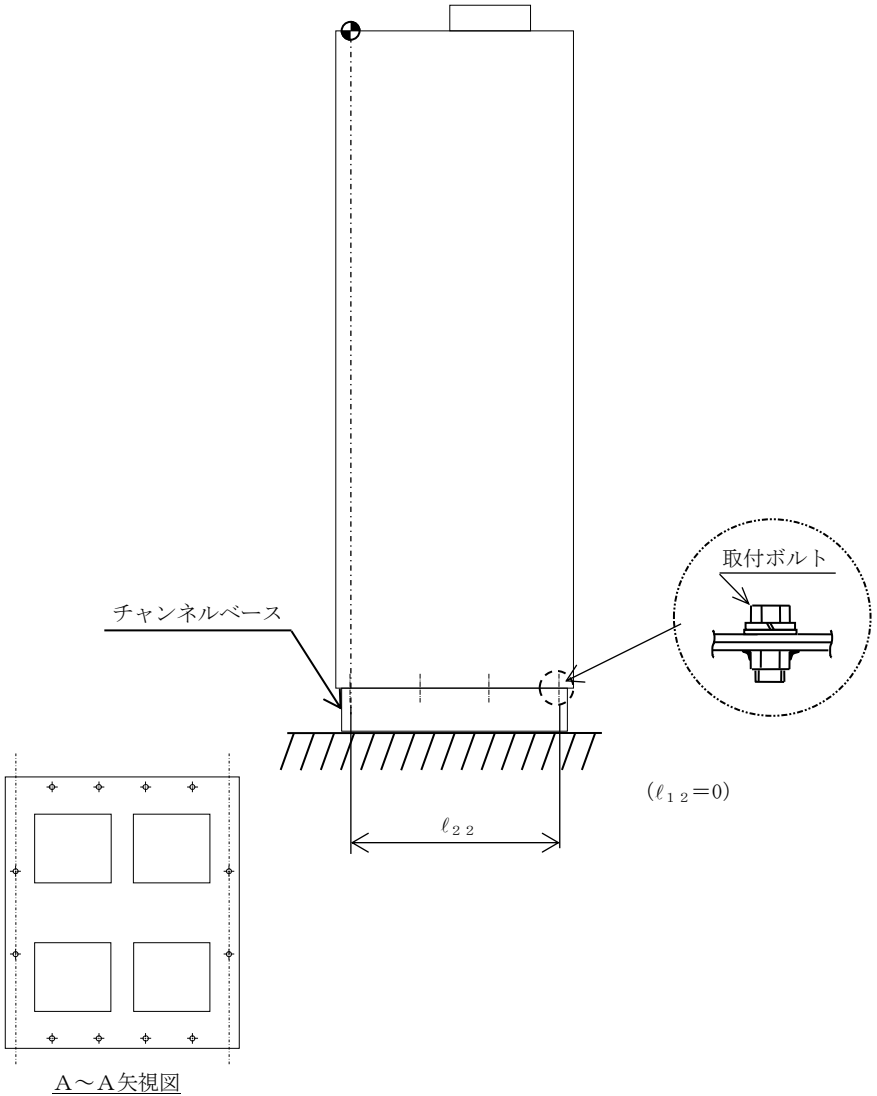
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
統合原子力防災NW盤 (H21-P0851)	水平方向	1.83	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.16	<input type="text"/>

注記*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

正面
(短辺方向)
転倒方向



側面
(長辺方向)



VI-2-6-7-3-3-3 統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡
設備（I P - F A X）の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格・基準等	3
3. 評価部位	3
4. 機能維持評価	4
4.1 機能維持評価用加速度	4
4.2 機能確認済加速度	5
5. 評価結果	6
5.1 重大事故等対処設備としての評価結果	6

1. 概要

統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備（I P - F A X）は、設計基準対象施設においてはCクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設重大事故等対処設備（防止でも緩和でもない設備）に分類されるが、VI-1-1-11「通信連絡設備に関する説明書」に基づき、基準地震動 S_s による地震力に対して機能を維持できることを確認する。

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している機能維持の設計方針に基づき、統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備（I P - F A X）が基準地震動 S_s による地震力に対して十分な電氣的機能を維持できることを説明するものである。

以下、重大事故等対処設備としての電氣的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備（I P - F A X）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	
<p>IP-FAXを固縛用ベルトにて机の上に固縛する。 机はボルトで床に固定する。</p>	<p>FAX</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>正面</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>上面</p> </div> </div> <p style="text-align: right;">(単位：mm)</p>

2.2 評価方針

統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備（I P - F A X）の機能維持評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを、「4. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5. 評価結果」に示す。統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備（I P - F A X）の耐震評価フローを図2-1に示す。

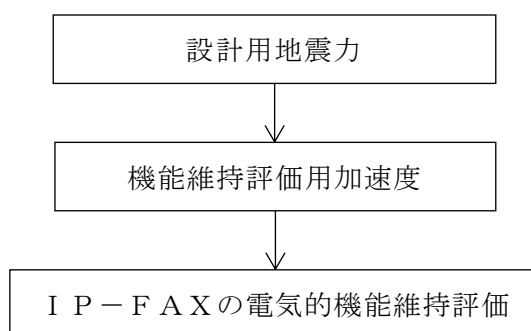


図2-1 統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備（I P - F A X）の耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

本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 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補-1984（（社）日本電気協会）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987（（社）日本電気協会）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版（（社）日本電気協会）

3. 評価部位

統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備（I P - F A X）は、F A Xを固縛用ベルトにて机上に固縛することから、机が支持している。机はボルトにて床に固定する。本計算書では、統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備（I P - F A X）の電氣的機能維持評価について示す。

4. 機能維持評価

統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備（I P - F A X）の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

4.1 機能維持評価用加速度

統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備（I P - F A X）は、F A Xを固縛用ベルトにて机上に固縛することから、机が支持している。机についてもボルトにて床に固定することから、機能維持評価用加速度は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき、基準地震動 S_s により定まる統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備（I P - F A X）の設置床における最大応答加速度を適用する。機能維持評価用加速度を表4-1に示す。

表4-1 機能維持評価用加速度

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

機器名称	対象機器設置箇所 (m)	方向	機能維持評価用加速度
統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備（I P - F A X）	緊急時対策所 EL 50.25*	水平	1.83
		鉛直	1.16

注記*：基準床レベルを示す。

4.2 機能確認済加速度

統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備（I P - F A X）の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、実機の据付状態を模擬したうえで、当該機器が設置される床における設計用床応答スペクトルを包絡する模擬地震波による加振試験において電氣的機能の健全性を確認した加振台の最大加速度を適用する。機能確認済加速度を表 4-2 に示す。

表 4-2 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

機器名称	方向	機能確認済加速度
統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備（I P - F A X）	水平	□
	鉛直	□

5. 評価結果

5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備（I P - F A X）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。機能維持評価用加速度は機能確認済加速度以下であり，設計用地震力に対して電氣的機能を維持できることを確認した。

(1) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

1. 重大事故等対処設備

1.1 電氣的機能維持の評価結果

 $(\times 9.8\text{m/s}^2)$

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備 (I P - F A X)	水平方向	1.83	<input type="checkbox"/>
	鉛直方向	1.16	<input type="checkbox"/>

注記* : 設計用震度Ⅱ (基準地震動 S s) により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

VI-2-6-7-3-4 緊急時原子力発電所情報伝送システム（SPDS）の耐震性についての計算書

VI-2-6-7-3-4-1 S P D S 伝送盤の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
3.1 固有周期の確認	3
4. 構造強度評価	4
4.1 構造強度評価方法	4
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	4
4.3 計算条件	4
5. 機能維持評価	8
5.1 電氣的機能維持評価方法	8
6. 評価結果	9
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	9

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、SPDS伝送盤が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを説明するものである。

SPDS伝送盤は、設計基準対象施設においてはCクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、SPDS伝送盤は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形盤であるため、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

SPDS伝送盤の構造計画を表2-1に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
SPDS 伝送盤は、取付ボルトにてチャンネルベースに固定する。	直立形 (鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤)	<p>【SPDS 伝送盤】</p> <p>正面 1600</p> <p>側面 1000</p> <p>2300</p> <p>取付ボルト</p> <p>チャンネルベース</p> <p>床</p> <p>(長辺方向)</p> <p>(短辺方向)</p> <p>(単位：mm)</p>

3. 固有周期

3.1 固有周期の確認

S P D S 伝送盤の固有周期は、プラスチックハンマ等により、当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し、確認する。試験の結果、剛構造であることを確認した。固有周期の確認結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期 (単位：s)

S P D S 伝送盤 (U87-P0800・U87-P0801)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

SPDS 伝送盤の構造強度評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

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

SPDS 伝送盤の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

SPDS 伝送盤の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

SPDS 伝送盤の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-3 に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【SPDS 伝送盤 (U87-P0800・U87-P0801) 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。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	その他の 計測制御 系統施設	SPDS 伝送盤	常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IVAS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS (VASとして IVASの許容限 界を用いる。)

注記*1：「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張	せん断
IVAS	1.5・f _t * 引張	1.5・f _s * せん断
VAS (VASとしてIVASの許容限界を用いる。)		

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

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

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト	SS400 (16mm < 径 ≤ 40mm)	周囲環境温度	50	231	394	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

S P D S 伝送盤の電氣的機能維持評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

S P D S 伝送盤に設置される器具の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の器具単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

機器名称	方向	機能確認済加速度
S P D S 伝送盤 (U87-P0800・U87-P0801)	水平	□
	鉛直	□

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

S P D S 伝送盤の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

(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

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【SPDS伝送盤 (U87-P0800・U87-P0801) の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
SPDS伝送盤 (U87-P0800・U87-P0801)	常設/緩和	緊急時対策所 EL 50.25*1	□	□	—	—	C _H =2.90*2	C _V =1.41*2	50

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）を上回る設計震度

1.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
取付ボルト (i=2)	□	1221	16 (M16)	201.1	24	231 (16mm<径≦40mm)	394

部材	l _{1 i} * (mm)	l _{2 i} * (mm)	n _{f i} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	382	498	8	—	276	—	長辺方向
	723	807	2				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	—	□	—	□

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS400	引張	—	—	$\sigma_{b2}=99$	$f_{ts2}=207^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=10$	$f_{sb2}=159$

すべて許容応力以下である。

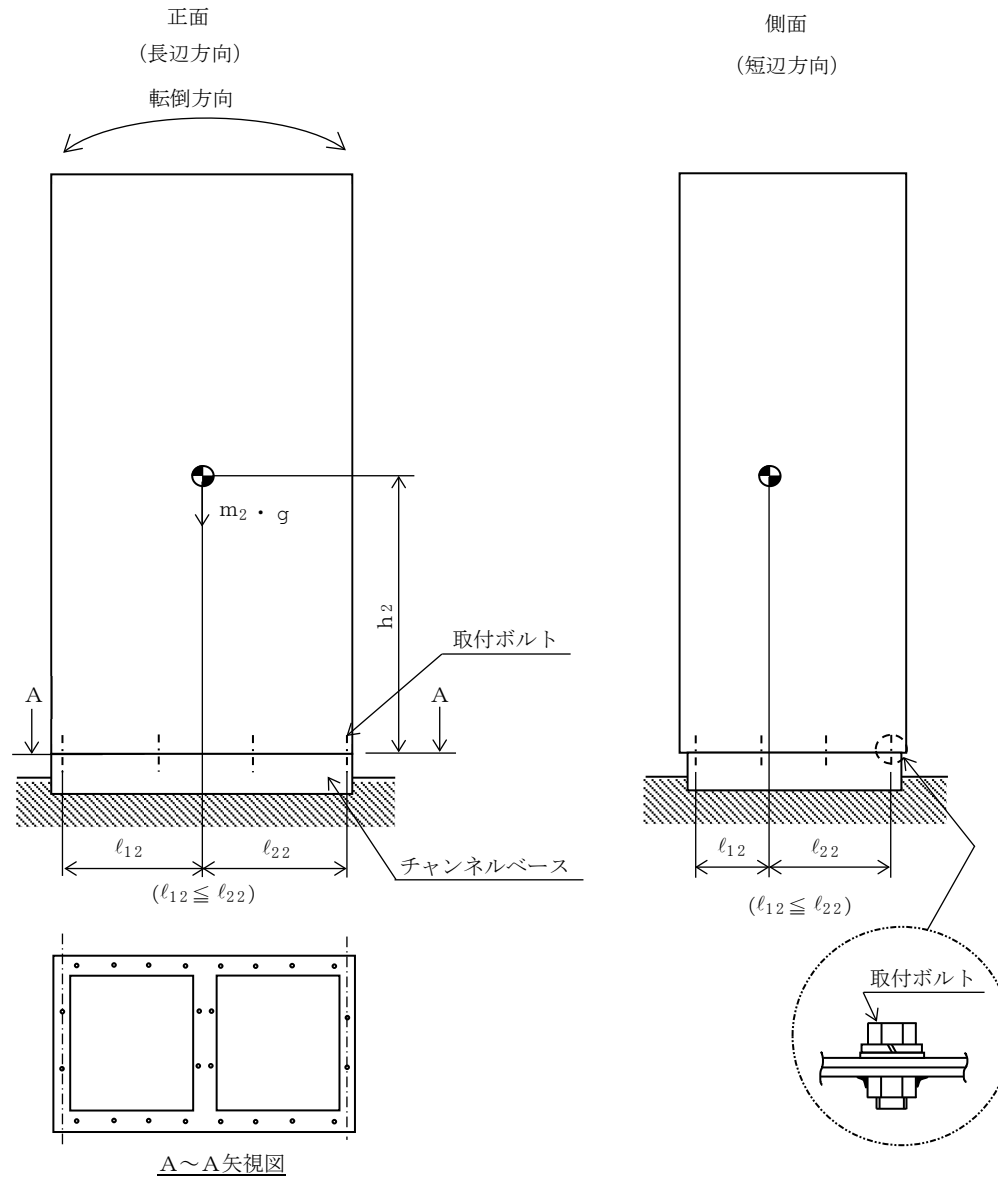
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
SPDS 伝送盤 (U87-P0800・ U87-P0801)	水平方向	1.83	□
	鉛直方向	1.16	□

注記*：設計用震度 II（基準地震動 S_s）により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



VI-2-6-7-3-4-2 1・2号SPDS伝送用ゲートウェイ盤・データ収集盤
の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
3.1 固有周期の確認	3
4. 構造強度評価	4
4.1 構造強度評価方法	4
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	4
4.3 計算条件	4
5. 機能維持評価	8
5.1 電氣的機能維持評価方法	8
6. 評価結果	9
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	9

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、1・2号SPDS伝送用ゲートウェイ盤・データ収集盤が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを説明するものである。

1・2号SPDS伝送用ゲートウェイ盤・データ収集盤は、設計基準対象施設においてはCクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、1・2号SPDS伝送用ゲートウェイ盤・データ収集盤は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形盤であるため、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

1・2号SPDS伝送用ゲートウェイ盤・データ収集盤の構造計画を表2-1に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
1・2号SPDS伝送用ゲートウェイ盤・データ収集盤は、取付ボルトにてチャンネルベースに固定する。	直立形 (鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤)	<p>【1・2号SPDS伝送用ゲートウェイ盤・データ収集盤】</p> <p>正面 1600 2300 取付ボルト チャンネルベース 床 (長辺方向)</p> <p>側面 900 (短辺方向)</p> <p>(単位：mm)</p>

3. 固有周期

3.1 固有周期の確認

1・2号SPDS伝送用ゲートウェイ盤・データ収集盤の固有周期のうち水平方向の固有周期については、プラスチックハンマ等により、当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し、確認する。試験の結果、剛構造であることを確認した。

鉛直方向の固有周期については、構造が同等な盤に対する振動試験（自由振動試験）の結果算定された固有周期を使用する。

固有周期の確認結果を表3-1に示す。

表3-1 固有周期

(単位：s)

1・2号SPDS伝送用 ゲートウェイ盤・データ収集盤 (2-1211・2-1212)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	0.05 以下

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

1・2号SPDS伝送用ゲートウェイ盤・データ収集盤の構造強度評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

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・2号SPDS伝送用ゲートウェイ盤・データ収集盤の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-1に示す。

4.2.2 許容応力

1・2号SPDS伝送用ゲートウェイ盤・データ収集盤の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表4-2のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

1・2号SPDS伝送用ゲートウェイ盤・データ収集盤の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-3に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【1・2号SPDS伝送用ゲートウェイ盤・データ収集盤（2-1211・2-1212）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。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	その他の 計測制御 系統施設	1・2号SPDS伝送用 ゲートウェイ盤・ データ収集盤	常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IVAS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS (VASとして IVASの許容限 界を用いる。)

注記*1：「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張	せん断
IVAS	1.5・f _t *	1.5・f _s *
VAS (VASとしてIVASの許容限界を用いる。)		

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

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

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト	SS400 (16mm<径≤40mm)	周囲環境温度	50	231	394	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

1・2号SPDS伝送用ゲートウェイ盤・データ収集盤の電氣的機能維持評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

1・2号SPDS伝送用ゲートウェイ盤・データ収集盤に設置される器具の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の器具単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表5-1に示す。

表5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

機器名称	方向	機能確認済加速度
1・2号SPDS伝送用 ゲートウェイ盤・データ収集盤 (2-1211・2-1212)	水平	□
	鉛直	□

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

1・2号SPDS伝送用ゲートウェイ盤・データ収集盤の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

(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

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【1・2号SPDS伝送用ゲートウェイ盤・データ収集盤(2-1211・2-1212)の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
1・2号SPDS伝送用 ゲートウェイ盤・データ収集盤 (2-1211・2-1212)	常設/緩和	廃棄物処理建物 EL 21.15 (EL 22.1* ¹)	□	0.05 以下	—	—	C _H =1.95* ²	C _V =1.65* ²	50

注記*1: 基準床レベルを示す。

*2: 設計用震度II (基準地震動 S_s)

1.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
取付ボルト (i=2)	□	1241	16 (M16)	201.1	24	231 (16mm<径≤40mm)	394

部材	l _{1 i} * (mm)	l _{2 i} * (mm)	n _{f i} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	338	442	8	—	276	—	長辺方向
	727	803	4				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS400	引張	—	—	$\sigma_{b2}=38$	$f_{ts2}=207^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=7$	$f_{sb2}=159$

すべて許容応力以下である。

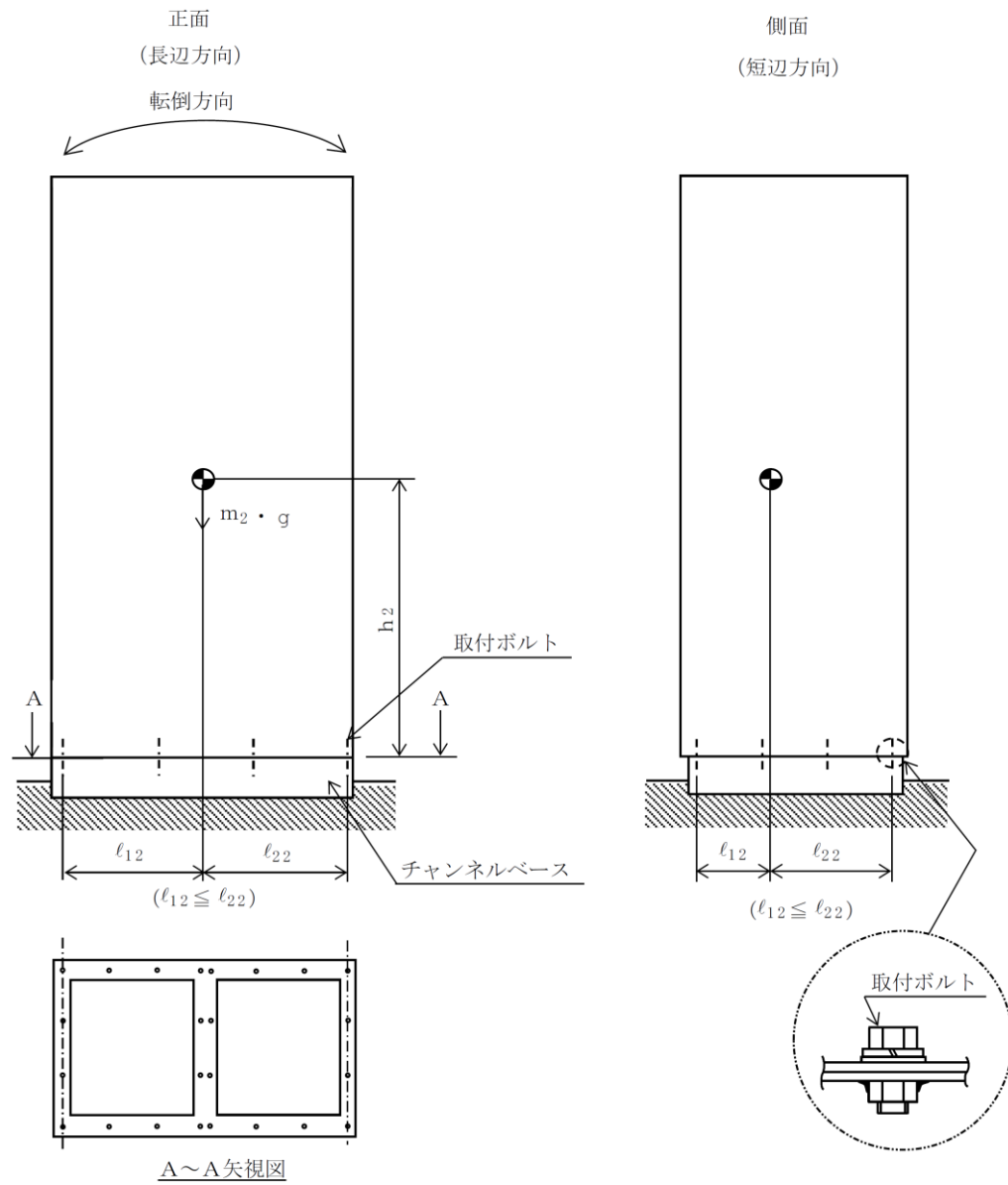
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
1・2号SPDS伝送用 ゲートウェイ盤・ データ収集盤 (2-1211・2-1212)	水平方向	1.62	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.38	<input type="text"/>

注記*：設計用震度II（基準地震動 S_s）により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



VI-2-6-7-3-4-3 2号SPDS伝送用インバータ盤の
耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
3.1 固有周期の確認	3
4. 構造強度評価	4
4.1 構造強度評価方法	4
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	4
4.3 計算条件	4
5. 機能維持評価	8
5.1 電氣的機能維持評価方法	8
6. 評価結果	9
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	9

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、2号SPDS伝送用インバータ盤が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを説明するものである。

2号SPDS伝送用インバータ盤は、設計基準対象施設においてはCクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、2号SPDS伝送用インバータ盤は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形盤であるため、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

2号SPDS伝送用インバータ盤の構造計画を表2-1に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>2号SPDS伝送用インバータ盤は、取付ボルトにてチャンネルベースに固定する。</p>	<p>直立形 (鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤)</p>	<p>【2号SPDS伝送用インバータ盤】</p> <p>(単位：mm)</p>

3. 固有周期

3.1 固有周期の確認

2号SPDS伝送用インバータ盤の固有周期のうち水平方向の固有周期については、プラスチックハンマ等により、当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し、確認する。試験の結果、剛構造であることを確認した。

鉛直方向の固有周期については、構造が同等な盤に対する振動試験（自由振動試験）の結果算定された固有周期を使用する。

固有周期の確認結果を表3-1に示す。

表3-1 固有周期

(単位：s)

2号SPDS伝送用インバータ盤 (2-1215)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	0.05 以下

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

2号SPDS伝送用インバータ盤の構造強度評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

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

2号SPDS伝送用インバータ盤の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-1に示す。

4.2.2 許容応力

2号SPDS伝送用インバータ盤の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表4-2のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

2号SPDS伝送用インバータ盤の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-3に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【2号SPDS伝送用インバータ盤(2-1215)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。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	その他の 計測制御 系統施設	2号SPDS伝送用 インバータ盤	常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IVAS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS (VASとして IVASの許容限 界を用いる。)

注記*1:「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*2: その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張	せん断
IVAS	1.5・f _t * 1.5・f _s *	1.5・f _s *
VAS (VASとしてIVASの許容限界を用いる。)		

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

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

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y (R T) (MPa)
		周囲環境温度	50	231	394	—
取付ボルト	SS400 (16mm < 径 ≤ 40mm)	周囲環境温度	50	231	394	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

2号SPDS伝送用インバータ盤の電氣的機能維持評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

2号SPDS伝送用インバータ盤に設置される器具の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の器具単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表5-1に示す。

表5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

機器名称	方向	機能確認済加速度
2号SPDS伝送用インバータ盤 (2-1215)	水平	□
	鉛直	□

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

2号SPDS伝送用インバータ盤の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを確認した。

(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

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【2号SPDS伝送用インバータ盤(2-1215)の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備


1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
2号SPDS伝送用 インバータ盤 (2-1215)	常設/緩和	廃棄物処理建物 EL 21.15 (EL 22.1* ¹)		0.05 以下	—	—	C _H =1.95* ²	C _V =1.65* ²	50

注記*1: 基準床レベルを示す。

*2: 設計用震度II (基準地震動 S_s)

1.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
取付ボルト (i=2)		1269	16 (M16)	201.1	12	231 (16mm<径≦40mm)	394

部材	l _{1 i} * (mm)	l _{2 i} * (mm)	n _{f i} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	328	402	4	—	276	—	短辺方向
	355	425	4				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	—	□	—	□

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS400	引張	—	—	$\sigma_{b2}=39$	$f_{ts2}=207^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=7$	$f_{sb2}=159$

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

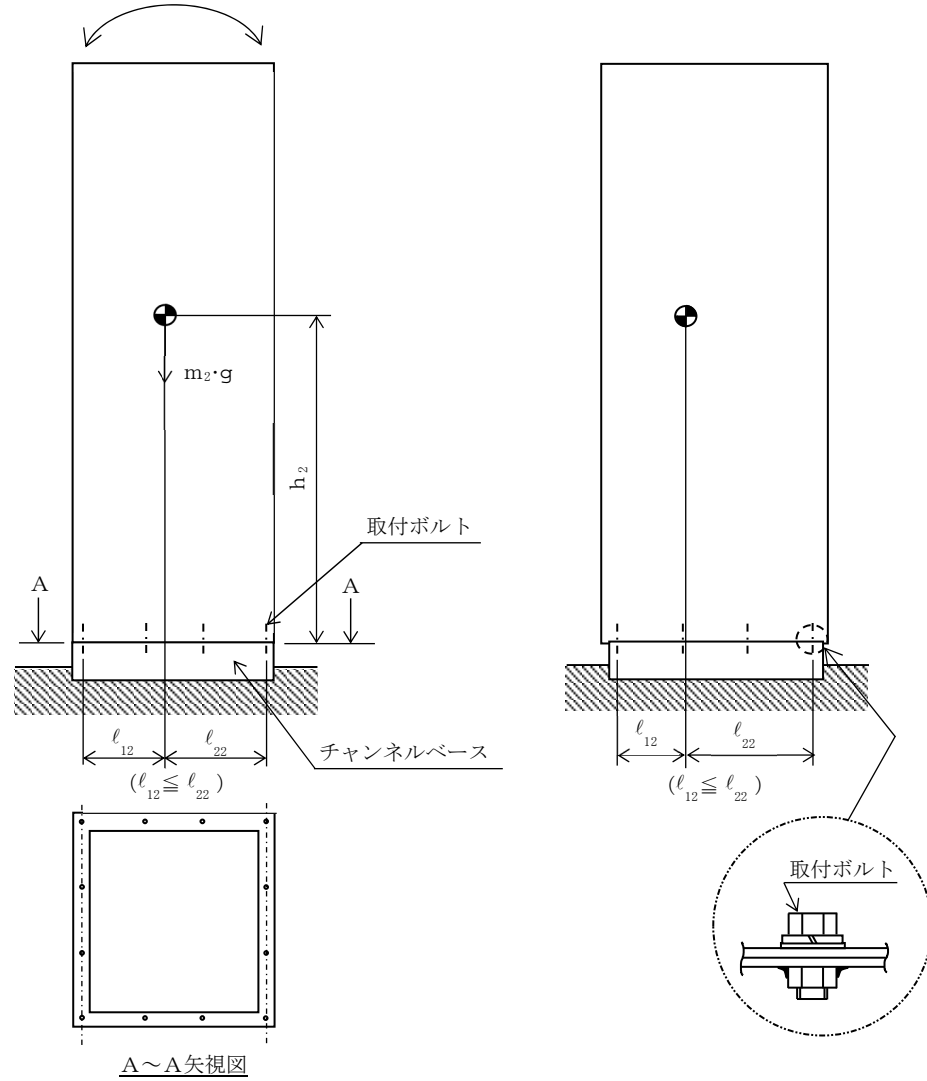
($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
2号SPDS伝送用 インバータ盤 (2-1215)	水平方向	1.62	□
	鉛直方向	1.38	□

注記*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

正面
(短辺方向)
転倒方向

側面
(長辺方向)



VI-2-6-7-3-5 S P D S データ表示装置の耐震性についての計算書

VI-2-6-7-3-5-1 S P D S データ表示装置（緊急時対策所）
の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格・基準等	3
3. 評価部位	3
4. 機能維持評価	4
4.1 機能維持評価用加速度	4
4.2 機能確認済加速度	5
5. 評価結果	6
5.1 重大事故等対処設備としての評価結果	6

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している機能維持の設計方針に基づき、SPDSデータ表示装置（緊急時対策所）が設計用地震力に対して十分な電氣的機能を維持できることを説明するものである。

SPDSデータ表示装置（緊急時対策所）は、設計基準対象施設においてはCクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての電氣的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

SPDSデータ表示装置（緊急時対策所）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	
<p>SPDSデータ表示装置（ノート PC）を固縛用バンド及び固縛用ベルトにて机の上に固縛する。机はボルトで床に固定する。</p>	<p>SPDSデータ表示装置（ノート PC）</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>正面</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>上面</p> </div> </div> <p style="text-align: right;">(単位：mm)</p>

2.2 評価方針

S P D S データ表示装置（緊急時対策所）の機能維持評価は，VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき，機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを，「4. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5. 評価結果」に示す。

S P D S データ表示装置（緊急時対策所）の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

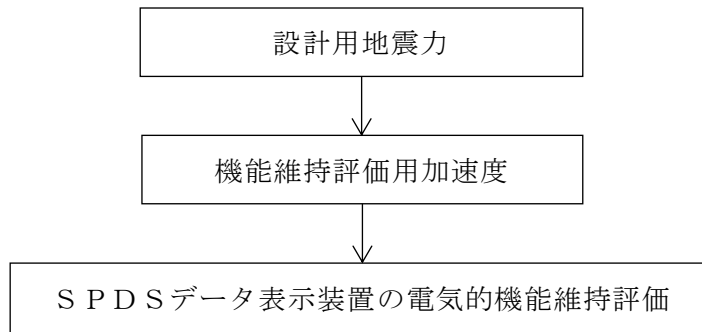


図 2-1 S P D S データ表示装置（緊急時対策所）の耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

本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 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補-1984（（社）日本電気協会）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987（（社）日本電気協会）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版（（社）日本電気協会）

3. 評価部位

S P D S データ表示装置（緊急時対策所）は，ノート PC を固縛用バンド及び固縛用ベルトにて机上に固縛することから，机が支持している。机はボルトにて床に固定する。本計算書では，S P D S データ表示装置（緊急時対策所）の電氣的機能維持評価について示す。

4. 機能維持評価

SPDSデータ表示装置（緊急時対策所）の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

4.1 機能維持評価用加速度

SPDSデータ表示装置（緊急時対策所）は、ノートPCを固縛用バンド及び固縛用ベルトにて机上に固縛することから、机が支持している。机についてもボルトにて床に固定することから、機能維持評価用加速度は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき、基準地震動 S_s により定まるSPDSデータ表示装置（緊急時対策所）の設置床における最大応答加速度を適用する。機能維持評価用加速度を表4-1に示す。

表4-1 機能維持評価用加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)

機器名称	対象機器設置箇所 (m)	方向	機能維持評価用加速度
SPDSデータ表示 装置 (緊急時対策所)	緊急時対策所 EL 50.25*	水平	1.83
		鉛直	1.16

注記*：基準床レベルを示す。

4.2 機能確認済加速度

S P D S データ表示装置（緊急時対策所）の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、実機の据付状態を模擬したうえで、当該機器が設置される床における設計用床応答スペクトルを包絡する模擬地震波による加振試験において電氣的機能の健全性を確認した加振台の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 4-2 に示す。

表 4-2 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

機器名称	方向	機能確認済加速度
S P D S データ表示装置（緊急時対策所）	水平	□
	鉛直	□

5. 評価結果

5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

SPDSデータ表示装置（緊急時対策所）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。機能維持評価用加速度は機能確認済加速度以下であり，設計用地震力に対して電氣的機能を維持できることを確認した。

(1) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

1. 重大事故等対処設備

1.1 電氣的機能維持の評価結果

 $(\times 9.8\text{m/s}^2)$

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
SPDSデータ表示装置 (緊急時対策所)	水平方向	1.83	<input type="checkbox"/>
	鉛直方向	1.16	<input type="checkbox"/>

注記*：設計用震度Ⅱ（基準地震動S_s）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

VI-2-7 放射性廃棄物の廃棄施設の耐震性に関する説明書

VI-2-7-4 排気筒の耐震性についての計算書

本計算書の評価結果については, VI-2-2-14「排気筒の耐震性についての計算書」による。

VI-2-8 放射線管理施設の耐震性に関する説明書

VI-2-8-2 放射線管理用計測装置の耐震性についての計算書

VI-2-8-2-1 主蒸気管放射線モニタの耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格・基準等	4
2.4 記号の説明	5
2.5 計算精度と数値の丸め方	6
3. 評価部位	7
4. 固有周期	7
4.1 基本方針	7
4.2 固有周期の確認方法	7
4.3 固有周期の確認結果	7
5. 構造強度評価	8
5.1 構造強度評価方法	8
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	8
5.3 設計用地震力	12
5.4 計算方法	13
5.5 計算条件	15
5.6 応力の評価	16
6. 機能維持評価	17
6.1 電氣的機能維持評価方法	17
7. 評価結果	18
7.1 設計基準対象施設としての評価結果	18

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、主蒸気管放射線モニタが設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを説明するものである。

主蒸気管放射線モニタは、設計基準対象施設においてはSクラス施設に分類される。以下、設計基準対象施設としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

主蒸気管放射線モニタの構造計画を表2-1に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図																		
基礎・支持構造	主体構造																			
保持金具付検出器は、床に固定されたウェルに、取付ボルトで固定される。	電離箱																			
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>機器名称</th> <th>主蒸気管放射線モニタ (RE295-13A)</th> <th>主蒸気管放射線モニタ (RE295-13B)</th> <th>主蒸気管放射線モニタ (RE295-13C)</th> <th>主蒸気管放射線モニタ (RE295-13D)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>長さ</td> <td>1680</td> <td>1680</td> <td>1680</td> <td>1680</td> </tr> <tr> <td>径</td> <td>326</td> <td>326</td> <td>326</td> <td>326</td> </tr> </tbody> </table>	機器名称	主蒸気管放射線モニタ (RE295-13A)	主蒸気管放射線モニタ (RE295-13B)	主蒸気管放射線モニタ (RE295-13C)	主蒸気管放射線モニタ (RE295-13D)	長さ	1680	1680	1680	1680	径	326	326	326	326			
機器名称	主蒸気管放射線モニタ (RE295-13A)	主蒸気管放射線モニタ (RE295-13B)	主蒸気管放射線モニタ (RE295-13C)	主蒸気管放射線モニタ (RE295-13D)																
長さ	1680	1680	1680	1680																
径	326	326	326	326																
		(単位：mm)																		

2.2 評価方針

主蒸気管放射線モニタの応力評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示す主蒸気管放射線モニタの部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 固有周期」で測定した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「5. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、主蒸気管放射線モニタの機能維持評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを、「6. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「7. 評価結果」に示す。

主蒸気管放射線モニタの耐震評価フローを図 2-1 に示す。

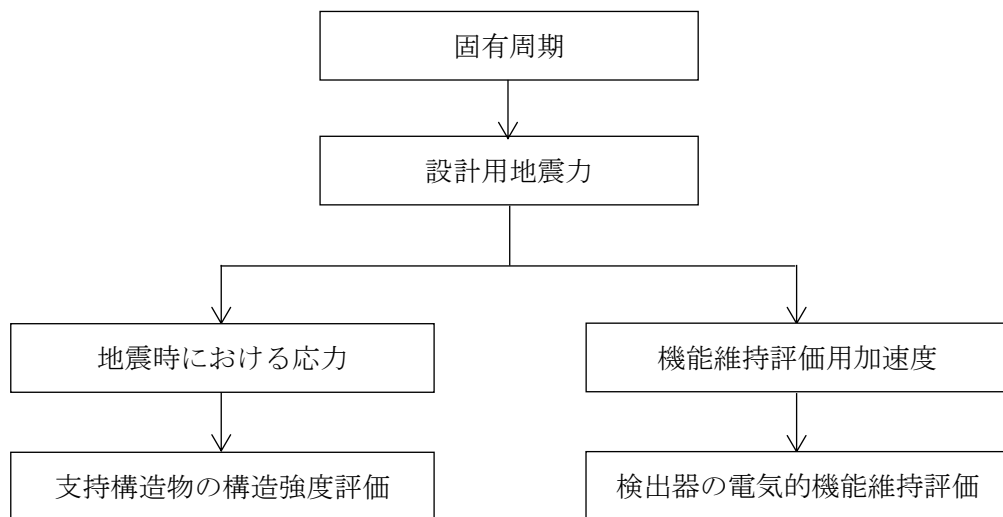


図 2-1 主蒸気管放射線モニタの耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

本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 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984
（（社）日本電気協会）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 （（社）日本電気協会）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版（（社）日本電気協会）
- ・発電用原子力設備規格 設計・建設規格（（社）日本機械学会，2005/2007）（以下「設計・建設規格」という。）

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_b	ボルトの軸断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d	ボルトの呼び径	mm
F	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値	MPa
F^*	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値	MPa
F_b	ボルトに作用する引張力 (1 本当たり)	N
$f_{t o}$	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力	MPa
$f_{t s}$	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 (許容組合せ応力)	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s^2
m	質量	kg
n	ボルトの本数	—
Q_b	ボルトに作用するせん断力	N
S_u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 9 に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める値	MPa
$S_y(R T)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める材料の 40°Cにおける値	MPa
π	円周率	—
σ_b	ボルトに生じる引張応力	MPa
τ_b	ボルトに生じるせん断応力	MPa

2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は、表2-2に示すとおりである。

表2-2 表示する数値の丸め方

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

注記*1：設計上定める値が小数点以下第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

主蒸気管放射線モニタの耐震評価は、「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる取付ボルトについて実施する。

主蒸気管放射線モニタの耐震評価部位については、表 2-1 の概略構造図に示す。

4. 固有周期

4.1 基本方針

主蒸気管放射線モニタの固有周期は、構造が同等な保持金具付検出器に対する振動試験（加振試験）の結果算定された固有周期を使用する。

4.2 固有周期の確認方法

振動試験装置により固有周期を確認する。主蒸気管放射線モニタの外形図を表 2-1 の概略構造図に示す。

4.3 固有周期の確認結果

固有周期の確認結果を表 4-1 に示す。試験の結果、固有周期は 0.05 秒以下であり、剛構造であることを確認した。

表 4-1 固有周期 (単位：s)

主蒸気管放射線モニタ (RE295-13A)	水平	0.05 以下
	鉛直	0.05 以下
主蒸気管放射線モニタ (RE295-13B)	水平	0.05 以下
	鉛直	0.05 以下
主蒸気管放射線モニタ (RE295-13C)	水平	0.05 以下
	鉛直	0.05 以下
主蒸気管放射線モニタ (RE295-13D)	水平	0.05 以下
	鉛直	0.05 以下

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

- (1) 主蒸気管放射線モニタの質量は重心に集中しているものとする。
- (2) 主蒸気管放射線モニタは取付ボルトでウェルに固定されており，固定端とする。
- (3) 主蒸気管放射線モニタは保持金具により径方向がウェルの内部で固定されているため，水平方向から作用する地震力には影響を受けないことから鉛直方向から作用する地震力についてのみ評価を行う。
- (4) 耐震計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

5.2 荷重の組合せ及び許容応力

5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

主蒸気管放射線モニタの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 5-1 に示す。

5.2.2 許容応力

主蒸気管放射線モニタの許容応力は，VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 5-2 のとおりとする。

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

主蒸気管放射線モニタの使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設に用いるものを表 5-3 に示す。

表 5-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

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
放射線 管理施設	放射線管理用 計測装置	主蒸気管放射線モニタ		S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
						$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S
計測制御 系統施設	原子炉非常 停止信号	主蒸気管放射能高		S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
						$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S
計測制御 系統施設	工学的 安全施設等の 起動信号	主蒸気 隔離弁	主蒸気管放射能高	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
						$D + P_D + M_D + S_s$	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 5-2 許容応力（その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張	せん断
Ⅲ _A S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
Ⅳ _A S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

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

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

表 5-3 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 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度	60	208	389	—
取付ボルト	SS41* (40mm<径)	周囲環境温度	60	208	389	—

注記* : SS400 相当

5.3 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 5-4 に示す。

「弾性設計用地震動 S d 又は静的震度」及び「基準地震動 S s」による地震力は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。

表 5-4 設計用地震力（設計基準対象施設）

機器名称	据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
		水平 方向	鉛直 方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
主蒸気管 放射線モニタ (RE295-13A)	原子炉建物 EL 23.8 ^{*1}	0.05 以下	0.05 以下	$C_H=1.19^{*2}$	$C_V=1.10^{*2}$	$C_H=1.73^{*3}$	$C_V=2.07^{*3}$
主蒸気管 放射線モニタ (RE295-13B)	原子炉建物 EL 23.8 ^{*1}	0.05 以下	0.05 以下	$C_H=1.19^{*2}$	$C_V=1.10^{*2}$	$C_H=1.73^{*3}$	$C_V=2.07^{*3}$
主蒸気管 放射線モニタ (RE295-13C)	原子炉建物 EL 23.8 ^{*1}	0.05 以下	0.05 以下	$C_H=1.19^{*2}$	$C_V=1.10^{*2}$	$C_H=1.73^{*3}$	$C_V=2.07^{*3}$
主蒸気管 放射線モニタ (RE295-13D)	原子炉建物 EL 23.8 ^{*1}	0.05 以下	0.05 以下	$C_H=1.19^{*2}$	$C_V=1.10^{*2}$	$C_H=1.73^{*3}$	$C_V=2.07^{*3}$

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 II（弾性設計用地震動 S d）又は静的震度

*3：設計用震度 II（基準地震動 S s）

5.4 計算方法

5.4.1 応力の計算方法

5.4.1.1 取付ボルトの計算方法

取付ボルトの応力は，地震による震度により作用する鉛直方向の地震力によって生じる引張力について計算する。

なお，保持金具によりウェルの内部で固定されており，水平方向から作用する地震力には影響を受けないため，取付ボルトに対するせん断力は生じない。よって，せん断応力の計算は行わない。

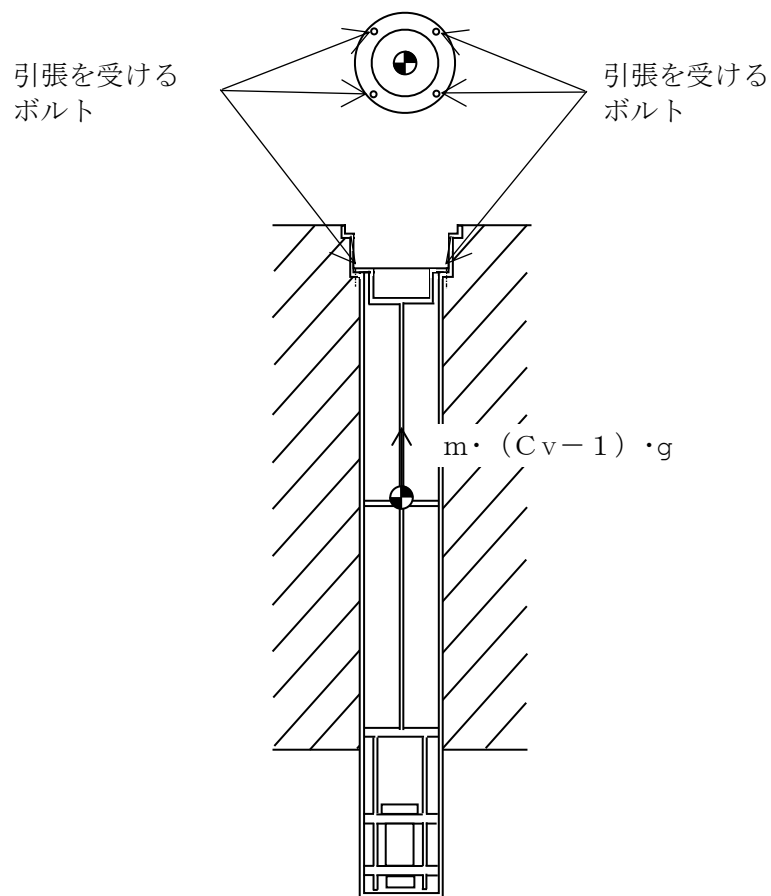


図5-1 計算モデル

(1) 引張応力

取付ボルトに対する引張力は、図5-1に示す鉛直方向の地震力を、取付ボルト全本数で受けるものとして計算する。

引張力

$$F_b = \frac{m \cdot (C_v - 1) \cdot g}{n} \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.1)$$

引張応力

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b} \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.2)$$

ここで、取付ボルトの軸断面積 A_b は次式により求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.3)$$

ただし、 F_b が負のときボルトには引張力が生じないので、引張応力の計算は行わない。

5.5 計算条件

5.5.1 取付ボルトの応力計算条件

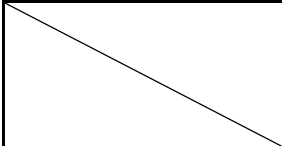
取付ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【主蒸気管放射線モニタ (RE295-13A) の耐震性についての計算結果】、【主蒸気管放射線モニタ (RE295-13B) の耐震性についての計算結果】、【主蒸気管放射線モニタ (RE295-13C) の耐震性についての計算結果】、【主蒸気管放射線モニタ (RE295-13D) の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.6 応力の評価

5.6.1 ボルトの応力評価

5.4.1項で求めたボルトの引張応力 σ_b は次式より求めた許容組合せ応力 f_{ts} 以下であること。ただし、 f_{to} は下表による。

$$f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}] \quad \dots\dots\dots (5.6.1.1)$$

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

6. 機能維持評価

6.1 電氣的機能維持評価方法

主蒸気管放射線モニタの電氣的機能維持評価について以下に示す。

なお、機能維持評価用加速度はVI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき、基準地震動 S_s により定まる加速度又はこれを上回る加速度を設定する。

主蒸気管放射線モニタの機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 6-1 に示す。

表 6-1 機能確認済加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)

機器名称	方向	機能確認済加速度
主蒸気管放射線モニタ (RE295-13A)	水平	<input type="checkbox"/>
	鉛直	<input type="checkbox"/>
主蒸気管放射線モニタ (RE295-13B)	水平	<input type="checkbox"/>
	鉛直	<input type="checkbox"/>
主蒸気管放射線モニタ (RE295-13C)	水平	<input type="checkbox"/>
	鉛直	<input type="checkbox"/>
主蒸気管放射線モニタ (RE295-13D)	水平	<input type="checkbox"/>
	鉛直	<input type="checkbox"/>

7. 評価結果

7.1 設計基準対象施設としての評価結果

主蒸気管放射線モニタ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、電氣的機能を維持できることを確認した。

(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

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【主蒸気管放射線モニタ (RE295-13A) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件


機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
主蒸気管 放射線モニタ (RE295-13A)	S	原子炉建物 EL 23.8* ¹	0.05 以下	0.05 以下	C _H =1.19* ²	C _V =1.10* ²	C _H =1.73* ³	C _V =2.07* ³	60

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動 S_d）又は静的震度

*3：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）

1.2 機器要目

部材	m (kg)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
取付ボルト		8 (M8)	50.27	4	208 (40mm<径)	389	208	249

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _b		Q _b	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト	□	□	—	—

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	SS41	引張	$\sigma_b = 1$	$f_{ts} = 156^*$	$\sigma_b = 3$	$f_{ts} = 187^*$
		せん断	—	—	—	—

すべて許容応力以下である。

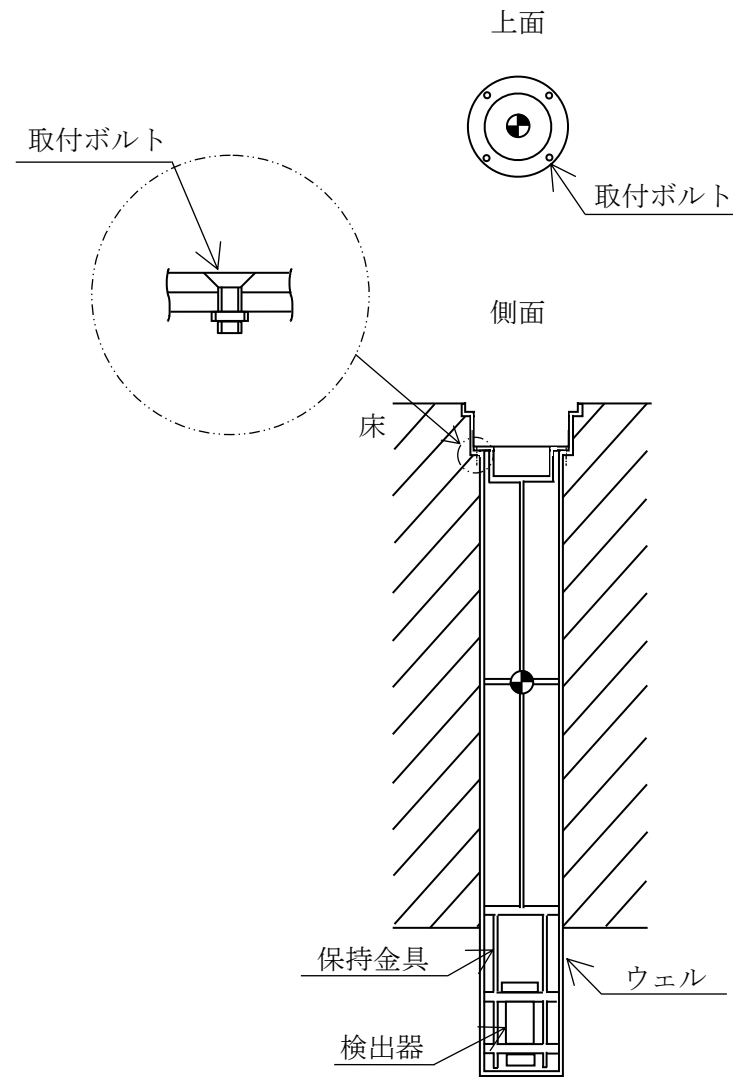
注記*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
主蒸気管 放射線モニタ (RE295-13A)	水平方向	1.44	□
	鉛直方向	1.73	□

注記*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



【主蒸気管放射線モニタ (RE295-13B) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設


1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
主蒸気管 放射線モニタ (RE295-13B)	S	原子炉建物 EL 23.8* ¹	0.05 以下	0.05 以下	C _H =1.19* ²	C _V =1.10* ²	C _H =1.73* ³	C _V =2.07* ³	60

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動 S_d）又は静的震度*3：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）

1.2 機器要目

部材	m (kg)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
取付ボルト		8 (M8)	50.27	4	208 (40mm<径)	389	208	249

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _b		Q _b	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト	□	□	—	—

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	SS41	引張	$\sigma_b=1$	$f_{ts}=156^*$	$\sigma_b=3$	$f_{ts}=187^*$
		せん断	—	—	—	—

すべて許容応力以下である。

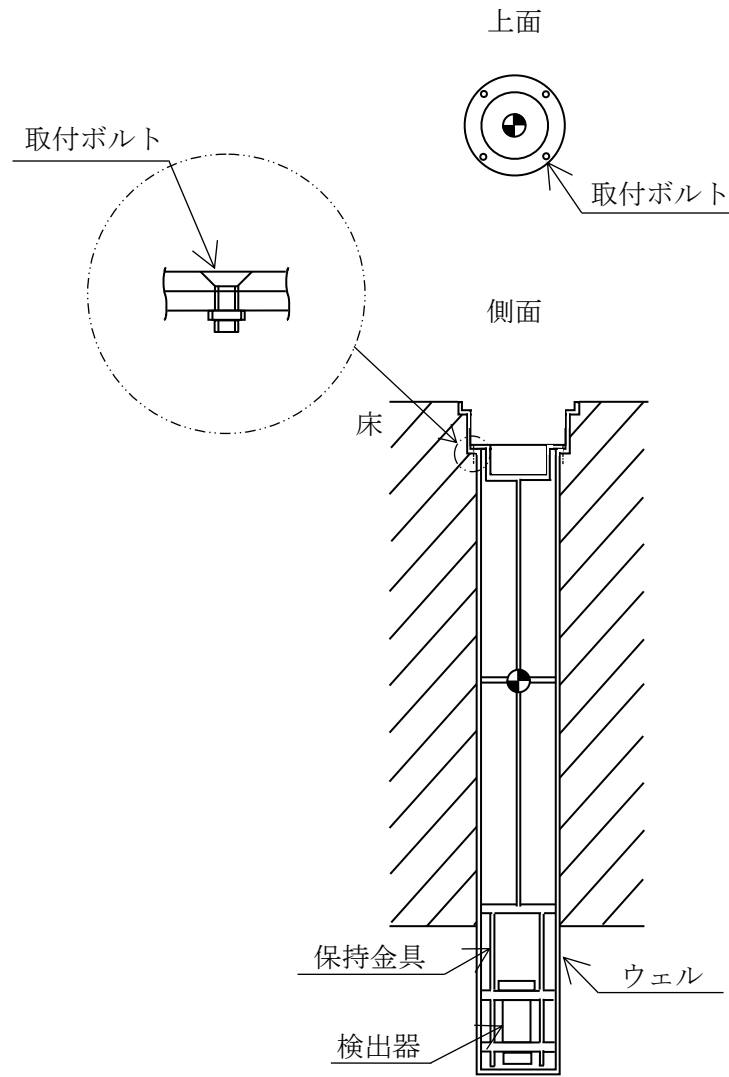
注記*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
主蒸気管 放射線モニタ (RE295-13B)	水平方向	1.44	□
	鉛直方向	1.73	□

注記*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



【主蒸気管放射線モニタ (RE295-13C) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件


機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
主蒸気管 放射線モニタ (RE295-13C)	S	原子炉建物 EL 23.8* ¹	0.05 以下	0.05 以下	$C_H=1.19^{*2}$	$C_V=1.10^{*2}$	$C_H=1.73^{*3}$	$C_V=2.07^{*3}$	60

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動 S d）又は静的震度

*3：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S s）

1.2 機器要目

部材	m (kg)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
取付ボルト		8 (M8)	50.27	4	208 (40mm<径)	389	208	249

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _b		Q _b	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動S _s
取付ボルト	□	□	—	—

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S _d 又は静的震度		基準地震動S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	SS41	引張	$\sigma_b=1$	$f_{ts}=156^*$	$\sigma_b=3$	$f_{ts}=187^*$
		せん断	—	—	—	—

すべて許容応力以下である。

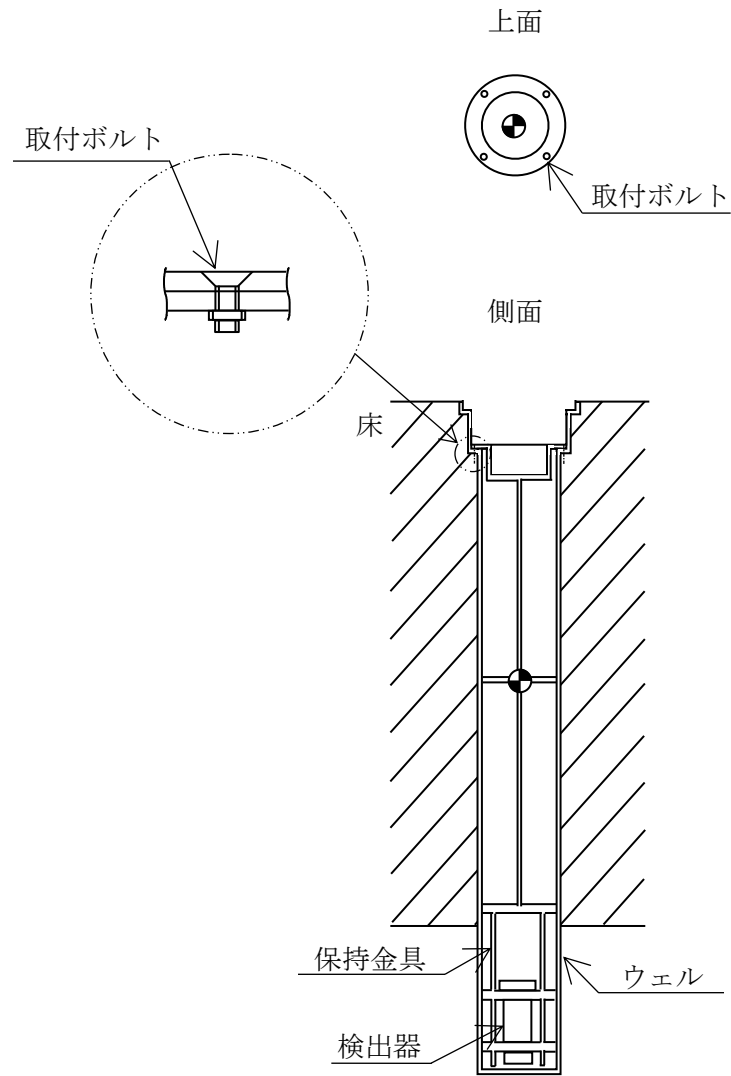
注記*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

(×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
主蒸気管 放射線モニタ (RE295-13C)	水平方向	1.44	□
	鉛直方向	1.73	□

注記*：設計用震度Ⅱ（基準地震動S_s）により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



【主蒸気管放射線モニタ (RE295-13D) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件


機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
主蒸気管 放射線モニタ (RE295-13D)	S	原子炉建物 EL 23.8* ¹	0.05 以下	0.05 以下	$C_H=1.19^{*2}$	$C_V=1.10^{*2}$	$C_H=1.73^{*3}$	$C_V=2.07^{*3}$	60

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動 S d）又は静的震度

*3：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S s）

1.2 機器要目

部材	m (kg)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
取付ボルト		8 (M8)	50.27	4	208 (40mm<径)	389	208	249

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _b		Q _b	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動S _s
取付ボルト	□	□	—	—

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S _d 又は静的震度		基準地震動S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	SS41	引張	$\sigma_b=1$	$f_{ts}=156^*$	$\sigma_b=3$	$f_{ts}=187^*$
		せん断	—	—	—	—

すべて許容応力以下である。

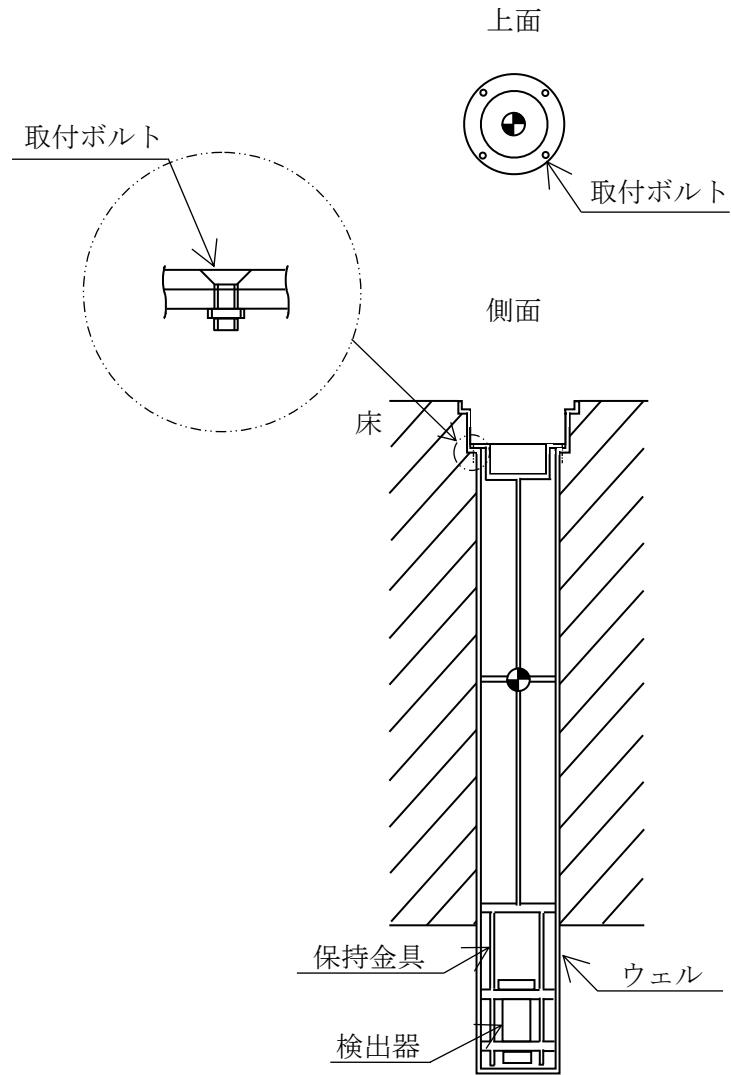
注記*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

(×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
主蒸気管 放射線モニタ (RE295-13D)	水平方向	1.44	□
	鉛直方向	1.73	□

注記*：設計用震度Ⅱ（基準地震動S_s）により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



VI-2-8-2-2 格納容器雰囲気放射線モニタ（ドライウエル）の
耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格・基準等	4
2.4 記号の説明	5
2.5 計算精度と数値の丸め方	6
3. 評価部位	7
4. 固有周期	7
4.1 基本方針	7
4.2 固有周期の確認方法	7
4.3 固有周期の確認結果	7
5. 構造強度評価	8
5.1 構造強度評価方法	8
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	8
5.3 設計用地震力	12
5.4 計算方法	13
5.5 計算条件	14
5.6 応力の評価	15
6. 機能維持評価	16
6.1 電氣的機能維持評価方法	16
7. 評価結果	17
7.1 設計基準対象施設としての評価結果	17
7.2 重大事故等対処設備としての評価結果	17

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、格納容器雰囲気放射線モニタ（ドライウエル）が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電気的機能を維持できることを説明するものである。

格納容器雰囲気放射線モニタ（ドライウエル）は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては、常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

格納容器雰囲気放射線モニタ（ドライウエル）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										
保持金具付検出器は、原子炉格納容器に固定された原子炉格納容器貫通部に取付ボルトで固定される。	電離箱	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>側面</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>正面</p> </div> </div> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>機器名称</th> <th>格納容器雰囲気放射線モニタ (ドライウエル) (RE295-25A)</th> <th>格納容器雰囲気放射線モニタ (ドライウエル) (RE295-25B)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>長さ</td> <td>2572</td> <td>3667</td> </tr> <tr> <td>径</td> <td>270</td> <td>270</td> </tr> </tbody> </table>	機器名称	格納容器雰囲気放射線モニタ (ドライウエル) (RE295-25A)	格納容器雰囲気放射線モニタ (ドライウエル) (RE295-25B)	長さ	2572	3667	径	270	270
機器名称	格納容器雰囲気放射線モニタ (ドライウエル) (RE295-25A)	格納容器雰囲気放射線モニタ (ドライウエル) (RE295-25B)									
長さ	2572	3667									
径	270	270									

(単位：mm)

2.2 評価方針

格納容器雰囲気放射線モニタ（ドライウエル）の応力評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示す格納容器雰囲気放射線モニタ（ドライウエル）の部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 固有周期」で測定した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「5. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、格納容器雰囲気放射線モニタ（ドライウエル）の機能維持評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを、「6. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「7. 評価結果」に示す。

格納容器雰囲気放射線モニタ（ドライウエル）の耐震評価フローを図2-1に示す。

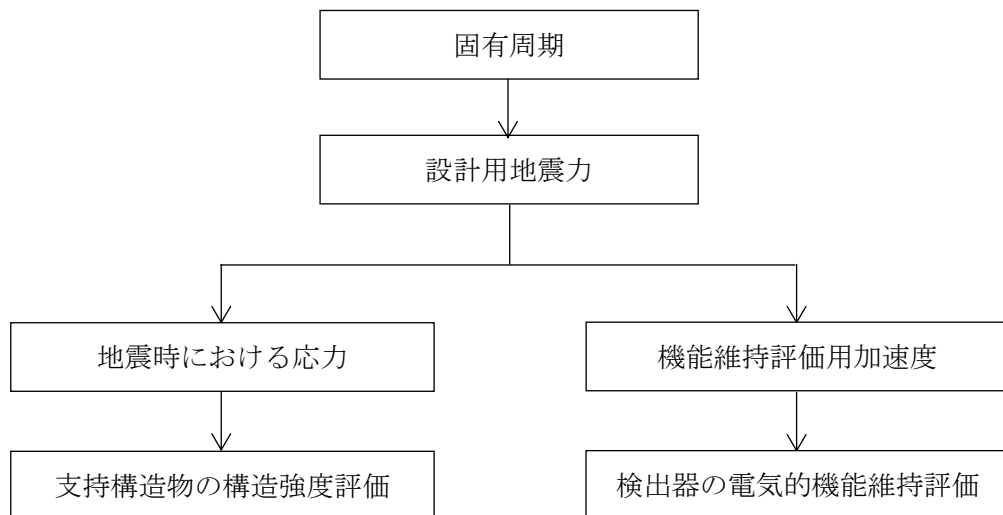


図2-1 格納容器雰囲気放射線モニタ（ドライウエル）の耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

本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 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984
（（社）日本電気協会）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 （（社）日本電気協会）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版（（社）日本電気協会）
- ・発電用原子力設備規格 設計・建設規格（（社）日本機械学会，2005/2007）（以下「設計・建設規格」という。）

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_b	ボルトの軸断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d	ボルトの呼び径	mm
F	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値	MPa
F^*	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値	MPa
F_b	ボルトに作用する引張力 (1 本当たり)	N
$f_{t o}$	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力	MPa
$f_{t s}$	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 (組合せ 応力)	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s^2
m	質量	kg
n	ボルトの本数	—
Q_b	ボルトに作用するせん断力	N
S_u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 9 に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める値	MPa
$S_y(R T)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める材料の 40°Cにおける値	MPa
π	円周率	—
σ_b	ボルトに生じる引張応力	MPa
τ_b	ボルトに生じるせん断応力	MPa

2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は、表2-2に示すとおりである。

表2-2 表示する数値の丸め方

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

注記*1：設計上定める値が小数点以下第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

格納容器雰囲気放射線モニタ（ドライウエル）の耐震評価は、「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる取付ボルトについて実施する。

格納容器雰囲気放射線モニタ（ドライウエル）の耐震評価部位については、表 2-1 の概略構造図に示す。

4. 固有周期

4.1 基本方針

格納容器雰囲気放射線モニタ（ドライウエル）の固有周期は、構造が同等な保持金具付検出器に対する振動試験（加振試験）の結果算定された固有周期を使用する。

4.2 固有周期の確認方法

振動試験装置により、固有周期を確認する。格納容器雰囲気放射線モニタ（ドライウエル）の外形図を表 2-1 の概略構造図に示す。

4.3 固有周期の確認結果

固有周期の確認結果を表 4-1 に示す。試験の結果、固有周期は 0.05 秒以下であり、剛構造であることを確認した。

表 4-1 固有周期 (単位：s)

格納容器雰囲気放射線モニタ (ドライウエル) (RE295-25A)	水平	0.05 以下
	鉛直	0.05 以下
格納容器雰囲気放射線モニタ (ドライウエル) (RE295-25B)	水平	0.05 以下
	鉛直	0.05 以下

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

- (1) 格納容器雰囲気放射線モニタ（ドライウエル）の質量は重心に集中しているものとする。
- (2) 格納容器雰囲気放射線モニタ（ドライウエル）は取付ボルトで原子炉格納容器貫通部に固定されており，固定端とする。
- (3) 格納容器雰囲気放射線モニタ（ドライウエル）は保持金具により径方向が原子炉格納容器貫通部の内部で固定されているため，鉛直方向から作用する地震力には影響を受けないことから水平方向から作用する地震力についてのみ評価を行う。
- (4) 耐震計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

5.2 荷重の組合せ及び許容応力

5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

格納容器雰囲気放射線モニタ（ドライウエル）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 5-1 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-2 に示す。

5.2.2 許容応力

格納容器雰囲気放射線モニタ（ドライウエル）の許容応力は，VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 5-3 のとおりとする。

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

格納容器雰囲気放射線モニタ（ドライウエル）の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設に用いるものを表 5-4 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-5 に示す。

表 5-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	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	放射線管理用 計測装置	格納容器雰囲気放射線モニタ (ドライウエル)	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	ⅢA S
					$D + P_D + M_D + S_s$	ⅣA 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 5-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類* ¹	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
放射線 管理施設	放射線管理用 計測装置	格納容器雰囲気放射線モニタ (ドライウエル)	常設耐震／防止 常設／緩和	—* ²	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	ⅣA S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V A S (V A Sとして ⅣA Sの許容限界 を用いる。)

注記*¹：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*²：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 5-3 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 5-4 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト	SS41* (40mm<径)	周囲環境温度	171	176	373	—

注記* : SS400 相当

表 5-5 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト	SS41* (40mm<径)	周囲環境温度	200	170	373	—

注記* : SS400 相当

5.3 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 5-6 及び表 5-7 に示す。

「弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度」及び「基準地震動 S_s」による地震力は、VI-2-1-7 「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。

表 5-6 設計用地震力（設計基準対象施設）

機器名称	据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
		水平 方向	鉛直 方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
格納容器雰囲気 放射線モニタ (ドライウエル) (RE295-25A)	原子炉格納容器 EL 16.825 (EL 19.878* ¹)	0.05 以下	0.05 以下	C _H =1.19* ²	C _V =1.10* ²	C _H =1.73* ³	C _V =2.07* ³
格納容器雰囲気 放射線モニタ (ドライウエル) (RE295-25B)	原子炉格納容器 EL 19.878 (EL 22.932* ¹)	0.05 以下	0.05 以下	C _H =1.19* ²	C _V =1.10* ²	C _H =1.73* ³	C _V =2.07* ³

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 II（弾性設計用地震動 S_d）及び静的震度を上回る設計震度

*3：設計用震度 I（基準地震動 S_s）を上回る設計震度

表 5-7 設計用地震力（重大事故等対処設備）

機器名称	据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
		水平 方向	鉛直 方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
格納容器雰囲気 放射線モニタ (ドライウエル) (RE295-25A)	原子炉格納容器 EL 16.825 (EL 19.878* ¹)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =1.73* ²	C _V =2.07* ²
格納容器雰囲気 放射線モニタ (ドライウエル) (RE295-25B)	原子炉格納容器 EL 19.878 (EL 22.932* ¹)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =1.73* ²	C _V =2.07* ²

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 I（基準地震動 S_s）を上回る設計震度

5.4 計算方法

5.4.1 応力の計算方法

5.4.1.1 取付ボルトの計算方法

取付ボルトの応力は、地震による震度により作用する水平方向の地震力によって生じる引張力とせん断力について計算する。

なお、保持金具により原子炉格納容器貫通部の内部で固定されており、鉛直方向から作用する地震力には影響を受けないため、取付ボルトに対するせん断力は生じない。よって、せん断応力の計算は行わない。

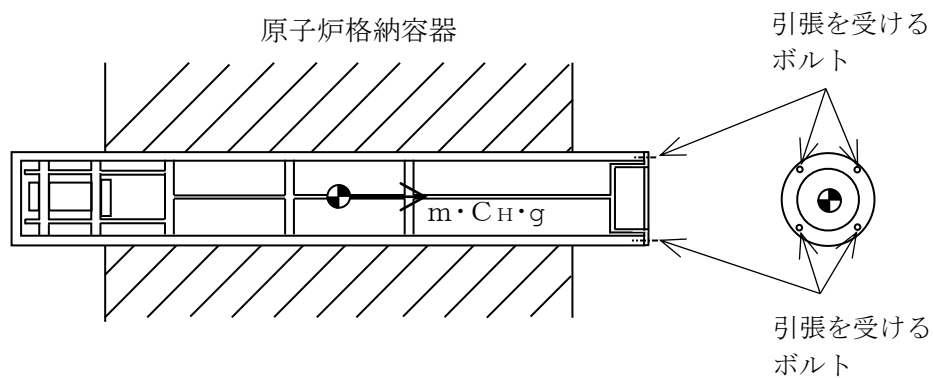


図5-1 計算モデル

(1) 引張応力

取付ボルトに対する引張力は、図5-1に示す水平方向の地震力を、取付ボルト全本数で受けるものとして計算する。

引張力

$$F_b = \frac{m \cdot C_H \cdot g}{n} \dots\dots\dots (5.4.1.1.1)$$

引張応力

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b} \dots\dots\dots (5.4.1.1.2)$$

ここで、取付ボルトの軸断面積 A_b は次式により求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \dots\dots\dots (5.4.1.1.3)$$

ただし、 F_b が負のときボルトには引張力が生じないので、引張応力の計算は行わない。

5.5 計算条件

5.5.1 取付ボルトの応力計算条件

取付ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【格納容器雰囲気放射線モニタ（ドライウエル）（RE295-25A）の耐震性についての計算結果】、【格納容器雰囲気放射線モニタ（ドライウエル）（RE295-25B）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.6 応力の評価

5.6.1 ボルトの応力評価

5.4.1項で求めたボルトの引張応力 σ_b は次式より求めた許容組合せ応力 f_{ts} 以下であること。ただし、 f_{to} は下表による。

$$f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}] \quad \dots\dots\dots (5.6.1.1)$$

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

6. 機能維持評価

6.1 電氣的機能維持評価方法

格納容器雰囲気放射線モニタ（ドライウエル）の電氣的機能維持評価について以下に示す。

なお、機能維持評価用加速度はVI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき、基準地震動 S_s により定まる加速度又はこれを上回る加速度を設定する。

格納容器雰囲気放射線モニタ（ドライウエル）の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、当該検出器と類似の検出器単体の正弦波加振試験において電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 6-1 に示す。

表 6-1 機能確認済加速度

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

機器名称	方向	機能確認済加速度
格納容器雰囲気放射線モニタ（ドライウエル） (RE295-25A)	水平	<input type="checkbox"/>
	鉛直	<input type="checkbox"/>
格納容器雰囲気放射線モニタ（ドライウエル） (RE295-25B)	水平	<input type="checkbox"/>
	鉛直	<input type="checkbox"/>

7. 評価結果

7.1 設計基準対象施設としての評価結果

格納容器雰囲気放射線モニタ（ドライウェル）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，電氣的機能を維持できることを確認した。

(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

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

7.2 重大事故等対処設備としての評価結果

格納容器雰囲気放射線モニタ（ドライウェル）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，電氣的機能を維持できることを確認した。

(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

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【格納容器雰囲気放射線モニタ（ドライウエル）（RE295-25A）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件


機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
格納容器雰囲気放射線モニタ (ドライウエル) (RE295-25A)	S	原子炉格納容器 EL 16.825 (EL 19.878 ^{*1})	0.05 以下	0.05 以下	C _H =1.19 ^{*2}	C _V =1.10 ^{*2}	C _H =1.73 ^{*3}	C _V =2.07 ^{*3}	171

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動 S_d）及び静的震度を上回る設計震度

*3：設計用震度Ⅰ（基準地震動 S_s）を上回る設計震度

1.2 機器要目

部材	m (kg)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
取付ボルト		8 (M8)	50.27	4	176 (40mm<径)	373	176	211

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _b		Q _b	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト			—	—

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	SS41	引張	$\sigma_b=3$	$f_{ts}=132^*$	$\sigma_b=4$	$f_{ts}=158^*$
		せん断	—	—	—	—

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
格納容器雰囲気 放射線モニタ (ドライウエル) (RE295-25A)	水平方向	1.50	□
	鉛直方向	1.14	□

注記*：設計用震度 II（基準地震動 S_s）により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備


2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
格納容器雰囲気 放射線モニタ (ドライウエル) (RE295-25A)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉格納容器 EL 16.825 (EL 19.878* ¹)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =1.73* ²	C _V =2.07* ²	200

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 I（基準地震動 S_s）を上回る設計震度


2.2 機器要目

部材	m (kg)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
取付ボルト		8 (M8)	50.27	4	170 (40mm<径)	373	—	204

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _b		Q _b	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト	—		—	—

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	SS41	引張	—	—	$\sigma_b = 4$	$f_{ts} = 153^*$
		せん断	—	—	—	—

すべて許容応力以下である。

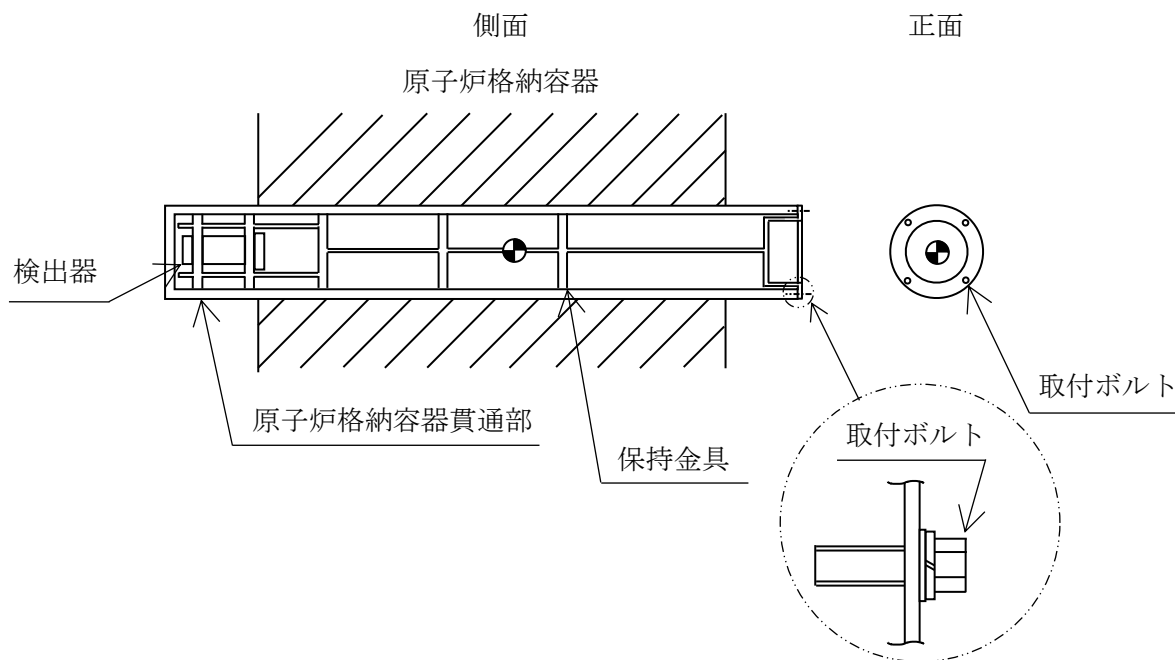
注記*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$

2.4.2 電気的機能維持の評価結果

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
格納容器雰囲気 放射線モニタ (ドライウエル) (RE295-25A)	水平方向	1.50	□
	鉛直方向	1.14	□

注記*：設計用震度 II (基準地震動 S_s) により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



【格納容器雰囲気放射線モニタ（ドライウエル）（RE295-25B）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件


機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
格納容器雰囲気放射線モニタ (ドライウエル) (RE295-25B)	S	原子炉格納容器 EL 19.878 (EL 22.932* ¹)	0.05 以下	0.05 以下	C _H =1.19* ²	C _V =1.10* ²	C _H =1.73* ³	C _V =2.07* ³	171

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動 S d）及び静的震度を上回る設計震度

*3：設計用震度Ⅰ（基準地震動 S s）を上回る設計震度

1.2 機器要目

部材	m (kg)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
取付ボルト		8 (M8)	50.27	4	176 (40mm<径)	373	176	211

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _b		Q _b	
	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
取付ボルト			—	—

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	SS41	引張	$\sigma_b=3$	$f_{ts}=132^*$	$\sigma_b=5$	$f_{ts}=158^*$
		せん断	—	—	—	—

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

(×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
格納容器雰囲気 放射線モニタ (ドライウエル) (RE295-25B)	水平方向	1.58	□
	鉛直方向	1.19	□

注記*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備


2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
格納容器雰囲気 放射線モニタ (ドライウエル) (RE295-25B)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉格納容器 EL 19.878 (EL 22.932* ¹)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =1.73* ²	C _V =2.07* ²	200

注記*1: 基準床レベルを示す。

*2: 設計用震度 I (基準地震動 S_s) を上回る設計震度


2.2 機器要目

部材	m (kg)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
取付ボルト		8 (M8)	50.27	4	170 (40mm<径)	373	—	204

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位: N)

部材	F _b		Q _b	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト	—		—	—

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	SS41	引張	—	—	$\sigma_b = 5$	$f_{ts} = 153^*$
		せん断	—	—	—	—

すべて許容応力以下である。

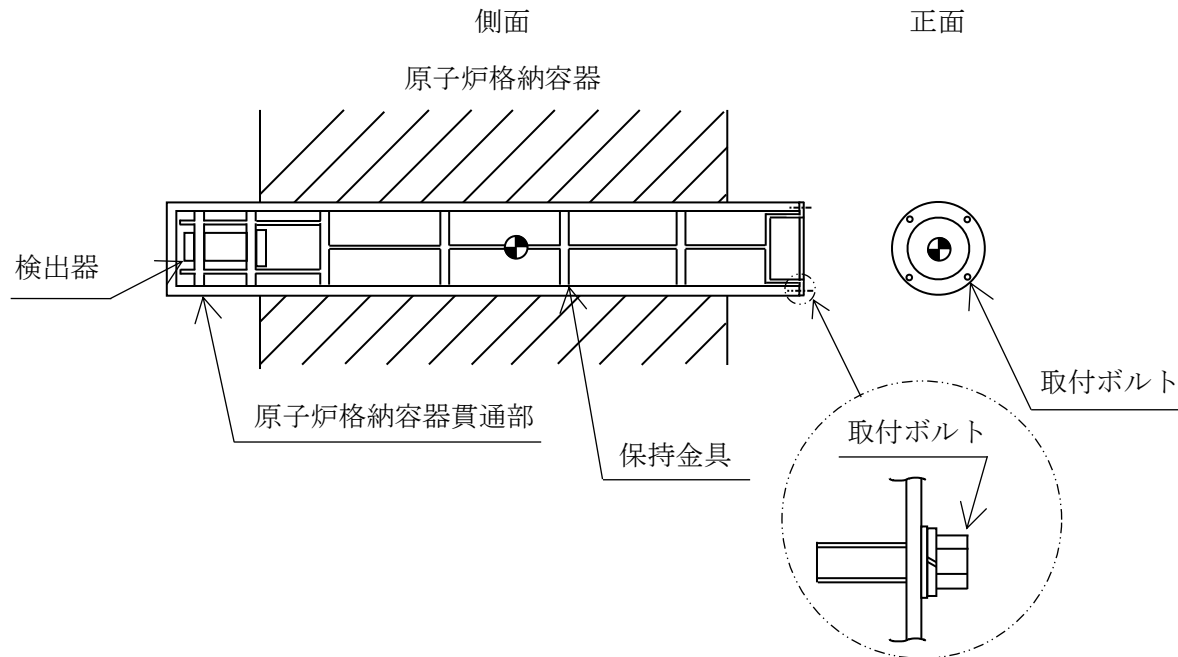
注記*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$

2.4.2 電気的機能維持の評価結果

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
格納容器雰囲気 放射線モニタ (ドライウエル) (RE295-25B)	水平方向	1.58	□
	鉛直方向	1.19	□

注記*：設計用震度 II（基準地震動 S_s）により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



VI-2-8-4 生体遮蔽装置の耐震性についての計算書

VI-2-8-4-4 中央制御室待避室遮蔽の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	4
2.3 適用規格・基準等	5
2.4 記号の説明	6
2.5 計算精度と数値の丸め方	8
3. 評価部位	9
4. 応力解析及び構造強度評価	9
4.1 応力解析及び構造強度評価方法	9
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	9
4.3 解析モデル及び諸元	14
4.4 固有周期	15
4.5 設計用地震力	16
4.6 計算方法	17
4.7 計算条件	19
4.8 応力の評価	19
5. 評価結果	22
5.1 重大事故等対処設備としての評価結果	22

別紙1 中央制御室待避室の気密性に関する計算書

1. 概要

本計算書は、炉心の著しい損傷後の格納容器圧力逃がし装置を作動させる場合に放出される放射性雲通過時において、中央制御室待避室にとどまる運転員の被ばくを低減するために設置する「中央制御室待避室遮蔽」について、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、機能を維持できることを説明するものである。

中央制御室待避室遮蔽は、重大事故等対処設備において常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

2. 一般事項

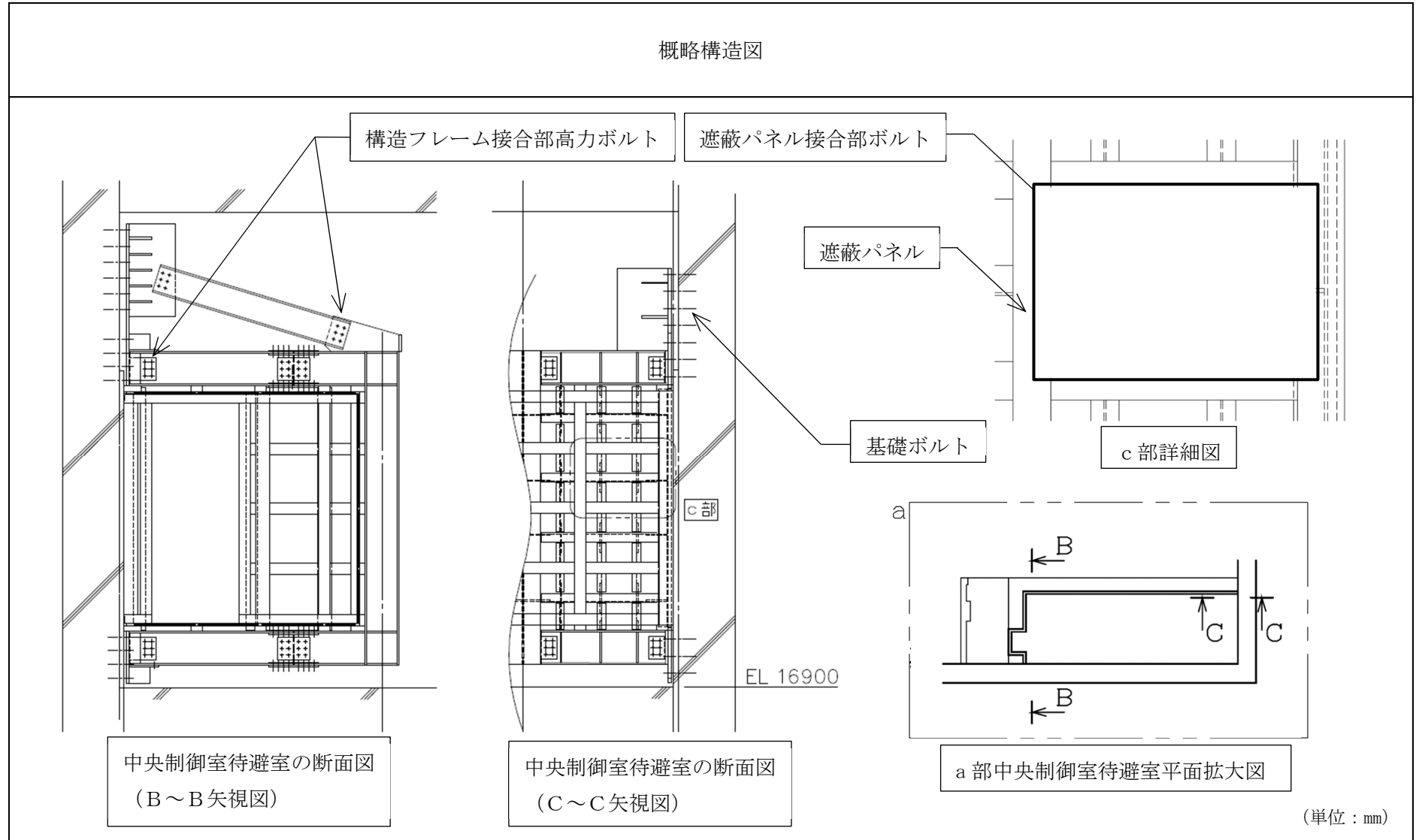
2.1 構造計画

中央制御室待避室遮蔽の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1(1) 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>中央制御室待避室遮蔽は、構造フレーム（鉄骨）が、十分剛性の高い中央制御室遮蔽（壁）に基礎ボルトにより固定されている。</p> <p>鉄骨及び鋼板が構造フレームを構成し、構造フレームへ、遮蔽性を維持する遮蔽パネル、気密性を維持する気密用鋼板がボルト接合あるいは溶接接合により固定される。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 構造フレーム（鉄骨及び鋼板） ・ 遮蔽パネル（鉛及び鋼板） ・ 気密用鋼板 	<p>PN</p> <ul style="list-style-type: none"> 中央制御室遮蔽（壁）を示す。 中央制御室遮蔽（床）を示す。 中央制御室待避室遮蔽を示す。 <p>気密用鋼板</p> <p>遮蔽パネル</p> <p>構造フレーム（鋼板）</p> <p>構造フレーム（鉄骨）</p> <p>中央制御室の概略平面図</p> <p>EL 22050</p> <p>構造フレーム（鉄骨）</p> <p>構造フレーム（鋼板），遮蔽パネル，気密用鋼板</p> <p>EL 16900</p> <p>b 部</p> <p>中央制御室待避室の概略断面図（A～A 矢視図）</p> <p>a 部中央制御室待避室平面拡大図</p> <p>（単位：mm）</p>

表 2-1(2) 構造計画



2.2 評価方針

中央制御室待避室遮蔽の応力評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示す中央制御室待避室遮蔽の部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4.3 解析モデル及び諸元」及び「4.4 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「4. 応力解析及び構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5. 評価結果」に示す。

中央制御室待避室遮蔽の耐震評価フローを図2-1に示す。

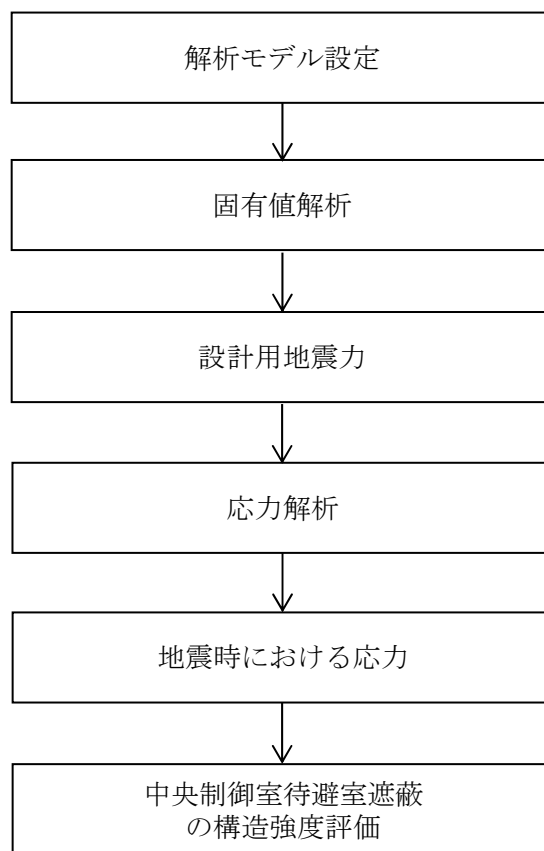


図2-1 中央制御室待避室遮蔽の耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・ 建築基準法・同施行令及び関連告示
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984
（（社）日本電気協会）
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 （（社）日本電気協会）
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版 （（社）日本電気協会）
- ・ 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）
- ・ 日本産業規格 J I S B 1 0 5 1 (2014)

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A ₀	基礎ボルトの支圧面積	mm ²
A _b	基礎ボルトの谷径断面積	mm ²
A _c	コンクリートのコーン状破壊面の有効投影面積（引張）	mm ²
A _{c1}	コンクリートのコーン状破壊面の有効投影面積（せん断）	mm ²
A	鋼材の断面積	mm ²
A _{sy}	鋼材のせん断断面積（y軸方向）	mm ²
A _{sz}	鋼材のせん断断面積（z軸方向）	mm ²
C	鋼材の許容曲げ応力度の補正係数	—
C _H	水平方向設計震度	—
C _V	鉛直方向設計震度	—
E	鋼材の縦弾性係数	MPa
E _c	コンクリートの縦弾性係数	MPa
F	鋼材の許容応力度を決定する場合の基準値	MPa
F _c	コンクリートの設計基準強度	MPa
f _{bm}	鋼材の許容曲げ応力	MPa
f _{cm}	鋼材の許容圧縮応力	MPa
f _{sm}	鋼材の許容せん断応力	MPa
f _{tm}	鋼材の許容引張応力	MPa
G	鋼材のせん断弾性係数	MPa
i	鋼材の座屈軸についての断面二次半径	mm
I _Y	鋼材の弱軸まわりの断面二次モーメント	mm ⁴
I _w	鋼材の曲げねじり定数	mm ⁶
J	鋼材のサンブナンのねじり定数	mm ⁴
K ₁	コンクリートがコーン状破壊する場合の引張耐力の低減係数	—
K ₂	コンクリートが支圧破壊する場合の引張耐力の低減係数	—
K ₃	コンクリートのせん断耐力（複合破壊の場合）の低減係数	—
K ₄	コンクリートのせん断耐力（へり側破壊の場合）の低減係数	—
l _b	鋼材の圧縮フランジの支点間距離	mm
l _k	鋼材の座屈長さ	mm
M _e	鋼材の弾性横座屈モーメント	N・mm
M _y	鋼材に作用する曲げモーメント（y軸方向）	N・mm
M _z	鋼材に作用する曲げモーメント（z軸方向）	N・mm
M _{y1}	鋼材の降伏モーメント	N・mm
M ₁ , M ₂	鋼材のそれぞれ座屈区間端部における大きい方，小さい方の，強軸まわりの曲げモーメント	N・mm
N _t	鋼材に作用する軸力	N

記号	記号の説明	単位
P	ボルトに作用する軸力	N
P _a	ボルトの許容引張力	N
p	基礎ボルト 1 本当たりの引張荷重	N
p _a	基礎ボルト 1 本当たりのコンクリート部の許容引張荷重	N
p _{a1}	コンクリート躯体がコーン状破壊する場合の基礎ボルト 1 本当たりの許容引張荷重	N
p _{a2}	基礎ボルト頭部に接するコンクリート部が支圧破壊する場合の基礎ボルト 1 本当たりの許容引張荷重	N
Q	ボルトに作用するせん断力	N
Q _a	ボルトの許容せん断力	N
Q _p	ボルトに作用するせん断力 (フレームの軸力から発生する分)	N
Q _y	鋼材に作用するせん断力 (y 軸方向)	N
Q _z	鋼材に作用するせん断力 (z 軸方向)	N
q	基礎ボルト 1 本当たりのせん断荷重	N
q _a	基礎ボルト 1 本当たりのコンクリート部の許容せん断荷重	N
q _{a1}	基礎ボルトと基礎ボルト周辺のコンクリートが圧壊して破壊 (複合破壊) する場合の基礎ボルト 1 本当たりの許容せん断荷重	N
q _{a2}	へり側コンクリートが破壊する場合の基礎ボルト 1 本当たりの許容せん断荷重	N
x, y, z	局所 (要素) 座標軸	—
Z _y	鋼材の断面係数 (y 軸方向)	mm ³
Z _z	鋼材の断面係数 (z 軸方向)	mm ³
α _c	基礎ボルトの支圧面積とコンクリートのコーン状破壊面の有効投影面積 (引張) から定まる係数	—
Λ	鋼材の限界細長比	—
λ	鋼材の圧縮材の細長比	—
e λ _b	鋼材の弾性限界細長比	—
p λ _b	鋼材の塑性限界細長比	—
λ _b	鋼材の降伏モーメントに対する曲げ材の細長比	—
ν ₁	許容圧縮応力算出時の鋼材の座屈に対する安全率	—
ν ₂	許容曲げ応力算出時の鋼材の座屈に対する安全率	—
π	円周率	—
σ _{by}	鋼材に生じる曲げ応力 (y 軸方向)	MPa
σ _{bz}	鋼材に生じる曲げ応力 (z 軸方向)	MPa
σ _f	鋼材に生じる組合せ応力	MPa
σ _n	鋼材に生じる軸応力	MPa
τ _y	鋼材に生じるせん断応力 (y 軸方向)	MPa
τ _z	鋼材に生じるせん断応力 (z 軸方向)	MPa

2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表2-2に示すとおりである。

表2-2 表示する数値の丸め方

数値の種類		単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期		s	小数点以下第4位	四捨五入	小数点以下第3位
震度		—	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位
温度		℃	—	—	整数位
質量		kg	—	—	整数位 ^{*1}
長さ	下記以外の長さ	mm	—	—	整数位 ^{*1}
	部材断面寸法	mm	小数点以下第2位 ^{*2}	四捨五入	小数点以下第1位 ^{*3}
面積		mm ²	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 ^{*4}
モーメント		N・mm	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 ^{*4}
力		N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 ^{*4}
縦弾性係数		MPa	有効数字4桁目	四捨五入	有効数字3桁
算出応力		MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力 ^{*5}		MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

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

*2：設計上定める値が小数点以下第3位の場合は、小数点以下第3位表示とする。

*3：設計上定める値が小数点以下第2位の場合は、小数点以下第2位表示とする。

*4：絶対値が1000以上のときはべき数表示とする。

*5：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

中央制御室待避室遮蔽の耐震評価は、「4.1 応力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構造フレーム、基礎ボルト、構造フレーム接合部、遮蔽パネル接合部及び遮蔽パネル・気密用鋼板について実施する。中央制御室待避室遮蔽の耐震評価部位については、表 2-1 の概略構造図に示す。

4. 応力解析及び構造強度評価

4.1 応力解析及び構造強度評価方法

- (1) 中央制御室待避室遮蔽の構造フレームは、十分剛性の高い壁に基礎ボルトにより固定されるものとする。
- (2) 中央制御室待避室遮蔽の質量には、構造フレームの質量の他、遮蔽パネル、気密用鋼板の質量及び積載荷重等を考慮する。
- (3) 地震力は、中央制御室待避室遮蔽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、作用する荷重の算出において組み合わせるものとする。
- (4) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
- (5) 水平方向及び鉛直方向の地震力による荷重の組合せには、組合せ係数法を適用する。

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

中央制御室待避室遮蔽の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

中央制御室待避室遮蔽の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

中央制御室待避室遮蔽の使用材料の許容応力評価条件のうち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-3 に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類 ^{*1}	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
放射線管理施設	生体遮蔽装置	中央制御室 待避室遮蔽	常設／緩和	—	$D + P_D + M_D + S_s$ ^{*3}	IV_{AS} ^{*2}
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V_{AS} ^{*2}

注記*1：「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*2：当該構造物の変形能力に対して遮蔽及び気密機能として十分な余裕を有するよう、遮蔽及び気密機能を構成する材料については、許容応力状態Ⅲ_ASを適用する。

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

表 4-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界 ^{*1, *2, *3} (ボルト等以外)				許容限界 ^{*2} (ボルト等)	
	一次応力				一次応力	
	引張	せん断	圧縮	曲げ	引張	せん断
Ⅲ _A S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$	$1.5 \cdot f_c$	$1.5 \cdot f_b$	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
Ⅳ _A S	—	—	—	—	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
Ⅴ _A S (Ⅴ _A SとしてⅣ _A Sの許 容限界を用いる。)						

注記*1：鋼構造設計規準（日本建築学会 2005 改定）等の幅厚比の制限を満足させる。

*2：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

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

表 4-3(1) 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	F (MPa)
構造フレーム	SS400 (40mm \geq 厚さ)	235
	SS400 (40mm<厚さ)	215
	SN490B (40mm \geq 厚さ)	325
遮蔽パネル 気密用鋼板	SS400 (40mm \geq 厚さ)	235
基礎ボルト	SS400	235

表 4-3(2) 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	許容せん断力 (kN/本)		許容引張力 (kN/本)
			1面 摩擦	2面 摩擦	
構造フレーム 接合部高力 ボルト	M16	F10T, S10T	45.2	—	93.5
	M20		70.7	141	146
	M22		85.5	—	177
遮蔽パネル 接合部ボルト	M8	強度区分 12.9	20.4	—	35.5
	M12		47.2	—	81.8
	M16		87.7	—	152

4.3 解析モデル及び諸元

中央制御室待避室遮蔽の解析モデルを図 4-1 に、解析モデルの概要を以下に示す。また、機器の諸元を本計算書の【中央制御室待避室遮蔽の耐震性についての計算結果】の機器要目に示す。

- (1) 構造フレームは、はり材要素でモデル化し、遮蔽パネル、気密用鋼板は面材要素でモデル化する。
- (2) 解析モデルの質量は、実際の位置を考慮して付加し、モデル化をしていない部材の質量についても、構造フレームに付加して適切に見込む。
- (3) 構造フレームの制御室建物壁との取合い点は、剛部材（ピン結合）とする。
- (4) 構造フレーム同士のウェブとフランジを高力ボルト接合する場合は、剛接合とする。
- (5) 構造フレーム同士のウェブのみを高力ボルト接合する場合は、剛部材（ピン結合）とする。
- (6) 解析コードは、「MSC N a s t r a n」を使用し、固有値と各要素に発生する荷重及びモーメントを求める。なお、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

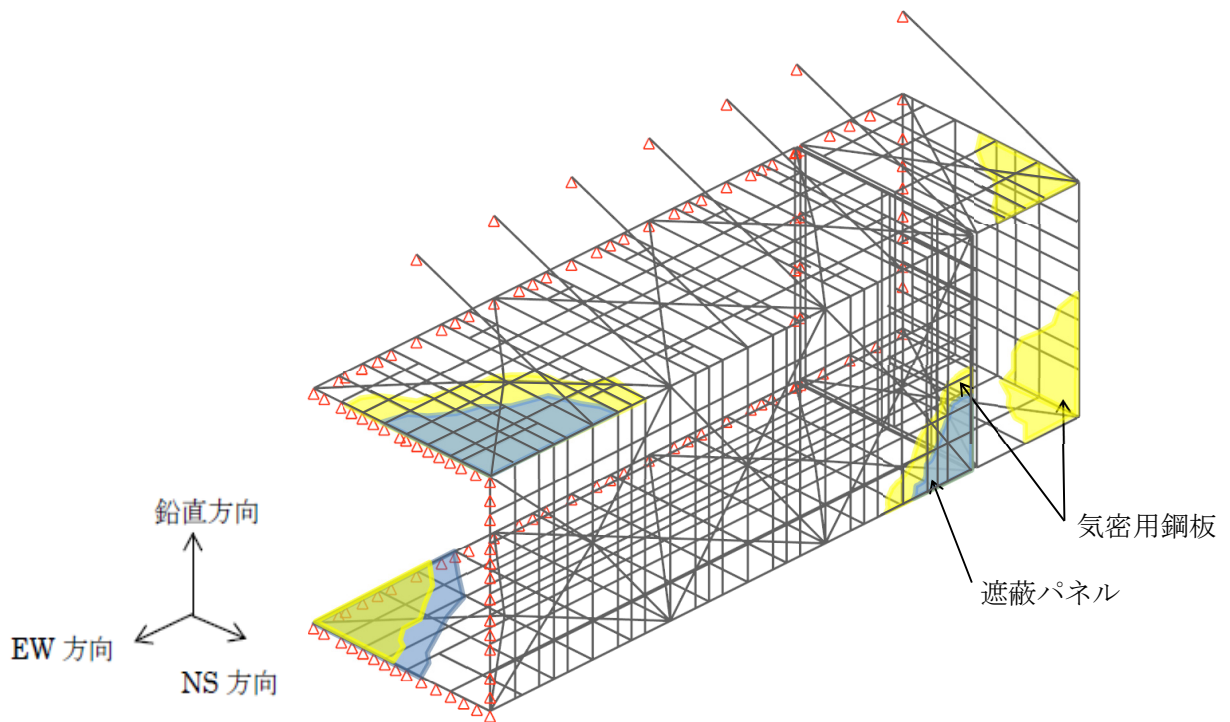


図 4-1 中央制御室待避室遮蔽解析モデル

4.4 固有周期

固有値解析の結果を表 4-4 に示す。固有周期は、0.05 秒以下であり、剛構造であることを確認した。固有値解析モード図を図 4-2 に示す。

表 4-4 固有値解析結果

モード	卓越方向	固有周期(s)	水平方向刺激係数		鉛直方向刺激係数
			X方向	Y方向	
1次	鉛直	0.031	—	—	—

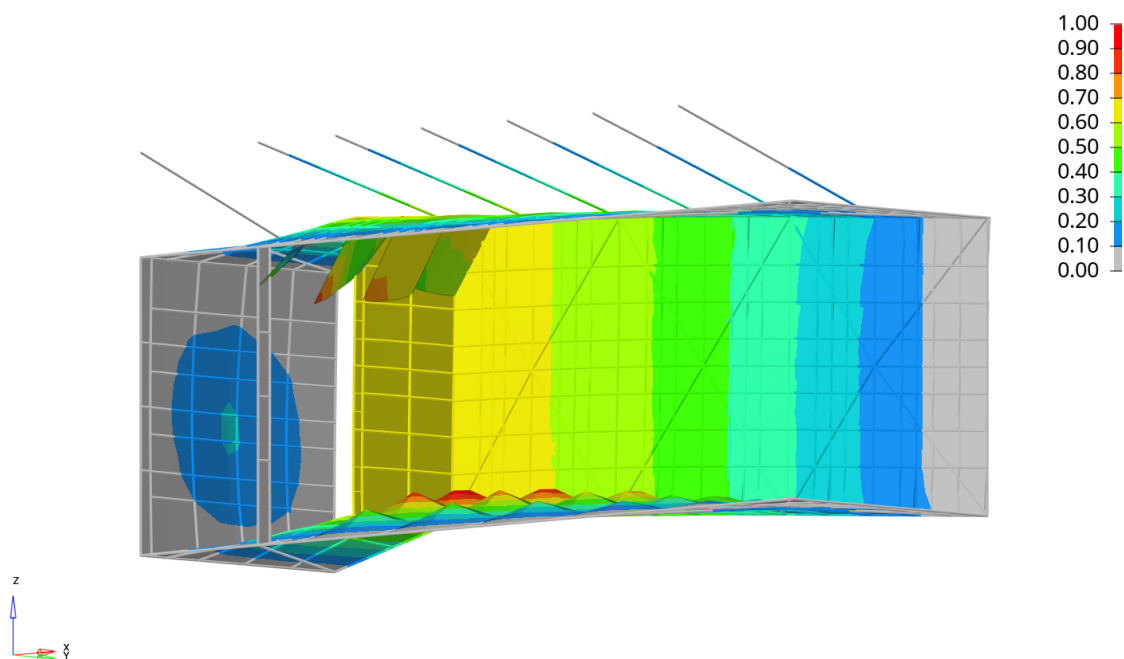


図 4-2 中央制御室待避室 固有値解析モード図 (1次モード)

4.5 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 4-5 に示す。

「基準地震動 S_s 」による地震力は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。

表 4-5 設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		
	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向設計震度		鉛直方向 設計震度
					NS 方向	EW 方向	
制御室建物 EL 16.900 (EL 22.050 ^{*1})	0.05 以下	0.031	—	—	$C_H=2.52^{*2}$	$C_H=3.65^{*2}$	$C_V=1.77^{*2}$

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s ）

4.6 計算方法

4.6.1 応力の計算方法

4.6.1.1 構造フレームの応力

構造フレームに発生する応力は、図 4-3 に示す解析により得られた軸力 N_t 、せん断力 Q_y 、 Q_z 、曲げモーメント M_y 、 M_z より次のように求める。

(1) 引張応力又は圧縮応力

$$\sigma_n = \frac{N_t}{A} \dots\dots\dots (4.6.1.1.1)$$

(2) せん断応力

$$\tau_y = \frac{|Q_y|}{A_{s_y}} \dots\dots\dots (4.6.1.1.2)$$

$$\tau_z = \frac{|Q_z|}{A_{s_z}} \dots\dots\dots (4.6.1.1.3)$$

(3) 曲げ応力

$$\sigma_{b_y} = \frac{|M_y|}{Z_y} \dots\dots\dots (4.6.1.1.4)$$

$$\sigma_{b_z} = \frac{|M_z|}{Z_z} \dots\dots\dots (4.6.1.1.5)$$

(4) 組合せ応力

$$\sigma_f = \sqrt{(\sigma_{b_y} + \sigma_{b_z} + |\sigma_n|)^2 + 3 \times (\sqrt{\tau_y^2 + \tau_z^2})^2} \dots\dots\dots (4.6.1.1.6)$$

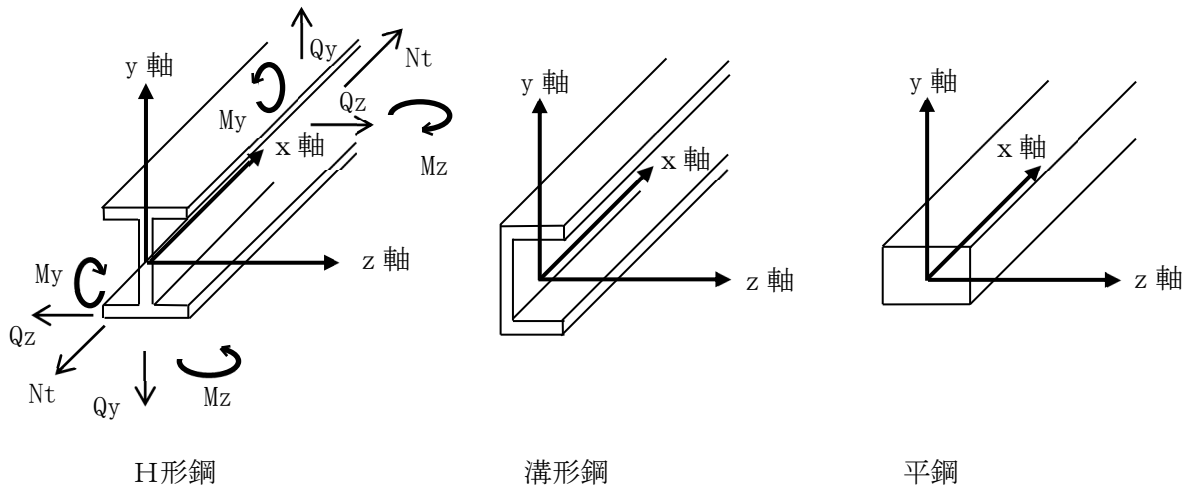


図 4-3 構造フレームに発生する軸力，せん断力，曲げモーメントの概略図

4.6.1.2 基礎ボルトの応力

応力解析により求められた基礎ボルト位置に生じる反力を基礎ボルトの耐力検討に用いる。

4.6.1.3 構造フレーム接合部の応力

応力解析により求められた高力ボルト位置に生じる「せん断力+軸力」の値が最大になる箇所の応力を耐力検討に用いる応力とする。

4.6.1.4 遮蔽パネル接合部の応力

応力解析により求められた構造フレームと遮蔽パネルの支持部に発生する接合点の応力を耐力検討に用いる応力とする。

4.6.1.5 遮蔽パネルの応力

応力解析により求められた遮蔽パネルに最大主ひずみが発生する要素の応力を耐力検討に用いる応力とする。

4.6.1.6 気密用鋼板の応力

応力解析により求められた気密用鋼板に最大主ひずみが発生する要素の応力を耐力検討に用いる応力とする。

4.7 計算条件

応力解析に用いる自重（中央制御室待避室遮蔽）及び荷重（地震荷重）は、本計算書の【中央制御室待避室遮蔽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 構造フレームの応力評価

4.6.1.1 項で求めた各応力が下表で定めた許容応力以下であることを確認する。ただし、許容組合せ応力が許容引張応力 f_{tm} 以下であることを確認する。

		弾性設計用震度 S_d 又は静的震度による 荷重との組合せの場合	基準地震動 S_s による 荷重との組合せの場合
許容引張応力 f_{tm}		—	$\frac{F}{1.5} \cdot 1.5$
許容圧縮 応力 f_{cm}	$\lambda \leq \Lambda$	—	$\left\{ 1 - 0.4 \cdot \left(\frac{\lambda}{\Lambda} \right)^2 \right\} \cdot \frac{F}{v_1} \cdot 1.5$
	$\lambda > \Lambda$	—	$0.277 \cdot F / \left(\frac{\lambda}{\Lambda} \right)^2 \cdot 1.5$
許容せん断応力 f_{sm}		—	$\frac{F}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$
許容曲げ 応力 f_{bm}	$\lambda_b \leq p \lambda_b$	—	$\frac{F}{v_2} \cdot 1.5$
	$p \lambda_b < \lambda_b \leq e \lambda_b$	—	$\left\{ 1 - 0.4 \cdot \frac{\lambda_b - p \lambda_b}{e \lambda_b - p \lambda_b} \right\} \frac{F}{v_2} \cdot 1.5$
	$e \lambda_b < \lambda_b$	—	$\frac{1}{\lambda_b^2} \cdot \frac{F}{2.17} \cdot 1.5$

日本建築学会式による

ただし、

$$\lambda = \frac{1_k}{i} \dots\dots\dots (4.8.1.1)$$

$$\Lambda = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E}{0.6 \cdot F}} \dots\dots\dots (4.8.1.2)$$

$$v_1 = \frac{3}{2} + \frac{2}{3} \left(\frac{\lambda}{\Lambda} \right)^2 \dots\dots\dots (4.8.1.3)$$

$$v_2 = \frac{3}{2} + \frac{2}{3} \left(\frac{\lambda_b}{e \lambda_b} \right)^2 \dots\dots\dots (4.8.1.4)$$

$$\lambda_b = \sqrt{\frac{M_{y1}}{M_e}} \dots\dots\dots (4.8.1.5)$$

$$M_{y1} = F \cdot Z \dots\dots\dots (4.8.1.6)$$

$$M_e = C \sqrt{\frac{\pi^4 \cdot E \cdot I_Y \cdot E \cdot I_w}{I_b^4} + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_Y \cdot G \cdot J}{I_b^2}} \dots\dots\dots (4.8.1.7)$$

$${}_e\lambda_b = \frac{1}{\sqrt{0.6}} \dots\dots\dots (4.8.1.8)$$

i) 補剛区間で曲げモーメントが直線的に変化する場合

$${}_p\lambda_b = 0.6 + 0.3 \left(\frac{M_2}{M_1} \right) \dots\dots\dots (4.8.1.9)$$

$$C = 1.75 + 1.05 \left(\frac{M_2}{M_1} \right) + 0.3 \left(\frac{M_2}{M_1} \right)^2 \leq 2.3 \dots\dots\dots (4.8.1.10)$$

ii) 補剛区間で曲げモーメントが最大となる場合

$${}_p\lambda_b = 0.3 \dots\dots\dots (4.8.1.11)$$

$$C = 1.0 \dots\dots\dots (4.8.1.12)$$

4.8.2 基礎ボルトの応力評価

4.6.1.2 項で求めた基礎ボルト位置反力である引張荷重 p ，せん断荷重 q の組合せ荷重が，それぞれ次式より求めた許容引張荷重 p_a ，許容せん断荷重 q_a の組合せに対する許容値以下であることを確認する。

$$\left(\frac{p}{p_a} \right)^2 + \left(\frac{q}{q_a} \right)^2 \leq 1 \dots\dots\dots (4.8.2.1)$$

ただし， p_a ， q_a は下式による。

$$p_a = 0.8 \cdot \text{Min} [p_{a1}, p_{a2}] \dots\dots\dots (4.8.2.2)$$

ただし，

$$p_{a1} = 0.31 \cdot K_1 \cdot A_c \sqrt{F_c} \dots\dots\dots (4.8.2.3)$$

$$p_{a2} = K_2 \cdot \alpha_c \cdot A_0 \cdot F_c \dots\dots\dots (4.8.2.4)$$

$$q_a = 0.8 \cdot \text{Min} [q_{a1}, q_{a2}] \dots\dots\dots (4.8.2.5)$$

ただし，

$$q_{a1} = 0.5 \cdot K_3 \cdot A_b \sqrt{E_c F_c} \dots\dots\dots (4.8.2.6)$$

$$q_{a2} = 0.31 \cdot K_4 \cdot A_{c1} \sqrt{F_c} \dots\dots\dots (4.8.2.7)$$

4.8.3 構造フレーム接合部の応力評価

4.6.1.3 項で求めた構造フレーム接合部に発生する軸力，せん断力の組合せが高力ボルトの許容せん断耐力以下に収まることを確認する。

4.8.4 遮蔽パネル接合部の応力評価

4.6.1.4 項で求めた遮蔽パネル接合部に発生する応力が，接合部のボルト耐力以下であることを確認する。

4.8.5 遮蔽パネルの応力評価

4.6.1.5 項で求めた応力が 4.8.1 項の表で定めた許容引張応力 f_{tm} 以下であることを確認する。

4.8.6 気密用鋼板の応力評価

4.6.1.6 項で求めた応力が 4.8.1 項の表で定めた許容引張応力 f_{tm} 以下であることを確認する。

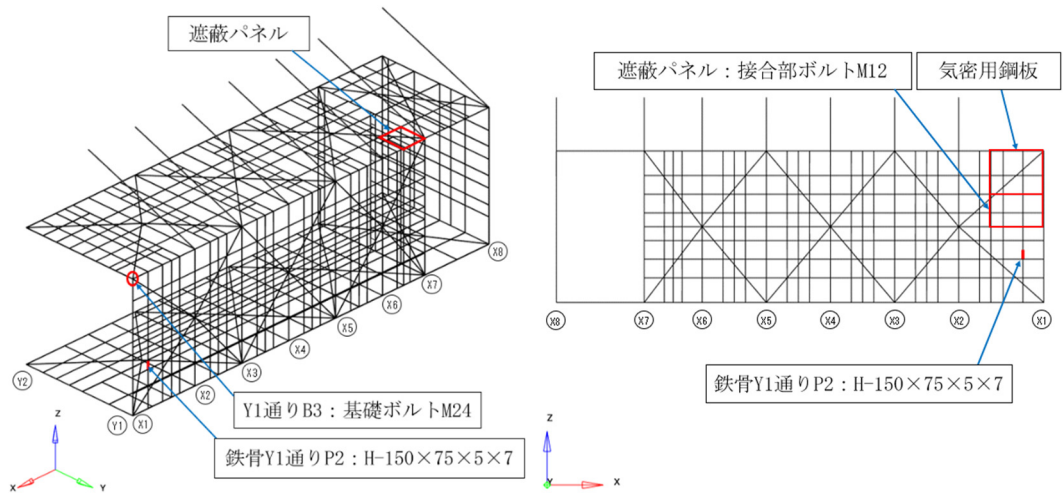
5. 評価結果

5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

中央制御室待避室遮蔽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、機能を維持
 できることを確認した。

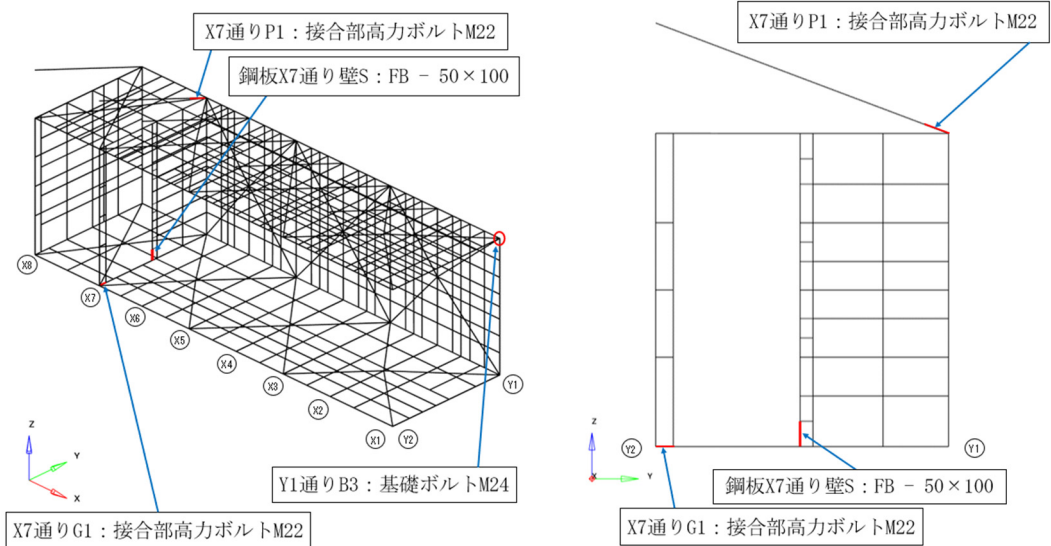
(1) 構造強度評価結果

各部材評価位置を図 5-1 に示し、構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。



フレーム部材評価位置（鳥瞰図）

フレーム部材評価位置（Y1 通り）



フレーム部材評価位置（鳥瞰図）

フレーム部材評価位置（X7 通り）

図 5-1 各部材評価位置

【中央制御室待避室遮蔽の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向設計震度		鉛直方向 設計震度
							NS 方向	EW 方向	
中央制御室待避室遮蔽	常設/緩和	制御室建物 EL 16.900 (EL 22.050*1)	0.05 以下	0.031	—	—	C _H =2.52*2	C _H =3.65*2	C _V =1.77*2

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）

1.2 機器要目

1.2.1 構造フレーム

部材	材料	サイズ	F (MPa)	A (mm ²)	Z _y (mm ³)	Z _z (mm ³)	A _{s y} (mm ²)	A _{s z} (mm ²)
鉄骨	SS400	H-150×75×5×7	235	1.780×10 ³	8.880×10 ⁴	1.320×10 ⁴	680.0	1.050×10 ³
鋼板	SS400	FB-50×100	215	5.000×10 ³	4.167×10 ⁴	8.333×10 ⁴	5.000×10 ³	5.000×10 ³

1.2.2 基礎ボルト

部材	材料	F (MPa)	F _c (MPa)	E _c (MPa)	A _c (mm ²)	A _o (mm ²)	A _b (mm ²)	A _{c 1} (mm ²)	α _c	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄
M24	SS400	235	22.1	22000	2.565×10 ⁴	0.000	353	—	—	0.6	0.75	0.8	0.6

1.2.3 高力ボルト

部材	材料	許容せん断力 (kN/本)		許容引張力 (kN/本)
		1 面摩擦	2 面摩擦	
M22	F10T, S10T	85.5	—	177

1.2.4 遮蔽パネル接合部ボルト

部材	材料	許容せん断力 (kN/本)	許容引張力 (kN/本)
M12	強度区分 12.9	47.2	81.8

1.2.5 遮蔽パネル・気密用鋼板

部材	材料	F (MPa)
遮蔽パネル	SS400	235
気密用鋼板	SS400	235

1.3 計算数値

1.3.1 構造フレームの荷重

(単位：N)

部材	位置	サイズ	材料	N_t^{*1}		Q_y^{*2}		Q_z^{*2}	
				弾性設計用 地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用 地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用 地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
鉄骨	Y1 通り P2	H-150×75×5×7	SS400	—	-9.057×10^3	—	25.67	—	-8.156×10^3
鋼板	X7 通り S	FB-50×100	SS400	—	-3.401×10^4	—	9.060×10^3	—	-1.152×10^4

注記*1：引張を正とする。

*2：添字 y, z は要素に与えられた座標軸

1.3.2 構造フレームのモーメント

(単位：N・mm)

部材	位置	サイズ	材料	M_y^*		M_z^*	
				弾性設計用 地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用 地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
鉄骨	Y1 通り P2	H-150×75×5×7	SS400	—	-5.442×10^4	—	8.058×10^5
鋼板	X7 通り S	FB-50×100	SS400	—	-1.272×10^6	—	1.888×10^6

注記*：添字 y, z は要素に与えられた座標軸

1.3.3 基礎ボルトに作用する力

(単位：kN)

部材	位置	材料	p		q	
			弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
M24	Y1 通り B3	SS400	—	12.27	—	2.000

1.3.4 構造フレーム接合部高力ボルトに作用する力

(単位：kN)

部材	位置	材料	Q _p		Q		Q _p + Q	
			弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
M22	X7 通り G1	F10T, S10T	—	33.74	—	68.62	—	102.4
M22	X7 通り P1	F10T, S10T	—	103.8	—	0.0	—	103.8

1.3.5 遮蔽パネル接合部ボルトに作用する力

(単位：kN)

部材	位置	材料	P		Q	
			弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
M12	X1-X2 通り間	強度区分 12.9	—	0.1435	—	14.47

1.3.6 遮蔽パネル・気密用鋼板に作用する応力

(単位：MPa)

部材	位置	材料	σ _f	
			弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
遮蔽パネル	X6-X7 通り間	SS400	—	124
気密用鋼板	X1-X2 通り間	SS400	—	35

1.4 結論

1.4.1 固有周期

(単位：s)

方向	固有周期
鉛直方向	0.031
水平方向	0.05 以下

1.4.2 構造フレームの応力

(単位 : MPa)

部材	位置	鉄骨サイズ	材料	応力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		
					算出応力	許容応力	算出応力	許容応力	
構造フレーム	鉄骨	Y1 通り P2	H-150×75 ×5×7	SS400	引張	—	—	—	$f_{tm}=235$
					圧縮	—	—	$\sigma_n=6^*$	$f_{cm}=232$
					せん断 (y 方向)	—	—	$\tau_y=1$	$f_{sm}=135$
					せん断 (z 方向)	—	—	$\tau_z=8$	$f_{sm}=135$
					曲げ (y 方向)	—	—	$\sigma_{by}=1$	$f_{bm}=233$
					曲げ (z 方向)	—	—	$\sigma_{bz}=62$	$f_{bm}=235$
					組合せ	—	—	$\sigma_f=69$	$f_{tm}=235$
	鋼板	X7 通り S	FB-50×100	SS400	引張	—	—	—	$f_{tm}=215$
					圧縮	—	—	$\sigma_n=7^*$	$f_{cm}=144$
					せん断 (y 方向)	—	—	$\tau_y=2$	$f_{sm}=124$
					せん断 (z 方向)	—	—	$\tau_z=3$	$f_{sm}=124$
					曲げ (y 方向)	—	—	$\sigma_{by}=31$	$f_{bm}=215$
					曲げ (z 方向)	—	—	$\sigma_{bz}=23$	$f_{bm}=215$
					組合せ	—	—	$\sigma_f=61$	$f_{tm}=215$

注記* : 絶対値を記載
すべて許容応力以下である。

1.4.3 基礎ボルト・接合部ボルトの力

(単位：kN)

部材	位置	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
				算出力	許容力	算出力	許容力
基礎ボルト	Y1 通り B3	SS400 (M24)	引張	—	—	p = 12.27	p _a = 17.94
			せん断	—	—	q = 2.000	q _a = 78.76
構造フレーム 接合部高力ボルト	X7 通り G1	F10T, S10T (M22)	組合せ	—	—	Q _p + Q = 102.4	Q _a = 513.0
	X7 通り P1	F10T, S10T (M22)	組合せ	—	—	Q _p + Q = 103.8	Q _a = 513.0
遮蔽パネル 接合部ボルト	X1-X2 通り間	強度区分 12.9 (M12)	引張	—	—	P = 0.1435	P _a = 163.6
			せん断	—	—	Q = 14.47	Q _a = 94.40

すべて許容力以下である。

1.4.4 遮蔽パネル・気密用鋼板の応力

(単位：MPa)

部材	位置	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
				算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
遮蔽パネル	X6-X7 通り間	SS400	組合せ	—	—	σ _f = 124	f _{tm} = 235
気密用鋼板	X1-X2 通り間	SS400	組合せ	—	—	σ _f = 35	f _{tm} = 235

すべて許容応力以下である。

別紙1

中央制御室待避室の気密性に関する計算書

目 次

1. 概要	1
2. 既往の知見等の整理	1
3. 待避室バウンダリの耐震壁における空気漏えい量に対する影響検討	3
3.1 検討方針	3
3.2 空気漏えい量の算定結果	5
3.3 総漏えい量と正圧化装置必要換気量の比較	5
3.4 検討結果	6
4. まとめ	6

1. 概要

「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」（昭和53年9月制定）におけるAクラスの施設の気密性について、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。）では、 S_1 地震動に対し弾性範囲であることを確認することで、機能が維持されるとしている。

中央制御室待避室において、中央制御室待避室正圧化装置（空気ポンプ）の処理対象となるバウンダリ（以下「待避室バウンダリ」という。）は、中央制御室待避室を構成する鋼製部材及び鉄筋コンクリート造耐震壁（以下「耐震壁」という。）にて構成される。

機能維持の基本方針では、中央制御室待避室は、地震時及び地震後においてもその機能を維持できるように、鋼製部材については、基準地震動による地震力に対し、構造強度を確保する設計としている。耐震壁については、せん断ひずみを用いて空気漏えい量を算定し、設置する換気設備の性能以下であることを確認することで、気密性能維持の境界において気圧差を確保し、居住性を維持する設計としている。その場合、気密性を要求される建物・構築物に対し、基準地震動による耐震壁の許容限界を最大せん断ひずみ 2.0×10^{-3} としている。

中央制御室待避室を構成する鋼製部材については、1.4.2項、1.4.3項及び1.4.4項にて、基準地震動による地震力に対し、構造強度が確保されていることを確認している。

中央制御室待避室を構成する耐震壁については、許容限界として設定した最大せん断ひずみ 2.0×10^{-3} の適用性について確認するために、耐震壁のせん断ひび割れと空気漏えい量の関係に係る既往の知見を整理するとともに、待避室バウンダリの内、耐震壁における空気漏えい量に対する影響を評価する。

2. 既往の知見等の整理

（財）原子力発電技術機構は、「原子力発電施設耐震信頼性実証試験に関する報告書*1」において、JEAG4601-1987による許容限界の目安値（ S_2 地震動に対してせん断変形角 $2/1000$ rad、静的地震力に対して $\tau = \tau_u/1.5$ ）において想定されるひび割れを残留ひび割れと仮定した場合の外気侵入量を算出し、気圧差維持のためのファン容量と比較することで、空気漏えい量に対する評価を実施している。その結果「残留ひび割れからの外気侵入量は、ファン容量に比較すると無視できるほど小さいことが明らかになった。」としている。

また、（財）原子力発電技術機構は、「原子炉建屋の弾塑性試験に関する報告書*2」において、耐震壁の残留ひび割れからの通気量の評価式が、十分に実機への適用性があることを確認している。更に、開口部の存在による通気量割増率の評価式も示されており、「開口部の残留ひび割れ幅の割増率がおおよそ推定できる。」としている。

したがって、待避室バウンダリの内、耐震壁は鉄筋コンクリート造であり、壁厚も「原子炉建屋の弾塑性試験に関する報告書*2」に示される壁厚と同程度であることから、同文献にて提案されている各評価式を用い、待避室バウンダリにおける空気漏えい量の算出を行う。以下に評価式を示す。

総漏えい量

$$Q \cdot A \cdot \Delta Q \text{ (L/min)} \dots \dots \dots (2.1)$$

ここで、

A : 壁の面積(m²)

$$Q = C \cdot \gamma^{2.57} \cdot \Delta P / T \dots \dots \dots (2.2)$$

ここで、

Q : 単位面積あたりの流量(L/min/m²)

C : 定数

(中央値は 2.24×10^6 , 95%非超過値は 1.18×10^7 , 5%非超過値は 4.21×10^5)

γ : 最大せん断ひずみ

ΔP : 差圧(mmAq)

T : 壁厚(cm)

$$\Delta Q = \left\{ (\alpha^2 - 1) \cdot \left(\frac{Q}{Q_0} - 1 \right) - 1 \right\} \cdot \beta + 1 \dots \dots \dots (2.3)$$

ここで、

ΔQ : 通気量割増率

α : 通気量割増範囲 (=3)

$\frac{Q}{Q_0}$: 定数

(中央値とみなされる評価法では 1.81, 安全側とみなされる評価法では 7.41)

β : 壁の見付け面積に対する開口の総面積

注記*1: 財団法人 原子力発電技術機構「原子力発電施設耐震信頼性実証試験原子炉建屋
総合評価 建屋基礎地盤系評価に関する報告書(その2)平成8年度」

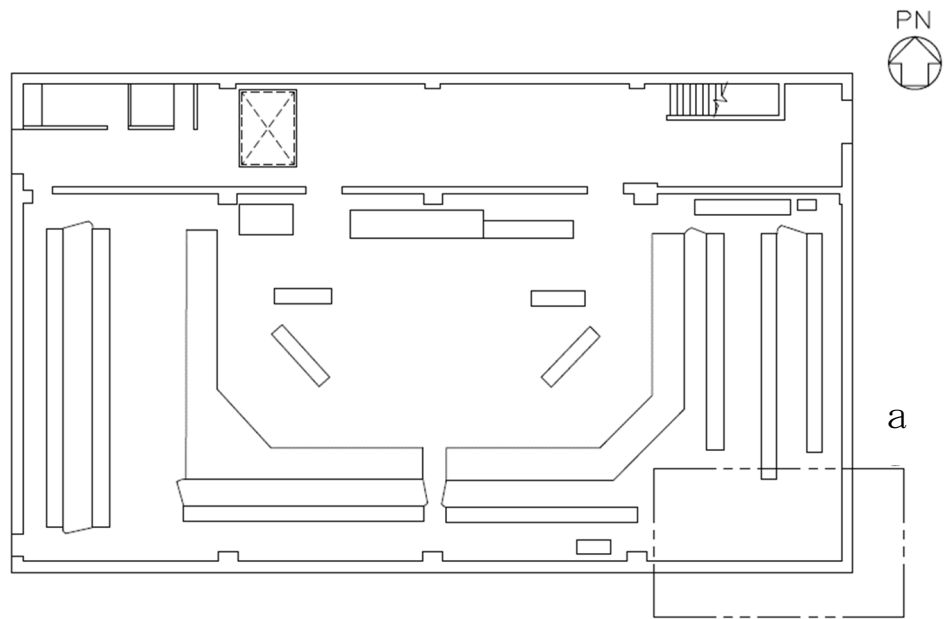
*2: 財団法人 原子力発電技術機構「耐震安全解析コード改良試験 原子炉建屋の
弾塑性試験 試験結果の評価に関する報告書 平成5年度」

3. 待避室バウンダリの耐震壁における空気漏えい量に対する影響検討

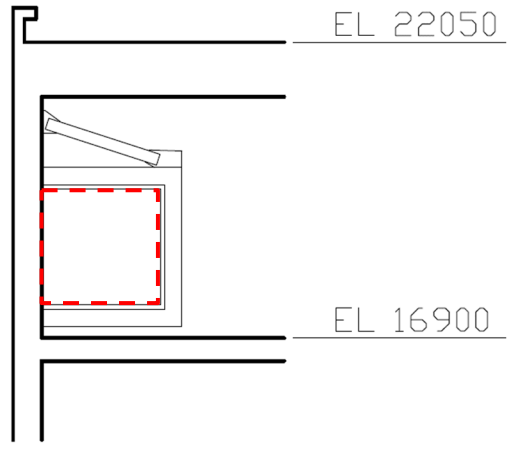
3.1 検討方針

「原子炉建屋の弾塑性試験に関する報告書」に基づき、(2.1)式～(2.3)式により、待避室バウンダリの一部を構成する耐震壁の最大せん断ひずみが許容限界 (2.0×10^{-3}) に達したときの空気漏えい量を算定し、正圧化装置必要換気量 ($11.4 \text{ (m}^3/\text{h)}$) を超えないことを確認する。

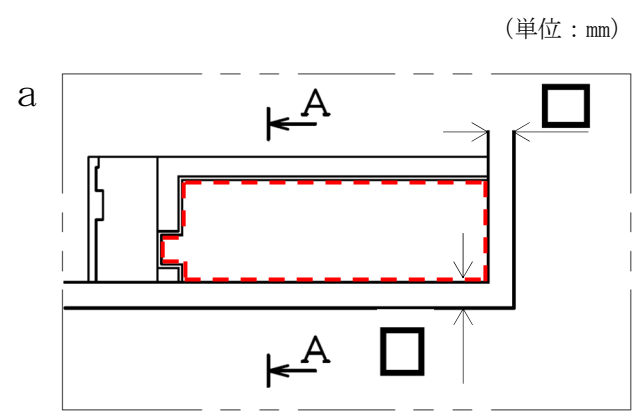
待避室バウンダリ範囲を図3-1に示す。待避室バウンダリの耐震壁における壁厚は m である。



中央制御室の概略平面図



中央制御室待避室の概略断面図
(A～A矢視図)



a部中央制御室待避室平面拡大図

----- : 待避室バウンダリ

図 3-1 待避室バウンダリの範囲

3.2 空気漏えい量の算定結果

待避室バウンダリの内、耐震壁について、その位置ごとに空気漏えい量を算定した。本検討は、耐震壁のせん断ひずみの許容限界として最大せん断ひずみ 2.0×10^{-3} を用いることの適用性を確認することが目的であることから、評価式における定数について、安全側の値を用いた。算出結果は表 3-1 に示す。

表 3-1 待避室バウンダリの気密性計算結果

壁厚 T (m)	定数		最大*1 せん断 ひずみ γ	差圧*2 ΔP (mmAq)	壁の*3 面積 A (m ²)	漏えい量 Q (L/min/m ²)	壁の見 付け面 積に対 する開 口の総 面積 β	通気量 割増率 ΔQ	総漏えい量 $Q \times A \times \Delta Q$ (L/min)
	C	Q'/Q_0							
	1.18×10^7	7.41	2.0×10^{-3}	3.1	13	0.09	0.00	1	1.2
					5	0.09	0.00	1	0.5
合計								1.7	

注記*1：保守的に各壁の最大せん断ひずみが同時に許容限界となることを想定。

*2：待避室バウンダリの正圧化に必要な差圧条件とする。

*3：気密バウンダリを構成する壁の総面積を用いる。

3.3 総漏えい量と正圧化装置必要換気量の比較

待避室バウンダリの耐震壁における総漏えい量と正圧化装置必要換気量を表 3-2 に示す。待避室バウンダリの耐震壁における総漏えい量は、正圧化装置必要換気量の 0.9% 程度であることを確認した。

表 3-2 総漏えい量と正圧化装置必要換気量の比較

総漏えい量 (m ³ /h)	正圧化装置必要換気量 (m ³ /h)
0.1	11.4

3.4 検討結果

待避室バウンダリの耐震壁における総漏えい量は、正圧化装置必要換気量を超えないことを確認した。

よって、待避室バウンダリの耐震壁は、鉄筋コンクリート造耐震壁の許容限界を最大せん断ひずみ 2.0×10^{-3} とした場合において、換気設備とあいまって機能を維持できる気密性を有している。

4. まとめ

待避室バウンダリを構成する鋼製部材については、基準地震動による地震力に対し、構造強度が確保されていることを確認した。

待避室バウンダリを構成する耐震壁については、耐震壁の許容限界として設定した最大せん断ひずみ 2.0×10^{-3} を適用した場合の空気漏えい量を算定し、正圧化装置必要換気量を超えないこと、すなわち設置する換気設備の性能以下であることを確認した。気密性能維持の境界において気圧差を確保し、居住性を維持できることを確認した。

VI-2-9 原子炉格納施設の耐震性に関する説明書

VI-2-9-2 原子炉格納容器の耐震性についての計算書

VI-2-9-2-5 シヤラグの耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格・基準等	3
2.4 記号の説明	4
3. 評価部位	7
4. 構造強度評価	9
4.1 構造強度評価方法	9
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	9
4.3 設計用地震力	17
4.4 計算方法	21
4.5 計算条件	38
4.6 応力の評価	38
5. 評価結果	39
5.1 設計基準対象施設としての評価結果	39
5.2 重大事故等対処設備としての評価結果	46
6. 参照図書	51

図 表 目 次

図 2-1	シヤラグの耐震評価フロー	3
図 3-1	シヤラグ取付位置	7
図 3-2	シヤラグの形状及び主要寸法	8
図 4-1	シヤラグにおける荷重の分配	18
図 4-2	シヤラグの応力評価点	22
図 4-3	メイルシヤラグの寸法	23
図 4-4	フィメイルシヤラグの寸法	26
図 4-5	ベースプレート及び基礎ボルトの形状及び寸法	30
図 4-6	コンクリート圧縮応力計算モデル	31
図 4-7	ベースプレートの形状及び寸法	32
図 4-8	シヤプレートの形状及び寸法	34
図 4-9	内側シヤラグの寸法	35
図 4-10	荷重方向	37
表 2-1	構造計画	2
表 2-2	表示する数値の丸め方	6
表 3-1	使用材料表	8
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）	10
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）	11
表 4-3	クラス 1 支持構造物の許容応力	12
表 4-4	クラス MC 容器の許容応力	13
表 4-5	コンクリートの許容応力度	14
表 4-6	使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）	15
表 4-7	使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）	16
表 4-8	シヤラグ 1 個の最大荷重の算出方法	18
表 4-9	シヤラグに加わる水平方向地震荷重（設計基準対象施設）	19
表 4-10	ドライウエルに加わる鉛直荷重及び鉛直方向地震荷重（設計基準対象施設）	19
表 4-11	ドライウエルに加わる水平方向地震荷重（設計基準対象施設）	19
表 4-12	シヤラグに加わる水平方向地震荷重（重大事故等対処設備）	20
表 4-13	ドライウエルに加わる鉛直荷重及び鉛直方向地震荷重（重大事故等対処設備）	20
表 4-14	ドライウエルに加わる水平方向地震荷重（重大事故等対処設備）	20
表 4-15	応力評価点	21
表 4-16	内側メイルシヤラグの荷重の算出方法	24
表 4-17	外側メイルシヤラグの荷重の算出方法	24
表 4-18	内側フィメイルシヤラグの荷重の算出方法	27
表 4-19	外側フィメイルシヤラグの荷重の算出方法	27

表 4-20	内側シヤラグに加わる荷重の算出方法	35
表 4-21	ドライウェルに加わる曲げモーメントの算出方法	37
表 5-1	許容応力状態Ⅲ _A S に対する評価結果 (D + P + M + S d [*])	40
表 5-2(1)	許容応力状態Ⅳ _A S に対する評価結果 (D + P + M + S s)	42
表 5-2(2)	許容応力状態Ⅳ _A S に対する評価結果 (D + P _L + M _L + S d [*])	44
表 5-3(1)	許容応力状態Ⅴ _A S に対する評価結果 (D + P _{SAL} + M _{SAL} + S d)	47
表 5-3(2)	許容応力状態Ⅴ _A S に対する評価結果 (D + P _{SALL} + M _{SALL} + S s)	49

1. 概要

本計算書は、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びVI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき、シヤラグが設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

シヤラグは設計基準対象施設においてはSクラス施設に分類される。また、シヤラグ取付部は設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

なお、本計算書においては、新規制対応工認対象となる設計用地震力及び重大事故等時に対する評価について記載するものとし、前述の荷重を除く荷重によるシヤラグの評価は、昭和59年9月17日付け59資庁第8283号にて認可された工事計画の添付書類（参照図書(1)）による（以下「既工認」という。）。

2. 一般事項

2.1 構造計画

シヤラグの構造計画を表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	
<p>シヤラグは、地震時の原子炉圧力容器及び原子炉遮蔽壁に生じる水平方向の荷重及び変位を小さくするためにドライウエル上部に設置される。</p> <p>内側マイルシヤラグは、原子炉格納容器スタビライザにフランジで接続され、内側フィメイルシヤラグは上部スプレイ管サポートに固定される。外側マイルシヤラグはドライウエルに溶接され、外側フィメイルシヤラグは原子炉建物に基礎ボルトで固定される。</p> <p>前記地震荷重は、原子炉格納容器スタビライザよりシヤラグを介して原子炉建物に伝達させる。</p>	<p>シヤラグは、内側マイルシヤラグ、内側フィメイルシヤラグ、外側マイルシヤラグ、外側フィメイルシヤラグで構成される鋼製構造物である。</p>	<p>シヤラグ 拡大図</p>

2.2 評価方針

シヤラグの応力評価は、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びVI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「3. 評価部位」にて設定する箇所に作用する設計用地震力による応力等が許容限界に収まることを、「4. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5. 評価結果」に示す。

シヤラグの耐震評価フローを図 2-1 に示す。

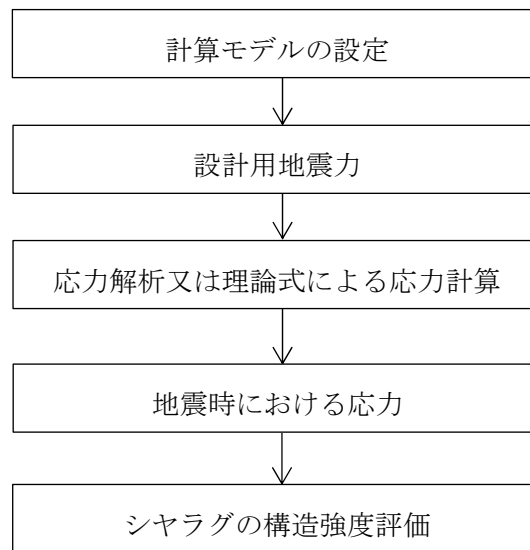


図 2-1 シヤラグの耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補-1984 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版 ((社) 日本電気協会)
- ・発電用原子力設備規格 設計・建設規格 ((社) 日本機械学会, 2005/2007) (以下「設計・建設規格」という。)

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A	断面積	mm ²
A ₁	支圧面積	mm ²
A _b	ボルト1本の断面積	mm ²
A _c	支承面積, 圧縮側ベースプレート面積	mm ²
A _{Pi}	支圧面積 (i = 1, 2)	mm ²
A _w	溶接部の断面積	mm ²
D	死荷重	—
d	直径	mm
d ₀	直径	mm
F	荷重	N
F _A	A点でのせん断力	N
F _B	B点でのせん断力	N
F _c	コンクリートの設計基準強度	kg/cm ² , N/mm ²
F _{CB}	ベースプレートが基礎ボルトから受ける圧縮力	N
F _{CC}	ベースプレートがコンクリートから受ける圧縮力	N
F _i	荷重 (i = 1, 2)	N
F _L	せん断力	N
F _P	支圧力	N
F _S	せん断力	N
F _t	ベースプレートが基礎ボルトから受ける引張力	N
f _b	許容曲げ応力	MPa
f _c	許容圧縮応力, 許容圧縮応力度	MPa, N/mm ²
f _p	許容支圧応力	MPa
f _s	許容せん断応力	MPa
f _t	許容引張応力	MPa
k	係数	—
l _{Ai}	長さ (i = 1, 2)	mm
l _{B1}	長さ	mm
l _G	長さ	mm
l _i	長さ (i = 1, 2, 3, …)	mm
M	機械的荷重, 曲げモーメント	—, N・mm, N・mm/mm
M _A	A点での曲げモーメント	N・mm
M _B	B点での曲げモーメント	N・mm
M _L	地震と組み合わせる機械的荷重, 曲げモーメント	—, N・mm
M _S	曲げモーメント	N・mm

記号	記号の説明	単位
M_{SAL}	機械的荷重 (S A後長期機械的荷重)	—
M_{SALL}	機械的荷重 (S A後長々期機械的荷重)	—
n	ボルトとコンクリートの縦弾性係数比	—
n_b	引張側及び圧縮側の各々のボルト本数	—
P	圧力	—
P_L	地震と組み合わせる圧力	—
P_{SAL}	圧力 (S A後長期圧力)	—, kPa
P_{SALL}	圧力 (S A後長々期圧力)	—, kPa
R_s	半径	mm
S	許容引張応力	MPa
S_d	弾性設計用地震動 S_d により定まる地震力	—
S_d^*	弾性設計用地震動 S_d により定まる地震力又は静的地震力	—
S_m	設計応力強さ	MPa
S_s	基準地震動 S_s により定まる地震力	—
S_u	設計引張強さ	MPa
S_y	設計降伏点	MPa
$S_y(RT)$	40℃における設計降伏点	MPa
t_i	板厚 ($i=1, 2, 3, \dots$)	mm
T_{SAL}	温度 (S A後長期温度)	℃
T_{SALL}	温度 (S A後長々期温度)	℃
W_i	荷重 ($i=1, 2$)	N
W_{Hi}	シヤラグに加わる水平方向地震荷重 ($i=1, 2$)	N
W_{Li}	外側シヤラグに加わる水平方向地震荷重 ($i=1, 2$)	N
W_{Si}	内側シヤラグに加わる水平方向地震荷重 ($i=1, 2$)	N
Z	断面係数	$mm^3, mm^3/mm$
α	角度	°
θ	角度	°
σ	応力	MPa
σ_A	組合せ応力	MPa
σ_B	組合せ応力	MPa
σ_b	曲げ応力	MPa
σ_{bA}	曲げ応力	MPa
σ_{bB}	曲げ応力	MPa
σ_c	ボルトの下のコンクリートの圧縮応力度, コンクリート部反力	N/mm^2
σ_{cmax}	コンクリートの最大圧縮応力度	N/mm^2

記号	記号の説明	単位
σ_l	軸方向応力	MPa
σ_P	支圧応力	MPa
σ_s	ボルトの引張応力	MPa
σ_t	円周方向応力	MPa
τ	せん断応力	MPa
τ_A	せん断応力	MPa
τ_B	せん断応力	MPa

2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表 2-2 に示すとおりとする。

表 2-2 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
圧力	kPa	—	四捨五入	整数位
温度	℃	—	—	整数位
長さ	mm	—	—	整数位 ^{*1}
面積	mm ²	—	—	有効数字 3 桁 ^{*2}
断面係数	mm ³ mm ³ /mm	—	—	有効数字 3 桁
モーメント	N・mm	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*2}
力	N	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*2}
算出応力	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
許容応力 ^{*3}	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位

注記 *1：設計上定める値が小数点以下第 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許容引張応力，設計降伏点及び設計引張強さは、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

ドライウェルのシヤラグ取付位置を図3-1に示し、シヤラグの形状及び主要寸法を図3-2に、使用材料及び使用部位を表3-1に示す。

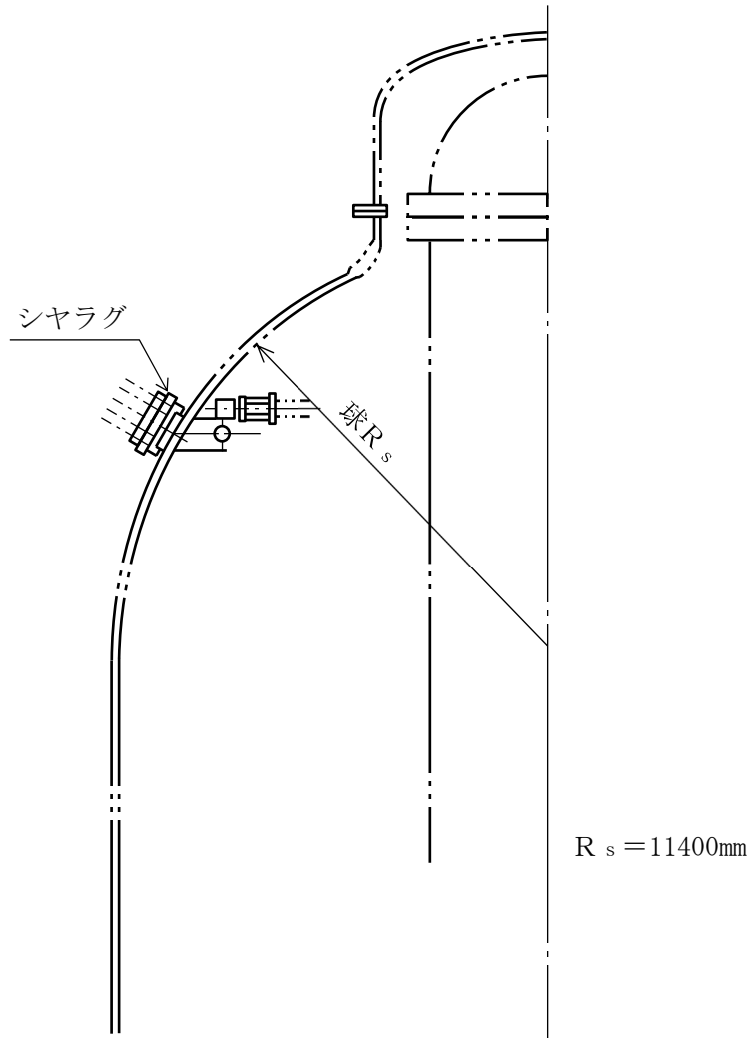
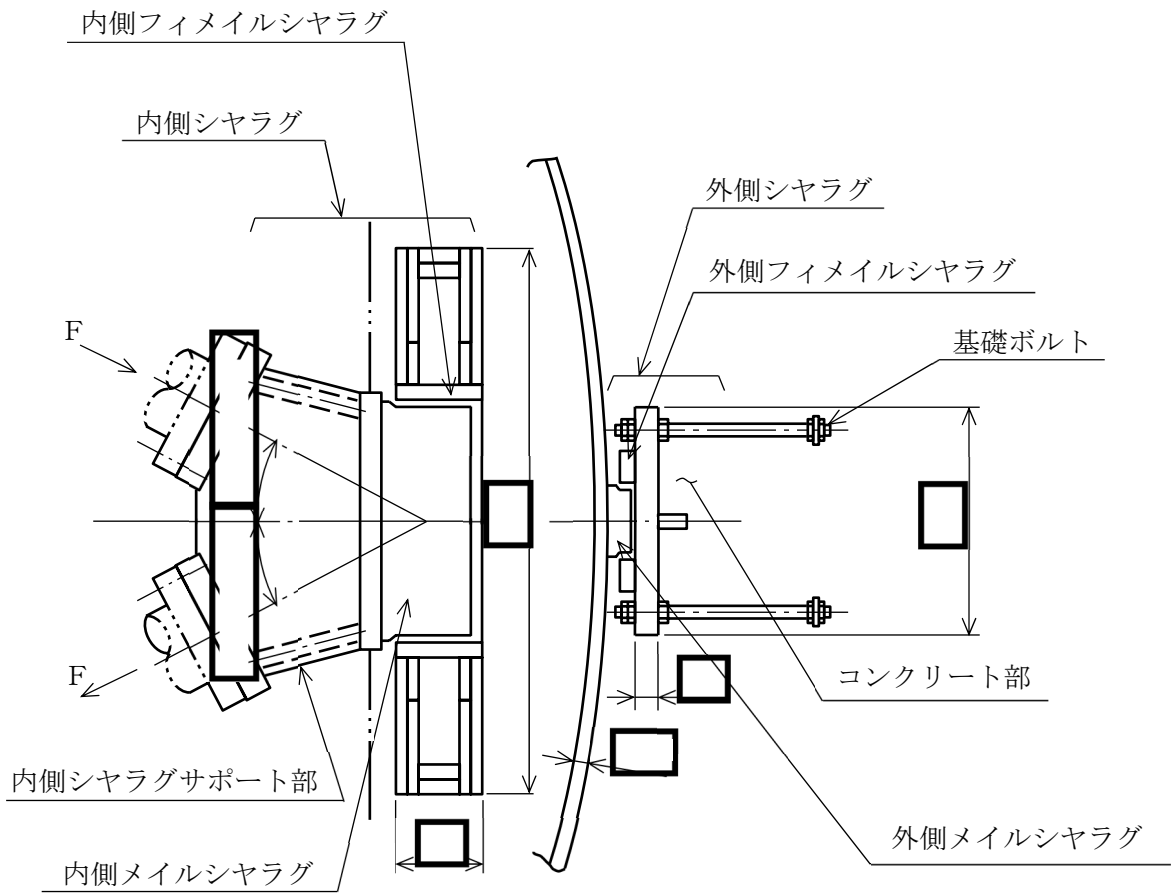


図3-1 シヤラグ取付位置



(単位 : mm)

図 3-2 シャラグの形状及び主要寸法

表 3-1 使用材料表

使用部位	使用材料	備考
ドライウェル	SPV50	SPV490 相当
内側メイルシャラグ	SGV49	SGV480 相当
外側メイルシャラグ	SGV49	SGV480 相当
内側フィメイルシャラグ	SGV49	SGV480 相当
外側フィメイルシャラグ	SGV49	SGV480 相当
内側シャラグサポート部	SGV49	SGV480 相当
基礎ボルト	SNCM439	
コンクリート部	コンクリート ($F_c = 240\text{kg/cm}^2$)	$F_c = 23.5\text{N/mm}^2$

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

- (1) 地震時の原子炉圧力容器及び原子炉遮蔽壁に生じる水平方向地震荷重は、原子炉格納容器スタビライザよりシヤラグを介して原子炉建物に伝達される。

シヤラグの耐震評価として、VI-2-2-1「炉心，原子炉圧力容器及び原子炉内部構造物並びに原子炉本体の基礎の地震応答計算書」において計算された荷重を用いて、「4.4 計算方法」に示す手法により構造強度評価を行う。

- (2) 構造強度評価に用いる寸法は、公称値を用いる。
- (3) 概略構造図を表 2-1 に示す。
- (4) 水平方向及び鉛直方向の地震力による荷重の組合せには、絶対値和を適用する。

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

シヤラグ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。

詳細な荷重の組合せは、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」に従い、対象機器の設置位置等を考慮し決定する。なお、考慮する荷重の組合せは、組み合わせる荷重の大きさを踏まえ、評価上厳しくなる組合せを選定する。

4.2.2 許容応力

シヤラグの許容応力及び許容応力度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4-3～表 4-5 に示すとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

シヤラグの使用材料の許容応力評価条件のうち、設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-6 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-7 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	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ*1		許容応力状態
—		シヤラグ	S	—*2	$D + P + M + S_d^*$	—	Ⅲ _A S
					$D + P + M + S_s$	—	Ⅳ _A S
					$D + P_L + M_L + S_d^*$	—	Ⅳ _A S
原子炉格納施設	原子炉格納容器	シヤラグ取付部	S	クラスMC容器	$D + P + M + S_d^*$	(10) (11) (14) (16)	Ⅲ _A S
					$D + P + M + S_s$	(12) (13) (15)	Ⅳ _A S
					$D + P_L + M_L + S_d^{**3}$	(17)	Ⅳ _A S

注記*1：（ ）内はVI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」における表5-2の荷重の組合せのNo.を示す。

*2：耐震重要度Sクラス施設の支持構造物として、クラス1支持構造物の荷重の組合せ及び許容限界を準用する。

*3：原子炉格納容器は冷却材喪失事故後の最終障壁となることから、構造物全体としての安全裕度を確認する意味で、冷却材喪失事故後の最大内圧との組合せを考慮する。

表 4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ*2		許容応力状態*3
—		シヤラグ	—	—*4	$D + P_{SAL} + M_{SAL} + S_d$ *5	—	V_{AS}
					$D + P_{SALL} + M_{SALL} + S_s$	—	V_{AS}
原子炉格納施設	原子炉格納容器	シヤラグ取付部	常設耐震／防止 常設／緩和	重大事故等 クラス2容器	$D + P_{SAL} + M_{SAL} + S_d$ *5	(V (L) -1)	V_{AS}
					$D + P_{SALL} + M_{SALL} + S_s$	(V (LL) -1)	V_{AS}

注記*1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*2：() 内はVI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」における表5-3の荷重の組合せのNo.を示す。

*3： V_{AS} として IV_{AS} の許容限界を用いる。

*4：耐震重要度Sクラス施設の支持構造物として，クラス1支持構造物の荷重の組合せ及び許容限界を準用する。

*5：重大事故等後の最高内圧と最高温度との組合せを考慮する。

表4-3 クラス1 支持構造物の許容応力*1

許容応力状態	許容限界*2, *3, *4 (ボルト等以外)					許容限界*4 (ボルト等)
	一次応力					一次応力
	引張	せん断	圧縮	曲げ	支圧	引張
ⅢAS	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$	$1.5 \cdot f_c$	$1.5 \cdot f_b$	$1.5 \cdot f_p$	$1.5 \cdot f_t$
ⅣAS	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$1.5 \cdot f_c^*$	$1.5 \cdot f_b^*$	$1.5 \cdot f_p^*$	$1.5 \cdot f_t^*$
VAS*5						

注記*1：本表の対象部としては、内側マイルシヤラグ、外側マイルシヤラグ、内側フィメールシヤラグ、外側フィメールシヤラグ及び内側シヤラグサポート部が該当する。

*2：応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

*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：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。

*5：VASとしてⅣASの許容限界を用いる。

表4-4 クラスMC容器の許容応力

応力分類 許容 応力状態	一次一般膜応力	一次膜応力＋ 一次曲げ応力	一次＋二次応力	一次＋二次＋ ピーク応力
Ⅲ _A S	S_y と $0.6 \cdot S_u$ の小さい方。ただし、オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については $1.2 \cdot S$ とする。	左欄の 1.5倍の値 ^{*1}	$3 \cdot S$ ^{*2} S_d 又は S_s 地震動のみによる応力振幅について評価する。	^{*3, *4} S_d 又は S_s 地震動のみによる疲労解析を行い、運転状態Ⅰ、Ⅱにおける疲労累積係数との和が1.0以下であること。
Ⅳ _A S	構造上の連続な部分は $0.6 \cdot S_u$ 、不連続な部分は S_y と $0.6 \cdot S_u$ の小さい方。ただし、オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については、構造上の連続な部分は $2 \cdot S$ と $0.6 \cdot S_u$ の小さい方、不連続な部分は $1.2 \cdot S$ とする。	左欄の 1.5倍の値 ^{*1}		
V _A S ^{*5}				

注記*1：設計・建設規格 PVB-3111に準じる場合は、純曲げによる全断面降伏荷重と初期降伏荷重の比又は1.5のいずれか小さい方の値(α)を用いる。

*2： $3 \cdot S$ を超えるときは弾塑性解析を行うこと。この場合、設計・建設規格 PVB-3300 (PVB-3313を除く。また、 S_m は S と読み替える。)の簡易弾塑性解析を用いることができる。

*3：設計・建設規格 PVB-3140(6)を満たすときは疲労解析不要。

ただし、PVB-3140(6)の「応力の全振幅」は「 S_d 又は S_s 地震動による応力の全振幅」と読み替える。

*4：運転状態Ⅰ、Ⅱにおいて、疲労解析を要しない場合は、地震動のみによる疲労累積係数が1.0以下であること。

*5：V_ASとしてⅣ_ASの許容限界を用いる。

表 4-5 コンクリートの許容応力度

許容応力状態	許容支圧応力度*1
Ⅲ _A S	$f'_c = f_c \cdot \sqrt{A_c/A_1}$ かつ
Ⅳ _A S	$f'_c \leq 2 \cdot f_c$ 及び
V _A S*2	$f'_c \leq F_c$

注記*1: f_c = コンクリートの許容圧縮応力度

A_1 = 局部圧縮を受ける面積 (支圧面積)

A_c = 支圧端から離れて応力が一様分布となったところの面積 (支承面積)

F_c = コンクリートの設計基準強度

*2: V_ASとしてⅣ_ASの許容限界を用いる。

表 4-6 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 (°C)		S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度	171				
ドライウェル	SPV50*1	周囲環境温度	171	167	429	550	—
内側メイルシヤラグ	SGV49*2	周囲環境温度	171	—	229	423	—
外側メイルシヤラグ	SGV49*2	周囲環境温度	171	—	229	423	—
内側フィメイルシヤラグ	SGV49*2	周囲環境温度	171	—	229	423	—
外側フィメイルシヤラグ	SGV49*2	周囲環境温度	171	—	229	423	—
内側シヤラグサポート部	SGV49*2	周囲環境温度	171	—	229	423	—
基礎ボルト	SNCM439	周囲環境温度	171	—	774	873	—

注記*1：SPV490相当

*2：SGV480相当

表 4-7 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 (°C)		S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度					
ドライウエル	SPV50*1	周囲環境温度	200*2	167	417	545	—
		周囲環境温度	70*3	167	478	581	—
内側メイルシヤラグ	SGV49*4	周囲環境温度	200*2	—	226	422	—
		周囲環境温度	70*3	—	248	453	—
外側メイルシヤラグ	SGV49*4	周囲環境温度	200*2	—	226	422	—
		周囲環境温度	70*3	—	248	453	—
内側フィメイルシヤラグ	SGV49*4	周囲環境温度	200*2	—	226	422	—
		周囲環境温度	70*3	—	248	453	—
外側フィメイルシヤラグ	SGV49*4	周囲環境温度	200*2	—	226	422	—
		周囲環境温度	70*3	—	248	453	—
内側シヤラグサポート部	SGV49*4	周囲環境温度	200*2	—	226	422	—
		周囲環境温度	70*3	—	248	453	—
基礎ボルト	SNM439	周囲環境温度	200*2	—	754	865	—
		周囲環境温度	70*3	—	850	930	—

注記*1：SPV490相当

*2：S A後長期温度

*3：S A後長々期温度

*4：SGV480相当

4.2.4 設計荷重

(1) 設計基準対象施設としての設計荷重

設計基準対象施設としての設計荷重である、圧力、最高使用温度、死荷重及び活荷重は、既工認からの変更はなく、次のとおりである。

a. 圧力及び最高使用温度

内圧（冷却材喪失事故後の最大内圧）	327 kPa
外圧	14 kPa
温度（最高使用温度）	171 °C

b. 死荷重

シヤラグ取付部より上部のドライウエル及び付加物の重量を死荷重とする。

c. 活荷重

シヤラグ取付部より上部のドライウエルの活荷重を考慮する。

(2) 重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度

重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度は、以下のとおりとする。

内圧 P_{SAL}	660 kPa（SA後長期）
内圧 P_{SALL}	380 kPa（SA後長々期）
温度 T_{SAL}	200 °C（SA後長期）
温度 T_{SALL}	70 °C（SA後長々期）

4.3 設計用地震力

シヤラグ及びドライウエルに加わる地震荷重について、VI-2-2-1「炉心、原子炉压力容器及び原子炉内部構造物並びに原子炉本体の基礎の地震応答計算書」により求めた荷重を設定する。

シヤラグにおける荷重の分配を図4-1に示し、図4-1より求めたシヤラグ1個の最大荷重の算出方法を表4-8に示す。

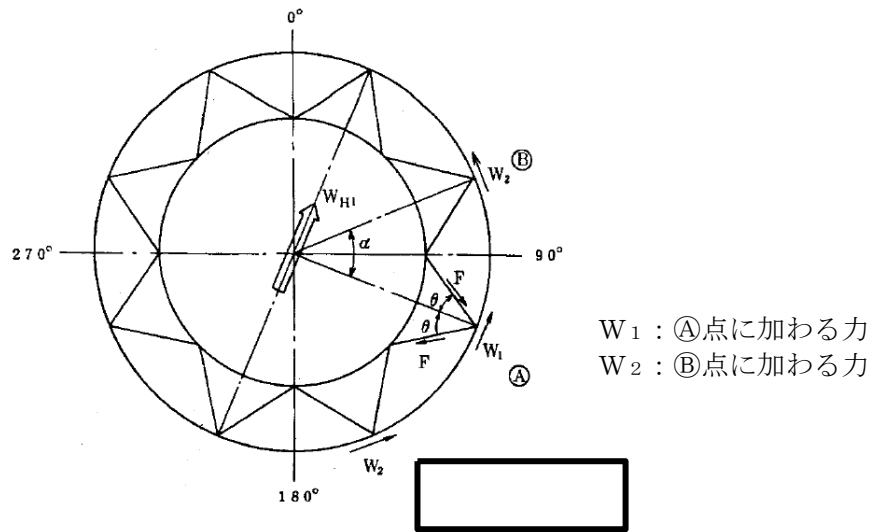


図 4-1 シヤラグにおける荷重の分配

表 4-8 シヤラグ 1 個の最大荷重の算出方法

部材	$S d^*$	$S s$
内側シヤラグ	$W_{S1} = 1/4 \cdot W_{H1}$	$W_{S2} = 1/4 \cdot W_{H1}$
	$F_1 = W_{S1} / (2 \cdot \sin \theta)$	$F_2 = W_{S2} / (2 \cdot \sin \theta)$
外側シヤラグ	$W_{L1} = 1/4 \cdot W_{H2}$	$W_{L2} = 1/4 \cdot W_{H2}$

(1) 設計基準対象施設としての設計用地震力

設計基準対象施設としてシヤラグの応力計算に用いる，シヤラグに加わる水平方向地震荷重を表 4-9 に示す。

また，ドライウェルに加わる鉛直荷重及び鉛直方向地震荷重を表 4-10 に，水平方向地震荷重を表 4-11 に示す。

表 4-9 シヤラグに加わる水平方向地震荷重（設計基準対象施設）

(単位：N)

部材 \ 荷重条件		S d *	S s
内側シヤラグ	W _{H1}		
外側シヤラグ	W _{H2}		

表 4-10 ドライウェルに加わる鉛直荷重及び鉛直方向地震荷重（設計基準対象施設）

(単位：N)

通常運転時			燃料交換時		
鉛直荷重	地震荷重		鉛直荷重	地震荷重	
	S d *	S s		S d *	S s

表 4-11 ドライウェルに加わる水平方向地震荷重（設計基準対象施設）

弾性設計用地震動 S d * による地震荷重		基準地震動 S s による地震荷重	
せん断力 (N)	モーメント (N・mm)	せん断力 (N)	モーメント (N・mm)
1.410×10 ⁷	2.390×10 ¹⁰	2.340×10 ⁷	2.940×10 ¹⁰

(2) 重大事故等対処設備としての設計用地震力

重大事故等対処設備としてシヤラグの応力計算に用いる，シヤラグに加わる水平方向地震荷重を表 4-12 に示す。

また，ドライウェルに加わる鉛直荷重及び鉛直方向地震荷重を表 4-13 に，水平方向地震荷重を表 4-14 に示す。

表 4-12 シヤラグに加わる水平方向地震荷重（重大事故等対処設備）

(単位：N)

部材 \ 荷重条件		地震荷重	
		S_d^*	S_s
内側シヤラグ	W_{H1}		
外側シヤラグ	W_{H2}		

表 4-13 ドライウェルに加わる鉛直荷重及び鉛直方向地震荷重（重大事故等対処設備）

(単位：N)

鉛直荷重	地震荷重	
	S_d^*	S_s

表 4-14 ドライウェルに加わる水平方向地震荷重（重大事故等対処設備）

弾性設計用地震動 S_d^* による地震荷重		基準地震動 S_s による地震荷重	
せん断力 (N)	モーメント (N・mm)	せん断力 (N)	モーメント (N・mm)
1.410×10^7	2.390×10^{10}	2.340×10^7	2.940×10^{10}

4.4 計算方法

4.4.1 応力評価点

シヤラグの応力評価点は、シヤラグを構成する部材の形状及び荷重伝達経路を考慮し、発生応力が大きくなる部位を選定する。選定した応力評価点を表 4-15 及び図 4-2 に示す。

表 4-15 応力評価点

応力評価点番号	応力評価点
P 1	内側メイルシヤラグ
P 2	外側メイルシヤラグ
P 3	内側メイルシヤラグ接触部
P 4	外側メイルシヤラグ接触部
P 5	内側フィメイルシヤラグ
P 6	内側フィメイルシヤラグリブ付根部
P 7	外側フィメイルシヤラグ
P 8	内側フィメイルシヤラグ接触部
P 9	外側フィメイルシヤラグ接触部
P 1 0	基礎ボルト
P 1 1	ベースプレート
P 1 2	シヤプレート
P 1 3	コンクリート
P 1 4	内側シヤラグサポート
P 1 5	シヤラグ取付部

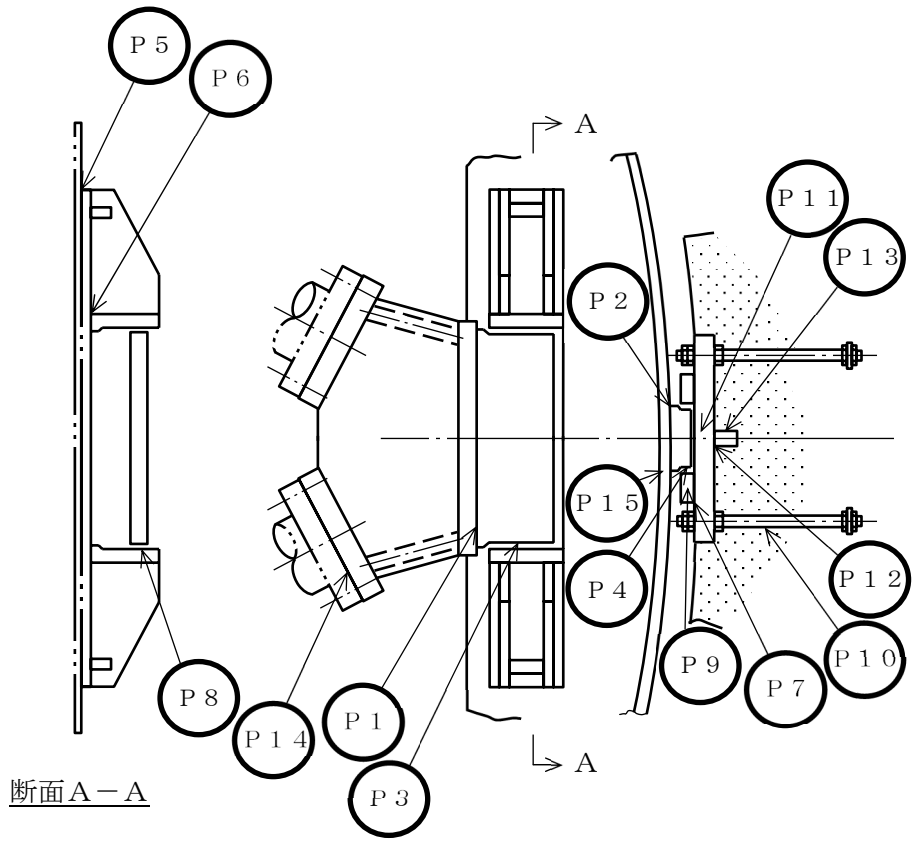
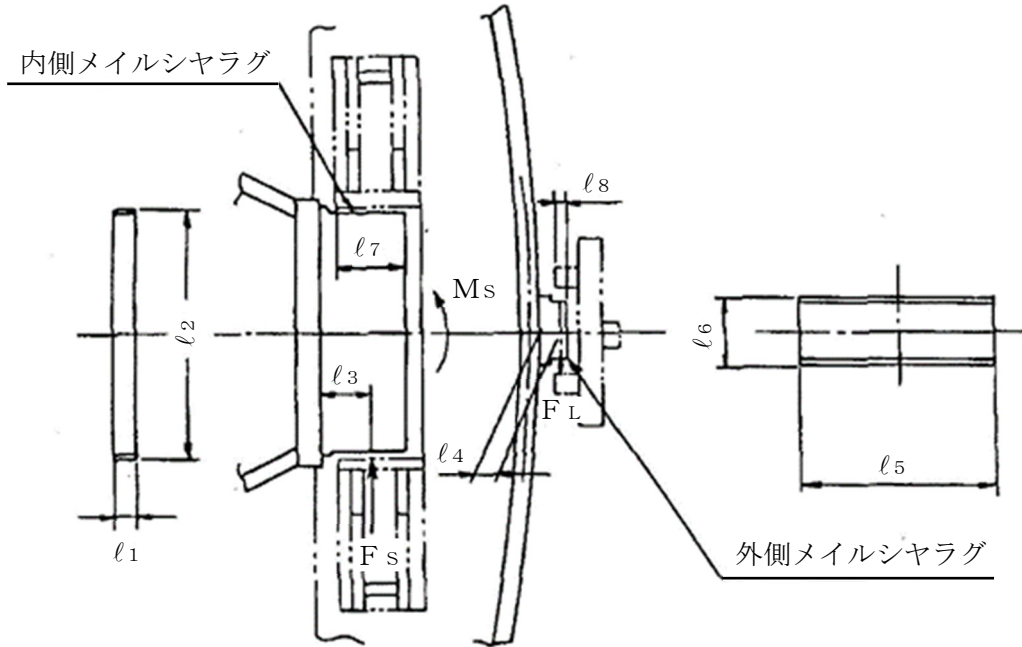


図4-2 シヤラグの応力評価点

4.4.2 メールシヤラグ (応力評価点 P 1 ~ P 4)

(1) 寸法

メールシヤラグの寸法を図 4-3 に示す。



荷重の組合せに対する l_3 , l_4 , l_7 , l_8 の値を以下に示す。

注記：荷重の組合せは表 4-1 及び表 4-2 参照

(単位：mm)

図 4-3 メールシヤラグの寸法

(2) せん断力及び曲げモーメント

a. 内側マイルシヤラグ

内側マイルシヤラグのせん断力, 曲げモーメント及び支圧力の算出方法を表 4-16 に示す。

表 4-16 内側マイルシヤラグの荷重の算出方法

地震荷重	P 1 部せん断力 F_s	P 1 部曲げモーメント M_s	P 3 部支圧力 F_p
S_d^*	W_{s1}	$W_{s1} \cdot l_3$	W_{s1}
S_s	W_{s2}	$W_{s2} \cdot l_3$	W_{s2}

b. 外側マイルシヤラグ

外側マイルシヤラグのせん断力, 曲げモーメント及び支圧力の算出方法を表 4-17 に示す。

表 4-17 外側マイルシヤラグの荷重の算出方法

地震荷重	P 2 部せん断力 F_L	P 2 部曲げモーメント M_L	P 4 部支圧力 F_p
S_d^*	W_{L1}	$W_{L1} \cdot l_4$	W_{L1}
S_s	W_{L2}	$W_{L2} \cdot l_4$	W_{L2}

(3) 応力計算

a. P 1 部の応力

せん断応力

$$\tau = \frac{F_s}{A_w}$$

ここで, $A_w = 5.20 \times 10^4 \text{ mm}^2$

曲げ応力

$$\sigma_b = \frac{M_s}{Z}$$

ここで, $Z = 9.24 \times 10^6 \text{ mm}^3$

組合せ応力

$$\sigma = \sqrt{\sigma_b^2 + 3 \cdot \tau^2}$$

b. P 2 部の応力

せん断応力

$$\tau = \frac{F_L}{A_w}$$

ここで, $A_w = 7.69 \times 10^4 \text{ mm}^2$

曲げ応力

$$\sigma_b = \frac{M_L}{Z}$$

ここで, $Z = 8.44 \times 10^6 \text{ mm}^3$

組合せ応力

$$\sigma = \sqrt{\sigma_b^2 + 3 \cdot \tau^2}$$

c. P 3 部の応力

支圧応力

$$\sigma_{P1} = \frac{F_P}{A_{P1}}$$

ここで, $A_{P1} = 3.00 \times 10^4 \text{ mm}^2$

d. P 4 部の応力

支圧応力

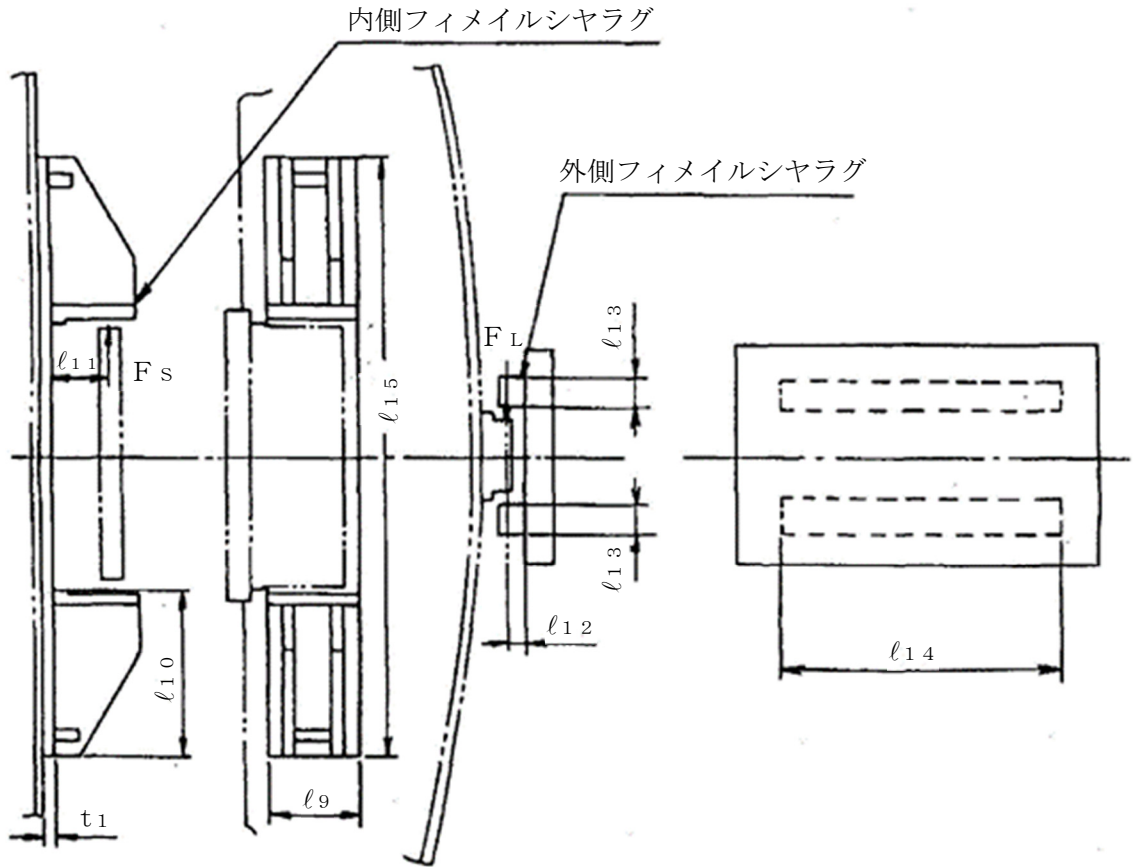
$$\sigma_{P2} = \frac{F_P}{A_{P2}}$$

ここで, $A_{P2} = 4.00 \times 10^4 \text{ mm}^2$

4.4.3 フィメイルシヤラグ (応力評価点 P 5 ~ P 9)

(1) 寸法

フィメイルシヤラグの寸法を図 4-4 に示す。



荷重の組合せに対する l_{11} , l_{12} の値を以下に示す。



注記：荷重の組合せは表 4-1 及び表 4-2 参照

(単位：mm)

図 4-4 フィメイルシヤラグの寸法

(2) せん断力及び曲げモーメント

a. 内側フィメールシヤラグ

内側フィメールシヤラグのせん断力、曲げモーメント及び支圧力の算出方法を表 4-18 に示す。

表 4-18 内側フィメールシヤラグの荷重の算出方法

地震荷重	P 5, P 6 部 せん断力 F_s	P 5 部 曲げモーメント M_s	P 6 部 曲げモーメント M_s	P 8 部 支圧力 F_P
S_d^*	W_{S1}	$W_{S1} \cdot (t_1 + l_{11})$	$W_{S1} \cdot l_{11}$	W_{S1}
S_s	W_{S2}	$W_{S2} \cdot (t_1 + l_{11})$	$W_{S2} \cdot l_{11}$	W_{S2}

b. 外側フィメールシヤラグ

外側フィメールシヤラグのせん断力、曲げモーメント及び支圧力の算出方法を表 4-19 に示す。

表 4-19 外側フィメールシヤラグの荷重の算出方法

地震荷重	P 7 部せん断力 F_L	P 7 部曲げモーメント M_L	P 9 部支圧力 F_P
S_d^*	W_{L1}	$W_{L1} \cdot l_{12}$	W_{L1}
S_s	W_{L2}	$W_{L2} \cdot l_{12}$	W_{L2}

(3) 応力計算

a. P 5 部の応力

せん断応力

$$\tau = \frac{F_s}{A_w}$$

ここで, $A_w = 6.00 \times 10^4 \text{ mm}^2$

曲げ応力

$$\sigma_b = \frac{M_s}{Z}$$

ここで, $Z = 2.40 \times 10^7 \text{ mm}^3$

組合せ応力

$$\sigma = \sqrt{\sigma_b^2 + 3 \cdot \tau^2}$$

b. P 6 部の応力

せん断応力

$$\tau = \frac{F_s}{A_w}$$

ここで, $A_w = 8.31 \times 10^4 \text{ mm}^2$

曲げ応力

$$\sigma_b = \frac{M_s}{Z}$$

ここで, $Z = 1.01 \times 10^7 \text{ mm}^3$

組合せ応力

$$\sigma = \sqrt{\sigma_b^2 + 3 \cdot \tau^2}$$

c. P 7 部の応力

せん断応力

$$\tau = \frac{F_L}{A_w}$$

ここで, $A_w = 8.15 \times 10^4 \text{ mm}^2$

曲げ応力

$$\sigma_b = \frac{M_L}{Z}$$

ここで, $Z = 4.60 \times 10^6 \text{ mm}^3$

組合せ応力

$$\sigma = \sqrt{\sigma_b^2 + 3 \cdot \tau^2}$$

d. P 8 部の応力

支圧応力

$$\sigma_{P1} = \frac{F_P}{A_{P1}}$$

ここで, $A_{P1} = 3.00 \times 10^4 \text{ mm}^2$

- e. P 9 部の応力
支圧応力

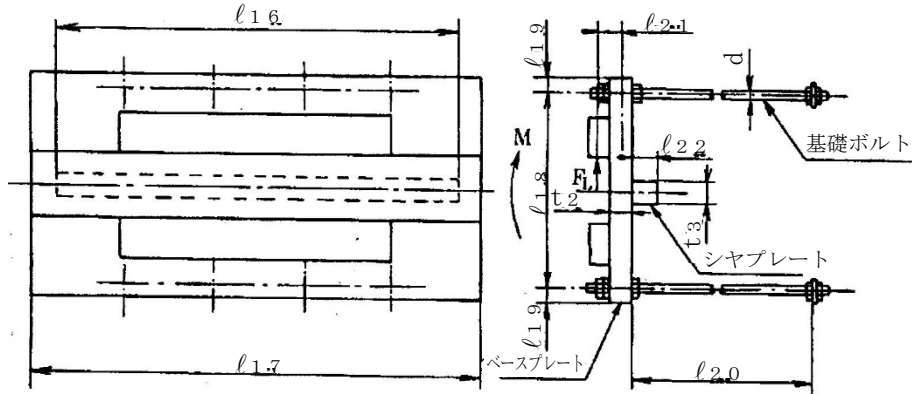
$$\sigma_P = \frac{F_P}{A_{P2}}$$

ここで, $A_{P2} = 4.00 \times 10^4 \text{ mm}^2$

4.4.4 ベースプレート及び基礎ボルト（応力評価点P10～P13）

(1) 寸法

ベースプレート及び基礎ボルトの形状及び寸法を図4-5に示す。



$l_{16} = 1700$	$l_{17} = 1800$	$l_{18} = 860$	$l_{19} = 70$
$l_{20} = 1000$	$l_{22} = 125$	$t_2 = 100$	$t_3 = 90$
$d = 38$ (M36 ボルト)			

荷重の組合せに対する l_{21} の値を以下に示す。

$l_{21} = 120$: $D + P + M + S d^*$, $D + P + M + S s$

$l_{21} = 104$: $D + P_L + M_L + S d^*$

$l_{21} = 96$: $D + P_{SAL} + M_{SAL} + S d$

$l_{21} = 113$: $D + P_{SALL} + M_{SALL} + S s$

注記：荷重の組合せは表4-1及び表4-2参照

(単位：mm)

図4-5 ベースプレート及び基礎ボルトの形状及び寸法

(2) 基礎ボルトの応力 (応力評価点 P10)

図4-6に示す計算モデルより力のつり合いとモーメントのつり合いから σ_s と σ_c の関係を求める。

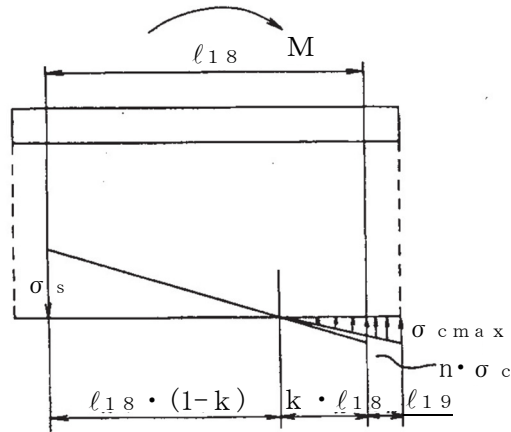


図4-6 コンクリート圧縮応力計算モデル

a. 力のつり合い

$$n_b \cdot A_b \cdot \sigma_s - n_b \cdot A_b \cdot (n \cdot \sigma_c) - \frac{1}{2} \cdot A_c \cdot \sigma_{cmax} = 0 \dots\dots\dots (4.1)$$

b. モーメントのつり合い

$$M - n_b \cdot A_b \cdot \sigma_s \cdot (1 - k) \cdot l_{18} - n_b \cdot A_b \cdot n \cdot \sigma_c \cdot k \cdot l_{18} - \frac{1}{2} \cdot \sigma_{cmax} \cdot A_c \cdot \frac{2}{3} \cdot (k \cdot l_{18} + l_{19}) = 0 \dots\dots\dots (4.2)$$

ここで、

M : 曲げモーメント = $F_L \cdot l_{21}$

n_b : 引張側及び圧縮側のボルト数 = 各4本

n : ボルトとコンクリートの縦弾性係数比 = 15

A_b : ボルト1本の断面積 = 1017.9 mm^2

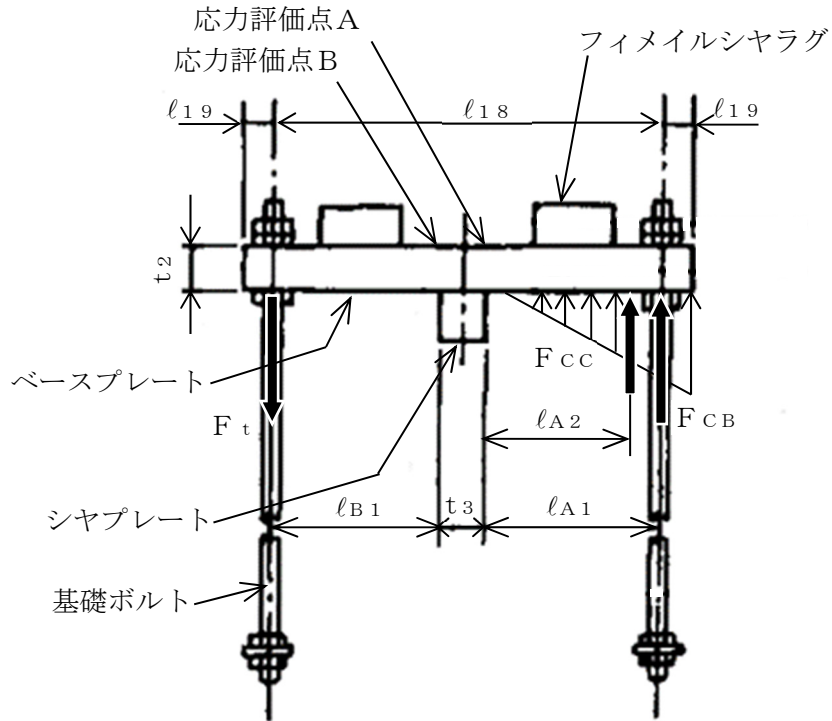
k : 係数 = $\frac{1}{1 + \frac{\sigma_s}{n \cdot \sigma_c}} = 0.153$

A_c : 圧縮側ベースプレート面積 = $(k \cdot l_{18} + l_{19}) \cdot l_{17} = 3.63 \times 10^5 \text{ mm}^2$

σ_{cmax} : コンクリートの最大圧縮応力度 = $\frac{(k \cdot l_{18} + l_{19}) \cdot \sigma_c}{k \cdot l_{18}} = 1.532 \cdot \sigma_c$

これらの値を(4.1), (4.2)式に代入して σ_c , σ_s 及び σ_{cmax} の値を求める。

- (3) ベースプレートの応力 (応力評価点 P 1 1)
 ベースプレートの形状及び寸法を図 4-7 に示す。



$$\begin{aligned}
 l_{18} &= 860 & l_{19} &= 70 & t_2 &= 100 & t_3 &= 90 \\
 l_{A1} = l_{B1} &= \frac{l_{18} - t_3}{2} = \frac{860 - 90}{2} = 385 \\
 l_{A2} &= \frac{l_{18} - t_3}{2} + l_{19} - \frac{k \cdot l_{18} + l_{19}}{3} = \frac{860 - 90}{2} + 70 - \frac{0.153 \times 860 + 70}{3} = 387.8
 \end{aligned}$$

(単位 : mm)

図 4-7 ベースプレートの形状及び寸法

a. せん断力

ベースプレートが基礎ボルトから受ける引張力

$$F_t = n_b \cdot A_b \cdot \sigma_s$$

ベースプレートが基礎ボルトから受ける圧縮力

$$F_{CB} = n_b \cdot A_b \cdot n \cdot \sigma_c$$

ベースプレートがコンクリートから受ける圧縮力

$$F_{CC} = \frac{A_c \cdot \sigma_{cmax}}{2}$$

A点でのせん断力

$$F_A = F_{CB} + F_{CC}$$

B点でのせん断力

$$F_B = F_t$$

b. 曲げモーメント

A点での曲げモーメント

$$M_A = F_{CB} \cdot l_{A1} + F_{CC} \cdot l_{A2}$$

B点での曲げモーメント

$$M_B = F_t \cdot l_{B1}$$

c. 応力計算

(a) せん断応力

$$\tau_A = \frac{F_A}{l_{17} \cdot t_2}$$

$$\tau_B = \frac{F_B}{l_{17} \cdot t_2}$$

(b) 曲げ応力

$$\sigma_{bA} = \frac{M_A}{Z}$$

$$\sigma_{bB} = \frac{M_B}{Z}$$

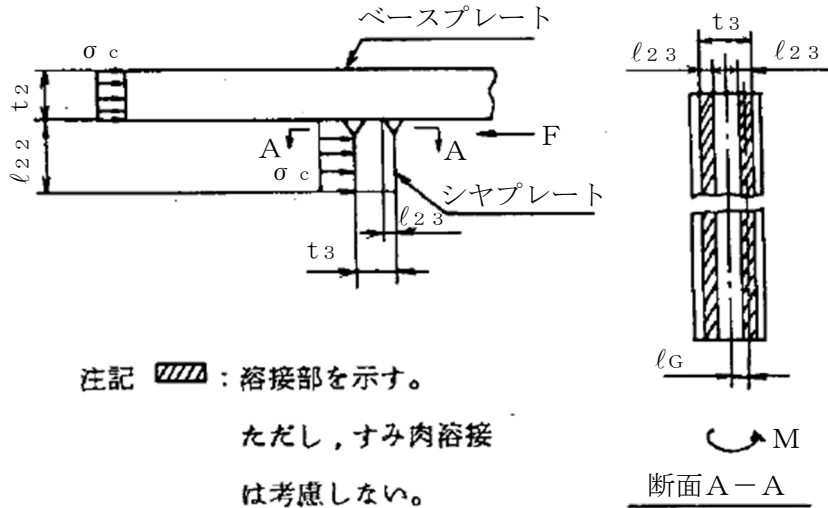
ここで、 $Z = 3.00 \times 10^6 \text{ mm}^3$

(c) 組合せ応力

$$\sigma_A = \sqrt{\sigma_{bA}^2 + 3 \cdot \tau_A^2}$$

$$\sigma_B = \sqrt{\sigma_{bB}^2 + 3 \cdot \tau_B^2}$$

- (4) シャプレートの応力 (応力評価点 P 1 2)
 シャプレートの形状及び寸法を図 4-8 に示す。



$l_{22} = 125$ $l_{23} = 30$ $t_2 = 100$ $t_3 = 90$ $l_G = 30$

(単位 : mm)

図 4-8 シャプレートの形状及び寸法

- a. せん断力

$$F = F_L$$

- b. コンクリート部反力

$$\sigma_c = \frac{F}{t_2 \cdot l_{17} + l_{22} \cdot l_{16}}$$

- c. 曲げモーメント

$$M = \frac{1}{2} \cdot \sigma_c \cdot l_{22}^2$$

- d. 応力計算

- (a) せん断応力

$$\tau = \frac{l_{22} \cdot \sigma_c}{2 \cdot l_{23}}$$

- (b) 曲げ応力

$$\sigma_b = \frac{M}{Z}$$

ここで, $Z = 1.30 \times 10^3 \text{ mm}^3/\text{mm}$

- (c) 組合せ応力

$$\sigma = \sqrt{\sigma_b^2 + 3 \cdot \tau^2}$$

(5) コンクリート部の応力度 (応力評価点 P 1 3)

- a. ベースプレートによるコンクリートの支圧応力度は、4.4.4(2)項で算出した σ_{cmax} である。
- b. シヤプレートによるコンクリートの支圧応力度は、4.4.4(4)b.項で算出した σ_c である。

4.4.5 内側シヤラグサポート部 (応力評価点 P 1 4)

(1) 寸法

内側シヤラグの寸法を図 4-9 に示す。

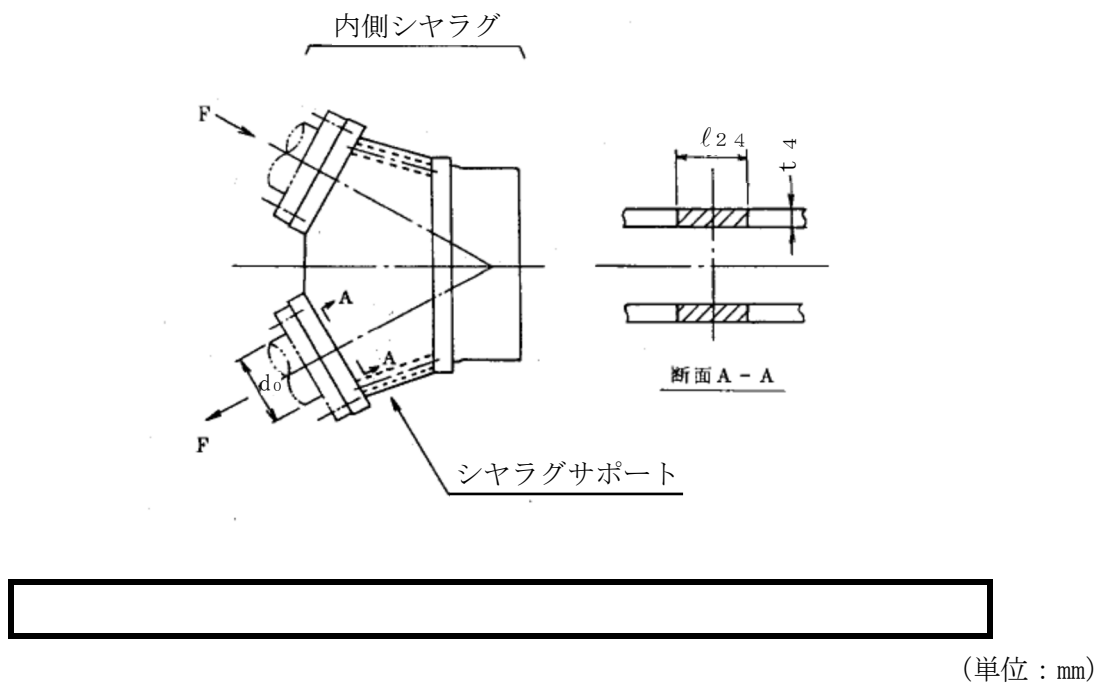


図 4-9 内側シヤラグの寸法

(2) 引張力 (圧縮力)

4.3 項の表 4-8 より求めた内側シヤラグに加わる荷重の算出方法を表 4-20 に示す。

表 4-20 内側シヤラグに加わる荷重の算出方法

地震荷重	P 1 4 部引張力 (圧縮力) F
S_d^*	F_1
S_s	F_2

(3) 応力計算

P 1 4 部の引張応力 (圧縮応力)

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

ここで, $A = 4.06 \times 10^4 \text{ mm}^2$

4.4.6 ドライウェル

(1) 寸法

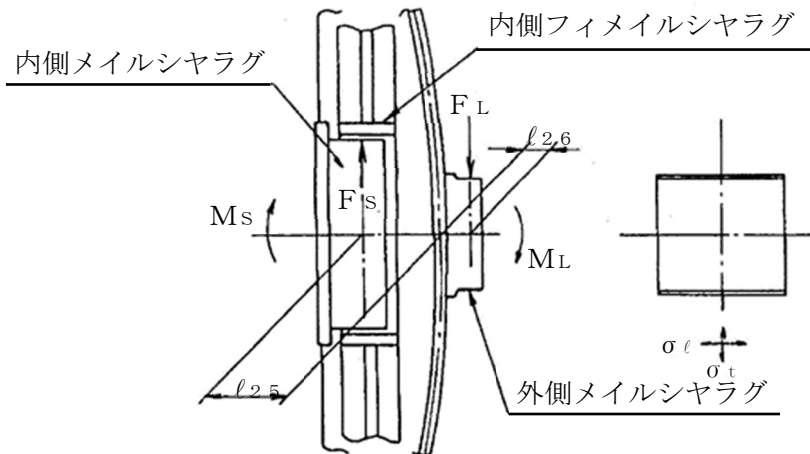
シヤラグのドライウェルへの取付位置と詳細寸法は図 3-1, 図 3-2 及び図 4-3 に示すとおりである。

(2) ドライウェルに加わる荷重

地震時に内側シヤラグ及び外側シヤラグを介してドライウェルに加わる荷重は表 4-16 及び表 4-17 より表 4-21 のように得られる。それぞれの荷重方向については図 4-10 に示す。

表 4-21 ドライウェルに加わる曲げモーメントの算出方法

内側シヤラグによる 曲げモーメント M_s	外側シヤラグによる 曲げモーメント M_L	応力評価点 P 1 5 の 曲げモーメント M
$F_s \cdot l_{25}$	$F_L \cdot l_{26}$	$M_s + M_L$



荷重の組合せに対する l_{25} , l_{26} の値を以下に示す。

(Blank area for values of l_{25} and l_{26})

注記：荷重の組合せは表 4-1 及び表 4-2 参照

(単位：mm)

図 4-10 荷重方向

(3) ドライウェルの応力（応力評価点 P 1 5）

応力評価点 P 1 5 は既工認の各荷重による応力を比倍（圧力比, 荷重比等）し評価する。

4.5 計算条件

応力解析に用いる荷重を、「4.2 荷重の組合せ及び許容応力」及び「4.3 設計用地震力」に示す。

4.6 応力の評価

「4.4 計算方法」で求めた応力が許容応力以下であること。ただし、応力評価点 P 1 5 の一次＋二次応力が許容値を満足しない場合は、設計・建設規格 PVB-3300（PVB-3313 を除く。また、 S_m は S と読み替える。）に基づいて疲労評価を行い、疲労累積係数が 1.0 以下であること。

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

シヤラグ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表 5-1 及び表 5-2 に示す。

表中の「荷重の組合せ」欄には、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」における表 5-2 の荷重の組合せの No. を記載する。

なお、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」の 5.3 項にて、設計・建設規格 PVB-3140(6)を満たすことを確認しているため、応力評価点 P 1 5 の一次+二次+ピーク応力強さの評価は不要である。

表5-1 許容応力状態Ⅲ_ASに対する評価結果 (D+P+M+S d*) (その1)

評価対象設備	評価部位		応力分類	Ⅲ _A S		判定	荷重の組合せ	備考
				算出応力	許容応力			
				MPa	MPa			
シヤラグ	P 1	内側メイルシヤラグ	せん断応力	62	132	○	—	
			曲げ応力	69	229	○	—	
			組合せ応力	128	229	○	—	
	P 2	外側メイルシヤラグ	せん断応力	50	132	○	—	
			曲げ応力	43	229	○	—	
			組合せ応力	97	229	○	—	
	P 3	内側メイルシヤラグ接触部	支圧応力	106	312	○	—	
	P 4	外側メイルシヤラグ接触部	支圧応力	95	312	○	—	
	P 5	内側フィメイルシヤラグ	せん断応力	53	132	○	—	
			曲げ応力	30	229	○	—	
			組合せ応力	97	229	○	—	
	P 6	内側フィメイルシヤラグ リブ付根部	せん断応力	39	132	○	—	
			曲げ応力	54	229	○	—	
			組合せ応力	87	229	○	—	
	P 7	外側フィメイルシヤラグ	せん断応力	47	132	○	—	
			曲げ応力	58	229	○	—	
			組合せ応力	100	229	○	—	
	P 8	内側フィメイルシヤラグ接触部	支圧応力	106	312	○	—	
P 9	外側フィメイルシヤラグ接触部	支圧応力	95	312	○	—		

表5-1 許容応力状態Ⅲ_ASに対する評価結果 (D+P+M+S d^{*}) (その2)

評価対象設備	評価部位		応力分類	Ⅲ _A S		判定	荷重の組合せ	備考	
				算出応力	許容応力				
				MPa	MPa				
シヤラグ	P 1 0	基礎ボルト	引張応力	130	458	○	—		
	P 1 1	ベースプレート	せん断応力	3	132	○	—		
			曲げ応力	69	264	○	—		
			組合せ応力	70	229	○	—		
	P 1 2	シヤプレート	せん断応力	21	132	○	—		
			曲げ応力	59	229	○	—		
			組合せ応力	70	229	○	—		
	P 1 3	コンクリート	ベースプレート部	支圧応力度	2.4	23.5	○	—	*
			シヤプレート部	支圧応力度	9.7	23.5	○	—	*
	P 1 4	内側シヤラグサポート		引張圧縮応力	82	229	○	—	
	P 1 5	シヤラグ取付部		一次膜応力 +一次曲げ応力	38	495	○	(10)	
一次+二次応力				222	501	○	(10), (11)		

注記* : 単位 : N/mm²

表 5-2(1) 許容応力状態IV_ASに対する評価結果 (D + P + M + S_s) (その1)

評価対象設備	評価部位		応力分類	IV _A S		判定	荷重の組合せ	備考
				算出応力	許容応力			
				MPa	MPa			
シヤラグ	P 1	内側メイルシヤラグ	せん断応力	109	158	○	—	
			曲げ応力	123	275	○	—	
			組合せ応力	226	275	○	—	
	P 2	外側メイルシヤラグ	せん断応力	112	158	○	—	
			曲げ応力	97	275	○	—	
			組合せ応力	217	275	○	—	
	P 3	内側メイルシヤラグ接触部	支圧応力	189	375	○	—	
	P 4	外側メイルシヤラグ接触部	支圧応力	214	375	○	—	
	P 5	内側フィメイルシヤラグ	せん断応力	95	158	○	—	
			曲げ応力	52	275	○	—	
			組合せ応力	173	275	○	—	
	P 6	内側フィメイルシヤラグ リップ付根部	せん断応力	68	158	○	—	
			曲げ応力	96	275	○	—	
			組合せ応力	152	275	○	—	
	P 7	外側フィメイルシヤラグ	せん断応力	105	158	○	—	
			曲げ応力	131	275	○	—	
			組合せ応力	225	275	○	—	
	P 8	内側フィメイルシヤラグ接触部	支圧応力	189	375	○	—	
P 9	外側フィメイルシヤラグ接触部	支圧応力	214	375	○	—		

表 5-2(1) 許容応力状態Ⅳ_AS に対する評価結果 (D + P + M + S_s) (その 2)

評価対象設備	評価部位		応力分類	Ⅳ _A S		判定	荷重の組合せ	備考	
				算出応力	許容応力				
				MPa	MPa				
シヤラグ	P 1 0	基礎ボルト	引張応力	294	458	○	—		
	P 1 1	ベースプレート	せん断応力	7	158	○	—		
			曲げ応力	155	317	○	—		
			組合せ応力	156	275	○	—		
	P 1 2	シヤプレート	せん断応力	46	158	○	—		
			曲げ応力	132	275	○	—		
			組合せ応力	155	275	○	—		
	P 1 3	コンクリート	ベースプレート部	支圧応力度	5.4	23.5	○	—	*
			シヤプレート部	支圧応力度	21.8	23.5	○	—	*
	P 1 4	内側シヤラグサポート		引張圧縮応力	146	275	○	—	
P 1 5	シヤラグ取付部		一次膜応力 +一次曲げ応力	59	495	○	(12)		
			一次+二次応力	401	501	○	(12), (13)		

注記* : 単位 : N/mm²

表 5-2(2) 許容応力状態IV_ASに対する評価結果 (D + P_L + M_L + S d^{*}) (その1)

評価対象設備	評価部位		応力分類	IV _A S		判定	荷重の組合せ	備考
				算出応力	許容応力			
				MPa	MPa			
シヤラグ	P 1	内側メイルシヤラグ	せん断応力	62	158	○	—	
			曲げ応力	70	275	○	—	
			組合せ応力	129	275	○	—	
	P 2	外側メイルシヤラグ	せん断応力	50	158	○	—	
			曲げ応力	36	275	○	—	
			組合せ応力	94	275	○	—	
	P 3	内側メイルシヤラグ接触部	支圧応力	108	375	○	—	
	P 4	外側メイルシヤラグ接触部	支圧応力	53	375	○	—	
	P 5	内側フィメイルシヤラグ	せん断応力	53	158	○	—	
			曲げ応力	29	275	○	—	
			組合せ応力	97	275	○	—	
	P 6	内側フィメイルシヤラグ リップ付根部	せん断応力	39	158	○	—	
			曲げ応力	53	275	○	—	
			組合せ応力	86	275	○	—	
	P 7	外側フィメイルシヤラグ	せん断応力	47	158	○	—	
			曲げ応力	45	275	○	—	
			組合せ応力	93	275	○	—	
	P 8	内側フィメイルシヤラグ接触部	支圧応力	108	375	○	—	
P 9	外側フィメイルシヤラグ接触部	支圧応力	53	375	○	—		

表 5-2(2) 許容応力状態IV_ASに対する評価結果 (D + P_L + M_L + S d^{*}) (その2)

評価対象設備	評価部位		応力分類	IV _A S		判定	荷重の組合せ	備考	
				算出応力	許容応力				
				MPa	MPa				
シヤラグ	P 1 0	基礎ボルト	引張応力	113	458	○	—		
	P 1 1	ベースプレート	せん断応力	3	158	○	—		
			曲げ応力	60	317	○	—		
			組合せ応力	61	275	○	—		
	P 1 2	シヤプレート	せん断応力	21	158	○	—		
			曲げ応力	59	275	○	—		
			組合せ応力	70	275	○	—		
	P 1 3	コンクリート	ベースプレート部	支圧応力度	2.1	23.5	○	—	*
			シヤプレート部	支圧応力度	9.7	23.5	○	—	*
	P 1 4	内側シヤラグサポート		引張圧縮応力	82	275	○	—	
	P 1 5	シヤラグ取付部		一次膜応力 +一次曲げ応力	95	495	○	(17)	
一次+二次応力				218	501	○	(17)		

注記* : 単位 : N/mm²

5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

シヤラグ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

構造強度評価結果を表 5-3 に示す。

表中の「荷重の組合せ」欄には、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」における表 5-3 の荷重の組合せの No. を記載する。

なお、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」の 5.3 項にて、設計・建設規格 PVB-3140(6)を満たすことを確認しているため、応力評価点 P 1 5 の一次+二次+ピーク応力強さの評価は不要である。

表 5-3(1) 許容応力状態 VAS に対する評価結果 (D + P_{SAL} + M_{SAL} + S_d) (その 1)

評価対象設備	評価部位		応力分類	V A S		判定	荷重の組合せ	備考
				算出応力	許容応力			
				MPa	MPa			
シヤラグ	P 1	内側メイルシヤラグ	せん断応力	62	156	○	—	
			曲げ応力	70	271	○	—	
			組合せ応力	129	271	○	—	
	P 2	外側メイルシヤラグ	せん断応力	50	156	○	—	
			曲げ応力	32	271	○	—	
			組合せ応力	93	271	○	—	
	P 3	内側メイルシヤラグ接触部	支圧応力	109	369	○	—	
	P 4	外側メイルシヤラグ接触部	支圧応力	44	369	○	—	
	P 5	内側フィメイルシヤラグ	せん断応力	53	156	○	—	
			曲げ応力	29	271	○	—	
			組合せ応力	97	271	○	—	
	P 6	内側フィメイルシヤラグ リップ付根部	せん断応力	39	156	○	—	
			曲げ応力	52	271	○	—	
			組合せ応力	86	271	○	—	
	P 7	外側フィメイルシヤラグ	せん断応力	47	156	○	—	
			曲げ応力	38	271	○	—	
			組合せ応力	90	271	○	—	
	P 8	内側フィメイルシヤラグ接触部	支圧応力	109	369	○	—	
P 9	外側フィメイルシヤラグ接触部	支圧応力	44	369	○	—		

表 5-3(1) 許容応力状態 VAS に対する評価結果 (D + P_{SAL} + M_{SAL} + S_d) (その 2)

評価対象設備	評価部位		応力分類	V A S		判定	荷重の組合せ	備考	
				算出応力	許容応力				
				MPa	MPa				
シヤラグ	P 1 0	基礎ボルト	引張応力	104	454	○	—		
	P 1 1	ベースプレート	せん断応力	3	156	○	—		
			曲げ応力	57	312	○	—		
			組合せ応力	58	271	○	—		
	P 1 2	シヤプレート	せん断応力	21	156	○	—		
			曲げ応力	59	271	○	—		
			組合せ応力	70	271	○	—		
	P 1 3	コンクリート	ベースプレート部	支圧応力度	2.0	23.5	○	—	*
			シヤプレート部	支圧応力度	9.7	23.5	○	—	*
	P 1 4	内側シヤラグサポート		引張圧縮応力	82	271	○	—	
	P 1 5	シヤラグ取付部		一次膜応力 +一次曲げ応力	161	490	○	V (L) -1	
一次+二次応力				218	501	○	V (L) -1		

注記* : 単位 : N/mm²

表 5-3(2) 許容応力状態 VAS に対する評価結果 (D + P_{SALL} + M_{SALL} + S_s) (その 1)

評価対象設備	評価部位		応力分類	V A S		判定	荷重の組合せ	備考
				算出応力	許容応力			
				MPa	MPa			
シヤラグ	P 1	内側メイルシヤラグ	せん断応力	109	172	○	—	
			曲げ応力	124	298	○	—	
			組合せ応力	226	298	○	—	
	P 2	外側メイルシヤラグ	せん断応力	112	172	○	—	
			曲げ応力	89	298	○	—	
			組合せ応力	214	298	○	—	
	P 3	内側メイルシヤラグ接触部	支圧応力	191	406	○	—	
	P 4	外側メイルシヤラグ接触部	支圧応力	159	406	○	—	
	P 5	内側フィメイルシヤラグ	せん断応力	95	172	○	—	
			曲げ応力	52	298	○	—	
			組合せ応力	173	298	○	—	
	P 6	内側フィメイルシヤラグ リブ付根部	せん断応力	68	172	○	—	
			曲げ応力	94	298	○	—	
			組合せ応力	151	298	○	—	
	P 7	外側フィメイルシヤラグ	せん断応力	105	172	○	—	
			曲げ応力	118	298	○	—	
			組合せ応力	217	298	○	—	
	P 8	内側フィメイルシヤラグ接触部	支圧応力	191	406	○	—	
P 9	外側フィメイルシヤラグ接触部	支圧応力	159	406	○	—		

表 5-3(2) 許容応力状態 VAS に対する評価結果 (D + P_{SALL} + M_{SALL} + S_s) (その 2)

評価対象設備	評価部位		応力分類	V A S		判定	荷重の組合せ	備考	
				算出応力	許容応力				
				MPa	MPa				
シヤラグ	P 1 0	基礎ボルト	引張応力	276	488	○	—		
	P 1 1	ベースプレート	せん断応力	7	172	○	—		
			曲げ応力	146	344	○	—		
			組合せ応力	147	298	○	—		
	P 1 2	シヤプレート	せん断応力	46	172	○	—		
			曲げ応力	132	298	○	—		
			組合せ応力	155	298	○	—		
	P 1 3	コンクリート	ベースプレート部	支圧応力度	5.1	23.5	○	—	*
			シヤプレート部	支圧応力度	21.8	23.5	○	—	*
	P 1 4	内側シヤラグサポート		引張圧縮応力	146	298	○	—	
	P 1 5	シヤラグ取付部		一次膜応力 +一次曲げ応力	128	523	○	V (L L) -1	
一次+二次応力				399	501	○	V (L L) -1		

注記* : 単位 : N/mm²

6. 参照図書

- (1) 島根原子力発電所第2号機 第2回工事計画認可申請書
IV-3-5-3 「シヤラグの強度計算書」

VI-2-9-3 原子炉建物の耐震性についての計算書

VI-2-9-3-1-1 原子炉建物燃料取替階
ブローアウトパネルの耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	2
2.1 配置概要	2
2.2 構造概要	3
2.3 評価方針	5
2.3.1 S d 閉機能維持	5
2.3.2 S s 開機能維持	5
2.4 適用規格・基準等	6
3. S d 閉機能維持評価	7
3.1 固有周期の確認方法	7
3.1.1 水平方向	7
3.1.2 鉛直方向	7
3.2 固有周期の確認結果	7
3.3 設計用地震力	9
3.4 評価方法	10
3.4.1 地震荷重	10
3.4.2 開放荷重	10
3.5 評価結果	10
4. S s 開機能維持評価	11
4.1 取付け状況	11
4.2 層間変位の算定	12
4.3 評価結果	12

1. 概要

本計算書は、VI-1-1-7「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」のうちVI-1-1-7-別添4「ブローアウトパネル関連設備の設計方針」に基づき、原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）に設置されている燃料取替階ブローアウトパネル（以下「オペフロBOP」という。）が、弾性設計用地震動 S_d による地震力に対し開放しないこと、基準地震動 S_s による地震力に対し開放機能が維持できる構造強度を有していることを説明するものである。

オペフロBOPは、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備に分類される。

2. 一般事項

2.1 配置概要

オペフロ BOP の設置位置図を図 2-1 に示す。

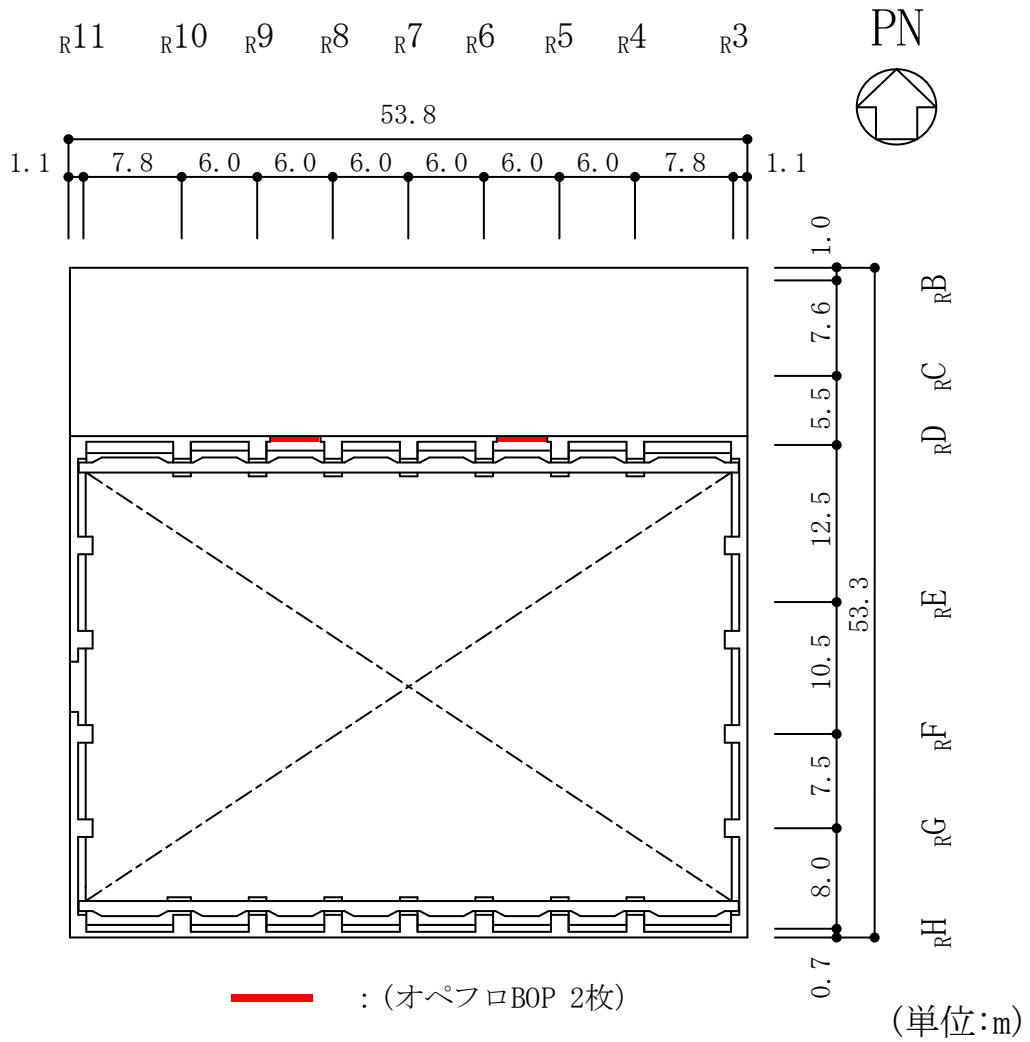


図 2-1 オペフロ BOP の設置位置図 (EL 51.7m)

2.2 構造概要

オペフロBOPは、原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の一部（地上4階中間床）に配置され、差圧により開放するパネル本体部、パネルを建物外壁内に設置する枠部及び差圧により破損するクリップ部より構成される設備である。

オペフロBOPの構造計画を表2-1に示す。

表 2-1 オペフロ BOP 構造計画

計画の概要	
支持構造	主体構造
<p>オペフロ BOP は、十分な強度を有する構造とし、原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の壁に枠部とクリップにより据付けられる。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・パネル本体部 ・枠部 <p>オペフロ BOP は、パネル本体部、パネルを原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の壁に設置する枠部より構成される設備である。</p>
材料	SS400 及び SUS304
作動方式	クリップ式（16 個）
クリップ仕様	材質 SUS304
概略構造図（単位：m）	

2.3 評価方針

オペフロBOPの地震時の構造強度及び機能維持評価は、VI-1-1-7「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」のうちVI-1-1-7-別添4「ブローアウトパネル関連設備の設計方針」に基づき、以下の評価方針とする。

オペフロBOPの評価フローを図2-2に示す。

2.3.1 S d 閉機能維持

弾性設計用地震動S dによる地震力に相当する荷重でオペフロ BOP が開放しないこと（以下「S d 閉機能維持」という。）を確認する。具体的には、モックアップ試験体の振動試験により固有振動数を計測し、弾性設計用地震動S dによる地震荷重が、オペフロ BOP の開放荷重を下回ることを確認する。

2.3.2 S s 開機能維持

基準地震動S sによる地震力に対し開放機能が維持できる構造強度を有していること（以下「S s 開機能維持」という。）を確認する。具体的には、基準地震動S sによる地震力に対し、設置箇所の原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）躯体の層間変位が、パネル本体と枠部の間隙より小さいことを確認することにより、パネル本体には支持躯体の変形に伴う地震時応力が生じず、パネル本体が開放機能を維持できることを確認する。

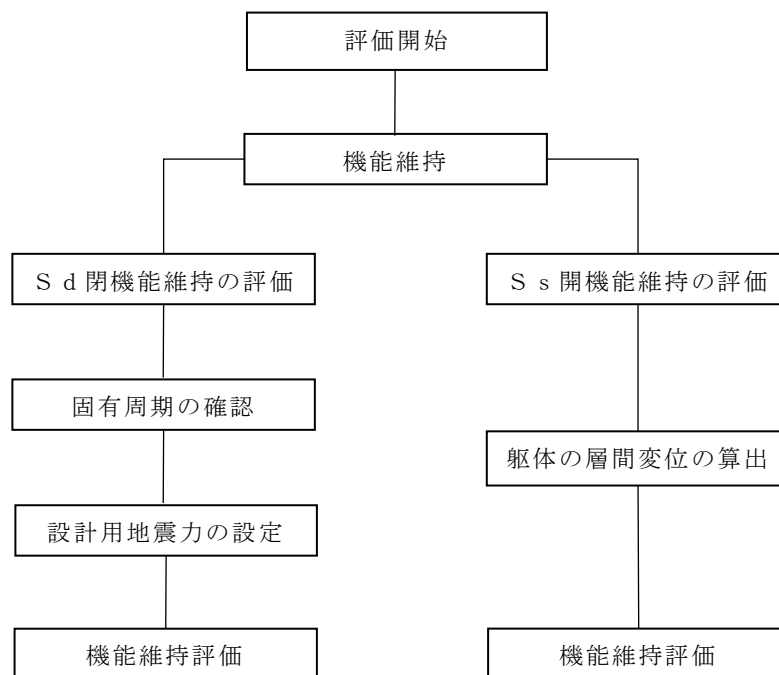


図 2-2 オペフロ BOP の評価フロー

2.4 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・ 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 ー許容応力度設計法ー ((社) 日本建築学会, 1999 改定)
- ・ 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 制定)
- ・ 鋼構造設計規準 ー許容応力度設計法ー ((社) 日本建築学会, 2005 改定)
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1・補-1984 ((社) 日本電気協会)
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1-1987 ((社) 日本電気協会)
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1-1991 追補版 ((社) 日本電気協会)

3. S d 閉機能維持評価

3.1 固有周期の確認方法

3.1.1 水平方向

オペフロ BOP の閉機能維持評価に係る面外方向（NS 方向）について固有周期を確認する。固有周期は、モックアップ試験体の振動試験にて、ゴムハンマーにより当該試験体に振動を与え、加速度を測定し、測定したパネル本体中央の加速度波形から、高速フーリエ変換により算定したフーリエスペクトルより確認する。

なお、面内方向（EW 方向）については十分な剛性を有しており閉機能維持評価に影響しないことから、固有周期の確認を省略する。

3.1.2 鉛直方向

鉛直方向は十分な剛性を有しており閉機能維持評価に影響しないことから、固有周期の確認を省略する。

3.2 固有周期の確認結果

固有周期の確認結果を表 3-1、固有振動数の測定結果を図 3-1 に、1 次、2 次振動モード図を図 3-2 に示す。面外方向（NS 方向）の 1 次固有周期は 秒（ Hz）であり、20Hz を上回ることを確認した。

表 3-1 固有周期

方向	固有振動数 (Hz)	固有周期 (s)
NS 方向	<input type="text"/>	<input type="text"/>



図 3-1 オペフロ BOP の固有振動数測定結果

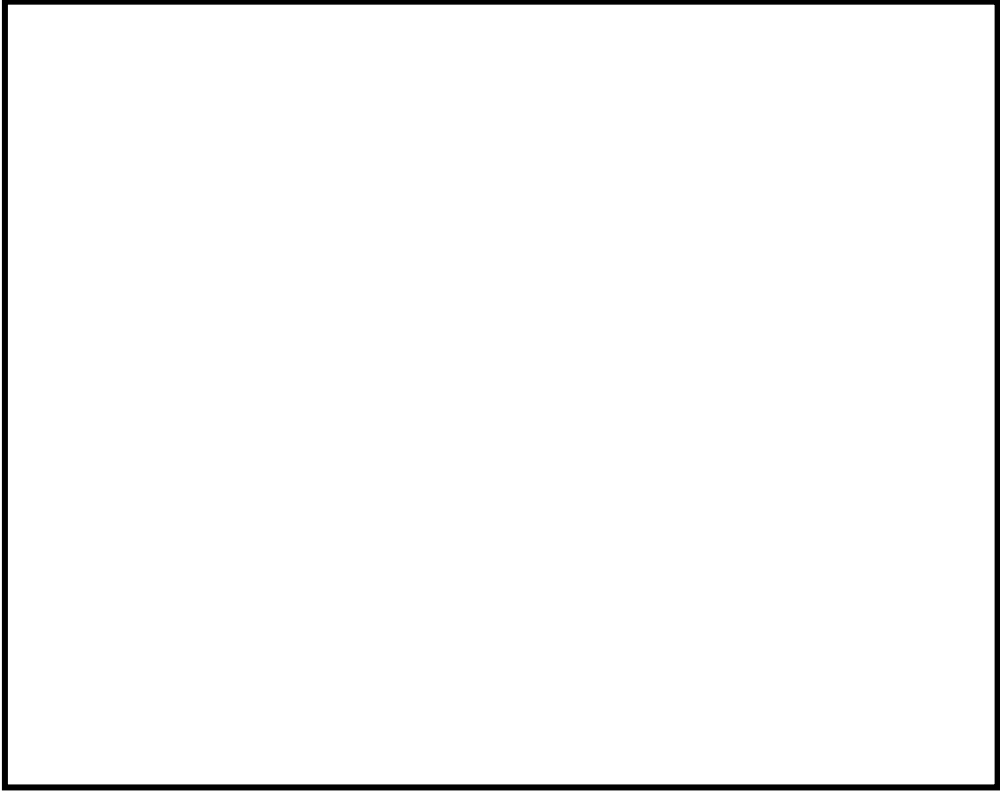


図 3-2 オペフロ BOP の振動モード図

3.3 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 3-2 に示す。

設計用地震力は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。評価に用いる震度は、保守的な評価とするためオペフロ BOP 設置階の上階 (EL 63.5 m) での値とする。

なお、オペフロ BOP を閉止するクリップは、枠部に作用する鉛直震度により応力が発生しない機構であるため、鉛直震度に対する S d 閉機能維持評価は行わない。

表 3-2 設計用地震力 (設計基準対象施設)

据付場所及び床面高さ(m)	原子炉建物 EL 63.5					
固有周期(s)	NS 方向 : * ¹ EW 方向 : 0.05 以下 鉛直 : 0.05 以下					
地震力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度			基準地震動 S s		
	水平震度		鉛直震度	水平震度		鉛直震度
	NS 方向	EW 方向		NS 方向	EW 方向	
動的地震力* ²	2.51	—	0.81	—	—	—
静的地震力* ³	1.88	—	0.24	—	—	—

注記*1 : 1 次固有周期について記載。

*2 : 設計用震度 I (1.0ZPA) 又はこれを上回る設計震度。

*3 : 静的震度 (3.0・C i 及び 1.0・C v) を示す。

3.4 評価方法

3.4.1 地震荷重

弾性設計用地震動 S_d による地震荷重は、「3.3 設計用地震力」で示した水平震度を用いて、次式により算定する。

$$F_H = W \cdot C_H \cdot g$$

F_H : 地震荷重 (N)

W : オペフロ BOP の重量 (=2000kg)

C_H : 水平震度 (=2.51)

g : 重力加速度 (=9.80665m/s²)

3.4.2 開放荷重

オペフロ BOP の開放荷重は、VI-1-1-7「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」のうちVI-1-1-7-別添 4「ブローアウトパネル関連設備の設計方針」に示す実機大モックアップ試験にて得られた開放荷重とする。

3.5 評価結果

オペフロ BOP の地震荷重と開放荷重を比較した評価結果を表 3-3 に示す。

オペフロ BOP は、弾性設計用地震動 S_d による地震力に対し、開放しないことを確認した。

表 3-3 評価結果

試験体	開放荷重 (kN)	判定値 地震荷重 (kN)	判定
試験体 1	<input type="text"/>	49.3	○
試験体 2	<input type="text"/>		○
試験体 3	<input type="text"/>		○

4. S s 開機能維持評価

4.1 取付け状況

オペフロ BOP は、クリップにより枠部に取付けられている。パネル本体と枠部の取付け状況を図 4-1 に示す。パネル本体と枠部とは上部に 50mm、左右に 30 mm の間隙がある。

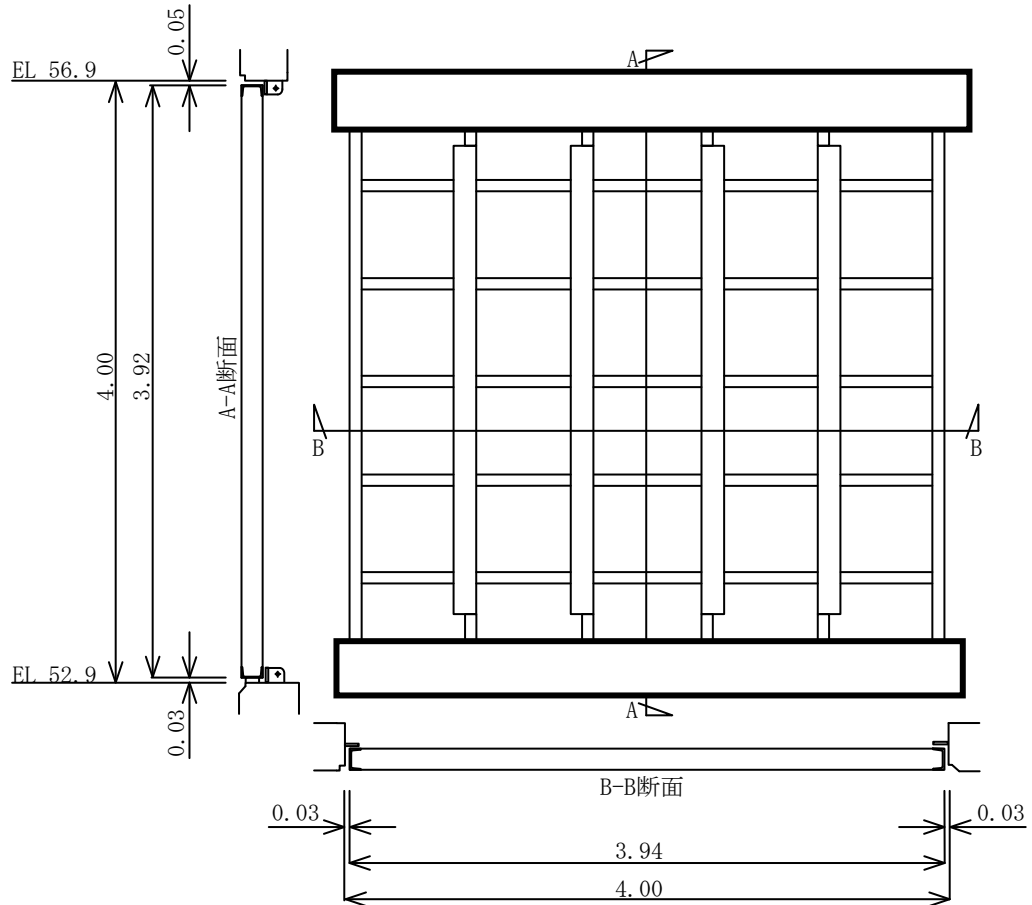


図 4-1 パネル本体と枠部の取付け状況 (単位 : m)

4.2 層間変位の算定

地震時の躯体の層間変位について図 4-2 示す。層間変位は，VI-2-2-2「原子炉建物の地震応答計算書」にて設定している耐震壁のせん断ひずみの許容限界を層間変形角として，以下の式により算定する。

$$\delta = h \cdot \theta$$

h : パネル本体の高さ (=3.92m)

θ : 層間変形角 (=2.0×10⁻³rad)

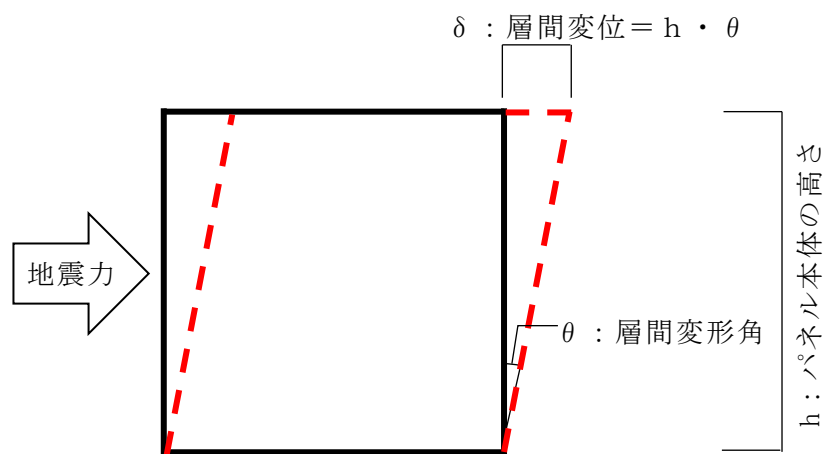


図 4-2 層間変位

4.3 評価結果

評価結果を表 4-1 に示す。躯体の層間変位は 7.84mm であり，パネル本体側面と枠部とは 30mm の間隙があることから変形に対し追従できる。以上のことから，オペフロ BOP は，基準地震動 S_s を受けたとしても開放機能に影響はないことを確認した。

表 4-1 評価結果

層間変位 (mm)	間隙 (mm)	判定
7.84	30	○

VI-2-9-3-1-2 原子炉建物主蒸気管トンネル室

ブローアウトパネルの耐震性についての計算書

目 次

1.	概要	1
2.	一般事項	2
2.1	配置概要	2
2.2	構造概要	5
2.3	評価方針	8
2.3.1	閉機能維持	9
2.3.2	開機能維持	9
2.4	適用規格・基準等	10
3.	閉機能維持評価	11
3.1	モックアップ試験による確認	11
3.2	地震応答解析による確認	12
3.2.1	固有周期の算定	12
3.2.2	設計用地震力	20
3.2.3	評価方法	21
3.2.4	評価結果	21
4.	開機能維持評価	22
4.1	取付け状況	22
4.2	層間変位の算定	23
4.3	評価結果	24

1. 概要

本計算書は、VI-1-1-7「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」のうちVI-1-1-7-別添4「ブローアウトパネル関連設備の設計方針」に基づき、原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）主蒸気管トンネル室（以下「MS トンネル室」という。）のタービン建物側等、二次格納施設境界壁に設置されている主蒸気管トンネル室ブローアウトパネル（以下「MS トンネル室 BOP」という。）が弾性設計用地震動 S_d 及び基準地震動 S_s による地震力に対し開放しないこと、基準地震動 S_s による地震力に対し開放機能が維持できる構造強度を有していることを説明するものである。

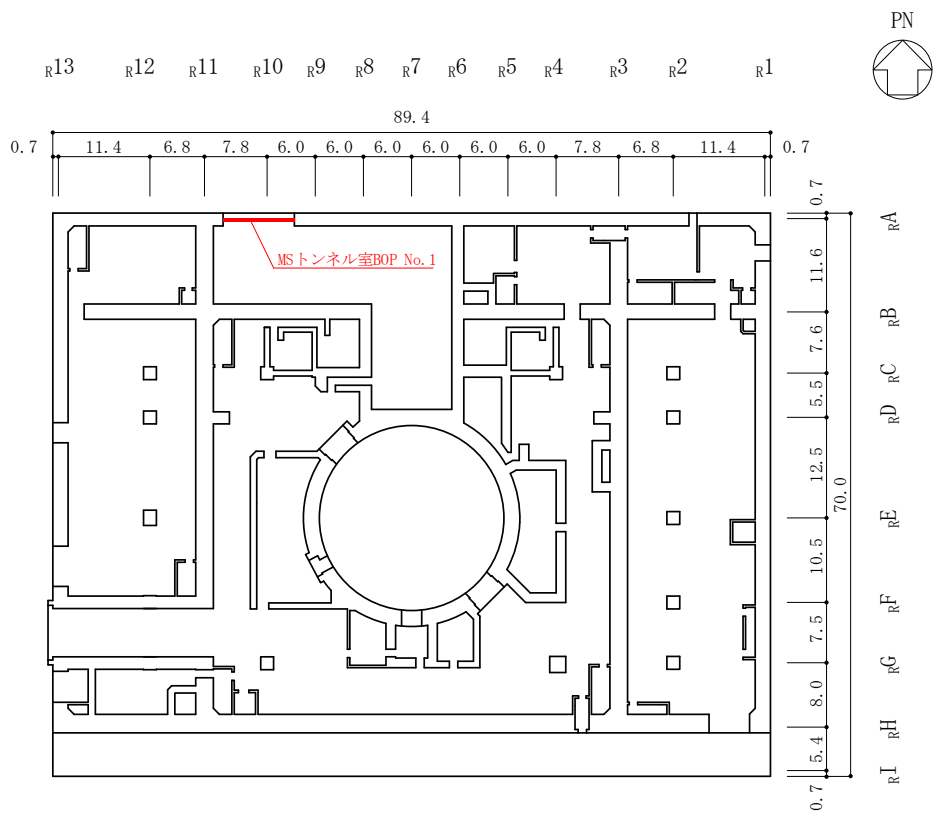
MS トンネル室 BOP は、設計基準対象施設において S クラス施設に、重大事故等対処設備においては常設重大事故緩和設備に分類される。

2. 一般事項

2.1 配置概要

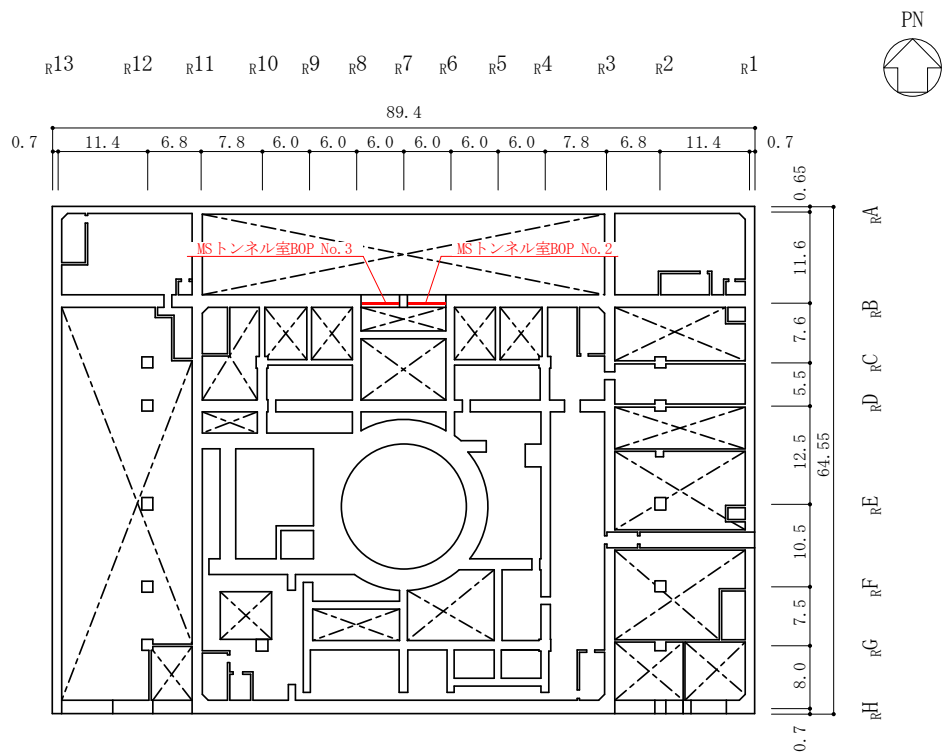
MS トンネル室 BOP は、原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の MS トンネル室タービン建物側開口部 (EL 15.3m～23.8m) の 1 箇所及び原子炉建物二次格納施設境界 (EL 23.8m～34.8m) の 2 箇所に計 3 箇所に配置されている。

MS トンネル室 BOP の設置位置平面図及び断面図を図 2-1 及び図 2-2 に示す。



(単位:m)

図 2-1(1) MS トンネル室 BOP の設置位置平面図 (EL 15.3m)



(単位:m)

図 2-1(2) MS トンネル室 BOP の設置位置平面図 (EL 30.5m)

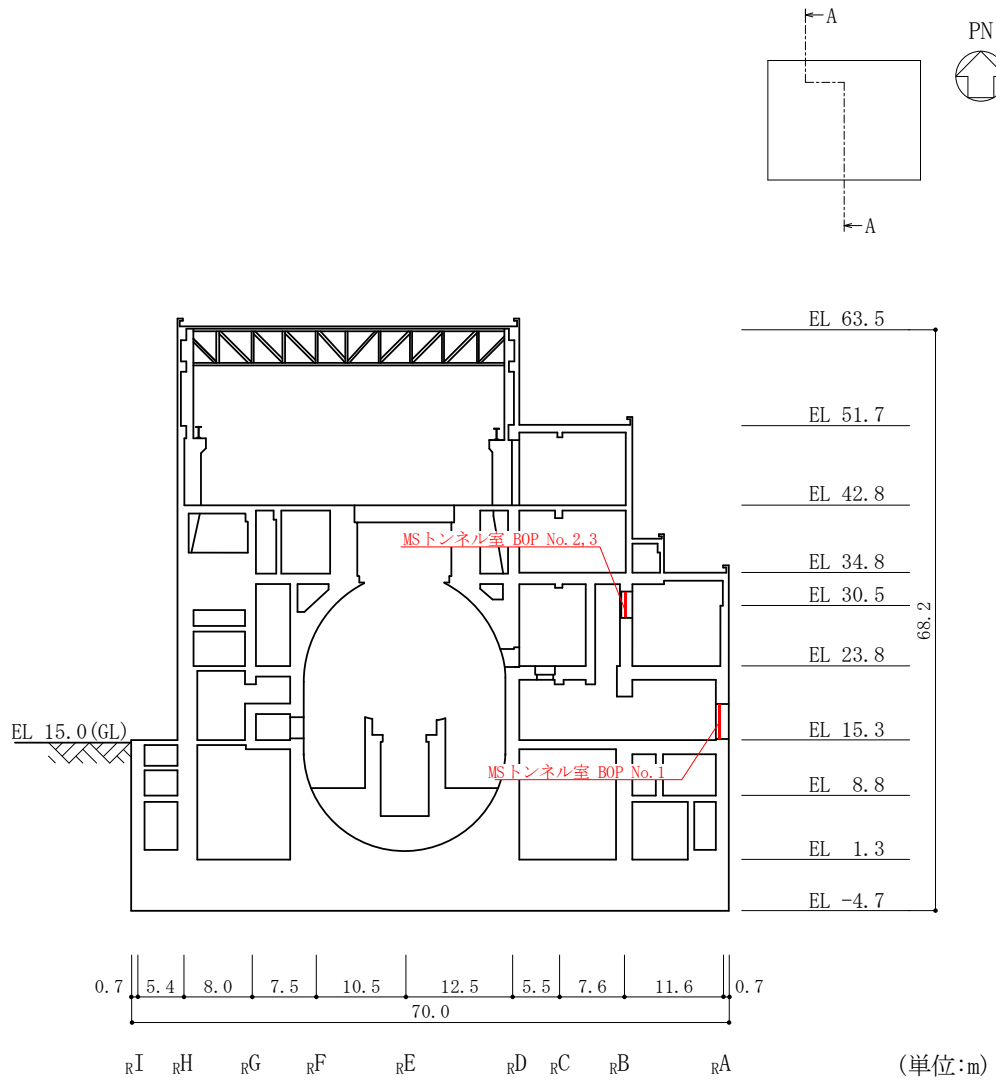


図 2-2 MS トンネル室 BOP の設置位置断面図 (A-A 断面)

2.2 構造概要

MS トンネル室 BOP は、差圧により開放するラブチャーパネル及びラブチャーパネルを MS トンネル室壁面内に設置するための枠部より構成される設備である。

MS トンネル室 BOP の構造計画を表 2-1 及び表 2-2 に示す。

表 2-1 MS トンネル室 BOP の構造計画 (ラプチャーパネル)

計画の概要	
支持構造	主体構造
MSトンネル室BOPのうちラプチャーパネルは、十分な強度を有する構造とし、取付け枠を介して枠部にボルトにより据付けられている。	<ul style="list-style-type: none"> ラプチャーパネル ラプチャーパネル及びラプチャーパネルをMSトンネル室壁面内に設置するための取付け枠より構成される設備である。
材料	A1050P
作動方式	ラプチャーパネル式
概略構造図 (単位 : m)	

表 2-2 MS トンネル室 BOP の構造計画 (枠部)

計画の概要	
支持構造	主体構造
MSトンネル室BOPのうち枠部は、十分な強度を有する構造とし、MSトンネル室壁面に支持される。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 枠部 ラプチャーパネルをMSトンネル室壁面内に設置するための枠部より構成される。
材料	SS400
概略構造図 (単位 : m)	
<p>特記なき部材は以下のとおり 水平材 : b1 鉛直材 : P1 斜材 : L1 鋼板 : PL</p> <p>(a) MSトンネル室BOP No. 1</p>	
<p>特記なき部材は以下のとおり 水平材 : B1 鉛直材 : P1</p> <p>(b) MSトンネル室BOP No. 2</p>	
<p>特記なき部材は以下のとおり 水平材 : B3 鉛直材 : P1</p> <p>(c) MSトンネル室BOP No. 3</p>	
<p>注記: ハッチング はラプチャーパネル取付範囲を示す。 ハッチング は鋼板取付範囲を示す。</p>	

2.3 評価方針

MS トンネル室 BOP の地震時の構造強度及び機能維持評価は、VI-1-1-7「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」のうちVI-1-1-7-別添4「ブローアウトパネル関連設備の設計方針」に基づき以下の評価方針とする。

MS トンネル室 BOP の評価フローを図 2-3 に示す。

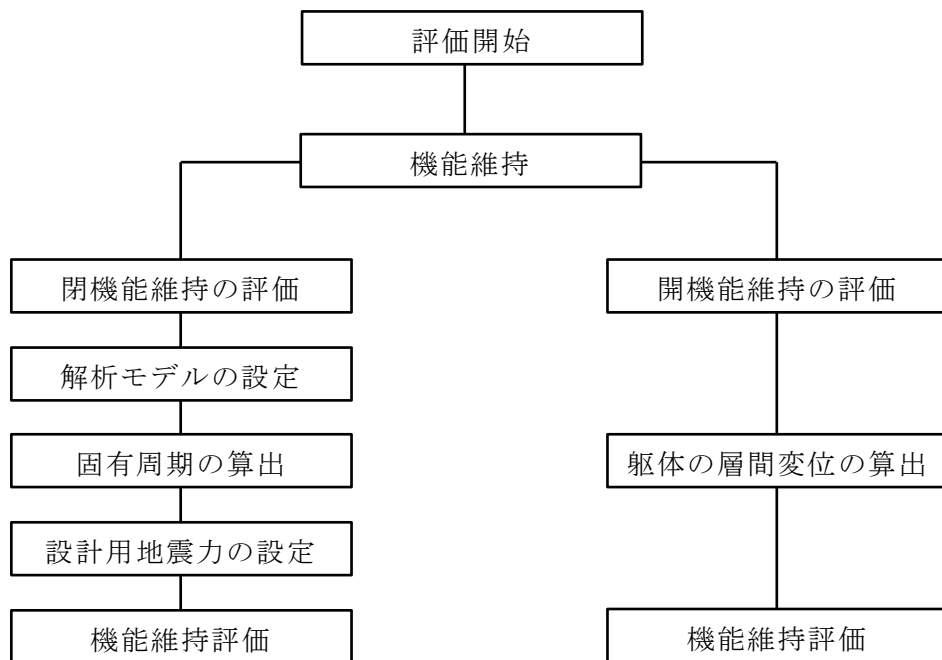


図 2-3 MS トンネル室 BOP の評価フロー

2.3.1 閉機能維持

弾性設計用地震動 S_d 及び基準地震動 S_s による地震力に対して MS トンネル室 BOP が開放しないこと（以下「閉機能維持」という。）を確認する。具体的には、弾性設計用地震動 S_d 及び基準地震動 S_s による地震荷重が、MS トンネル室 BOP の開放荷重（ 7.36kN/m^2 ）を下回ることを確認する。

2.3.2 開機能維持

基準地震動 S_s による地震力に対し開放機能が維持できる構造強度を有していること（以下「開機能維持」という。）を確認する。具体的には、基準地震動 S_s による地震力に対して、設置箇所における原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）躯体の層間変位が、取付けボルトと枠部の取付け孔の間隙より小さいことを確認することにより、ラプチャーパネルには支持躯体の変形に伴う地震時応力が生じず、ラプチャーパネルが開放機能を維持できていることを確認する。

2.4 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・ 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 改定）
- ・ 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 制定）
- ・ 鋼構造設計規準 ―許容応力度設計法― （（社）日本建築学会，2005 改定）
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984 （（社）日本電気協会）
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 （（社）日本電気協会）
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版 （（社）日本電気協会）

3. 閉機能維持評価

MS トンネル室 BOP のラブチャーパネルに作用する弾性設計用地震動 S d 及び基準地震動 S s による地震力が，設計開放荷重（7.36kN/m²）を下回ることを確認する。

3.1 モックアップ試験による確認

MS トンネル室 BOP が弾性設計用地震動 S d 及び基準地震動 S s に対して開放しないことを確認するため，VI-1-1-7「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」のうち，VI-1-1-7-別添 4「ブローアウトパネル関連設備の設計方針」に示すように加振試験を実施している。加振試験結果を表 3-1 に示す。加振試験結果の最大値は kN/m² であり，設計開放荷重（7.36kN/m²）を下回ることから，弾性設計用地震動 S d 及び基準地震動 S s では開放しない。

表 3-1 加振試験結果

試験体	測定値 (kN/m ²)	設計用開放荷重 (kN/m ²)	判定
試験体1	<input type="text"/>	7.36	○
試験体2	<input type="text"/>		○
試験体3	<input type="text"/>		○

3.2 地震応答解析による確認

3.2.1 固有周期の算定

MS トンネル室 BOP の固有値解析方法を以下に示す。固有周期は、枠部をモデル化した有限要素法（以下「FEM」という。）による固有値解析にて求める。

固有値解析に用いる FEM 解析モデルの概要を図 3-1 に、材料及び部材の諸元を表 3-2 及び表 3-3 に、部材の配置を図 3-2 に示す。

MS トンネル室 BOP 枠部は、ラプチャーパネルを支持する鉄骨部材とラプチャーパネル以外の鋼板をモデル化する。各鉄骨部材は軸、曲げ変形を考慮したはり要素としてモデル化し、鋼板はシェル要素でモデル化する。なお、ラプチャーパネルについては、重量及び剛性は軽微であるため、一部の斜材及び水平材については、枠部全体の振動性状に与える影響は軽微であるためモデル化していない。

MS トンネル室壁面に支持されている外周部接点は、並進成分（水平並びに鉛直）を固定とする。また、各部材の接合部はフランジを接合していないことから、部材端部はピン接合とする。柱・はり部材は、原子炉建物側のフランジ外面が同一平面上にあり、鋼板は原子炉建物側のフランジ面に設置されているため、モデル化にあたっては、柱・はり部材及び鋼板の偏心をオフセットとして考慮する。

解析には、解析コード「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、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

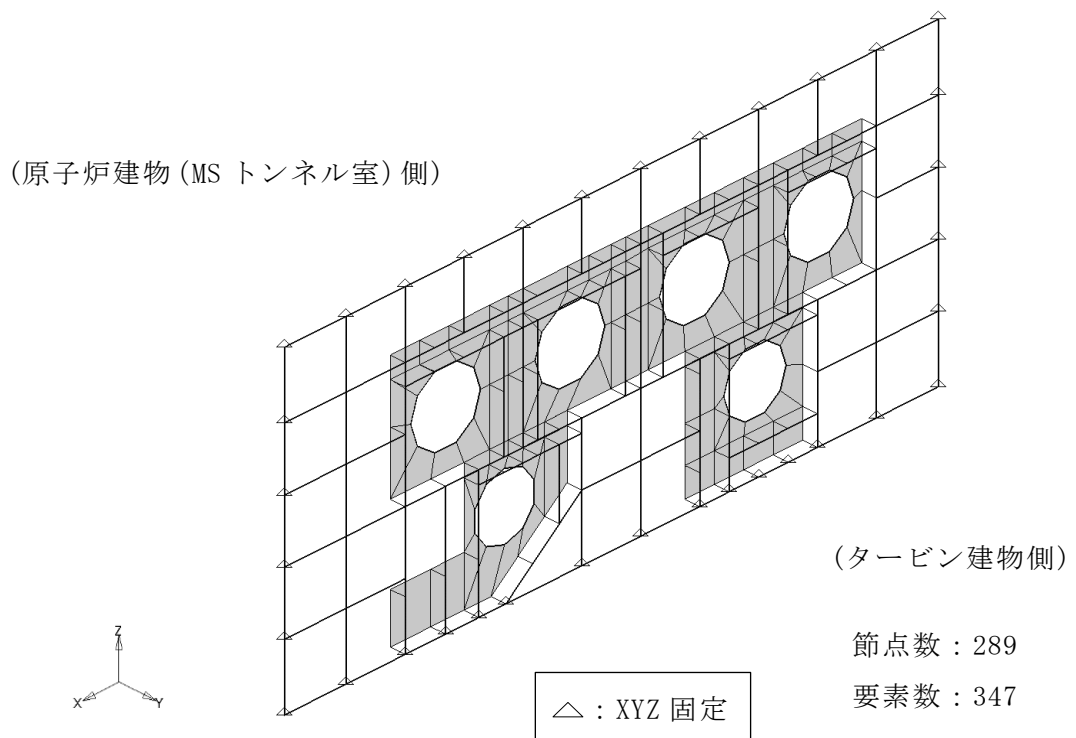


図 3-1(1) FEM 解析モデル (MS トンネル室 BOP No. 1)

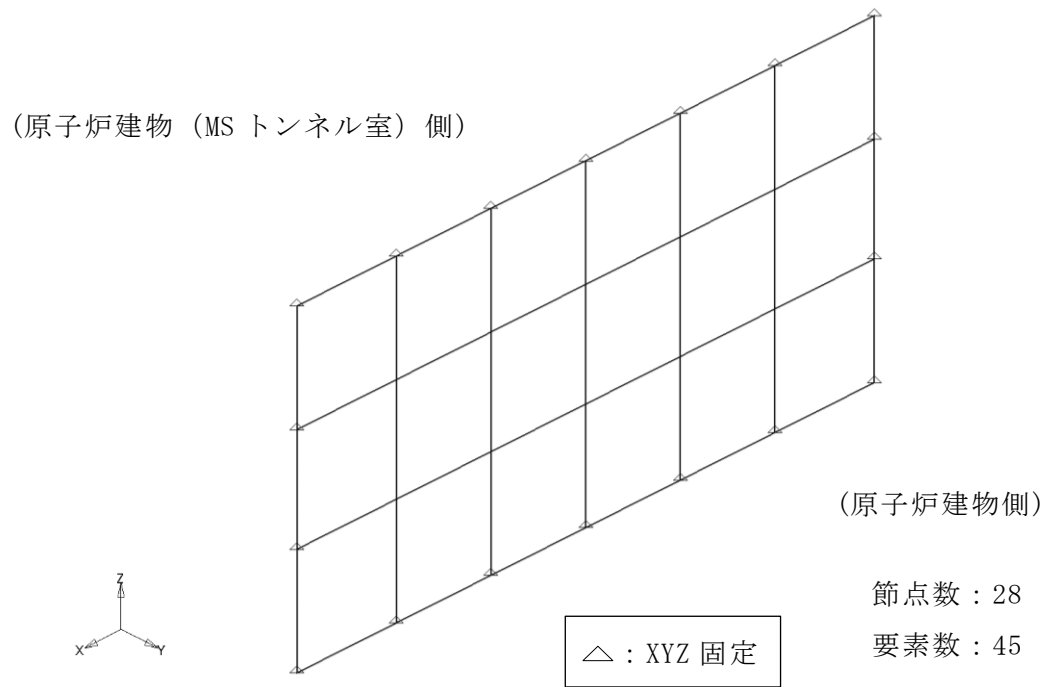


図 3-1 (2) FEM 解析モデル (MS トンネル室 BOP No. 2)

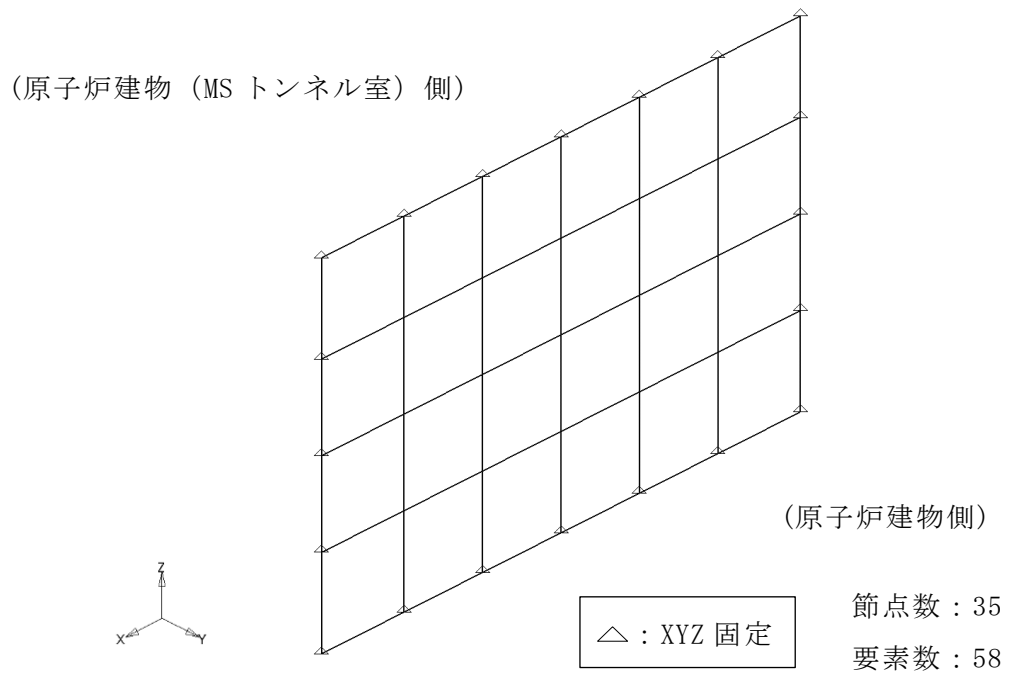


図 3-1 (3) FEM 解析モデル (MS トンネル室 BOP No. 3)

表 3-2 材料定数

項目	値
ヤング係数	205000 N/mm ²
せん断弾性係数	79000 N/mm ²

表 3-3(1) 使用部材 (MS トンネル室 BOP No. 1)

部材	使用部材
C1	BH-400×100×9×19
B1/C2	BH-300×100×6×9
B2/C3	L-300×90×11×16
b1/P1	CT-100×100×5.5×8
B3/P2	H-200×100×5.5×8
PL	PL-9

表 3-3(2) 使用部材 (MS トンネル室 BOP No. 2)

部材	使用部材
C1/B2	L-250×90×10×15
B1	H-250×125×6×9
P1	CT-100×100×5.5×8

表 3-3(3) 使用部材 (MS トンネル室 BOP No. 3)

部材	使用部材
C1/B2	L-250×90×10×15
B3	BH-300×100×6×9
P1	CT-100×100×5.5×8

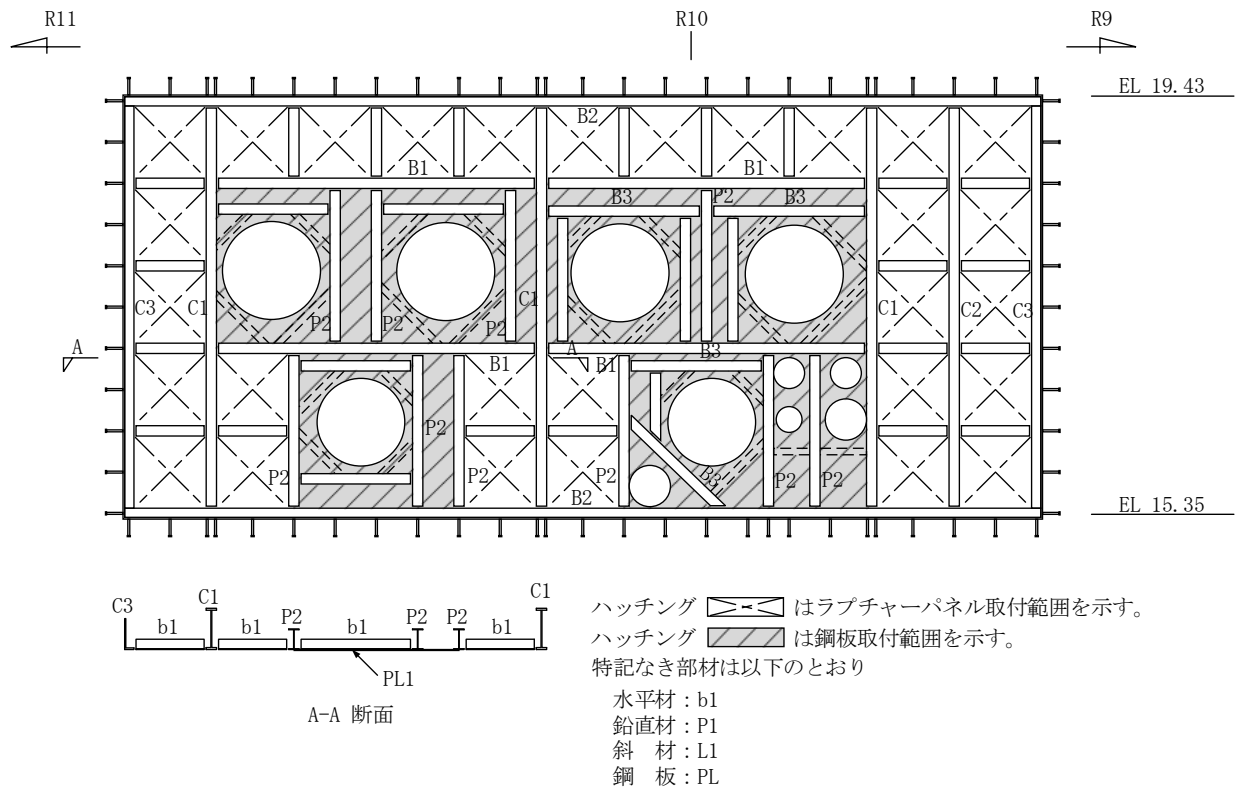


図 3-2(1) 部材の配置 (MS トンネル室 BOP No. 1) (単位：m)

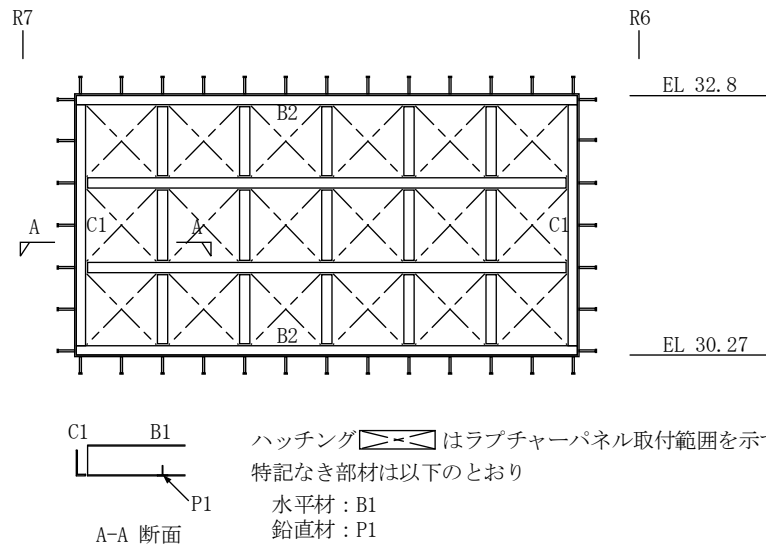


図 3-2(2) 部材の配置 (MS トンネル室 BOP No. 2) (単位：m)

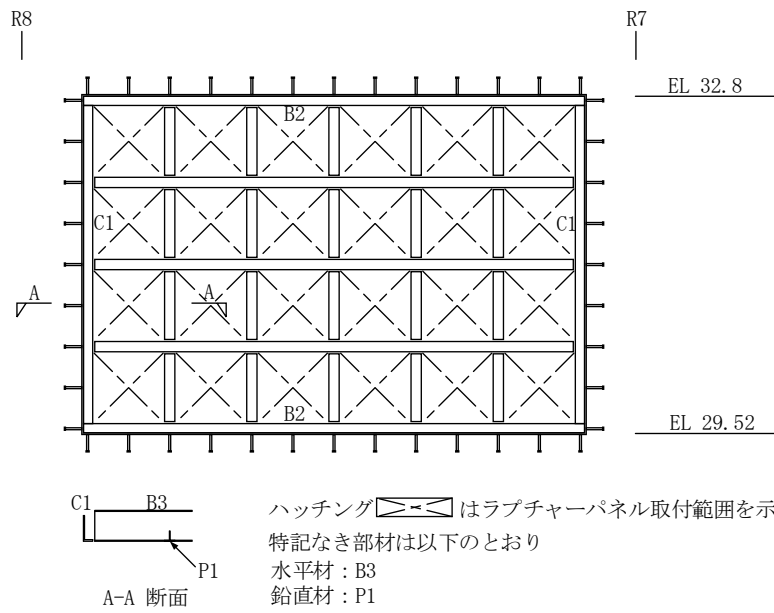


図 3-2(3) 部材の配置 (MS トンネル室 BOP No. 3) (単位：m)

固有周期の算出結果を表 3-4 に、固有モードを図 3-3 に示す。MS トンネル室 BOP の閉機能維持評価に係る面外方向 (NS 方向) の 1 次固有周期は No. 1 [] 秒 ([] Hz) , No. 2 [] 秒 ([] Hz) , No. 3 [] 秒 ([] Hz) であり、20Hz を上回ることを確認した。また、ラプチャーパネルは加振試験においてラプチャーパネル中央で計測した面外方向 (NS 方向) の 1 次固有周期は 3 体の試験体についてそれぞれ試験体 1 [] 秒 ([] Hz) , 試験体 2 [] 秒 ([] Hz) , 試験体 3 [] 秒 ([] Hz) であり、20Hz を下回ることを確認している。

なお、面内方向 (EW 方向) 及び鉛直方向については、20Hz 以上であり、十分な剛性を有していることを確認した。

表 3-4 固有値解析結果

(a) MS トンネル室 BOP No. 1

モード	卓越方向	固有周期 (s)	刺激係数*		
			X 方向 (EW 方向)	Y 方向 (NS 方向)	Z 方向 (鉛直)
1 次	水平	[]	—	1.630	—
2 次	水平	[]	—	0.270	—

(b) MS トンネル室 BOP No. 2

モード	卓越方向	固有周期 (s)	刺激係数*		
			X 方向 (EW 方向)	Y 方向 (NS 方向)	Z 方向 (鉛直)
1 次	水平	[]	—	1.479	—
2 次	水平	[]	—	0.791	—

(c) MS トンネル室 BOP No. 3

モード	卓越方向	固有周期 (s)	刺激係数*		
			X 方向 (EW 方向)	Y 方向 (NS 方向)	Z 方向 (鉛直)
1 次	水平	[]	—	1.447	—
2 次	水平	[]	—	0.333	—

注記* : モードごとに固有ベクトルの最大値を 1 に規準化して得られる刺激係数を示す。

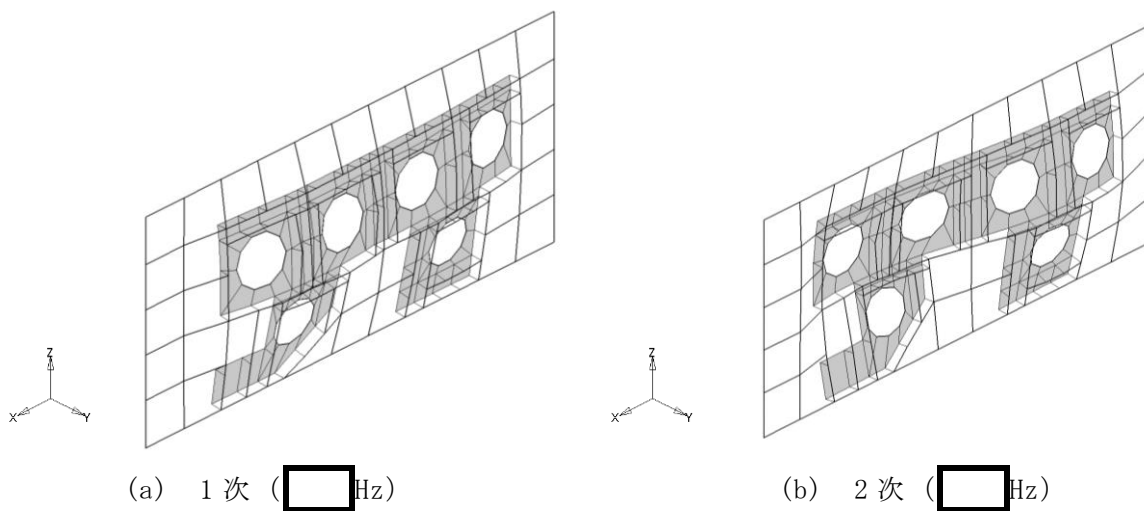


図 3-3(1) 固有モード (MS トンネル室 BOP No. 1)

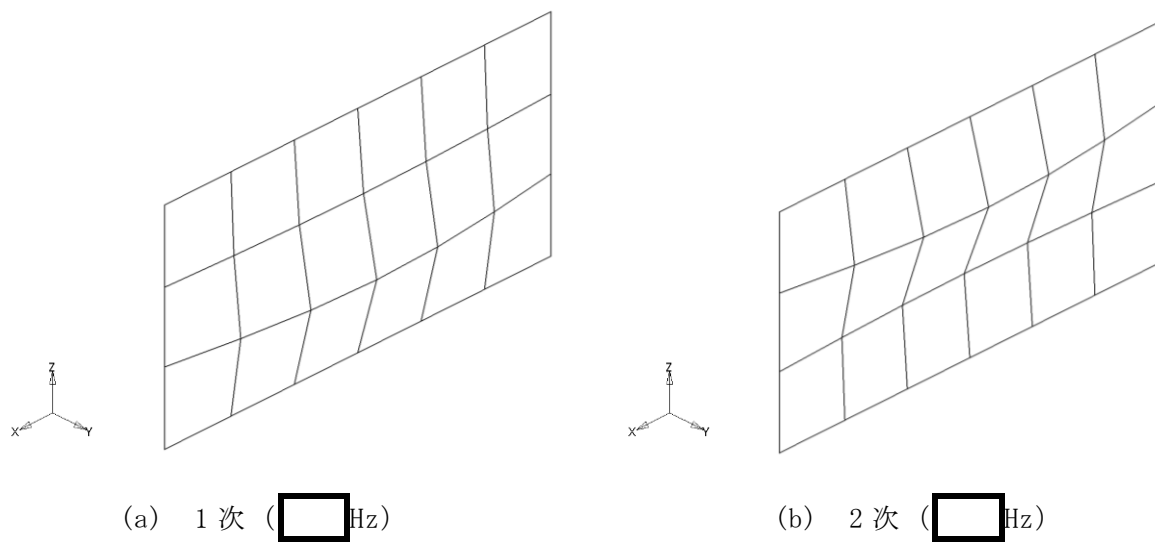


図 3-3(2) 固有モード (MS トンネル室 BOP No. 2)

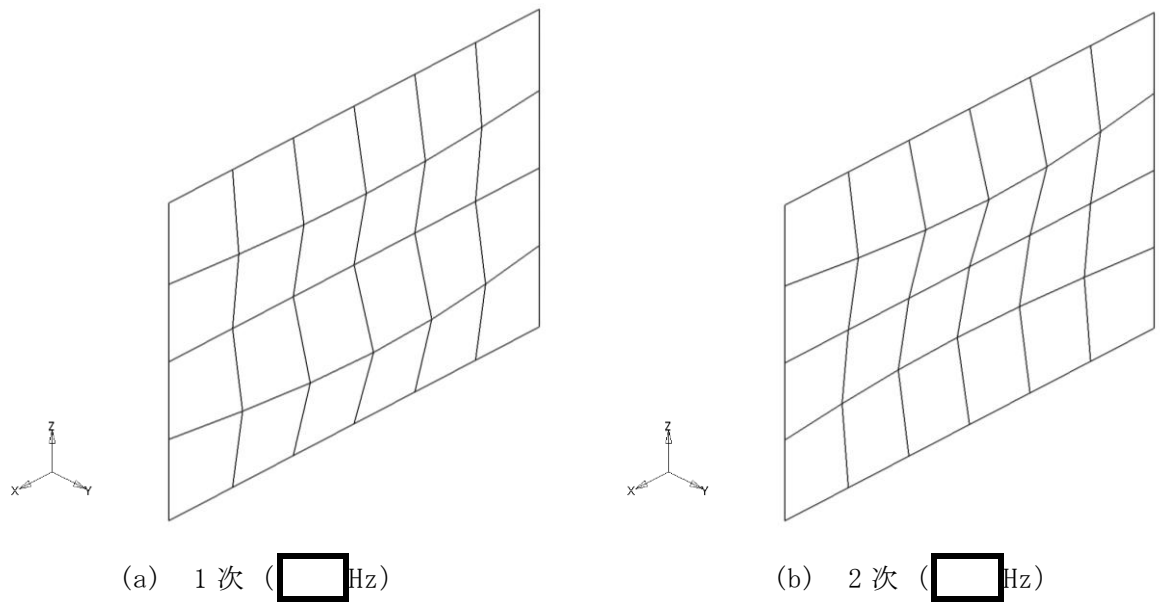


図 3-3(3) 固有モード (MS トンネル室 BOP No. 3)

3.2.2 設計用地震力

耐震評価に用いる設計用地震力を表 3-5 に示す。

設計用地震力は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。評価に用いる震度は、保守的な評価とするためそれぞれの MS トンネル室 BOP 設置上下階 (No.1 EL 15.3m~EL 23.8m, No.2 及び No.3 EL 23.8m~EL 34.8m) のうち最大となる値とする。また、ラプチャーパネルは枠部にボルト接合されるが、ラプチャーパネル自体が薄いアルミニウム板の単一材料であることから、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数 1% (溶接構造物) を用いる。

なお、ラプチャーパネルは、枠部に作用する鉛直震度により応力が発生しない機構であるため、鉛直震度に対する閉機能維持評価は行わない。

表 3-5 設計用地震力 (設計基準対象施設, 重大事故対処設備)

据付場所及び 床面高さ (m)		原子炉建物 EL 15.3~EL 34.8					
固有周期 (s)		NS方向 : <input type="text"/> *1		EW方向 : 0.05以下		鉛直 : 0.05以下	
減衰定数 (%)		NS方向 : 1.0		EW方向 : —		UD方向 : —	
地震力		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度			基準地震動 S _s		
モード	固有周期 (s)	水平震度		鉛直 震度	水平震度		鉛直 震度
		NS方向	EW方向		NS方向	EW方向	
1次	<input type="text"/> *1	—*2	—	—	25.0*3	—	—
動的地震力*4		1.06	—	—	1.17	—	—
静的地震力*5		0.78	—	—	—	—	—

注記*1 : ラプチャーパネル試験体 2 の 1 次固有周期について記載。

*2 : 基準地震動 S_s に基づく水平震度で代表する。

*3 : 設計用床応答スペクトル (S_s) より得られる水平震度に保守性を考慮して設定した震度

*4 : 設計用震度 I (1.0ZPA) を示す。

*5 : 静的震度 (3.0・C_i) を示す。

3.2.3 評価方法

(1) 地震荷重

基準地震動 S_s に基づく設計用最大応答加速度より定めた水平震度を用いて次式より算定する。

$$F_H = W \cdot C_H \cdot g$$

F_H : 地震荷重 (N/m^2)

W : ラプチャーディスクの重量 ($=0.54 \text{ kg}/m^2$)

C_H : 水平震度 ($=25.0$)

g : 重力加速度 ($=9.80665m/s^2$)

3.2.4 評価結果

MS トンネル室 BOP の地震荷重と開放荷重を比較した評価結果を表 3-6 に示す。

MS トンネル室 BOP は、基準地震動 S_s による地震力に対して開放せず、閉機能を維持できることを確認した。

表 3-6 評価結果

設備名称	地震荷重 (kN/m^2)	設計開放荷重 (kN/m^2)	判定
MS トンネル室 BOP	0.133	7.36	○

4. 開機能維持評価

4.1 取付け状況

ラプチャーパネルは、取付け枠を介して枠部にボルトで取付けられている。各部の孔径とボルト径の関係を図4-1に示す。取付けボルトはM12、枠部の孔は約 $\phi 12.5\text{mm}$ 、取付け枠の孔は約 $\phi 15\text{mm}$ であり、ボルトが孔の中心に取付けられている場合は、取付け枠孔と枠部孔とは約 1.75mm の層間変位に追従可能な間隙がある。

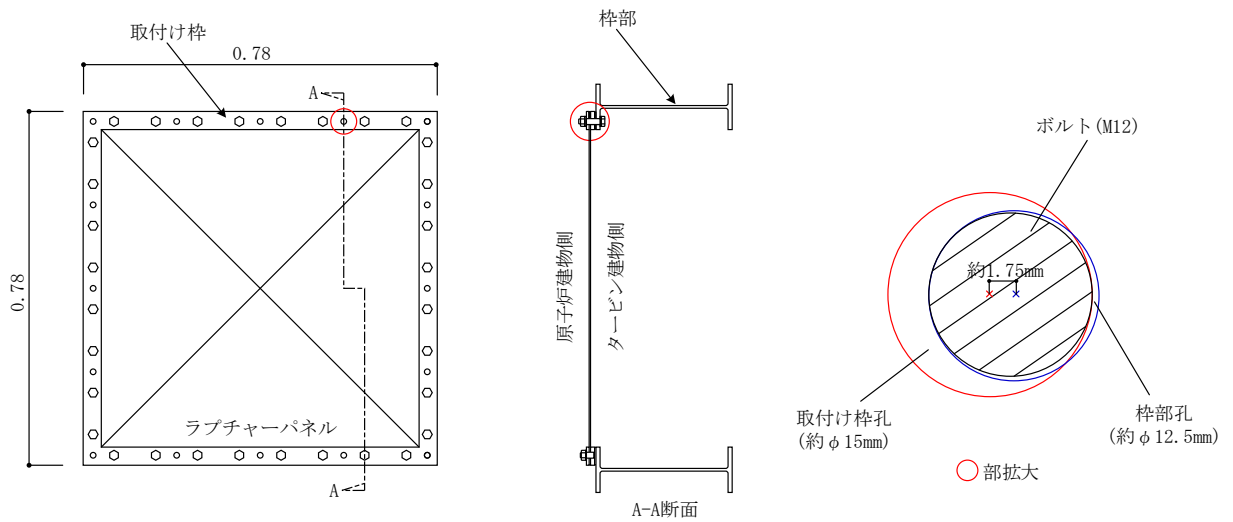


図4-1 孔径とボルト径の関係

4.2 層間変位の算定

地震時の層間変位について図 4-2 に示す。層間変位は、VI-2-2-2「原子炉建物の地震応答計算書」にて算出している耐震壁のせん断ひずみの最大値を層間変形角として、以下の式により算定する。

$$\delta = h \cdot \theta$$

h : パネル本体の高さ (=780mm)

θ : 最大せん断ひずみ* (0.504×10^{-3} rad)

注記* : 材料物性の不確かさを考慮した設置階 (EL 15.3m~EL 34.8m) の EW 方向の最大値。

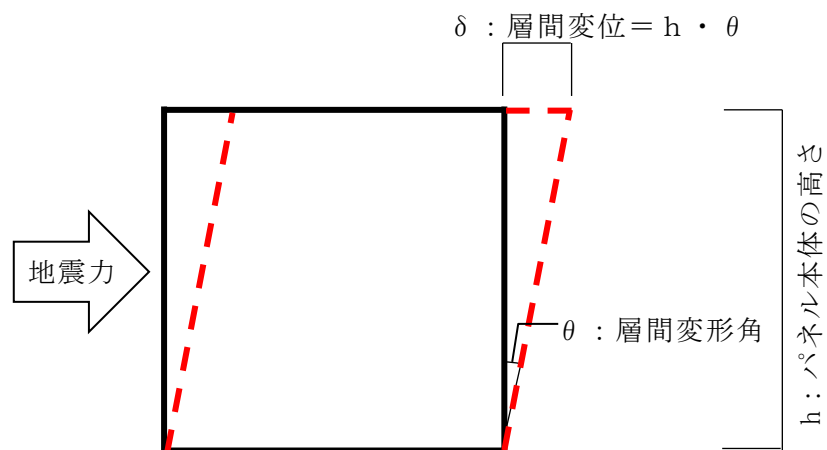


図 4-2 層間変位

4.3 評価結果

評価結果を表 4-1 に示す。躯体の層間変位は最大で 0.40mm であり，取付け枠孔と枠部孔とは約 1.75mm の間隙があることから変形に対し追従できる。以上のことから，MS トンネル室 BOP は，基準地震動 S_s を受けたとしても開放機能に影響はないことを確認した。

表 4-1 評価結果

設備名称	層間変位 (mm)	間隙 (mm)	判定
MS トンネル室 BOP	0.40	約 1.75	○

VI-2-9-4 圧力低減設備その他安全設備の耐震性についての計算書

VI-2-9-4-5 放射性物質濃度制御設備及び可燃性ガス濃度制御設備
並びに格納容器再循環設備の耐震性についての計算書

VI-2-9-4-5-1 非常用ガス処理系の耐震性についての計算書

VI-2-9-4-5-1-3 非常用ガス処理系前置ガス処理装置及び
後置ガス処理装置の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格・基準等	4
2.4 記号の説明	5
2.5 計算精度と数値の丸め方	7
3. 評価部位	8
4. 固有周期	9
4.1 固有周期の計算方法	9
4.2 固有周期の計算条件	10
4.3 固有周期の計算結果	10
5. 構造強度評価	11
5.1 構造強度評価方法	11
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	11
5.3 設計用地震力	17
5.4 計算方法	19
5.5 計算条件	22
5.6 応力の評価	22
6. 評価結果	23
6.1 設計基準対象施設としての評価結果	23
6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	23

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき、非常用ガス処理系前置ガス処理装置及び後置ガス処理装置が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、動的機能を維持できることを説明するものである。

非常用ガス処理系前置ガス処理装置及び後置ガス処理装置は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設重大事故緩和設備に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

非常用ガス処理系前置ガス処理装置及び後置ガス処理装置の構造計画を表2-1に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>非常用ガス処理系 前置ガス処理装置 及び後置ガス処理 装置は据付ボルト で架台に固定さ れ、架台は基礎ボ ルトで基礎に据え 付ける。</p>	<p>角形</p>	<p>8800 (前置) 6300 (後置)</p> <p>1300</p> <p>1900</p> <p>架台</p> <p>基礎ボルト</p> <p>据付ボルト (固定部)</p> <p>(長辺方向)</p> <p>(短辺方向)</p> <p>(単位 : mm)</p>

2.2 評価方針

非常用ガス処理系前置ガス処理装置及び後置ガス処理装置の応力評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示す非常用ガス処理系前置ガス処理装置及び後置ガス処理装置の部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 固有周期」にて算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「5. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「6. 評価結果」に示す。

非常用ガス処理系前置ガス処理装置及び後置ガス処理装置の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

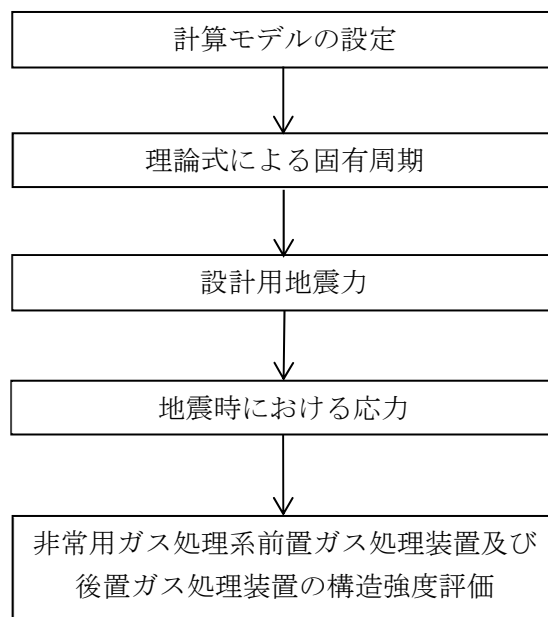


図 2-1 非常用ガス処理系前置ガス処理装置及び後置ガス処理装置の耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

本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 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補-1984
（（社）日本電気協会）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 （（社）日本電気協会）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版（（社）日本電気協会）
- ・発電用原子力設備規格 設計・建設規格（（社）日本機械学会，2005/2007）（以下「設計・建設規格」という。）

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_{bi}	ボルトの軸断面積* ¹	mm ²
A_e	有効せん断断面積	mm ²
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d_i	ボルトの呼び径* ¹	mm
E	縦弾性係数	MPa
F_i	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値* ¹	MPa
F_i^*	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値* ¹	MPa
F_{bi}	ボルトに作用する引張力 (1 本当たり) * ¹	N
f_{sbi}	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力* ¹	MPa
f_{toi}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力* ¹	MPa
f_{tsi}	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力(許容 組合せ応力)* ¹	MPa
G	せん断弾性係数	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s ²
h_i	据付面又は基礎面から重心までの距離* ²	mm
I	断面二次モーメント	mm ⁴
K_H	水平方向ばね定数	N/m
K_V	鉛直方向ばね定数	N/m
l_{1i}	重心とボルト間の水平方向距離* ¹ , * ³	mm
l_{2i}	重心とボルト間の水平方向距離* ¹ , * ³	mm
m_i	運転時質量* ²	kg
n_i	ボルトの本数* ¹	—
n_{fi}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数* ¹	—
n_{qi}	せん断力を受けるボルトの本数* ¹	—
Q_{bi}	ボルトに作用するせん断力* ¹	N
S_{ui}	設計・建設規格付録材料図表 Part5 表 9 に定める値* ¹	MPa
S_{yi}	設計・建設規格付録材料図表 Part5 表 8 に定める値* ¹	MPa
$S_{yi}(RT)$	設計・建設規格付録材料図表 Part5 表 8 に定める材料の 40°Cにおける値* ¹	MPa
T_H	水平方向固有周期	s
T_V	鉛直方向固有周期	s
π	円周率	—
σ_{bi}	ボルトに生じる引張応力* ¹	MPa
τ_{bi}	ボルトに生じるせん断応力* ¹	MPa

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

$i = 1$: 据付ボルト

$i = 2$: 基礎ボルト

*2: h_i 及び m_i の添字 i の意味は、以下のとおりとする。

$i = 1$: 据付面

$i = 2$: 基礎面

*3: $l_{1i} \leq l_{2i}$

2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表 2-2 に示すとおりである。

表 2-2 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第 4 位	四捨五入	小数点以下第 3 位
震度	—	小数点以下第 3 位	切上げ	小数点以下第 2 位
温度	°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}
断面二次モーメント	mm ⁴	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*2}
力	N	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*2}
算出応力	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
許容応力 ^{*3}	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位

注記*1：設計上定める値が小数点以下第 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 位を切捨て、整数位までの値とする。

3. 評価部位

非常用ガス処理系前置ガス処理装置及び後置ガス処理装置の耐震評価は、「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる基礎ボルト及び据付ボルトについて実施する。非常用ガス処理系前置ガス処理装置及び後置ガス処理装置の耐震評価部位については、表 2-1 の概略構造図に示す。

4. 固有周期

4.1 固有周期の計算方法

非常用ガス処理系前置ガス処理装置及び後置ガス処理装置の固有周期の計算方法を以下に示す。

(1) 計算モデル

- a. 非常用ガス処理系前置ガス処理装置及び後置ガス処理装置の質量は重心に集中するものとする。
- b. 非常用ガス処理系前置ガス処理装置及び後置ガス処理装置は架台上にあり，架台は基礎ボルトで基礎に固定されており，固定端とする。
- c. 耐震計算に用いる寸法は，公称値を使用する。
- d. 非常用ガス処理系前置ガス処理装置及び後置ガス処理装置は，図 4-1 に示す下端固定の 1 質点系振動モデルとして考える。

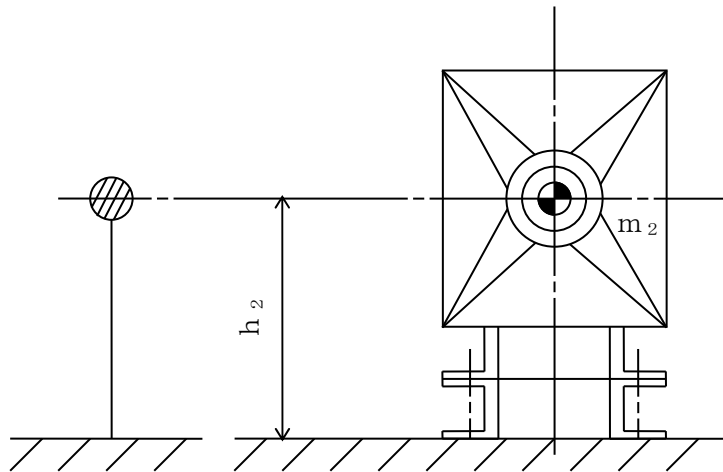


図 4-1 固有周期の計算モデル

(2) 水平方向固有周期

曲げ及びせん断変形によるばね定数Kは次式で表される。

$$K_H = \frac{1000}{\frac{h^3}{3 \cdot E \cdot I} + \frac{h}{G \cdot A_e}} \dots\dots\dots (4.1.1)$$

したがって，水平方向固有周期は次式で求める。

$$T_H = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m_2}{K_H}} \dots\dots\dots (4.1.2)$$

(3) 鉛直方向固有周期

軸方向変形によるばね定数Kは次式で表される。

$$K_v = \frac{1000}{\frac{h^2}{E \cdot A_e}} \dots\dots\dots (4.1.3)$$

したがって、鉛直方向固有周期は次式で求める。

$$T_v = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{K_v}} \dots\dots\dots (4.1.4)$$

4.2 固有周期の計算条件

固有周期の計算に用いる計算条件は、本計算書の【非常用ガス処理系前置ガス処理装置及び後置ガス処理装置の耐震性についての計算結果】の機器要目に示す。

4.3 固有周期の計算結果

非常用ガス処理系前置ガス処理装置の固有周期の計算結果を表4-1に、非常用ガス処理系後置ガス処理装置の固有周期の計算結果を表4-2に示す。計算の結果、固有周期は0.05秒以下であり、剛構造であることを確認した。

表4-1 非常用ガス処理系前置ガス処理装置の固有周期 (単位: s)

水平方向			
鉛直方向			

表4-2 非常用ガス処理系後置ガス処理装置の固有周期 (単位: s)

水平方向			
鉛直方向			

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

4.1(1)項 a.～d.のほか、次の条件で計算する。

- (1) 地震力は非常用ガス処理系前置ガス処理装置及び後置ガス処理装置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。
- (2) 転倒方向は図 5-1 及び図 5-2 における長辺方向及び短辺方向について検討し、計算書には計算結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。
- (3) 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する。
また、据付ボルトに対するせん断力は、ケーシングが長辺方向にスライドできるものとし、固定部（2本）のボルト本数のみで受けるものとする。

5.2 荷重の組合せ及び許容応力

5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

非常用ガス処理系前置ガス処理装置及び後置ガス処理装置の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 5-1 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-2 に示す。

5.2.2 許容応力

非常用ガス処理系前置ガス処理装置及び後置ガス処理装置の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 5-3 のとおりとする。

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

非常用ガス処理系前置ガス処理装置の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 5-4 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-5 に、非常用ガス処理系後置ガス処理装置の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 5-6 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-7 に示す。

表 5-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉 格納施設	放射性物質濃 度制御設備及 び可燃性ガス 濃度制御設備	非常用ガス処理系 前置ガス処理装置	S	クラス4管*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S
	並びに格納容 器再循環設備	非常用ガス処理系 後置ガス処理装置	S	クラス4管*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S

注記*：クラス4管の支持構造物を含む。

表 5-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉 格納施設	放射性物質濃 度制御設備及 び可燃性ガス 濃度制御設備 並びに格納容 器再循環設備	非常用ガス処理系 前置ガス処理装置	常設／緩和	重大事故等 クラス2管*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IVAS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS (VASとして IVASの許容限界 を用いる。)
		非常用ガス処理系 後置ガス処理装置	常設／緩和	重大事故等 クラス2管*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IVAS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS (VASとして IVASの許容限界 を用いる。)

注記*1：「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*2：重大事故等クラス2管の支持構造物を含む。

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

表 5-3 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 5-4 非常用ガス処理系前置ガス処理装置の使用材料の許容応力（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		最高使用温度				
据付ボルト	SCM435 (径≤60mm)	最高使用温度	120	672	847	—
基礎ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	66	206	385	—

注記* : SS400 相当

表 5-5 非常用ガス処理系前置ガス処理装置の使用材料の許容応力（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		最高使用温度				
据付ボルト	SCM435 (径≤60mm)	最高使用温度	120	672	847	—
基礎ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	100	194	373	—

注記* : SS400 相当

表 5-6 非常用ガス処理系後置ガス処理装置の使用材料の許容応力（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		最高使用温度				
据付ボルト	SCM435 (径≤60mm)	最高使用温度	120	672	847	—
基礎ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	66	206	385	—

注記* : SS400 相当

表 5-7 非常用ガス処理系後置ガス処理装置の使用材料の許容応力（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		最高使用温度				
据付ボルト	SCM435 (径≤60mm)	最高使用温度	120	672	847	—
基礎ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	100	194	373	—

注記* : SS400 相当

5.3 設計用地震力

非常用ガス処理系前置ガス処理装置の評価に用いる設計用地震力を表 5-8 及び表 5-9 に、非常用ガス処理系後置ガス処理装置の評価に用いる設計用地震力を表 5-10 及び表 5-11 に示す。

「弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度」及び「基準地震動 S_s」による地震力は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。

表 5-8 非常用ガス処理系前置ガス処理装置の設計用地震力（設計基準対象施設）

据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉建物 EL 34.8 ^{*1}			C _H =1.89 ^{*2}	C _V =1.16 ^{*2}	C _H =2.87 ^{*3}	C _V =1.87 ^{*3}

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 I（弾性設計用地震動 S_d）及び静的震度を上回る設計震度

*3：設計用震度 I（基準地震動 S_s）を上回る設計震度

表 5-9 非常用ガス処理系前置ガス処理装置の設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉建物 EL 34.8 ^{*1}			—	—	C _H =2.87 ^{*2}	C _V =1.87 ^{*2}

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 I（基準地震動 S_s）を上回る設計震度

表 5-10 非常用ガス処理系後置ガス処理装置の設計用地震力（設計基準対象施設）

据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉建物 EL 34.8 ^{*1}			$C_H=1.89^{*2}$	$C_V=1.16^{*2}$	$C_H=2.87^{*3}$	$C_V=1.87^{*3}$

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 I（弾性設計用地震動 S d）及び静的震度を上回る設計震度

*3：設計用震度 I（基準地震動 S s）を上回る設計震度

表 5-11 非常用ガス処理系後置ガス処理装置の設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉建物 EL 34.8 ^{*1}			—	—	$C_H=2.87^{*2}$	$C_V=1.87^{*2}$

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 I（基準地震動 S s）を上回る設計震度

5.4 計算方法

5.4.1 応力の計算方法

基礎ボルト及び据付ボルトの応力は地震による震度により作用するモーメントによって生じる引張力とせん断力について計算する。

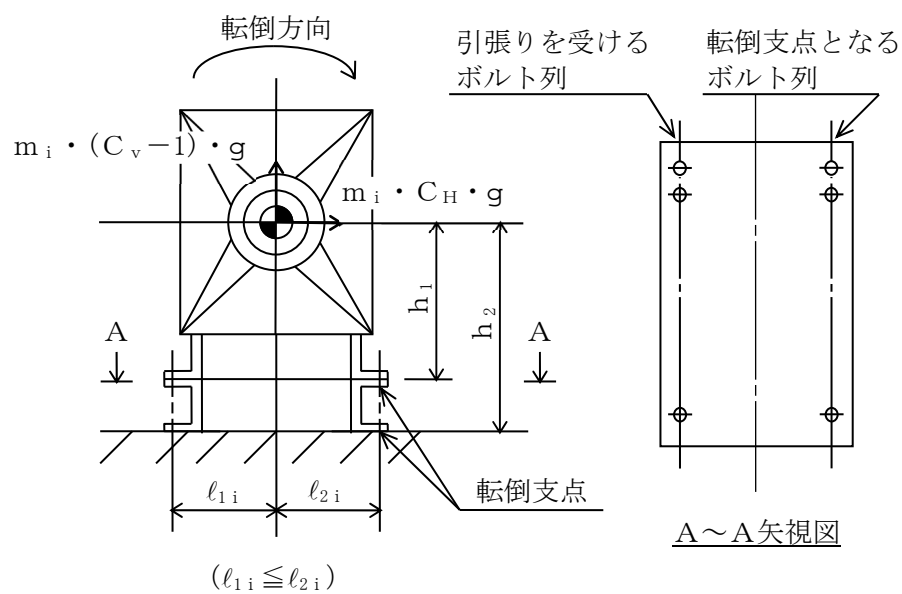


図 5-1 計算モデル (短辺方向転倒)

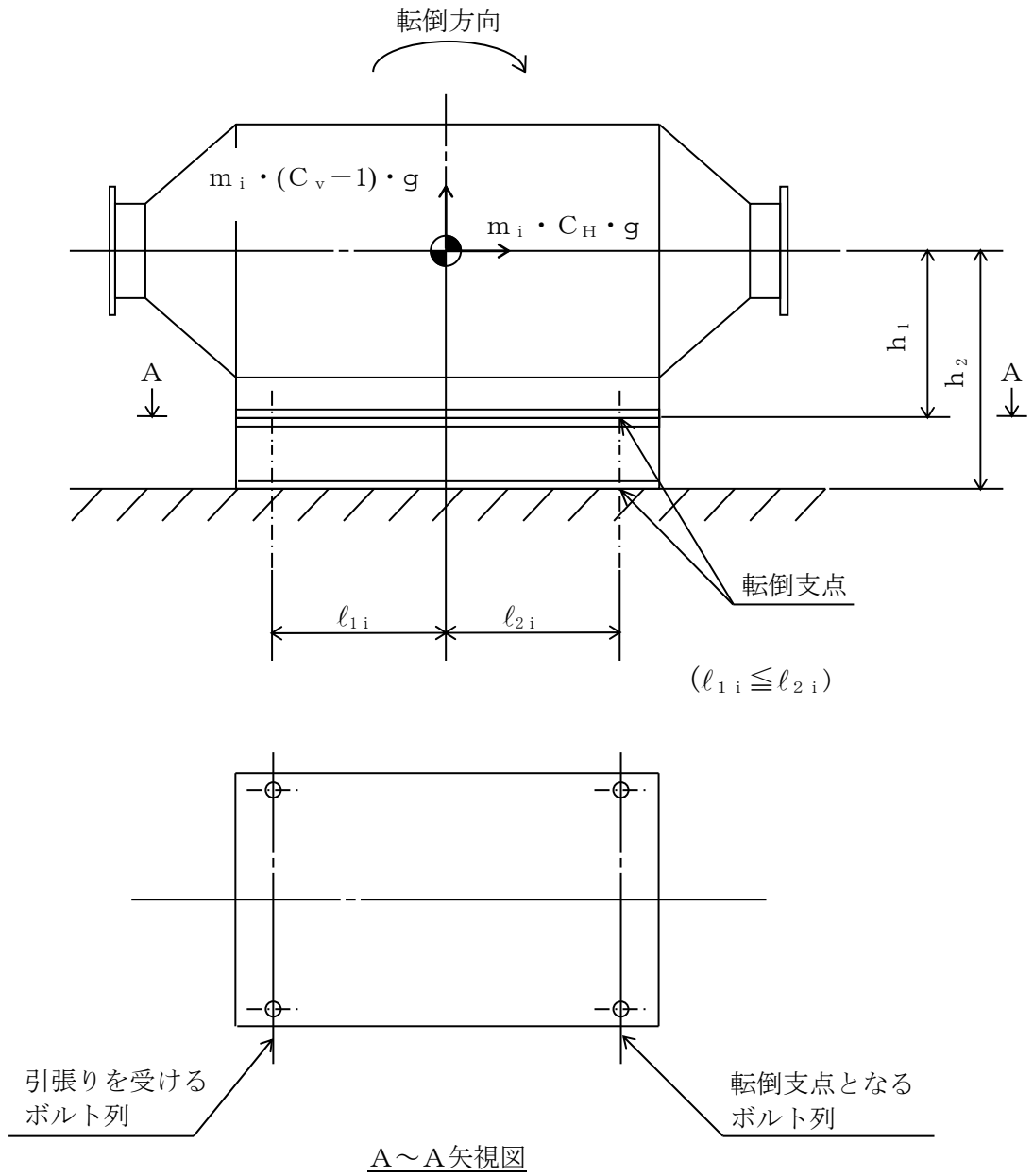


図 5-2 計算モデル (長辺方向転倒)

(1) 引張応力

ボルトに対する引張力は最も厳しい条件として、図 5-1 及び図 5-2 で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。

引張力

(SRSS法)

$$F_{bi} = \frac{m_i \cdot g \cdot \sqrt{(C_H \cdot h_i)^2 + (C_V \cdot l_{2i})^2} - m_i \cdot g \cdot l_{2i}}{n_{bi} \cdot (l_{1i} + l_{2i})} \dots\dots\dots (5.4.1.1)$$

引張応力

$$\sigma_{bi} = \frac{F_{bi}}{A_{bi}} \dots\dots\dots (5.4.1.2)$$

ここで、ボルトの軸断面積 A_{bi} は次式により求める。

$$A_{bi} = \frac{\pi}{4} \cdot d_i^2 \dots\dots\dots (5.4.1.3)$$

(2) せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は基礎ボルト全本数で受けるものとして計算する。

ただし、据付ボルトに対するせん断力は固定部（2本）のボルト本数のみで受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{bi} = m_i \cdot C_H \cdot g \dots\dots\dots (5.4.1.4)$$

せん断応力

$$\tau_{bi} = \frac{Q_{bi}}{n_{qi} \cdot A_{bi}} \dots\dots\dots (5.4.1.5)$$

5.5 計算条件

5.5.1 ボルトの応力計算条件

基礎ボルト及び据付ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【非常用ガス処理系前置ガス処理装置の耐震性についての計算結果】及び【非常用ガス処理系後置ガス処理装置の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.6 応力の評価

5.6.1 ボルトの応力の評価

5.4項で求めたボルトの引張応力 σ_{bi} は次式より求めた許容組合せ応力 f_{tsi} 以下あること。ただし、 f_{toi} は下表による。

$$f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}] \cdots \cdots (5.6.1.1)$$

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

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

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

非常用ガス処理系前置ガス処理装置及び後置ガス処理装置の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，動的機能を維持できることを確認した。

(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。

6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

非常用ガス処理系前置ガス処理装置及び後置ガス処理装置の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，動的機能を維持できることを確認した。

(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。

【非常用ガス処理系前置ガス処理装置の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度		
非常用ガス処理系前置ガス処理装置	S	原子炉建物 EL 34.8*1			C _H =1.89*2	C _V =1.16*2	C _H =2.87*3	C _V =1.87*3	120	66

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 I（弾性設計用地震動 S d）及び静的震度を上回る設計震度

*3：設計用震度 I（基準地震動 S s）を上回る設計震度

1.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	ℓ _{1i} *1 (mm)	ℓ _{2i} *1 (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	n _{f i} *1	n _{q i}
据付ボルト (i=1)							18	9 2	2
基礎ボルト (i=2)							18	9 2	18

部材	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
据付ボルト (i=1)	672*2 (径≤60mm)	847*2 (径≤60mm)	592	592	短辺方向	長辺方向
基礎ボルト (i=2)	206*3 (40mm<径≤100mm)	385*3 (40mm<径≤100mm)	206	247	短辺方向	長辺方向

E (MPa)	G (MPa)	I (mm ⁴)	A _e (mm ²)

注記*1：ボルトにおける上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

*2：最高使用温度で算出

*3：周囲環境温度で算出

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
据付ボルト (i=1)				
基礎ボルト (i=2)				

1.4 結論

1.4.1 固有周期

(単位：s)

方向	固有周期
水平方向	
鉛直方向	

1.4.2 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
据付ボルト (i=1)	SCM435	引張	$\sigma_{b1} = 31$	$f_{ts1} = 278^*$	$\sigma_{b1} = 64$	$f_{ts1} = 99^*$
		せん断	$\tau_{b1} = 215$	$f_{sb1} = 342$	$\tau_{b1} = 327$	$f_{sb1} = 342$
基礎ボルト (i=2)	SS41	引張	$\sigma_{b2} = 38$	$f_{ts2} = 154^*$	$\sigma_{b2} = 68$	$f_{ts2} = 185^*$
		せん断	$\tau_{b1} = 24$	$f_{sb2} = 118$	$\tau_{b1} = 37$	$f_{sb2} = 142$

すべて許容応力以下である。

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

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び 床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度		
非常用ガス処理系 前置ガス処理装置	常設/緩和	原子炉建物 EL 34.8 ^{*1}			—	—	C _H =2.87 ^{*2}	C _V =1.87 ^{*2}	120	100

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 I（基準地震動 S_s）を上回る設計震度

2.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	ℓ _{1i} ^{*1} (mm)	ℓ _{2i} ^{*1} (mm)	d _i (mm)	A _{bi} (mm ²)	n _i	n _{fi} ^{*1}	n _{qi}
据付ボルト (i=1)							18	9 2	2
基礎ボルト (i=2)							18	9 2	18

部材	S _{yi} (MPa)	S _{ui} (MPa)	F _i (MPa)	F _i [*] (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用 地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
据付ボルト (i=1)	672 ^{*2} (径≤60mm)	847 ^{*2} (径≤60mm)	—	592	—	長辺方向
基礎ボルト (i=2)	194 ^{*3} (40mm<径≤100mm)	373 ^{*3}	—	232	—	長辺方向

E (MPa)	G (MPa)	I (mm ⁴)	A _e (mm ²)

注記*1：ボルトにおける上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

*2：最高使用温度で算出

*3：周囲環境温度で算出

2.3 計算数値9.9

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
据付ボルト (i=1)				
基礎ボルト (i=2)				

2.4 結論

2.4.1 固有周期

(単位：s)

方向	固有周期
水平方向	
鉛直方向	

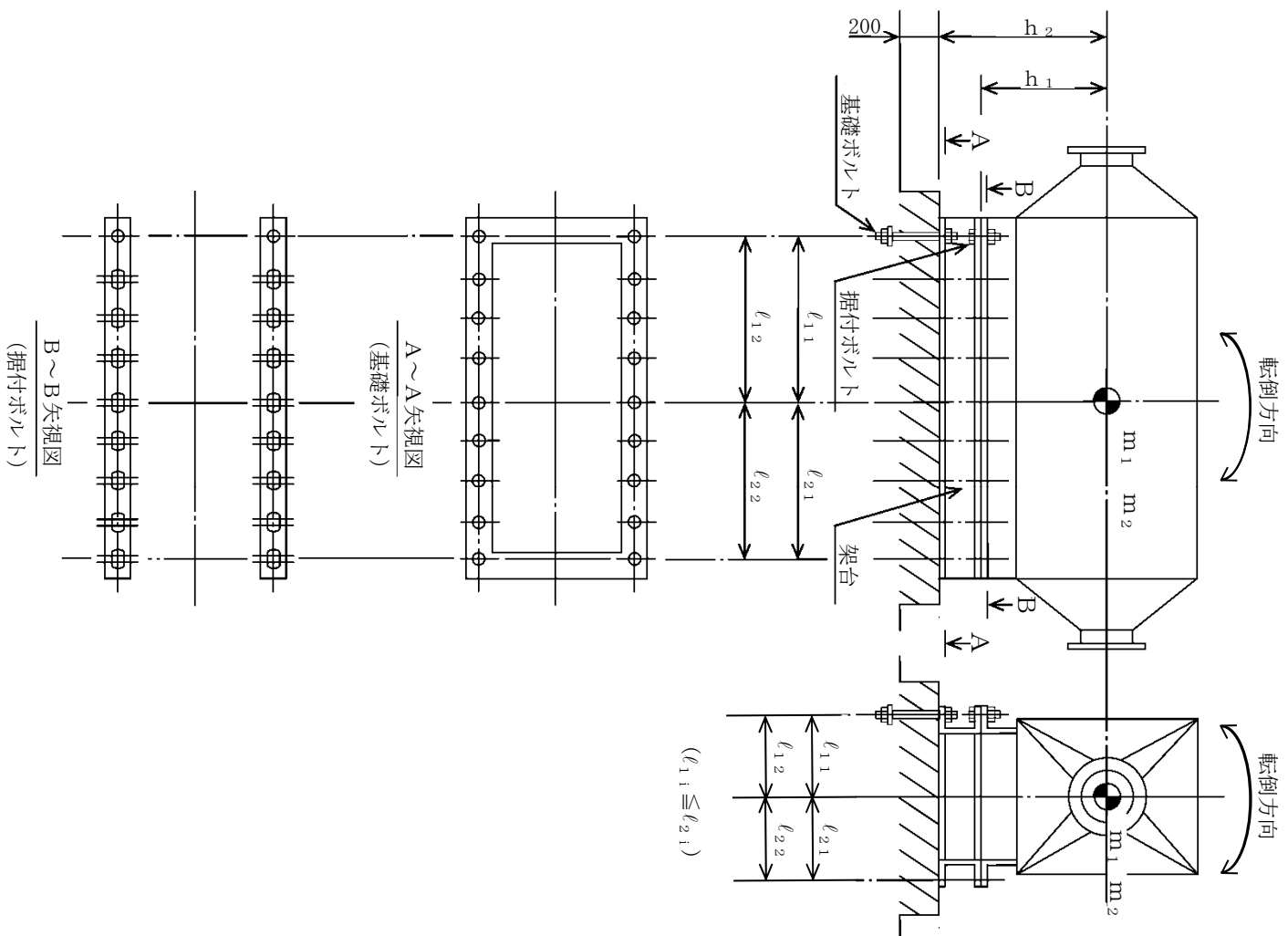
2.4.2 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
据付ボルト (i=1)	SCM435	引張	—	—	$\sigma_{b1} = 64$	$f_{ts1} = 99^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1} = 327$	$f_{sb1} = 342$
基礎ボルト (i=2)	SS41	引張	—	—	$\sigma_{b2} = 68$	$f_{ts2} = 174^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2} = 37$	$f_{sb2} = 134$

すべて許容応力以下である。

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



【非常用ガス処理系後置ガス処理装置の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度		
非常用ガス処理系後置ガス処理装置	S	原子炉建物 EL 34.8 ^{*1}			C _H =1.89 ^{*2}	C _V =1.16 ^{*2}	C _H =2.87 ^{*3}	C _V =1.87 ^{*3}	120	66

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 I（弾性設計用地震動 S_d）及び静的震度を上回る設計震度

*3：設計用震度 I（基準地震動 S_s）を上回る設計震度

1.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	ℓ _{1i} ^{*1} (mm)	ℓ _{2i} ^{*1} (mm)	d _i (mm)	Δb _i (mm ²)	n _i	n _{f_i} ^{*1}	n _{q_i}
据付ボルト (i=1)							12	6 2	2
基礎ボルト (i=2)							12	6 2	12

部材	S _{y_i} (MPa)	S _{u_i} (MPa)	F _i (MPa)	F _i [*] (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
据付ボルト (i=1) (径≦60mm)	672 ^{*2}	847 ^{*2}	592	592	短辺方向	長辺方向
基礎ボルト (i=2) (40mm<径≦100mm)	206 ^{*3}	385 ^{*3}	206	247	短辺方向	短辺方向

E (MPa)	G (MPa)	I (mm ⁴)	A _e (mm ²)

注記*1：ボルトにおける上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

*2：最高使用温度で算出

*3：周囲環境温度で算出

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
据付ボルト (i=1)				
基礎ボルト (i=2)				

1.4 結論

1.4.1 固有周期

(単位：s)

方向	固有周期
水平方向	
鉛直方向	

1.4.2 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
据付ボルト (i=1)	SCM435	引張	$\sigma_{b1} = 37$	$f_{ts1} = 350^*$	$\sigma_{b1} = 65$	$f_{ts1} = 209^*$
		せん断	$\tau_{b1} = 170$	$f_{sb1} = 342$	$\tau_{b1} = 259$	$f_{sb1} = 342$
基礎ボルト (i=2)	SS41	引張	$\sigma_{b2} = 45$	$f_{ts2} = 154^*$	$\sigma_{b2} = 76$	$f_{ts2} = 185^*$
		せん断	$\tau_{b2} = 29$	$f_{sb2} = 118$	$\tau_{b2} = 43$	$f_{sb2} = 142$

すべて許容応力以下である。

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

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度		
非常用ガス処理系後置ガス処理装置	常設/緩和	原子炉建物 EL 34.8*1			—	—	C _H =2.87*2	C _V =1.87*2	120	100

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 I（基準地震動 S s）を上回る設計震度

2.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	ℓ _{1i} *1 (mm)	ℓ _{2i} *1 (mm)	d _i (mm)	Λ _{bi} (mm ²)	n _i	n _{fi} *1	n _{qi}
据付ボルト (i=1)							12	6 2	2
基礎ボルト (i=2)							12	6 2	12

31

部材	S _{yi} (MPa)	S _{ui} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
据付ボルト (i=1)	672*2 (径≦60mm)	847*2 (径≦60mm)	—	592	—	長辺方向
基礎ボルト (i=2)	194*3 (40mm<径≦100mm)	373*3	—	232	—	短辺方向

E (MPa)	G (MPa)	I (mm ⁴)	A _e (mm ²)

注記*1：ボルトにおける上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

*2：最高使用温度で算出

*3：周囲環境温度で算出

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
据付ボルト (i=1)				
基礎ボルト (i=2)				

2.4 結論

2.4.1 固有周期

(単位：s)

方向	固有周期
水平方向	
鉛直方向	

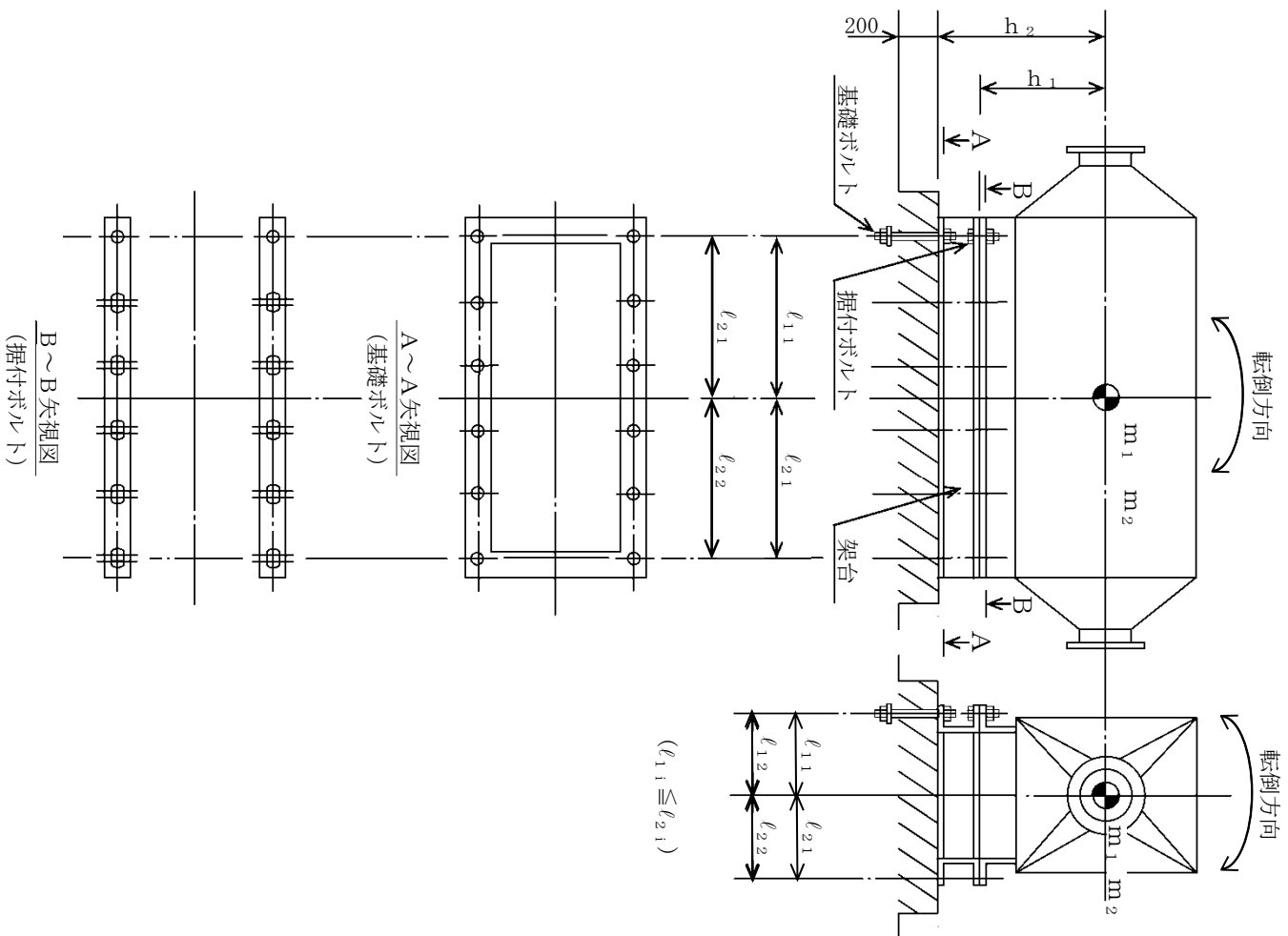
2.4.2 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
据付ボルト (i=1)	SCM435	引張	—	—	$\sigma_{b1} = 65$	$f_{ts1} = 209^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1} = 259$	$f_{sb1} = 342$
基礎ボルト (i=2)	SS41	引張	—	—	$\sigma_{b2} = 76$	$f_{ts2} = 174^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2} = 43$	$f_{sb2} = 134$

すべて許容応力以下である。

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



VI-2-9-4-5-3 原子炉建物水素濃度抑制設備の耐震性についての
計算書

VI-2-9-4-5-3-1 静的触媒式水素処理装置の
耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	5
2.3 適用規格・基準等	6
2.4 記号の説明	7
2.5 計算精度と数値の丸め方	9
3. 評価部位	10
4. 地震応答解析及び構造強度評価	10
4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法	10
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	11
4.3 解析モデル及び諸元	15
4.4 固有周期	18
4.5 設計用地震力	20
4.6 計算方法	21
4.7 計算条件	26
4.8 応力の評価	26
5. 評価結果	27
5.1 重大事故等対処設備としての評価結果	27

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、静的触媒式水素処理装置が設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

静的触媒式水素処理装置は、重大事故等対処設備においては常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

静的触媒式水素処理装置の構造計画を表2-1から表2-3に示す。静的触媒式水素処理装置は、形状の異なる3種類の架台形状があり、1つの架台につき、静的触媒式水素処理装置本体を1台から3台取り付けている。

表 2-1 構造計画

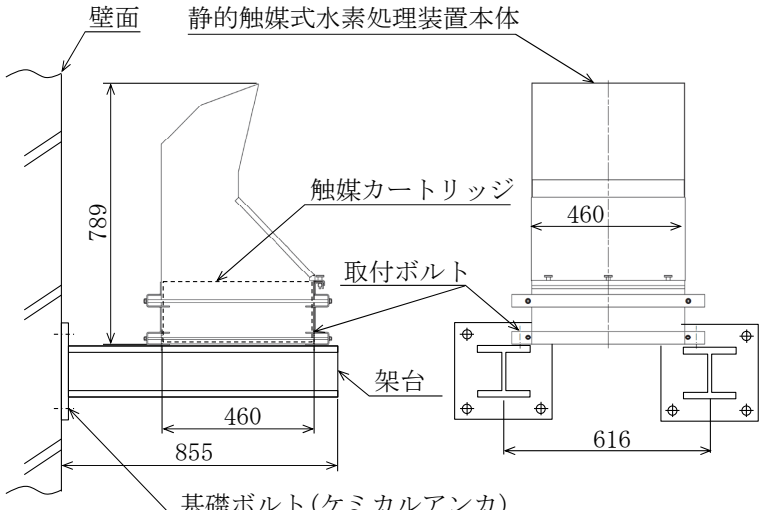
計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>静的触媒式水素処理装置本体はそれぞれ取付ボルト4本で架台に固定する。</p> <p>取付ボルトは熱膨張を逃がす構造となっている。</p> <p>架台はプレートを通じて基礎ボルトにて壁面に固定する。</p> <p>1つの架台につき静的触媒式水素処理装置本体1台を取り付ける。</p>	<p>触媒反応式（鋼板を角形に組み立てたハウジングの内部に触媒カートリッジを装荷した構造である。）</p>	 <p style="text-align: center;">静的触媒式水素処理装置（その1）</p> <p style="text-align: right;">（単位：mm）</p>

表 2-2 構造計画

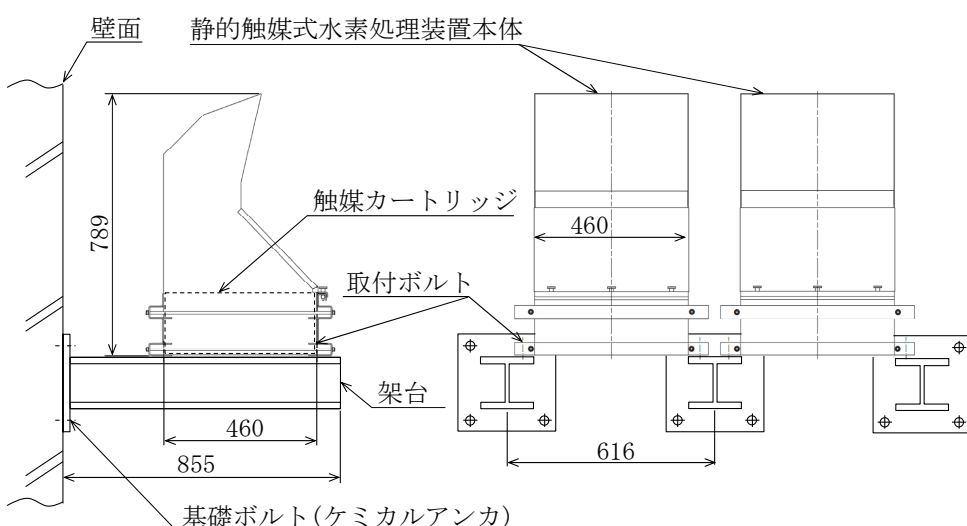
計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>静的触媒式水素処理装置本体はそれぞれ取付ボルト4本で架台に固定する。</p> <p>取付ボルトは熱膨張を逃がす構造となっている。</p> <p>架台はプレートを通じて基礎ボルトにて壁面に固定する。</p> <p>1つの架台につき静的触媒式水素処理装置本体2台を取り付ける。</p>	<p>触媒反応式（鋼板を角形に組み立てたハウジングの内部に触媒カートリッジを装荷した構造である。）</p>	 <p style="text-align: center;">静的触媒式水素処理装置（その2）</p> <p style="text-align: right;">（単位：mm）</p>

表 2-3 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>静的触媒式水素処理装置本体はそれぞれ取付ボルト 4 本で架台に固定する。 取付ボルトは熱膨張を逃がす構造となっている。 架台はプレートを通じて基礎ボルトにて壁面に固定する。 1つの架台につき静的触媒式水素処理装置本体3台を取り付ける。</p>	<p>触媒反応式（鋼板を角形に組み立てたハウジングの内部に触媒カートリッジを装荷した構造である。）</p>	
		<p>静的触媒式水素処理装置（その3）</p>
		<p>(単位：mm)</p>

2.2 評価方針

静的触媒式水素処理装置の応力評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示す静的触媒式水素処理装置の部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4.3 解析モデル及び諸元」及び「4.4 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「4. 地震応答解析及び構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5. 評価結果」に示す。

静的触媒式水素処理装置の耐震評価フローを図2-1に示す。



図 2-1 静的触媒式水素処理装置の耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

本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 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984
（（社）日本電気協会）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 （（社）日本電気協会）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版（（社）日本電気協会）
- ・発電用原子力設備規格 設計・建設規格（（社）日本機械学会，2005/2007）（以下「設計・建設規格」という。）

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_{b1}	取付ボルトの軸断面積	mm^2
A_{b2}	基礎ボルトの軸断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d_1	取付ボルトの呼び径	mm
d_2	基礎ボルトの呼び径	mm
E	静的触媒式水素処理装置本体の縦弾性係数	MPa
E_s	架台の縦弾性係数	MPa
F^*	設計・建設規格 SSB-3121.3又はSSB-3133に定める値	MPa
F_{bp}	取付ボルトに作用する引張力	N
F_x	架台に作用する力 (X方向)	N
F_y	架台に作用する力 (Y方向)	N
F_z	架台に作用する力 (Z方向)	N
f_{sb}	ボルトの許容せん断応力	MPa
f_{tm}	静的触媒式水素処理装置本体及び架台の許容引張応力	MPa
f_{to}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力	MPa
f_{ts}	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力 (許容組合せ応力)	MPa
m_o	静的触媒式水素処理装置本体1台あたりの質量	kg
m_{o1}	架台を含めた全体の質量	kg
ℓ_1, ℓ_2	基礎ボルト間距離	mm
M_x	架台に作用するモーメント (X軸周り)	$\text{N}\cdot\text{mm}$
M_y	架台に作用するモーメント (Y軸周り)	$\text{N}\cdot\text{mm}$
M_z	架台に作用するモーメント (Z軸周り)	$\text{N}\cdot\text{mm}$
n_1	せん断力を受ける取付ボルトの本数	—
n_2	せん断力を受ける基礎ボルトの本数	—
n_{f1}	引張力を受ける取付ボルトの本数	—
n_{f2}	架台に作用する力 (F_x) により引張力を受ける基礎ボルトの本数	—
n_{f3}	架台に作用するモーメント (M_y, M_z) により引張力を受ける基礎ボルトの本数	—
Q_{bp}	取付ボルトに作用するせん断力	N
S_u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa
$S_y (RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料の40℃における値	MPa

記号	記号の説明	単位
T	温度条件	°C
ν	ポアソン比	—
$\sigma_{b a}$	基礎ボルトに作用する引張応力	MPa
$\sigma_{b p}$	取付ボルトに作用する引張応力	MPa
σ_p	静的触媒式水素処理装置本体に作用する組合せ応力	MPa
σ_s	架台に作用する組合せ応力	MPa
$\tau_{b a}$	基礎ボルトに作用するせん断応力	MPa
$\tau_{b p}$	取付ボルトに作用するせん断応力	MPa

2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表2-4に示すとおりである。

表2-4 表示する数値の丸め方

数値の種類		単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期		s	小数点以下第4位	四捨五入	小数点以下第3位
震度		—	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位
温度		℃	—	—	整数位
質量		kg	—	—	整数位 ^{*1}
長さ	下記以外の長さ	mm	—	—	整数位 ^{*1}
	部材断面寸法	mm	小数点以下第2位 ^{*2}	四捨五入	小数点以下第1位 ^{*3}
面積		mm ²	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 ^{*4}
モーメント		N・mm	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 ^{*4}
力		N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 ^{*4}
縦弾性係数		MPa	有効数字4桁目	四捨五入	有効数字3桁
算出応力		MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力 ^{*5}		MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

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

*2：設計上定める値が小数点以下第3位の場合は、小数点以下第3位表示とする。

*3：設計上定める値が小数点以下第2位の場合は、小数点以下第2位表示とする。

*4：絶対値が1000以上のときは、べき数表示とする。

*5：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の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

静的触媒式水素処理装置の耐震評価は、「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静的触媒式水素処理装置本体、架台、取付ボルト及び基礎ボルトについて実施する。

静的触媒式水素処理装置の耐震評価部位については、表2-1から表2-3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) 地震力は、静的触媒式水素処理装置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。なお、取付ボルト及び基礎ボルトにおいては、作用する荷重の算出において組み合わせるものとする。
- (2) 触媒カートリッジは、静的触媒式水素処理装置本体と一体として評価する。なお、解析モデルでは、カートリッジが補強材として作用しないよう、静的触媒式水素処理装置本体に質量のみを付加する。
- (3) 静的触媒式水素処理装置本体は、十分剛な壁に設置した架台に4本の取付ボルトにより固定されるものとする。静的触媒式水素処理装置本体は、取付ボルト4本で固定されているが、このうち3本は熱膨張を逃がす構造となっていることから、引張力及びせん断力を受けるボルトは、保守的に1本とする。
- (4) 架台は、十分剛な壁に基礎ボルトにより固定されるものとする。
- (5) 基礎ボルト部及び取付ボルト部は、剛体として評価する。
- (6) 静的触媒式水素処理装置本体及び架台は、3次元のシェル要素を用いてモデル化する。
- (7) 取付ボルト及び基礎ボルトの強度評価については、解析結果で得られた荷重を用いて、理論式により応力を算出する。
- (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

静的触媒式水素処理装置の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-1に示す。

4.2.2 許容応力

静的触媒式水素処理装置の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表4-2に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

静的触媒式水素処理装置の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-3に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉格納 施設	圧力低減設備 その他の安全 設備	静的触媒式 水素処理装置	常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IVAS
	放射性物質濃 度制御設備及 び可燃性ガス 濃度制御設備 並びに格納容 器再循環設備				$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS (VASとしてIVASの 許容限界を用いる。)

注記*1：「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

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

表4-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等以外)	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	一次応力	
	組合せ	引張	せん断
IV _A S	1.5・f _t *	1.5・f _t *	1.5・f _s *
V _A S (V _A SとしてIV _A Sの 許容限界を用いる。)			

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

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

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		最高使用温度					
静的触媒式水素 処理装置本体	ASTM A240 grade304* ¹	最高使用温度	300	110	127	391	205
架台	SS400 (厚さ ≤ 16mm)	最高使用温度	300	—	170	373	—
取付ボルト	SUS304	最高使用温度	300	110	127	391	205
基礎ボルト	SS400 (径 ≤ 16mm)	周囲環境温度	100 (300* ²)	—	170	373	—

注記*1：SUS304 相当

*2：周囲環境温度は 100°Cであるが，保守的に機器の最高使用温度である 300°Cを使用する。

4.3 解析モデル及び諸元

静的触媒式水素処理装置の解析モデルを図4-1に、解析モデルの概要を以下に示す。また、機器の諸元を本計算書の【静的触媒式水素処理装置の耐震性についての計算結果】の機器要目に示す。

- (1) 静的触媒式水素処理装置本体及び架台は、3次元のシェル要素でモデル化する。
- (2) 拘束条件として、架台は壁への取付部を固定端とする。また、静的触媒式水素処理装置本体は、架台に取付ボルトで固定する。なお、基礎ボルト部及び取付ボルト部は、剛体として評価する。
- (3) 解析コードは、「NX NASTRAN」を使用し、固有値、静的触媒式水素処理装置本体及び架台の応力を求める。なお、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。
- (4) 静的触媒式水素処理装置本体及び架台の質量は、密度にて与えるものとする。ただし、カートリッジの質量は、静的触媒式水素処理装置本体の前後面に分布荷重として与える。
- (5) 取付ボルト及び基礎ボルトの応力は、解析結果で得られた荷重（反力、モーメント）を用いて理論式により算出する。

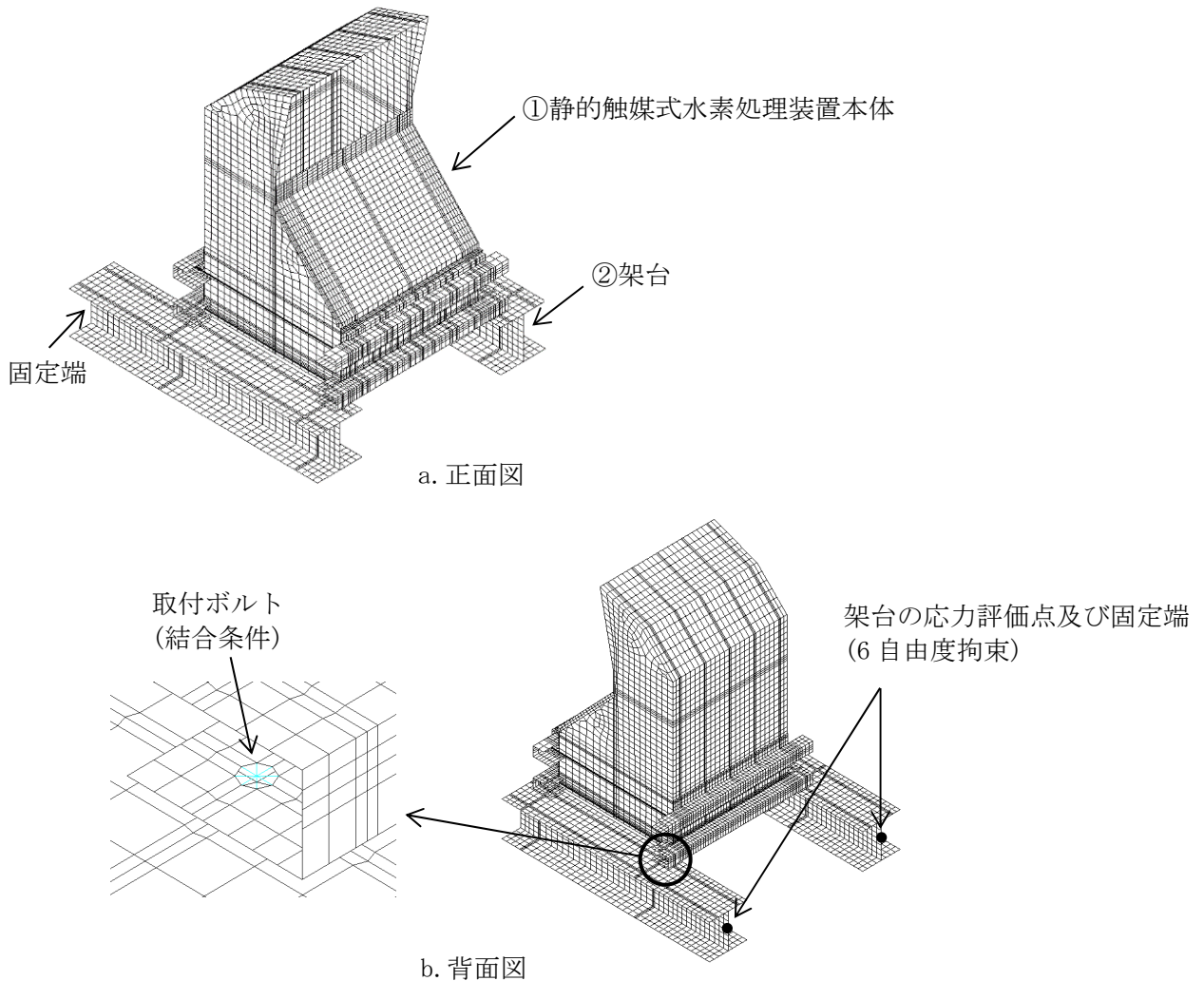


図4-1(1) 解析モデル（静的触媒式水素処理装置（その1））

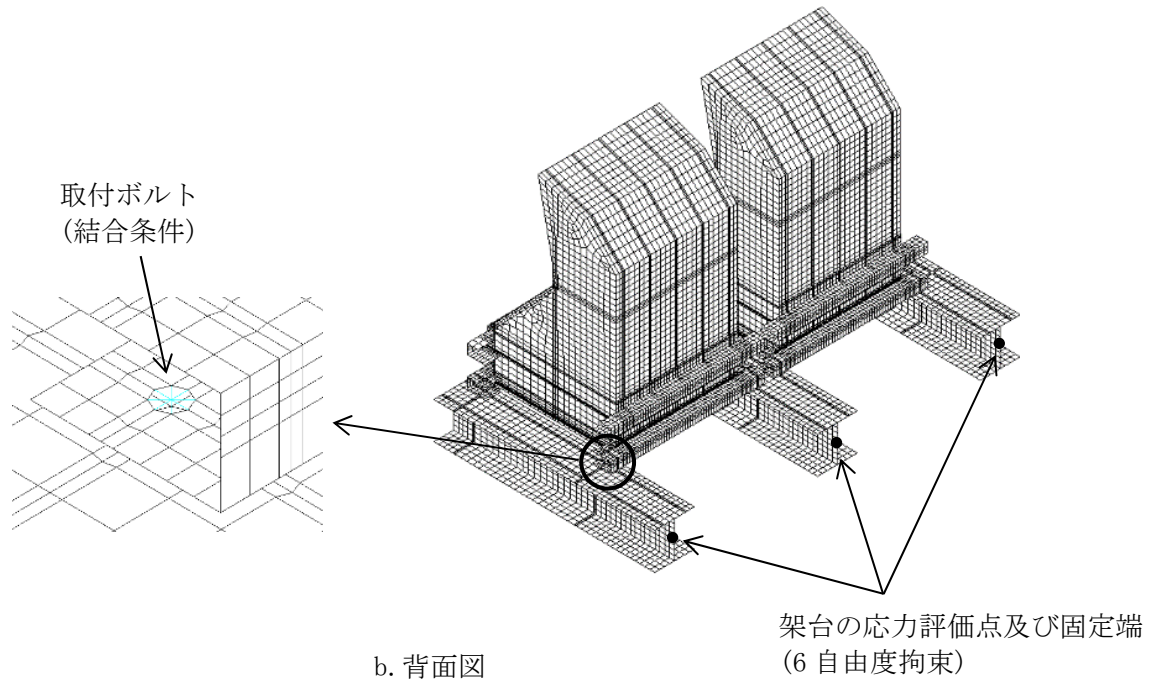
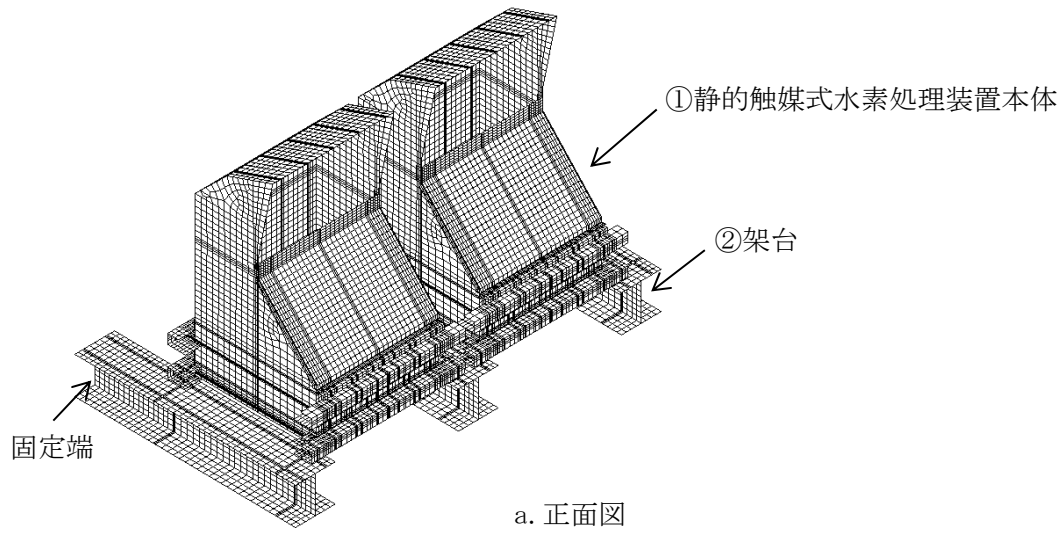


図4-1(2) 解析モデル (静的触媒式水素処理装置 (その2))

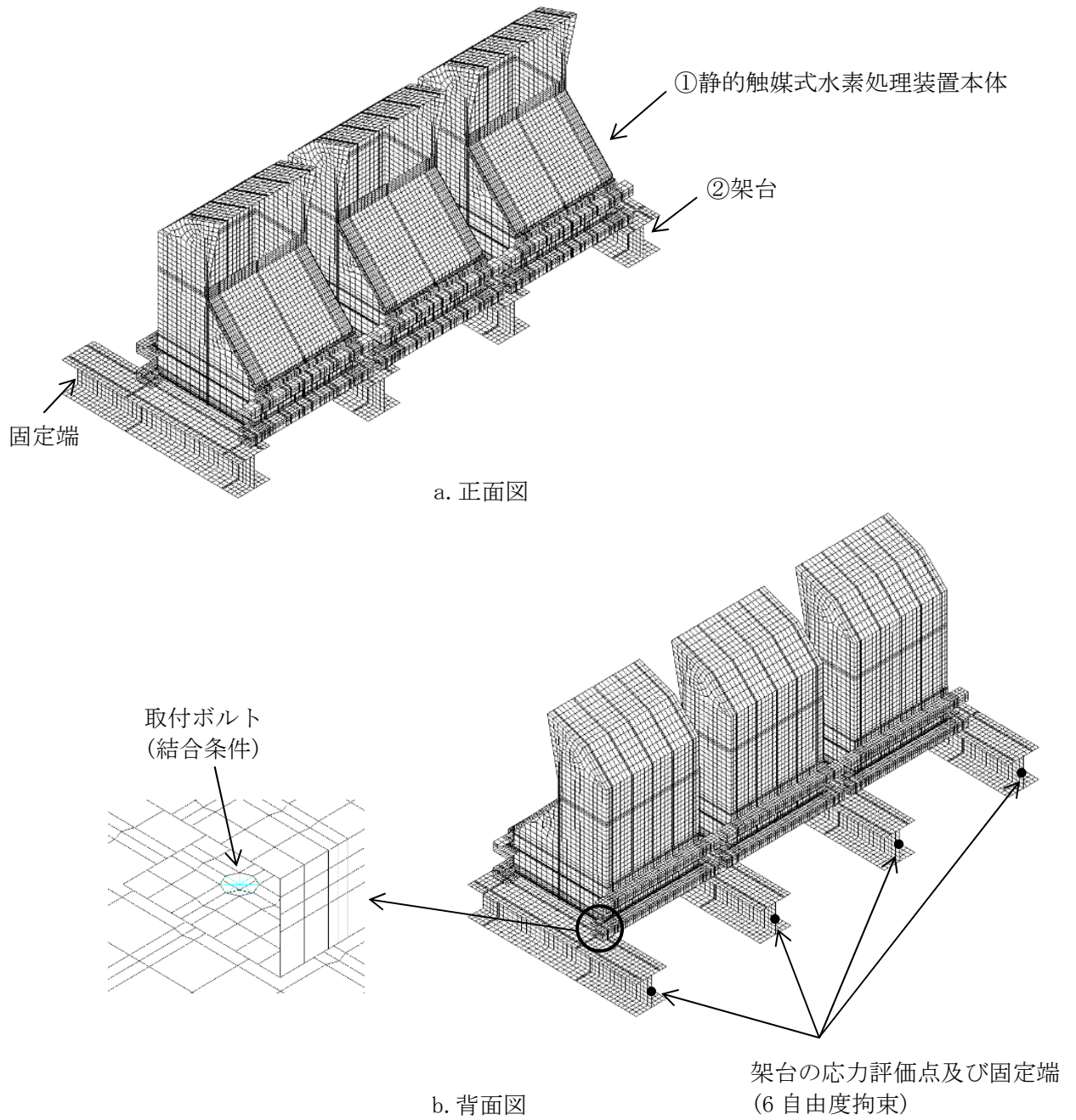


図4-1(3) 解析モデル (静的触媒式水素処理装置 (その3))

4.4 固有周期

固有値解析の結果を表4-4に示す。固有周期は、0.05秒以下であり、剛構造であることを確認した。固有値解析モード図を図4-2に示す。

表 4-4 固有値解析結果

機器名称	モード	卓越方向	固有周期 (s)	水平方向刺激係数		鉛直方向 刺激係数
				X方向	Y方向	
静的触媒式水素処理装置 (その1)	1次	水平	0.029	—	—	—
静的触媒式水素処理装置 (その2)	1次	水平	0.029	—	—	—
静的触媒式水素処理装置 (その3)	1次	水平	0.029	—	—	—

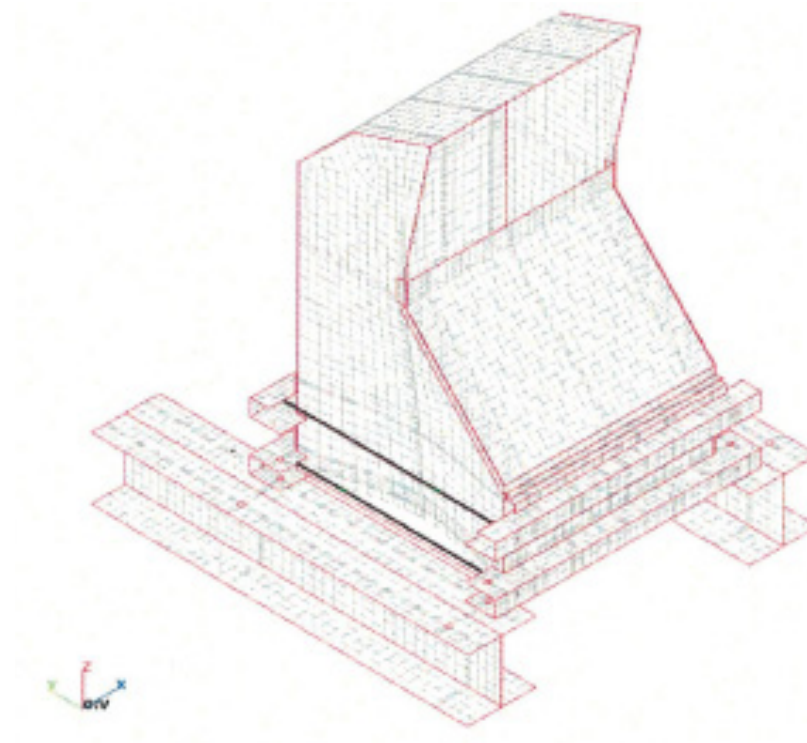


図 4-2(1) 静的触媒式水素処理装置(PAR) 固有値解析モード図(1次モード(その1))

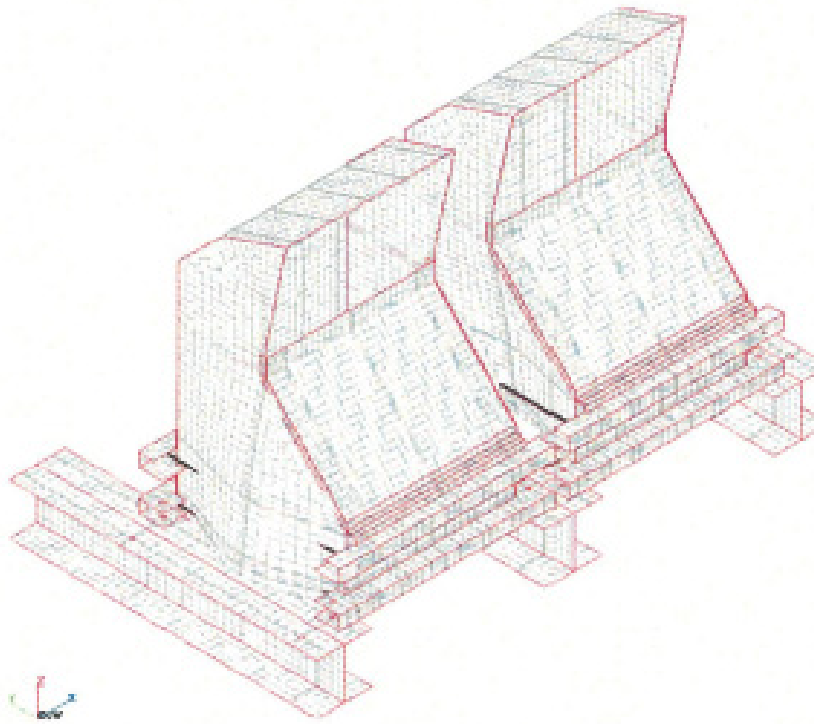


図 4-2(2) 静的触媒式水素処理装置 (PAR) 固有値解析モード図(1 次モード(その 2))

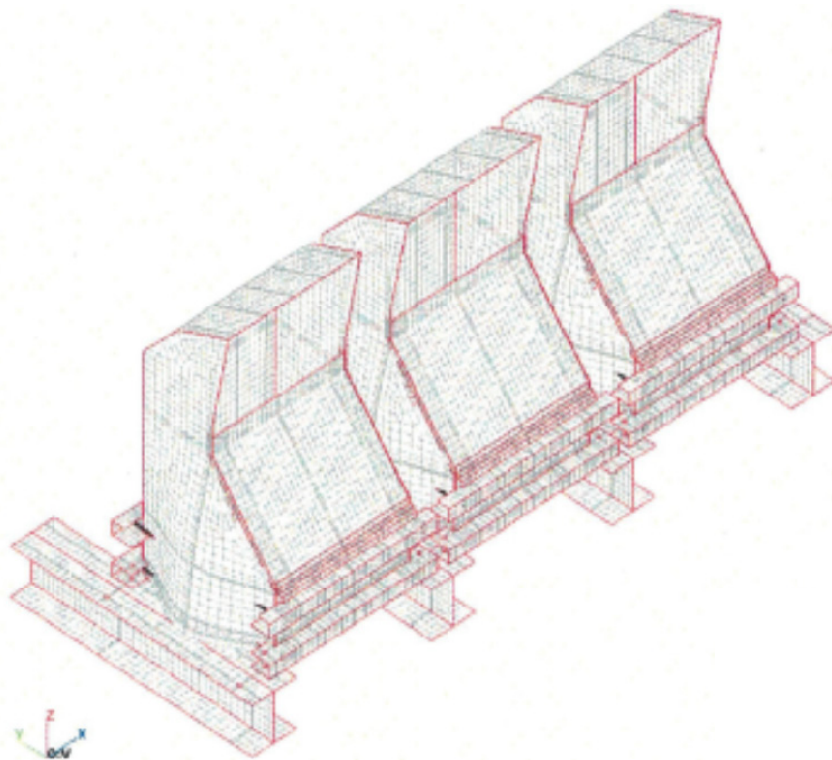


図 4-2(3) 静的触媒式水素処理装置 (PAR) 固有値解析モード図(1 次モード(その 3))

4.5 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表4-5に示す。

「基準地震動 S s」による地震力は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。

表 4-5 設計用地震力（重大事故等対処設備）

機器名称	据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
		水平 方向	鉛直 方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
静的触媒式 水素処理装置 (その1)	原子炉建物 EL 42.8 (EL 51.7*1)	0.029	0.05 以下	—	—	$C_H=3.51^{*2}$	$C_V=2.46^{*2}$
静的触媒式 水素処理装置 (その2)		0.029	0.05 以下				
静的触媒式 水素処理装置 (その3)		0.029	0.05 以下				

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S s）

4.6 計算方法

4.6.1 応力の計算方法

4.6.1.1 静的触媒式水素処理装置本体の応力

静的触媒式水素処理装置本体の応力は、自重、鉛直方向地震及び水平方向地震（X、Y）を考慮し、3次元のシェル要素による解析結果を用いる。ここで、応力の算出式は下記による。

応力の種類	単位	応力算出式
組合せ応力	MPa	$\sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \sigma_y + 3 \tau_{xy}^2}$

4.6.1.2 架台の応力

架台の応力は、静的触媒式水素処理装置本体と同様に、自重、鉛直方向地震及び水平方向地震（X、Y）を考慮し、3次元のシェル要素による解析結果を用いる。応力の算出式は静的触媒式水素処理装置本体と同様である。

4.6.1.3 取付ボルトの応力

取付ボルトの応力は、解析結果で得られた反力から理論式により引張応力及びせん断応力を算出する。

計算モデルを図4-3及び図4-4に、解析で得られた取付ボルト部の反力を表4-6に示す。

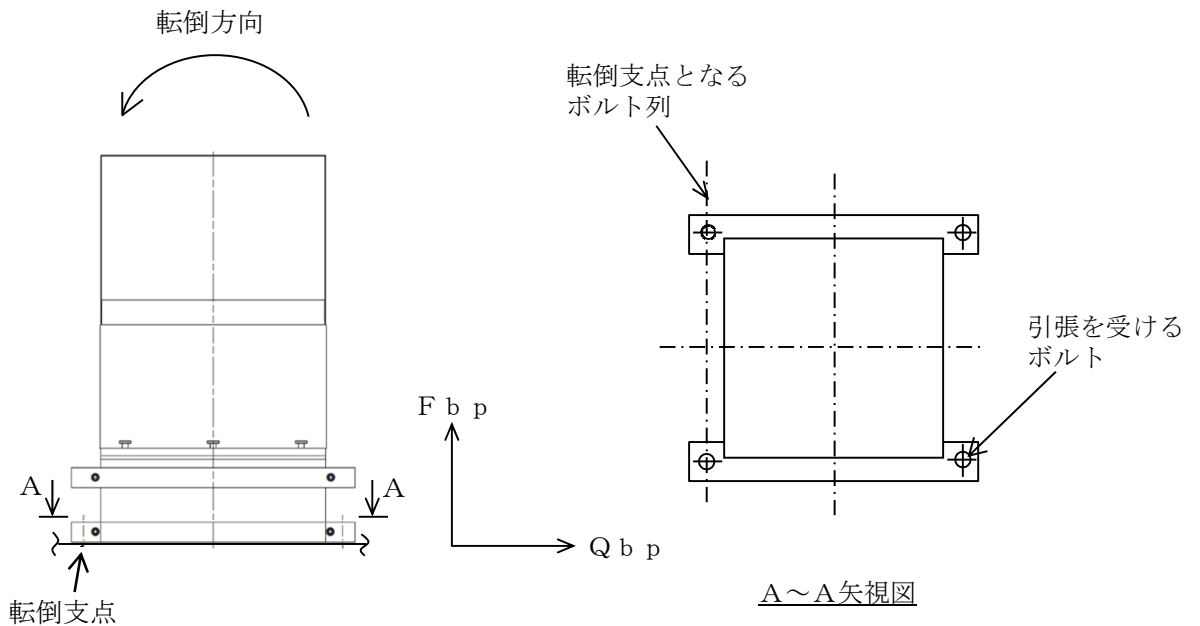


図4-3 計算モデル（長辺方向転倒）

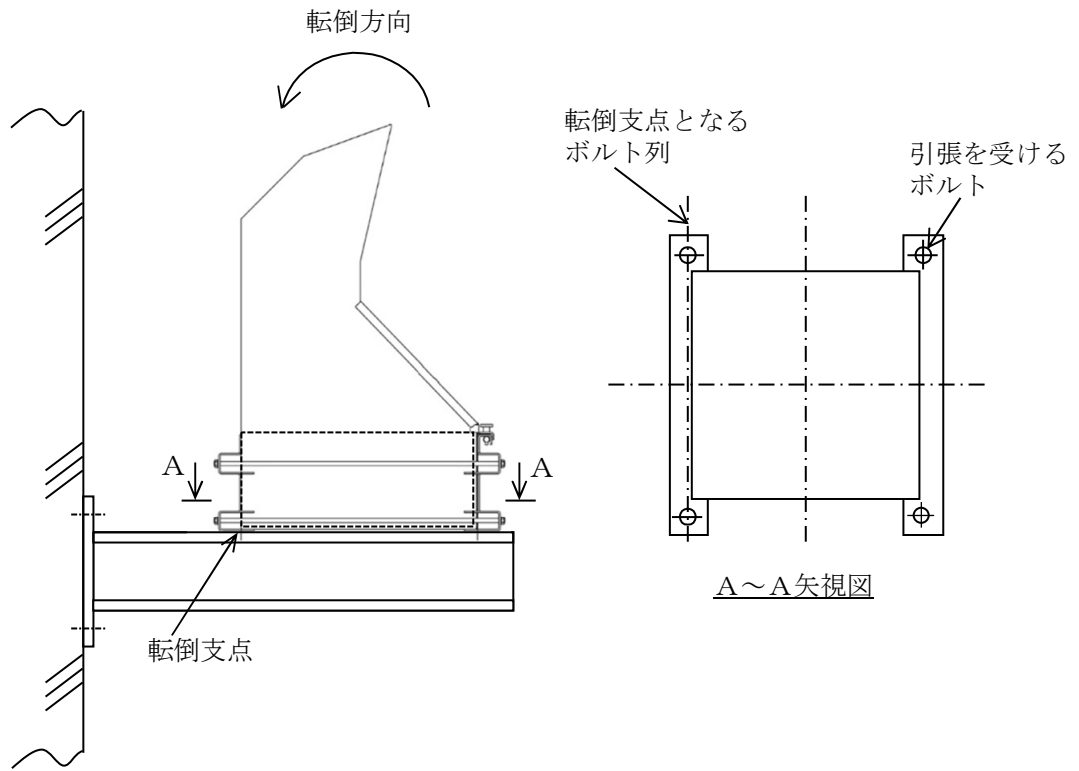


図4-4 計算モデル（短辺方向転倒）

表4-6 取付ボルト発生反力 (単位：N)

機器名称	反力	
	F_{bp}	Q_{bp}
静的触媒式水素処理装置 (その1)	1.180×10^3	2.067×10^3
静的触媒式水素処理装置 (その2)	1.180×10^3	2.224×10^3
静的触媒式水素処理装置 (その3)	1.180×10^3	2.435×10^3

(1) 引張応力

取付ボルトに対する引張力は、図4-3及び図4-4に示す取付ボルトを支点とする転倒を考え、この片側の取付ボルト1本で受けるものとして計算する。

引張応力

$$\sigma_{b p} = \frac{F_{b p}}{A_{b 1}} \dots\dots\dots (4.6.1.3.1)$$

取付ボルトの軸断面積 $A_{b 1}$ は、次式により求める。

$$A_{b 1} = \frac{\pi}{4} \cdot d_1^2 \dots\dots\dots (4.6.1.3.2)$$

(2) せん断応力

取付ボルトに対するせん断力は、取付ボルト1本で受けるものとして計算する。

せん断応力

$$\tau_{b p} = \frac{Q_{b p}}{A_{b 1}} \dots\dots\dots (4.6.1.3.3)$$

4.6.1.4 基礎ボルトの応力

基礎ボルトの応力は、解析で得られた反力及びモーメントから理論式により、引張応力及びせん断応力を算出する。

計算モデルを図4-5に、解析で得られた架台基礎ボルト部の反力及びモーメントを表4-7に示す。

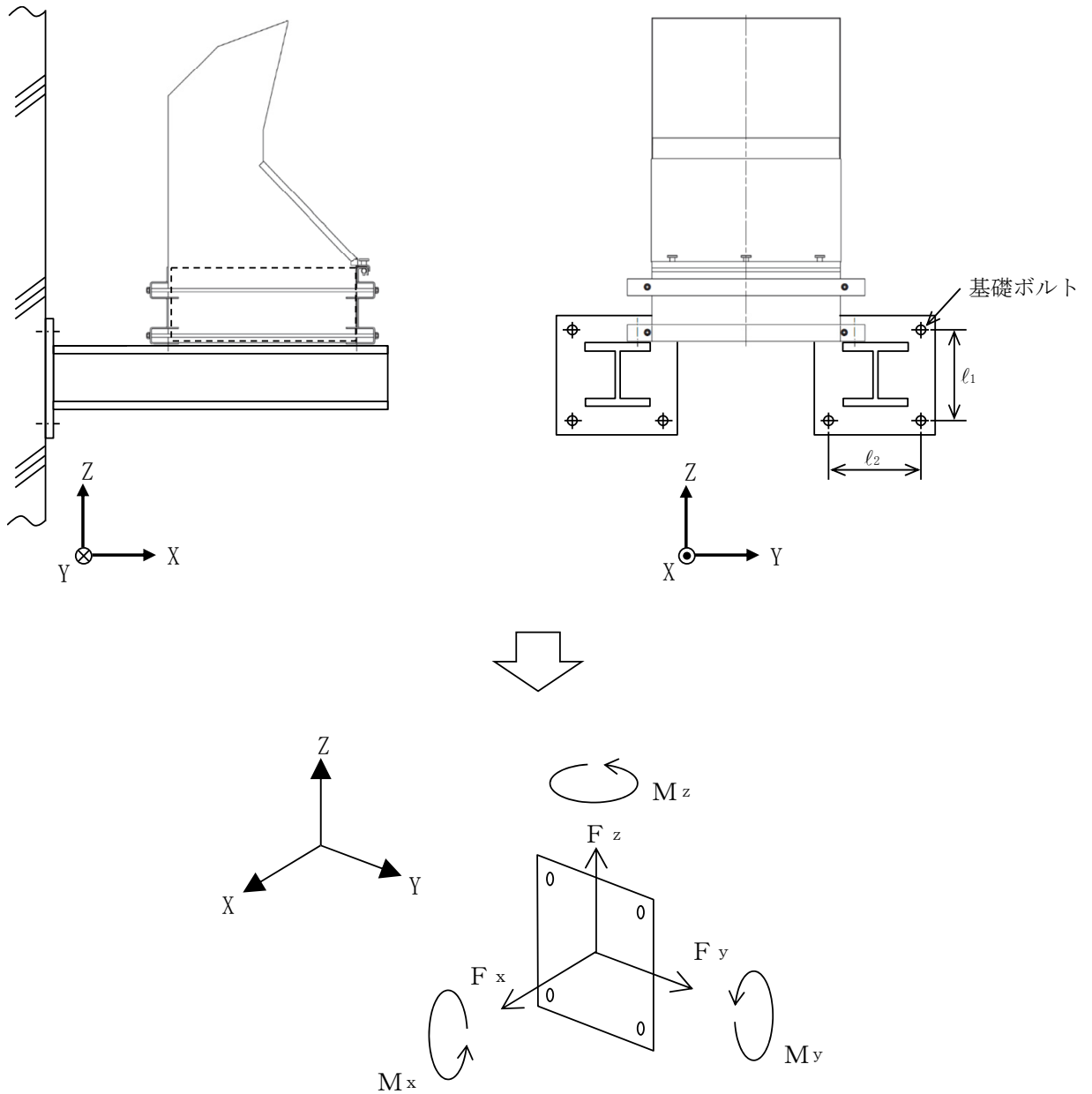


図4-5 計算モデル (架台基礎ボルト部)

表4-7 基礎ボルトの発生反力及びモーメント

機器名称	反力(N)			モーメント(N・mm)		
	F _x	F _y	F _z	M _x	M _y	M _z
静的触媒式 水素処理装置 (その1)	1.759×10 ³	2.039×10 ³	2.098×10 ³	6.133×10 ⁴	9.843×10 ⁵	9.497×10 ⁵
静的触媒式 水素処理装置 (その2)	2.619×10 ³	2.157×10 ³	2.598×10 ³	5.602×10 ⁴	1.588×10 ⁶	1.017×10 ⁶
静的触媒式 水素処理装置 (その3)	2.619×10 ³	2.306×10 ³	2.589×10 ³	6.625×10 ⁴	1.588×10 ⁶	1.092×10 ⁶

(1) 引張応力

基礎ボルトに対する引張応力は、次式により求める。

引張応力

$$\sigma_{ba} = \frac{F_x}{n_{f2} \cdot A_{b2}} + \frac{M_y}{n_{f3} \cdot \ell_1 \cdot A_{b2}} + \frac{M_z}{n_{f3} \cdot \ell_2 \cdot A_{b2}} \dots\dots\dots (4.6.1.4.1)$$

基礎ボルトの軸断面積A_{b2}は、次式により求める。

$$A_{b2} = \frac{\pi}{4} \cdot d_2^2 \dots\dots\dots (4.6.1.4.2)$$

(2) せん断応力

基礎ボルトに対するせん断応力は、次式により求める。

せん断応力

$$\tau_{ba} = \frac{\sqrt{F_y^2 + F_z^2}}{n_2 \cdot A_{b2}} + \frac{M_x}{n_2 \cdot \frac{\sqrt{\ell_1^2 + \ell_2^2}}{2} \cdot A_{b2}} \dots\dots\dots (4.6.1.4.3)$$

4.7 計算条件

応力解析に用いる自重（静的触媒式水素処理装置本体及び架台）及び荷重（地震荷重）は、本計算書の【静的触媒式水素処理装置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 静的触媒式水素処理装置本体及び架台の応力評価

4.6.1.1項及び4.6.1.2項で求めた各応力が許容応力以下であること。ただし、組合せ応力が許容引張応力 f_{tm} 以下であること。

	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度による 荷重との組合せの場合	基準地震動 S s による 荷重との組合せの場合
許容引張応力 f_{tm}	$\frac{F}{1.5} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5} \cdot 1.5$

4.8.2 取付ボルト及び基礎ボルトの応力評価

4.6.1.3項で求めた取付ボルトの引張応力 σ_{bp} 及び4.6.1.4項で求めた基礎ボルトの引張応力 σ_{ba} は、次式より求めた許容組合せ応力 f_{ts} 以下であること。ただし、 f_{to} は下表による。

$$f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}] \quad \dots \dots \dots (4.8.2.1)$$

せん断応力 τ_{bp} 及び τ_{ba} はせん断力のみを受ける取付ボルト及び基礎ボルトの許容せん断応力 f_{sb} 以下であること。ただし、 f_{sb} は下表による。

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

5. 評価結果

5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

静的触媒式水素処理装置の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度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。

【静的触媒式水素処理装置（その1）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度		
静的触媒式 水素処理装置 (その1)	常設/緩和	原子炉建物 EL 42.8 (EL 51.7*1)	0.029	0.05以下	—	—	C _H =3.51*2	C _V =2.46*2	300	100 (300*3)

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）

*3：周囲環境温度は100°Cであるが、保守的に機器の最高使用温度である300°Cを使用する。

1.2 機器要目

m _o (kg)	m _{o1} (kg)	ℓ ₁ (mm)	ℓ ₂ (mm)	E (MPa)	E _s (MPa)	ν	d ₁ (mm)	A _{b1} (mm ²)	d ₂ (mm)	A _{b2} (mm ²)	n ₁	n _{f1} * 1	n ₂	n _{f2}	n _{f3}
50	102	230	230	176000	185000	0.3	12 (M12)	113.1	16 (M16)	201.1	1	1	4	4	2

注記*：上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	材料	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
静的触媒式 水素処理装置本体	SUS304相当	127	391	—	171
架台	SS400	170 (厚さ≤16mm)	373	—	204
取付ボルト	SUS304	127	391	—	171
基礎ボルト	SS400	170 (径≤16mm)	373	—	204

1.3 計算数値

1.3.1 取付ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	$F_{b p}$		$Q_{b p}$	
	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s
取付ボルト	—	1.180×10^3	—	2.067×10^3

1.3.2 基礎ボルトの荷重

(単位：N)

部材	F_x		F_y		F_z	
	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s
基礎ボルト	—	1.759×10^3	—	2.039×10^3	—	2.098×10^3

1.3.3 基礎ボルトのモーメント

(単位：N・mm)

部材	M_x		M_y		M_z	
	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s
基礎ボルト	—	6.133×10^4	—	9.843×10^5	—	9.497×10^5

1.4 結論

1.4.1 固有周期 (単位: s)

方向	固有周期
水平方向	0.029
鉛直方向	0.05以下

1.4.2 応力及び許容荷重

(単位: MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
静的触媒式 水素処理装置本体	SUS304相当	組合せ	—	—	$\sigma_p = 88$	$f_{tm} = 171$
架台	SS400 (厚さ ≤ 16mm)	組合せ	—	—	$\sigma_s = 21$	$f_{tm} = 204$
取付ボルト	SUS304	引張	—	—	$\sigma_{bp} = 11$	$f_{ts} = 128^*$
		せん断	—	—	$\tau_{bp} = 19$	$f_{sb} = 98$
基礎ボルト	SS400 (径 ≤ 16mm)	引張	—	—	$\sigma_{ba} = 23$	$f_{ts} = 122^*$
		せん断	—	—	$\tau_{ba} = 5$	$f_{sb} = 94$

すべて許容応力以下である。

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

【静的触媒式水素処理装置（その2）の耐震性についての計算結果】

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度		
静的触媒式 水素処理装置 (その2)	常設/緩和	原子炉建物 EL 42.8 (EL 51.7*1)	0.029	0.05以下	—	—	C _H =3.51*2	C _V =2.46*2	300	100 (300*3)

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）

*3：周囲環境温度は100°Cであるが、保守的に機器の最高使用温度である300°Cを使用する。

2.2 機器要目

m _o (kg)	m _{o1} (kg)	ℓ ₁ (mm)	ℓ ₂ (mm)	E (MPa)	E _s (MPa)	ν	d ₁ (mm)	A _{b1} (mm ²)	d ₂ (mm)	A _{b2} (mm ²)	n ₁	n _{f1} * 1	n ₂	n _{f2}	n _{f3}
50	178	230	230	176000	185000	0.3	12 (M12)	113.1	16 (M16)	201.1	1	1	4	4	2

注記*：上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	材料	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
静的触媒式 水素処理装置本体	SUS304相当	127	391	—	171
架台	SS400	170 (厚さ ≤ 16mm)	373	—	204
取付ボルト	SUS304	127	391	—	171
基礎ボルト	SS400	170 (径 ≤ 16mm)	373	—	204

2.3 計算数値

2.3.1 取付ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	$F_{b p}$		$Q_{b p}$	
	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s
取付ボルト	—	1.180×10^3	—	2.224×10^3

2.3.2 基礎ボルトの荷重

(単位：N)

部材	F_x		F_y		F_z	
	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s
基礎ボルト	—	2.619×10^3	—	2.157×10^3	—	2.598×10^3

2.3.3 基礎ボルトのモーメント

(単位：N・mm)

部材	M_x		M_y		M_z	
	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s
基礎ボルト	—	5.602×10^4	—	1.588×10^6	—	1.017×10^6

2.4 結論

2.4.1 固有周期

(単位：s)

方向	固有周期
水平方向	0.029
鉛直方向	0.05以下

2.4.2 応力及び許容荷重

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
静的触媒式 水素処理装置本体	SUS304相当	組合せ	—	—	$\sigma_p = 88$	$f_{tm} = 171$
架台	SS400 (厚さ ≤ 16mm)	組合せ	—	—	$\sigma_s = 25$	$f_{tm} = 204$
取付ボルト	SUS304	引張	—	—	$\sigma_{bp} = 11$	$f_{ts} = 128^*$
		せん断	—	—	$\tau_{bp} = 20$	$f_{sb} = 98$
基礎ボルト	SS400 (径 ≤ 16mm)	引張	—	—	$\sigma_{ba} = 32$	$f_{ts} = 122^*$
		せん断	—	—	$\tau_{ba} = 5$	$f_{sb} = 94$

すべて許容応力以下である。

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

【静的触媒式水素処理装置（その3）の耐震性についての計算結果】

3. 重大事故等対処設備

3.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度		
静的触媒式 水素処理装置 (その3)	常設/緩和	原子炉建物 EL 42.8 (EL 51.7*1)	0.029	0.05以下	—	—	C _H =3.51*2	C _V =2.46*2	300	100 (300*3)

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）

*3：周囲環境温度は100°Cであるが、保守的に機器の最高使用温度である300°Cを使用する。

3.2 機器要目

m _o (kg)	m _{o1} (kg)	ℓ ₁ (mm)	ℓ ₂ (mm)	E (MPa)	E _s (MPa)	ν	d ₁ (mm)	A _{b1} (mm ²)	d ₂ (mm)	A _{b2} (mm ²)	n ₁	n _{f1} * 1	n ₂	n _{f2}	n _{f3}
50	254	230	230	176000	185000	0.3	12 (M12)	113.1	16 (M16)	201.1	1	1	4	4	2

注記*：上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	材料	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
静的触媒式 水素処理装置本体	SUS304相当	127	391	—	171
架台	SS400	170 (厚さ ≤ 16mm)	373	—	204
取付ボルト	SUS304	127	391	—	171
基礎ボルト	SS400	170 (径 ≤ 16mm)	373	—	204

3.3 計算数値

3.3.1 取付ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	$F_{b p}$		$Q_{b p}$	
	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s
取付ボルト	—	1.180×10^3	—	2.435×10^3

3.3.2 基礎ボルトの荷重

(単位：N)

部材	F_x		F_y		F_z	
	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s
基礎ボルト	—	2.619×10^3	—	2.306×10^3	—	2.589×10^3

3.3.3 基礎ボルトのモーメント

(単位：N・mm)

部材	M_x		M_y		M_z	
	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s
基礎ボルト	—	6.625×10^4	—	1.588×10^6	—	1.092×10^6

3.4 結論

3.4.1 固有周期

(単位：s)

方向	固有周期
水平方向	0.029
鉛直方向	0.05以下

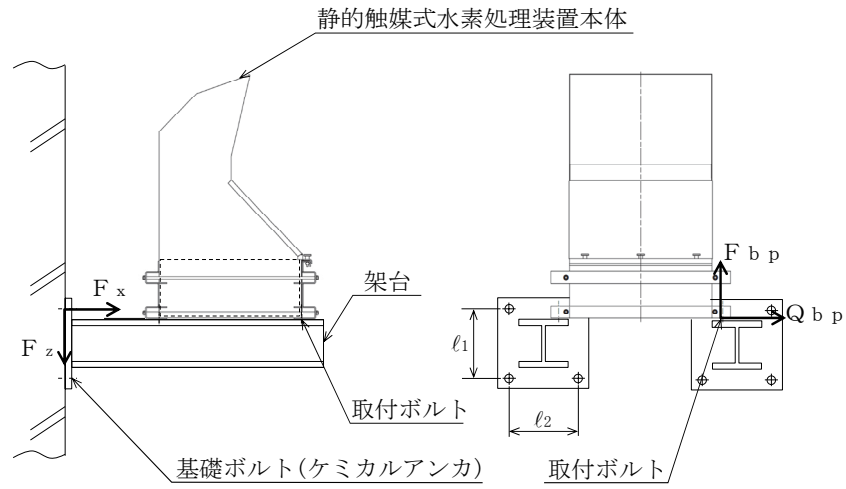
3.4.2 応力及び許容荷重

(単位：MPa)

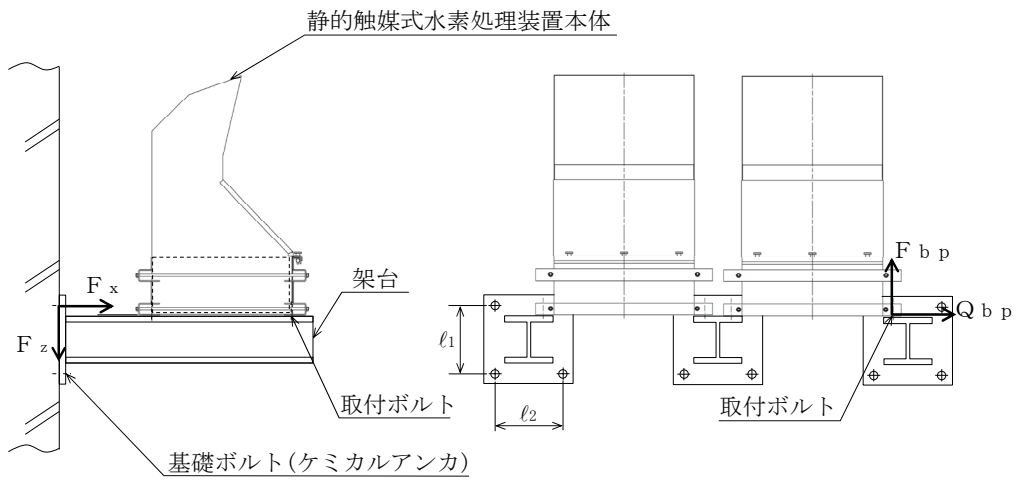
部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
静的触媒式 水素処理装置本体	SUS304相当	組合せ	—	—	$\sigma_p = 88$	$f_{tm} = 171$
架台	SS400 (厚さ ≤ 16mm)	組合せ	—	—	$\sigma_s = 26$	$f_{tm} = 204$
取付ボルト	SUS304	引張	—	—	$\sigma_{bp} = 11$	$f_{ts} = 128^*$
		せん断	—	—	$\tau_{bp} = 22$	$f_{sb} = 98$
基礎ボルト	SS400 (径 ≤ 16mm)	引張	—	—	$\sigma_{ba} = 33$	$f_{ts} = 122^*$
		せん断	—	—	$\tau_{ba} = 5$	$f_{sb} = 94$

すべて許容応力以下である。

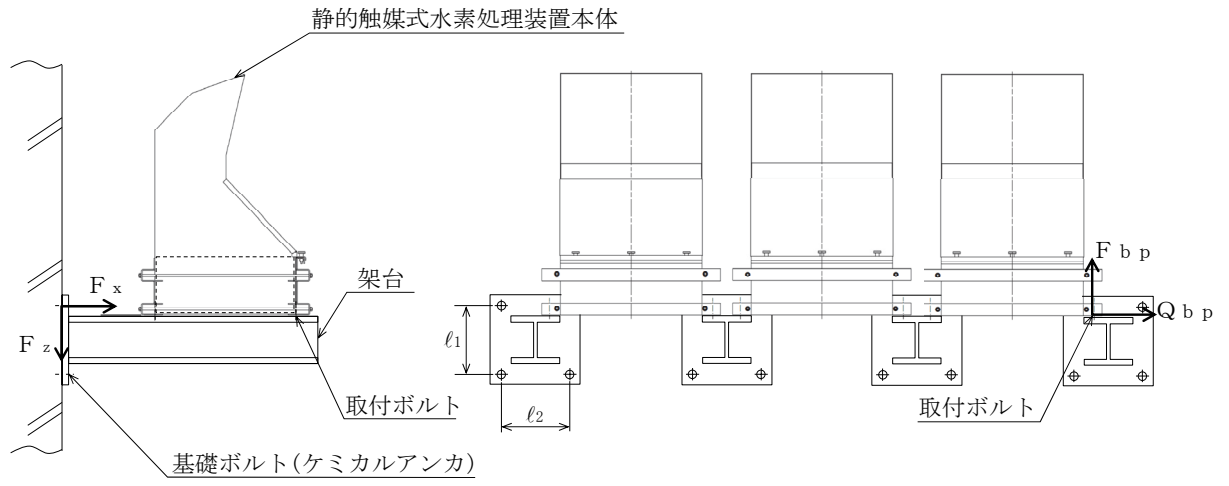
注記 * : $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$



静的触媒式水素処理装置 (その1)



静的触媒式水素処理装置 (その2)



静的触媒式水素処理装置 (その3)

VI-2-10 その他発電用原子炉の附属施設の耐震性に関する説明書

VI-2-10-1 非常用電源設備の耐震性に関する説明書

VI-2-10-1-2 非常用発電装置の耐震性についての計算書

VI-2-10-1-2-3 ガスタービン発電機の耐震性についての計算書

VI-2-10-1-2-3-5 ガスタービン発電機用サービスタンクの耐震性について
の計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
3.1 固有周期の計算	3
4. 構造強度評価	3
4.1 構造強度評価方法	3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	3
4.3 計算条件	3
5. 評価結果	7
5.1 重大事故等対処設備としての評価結果	7

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき、ガスタービン発電機用サービスタンクが設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

ガスタービン発電機用サービスタンクは、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

なお、ガスタービン発電機用サービスタンクは、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の横置一胴円筒形容器であるため、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-4 横置一胴円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

ガスタービン発電機用サービスタンクの構造計画を表2-1に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>胴を脚で支持し、脚を基礎ボルトで基礎に据え付ける。</p>	<p>横置円筒形 (左右に鏡板を有する横置一胴円筒形容器)</p>	<p style="text-align: right;">(単位：mm)</p>

3. 固有周期

3.1 固有周期の計算

理論式により固有周期を計算する。固有周期の計算に用いる計算条件は、本計算書の【ガスタービン発電機用サービスタンクの耐震性についての計算結果】の機器要目に示す。

計算の結果、固有周期は0.05秒以下であり、剛構造であることを確認した。固有周期の計算結果を表3-1に示す。

表3-1 固有周期 (単位：s)

水平（長手方向）			
水平（横方向）			
鉛直			

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

ガスタービン発電機用サービスタンクの構造強度評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-4 横置一胴円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。また、水平方向及び鉛直方向の動的地震力による荷重の組み合わせには、絶対値和を適用する。

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

ガスタービン発電機用サービスタンクの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-1に示す。

4.2.2 許容応力

ガスタービン発電機用サービスタンクの許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表4-2及び表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

ガスタービン発電機用サービスタンクの使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-4に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【ガスタービン発電機用サービスタンクの耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類 ^{*1}	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用 電源設備	非常用発電装置 ガスタービン発電機	ガスタービン発電機用 サービスタンク	常設耐震／防止 常設／緩和	— ^{*2}	$D + P_D + M_D + S_S$ ^{*3}	IV_{AS}
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_S$	V_{AS} (V_{AS} として IV_{AS} の許容限 界を用いる。)

注記*1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*2：重大事故等クラス2容器及び重大事故等クラス2支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4-2 許容応力（重大事故等クラス 2 容器）

許容応力状態	許容限界 ^{*1, *2}			
	一次一般膜応力	一次膜応力＋ 一次曲げ応力	一次＋二次応力	一次＋二次＋ ピーク応力
IV _A S	0.6・S _u	左欄の 1.5 倍の値	基準地震動 S _s のみによる疲労解析を行い，疲労累積係数が 1.0 以下であること。 ただし，地震動のみによる一次＋二次応力の変動値が 2・S _y 以下であれば，疲労解析は不要	
V _A S (V _A SとしてIV _A Sの 許容限界を用いる。)				

注記*1：座屈による評価は，クラスMC容器の座屈に対する評価式による。

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

表 4-3 許容応力（重大事故等クラス 2 支持構造物）

許容応力状態	許容限界 ^{*1, *2} (ボルト等以外)		許容限界 ^{*1, *2} (ボルト等)	
	一次応力		一次応力	
	組合せ		引張	せん断
IV _A S	1.5・f _t [*]		1.5・f _t [*]	1.5・f _s [*]
V _A S (V _A SとしてIV _A Sの 許容限界を用いる。)				

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

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

表 4-4 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
胴板	SM400C (厚さ ≤ 16mm)	最高使用温度	66	—	234	385	—
	SM400C* (16mm < 厚さ ≤ 40mm)				225*	385*	
脚	SM400A (厚さ ≤ 16mm)	周囲環境温度	50	—	241	394	—
基礎ボルト	SNB7 (径 ≤ 63mm)	周囲環境温度	50	—	715	838	—

注記*：当板の材料を示す。

5. 評価結果

5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

ガスタービン発電機用サービスタンクの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

【ガスタービン発電機用サービスタンクの耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)	比重
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度				
ガスタービン発電機用 サービスタンク	常設耐震/防止 常設/緩和	ガスタービン発電機建物 EL 50.7 *1			-	-	C _H = 2.96 *2	C _V = 1.00 *2	静水頭	66	50	0.86

注記*1: 基準床レベルを示す。

*2: 設計用震度 I (基準地震動 S_s) を上回る震度

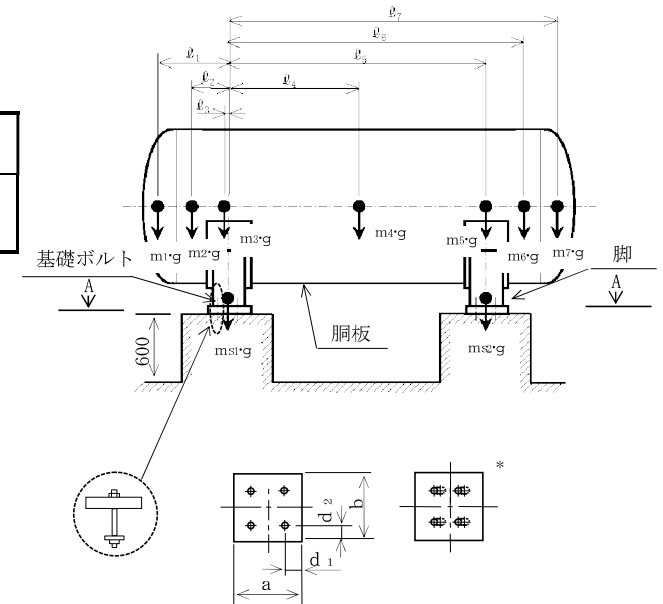
1.2 機器要目

m ₁ (kg)	m ₂ (kg)	m ₃ (kg)	m ₄ (kg)	m ₅ (kg)	m ₆ (kg)	m ₇ (kg)

l ₁ (mm)	l ₂ (mm)	l ₃ (mm)	l ₄ (mm)	l ₅ (mm)	l ₆ (mm)	l ₇ (mm)	M ₁ (N・mm)	M ₂ (N・mm)	R ₁ (N)	R ₂ (N)	H (mm)
-711	-383	-4	706	1400	1783	2111	1.119×10 ⁷	1.112×10 ⁷	5.185×10 ⁴	5.151×10 ⁴	1650

m ₀ (kg)	m _{s1} (kg)	m _{s2} (kg)	D _i (mm)	t (mm)	t _e (mm)	l ₀ (mm)	h ₁ (mm)	h ₂ (mm)	θ _w (rad)	l _w (mm)
			1900	14.0	42.0 *1	1400	939	1450	0.411	190

C ₁ (mm)	C ₂ (mm)	I _{sx} (mm ⁴)	I _{sy} (mm ⁴)	Z _{sx} (mm ³)	Z _{sy} (mm ³)	θ ₀ (rad)	θ (rad)
850	150	1.519×10 ¹⁰	1.446×10 ⁸	1.787×10 ⁷	9.640×10 ⁵	2.112	1.381



△～△矢視図

注記*: 本タンクの第2脚の基礎ボルト部の穴は丸穴であるが、長穴として評価する。

A_s (mm^2)	E_s (MPa)	G_s (MPa)	A_{s1} (mm^2)	A_{s2} (mm^2)	A_{s3} (mm^2)	A_{s4} (mm^2)
4.538×10^4	201000 *2	77300 *2	1.784×10^4	2.515×10^4	1.289×10^4	2.052×10^4

K_{11} *3	K_{12} *3	K_{21} *3	K_{22} *3	$K_{\ell 1}$	$K_{\ell 2}$	K_{c1}	K_{c2}	$C_{\ell 1}$	$C_{\ell 2}$	C_{c1}	C_{c2}
		—	—								
		—	—								

s	n	n_1	n_2	a (mm)	b (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	d_1 (mm)	d_2 (mm)
13	4	2	2	420	1800	36 (M36)	1.018×10^3	55	125

6

S_y (胴板) (MPa)	S_u (胴板) (MPa)	S (胴板) (MPa)	S_y (脚) (MPa)	S_u (脚) (MPa)	F (脚) (MPa)	F^* (脚) (MPa)	S_y (基礎ボルト) (MPa)	S_u (基礎ボルト) (MPa)	F (基礎ボルト) (MPa)	F^* (基礎ボルト) (MPa)
234 *4 (厚さ $\leq 16\text{mm}$) (225*4, *5) (16mm<厚さ $\leq 40\text{mm}$)	385 *4 (385*4, *5)	—	241 *2 (厚さ $\leq 16\text{mm}$)	394 *2	—	276	715 *2 (径 $\leq 63\text{mm}$)	838 *2 (径 $\leq 63\text{mm}$)	—	586

注記*1：本計算においては当板を有効とした。

*2：周囲環境温度で算出

*3：表中で上段は一次応力，下段は二次応力の係数とする。

*4：最高使用温度で算出

*5：当板の材料を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 胴に生じる応力

(1) 一次一般膜応力

(単位：MPa)

地震の種類 地震の方向 応力の方向	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度				基準地震動 S _s			
	長手方向		横方向		長手方向		横方向	
	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力
静水頭による応力	—	—	—	—	$\sigma_{\phi 1} = 1$	$\sigma_{x 1} = 1$	$\sigma_{\phi 1} = 1$	$\sigma_{x 1} = 1$
静水頭による応力 (鉛直方向地震時)	—	—	—	—	$\sigma_{\phi 2} = 1$	—	$\sigma_{\phi 2} = 1$	—
運転時質量による長手方向曲げ モーメントにより生じる応力	—	—	—	—	—	$\sigma_{x 2} = 1$	—	$\sigma_{x 2} = 1$
鉛直方向地震による長手方向曲げ モーメントにより生じる応力	—	—	—	—	—	$\sigma_{x 6} = 1$	—	$\sigma_{x 6} = 1$
長手方向地震により胴軸断面 全面に生じる引張応力	—	—	—	—	—	$\sigma_{x 413} = 4$	—	—
組合せ応力	—		—		$\sigma_{0\ell} = 6$		$\sigma_{0c} = 3$	

(2) 一次応力

(単位：MPa)

地震の種類 地震の方向 応力の方向	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度				基準地震動 S _s				
	長手方向		横方向		長手方向		横方向		
	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	
静水頭による応力	—	—	—	—	$\sigma_{\phi 1} = 1$	$\sigma_{x 1} = 1$	$\sigma_{\phi 1} = 1$	$\sigma_{x 1} = 1$	
静水頭による応力 (鉛直方向地震時)	—	—	—	—	$\sigma_{\phi 2} = 1$	—	$\sigma_{\phi 2} = 1$	—	
運転時質量による長手方向曲げ モーメントにより生じる応力	—	—	—	—	—	$\sigma_{x 2} = 1$	—	$\sigma_{x 2} = 1$	
鉛直方向地震による長手方向曲げ モーメントにより生じる応力	—	—	—	—	—	$\sigma_{x 6} = 1$	—	$\sigma_{x 6} = 1$	
運転時質量による脚反力 により生じる応力	—	—	—	—	$\sigma_{\phi 3} = 4$	$\sigma_{x 3} = 3$	$\sigma_{\phi 3} = 4$	$\sigma_{x 3} = 3$	
鉛直方向地震による脚反力 により生じる応力	—	—	—	—	$\sigma_{\phi 71} = 4$	$\sigma_{x 71} = 3$	$\sigma_{\phi 71} = 4$	$\sigma_{x 71} = 3$	
水平方向地震 による応力	引張	—	—	—	—	$\sigma_{\phi 411} = 24$	$\sigma_{x 411} = 6$	$\sigma_{\phi 51} = 10$	$\sigma_{x 51} = 24$
		—	—			$\sigma_{\phi 412} = 16$	$\sigma_{x 412} = 12$		
		—	—			$\sigma_{\phi 41} = 40$	$\sigma_{x 41} = 21$		
	せん断	—		—		$\tau_{\ell} = 38$		$\tau_c = 4$	
組合せ応力	—		—		$\sigma_{1\ell} = 78$		$\sigma_{1c} = 33$		

(3) 地震動のみによる一次応力と二次応力の和の変動値

(単位：MPa)

地震の種類 地震の方向 応力の方向		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度				基準地震動 S _s			
		長手方向		横方向		長手方向		横方向	
		周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力
静水頭による応力 (鉛直方向地震時)		—	—	—	—	$\sigma_{\phi 2} = 1$	—	$\sigma_{\phi 2} = 1$	—
鉛直方向地震による長手方向 曲げモーメントにより生じる応力		—	—	—	—	—	$\sigma_{x6} = 1$	—	$\sigma_{x6} = 1$
鉛直方向地震による脚反力 により生じる応力		—	—	—	—	$\sigma_{\phi 71} = 4$ $\sigma_{\phi 72} = 12$	$\sigma_{x71} = 3$ $\sigma_{x72} = 6$	$\sigma_{\phi 71} = 4$ $\sigma_{\phi 72} = 12$	$\sigma_{x71} = 3$ $\sigma_{x72} = 6$
水平方向地震 による応力	引張	—	—	—	—	$\sigma_{\phi 41} = 40$	$\sigma_{x41} = 21$	$\sigma_{\phi 51} = 10$	$\sigma_{x51} = 24$
		—	—	—	—	$\sigma_{\phi 421} = 12$ $\sigma_{\phi 422} = 49$	$\sigma_{x421} = 55$ $\sigma_{x422} = 24$	$\sigma_{\phi 52} = 70$	$\sigma_{x52} = 31$
		—	—	—	—	$\sigma_{\phi 42} = 61$	$\sigma_{x42} = 78$		
	せん断	—	—	—	—	$\tau_{\ell} = 38$	$\tau_c = 4$		
組合せ応力		—	—	—	—	$\sigma_{2\ell} = 299$	—	$\sigma_{2c} = 191$	—

1.3.2 脚に生じる応力

(単位：MPa)

地震の種類 地震の方向		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
		長手方向	横方向	長手方向	横方向
運転時質量による応力		—	—	$\sigma_{s1} = 2$	$\sigma_{s1} = 2$
鉛直方向地震による応力		—	—	$\sigma_{s4} = 2$	$\sigma_{s4} = 2$
水平方向地震による応力		曲げ	—	$\sigma_{s2} = 166$	$\sigma_{s3} = 14$
		せん断	—	$\tau_{s2} = 26$	$\tau_{s3} = 8$
組合せ応力		—	—	$\sigma_{s\ell} = 174$	$\sigma_{sc} = 22$

1.3.3 基礎ボルトに生じる応力

(単位：MPa)

地震の種類 地震の方向		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
		長手方向	横方向	長手方向	横方向
鉛直方向地震及び水 平方向地震による応力		引張	—	$\sigma_{b1} = 283$	$\sigma_{b2} = 77$
水平方向地震による 応力		せん断	—	$\tau_{b1} = 81$	$\tau_{b2} = 41$

1.4 結論

1.4.1 固有周期 (単位: s)

方向	固有周期	
長手方向		
横方向		
鉛直方向		

1.4.2 応力

(単位: MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
胴板	SM400C (SM400C*1)	一次一般膜	—	—	$\sigma_o = 6$	S _a = 231 (231*1)
		一次	—	—	$\sigma_1 = 78$	S _a = 347 (347*1)
		一次+二次	—	—	$\sigma_2 = 299$	S _a = 469 (450*1)
脚	SM400A	組合せ	—	—	$\sigma_s = 174$	$f_{tm} = 276$
基礎ボルト	SNB7	引張	—	—	$\sigma_b = 283$	$f_{ts} = 439^{*2}$
		せん断	—	—	$\tau_b = 81$	$f_{sb} = 338$

すべて許容応力以下である。

注記*1: 当板の材料を示す。

*2: $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$

VI-2-10-1-3 その他の電源装置の耐震性についての計算書

VI-2-10-1-3-1 計装用無停電交流電源装置の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
3.1 固有周期の確認	3
4. 構造強度評価	4
4.1 構造強度評価方法	4
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	4
4.3 計算条件	4
5. 機能維持評価	8
5.1 電氣的機能維持評価方法	8
6. 評価結果	9
6.1 設計基準対象施設としての評価結果	9

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、計装用無停電交流電源装置が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電気的機能を維持できることを説明するものである。

計装用無停電交流電源装置は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に分類される。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。

なお、計装用無停電交流電源装置は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形盤であるため、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

計装用無停電交流電源装置の構造計画を表2-1に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図												
基礎・支持構造	主体構造													
計装用無停電交流電源装置は、基礎に埋め込まれたチャンネルベースに取り付ボルトで設置する。	直立形 (鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤)	<p>【計装用無停電交流電源装置】</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>機器名称</th> <th>A-計装用無停電交流電源装置 (2-2261A1~A3)</th> <th>B-計装用無停電交流電源装置 (2-2261B1~B3)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>たて</td> <td>1300</td> <td>1300</td> </tr> <tr> <td>横</td> <td>3000</td> <td>3000</td> </tr> <tr> <td>高さ</td> <td>2300</td> <td>2300</td> </tr> </tbody> </table> <p>(単位：mm)</p>	機器名称	A-計装用無停電交流電源装置 (2-2261A1~A3)	B-計装用無停電交流電源装置 (2-2261B1~B3)	たて	1300	1300	横	3000	3000	高さ	2300	2300
機器名称	A-計装用無停電交流電源装置 (2-2261A1~A3)	B-計装用無停電交流電源装置 (2-2261B1~B3)												
たて	1300	1300												
横	3000	3000												
高さ	2300	2300												

3. 固有周期

3.1 固有周期の確認

計装用無停電交流電源装置の固有周期は、プラスチックハンマ等により、当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し、確認する。試験の結果、剛構造であることを確認した。固有周期の確認結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期

(単位：s)

A-計装用無停電交流電源装置 (2-2261A1~A3)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>
B-計装用無停電交流電源装置 (2-2261B1~B3)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

計装用無停電交流電源装置の構造強度評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

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

計装用無停電交流電源装置の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

計装用無停電交流電源装置の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

計装用無停電交流電源装置の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-3 に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【計装用無停電交流電源装置（2-2261A1～A3, 2-2261B1～B3）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。

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	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電 用原子炉の 附属施設	非常用 電源設備	計装用無停電交流電源装置	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	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 4-2 許容応力（その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張	せん断
Ⅲ _A S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
Ⅳ _A S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

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

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

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件 (設計基準対象施設)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト	SS400 (16mm < 径 ≤ 40mm)	周囲環境温度	40	235	400	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

計装用無停電交流電源装置の電氣的機能維持評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

計装用無停電交流電源装置に設置される器具の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の器具単体の正弦波加振試験において、又は当該機器と類似の器具単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

機器名称	方向	機能確認済加速度
A-計装用無停電交流電源装置 (2-2261A1~A3)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>
B-計装用無停電交流電源装置 (2-2261B1~B3)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

計装用無停電交流電源装置の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

(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

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【A-計装用無停電交流電源装置（2-2261A1～A3）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
A-計装用無停電交流電源装置 (2-2261A1～A3)	S	廃棄物処理建物 EL 16.9*1	<input type="text"/>	<input type="text"/>	$C_H=1.25^{*2}$	$C_V=0.68^{*2}$	$C_H=1.88^{*3}$	$C_V=1.46^{*3}$	40

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動 S d）又は静的震度

*3：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S s）

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{b_i} (mm ²)	n_i	S_{y_i} (MPa)	S_{u_i} (MPa)
取付ボルト ($i=2$)	<input type="text"/>	1100	16 (M16)	201.1	30	235 (16mm<径≤40mm)	400

部材	ℓ_{1i}^{*1} (mm)	ℓ_{2i}^{*1} (mm)	n_{fi}^{*1}	F_i (MPa)	F_i^* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
取付ボルト ($i=2$)	575	575	9	235	280	長辺方向	長辺方向
	883*2	2047*2	2				

注記*1：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、

下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

*2：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS400	引張	$\sigma_{b2}=45$	$f_{ts2}=176^*$	$\sigma_{b2}=123$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	$\tau_{b2}=10$	$f_{sb2}=135$	$\tau_{b2}=15$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

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

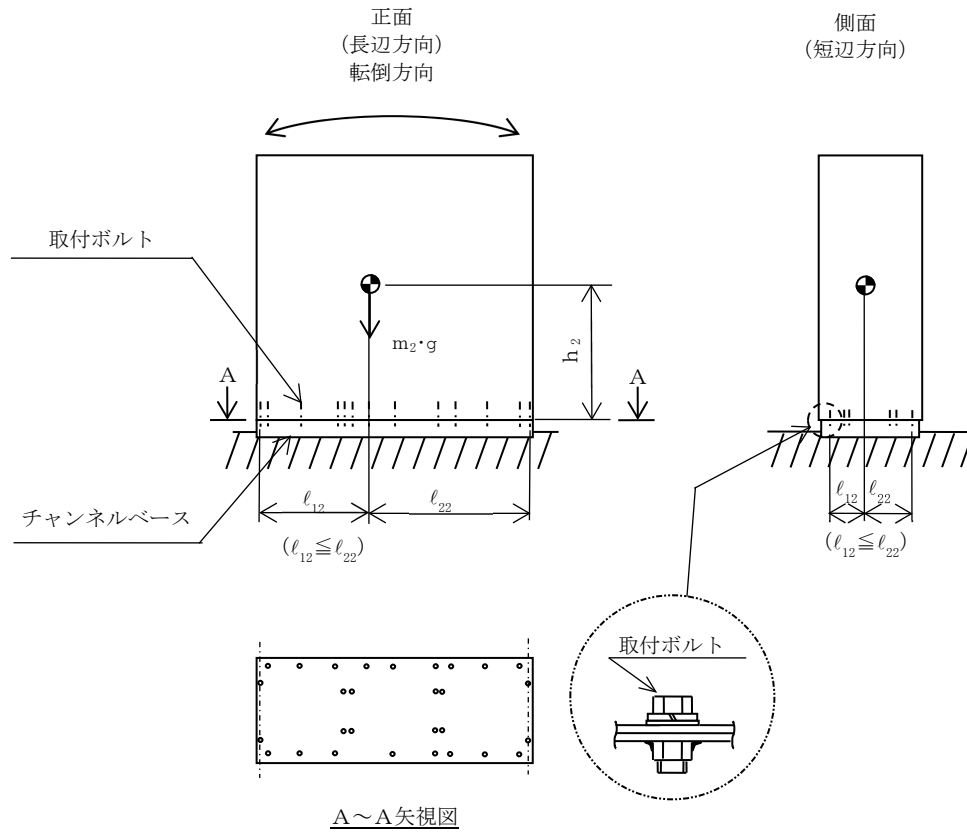
1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
A-計装用無停電交流電源装置 (2-2261A1~A3)	水平方向	1.56	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.22	<input type="text"/>

注記*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



【B-計装用無停電交流電源装置（2-2261B1～B3）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
B-計装用無停電交流電源装置 (2-2261B1～B3)	S	廃棄物処理建物 EL 12.3 ^{*1}	<input type="text"/>	<input type="text"/>	C _H =1.01 ^{*2}	C _V =0.57 ^{*2}	C _H =1.79 ^{*3}	C _V =1.26 ^{*3}	40

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動 S_d）又は静的震度

*3：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）

1.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
取付ボルト (i = 2)	<input type="text"/>	1100	16 (M16)	201.1	30	235 (16mm < 径 ≤ 40mm)	400

部材	ℓ _{1 i *1} (mm)	ℓ _{2 i *1} (mm)	n _{f i *1}	F _i (MPa)	F _i [*] (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i = 2)	575	575	9	235	280	長辺方向	長辺方向
	883 ^{*2}	2047 ^{*2}	2				

注記*1：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、

下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

*2：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS400	引張	$\sigma_{b2}=30$	$f_{ts2}=176^*$	$\sigma_{b2}=102$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	$\tau_{b2}=8$	$f_{sb2}=135$	$\tau_{b2}=15$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

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

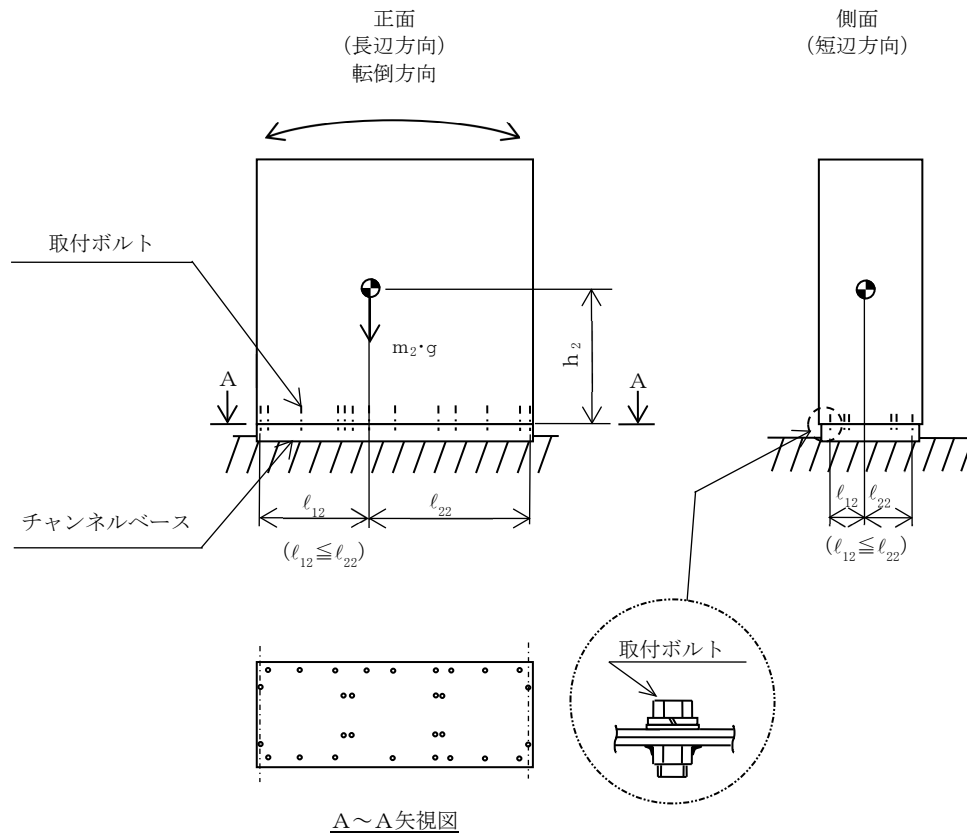
1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
B-計装用無停電交流電源装置 (2-2261B1~B3)	水平方向	1.49	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.05	<input type="text"/>

注記*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



VI-2-10-1-3-2 230V系充電器（常用）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 固有周期の確認	3
4. 構造強度評価	4
4.1 構造強度評価方法	4
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	4
4.3 計算条件	4
5. 機能維持評価	8
5.1 電氣的機能維持評価方法	8
6. 評価結果	9
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	9

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、230V系充電器（常用）が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを説明するものである。

230V系充電器（常用）は、設計基準対象施設においてはCクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、230V系充電器（常用）は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形盤であるため、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

230V系充電器（常用）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	
230V系充電器（常用）は、基礎に埋め込まれたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。	直立形 （鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤）	<p>【230V系充電器（常用）（2-2267E-2）】</p> <p>正面 2000</p> <p>側面 1600</p> <p>盤</p> <p>取付ボルト</p> <p>床</p> <p>チャンネルベース</p> <p>(長辺方向) (短辺方向)</p> <p>(単位：mm)</p>

3. 固有周期

3.1 固有周期の確認

230V系充電器（常用）の固有周期は、プラスチックハンマ等により、当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し、確認する。試験の結果、剛構造であることを確認した。固有周期の確認結果を表3-1に示す。

表3-1 固有周期 (単位：s)

230V系充電器（常用） (2-2267E-2)	水平		
	鉛直		

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

230V 系充電器（常用）の構造強度評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

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

230V 系充電器（常用）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

230V 系充電器（常用）の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

230V 系充電器（常用）の使用材料の許容応力評価条件のうち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-3 に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【230V 系充電器（常用）(2-2267E-2)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。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電 用原子炉の 附属施設	非常用 電源設備	230V系充電器（常用）	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IVAS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS (VASとして IVASの許容限界 を用いる。)

注記*1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張	せん断
IVAS	1.5・f _t * 1.5・f _s *	1.5・f _s *
VAS (VASとしてIVASの許容限界を用いる。)		

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

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

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト	SS400 (16mm<径≤40mm)	周囲環境温度	40	235	400	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

230V 系充電器（常用）の電氣的機能維持評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

230V 系充電器（常用）に設置される器具の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の器具単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

機器名称	方向	機能確認済加速度
230V 系充電器（常用） (2-2267E-2)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

230V系充電器（常用）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，電氣的機能を維持できることを確認した。

(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

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【230V系充電器（常用）(2-2267E-2)の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
230V系充電器（常用） (2-2267E-2)	常設耐震／防止 常設／緩和	廃棄物処理建物 EL 12.3*1			—	—	$C_H=2.18^{*2}$	$C_V=1.40^{*2}$	40

注記*1：基準床レベルを示す。

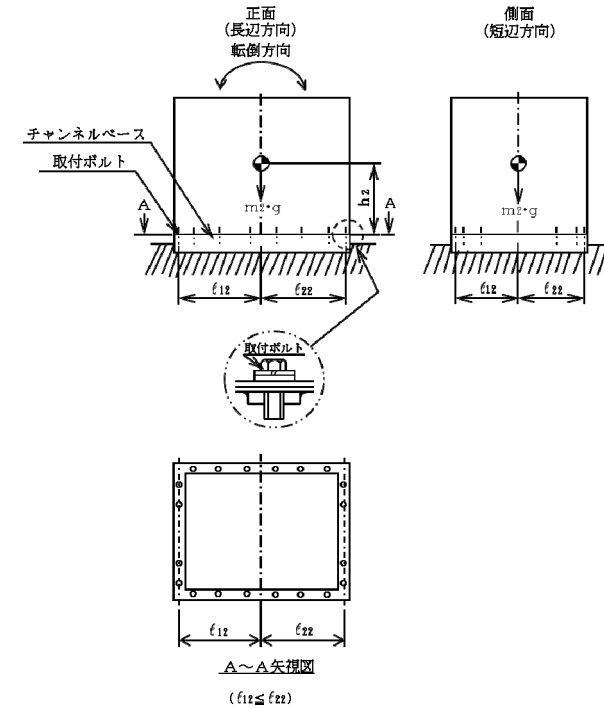
*2：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S s）を上回る設計震度

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm ²)	n_i	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)
取付ボルト (i=2)		1000	16 (M16)	201.1	20	235 (16mm<径≤40mm)	400

部材	l_{1i}^* (mm)	l_{2i}^* (mm)	n_{fi}^*	F_i (MPa)	F_i^* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
取付ボルト (i=2)	755	755	6	—	280	—	長辺方向
	970	970	4				

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



1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS400	引張	—	—	$\sigma_{b2}=59$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=20$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
230V 系充電器 (常用) (2-2267E-2)	水平方向	1.49	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.05	<input type="text"/>

注記*：設計用震度 II (基準地震動 S_s) により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

VI-2-10-1-3-3 B1-115V 系充電器 (SA) 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 固有周期の確認	3
4. 構造強度評価	4
4.1 構造強度評価方法	4
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	4
4.3 計算条件	4
5. 機能維持評価	8
5.1 電氣的機能維持評価方法	8
6. 評価結果	9
6.1 設計基準対象施設としての評価結果	9
6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	9

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、B1-115V系充電器（SA）が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを説明するものである。

B1-115V系充電器（SA）は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、B1-115V系充電器（SA）は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形盤であるため、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

B1-115V系充電器（SA）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	
<p>B1-115V 系充電器 (SA) は、基礎に埋め込まれたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。</p>	<p>直立形 (鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤)</p>	<p>【B1-115V 系充電器 (SA)】</p> <p>(単位：mm)</p>

3. 固有周期

3.1 固有周期の確認

B1-115V 系充電器 (SA) の固有周期は、プラスチックハンマ等により、当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し、確認する。試験の結果、剛構造であることを確認した。固有周期の確認結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期 (単位：s)

B1-115V 系充電器 (SA) (2-1202-1)	水平		
	鉛直		

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

B1-115V 系充電器 (SA) の構造強度評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

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

B1-115V 系充電器 (SA) 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

B1-115V 系充電器 (SA) の許容応力は、VI-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

B1-115V 系充電器 (SA) の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 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。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【B1-115V 系充電器 (SA) (2-1202-1) 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。

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	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電 用原子炉の 附属施設	非常用 電源設備	B1-115V 系充電器 (SA)	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	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 4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類* ¹	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電 用原子炉の 附属施設	非常用 電源設備	B1-115V 系充電器 (SA)	常設耐震／防止 常設／緩和	—* ²	$D + P_D + M_D + S_s^*$ ³	Ⅳ _A S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _A S (V _A Sとして Ⅳ _A Sの許容限 界を用いる。)

注記*1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4-3 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 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 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト	SS400 (16mm < 径 ≤ 40mm)	周囲環境温度	40	235	400	—

表 4-5 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト	SS400 (16mm < 径 ≤ 40mm)	周囲環境温度	40	235	400	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

B1-115V 系充電器 (SA) の電氣的機能維持評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

B1-115V 系充電器 (SA) に設置される器具の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の器具単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

機器名称	方向	機能確認済加速度
B1-115V 系充電器 (SA) (2-1202-1)	水平	
	鉛直	

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

B1-115V 系充電器 (SA) 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，電氣的機能を維持できることを確認した。

(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

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

B1-115V 系充電器 (SA) 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，電氣的機能を維持できることを確認した。

(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

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【B1-115V系充電器 (SA) (2-1202-1)の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
B1-115V系充電器 (SA) (2-1202-1)	S	廃棄物処理建物 EL 12.3*1			$C_H=1.01^{*2}$	$C_V=0.57^{*2}$	$C_H=2.18^{*3}$	$C_V=1.40^{*3}$	40

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動 S d）又は静的震度

*3：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S s）を上回る設計震度

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{b_i} (mm ²)	n_i	S_{y_i} (MPa)	S_{u_i} (MPa)
取付ボルト (i=2)		1000	16 (M16)	201.1	26	235 (16mm<径≤40mm)	400

部材	l_{1i}^* (mm)	l_{2i}^* (mm)	n_{fi}^*	F_i (MPa)	F_i^* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
取付ボルト (i=2)	740	740	9	235	280	短辺方向	長辺方向
	1110	1110	6				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS400	引張	$\sigma_{b2}=10$	$f_{ts2}=176^*$	$\sigma_{b2}=35$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	$\tau_{b2}=7$	$f_{sb2}=135$	$\tau_{b2}=15$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
B1-115V 系充電器 (SA) (2-1202-1)	水平方向	1.49	
	鉛直方向	1.05	

注記*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
BI-115V 系充電器 (SA) (2-1202-1)	常設耐震/防止 常設/緩和	廃棄物処理建物 EL 12.3* ¹			—	—	C _H =2.18* ²	C _V =1.40* ²	40

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）を上回る設計震度

2.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
取付ボルト (i=2)		1000	16 (M16)	201.1	26	235 (16mm<径≤40mm)	400

部材	ℓ _{1 i} * (mm)	ℓ _{2 i} * (mm)	n _{f i} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	740	740	9	—	280	—	長辺方向
	1110	1110	6				

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

下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS400	引張	—	—	$\sigma_{b2}=35$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=15$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

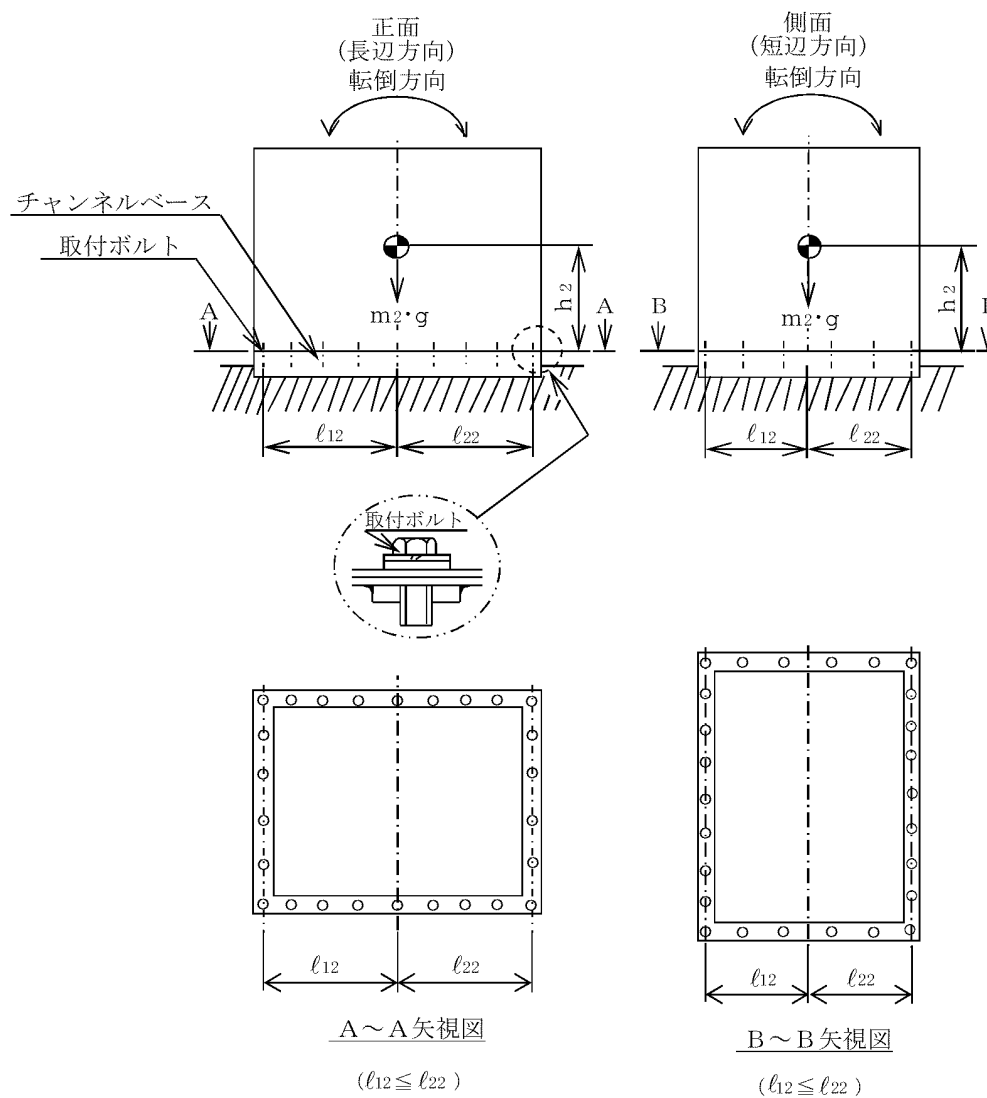
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

2.4.2 電氣的機能維持の評価結果

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
B1-115V 系充電器 (SA) (2-1202-1)	水平方向	1.49	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.05	<input type="text"/>

注記*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



VI-2-10-1-3-4 SA 用 115V 系充電器の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
3.1 固有周期の確認	3
4. 構造強度評価	4
4.1 構造強度評価方法	4
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	4
4.3 計算条件	4
5. 機能維持評価	8
5.1 電氣的機能維持評価方法	8
6. 評価結果	9
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	9

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、SA用115V系充電器が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電気的機能を維持できることを説明するものである。

SA用115V系充電器は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

なお、SA用115V系充電器は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形盤であるため、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

SA用115V系充電器の構造計画を表2-1に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
SA 用 115V 系充電器は、基礎に埋め込まれたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。	直立形 (鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤)	<p>【SA 用 115V 系充電器】</p> <p>正面 2000</p> <p>側面 1600</p> <p>盤</p> <p>取付ボルト</p> <p>床</p> <p>チャンネルベース</p> <p>(長辺方向) (短辺方向)</p> <p>(単位：mm)</p>

3. 固有周期

3.1 固有周期の確認

SA用115V系充電器の固有周期は、プラスチックハンマ等により、当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し、確認する。試験の結果、剛構造であることを確認した。固有周期の確認結果を表3-1に示す。

表3-1 固有周期 (単位：s)

SA用115V系充電器 (2-1202-2)	水平		
	鉛直		

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

SA 用 115V 系充電器の構造強度評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

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

SA 用 115V 系充電器の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

SA 用 115V 系充電器の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

SA 用 115V 系充電器の使用材料の許容応力評価条件のうち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-3 に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【SA 用 115V 系充電器(2-1202-2)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。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電 用原子炉の 附属施設	非常用 電源設備	SA用115V系充電器	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IVAS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS (VASとして IVASの許容限界 を用いる。)

注記*1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張	せん断
IVAS	1.5・f _t * 1.5・f _s *	1.5・f _s *
VAS (VASとしてIVASの許容限界を用いる。)		

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

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

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト	SS400 (16mm<径≤40mm)	周囲環境温度	40	235	400	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

SA 用 115V 系充電器の電氣的機能維持評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

SA 用 115V 系充電器に設置される器具の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の器具単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

機器名称	方向	機能確認済加速度
SA 用 115V 系充電器 (2-1202-2)	水平	
	鉛直	

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

SA用115V系充電器の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを確認した。

(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

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【SA用115V系充電器(2-1202-2)の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

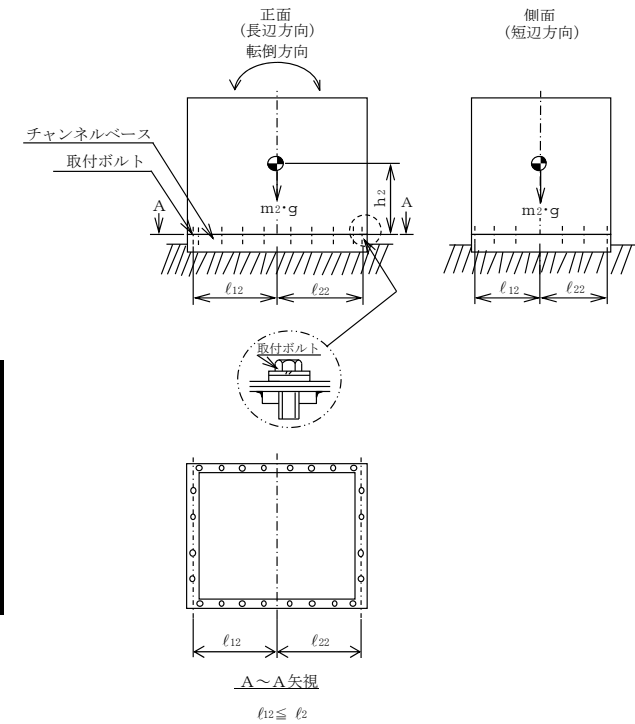
機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
SA用115V系充電器 (2-1202-2)	常設耐震/防止 常設/緩和	廃棄物処理建物 EL 12.3*1			—	—	$C_H=2.18^{*2}$	$C_V=1.40^{*2}$	40

注記*1: 基準床レベルを示す。

*2: 設計用震度II (基準地震動 S s) を上回る設計震度

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm ²)	n_i	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)
取付ボルト (i=2)		1000	16 (M16)	201.1	24	235 (16mm<径≤40mm)	400



部材	l_{1i}^* (mm)	l_{2i}^* (mm)	n_{fi}^*	F_i (MPa)	F_i^* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
取付ボルト (i=2)	750	750	8	—	280	—	長辺方向
	970	970	4				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	—		—	

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS400	引張	—	—	$\sigma_{b2}=57$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=16$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
SA 用 115V 系充電器 (2-1202-2)	水平方向	1.49	
	鉛直方向	1.05	

注記*：設計用震度 II（基準地震動 S_s）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

VI-2-10-1-3-6 A-115V 系蓄電池の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
3.1 固有周期の確認	3
4. 構造強度評価	4
4.1 構造強度評価方法	4
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	4
4.3 計算条件	4
5. 機能維持評価	8
5.1 電氣的機能維持評価方法	8
6. 評価結果	9
6.1 設計基準対象施設としての評価結果	9
6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	9

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、A-115V系蓄電池が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを説明するものである。

A-115V系蓄電池は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

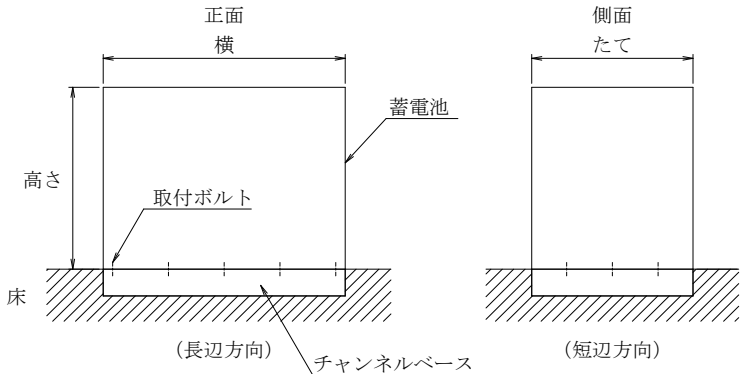
なお、A-115V系蓄電池は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形盤に類するため、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

A-115V系蓄電池の構造計画を表2-1に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図												
基礎・支持構造	主体構造													
<p>A-115V 系蓄電池は、基礎に埋め込まれたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。</p>	<p>直立形 (鋼製架台に固定されたベント形クラッド式据置鉛蓄電池)</p>	<p>【A-115V 系蓄電池】</p>  <table border="1" data-bbox="1131 997 1886 1252"> <thead> <tr> <th>機器名称</th> <th>A-115V 系蓄電池 (7 個並び 1 段 2 列)</th> <th>A-115V 系蓄電池 (6 個並び 1 段 2 列)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>たて</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>横</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>高さ</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	機器名称	A-115V 系蓄電池 (7 個並び 1 段 2 列)	A-115V 系蓄電池 (6 個並び 1 段 2 列)	たて			横			高さ		
機器名称	A-115V 系蓄電池 (7 個並び 1 段 2 列)	A-115V 系蓄電池 (6 個並び 1 段 2 列)												
たて														
横														
高さ														

(単位：mm)

3. 固有周期

3.1 固有周期の確認

A-115V系蓄電池の固有周期は、プラスチックハンマ等により、当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し、確認する。試験の結果、剛構造であることを確認した。固有周期の確認結果を表3-1に示す。

表3-1 固有周期 (単位：s)

A-115V系蓄電池 (7個並び1段2列)	水平			
	鉛直			
A-115V系蓄電池 (6個並び1段2列)	水平			
	鉛直			

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

A-115V 系蓄電池の構造強度評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

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

A-115V 系蓄電池の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設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

A-115V 系蓄電池の許容応力は、VI-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

A-115V 系蓄電池の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設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。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【A-115V 系蓄電池（7 個並び 1 段 2 列）の耐震性についての計算結果】及び【A-115V 系蓄電池（6 個並び 1 段 2 列）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。

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	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電 用原子炉の 附属施設	非常用 電源設備	A-115V 系蓄電池	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	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 4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類* ¹	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電 用原子炉の 附属施設	非常用 電源設備	A-115V 系蓄電池	常設耐震／防止 常設／緩和	—* ²	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	Ⅳ _A S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _A S (V _A Sとして Ⅳ _A Sの許容限界 を用いる。)

注記*¹：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*²：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4-3 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 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 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度	40			
取付ボルト	SS41* (40mm<径)	周囲環境温度	40	215	400	—

注記* : SS400 相当

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 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度	40			
取付ボルト	SS41* (40mm<径)	周囲環境温度	40	215	400	—

注記* : SS400 相当

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

A-115V 系蓄電池の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

蓄電池は、J E A G 4 6 0 1-1987 において「装置」に分類され、機能維持評価は構造健全性を確認することとされている。したがって、A-115V 系蓄電池の機能維持評価は、支持構造物が健全であることの確認により行う。

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

A-115V 系蓄電池の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

(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

電氣的機能維持評価は支持構造物が健全であることの確認により行うため，評価結果は

(1) 構造強度評価結果による。

6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

A-115V 系蓄電池の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

(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

電氣的機能維持評価は支持構造物が健全であることの確認により行うため，評価結果は

(1) 構造強度評価結果による。

【A-115V系蓄電池（7個並び1段2列）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
A-115V系蓄電池 (7個並び1段2列)	S	廃棄物処理建物 EL 15.3 (EL 16.9*1)			C _H =1.06*2	C _V =0.74*2	C _H =2.48*3	C _V =1.47*3	40

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 I（弾性設計用地震動 S_d）及び静的震度を上回る設計震度

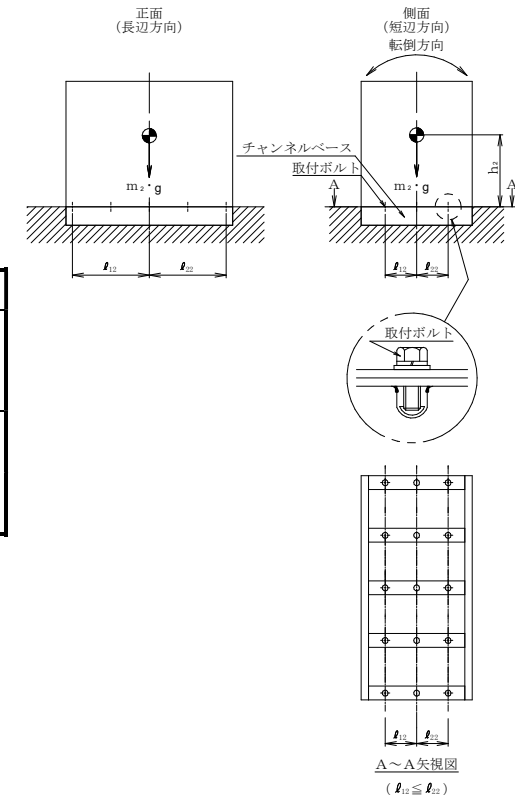
*3：設計用震度 II（基準地震動 S_s）を上回る設計震度

1.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
取付ボルト (i=2)		570	16 (M16)	201.1	15	215 (40mm<径)	400

部材	l _{1 i} * (mm)	l _{2 i} * (mm)	n _{f i} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	350	350	5	215	258	短辺方向	短辺方向
	1164	1164	3				

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



1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS41	引張	$\sigma_{b2}=15$	$f_{ts2}=161^*$	$\sigma_{b2}=45$	$f_{ts2}=193^*$
		せん断	$\tau_{b2}=7$	$f_{sb2}=124$	$\tau_{b2}=17$	$f_{sb2}=148$

すべて許容応力以下である。

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

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
A-115V 系蓄電池 (7 個並び 1 段 2 列)	常設耐震/防止 常設/緩和	廃棄物処理建物 EL 15.3 (EL 16.9*1)			—	—	C _H =2.48*2	C _V =1.47*2	40

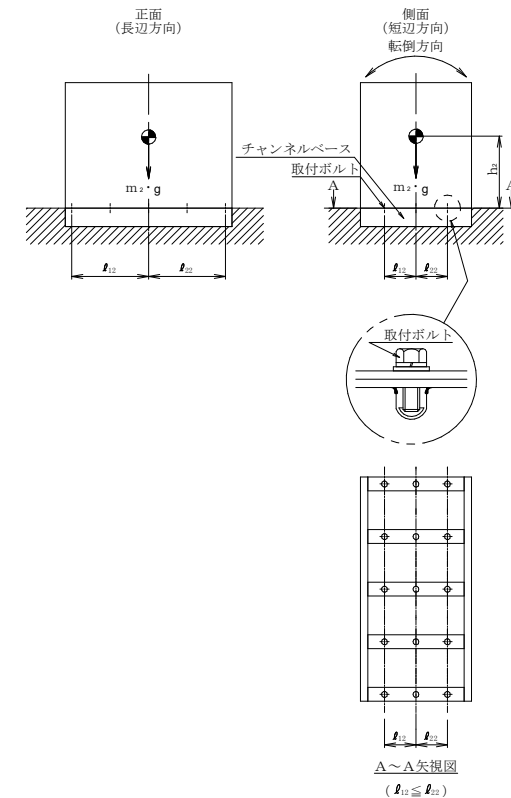
注記*1: 基準床レベルを示す。

*2: 設計用震度 II (基準地震動 S_s) を上回る設計震度

2.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
取付ボルト (i=2)		570	16 (M16)	201.1	15	215 (40mm<径)	400

12



部材	l _{1 i} * (mm)	l _{2 i} * (mm)	n _{f i} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	350	350	5	—	258	—	短辺方向
	1164	1164	3				

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

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	—		—	

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS41	引張	—	—	$\sigma_{b2}=45$	$f_{ts2}=193^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=17$	$f_{sb2}=148$

すべて許容応力以下である。

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

【A-115V系蓄電池（6個並び1段2列）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
A-115V系蓄電池 (6個並び1段2列)	S	廃棄物処理建物 EL 15.3 (EL 16.9*1)			C _H =1.06*2	C _V =0.74*2	C _H =2.48*3	C _V =1.47*3	40

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度Ⅰ（弾性設計用地震動 S_d）及び静的震度を上回る設計震度

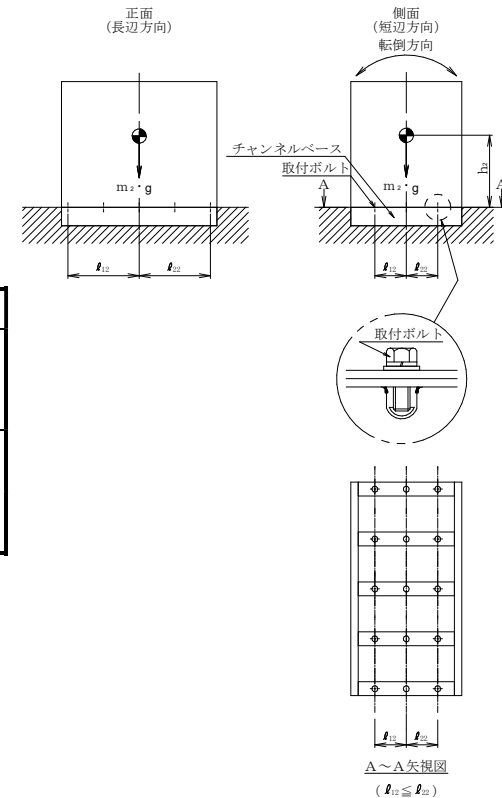
*3：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）を上回る設計震度

1.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
取付ボルト (i=2)		570	16 (M16)	201.1	15	215 (40mm<径)	400

部材	l _{1 i} * (mm)	l _{2 i} * (mm)	n _{f i} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	350	350	5	215	258	短辺方向	短辺方向
	1012	1012	3				

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



A~A矢視図
(l₁₂ ≤ l₂₂)

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS41	引張	$\sigma_{b2}=13$	$f_{ts2}=161^*$	$\sigma_{b2}=40$	$f_{ts2}=193^*$
		せん断	$\tau_{b2}=7$	$f_{sb2}=124$	$\tau_{b2}=15$	$f_{sb2}=148$

すべて許容応力以下である。

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

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
A-115V 系蓄電池 (6個並び1段2列)	常設耐震/防止 常設/緩和	廃棄物処理建物 EL 15.3 (EL 16.9*1)			—	—	C _H =2.48*2	C _V =1.47*2	40

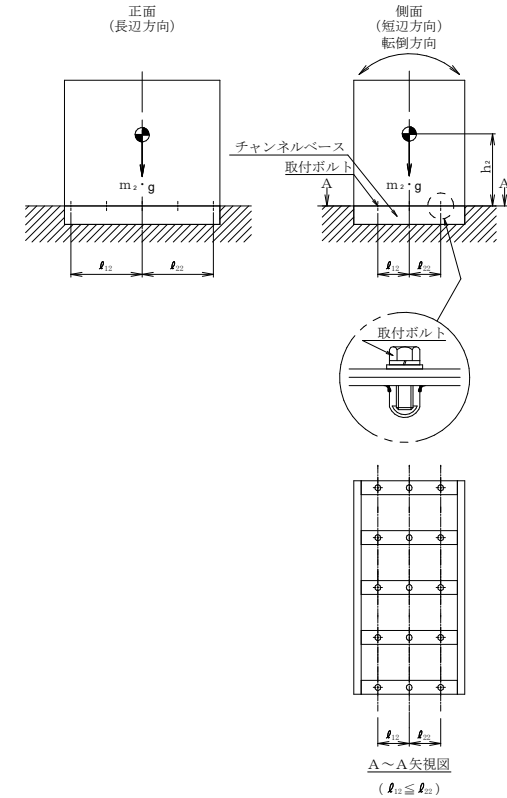
注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S s）を上回る設計震度

2.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
取付ボルト (i=2)		570	16 (M16)	201.1	15	215 (40mm<径)	400

16



部材	l _{1 i} * (mm)	l _{2 i} * (mm)	n _{f i} * (mm)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
取付ボルト (i=2)	350	350	5	—	258	—	短辺方向
	1012	1012	3				

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

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	—		—	

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS41	引張	—	—	$\sigma_{b2}=40$	$f_{ts2}=193^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=15$	$f_{sb2}=148$

すべて許容応力以下である。

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

VI-2-10-1-4 その他のその他発電用原子炉の附属施設の耐震性についての計算書

VI-2-10-1-4-1 230V系充電器（RCIC）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 固有周期の確認	3
4. 構造強度評価	4
4.1 構造強度評価方法	4
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	4
4.3 計算条件	4
5. 機能維持評価	8
5.1 電氣的機能維持評価方法	8
6. 評価結果	9
6.1 設計基準対象施設としての評価結果	9
6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	9

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、230V系充電器（RCIC）が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを説明するものである。

230V系充電器（RCIC）は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、230V系充電器（RCIC）は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形盤であるため、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

230V系充電器（RCIC）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	
230V系充電器(RCIC)は、基礎に埋め込まれたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。	直立形 (鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤)	<p>【230V系充電器(RCIC)(2-2267E-1)】</p> <p>正面 2000</p> <p>側面 1600</p> <p>盤</p> <p>取付ボルト</p> <p>床</p> <p>チャンネルベース</p> <p>(長辺方向) (短辺方向)</p> <p>(単位: mm)</p>

3. 固有周期

3.1 固有周期の確認

230V 系充電器 (RCIC) の固有周期は、プラスチックハンマ等により、当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し、確認する。試験の結果、剛構造であることを確認した。固有周期の確認結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期 (単位：s)

230V 系充電器 (RCIC) (2-2267E-1)	水平	
	鉛直	

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

230V 系充電器 (RCIC) の構造強度評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

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

230V 系充電器 (RCIC) 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

230V 系充電器 (RCIC) の許容応力は、VI-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

230V 系充電器 (RCIC) の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 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。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【230V 系充電器 (RCIC) (2-2267E-1) 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。

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	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電 用原子炉の 附属施設	非常用 電源設備	230V 系充電器 (RCIC)	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	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 4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類* ¹	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電 用原子炉の 附属施設	非常用 電源設備	230V 系充電器 (RCIC)	常設耐震／防止	—* ²	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	Ⅳ _A S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _A S (V _A Sとして Ⅳ _A Sの許容限 界を用いる。)

注記*¹：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備を示す。

*²：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4-3 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 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 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト	SS400 (16mm < 径 ≤ 40mm)	周囲環境温度	40	235	400	—

表 4-5 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト	SS400 (16mm < 径 ≤ 40mm)	周囲環境温度	40	235	400	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

230V 系充電器 (RCIC) の電氣的機能維持評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

230V 系充電器 (RCIC) に設置される器具の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の器具単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

機器名称	方向	機能確認済加速度
230V 系充電器 (RCIC) (2-2267E-1)	水平	
	鉛直	

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

230V系充電器（RCIC）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，電氣的機能を維持できることを確認した。

(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

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

230V系充電器（RCIC）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，電氣的機能を維持できることを確認した。

(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

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【230V系充電器(RCIC)(2-2267E-1)の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
230V系充電器(RCIC) (2-2267E-1)	S	廃棄物処理建物 EL 12.3 ^{*1}			$C_H=0.84^{*2}$	$C_V=0.70^{*2}$	$C_H=2.18^{*3}$	$C_V=1.40^{*3}$	40

注記*1: 基準床レベルを示す。

*2: 設計用震度 I (弾性設計用地震動 S d) 及び静的震度を上回る設計震度

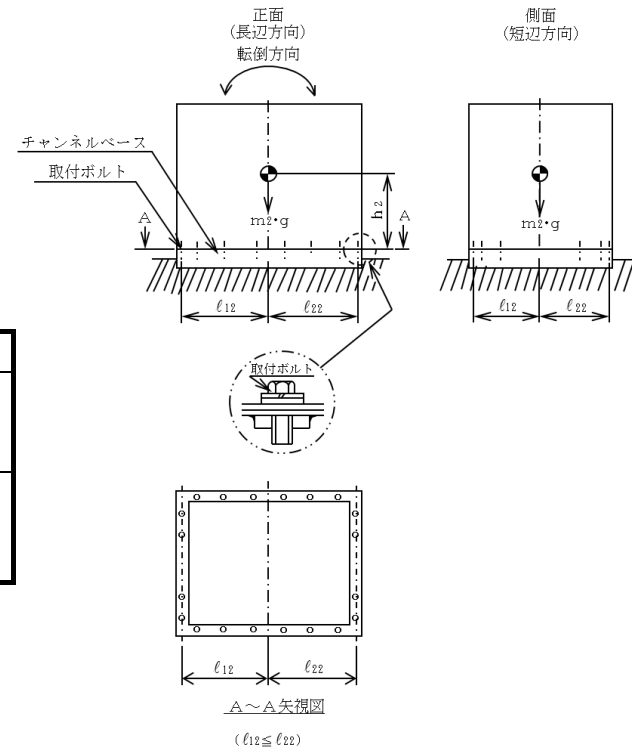
*3: 設計用震度 II (基準地震動 S s) を上回る設計震度

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{b_i} (mm ²)	n_i	S_{y_i} (MPa)	S_{u_i} (MPa)
取付ボルト ($i=2$)		1000	16 (M16)	201.1	20	235 (16mm<径≤40mm)	400

部材	l_{1i}^* (mm)	l_{2i}^* (mm)	n_{fi}^*	F_i (MPa)	F_i^* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
取付ボルト ($i=2$)	755	755	6	235	280	長辺方向	長辺方向
	970	970	4				

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



1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS400	引張	$\sigma_{b2}=13$	$f_{ts2}=176^*$	$\sigma_{b2}=59$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	$\tau_{b2}=8$	$f_{sb2}=135$	$\tau_{b2}=20$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
230V 系充電器 (RCIC) (2-2267E-1)	水平方向	1.49	
	鉛直方向	1.05	

注記*：設計用震度 II (基準地震動 S_s) により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
230V 系充電器 (RCIC) (2-2267E-1)	常設耐震/防止	廃棄物処理建物 EL 12.3*1			—	—	C _H =2.18*2	C _V =1.40*2	40

注記*1: 基準床レベルを示す。

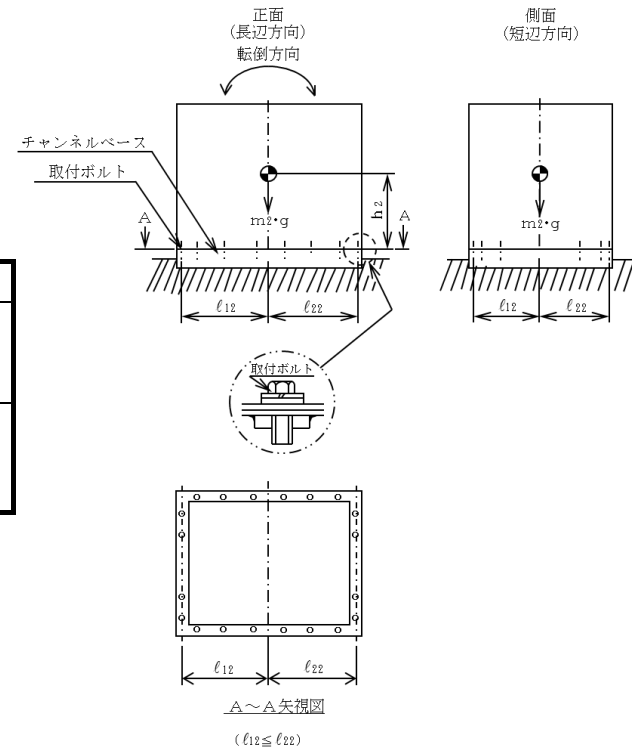
*2: 設計用震度 II (基準地震動 S_s) を上回る設計震度

2.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
取付ボルト (i=2)		1000	16 (M16)	201.1	20	235 (16mm<径≤40mm)	400

部材	ℓ _{1 i} * (mm)	ℓ _{2 i} * (mm)	n _{f i} * (mm)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	755	755	6	—	280	—	長辺方向
	970	970	4				

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



2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS400	引張	—	—	$\sigma_{b2}=59$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=20$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

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

2.4.2 電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
230V 系充電器 (RCIC) (2-2267E-1)	水平方向	1.49	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.05	<input type="text"/>

注記* : 設計用震度 II (基準地震動 S_s) により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

VI-2-10-1-4-2 A-115V 系充電器の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
3.1 固有周期の確認	3
4. 構造強度評価	4
4.1 構造強度評価方法	4
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	4
4.3 計算条件	4
5. 機能維持評価	8
5.1 電氣的機能維持評価方法	8
6. 評価結果	9
6.1 設計基準対象施設としての評価結果	9
6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	9

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、A-115V系充電器が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを説明するものである。

A-115V系充電器は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、A-115V系充電器は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形盤であるため、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

A-115V系充電器の構造計画を表2-1に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>A-115V 系充電器は、基礎に埋め込まれたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。</p>	<p>直立形 (鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤)</p>	<p>【A-115V 系充電器(2-2267A)】</p> <p>正面 2300</p> <p>側面 1600</p> <p>盤</p> <p>取付ボルト</p> <p>床</p> <p>チャンネルベース</p> <p>(長辺方向) (短辺方向)</p> <p>(単位 : mm)</p>

3. 固有周期

3.1 固有周期の確認

A-115V 系充電器の固有周期は、構造が同等な盤に対する振動試験（自由振動試験）の結果算定された固有周期を使用する。固有周期の確認結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期 (単位：s)

A-115V 系充電器 (2-2267A)	水平	0.05 以下
	鉛直	0.05 以下

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

A-115V 系充電器の構造強度評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

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

A-115V 系充電器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

A-115V 系充電器の許容応力は、VI-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

A-115V 系充電器の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 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。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【A-115V 系充電器(2-2267A)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。

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	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電 用原子炉の 附属施設	非常用 電源設備	A-115V 系充電器	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	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 4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類* ¹	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電 用原子炉の 附属施設	非常用 電源設備	A-115V 系充電器	常設耐震／防止 常設／緩和	—* ²	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	Ⅳ _A S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _A S (V _A Sとして Ⅳ _A Sの許容限界 を用いる。)

注記*¹：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*²：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4-3 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 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 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト	SS400 (16mm < 径 ≤ 40mm)	周囲環境温度	40	235	400	—

表 4-5 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト	SS400 (16mm < 径 ≤ 40mm)	周囲環境温度	40	235	400	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

A-115V 系充電器の電氣的機能維持評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

A-115V 系充電器に設置される器具の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の器具単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

機器名称	方向	機能確認済加速度
A-115V 系充電器 (2-2267A)	水平	
	鉛直	

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

A-115V系充電器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、電氣的機能を維持できることを確認した。

(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

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

A-115V系充電器の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを確認した。

(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

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【A-115V系充電器(2-2267A)の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

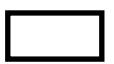
機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
A-115V系充電器 (2-2267A)	S	廃棄物処理建物 EL 16.9*1	0.05以下	0.05以下	$C_H=1.06^{*2}$	$C_V=0.74^{*2}$	$C_H=2.48^{*3}$	$C_V=1.47^{*3}$	40

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度Ⅰ（弾性設計用地震動 S d）及び静的震度を上回る設計震度

*3：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S s）を上回る設計震度

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{b_i} (mm ²)	n_i	S_{y_i} (MPa)	S_{u_i} (MPa)
取付ボルト (i=2)		1150	16 (M16)	201.1	26	235 (16mm<径≤40mm)	400

部材	l_{1i}^* (mm)	l_{2i}^* (mm)	n_{fi}^*	F_i (MPa)	F_i^* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
取付ボルト (i=2)	740	740	9	235	280	短辺方向	長辺方向
	1110	1110	6				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS400	引張	$\sigma_{b2}=14$	$f_{ts2}=176^*$	$\sigma_{b2}=45$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	$\tau_{b2}=8$	$f_{sb2}=135$	$\tau_{b2}=17$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
A-115V 系充電器 (2-2267A)	水平方向	1.56	
	鉛直方向	1.22	

注記*：設計用震度 II（基準地震動 S_s）により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
A-115V 系充電器 (2-2267A)	常設耐震／防止 常設／緩和	廃棄物処理建物 EL 16.9*1	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =2.48*2	C _V =1.47*2	40

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）を上回る設計震度

2.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
取付ボルト (i=2)		1150	16 (M16)	201.1	26	235 (16mm<径≤40mm)	400

部材	l _{1 i} * (mm)	l _{2 i} * (mm)	n _{f i} * (mm)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	740	740	9	—	280	—	長辺方向
	1110	1110	6				

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

下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS400	引張	—	—	$\sigma_{b2}=45$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=17$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

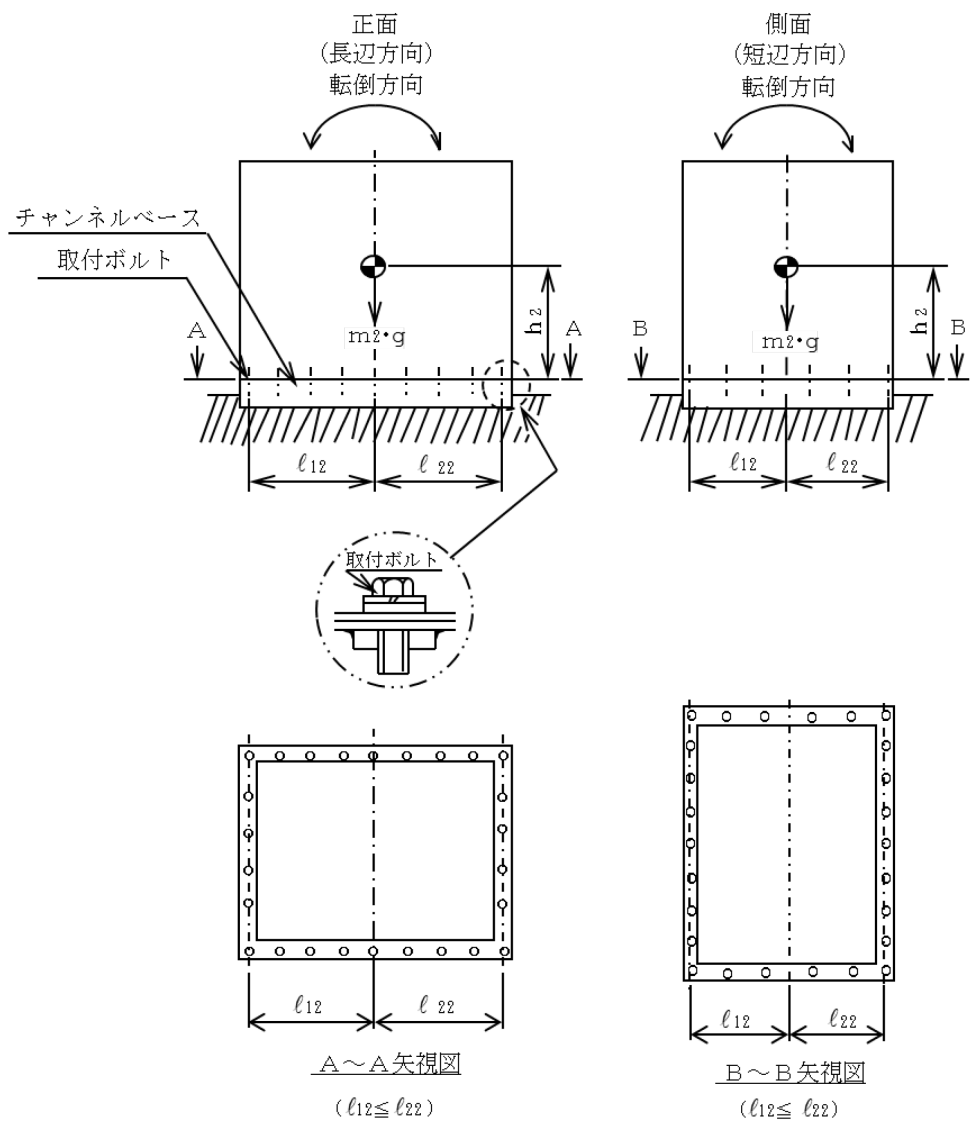
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

2.4.2 電氣的機能維持の評価結果

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
A-115V 系充電器 (2-2267A)	水平方向	1.56	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.22	<input type="text"/>

注記*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



VI-2-10-1-4-3 B-115V 系充電器の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
3.1 固有周期の確認	3
4. 構造強度評価	4
4.1 構造強度評価方法	4
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	4
4.3 計算条件	4
5. 機能維持評価	8
5.1 電氣的機能維持評価方法	8
6. 評価結果	9
6.1 設計基準対象施設としての評価結果	9
6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	9

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、B-115V系充電器が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを説明するものである。

B-115V系充電器は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、B-115V系充電器は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形盤であるため、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

B-115V系充電器の構造計画を表2-1に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>B-115V 系充電器は、取付ボルトにてチャンネルベースに固定する。 チャンネルベースは基礎ボルトにて基礎に設置する。</p>	<p>直立形 (鋼材及び鋼板を 組み合わせた自立 閉鎖型の盤)</p>	<p>【B-115V 系充電器】</p> <p>(単位 : mm)</p>

3. 固有周期

3.1 固有周期の確認

B-115V 系充電器の固有周期は、プラスチックハンマ等により、当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し、確認する。試験の結果、剛構造であることを確認した。固有周期の確認結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期 (単位：s)

B-115V 系充電器 (2-2267B)	水平		
	鉛直		

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

B-115V 系充電器の構造強度評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

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

B-115V 系充電器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

B-115V 系充電器の許容応力は、VI-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

B-115V 系充電器の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 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。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【B-115V 系充電器(2-2267B)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。

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	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電 用原子炉の 附属施設	非常用 電源設備	B-115V 系充電器	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	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 4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類* ¹	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電 用原子炉の 附属施設	非常用 電源設備	B-115V 系充電器	常設耐震／防止 常設／緩和	—* ²	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	Ⅳ _A S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _A S (V _A Sとして Ⅳ _A Sの許容限界 を用いる。)

注記*¹：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*²：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4-3 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 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 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS41* (40mm<径)	周囲環境温度	40	215	400	—
取付ボルト	SS400 (16mm<径≤40mm)	周囲環境温度	40	235	400	—

注記* : SS400 相当

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 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS41* (40mm<径)	周囲環境温度	40	215	400	—
取付ボルト	SS400 (16mm<径≤40mm)	周囲環境温度	40	235	400	—

注記* : SS400 相当

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

B-115V 系充電器の電氣的機能維持評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

B-115V 系充電器に設置される器具の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の器具単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

機器名称	方向	機能確認済加速度
B-115V 系充電器 (2-2267B)	水平	
	鉛直	

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

B-115V 系充電器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，電氣的機能を維持できることを確認した。

(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

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

B-115V 系充電器の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

(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

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【B-115V 系充電器(2-2267B)の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
B-115V 系充電器 (2-2267B)	S	廃棄物処理建物 EL 12.3*1			C _H =0.84*2	C _V =0.70*2	C _H =2.18*3	C _V =1.40*3	40

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 I（弾性設計用地震動 S d）及び静的震度を上回る設計震度

*3：設計用震度 II（基準地震動 S s）を上回る設計震度

1.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
基礎ボルト (i=1)		1050	16 (M16)	201.1	17	215 (40mm<径)	400
取付ボルト (i=2)		1000	16 (M16)	201.1	24	235 (16mm<径≤40mm)	400

部材	l _{1 i} * (mm)	l _{2 i} * (mm)	n _{f i} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
基礎ボルト (i=1)	730	730	6	215	258	長辺方向	長辺方向
	1050	1050	2				
取付ボルト (i=2)	750	750	8	235	280	長辺方向	長辺方向
	1070	1070	4				

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

下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)				
取付ボルト (i=2)				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SS41	引張	$\sigma_{b1}=28$	$f_{ts1}=129^*$	$\sigma_{b1}=131$	$f_{ts1}=154^*$
		せん断	$\tau_{b1}=10$	$f_{sb1}=99$	$\tau_{b1}=26$	$f_{sb1}=119$
取付ボルト (i=2)	SS400	引張	$\sigma_{b2}=12$	$f_{ts2}=176^*$	$\sigma_{b2}=60$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	$\tau_{b2}=7$	$f_{sb2}=135$	$\tau_{b2}=18$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
B-115V 系充電器 (2-2267B)	水平方向	1.49	
	鉛直方向	1.05	

注記*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
B-115V 系充電器 (2-2267B)	常設耐震/防止 常設/緩和	廃棄物処理建物 EL 12.3*1			—	—	C _H =2.18*2	C _V =1.40*2	40

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）を上回る設計震度

2.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
基礎ボルト (i=1)		1050	16 (M16)	201.1	17	215 (40mm<径)	400
取付ボルト (i=2)		1000	16 (M16)	201.1	24	235 (16mm<径≤40mm)	400

部材	l _{1 i} * (mm)	l _{2 i} * (mm)	n _{f i} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	730	730	6	—	258	—	長辺方向
	1050	1050	2				
取付ボルト (i=2)	750	750	8	—	280	—	長辺方向
	1070	1070	4				

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

下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	—		—	
取付ボルト (i=2)	—		—	

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SS41	引張	—	—	$\sigma_{b1}=131$	$f_{ts1}=154^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=26$	$f_{sb1}=119$
取付ボルト (i=2)	SS400	引張	—	—	$\sigma_{b2}=60$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=18$	$f_{sb2}=161$

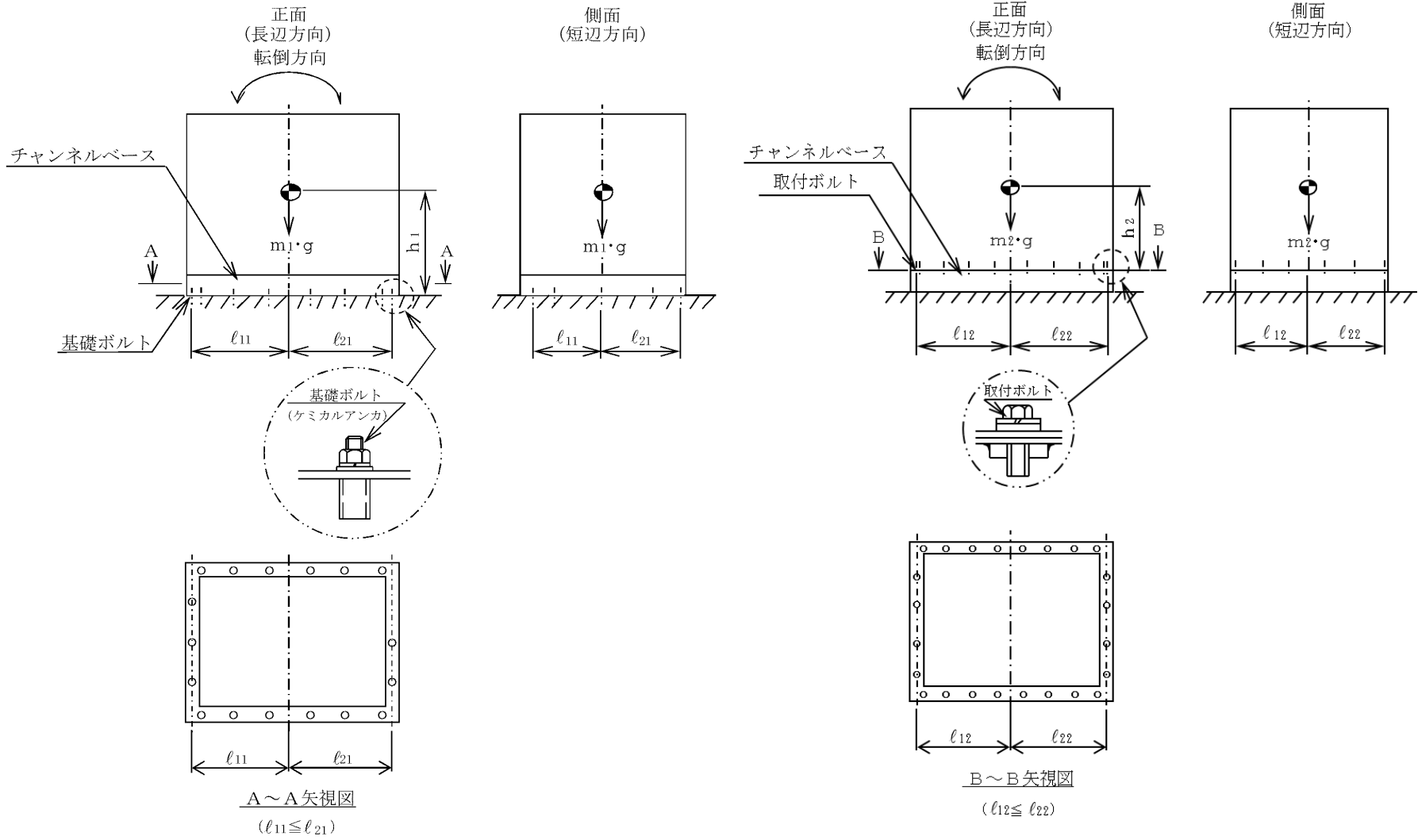
すべて許容応力以下である。

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

2.4.2 電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
B-115V 系充電器 (2-2267B)	水平方向	1.49	
	鉛直方向	1.05	

注記*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



VI-2-10-1-4-5 原子炉中性子計装用充電器の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
3.1 固有周期の確認	3
4. 構造強度評価	4
4.1 構造強度評価方法	4
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	4
4.3 計算条件	4
5. 機能維持評価	8
5.1 電氣的機能維持評価方法	8
6. 評価結果	9
6.1 設計基準対象施設としての評価結果	9
6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	9

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、原子炉中性子計装用充電器が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを説明するものである。

原子炉中性子計装用充電器は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、原子炉中性子計装用充電器は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形盤であるため、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

原子炉中性子計装用充電器の構造計画を表2-1に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>A-原子炉中性子計装用充電器は、基礎に埋め込まれたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。</p> <p>B-原子炉中性子計装用充電器は、取付ボルトにてチャンネルベースに固定する。チャンネルベースは基礎ボルトで基礎に設置する。</p>	<p>直立形 (鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤)</p>	<p>【A-原子炉中性子計装用充電器】</p> <p>【B-原子炉中性子計装用充電器】</p>

(単位：mm)

3. 固有周期

3.1 固有周期の確認

原子炉中性子計装用充電器の固有周期は、プラスチックハンマ等により、当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し、確認する。試験の結果、剛構造であることを確認した。固有周期の確認結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期 (単位：s)

A-原子炉中性子計装用充電器 (2-2268A)	水平			
	鉛直			
B-原子炉中性子計装用充電器 (2-2268B)	水平			
	鉛直			

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

原子炉中性子計装用充電器の構造強度評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

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

原子炉中性子計装用充電器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

原子炉中性子計装用充電器の許容応力は、VI-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

原子炉中性子計装用充電器の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表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。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【原子炉中性子計装用充電器(2-2268A, 2-2268B)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。

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	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電 用原子炉の 附属施設	非常用 電源設備	原子炉中性子計装用充電器	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	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 4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類* ¹	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電 用原子炉の 附属施設	非常用 電源設備	原子炉中性子計装用充電器	常設耐震／防止	—* ²	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	Ⅳ _A S
					$D + P_{sAD} + M_{sAD} + S_s$	V _A S (V _A Sとして Ⅳ _A Sの許容限 界を用いる。)

注記*1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4-3 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 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 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS41* (40mm<径)	周囲環境温度	40	215	400	—
取付ボルト	SS400 (16mm<径≤40mm)	周囲環境温度	40	235	400	—

注記*：SS400 相当

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 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS41* (40mm<径)	周囲環境温度	40	215	400	—
取付ボルト	SS400 (16mm<径≤40mm)	周囲環境温度	40	235	400	—

注記*：SS400 相当

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

原子炉中性子計装用充電器の電気的機能維持評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

原子炉中性子計装用充電器に設置される器具の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の器具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最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

機器名称	方向	機能確認済加速度
A-原子炉中性子計装用充電器 (2-2268A)	水平	
	鉛直	
B-原子炉中性子計装用充電器 (2-2268B)	水平	
	鉛直	

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

原子炉中性子計装用充電器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，電氣的機能を維持できることを確認した。

(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

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

原子炉中性子計装用充電器の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

(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

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【原子炉中性子計装用充電器(2-2268A, 2-2268B)の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉中性子計装用充電器 (2-2268A, 2-2268B)	S	廃棄物処理建物 EL 16.9* ¹ EL 12.3			C _H =1.06* ²	C _V =0.74* ²	C _H =2.48* ³	C _V =1.47* ³	40

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 I（弾性設計用地震動 S_d）及び静的震度を上回る設計震度

*3：設計用震度 II（基準地震動 S_s）を上回る設計震度

1.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
基礎ボルト (i=1)		1200	16 (M16)	201.1	12	215 (40mm<径)	400
取付ボルト (i=2)		1150	16 (M16)	201.1	12	235 (16mm<径≦40mm)	400

部材	l _{1 i} * (mm)	l _{2 i} * (mm)	n _{f i} * (mm)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	430	430	3	215	258	短辺方向	短辺方向
	450	450	3				
取付ボルト (i=2)	440	440	4	235	280	短辺方向	短辺方向
	460	460	4				

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

下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)				
取付ボルト (i=2)				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SS41	引張	$\sigma_{b1}=34$	$f_{ts1}=129^*$	$\sigma_{b1}=93$	$f_{ts1}=154^*$
		せん断	$\tau_{b1}=7$	$f_{sb1}=99$	$\tau_{b1}=16$	$f_{sb1}=119$
取付ボルト (i=2)	SS400	引張	$\sigma_{b2}=23$	$f_{ts2}=176^*$	$\sigma_{b2}=64$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	$\tau_{b2}=7$	$f_{sb2}=135$	$\tau_{b2}=16$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉中性子計装用充電器 (2-2268A, 2-2268B)	水平方向	1.56	
	鉛直方向	1.22	

注記*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉中性子計装用充電器 (2-2268A, 2-2268B)	常設耐震/防止	廃棄物処理建物 EL 16.9* ¹ EL 12.3			—	—	C _H =2.48* ²	C _V =1.47* ²	40

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）を上回る設計震度

2.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
基礎ボルト (i=1)		1200	16 (M16)	201.1	12	215 (40mm<径)	400
取付ボルト (i=2)		1150	16 (M16)	201.1	12	235 (16mm<径≤40mm)	400

部材	l _{1 i} * (mm)	l _{2 i} * (mm)	n _{f i} * (mm)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	430	430	3	—	258	—	短辺方向
	450	450	3				
取付ボルト (i=2)	440	440	4	—	280	—	短辺方向
	460	460	4				

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

下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	—		—	
取付ボルト (i=2)	—		—	

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SS41	引張	—	—	$\sigma_{b1}=93$	$f_{ts1}=154^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=16$	$f_{sb1}=119$
取付ボルト (i=2)	SS400	引張	—	—	$\sigma_{b2}=64$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=16$	$f_{sb2}=161$

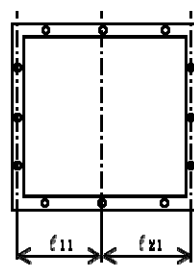
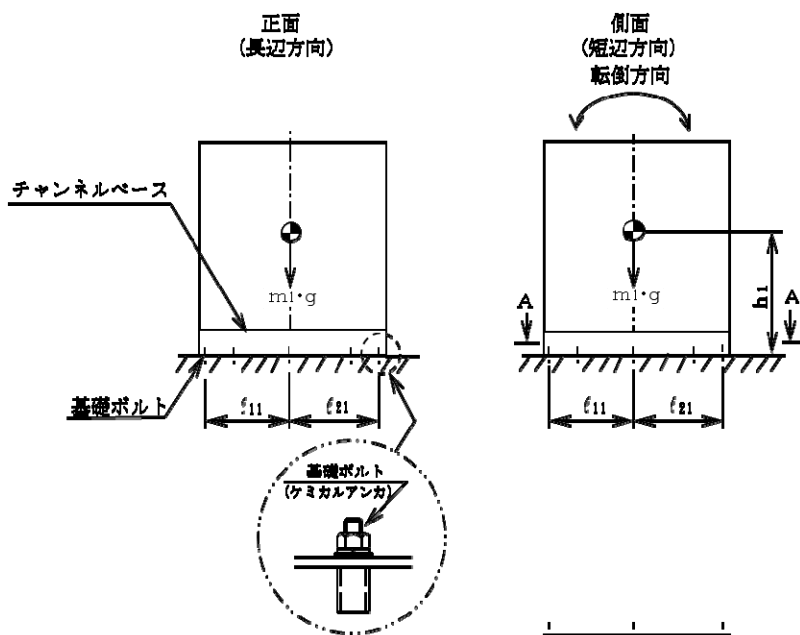
すべて許容応力以下である。

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

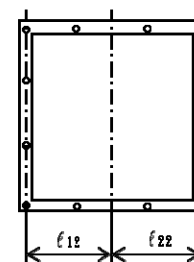
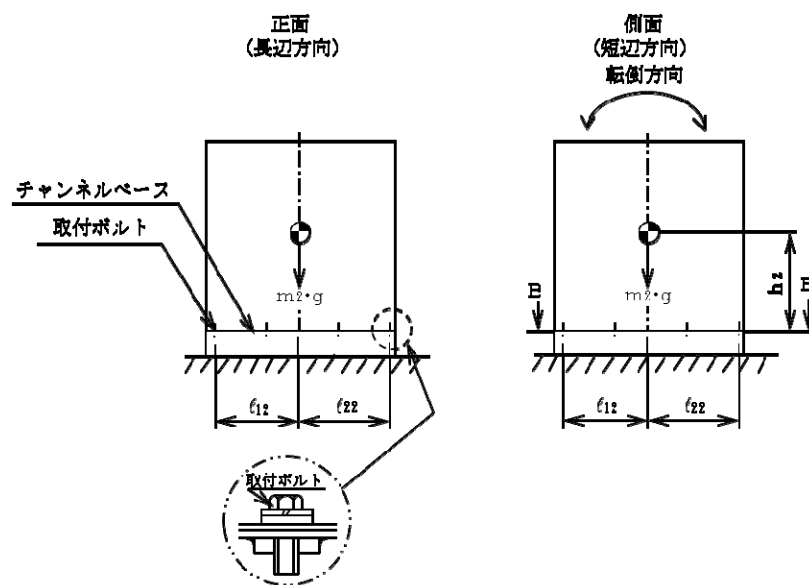
2.4.2 電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉中性子計装用充電器 (2-2268A, 2-2268B)	水平方向	1.56	
	鉛直方向	1.22	

注記*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



A~A矢視図
($l_{11} \leq l_{21}$)



B~B矢視図
($l_{12} \leq l_{22}$)

VI-2-10-1-4-6 メタルクラッド開閉装置の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
3.1 固有周期の確認	3
4. 構造強度評価	4
4.1 構造強度評価方法	4
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	4
4.3 計算条件	4
5. 機能維持評価	8
5.1 電氣的機能維持評価方法	8
6. 評価結果	9
6.1 設計基準対象施設としての評価結果	9
6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	9

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、メタルクラッド開閉装置が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電気的機能を維持できることを説明するものである。

メタルクラッド開閉装置 2C, 2D は、設計基準対象施設においては S クラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。メタルクラッド開閉装置 HPCS は、設計基準対象施設においては S クラス施設に、重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

なお、メタルクラッド開閉装置は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形盤であるため、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

メタルクラッド開閉装置の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図																
基礎・支持構造	主体構造																	
メタルクラッド開閉装置は、基礎に埋め込まれたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。	直立形 (鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤)	<p>【メタルクラッド開閉装置】</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>機器名称</th> <th>メタルクラッド開閉装置 2C (2C-M/C)</th> <th>メタルクラッド開閉装置 2D (2D-M/C)</th> <th>メタルクラッド開閉装置 HPCS (2HPCS-M/C)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>たて</td> <td>2740</td> <td>2740</td> <td>2740</td> </tr> <tr> <td>横</td> <td>8000</td> <td>8000</td> <td>6000</td> </tr> <tr> <td>高さ</td> <td>2300</td> <td>2300</td> <td>2300</td> </tr> </tbody> </table> <p>(単位：mm)</p>	機器名称	メタルクラッド開閉装置 2C (2C-M/C)	メタルクラッド開閉装置 2D (2D-M/C)	メタルクラッド開閉装置 HPCS (2HPCS-M/C)	たて	2740	2740	2740	横	8000	8000	6000	高さ	2300	2300	2300
機器名称	メタルクラッド開閉装置 2C (2C-M/C)	メタルクラッド開閉装置 2D (2D-M/C)	メタルクラッド開閉装置 HPCS (2HPCS-M/C)															
たて	2740	2740	2740															
横	8000	8000	6000															
高さ	2300	2300	2300															

3. 固有周期

3.1 固有周期の確認

メタルクラッド開閉装置の固有周期は、プラスチックハンマ等により、当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し、確認する。試験の結果、剛構造であることを確認した。固有周期の確認結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期 (単位：s)

メタルクラッド 開閉装置 2C (2C-M/C)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>
メタルクラッド 開閉装置 2D (2D-M/C)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>
メタルクラッド 開閉装置 HPCS (2HPCS-M/C)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

メタルクラッド開閉装置の構造強度評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

メタルクラッド開閉装置の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設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

メタルクラッド開閉装置の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4-3 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

メタルクラッド開閉装置の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設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。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【メタルクラッド開閉装置 2C(2C-M/C)の耐震性についての計算結果】，【メタルクラッド開閉装置 2D(2D-M/C)の耐震性についての計算結果】，【メタルクラッド開閉装置 HPCS(2HPCS-M/C)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。

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	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電 用原子炉の 附属施設	非常用 電源設備	メタルクラッド開閉装置	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	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 4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類* ¹	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電 用原子炉の 附属施設	非常用 電源設備	メタルクラッド開閉装置	常設耐震／防止	—* ⁴	$D + P_D + M_D + S_s^{*5}$	Ⅳ _A S
			常設／緩和* ²	—* ⁴	$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _A S (V _A Sとして Ⅳ _A Sの許容限 界を用いる。)
	常設／防止 (DB拡張)* ³					

注記*1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備，「常設／防止（DB拡張）」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）を示す。

*2：メタルクラッド開閉装置 2C, 2D の設備分類を示す。

*3：メタルクラッド開閉装置 HPCS の設備分類を示す。

*4：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。

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

表 4-3 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 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 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度	40			
取付ボルト	SS41* (40mm<径)	周囲環境温度	40	215	400	—

注記* : SS400 相当

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 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度	40			
取付ボルト	SS41* (40mm<径)	周囲環境温度	40	215	400	—

注記* : SS400 相当

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

メタルクラッド開閉装置の電氣的機能維持評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

メタルクラッド開閉装置に設置される器具の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の器具又は当該機器と類似の器具単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

機器名称	方向	機能確認済加速度
メタルクラッド開閉装置 2C (2C-M/C)	水平	<input type="checkbox"/>
	鉛直	<input type="checkbox"/>
メタルクラッド開閉装置 2D (2D-M/C)	水平	<input type="checkbox"/>
	鉛直	<input type="checkbox"/>
メタルクラッド開閉装置 HPCS (2HPCS-M/C)	水平	<input type="checkbox"/>
	鉛直	<input type="checkbox"/>

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

メタルクラッド開閉装置の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

(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

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

メタルクラッド開閉装置の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

(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

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【メタルクラッド開閉装置 2C の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件


機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
メタルクラッド 開閉装置 2C (2C-M/C)	S	原子炉建物 EL 23.8*1			$C_H=1.19^{*2}$	$C_V=1.10^{*2}$	$C_H=1.23^{*3}$	$C_V=1.54^{*3}$	40

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 II（弾性設計用地震動 S d）又は静的震度

*3：設計用震度 I（基準地震動 S s）

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{b_i} (mm ²)	n_i	S_{y_i} (MPa)	S_{u_i} (MPa)
取付ボルト ($i=2$)		1210	16 (M16)	201.1	112	215 (40mm<径)	400

部材	l_{1i}^* (mm)	l_{2i}^* (mm)	n_{fi}^*	F_i (MPa)	F_i^* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
取付ボルト ($i=2$)	840	1700	24	215	258	長辺方向	長辺方向
	3220	4680	5				

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

下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	□	□	□	□

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS41	引張	$\sigma_{b2}=66$	$f_{ts2}=161^*$	$\sigma_{b2}=138$	$f_{ts2}=193^*$
		せん断	$\tau_{b2}=15$	$f_{sb2}=124$	$\tau_{b2}=15$	$f_{sb2}=148$

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
メタルクラッド 開閉装置 2C (2C-M/C)	水平方向	1.44	□
	鉛直方向	1.73	□

注記*：設計用震度 II (基準地震動 S_s) により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
メタルラッド 開閉装置 2C (2C-M/C)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建物 EL 23.8*1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	—	—	C _H =1.23*2	C _V =1.54*2	40

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 I（基準地震動 S_s）

2.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
取付ボルト (i=2)	<input type="checkbox"/>	1210	16 (M16)	201.1	112	215 (40mm<径)	400

部材	ℓ _{1 i} * (mm)	ℓ _{2 i} * (mm)	n _{f i} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	840	1700	24	—	258	—	長辺方向
	3220	4680	5				

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

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS41	引張	—	—	$\sigma_{b2}=138$	$f_{ts2}=193^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=15$	$f_{sb2}=148$

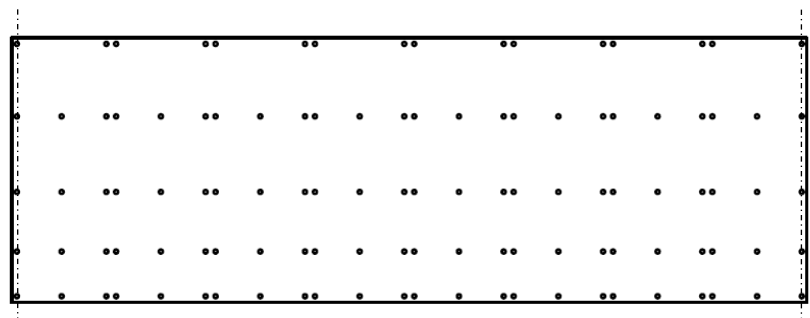
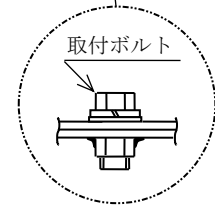
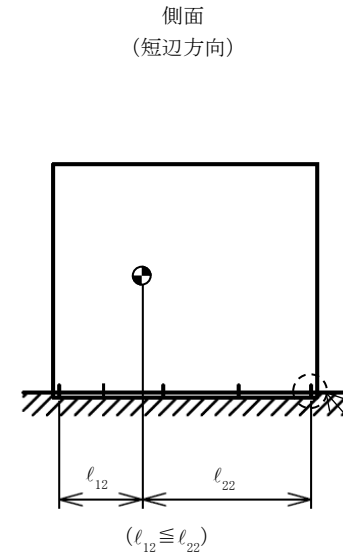
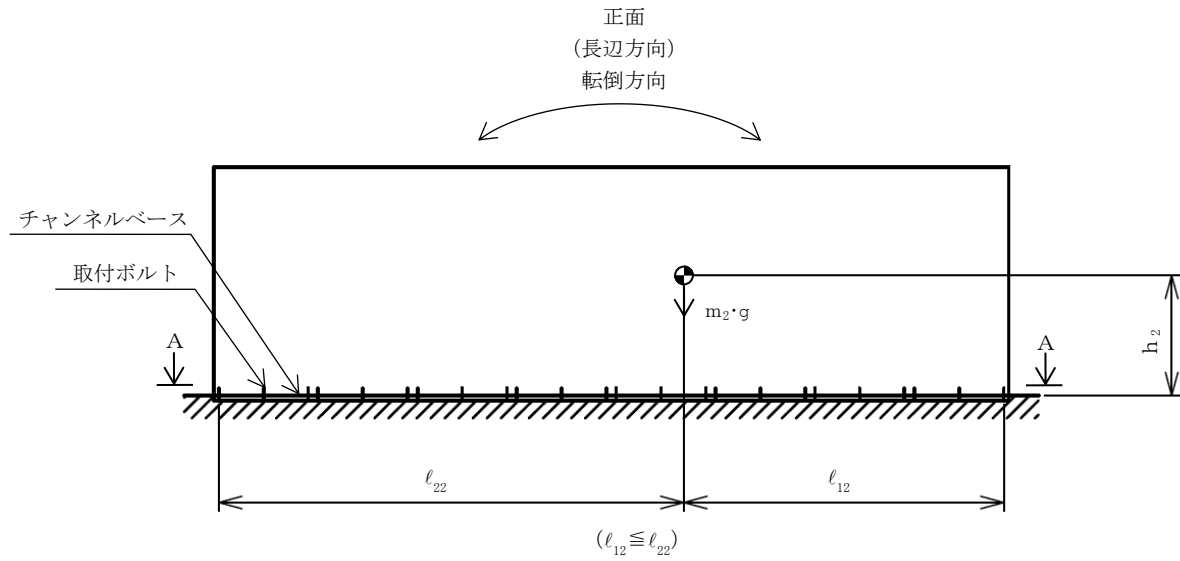
すべて許容応力以下である。

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

2.4.2 電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
メタルクラッド 開閉装置 2C (2C-M/C)	水平方向	1.44	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.73	<input type="text"/>

注記*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。





A~A 矢视图

【メタルクラッド開閉装置 2D の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件


機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
メタルクラッド 開閉装置 2D (2D-M/C)	S	原子炉建物 EL 23.8* ¹			C _H =1.19* ²	C _V =1.10* ²	C _H =1.23* ³	C _V =1.54* ³	40

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 II（弾性設計用地震動 S_d）又は静的震度

*3：設計用震度 I（基準地震動 S_s）

1.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
取付ボルト (i=2)		1210	16 (M16)	201.1	112	215 (40mm<径)	400

部材	l _{1 i} * (mm)	l _{2 i} * (mm)	n _{f i} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	840	1700	24	215	258	長辺方向	長辺方向
	3220	4680	5				

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

下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	□	□	□	□

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS41	引張	$\sigma_{b2}=66$	$f_{ts2}=161^*$	$\sigma_{b2}=138$	$f_{ts2}=193^*$
		せん断	$\tau_{b2}=15$	$f_{sb2}=124$	$\tau_{b2}=15$	$f_{sb2}=148$

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
メタルクラッド 開閉装置 2D (2D-M/C)	水平方向	1.44	□
	鉛直方向	1.73	□

注記*：設計用震度 II (基準地震動 S_s) により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
メタルラッド 開閉装置 2D (2D-M/C)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建物 EL 23.8*1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	—	—	C _H =1.23*2	C _V =1.54*2	40

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 I（基準地震動 S_s）

2.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
取付ボルト (i=2)	<input type="checkbox"/>	1210	16 (M16)	201.1	112	215 (40mm<径)	400

部材	ℓ _{1 i} * (mm)	ℓ _{2 i} * (mm)	n _{f i} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	840	1700	24	—	258	—	長辺方向
	3220	4680	5				

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

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS41	引張	—	—	$\sigma_{b2}=138$	$f_{ts2}=193^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=15$	$f_{sb2}=148$

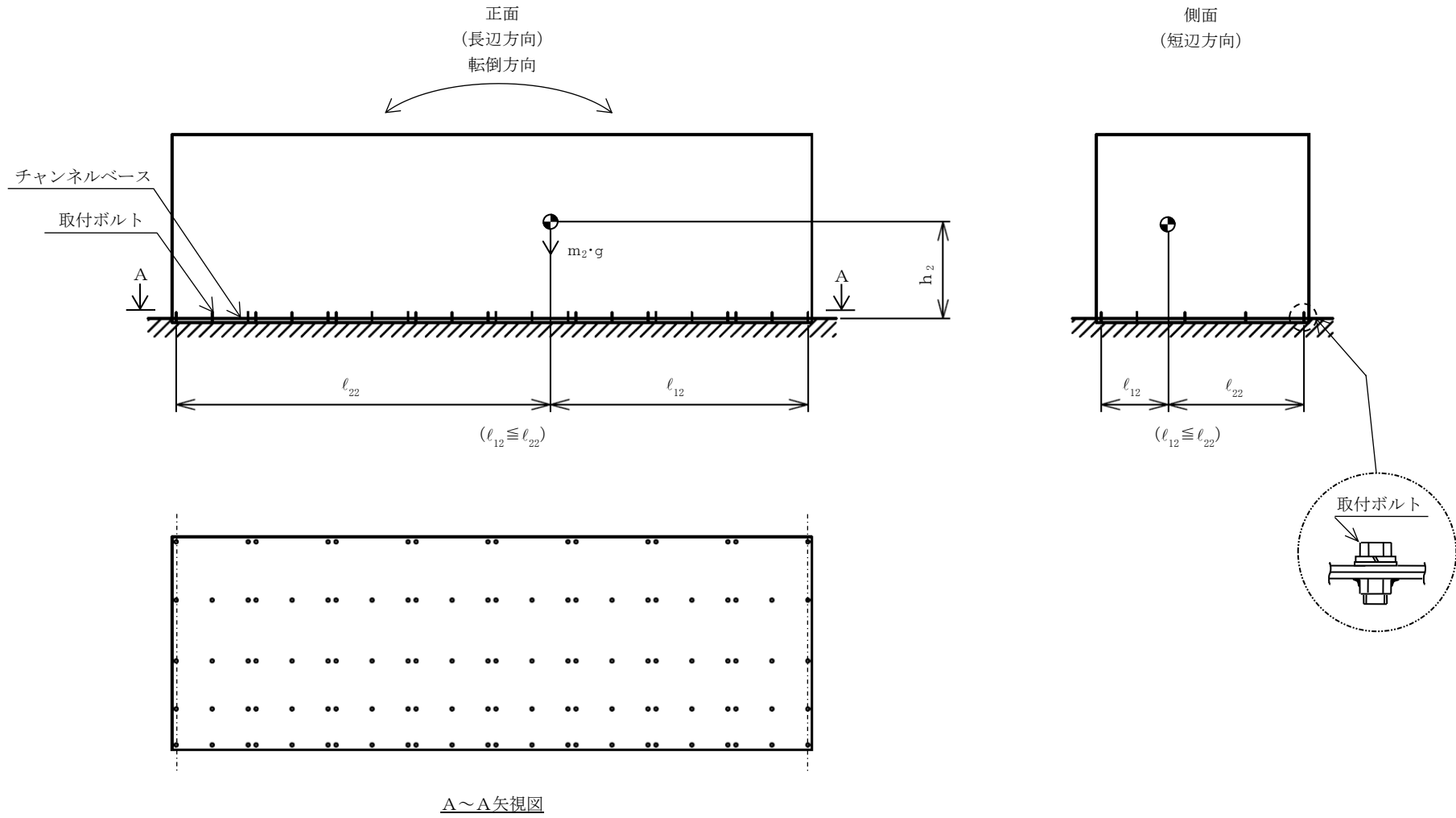
すべて許容応力以下である。

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

2.4.2 電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
メタルクラッド 開閉装置 2D (2D-M/C)	水平方向	1.44	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.73	<input type="text"/>



注記*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



【メタルクラッド開閉装置 HPCS の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件


機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
メタルクラッド 開閉装置 HPCS (2HPCS-M/C)	S	原子炉建物 EL 2.8 (EL 8.8 ^{*1})			C _H =0.78 ^{*2}	C _V =0.54 ^{*2}	C _H =1.56 ^{*3}	C _V =1.16 ^{*3}	40

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動 S_d）又は静的震度

*3：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）

1.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
取付ボルト (i=2)		1210	16 (M16)	201.1	66	215 (40mm<径)	400

部材	l _{1 i} * (mm)	l _{2 i} * (mm)	n _{f i} *		F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
			S _d : 11	S _s : 15			弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	840	1700	S _d : 11	S _s : 15	215	258	短辺方向	長辺方向
	2300	3600	S _d : 5	S _s : 4				

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

下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	□	□	□	□

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS41	引張	$\sigma_{b2}=20$	$f_{ts2}=161^*$	$\sigma_{b2}=105$	$f_{ts2}=193^*$
		せん断	$\tau_{b2}=12$	$f_{sb2}=124$	$\tau_{b2}=24$	$f_{sb2}=148$

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
メタルクラッド 開閉装置 HPCS (2HPCS-M/C)	水平方向	1.29	□
	鉛直方向	0.96	□

注記*：設計用震度 II（基準地震動 S_s）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
メタルラッド 開閉装置 HPCS (2HPCS-M/C)	常設/防止 (DB拡張)	原子炉建物 EL 2.8 (EL 8.8* ¹)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	—	—	C _H =1.56* ²	C _V =1.16* ²	40

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）

2.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
取付ボルト (i=2)	<input type="checkbox"/>	1210	16 (M16)	201.1	66	215 (40mm<径)	400

部材	ℓ _{1 i} * (mm)	ℓ _{2 i} * (mm)	n _{f i} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	840	1700	15	—	258	—	長辺方向
	2300	3600	4				

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

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS41	引張	—	—	$\sigma_{b2}=105$	$f_{ts2}=193^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=24$	$f_{sb2}=148$

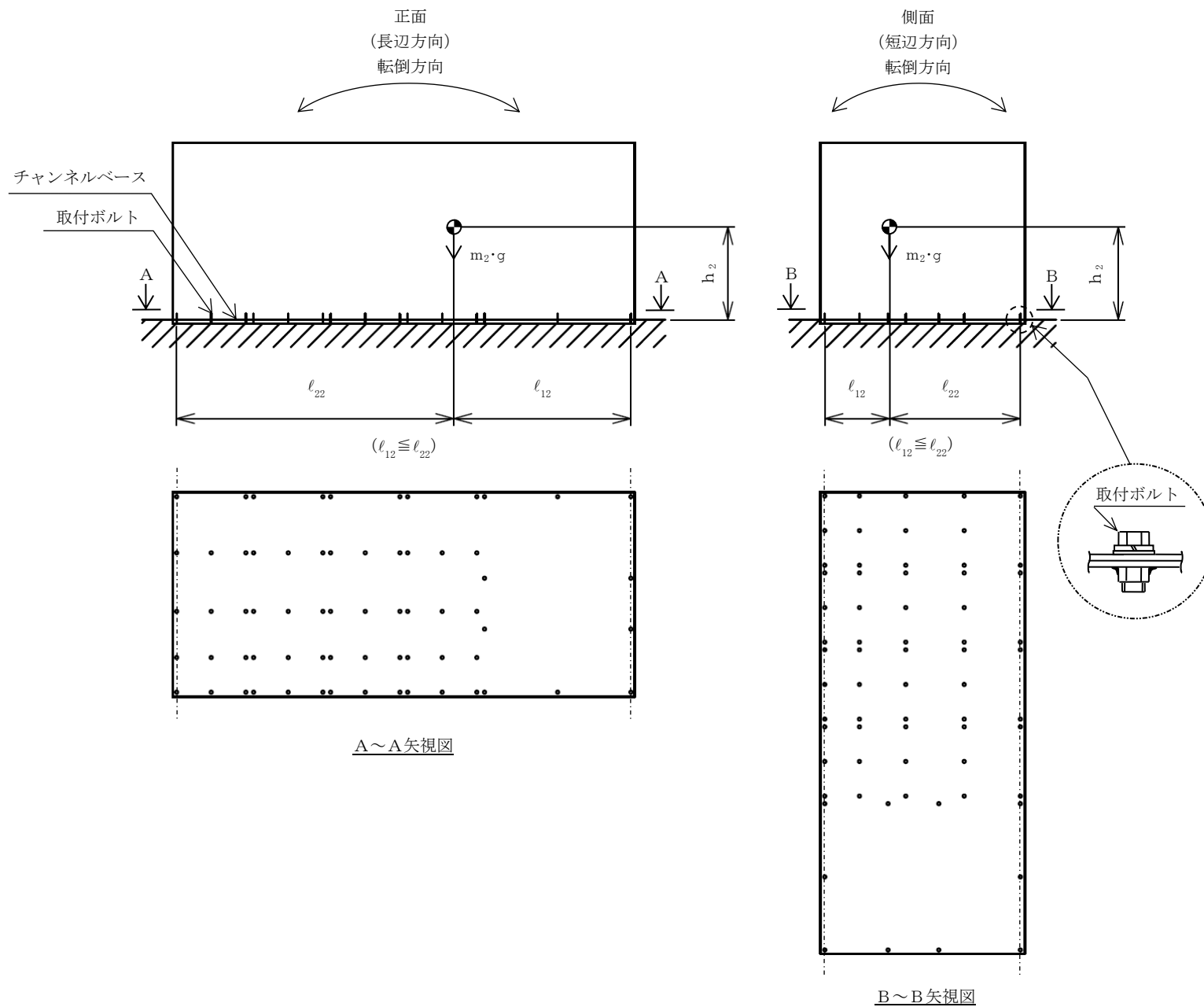
すべて許容応力以下である。

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

2.4.2 電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
メタルクラッド 開閉装置 HPCS (2HPCS-M/C)	水平方向	1.29	<input type="text"/>
	鉛直方向	0.96	<input type="text"/>

注記*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



VI-2-10-1-4-7 ロードセンタの耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
3.1 固有周期の確認	3
4. 構造強度評価	4
4.1 構造強度評価方法	4
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	4
4.3 計算条件	4
5. 機能維持評価	8
5.1 電氣的機能維持評価方法	8
6. 評価結果	9
6.1 設計基準対象施設としての評価結果	9
6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	9

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、ロードセンタが設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを説明するものである。

ロードセンタは、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、ロードセンタは、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形盤であるため、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

ロードセンタの構造計画を表2-1に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図												
基礎・支持構造	主体構造													
ロードセンタは、基礎に埋め込まれたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。	直立形 (鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤)	<p>【ロードセンタ】</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>機器名称</th> <th>2C-ロードセンタ (2C-L/C)</th> <th>2D-ロードセンタ (2D-L/C)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>たて</td> <td>2140</td> <td>2140</td> </tr> <tr> <td>横</td> <td>10600</td> <td>10600</td> </tr> <tr> <td>高さ</td> <td>2300</td> <td>2300</td> </tr> </tbody> </table> <p>(単位：mm)</p>	機器名称	2C-ロードセンタ (2C-L/C)	2D-ロードセンタ (2D-L/C)	たて	2140	2140	横	10600	10600	高さ	2300	2300
機器名称	2C-ロードセンタ (2C-L/C)	2D-ロードセンタ (2D-L/C)												
たて	2140	2140												
横	10600	10600												
高さ	2300	2300												

3. 固有周期

3.1 固有周期の確認

ロードセンタの固有周期は、プラスチックハンマ等により、当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し、確認する。試験の結果、剛構造であることを確認した。固有周期の確認結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期 (単位：s)

2C-ロードセンタ (2C-L/C)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>
2D-ロードセンタ (2D-L/C)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

ロードセンタの構造強度評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

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

ロードセンタ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

ロードセンタの許容応力は、VI-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

ロードセンタの使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 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。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【2C-ロードセンタ(2C-L/C)の耐震性についての計算結果】及び【2D-ロードセンタ(2D-L/C)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。

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	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電 用原子炉の 附属施設	非常用 電源設備	ロードセンタ	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	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 4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電 用原子炉の 附属施設	非常用 電源設備	ロードセンタ	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	Ⅳ _A S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _A S (V _A Sとして Ⅳ _A Sの許容限 界を用いる。)

注記*1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4-3 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 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 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度	40			
取付ボルト	SS41*, SGD3* (16mm<径≤40mm)	周囲環境温度	40	235	400	—

注記* : SS400 相当

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 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度	40			
取付ボルト	SS41*, SGD3* (16mm<径≤40mm)	周囲環境温度	40	235	400	—

注記* : SS400 相当

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

ロードセンタの電氣的機能維持評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

ロードセンタに設置される器具の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の器具単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

機器名称	方向	機能確認済加速度
2C-ロードセンタ (2C-L/C)	水平	<input type="checkbox"/>
	鉛直	<input type="checkbox"/>
2D-ロードセンタ (2D-L/C)	水平	<input type="checkbox"/>
	鉛直	<input type="checkbox"/>

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

ロードセンタ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，電氣的機能を維持できることを確認した。

(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

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

ロードセンタの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

(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

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【2C-ロードセンタの耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件


機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
2C-ロードセンタ (2C-L/C)	S	原子炉建物 EL 23.8* ¹			C _H =1.19* ²	C _V =1.10* ²	C _H =1.23* ³	C _V =1.54* ³	40

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動 S_d）又は静的震度

*3：設計用震度Ⅰ（基準地震動 S_s）

1.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
取付ボルト (i=2)		1210	16 (M16)	201.1	92	235 (16mm<径≤40mm)	400

部材	l _{1 i} * (mm)	l _{2 i} * (mm)	n _{f i} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	570	1370	25	235	280	長辺方向	長辺方向
	4060	6440	4				

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

下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	□	□	□	□

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS41, SGD3	引張	$\sigma_{b2}=78$	$f_{ts2}=176^*$	$\sigma_{b2}=186$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	$\tau_{b2}=21$	$f_{sb2}=135$	$\tau_{b2}=21$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
2C-ロードセンタ (2C-L/C)	水平方向	1.44	□
	鉛直方向	1.73	□

注記*：設計用震度 II (基準地震動 S_s) により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
2C-ロードセンタ (2C-L/C)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建物 EL 23.8*1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	—	—	C _H =1.23*2	C _V =1.54*2	40

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 I（基準地震動 S_s）

2.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
取付ボルト (i=2)	<input type="checkbox"/>	1210	16 (M16)	201.1	92	235 (16mm<径≤40mm)	400

部材	ℓ _{1 i} * (mm)	ℓ _{2 i} * (mm)	n _{f i} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	570	1370	25	—	280	—	長辺方向
	4060	6440	4				

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

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS41, SGD3	引張	—	—	$\sigma_{b2}=186$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=21$	$f_{sb2}=161$

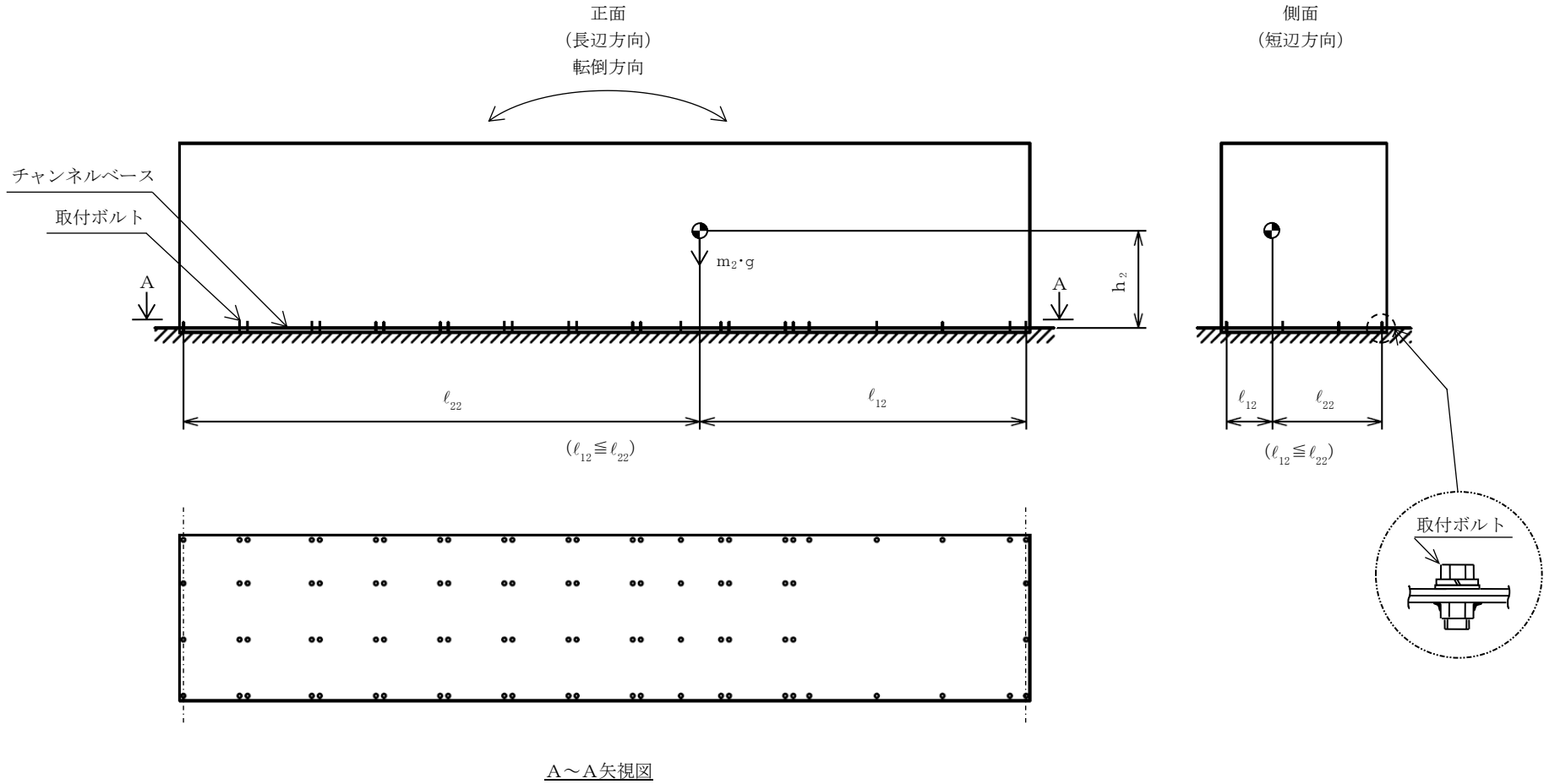
すべて許容応力以下である。

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

2.4.2 電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
2C-ロードセンタ (2C-L/C)	水平方向	1.44	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.73	<input type="text"/>



注記*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



【2D-ロードセンタの耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件


機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
2D-ロードセンタ (2D-L/C)	S	原子炉建物 EL 23.8* ¹			C _H =1.19* ²	C _V =1.10* ²	C _H =1.23* ³	C _V =1.54* ³	40

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動 S_d）又は静的震度

*3：設計用震度Ⅰ（基準地震動 S_s）

1.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
取付ボルト (i=2)		1210	16 (M16)	201.1	92	235 (16mm<径≤40mm)	400

部材	l _{1 i} * (mm)	l _{2 i} * (mm)	n _{f i} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	570	1370	25	235	280	長辺方向	長辺方向
	4150	6350	4				

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

下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	□	□	□	□

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS41, SGD3	引張	$\sigma_{b2}=79$	$f_{ts2}=176^*$	$\sigma_{b2}=187$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	$\tau_{b2}=21$	$f_{sb2}=135$	$\tau_{b2}=22$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
2D-ロードセンタ (2D-L/C)	水平方向	1.44	□
	鉛直方向	1.73	□

注記*：設計用震度 II (基準地震動 S_s) により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
2D-ロードセンタ (2D-L/C)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建物 EL 23.8*1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	—	—	C _H =1.23*2	C _V =1.54*2	40

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 I（基準地震動 S_s）

2.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
取付ボルト (i=2)	<input type="checkbox"/>	1210	16 (M16)	201.1	92	235 (16mm<径≤40mm)	400

部材	ℓ _{1 i} * (mm)	ℓ _{2 i} * (mm)	n _{f i} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	570	1370	25	—	280	—	長辺方向
	4150	6350	4				

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

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS41, SGD3	引張	—	—	$\sigma_{b2}=187$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=22$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

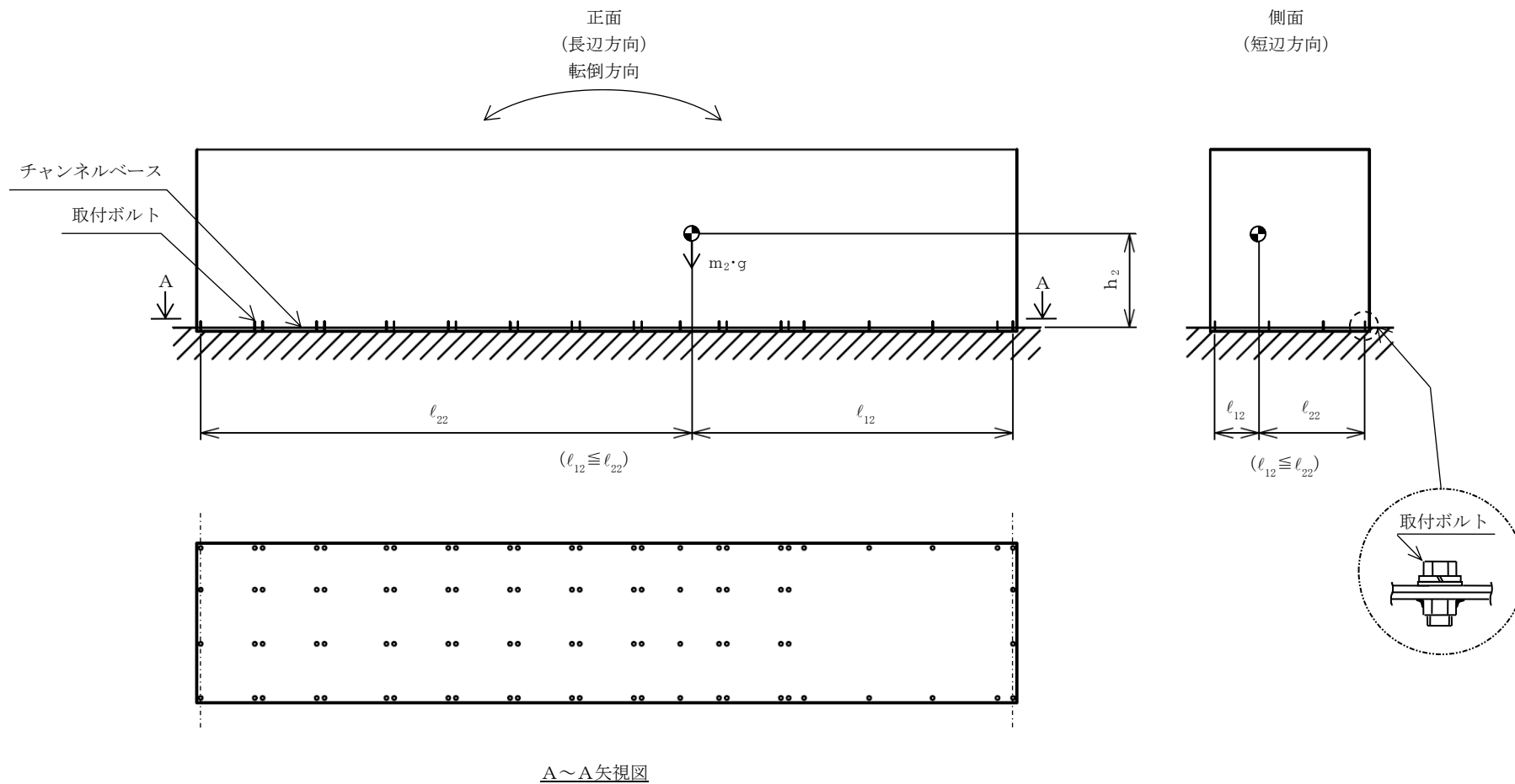
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

2.4.2 電氣的機能維持の評価結果

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
2D-ロードセンタ (2D-L/C)	水平方向	1.44	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.73	<input type="text"/>

注記*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



VI-2-10-1-4-10 緊急用メタクラ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 固有周期の確認	3
4. 構造強度評価	4
4.1 構造強度評価方法	4
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	4
4.3 計算条件	4
5. 機能維持評価	8
5.1 電氣的機能維持評価方法	8
6. 評価結果	9
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	9

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、緊急用メタクラが設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを説明するものである。

緊急用メタクラは、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、緊急用メタクラは、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形盤であるため、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

緊急用メタクラの構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図												
基礎・支持構造	主体構造													
緊急用メタクラは、基礎に埋め込まれたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。	直立形 (鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤)	<p>【緊急用メタクラ】</p> <table border="1" data-bbox="1048 1106 1809 1326"> <thead> <tr> <th>機器名称</th> <th>2号緊急用メタクラ (R22-P2931)</th> <th>予備緊急用メタクラ (R22-P0931)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>たて</td> <td>2540</td> <td>2540</td> </tr> <tr> <td>横</td> <td>7000</td> <td>6000</td> </tr> <tr> <td>高さ</td> <td>2300</td> <td>2300</td> </tr> </tbody> </table> <p>(単位：mm)</p>	機器名称	2号緊急用メタクラ (R22-P2931)	予備緊急用メタクラ (R22-P0931)	たて	2540	2540	横	7000	6000	高さ	2300	2300
機器名称	2号緊急用メタクラ (R22-P2931)	予備緊急用メタクラ (R22-P0931)												
たて	2540	2540												
横	7000	6000												
高さ	2300	2300												

3. 固有周期

3.1 固有周期の確認

緊急用メタクラの固有周期は、プラスチックハンマ等により、当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し、確認する。試験の結果、剛構造であることを確認した。固有周期の確認結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期 (単位：s)

2号緊急用メタクラ (R22-P2931)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>
予備緊急用メタクラ (R22-P0931)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

緊急用メタクラの構造強度評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

緊急用メタクラの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

緊急用メタクラの許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

緊急用メタクラの使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-3 に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【2号緊急用メタクラ (R22-P2931) の耐震性についての計算結果】、【予備緊急用メタクラ (R22-P0931) 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。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電 用原子炉の 附属施設	非常用 電源設備	緊急用メタクラ	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IVAS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS (VASとして IVASの許容限 界を用いる。)

注記*1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張	せん断
IVAS	1.5・f _t * (VASとしてIVASの許容限界を用いる。)	1.5・f _s * (VASとしてIVASの許容限界を用いる。)
VAS		

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

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

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト	SS400 (16mm < 径 ≤ 40mm)	周囲環境温度	40	235	400	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

緊急用メタクラの電氣的機能維持評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

緊急用メタクラに設置される器具の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の器具単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

機器名称	方向	機能確認済加速度
2号緊急用メタクラ (R22-P2931)	水平	<input type="checkbox"/>
	鉛直	<input type="checkbox"/>
予備緊急用メタクラ (R22-P0931)	水平	<input type="checkbox"/>
	鉛直	<input type="checkbox"/>

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

緊急用メタクラ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，電氣的機能を維持できることを確認した。

(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

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【2号緊急用メタクラ (R22-P2931) の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
2号緊急用メタクラ (R22-P2931)	常設耐震/防止 常設/緩和	ガスタービン建物 EL 54.5*1	□	□	—	—	C _H =2.57*2	C _V =1.23*2	40

注記*1: 基準床レベルを示す。

*2: 設計用震度 II (基準地震動 S_s)

1.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
取付ボルト (i=2)	□	1210	16 (M16)	201.1	98	235 (16mm<径≤40mm)	400 (16mm<径≤40mm)

部材	l _{1 i} * (mm)	l _{2 i} * (mm)	n _{f i} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	410	1930	21	—	280	—	長辺方向
	2860	4040	5				

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

下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS400	引張	—	—	$\sigma_{b2}=111$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=25$	$f_{sb2}=161$

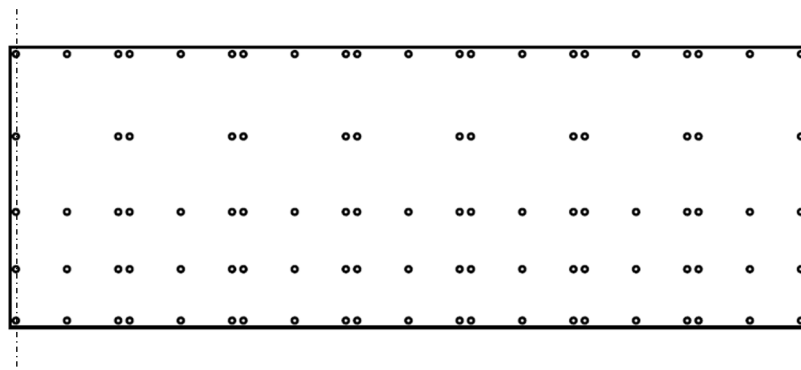
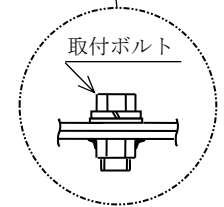
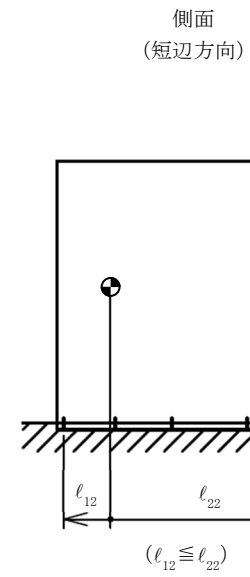
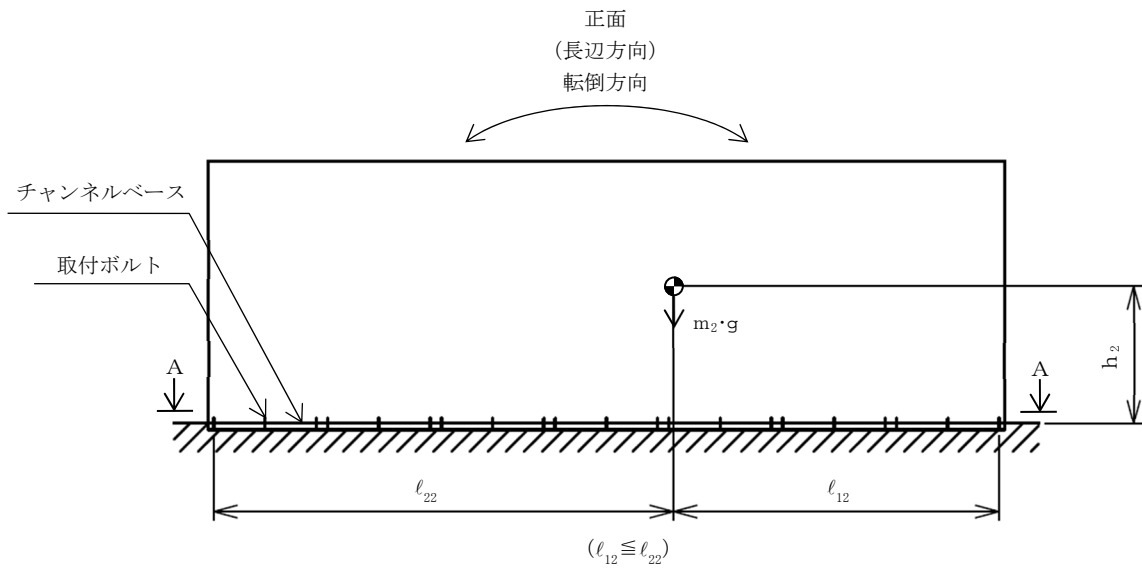
すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
2号緊急用メタクラ (R22-P2931)	水平方向	2.15	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.02	<input type="text"/>

注記*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



A~A 矢視図

【予備緊急用メタクラ (R22-P0931) の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
予備緊急用メタクラ (R22-P0931)	常設耐震/防止 常設/緩和	ガスタービン建物 EL 54.5*1	□	□	—	—	C _H =2.57*2	C _V =1.23*2	40

注記*1: 基準床レベルを示す。

*2: 設計用震度 II (基準地震動 S_s)

1.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
取付ボルト (i=2)	□	1210	16 (M16)	201.1	84	235 (16mm<径≤40mm)	400 (16mm<径≤40mm)

部材	l _{1 i} * (mm)	l _{2 i} * (mm)	n _{f i} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	410	1930	18	—	280	—	長辺方向
	2440	3460	5				

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

下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS400	引張	—	—	$\sigma_{b2}=106$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=25$	$f_{sb2}=161$

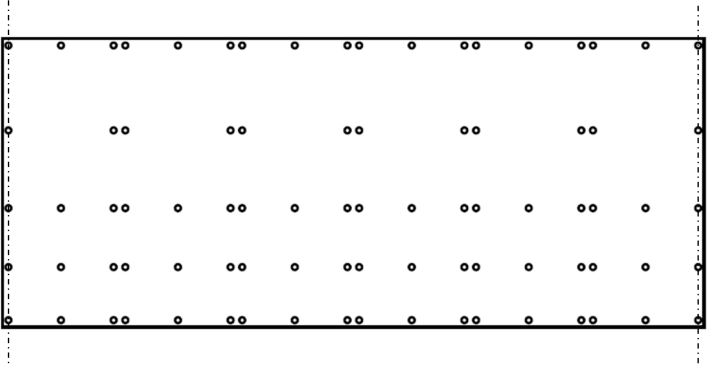
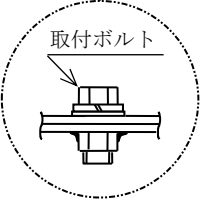
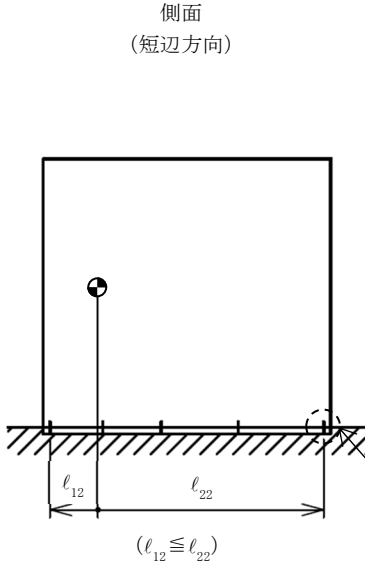
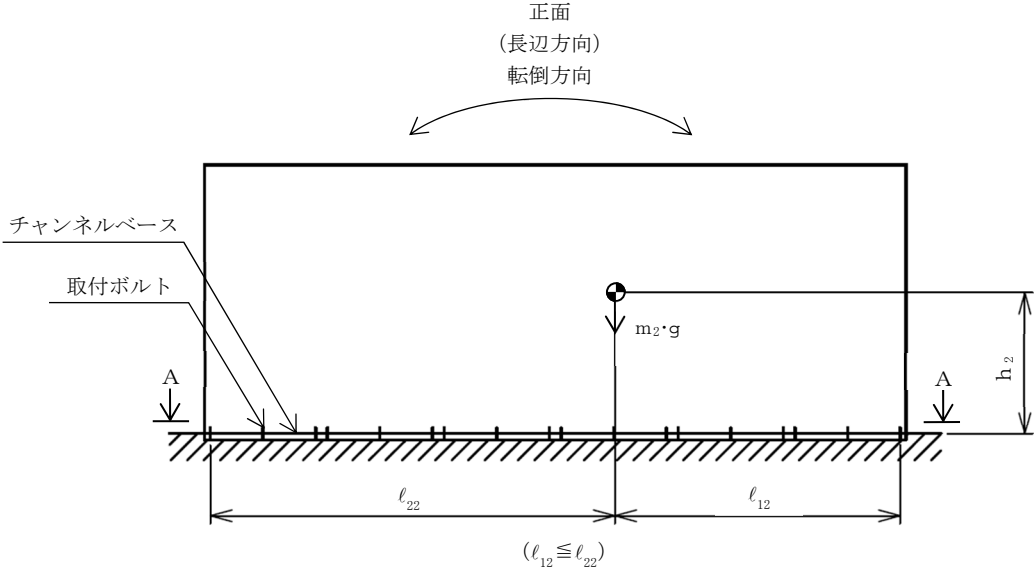
すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
予備緊急用メタクラ (R22-P0931)	水平方向	2.15	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.02	<input type="text"/>

注記*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



A~A矢視図

VI-2-10-1-4-14 メタクラ切替盤の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
3.1 固有周期の確認	3
4. 構造強度評価	4
4.1 構造強度評価方法	4
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	4
4.3 計算条件	4
5. 機能維持評価	8
5.1 電氣的機能維持評価方法	8
6. 評価結果	9
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	9

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、メタクラ切替盤が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを説明するものである。

メタクラ切替盤は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、メタクラ切替盤は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形盤であるため、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

メタクラ切替盤の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図												
基礎・支持構造	主体構造													
メタクラ切替盤は、取付ボルトにてチャンネルベースに固定する。チャンネルベースは基礎ボルトにて基礎に設置する。	直立形 (鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤)	<p>【メタクラ切替盤】</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>機器名称</th> <th>2C-メタクラ切替盤 (2-1217)</th> <th>2D-メタクラ切替盤 (2-1218)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>たて</td> <td>1960</td> <td>1960</td> </tr> <tr> <td>横</td> <td>2800</td> <td>2800</td> </tr> <tr> <td>高さ</td> <td>2300</td> <td>2300</td> </tr> </tbody> </table> <p>(単位：mm)</p>	機器名称	2C-メタクラ切替盤 (2-1217)	2D-メタクラ切替盤 (2-1218)	たて	1960	1960	横	2800	2800	高さ	2300	2300
機器名称	2C-メタクラ切替盤 (2-1217)	2D-メタクラ切替盤 (2-1218)												
たて	1960	1960												
横	2800	2800												
高さ	2300	2300												

3. 固有周期

3.1 固有周期の確認

メタクラ切替盤の固有周期は、プラスチックハンマ等により、当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し、確認する。試験の結果、剛構造であることを確認した。固有周期の確認結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期 (単位：s)

2C-メタクラ切替盤 (2-1217)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>
2D-メタクラ切替盤 (2-1218)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

メタクラ切替盤の構造強度評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

メタクラ切替盤の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

メタクラ切替盤の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

メタクラ切替盤の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-3 に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【2C-メタクラ切替盤 (2-1217) の耐震性についての計算結果】及び【2D-メタクラ切替盤 (2-1218) 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。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電 用原子炉の 附属施設	非常用 電源設備	メタクラ切替盤	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IVAS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS (VASとして IVASの許容限 界を用いる。)

注記*1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張	せん断
IVAS	1.5・f _t * (VASとしてIVASの許容限界を用いる。)	1.5・f _s * (VASとしてIVASの許容限界を用いる。)
VAS		

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

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

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS400 (40mm<径)	周囲環境温度	40	215	400	—
取付ボルト	SS400 (16mm<径≤40mm)	周囲環境温度	40	235	400	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

メタクラ切替盤の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

メタクラ切替盤はケーブル及び剛体とみなせる器具のみを収納した盤であり、構造的に健全であればその機能が維持できる。したがって、メタクラ切替盤の機能維持評価は、支持構造物が健全であることの確認により行う。

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

メタクラ切替盤の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを確認した。

(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

電氣的機能維持評価は支持構造物が健全であることの確認により行うため、評価結果は

(1) 構造強度評価結果による。

【2C-メタクラ切替盤（2-1217）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
2C-メタクラ切替盤 (2-1217)	常設耐震／防止 常設／緩和	原子炉建物 EL 23.8*1	□	□	—	—	C _H =1.73*2	C _V =2.07*2	40

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）

1.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
基礎ボルト (i=1)	□	1310	16 (M16)	201.1	25	215 (40mm<径)	400
取付ボルト (i=2)	□	1210	16 (M16)	201.1	20	235 (16mm<径≤40mm)	400

部材	ℓ _{1 i} * (mm)	ℓ _{2 i} * (mm)	n _{f i} * (mm)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	830	1070	6	—	258	—	短辺方向
	1210	1490	5				
取付ボルト (i=2)	800	1040	6	—	280	—	長辺方向
	1210	1490	4				

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

下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>
取付ボルト (i=2)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

1.4 結論

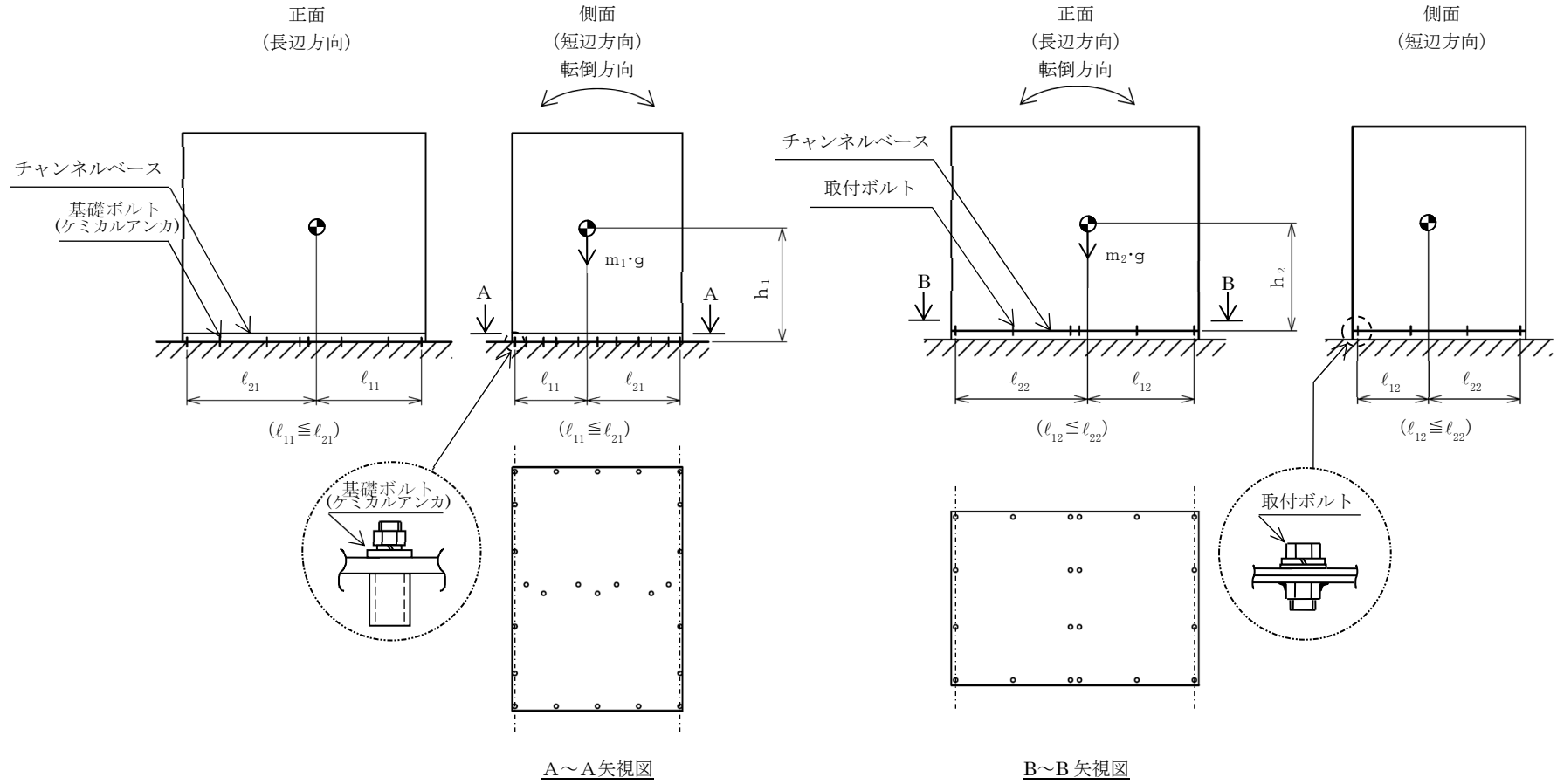
1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SS400	引張	—	—	$\sigma_{b1}=70$	$f_{ts1}=154^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=16$	$f_{sb1}=119$
取付ボルト (i=2)	SS400	引張	—	—	$\sigma_{b2}=74$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=19$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

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



【2D-メタクラ切替盤（2-1218）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
2D-メタクラ切替盤 (2-1218)	常設耐震／防止 常設／緩和	原子炉建物 EL 23.8*1	□	□	—	—	C _H =1.73*2	C _V =2.07*2	40

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）

1.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
基礎ボルト (i=1)	□	1310	16 (M16)	201.1	25	215 (40mm<径)	400
取付ボルト (i=2)	□	1210	16 (M16)	201.1	20	235 (16mm<径≤40mm)	400

部材	ℓ _{1 i} * (mm)	ℓ _{2 i} * (mm)	n _{f i} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	830	1070	6	—	258	—	短辺方向
	1210	1490	5				
取付ボルト (i=2)	800	1040	6	—	280	—	長辺方向
	1210	1490	4				

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

下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>
取付ボルト (i=2)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

1.4 結論

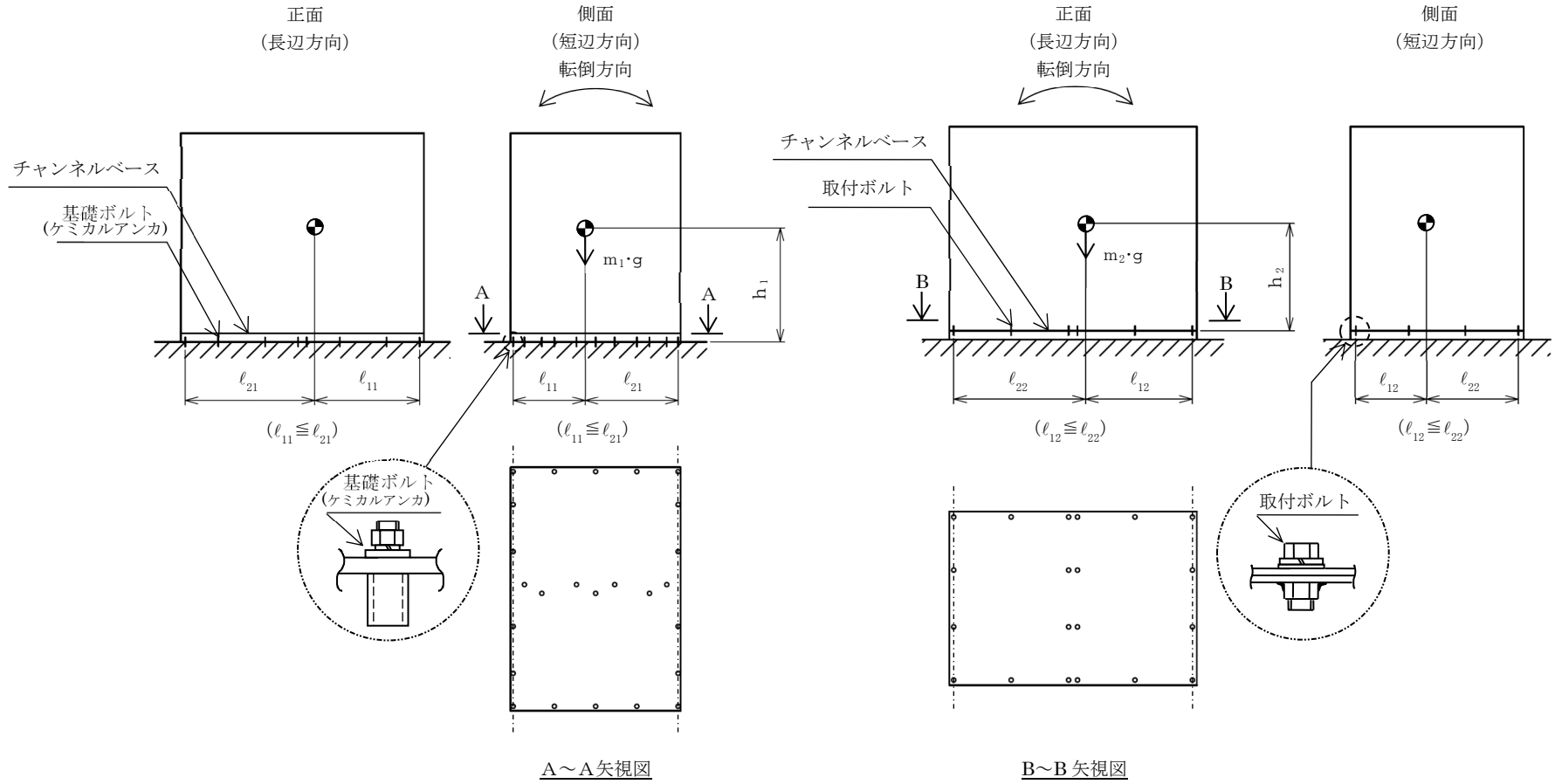
1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SS400	引張	—	—	$\sigma_{b1}=70$	$f_{ts1}=154^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=16$	$f_{sb1}=119$
取付ボルト (i=2)	SS400	引張	—	—	$\sigma_{b2}=74$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=19$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

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



VI-2-10-1-4-24 緊急時対策所 低圧分電盤 1
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 固有周期の確認	3
4. 構造強度評価	4
4.1 構造強度評価方法	4
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	4
4.3 計算条件	4
5. 機能維持評価	8
5.1 電氣的機能維持評価方法	8
6. 評価結果	9
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	9

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、緊急時対策所 低圧分電盤 1 が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを説明するものである。

緊急時対策所 低圧分電盤 1 は、設計基準対象施設においてはCクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、緊急時対策所 低圧分電盤 1 は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の壁掛形盤であるため、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

緊急時対策所 低圧分電盤 1 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	
<p>緊急時対策所 低圧分電盤 1 は、壁に埋め込まれたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。</p>	<p>壁掛形 (鋼材及び鋼板を組み合わせた壁掛形の盤)</p>	<p>【緊急時対策所 低圧分電盤 1】</p> <p>上面図</p> <p>側面図</p> <p>壁</p> <p>チャンネルベース</p> <p>盤</p> <p>1200</p> <p>2300</p> <p>500</p> <p>取付ボルト</p> <p>(正面方向)</p> <p>(側面方向)</p> <p>(単位 : mm)</p>

3. 固有周期

3.1 固有周期の確認

緊急時対策所 低圧分電盤 1 の固有周期は、プラスチックハンマ等により、当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し、確認する。試験の結果、剛構造であることを確認した。固有周期の確認結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期

(単位：s)

緊急時対策所 低圧分電盤 1 (R47-P0800)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

緊急時対策所 低圧分電盤 1 の構造強度評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

緊急時対策所 低圧分電盤 1 の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

緊急時対策所 低圧分電盤 1 の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

緊急時対策所 低圧分電盤 1 の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-3 に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【緊急時対策所 低圧分電盤 1 (R47-P0800) 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。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電 用原子炉の 附属施設	非常用 電源設備	緊急時対策所 低圧分電盤 1	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IVAS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS (VASとして IVASの許容限 界を用いる。)

注記*1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件 (重大事故等対処設備)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト	SS400 (16mm<径≤40mm)	周囲環境温度	50	231	394	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

緊急時対策所 低圧分電盤 1 の電氣的機能維持評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

緊急時対策所 低圧分電盤 1 に設置される器具の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、当該器具と類似の器具単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

機器名称	方向	機能確認済加速度
緊急時対策所 低圧分電盤 1 (R47-P0800)	水平	□
	鉛直	□

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

緊急時対策所 低圧分電盤 1 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、電氣的機能を維持できることを確認した。

(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

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【緊急時対策所 低圧分電盤 1 (R47-P0800) の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備


1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
緊急時対策所 低圧分電盤 1 (R47-P0800)	常設耐震/防止 常設/緩和	緊急時対策所 EL 50.25 (EL 56.6*1)			—	—	C _H =2.90*2	C _V =1.41*2	50

注記*1: 基準床レベルを示す。

*2: 設計用震度Ⅱ (基準地震動 S_s)

1.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
取付ボルト (i=2)		280	16 (M16)	201.1	12	231 (16mm<径≤40mm)	394

10

部材	l _{1 i} * (mm)	l _{2 i} * (mm)	l _{3 i} * (mm)	n _{f v i} *	n _{f H i} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	1120	2000	1100	2	6	—	276	—	側面方向
	1120	2000	1100	2	6				

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。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS400	引張	—	—	$\sigma_{b2}=29$	$f_{ts2}=207^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=10$	$f_{sb2}=159$

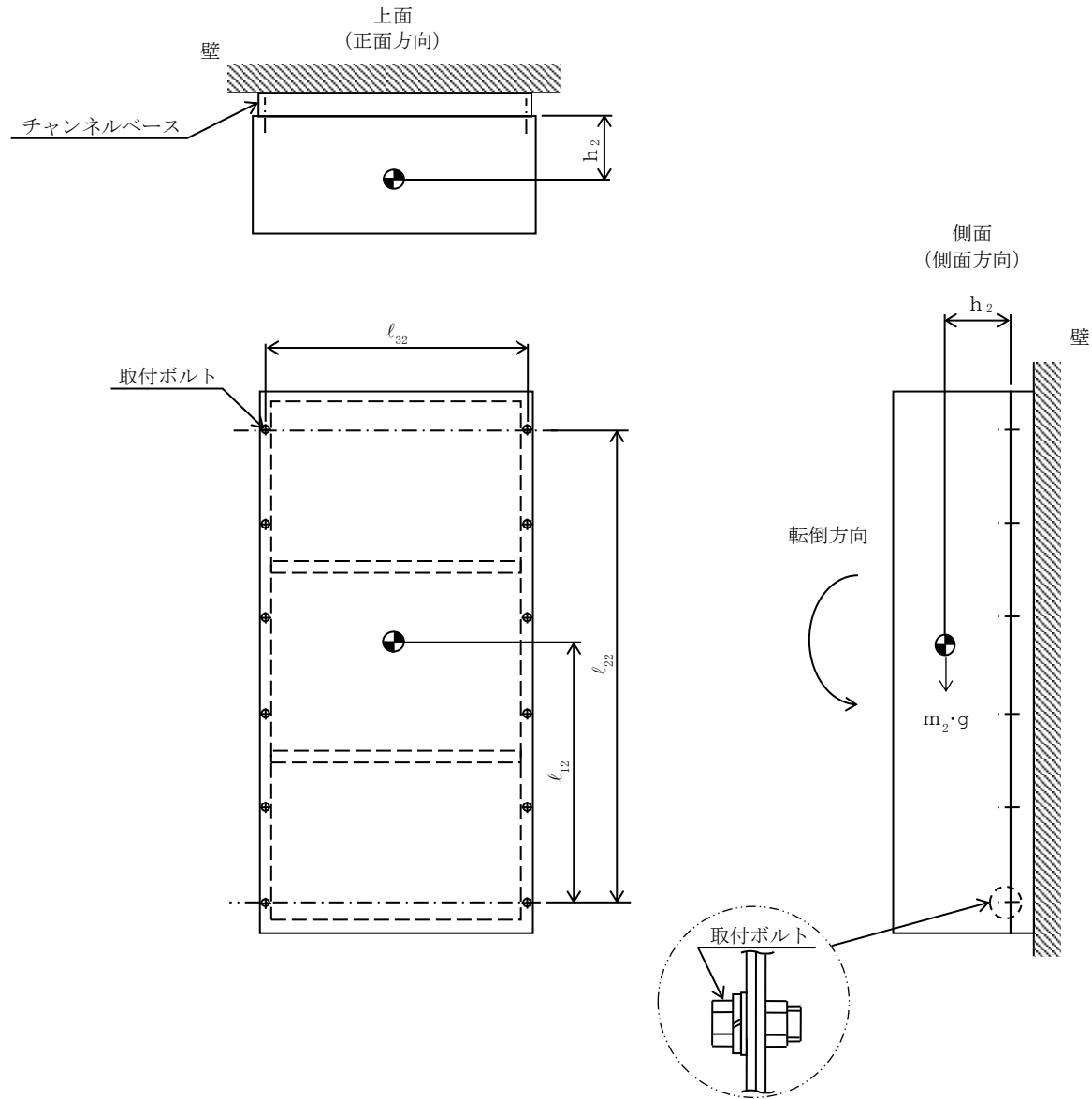
すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
緊急時対策所 低圧分電盤 1 (R47-P0800)	水平方向	2.42	<input type="checkbox"/>
	鉛直方向	1.17	<input type="checkbox"/>

注記*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



VI-2-10-1-4-25 緊急時対策所 低圧分電盤 2
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 固有周期の確認	3
4. 構造強度評価	4
4.1 構造強度評価方法	4
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	4
4.3 計算条件	4
5. 機能維持評価	8
5.1 電氣的機能維持評価方法	8
6. 評価結果	9
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	9

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、緊急時対策所 低圧分電盤 2 が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを説明するものである。

緊急時対策所 低圧分電盤 2 は、設計基準対象施設においてはCクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、緊急時対策所 低圧分電盤 2 は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の壁掛形盤であるため、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

緊急時対策所 低圧分電盤 2 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	
<p>緊急時対策所 低圧分電盤 2 は、壁に埋め込まれたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。</p>	<p>壁掛形 (鋼材及び鋼板を組み合わせた壁掛形の盤)</p>	<p>【緊急時対策所 低圧分電盤 2】</p> <p>上面図</p> <p>側面図</p> <p>(正面方向)</p> <p>(側面方向)</p> <p>(単位：mm)</p>

3. 固有周期

3.1 固有周期の確認

緊急時対策所 低圧分電盤 2 の固有周期は、プラスチックハンマ等により、当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し、確認する。試験の結果、剛構造であることを確認した。固有周期の確認結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期

(単位：s)

緊急時対策所 低圧分電盤 2 (R47-P0801)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

緊急時対策所 低圧分電盤 2 の構造強度評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

緊急時対策所 低圧分電盤 2 の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

緊急時対策所 低圧分電盤 2 の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

緊急時対策所 低圧分電盤 2 の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-3 に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【緊急時対策所 低圧分電盤 2 (R47-P0801) 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。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電 用原子炉の 附属施設	非常用 電源設備	緊急時対策所 低圧分電盤 2	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IVAS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS (VASとして IVASの許容限 界を用いる。)

注記*1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件 (重大事故等対処設備)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト	SS400 (16mm<径≤40mm)	周囲環境温度	50	231	394	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

緊急時対策所 低圧分電盤 2 の電氣的機能維持評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

緊急時対策所 低圧分電盤 2 に設置される器具の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、当該器具と類似の器具単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

機器名称	方向	機能確認済加速度
緊急時対策所 低圧分電盤 2 (R47-P0801)	水平	□
	鉛直	□

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

緊急時対策所 低圧分電盤 2 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，電氣的機能を維持できることを確認した。

(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

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【緊急時対策所 低圧分電盤 2 (R47-P0801) の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備


1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
緊急時対策所 低圧分電盤 2 (R47-P0801)	常設耐震/防止 常設/緩和	緊急時対策所 EL 50.25 (EL 56.6*1)			—	—	C _H =2.90*2	C _V =1.41*2	50

注記*1: 基準床レベルを示す。

*2: 設計用震度Ⅱ (基準地震動 S_s)

1.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
取付ボルト (i=2)		280	16 (M16)	201.1	12	231 (16mm<径≤40mm)	394

10

部材	l _{1 i} * (mm)	l _{2 i} * (mm)	l _{3 i} * (mm)	n _{f v i} *	n _{f H i} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	1120	2000	1100	2	6	—	276	—	側面方向
	1120	2000	1100	2	6				

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。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	—	□	—	□

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS400	引張	—	—	$\sigma_{b2}=29$	$f_{ts2}=207^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=10$	$f_{sb2}=159$

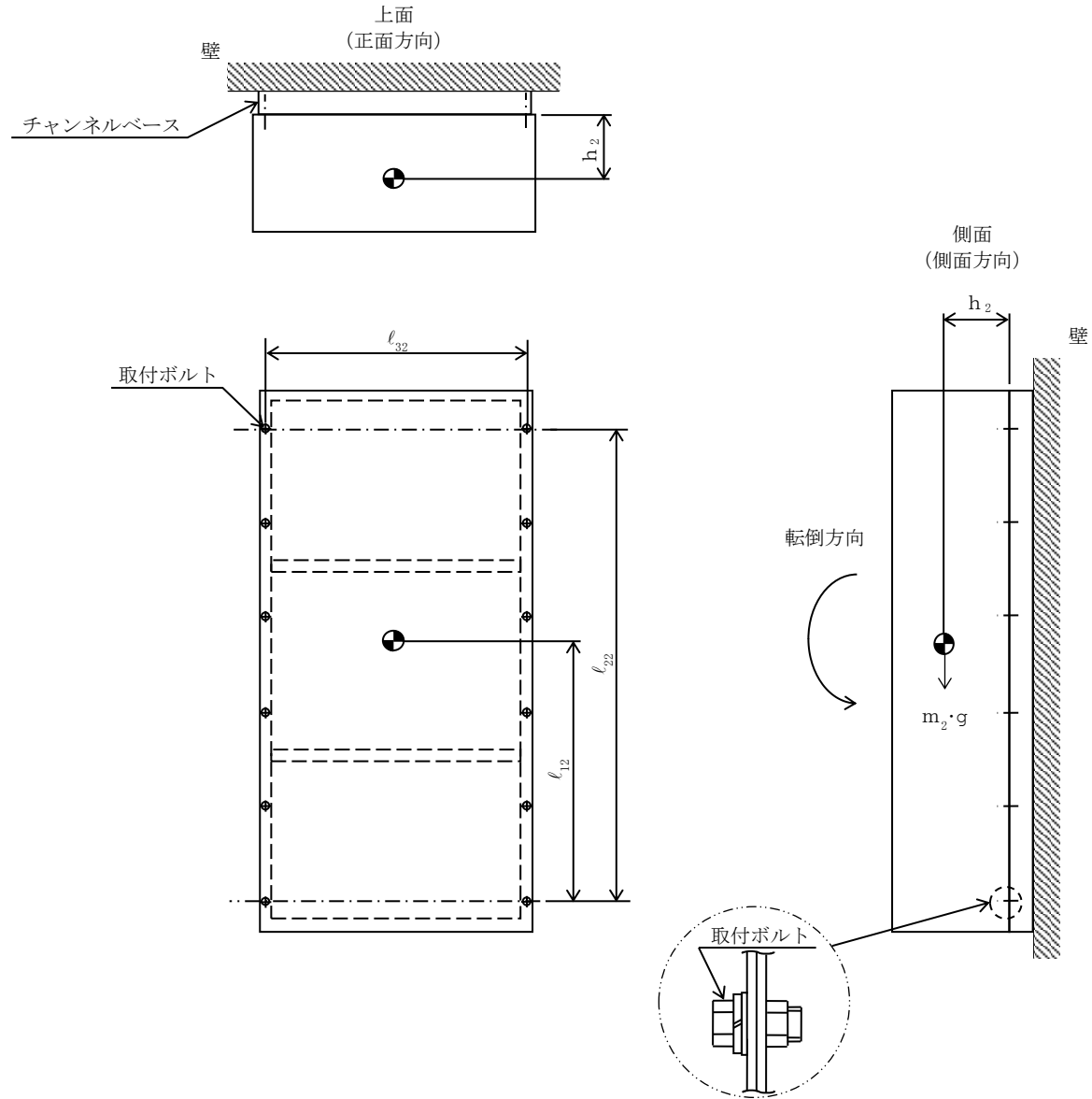
すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
緊急時対策所 低圧分電盤 2 (R47-P0801)	水平方向	2.42	□
	鉛直方向	1.17	□

注記*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



VI-2-10-1-4-28 A-115V 系直流盤の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
3.1 固有周期の確認	3
4. 構造強度評価	4
4.1 構造強度評価方法	4
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	4
4.3 計算条件	4
5. 機能維持評価	8
5.1 電氣的機能維持評価方法	8
6. 評価結果	9
6.1 設計基準対象施設としての評価結果	9
6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	9

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、A-115V系直流盤が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを説明するものである。

A-115V系直流盤は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

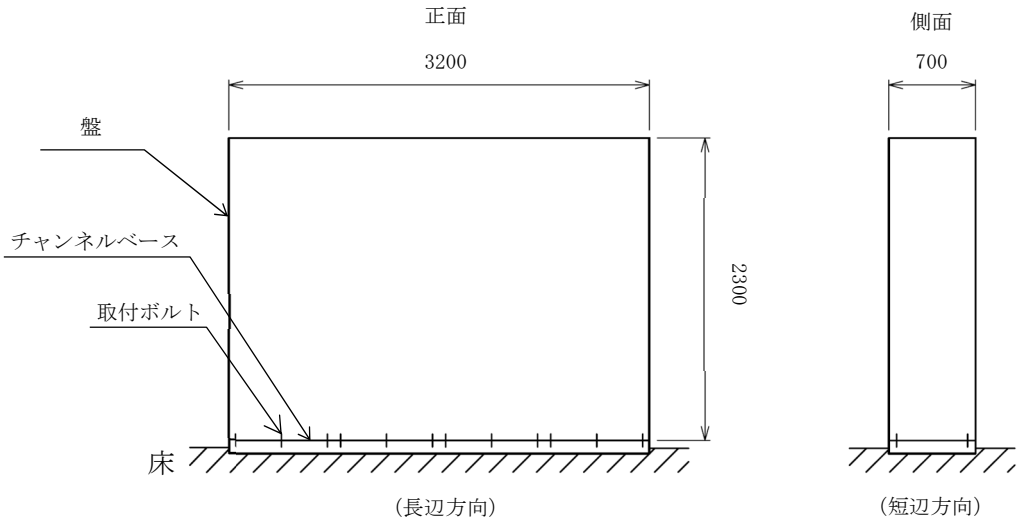
なお、A-115V系直流盤は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形盤であるため、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

A-115V系直流盤の構造計画を表2-1に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>A-115V 系直流盤は、基礎に埋め込まれたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。</p>	<p>直立形 (鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤)</p>	<p>【A-115V 系直流盤】</p>  <p>正面 3200</p> <p>側面 700</p> <p>2300</p> <p>盤</p> <p>チャンネルベース</p> <p>取付ボルト</p> <p>床</p> <p>(長辺方向)</p> <p>(短辺方向)</p> <p>(単位：mm)</p>

3. 固有周期

3.1 固有周期の確認

A-115V 系直流盤の固有周期は、構造が同等な盤に対する振動試験（自由振動試験）の結果算定された固有周期を使用する。固有周期の確認結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期 (単位：s)

A-115V 系直流盤 (2-2265A)	水平	0.05 以下
	鉛直	0.05 以下

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

A-115V 系直流盤の構造強度評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

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

A-115V 系直流盤の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設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

A-115V 系直流盤の許容応力は、VI-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

A-115V 系直流盤の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設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。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【A-115V 系直流盤 (2-2265A) 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。

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	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電 用原子炉の 附属施設	非常用 電源設備	A-115V 系直流盤	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	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 4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電 用原子炉の 附属施設	非常用 電源設備	A-115V 系直流盤	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	Ⅳ _A S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _A S (V _A Sとして Ⅳ _A Sの許容限 界を用いる。)

注記*1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4-3 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 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 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度	40			
取付ボルト	SGD3* (16mm<径≤40mm)	周囲環境温度	40	235	400	—

注記* : SS400 相当

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 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度	40			
取付ボルト	SGD3* (16mm<径≤40mm)	周囲環境温度	40	235	400	—

注記* : SS400 相当

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

A-115V 系直流盤の電氣的機能維持評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

A-115V 系直流盤に設置される器具の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、当該器具と類似の器具単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

機器名称	方向	機能確認済加速度
A-115V 系直流盤 (2-2265A)	水平	□
	鉛直	□

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

A-115V系直流盤の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを確認した。

(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

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

A-115V系直流盤の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを確認した。

(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

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【A-115V系直流盤（2-2265A）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件


機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
A-115V系直流盤 (2-2265A)	S	廃棄物処理建物 EL 16.9 ^{*1}	0.05 以下	0.05 以下	C _H =1.25 ^{*2}	C _V =0.68 ^{*2}	C _H =1.88 ^{*3}	C _V =1.46 ^{*3}	40

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動 S_d）又は静的震度

*3：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）

1.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
取付ボルト (i=2)		1210	16 (M16)	201.1	24	235 (16mm<径≤40mm)	400

部材	l _{1 i} * (mm)	l _{2 i} * (mm)	n _{f i} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	240	300	12	235	280	短辺方向	長辺方向
	1390	1710	2				

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

下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	□	□	□	□

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SGD3	引張	$\sigma_{b2}=31$	$f_{ts2}=176^*$	$\sigma_{b2}=68$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	$\tau_{b2}=8$	$f_{sb2}=135$	$\tau_{b2}=11$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
A-115V 系直流盤 (2-2265A)	水平方向	1.56	□
	鉛直方向	1.22	□

注記*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備


2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
A-115V 系直流盤 (2-2265A)	常設耐震/防止 常設/緩和	廃棄物処理建物 EL 16.9* ¹	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =1.88* ²	C _V =1.46* ²	40

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 II（基準地震動 S_s）

2.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
取付ボルト (i=2)		1210	16 (M16)	201.1	24	235 (16mm < 径 ≤ 40mm)	400

部材	l _{1 i} * (mm)	l _{2 i} * (mm)	n _{f i} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	240	300	12	—	280	—	長辺方向
	1390	1710	2				

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

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SGD3	引張	—	—	$\sigma_{b2}=68$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=11$	$f_{sb2}=161$

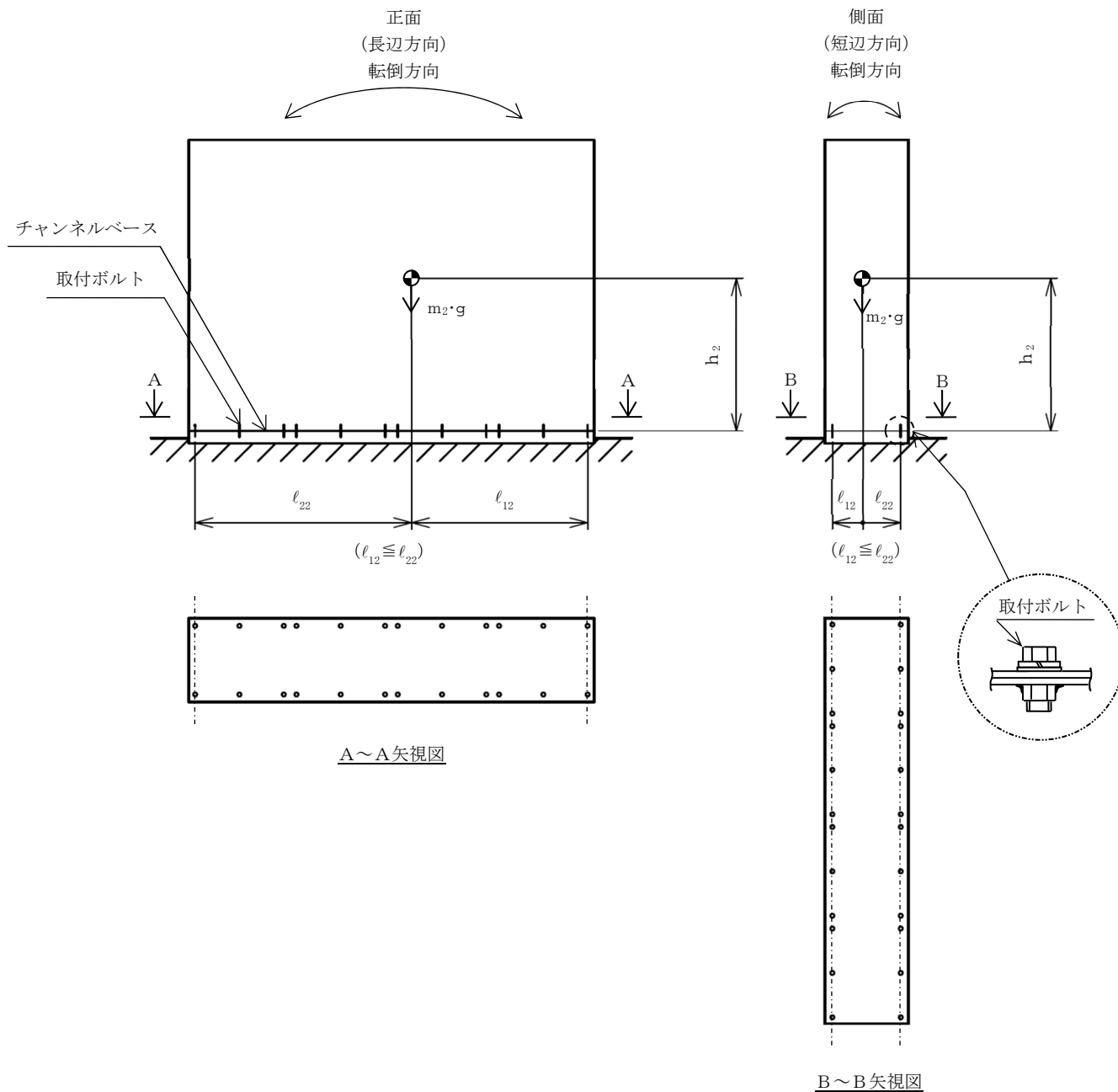
すべて許容応力以下である。

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

2.4.2 電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
A-115V 系直流盤 (2-2265A)	水平方向	1.56	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.22	<input type="text"/>

注記*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



VI-2-10-1-4-29 B-115V 系直流盤の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
3.1 固有周期の確認	3
4. 構造強度評価	4
4.1 構造強度評価方法	4
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	4
4.3 計算条件	4
5. 機能維持評価	8
5.1 電氣的機能維持評価方法	8
6. 評価結果	9
6.1 設計基準対象施設としての評価結果	9
6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	9

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、B-115V系直流盤が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを説明するものである。

B-115V系直流盤は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、B-115V系直流盤は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形盤であるため、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

B-115V系直流盤の構造計画を表2-1に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>B-115V 系直流盤は、基礎に埋め込まれたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。</p>	<p>直立形 (鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤)</p>	<p>【B-115V 系直流盤】</p> <p style="text-align: right;">(単位：mm)</p>

3. 固有周期

3.1 固有周期の確認

B-115V 系直流盤の固有周期は、プラスチックハンマ等により、当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し、確認する。試験の結果、剛構造であることを確認した。固有周期の確認結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期 (単位：s)

B-115V 系直流盤 (2-2265B)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

B-115V 系直流盤の構造強度評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

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

B-115V 系直流盤の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設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

B-115V 系直流盤の許容応力は、VI-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

B-115V 系直流盤の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設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。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【B-115V 系直流盤 (2-2265B) 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。

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	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電 用原子炉の 附属施設	非常用 電源設備	B-115V 系直流盤	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	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 4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電 用原子炉の 附属施設	非常用 電源設備	B-115V 系直流盤	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	Ⅳ _A S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _A S (V _A Sとして Ⅳ _A Sの許容限 界を用いる。)

注記*1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4-3 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 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 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度	40			
取付ボルト	SS400, SGD3* (16mm<径≤40mm)	周囲環境温度	40	235	400	—

注記* : SS400 相当

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 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度	40			
取付ボルト	SS400, SGD3* (16mm<径≤40mm)	周囲環境温度	40	235	400	—

注記* : SS400 相当

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

B-115V 系直流盤の電氣的機能維持評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

B-115V 系直流盤に設置される器具の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、当該器具と類似の器具単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

機器名称	方向	機能確認済加速度
B-115V 系直流盤 (2-2265B)	水平	□
	鉛直	□

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

B-115V系直流盤の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを確認した。

(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

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

B-115V系直流盤の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを確認した。

(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

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【B-115V系直流盤（2-2265B）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件


機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
B-115V系直流盤 (2-2265B)	S	廃棄物処理建物 EL 12.3 ^{*1}			C _H =1.01 ^{*2}	C _V =0.57 ^{*2}	C _H =1.79 ^{*3}	C _V =1.26 ^{*3}	40

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動 S_d）又は静的震度

*3：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）

1.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
取付ボルト (i=2)		1210	16 (M16)	201.1	30	235 (16mm<径≤40mm)	400

部材	l _{1 i} * (mm)	l _{2 i} * (mm)	n _{f i} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	240	300	15	235	280	短辺方向	長辺方向
	1750	2150	2				

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

下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	□	□	□	□

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS400, SGD3	引張	$\sigma_{b2}=24$	$f_{ts2}=176^*$	$\sigma_{b2}=60$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	$\tau_{b2}=6$	$f_{sb2}=135$	$\tau_{b2}=11$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

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



1.4.2 電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
B-115V 系直流盤 (2-2265B)	水平方向	1.49	□
	鉛直方向	1.05	□

注記*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備


2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
B-115V 系直流盤 (2-2265B)	常設耐震/防止 常設/緩和	廃棄物処理建物 EL 12.3* ¹			—	—	C _H =1.79* ²	C _V =1.26* ²	40

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 II（基準地震動 S_s）

2.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
取付ボルト (i=2)		1210	16 (M16)	201.1	30	235 (16mm < 径 ≤ 40mm)	400

部材	ℓ _{1 i} * (mm)	ℓ _{2 i} * (mm)	n _{f i} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	240	300	15	—	280	—	長辺方向
	1750	2150	2				

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

下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F _{bi}		Q _{bi}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS400, SGD3	引張	—	—	$\sigma_{b2}=60$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=11$	$f_{sb2}=161$

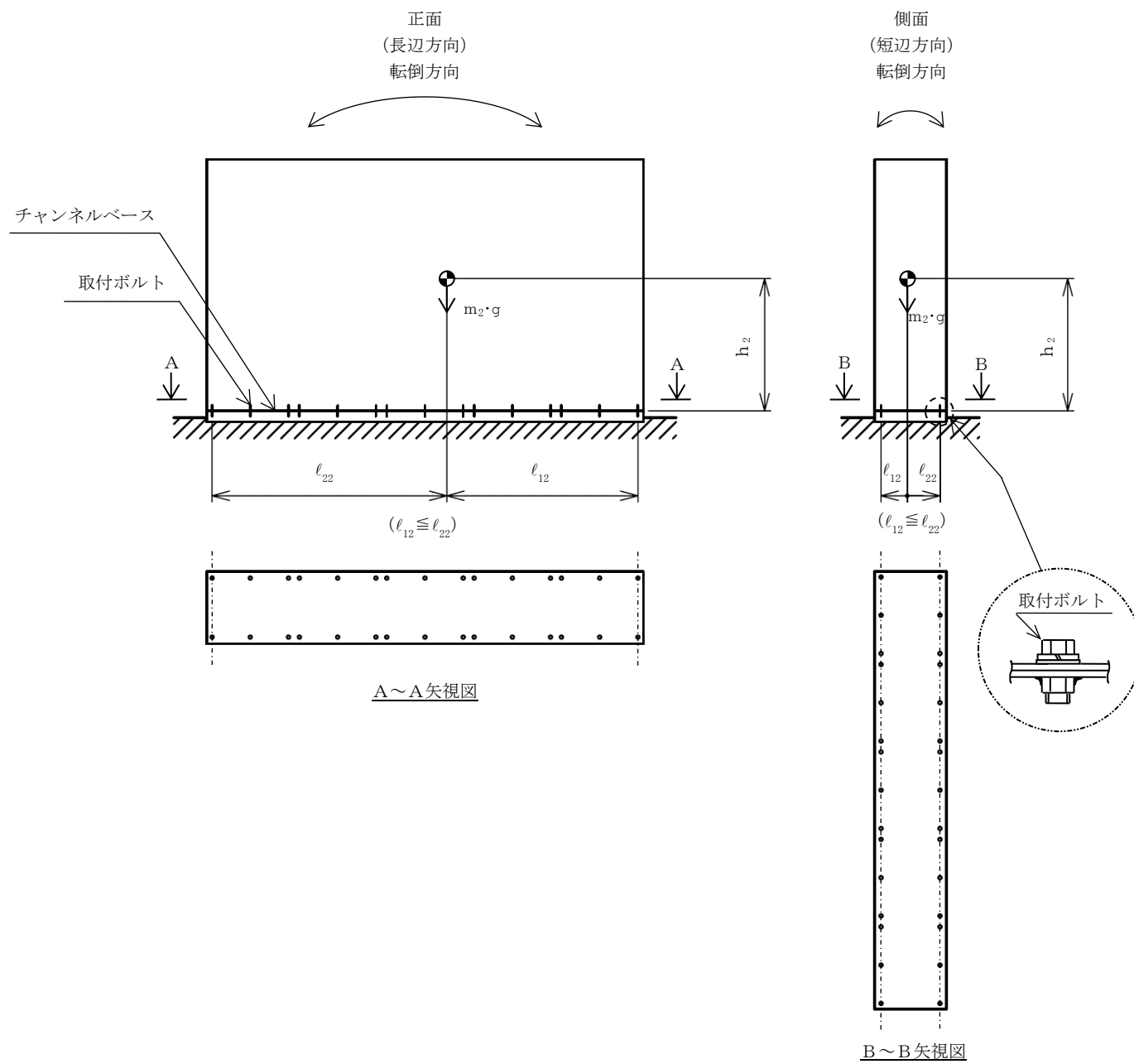
すべて許容応力以下である。

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

2.4.2 電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
B-115V 系直流盤 (2-2265B)	水平方向	1.49	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.05	<input type="text"/>

注記*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



VI-2-10-1-4-32 B-115V 系直流盤 (SA) 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 固有周期の確認	3
4. 構造強度評価	4
4.1 構造強度評価方法	4
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	4
4.3 計算条件	4
5. 機能維持評価	8
5.1 電氣的機能維持評価方法	8
6. 評価結果	9
6.1 設計基準対象施設としての評価結果	9
6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	9

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、B-115V系直流盤（SA）が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電気的機能を維持できることを説明するものである。

B-115V系直流盤（SA）は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

なお、B-115V系直流盤（SA）は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形盤であるため、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

B-115V系直流盤（SA）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	
<p>B-115V 系直流盤 (SA) は、取付ボルトにてチャンネルベースに固定する。チャンネルベースは基礎ボルトにて基礎に設置する。</p>	<p>直立形 (鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤)</p>	<p>【B-115V 系直流盤 (SA)】</p> <p>正面 1600</p> <p>側面 800</p> <p>2000</p> <p>盤</p> <p>チャンネルベース</p> <p>取付ボルト</p> <p>基礎ボルト (ケミカルアンカ)</p> <p>床</p> <p>(長辺方向)</p> <p>(短辺方向)</p> <p>(単位 : mm)</p>

3. 固有周期

3.1 固有周期の確認

B-115V 系直流盤 (SA) の固有周期は、プラスチックハンマ等により、当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し、確認する。試験の結果、剛構造であることを確認した。固有周期の確認結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期 (単位：s)

B-115V 系直流盤 (SA) (2-1201)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

B-115V 系直流盤 (SA) の構造強度評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

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

B-115V 系直流盤 (SA) 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

B-115V 系直流盤 (SA) の許容応力は、VI-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

B-115V 系直流盤 (SA) の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 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。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【B-115V 系直流盤 (SA) (2-1201) 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。

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	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電 用原子炉の 附属施設	非常用 電源設備	B-115V 系直流盤 (SA)	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	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 4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電 用原子炉の 附属施設	非常用 電源設備	B-115V 系直流盤 (SA)	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	Ⅳ _A S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _A S (V _A Sとして Ⅳ _A Sの許容限 界を用いる。)

注記*1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4-3 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 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 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS400 (40mm<径)	周囲環境温度	40	215	400	—
取付ボルト	SS400 (16mm<径≤40mm)	周囲環境温度	40	235	400	—

表 4-5 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS400 (40mm<径)	周囲環境温度	40	215	400	—
取付ボルト	SS400 (16mm<径≤40mm)	周囲環境温度	40	235	400	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

B-115V 系直流盤 (SA) の電氣的機能維持評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

B-115V 系直流盤 (SA) に設置される器具の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の器具単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

機器名称	方向	機能確認済加速度
B-115V 系直流盤 (SA) (2-1201)	水平	<input type="checkbox"/>
	鉛直	<input type="checkbox"/>

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

B-115V 系直流盤（SA）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，電氣的機能を維持できることを確認した。

(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

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

B-115V 系直流盤（SA）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，電氣的機能を維持できることを確認した。

(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

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【B-115V系直流盤 (SA) (2-1201) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件



機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
B-115V系 直流盤 (SA) (2-1201)	S	廃棄物処理建物 EL 12.3 ^{*1}			C _H =1.01 ^{*2}	C _V =0.57 ^{*2}	C _H =1.79 ^{*3}	C _V =1.26 ^{*3}	40

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用地震動 S_d）又は静的震度

*3：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）

1.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
基礎ボルト (i=1)		1200	16 (M16)	201.1	14	215 (40mm<径)	400
取付ボルト (i=2)		1100	16 (M16)	201.1	16	235 (16mm<径≤40mm)	400

部材	l _{1 i} * (mm)	l _{2 i} * (mm)	n _{f i} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	310	390	4	215	258	短辺方向	短辺方向
	670	830	3				
取付ボルト (i=2)	280	360	6	235	280	短辺方向	短辺方向
	670	830	3				

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

下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	□	□	□	□
取付ボルト (i=2)	□	□	□	□

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SS400	引張	$\sigma_{b1}=30$	$f_{ts1}=129^*$	$\sigma_{b1}=63$	$f_{ts1}=154^*$
		せん断	$\tau_{b1}=6$	$f_{sb1}=99$	$\tau_{b1}=10$	$f_{sb1}=119$
取付ボルト (i=2)	SS400	引張	$\sigma_{b2}=19$	$f_{ts2}=176^*$	$\sigma_{b2}=40$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=135$	$\tau_{b2}=9$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
B-115V 系 直流盤 (SA) (2-1201)	水平方向	1.49	□
	鉛直方向	1.05	□

注記*：設計用震度 II (基準地震動 S_s) により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
B-115V系 直流盤 (SA) (2-1201)	常設耐震/防止 常設/緩和	廃棄物処理建物 EL 12.3*1	□	□	—	—	C _H =1.79*2	C _V =1.26*2	40

注記*1: 基準床レベルを示す。

*2: 設計用震度 II (基準地震動 S_s)

2.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
基礎ボルト (i=1)	□	1200	16 (M16)	201.1	14	215 (40mm<径)	400
取付ボルト (i=2)	□	1100	16 (M16)	201.1	16	235 (16mm<径≤40mm)	400

部材	ℓ _{1 i} * (mm)	ℓ _{2 i} * (mm)	n _{f i} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	310	390	4	—	258	—	短辺方向
	670	830	3				
取付ボルト (i=2)	280	360	6	—	280	—	短辺方向
	670	830	3				

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

下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>
取付ボルト (i=2)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SS400	引張	—	—	$\sigma_{b1}=63$	$f_{ts1}=154^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=10$	$f_{sb1}=119$
取付ボルト (i=2)	SS400	引張	—	—	$\sigma_{b2}=40$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=9$	$f_{sb2}=161$

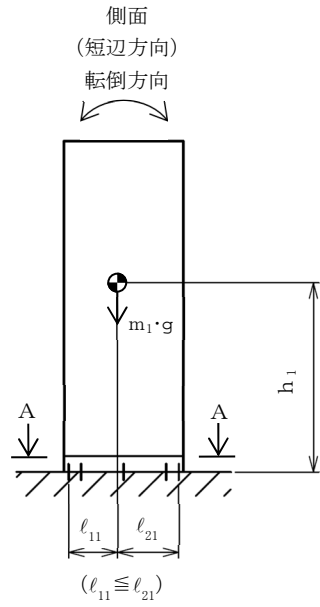
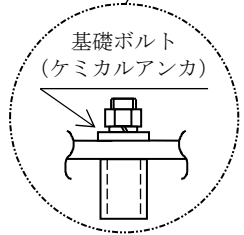
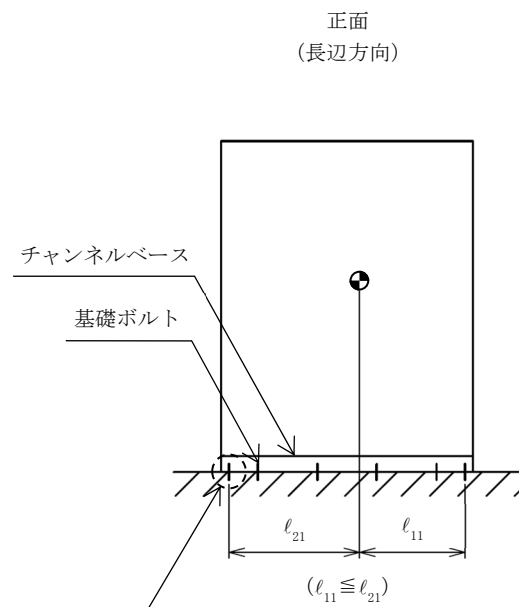
すべて許容応力以下である。

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

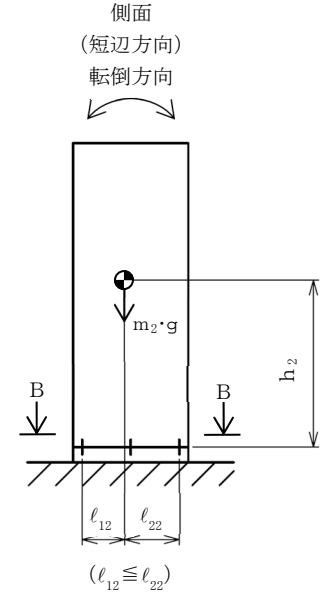
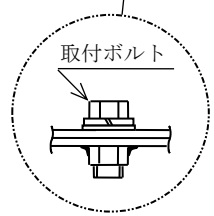
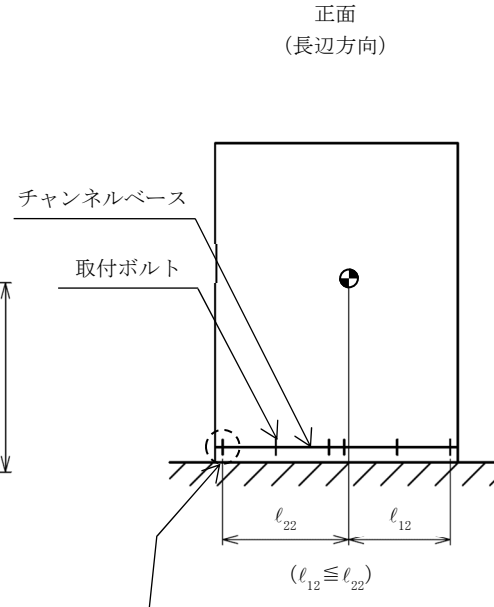
2.4.2 電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
B-115V 系 直流盤 (SA) (2-1201)	水平方向	1.49	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.05	<input type="text"/>

注記*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



A~A 矢視図



B~B 矢視図

VI-2-10-1-4-33 緊急時対策所 無停電交流電源装置の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
3.1 固有周期の確認	3
4. 構造強度評価	4
4.1 構造強度評価方法	4
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	4
4.3 計算条件	4
5. 機能維持評価	8
5.1 電氣的機能維持評価方法	8
6. 評価結果	9
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	9

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、緊急時対策所 無停電交流電源装置が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電気的機能を維持できることを説明するものである。

緊急時対策所 無停電交流電源装置は、設計基準対象施設においてはCクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

なお、緊急時対策所 無停電交流電源装置は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形盤であるため、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

緊急時対策所 無停電交流電源装置の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>緊急時対策所 無停電交流電源装置は、基礎に埋め込まれたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。</p>	<p>直立形 (鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤)</p>	<p>【緊急時対策所 無停電交流電源装置】</p> <p>正面 4400 2300 側面 1300 盤 取付ボルト 床 チャンネルベース (長辺方向) (短辺方向)</p>

(単位：mm)

3. 固有周期

3.1 固有周期の確認

緊急時対策所 無停電交流電源装置の固有周期は、プラスチックハンマ等により、当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し、確認する。試験の結果、剛構造であることを確認した。固有周期の確認結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期

(単位：s)

緊急時対策所 無停電交流電源装置 (R46-P0800)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

緊急時対策所 無停電交流電源装置の構造強度評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

緊急時対策所 無停電交流電源装置の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

緊急時対策所 無停電交流電源装置の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

緊急時対策所 無停電交流電源装置の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-3 に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【緊急時対策所 無停電交流電源装置 (R46-P0800) 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。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電 用原子炉の 附属施設	非常用 電源設備	緊急時対策所 無停電交流電源装置	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IVAS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS (VASとして IVASの許容限 界を用いる。)

注記*1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト	SS400 (16mm < 径 ≤ 40mm)	周囲環境温度	40	235	400	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

緊急時対策所 無停電交流電源装置の電氣的機能維持評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

緊急時対策所 無停電交流電源装置に設置される器具の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の器具単体の正弦波加振試験において、又は当該機器と類似の器具単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

機器名称	方向	機能確認済加速度
緊急時対策所 無停電交流電源装置 (R46-P0800)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

緊急時対策所 無停電交流電源装置の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを確認した。

(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

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【緊急時対策所 無停電交流電源装置 (R46-P0800) の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
緊急時対策所 無停電交流電源装置 (R46-P0800)	常設耐震/防止 常設/緩和	緊急時対策所 EL 50.25* ¹	<input type="text"/>	<input type="text"/>	—	—	C _H =2.90* ²	C _V =1.41* ²	40

注記*1: 基準床レベルを示す。

*2: 設計用震度Ⅱ (基準地震動 S_s) を上回る設計震度

1.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
取付ボルト (i=2)	<input type="text"/>	1026	16 (M16)	201.1	66	235 (16mm<径≤40mm)	400

部材	ℓ _{1 i} * (mm)	ℓ _{2 i} * (mm)	n _{f i} * (mm)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	562	588	21	—	280	—	長辺方向
	2151	2179	2				

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

下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS400	引張	—	—	$\sigma_{b2}=182$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=18$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

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

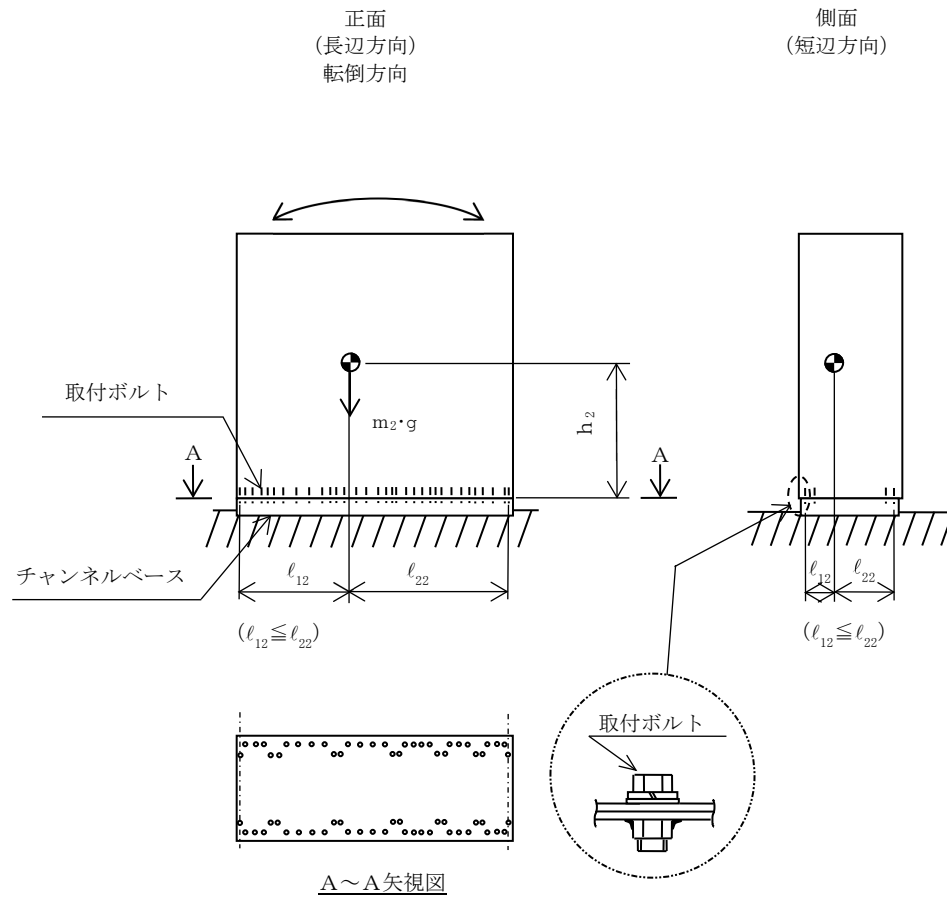
1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
緊急時対策所 無停電交流電源装置 (R46-P0800)	水平方向	1.83	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.16	<input type="text"/>

注記*：設計用震度 II (基準地震動 S_s) により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



VI-2-10-1-4-34 緊急時対策所 無停電分電盤 1
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 固有周期の確認	3
4. 構造強度評価	4
4.1 構造強度評価方法	4
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	4
4.3 計算条件	4
5. 機能維持評価	8
5.1 電氣的機能維持評価方法	8
6. 評価結果	9
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	9

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、緊急時対策所 無停電分電盤 1 が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを説明するものである。

緊急時対策所 無停電分電盤 1 は、設計基準対象施設においてはCクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、緊急時対策所 無停電分電盤 1 は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の壁掛形盤であるため、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

緊急時対策所 無停電分電盤 1 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	
<p>緊急時対策所 無停電分電盤 1 は、壁に埋め込まれたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。</p>	<p>壁掛形 (鋼材及び鋼板を組み合わせた壁掛形の盤)</p>	<p>【緊急時対策所 無停電分電盤 1】</p> <p>上面図</p> <p>側面図</p> <p>壁</p> <p>チャンネルベース</p> <p>盤</p> <p>1200</p> <p>2300</p> <p>500</p> <p>取付ボルト</p> <p>(正面方向)</p> <p>(側面方向)</p> <p>(単位：mm)</p>

3. 固有周期

3.1 固有周期の確認

緊急時対策所 無停電分電盤 1 の固有周期は、プラスチックハンマ等により、当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し、確認する。試験の結果、剛構造であることを確認した。固有周期の確認結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期

(単位：s)

緊急時対策所 無停電分電盤 1 (R46-P0801)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

緊急時対策所 無停電分電盤 1 の構造強度評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

緊急時対策所 無停電分電盤 1 の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

緊急時対策所 無停電分電盤 1 の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

緊急時対策所 無停電分電盤 1 の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-3 に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【緊急時対策所 無停電分電盤 1 (R46-P0801) 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。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電 用原子炉の 附属施設	非常用 電源設備	緊急時対策所 無停電分電盤 1	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IVAS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS (VASとして IVASの許容限 界を用いる。)

注記*1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4-2 許容応力 (重大事故等その他の支持構造物)

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

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

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

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト	SS400 (16mm < 径 ≤ 40mm)	周囲環境温度	50	231	394	—

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

緊急時対策所 無停電分電盤 1 の電気的機能維持評価は、VI-2-1-14 「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

緊急時対策所 無停電分電盤 1 に設置される器具の機能確認済加速度は、VI-2-1-9 「機能維持の基本方針」に基づき、当該器具と類似の器具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最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

機器名称	方向	機能確認済加速度
緊急時対策所 無停電分電盤 1 (R46-P0801)	水平	□
	鉛直	□

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

緊急時対策所 無停電分電盤 1 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、電氣的機能を維持できることを確認した。

(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

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【緊急時対策所 無停電分電盤 1 (R46-P0801) の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備


1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
緊急時対策所 無停電分電盤 1 (R46-P0801)	常設耐震/防止 常設/緩和	緊急時対策所 EL 50.25 (EL 56.6*1)			—	—	C _H =2.90*2	C _V =1.41*2	50

注記*1: 基準床レベルを示す。

*2: 設計用震度 II (基準地震動 S_s)

1.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
取付ボルト (i=2)		280	16 (M16)	201.1	12	231 (16mm<径≤40mm)	394

10

部材	l _{1 i} * (mm)	l _{2 i} * (mm)	l _{3 i} * (mm)	n _{f v i} *	n _{f H i} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	1120	2000	1100	2	6	—	276	—	側面方向
	1120	2000	1100	2	6				

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。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS400	引張	—	—	$\sigma_{b2}=29$	$f_{ts2}=207^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=10$	$f_{sb2}=159$

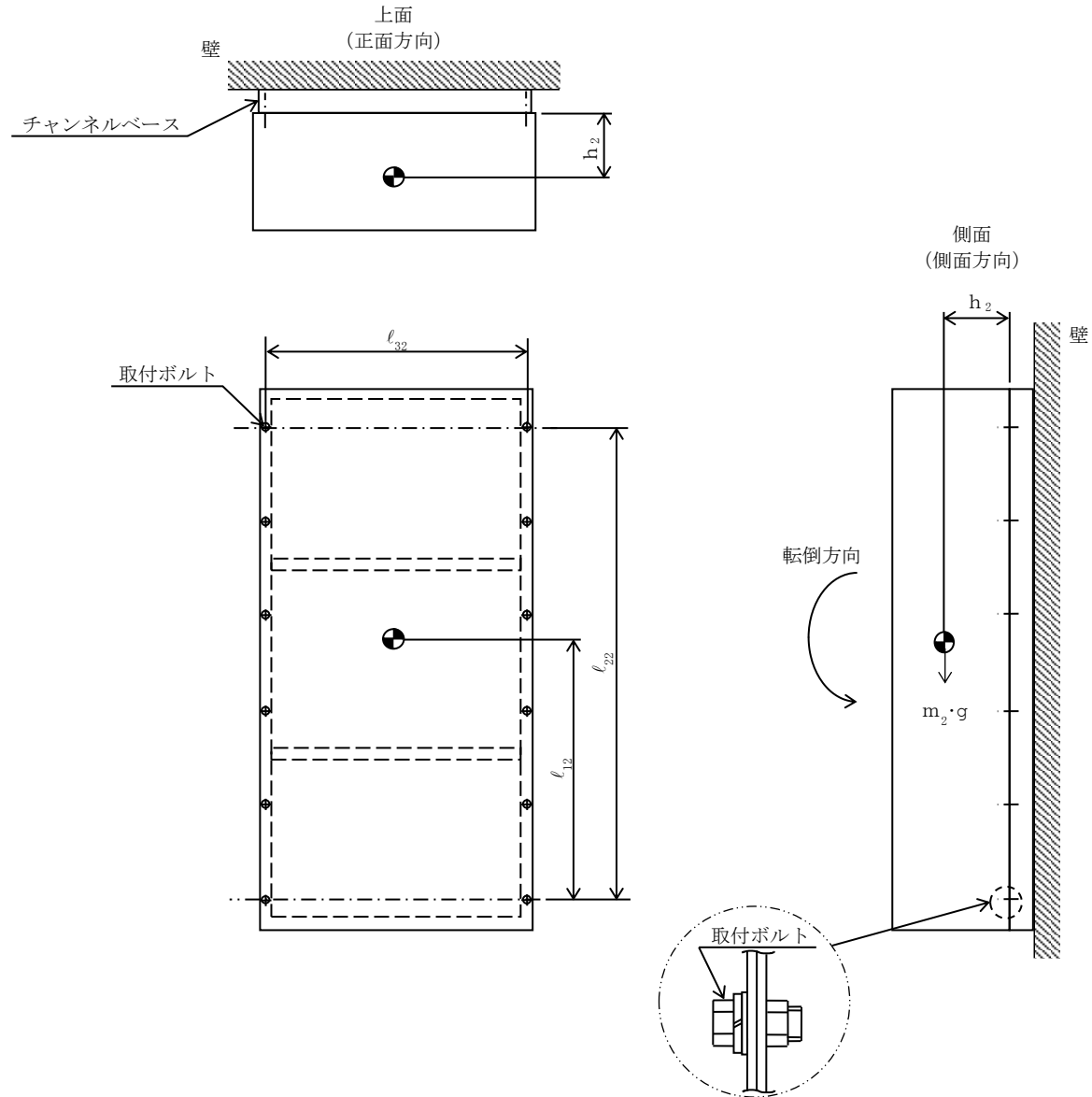
すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
緊急時対策所 無停電分電盤 1 (R46-P0801)	水平方向	2.42	<input type="checkbox"/>
	鉛直方向	1.17	<input type="checkbox"/>

注記*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



VI-2-10-1-4-35 緊急時対策所 直流 115V 充電器の
耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
3.1 固有周期の確認	3
4. 構造強度評価	4
4.1 構造強度評価方法	4
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	4
4.3 計算条件	4
5. 機能維持評価	8
5.1 電氣的機能維持評価方法	8
6. 評価結果	9
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	9

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、緊急時対策所 直流 115V 充電器が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを説明するものである。

緊急時対策所 直流 115V 充電器は、設計基準対象施設においてはCクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、緊急時対策所 直流 115V 充電器は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形盤であるため、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

緊急時対策所 直流 115V 充電器の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
緊急時対策所 直流 115V 充電器は、基礎に埋め込まれたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。	直立形 (鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤)	<p>【緊急時対策所 直流 115V 充電器】</p> <p>正面 1600</p> <p>側面 1800</p> <p>盤</p> <p>取付ボルト</p> <p>床</p> <p>チャンネルベース</p> <p>(短辺方向) (長辺方向)</p> <p>(単位 : mm)</p>

3. 固有周期

3.1 固有周期の確認

緊急時対策所 直流 115V 充電器の固有周期は、プラスチックハンマ等により、当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し、確認する。試験の結果、剛構造であることを確認した。固有周期の確認結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期 (単位 : s)

緊急時対策所 直流 115V 充電器 (R42-P0800)	水平			
	鉛直			

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

緊急時対策所 直流 115V 充電器の構造強度評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

緊急時対策所 直流 115V 充電器の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

緊急時対策所 直流 115V 充電器の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

緊急時対策所 直流115V 充電器の使用材料の許容応力評価条件のうち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-3に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【緊急時対策所 直流 115V 充電器(R42-P0800)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。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電 用原子炉の 附属施設	非常用 電源設備	緊急時対策所 直流 115V 充電器	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IVAS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS (VASとして IVASの許容限界 を用いる。)

注記*1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張	せん断
IVAS	1.5・f _t * 1.5・f _s *	1.5・f _s *
VAS (VASとしてIVASの許容限界を用いる。)		

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

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

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト	SS400 (16mm<径≤40mm)	周囲環境温度	40	235	400	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

緊急時対策所 直流 115V 充電器の電氣的機能維持評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

緊急時対策所 直流 115V 充電器に設置される器具の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の器具単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

機器名称	方向	機能確認済加速度
緊急時対策所 直流 115V 充電器 (R42-P0800)	水平	
	鉛直	

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

緊急時対策所 直流 115V 充電器の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを確認した。

(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

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【緊急時対策所 直流 115V 充電器 (R42-P0800) の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
緊急時対策所 直流 115V 充電器 (R42-P0800)	常設耐震/防止 常設/緩和	緊急時対策所 EL 50.25*1			—	—	C _H =2.90*2	C _V =1.41*2	40

注記*1: 基準床レベルを示す。

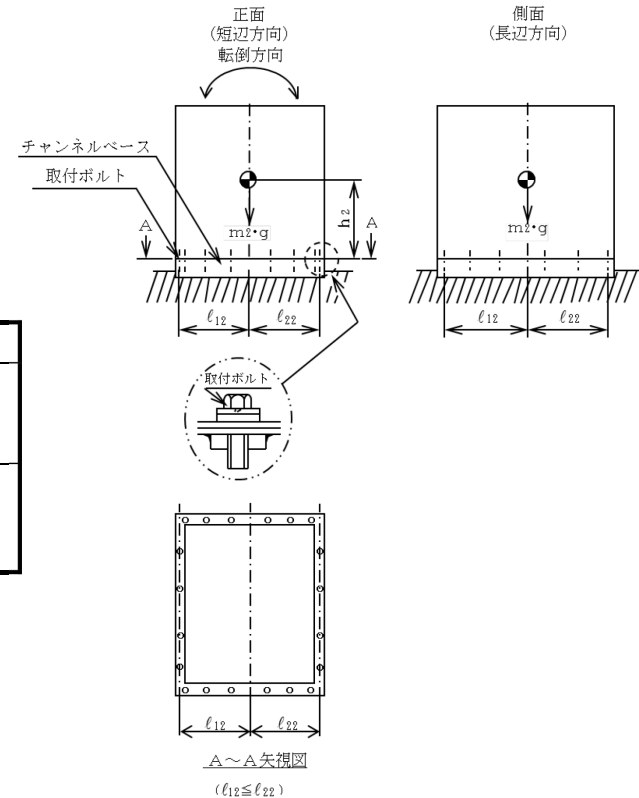
*2: 設計用震度 II (基準地震動 S_s) を上回る設計震度

1.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
取付ボルト (i=2)		1150	16 (M16)	201.1	20	235 (16mm<径≤40mm)	400

部材	l _{1 i} * (mm)	l _{2 i} * (mm)	n _{f i} * (mm)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	770	770	4	—	280	—	短辺方向
	850	850	6				

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



1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	—		—	

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS400	引張	—	—	$\sigma_{b2}=102$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=25$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
緊急時対策所 直流 115V 充電器 (R42-P0800)	水平方向	1.83	
	鉛直方向	1.16	

注記*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

VI-2-10-2 浸水防護施設の耐震性に関する説明書

VI-2-10-2-1 浸水防護施設の耐震計算結果

目 次

1. 概要	1
-------------	---

1. 概要

本資料は、浸水防護施設について、設計基準対象施設の耐震重要度分類、重大事故対処設備の設備分類及び耐震計算の記載箇所等をまとめたものである。浸水防護施設の耐震計算のまとめを表 1-1 に示す。

表 1-1 浸水防護施設の耐震計算のまとめ (1/17)

対象設備		設計基準対象施設			重大事故対処設備			
		耐震重要 度分類	本工事計画で 新規に申請する 設備	耐震計算の 記載箇所	設備分類	設計基準対象 施設との計算 条件の差異	耐震計算の 記載箇所	
浸 水 防 護 施 設	外 郭 浸 水 防 護 施 設	防波壁（波返重力擁壁）	S*1	○	VI-2-10-2-3-1	—	—	—
		防波壁（逆T擁壁）	S*1	○	VI-2-10-2-3-2	—	—	—
		防波壁（多重鋼管杭式擁壁）	S*1	○	VI-2-10-2-3-3	—	—	—
		防波壁通路防波扉（1号機北側）	S*1	○	VI-2-10-2-4	—	—	—
		防波壁通路防波扉（2号機北側）	S*1	○	VI-2-10-2-4	—	—	—
		防波壁通路防波扉（荷揚場南）	S*1	○	VI-2-10-2-4	—	—	—
		防波壁通路防波扉（3号機東側）	S*1	○	VI-2-10-2-4	—	—	—
		屋外排水路逆止弁①, ②, ③, ④, ⑤, ⑥, ⑦, ⑧-1, ⑧-2, ⑨, ⑩, ⑪, ⑫, ⑬	S*1	○	VI-2-10-2-7	—	—	—
		取水槽除じん機エリア防水壁	S*1	○	VI-2-10-2-8	—	—	—

表 1-1 浸水防護施設の耐震計算のまとめ (2/17)

対象設備		設計基準対象施設			重大事故対処設備			
		耐震重要 度分類	本工事計画で新 規に申請する 設備	耐震計算の 記載箇所	設備分類	設計基準対象 施設との計算 条件の差異	耐震計算の 記載箇所	
浸 水 防 護 施 設	外 郭	取水槽除じん機エリア水密扉（東）	S*1	○	VI-2-10-2-9	—	—	—
	浸 水	取水槽除じん機エリア水密扉（西）	S*1	○	VI-2-10-2-9	—	—	—
	防 護	取水槽除じん機エリア水密扉（北）	S*1	○	VI-2-10-2-9	—	—	—
	施 設	1号機取水槽流路縮小工	S*1	○	VI-2-10-2-6	—	—	—

表 1-1 浸水防護施設の耐震計算のまとめ (3/17)

対象設備		設計基準対象施設			重大事故対処設備			
		耐震重要 度分類	本工事計画で新 規に申請する 設備	耐震計算の 記載箇所	設備分類	設計基準対象 施設との計算 条件の差異	耐震計算の 記載箇所	
浸 水 防 護 施 設	内 郭 浸 水 防 護 施 設	タービン建物 地下1階 復水系配管室防水壁	S*1	○	VI-2-10-2-8	—	—	—
		タービン建物 地下1階 復水器室北西側防水壁	S*1	○	VI-2-10-2-8	—	—	—
		タービン建物 地下1階 復水器室北側防水壁	S*1	○	VI-2-10-2-8	—	—	—
		タービン建物 地下1階 復水器室北東側防水壁	S*1	○	VI-2-10-2-8	—	—	—
		取水槽海水ポンプエリア防水壁	C*2	○	VI-2-10-2-8	—	—	—
		ディーゼル燃料移送ポンプエリア北側防水壁	C*2	○	VI-2-10-2-8	—	—	—
		ディーゼル燃料移送ポンプエリア南側防水壁	C*2	○	VI-2-10-2-8	—	—	—
		タービン建物 地下1階 復水系配管室北側水密扉	S*1	○	VI-2-10-2-9	—	—	—
		タービン建物 地下1階 復水系配管室南側水密扉	S*1	○	VI-2-10-2-9	—	—	—

表 1-1 浸水防護施設の耐震計算のまとめ (4/17)

対象設備		設計基準対象施設			重大事故対処設備			
		耐震重要度分類	本工事計画で新規に申請する設備	耐震計算の記載箇所	設備分類	設計基準対象施設との計算条件の差異	耐震計算の記載箇所	
浸水防護施設	内郭浸水防護施設	タービン建物 地下1階 封水回収ポンプ室北側水密扉	S*1	○	VI-2-10-2-9	—	—	—
		取水槽海水ポンプエリア水密扉 (西)	C*2	○	VI-2-10-2-9	—	—	—
		取水槽海水ポンプエリア水密扉 (中)	C*2	○	VI-2-10-2-9	—	—	—
		取水槽海水ポンプエリア水密扉 (東)	C*2	○	VI-2-10-2-9	—	—	—
		ディーゼル燃料移送ポンプエリア北側水密扉	C*2	○	VI-2-10-2-9	—	—	—
		ディーゼル燃料移送ポンプエリア南側水密扉	C*2	○	VI-2-10-2-9	—	—	—
		復水貯蔵タンク水密扉	C*2	○	VI-2-10-2-9	—	—	—
		補助復水貯蔵タンク水密扉	C*2	○	VI-2-10-2-9	—	—	—
		トーラス水受入タンク水密扉	C*2	○	VI-2-10-2-9	—	—	—
		屋外配管ダクト (B-ディーゼル燃料貯蔵タンク～原子炉建物) 水密扉	C*2	○	VI-2-10-2-9	—	—	—

表 1-1 浸水防護施設の耐震計算のまとめ (5/17)

対象設備		設計基準対象施設			重大事故対処設備			
		耐震重要 度分類	本工事計画で新 規に申請する 設備	耐震計算の 記載箇所	設備分類	設計基準対象 施設との計算 条件の差異	耐震計算の 記載箇所	
浸 水 防 護 施 設	内 郭 浸 水 防 護 施 設	原子炉建物 地下 2 階 A-DG 制御盤室北側 水密扉	C*2	○	VI-2-10-2-9	—	—	—
		原子炉建物 地下 2 階 A-RHR ポンプ室北 側水密扉	C*2	○	VI-2-10-2-9	—	—	—
		原子炉建物 地下 2 階 トーラス室北東水 密扉	C*2	○	VI-2-10-2-9	—	—	—
		原子炉建物 地下 2 階 トーラス室南東水 密扉	C*2	○	VI-2-10-2-9	—	—	—
		原子炉建物 地下 2 階 トーラス室北西水 密扉	C*2	○	VI-2-10-2-9	—	—	—
		原子炉建物 地下 2 階 トーラス室南西水 密扉	C*2	○	VI-2-10-2-9	—	—	—
		原子炉建物 地下 2 階 H-DG 制御盤室南側 水密扉	C*2	○	VI-2-10-2-9	—	—	—
		原子炉建物 地下 2 階 H-DG 制御盤室北側 水密扉	C*2	○	VI-2-10-2-9	—	—	—
		原子炉建物 地下 2 階 RCIC ポンプ室西側 水密扉	C*2	○	VI-2-10-2-9	—	—	—

表 1-1 浸水防護施設の耐震計算のまとめ (6/17)

対象設備		設計基準対象施設			重大事故対処設備			
		耐震重要度分類	本工事計画で新規に申請する設備	耐震計算の記載箇所	設備分類	設計基準対象施設との計算条件の差異	耐震計算の記載箇所	
浸水防護施設	外郭浸水防護施設	原子炉建物 地下 2 階 A-DG 制御盤室南側水密扉	C*2	○	VI-2-10-2-9	—	—	—
		原子炉建物 地下 2 階 C-RHR ポンプ室南側水密扉	C*2	○	VI-2-10-2-9	—	—	—
		原子炉建物 地下 1 階 CRD ポンプ室南側水密扉	C*2	○	VI-2-10-2-9	—	—	—
		原子炉建物 地下 1 階 CRD ポンプ室東側水密扉	C*2	○	VI-2-10-2-9	—	—	—
		原子炉建物 地下 1 階 IA 圧縮機室水密扉 (階段室)	C*2	○	VI-2-10-2-9	—	—	—
		原子炉建物 地下 1 階 IA 圧縮機室水密扉 (南側)	C*2	○	VI-2-10-2-9	—	—	—
		原子炉建物 1 階 RCW 熱交換器室南側水密扉	C*2	○	VI-2-10-2-9	—	—	—
		タービン建物 地下 1 階 TCW 熱交換器室南側水密扉	C*2	○	VI-2-10-2-9	—	—	—
		タービン建物 1 階 西側エアロック前水密扉	C*2	○	VI-2-10-2-9	—	—	—

表 1-1 浸水防護施設の耐震計算のまとめ (7/17)

対象設備		設計基準対象施設			重大事故対処設備			
		耐震重要 度分類	本工事計画で新 規に申請する 設備	耐震計算の 記載箇所	設備分類	設計基準対象 施設との計算 条件の差異	耐震計算の 記載箇所	
浸 水 防 護 施 設	外 郭 浸 水 防 護 施 設	タービン建物 2階 常用電気室南側水密扉	C*2	○	VI-2-10-2-9	—	—	—
		タービン建物 2階 離相母線室南側水密扉	C*2	○	VI-2-10-2-9	—	—	—
		制御室建物 2階 チェックポイント連絡水密扉	C*2	○	VI-2-10-2-9	—	—	—
		廃棄物処理建物 地下1階 被服置場北側水密扉	C*2	○	VI-2-10-2-9	—	—	—
		廃棄物処理建物 2階 非常用再循環送風機室東側水密扉	C*2	○	VI-2-10-2-9	—	—	—
		原子炉建物 地下2階 B-非常用 DG 電気室南側浸水防止堰	C*2	○	VI-2-10-2-13	—	—	—
		原子炉建物 地下1階 RCIC 直流 C/C 浸水防止堰	C*2	○	VI-2-10-2-13	—	—	—
		原子炉建物 地下1階 HPCS 給気消音器フィルタ室浸水防止堰	C*2	○	VI-2-10-2-13	—	—	—

表 1-1 浸水防護施設の耐震計算のまとめ (8/17)

対象設備		設計基準対象施設			重大事故対処設備			
		耐震重要 度分類	本工事計画で新 規に申請する 設備	耐震計算の 記載箇所	設備分類	設計基準対象 施設との計算 条件の差異	耐震計算の 記載箇所	
浸 水 防 護 施 設	内 郭 浸 水 防 護 施 設	原子炉建物 地下 1 階 南側通路浸水防止堰	C*2	○	VI-2-10-2-13	—	—	—
		原子炉建物 地下 1 階 北西階段浸水防止堰	C*2	○	VI-2-10-2-13	—	—	—
		原子炉建物 地下 1 階 DG 室給気ダクト室 南側階段浸水防止堰	C*2	○	VI-2-10-2-13	—	—	—
		原子炉建物 地下 1 階 第 3 チェックポイ ント浸水防止堰	C*2	○	VI-2-10-2-13	—	—	—
		原子炉建物 1 階 北東階段浸水防止堰	C*2	○	VI-2-10-2-13	—	—	—
		原子炉建物 1 階 北西階段浸水防止堰	C*2	○	VI-2-10-2-13	—	—	—
		原子炉建物 1 階 PLR ポンプ MG セット室 南西階段浸水防止堰	C*2	○	VI-2-10-2-13	—	—	—
		原子炉建物 1 階 エアロック前浸水防止 堰	C*2	○	VI-2-10-2-13	—	—	—

表 1-1 浸水防護施設の耐震計算のまとめ (9/17)

対象設備		設計基準対象施設			重大事故対処設備			
		耐震重要度分類	本工事計画で新規に申請する設備	耐震計算の記載箇所	設備分類	設計基準対象施設との計算条件の差異	耐震計算の記載箇所	
浸水防護施設	内郭浸水防護施設	原子炉建物 1 階 南東階段浸水防止堰	C*2	○	VI-2-10-2-13	—	—	—
		原子炉建物 1 階 南西階段浸水防止堰	C*2	○	VI-2-10-2-13	—	—	—
		原子炉建物 1 階 第 2 チェックポイント浸水防止堰 (非管理区域側)	C*2	○	VI-2-10-2-13	—	—	—
		原子炉建物 1 階 第 2 チェックポイント浸水防止堰 (管理区域側)	C*2	○	VI-2-10-2-13	—	—	—
		原子炉建物 2 階 原子炉棟送風機室南側階段浸水防止堰	C*2	○	VI-2-10-2-13	—	—	—
		原子炉建物 2 階 北東階段浸水防止堰	C*2	○	VI-2-10-2-13	—	—	—
		原子炉建物 2 階 北西階段浸水防止堰	C*2	○	VI-2-10-2-13	—	—	—
		原子炉建物 2 階 A-原子炉格納容器 H2・O2 分析計ボンベラック室西側浸水防止堰	C*2	○	VI-2-10-2-13	—	—	—
		原子炉建物 2 階 A-非常用電気室南側浸水防止堰	C*2	○	VI-2-10-2-13	—	—	—

表 1-1 浸水防護施設の耐震計算のまとめ (10/17)

対象設備		設計基準対象施設			重大事故対処設備			
		耐震重要度分類	本工事計画で新規に申請する設備	耐震計算の記載箇所	設備分類	設計基準対象施設との計算条件の差異	耐震計算の記載箇所	
浸水防護施設	内郭浸水防護施設	原子炉建物 2階 B-非常用電気室北側浸水防止堰	C*2	○	VI-2-10-2-13	—	—	—
		原子炉建物 2階 A-非常用 DG 室送風機室浸水防止堰	C*2	○	VI-2-10-2-13	—	—	—
		原子炉建物 2階 東側 PCV ペネトレーション室北側浸水防止堰	C*2	○	VI-2-10-2-13	—	—	—
		原子炉建物 2階 南東階段浸水防止堰	C*2	○	VI-2-10-2-13	—	—	—
		原子炉建物 2階 西側 PCV ペネトレーション室北側浸水防止堰	C*2	○	VI-2-10-2-13	—	—	—
		原子炉建物 2階 南西階段浸水防止堰	C*2	○	VI-2-10-2-13	—	—	—
		原子炉建物 2階 非常用電気室北側浸水防止堰	C*2	○	VI-2-10-2-13	—	—	—
		原子炉建物 2階 A-逃がし安全弁室素ガス供給装置横浸水防止堰	C*2	○	VI-2-10-2-13	—	—	—
		原子炉建物 2階 RCW バルブ室東側浸水防止堰	C*2	○	VI-2-10-2-13	—	—	—

表 1-1 浸水防護施設の耐震計算のまとめ (11/17)

対象設備		設計基準対象施設			重大事故対処設備			
		耐震重要度分類	本工事計画で新規に申請する設備	耐震計算の記載箇所	設備分類	設計基準対象施設との計算条件の差異	耐震計算の記載箇所	
浸水防護施設	内郭浸水防護施設	原子炉建物 2階 A-原子炉格納容器 H2・02 分析計ボンベラック室東側浸水防止堰	C*2	○	VI-2-10-2-13	—	—	—
		原子炉建物 中2階 北東階段浸水防止堰	C*2	○	VI-2-10-2-13	—	—	—
		原子炉建物 中2階 エアロック前浸水防止堰	C*2	○	VI-2-10-2-13	—	—	—
		原子炉建物 中2階 CUW バルブ室東側浸水防止堰	C*2	○	VI-2-10-2-13	—	—	—
		原子炉建物 中2階 CUW サージタンク室浸水防止堰	C*2	○	VI-2-10-2-13	—	—	—
		原子炉建物 中2階 南東階段浸水防止堰	C*2	○	VI-2-10-2-13	—	—	—
		原子炉建物 中2階 南西階段浸水防止堰	C*2	○	VI-2-10-2-13	—	—	—
		原子炉建物 3階 北東階段浸水防止堰	C*2	○	VI-2-10-2-13	—	—	—
		原子炉建物 3階 北西階段浸水防止堰	C*2	○	VI-2-10-2-13	—	—	—

表 1-1 浸水防護施設の耐震計算のまとめ (12/17)

対象設備		設計基準対象施設			重大事故対処設備			
		耐震重要 度分類	本工事計画で新 規に申請する 設備	耐震計算の 記載箇所	設備分類	設計基準対象 施設との計算 条件の差異	耐震計算の 記載箇所	
浸水 防護 施設	内郭 浸水 防護 施設	原子炉建物 3階 南東階段浸水防止堰	C*2	○	VI-2-10-2-13	—	—	—
		原子炉建物 3階 南西階段浸水防止堰	C*2	○	VI-2-10-2-13	—	—	—
		原子炉建物 3階 A-CAMS 室前浸水防止堰 (通路側)	C*2	○	VI-2-10-2-13	—	—	—
		原子炉建物 3階 A-CAMS 室前浸水防止堰 (SGT 室側)	C*2	○	VI-2-10-2-13	—	—	—
		原子炉建物 3階 B-CAMS 室前浸水防止堰	C*2	○	VI-2-10-2-13	—	—	—
		原子炉建物 3階 北西側階段室浸水防止 堰	C*2	○	VI-2-10-2-13	—	—	—
		原子炉建物 4階 北東階段浸水防止堰	C*2	○	VI-2-10-2-13	—	—	—
		原子炉建物 4階 エアロック浸水防止堰	C*2	○	VI-2-10-2-13	—	—	—
		原子炉建物 4階 南東階段浸水防止堰	C*2	○	VI-2-10-2-13	—	—	—

表 1-1 浸水防護施設の耐震計算のまとめ (13/17)

対象設備		設計基準対象施設			重大事故対処設備			
		耐震重要 度分類	本工事計画で新 規に申請する 設備	耐震計算の 記載箇所	設備分類	設計基準対象 施設との計算 条件の差異	耐震計算の 記載箇所	
浸水防護施設	内郭浸水防護施設	原子炉建物 4階 北西階段浸水防止堰	C*2	○	VI-2-10-2-13	—	—	—
		原子炉建物 4階 大物搬入口浸水防止堰	C*2	○	VI-2-10-2-13	—	—	—
		タービン建物 1階 給水加熱器室南西浸水防止堰	C*2	○	VI-2-10-2-13	—	—	—
		タービン建物 2階 復水器室南西階段浸水防止堰	C*2	○	VI-2-10-2-13	—	—	—
		タービン建物 3階 タービン建物ダスト サンプル室西側浸水防止堰	C*2	○	VI-2-10-2-13	—	—	—
		タービン建物 3階 オペフロ南側階段浸水防止堰	C*2	○	VI-2-10-2-13	—	—	—
		タービン建物 3階 オペフロ北西階段浸水防止堰	C*2	○	VI-2-10-2-13	—	—	—
		タービン建物 3階 オペフロ南西階段浸水防止堰	C*2	○	VI-2-10-2-13	—	—	—
		タービン建物 3階 オペフロ南東階段浸水防止堰	C*2	○	VI-2-10-2-13	—	—	—

表 1-1 浸水防護施設の耐震計算のまとめ (14/17)

対象設備		設計基準対象施設			重大事故対処設備			
		耐震重要度分類	本工事計画で新規に申請する設備	耐震計算の記載箇所	設備分類	設計基準対象施設との計算条件の差異	耐震計算の記載箇所	
浸水防護施設	内郭浸水防護施設	タービン建物 3 階 常用電気室送風機室南側浸水防止堰	C*2	○	VI-2-10-2-13	—	—	—
		タービン建物 3 階 タービン建物送風機室南側浸水防止堰	C*2	○	VI-2-10-2-13	—	—	—
		タービン建物 4 階 工具室浸水防止堰	C*2	○	VI-2-10-2-13	—	—	—
			C*2	○	VI-2-10-2-13	—	—	—
			C*2	○	VI-2-10-2-13	—	—	—
			C*2	○	VI-2-10-2-13	—	—	—
		廃棄物処理建物 地下 1 階 通路東側浸水防止堰	C*2	○	VI-2-10-2-13	—	—	—
		廃棄物処理建物 1 階 補助盤室東側通路南側扉浸水防止堰	C*2	○	VI-2-10-2-13	—	—	—
廃棄物処理建物 1 階 補助盤室東側(北) 浸水防止堰	C*2	○	VI-2-10-2-13	—	—	—		

表 1-1 浸水防護施設の耐震計算のまとめ (15/17)

対象設備		設計基準対象施設			重大事故対処設備			
		耐震重要 度分類	本工事計画で新 規に申請する 設備	耐震計算の 記載箇所	設備分類	設計基準対象 施設との計算 条件の差異	耐震計算の 記載箇所	
浸水 防護 施設	内郭 浸水 防護 施設	廃棄物処理建物 1階 補助盤室東側 (中) 浸水防止堰	C*2	○	VI-2-10-2-13	—	—	—
		廃棄物処理建物 1階 補助盤室東側 (南) 浸水防止堰	C*2	○	VI-2-10-2-13	—	—	—
		廃棄物処理建物 1階 消火用ポンベ室扉 浸水防止堰	C*2	○	VI-2-10-2-13	—	—	—
		廃棄物処理建物 1階 補助盤室前浸水防 止堰	C*2	○	VI-2-10-2-13	—	—	—
		廃棄物処理建物 1階 中央制御室横会議 室浸水防止堰 (補助盤室側)	C*2	○	VI-2-10-2-13	—	—	—
		廃棄物処理建物 1階 中央制御室横会議 室浸水防止堰 (予備室側)	C*2	○	VI-2-10-2-13	—	—	—
		廃棄物処理建物 1階 中央制御室横会議 室浸水防止堰 (運転員控室側)	C*2	○	VI-2-10-2-13	—	—	—
		廃棄物処理建物 2階 中央制御室送風機 室階段浸水防止堰	C*2	○	VI-2-10-2-13	—	—	—
		廃棄物処理建物 2階 計算機室連絡扉前 浸水防止堰	C*2	○	VI-2-10-2-13	—	—	—

表 1-1 浸水防護施設の耐震計算のまとめ (16/17)

対象設備		設計基準対象施設			重大事故対処設備			
		耐震重要 度分類	本工事計画で新 規に申請する 設備	耐震計算の 記載箇所	設備分類	設計基準対象 施設との計算 条件の差異	耐震計算の 記載箇所	
浸水防護施設	内郭浸水防護施設	廃棄物処理建物 4階 廃棄物処理建物送風機室南側浸水防止堰（非管理区域側）	C*2	○	VI-2-10-2-13	—	—	—
		廃棄物処理建物 4階 廃棄物処理建物送風機室南側浸水防止堰（管理区域側）	C*2	○	VI-2-10-2-13	—	—	—
		原子炉建物 3階 新燃料検査台ピット室防水板	C*2	○	VI-2-10-2-14	—	—	—
		タービン建物 2階 固定子冷却装置室西側防水板（非管理区域側）	C*2	○	VI-2-10-2-14	—	—	—
		タービン建物 2階 固定子冷却装置室西側防水板（管理区域側）	C*2	○	VI-2-10-2-14	—	—	—
		廃棄物処理建物 2階 廃棄物処理建物 C/C室防水板（非管理区域側）	C*2	○	VI-2-10-2-14	—	—	—
		廃棄物処理建物 2階 A-原子炉浄化樹脂貯蔵タンク水中ポンプ操作室防水板（非管理区域側）	C*2	○	VI-2-10-2-14	—	—	—

表 1-1 浸水防護施設の耐震計算のまとめ (17/17)

対象設備		設計基準対象施設			重大事故対処設備		
		耐震重要度 分類	本工事計画で新 規に申請する 設備	耐震計算の 記載箇所	設備分類	設計基準対象 施設との計算 条件の差異	耐震計算の 記載箇所
浸水 防護 施設	床ドレン逆止弁	S* ¹	○	VI-2-10-2-10	—	—	—
	隔離弁, 機器, 配管	S* ¹	○	VI-2-10-2-11	—	—	—
	タービン補機海水系隔離システム	S* ¹	○	VI-2-10-2-12	—	—	—
	貫通部止水処置	S* ¹ C* ²	○	VI-2-10-2-15	—	—	—
	取水槽水位計	S* ¹	○	VI-2-10-2-16	—	—	—
	津波監視カメラ	S* ¹	○	VI-2-10-2-17	—	—	—

注記* 1 : Sクラス施設のうち, 浸水防止設備として基準地震動S sによる地震力に対して, 要求される機能を保持するものを示す。

* 2 : Cクラス施設のうち, 溢水の伝播を防止する設備として基準地震動S sによる地震力に対して, 要求される機能を保持するものを示す。

VI-2-10-2-10 床ドレン逆止弁の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 配置概要	1
2.2 構造計画	2
2.3 評価方針	3
2.4 適用規格・基準等	4
2.5 記号の説明	4
2.6 計算精度と数値の丸め方	7
3. 評価部位	7
4. 固有周期	8
4.1 固有周期の計算方法	8
4.2 固有周期の計算条件	10
4.3 固有周期の計算結果	11
5. 構造強度評価	11
5.1 構造強度評価方法	11
5.2 荷重及び荷重の組合せ	12
5.3 許容応力	13
5.4 設計用地震力	15
5.5 計算方法	16
5.6 計算条件	20
6. 機能維持評価	24
7. 評価結果	24

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、浸水防護施設のうち床ドレン逆止弁が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、動的機能を維持できることを説明するものである。

床ドレン逆止弁は、浸水防護施設としてSクラス施設に分類される。以下、浸水防護施設としての構造強度評価及び機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 配置概要

床ドレン逆止弁の設置位置を表 2-1 に示す。

表 2-1 床ドレン逆止弁の設置位置

機器名称	設置場所	設置階	高さ(m)
床ドレン逆止弁	取水槽	—	EL 1.1
	タービン建物	地下1階	EL 2.0

2.2 構造計画

床ドレン逆止弁は、フロート式の逆止弁であり、配管内で逆流が発生するとフロートが押し上げられ、弁座に密着することで止水する。床ドレン逆止弁の構造計画を表 2-2 に示す。

表 2-2 構造計画

計画の概要			概略構造図
型式	主体構造	基礎・支持構造	
80A 型	弁座を含む弁本体、弁体であるフロート及びフロートを弁座に導くフロートガイドで構成する。	弁本体を基礎ボルトで基礎に据え付ける。	
300A 型			

2.3 評価方針

床ドレン逆止弁の応力評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.2 構造計画」に示す床ドレン逆止弁の構造を踏まえ、「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 固有周期」にて算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「5. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、床ドレン逆止弁の機能維持評価は、床ドレン逆止弁の固有周期を考慮して評価用加速度を設定し、設定した評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを「6. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「7. 評価結果」に示す。なお、機能確認済加速度には、正弦波加振試験において、止水性の機能の健全性を確認した加振波の最大加速度を適用する。床ドレン逆止弁の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

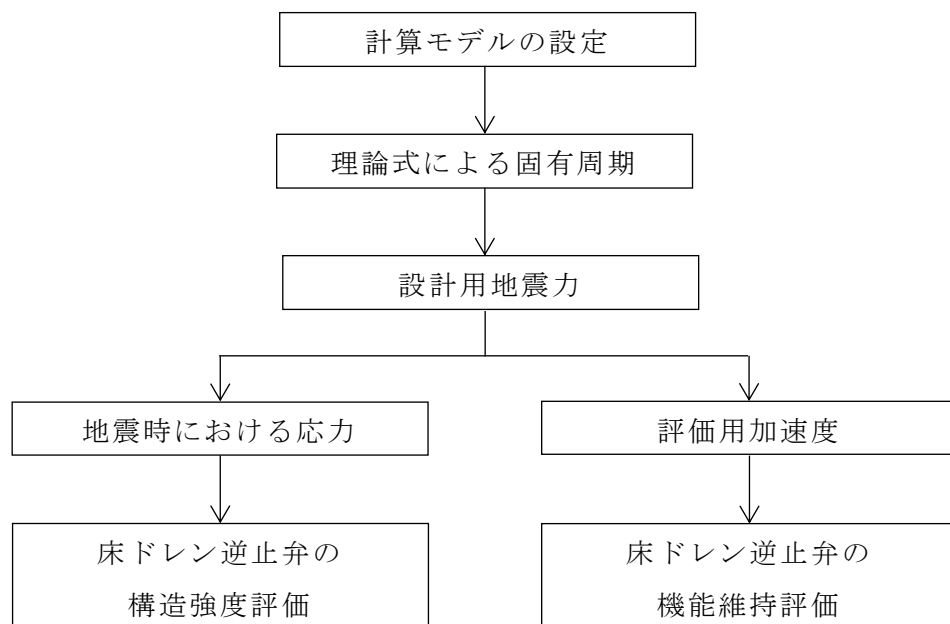


図 2-1 床ドレン逆止弁の耐震評価フロー

2.4 適用規格・基準等

本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 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補-1984 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版 ((社) 日本電気協会)
- ・発電用原子力設備規格 設計・建設規格 ((社) 日本機械学会, 2005/2007) (以下「設計・建設規格」という。)
- ・機械工学便覧 ((社) 日本機械学会)

2.5 記号の説明

床ドレン逆止弁の固有周期の計算に用いる記号及び応力評価に用いる記号を表 2-3 及び表 2-4 に示す。

表 2-3 床ドレン逆止弁の固有周期の計算に用いる記号

記号	記号の説明	単位
A	モデル化に用いるフロートガイドの断面積	mm ²
d _m	モデル化に用いる弁本体の内径	mm
D _{f m}	モデル化に用いるフロートガイドの直径	mm
D _m	モデル化に用いる弁本体の外径	mm
E	モデル化に用いるフロートガイドの縦弾性係数	MPa
f	床ドレン逆止弁の固有振動数	Hz
T	床ドレン逆止弁の固有周期	s
I _a	モデル化に用いるフロートガイド 1 本の断面二次モーメント	mm ⁴
I _m	モデルの等価断面二次モーメント	mm ⁴
I _{m 1}	モデル化に用いる弁本体の断面二次モーメント	mm ⁴
I _{m 2}	モデル化に用いるフロートガイドの等価断面二次モーメント	mm ⁴
k	モデルのばね定数	N/m
ℓ ₁	モデル化に用いる弁本体の長さ	mm
ℓ ₂	モデル化に用いるフロートガイドの長さ	mm
m	モデル化に用いる弁の全質量	kg
n _f	フロートガイドの本数	本
y _g	フロートガイドの図心 G と X 軸の距離	mm

表 2-4 床ドレン逆止弁の応力評価に用いる記号 (1/2)

記号	記号の説明	単位
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
A_1	弁本体の断面積	mm^2
A_2	フロートガイドの最小断面積	mm^2
A_3	基礎ボルトの断面積	mm^2
d_1	弁本体の内径	mm
D_1	弁本体の外径	mm
D_2	フロートガイドの最小直径	mm
D_P	基礎ボルトの水平間距離	mm
F_{H1}	弁本体の最下端に加わる水平方向地震荷重	N
F_{H2}	フロートガイドの最下端に加わる水平方向地震荷重	N
F_{V1}	弁本体に加わる鉛直方向地震荷重	N
F_{V2}	フロートガイドに加わる鉛直方向地震荷重	N
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s^2
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_u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 9 に定める値	MPa
F	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値	MPa
f_t	設計・建設規格 SSB-3131(1)に定める値	MPa
f_s	設計・建設規格 SSB-3131.1(2)に定める値	MPa
n	基礎ボルトの本数	本
I_1	弁本体の断面二次モーメント	mm^4
I_2	フロートガイドの断面二次モーメント	mm^4
L_1	弁全体の長さ	mm
L_2	フロートガイドの長さ	mm
m_1	弁の全質量	kg
m_2	フロートガイド 1 本当たりの質量	kg
M_1	弁本体に発生する曲げモーメント	$\text{N}\cdot\text{mm}$
M_2	フロートガイドに発生する曲げモーメント	$\text{N}\cdot\text{mm}$

表 2-4 床ドレン逆止弁の応力評価に用いる記号 (2/2)

記号	記号の説明	単位
D	固定荷重	N
W_{d1}	弁本体の常時荷重	N
W_{d2}	フロートガイドの常時荷重	N
σ_{bH}	水平方向地震荷重によるモーメントにより基礎ボルト 1 本当たりに加わる引張応力	MPa
σ_{bV}	鉛直方向地震荷重により基礎ボルト 1 本当たりに加わる引張応力	MPa
σ_{H1}	弁本体に加わる曲げ応力	MPa
σ_{H2}	フロートガイドの最小断面積に加わる曲げ応力	MPa
σ_{V1}	弁本体に加わる引張応力	MPa
σ_{V2}	フロートガイドの最小断面積に加わる引張応力	MPa
τ_3	基礎ボルト 1 本当たりに加わるせん断応力	MPa
f_{t0}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力 (f_t を 1.5 倍した値)	MPa
f_{ts}	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力	MPa
τ	ボルトに作用するせん断応力	MPa

2.6 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表 2-5 に示すとおりである。

表 2-5 表示する数値の丸め方

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

注記*1：設計上定める値が小数点以下第 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

床ドレン逆止弁の耐震評価は、「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる弁本体、フロートガイド及び基礎ボルトについて実施する。床ドレン逆止弁の評価部位については、表 2-2 の概略構造図に示す。

4. 固有周期

4.1 固有周期の計算方法

床ドレン逆止弁の固有周期の計算方法を以下に示す。

(1) 計算モデル

- a. 一方の端を固定端，他方の端を自由端とした図 4-1 に示す 1 質点系振動モデルとする。
- b. 質量の不均一性を考慮して，自由端に弁の全質量が集中したモデルとする。
- c. モデル化は，円筒状の弁本体及び円柱状のフロートガイドの異なる 2 つの断面をもつ梁の組合せとして設定する。

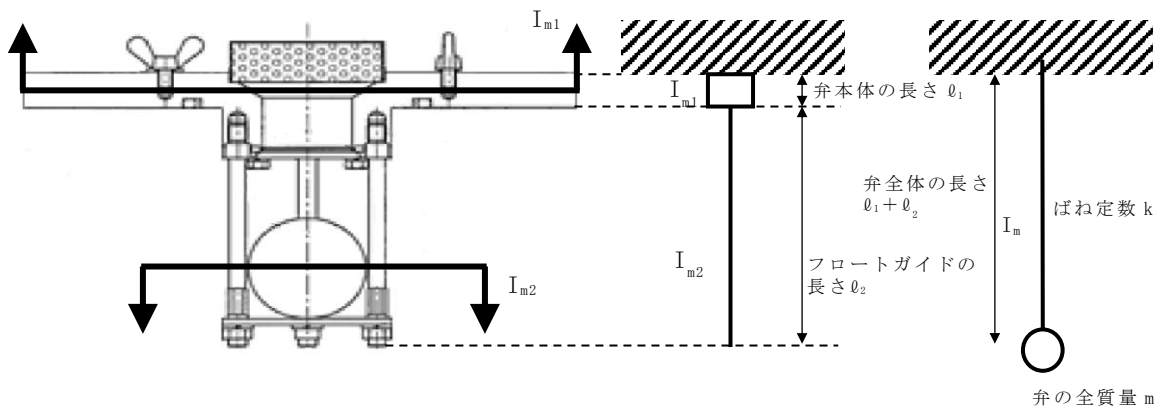


図 4-1 床ドレン逆止弁のモデル化の概略

(2) 固有周期の計算

水平方向の固有周期 T を以下の式より算出する。なお，鉛直方向の固有周期については，床ドレン逆止弁の構造上，水平方向よりも鉛直方向の方が剛性が高いため，水平方向の固有周期のみを確認する。

$$T = \frac{1}{f}$$

$$f = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$k = \frac{3 \cdot E \cdot I_m}{(\ell_1 + \ell_2)^3} \times 10^3$$

モデルの等価断面二次モーメント I_m の算出過程を以下に示す。

- a. モデル化に用いる弁本体の断面二次モーメント

モデル化に用いる弁本体の断面二次モーメント I_{m1} は、以下の式より算出する。

$$I_{m1} = \left(D_m^4 - d_m^4 \right) \cdot \frac{\pi}{64}$$

- b. モデル化に用いるフロートガイドの等価断面二次モーメント

平行軸の定理から、フロートガイドの図心 G と X 軸の距離 y_g を用いて、モデル化に用いるフロートガイドの等価断面二次モーメント I_{m2} は、以下の式より算出する。フロートガイドの断面を図 4-2 に示す。

$$I_a = D_{fm}^4 \cdot \frac{\pi}{64}$$

$$I_{m2} = 2 \cdot I_a + (n_f - 2) \cdot \left(I_a + (y_g)^2 \cdot A \right)$$

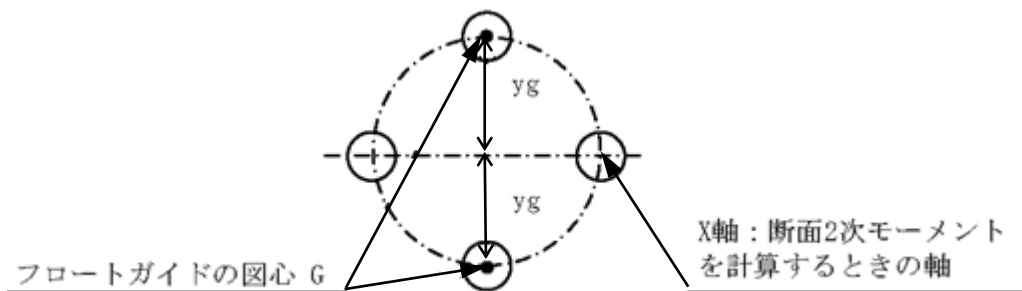


図 4-2 フロートガイドの断面 (4本の例)

- c. モデルの等価断面二次モーメント

モデルの等価断面二次モーメント I_m は、以下の式より算出する。

$$I_m = \frac{(\ell_1 + \ell_2)^3 \cdot I_{m1} \cdot I_{m2}}{I_{m1} \cdot \ell_2^3 + I_{m2} \cdot (\ell_1^3 + 3\ell_1 \cdot \ell_2^2 + 3\ell_1^2 \cdot \ell_2)}$$

4.2 固有周期の計算条件

床ドレン逆止弁の 80A 型及び 300A 型における固有周期の計算条件を表 4-1 及び表 4-2 に示す。

表 4-1 80A 型の固有周期の計算条件

フロートガイドの材質	モデル化に用いる弁の全質量 m (kg)	モデル化に用いる弁本体の外径 D _m (mm)	モデル化に用いる弁本体の内径 d _m (mm)	モデル化に用いるフロートガイドの直径 D _{f m} (mm)
SUS316L	5	72	38	7

フロートガイドと 図心GとX軸の 距離 y _g (mm)	モデル化に用いる 弁本体の長さ ℓ ₁ (mm)	モデル化に用いる フロートガイドの 長さ ℓ ₂ (mm)	モデル化に用いる フロートガイドの 縦弾性係数* E (MPa)	フロートガイド の本数 n _f (本)
30	37	102	1.94×10 ⁵	4

注記* : 「5.3 許容応力」における温度条件での縦弾性係数Eを用いる。

表 4-2 300A 型の固有周期の計算条件

フロートガイドの材質	モデル化に用いる弁の全質量 m (kg)	モデル化に用いる弁本体の外径 D _m (mm)	モデル化に用いる弁本体の内径 d _m (mm)	モデル化に用いるフロートガイドの直径 D _{f m} (mm)
SUS316L	35	182	90	10

フロートガイドと 図心GとX軸の距 離 y _g (mm)	モデル化に用いる 弁本体の長さ ℓ ₁ (mm)	モデル化に用いる フロートガイドの 長さ ℓ ₂ (mm)	モデル化に用いる フロートガイドの 縦弾性係数* E (MPa)	フロートガイド の本数 n _f (本)
70.1	27	215	1.94×10 ⁵	6

注記* : 「5.3 許容応力」における温度条件での縦弾性係数Eを用いる。

4.3 固有周期の計算結果

固有周期の計算結果を表 4-3 に示す。計算の結果、固有周期は 0.05s 以下であり、剛構造であることを確認した。

表 4-3 固有周期の計算結果

型式	固有周期 (s)
80A 型	0.002
300A 型	0.006

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

4.1(1)項 a. ~c. のほか、次の条件で計算する。

- (1) 地震力は床ドレン逆止弁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。

5.2 荷重及び荷重の組合せ

5.2.1 荷重の設定

(1) 固定荷重 (D)

常時作用する荷重として、弁本体の自重 W_{d1} 及びフロートガイドの自重 W_{d2} を以下の式より算出する。

$$W_{d1} = m_1 \cdot g$$

$$W_{d2} = m_2 \cdot g$$

(2) 基準地震動 S_s による地震荷重 (S_s)

基準地震動 S_s による地震荷重 F_{H1} , F_{H2} , F_{V1} , F_{V2} を以下の式より算出する。

$$F_{H1} = m_1 \cdot C_H \cdot g$$

$$F_{H2} = m_2 \cdot C_H \cdot g$$

$$F_{V1} = m_1 \cdot C_V \cdot g$$

$$F_{V2} = m_2 \cdot C_V \cdot g$$

5.2.2 荷重の組合せ

床ドレン逆止弁の耐震計算にて考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を表 5-1 に示す。

表 5-1 荷重の組合せ及び許容応力状態

施設区分	機器名称	耐震重要度分類	荷重の組合せ ^{*1,2}	許容応力状態
浸水防護施設 (浸水防止設備)	床ドレン逆止弁	S	D + S_s	Ⅲ _A S

注記*1: Dは固定荷重, S_s は基準地震動による地震荷重を示す。

*2: 固定荷重 (D) 及び基準地震動 (S_s) の組合せが荷重を緩和する方向に作用する場合, 保守的にこれらを組み合わせない。

5.3 許容応力

床ドレン逆止弁の弁本体，フロートガイド及び基礎ボルトの許容応力を表 5-2 に，許容応力評価条件を表 5-3 にそれぞれ示す。また，弁本体，フロートガイド及び基礎ボルトの許容応力算出結果を表 5-4 に示す。

表 5-2 弁本体，フロートガイド及び基礎ボルトの許容応力

許容応力状態	許容限界* ¹ (ボルト以外)			許容限界* ² (ボルト)		
	一次応力			一次応力		
	引 張	曲 げ	組合せ* ³	引 張	せん断	組合せ* ⁴
Ⅲ _A S* ⁵	1.2・S	1.2・S	1.2・S	1.5・f _t	1.5・f _s	f _{ts}

注記*1：引張及び曲げは，J E A G 4 6 0 1 ・ 補 - 1984 を準用し，「管」の許容限界のうちクラス 2，3 配管に対する許容限界に準じて設定する。

*2：引張及びせん断は，J E A G 4 6 0 1 ・ 補 - 1984 を準用し，「その他の支持構造物」の許容限界を適用する。組合せは，J S M E S N C 1 - 2005/2007 による。

*3：引張と曲げの組合せである。

*4：せん断応力と引張応力の組合せ応力

せん断応力と引張応力を同時に受けるボルトの許容引張応力 f_{ts} は，次のいずれか小さい方の値

$$f_{ts} = 1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau$$

$$f_{ts} = f_{to}$$

*5：地震後，津波後の再使用性や津波の繰返し作用を想定し，当該構造物全体の変形能力に対して浸水防護機能として十分な余裕を有するよう，設備を構成する材料が弾性域内に収まることを基本とする。

表 5-3 弁本体，フロートガイド及び基礎ボルトの許容応力評価条件

型式	評価部位	材料	温度条件 (°C)	S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)
80A 型	弁本体	SUS316L	40	111	—	—	—
	フロート ガイド	SUS316L	40	111	—	—	—
	基礎ボルト	SUS316	40	—	205	520	205
300A 型	弁本体	SUS316L	40	111	—	—	—
	フロート ガイド	SUS316L	40	111	—	—	—
	基礎ボルト	SUS316	40	—	205	520	205

表 5-4 弁本体，フロートガイド及び基礎ボルトの許容応力算出結果

許容 応力 状態	型式	評価部位	許容応力 (ボルト以外)			許容応力 (ボルト)		
			一次応力			一次応力		
			引 張 1.2・S (MPa)	曲 げ 1.2・S (MPa)	組 合 せ 1.2・S (MPa)	引 張 1.5・f _t (MPa)	せん断 1.5・f _s (MPa)	組 合 せ f _{ts} (MPa)
Ⅲ _A S	80A 型	弁本体	133	133	133	—	—	—
		フロート ガイド	133	133	133	—	—	—
		基礎ボルト	—	—	—	123	94	123
	300A 型	弁本体	133	133	133	—	—	—
		フロート ガイド	133	133	133	—	—	—
		基礎ボルト	—	—	—	123	94	123

5.4 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 5-5 に示す。基準地震動 S_s による地震力は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。

表 5-5 設計用地震力

地震動	据付場所及び 床面高さ* ¹ (m)	地震による設計震度* ²	
		基準地震動 S_s	取水槽 EL 1.1
		鉛直方向 C_V	1.41* ³

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：耐震計算に用いる設計震度は、床ドレン逆止弁が設置されている各基準床レベルのうち、最大となる設計震度を設定した。

*3：設計用震度 I（基準地震動 S_s ）を上回る設計震度

5.5 計算方法

(1) 弁本体

弁本体の発生応力を算出する。弁本体の応力評価に用いる断面積 A_1 は、図 5-1 に示すとおり、弁本体のうち最も肉厚が薄い断面を適用する。

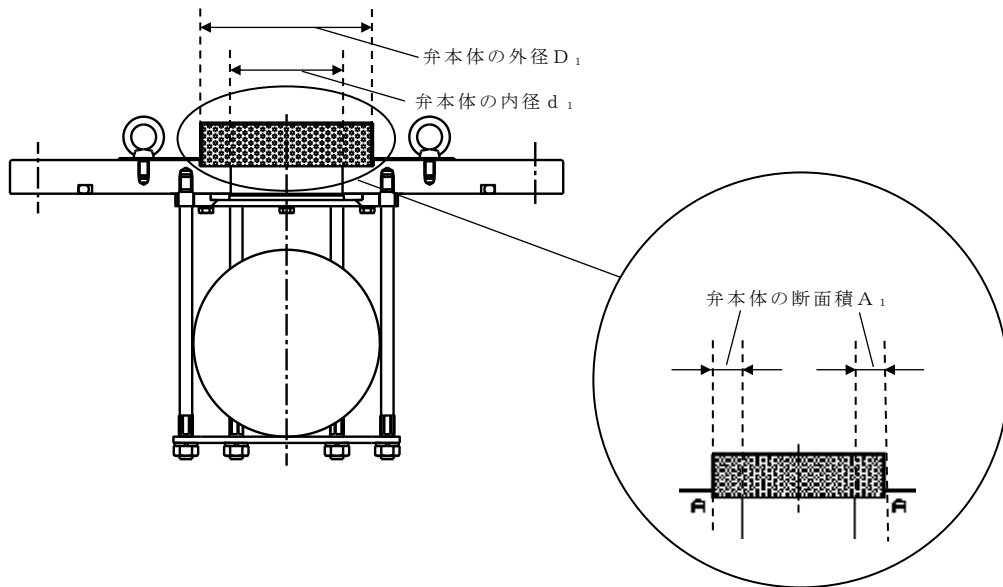


図 5-1 床ドレン逆止弁本体の構造図 (300A 型の例)

a. 鉛直応答加速度負荷時

鉛直応答加速度により、弁本体に加わる引張応力 σ_{V1} を以下の式より算出する。

$$\sigma_{V1} = \frac{W_{d1} + F_{V1}}{A_1}$$

b. 水平応答加速度負荷時

弁本体の最下端に集中荷重が負荷された片持ち梁として、水平応答加速度により、弁本体に加わる曲げ応力 σ_{H1} を以下の式より算出する。

$$M_1 = F_{H1} \cdot L_1$$

$$I_1 = \left(D_1^4 - d_1^4 \right) \cdot \frac{\pi}{64}$$

$$\sigma_{H1} = \frac{M_1 \cdot \left(\frac{D_1}{2} \right)}{I_1}$$

(2) フロートガイド

フロートガイドの応力評価に用いるフロートガイドの最小断面積 A_2 は、図 5-2 に示すフロートガイドの最小直径 D_2 から求める。フロートガイドの最小断面積 A_2 はフロートガイドのうち最も肉厚が薄い断面を適用する。

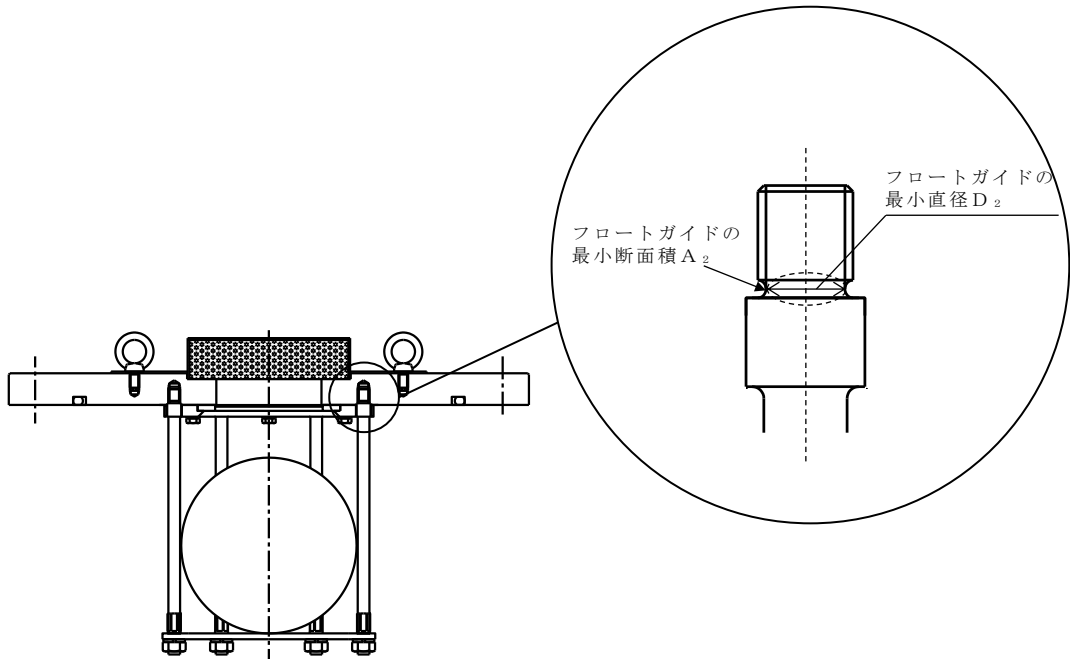


図 5-2 フロートガイドの応力評価に用いる断面積（300A 型の例）

a. 鉛直応答加速度負荷時

鉛直応答加速度により、フロートガイドの最小断面積に加わる引張応力 σ_{V2} を以下の式より算出する。

$$\sigma_{V2} = \frac{W_{d2} + F_{V2}}{A_2}$$

b. 水平応答加速度負荷時

フロートガイドの最下端に集中荷重が負荷された片持ち梁として、水平応答加速度にフロートガイドの最小断面積に加わる曲げ応力 σ_{H2} を以下の式より算出する。

$$M_2 = F_{H2} \cdot L_2$$

$$I_2 = D_2^4 \cdot \frac{\pi}{64}$$

$$\sigma_{H2} = \frac{M_2 \cdot \left(\frac{D_2}{2}\right)}{I_2}$$

(3) 基礎ボルト

a. 鉛直応答加速度負荷時

鉛直応答加速度により，基礎ボルト 1 本あたりに加わる引張応力 σ_{bV} を以下の式より算出する。

$$\sigma_{bV} = \frac{F_{V1} + W_{d1}}{A_3 \cdot n}$$

b. 水平応答加速度負荷時

(a) せん断応力

水平応答加速度により，基礎ボルト 1 本あたりに加わるせん断応力 τ_3 を以下の式より算出する。

$$\tau_3 = \frac{F_{H1}}{A_3 \cdot n}$$

(b) モーメントによる引張応力

水平応答加速度により対角線上の基礎ボルトを2本支持したと仮定し、弁全体の最下端に集中荷重が作用した場合において、水平方向地震荷重によるモーメントにより基礎ボルト1本あたりに加わる引張応力 σ_{bH} を以下の式より算出する。図5-3にモーメントによる引張応力の作用イメージを示す。

$$\sigma_{bH} = \frac{F_{H1} \cdot L_1}{D_p \cdot A_3}$$

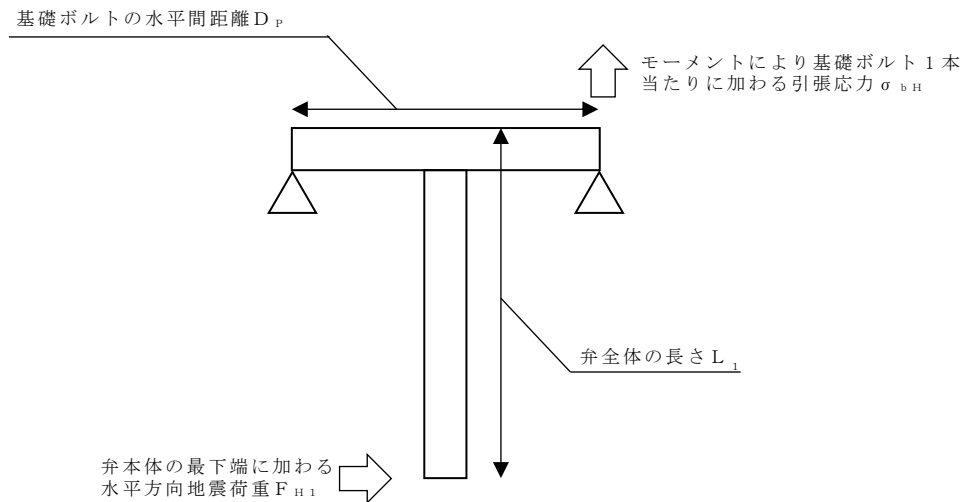


図5-3 モーメントによる引張応力の作用イメージ

5.6 計算条件

床ドレン逆止弁の応力評価に用いる計算条件を表 5-6 及び表 5-7 に示す。

表 5-6 80A 型の応力評価に用いる計算条件(1/2)

弁本体の材質	弁本体の断面積 A_1 (mm^2)	弁の全質量 m_1 (kg)	弁全体の長さ L_1 (mm)
SUS316L	2.937×10^3	5	139

弁本体の外径 D_1 (mm)	弁本体の内径 d_1 (mm)
72	38

フロートガイドの材質	フロートガイドの最小断面積 A_2 (mm^2)	フロートガイドの1本当たりの質量 m_2 (kg)	フロートガイドの長さ L_2 (mm)
SUS316L	34.21	0.05	102

フロートガイドの最小直径 D_2 (mm)	フロートガイドの本数 n_f (本)
6.6	4

表 5-6 80A 型の応力評価に用いる計算条件 (2/2)

基礎ボルトの材質	基礎ボルトの 断面積 A_s (mm^2)	基礎ボルトの本数 n (本)	基礎ボルトの 水平間距離 D_P (mm)
SUS316	113.1	2	260

重力加速度 g (m/s^2)
9.80665

表 5-7 300A 型の応力評価に用いる計算条件 (1/2)

弁本体の材質	弁本体の断面積 A_1 (mm^2)	弁の全質量 m_1 (kg)	弁全体の長さ L_1 (mm)
SUS316L	1.965×10^4	35	242

弁本体の外径 D_1 (mm)	弁本体の内径 d_1 (mm)
182	90

フロートガイドの材質	フロートガイドの最小断面積 A_2 (mm^2)	フロートガイドの1本当たりの質量 m_2 (kg)	フロートガイドの長さ L_2 (mm)
SUS316L	55.42	0.15	215

フロートガイドの最小直径 D_2 (mm)	フロートガイドの本数 n_f (本)
8.4	6

表 5-7 300A 型の応力評価に用いる計算条件 (2/2)

基礎ボルトの材質	基礎ボルトの 断面積 A_s (mm^2)	基礎ボルトの本数 n (本)	基礎ボルトの 水平間距離 D_P (mm)
SUS316	314.2	8	400

重力加速度 g (m/s^2)
9.80665

6. 機能維持評価

床ドレン逆止弁の固有周期を考慮して、地震時における床ドレン逆止弁の評価用加速度を設定し、設定した評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを確認する。機能確認済加速度には、正弦波加振試験において、止水性の機能の健全性を確認した加振波の最大加速度を適用する。床ドレン逆止弁の機能確認済加速度を表 6-1 に示す。

具体的な機能維持確認として、床ドレン逆止弁に対して、正弦波により水平方向及び鉛直方向の加振試験を実施後、VI-1-1-3-2-5「津波防護に関する施設の設計方針」に示す津波による溢水または内部溢水を踏まえ、それらの浸水後の水位を上回る圧力として 0.30MPa の水圧にて漏えい試験を実施し、漏えい量が許容漏えい量以下であることを確認した。本漏えい試験の結果により、床ドレン逆止弁の地震時及び地震後の機能維持を確認した。

表 6-1 床ドレン逆止弁の機能確認済加速度

評価部位	機能確認済加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)	
	水平方向	鉛直方向
床ドレン逆止弁	6.0	6.0

7. 評価結果

床ドレン逆止弁の耐震評価結果を以下に示す。(1)及び(2)に示す評価結果から、床ドレン逆止弁が耐震性を有することを確認した。

(1) 構造強度評価結果

基準地震動 S_s に対する評価部位の応力評価結果を表 7-1 に示す。発生応力が許容応力以下であることから、構造部材が構造健全性を有することを確認した。

表 7-1 基準地震動 S_s に対する評価部位の応力評価

型式	評価部位	評価応力	発生応力	許容応力
80A 型	弁本体	引 張	1	133
		曲 げ	1	133
		組合せ* ¹	1	133
	フロートガイド	引 張	1	133
		曲 げ	4	133
		組合せ* ¹	4	133
	基礎ボルト	引 張* ²	1	123
		せん断	1	94
300A 型	弁本体	引 張	1	133
		曲 げ	1	133
		組合せ* ¹	1	133
	フロートガイド	引 張	1	133
		曲 げ	11	133
		組合せ* ¹	11	133
	基礎ボルト	引 張* ²	2	123
		せん断	1	94

注記*1：引張 (σ_V) + 曲げ (σ_H) は、 $\sigma_V + \sigma_H \leq 1.2 S$ で評価

*2：基礎ボルトの引張応力は、 $\sigma_{bH} + \sigma_{bV}$ の和

(2) 機能維持評価結果

床ドレン逆止弁の機能維持評価結果を表 7-2 に示す。評価用加速度が機能確認済加速度以下であることから、床ドレン逆止弁が機能維持することを確認した。

表 7-2 床ドレン逆止弁の機能維持評価結果

評価部位	設置床 (m)	据付場所	機能確認済加速度との比較			
			水平加速度 ($\times 9.8m/s^2$)		鉛直加速度 ($\times 9.8m/s^2$)	
			評価用 加速度	機能確認済 加速度	評価用 加速度	機能確認済 加速度
床ドレン 逆止弁	EL 1.1	取水槽	1.55	6.0	1.17	6.0

VI-2-11 波及的影響を及ぼすおそれのある施設の耐震性に関する
説明書

VI-2-11-2 波及的影響を及ぼすおそれのある施設の耐震性についての
計算書

VI-2-11-2-7 機器の耐震性についての計算書

VI-2-11-2-7-9 格納容器空気置換排風機の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 配置概要	1
2.2 構造計画	2
3. 構造強度評価	4
3.1 構造強度評価方法	4
3.2 荷重の組合せ及び許容応力	4
3.3 計算条件	4
4. 評価結果	7
4.1 設計基準対象施設としての評価結果	7

1. 概要

本計算書は、VI-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、下位クラスである格納容器空気置換排風機が「基準地震動 S_s による地震力」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、隣接する上位クラスである原子炉棟空調換気系入口隔離弁に対して、波及的影響を及ぼさないことを説明するものである。

なお、格納容器空気置換排風機は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の横形ポンプと類似の構造であるため、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-1 横形ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき剛構造として評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 配置概要

格納容器空気置換排風機は、原子炉建物 3 階に設置される。格納容器空気置換排風機は、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棟空調換気系入口隔離弁に隣接しており、地震時に本機器が転倒した場合は、原子炉棟空調換気系入口隔離弁に対して波及的影響を及ぼすおそれがある。

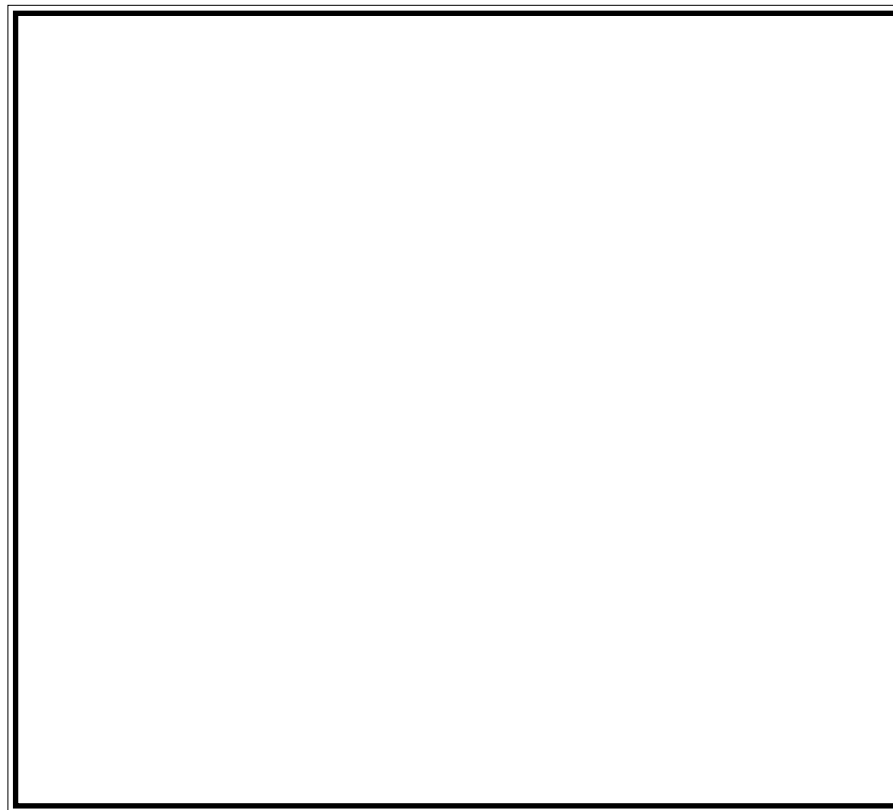
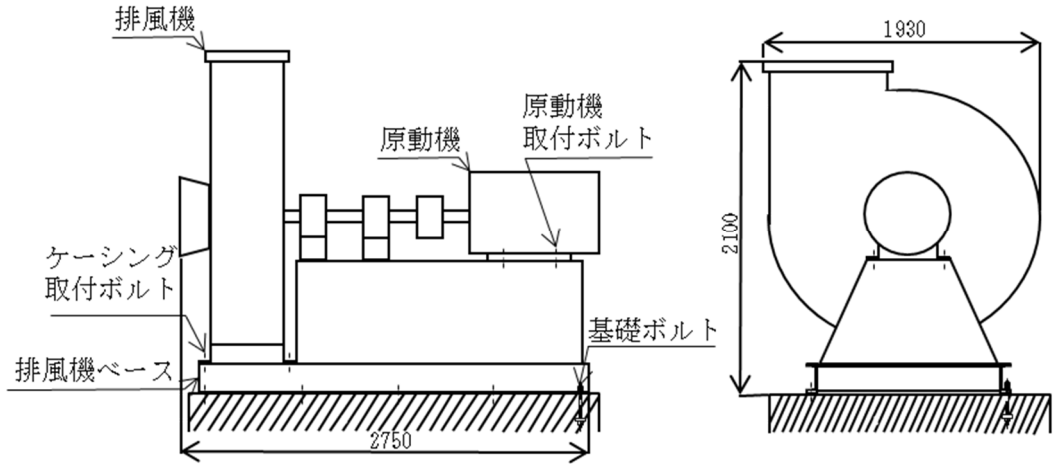


図 2-1 格納容器空気置換排風機と原子炉棟空調換気系入口隔離弁の位置関係図

2.2 構造計画

格納容器空気置換排風機の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>排風機は排風機ベースに固定され、排風機ベースは基礎ボルトで基礎に据え付ける。</p>	<p>遠心式 (遠心直結型ファン)</p>	 <p>(単位：mm)</p>

3. 構造強度評価

3.1 構造強度評価方法

格納容器空気置換排風機の構造強度評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-1 横形ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

また、水平方向及び鉛直方向の動的地震力による荷重の組合せには、絶対値和を適用する。

3.2 荷重の組合せ及び許容応力

3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

格納容器空気置換排風機の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 3-1 に示す。

3.2.2 許容応力

格納容器空気置換排風機の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、表 3-2 のとおりとする。

3.2.3 使用材料の許容応力評価条件

格納容器空気置換排風機の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 3-3 に示す。

3.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【格納容器空気置換排風機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。

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	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
放射線管理 設備	換気設備	格納容器空気置換排風機	C	—*	$D + P_D + M_D + S_s$	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 3-2 許容応力（その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張	せん断
IV _A S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

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

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

表 3-3 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 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
基礎ボルト	SS400 (40mm<径≦100mm)	周囲環境温度	66	206	385	—
ケーシング取付ボルト	SS400 (40mm<径≦100mm)	最高使用温度	66	206	385	—
原動機取付ボルト	SS400 (40mm<径≦100mm)	周囲環境温度	66	206	385	—

4. 評価結果

4.1 設計基準対象施設としての評価結果

格納容器空気置換排風機の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており, 設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

【格納容器空気置換排風機の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		排風機振動 による震度	最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度			
格納容器空気置換排風機	C	原子炉建物 EL 34.8*1	—*2	—*2	—	—	C _H =2.87*3	C _V =1.87*3		66	66

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：固有周期は十分に小さく、計算は省略する。

*3：設計用震度 I（基準地震動 S_s）を上回る設計震度

1.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	l _{1i} *1 (mm)	l _{2i} *1 (mm)	d _i (mm)	A _{bi} (mm ²)	n _i	n _{fi} *1
基礎ボルト (i=1)							12	5
								1
ケーシング取付ボルト (i=2)							5	2
								2
原動機取付ボルト (i=3)							4	2
								2

部材	S _{yi} (MPa)	S _{ui} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向		M _p (N・mm)
					弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	
基礎ボルト (i=1)	206*2 (40mm<径≤100mm)	385*2	—	247	—	軸	—
ケーシング取付ボルト (i=2)	206*3 (40mm<径≤100mm)	385*3	—	247	—	軸	—
原動機取付ボルト (i=3)	206*2 (40mm<径≤100mm)	385*2	—	247	—	軸	—

H _p (μm)	N (rpm)

注記*1：各ボルトの機器要目における上段は軸直角方向転倒に対する評価時の要目を示し、
下段は軸方向転倒に対する評価時の要目を示す。

*2：周囲環境温度で算出

*3：最高使用温度で算出

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{bi}		Q _{bi}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	—		—	
ケーシング取付ボルト (i=2)	—		—	
原動機取付ボルト (i=3)	—		—	

1.4 結論

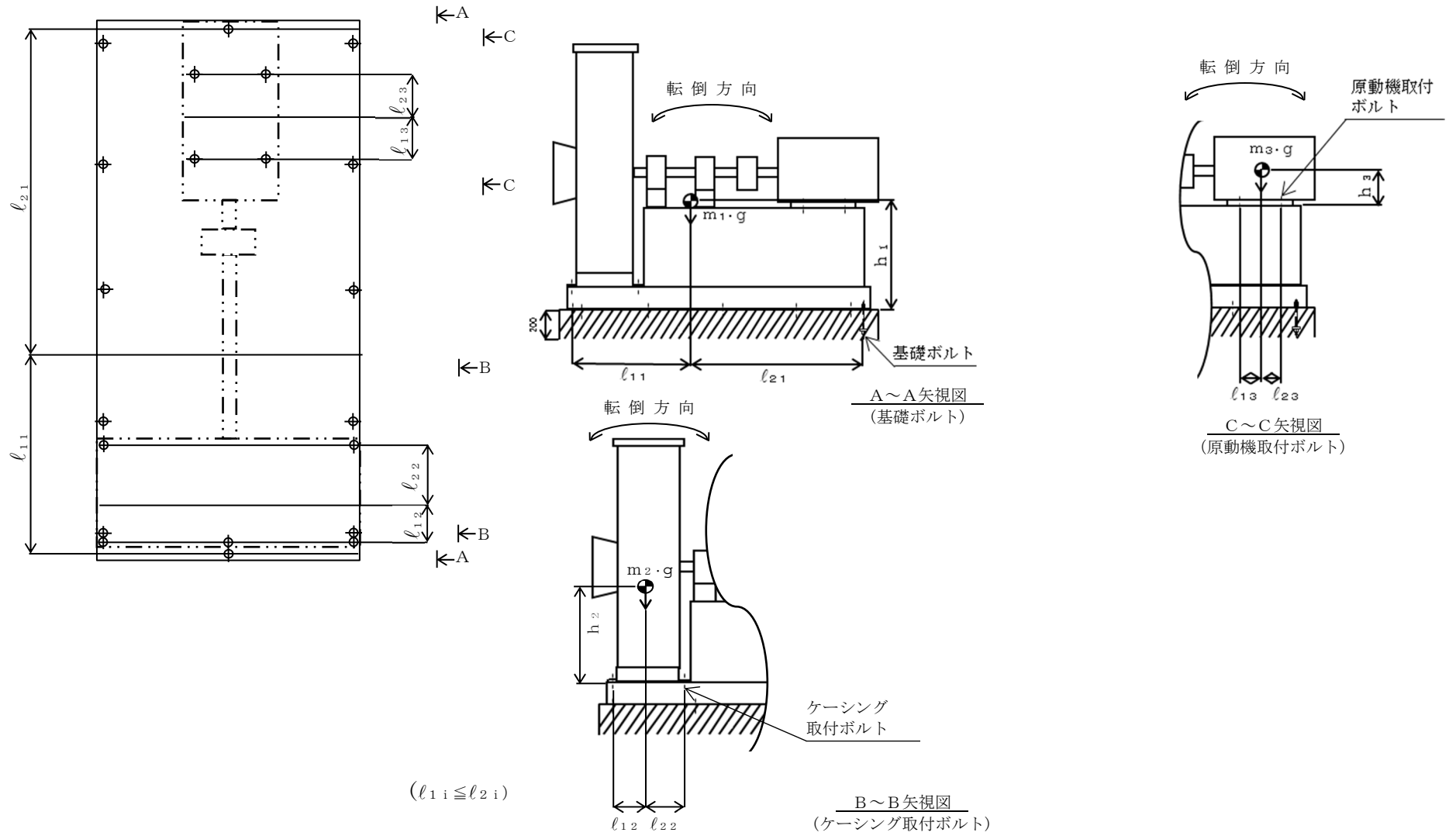
1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SS400	引張	—	—	$\sigma_{b1}=180$	$f_{ts1}=185^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=26$	$f_{sb1}=142$
ケーシング取付ボルト (i=2)	SS400	引張	—	—	$\sigma_{b2}=106$	$f_{ts2}=185^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=23$	$f_{sb2}=142$
原動機取付ボルト (i=3)	SS400	引張	—	—	$\sigma_{b3}=31$	$f_{ts3}=185^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b3}=17$	$f_{sb3}=142$

すべて許容応力以下である。

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



VI-2-11-2-7-10 中央制御室天井照明の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 配置概要	1
2.2 構造計画	1
2.3 評価方針	3
2.4 適用規格・基準等	4
2.5 記号の説明	5
2.6 計算精度と数値の丸め方	9
3. 評価部位	10
4. 地震応答解析及び構造強度評価	10
4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法	10
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	10
4.3 解析モデル及び諸元	15
4.4 固有周期	18
4.5 設計用地震力	20
4.6 計算方法	21
4.7 計算条件	26
4.8 応力の評価	26
5. 評価結果	30
5.1 設計基準対象施設としての評価結果	30
5.2 重大事故等対処設備としての評価結果	30

1. 概要

本計算書は、VI-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、中央制御室天井照明が基準地震動 S_s 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安全設備制御盤，原子炉制御盤に対して、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、上位クラス施設である安全設備制御盤，原子炉制御盤の上部に設置されており、中央制御室天井照明の落下時に上記上位クラス施設に波及的影響を及ぼすおそれがある。中央制御室天井照明と安全設備制御盤，原子炉制御盤の位置関係を図 2-1 に示す。

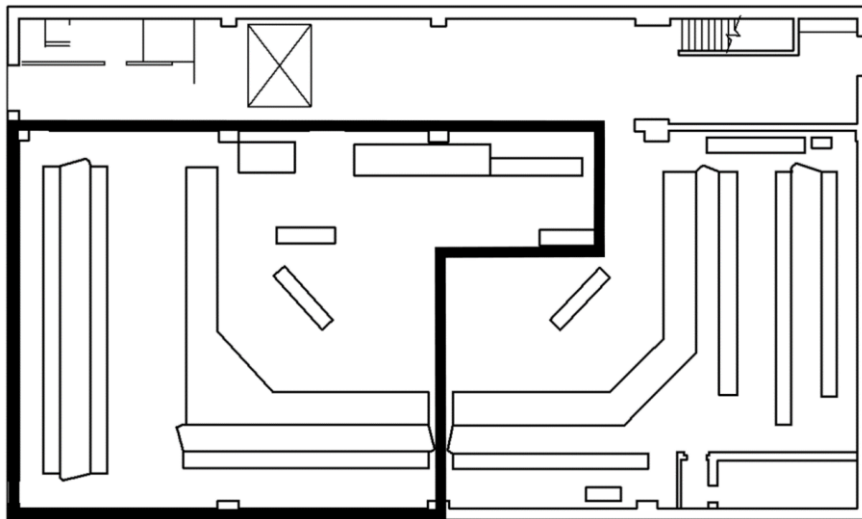


図 2-1 中央制御室天井照明と原子炉制御盤等の位置関係図（黒枠：評価対象範囲）

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 中央制御室天井照明の構造計画

計画の概要		概略構造図	
基礎・支持構造	主体構造		
<p>U吊型及び直吊型の支持鋼材に照明器具を取付ボルトで固定し、支持鋼材は基礎ボルトによりコンクリート天井に設置される。また、上側と下側の鋼材は、継手ボルトにより接続される。</p>	<p>U吊型又は直吊型による天井照明</p>	<p>U吊型</p> <p>直吊型</p>	<p>コンクリート天井</p> <p>コンクリート天井</p>

2.3 評価方針

中央制御室天井照明の応力評価は、VI-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、「4.3 解析モデル及び諸元」及び「4.4 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「4. 地震応答解析及び構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「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。

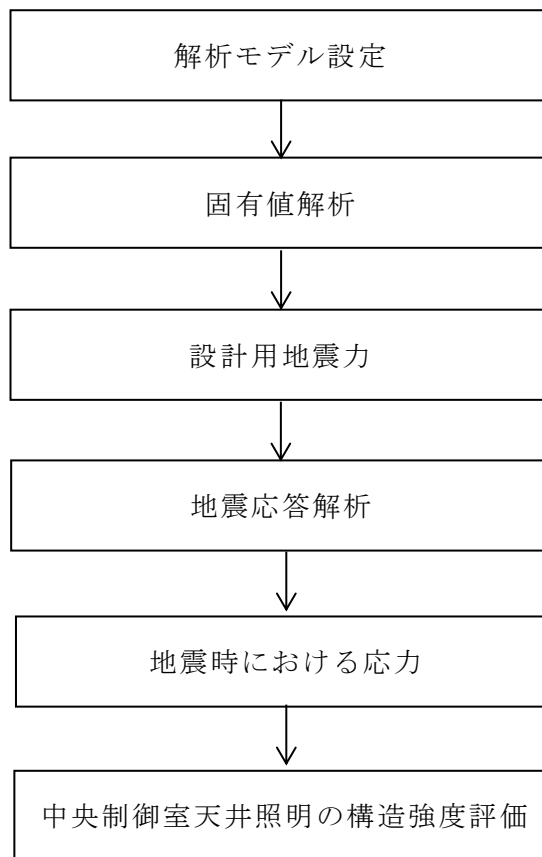


図2-2 中央制御室天井照明の耐震評価フロー

2.4 適用規格・基準等

本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 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1・補-1984（（社）日本電気協会）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1-1987（（社）日本電気協会）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1-1991 追補版（（社）日本電気協会）
- ・発電用原子力設備規格 設計・建設規格（（社）日本機械学会，2005/2007）
（以下「設計・建設規格」という。）
- ・各種合成構造設計指針・同解説（（社）日本建築学会，2010 改訂）

2.5 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_{Bi}	ボルトの呼び径断面積*	mm^2
A_C	コーン状破壊面の有効水平投影面積	mm^2
A_{qc}	せん断荷重方向の側面におけるコーン状破壊面の有効投影面積	mm^2
A_S	支持鋼材・補強斜材の断面積	mm^2
A_{sS}	支持鋼材・補強斜材のせん断断面積	mm^2
A_{syS}	支持鋼材・補強斜材の1軸方向のせん断断面積	mm^2
A_{szS}	支持鋼材・補強斜材の2軸方向のせん断断面積	mm^2
A_W	溶接断面の断面積	mm^2
c	へりあき寸法	mm
$C_H(EW)$	水平設計震度 (EW方向)	—
$C_H(NS)$	水平設計震度 (NS方向)	—
C_V	鉛直設計震度	—
$c\sigma_{qa}$	コンクリートの支圧強度	MPa
$c\sigma_t$	コーン状破壊に対するコンクリートの割裂強度	MPa
D	アンカーボルト本体の直径	mm
d_{oi}	ボルトの呼び径*	mm
E	縦弾性係数	MPa
E_c	コンクリートの縦弾性係数	MPa
F	設計・建設規格 SSB-3121.1 (1) に定める値	MPa
F^*	設計・建設規格 SSB-3121.3又はSSB-3133に定める値	MPa
F_c	コンクリートの設計基準強度	MPa
F_{xBi}	ボルトのx軸方向の拘束点反力又はばね反力*	N
F_{yBi}	ボルトのy軸方向の拘束点反力又はばね反力*	N
F_{zBi}	ボルトのz軸方向の拘束点反力又はばね反力*	N
F_{xS}	支持鋼材・補強斜材の軸力	N
F_{yS}	支持鋼材・補強斜材の1軸方向のせん断力	N
F_{zS}	支持鋼材・補強斜材の2軸方向のせん断力	N
f_{bm}	許容曲げ応力	MPa
f_{cm}	許容圧縮応力	MPa
f_{cb1}	圧縮と曲げを同時に受ける支持鋼材, 補強斜材の許容応力①	MPa
f_{cb2}	圧縮と曲げを同時に受ける支持鋼材, 補強斜材の許容応力②	MPa
f_{eq}	垂直応力とせん断応力の許容組合せ応力	MPa
f_{sm}	許容せん断応力	MPa

記号	記号の説明	単位
f_{sb}	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力	MPa
f_{tm}	許容引張応力	MPa
f_{tb1}	引張と曲げを同時に受ける支持鋼材，補強斜材の許容応力①	MPa
f_{tb2}	引張と曲げを同時に受ける支持鋼材，補強斜材の許容応力②	MPa
f_{to}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力	MPa
f_{ts}	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力（許容組合せ応力）	MPa
I	断面二次モーメント	mm ⁴
i	断面二次半径	mm
J	ねじり剛性	mm ⁴
ℓ	アンカーボルトの埋込み深さで，母材表面から拡張面先端までの距離	mm
l_{Bi}	アンカーボルトの埋込み深さ*	mm
ℓ_{ce}	強度算定用埋込み深さ	mm
ℓ_k	座屈長さ	mm
M_{xS}	支持鋼材・補強斜材のねじりモーメント	N・mm
M_{yS}	支持鋼材・補強斜材のy軸周りの曲げモーメント	N・mm
M_{zS}	支持鋼材・補強斜材のz軸周りの曲げモーメント	N・mm
p_{Bi}	基礎ボルトの引張荷重*	N
p_a	基礎ボルトの許容引張荷重	N
p_{a1}	基礎ボルトの降伏により決まる許容引張荷重	N
p_{a2}	コンクリートのコーン状破壊により決まる許容引張荷重	N
Q_{1Bi}	x軸方向反力によりボルトに生じるせん断荷重とトルクによりボルトに生じるせん断荷重の和*	N
Q_{2Bi}	y軸方向反力によりボルトに生じるせん断荷重とトルクによりボルトに生じるせん断荷重の和*	N
q_{Bi}	基礎ボルトのせん断荷重*	N
q_a	基礎ボルトの許容せん断荷重	N
q_{a1}	基礎ボルトのせん断強度により決まる許容せん断荷重	N
q_{a2}	コンクリートの支圧強度により決まる許容せん断荷重	N
q_{a3}	コンクリートのコーン状破壊により決まる許容せん断荷重	N
S_u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa

記号	記号の説明	単位
sca	ボルトの最小断面積又はこれに接合される鋼材の断面積で危険断面における値	mm^2
$S_y (RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料の40℃における値	MPa
$s\sigma_{pa}$	基礎ボルトの引張強度	MPa
$s\sigma_{qa}$	基礎ボルトのせん断強度	MPa
$s\sigma_y$	基礎ボルトの降伏点強度	MPa
T_{1Bi}	軸方向反力によりボルトに生じる引張荷重*	N
T_{2Bi}	x軸周り曲げモーメントによりボルトに生じる引張荷重*	N
T_{3Bi}	y軸周り曲げモーメントによりボルトに生じる引張荷重*	N
Z_S	支持鋼材・補強斜材の断面係数	mm^3
Z_{pS}	支持鋼材・補強斜材の極断面係数	mm^3
Z_{yS}	支持鋼材・補強斜材のy軸周りの断面係数	mm^3
Z_{yW}	溶接断面のy軸周りの断面係数	mm^3
Z_{zS}	支持鋼材・補強斜材のz軸周りの断面係数	mm^3
Z_{zW}	溶接断面のz軸周りの断面係数	mm^3
Z_{pW}	溶接断面の極断面係数	mm^3
α_c	施工のばらつきを考慮した低減係数	—
Λ	限界細長比	—
γ	単位体積重量	kN/m^3
λ	有効細長比	—
ν	ポアソン比	—
ν'	座屈に対する安全率	—
π	円周率	—
σ_{bS}	支持鋼材・補強斜材に生じる曲げ応力	MPa
σ_{cb1S}	支持鋼材・補強斜材の圧縮力と曲げモーメントを受ける部材応力①	MPa
σ_{cb2S}	支持鋼材・補強斜材の圧縮力と曲げモーメントを受ける部材応力②	MPa
σ_{cS}	支持鋼材・補強斜材に生じる圧縮応力	MPa
σ_{eqS}	支持鋼材・補強斜材に生じる垂直応力とせん断応力の組合せ応力	MPa
σ_{tBi}	ボルトに生じる引張応力*	MPa

記号	記号の説明	単位
σ_{tb1S}	支持鋼材・補強斜材の引張力と曲げモーメントを受ける部材応力①	MPa
σ_{tb2S}	支持鋼材・補強斜材の引張力と曲げモーメントを受ける部材応力②	MPa
σ_{tsBi}	ボルトの引張とせん断応力の組合せ*	MPa
σ_{tS}	支持鋼材・補強斜材に生じる引張応力	MPa
σ_{tR}	補強材の引張応力	MPa
σ_{vS}	σ_{ts} もしくは σ_{cs} の値	MPa
τ_{Bi}	ボルトに生じるせん断応力*	MPa
τ_{MtW}	ねじりモーメントにより発生する溶接箇所のせん断応力	MPa
τ_{MW}	曲げモーメントにより発生する溶接箇所のせん断応力	MPa
τ_{NW}	軸力により発生する溶接箇所のせん断応力	MPa
τ_{QW}	せん断力により発生する溶接箇所のせん断応力	MPa
τ_R	補強材に生じるせん断応力	MPa
τ_S	支持鋼材・補強斜材に生じるせん断応力	MPa
τ_W	溶接断面のせん断応力	MPa
ϕ_1	低減係数	—
ϕ_2	低減係数	—

注記* : A_{Bi} , d_{oi} , F_{xBi} , F_{yBi} , F_{zBi} , l_{Bi} , p_{Bi} , Q_{1Bi} , Q_{2Bi} , q_{Bi} , T_{1Bi} , T_{2Bi} , T_{3Bi} , σ_{tBi} , σ_{tsBi} , τ_{Bi} の添字*i*の意味は、以下のとおりとする。

$i = 1$: 基礎ボルト (メカニカルアンカー)

$i = 2$: 継手ボルト

$i = 3$: 取付ボルト (照明ボルト)

2.6 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表 2-2 に示すとおりである。

表 2-2 表示する数値の丸め方

数値の種類		単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期		s	小数点以下第 4 位	四捨五入	小数点以下第 3 位
震度		—	小数点以下第 3 位	切上げ	小数点以下第 2 位
温度		℃	—	—	整数位
質量		kg	—	—	整数位 ^{*1}
長さ	下記以外の長さ	mm	—	—	整数位 ^{*1}
	部材断面寸法	mm	小数点以下第 2 位 ^{*2}	四捨五入	小数点以下第 1 位 ^{*3}
面積		mm ²	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*4}
モーメント		N・mm	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*4}
力		N	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*4}
縦弾性係数		MPa	有効数字 4 桁目	四捨五入	有効数字 3 桁
算出応力		MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
許容応力 ^{*5}		MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位

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

*2：設計上定める値が小数点以下第 3 位の場合は、小数点以下第 3 位表示とする。

*3：設計上定める値が小数点以下第 2 位の場合は、小数点以下第 2 位表示とする。

*4：絶対値が 1000 以上のときは、べき数表示とする。

*5：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の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の耐震評価は、「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、U吊型・直吊型両モデルの部材を評価し、支持鋼材，補強斜材，補強材，照明ボルト，継手ボルト，基礎ボルト，コンクリート部，溶接部を評価対象とする。

基礎ボルト，コンクリート部は各種合成構造設計指針・同解説に基づいたメカニカルアンカーの評価を実施する。溶接部について，補強材部の溶接は溶接隣接要素の発生応力を確認し，鋼材間の溶接部は，はり要素端部の切断力を，溶接断面の応力に換算することで評価する。取付ボルトは照明ボルトと同位置であるため，照明ボルトの評価に兼ねる。

中央制御室天井照明の耐震評価部位については，表 2-1 の概略構造図に示す。

4. 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，「4.3 解析モデル及び諸元」に示すU吊型モデル，直吊型モデルとして考え，3次元FEMモデルによる地震応答解析を実施する。
- (2) 地震力は，中央制御室天井照明に対してNS方向，EW方向及び鉛直方向から個別に作用するものとし，作用する荷重の算出においてSRSにて組合せるものとする。
- (3) 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，VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4-3 に示す。

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使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 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。

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	中央制御室天井照明	C	—*	$D + P_D + M_D + S_s$	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 4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分	機器名称	設備分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他	中央制御室天井照明	—	—*	$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _A S (V _A SとしてIV _A Sの許容限界を用いる。)

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 4-3 許容応力（その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等以外)				許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力				一次応力	
	引張	せん断	圧縮	曲げ	引張	せん断
IVAS						
VAS (VASとしてIVASの許容限界を 用いる。)	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$1.5 \cdot f_c^*$	$1.5 \cdot f_b^*$	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

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

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

表 4-4 使用材料の許容応力評価条件 (設計基準対象施設)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
補強材	SS400	周囲環境温度	40	245	400	—
支持鋼材	SS400	周囲環境温度	40	245	400	—
補強斜材	SS400	周囲環境温度	40	245	400	—
基礎ボルト (メカニカルアンカー)	SUM (JIS G 4804) SWCH (JIS G 3507)	周囲環境温度	40	240	—	—
取付ボルト (照明ボルト)	SS400	周囲環境温度	40	245	400	—
継手ボルト	SUS304	周囲環境温度	40	205	520	—

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 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
補強材	SS400	周囲環境温度	40	245	400	—
支持鋼材	SS400	周囲環境温度	40	245	400	—
補強斜材	SS400	周囲環境温度	40	245	400	—
基礎ボルト (メカニカルアンカー)	SUM (JIS G 4804) SWCH (JIS G 3507)	周囲環境温度	40	240	—	—
取付ボルト (照明ボルト)	SS400	周囲環境温度	40	245	400	—
継手ボルト	SUS304	周囲環境温度	40	205	520	—

4.3 解析モデル及び諸元

中央制御室天井照明（U吊型及び直吊型）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。解析モデル諸元として、表4-6に支持鋼材及び補強斜材の断面性能、表4-7に溶接断面の断面性能、表4-8に質量を示す。また、機器の諸元を本計算書の【中央制御室天井照明（U吊型）の耐震性についての計算結果】及び【中央制御室天井照明（直吊型）の耐震性についての計算結果】の機器要目に示す。

- (1) 支持鋼材・補強斜材を軸芯位置ではり要素によるモデル化を基本とし、これを基準に補強材をシェル要素、照明器具取付枠 a、照明器具Aを集中質量でモデル化したFEMモデルを用いる。
- (2) 照明器具（照明器具取付枠 a、照明器具A）の質量は、器具取付位置2か所に均等に割り振りにて設定する。
- (3) 保守的な条件として、使用する照明器具のうち質量が一番大きい照明器具を耐震評価対象として設定する。
- (4) 拘束条件は、アンカーボルト位置の節点を並進3自由度拘束とする。
- (5) 解析コードは、「MSC NASTRAN」を使用し、固有値と各要素に発生する荷重及びモーメントを求める。なお、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）概要」に示す。

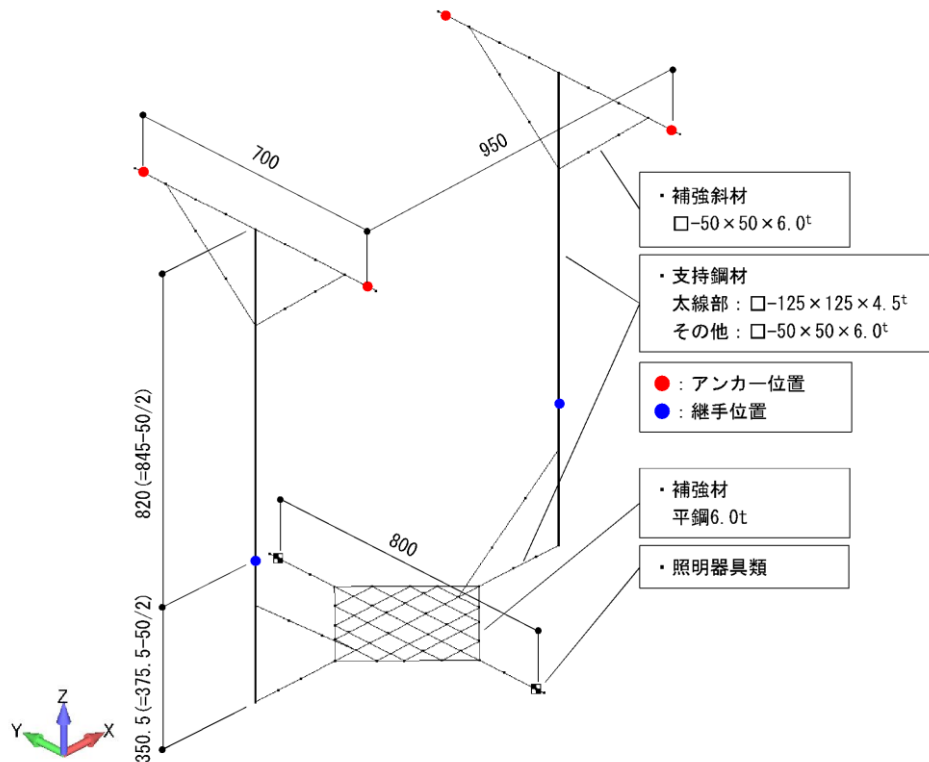


図4-1 中央制御室天井照明（U吊型）の解析モデル

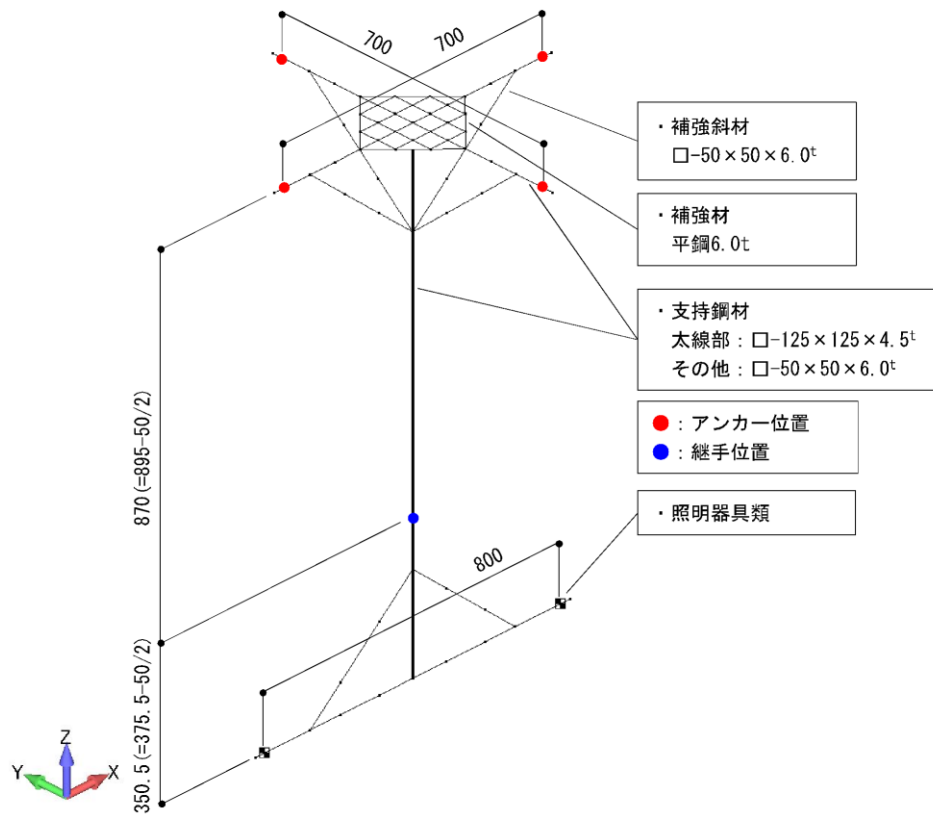


図 4-2 中央制御室天井照明（直吊型）の解析モデル

表 4-6 断面性能一覧 (支持鋼材・補強斜材)

形状	A_s (mm^2)	A_{sS} (mm^2)	I (mm^4)	J (mm^4)	Z_s (mm^3)	Z_{pS} (mm^3)
□-50×50× 6.0 ^t	1056	600.0	3.471×10^5	5.111×10^5	1.388×10^4	2.323×10^4
□-125×125 ×4.5 ^t	2117	1125	5.06×10^6	7.874×10^6	8.09×10^4	1.307×10^5

表 4-7 断面性能一覧 (溶接断面)

照明吊 タイプ	形状	A_w (mm^2)	Z_{yw} (mm^3)	Z_{zw} (mm^3)	Z_{pw} (mm^3)
共通	□-54.41×54.41 ×2.205 ^t	460.4	7.701×10^3	7.701×10^3	1.202×10^4
U吊型	C-129.41× 49.055×2.205 ^t	492.0	1.907×10^4	2.922×10^3	3.616×10^2
直吊型	□-129.41× 129.41×2.205 ^t	791.2	1.599×10^4	2.610×10^4	2.929×10^4

表 4-8 質量

部位	質量 (kg)
照明器具取付枠 a, 照明器具 A	26.27
U吊型支持鋼材	91.22
直吊型支持鋼材	53.76

4.4 固有周期

固有周期解析の結果を表 4-9 及び表 4-10 に示す。固有周期は、0.05 秒以下であり、剛構造であることを確認した。また、振動モード図を図 4-3 及び図 4-4 に示す。

表 4-9 U 吊型モデル 固有値解析結果

モード	卓越方向	固有周期 (s)	水平方向刺激係数		鉛直方向 刺激係数
			X 方向	Y 方向	
1 次	水平	0.035	—	—	—
5 次	鉛直	0.015	—	—	—

表 4-10 直吊型モデル 固有値解析結果

モード	卓越方向	固有周期 (s)	水平方向刺激係数		鉛直方向 刺激係数
			X 方向	Y 方向	
1 次	水平	0.031	—	—	—
5 次	鉛直	0.005	—	—	—

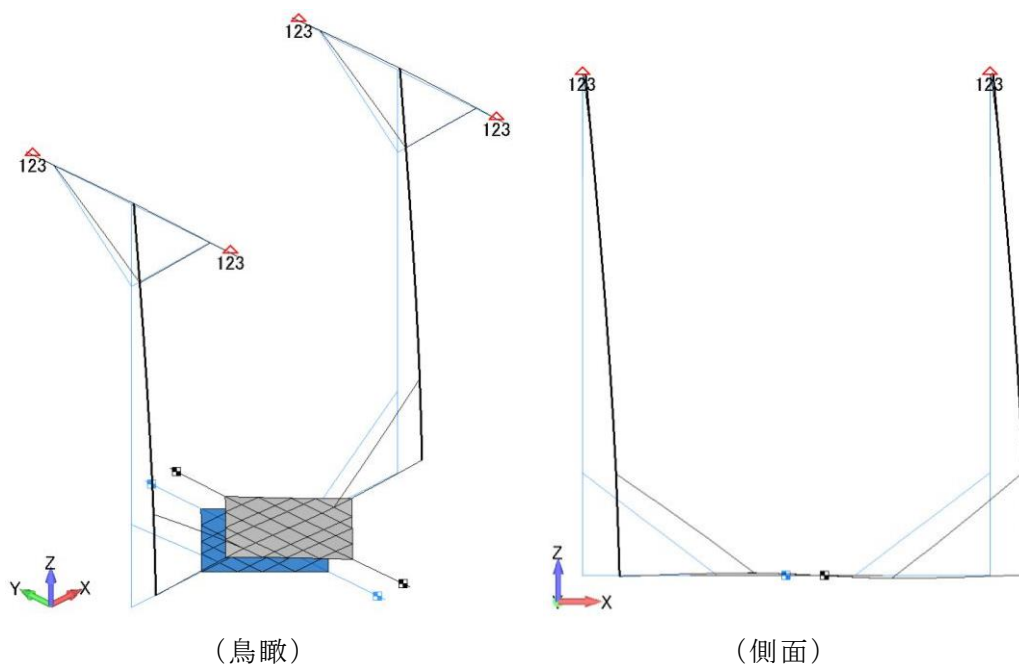


図 4-3 U 吊型モデル 振動モード図 (1 次)

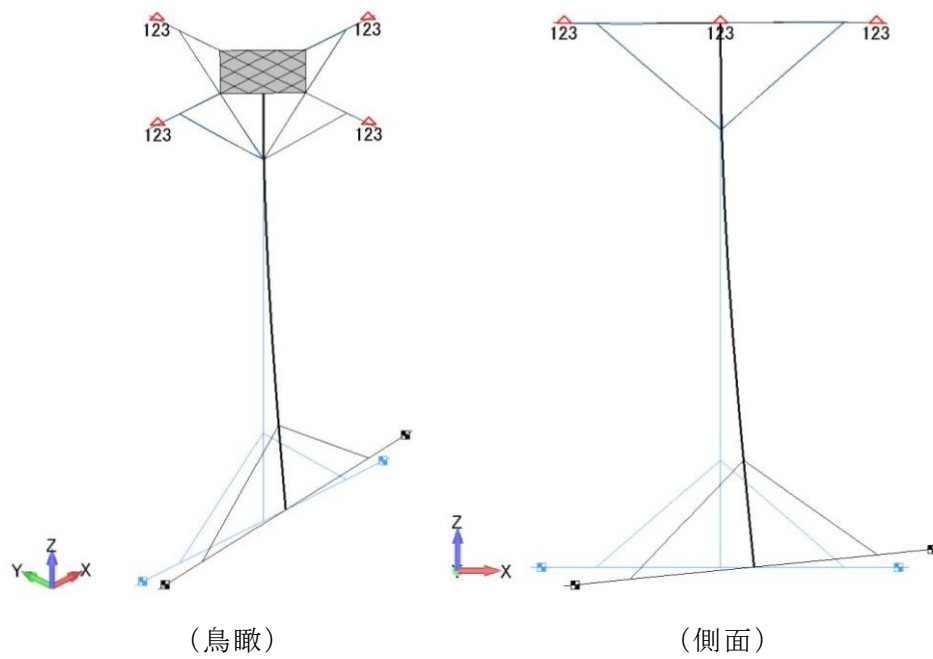


図 4-4 直吊型モデル 振動モード図 (1次)

4.5 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 4-11 及び表 4-12 に示す。

「基準地震動 S_s 」による地震力は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。

表 4-11 設計用地震力（設計基準対象施設）

据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		
	水平 方向	鉛直 方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度 (NS 方向)	水平方向 設計震度 (EW 方向)	鉛直方向 設計震度
制御室建物 EL. 22.050 ^{*1}	0.035	0.05 以下	—	—	$C_{H(NS)} = 1.68^{*2}$	$C_{H(EW)} = 2.43^{*2}$	$C_V = 1.19^{*2}$

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 I（基準地震動 S_s ）を上回る設計震度

表 4-12 設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		
	水平 方向	鉛直 方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度 (NS 方向)	水平方向 設計震度 (EW 方向)	鉛直方向 設計震度
制御室建物 EL. 22.050 ^{*1}	0.035	0.05 以下	—	—	$C_{H(NS)} = 1.68^{*2}$	$C_{H(EW)} = 2.43^{*2}$	$C_V = 1.19^{*2}$

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 I（基準地震動 S_s ）を上回る設計震度

4.6 計算方法

4.6.1 応力の計算方法

4.6.1.1 補強材

補強材は，解析により出力される相当応力（Von-Mises 応力）を集計する。

4.6.1.2 支持鋼材・補強斜材

支持鋼材・補強斜材は，解析により出力される断面力を応力に換算する。

以下に，評価項目毎の発生応力の算出式を示す。

- (1) 引張応力（軸力 F_{xS} の方向が引張方向）

$$\sigma_{tS} = \frac{F_{xS}}{A_S} \dots \dots \dots (4.6.1.2.1)$$

- (2) 圧縮応力（軸力 F_{xS} の方向が圧縮方向）

$$\sigma_{cS} = \frac{F_{xS}}{A_S} \dots \dots \dots (4.6.1.2.2)$$

- (3) せん断応力

$$\tau_S = \sqrt{\left(\frac{F_{yS}}{A_{sYS}}\right)^2 + \left(\frac{F_{zS}}{A_{sZS}}\right)^2} + \frac{M_{xS}}{Z_{pS}} \dots \dots \dots (4.6.1.2.3)$$

- (4) 曲げ応力

$$\sigma_{bS} = \frac{M_{yS}}{Z_{yS}} + \frac{M_{zS}}{Z_{zS}} \dots \dots \dots (4.6.1.2.4)$$

- (5) 組合せ応力（垂直応力+せん断応力）

垂直応力とせん断応力を生じる部材は，次式を満足することを確認する。

$$\sigma_{eqS} = \sqrt{(\sigma_{vS} + \sigma_{bS})^2 + 3\tau_S^2} \dots \dots \dots (4.6.1.2.5)$$

(6) 組合せ応力(圧縮+曲げ)

圧縮力と曲げモーメントを受ける部材応力は、次式を満足することを確認する。

$$\textcircled{1} \frac{\sigma_{cS}}{1.5f_{cm}^*} + \frac{\sigma_{bS}}{1.5f_{bm}^*} \leq 1.0 \quad \dots \dots \dots (4.6.1.2.6)$$

$$\textcircled{2} \frac{\sigma_{bS} - \sigma_{cS}}{1.5f_{tm}^*} \leq 1.0 \quad \dots \dots \dots (4.6.1.2.7)$$

(7) 組合せ応力(引張+曲げ)

引張力と曲げモーメントを受ける部材応力は、次式を満足することを確認する。

$$\textcircled{1} \frac{\sigma_{tS} + \sigma_{bS}}{1.5f_{tm}^*} \leq 1.0 \quad \dots \dots \dots (4.6.1.2.8)$$

$$\textcircled{2} \frac{\sigma_{bS} - \sigma_{tS}}{1.5f_{bm}^*} \leq 1.0 \quad \dots \dots \dots (4.6.1.2.9)$$

4.6.1.3 取付ボルト (照明ボルト)

照明ボルトは、解析により出力されるばね反力を応力に換算する。

以下に、評価項目毎の発生応力の算出式を示す。

(1) 引張応力

$$\sigma_{tB3} = \frac{F_{zB3}}{A_{B3}} \quad \dots \dots \dots (4.6.1.3.1)$$

(2) せん断応力

$$\tau_{B3} = \frac{\sqrt{(F_{xB3}^2 + F_{yB3}^2)}}{A_{B3}} \quad \dots \dots \dots (4.6.1.3.2)$$

4.6.1.4 継手ボルト

継手ボルトは、解析により出力される節点力を、継手のボルト配置を考慮して、応力に換算する。

以下に、評価項目毎の発生応力の算出式を示す。また継手部概要を図4-5及び、図4-6に示す。

(1) 引張応力

$$\sigma_{tB2} = \frac{T_{1B2} + T_{2B2} + T_{3B2}}{A_{B2}} \dots \dots \dots (4.6.1.4.1)$$

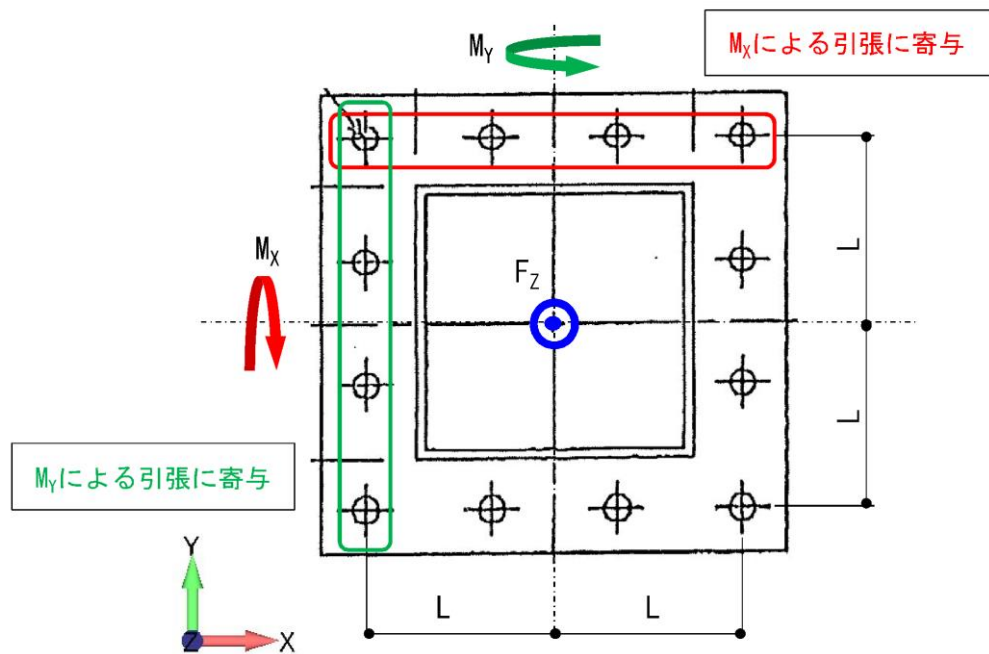


図4-5 継手部概要

(2) せん断応力

$$\tau_{B2} = \frac{\sqrt{Q_{1B2}^2 + Q_{2B2}^2}}{A_{B2}} \dots \dots \dots (4.6.1.4.2)$$

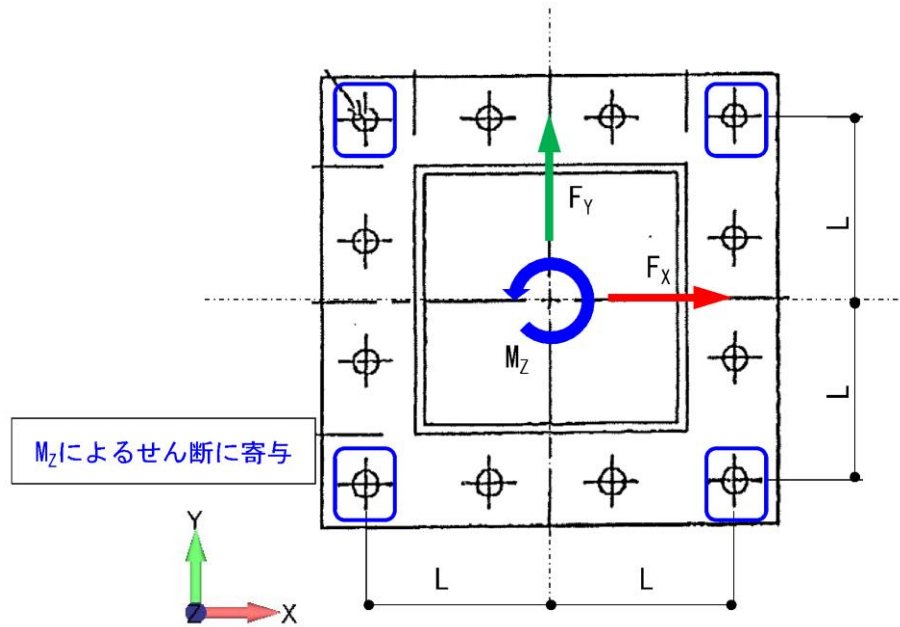


図 4-6 継手部概要

4.6.1.5 基礎ボルト（アンカーボルト）

アンカーボルトは、解析により出力される拘束点反力を用いて、アンカー打設面コンクリートのコーン状破壊を考慮した強度評価を実施する。

以下に、評価項目毎の発生荷重の算出式を示す。

(1) 引張荷重

$$p_{B1} = F_{zB1} \dots \dots \dots (4.6.1.5.1)$$

(2) せん断荷重

$$q_{B1} = \sqrt{F_{xB1}^2 + F_{yB1}^2} \dots \dots \dots (4.6.1.5.2)$$

(3) 組合せ

$$\left(\frac{p_{B1}}{p_a}\right)^2 + \left(\frac{q_{B1}}{q_a}\right)^2 \dots \dots \dots (4.6.1.5.3)$$

4.6.1.6 溶接部

溶接部は、解析により出力される節点力を、溶接部の溶接断面を考慮してせん断応力に換算する。

以下に、発生せん断応力の算出式を示す。

(1) せん断応力

$$\tau_w = \sqrt{\tau_{NW}^2 + \tau_{QW}^2 + \tau_{MW}^2 + \tau_{MtW}^2} \dots \dots \dots (4.6.1.6.1)$$

ここで、

τ_{NW} : 軸力により発生する溶接箇所のせん断応力 (MPa)

τ_{QW} : せん断力により発生する溶接箇所のせん断応力 (MPa)

τ_{MW} : 曲げモーメントにより発生する溶接箇所のせん断応力 (MPa)

τ_{MtW} : ねじりモーメントにより発生する溶接箇所のせん断応力 (MPa)

4.7 計算条件

応力解析に用いる自重（中央制御室天井照明）及び荷重（地震荷重）は、本計算書の【中央制御室天井照明（U吊型モデル）の耐震性についての計算結果】及び【中央制御室天井照明（直吊型）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 ボルト以外の応力評価

4.6.1.1項、4.6.1.2項及び4.6.1.6項で求めた各応力が下表で定めた許容応力以下であること。ただし、許容組合せ応力は f_{tm} 以下であること。

	基準地震動 S_s による 荷重との組合せの場合
許容引張応力 f_{tm}	$\frac{F^*}{1.5} \cdot 1.5$
許容圧縮応力 f_{cm}	$\left\{1 - 0.4 \cdot \left(\frac{\lambda}{\Lambda}\right)^2\right\} \cdot \frac{F^*}{v'} \cdot 1.5$
許容せん断応力 f_{sm}	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$
許容曲げ応力 f_{bm}	$\frac{F^*}{1.5} \cdot 1.5$

ただし、

$$\lambda = \frac{\ell k}{i} \dots\dots\dots (4.8.1.1)$$

基準地震動 S_s による荷重との組合せの場合

$$\Lambda = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E}{0.6 \cdot F^*}} \dots\dots\dots (4.8.1.2)$$

$$v' = 1.5 + \frac{2}{3} \cdot \left(\frac{\lambda}{\Lambda}\right)^2 \dots\dots\dots (4.8.1.3)$$

4.8.2 取付ボルト及び継手ボルトの応力評価

4.6.1.3 項及び 4.6.1.4 項で求めた取付ボルト，継手ボルトの引張応力 σ_{tBi} は，次式より求めた許容組合せ応力 f_{ts} 以下であること。ただし， f_{to} は下表による。

$$f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_{Bi}, f_{to}] \quad \dots\dots\dots (4.8.2.1)$$

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

$\begin{matrix} \text{許容引張応力} \\ f_{to} \end{matrix}$	基準地震動 S_s による 荷重との組合せの場合 $\frac{F^*}{2} \cdot 1.5$
$\begin{matrix} \text{許容せん断応力} \\ f_{sb} \end{matrix}$	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

4.8.3 基礎ボルト（アンカーボルト）の評価

4.6.1.5 項で求めた基礎ボルトの引張荷重 p_{B1} 及びせん断荷重 q_{B1} が許容値以下であること。また，引張応力比とせん断応力比の二乗和が 1 以下であること。

$\begin{matrix} \text{許容引張力} \\ p_a \end{matrix}$	基準地震動 S_s による 荷重との組合せの場合 $\text{min}[p_{a1}, p_{a2}]$
$\begin{matrix} \text{許容せん断力} \\ q_a \end{matrix}$	$\text{min}[q_{a1}, q_{a2}, q_{a3}]$
組合せ	$\left(\frac{p_{B1}}{p_a}\right)^2 + \left(\frac{q_{B1}}{q_a}\right)^2 \leq 1$

(1) 引張力を受ける場合

$$p_{a1} = \phi_1 \cdot s \sigma_{pa} \cdot s c a$$

$$p_{a2} = \phi_2 \cdot \alpha_c \cdot c \sigma_t \cdot A C$$

ここで、

p_{a1} : ボルトの降伏により決まる許容引張荷重 (N)

p_{a2} : コンクリートのコーン状破壊により決まる許容引張荷重 (N)

α_c : 施工のばらつきを考慮した低減係数で、 $\alpha_c = 0.75$ とする。

ϕ_1, ϕ_2 : 低減係数であり、以下の表に従う。

	ϕ_1	ϕ_2
短期荷重用	1.0	2/3

$s\sigma_{pa}$: ボルトの引張強度で、 $s\sigma_{pa} = s\sigma_y$ とする。(MPa)

$s\sigma_y$: ボルトの降伏点強度であり、 $s\sigma_y = S_y$ とする。(MPa)

sca : ボルト各部の最小断面積 (mm^2) 又はこれに接合される鋼材の断面積で危険断面における値

$c\sigma_t$: コーン状破壊に対するコンクリートの割裂強度で

$$c\sigma_t = 0.31\sqrt{F_c} \text{ とする。 (MPa)}$$

F_c : コンクリートの設計基準強度 (MPa)

A_c : コーン状破壊面の有効水平投影面積で、 $A_c = \pi \cdot l_{ce} (l_{ce} + D)$ とする。(mm²)

D : アンカーボルト本体の直径 (mm)

l : アンカーボルトの埋込み深さで、母材表面から拡張面先端までの距離 (mm)

$$l_{ce} : \text{強度算定用埋込み深さで } l_{ce} = \begin{cases} l, & l < 4D \\ 4D, & l \geq 4D \end{cases} \text{ (mm)}$$

(2) せん断力を受ける場合

$$q_{a1} = \phi_1 \cdot s\sigma_{qa} \cdot sca$$

$$q_{a2} = \phi_2 \cdot \alpha_c \cdot c\sigma_{qa} \cdot sca$$

$$q_{a3} = \phi_2 \cdot \alpha_c \cdot c\sigma_t \cdot A_{qc}$$

ここで、

q_{a1} : ボルトのせん断強度により決まる許容せん断荷重 (N)

q_{a2} : コンクリートの支圧強度により決まる許容せん断荷重 (N)

q_{a3} : コンクリートのコーン状破壊により決まる許容せん断荷重 (N)

α_c : 施工のばらつきを考慮した低減係数で、 $\alpha_c = 0.75$ とする。

ϕ_1, ϕ_2 : 低減係数であり、(1) において示す表に従う。

$s \sigma_{qa}$: ボルトのせん断強度で、 $s \sigma_{qa} = 0.7 \cdot s \sigma_y$ とする。
(MPa)

$c \sigma_t$: コーン状破壊に対するコンクリートの割裂強度で
 $c \sigma_t = 0.31 \sqrt{F_c}$ とする。(MPa)

$s c_a$: ボルトのコンクリート表面における断面積 (mm^2)

$c \sigma_{qa}$: コンクリートの支圧強度で $c \sigma_{qa} = 0.5 \sqrt{F_c \cdot E_c}$ とする。
(MPa)

E_c : コンクリートの縦弾性係数 (MPa)

A_{qc} : せん断荷重方向の側面におけるコーン状破壊面の有効投影面積で、 $A_{qc} = 0.5 \cdot \pi c^2$ とする。(mm²)

c : へりあき寸法 (mm)

(3) 組合せ

基礎ボルトが引張荷重 p_{B1} 及びせん断荷重 q_{B1} の組合せ荷重を受ける場合、以下となるようにする。

$$\left(\frac{p_{B1}}{p_a} \right)^2 + \left(\frac{q_{B1}}{q_a} \right)^2 \leq 1$$

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することを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

中央制御室天井照明の重大事故等対処設備としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度を有することを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

【中央制御室天井照明（U吊型）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度 分類	据付場所及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s			最高使用 温度 (°C)	周囲環境 温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度 (N S方向)	水平方向 設計震度 (E W方向)	鉛直方向 設計震度		
中央制御室 天井照明	C	制御室建物 EL. 22.050*1	0.035	0.05 以下	—	—	$C_H(N S) = 1.68^{*2}$	$C_H(E W) = 2.43^{*2}$	$C_V = 1.19^{*2}$	—	40

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 I（基準地震動 S s）を上回る設計震度

1.2 機器要目

部材	材料	E (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	ν	F (MPa)	F* (MPa)
補強材	SS400	2.02×10^5	245	400	0.3	245	280
支持鋼材	SS400	2.02×10^5	245	400	0.3	245	280
補強斜材	SS400	2.02×10^5	245	400	0.3	245	280
基礎ボルト (メカニカルアンカー)	SUM (JIS G 4804) SWCH (JIS G 3507)	—	240	—	—	—	—
継手ボルト	SUS304	—	205	520	—	205	205
取付ボルト (照明ボルト)	SS400	—	245	400	—	245	280

材料定数（アンカー打設面コンクリート）

F _c (MPa)	22.1
E _c (MPa)	2.20×10^4
ν	0.2
γ (kN/m ³)	24

照明ボルト，継手ボルト諸元

部位	材料	d _{o i} (mm)	A _{B i} (mm ²)
照明ボルト (i = 3)	SS400	12	113.1
継手ボルト (i = 2)	SUS304	10	78.54

アンカーボルト諸元

材料	d _{o i} (mm)	s c a (mm ²)	l _{B i} (mm)
SUM (JIS G 4804) SWCH (JIS G 3507)	12	63.9	50

1.3 結論

1.3.1 固有周期

固有周期評価結果 (単位: s)

モード	卓越方向	固有周期
1次	水平	0.035
5次	鉛直	0.015

1.3.2 応力

補強材 (板材) 応力解析結果 (単位: MPa)

部材	材料	応力	基準地震動 S s	
			算出応力	許容応力
補強材	SS400	引張	$\sigma_{tR} = 12$	$f_{tm} = 280$
		せん断	$\tau_R = 12$	$f_{sm} = 161$

すべて許容応力以下である。

支持鋼材・補強斜材（梁材）応力評価結果

（単位：MPa）

断面形状	材料	応力	基準地震動 S s	
			算出応力	許容応力
□-50×50×6.0 ^t	SS400	引張	$\sigma_{tS} = 11$	$f_{tm} = 280$
		圧縮	$\sigma_{cS} = 11^*$	$f_{cm} = 248$
		せん断	$\tau_S = 8$	$f_{sm} = 161$
		曲げ	$\sigma_{bS} = 54$	$f_{bm} = 280$
		軸+せん断	$\sigma_{eqS} = 57$	$f_{eq} = 280$
		圧縮+曲げ①	$\sigma_{cb1S} = 0.197$	$f_{cb1} = 1.0$
		圧縮+曲げ②	$\sigma_{cb2S} = 0.190$	$f_{cb2} = 1.0$
		引張+曲げ①	$\sigma_{tb1S} = 0.197$	$f_{tb1} = 1.0$
		引張+曲げ②	$\sigma_{tb2S} = 0.190$	$f_{tb2} = 1.0$
□-125×125×4.5 ^t	SS400	引張	$\sigma_{tS} = 3$	$f_{tm} = 280$
		圧縮	$\sigma_{cS} = 3^*$	$f_{cm} = 250$
		せん断	$\tau_S = 8$	$f_{sm} = 161$
		曲げ	$\sigma_{bS} = 25$	$f_{bm} = 280$
		軸+せん断	$\sigma_{eqS} = 30$	$f_{eq} = 280$
		圧縮+曲げ①	$\sigma_{cb1S} = 0.102$	$f_{cb1} = 1.0$
		圧縮+曲げ②	$\sigma_{cb2S} = 0.086$	$f_{cb2} = 1.0$
		引張+曲げ①	$\sigma_{tb1S} = 0.100$	$f_{tb1} = 1.0$
		引張+曲げ②	$\sigma_{tb2S} = 0.086$	$f_{tb2} = 1.0$

すべて許容応力以下である。

注記*：絶対値を記載

ボルト材応力評価結果

(単位：MPa)

部材	材料	応力	基準地震動 S s	
			算出応力	許容応力
取付ボルト (照明ボルト)	SS400	引張	$\sigma_{tBi} = 4$	$f_{tm} = 210$
		せん断	$\tau_{Bi} = 7$	$f_{sm} = 161$
		組合せ	$\sigma_{tsBi} = 4$	$f_{ts} = 210^*$
継手ボルト	SUS304	引張	$\sigma_{tBi} = 79$	$f_{tm} = 153$
		せん断	$\tau_{Bi} = 5$	$f_{sm} = 118$
		組合せ	$\sigma_{tsBi} = 79$	$f_{ts} = 153^*$

すべて許容応力以下である。

注記* : $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_{Bi}, f_{to}]$

35

アンカーボルト強度評価結果

部材	材料	応力	基準地震動 S s		備考
			算出荷重	許容荷重	
基礎ボルト (メカニカル アンカー)	SUM (JIS G 4804) SWCH (JIS G 3507)	引張	3319	6592	単位：N
		せん断	3472	10735	単位：N
		組合せ	0.359	1.000	単位：なし

すべて許容荷重以下である。

溶接部応力評価結果

(単位：MPa)

部材	応力	基準地震動 S s	
		算出応力	許容応力
溶接部	せん断	$\tau_w = 129$	$f_{sm} = 161$

すべて許容応力以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s			最高使用 温度 (°C)	周囲環境 温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度 (NS方向)	水平方向 設計震度 (EW方向)	鉛直方向 設計震度		
中央制御室 天井照明	—	制御室建物 EL. 22.050* ¹	0.035	0.05 以下	—	—	C _H (NS) = 1.68* ²	C _H (EW) = 2.43* ²	C _V = 1.19* ²	—	40

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 I（基準地震動 S_s）を上回る設計震度

2.2 機器要目

部材	材料	E (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	ν	F (MPa)	F* (MPa)
補強材	SS400	2.02×10 ⁵	245	400	0.3	245	280
支持鋼材	SS400	2.02×10 ⁵	245	400	0.3	245	280
補強斜材	SS400	2.02×10 ⁵	245	400	0.3	245	280
基礎ボルト (メカニカルアンカー)	SUM (JIS G 4804) SWCH (JIS G 3507)	—	240	—	—	—	—
継手ボルト	SUS304	—	205	520	—	205	205
取付ボルト (照明ボルト)	SS400	—	245	400	—	245	280

材料定数（アンカー打設面コンクリート）

F _c (MPa)	22.1
E _c (MPa)	2.20×10 ⁴
ν	0.2
γ (kN/m ³)	24

照明ボルト，継手ボルト諸元

部位	材料	d _{oi} (mm)	A _{Bi} (mm ²)
照明ボルト (i = 3)	SS400	12	113.1
継手ボルト (i = 2)	SUS304	10	78.54

アンカーボルト諸元

材料	d _{oi} (mm)	s c a (mm ²)	l B i (mm)
SUM (JIS G 4804) SWCH (JIS G 3507)	12	63.9	50

2.3 結論

2.3.1 固有周期

固有周期評価結果 (単位: s)

モード	卓越方向	固有周期
1次	水平	0.035
5次	鉛直	0.015

2.3.2 応力

補強材(板材)応力解析結果 (単位: MPa)

部材	材料	応力	基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力
補強材	SS400	引張	$\sigma_{tR} = 12$	$f_{tm} = 280$
		せん断	$\tau_R = 12$	$f_{sm} = 161$

すべて許容応力以下である。

支持鋼材・補強斜材（梁材）応力評価結果

（単位：MPa）

断面形状	材料	応力	基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力
□-50×50×6.0 ^t	SS400	引張	$\sigma_{tS} = 11$	$f_{tm} = 280$
		圧縮	$\sigma_{cS} = 11^*$	$f_{cm} = 248$
		せん断	$\tau_S = 8$	$f_{sm} = 161$
		曲げ	$\sigma_{bS} = 54$	$f_{bm} = 280$
		軸+せん断	$\sigma_{eqS} = 57$	$f_{eq} = 280$
		圧縮+曲げ①	$\sigma_{cb1S} = 0.197$	$f_{cb1} = 1.0$
		圧縮+曲げ②	$\sigma_{cb2S} = 0.190$	$f_{cb2} = 1.0$
		引張+曲げ①	$\sigma_{tb1S} = 0.197$	$f_{tb1} = 1.0$
		引張+曲げ②	$\sigma_{tb2S} = 0.190$	$f_{tb2} = 1.0$
□-125×125×4.5 ^t	SS400	引張	$\sigma_{tS} = 3$	$f_{tm} = 280$
		圧縮	$\sigma_{cS} = 3^*$	$f_{cm} = 250$
		せん断	$\tau_S = 8$	$f_{sm} = 161$
		曲げ	$\sigma_{bS} = 25$	$f_{bm} = 280$
		軸+せん断	$\sigma_{eqS} = 30$	$f_{eq} = 280$
		圧縮+曲げ①	$\sigma_{cb1S} = 0.102$	$f_{cb1} = 1.0$
		圧縮+曲げ②	$\sigma_{cb2S} = 0.086$	$f_{cb2} = 1.0$
		引張+曲げ①	$\sigma_{tb1S} = 0.100$	$f_{tb1} = 1.0$
		引張+曲げ②	$\sigma_{tb2S} = 0.086$	$f_{tb2} = 1.0$

すべて許容応力以下である。

注記*：絶対値を記載

ボルト材応力評価結果

(単位：MPa)

部材	材料	応力	基準地震動 S s	
			算出応力	許容応力
取付ボルト (照明ボルト)	SS400	引張	$\sigma_{tBi} = 4$	$f_{tm} = 210$
		せん断	$\tau_{Bi} = 7$	$f_{sm} = 161$
		組合せ	$\sigma_{tsBi} = 4$	$f_{ts} = 210^*$
継手ボルト	SUS304	引張	$\sigma_{tBi} = 79$	$f_{tm} = 153$
		せん断	$\tau_{Bi} = 5$	$f_{sm} = 118$
		組合せ	$\sigma_{tsBi} = 79$	$f_{ts} = 153^*$

すべて許容応力以下である。

注記* : $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_{Bi}, f_{to}]$

40

アンカーボルト強度評価結果

部材	材料	応力	基準地震動 S s		備考
			算出荷重	許容荷重	
基礎ボルト (メカニカル アンカー)	SUM (JIS G 4804) SWCH (JIS G 3507)	引張	3319	6592	単位：N
		せん断	3472	10735	単位：N
		組合せ	0.359	1.000	単位：なし

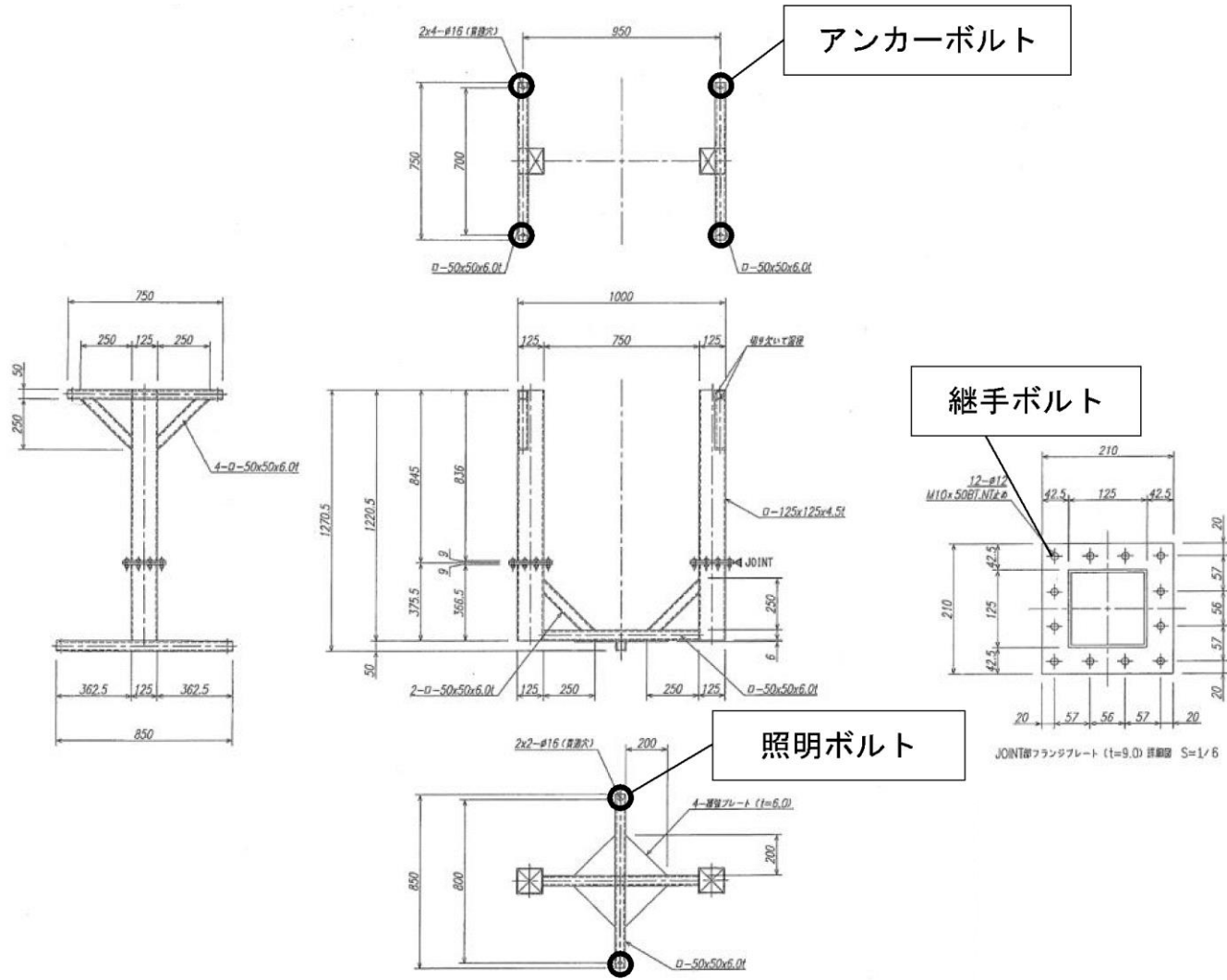
すべて許容荷重以下である。

溶接部応力評価結果

(単位：MPa)

部材	応力	基準地震動 S s	
		算出応力	許容応力
溶接部	せん断	$\tau_w = 129$	$f_{sm} = 161$

すべて許容応力以下である。



U吊型

【中央制御室天井照明（直吊型）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度 分類	据付場所及び 床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s			最高使用 温度 (°C)	周囲環境 温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度 (NS方向)	水平方向 設計震度 (EW方向)	鉛直方向 設計震度		
中央制御室 天井照明	C	制御室建物 EL. 22.050*1	0.031	0.05 以下	—	—	$C_H (NS) = 1.68^{*2}$	$C_H (EW) = 2.43^{*2}$	$C_V = 1.19^{*2}$	—	40

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 I（基準地震動 S s）を上回る設計震度

1.2 機器要目

部材	材料	E (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	ν	F (MPa)	F* (MPa)
補強材	SS400	2.02×10^5	245	400	0.3	245	280
支持鋼材	SS400	2.02×10^5	245	400	0.3	245	280
補強斜材	SS400	2.02×10^5	245	400	0.3	245	280
基礎ボルト (メカニカルアンカー)	SUM (JIS G 4804) SWCH (JIS G 3507)	—	240	—	—	—	—
継手ボルト	SUS304	—	205	520	—	205	205
取付ボルト (照明ボルト)	SS400	—	245	400	—	245	280

材料定数（アンカー打設面コンクリート）

F _c (MPa)	22.1
E _c (MPa)	2.20×10^4
ν	0.2
γ (kN/m ³)	24

照明ボルト，継手ボルト諸元

部位	材料	d _{oi} (mm)	A _{Bi} (mm ²)
照明ボルト (i = 3)	SS400	12	113.1
継手ボルト (i = 2)	SUS304	10	78.54

アンカーボルト諸元

材料	d _{oi} (mm)	s c a (mm ²)	l _{Bi} (mm)
SUM (JIS G 4804) SWCH (JIS G 3507)	12	63.9	50

1.3 結論

1.3.1 固有周期

固有周期評価結果 (単位: s)

モード	卓越方向	固有周期
1次	水平	0.031
5次	鉛直	0.005

1.3.2 応力

板材応力解析結果 (単位: MPa)

部材	材料	応力	基準地震動 S s	
			算出応力	許容応力
補強材	SS400	引張	$\sigma_{tR} = 4$	$f_{tm} = 280$
		せん断	$\tau_R = 4$	$f_{sm} = 161$

すべて許容応力以下である。

支持鋼材・補強斜材（梁材）応力評価結果

（単位：MPa）

断面形状	材料	応力	基準地震動 S s	
			算出応力	許容応力
□-50×50×6.0 ^t	SS400	引張	$\sigma_{tS} = 8$	$f_{tm} = 280$
		圧縮	$\sigma_{cS} = 8^*$	$f_{cm} = 248$
		せん断	$\tau_S = 7$	$f_{sm} = 161$
		曲げ	$\sigma_{bS} = 23$	$f_{bm} = 280$
		軸+せん断	$\sigma_{eqS} = 29$	$f_{eq} = 280$
		圧縮+曲げ①	$\sigma_{cb1S} = 0.095$	$f_{cb1} = 1.0$
		圧縮+曲げ②	$\sigma_{cb2S} = 0.072$	$f_{cb2} = 1.0$
		引張+曲げ①	$\sigma_{tb1S} = 0.093$	$f_{tb1} = 1.0$
		引張+曲げ②	$\sigma_{tb2S} = 0.072$	$f_{tb2} = 1.0$
□-125×125×4.5 ^t	SS400	引張	$\sigma_{tS} = 1$	$f_{tm} = 280$
		圧縮	$\sigma_{cS} = 1^*$	$f_{cm} = 250$
		せん断	$\tau_S = 8$	$f_{sm} = 161$
		曲げ	$\sigma_{bS} = 44$	$f_{bm} = 280$
		軸+せん断	$\sigma_{eqS} = 46$	$f_{eq} = 280$
		圧縮+曲げ①	$\sigma_{cb1S} = 0.162$	$f_{cb1} = 1.0$
		圧縮+曲げ②	$\sigma_{cb2S} = 0.154$	$f_{cb2} = 1.0$
		引張+曲げ①	$\sigma_{tb1S} = 0.161$	$f_{tb1} = 1.0$
		引張+曲げ②	$\sigma_{tb2S} = 0.154$	$f_{tb2} = 1.0$

すべて許容応力以下である。

注記*：絶対値を記載

ボルト材応力評価結果

(単位：MPa)

部材	材料	応力	基準地震動 S s	
			算出応力	許容応力
取付ボルト (照明ボルト)	SS400	引張	$\sigma_{tBi} = 4$	$f_{tm} = 210$
		せん断	$\tau_{Bi} = 7$	$f_{sm} = 161$
		組合せ	$\sigma_{tsBi} = 4$	$f_{ts} = 210^*$
継手ボルト	SUS304	引張	$\sigma_{tBi} = 43$	$f_{tm} = 153$
		せん断	$\tau_{Bi} = 3$	$f_{sm} = 118$
		組合せ	$\sigma_{tsBi} = 43$	$f_{ts} = 153^*$

すべて許容応力以下である。

注記* : $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_{Bi}, f_{to}]$

アンカーボルト強度評価結果

部材	材料	応力	基準地震動 S s		備考
			算出荷重	許容荷重	
基礎ボルト (メカニカル アンカー)	SUM (JIS G 4804) SWCH (JIS G 3507)	引張	4187	6592	単位：N
		せん断	2163	10735	単位：N
		組合せ	0.445	1.000	単位：なし

すべて許容荷重以下である。

溶接部応力評価結果

(単位：MPa)

部材	応力	基準地震動 S s	
		算出応力	許容応力
溶接部	せん断	$\tau_w = 26$	$f_{sm} = 161$

すべて許容応力以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び 床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s			最高使用 温度 (°C)	周囲環境 温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度 (NS方向)	水平方向 設計震度 (EW方向)	鉛直方向 設計震度		
中央制御室 天井照明	—	制御室建物 EL. 22.050*1	0.031	0.05 以下	—	—	$C_H(NS) = 1.68^{*2}$	$C_H(EW) = 2.43^{*2}$	$C_V = 1.19^{*2}$	—	40

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 I（基準地震動 S s）を上回る設計震度

2.2 機器要目

部材	材料	E (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	ν	F (MPa)	F* (MPa)
補強材	SS400	2.02×10^5	245	400	0.3	245	280
支持鋼材	SS400	2.02×10^5	245	400	0.3	245	280
補強斜材	SS400	2.02×10^5	245	400	0.3	245	280
基礎ボルト (メカニカルアンカー)	SUM (JIS G 4804) SWCH (JIS G 3507)	—	240	—	—	—	—
継手ボルト	SUS304	—	205	520	—	205	205
取付ボルト (照明ボルト)	SS400	—	245	400	—	245	280

材料定数 (アンカー打設面コンクリート)

F _c (MPa)	22.1
E _c (MPa)	2.20×10^4
ν	0.2
γ (kN/m ³)	24

照明ボルト，継手ボルト諸元

部位	材料	d _{oi} (mm)	A _{Bi} (mm ²)
照明ボルト (i = 3)	SS400	12	113.1
継手ボルト (I = 2)	SUS304	10	78.54

アンカーボルト諸元

材料	d _{oi} (mm)	s c a (mm ²)	l _{Bi} (mm)
SUM (JIS G 4804) SWCH (JIS G 3507)	12	63.9	50

2.3 結論

2.3.1 固有周期

固有周期評価結果 (単位: s)

モード	卓越方向	固有周期
1次	水平	0.031
5次	鉛直	0.005

2.3.2 応力

板材応力解析結果 (単位: MPa)

部材	材料	応力	基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力
補強材	SS400	引張	$\sigma_{tR} = 4$	$f_{tm} = 280$
		せん断	$\tau_R = 4$	$f_{sm} = 161$

すべて許容応力以下である。

支持鋼材・補強斜材（梁材）応力評価結果

（単位：MPa）

断面形状	材料	応力	基準地震動 S_s	
			算出応力	許容応力
□-50×50×6.0 ^t	SS400	引張	$\sigma_{tS} = 8$	$f_{tm} = 280$
		圧縮	$\sigma_{cS} = 8^*$	$f_{cm} = 248$
		せん断	$\tau_S = 7$	$f_{sm} = 161$
		曲げ	$\sigma_{bS} = 23$	$f_{bm} = 280$
		軸+せん断	$\sigma_{eqS} = 29$	$f_{eq} = 280$
		圧縮+曲げ①	$\sigma_{cb1S} = 0.095$	$f_{cb1} = 1.0$
		圧縮+曲げ②	$\sigma_{cb2S} = 0.072$	$f_{cb2} = 1.0$
		引張+曲げ①	$\sigma_{tb1S} = 0.093$	$f_{tb1} = 1.0$
		引張+曲げ②	$\sigma_{tb2S} = 0.072$	$f_{tb2} = 1.0$
□-125×125×4.5 ^t	SS400	引張	$\sigma_{tS} = 1$	$f_{tm} = 280$
		圧縮	$\sigma_{cS} = 1^*$	$f_{cm} = 250$
		せん断	$\tau_S = 8$	$f_{sm} = 161$
		曲げ	$\sigma_{bS} = 44$	$f_{bm} = 280$
		軸+せん断	$\sigma_{eqS} = 46$	$f_{eq} = 280$
		圧縮+曲げ①	$\sigma_{cb1S} = 0.162$	$f_{cb1} = 1.0$
		圧縮+曲げ②	$\sigma_{cb2S} = 0.154$	$f_{cb2} = 1.0$
		引張+曲げ①	$\sigma_{tb1S} = 0.161$	$f_{tb1} = 1.0$
		引張+曲げ②	$\sigma_{tb2S} = 0.154$	$f_{tb2} = 1.0$

すべて許容応力以下である。

注記*：絶対値を記載

ボルト材応力評価結果

(単位：MPa)

部材	材料	応力	基準地震動 S s	
			算出応力	許容応力
取付ボルト (照明ボルト)	SS400	引張	$\sigma_{tBi} = 4$	$f_{tm} = 210$
		せん断	$\tau_{Bi} = 7$	$f_{sm} = 161$
		組合せ	$\sigma_{tsBi} = 4$	$f_{ts} = 210^*$
継手ボルト	SUS304	引張	$\sigma_{tBi} = 43$	$f_{tm} = 153$
		せん断	$\tau_{Bi} = 3$	$f_{sm} = 118$
		組合せ	$\sigma_{tsBi} = 43$	$f_{ts} = 153^*$

すべて許容応力以下である。

注記* : $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_{Bi}, f_{to}]$

アンカーボルト強度評価結果

部材	材料	応力	基準地震動 S s		備考
			算出荷重	許容荷重	
基礎ボルト (メカニカル アンカー)	SUM (JIS G 4804) SWCH (JIS G 3507)	引張	4187	6592	単位：N
		せん断	2163	10735	単位：N
		組合せ	0.445	1.000	単位：なし

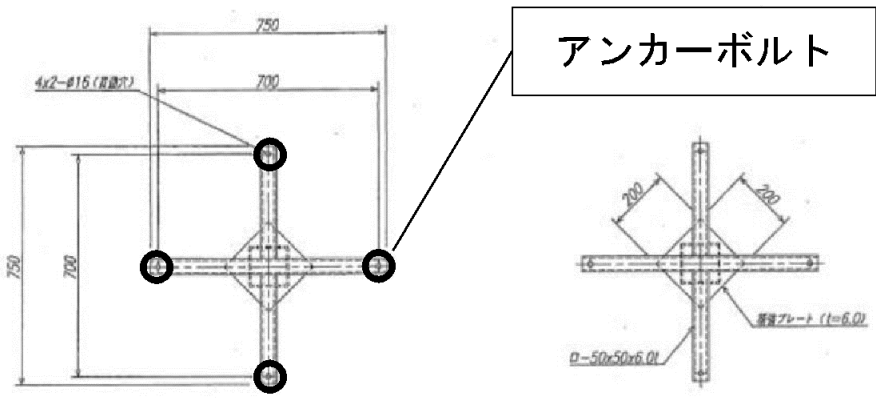
すべて許容荷重以下である。

溶接部応力評価結果

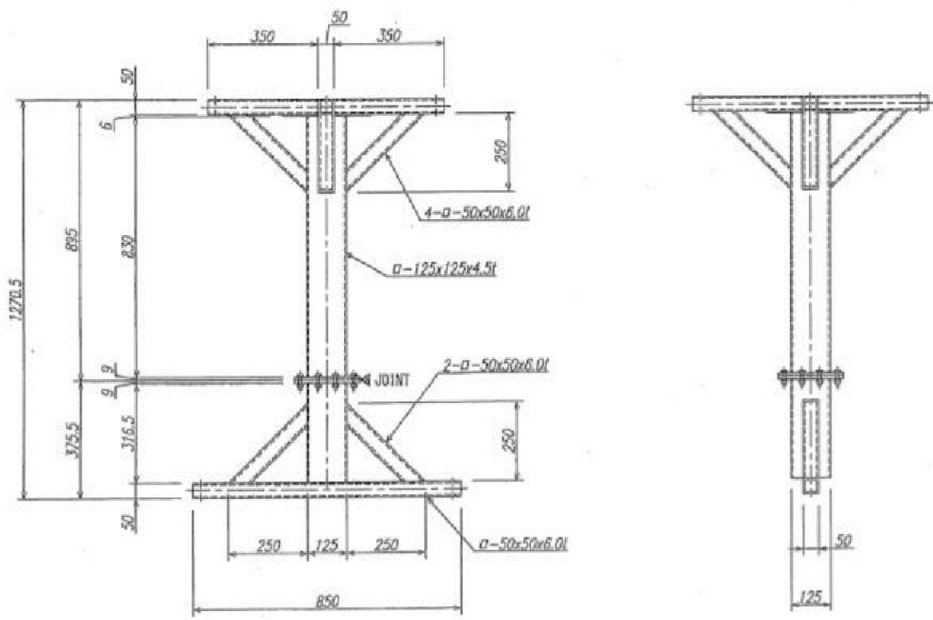
(単位：MPa)

部材	応力	基準地震動 S s	
		算出応力	許容応力
溶接部	せん断	$\tau_w = 26$	$f_{sm} = 161$

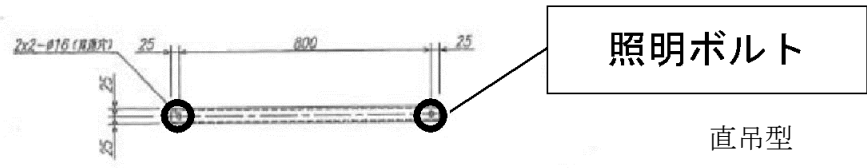
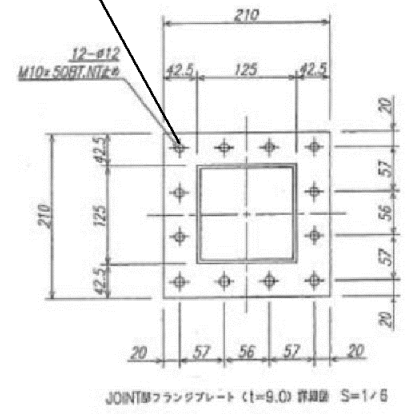
すべて許容応力以下である。



アンカーボルト



継手ボルト



照明ボルト

直吊型

VI-2-11-2-7-13 主排気ダクトの耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 配置概要	1
2.2 構造計画	1
2.3 評価方針	3
2.4 適用規格・基準等	4
2.5 記号の説明	5
2.6 計算精度と数値の丸め方	6
3. 評価部位	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	7
4.3 解析モデル及び諸元	13
4.4 固有周期	15
4.5 設計用地震力	19
4.6 計算条件	20
5. 評価結果	21
5.1 設計基準対象施設としての評価結果	21
5.2 重大事故等対処設備としての評価結果	21

1. 概要

本計算書は、VI-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、下位クラス設備である主排気ダクト及び支持構造物が基準地震動 S_s による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、近傍に設置された上位クラス施設である2号機排気筒に対して、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

主排気ダクトは、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2号機排気筒近傍に設置されていることから、転倒及び落下により2号機排気筒に対して波及的影響を及ぼすおそれがある。

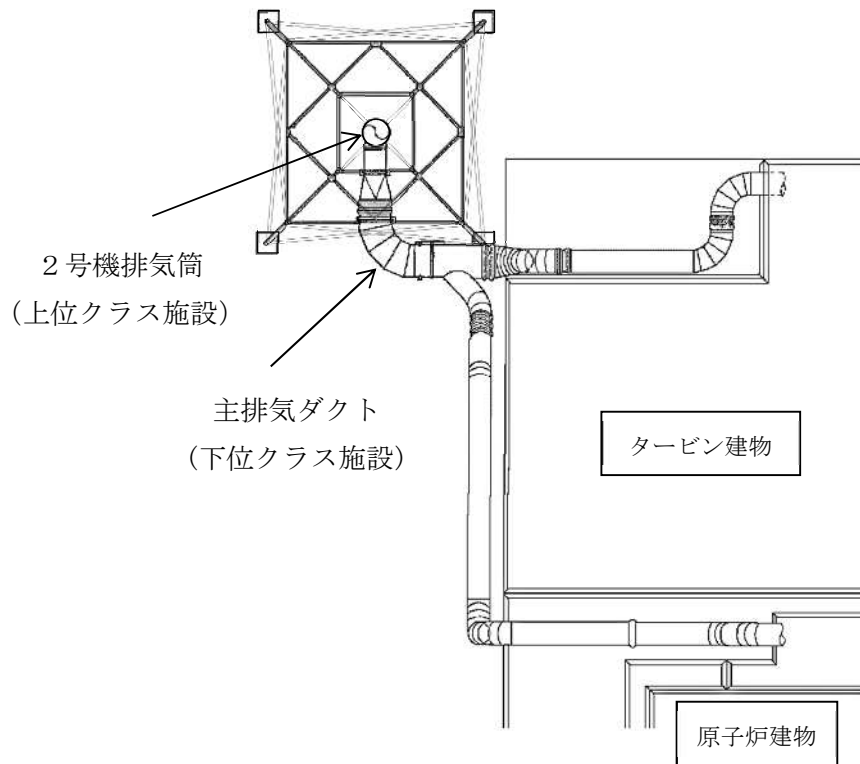


図2-1 主排気ダクトの位置関係図

2.2 構造計画

主排気ダクトの構造計画を表2-1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	
主排気ダクトは、支持構造物を介して基礎ボルトにより基礎部であるコンクリート床に固定される。	ダクト 支持構造物	

2.3 評価方針

主排気ダクト及び支持構造物の応力評価は、VI-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」にて設定した上位クラス施設と同じ運転状態における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」にて示す主排気ダクトの部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4.3 解析モデル及び諸元」及び「4.4 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「4. 地震応答解析及び構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5. 評価結果」に示す。

主排気ダクト及び支持構造物の耐震評価フローを図 2-2 に示す。

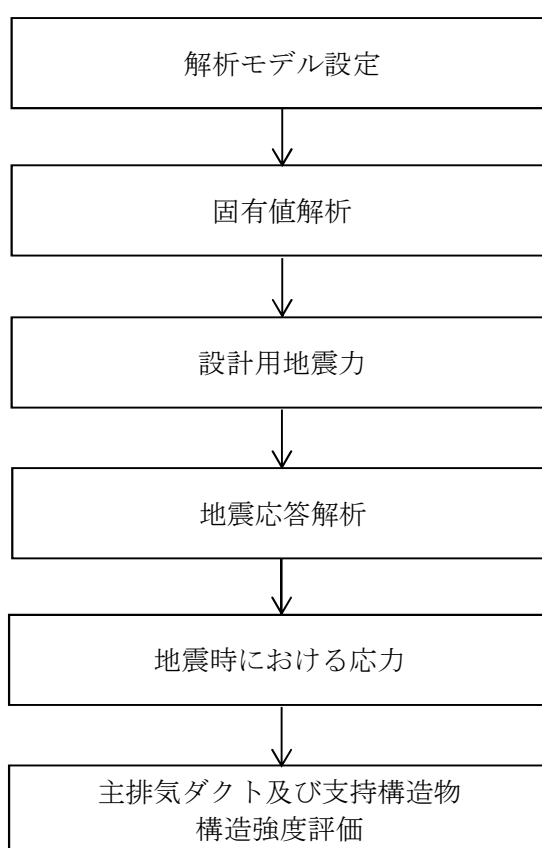


図 2-2 主排気ダクト及び支持構造物の耐震評価フロー

2.4 適用規格・基準等

本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 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補-1984
（（社）日本電気協会）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 （（社）日本電気協会）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版（（社）日本電気協会）
- ・発電用原子力設備規格 設計・建設規格（（社）日本機械学会，2005/2007）（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
b	角ダクトの短辺長	mm
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
D	丸ダクト口径	mm
E	縦弾性係数	MPa
K_R	丸ダクトの許容座屈曲げモーメント係数 	—
K_S	角ダクトの許容座屈曲げモーメント係数 	—
M_R	丸ダクトの許容座屈曲げモーメント	kN・m
M_S	角ダクトの許容座屈曲げモーメント	kN・m
S	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表5に定める値	MPa
S_u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa
$S_y (RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料の 40°Cにおける値	MPa
t	ダクト板厚	mm
X, Y, Z	絶対（節点）座標軸	—
x, y, z	局所（要素）座標軸	—
ν	ポアソン比	—

2.6 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表 2-2 に示すとおりである。

表 2-2 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第 4 位	四捨五入	小数点以下第 3 位
震度	—	小数点以下第 3 位	切上げ	小数点以下第 2 位
温度	℃	—	—	整数位
質量	kg	—	—	整数位
単位長さ質量	kg/m	小数点以下第 1 位	四捨五入	整数位
長さ	下記以外の長さ	mm	—	整数位 ^{*1}
	部材断面寸法	mm	四捨五入	小数点以下第 1 位
縦弾性係数	MPa	有効数字 4 桁目	四捨五入	有効数字 3 桁
減衰定数	%	—	—	小数点以下第 1 位
刺激係数	—	小数点以下第 4 位	四捨五入	小数点以下第 3 位
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
計算モーメント	kN・m	小数点以下第 1 位	切上げ	有効数字 4 桁 ^{*2}
許容モーメント	kN・m	小数点以下第 1 位	切捨て	有効数字 4 桁 ^{*2}

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

主排気ダクトの耐震評価は、「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、2号機排気筒に対して波及的影響を及ぼさないことを確認する観点から、主排気ダクト及び支持構造物を評価対象とする。

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

- (1) 地震力は、主排気ダクト及び支持構造物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、作用する荷重の算出において組み合わせるものとする。
- (2) ダクトが薄板構造であることから座屈曲げモーメントについて評価を実施する。
- (3) ダクトに接続する伸縮継手は、解析モデル上、質量としてダクト接続部に考慮している。
- (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

主排気ダクト及び支持構造物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 主排気ダクトの許容座屈曲げモーメント

主排気ダクトに生ずる曲げモーメントは、地震による曲げモーメント及び自重による曲げモーメントの合成曲げモーメントを求め、評価を行うものとする。

次に、丸ダクト及び角ダクトの許容座屈曲げモーメント算出式を示す。

a. 丸ダクトの許容座屈曲げモーメント

$$M_R = K_R \cdot \frac{E}{1-\nu} \cdot \frac{D}{2} \cdot t^2$$

丸ダクト許容座屈曲げモーメントは、円筒殻の屈服座屈の式*1を基に安全裕度を考慮して定めたものである。

b. 角ダクトの許容座屈曲げモーメント

$$M_S = K_S \cdot \sqrt{\frac{\pi^2 E \cdot S_y}{1-\nu^2}} \cdot b \cdot t^2$$

角ダクト許容座屈曲げモーメントは、鵜戸口の式*2を基に安全裕度を考慮して定めたものである。

注記*1：「新版機械工学便覧」（1987年4月 日本機械学会編）A4-7.5.3a. iv項

*2：「薄肉長方形および箱形はりの座屈と強度」

(1963年8月日本機械学会 journal of the J. S. M. E. Vol. 66, No. 535)

4.2.3 支持構造物の許容応力

支持構造物の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4-3 に示す。
なお、支持構造物は、支持構造物部材と主排気ダクトを支持している支持装置である。

4.2.4 使用材料の許容応力評価条件

主排気ダクト及び支持構造物の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 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。

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	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
放射性管理施設	主排気ダクト	C	—	$D + P_D + M_D + S_s$	IV _A S
	支持構造物	C	—	$D + P_D + M_D + S_s$	IV _A S

表 4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分	機器名称	設備分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
放射性管理施設	主排気ダクト	—	—	$D + P_D + M_D + S_s^{*1}$	IV _A S
	支持構造物	—	—	$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _A S (V _A Sとして IV _A Sの許容限界を 用いる。)

注記*1：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため、評価結果の記載を省略する。

表 4-3 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等以外)	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	一次応力	
	組合せ	引張	せん断
IV _A S	1.5・f _t *	1.5・f _t *	1.5・f _s *
V _A S (V _A SとしてIV _A Sの許容限界を用いる。)			

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

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

表 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 (°C)		S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		主排気ダクト		最高使用温度	80	—	229
最高使用温度	80			—	229	—	—
支持構造物部材	周囲環境温度	40		—	245	400	—
	周囲環境温度	40		—	235	400	—
	周囲環境温度	40		—	245	400	—
	周囲環境温度	40		—	325	490	—
支持装置	最高使用温度	80		—	204	379	—
	最高使用温度	80		—	706	847	—
	最高使用温度	80		—	229	379	—
	最高使用温度	80		—	229	379	—

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 (°C)		S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		主排気ダクト		最高使用温度	80	—	229
最高使用温度	80			—	229	—	—
支持構造物部材	周囲環境温度	40		—	245	400	—
	周囲環境温度	40		—	235	400	—
	周囲環境温度	40		—	245	400	—
	周囲環境温度	40		—	325	490	—
支持装置	最高使用温度	80		—	204	379	—
	最高使用温度	80		—	706	847	—
	最高使用温度	80		—	229	379	—
	最高使用温度	80		—	229	379	—

4.3 解析モデル及び諸元

主排気ダクト及び支持構造物の解析モデルを図 4-1 に、解析モデルの概要を以下に示す。また、機器の諸元を本計算書の【主排気ダクト及び支持構造物の耐震性についての計算結果】の機器要目に示す。

- (1) 主排気ダクト及びその支持構造物をはり要素でモデル化した 3 次元はりモデルを用いる。
- (2) 解析モデル各節点の質量は、ダクト質量等であり、実際の位置を考慮して付加する。
- (3) 拘束条件は、支持構造物のコンクリート床への取付部を固定とする。
- (4) 解析コードは、「SAP2000」を使用し、固有値と各要素に発生する荷重及びモーメントを求める。なお、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、VI-5-58「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。
- (5) 支持構造物の部材同士の接合は剛接合とする。
- (6) 伸縮継手質量を集中質量として付加する。

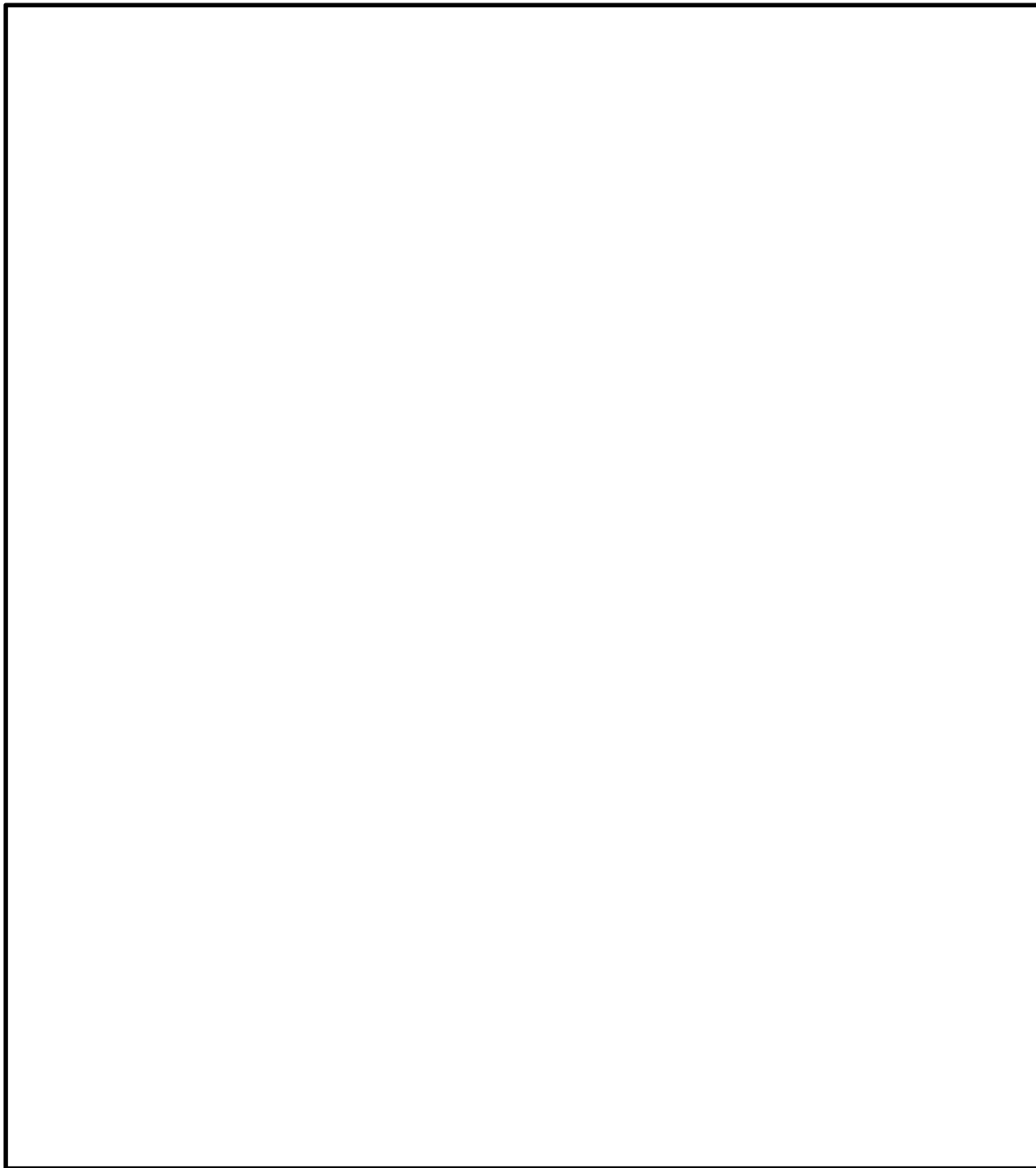


図 4-1 主排気ダクト及び支持構造物解析モデル

4.4 固有周期

固有値解析の結果を表 4-6 に示す。また、振動モード図は 3 次モードまでを代表とし、図 4-2 に示す。

表 4-6 固有値解析結果

モード* ²	卓越方向	固有周期(s)	水平方向刺激係数* ¹		鉛直方向刺激係数* ¹
			X方向	Y方向	
1次	X方向	0.386	-3.531	0.495	-0.087
2次	Y方向	0.201	-1.157	1.198	0.184
3次	X方向	0.162	-4.454	-0.915	0.052
4次	Y方向	0.094	-0.096	5.355	0.341
5次	Z方向	0.073	0.198	-1.161	2.309
6次	Z方向	0.059	0.623	-0.638	-0.756

注記*1：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

*2：固有周期が 0.050s 以上のモードを示す。

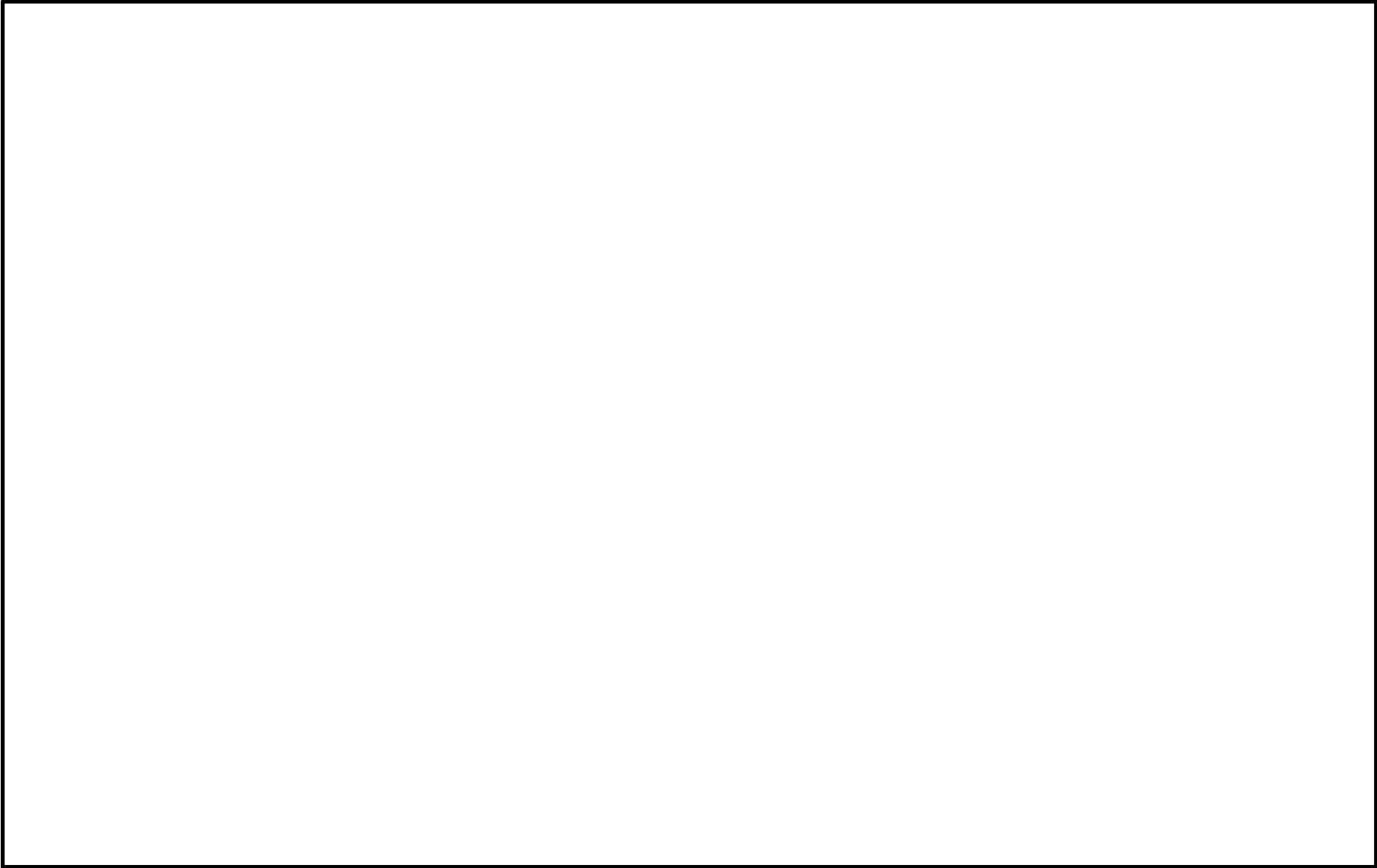


図 4-2 代表振動モード図 (1 次モード 0.386s) (1/3)

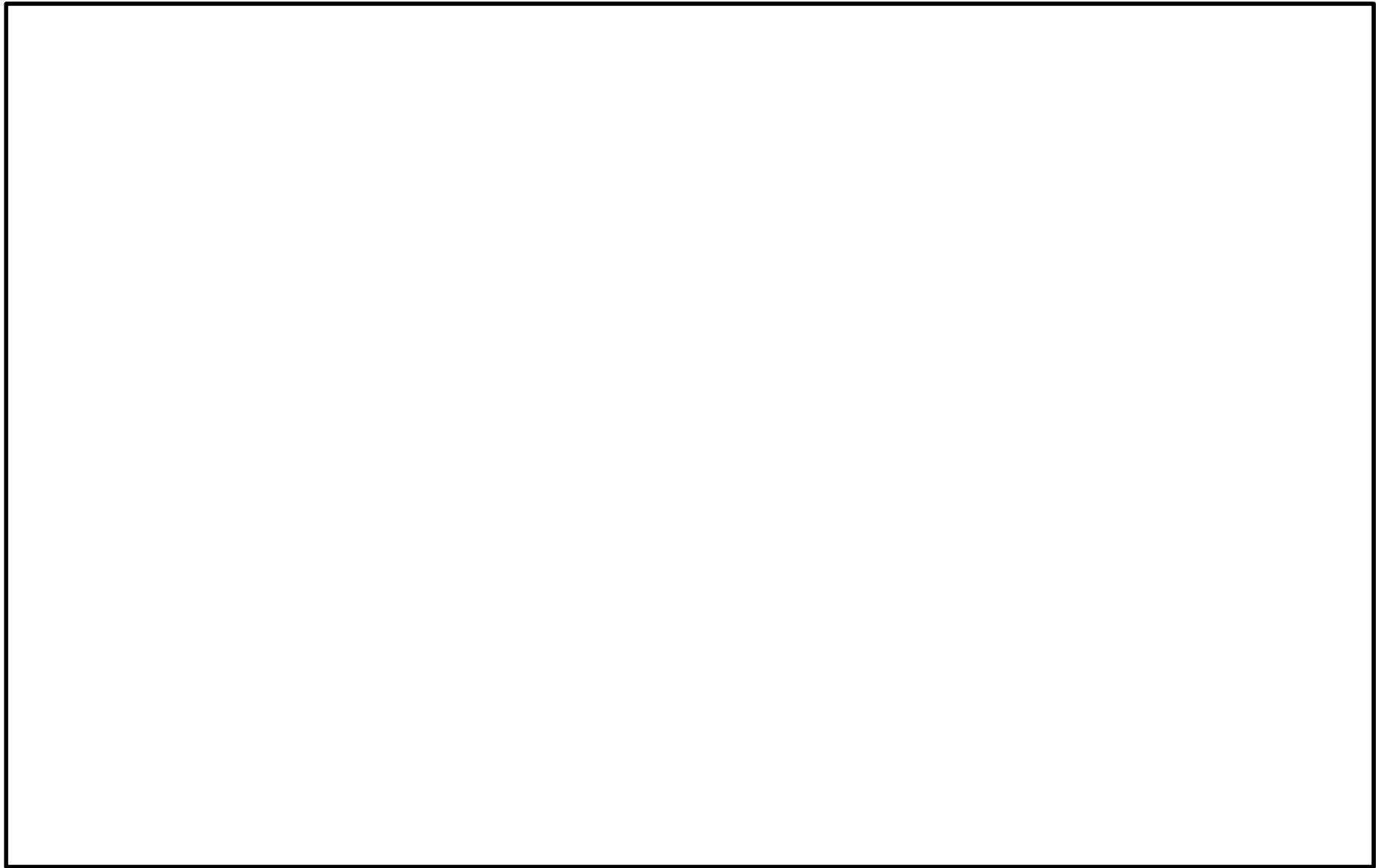


図 4-2 代表振動モード図 (2 次モード 0.201s) (2/3)

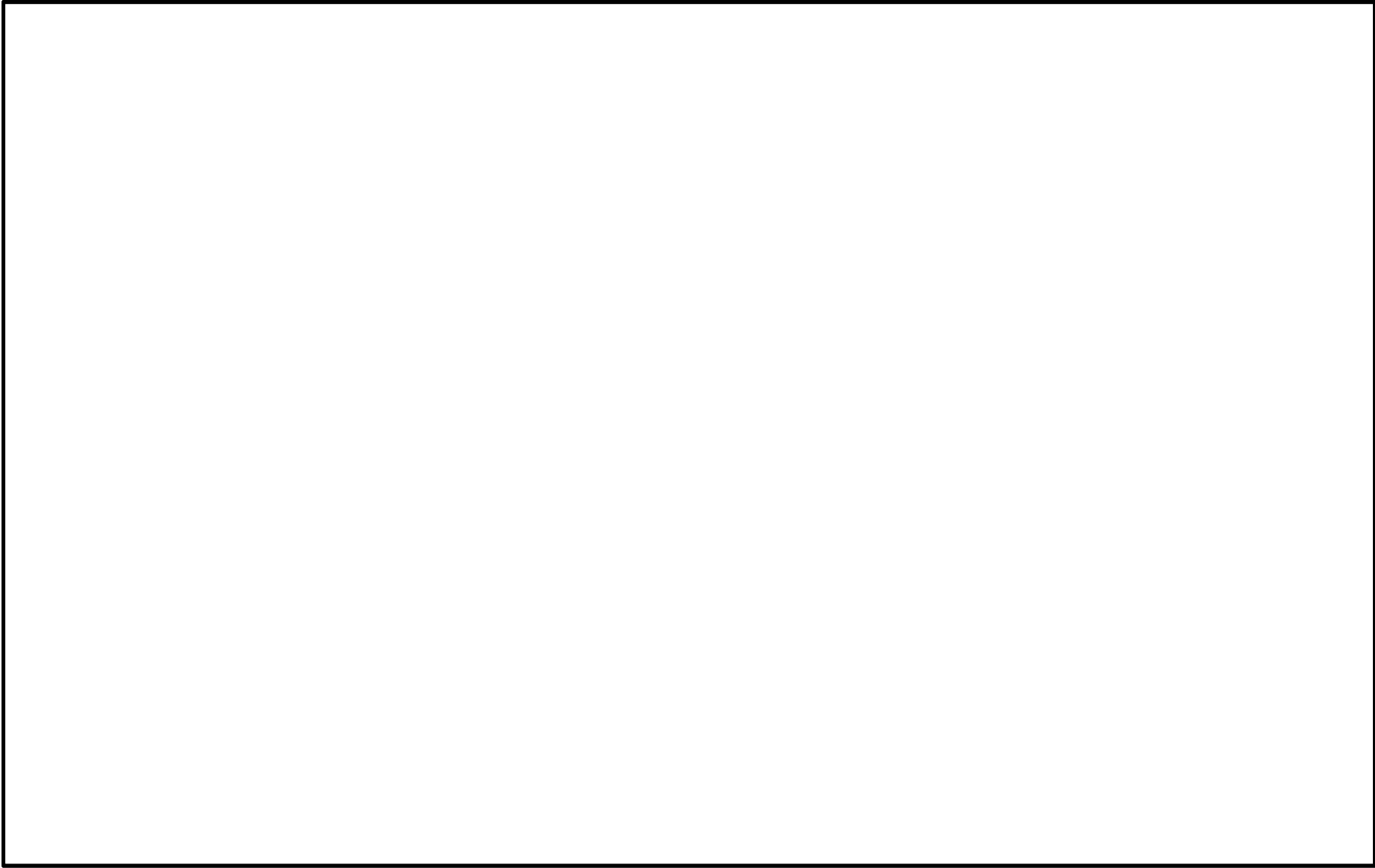


図 4-2 代表振動モード図 (3 次モード 0.162s) (3/3)

4.5 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 4-7 に示す。

表 4-7 設計用地震力

据付場所及び 床面高さ(m)		排気筒 EL. 8.500* ¹		
固有周期(s)		水平 : 0.386* ² 鉛直 : 0.073* ²		
減衰定数(%)		水平 : 2.5 鉛直 : 2.5		
地震力		基準地震動 S _s		
モード* ³	固有周期 (s)	応答水平震度* ⁴		応答鉛直震度* ⁴
		NS 方向	EW 方向	
1 次	0.386	2.27	2.27	1.34
2 次	0.201	2.21	2.21	1.77
3 次	0.162	3.54	3.54	1.79
4 次	0.094	5.27	5.27	2.60
5 次	0.073	4.56	4.56	2.50
6 次	0.059	3.48	3.48	2.93
動的震度* ⁵		1.47	1.47	0.93
静的震度* ⁶		-	-	-

注記*1 : 基準床レベルを示す。

*2 : 1 次固有周期について記載

*3 : 固有周期が 0.050s 以上のモードを示す。なお, 0.020s 以上 0.050s 未満のモード
に対しては, 最大応答加速度又はこれを上回る震度を適用する。

*4 : 設計用床応答スペクトル I (基準地震動 S_s) により得られる震度

*5 : 設計用震度 I (基準地震動 S_s) により得られる震度

*6 : 3.6・C_i 及び 1.2・C_v より定めた震度

4.6 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【主排気ダクトの耐震性についての計算結果】及び【支持構造物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. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

5.1.1 主排気ダクトの評価結果

主排気ダクトの設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有することを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

5.1.2 支持構造物の評価結果

支持構造物の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有することを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

5.2.1 主排気ダクトの評価結果

主排気ダク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することを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

5.2.2 支持構造物の評価結果

支持構造物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することを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

【主排気ダクトの耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		基準地震動 S_s		最高使用温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
主排気ダクト	C	排気筒 EL. 8.500*1	0.386	0.073	$C_H=1.47^{*2}$ 又は*3	$C_V=0.93^{*2}$ 又は*3	80

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 I（基準地震動 S_s ）により得られる震度

*3：設計用床応答スペクトル I（基準地震動 S_s ）により得られる震度

1.2 機器要目

1.2.1 主排気ダクト

材料	E (MPa)	S_y (MPa)
	200000	229
	200000	229

1.3 構造強度評価結果

(単位 : kN・m)

機器名称	評価部位	材料	応力分類	発生曲げモーメント	許容座屈曲げモーメント
主排気ダクト	ダクト本体		曲げモーメント	1.332×10 ³	

すべて許容座屈曲げモーメント以下である。

【支持構造物の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		基準地震動 S _s		最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度		
支持構造物	C	排気筒 EL. 8.500* ¹	0.386	0.073	C _H =1.47* ² 又は*3	C _V =0.93* ² 又は*3	80	40

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 I（基準地震動 S_s）により得られる震度

*3：設計用床応答スペクトル I（基準地震動 S_s）により得られる震度

1.2 機器要目

1.2.1 支持構造物部材

材料	E (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)
	202000	245	400
	202000	235	400
	202000	245	400
	202000	325	490

1.2.2 支持装置

材料	S _y (MPa)	S _u (MPa)
	204	379
	706	847
	229	379
	229	379

1.3 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
支持構造物	支持構造物部材		組合せ応力	245	
	支持装置		組合せ応力	197	

すべて許容応力以下である。

【主排気ダクトの耐震性についての計算結果】

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		基準地震動 S _s		最高使用温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
主排気ダクト	—	排気筒 EL. 8.500* ¹	0.386	0.073	C _H =1.47* ² 又は*3	C _V =0.93* ² 又は*3	80

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 I（基準地震動 S_s）により得られる震度

*3：設計用床応答スペクトル I（基準地震動 S_s）により得られる震度

2.2 機器要目

2.2.1 主排気ダクト

材料	E (MPa)	S _y (MPa)
	200000	229
	200000	229

2.3 構造強度評価結果

(単位 : kN・m)

機器名称	評価部位	材料	応力分類	発生曲げモーメント	許容座屈曲げモーメント
主排気ダクト	ダクト本体		曲げモーメント	1.332×10 ³	

すべて許容座屈曲げモーメント以下である。

【支持構造物の耐震性についての計算結果】

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		基準地震動 S _s		最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度		
支持構造物	—	排気筒 EL. 8.500* ¹	0.386	0.073	C _H =1.47* ² 又は*3	C _V =0.93* ² 又は*3	80	40

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 I（基準地震動 S_s）により得られる震度

*3：設計用床応答スペクトル I（基準地震動 S_s）により得られる震度

2.2 機器要目

2.2.1 支持構造物部材

材料	E (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)
	202000	245	400
	202000	235	400
	202000	245	400
	202000	325	490

2.2.2 支持装置

材料	S _y (MPa)	S _u (MPa)
	204	379
	706	847
	229	379
	229	379

2.3 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
支持構造物	支持構造物部材		組合せ応力	245	
	支持装置		組合せ応力	197	

すべて許容応力以下である。

VI-2-11-2-11 ガンマ線遮蔽壁の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	2
2.1 配置概要	2
2.2 構造計画	2
2.3 評価方針	4
2.4 適用規格・基準等	4
2.5 記号の説明	5
2.6 計算精度と数値の丸め方	6
3. 評価部位	7
4. 構造強度評価	8
4.1 構造強度評価方法	8
4.2 荷重の組合せ及び許容応力度	8
4.3 設計用地震力	9
4.4 計算方法	10
4.5 計算条件	11
4.6 応力度の評価	11
5. 評価結果	11
5.1 設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての評価結果	11
6. 参照図書	11

図 表 目 次

図 2-1	ガンマ線遮蔽壁の位置関係図	2
図 2-2	ガンマ線遮蔽壁の耐震評価フロー	4
図 3-1	ガンマ線遮蔽壁の形状及び主要寸法	7
図 4-1	ガンマ線遮蔽壁の応力評価点	10
表 2-1	構造計画	3
表 2-2	表示する数値の丸め方	6
表 3-1	使用材料表	7
表 4-1	荷重の組合せ	8
表 4-2	許容応力度	8
表 4-3	設計用地震力（設計基準対象施設及び重大事故等対処設備）	9
表 4-4	応力評価点	10

1. 概要

本計算書は、VI-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、下位クラス設備であるガンマ線遮蔽壁が基準地震動 S_s による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、隣接している上位クラス施設である原子炉圧力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。以下、設計基準対象施設としての構造強度評価を示す。また、重大事故等時においても波及的影響を及ぼさないことを説明するため、重大事故等時を考慮した構造強度評価を示す。

なお、本計算書においては、新規制対応工認対象となる基準地震動 S_s による地震力に対する評価について記載するものとし、前述の荷重を除く荷重によるガンマ線遮蔽壁の評価は、昭和59年2月24日付け58資庁第15180号にて認可された工事計画の添付書類（参照図書(1)）による（以下「既工認」という。）。

2. 一般事項

2.1 配置概要

ガンマ線遮蔽壁は、原子炉圧力容器ペDESTALの上部に配置される。ガンマ線遮蔽壁は、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圧力容器の周辺に設置されており、転倒により原子炉圧力容器に対して波及的影響を及ぼすおそれがある。

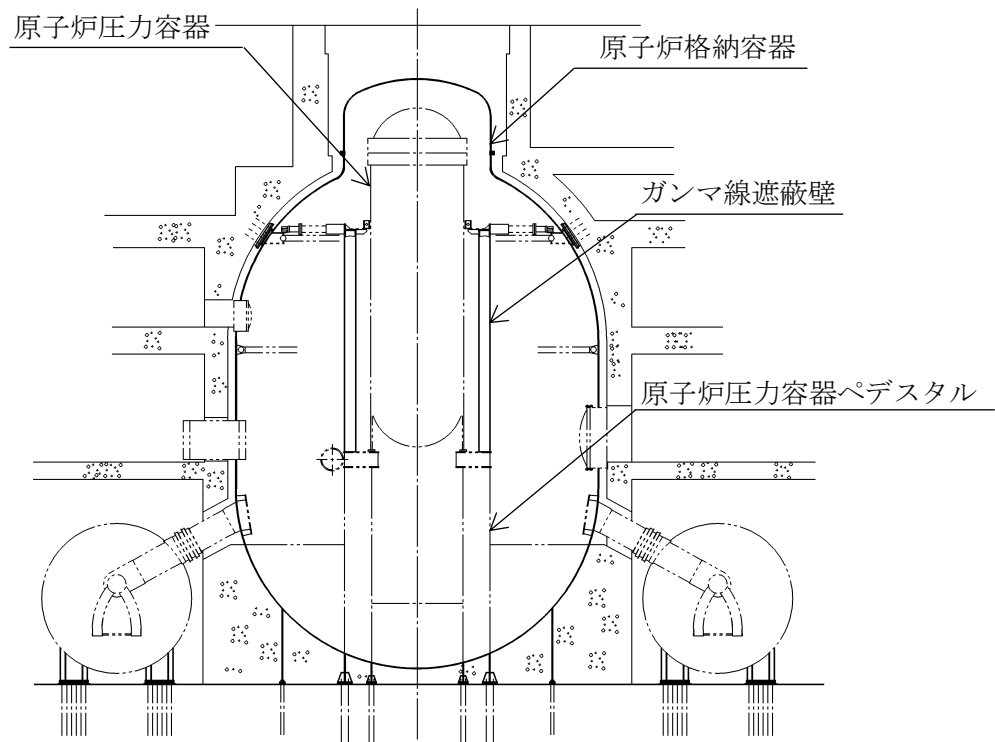


図 2-1 ガンマ線遮蔽壁の位置関係図

2.2 構造計画

ガンマ線遮蔽壁の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>基礎は、溶接により EL15944mm で原子炉压力容器ペDESTALに固定されている。</p>	<p>外径 9163mm, 内径 7763mm, 高さ 13993mm の原子炉を取り囲む円筒形コンクリート壁であり, 内側に 32mm, 外側に 45mm の鋼板がまかれ, 内側と外側の鋼板はたてリブでつながれている。その内部にはモルタルが充填されている。</p> <p>ガンマ線遮蔽壁のモルタルは強度部材として考慮しない。</p> <p>水平力は, EL29937mm の位置に取り付けられた原子炉格納容器スタビライザ, 及び EL15944mm の位置の基礎で原子炉建物及び原子炉压力容器ペDESTALに伝えられる。</p>	<p style="text-align: right;">(単位: mm)</p>

2.3 評価方針

ガンマ線遮蔽壁の応力評価は、VI-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」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「3. 評価部位」にて設定する箇所に作用する設計用地震力による応力度が許容限界内に収まることを、「4. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5. 評価結果」に示す。

ガンマ線遮蔽壁の耐震評価フローを図2-2に示す。

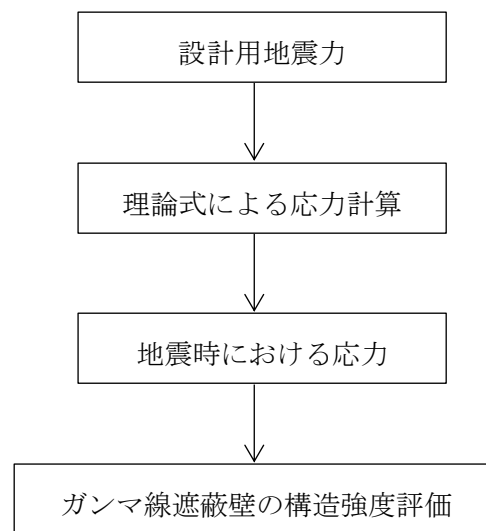


図2-2 ガンマ線遮蔽壁の耐震評価フロー

2.4 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補-1984 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版 ((社) 日本電気協会)
- ・鋼構造設計規準 (日本建築学会 2005改定)

2.5 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A	断面積	mm ²
D	死荷重	—
D _i	直径 (i = 1, 2, 3…)	mm
f _b	許容曲げ応力度	N/mm ²
f _c	許容圧縮応力度	N/mm ²
f _s	許容せん断応力度	N/mm ²
f _t	許容引張応力度	N/mm ²
F	許容応力度の基準値	N/mm ²
M	モーメント	N・mm
M _D	機械的荷重	—
M _{SAD}	機械的荷重 (S A時)	—
P _D	圧力	—
P _{SAD}	圧力 (S A時)	—
Q	せん断力	N
S _s	基準地震動 S _s により定まる地震力	—
t _i	厚さ (i = 1, 2, 3)	mm
W	鉛直荷重	N
Z	断面係数	mm ³
σ	組合せ応力度	N/mm ²
σ _b	曲げ応力度	N/mm ²
σ _c	圧縮応力度	N/mm ²
τ	せん断応力度	N/mm ²

2.6 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表 2-2 に示すとおりとする。

表 2-2 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
長さ	mm	—	—	整数位*1
面積	mm ²	—	—	有効数字 3 桁*2
断面係数	mm ³	—	—	有効数字 3 桁*2
モーメント	N・mm	—	—	有効数字 3 桁*2
力	N	有効数字 4 桁目	四捨五入	有効数字 3 桁*2
算出応力度	N/mm ²	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
許容応力度	N/mm ²	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位

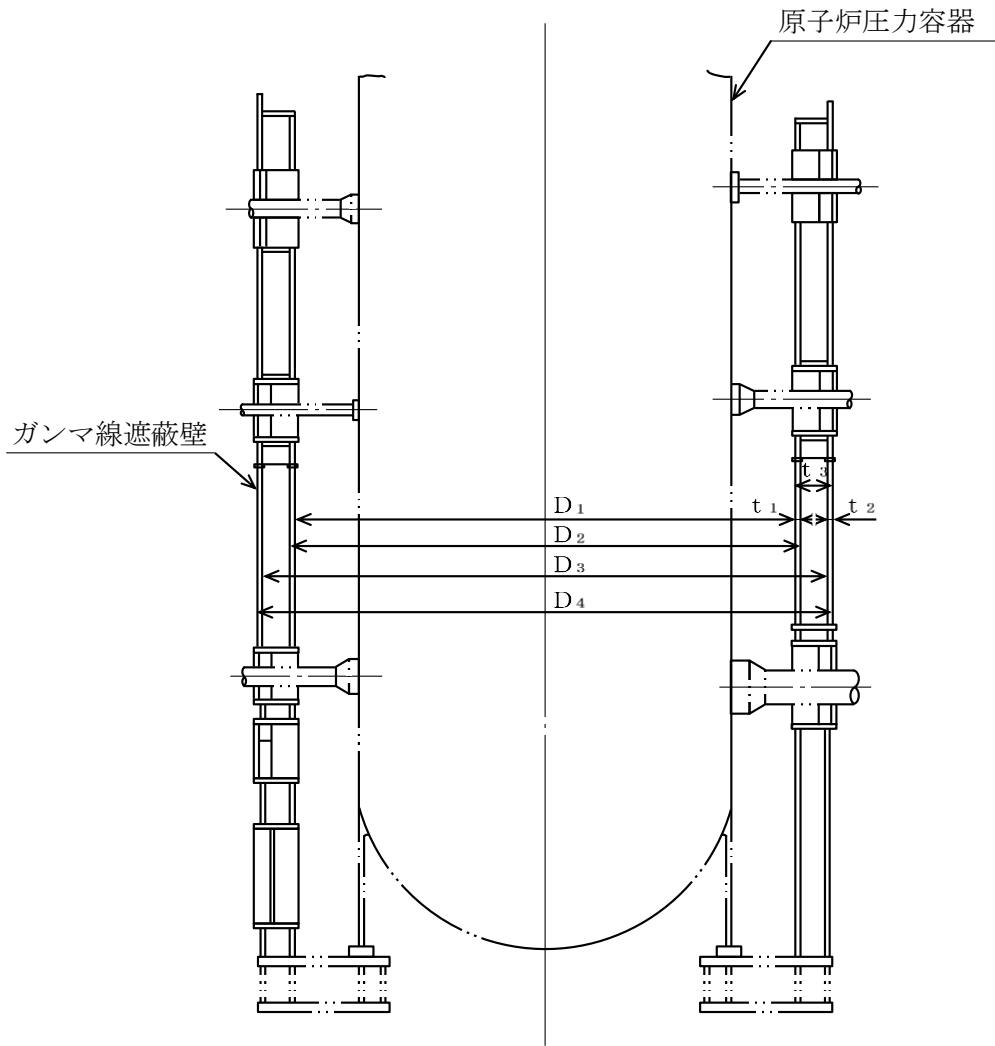
注記*1：設計上定める値が小数点以下第 1 位の場合は、小数点以下第 1 位表示とする。

*2：絶対値が 1000 以上のときは、べき数表示とする。

3. 評価部位

ガンマ線遮蔽壁の耐震評価は、「4.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる胴基部及び開口集中部について実施する。

形状及び主要寸法を図 3-1 に、使用材料及び使用部位を表 3-1 に示す。



$D_1 = 7763$ $D_2 = 7827$ $D_3 = 9073$ $D_4 = 9163$
 $t_1 = 32$ $t_2 = 45$ $t_3 = 700$

(単位：mm)

図 3-1 ガンマ線遮蔽壁の形状及び主要寸法

表 3-1 使用材料表

評価部材	使用材料	備考
外側円筒鋼板 (原子炉格納容器側)	SM41B	SM400B 相当
内側円筒鋼板 (原子炉压力容器側)		

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

- (1) 地震力は、ガンマ線遮蔽壁に対して、水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
- (2) 耐震計算は、ガンマ線遮蔽壁の自重及びその他すべての付帯物の重量に加えて、地震荷重を考慮する。
- (3) 設計基準対象施設としての評価及び重大事故等時を考慮した評価において、設計用地震力及び許容応力度の値が変わらないことから、同一の条件で構造強度評価を行う。
- (4) 構造強度評価に用いる寸法は、公称値を使用する。
- (5) 概略構造図を表 2-1 に示す。
- (6) 水平方向及び鉛直方向の動的地震力による荷重の組合せには、S R S S法を適用する。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力度

4.2.1 荷重の組合せ

ガンマ線遮蔽壁の荷重の組合せを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力度

ガンマ線遮蔽壁の許容応力度は、VI-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 4-2 のとおりとする。

表 4-1 荷重の組合せ

名称	荷重の組合せ
ガンマ線遮蔽壁	$D + P_D + M_D + S_s$ $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$

表 4-2 許容応力度

材料	基準値 F (N/mm ²)	短期許容応力度 (N/mm ²)			
		圧縮	曲げ	せん断	組合せ
SM41B*	215 (40mm<厚さ≤100mm)	$1.5 \cdot f_c$	$1.5 \cdot f_b$	$1.5 \cdot f_s$	$1.5 \cdot f_t$

注記* : SM400B 相当

4.3 設計用地震力

耐震評価に用いる設計用地震力を表 4-3 に示す。

ガンマ線遮蔽壁に加わる鉛直方向地震力及び水平方向地震力は、VI-2-2-1「炉心，原子炉圧力容器及び原子炉内部構造物並びに原子炉本体の基礎の地震応答計算書」により求めた基準地震動 S_s の応答値を上回る荷重を設定する。

表 4-3 設計用地震力（設計基準対象施設及び重大事故等対処設備）

耐震設計上の重要度分類	設備区分	床面高さ (m)	評価位置	基準地震動 S_s		
				鉛直荷重 W (N)	モーメント M (N・mm)	せん断力 Q (N)
B-1	生体遮蔽装置	EL15.944	胴基部		2.26×10^{11}	3.30×10^7
B-2			開口集中部		2.26×10^{11}	3.30×10^7

4.4 計算方法

ガンマ線遮蔽壁の応力評価点は、ガンマ線遮蔽壁を構成する部材の形状及び荷重伝達経路を考慮し、発生応力が大きくなる部位を選定する。選定した応力評価点を表 4-4 及び図 4-1 に示す。

応力計算方法は既工認から変更はなく、参照図書(1)に示すとおりである。

表 4-4 応力評価点

応力評価点番号	応力評価点
P 1	胴基部
P 2	開口集中部

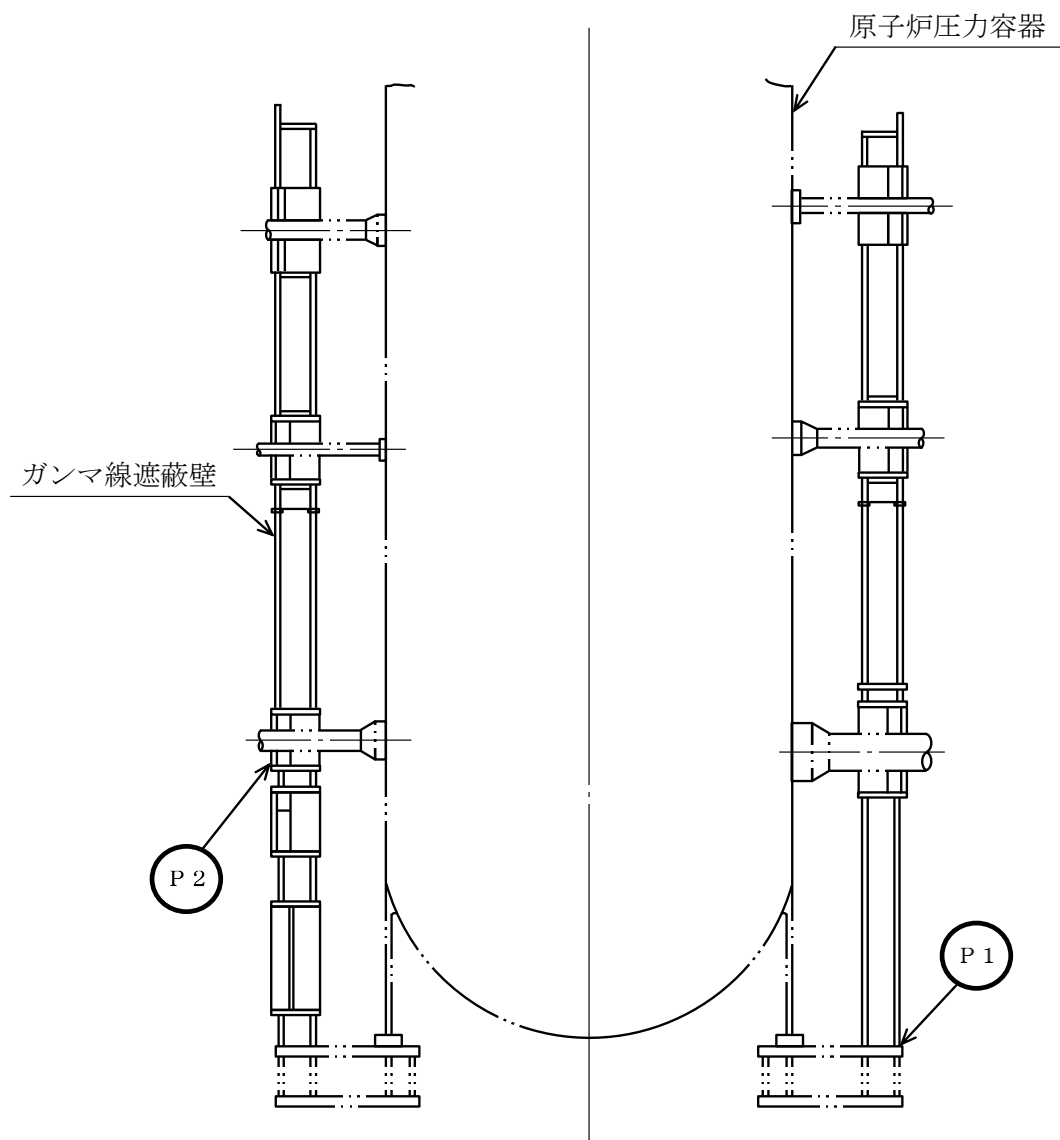


図 4-1 ガンマ線遮蔽壁の応力評価点

4.5 計算条件

4.5.1 ガンマ線遮蔽壁の応力計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【ガンマ線遮蔽壁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 応力度の評価

「4.4 計算方法」で求めた応力度が許容応力度以下であること。

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての評価結果

ガンマ線遮蔽壁各部の評価結果を【ガンマ線遮蔽壁の耐震性についての計算結果】に示す。算出応力度は許容応力度を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、波及的影響を及ぼさないことを確認した。

6. 参照図書

- (1) 島根原子力発電所第2号機 第1回工事計画認可申請書
IV-2-3-1「ガンマ線しゃへい壁の耐震性についての計算書」

【ガンマ線遮蔽壁の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設及び重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度 分類	床面高さ (m)	評価位置	基準地震動 S_s		
				鉛直荷重 W (N)	モーメント M (N・mm)	せん断力 Q (N)
ガンマ線遮蔽壁	B-1	EL15.944	胴基部	<input type="text"/>	2.26×10^{11}	3.30×10^7
	B-2		開口集中部	<input type="text"/>	2.26×10^{11}	3.30×10^7

1.2 機器要目

1.2.1 ガンマ線遮蔽壁

部材	W (N)	D_1 (mm)	t_1 (mm)	t_2 (mm)	t_3 (mm)	F (N/mm ²)	A (mm ²)		Z (mm ³)	
							胴基部	開口集中部	胴基部	開口集中部
ガンマ線遮蔽壁 (SM41B*)	<input type="text"/>	7763	32	45	700	215 (40mm < 厚さ ≤ 100mm)	2.07×10^6	7.51×10^5	4.21×10^9	1.55×10^9

注記* : SM400B 相当

1.3 結論

評価対象設備	評価部位		応力分類	算出応力度	許容応力度	判定
				N/mm ²	N/mm ²	
ガンマ線遮蔽壁	P 1	胴基部	圧縮応力度 σ_c	25	213	○
			曲げ応力度 σ_b	54	215	○
			せん断応力度 τ	16	124	○
			組合せ応力度 σ	72	215*	○
	P 2	開口集中部	圧縮応力度 σ_c	68	213	○
			曲げ応力度 σ_b	146	215	○
			せん断応力度 τ	44	124	○
			組合せ応力度 σ	194	215*	○

すべて許容応力度以下である。

注記*：組合せ応力度は、鋼構造設計規準に従い短期応力に対する許容引張応力度（ $1.5 \cdot f_t$ ）以下であること。

VI-2-別添2 溢水防護に係る施設の耐震性についての計算書

VI-2-別添 2-7 被水防護カバー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 固有周期の確認	3
4. 構造強度評価	4
4.1 構造強度評価方法	4
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	4
4.3 計算条件	4
5. 評価結果	8
5.1 設計基準対象施設としての評価結果	8

1. 概要

被水防護カバーはCクラス機器で工事計画の基本設計方針に示す浸水防護施設の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。）であり、溢水防護に係る施設の評価においては、VI-2-別添 2-1「溢水防護に係る施設の耐震計算の方針」に基づき、基準地震動 S_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。

本計算書はVI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、被水防護カバーが基準地震動 S_s による地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。以下、設計基準対象施設としての構造強度評価を示す。

なお、被水防護カバーは、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の壁掛形であるため、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

被水防護カバーの構造計画を表 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													
被水防護カバーは、壁に基礎ボルト(メカニカルアンカ)により固定する。	壁掛形 (鋼製の収納盤で構成する。)	<p>【被水防護カバー】</p> <p>正面</p> <p>右側面</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>機器名称</th> <th>被水防護カバー (RE295-26A)</th> <th>被水防護カバー (RE295-26B)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>たて</td> <td>□</td> <td>□</td> </tr> <tr> <td>横</td> <td>□</td> <td>□</td> </tr> <tr> <td>高さ</td> <td>□</td> <td>□</td> </tr> </tbody> </table> <p>(単位 : mm)</p>	機器名称	被水防護カバー (RE295-26A)	被水防護カバー (RE295-26B)	たて	□	□	横	□	□	高さ	□	□
機器名称	被水防護カバー (RE295-26A)	被水防護カバー (RE295-26B)												
たて	□	□												
横	□	□												
高さ	□	□												

3. 固有周期

3.1 固有周期の確認

被水防護カバーの固有周期は、プラスチックハンマ等により、当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し、確認する。試験の結果、剛構造であることを確認した。固有周期の確認結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期

(単位：s)

被水防護カバー (RE295-26A)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>
被水防護カバー (RE295-26B)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

被水防護カバーの構造強度評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

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

被水防護カバー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 に示す。

4.2.2 許容応力

被水防護カバーの許容応力は、VI-2-別添 2-1「溢水防護に係る施設の耐震計算の方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

被水防護カバーの使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-3 に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【被水防護カバー（RE295-26A）の耐震性についての計算結果】、【被水防護カバー（RE295-26B）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。

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	浸水防護 施設	被水防護カバー	C	—*	$D + P_D + M_D + S_s$	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 4-2 許容応力（その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張	せん断
IVAS	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

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

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

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件 (設計基準対象施設)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS400 相当	周囲環境温度	120	188	373	—

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

被水防護カバーの設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。



(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

【被水防護カバー（RE295-26A）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設


1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
被水防護カバー (RE295-26A)	C	原子炉建物 EL 8.8 (EL. 10.1*1)			—	—	C _H =1.63*2	C _V =1.28*2	120

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 I（基準地震動 S_s）を上回る設計震度

1.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
基礎ボルト (i=1)		166	10 (M10)	78.54	6	188	373

部材	ℓ _{1 i} * (mm)	ℓ _{2 i} * (mm)	ℓ _{3 i} * (mm)	n _{f v i} *	n _{f H i} *	F _i (MPa)	F _i [*] (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	284	540	—	2	3	—	226	—	側面方向
	—	540	405	2	3				

注記 *：各ボルトの機器要目における上段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示し、

下段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i = 1)	—	□	—	□

1.4 結論

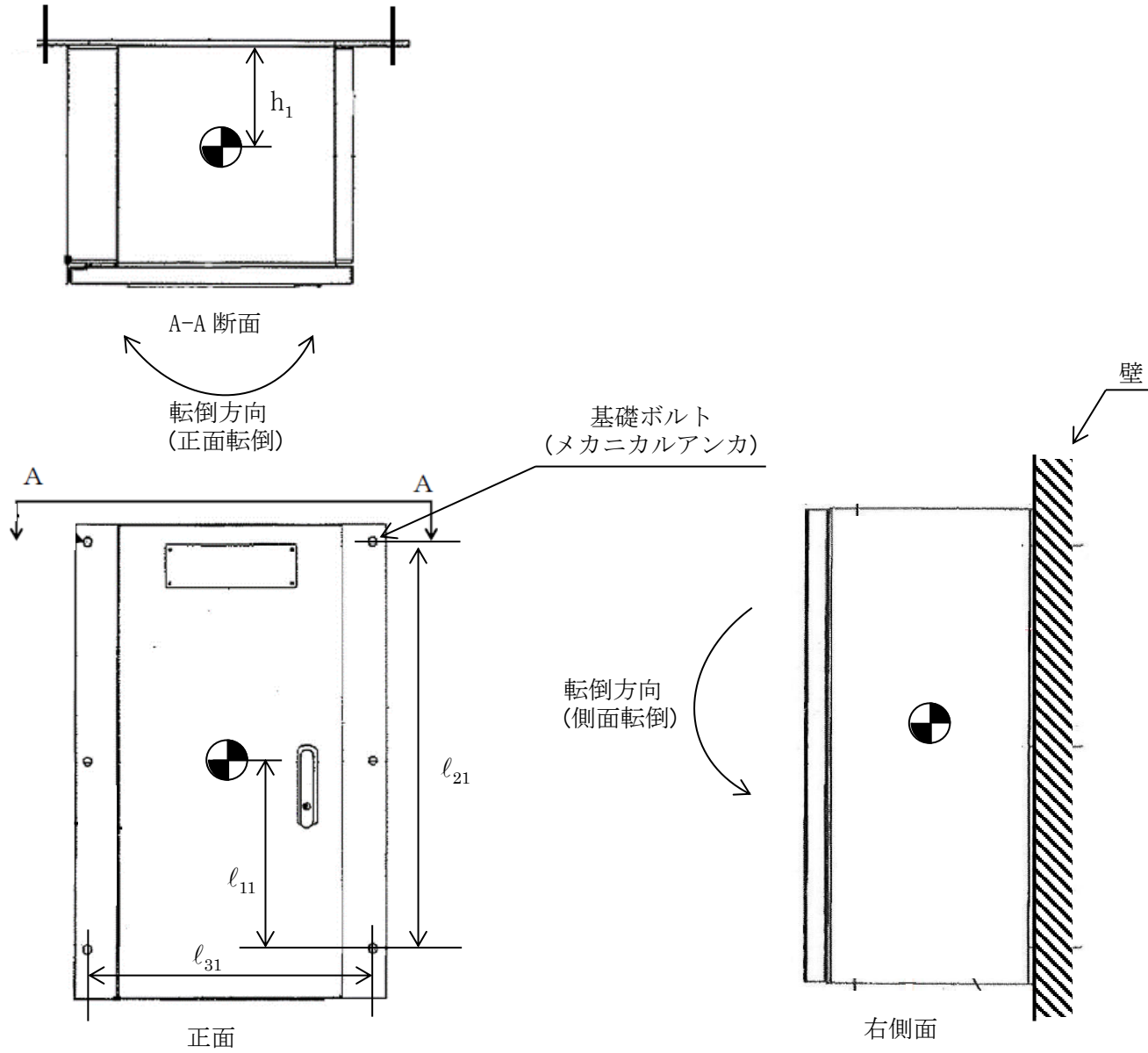
1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i = 1)	SS400 相当	引張	—	—	$\sigma_{b1} = 3$	$f_{ts1} = 135^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1} = 2$	$f_{sb1} = 104$

すべて許容応力以下である。



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



【被水防護カバー（RE295-26B）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設


1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
被水防護カバー (RE295-26B)	C	原子炉建物 EL 8.8 (EL. 10.1*1)			—	—	C _H =1.63*2	C _V =1.28*2	120

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 I（基準地震動 S_s）を上回る設計震度

1.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
基礎ボルト (i=1)		166	10 (M10)	78.54	6	188	373

部材	ℓ _{1 i} * (mm)	ℓ _{2 i} * (mm)	ℓ _{3 i} * (mm)	n _{f v i} *	n _{f H i} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	284	540	—	2	3	—	226	—	側面方向
	—	540	405	2	3				

注記 *：各ボルトの機器要目における上段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示し、
下段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i = 1)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

1.4 結論

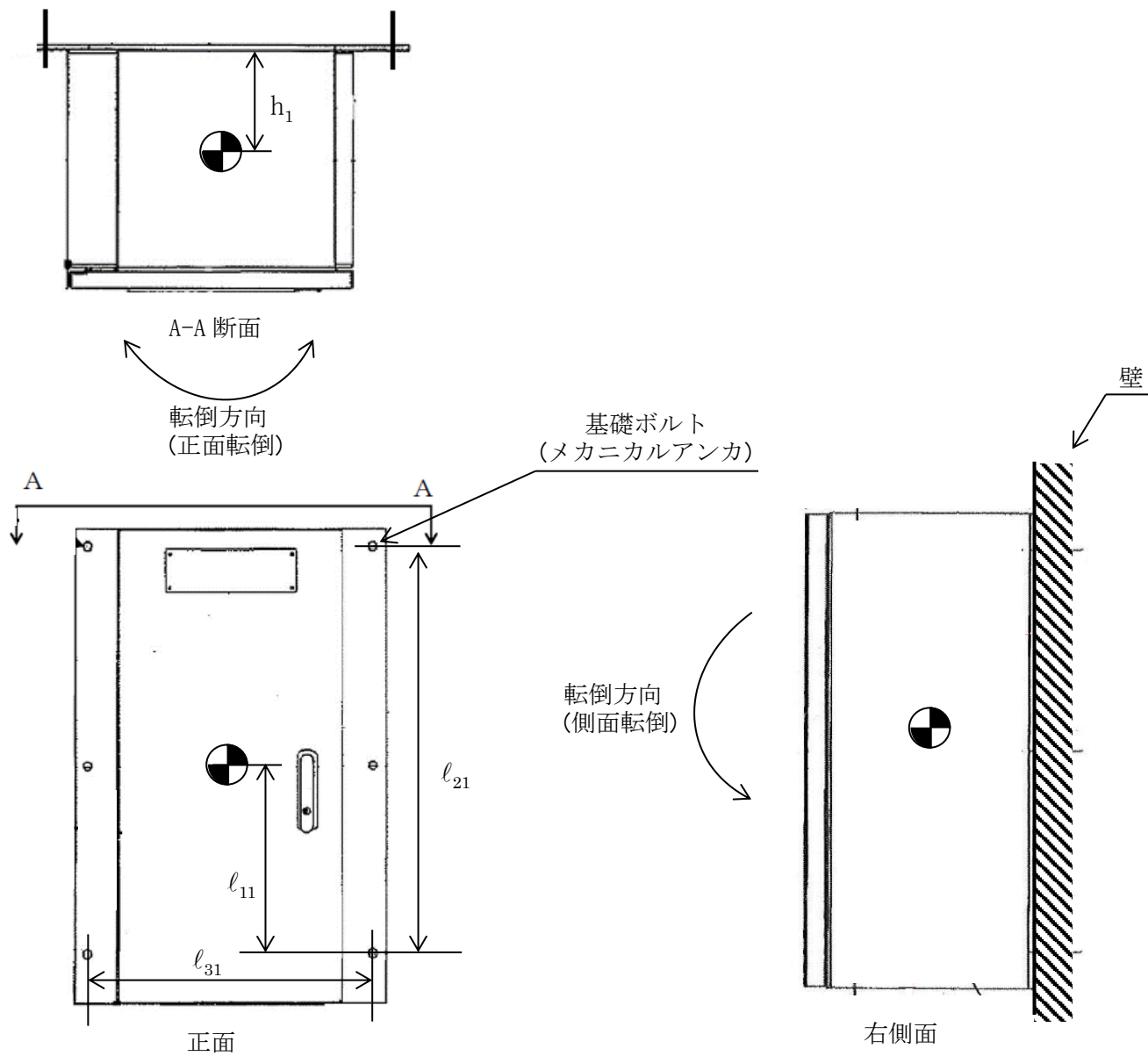
1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i = 1)	SS400 相当	引張	—	—	$\sigma_{b1} = 3$	$f_{ts1} = 135^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1} = 2$	$f_{sb1} = 104$

すべて許容応力以下である。

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



VI-3 強度に関する説明書

VI-3-3 強度計算書

VI-3-3-2 核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設の強度に関する
説明書

VI-3-3-2-2 使用済燃料貯蔵槽冷却浄化設備の強度計算書

VI-3-3-2-2-1 燃料プール冷却系の強度計算書

VI-3-3-2-2-1-4 管の強度計算書
(燃料プール冷却系)

VI-3-3-2-2-1-4-1 管の基本板厚計算書
(燃料プール冷却系)

まえがき

本計算書は、VI-3-1-5「重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針」及びVI-3-2-9「重大事故等クラス2管の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

評価条件整理結果を以下に示す。なお、評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については、VI-3-2-1「強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

・評価条件整理表

NO.	既設 or 新設	施設時の 技術基準 に対象と する施設 の規定が あるか	クラスアップするか				条件アップするか				既工認に おける 評価結果 の有無	施設時の 適用規格	評価 区分	同等性 評価区分	評価 クラス	
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB条件		SA条件						
								圧力 (MPa)	温度 (℃)	圧力 (MPa)						温度 (℃)
1	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	静水頭	66	静水頭	66	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
2	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	静水頭	66	静水頭	66	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
3	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	静水頭	66	静水頭	66	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
4	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	1.37	66	1.37	66	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
5	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	1.37	66	1.37	66	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
6	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	1.37	66	1.37	66	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
7	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	1.37	66	1.37	66	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
8	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	1.37	66	1.37	66	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
9	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	1.37	66	1.37	66	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
10	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	1.37	66	1.37	66	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2

NO.	既設 or 新設	施設時の 技術基準 に対象と する施設 の規定が あるか	クラスアップするか				条件アップするか				既工認に おける 評価結果 の有無	施設時の 適用規格	評価 区分	同等性 評価区分	評価 クラス	
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB条件		SA条件						
								圧力 (MPa)	温度 (℃)	圧力 (MPa)						温度 (℃)
11	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	1.37	66	1.37	66	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
12	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	1.37	66	1.37	66	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
13	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	1.37	66	1.37	66	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
SP1	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	1.37	66	1.37	66	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
F1	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	1.37	66	1.37	66	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2

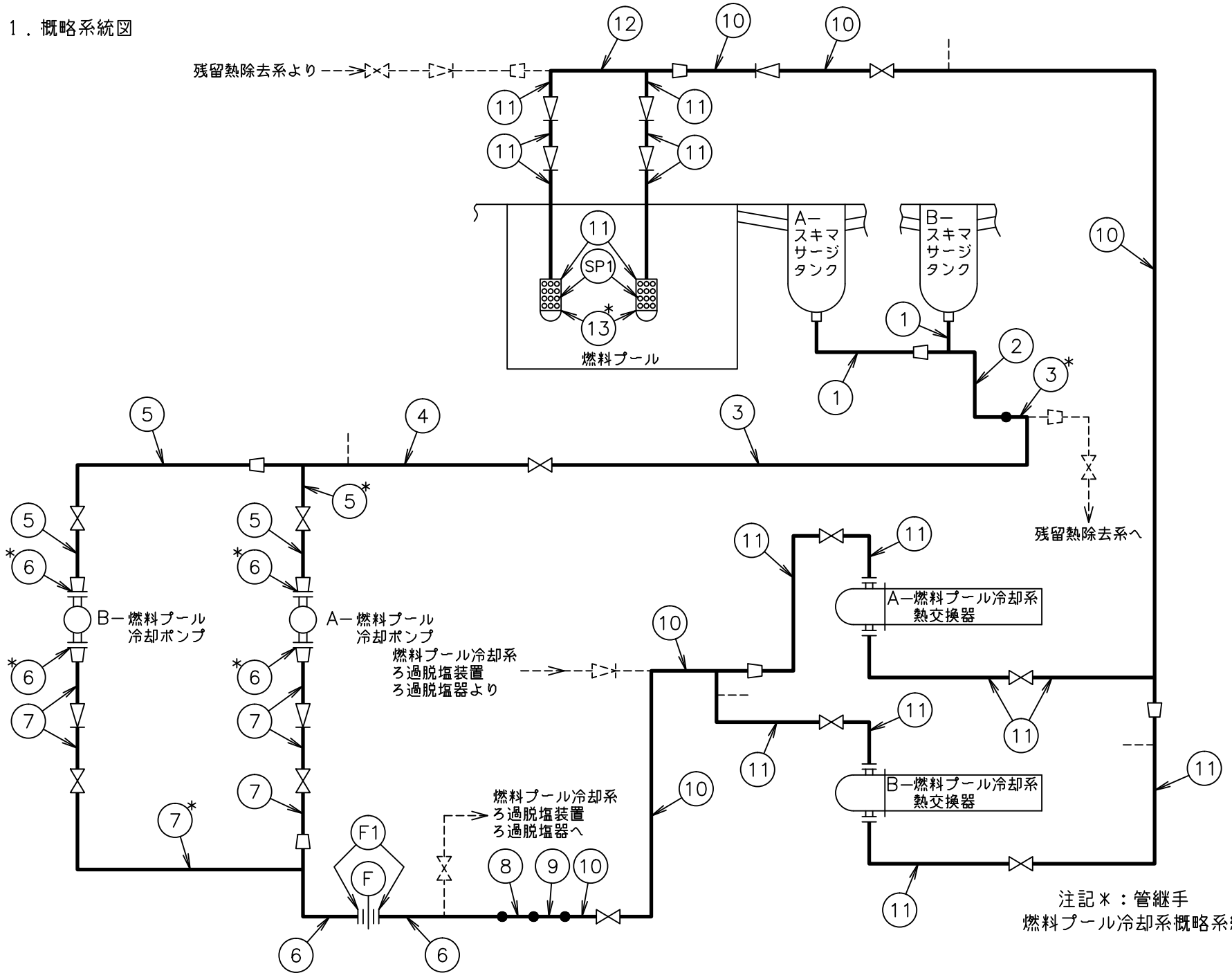
・適用規格の選定

NO.	評価項目	評価区分	判定基準	適用規格
1	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
2	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
3	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
4	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
5	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
6	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
7	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
8	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
9	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
10	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
11	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
12	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
13	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
SP1	管の穴と補強計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
F1	フランジの強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格

目 次

1. 概略系統図	1
2. 管の強度計算書	2
3. 管の穴と補強計算書	4
4. フランジの強度計算書	7

1. 概略系統図



注記*：管継手
燃料プール冷却系概略系統図

2. 管の強度計算書（重大事故等クラス2管）

設計・建設規格 PPC-3411 準用

NO.	最高使用圧力 P (MPa)	最高使用 温 度 (°C)	外 径 D _o (mm)	公称厚さ (mm)	材 料	製 法	ク ラ ス	S (MPa)	η	Q	t _s (mm)	t (mm)	算 式	t _r (mm)
1	静水頭	66	267.40	9.30	SUS304TP	S	2	—	—	12.5 %	8.13	—	—	—
2	静水頭	66	318.50	10.30	SUS304TP	S	2	—	—	12.5 %	9.01	—	—	—
3	静水頭	66	318.50	10.30	STPT42	S	2	—	—	12.5 %	9.01	—	—	—
4	1.37	66	318.50	10.30	STPT42	S	2	103	1.00	12.5 %	9.01	2.11	C	3.80
5	1.37	66	267.40	9.30	STPT42	S	2	103	1.00	12.5 %	8.13	1.77	C	3.80
6	1.37	66	216.30	8.20	STPT42	S	2	103	1.00	12.5 %	7.17	1.43	C	3.80
7	1.37	66	165.20	7.10	STPT42	S	2	103	1.00	12.5 %	6.21	1.10	C	3.80
8	1.37	66	216.30	8.20	STPT410	S	2	103	1.00	12.5 %	7.17	1.43	C	3.80
9	1.37	66	216.30	8.20	SF440A	S	2	110	1.00			1.34	C	3.80
10	1.37	66	216.30	8.20	SUS304TP	S	2	126	1.00	12.5 %	7.17	1.17	A	1.17

評価：t_s ≥ t_r，よって十分である。

管の強度計算書（重大事故等クラス2管）

設計・建設規格 PPC-3411 準用

NO.	最高使用圧力 P (MPa)	最高使用 温 度 (°C)	外 径 D _o (mm)	公称厚さ (mm)	材 料	製 法	ク ラ ス	S (MPa)	η	Q	t _s (mm)	t (mm)	算 式	t _r (mm)
11	1.37	66	165.20	7.10	SUS304TP	S	2	126	1.00	12.5 %	6.21	0.90	A	0.90
12	1.37	66	267.40	9.30	SUS304TP	S	2	126	1.00	12.5 %	8.13	1.45	A	1.45
13	1.37	66	165.20	7.10	SUS304	S	2	126	1.00	12.5 %	6.21	0.90	A	0.90

評価：t_s ≥ t_r，よって十分である。

3. 管の穴と補強計算書

散水管の穴の強度計算書（重大事故等クラス2管）

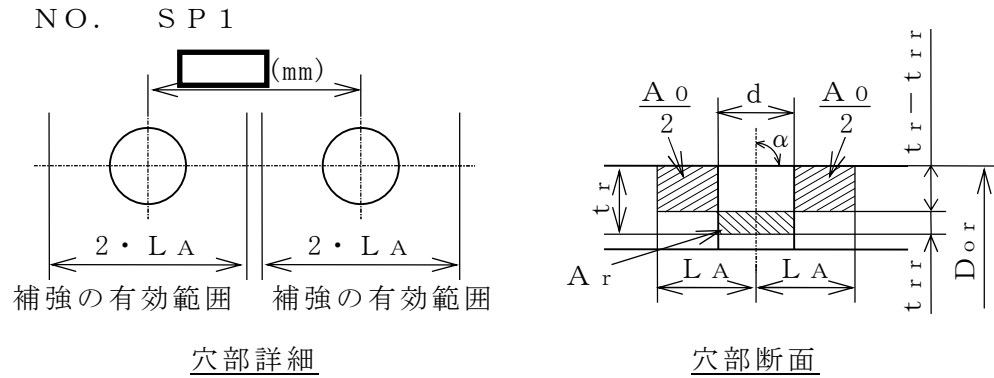


図 3-1 穴部詳細及び穴部断面

(1) 設計・建設規格 PPC-3424(1)により，穴の補強計算を行う。

a. 主管の計算上必要な厚さ

$$\begin{aligned}
 t_{rr} &= \frac{P \cdot D_{or}}{2 \cdot S_r \cdot \eta + 0.8 \cdot P} \\
 &= \frac{1.37 \times 165.20}{2 \times 126 \times 1.00 + 0.8 \times 1.37} \\
 &= 0.90 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

ここで

P	：最高使用圧力	1.37	(MPa)
	最高使用温度	66	(°C)
D _{or}	：主管の外径	165.20	(mm)
S _r	：主管の材料の許容引張応力	126	(MPa)
	主管材料	SUS304TP	
η	：長手継手の効率	1.00	

(2) 設計・建設規格 PPC-3424(4)により，大穴の補強の要否の判定を行う。

a. 大穴の補強を要しない限界径

$$\begin{aligned}d_{frD} &= \frac{D_{or} - 2 \cdot t_r}{2} \\ &= \frac{165.20 - 2 \times 6.21}{2} \\ &= 76.39 \text{ mm}\end{aligned}$$

b. 評価

$d \leq d_{frD}$ ，よって大穴の補強計算は必要ない。

以上より十分である。

4. フランジの強度計算書 (重大事故等クラス2管)

設計・建設規格 PPC-3414 準用
(JIS B 8265 附属書3適用)

設計条件		モーメントの計算			
NO.	F1	HD (N)	5.821×10^4		
形式	一体形(TYPE-4)	hD (mm)	39.53		
設計圧力 P (MPa)	1.85	MD (N・mm)	2.301×10^6		
最高使用圧力 P _o (MPa)	1.37	HG (N)	6.248×10^4		
最高使用温度 (°C)	66	hG (mm)	27.13		
フランジ		MG (N・mm)	1.695×10^6		
		HT (N)	3.337×10^4		
材料	SF45A	hT (mm)	39.84		
σ_{fa} 常温(ガスケット締付時) (20°C) (MPa)	110	MT (N・mm)	1.330×10^6		
σ_{fb} 最高使用温度(使用状態) (MPa)	110	M _o (N・mm)	5.325×10^6		
A (mm)		M _g (N・mm)	1.348×10^7		
B (mm)		フランジの厚さと係数			
C (mm)					
g _o (mm)					
g ₁ (mm)					
h (mm)					
ボルト		h _o (mm)	40.487		
材料		f	1.000		
		F	0.589		
σ_a 常温(ガスケット締付時) (20°C) (MPa)	SNB7 (径 \leq 63mm)	V	0.048		
σ_b 最高使用温度(使用状態) (MPa)	173	K	1.751		
d _b (mm)	19.294	T	1.604		
d _i (mm)	—	U	3.999		
n	12	Y	3.639		
ガスケット		Z	1.968		
		d (mm ³)	225128		
材料		e (mm ⁻¹)	0.01455		
ガスケット厚さ (mm)		t (mm)			
G (mm)		L	1.511		
G _s (mm)		応力の計算			
N (mm)					
m _g	3.00				
y (N/mm ²)	68.9				
b _o (mm)					
b (mm)					
ボルトの計算				応力の評価 $\sigma_{Ho} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$ $\sigma_{Hg} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$ $\sigma_{Ro} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$ $\sigma_{Rg} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$ $\sigma_{To} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$ $\sigma_{Tg} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$	
H (N)	9.158×10^4				
HP (N)	6.248×10^4				
W _{m1} (N)	1.541×10^5				
W _{m2} (N)	3.869×10^5				
A _{m1} (mm ²)	890.5				
A _{m2} (mm ²)	2.236×10^3				
A _m (mm ²)	2.236×10^3				
A _b (mm ²)	3.508×10^3				
W _o (N)	1.541×10^5				
W _g (N)	4.969×10^5				
評価: A _m < A _b よって十分である。		以上より十分である。			

S2 補 VI-3-3-2-2-1-4-1 ROE

VI-3-3-3 原子炉冷却系統施設の強度に関する説明書

VI-3-3-3-4 非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備の強度計算書

VI-3-3-3-4-4 原子炉隔離時冷却系の強度計算書

VI-3-3-3-4-4-1 原子炉隔離時冷却系ストレナの強度計算書

まえがき

本計算書は、VI-3-1-5「重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針」及びVI-3-2-9「重大事故等クラス2管の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

評価条件整理結果を以下に示す。なお、評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については、VI-3-2-1「強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

評価条件整理表

機器名	既設 or 新設	施設時の 技術基準 に対象と する施設 の規定が あるか	クラスアップするか				条件アップするか				既工認に おける 評価結果 の有無	施設時の 適用規格	評価区分	同等性 評価 区分	評価 クラス	
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップの 有無	DB条件		SA条件						
								圧力 (MPa)	温度 (℃)	圧力 (MPa)						温度 (℃)
原子炉隔離時冷却系 ストレーナ	既設	有	有	Non	Non	SA-2	有	—	—	— [0.853]*	104	—	S55告示	設計・建設 規格又は告示	—	SA-2

注記*：原子炉隔離時冷却系ストレーナはその機能及び構造上耐圧機能を必要としないため、最高使用圧力を設定しないが、ここでは、原子炉格納容器の最高使用圧力を〔 〕内に示す。

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格・基準等	4
2.4 記号の説明	5
2.5 計算精度と数値の丸め方	6
3. 評価部位	7
4. 構造強度評価	9
4.1 構造強度評価方法	9
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	9
4.2.1 荷重の組合せ及び供用状態	9
4.2.2 許容応力	9
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	9
4.2.4 設計荷重	13
4.3 解析モデル及び諸元	14
4.4 計算方法	16
4.4.1 応力評価点	16
4.4.2 応力の計算方法	17
4.5 計算条件	23
4.6 応力の評価	23
5. 評価結果	23
5.1 重大事故等対処設備としての評価結果	23
6. 引用文献	25

1. 概要

本計算書は、重大事故等クラス2機器として使用される原子炉隔離時冷却系ストレーナについて、VI-3-1-5「重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針」に基づき、材料及び構造について評価を実施する。当該設備の評価は、「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六号）（以下「技術基準規則」という。）第55条（材料及び構造）に規定されており、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈」（平成25年6月19日 原規技発第1306194号）（以下「技術基準規則の解釈」という。）に従い、設計基準対象施設の規定を準用する。

また、技術基準規則の解釈第17条4において「非常用炉心冷却設備又は格納容器熱除去設備に係るろ過装置の性能評価等について（内規）」（平成20・02・12 原院第5号（平成20年2月27日原子力安全・保安院制定））に適合することと規定されている。

本計算書は、原子炉隔離時冷却系ストレーナがこれらの要求事項に対して十分な強度を有することを確認するための強度評価について示すものである。

以下、重大事故等クラス2管としての構造強度評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

原子炉隔離時冷却系ストレーナの構造計画を表2-1に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>ストレーナはサプレッションプール内に水没された状態で設置されており、原子炉格納容器貫通部に取り付けられたティーにフランジ及び取付ボルトにより据え付けられる。</p>	<p>外径 <input type="text"/> mm, 長さ <input type="text"/> mm の円筒形の鋼製構造物である。</p>	<p>(単位: mm)</p>

2.2 評価方針

原子炉隔離時冷却系ストレーナの応力評価は、「2.1 構造計画」にて示す原子炉隔離時冷却系ストレーナの評価部位を踏まえ、「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4.3 解析モデル及び諸元」に示す解析モデルを用いて、設計荷重による応力等が許容限界内に収まることを、「4. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5. 評価結果」に示す。

原子炉隔離時冷却系ストレーナの応力評価フローを図 2-1 に示す。

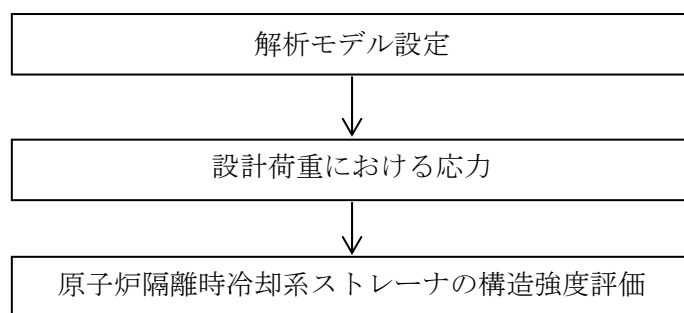


図 2-1 原子炉隔離時冷却系ストレーナの応力評価フロー

2.3 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- (1) 発電用原子力設備規格（設計・建設規格（2005年版（2007年追補版含む。））J S M E S N C 1-2005/2007）（日本機械学会 2007年9月）（以下「設計・建設規格」という。）
- (2) 発電用原子力設備に関する構造等の技術基準（昭和55年通商産業省告示第501号）（以下「告示第501号」という。）
- (3) 非常用炉心冷却設備又は格納容器熱除去設備に係るろ過装置の性能評価等について（内規）（平成20・02・12原院第5号（平成20年2月27日原子力安全・保安院制定））

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A	断面積	mm ²
a	ボルト穴中心円半径	mm
b	フランジ内半径	mm
D _i	各部位の直径*	mm
d	孔径	mm
F	軸力	N
f _t	ボルトの発生応力	MPa
L	長さ	mm
ℓ	ボルトのZ軸からの距離	mm
M	モーメント	N・mm
n	ボルトの本数	—
P	孔の間隔（中心間）	mm
t	板厚	mm
W	ストレーナ重心に作用する荷重	—
X	軸直角方向（水平）	—
Y	軸方向	—
Z	軸直角方向（鉛直）	—
β	形状係数	—
σ _r	曲げ応力	MPa

注：ここで定義されない記号については、各計算の項目において説明する。

注記*：D_iの添字iの意味は、以下のとおりとする。

i = 0 : ストレーナ直径

i = 1 : ボルト孔中心円直径

2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表 2-2 に示すとおりとする。

表 2-2 表示する数値の丸め方

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

注記*1：必要に応じて小数点以下第 3 位表示とする。

*2：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。

*3：絶対値が 1000 以上のときは、べき数表示とする。

*4：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許容引張応力は、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。また、告示第 501 号別表に記載された許容引張応力は、各温度の値を SI 単位に換算し、SI 単位に換算した値の小数点以下第 1 位を四捨五入して、整数位までの値とする。その後、設計・建設規格と同様の換算と桁処理を行う。

3. 評価部位

原子炉隔離時冷却系ストレーナの応力評価は、「4.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、主要部品である多孔プレート、フランジ及びストレーナ取付部ボルトについて実施する。

原子炉隔離時冷却系ストレーナの取付け状況、形状及び主要寸法を図 3-1 及び図 3-2 に示す。

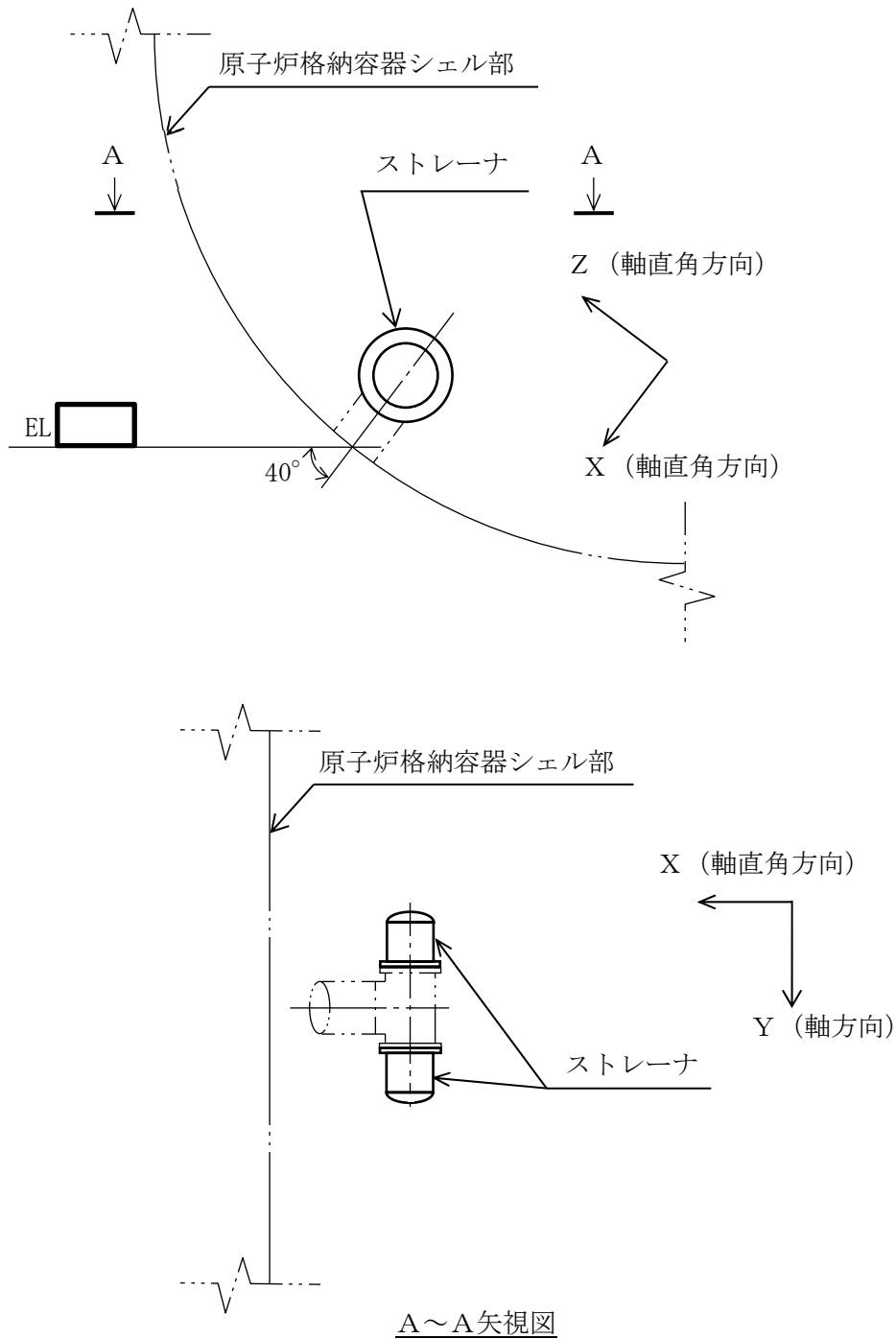
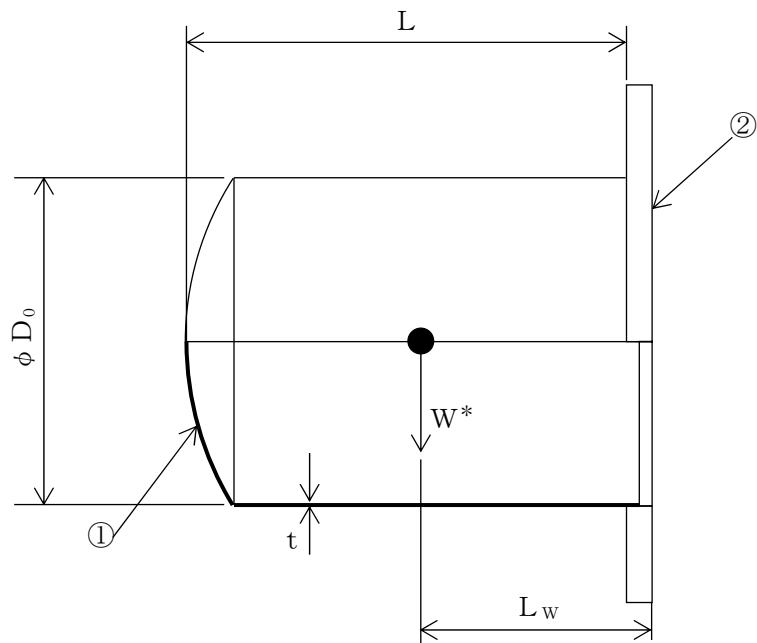
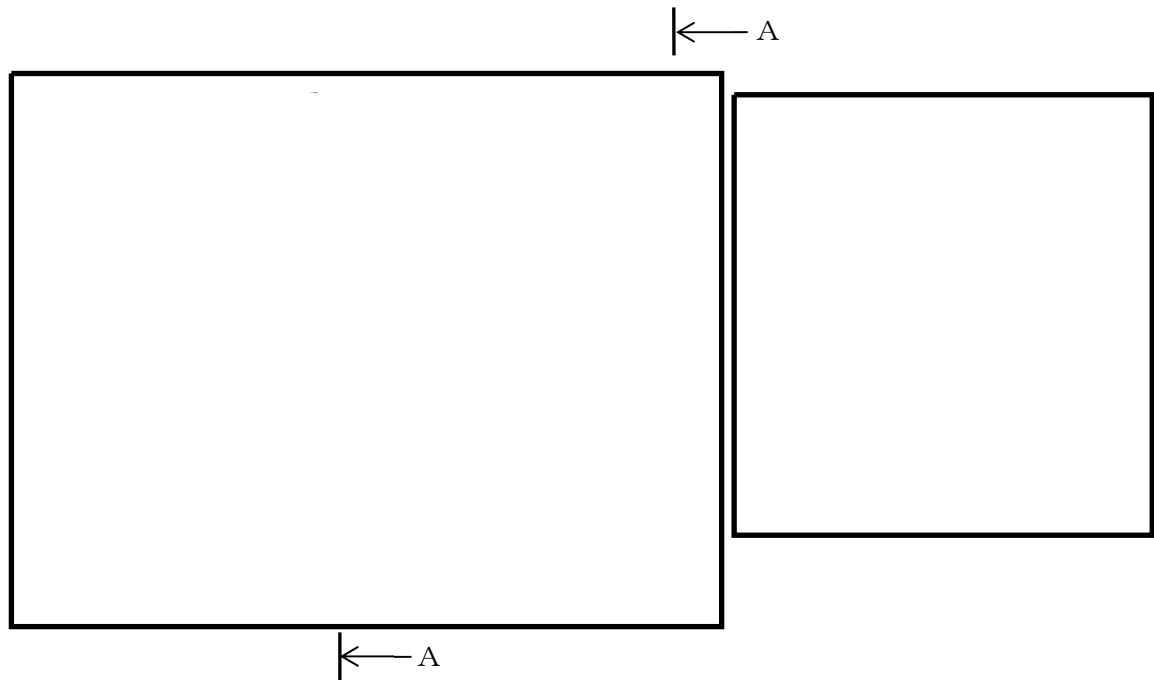


図 3-1 原子炉隔離時冷却系ストレーナの取付け状況



A~A矢視図

$D_0 =$ $L =$ $L_w =$ $t =$ $d =$
 $P =$

① 多孔プレート ② フランジ (厚さ mm)

注記* : W (死荷重) の作用点を示す。

図 3-2 原子炉隔離時冷却系ストレーナの形状及び主要寸法 (単位 : mm)

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

原子炉隔離時冷却系ストレーナは、原子炉隔離時冷却系ストレーナ部テーパーに据付部材を介さずに、ストレーナ取付部ボルトにて直接接続されるものとする。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び供用状態

原子炉隔離時冷却系ストレーナの荷重の組合せ及び供用状態を表 4-1 に、荷重の組合せ整理表を表 4-2 に示す。

4.2.2 許容応力

原子炉隔離時冷却系ストレーナの許容応力を表 4-3 に示す。なお、評価対象は、構造又は形状の不連続性を有する部分であることから、発生する一次一般膜応力は十分小さいため、一次一般膜応力の評価結果の記載については省略する。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

原子炉隔離時冷却系ストレーナの許容応力評価条件を表 4-4 及び表 4-5 に示す。なお、各評価部位の使用材料については以下のとおり。

多孔プレート

フランジ

ストレーナ取付部ボルト

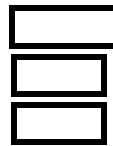


表 4-1 荷重の組合せ及び供用状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	機器等の区分	荷重の組合せ	供用状態 (許容応力状態)
原子炉冷却 系統施設	非常用炉心冷却設備 その他原子炉注水設備	原子炉隔離時冷却系 ストレーナ	重大事故等クラス 2 管	$D + P_{SAD} + M_{SAD}$	重大事故等時*

注記*：重大事故等時として設計・建設規格に規定の応力計算では運転状態V（L）は供用状態A，運転状態V（S）は供用状態Dの許容限界を用い，告示第501号に規定の応力計算では運転状態V（L）は許容応力状態I_A，運転状態V（S）は許容応力状態IV_Aの許容限界を用いる。

表 4-2 荷重の組合せ整理表（重大事故等対処設備）

組合せ No.	運転状態	死荷重	異物 荷重	差圧	SRV 荷重		LOCA 荷重			供用状態 (許容応力状態)
					運転時	中小 破断時	プール スウェル	蒸気 凝縮 (CO)	チャギング (CH)	
SA-1	運転状態 V（L）	○		○						重大事故等時*
SA-2	運転状態 V（S）	○		○				○		重大事故等時*
SA-3	運転状態 V（S）	○		○		○			○	重大事故等時*
SA-4	運転状態 V（S）	○					○			重大事故等時*

注記*：重大事故等時として設計・建設規格に規定の応力計算では運転状態V（L）は供用状態A，運転状態V（S）は供用状態Dの許容限界を用い，告示第501号に規定の応力計算では運転状態V（L）は許容応力状態I_A，運転状態V（S）は許容応力状態IV_Aの許容限界を用いる。

表 4-3 許容応力

(重大事故等クラス 2 管)

供用状態 (許容応力状態)	許容限界	
	一次一般膜応力	一次応力 (曲げ応力含む)
重大事故等時*1	$S^{*2, *3}$	長期荷重 $1.5 \cdot S^{*2}$ 短期荷重 $1.8 \cdot S^{*2}$
	$S^{*2, *3}$	長期荷重 S^{*3} 短期荷重 $1.2 \cdot S^{*3}$

(重大事故等クラス 2 耐圧部テンションボルト)

供用状態 (許容応力状態)	許容限界
重大事故等時*1	$2 \cdot S^{*2, *3}$

注記*1：重大事故等時として設計・建設規格に規定の応力計算では運転状態V（L）は供用状態A，運転状態V（S）は供用状態Dの許容限界を用い，告示第501号に規定の応力計算では運転状態V（L）は許容応力状態I_A，運転状態V（S）は許容応力状態IV_Aの許容限界を用いる。

*2：設計・建設規格に規定の応力評価に用いる許容応力（重大事故等クラス 2 管（クラス 2， 3 管））

*3：告示第 5 0 1 号の規定の応力評価に用いる許容応力（重大事故等クラス 2 管（第 3 種管））

表4-4 使用材料の設計・建設規格に規定の応力計算に用いる許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
		最高使用温度	104				
多孔プレート		最高使用温度	104		—	—	—
フランジ		最高使用温度	104		—	—	—
ストレーナ取付部ボルト		最高使用温度	104		—	—	—

表4-5 使用材料の告示第501号に規定の応力計算に用いる許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
		最高使用温度	104				
多孔プレート		最高使用温度	104		—	—	—
フランジ		最高使用温度	104		—	—	—
ストレーナ取付部ボルト		最高使用温度	104		—	—	—

4.2.4 設計荷重

(1) 死荷重

原子炉隔離時冷却系ストレーナの自重による荷重を考慮する。なお、原子炉隔離時冷却系ストレーナに付着する異物は想定しない。

原子炉隔離時冷却系ストレーナの自重 $W_1 = \square$ N

内包水を含めた原子炉隔離時冷却系ストレーナの自重 $W_2 = \square$ N

(2) 差圧

差圧による荷重は、原子炉隔離時冷却系ストレーナを通しての最大設計差圧より設定し、以下のとおりとする。

差圧荷重 $P_{dif} = \square$ MPa

(3) 水力的動荷重（逃がし安全弁作動時荷重及び原子炉冷却材喪失時荷重）

逃がし安全弁作動時及び原子炉冷却材喪失時には、サプレッションチェンバ内の水中構造物には様々な荷重が水力的動荷重として作用する。これらの荷重については、原子力安全委員会が策定した評価指針（以下「MARK I 動荷重指針」という。）及び引用文献(1)～(4)に準じて荷重の評価を実施する。

MARK I 動荷重指針及び引用文献(1)～(4)に基づき、原子炉隔離時冷却系ストレーナに加わる水力的動荷重を算出した結果を表4-6に示す。表4-6に示した荷重は、考慮すべき水力的動荷重が最大となる位置を選定して算出した値である。

なお、原子炉隔離時冷却系ストレーナは、プールスウェル荷重の内のベントクリアリング、プールスウェル、ブレークスルー及びフォールバックによる荷重は十分小さいため評価対象としない。また、逃がし安全弁作動時荷重の内の水ジェット及び蒸気凝縮過程による荷重についても十分小さいため評価対象としない。

表4-6 水力的動荷重（逃がし安全弁作動時荷重及び原子炉冷却材喪失時荷重）

(単位：N)

荷重名称		軸方向荷重	軸直角方向荷重
LOCA後の荷重	プールスウェル (気泡形成)		
	蒸気凝縮 (CO)		
	チャギング (CH)		
SRV荷重 (中小破断時)			

注1：方向は図3-1参照。ただし、軸直角方向（水平方向X及び鉛直方向Z）については、二乗和平方根としている。

注2：それぞれの荷重は、加速度ドラッグ荷重と定常ドラッグ荷重との代数和とする。

注3：SRV荷重は、気泡振動による荷重としている。

4.3 解析モデル及び諸元

原子炉隔離時冷却系ストレナへの応答解析に用いる、ストレナから原子炉格納容器貫通部までをモデル化したはりモデル（以下「応答解析用モデル」という。）について説明する。原子炉隔離時冷却系ストレナの解析モデルを図 4-1 に、応答解析用モデルの概要を以下に示す。解析モデルはVI-2-5-5-4-1「原子炉隔離時冷却系ストレナの耐震性についての計算書」に示す応答解析用モデルと同じモデルである。また、機器の諸元を表 4-7 に示す。

- (1) 応答解析用モデルではストレナから原子炉格納容器貫通部までをはり要素を用いた有限要素モデルとしてモデル化して解析を行い、荷重を算出する。なお、ストレナについては、構造上十分に剛性が高いため、剛体としてモデル化している。
- (2) ストレナ部テーと原子炉格納容器貫通部は溶接構造で取り付けられており、付根部は原子炉格納容器シェル部を模擬したばねの端点を拘束する。
- (3) 各部の質量は、各部の重心位置（図 4-1 の○の節点）に集中質量を与える。
- (4) 本設備はサプレッションプールに水没している機器であるため、内包水及び排除水の影響を加味し、ストレナ質量に含める。
- (5) 解析コードは「MSC NASTRAN」を使用し、荷重を求める。なお、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

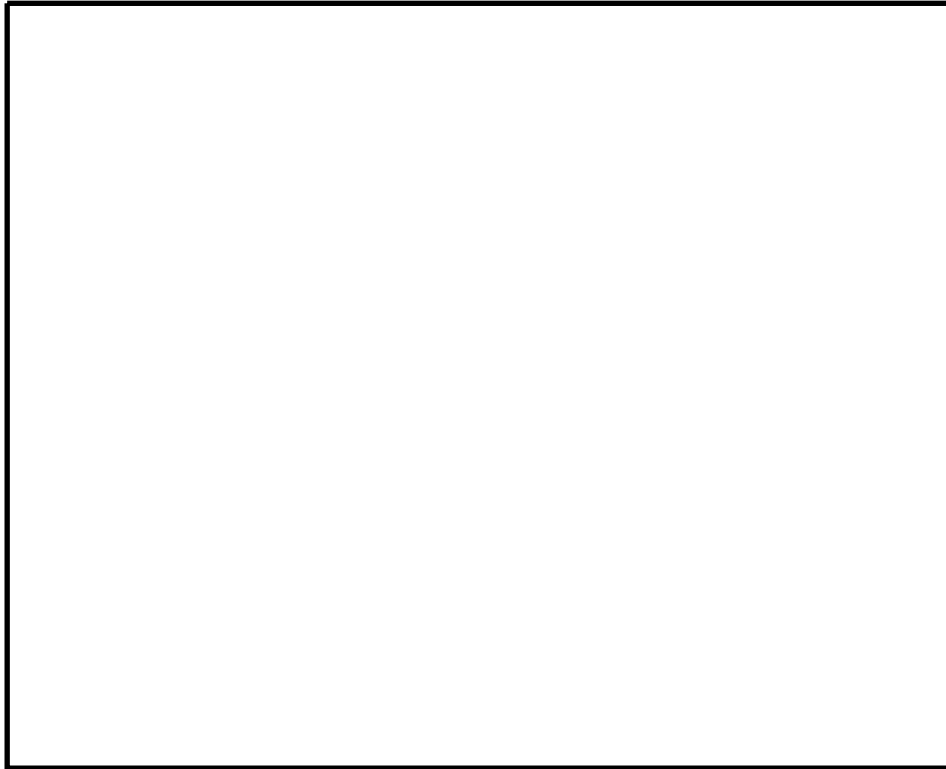


図 4-1 応答解析用モデル

表 4-7 機器諸元

項目	単位	入力値
原子炉隔離時冷却系 ストレナの材質	—	
原子炉隔離時冷却系 ストレナの質量	kg/個	
原子炉隔離時冷却系 ストレナの 内抱水及び排除水の質量	kg/個	
温度	℃	104
縦弾性係数	MPa	
ポアソン比	—	
要素数	個	
節点数	個	

4.4 計算方法

4.4.1 応力評価点

原子炉隔離時冷却系ストレーナの構造は、フランジに円筒型の多孔プレートが取付く構造となっている。ここでは、多孔プレートとフランジの取付部、フランジ及びボルトを応力評価点として選定し、評価を実施する。

応力評価点を表 4-8 及び図 4-2 に示す。

表 4-8 応力評価点

名称	応力評価点番号	応力評価点
多孔プレート	P1	多孔プレートとフランジの取付部
フランジ	P2	フランジ
ストレーナ取付部ボルト	P3	ボルト

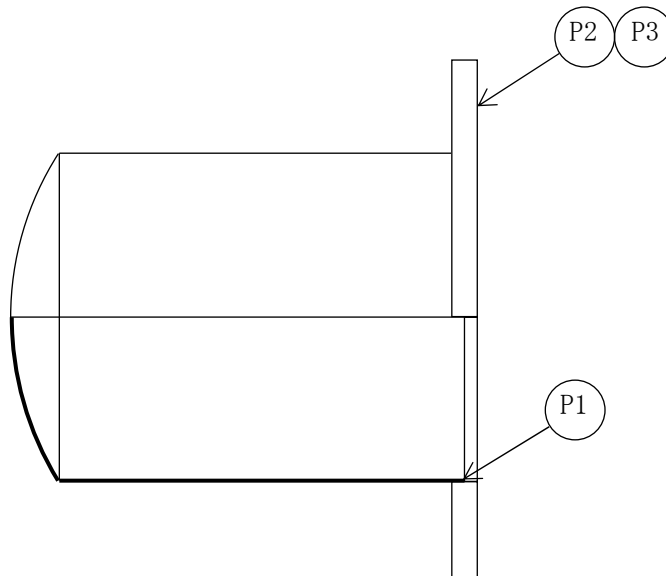


図 4-2 応力評価点

4.4.2 応力の計算方法

応力の計算方法について、以下に示す。なお、フランジ及びボルトについては作用する荷重についても本項目で記載する。

(1) 多孔プレート (応力評価点 P1)

a. 差圧荷重による応力

円周方向応力

$$\sigma_t = -\frac{P_{\text{dif}} \cdot D_o}{2 \cdot t'}$$

ここに、 P_{dif} : 4.2.4(2)に示す差圧荷重

D_o : ストレーナ直径 = (mm)

t' : 多孔プレートの等価板厚 (設計・建設規格 PVE-3251 準用)

$$= \frac{P - d}{P} \cdot t$$

P : 孔の間隔 (中心間) = (mm)

d : 孔径 = (mm)

t : 板厚 = (mm)

軸方向応力

$$\sigma_\ell = -\frac{P_{\text{dif}} \cdot D_o}{4 \cdot t'}$$

b. ストレーナに作用する荷重による応力

(a) 死荷重による荷重

軸直角方向荷重によるモーメント

$$M_{ZX} = W_1 \cdot L_w$$

軸直角方向荷重

$$F_{ZX} = W_1$$

ここに、 W_1 : 4.2.4(1)に示す原子炉隔離時冷却系ストレーナの自重(N)

L_w : モーメントアーム = (mm)

(b) 水力学的動荷重

軸方向荷重 : F_Y

軸直角方向荷重によるモーメント : $M_{ZX} = F_{ZX} \cdot L_w$

軸直角方向荷重 : F_{ZX}

ここに、 F_Y : 表 4-6 に示す軸方向荷重

F_{ZX} : 表 4-6 に示す軸直角荷重

L_w : モーメントアーム

(c) 各荷重による応力

軸方向荷重による応力

$$\sigma = \frac{F_Y}{A}$$

ここに、 A : ストレーナ取付部円筒胴の断面積

$$= \frac{\pi \cdot \{D_o^2 - (D_o - 2 \cdot t')^2\}}{4}$$

モーメントによる応力

$$\sigma_b = \frac{M_{ZX}}{Z}$$

ここに、 Z : ストレーナ取付部円筒胴の断面係数

$$= \frac{\pi \cdot \{D_o^4 - (D_o - 2 \cdot t')^4\}}{32 \cdot D_o}$$

軸直角方向荷重による応力

$$\tau = \frac{F_{ZX}}{A}$$

ここに、 A : ストレーナ取付部円筒胴の断面積

(2) フランジ (応力評価点 P2)

以下に示す計算方法により応力評価を行う。

ストレーナ取付部フランジは、一般的なフランジと異なりガスケットを使用しない。そこで、フランジを以下のようにモデル化し、応力評価を行う。

フランジを外周 (ボルト穴中心円直径) が固定された平板と考え、表 4-9 に示すモーメントが中心部に作用すると考える。この場合の発生応力は、引用文献(5)より、図 4-3 に示す計算モデルで下記の計算式より求める。

$$\sigma_r = \frac{\beta \cdot M_{fmax}}{a \cdot t^2}$$

ここに、 σ_r : 曲げ応力 (MPa)

M_{fmax} : 表 4-9 に示すモーメント (N・mm)

a : ボルト穴中心円半径 = ÷ 2 = (mm)

b : フランジ内半径 = (mm)

t : フランジ板厚 = (mm)

β : b/a (=) から決まる計算上の係数 =

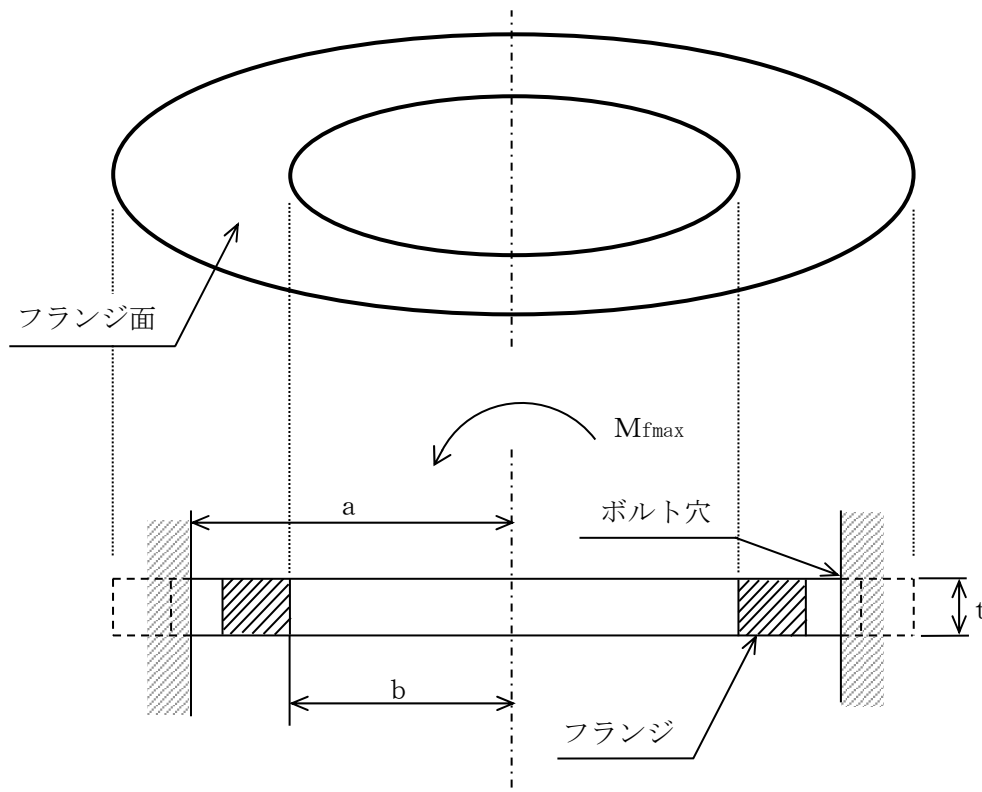


図 4-3 フランジ断面の計算モデル

ストレーナ取付部フランジの設計荷重は、ストレーナに作用する荷重から算出したフランジ部のモーメントを用いる。ここでのモーメントとは、図 4-4 に示すように、ストレーナ重心に作用する荷重とその作用点からフランジまでのモーメントアームから計算したモーメントであり、フランジに対して面外方向の曲げモーメント（2 方向ある面外方向曲げモーメントの二乗和平方根の合成値）とする。なお、SRV 荷重、プールスウェル荷重、蒸気凝縮荷重及びチャッキング荷重については、応答解析より得られた、フランジに対する面外方向の曲げモーメントを用いる。

ストレーナ重心がフランジ中心軸上に位置することから、フランジ面内方向のモーメント（ねじりモーメント）は発生しないため、ここでは評価対象としない。

フランジの設計荷重を表 4-9 に示す。

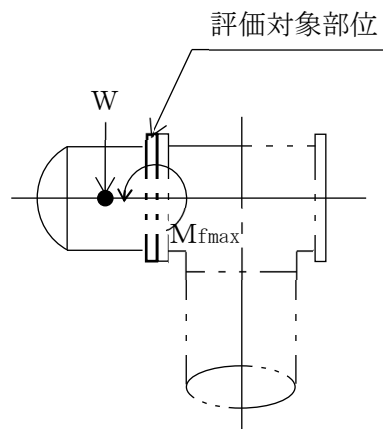


図 4-4 フランジに作用するモーメント

表 4-9 フランジの設計荷重

(単位：N・mm)

荷重		モーメント M_{fmax}
1	死荷重	
2	差圧	
3	SRV 荷重	
4	プールスウェル（気泡形成）	
5	蒸気凝縮（CO）	
6	チャッキング（CH）	

(3) ストレーナ取付部ボルト（応力評価点 P3）

ボルトには、表 4-9 に示すモーメントに加え、ストレーナの軸方向に発生する荷重によりボルトの軸方向荷重が発生する。

フランジに作用するモーメントにより、ボルトに生じる軸力は、以下のように算出する。

図 4-5 に示すフランジの中心を通る中立軸（Z 軸）まわりのモーメントを考える。このとき、Z 軸まわりのモーメントは、各ボルトに発生する軸力とボルトの Z 軸からの距離の積から得られるモーメントとつりあっていると考えることができる。ここで、軸方向荷重によって中立軸が移動するが、軸方向荷重のボルトへの影響が小さいため、軸方向荷重による中立軸の移動は無視する。

したがって、Z 軸まわりのモーメントと各ボルトの軸力の関係は下記となる。

$$M_Z = \sum_{k=1}^n F_{tk} \cdot \ell_k$$

ここに、 M_Z : Z 軸まわりのモーメント (N・mm)

F_{tk} : 各ボルトに発生する軸力 (N)

ℓ_k : 任意のボルト k における Z 軸からの距離 (mm)

n : ボルトの本数 = \square

なお、ストレーナ重心がフランジ中心軸上に位置することから、フランジ面内方向のモーメント（ねじりモーメント）は発生しないため、ここでは評価対象としない。

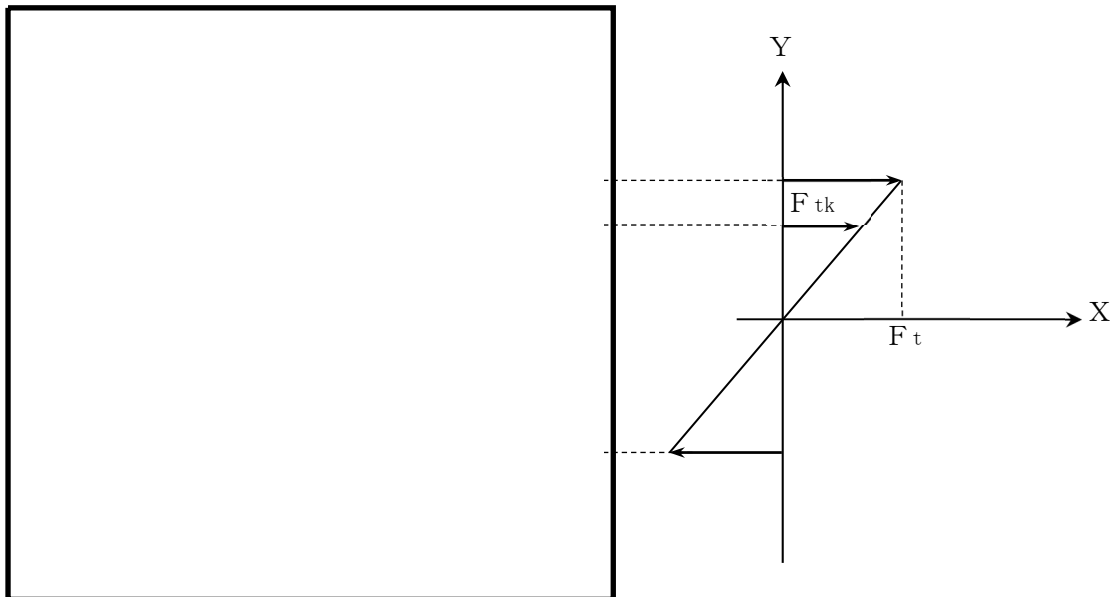


図 4-5 各ボルトに発生する軸力とモーメントアームの関係

また、ボルト軸力の Z 軸まわりのモーメント寄与分は中立軸上ではゼロであり、図 4-5 に示すように、曲げモーメントを伝えるボルトの軸力は回転中心からの距離に比例して変化するとして算定する。この場合、ボルトに発生する最大の軸力を F_t とすると、各ボルトに発生する軸力 F_{tk} は下記となる。

$$F_{tk} = F_t \cdot \frac{\ell_k}{D_1/2}$$

ここに、 F_t : 最大の軸力が発生するボルトの軸力(N)

F_{tk} : 各ボルトに発生する軸力(N)

D_1 : ボルト孔中心円直径= (mm)

以上より、 n が偶数の場合、Z軸まわりのモーメントは下記となる。

$$M_z = \frac{2 \cdot F_t}{D_1} \cdot \sum_{k=1}^n \ell_k^2 = \frac{F_t \cdot D_1 \cdot n}{4}$$

$$\text{ただし、} \ell_k = \frac{D_1}{2} \cdot \sin\left\{\frac{2 \cdot \pi}{n} \cdot (k-1)\right\}$$

よって、表4-9に示すモーメントから、ボルトの軸力は以下のように算出できる。

$$F_t = \frac{4 \cdot M_{fmax}}{D_1 \cdot n}$$

したがって、ボルトに発生する応力は下記となる。

$$f_t = \frac{F_t}{A_s} + \frac{F_{axl}}{A_s \cdot n}$$

ここに、 f_t : ボルトの発生応力(MPa)

A_s : ボルトの有効断面積 = $\frac{\pi \cdot d_b^2}{4}$ (mm²)

d_b : ボルトのねじ部谷径 = (mm)

F_{axl} : 表4-10に示す軸方向荷重(N)

ストレーナ取付ボルトの設計荷重は、4.4.2項(2)に示すフランジに作用する最大モーメントに加え、ストレーナの軸方向に発生する荷重によりボルトの軸方向荷重を考慮した引張力を合算して応力評価を行う。フランジとボルトは摩擦接合であるため、ボルトに対するせん断力は作用しないものとする。

ボルトの設計荷重を表4-10に示す。

表4-10 ボルトの設計荷重

(単位：N)

荷重		軸方向荷重
1	死荷重	
2	差圧	
3	S R V 荷重	
4	プールスウェル (気泡形成)	
5	蒸気凝縮 (C O)	
6	チャギング (C H)	

4.5 計算条件

応力解析に用いる自重及び荷重は、本計算書の「4.2 荷重の組合せ及び許容応力」及び「4.4 計算方法」に示す。

4.6 応力の評価

「4.4 計算方法」で求めた応力が表 4-3, 表 4-4 及び表 4-5 を用いて算出される許容応力以下であること。

5. 評価結果

5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

原子炉隔離時冷却系ストレーナの重大事故等時の状態を考慮した場合の強度評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足している。

(1) 重大事故等時に対する評価

重大事故等時に対する応力評価結果を表 5-1, 表 5-2 に示す。

なお、各評価点における計算応力は表 4-2 に示す荷重の組合せのうち、発生値が最も高い評価を記載している。

表 5-1 設計・建設規格の規定に基づく重大事故等時に対する応力評価結果 (D + P_{SAD} + M_{SAD})

評価対象設備	評価部位		応力分類	重大事故等時		荷重組合せ
				計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	
原子炉隔離時 冷却系ストレーナ	P1	多孔プレートとフランジの取付部	一次膜応力 +一次曲げ応力	10	194	SA-3
	P2	フランジ	曲げ応力	3	218	SA-3
	P3	ボルト	引張応力	2	210	SA-3

表 5-2 告示第 5 0 1 号の規定に基づく重大事故等時に対する応力評価結果 (D + P_{SAD} + M_{SAD})

評価対象設備	評価部位		応力分類	許容応力状態 V		荷重組合せ
				計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	
原子炉隔離時 冷却系ストレーナ	P1	多孔プレートとフランジの取付部	一次膜応力 +一次曲げ応力	10	129	SA-3
	P2	フランジ	曲げ応力	3	145	SA-3
	P3	ボルト	引張応力	2	210	SA-3

6. 引用文献

- (1) NEDO-21888, "Mark I Containment Program Load Definition Report", General Electric, November 1981.
- (2) NEDO-21471, "Analytical Model for Estimating Drag Forces on Rigid Submerged Structures Caused by LOCA and Safety Relief Valve Ramshead Air Discharges", General Electric, September 1977
- (3) NEDO-25070, "Analytical Model for Estimating Drag Forces on Rigid Submerged Structures Caused by Condensation Oscillations and Chugging Mark I Containments", General Electric, April 1979
- (4) MARK-I型格納容器の動荷重評価について
MARK-I型格納容器評価検討会 昭和59年9月
- (5) WARREN C. YOUNG
"ROARK'S FORMULAS for Stress and Strain" 7th Edition

VI-3-3-3-4-4-2 ストレーナ部ティーの応力計算書
(原子炉隔離時冷却系)

まえがき

本計算書は、VI-3-1-5「重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針」及びVI-3-2-9「重大事故等クラス2管の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

評価条件整理結果を以下に示す。なお、評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については、VI-3-2-1「強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

評価条件整理表

機器名	既設 or 新設	施設時の 技術基準 に対象と する施設 の規定が あるか	クラスアップするか				条件アップするか				既工認に おける 評価結果 の有無	施設時の 適用規格	評価区分	同等性 評価 区分	評価 クラス	
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB条件		SA条件						
								圧力 (MPa)	温度 (°C)	圧力 (MPa)						温度 (°C)
原子炉隔離時冷却系 ストレーナ (ティー)	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	— [0.427]*1	104*2	— [0.853]*1	104	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2

注記*1：原子炉隔離時冷却系ストレーナ（ティー）は、その機能及び構造上の耐圧機能を必要としないため、最高使用圧力を設定しないが、ここでは、サブプレッションチェンバの最高使用圧力を [] 内に示す。

*2：サブプレッションチェンバの最高使用温度を示す。

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格・基準等	4
2.4 記号の説明	5
2.5 計算精度と数値の丸め方	6
3. 評価部位	7
4. 構造強度評価	8
4.1 構造強度評価方法	8
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	8
4.2.1 荷重の組合せ及び供用状態	8
4.2.2 許容応力	8
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	8
4.2.4 設計荷重	12
4.3 解析モデル及び諸元	13
4.4 計算方法	14
4.4.1 ティーの計算方法	14
4.5 計算条件	15
4.5.1 応力解析に用いるモーメント	15
4.6 応力の評価	15
5. 評価結果	16
5.1 重大事故等対処設備としての評価結果	16

1. 概要

本計算書は、重大事故等クラス2機器として兼用される原子炉隔離時冷却系ストレーナ部ティーについて、VI-3-1-5「重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針」に基づき、材料及び構造について評価を実施する。当該設備の評価は、「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六号）（以下「技術基準規則」という。）第55条（材料及び構造）に規定されており、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈」（平成25年6月19日原規技発第1306194号）（以下「技術基準規則の解釈」という。）に従い、設計基準対象施設の規定を準用する。

また、技術基準規則の解釈第17条4において「非常用炉心冷却設備又は格納容器熱除去設備に係るろ過装置の性能評価等について（内規）」（平成20・02・12原院第5号（平成20年2月27日原子力安全・保安院制定））に適合することと規定されている。

本計算書は、原子炉隔離時冷却系ストレーナ部ティーがこれらの要求事項に対して十分な強度を有することを確認するための強度評価について示すものである。

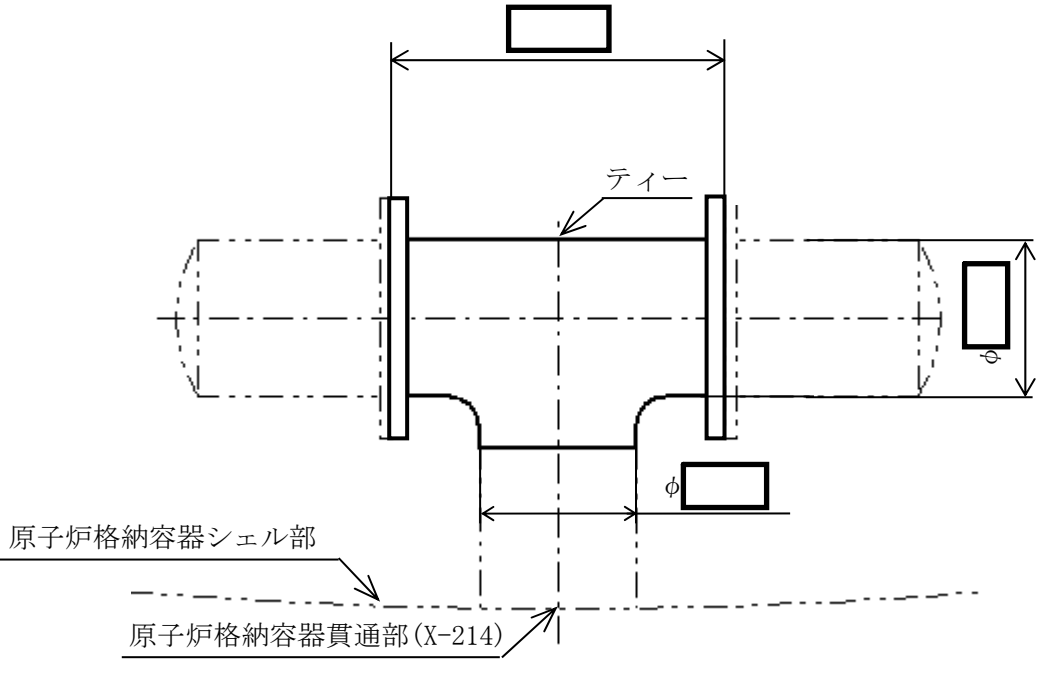
以下、重大事故等クラス2管としての応力評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

原子炉隔離時冷却系ストレーナ部ティーの構造計画を表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	
ティーは、サプレッションプール内に水没された状態で設置されており、原子炉格納容器貫通部に取り付けられている。	ティー形の管継手	 <p>(単位：mm)</p>

2.2 評価方針

原子炉隔離時冷却系ストレーナ部ティーの応力評価は、「2.1 構造計画」にて示すストレーナ部ティーの評価部位を踏まえ、「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4.3 解析モデル及び諸元」に示す解析モデルを用いて、設計荷重による応力等が許容限界内に収まることを、「4. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5. 評価結果」に示す。

原子炉隔離時冷却系ストレーナ部ティーの応力評価フローを図 2-1 に示す。

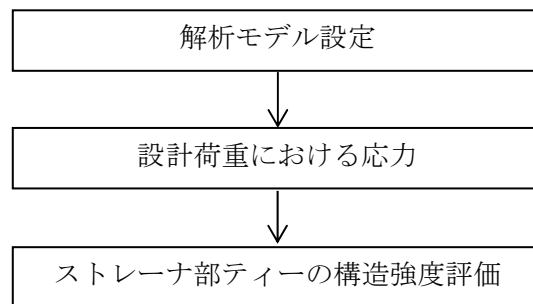


図 2-1 原子炉隔離時冷却系ストレーナ部ティーの応力評価フロー

2.3 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- (1) 発電用原子力設備規格（設計・建設規格（2005年版（2007年追補版含む。））J S M E S N C 1-2005/2007）（日本機械学会 2007年9月）（以下「設計・建設規格」という。）
- (2) 発電用原子力設備に関する構造等の技術基準（昭和 55 年通商産業省告示第 5 0 1 号）（以下「告示第 5 0 1 号」という。）
- (3) 非常用炉心冷却設備又は格納容器熱除去設備に係るろ過装置の性能評価等について（内規）（平成 20・02・12 原院第 5 号（平成 20 年 2 月 27 日原子力安全・保安院制定））

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
S_{prm}	発生応力	MPa
P	最高使用圧力（設計圧力）	MPa
D_o	管の外径	mm
t	管の厚さ	mm
B_{1*1}	設計・建設規格 表 PPB-3812. 1-1 で規定する応力係数 (= <input type="text"/>)	—
B_{2b*1}	設計・建設規格 式 PPB-4. 29 により計算した分岐管の応力係数 $= 0.4 \cdot \left(\frac{R_m}{T_r} \right)^{\frac{2}{3}} (= \text{})$	—
R_m^{*1}	主管の平均半径	mm
T_r^{*1}	主管の厚さ	mm
B_{2r*1}	設計・建設規格 式 PPB-4. 30 により計算した主管の応力係数 $= 0.5 \cdot \left(\frac{R_m}{T_r} \right)^{\frac{2}{3}} (= \text{})$	—
M_b^{*1}	表 4-9 に示す分岐管に作用する最大モーメント	N・mm
M_r^{*1}	表 4-9 に示す主管に作用する最大モーメント	N・mm
Z_b^{*1}	分岐管の断面係数	mm ³
Z_r^{*1}	主管の断面係数	mm ³
P_m^{*2}	内面に受ける最高の圧力	MPa
i_1^{*2}	告示第 5 0 1 号第 57 条に規定する応力係数又は 1.33 のいずれか大きい方の値 $= \frac{0.9}{h^{2/3}} (= \text{})$	—
h^{*2}	i_1 算出に必要な値 $= 4.4 \cdot \frac{t}{r}$	—
r^{*2}	h 算出に必要な値, 管断面の平均半径 $= \frac{D_o - t}{2}$	mm
M_a^{*2}	管の機械的荷重（自重その他の長期的荷重に限る）により生じるモーメント	N・mm
M_b^{*2}	管の機械的荷重（逃し弁又は安全弁の吹出し反力その他の短期的荷重に限る）により生じるモーメント	N・mm
Z^{*2}	管の断面係数 = $\pi \cdot (r)^2 t_n$	mm ³
t_n^{*2}	管の厚さ	mm

注：ここで定義されない記号については，各計算の項目において説明する。

注記*1：設計・建設規格に規定の応力計算に用いる記号

*2：告示第 5 0 1 号に規定の応力計算に用いる記号

2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表 2-2 に示すとおりとする。

表 2-2 表示する数値の丸め方

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

注記*1：必要に応じて小数点以下第 3 位表示とする。

*2：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。

*3：絶対値が 1000 以上のときは、べき数表示とする。

*4：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許容引張応力は、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。また、告示第 501 号別表に記載された許容引張応力は、各温度の値を SI 単位に換算し、SI 単位に換算した値の小数点以下第 1 位を四捨五入して、整数位までの値とする。その後、設計・建設規格と同様の換算と桁処理を行う。

3. 評価部位

原子炉隔離時冷却系ストレーナ部ティーの応力評価は、「4.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、ストレーナ部ティーについて実施する。なお、原子炉隔離時冷却系ストレーナ部ティーのフランジの評価は、ストレーナ側フランジより板厚を大きく設計しており（ティー側フランジ厚さ mm, ストレーナ側フランジ厚さ mm），ティー側フランジにかかる荷重についてはストレーナ側フランジと同じであることから、VI-3-3-3-4-4-1「原子炉隔離時冷却系ストレーナの強度計算書」に示すストレーナ側フランジの評価に包含されるため、ここでは記載を省略する。

原子炉隔離時冷却系ストレーナ部ティーの形状及び主要寸法を図 3-1 及び表 3-1 に示す。

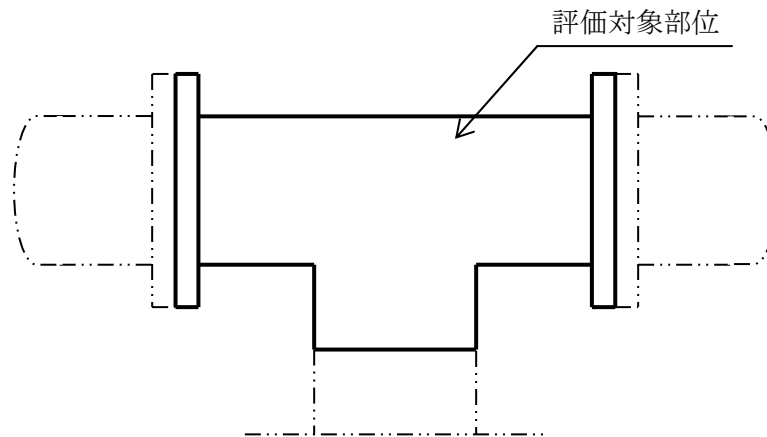


図 3-1 原子炉隔離時冷却系ストレーナ部ティーの形状

表 3-1 原子炉隔離時冷却系ストレーナ部ティーの主要寸法

(単位：mm)

貫通部番号	外径	板厚	フランジ間距離
X-214			

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

ストレーナ部ティーは，ストレーナ部を含む一体モデルでの応答解析から得られたモーメントとストレーナから作用する荷重を用いて構造強度評価を行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び供用状態

荷重の組合せ及び供用状態を表 4-1 に，荷重の組合せ整理表を表 4-2 に示す。

4.2.2 許容応力

原子炉隔離時冷却系ストレーナ部ティーの許容応力を表 4-3 及び表 4-4 に示す。なお，評価対象は，基本板厚計算書で膜応力を考慮した最小板厚の評価を実施していることから，一次一般膜応力の評価結果の記載については省略する。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

原子炉隔離時冷却系ストレーナ部ティーの許容応力評価条件を表 4-5 及び表 4-6 に示す。

なお，各評価部位の使用材料については以下のとおり。

ティー



表 4-1 荷重の組合せ及び供用状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	機器等の区分	荷重の組合せ	供用状態 (許容応力状態)
原子炉冷却 系統施設	非常用炉心冷却 設備その他 原子炉注水設備	原子炉隔離時冷却系 ストレーナ部タイ	重大事故等クラス 2	$D + P_{SAD} + M_{SAD}$	重大事故等時*

注記*：重大事故等時として設計・建設規格に規定の応力計算では運転状態V（L）は供用状態A，運転状態V（S）は供用状態Dの許容限界を用い，告示第501号に規定の応力計算では運転状態V（L）は許容応力状態I_A，運転状態V（S）は許容応力状態IV_Aの許容限界を用いる。

表 4-2 荷重の組合せ整理表（重大事故等対処設備）

組合せ No.	運転状態	死荷重	異物 荷重	差圧	SRV荷重		LOCA荷重			供用状態 (許容応力状態)
					運転時	中小 破断時	プール スウェル	蒸気 凝縮 (CO)	チャギング (CH)	
SA-1	運転状態V（L）	○		○						重大事故等時*
SA-2	運転状態V（S）	○		○				○		重大事故等時*
SA-3	運転状態V（S）	○		○		○			○	重大事故等時*
SA-4	運転状態V（S）	○					○			重大事故等時*

注記*：重大事故等時として設計・建設規格に規定の応力計算では運転状態V（L）は供用状態A，運転状態V（S）は供用状態Dの許容限界を用い，告示第501号に規定の応力計算では運転状態V（L）は許容応力状態I_A，運転状態V（S）は許容応力状態IV_Aの許容限界を用いる。

表 4-3 設計・建設規格に規定の応力計算に用いる許容応力（重大事故等クラス2管（クラス2，3管））

供用状態	一次一般膜応力	一次応力 (曲げ応力を含む)
重大事故等時*	S	長期荷重 $1.5 \cdot S$ 短期荷重 $1.8 \cdot S$

注記*：重大事故等時として運転状態V（L）は供用状態A，運転状態V（S）は供用状態Dの許容限界を用いる。

表 4-4 告示第501号に規定の応力計算に用いる許容応力（重大事故等クラス2管（第3種管））

供用状態	一次一般膜応力	一次応力 (曲げ応力を含む)
重大事故等時*	S	長期荷重 S 短期荷重 $1.2 \cdot S$

注記*：重大事故等時として運転状態V（L）は許容応力状態I_A，運転状態V（S）は許容応力状態IV_Aの許容限界を用いる。

表 4-5 使用材料の設計・建設規格に規定の応力計算に用いる許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S (MPa)
		ティー		

表 4-6 使用材料の告示第 5 0 1 号に規定の応力計算に用いる許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S (MPa)
		ティー		

4.2.4 設計荷重

ストレーナに作用する荷重（死荷重，水力的動荷重等）はフランジを介してティーに伝達される。なお，原子炉隔離時冷却系ストレーナに付着する異物は想定しない。

(1) 死荷重

ティーの死荷重を表 4-7 に示す。

表 4-7 死荷重

(単位：N)

部位	原子炉隔離時冷却系
ティー	

(2) 差圧

ティーの設計圧力は MPa を考慮する。

4.3 解析モデル及び諸元

原子炉隔離時冷却系ストレーナ部ティーの応答解析用モデルを図 4-1 に、解析モデルの概要を以下に示す。解析モデルはVI-2-5-5-4-1「原子炉隔離時冷却系ストレーナの耐震性についての計算書」に示す応答解析用モデルと同じモデルである。また、機器の諸元を表 4-8 に示す。

- (1) 応答解析用モデルではストレーナから原子炉格納容器貫通部までをはり要素を用いた有限要素モデルとしてモデル化して解析を行い、荷重を算出する。なお、ストレーナについては、構造上十分に剛性が高いため、剛体としてモデル化している。
- (2) ストレーナ部ティーと原子炉格納容器貫通部は溶接構造で取り付けられており、付根部は原子炉格納容器シェル部を模擬したばねの端点を拘束する。
- (3) 各部の質量は、各部の重心位置（図 4-1 の○の節点）に集中質量を与える。
- (4) 本設備はサプレッションプールに水没している機器であるため、内包水及び排除水の影響を加味し、ストレーナ質量に含める。
- (5) 解析コードは「MSC NASTRAN」を使用し、荷重を求める。なお、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

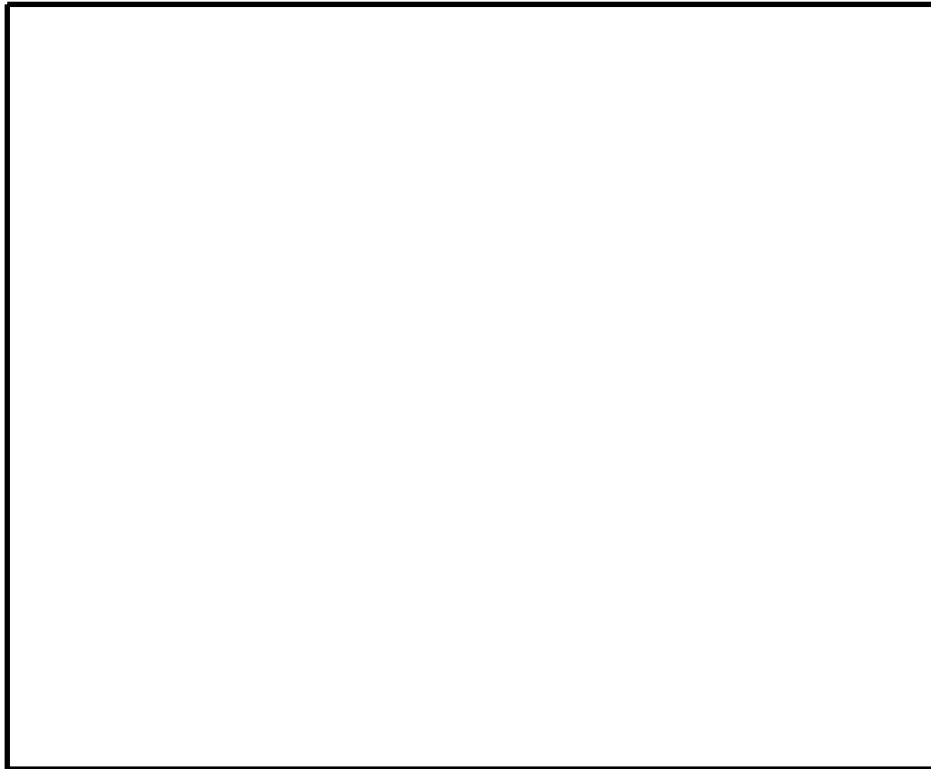


図 4-1 応答解析用モデル

表 4-8 機器諸元

項目	単位	入力値
原子炉隔離時冷却系 ストレーナ部ティーの材質	—	
原子炉隔離時冷却系 ストレーナ部ティーの質量	kg	
原子炉隔離時冷却系 ストレーナ部ティーの 内抱水及び排除水の質量	kg/個	
温度	℃	104
縦弾性係数	MPa	
ポアソン比	—	
要素数	個	
節点数	個	

4.4 計算方法

4.4.1 ティーの計算方法

ティーに発生する応力は、設計・建設規格 PPC-3520 及び告示第 5 0 1 号第 56 条に従い算出する。なお、ティーの溶接継手は管の板厚の強度と同等以上となるように設計しているため、ここでは管について評価を行う。

設計・建設規格 PPC-3520 に基づく応力算出は以下の式に従う。

$$S_{\text{prm}} = \frac{B_1 \cdot P \cdot D_o}{2 \cdot t} + \frac{B_{2b} \cdot M_b}{Z_b} + \frac{B_{2r} \cdot M_r}{Z_r}$$

また、告示第 5 0 1 号第 56 条に基づく応力算出は以下の式に従う。

$$S_{\text{prm}} = \frac{P_m \cdot D_o}{4 \cdot t} + \frac{0.75 \cdot i_1 \cdot (M_a + M_b)}{Z}$$

4.5 計算条件

4.5.1 応力解析に用いるモーメント

応力解析に用いるモーメントは、図 4-2 に示す主管と分岐管に作用するモーメントを用いる。主管と分岐管のモーメントは「4.2.4 設計荷重」に示したようにストレナからの伝達荷重を考慮する。

算出したモーメントを表 4-9 に示す。ここでのモーメントとは、設計・建設規格解説 PPC-3520 の考え方に基づいて設定した 3 方向のモーメントを二乗和平方根で合成したものである。

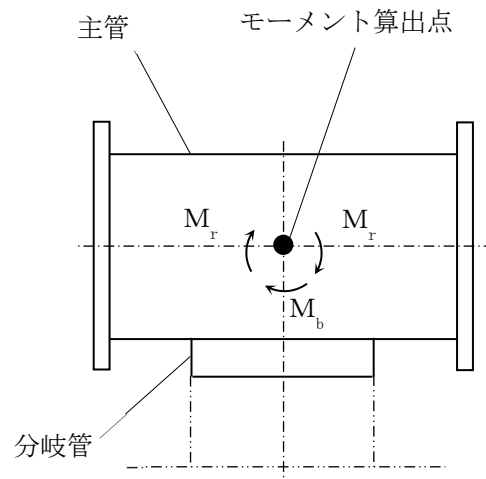


図 4-2 ティーのモーメント算出点

表 4-9 ティーの設計荷重

(単位：N・mm)

荷重		モーメント	
		主管	分岐管
1	死荷重		
2	異物荷重		
3	差圧		
4	SRV荷重		
5	プールスウェル (気泡形成)		
6	蒸気凝縮 (CO)		
7	チャギング (CH)		

4.6 応力の評価

「4.5 計算条件」で求めた応力が表 4-3、表 4-4、表 4-5 及び表 4-6 を用いて算出される許容応力以下であること。

5. 評価結果

5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

ティーの重大事故等時の状態を考慮した場合の評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足していることを確認した。

(1) 重大事故等時に対する評価

重大事故等時に対する応力評価結果を表 5-1, 表 5-2 に示す。

なお, 各評価点における計算応力は表 4-2 に示す荷重の組合せのうち, 発生値が最も高い評価を記載している。

表 5-1 設計・建設規格に基づく重大事故等時に対する評価結果 (D + P_{SAD} + M_{SAD})

評価対象設備	評価部位	運転状態	重大事故等時		
			計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	荷重組合せ
原子炉隔離時冷却系 ストレーナ部ティー	ティー	V (S)	6	185	SA-3

表 5-2 告示第 501 号に基づく重大事故等時に対する評価結果 (D + P_{SAD} + M_{SAD})

評価対象設備	評価部位	運転状態	許容応力状態 V		
			計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	荷重組合せ
原子炉隔離時冷却系 ストレーナ部ティー	ティー	V (S)	6	123	SA-3

VI-3-3-3-4-5 低圧原子炉代替注水系の強度計算書

VI-3-3-3-4-5-2 管の強度計算書
(低圧原子炉代替注水系)

VI-3-3-3-4-5-2-1 管の基本板厚計算書
(低圧原子炉代替注水系)

まえがき

本計算書は、VI-3-1-5「重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針」及びVI-3-2-9「重大事故等クラス2管の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

評価条件整理結果を以下に示す。なお、評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については、VI-3-2-1「強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

・評価条件整理表

NO.	既設 or 新設	施設時の 技術基準 に 対象と する施設 の規定が あるか	クラスアップするか				条件アップするか				既工認に おける 評価結果 の有無	施設時の 適用規格	評価 区分	同等性 評価区分	評価 クラス	
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB条件		SA条件						
								圧力 (MPa)	温度 (℃)	圧力 (MPa)						温度 (℃)
1	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	静水頭	66	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
2	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	静水頭	66	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
3	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	静水頭	66	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
4	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	静水頭	66	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
5	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	3.92	66	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
6	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	3.92	66	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
7	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	3.92	66	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
8	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	3.92	66	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
9	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	3.92	66	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
10	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	3.92	185	—	—	設計・建設規格	—	SA-2

NO.	既設 or 新設	施設時の 技術基準 を対象と する施設 の規定が あるか	クラスアップするか				条件アップするか				既工認に おける 評価結果 の有無	施設時の 適用規格	評価 区分	同等性 評価区分	評価 クラス	
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB条件		SA条件						
								圧力 (MPa)	温度 (℃)	圧力 (MPa)						温度 (℃)
11	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	3.92	185	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
12	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	3.92	185	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
13	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	無	3.92	185	3.92	185	無	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
14	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	無	3.92	185	3.92	185	無	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
15	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	2.45	66	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
16	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	2.45	66	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
E1	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	静水頭	66	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
E2	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	3.92	66	—	—	設計・建設規格	—	SA-2

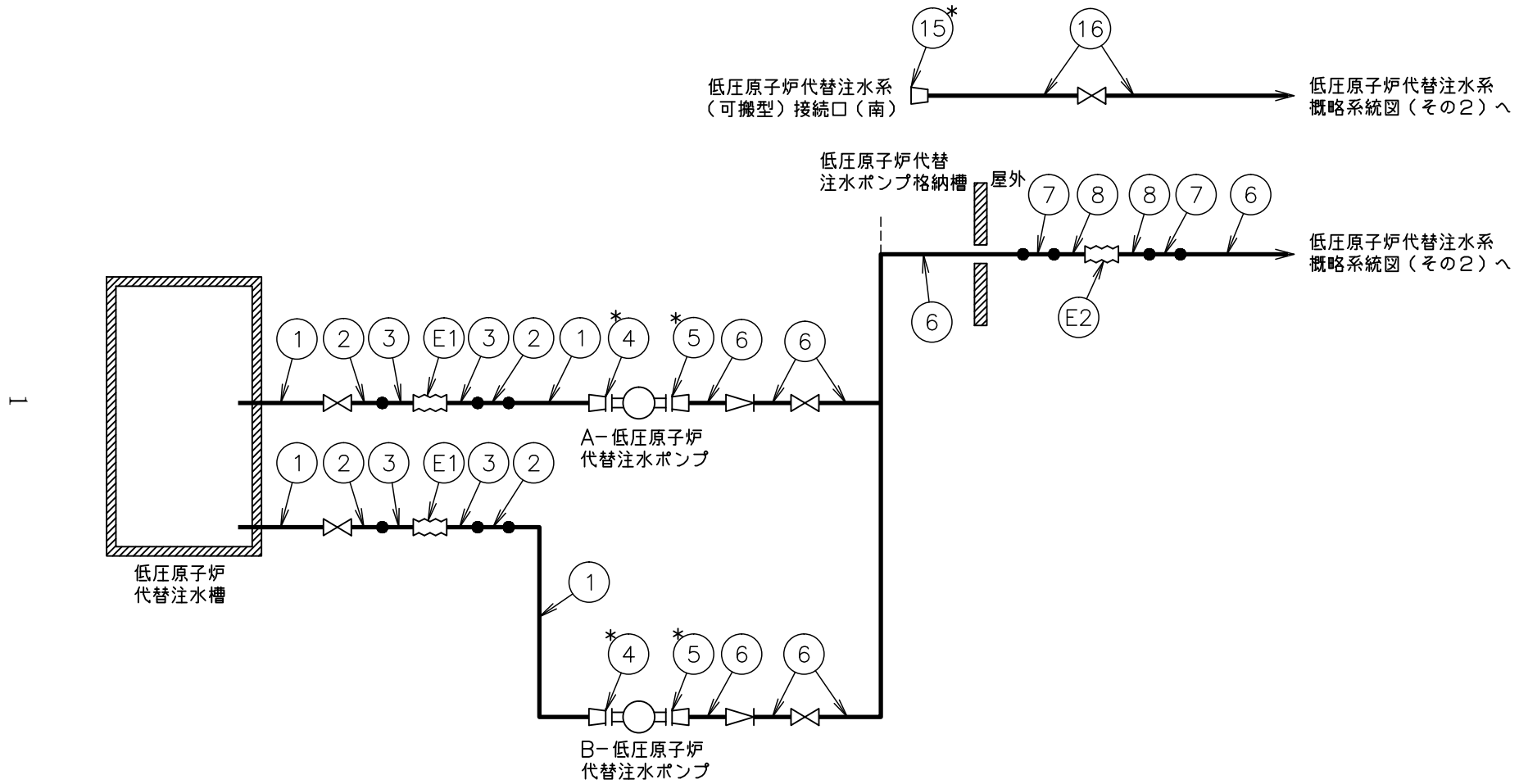
・適用規格の選定

NO.	評価項目	評価区分	判定基準	適用規格
1	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
2	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
3	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
4	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
5	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
6	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
7	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
8	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
9	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
10	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
11	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
12	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
13	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
14	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
15	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
16	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
E1	伸縮継手の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
E2	伸縮継手の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格

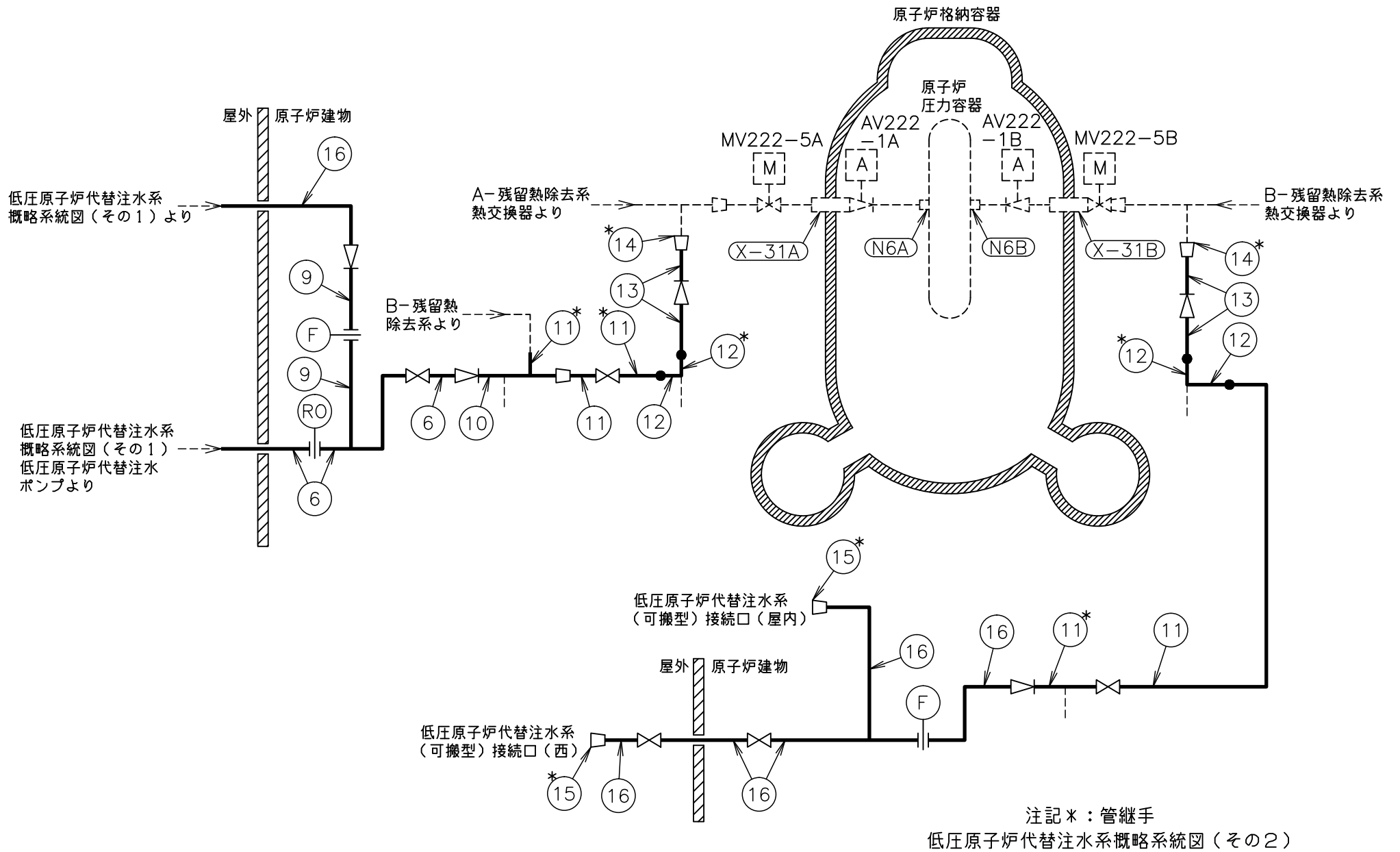
目 次

1. 概略系統図	1
2. 管の強度計算書	3
3. 伸縮継手の強度計算書	5

1. 概略系統図



注記*：管継手
低圧原子炉代替注水係概略系統図 (その1)



2. 管の強度計算書（重大事故等クラス2管）

設計・建設規格 PPC-3411 準用

NO.	最高使用圧力 P (MPa)	最高使用 温 度 (°C)	外 径 D _o (mm)	公称厚さ (mm)	材 料	製 法	ク ラ ス	S (MPa)	η	Q	t _s (mm)	t (mm)	算 式	t _r (mm)
1	静水頭	66	267.40	9.30	SUS304TP	S	2	—	—	12.5 %	8.13	—	—	—
2	静水頭	66	267.40	15.10	SUS304TP	S	2	—	—	12.5 %	13.21	—	—	—
3	静水頭	66	253.00	1.20	SUS304TP	S	2	—	—			—	—	—
4	静水頭	66	216.30	8.20	SUS304TP	S	2	—	—	12.5 %	7.17	—	—	—
5	3.92	66	165.20	7.10	SUS304TP	S	2	126	1.00	12.5 %	6.21	2.54	A	2.54
6	3.92	66	216.30	8.20	SUS304TP	S	2	126	1.00	12.5 %	7.17	3.33	A	3.33
7	3.92	66	216.30	12.70	SUS304TP	S	2	126	1.00	12.5 %	11.11	3.33	A	3.33
8	3.92	66	208.00	4.00	SUS304TP	S	2	126	1.00			3.20	A	3.20
9	3.92	66	114.30	6.00	SUS304TP	S	2	126	1.00	12.5 %	5.25	1.76	A	1.76
10	3.92	185	216.30	8.20	SUS304TP	S	2	112	1.00	12.5 %	7.17	3.74	A	3.74

評価：t_s ≥ t_r，よって十分である。

管の強度計算書（重大事故等クラス2管）

設計・建設規格 PPC-3411 準用

NO.	最高使用圧力 P (MPa)	最高使用 温 度 (°C)	外 径 D _o (mm)	公称厚さ (mm)	材 料	製 法	ク ラ ス	S (MPa)	η	Q	t _s (mm)	t (mm)	算 式	t _r (mm)
11	3.92	185	114.30	6.00	SUS304TP	S	2	112	1.00	12.5 %	5.25	1.98	A	1.98
12	3.92	185	114.30	8.60	STPT410	S	2	103	1.00	12.5 %	7.52	2.15	C	3.40
13	3.92	185	114.30	8.60	STPT42	S	2	103	1.00	12.5 %	7.52	2.15	C	3.40
14	3.92	185	216.30	12.70	STPT42	S	2	103	1.00	12.5 %	11.11	4.06	A	4.06
15	2.45	66	165.20	7.10	SUS304TP	S	2	126	1.00	12.5 %	6.21	1.60	A	1.60
16	2.45	66	114.30	6.00	SUS304TP	S	2	126	1.00	12.5 %	5.25	1.11	A	1.11

評価：t_s ≥ t_r，よって十分である。

3. 伸縮継手の強度計算書（重大事故等クラス2管）

設計・建設規格 PPC-3416 準用

NO.	最高使用圧力 P (MPa)	最高使用温度 (°C)	材 料	縦弾性係数 E (MPa)	t (mm)	全伸縮量 δ (mm)	b (mm)	h (mm)	n	c	算 式	継手部応力 σ (MPa)	N $\times 10^3$	N r $\times 10^3$	U
E1	静水頭	66	SUS304	192000	1.20	8.00	14.00	28.00	20	1	A	249	578.7	0.25	0.0005
E2	3.92	66	SUS304	192000	2.00	6.00	20.00	38.00	20	2	B	202	1203.4	0.25	0.0002

評価：U \leq 1, よって十分である。

注：E1の外径は，309.0mm，E2の外径は，284.0mm

VI-3-3-7 原子炉格納施設の強度に関する説明書

VI-3-3-7-1 原子炉格納容器の強度計算書

VI-3-3-7-1-5 ベント管の強度計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格・基準等	3
2.4 記号の説明	4
3. 評価部位	5
4. 構造強度評価	6
4.1 構造強度評価方法	6
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	6
4.3 解析モデル及び諸元	10
4.4 計算方法	14
4.5 計算条件	16
4.6 応力の評価	16
5. 評価結果	17
5.1 重大事故等対処設備としての評価結果	17
6. 参照図書	19

1. 概要

本計算書は、ベント管の強度計算書である。

ベント管は、設計基準対象施設のベント管を重大事故等クラス2容器として兼用する機器である。

以下、重大事故等クラス2容器として、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びVI-3-1-5「重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針」に基づき、ベント管の構造強度評価を示す。

なお、本計算書においては、重大事故等時における荷重に対して、昭和59年9月17日付け59資庁第8283号にて認可された工事計画の添付書類（参照図書(1)）（以下「既工認」という。）に示す手法に従い構造強度評価を行う。

2. 一般事項

2.1 構造計画

ベント管の構造計画を表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	
<p>ベント管は、ドライウェルに支持され、ベントヘッド及びダウンカマを支持する。</p>	<p>ベント管は、内径 <input type="text"/> mm, 板厚 <input type="text"/> mm 及び <input type="text"/> mm の鋼製円筒構造物である。</p>	<p>概略構造図</p> <p>ドライウェル</p> <p>ベント管</p> <p>ダウンカマ</p> <p>A部詳細図</p> <p>B-B矢視</p> <p>ベントヘッド (単位: mm)</p>

2.2 評価方針

ベント管の応力評価は、VI-1-8-1「原子炉格納施設的设计条件に関する説明書」及びVI-3-1-5「重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「3. 評価部位」にて設定する箇所において重大事故等時における温度、圧力による応力等が許容限界内に収まることを、「4. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5. 評価結果」に示す。

ベント管の構造強度評価フローを図2-1に示す。

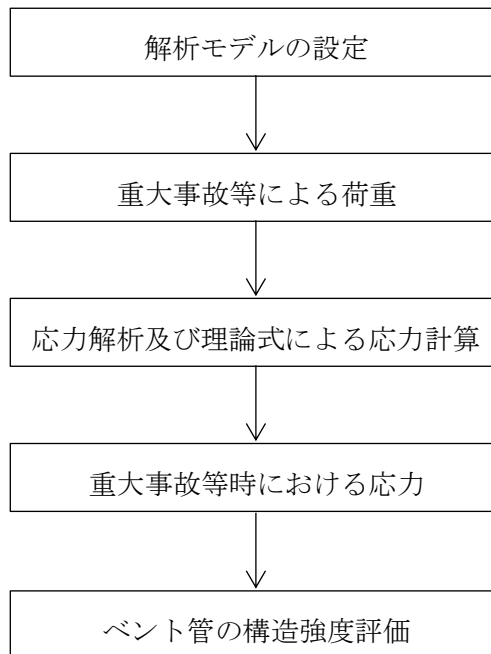


図2-1 ベント管の構造強度評価フロー

2.3 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- ・発電用原子力設備規格（設計・建設規格（2005年版（2007年追補版含む。））J S M E S N C 1-2005/2007）

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
D	死荷重	—
D_1	直径	mm
D_i	内径	mm
D_o	外径	mm
E	縦弾性係数	MPa
l	長さ	mm
m_0	機器質量	kg
m_1	水質量	kg
M_{SA}	機械的荷重 (SA後機械的荷重)	—
P_{SA}	圧力 (SA後圧力)	—, kPa
S	許容引張応力	MPa
S_u	設計引張強さ	MPa
S_y	設計降伏点	MPa
$S_y (RT)$	40°Cにおける設計降伏点	MPa
T	温度	°C
T_{SA}	温度 (SA後温度)	°C
t_i	厚さ (i = 1, 2, 3)	mm
ν	ポアソン比	—

3. 評価部位

ベント管の形状及び主要寸法を図 3-1 に、使用材料及び使用部位を表 3-1 に示す。

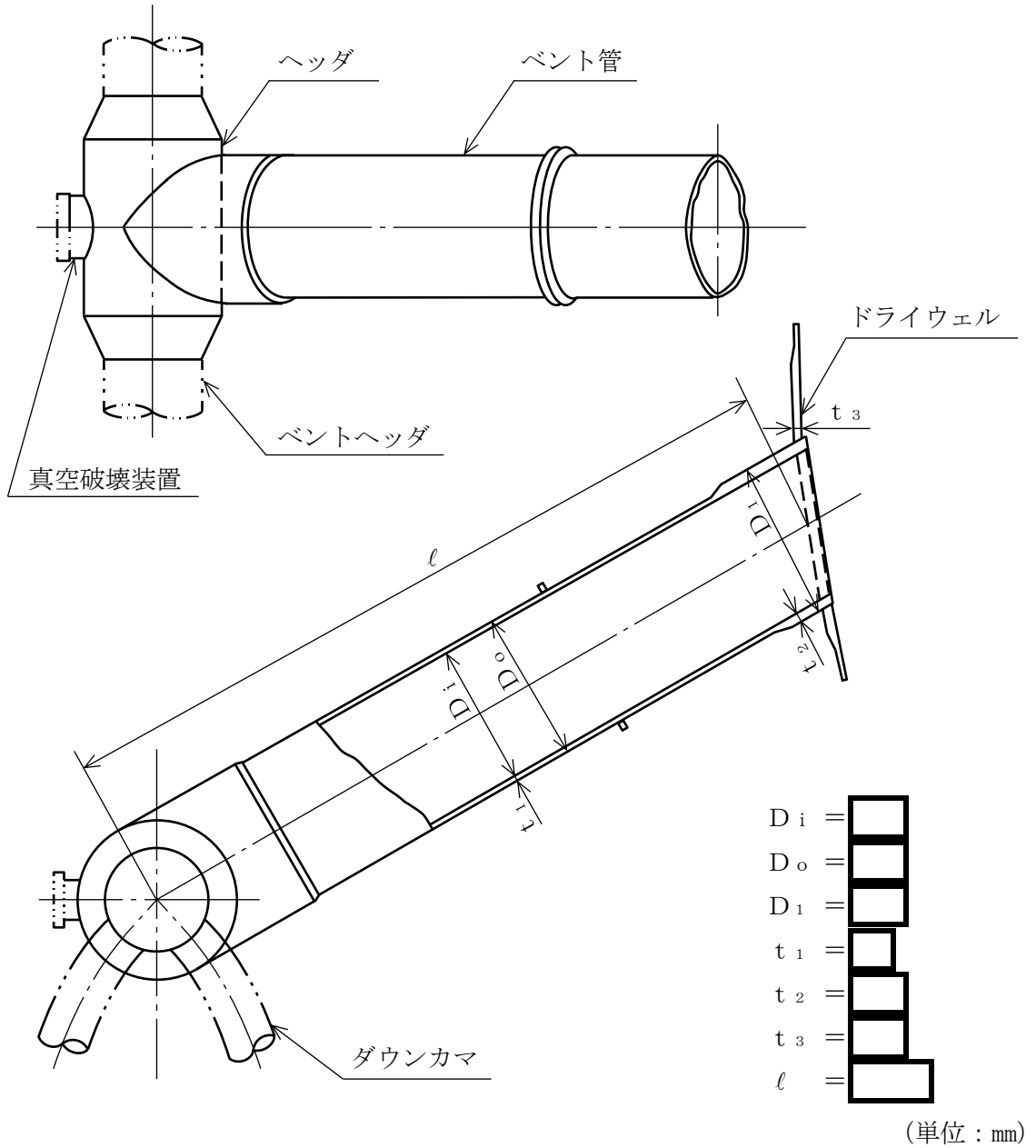


図 3-1 ベント管の形状及び主要寸法

表 3-1 使用材料表

使用部位	使用材料	備考
ベント管	SGV49	SGV480 相当
ヘッド	SGV49	SGV480 相当
ドライウェル	SPV50	SPV490 相当

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

- (1) ベント管の構造強度評価として、ベント系に作用する自重及び圧力荷重を用いて、参照図書(1)に示す既工認の手法に従い構造強度評価を行う。
- (2) 構造強度評価に用いる寸法は、公称値を用いる。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び供用状態

ベント管の荷重の組合せ及び供用状態のうち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-1に示す。

詳細な荷重の組合せは、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」に従い、対象機器の設置位置等を考慮し決定する。なお、考慮する荷重の組合せは、組み合わせる荷重の大きさを踏まえ、評価上厳しくなる組合せを選定する。

4.2.2 許容応力

ベント管の許容応力はVI-3-1-5「重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針」に基づき、表4-2に示すとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

ベント管の使用材料の許容応力評価条件のうち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-3に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び供用状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	機器等の区分	荷重の組合せ*1		供用状態
原子炉格納施設	原子炉格納容器	ベント管	重大事故等クラス2容器	$D + P_{SA} + M_{SA}$	(V (S) -1) (V (S) -2)	重大事故等時*2

注記*1：() 内はVI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」における表5-3の荷重の組合せのNo.を示す。

*2：重大事故等時として供用状態Dの許容限界を用いる。

表4-2 重大事故等クラス2容器の許容応力

応力分類 供用 状態	一次一般膜応力	一次膜応力+一次曲げ応力
重大事故 等時*	$2/3 \cdot S_u$	$1.5 \times 2/3 \cdot S_u$

注記*：重大事故等時として供用状態Dの許容限界を用いる。

表4-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
		周囲環境 温度					
ベント管及びヘッド	SGV49*1	周囲環境 温度	200	—	—	422	—
ドライウェル	SPV50*2	周囲環境 温度	200	—	—	545	—

注記*1：SGV480 相当

*2：SPV490 相当

4.2.4 設計荷重

(1) 重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度

重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度は、以下のとおりとする。

内圧 P_{SA} 853 kPa (SA後)

温度 T_{SA} 200 °C (SA後)

(2) 死荷重

a. ベント系

ベント管, ベントヘッド, ダウンカメラ及び真空破壊装置の自重を死荷重とする。

b. ドライウエルの自重

ベント管開口部より上部のドライウエルの自重及び付加物の重量を死荷重とする。

4.3 解析モデル及び諸元

ベント管の解析モデルの概要を以下に示す。

(1) ベント系の解析モデル

- a. ベント管，ベントヘッド及びダウンカマは，各機器の挙動が相互に影響しあうことを考慮し，更に構造及び荷重の対称性を踏まえ，解析モデルはベント系全体の 1/2 モデルとする。
- b. ベント系の解析モデルは，3次元シェルモデル及び3次元はりモデルによる有限要素解析手法を適用する。解析モデルを図4-1に，機器の諸元について表4-4に示す。
- c. ベント系の死荷重は，シェル要素及びはり要素に等分布質量を設定する。

d.



- e. 解析コードは「MSC NASTRAN」を使用し，荷重及び応力を求める。なお，評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については，VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

(2) ベント管とドライウェルとの結合部の解析モデル

- a. ベント管とドライウェルとの結合部は，3次元シェルモデルによる有限要素解析手法を適用する。解析モデルを図4-2に，機器の諸元について表4-5に示す。
- b. ベント系の自重による鉛直荷重として，ベント管先端に単位荷重を負荷する。

c.



- d. 解析コードは「MSC NASTRAN」を使用し，単位荷重による応力を求める。なお，評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については，VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

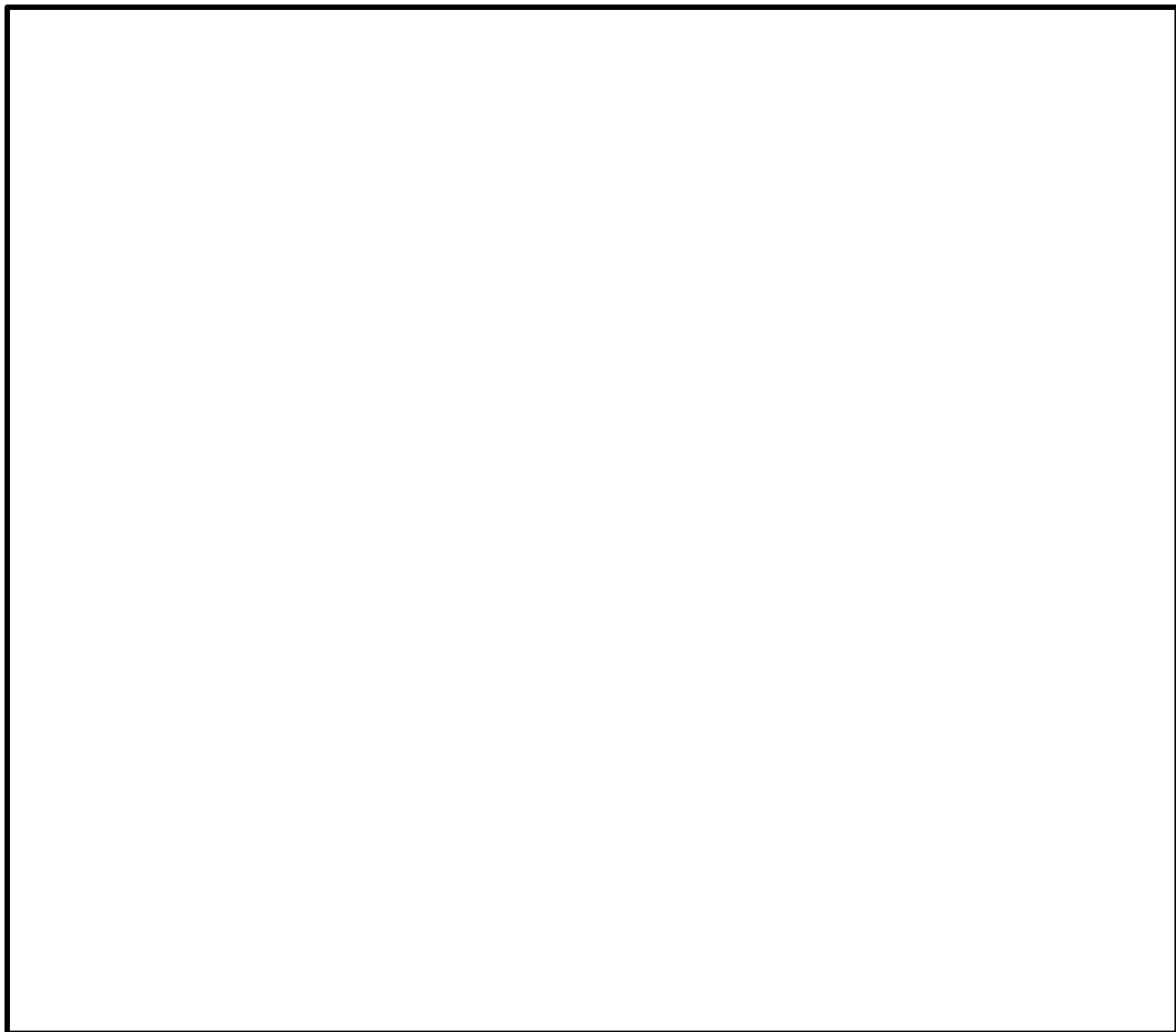


図 4-1 ベント系の解析モデル

表 4-4 ベント系の機器諸元

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	SGV49 (SGV480相当) STS42 (STS410相当) STS480
機器質量	m_0	kg	<input type="text"/>
水質量 (内部水)	m_1	kg	<input type="text"/>
温度条件	T	°C	57
縦弾性係数	E	MPa	201000 (SGV49, STS42) 199000 (STS480)
ポアソン比	ν	—	0.3
要素数	—	—	<input type="text"/>
節点数	—	—	<input type="text"/>

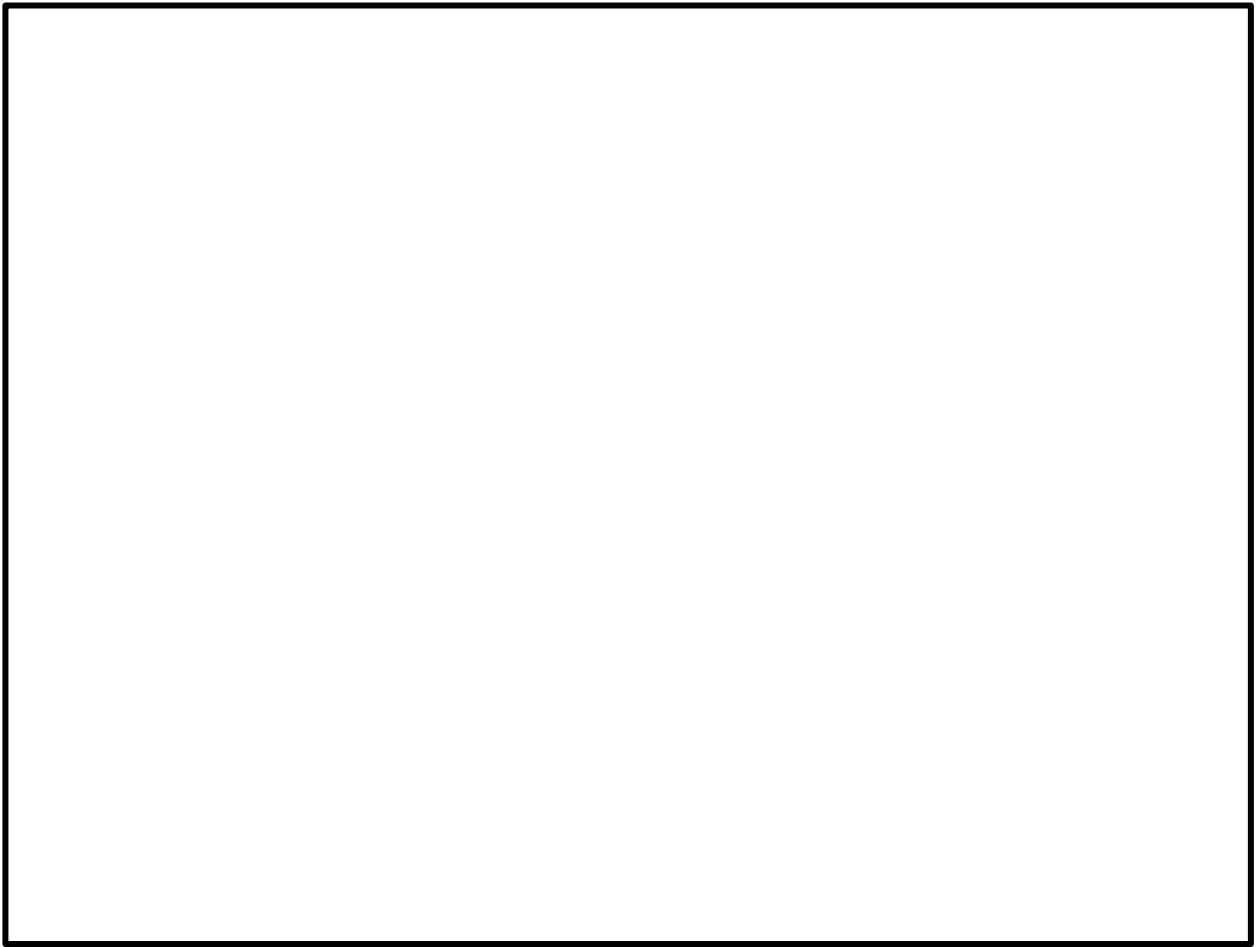


図 4-2 ベント管とドライウエルとの結合部の解析モデル

表 4-5 ベント管とドライウエルとの結合部の機器諸元

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	SPV50 (SPV490相当) SGV49 (SGV480相当)
機器質量	m _o	kg	—*
温度条件	T	℃	57
縦弾性係数	E	MPa	201000
ポアソン比	ν	—	0.3
要素数	—	—	<input type="text"/>
節点数	—	—	<input type="text"/>

注記*：単位荷重による解析のため，質量は定義不要

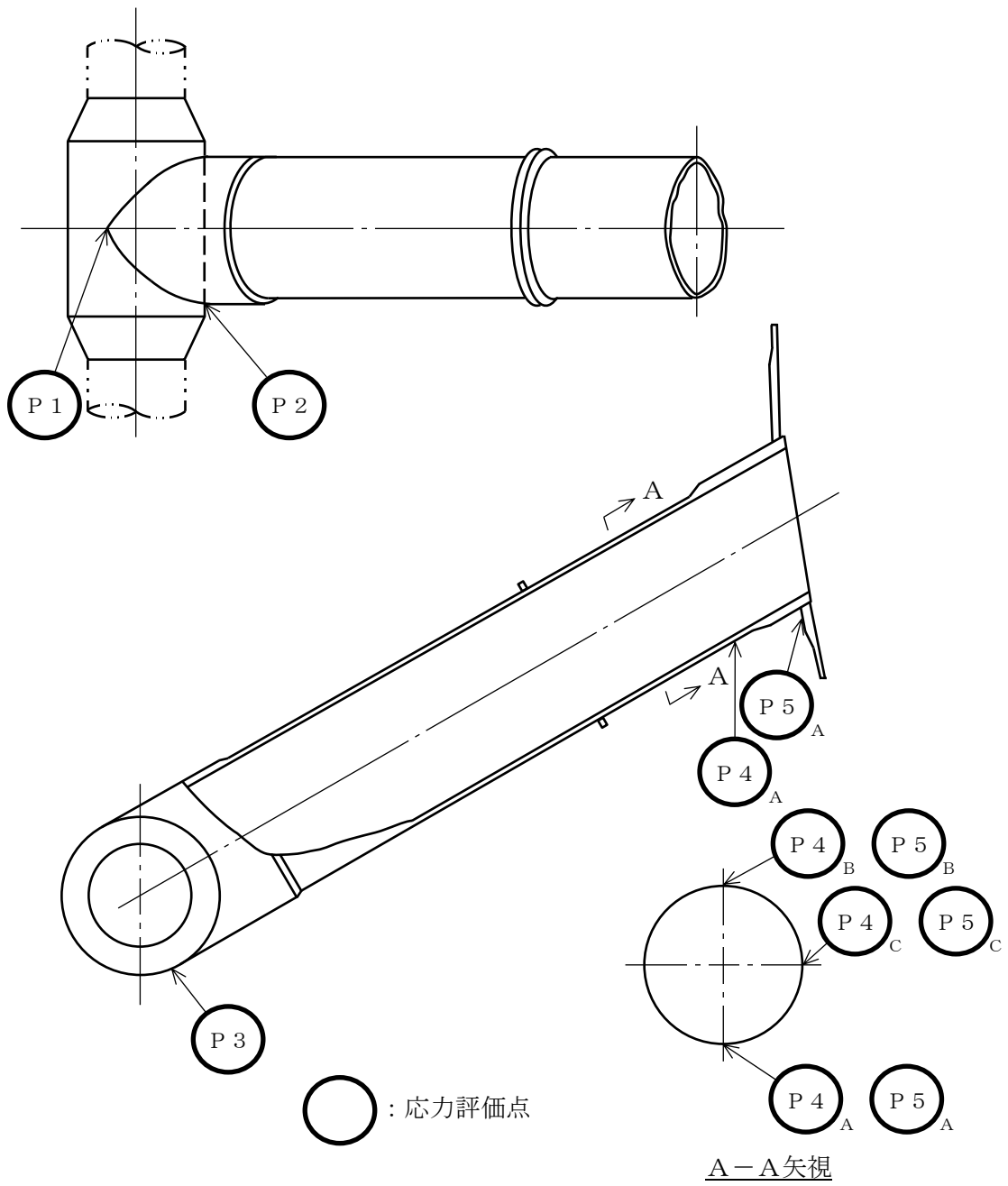
4.4 計算方法

4.4.1 応力評価点

ベント管の応力評価点は、ベント管を構成する部材の形状及び荷重伝達経路を考慮し、発生応力が大きくなる部位を選定する。選定した応力評価点を表 4-6 及び図 4-3 に示す。

表 4-6 応力評価点

応力評価点番号	応力評価点
P 1	ヘッド接続部
P 2	ヘッド接続部
P 3	ヘッド接続部
P 4	ベント管円筒胴 (P 4-A~P 4-C)
P 5	ベント管とドライウエルとの結合部 (P 5-A~P 5-C)



P 5は、ドライウェル側を示す。

図 4-3 ベント管の応力評価点

4.4.2 応力計算方法

ベント管の応力計算方法について、以下に示す。

(1) 重大事故等対処設備としての応力計算

- a. ヘッド接続部（応力評価点P 1～P 3）に生じる応力の算出
各荷重による応力は、4.3項のベント系の解析モデルにて算出する。
- b. ベント管円筒胴（応力評価点P 4）に生じる応力の算出
応力計算方法は既工認から変更はなく、参照図書(1)に示すとおりである。
- c. ベント管とドライウエルとの結合部（応力評価点P 5）に生じる応力の算出
 - (a) ベント管に作用する荷重による応力
ベント管に作用する自重による応力は、4.3項のベント系の解析モデルで算出した荷重と、ベント管とドライウエルとの結合部の解析モデルにて得られた単位荷重による応力から算出する。
 - (b) ドライウエルに作用する荷重による応力
ドライウエルに作用する圧力及び自重による応力は、VI-3-3-7-1-1「ドライウエルの強度計算書」において算出された応力を用いる。
 - (c) 応力の組合せ
応力評価点P 5の応力は、(a)項で求めたベント管に作用する荷重による応力と、(b)項で求めたドライウエルに作用する荷重による応力を組み合わせることで算出する。

4.5 計算条件

応力計算に用いる荷重を、「4.2 荷重の組合せ及び許容応力」に示す。

4.6 応力の評価

「4.4 計算方法」で求めた応力が許容応力以下であること。

5. 評価結果

5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

ベント管の重大事故等時の状態を考慮した場合の構造強度評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足している。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価結果を表 5-1 に示す。

表 5-1 重大事故等時に対する評価結果 (D + P_{SA} + M_{SA})

評価対象設備	評価部位		応力分類	重大事故等時		判定	荷重の 組合せ*	備考
				算出応力	許容応力			
				MPa	MPa			
ベント管	P 1	ヘッド接続部	一次膜応力+一次曲げ応力	108	422	○	(V (S) -1)	
	P 2	ヘッド接続部	一次膜応力+一次曲げ応力	173	422	○	(V (S) -1)	
	P 3	ヘッド接続部	一次膜応力+一次曲げ応力	99	422	○	(V (S) -1)	
	P 4-A	ベント管円筒胴	一次一般膜応力	76	281	○	(V (S) -1)	
			一次膜応力+一次曲げ応力	76	422	○	(V (S) -1)	
	P 4-B	ベント管円筒胴	一次一般膜応力	76	281	○	(V (S) -1)	
			一次膜応力+一次曲げ応力	76	422	○	(V (S) -1)	
	P 4-C	ベント管円筒胴	一次一般膜応力	76	281	○	(V (S) -1)	
			一次膜応力+一次曲げ応力	76	422	○	(V (S) -1)	
	P 5-A	ベント管とドライウエルとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	152	545	○	(V (S) -1)	
	P 5-B	ベント管とドライウエルとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	147	545	○	(V (S) -1)	
	P 5-C	ベント管とドライウエルとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	151	545	○	(V (S) -1)	

注記* : () 内はVI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」における表 5-3 の荷重の組合せの No. を示す。

6. 参照図書

- (1) 島根原子力発電所第2号機 第2回工事計画認可申請書
IV-3-5-11 「ベント管の強度計算書」

VI-3-3-7-1-19 配管貫通部ベローズ及びベント管ベローズの強度計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	4
2.3 適用規格・基準等	4
2.4 記号の説明	5
3. 評価部位	6
3.1 形状及び主要寸法	6
3.2 材料及び縦弾性係数	7
4. 構造強度評価	8
4.1 疲労評価方法	8
4.2 評価条件	8
4.3 設計繰返し回数	9
4.4 ベローズの全伸縮量	10
4.5 許容繰返し回数の計算	11
5. 評価結果	14
6. 参照図書	15

1. 概要

本計算書は、原子炉格納容器配管貫通部ベローズ（以下「配管貫通部ベローズ」という。）及びベント管ベローズの強度計算書である。

配管貫通部ベローズは、原子炉格納容器の配管貫通部に設けられており、設計基準対象施設の原子炉格納容器と同様に重大事故等クラス2容器として兼用する機器である。また、ベント管ベローズは、設計基準対象施設のベント管ベローズを重大事故等クラス2容器として兼用する機器である。

以下、重大事故等クラス2容器として、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びVI-3-1-5「重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針」に基づき、配管貫通部ベローズ及びベント管ベローズの構造強度評価を示す。

なお、本計算書においては、新規制対応工認対象となる設計用地震力及び重大事故等時を踏まえた評価条件に対して、昭和59年9月17日付け59資庁第8283号にて認可された工事計画の添付書類（参照図書(1)）（以下「既工認」という。）に示す手法に従い構造強度評価を行う。

2. 一般事項

2.1 構造計画

配管貫通部ベローズの構造計画を表2-1に、ベント管ベローズの構造計画を表2-2に示す。

表 2-1 配管貫通部ベローズの構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>配管貫通部ベローズは、原子炉格納容器配管貫通部の一部に設けられる。</p>	<p>単層板からなる断面蛇腹形状のステンレス製構造物である。</p>	

表 2-2 ベント管ベローズの構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>ベント管ベローズは、一端をベント管に、他端をサプレッションチェンバに支持される。ベント管ベローズは、ドライウエルとサプレッションチェンバとの相対変位を吸収するために設けられたものである。</p>	<p>ベント管ベローズは、内径 <input type="text"/> mm、板厚 <input type="text"/> mm のベローズを2本直列に連結した構造であり、ベローズには補強リングが取り付けられている。</p>	<p style="text-align: right;">(単位: mm)</p>

2.2 評価方針

配管貫通部ベローズ及びベント管ベローズの評価は、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びVI-3-1-5「重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針」に基づき、「3. 評価部位」にて設定する箇所において各評価条件に対する設計繰返し回数と許容繰返し回数の比をそれぞれ加えた値（疲労累積係数）が許容限界内に収まることを、「4. 構造強度評価」に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。

配管貫通部ベローズ及びベント管ベローズの構造強度評価フローを図2-1に示す。

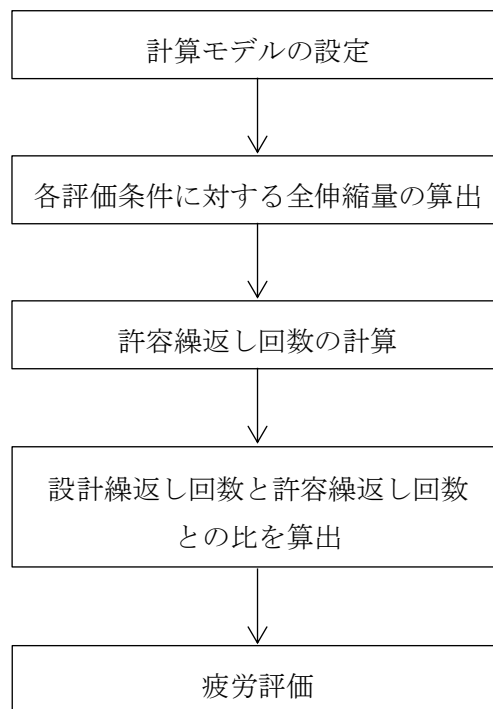


図2-1 配管貫通部ベローズ及びベント管ベローズの構造強度評価フロー

2.3 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- ・発電用原子力設備規格（設計・建設規格（2005年版（2007年追補版含む。）） J S M E S N C 1-2005/2007）（以下「設計・建設規格」という。）

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
b	ベローズの波のピッチの2分の1	mm
c	ベローズの層数	—
E	縦弾性係数	MPa
h	ベローズの波の高さ	mm
N _i	設計繰返し回数 (i = 1, 2, 3)	—
N _S	許容繰返し回数	—
N _{Si}	許容繰返し回数 (i = 1, 2, 3)	—
n	ベローズの波数の2倍の値	—
P	圧力	MPa
P _D	圧力 (最高使用圧力)	MPa
P _{SA}	圧力 (SA後圧力)	MPa
T _O	温度 (通常運転時)	°C
T _D	温度 (最高使用温度)	°C
T _{SA}	温度 (SA後温度)	°C
t	厚さ	mm
δ	全伸縮量	mm
σ	応力	MPa

3. 評価部位

3.1 形状及び主要寸法

配管貫通部ベローズの形状を図 3-1 に、ベント管ベローズの形状を図 3-2 に示し、ベローズの主要寸法を表 3-1 に示す。

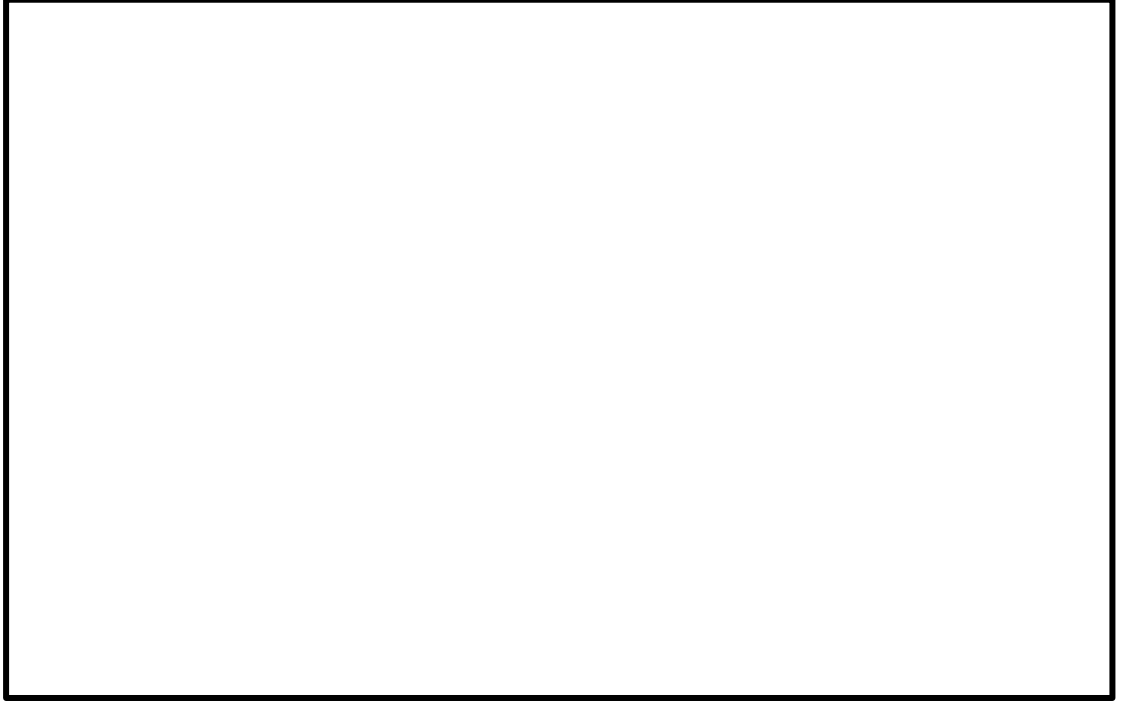


図 3-1 配管貫通部ベローズの形状

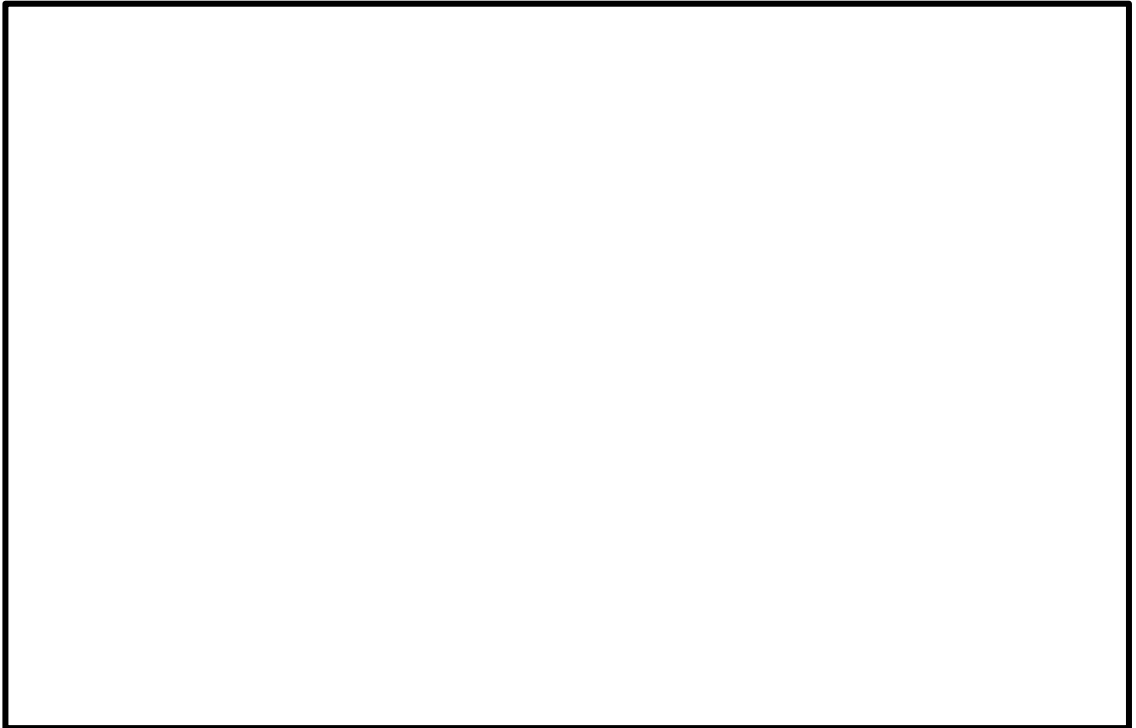


図 3-2 ベント管ベローズの形状

表 3-1 ベローズの主要寸法

種類	貫通部番号	形状				
		b (mm)	h (mm)	t (mm)	n	c
配 管 貫 通 部 ベ ロ ー ズ	X-10A, B, C, D					
	X-11					
	X-12A, B					
	X-31A, B, C					
	X-32A, B					
	X-33					
	X-34					
	X-35					
	X-38					
	X-39					
	X-50					
ベント管ベローズ						

3.2 材料及び縦弾性係数

(1) 材料

ベローズ SUS304

(2) 縦弾性係数

縦弾性係数 E
 1.92×10^5 MPa (57°C)
 1.84×10^5 MPa (171°C)
 1.83×10^5 MPa (200°C)

4. 構造強度評価

4.1 疲労評価方法

- (1) 設計繰返し回数が、設計・建設規格 PVE-3800 より算出した許容繰返し回数を超えないことを確認する。
- (2) 設計繰返し回数は、通常状態、設計状態（地震時含む）及び重大事故条件の3種類であるため、設計繰返し回数と許容繰返し回数の比をそれぞれ加えた値（疲労累積係数）が許容値である1以下となることを確認する。
- (3) 構造強度評価に用いる寸法は、公称値を用いる。

4.2 評価条件

- (1) 設計基準対象施設としての圧力及び温度
設計基準対象施設としての圧力及び温度は、既工認からの変更はなく、次のとおりである。

通常運転温度	T_o	57 °C
最高使用圧力	P_D	0.427 MPa
最高使用温度	T_D	171 °C

- (2) 重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度
重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度は、以下のとおりとする。

圧力	P_{SA}	0.853 MPa
温度	T_{SA}	200 °C

- (3) 地震伸縮量

配管貫通部ベローズの地震伸縮量及びベント管ベローズの地震伸縮量を表 4-1 に示す。表 4-1 に示す伸縮量（基準地震動 S_s ）のうち、配管貫通部ベローズについては、VI-2-2-1「炉心、原子炉圧力容器及び原子炉内部構造物並びに原子炉本体の基礎の地震応答計算書」により計算されたドライウェルと原子炉建物の相対変位又はこれを上回る相対変位に基づき、すべての配管貫通部を包絡する値を用いる。また、ベント管ベローズについては、VI-2-2-1「炉心、原子炉圧力容器及び原子炉内部構造物並びに原子炉本体の基礎の地震応答計算書」により計算されたドライウェルと原子炉建物基礎スラブの相対変位又はこれを上回る相対変位と、VI-2-9-2-2「サプレッションチェンバの耐震性についての計算書」により計算されたサプレッションチェンバと原子炉建物基礎スラブの相対変位又はこれを上回る相対変位に基づき計算されたベント管ベローズ位置での相対変位を用いる。

表 4-1 地震伸縮量（基準地震動 S_s ）

（単位：mm）

種類	貫通部番号	地震伸縮量
配 管 貫 通 部 ベ ロ ー ズ	X-10A, B, C, D	
	X-11	
	X-12A, B	
	X-31A, B, C	
	X-32A, B	
	X-33	
	X-34	
	X-35	
	X-38	
	X-39	
	X-50	
ベント管ベローズ		

4.3 設計繰返し回数

設計繰返し回数 N を表 4-2 に示す。

表 4-2 設計繰返し回数

通常状態 N_1	設計状態 N_2	重大事故条件 N_3

4.4 ベローズの全伸縮量

配管貫通部ベローズの全伸縮量 δ を表 4-3 に、ベント管ベローズの全伸縮量 δ を表 4-4 に示す。なお、通常状態の全伸縮量については、既工認からの変更はない。

表 4-3 配管貫通部ベローズの全伸縮量

(単位：mm)

貫通部番号	全伸縮量 δ		
	通常状態	設計状態	重大事故条件
X-10A, B, C, D			
X-11			
X-12A, B			
X-31A, B, C			
X-32A, B			
X-33			
X-34			
X-35			
X-38			
X-39			
X-50			

表 4-4 ベント管ベローズの全伸縮量

(単位：mm)

種類	全伸縮量 δ		
	通常状態	設計状態	重大事故条件
ベント管ベローズ			

4.5 許容繰返し回数の計算

配管貫通部ベローズとベント管ベローズの許容繰返し回数 N_s は、以下の計算式により算出する。

許容繰返し回数 N_s

$$N_s = \left(\frac{11031}{\sigma} \right)^{3.5}$$

ここに、 σ は次の計算式より計算した値

$$\sigma = \frac{1.5 \cdot E \cdot t \cdot \delta}{n \cdot \sqrt{b \cdot h}^3} + \frac{P \cdot h}{t \cdot c} \quad (\text{調整リングが付いている場合})$$

「4.3 設計繰返し回数」にて設定した設計繰返し回数と上記により算出した許容繰返し回数の比の計算結果を表 4-5 及び表 4-6 に示す。

表 4-5 配管貫通部ベローズの設計繰返し回数と許容繰返し回数の比

貫通部番号	通常状態		設計状態		重大事故条件	
	N_{S1}	$\frac{N_1}{N_{S1}}$	N_{S2}	$\frac{N_2}{N_{S2}}$	N_{S3}	$\frac{N_3}{N_{S3}}$
X-10A, B, C, D		5.30×10^{-2}		3.91×10^{-1}		5.72×10^{-4}
X-11		4.81×10^{-2}		4.43×10^{-1}		7.55×10^{-4}
X-12A, B		1.06×10^{-2}		2.31×10^{-1}		2.54×10^{-4}
X-31A, B, C		3.85×10^{-3}		2.93×10^{-1}		3.51×10^{-4}
X-32A, B		9.37×10^{-4}		1.01×10^{-1}		4.68×10^{-5}
X-33		9.37×10^{-4}		1.36×10^{-1}		4.68×10^{-5}
X-34		9.37×10^{-4}		2.31×10^{-1}		2.54×10^{-4}
X-35		9.37×10^{-4}		2.31×10^{-1}		2.54×10^{-4}
X-38		1.76×10^{-2}		6.00×10^{-1}		7.55×10^{-4}
X-39		4.25×10^{-3}		6.00×10^{-1}		7.55×10^{-4}
X-50		3.85×10^{-3}		1.79×10^{-1}		1.79×10^{-4}

表 4-6 ベント管ペローズの設計繰返し回数と許容繰返し回数の比

通常状態		設計状態		重大事故条件	
N_{S1}	$\frac{N_1}{N_{S1}}$	N_{S2}	$\frac{N_2}{N_{S2}}$	N_{S3}	$\frac{N_3}{N_{S3}}$
	8.42×10^{-5}		7.90×10^{-1}		7.75×10^{-5}

5. 評価結果

配管貫通部ベローズ及びベント管ベローズの重大事故等対処設備としての構造強度評価結果を以下に示す。

疲労累積係数は許容値を満足している。

表 5-1 評価結果

評価部位	$\frac{N_1}{N_{S1}}$	$\frac{N_2}{N_{S2}}$	$\frac{N_3}{N_{S3}}$	疲労累積係数 $\left(\frac{N_1}{N_{S1}} + \frac{N_2}{N_{S2}} + \frac{N_3}{N_{S3}}\right)$	許容値	判定
X-10A, B, C, D	5.30×10^{-2}	3.91×10^{-1}	5.72×10^{-4}	4.45×10^{-1}	1	○
X-11	4.81×10^{-2}	4.43×10^{-1}	7.55×10^{-4}	4.92×10^{-1}	1	○
X-12A, B	1.06×10^{-2}	2.31×10^{-1}	2.54×10^{-4}	2.42×10^{-1}	1	○
X-31A, B, C	3.85×10^{-3}	2.93×10^{-1}	3.51×10^{-4}	2.98×10^{-1}	1	○
X32A, B	9.37×10^{-4}	1.01×10^{-1}	4.68×10^{-5}	1.02×10^{-1}	1	○
X-33	9.37×10^{-4}	1.36×10^{-1}	4.68×10^{-5}	1.37×10^{-1}	1	○
X-34	9.37×10^{-4}	2.31×10^{-1}	2.54×10^{-4}	2.33×10^{-1}	1	○
X-35	9.37×10^{-4}	2.31×10^{-1}	2.54×10^{-4}	2.33×10^{-1}	1	○
X-38	1.76×10^{-2}	6.00×10^{-1}	7.55×10^{-4}	6.19×10^{-1}	1	○
X-39	4.25×10^{-3}	6.00×10^{-1}	7.55×10^{-4}	6.05×10^{-1}	1	○
X-50	3.85×10^{-3}	1.79×10^{-1}	1.79×10^{-4}	1.83×10^{-1}	1	○
ベント管 ベローズ	8.42×10^{-5}	7.90×10^{-1}	7.75×10^{-5}	7.91×10^{-1}	1	○

6. 参照図書

(1) 島根原子力発電所第2号機 第2回工事計画認可申請書

IV-3-5-10 「原子炉格納容器配管貫通部ベローズ及びベント管ベローズの強度計算書」

VI-3-3-7-2 圧力低減設備その他の安全設備の強度計算書

VI-3-3-7-2-1 ベントヘッド及びダウンカマの強度計算書

VI-3-3-7-2-1-1 ベントヘッダ及びダウンカマの強度計算書

- (1) ベントヘッドの強度計算書
- (2) ダウンカマの強度計算書

(1) ベントヘッドの強度計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格・基準等	3
2.4 記号の説明	4
3. 評価部位	5
4. 構造強度評価	8
4.1 構造強度評価方法	8
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	8
4.3 計算方法	12
4.4 計算条件	14
4.5 応力の評価	14
5. 評価結果	15
5.1 重大事故等対処設備としての評価結果	15
6. 参照図書	17

1. 概要

本計算書は、ベントヘッドの強度計算書である。

ベントヘッドは、設計基準対象施設のベントヘッドを重大事故等クラス2容器として兼用する機器である。

ベントヘッドは重大事故等クラス2容器（クラス2容器）であるが、重大事故等時の原子炉格納容器に生じる水力的動荷重を考慮した原子炉格納容器の機能維持を確認する目的で、重大事故等クラス2容器（原子炉格納容器）に準じた構造強度評価を行う。

以下、重大事故等クラス2容器として、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びVI-3-1-5「重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針」に基づき、ベントヘッドの構造強度評価を示す。

なお、本計算書においては、重大事故等時における荷重に対して、昭和59年9月17日付け59資庁第8283号にて認可された工事計画の添付書類（参照図書(1)）（以下「既工認」という。）に示す手法に従い構造強度評価を行う。

2. 一般事項

2.1 構造計画

ベントヘッドの構造計画を表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	
<p>ベントヘッドは、サプレッションチェンバ内に設置され、ベント管を介してドライウェルに支持される。ベントヘッドサポートは、ピン接合によりサプレッションチェンバ強め輪に支持される。</p>	<p>ベントヘッドは、内径 <input type="text"/> mm, 板厚 <input type="text"/> mm の鋼製円筒構造物を円環状に 16 本接合した構造物である。各接合部近傍にベントヘッドサポートを備える。</p>	

2.2 評価方針

ベントヘッダの応力評価は、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びVI-3-1-5「重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「3. 評価部位」にて設定する箇所において重大事故等時における温度、圧力による応力等が許容限界内に収まることを、「4. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5. 評価結果」に示す。

ベントヘッダの構造強度評価フローを図2-1に示す。

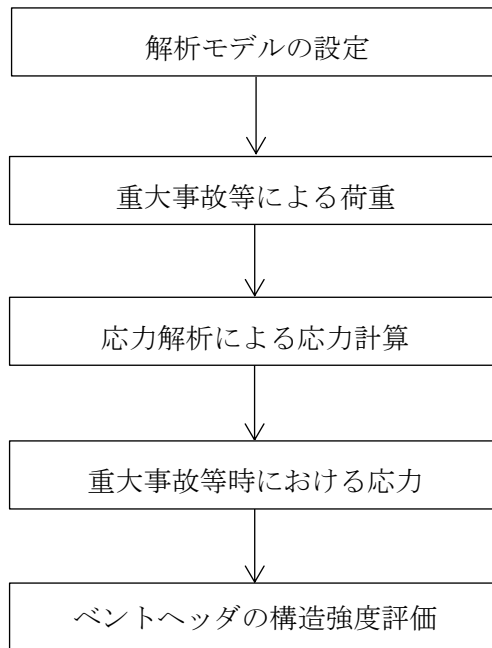


図2-1 ベントヘッダの構造強度評価フロー

2.3 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

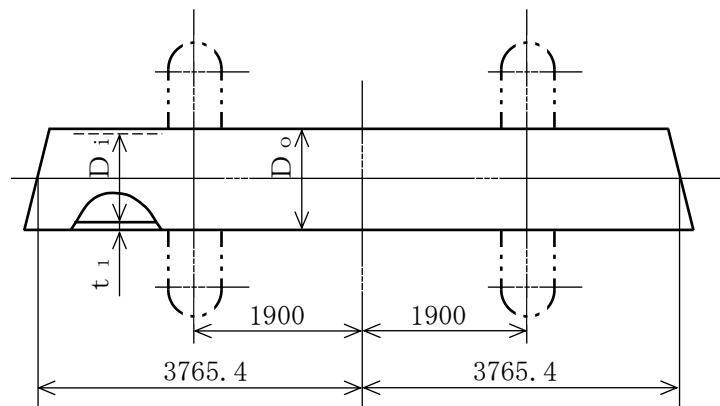
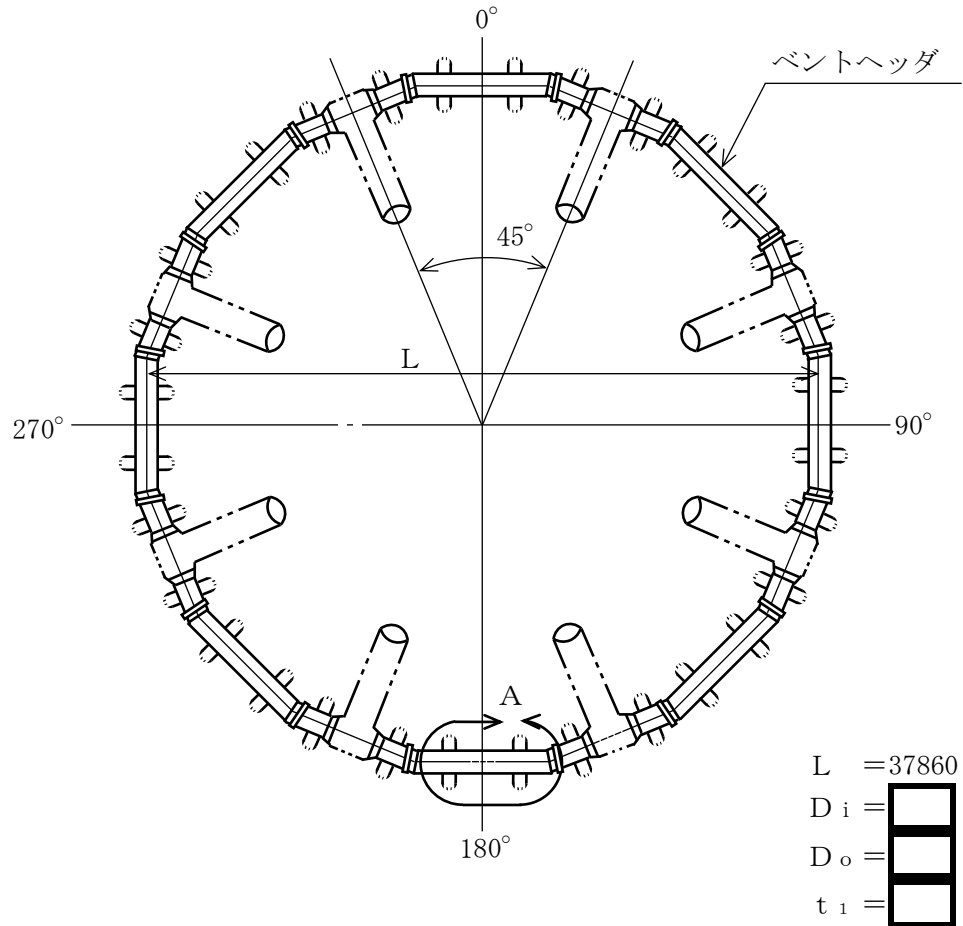
- ・発電用原子力設備規格（設計・建設規格（2005年版（2007年追補版含む。））J S M E S N C 1-2005/2007)

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
b_i	長さ ($i = 1, 2, 3 \dots$)	mm
d_i	直径 ($i = 1, 2, 3$)	mm
D	死荷重	—
D_i	内径	mm
D_o	外径	mm
l	長さ	mm
L	長さ	mm
M_{SA}	機械的荷重 (SA後機械的荷重)	—
P_{SA}	圧力 (SA後圧力)	—, kPa
S	許容引張応力	MPa
S_u	設計引張強さ	MPa
S_y	設計降伏点	MPa
$S_y (RT)$	40°Cにおける設計降伏点	MPa
t_i	厚さ ($i = 1, 2, 3 \dots$)	mm
T_{SA}	温度 (SA後温度)	°C

3. 評価部位

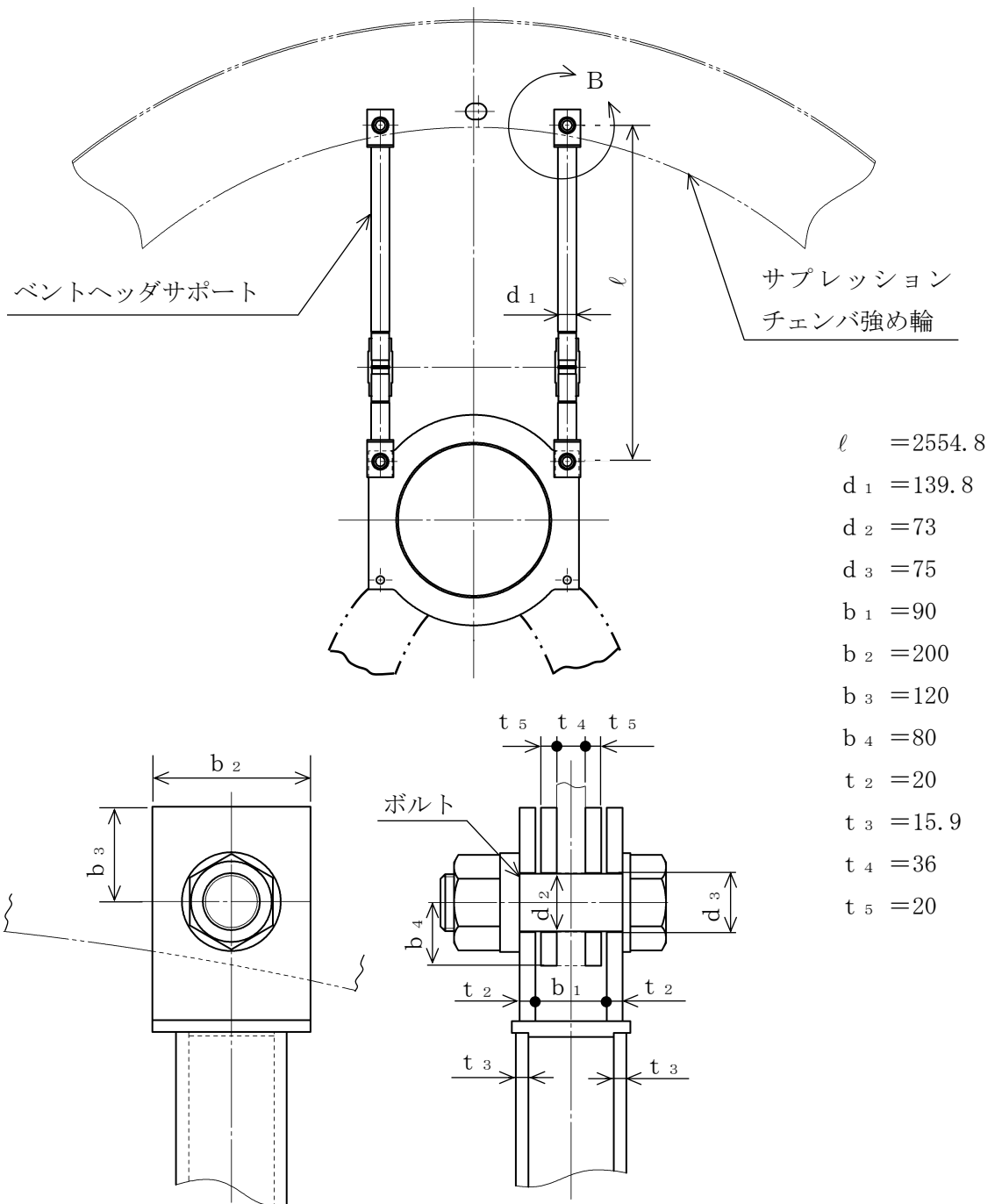
ベントヘッド及びベントヘッドサポートの形状及び主要寸法を図3-1及び図3-2に、使用材料及び使用部位を表3-1に示す。



A部詳細図

(単位：mm)

図3-1 ベントヘッドの形状及び主要寸法



- $\ell = 2554.8$
- $d_1 = 139.8$
- $d_2 = 73$
- $d_3 = 75$
- $b_1 = 90$
- $b_2 = 200$
- $b_3 = 120$
- $b_4 = 80$
- $t_2 = 20$
- $t_3 = 15.9$
- $t_4 = 36$
- $t_5 = 20$

B部詳細図

(単位：mm)

図 3-2 ベントヘッドサポートの形状及び主要寸法

表 3-1 使用材料表

使用部位	使用材料	備考
ベントヘッダ	SGV49	SGV480 相当
ベントヘッダサポート	STS480	
ボルト	SNCM439	
サプレッションチェンバ 強め輪	SGV49	SGV480 相当

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

- (1) ベントヘッダの構造強度評価として、ベント系に作用する自重及び圧力荷重を用いて、構造強度評価を行う。
- (2) 構造強度評価に用いる寸法は、公称値を用いる。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び供用状態

ベントヘッダの荷重の組合せ及び供用状態のうち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-1 に示す。

詳細な荷重の組合せは、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」に従い、対象機器の設置位置等を考慮し決定する。なお、考慮する荷重の組合せは、組み合わせる荷重の大きさを踏まえ、評価上厳しくなる組合せを選定する。

4.2.2 許容応力

ベントヘッダの許容応力はVI-3-1-5「重大事故等クラス 2 機器及び重大事故等クラス 2 支持構造物の強度計算の基本方針」に基づき、表 4-2 に示すとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

ベントヘッダの使用材料の許容応力評価条件のうち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-3 に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び供用状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	機器等の区分	荷重の組合せ*1		供用状態
原子炉格納施設	圧力低減設備 その他の安全設備	ベントヘッダ	重大事故等 クラス2容器*2	$D + P_{SA} + M_{SA}$	(V (S) -1) (V (S) -2)	重大事故等時*3

注記*1：（ ）内はVI-1-8-1「原子炉格納施設的设计条件に関する説明書」における表5-3の荷重の組合せのNo.を示す。

*2：ベントヘッダは重大事故等クラス2容器（クラス2容器）であるが，重大事故等時の原子炉格納容器に生じる水力的動的荷重を考慮した原子炉格納容器の機能維持を確認する目的で，重大事故等クラス2容器（クラスMC容器）に準じた供用状態及び荷重の組合せを適用する。

*3：重大事故等時として供用状態Dの許容限界を用いる。

表 4-2 重大事故等クラス 2 容器の許容応力

応力分類 供用 状態	一次一般膜応力	一次膜応力+一次曲げ応力
重大事故 等時*	$2/3 \cdot S_u$	$1.5 \times 2/3 \cdot S_u$

注記* : 重大事故等時として供用状態Dの許容限界を用いる。

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件 (重大事故等対処設備)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
		周囲環境 温度					
ベントヘッド	SGV49*		200	—	—	422	—

注記* : SGV480 相当

4.2.4 設計荷重

(1) 重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度

重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度は、以下のとおりとする。

内圧 P_{SA} 853kPa (SA後)

温度 T_{SA} 200℃ (SA後)

(2) 死荷重

a. ベント系

ベント管, ベントヘッド, ダウンカメラ及び真空破壊装置の自重を死荷重とする。

4.3 計算方法

4.3.1 応力評価点

ベントヘッドの応力評価点は、ベントヘッドを構成する部材の形状及び荷重伝達経路を考慮し、発生応力が大きくなる部位を選定する。選定した応力評価点を表 4-4 及び図 4-1 に示す。

表 4-4 応力評価点

応力評価点番号	応力評価点
P 1	ベントヘッド (P 1-A~P 1-C)
P 2	ベントヘッド強め輪取付部 (P 2-A~P 2-C)
P 3 *	ベントヘッドサポート
P 4 *	ボルト
P 5 *	サプレッションチェンバ強め輪

注記* : P 3 ~ P 5 については、内圧による荷重が発生しないため、評価を行わない。

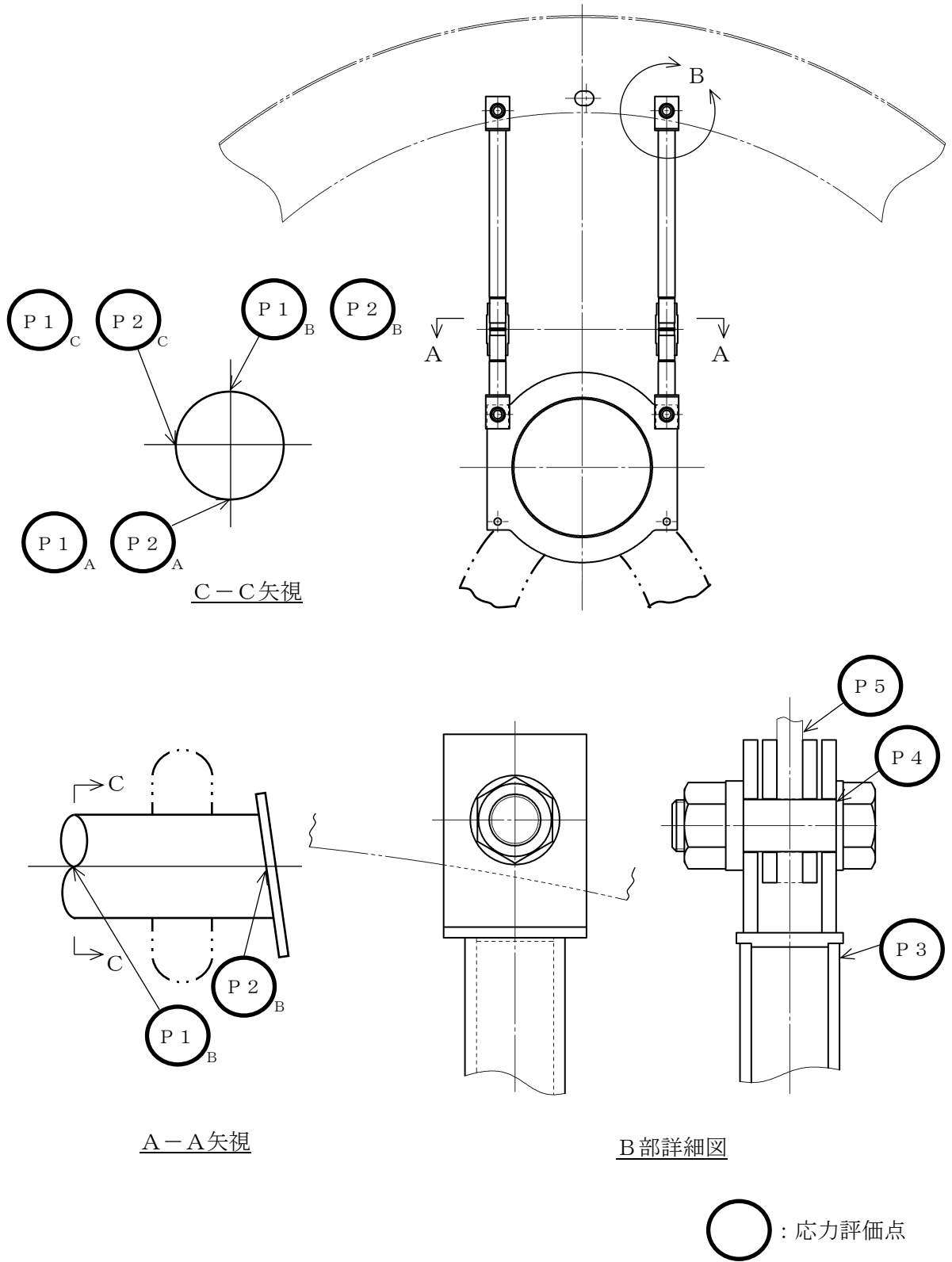


図 4-1 ベントヘッドの応力評価点

4.3.2 解析モデル及び諸元

ベントヘッダの解析モデルは、VI-3-3-7-1-5「ベント管の強度計算書」に示すベントヘッダを含むベント系の解析モデルを用いる。

4.3.3 応力計算方法

ベントヘッダの応力計算方法について、以下に示す。

(1) 重大事故等対処設備としての応力計算

各荷重による応力は、VI-3-3-7-1-5「ベント管の強度計算書」に示すベント系の解析モデルを用いて算出する。

4.4 計算条件

応力計算に用いる荷重を、「4.2 荷重の組合せ及び許容応力」に示す。

4.5 応力の評価

「4.3 計算方法」で求めた応力が許容応力以下であること。

5. 評価結果

5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

ベントヘッドの重大事故等時の状態を考慮した場合の構造強度評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足している。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価結果を表 5-1 に示す。

表 5-1 重大事故等時に対する評価結果 (D + P_{SA} + M_{SA})

評価対象設備	評価部位		応力分類	重大事故等時		判定	荷重の 組合せ*	備考
				算出応力	許容応力			
				MPa	MPa			
ベントヘッド	P 1 - A	ベントヘッド	一次一般膜応力	60	281	○	(V (S) -1)	
			一次膜応力+一次曲げ応力	60	422	○	(V (S) -1)	
	P 1 - B	ベントヘッド	一次一般膜応力	78	281	○	(V (S) -1)	
			一次膜応力+一次曲げ応力	78	422	○	(V (S) -1)	
	P 1 - C	ベントヘッド	一次一般膜応力	65	281	○	(V (S) -1)	
			一次膜応力+一次曲げ応力	65	422	○	(V (S) -1)	
	P 2 - A	ベントヘッド強め輪取付部	一次膜応力+一次曲げ応力	75	422	○	(V (S) -1)	
	P 2 - B	ベントヘッド強め輪取付部	一次膜応力+一次曲げ応力	44	422	○	(V (S) -1)	
P 2 - C	ベントヘッド強め輪取付部	一次膜応力+一次曲げ応力	65	422	○	(V (S) -1)		

注記* : () 内はVI-1-8-1 「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」における表 5-3 の荷重の組合せの No. を示す。

6. 参照図書

- (1) 島根原子力発電所第2号機 第2回工事計画認可申請書
IV-3-5-16 「ベントヘッダの強度計算書」

(2) ダウンカマの強度計算書

まえがき

本計算書は、VI-1-8-1「原子炉格納施設的设计条件に関する説明書」、VI-3-1-5「重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針」及びVI-3-2-9「重大事故等クラス2管の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

評価条件整理結果を以下に示す。なお、評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については、VI-3-2-1「強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

・評価条件整理表

機器名称	既設 or 新設	施設時の 技術基準 に対象と する施設 の規定が あるか	クラスアップするか				条件アップするか				既工認に おける 評価結果 の有無	施設時の 適用規格	評価 区分	同等性 評価区分	評価 クラス	
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB条件		SA条件						
								圧力 (MPa)	温度 (°C)	圧力 (MPa)						温度 (°C)
ダウンカマ	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	0.427	171	0.853	200	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格・基準等	3
2.4 記号の説明	4
3. 評価部位	5
4. 構造強度評価	6
4.1 構造強度評価方法	6
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	6
4.3 計算方法	12
4.4 計算条件	13
4.5 応力の評価	13
5. 評価結果	14
5.1 重大事故等対処設備としての評価結果	14
6. 参照図書	17

1. 概要

本計算書は、ダウンカマの強度計算書である。

ダウンカマは、設計基準対象施設のダウンカマを重大事故等クラス2管として兼用する機器である。また、ダウンカマが取付けられるベントヘッダは、設計基準対象施設のベントヘッダを重大事故等クラス2容器として兼用する機器である。

以下、重大事故等クラス2容器及び重大事故等クラス2管として、VI-1-8-1「原子炉格納施設的设计条件に関する説明書」、VI-3-1-5「重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針」及びVI-3-2-9「重大事故等クラス2管の強度計算方法」に基づき、ダウンカマの構造強度評価を示す。

なお、本計算書においては、重大事故等時における荷重に対して、昭和59年9月17日付け59資庁第8283号にて認可された工事計画の添付書類（参照図書(1)）（以下「既工認」という。）に示す手法に従い構造強度評価を行う。

2. 一般事項

2.1 構造計画

ダウンカマの構造計画を表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		
<p>ダウンカマは、サプレッションチェンバ内に設置され、ベントヘッド及びベント管を介してドライウエルに支持される。</p>	<p>ダウンカマは内径 <input type="text"/> mm, 板厚 <input type="text"/> mm の鋼製管状構造物であり、ベントヘッドに接続する。</p>	<p style="text-align: right;">(単位：mm)</p>	

2.2 評価方針

ダウンカマの応力評価は、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」、VI-3-1-5「重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針」及びVI-3-2-9「重大事故等クラス2管の強度計算方法」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、「3. 評価部位」にて設定する箇所において重大事故等時における温度、圧力による応力等が許容限界内に収まることを、「4. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5. 評価結果」に示す。

ダウンカマの構造強度評価フローを図2-1に示す。

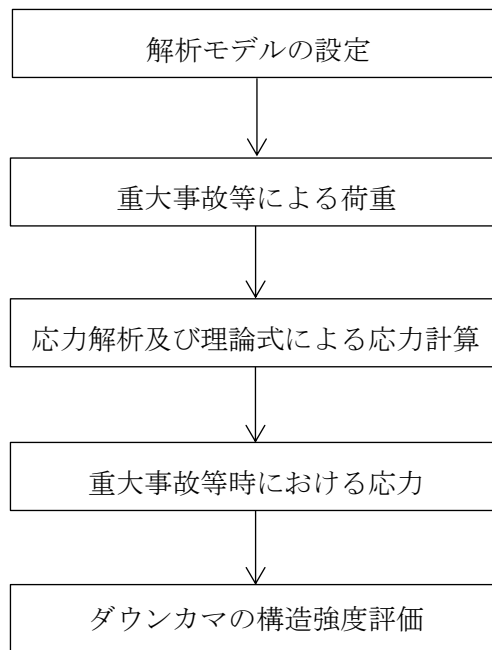


図2-1 ダウンカマの構造強度評価フロー

2.3 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

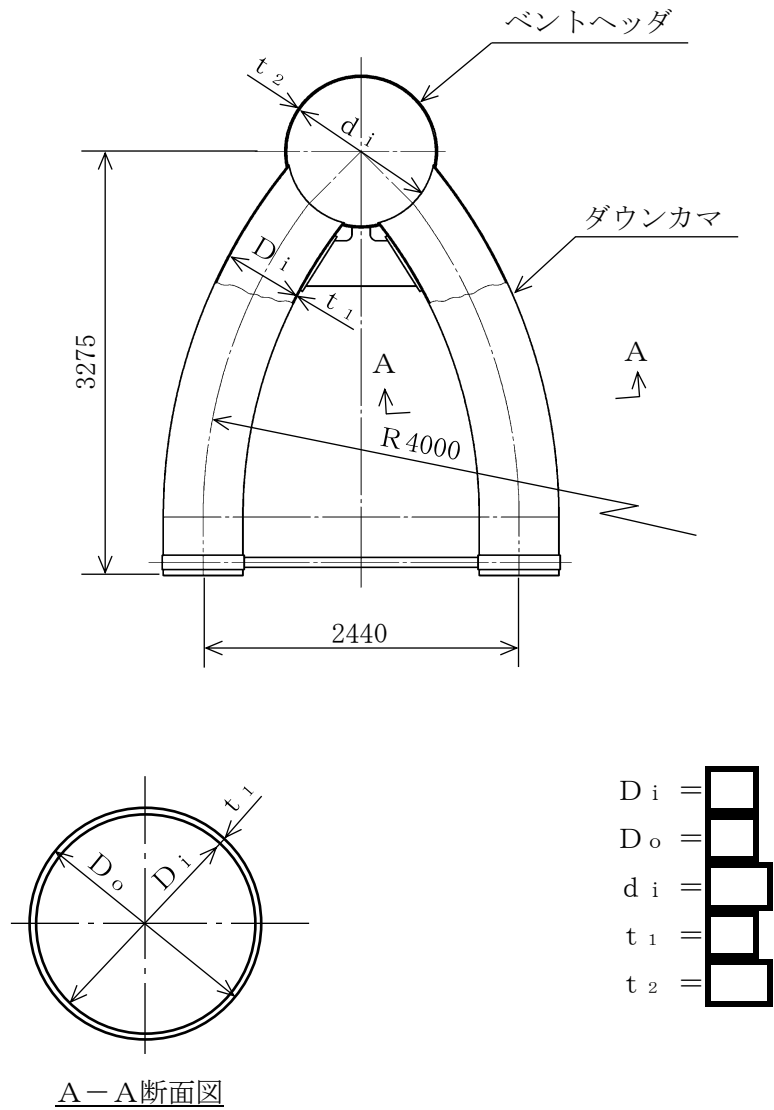
- ・発電用原子力設備規格（設計・建設規格（2005年版（2007年追補版含む。））J S M E S N C 1-2005/2007）（以下「設計・建設規格」という。）
- ・発電用原子力設備に関する構造等の技術基準（昭和55年10月30日 通商産業省告示第501号）（以下「告示第501号」という。）

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
d_i	内径	mm
D	死荷重	—
D_i	内径	mm
D_o	外径	mm
M_{SA}	機械的荷重 (SA後機械的荷重)	—
P_{SA}	圧力 (SA後圧力)	—, kPa
S	許容引張応力	MPa
S_u	設計引張強さ	MPa
S_y	設計降伏点	MPa
$S_y (RT)$	40°Cにおける設計降伏点	MPa
t_i	厚さ ($i = 1, 2$)	mm
T_{SA}	温度 (SA後温度)	°C

3. 評価部位

ダウンカマの形状及び主要寸法を図3-1に、使用材料及び使用部位を表3-1に示す。



(単位：mm)

図3-1 ダウンカマの形状及び主要寸法

表3-1 使用材料表

使用部位	使用材料	備考
ダウンカマ	SGV49	SGV480 相当
ベントヘッド	SGV49	SGV480 相当

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

- (1) ダウンカマの構造強度評価として、ベント系に作用する自重、圧力荷重及び水力学的動荷重を用いて、構造強度評価を行う。
- (2) 構造強度評価に用いる寸法は、公称値を用いる。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び供用状態

ダウンカマの荷重の組合せ及び供用状態のうち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-1 に示す。

詳細な荷重の組合せは、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」に従い、対象機器の設置位置等を考慮し決定する。なお、考慮する荷重の組合せは、組み合わせる荷重の大きさを踏まえ、評価上厳しくなる組合せを選定する。

4.2.2 許容応力

ダウンカマ（応力評価点 P 1）の許容応力は VI-3-2-9「重大事故等クラス 2 管の強度計算方法」に基づき、表 4-2 及び表 4-3 に示すとおりとする。

ベントヘッドとダウンカマの結合部（応力評価点 P 2）の許容応力は VI-3-1-5「重大事故等クラス 2 機器及び重大事故等クラス 2 支持構造物の強度計算の基本方針」に基づき、表 4-4 に示すとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

ダウンカマの使用材料の許容応力評価条件のうち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-5 及び表 4-6 に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び供用状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	機器等の区分	荷重の組合せ*1		供用状態
原子炉格納施設	圧力低減設備 その他の安全設備	ダウンカマ	重大事故等 クラス2管	$D + P_{SA} + M_{SA}$	(V (S) -1) (V (S) -2)	重大事故等時*2
原子炉格納施設	圧力低減設備 その他の安全設備	ベントヘッド	重大事故等 クラス2容器*3	$D + P_{SA} + M_{SA}$	(V (S) -1) (V (S) -2)	重大事故等時*2

注記*1：（ ）内はVI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」における表5-3の荷重の組合せのNo.を示す。

*2：重大事故等時として供用状態Dの許容限界を用いる。

*3：ベントヘッドは重大事故等クラス2容器（クラス2容器）であるが、重大事故等時の原子炉格納容器に生じる水力的動荷重を考慮した原子炉格納容器の機能維持を確認する目的で、重大事故等クラス2容器（クラスMC容器）に準じた供用状態及び荷重の組合せを適用する。

表4-2 重大事故等クラス2管の許容応力（設計・建設規格 PPC-3520）

応力分類 供用状態	一次応力
重大事故等時*	$1.8 \cdot S$

注記*：重大事故等時として設計・建設規格の設計条件での許容応力を用いる。

表4-3 重大事故等クラス2管の許容応力（告示第501号 第56条）

応力分類 許容 応力状態	一次応力
重大事故等時*	$1.2 \cdot S$

注記*：重大事故等時として告示第501号の設計条件での許容応力を用いる。

表 4-4 重大事故等クラス 2 容器の許容応力

応力分類 供用 状態	一次一般膜応力	一次膜応力+一次曲げ応力
重大事故 等時*	$2/3 \cdot S_u$	$1.5 \times 2/3 \cdot S_u$

注記*：重大事故等時として設計・建設規格の供用状態Dの許容限界を用いる。

表4-5 設計・建設規格に基づく構造強度評価に用いる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 (°C)		S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
		周囲環境 温度					
ダウンカマ	SGV49*	周囲環境 温度	200	120	—	—	—
ベントヘッド	SGV49*	周囲環境 温度	200	—	—	422	—

注記* : SGV480 相当

表4-6 告示第501号に基づく構造強度評価に用いる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 (°C)		S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
		周囲環境 温度					
ダウンカマ	SGV49*	周囲環境 温度	200	120	—	—	—

注記* : SGV480 相当

4.2.4 設計荷重

(1) 重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度

重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度は、以下のとおりとする。

内圧 P_{SA} 853kPa (SA後)

温度 T_{SA} 200℃ (SA後)

(2) 死荷重

a. ベント系

ベント管, ベントヘッド, ダウンカメラ及び真空破壊装置の自重を死荷重とする。

(3) 水力的動的荷重

重大事故等対処設備としての水力的動的荷重は設計基準対象施設としての荷重と同じであるため、参照図書(1)に示すとおりである。

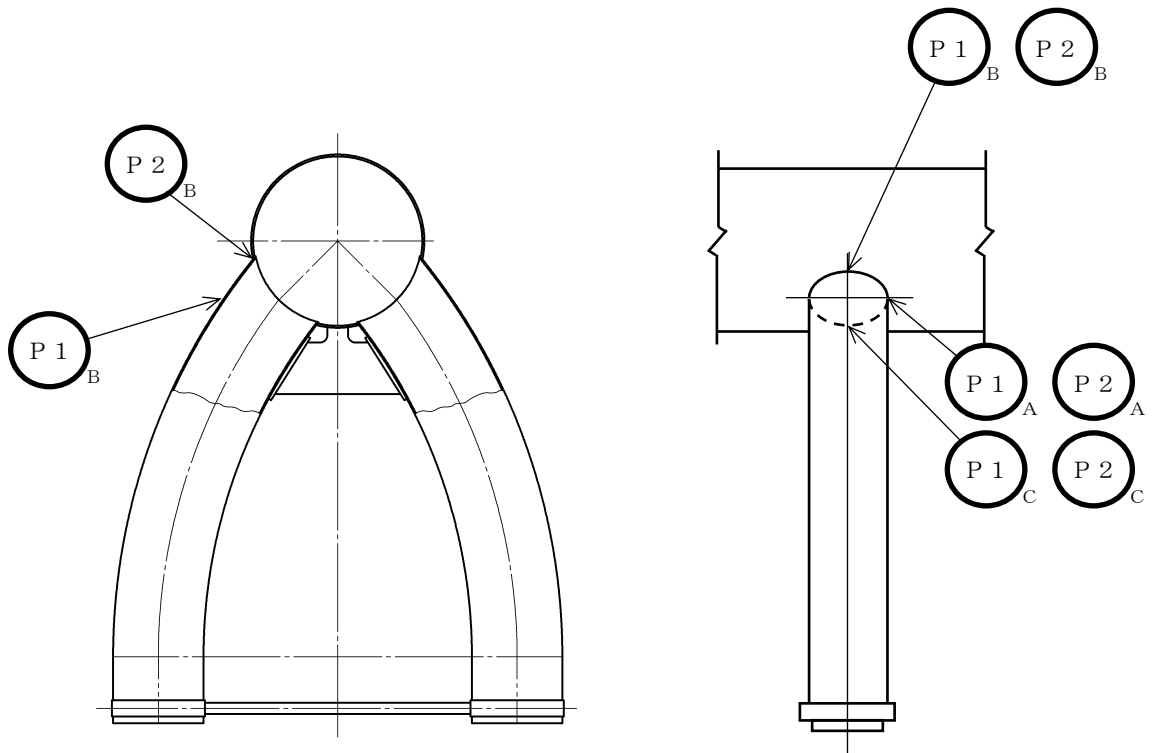
4.3 計算方法

4.3.1 応力評価点

ダウンカマの応力評価点は、ダウンカマを構成する部材の形状及び荷重伝達経路を考慮し、発生応力が大きくなる部位を選定する。選定した応力評価点を表 4-7 及び図 4-1 に示す。

表 4-7 応力評価点

応力評価点番号	応力評価点
P 1	ダウンカマ (P 1-A~P 1-C)
P 2	ベントヘッダとダウンカマの結合部 (P 2-A~P 2-C)



P 2 は、ベントヘッダ側を示す。

図 4-1 ダウンカマの応力評価点

4.3.2 解析モデル及び諸元

ダウンカマの解析モデルは、VI-3-3-7-1-5「ベント管の強度計算書」に示すベントヘッド及びダウンカマを含むベント系の解析モデルを用いる。

4.3.3 応力計算方法

ダウンカマの応力計算方法について、以下に示す。

(1) 重大事故等対処設備としての応力計算

a. ダウンカマ（応力評価点P1）に生じる応力の算出

応力計算方法は既工認から変更はなく、参照図書(1)に示すとおりである。

b. ベントヘッドとダウンカマの結合部（応力評価点P2）に生じる応力の算出

ベント系に作用する自重及び圧力荷重による応力は、VI-3-3-7-1-5「ベント管の強度計算書」に示すベント系の解析モデルにて算出する。また、水力学的動荷重による応力は、参照図書(1)に示す応力を用いる。

4.4 計算条件

応力計算に用いる荷重を、「4.2 荷重の組合せ及び許容応力」に示す。

4.5 応力の評価

「4.3 計算方法」で求めた応力が許容応力以下であること。

5. 評価結果

5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

ダウンカマの重大事故等時の状態を考慮した場合の構造強度評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足している。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価結果を表 5-1 及び表 5-2 に示す。

表 5-1 設計・建設規格に基づく重大事故等時に対する評価結果 (D + P_{SA} + M_{SA})

評価対象設備	評価部位		応力分類	重大事故等時		判定	荷重の 組合せ*	備考
				算出応力	許容応力			
				MPa	MPa			
ダウンカマ	P 1 - A	ダウンカマ	一次応力	39	216	○	(V (S) -1)	
	P 1 - B	ダウンカマ	一次応力	27	216	○	(V (S) -1)	
	P 1 - C	ダウンカマ	一次応力	30	216	○	(V (S) -1)	
	P 2 - A	ベントヘッドとダウンカマ との結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	202	422	○	(V (S) -1)	
	P 2 - B	ベントヘッドとダウンカマ の結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	193	422	○	(V (S) -1)	
	P 2 - C	ベントヘッドとダウンカマ の結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	203	422	○	(V (S) -1)	

注記* : () 内はVI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」における表 5-3 の荷重の組合せの No. を示す。

表 5-2 告示第 501 号に基づく重大事故等時に対する評価結果 (D + P_{SA} + M_{SA})

評価対象設備	評価部位		応力分類	重大事故等時		判定	荷重の 組合せ*	備考
				算出応力	許容応力			
				MPa	MPa			
ダウンカマ	P 1 - A	ダウンカマ	一次応力	39	144	○	(V (S) -1)	
	P 1 - B	ダウンカマ	一次応力	27	144	○	(V (S) -1)	
	P 1 - C	ダウンカマ	一次応力	30	144	○	(V (S) -1)	

注記* : () 内はVI-1-8-1 「原子炉格納施設的设计条件に関する説明書」における表 5-3 の荷重の組合せの No. を示す。

6. 参照図書

- (1) 島根原子力発電所第2号機 第2回工事計画認可申請書
IV-3-5-17「ダウンカマの強度計算書」

VI-3-3-7-2-2 原子炉格納容器安全設備の強度計算書

VI-3-3-7-2-2-2 格納容器代替スプレイ系の強度計算書

VI-3-3-7-2-2-2-1 管の強度計算書
(格納容器代替スプレイ系)

VI-3-3-7-2-2-2-1-1 管の基本板厚計算書
(格納容器代替スプレイ系)

まえがき

本計算書は、VI-3-1-5「重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針」及びVI-3-2-9「重大事故等クラス2管の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

評価条件整理結果を以下に示す。なお、評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については、VI-3-2-1「強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

・評価条件整理表

NO.	既設 or 新設	施設時の 技術基準 を対象と する施設 の規定が あるか	クラスアップするか				条件アップするか				既工認に おける 評価結果 の有無	施設時の 適用規格	評価 区分	同等性 評価区分	評価 クラス	
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB条件		SA条件						
								圧力 (MPa)	温度 (℃)	圧力 (MPa)						温度 (℃)
1	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	2.45	66	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
2	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	2.45	66	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
3	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	3.92	185	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
4	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	3.92	185	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
5	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	3.92	185	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
F1	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	2.45	66	—	—	設計・建設規格	—	SA-2

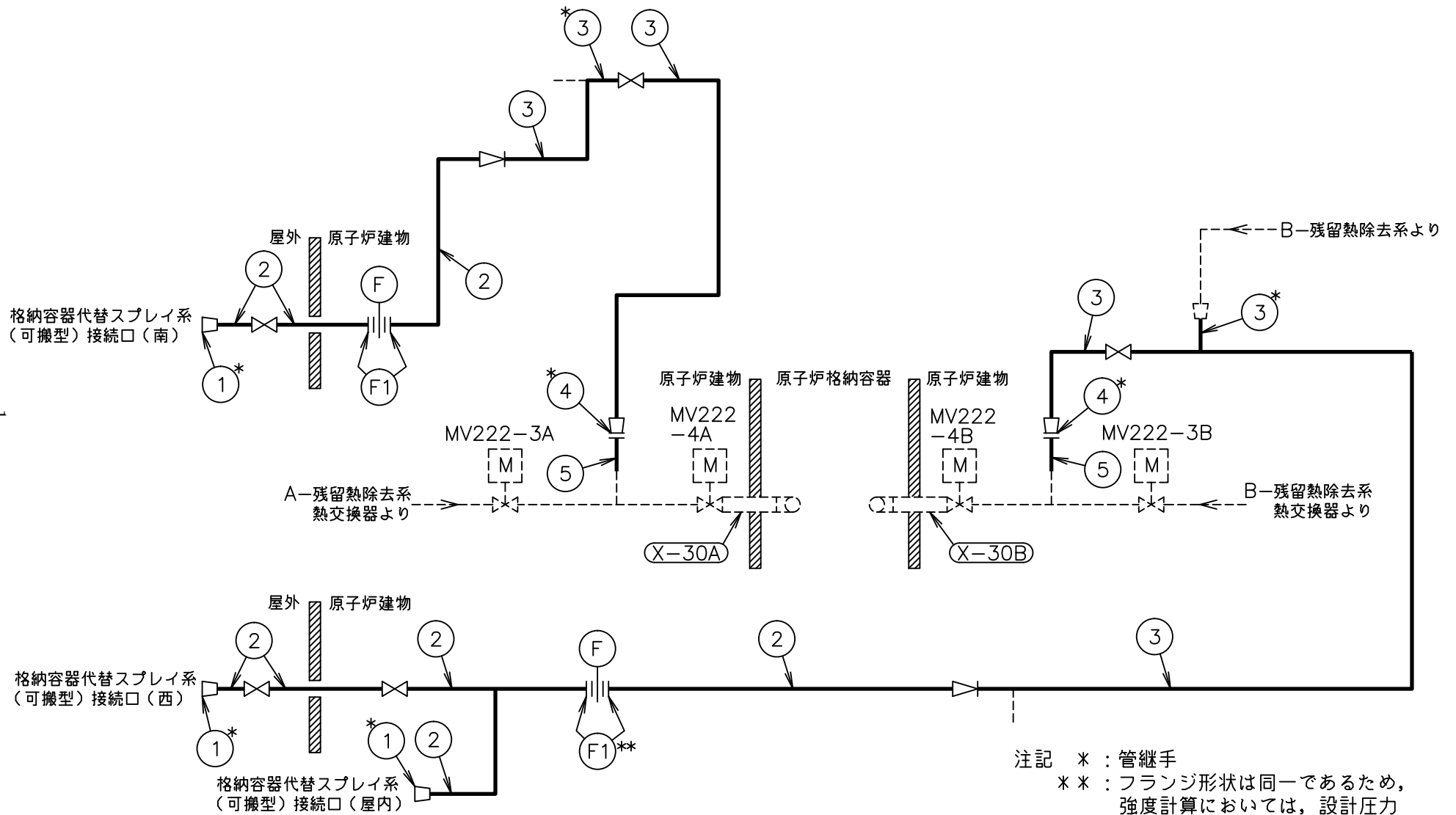
・適用規格の選定

NO.	評価項目	評価区分	判定基準	適用規格
1	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
2	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
3	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
4	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
5	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
F1	フランジの強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格

目 次

1. 概略系統図	1
2. 管の強度計算書	2
3. フランジの強度計算書	3

1. 概略系統図



格納容器代替スプレイ系概略系統図

2. 管の強度計算書（重大事故等クラス2管）

設計・建設規格 PPC-3411 準用

NO.	最高使用圧力 P (MPa)	最高使用 温 度 (°C)	外 径 D _o (mm)	公称厚さ (mm)	材 料	製 法	ク ラ ス	S (MPa)	η	Q	t _s (mm)	t (mm)	算 式	t _r (mm)
1	2.45	66	165.20	7.10	SUS304TP	S	2	126	1.00	12.5 %	6.21	1.60	A	1.60
2	2.45	66	114.30	6.00	SUS304TP	S	2	126	1.00	12.5 %	5.25	1.11	A	1.11
3	3.92	185	114.30	6.00	SUS304TP	S	2	112	1.00	12.5 %	5.25	1.98	A	1.98
4	3.92	185	76.30	5.20	SUS304TP	S	2	112	1.00	12.5 %	4.55	1.32	A	1.32
5	3.92	185	76.30	7.00	STPT410	S	2	103	1.00	12.5 %	6.12	1.43	C	2.70

評価：t_s ≥ t_r，よって十分である。

3. フランジの強度計算書 (重大事故等クラス2管)

設計・建設規格 PPC-3414 準用
(JIS B 8265 附属書3適用)

設計条件		モーメントの計算			
NO.	F1	HD (N)	6.948×10^4		
形式	一体形(TYPE-4)	hD (mm)	32.43		
設計圧力 P (MPa)	8.45	MD (N・mm)	2.253×10^6		
最高使用圧力 P _o (MPa)	2.45	HG (N)	1.389×10^5		
最高使用温度 (°C)	66	hG (mm)	22.75		
フランジ		MG (N・mm)	3.161×10^6		
		HT (N)	5.972×10^4		
材料	SUSF304(厚さ<130mm)	hT (mm)	32.05		
σ _{fa} 常温(ガスケット締付時) (20°C) (MPa)	129	MT (N・mm)	1.914×10^6		
σ _{fb} 最高使用温度(使用状態) (MPa)	126	M _o (N・mm)	7.328×10^6		
A (mm)		M _g (N・mm)	6.748×10^6		
B (mm)		フランジの厚さと係数			
C (mm)					
g _o (mm)					
g ₁ (mm)					
h (mm)					
ボルト		h _o (mm)	24.775		
材料		f	1.000		
		F	0.584		
SNB7(径≤63mm)		V	0.051		
σ _a 常温(ガスケット締付時) (20°C) (MPa)	173	K	2.199		
σ _b 最高使用温度(使用状態) (MPa)	173	T	1.435		
d _b (mm)	17.294	U	2.873		
d _i (mm)	—	Y	2.614		
n	8	Z	1.521		
ガスケット		d (mm ³)	50548		
		e (mm ⁻¹)	0.02356		
材料		t (mm)			
ガスケット厚さ (mm)		L	3.672		
G (mm)		応力の計算			
G _s (mm)		σ _{Ho} (MPa)	65		
N (mm)		σ _{Ro} (MPa)	22		
m _g		σ _{To} (MPa)	49		
y (N/mm ²)		σ _{Hg} (MPa)	48		
b _o (mm)		σ _{Rg} (MPa)	20		
b (mm)		σ _{Tg} (MPa)	46		
ボルトの計算		応力の評価 $\sigma_{Ho} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$ $\sigma_{Hg} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$ $\sigma_{Ro} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$ $\sigma_{Rg} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$ $\sigma_{To} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$ $\sigma_{Tg} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$			
H (N)	1.292×10^5				
HP (N)	1.389×10^5				
W _{m1} (N)	2.681×10^5				
W _{m2} (N)	1.887×10^5				
A _{m1} (mm ²)	1.550×10^3				
A _{m2} (mm ²)	1.091×10^3				
A _m (mm ²)	1.550×10^3				
A _b (mm ²)	1.879×10^3				
W _o (N)	2.681×10^5				
W _g (N)	2.966×10^5				
評価: A _m < A _b よって十分である。				以上より十分である。	

S2 補 VI-3-3-7-2-2-2-1-I ROE

VI-3-3-7-2-2-4 残留熱代替除去系の強度計算書

VI-3-3-7-2-2-4-3 管の強度計算書
(残留熱代替除去系)

VI-3-3-7-2-2-4-3-1 管の基本板厚計算書
(残留熱代替除去系)

まえがき

本計算書は、VI-3-1-5「重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針」及びVI-3-2-9「重大事故等クラス2管の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

評価条件整理結果を以下に示す。なお、評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については、VI-3-2-1「強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

・評価条件整理表

NO.	既設 or 新設	施設時の 技術基準 に 対象と する施設 の規定が あるか	クラスアップするか				条件アップするか				既工認に おける 評価結果 の有無	施設時の 適用規格	評価 区分	同等性 評価区分	評価 クラス	
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB条件		SA条件						
								圧力 (MPa)	温度 (℃)	圧力 (MPa)						温度 (℃)
1	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	1.37	185	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
2	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	1.37	185	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
3	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	1.37	185	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
4	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	2.50	185	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
5	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	2.50	185	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
6	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	2.50	185	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
7	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	3.92	185	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
7	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	無	3.92	185	3.92	185	無	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
8	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	無	3.92	185	3.92	185	無	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
9	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	無	3.92	185	3.92	185	無	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2

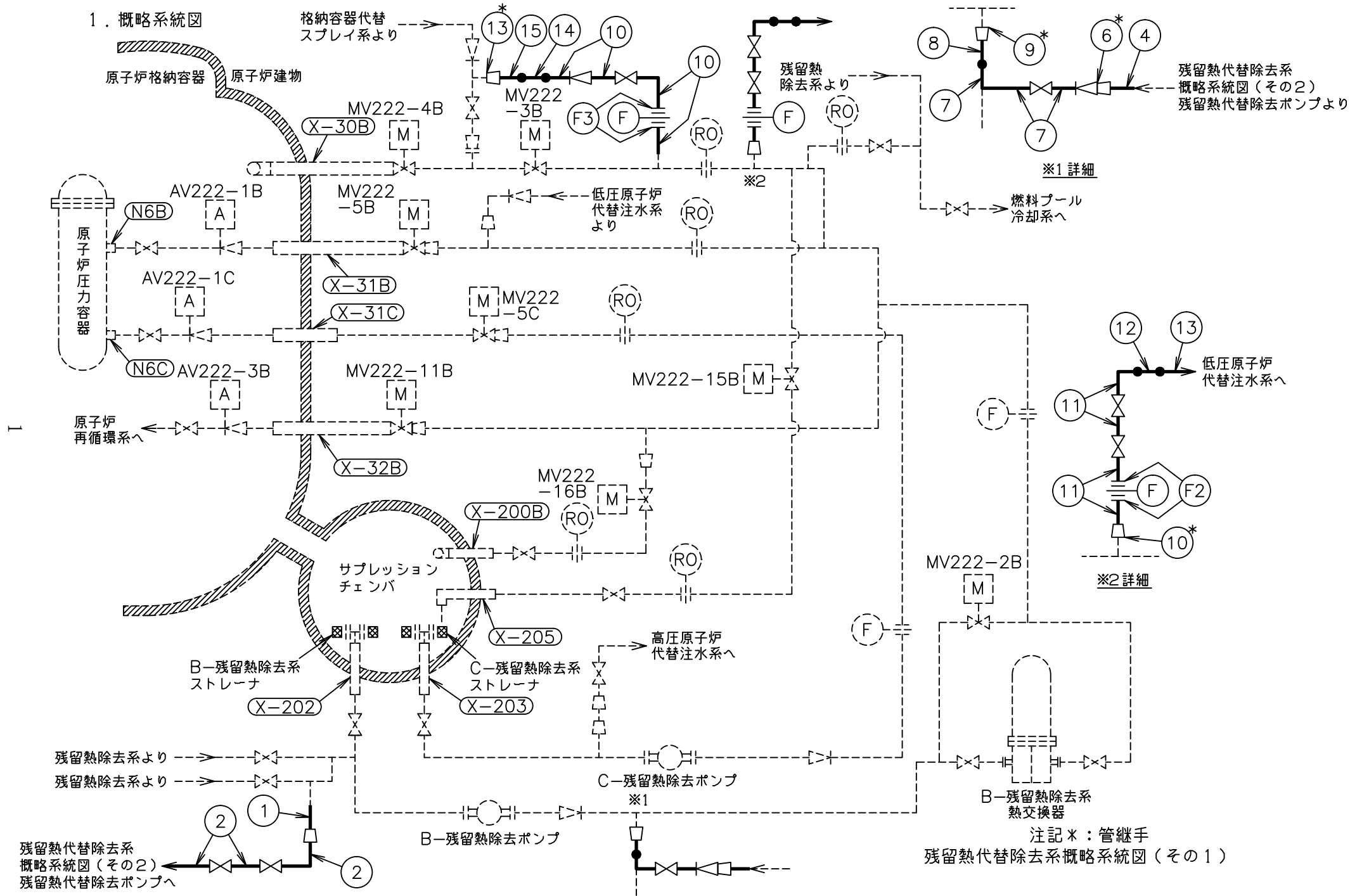
NO.	既設 or 新設	施設時の 技術基準 を対象と する施設 の規定が あるか	クラスアップするか				条件アップするか				既工認に おける 評価結果 の有無	施設時の 適用規格	評価 区分	同等性 評価区分	評価 クラス	
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB条件		SA条件						
								圧力 (MPa)	温度 (℃)	圧力 (MPa)						温度 (℃)
10	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	3.92	185	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
11	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	3.92	185	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
12	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	3.92	185	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
13	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	3.92	185	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
14	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	3.92	185	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
15	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	3.92	185	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
F1	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	2.50	185	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
F2	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	3.92	185	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
F3	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	3.92	185	—	—	設計・建設規格	—	SA-2

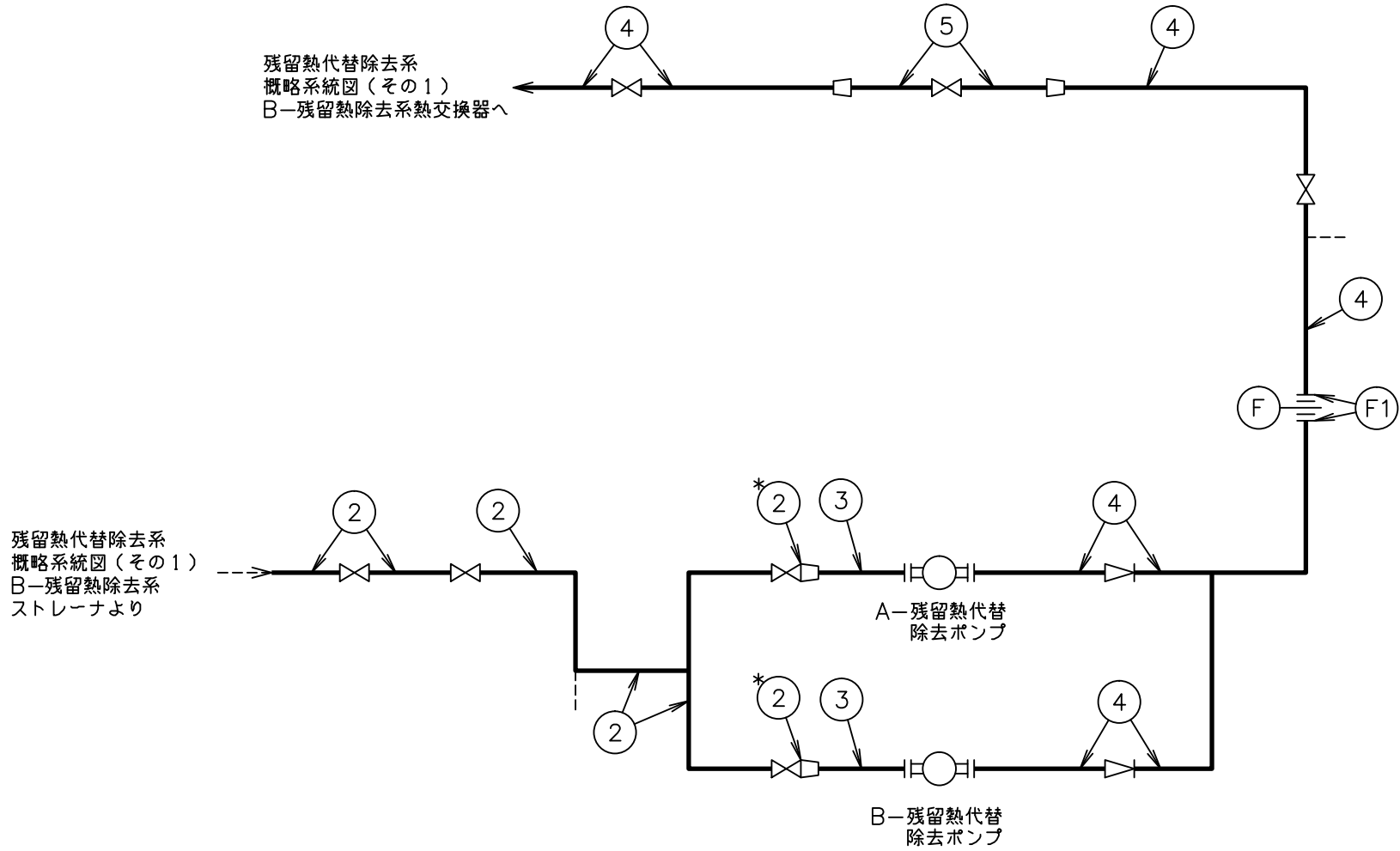
・適用規格の選定

NO.	評価項目	評価区分	判定基準	適用規格
1	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
2	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
3	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
4	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
5	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
6	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
7	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
7	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
8	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
9	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
10	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
11	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
12	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
13	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
14	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
15	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
F1	フランジの強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
F2	フランジの強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
F3	フランジの強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格

目 次

1. 概略系統図	1
2. 管の強度計算書	3
3. フランジの強度計算書	5





注記* : 管継手
残留熱代替除去系概略系統図(その2)

2. 管の強度計算書（重大事故等クラス2管）

設計・建設規格 PPC-3411 準用

NO.	最高使用圧力 P (MPa)	最高使用 温 度 (°C)	外 径 D _o (mm)	公称厚さ (mm)	材 料	製 法	ク ラ ス	S (MPa)	η	Q	t _s (mm)	t (mm)	算 式	t _r (mm)
1	1.37	185	216.30	8.20	STPT410	S	2	103	1.00	12.5 %	7.17	1.43	C	3.80
2	1.37	185	267.40	9.30	STPT410	S	2	103	1.00	12.5 %	8.13	1.77	C	3.80
3	1.37	185	165.20	7.10	STPT410	S	2	103	1.00	12.5 %	6.21	1.10	C	3.80
4	2.50	185	165.20	7.10	STPT410	S	2	103	1.00	12.5 %	6.21	1.99	C	3.80
5	2.50	185	216.30	8.20	STPT410	S	2	103	1.00	12.5 %	7.17	2.60	C	3.80
6	2.50	185	114.30	8.60	STPT410	S	2	103	1.00	12.5 %	7.52	1.38	C	3.40
7	3.92	185	114.30	8.60	STPT410	S	2	103	1.00	12.5 %	7.52	2.15	C	3.40
8	3.92	185	114.30	8.60	STPT42	S	2	103	1.00	12.5 %	7.52	2.15	C	3.40
9	3.92	185	216.30	12.70	STPT42	S	2	103	1.00	12.5 %	11.11	4.06	A	4.06
10	3.92	185	165.20	11.00	STS410	S	2	103	1.00	12.5 %	9.62	3.10	C	3.80

評価：t_s ≥ t_r，よって十分である。

管の強度計算書（重大事故等クラス2管）

設計・建設規格 PPC-3411 準用

NO.	最高使用圧力 P (MPa)	最高使用 温 度 (°C)	外 径 D _o (mm)	公称厚さ (mm)	材 料	製 法	ク ラ ス	S (MPa)	η	Q	t _s (mm)	t (mm)	算 式	t _r (mm)
11	3.92	185	114.30	8.60	STS410	S	2	103	1.00	12.5 %	7.52	2.15	C	3.40
12	3.92	185	114.30	8.60	SF440A	S	2	110	1.00			2.01	C	3.40
13	3.92	185	114.30	6.00	SUS304TP	S	2	112	1.00	12.5 %	5.25	1.98	A	1.98
14	3.92	185	165.20	11.00	SF440A	S	2	110	1.00			2.91	C	3.80
15	3.92	185	165.20	7.10	SUS304TP	S	2	112	1.00	12.5 %	6.21	2.86	A	2.86

評価：t_s ≥ t_r，よって十分である。

3. フランジの強度計算書 (重大事故等クラス2管)

設計・建設規格 PPC-3414 準用
(JIS B 8265 附属書3適用)

設計条件		モーメントの計算				
NO.	F1	HD (N)	1.240×10^5			
形式	一体形(TYPE-4)	hD (mm)	49.25			
設計圧力 P (MPa)	6.92	MD (N・mm)	6.106×10^6			
最高使用圧力 P _o (MPa)	2.50	HG (N)	1.700×10^5			
最高使用温度 (°C)	185	hG (mm)	46.13			
フランジ		MG (N・mm)	7.840×10^6			
		HT (N)	5.761×10^4			
材料	SF440A	hT (mm)	54.06			
σ_{fa} 常温(ガスケット締付時) (20°C) (MPa)	110	MT (N・mm)	3.114×10^6			
σ_{fb} 最高使用温度(使用状態) (MPa)	110	M _o (N・mm)	1.706×10^7			
A (mm)	[]	M _g (N・mm)	2.430×10^7			
B (mm)		フランジの厚さと係数				
C (mm)						
g _o (mm)						
g ₁ (mm)						
h (mm)						
ボルト		h _o (mm)	32.743			
材料		f	1.000			
SNB7 (径≤63mm)		F	0.607			
σ_a 常温(ガスケット締付時) (20°C) (MPa)	173	V	0.046			
σ_b 最高使用温度(使用状態) (MPa)	173	K	2.152			
d _b (mm)	20.752	T	1.452			
d _i (mm)	—	U	2.952			
n	12	Y	2.686			
ガスケット		Z	1.551			
		d (mm ³)	106818			
材料		e (mm ⁻¹)	0.01854			
ガスケット厚さ (mm)	[]	t (mm)	[]			
G (mm)		L	2.498			
G _s (mm)		応力の計算				
N (mm)						
m _g				3.00	σ_{Ho} (MPa)	75
y (N/mm ²)				68.9	σ_{Ro} (MPa)	41
b _o (mm)				[]	σ_{To} (MPa)	59
b (mm)	[]	σ_{Hg} (MPa)	85			
ボルトの計算		σ_{Rg} (MPa)	58			
H (N)	1.816×10^5	σ_{Tg} (MPa)	84			
HP (N)	1.700×10^5	応力の評価 $\sigma_{Ho} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$ $\sigma_{Hg} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$ $\sigma_{Ro} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$ $\sigma_{Rg} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$ $\sigma_{To} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$ $\sigma_{Tg} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$				
W _{m1} (N)	3.516×10^5					
W _{m2} (N)	2.819×10^5					
A _{m1} (mm ²)	2.032×10^3					
A _{m2} (mm ²)	1.630×10^3					
A _m (mm ²)	2.032×10^3					
A _b (mm ²)	4.059×10^3					
W _o (N)	3.516×10^5					
W _g (N)	5.269×10^5					
評価: A _m < A _b よって十分である。				以上より十分である。		

S2 補 VI-3-3-7-2-2-4-3-1 R0

フランジの強度計算書（重大事故等クラス2管）

設計・建設規格 PPC-3414 準用
 (JIS B 8265 附属書3適用)

設計条件		モーメントの計算		
NO.	F2	HD (N)	9.835×10^4	
形式	一体形(TYPE-4)	hD (mm)	37.73	
設計圧力 P (MPa)	13.28	MD (N・mm)	3.710×10^6	
最高使用圧力 P _o (MPa)	3.92	HG (N)	2.011×10^5	
最高使用温度 (°C)	185	hG (mm)	33.25	
フランジ		MG (N・mm)	6.685×10^6	
		HT (N)	7.389×10^4	
材料	SF440A	hT (mm)	41.10	
σ_{fa} 常温(ガスケット締付時)(20°C) (MPa)	110	MT (N・mm)	3.037×10^6	
σ_{fb} 最高使用温度(使用状態) (MPa)	110	M _o (N・mm)	1.343×10^7	
A (mm)		M _g (N・mm)	1.293×10^7	
B (mm)		フランジの厚さと係数		
C (mm)				
g _o (mm)				
g ₁ (mm)				
h (mm)				
ボルト				h _o (mm)
材料	SNB7(径≤63mm)	f	1.000	
σ_a 常温(ガスケット締付時)(20°C) (MPa)	173	F	0.673	
σ_b 最高使用温度(使用状態) (MPa)	173	V	0.087	
d _b (mm)	19.294	K	2.472	
d _i (mm)	—	T	1.348	
n	8	U	2.505	
ガスケット		Y	2.280	
		Z	1.391	
材料		d (mm ³)	61292	
ガスケット厚さ (mm)		e (mm ⁻¹)	0.02329	
G (mm)		t (mm)		
G _s (mm)		L	3.376	
N (mm)		応力の計算		
m _g				σ_{Ho} (MPa)
y (N/mm ²)	σ_{Ro} (MPa)			45
b _o (mm)	σ_{To} (MPa)			76
b (mm)	σ_{Hg} (MPa)			64
	σ_{Rg} (MPa)			43
	σ_{Tg} (MPa)	73		
ボルトの計算		応力の評価 $\sigma_{Ho} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$ $\sigma_{Hg} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$ $\sigma_{Ro} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$ $\sigma_{Rg} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$ $\sigma_{To} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$ $\sigma_{Tg} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$		
H (N)	1.722×10^5			
HP (N)	2.011×10^5			
W _{m1} (N)	3.733×10^5			
W _{m2} (N)	1.738×10^5			
A _{m1} (mm ²)	2.158×10^3			
A _{m2} (mm ²)	1.005×10^3			
A _m (mm ²)	2.158×10^3			
A _b (mm ²)	2.339×10^3			
W _o (N)	3.733×10^5			
W _g (N)	3.890×10^5			
評価: A _m < A _b よって十分である。				以上より十分である。

S2 補 VI-3-3-7-2-2-4-3-1 R0

フランジの強度計算書（重大事故等クラス2管）

設計・建設規格 PPC-3414 準用
 (J I S B 8 2 6 5 附属書3適用)

設計条件		モーメントの計算			
NO.	F3	HD (N)	7.926×10^4		
形式	一体形(TYPE-4)	hD (mm)	51.20		
設計圧力 P (MPa)	4.92	MD (N・mm)	4.058×10^6		
最高使用圧力 P _o (MPa)	3.92	HG (N)	1.208×10^5		
最高使用温度 (°C)	185	hG (mm)	46.13		
フランジ		MG (N・mm)	5.574×10^6		
		HT (N)	4.982×10^4		
材料	SF440A	hT (mm)	56.01		
σ_{fa} 常温(ガスケット締付時)(20°C) (MPa)	110	MT (N・mm)	2.791×10^6		
σ_{fb} 最高使用温度(使用状態) (MPa)	110	M _o (N・mm)	1.242×10^7		
A (mm)	[Redacted]	M _g (N・mm)	2.270×10^7		
B (mm)		フランジの厚さと係数			
C (mm)					
g ₀ (mm)					
g ₁ (mm)					
h (mm)					
ボルト		h _o (mm)	39.689		
材料		f	1.000		
SNB7(径≤63mm)		F	0.699		
σ_a 常温(ガスケット締付時)(20°C) (MPa)	173	V	0.096		
σ_b 最高使用温度(使用状態) (MPa)	173	K	2.270		
d _b (mm)	20.752	T	1.412		
d _i (mm)	—	U	2.764		
n	12	Y	2.515		
ガスケット		Z	1.482		
		d (mm ³)	138535		
材料		e (mm ⁻¹)	0.01762		
ガスケット厚さ (mm)	[Redacted]	t (mm)	[Redacted]		
G (mm)		L	2.235		
G _s (mm)		応力の計算			
N (mm)					
m _g				σ_{Ho} (MPa)	53
y (N/mm ²)				σ_{Ro} (MPa)	34
b _o (mm)				σ_{To} (MPa)	38
b (mm)	σ_{Hg} (MPa)			68	
	σ_{Rg} (MPa)			62	
	σ_{Tg} (MPa)	69			
ボルトの計算		応力の評価 $\sigma_{Ho} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$ $\sigma_{Hg} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$ $\sigma_{Ro} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$ $\sigma_{Rg} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$ $\sigma_{To} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$ $\sigma_{Tg} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$			
H (N)	1.291×10^5				
HP (N)	1.208×10^5				
W _{m1} (N)	2.499×10^5				
W _{m2} (N)	2.819×10^5				
A _{m1} (mm ²)	1.445×10^3				
A _{m2} (mm ²)	1.630×10^3				
A _m (mm ²)	1.630×10^3				
A _b (mm ²)	4.059×10^3				
W _o (N)	2.499×10^5				
W _g (N)	4.921×10^5				
評価: A _m < A _b よって十分である。				以上より十分である。	

S2 補 VI-3-3-7-2-2-4-3-1 ROE

VI-3-3-7-5 圧力逃がし装置の強度計算書

VI-3-3-7-5-1 格納容器フィルタベント系の強度計算書

VI-3-3-7-5-1-2 管の強度計算書
(格納容器フィルタベント系)

VI-3-3-7-5-1-2-1 管の基本板厚計算書
(格納容器フィルタベント系)

まえがき

本計算書は、VI-3-1-5「重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針」及びVI-3-2-9「重大事故等クラス2管の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

評価条件整理結果を以下に示す。なお、評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については、VI-3-2-1「強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

・評価条件整理表

NO.	既設 or 新設	施設時の 技術基準 に 対象と する施設 の規定が あるか	クラスアップするか				条件アップするか				既工認に おける 評価結果 の有無	施設時の 適用規格	評価 区分	同等性 評価区分	評価 クラス	
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB条件		SA条件						
								圧力 (MPa)	温度 (℃)	圧力 (MPa)						温度 (℃)
1	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.853	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
2	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.853	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
3	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.853	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
4	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.853	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
5	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.93	66	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
6	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.93	66	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
7	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.93	66	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
8	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.93	66	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
9	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.93	66	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
10	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.853	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2

NO.	既設 or 新設	施設時の 技術基準 に 対象と する施設 の規定が あるか	クラスアップするか				条件アップするか				既工認に おける 評価結果 の有無	施設時の 適用規格	評価 区分	同等性 評価区分	評価 クラス	
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB条件		SA条件						
								圧力 (MPa)	温度 (℃)	圧力 (MPa)						温度 (℃)
11	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.853	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
12	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.853	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
13	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.853	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
14	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.853	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
15	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.853	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
16	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.853	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
17	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.853	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
18	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.853	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
19	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.853	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
20	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.427	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2

NO.	既設 or 新設	施設時の 技術基準 に 対象と する 施設 の 規定が あるか	クラスアップするか				条件アップするか				既工認に おける 評価結果 の有無	施設時の 適用規格	評価 区分	同等性 評価区分	評価 クラス	
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB条件		SA条件						
								圧力 (MPa)	温度 (℃)	圧力 (MPa)						温度 (℃)
21	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.427	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
22	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.427	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
23	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.427	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
24	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.427	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
25	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.427	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
26	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.427	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
27	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.427	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
28	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.427	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
29	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.427	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
30	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.427	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2

NO.	既設 or 新設	施設時の 技術基準 に対象と する施設 の規定が あるか	クラスアップするか				条件アップするか				既工認に おける 評価結果 の有無	施設時の 適用規格	評価 区分	同等性 評価区分	評価 クラス	
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB条件		SA条件						
								圧力 (MPa)	温度 (℃)	圧力 (MPa)						温度 (℃)
31	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	大気圧	66	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
32	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	大気圧	66	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
33	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.427	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
34	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.427	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
T1	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.853	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
T2	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.427	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
T3	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.427	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
E1	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.853	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
E2	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.427	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2

・適用規格の選定

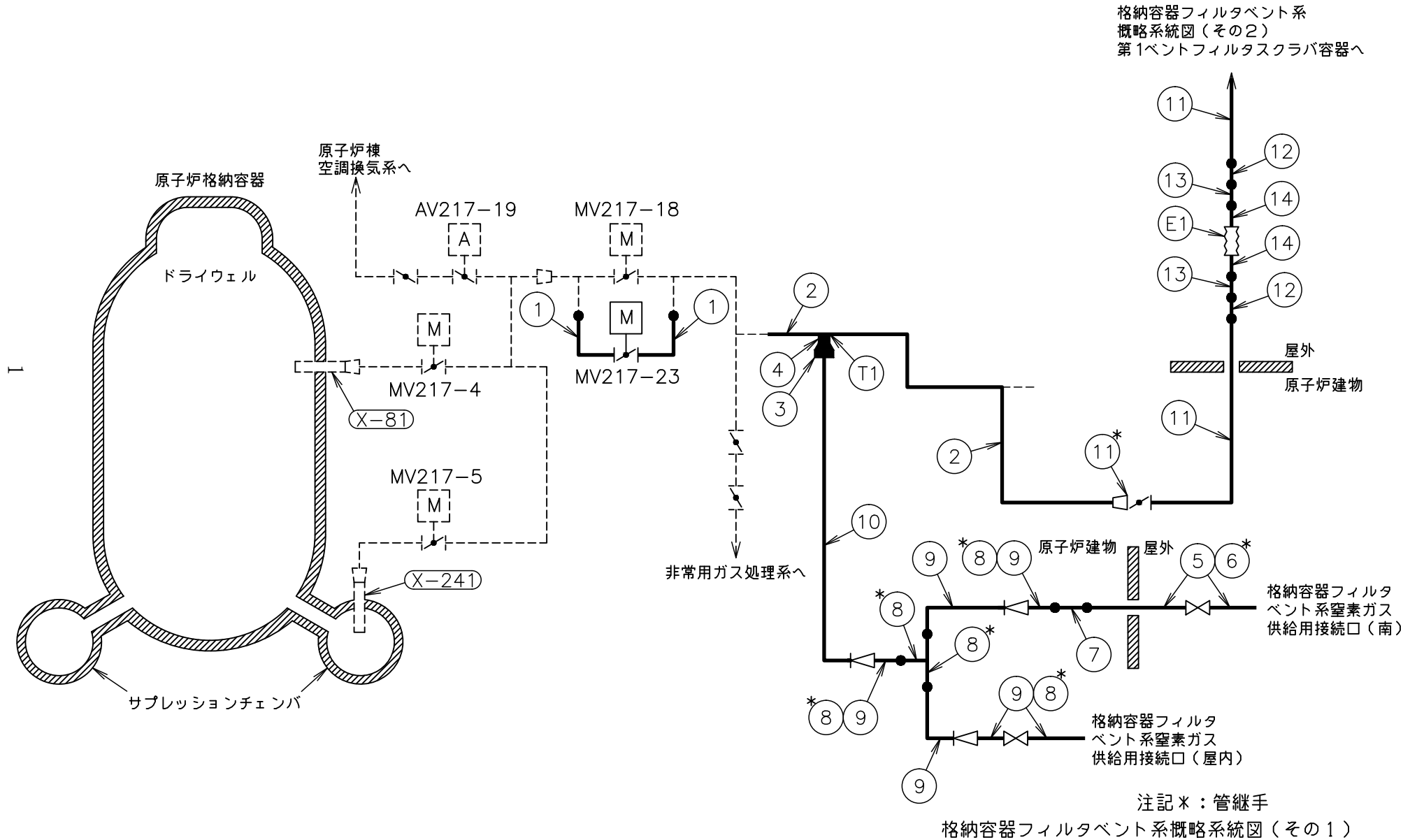
NO.	評価項目	評価区分	判定基準	適用規格
1	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
2	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
3	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
4	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
5	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
6	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
7	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
8	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
9	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
10	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
11	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
12	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
13	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
14	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
15	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
16	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
17	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
18	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
19	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
20	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格

NO.	評価項目	評価区分	判定基準	適用規格
21	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
22	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
23	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
24	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
25	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
26	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
27	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
28	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
29	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
30	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
31	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
32	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
33	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
34	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
T1	管の穴と補強計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
T2	管の穴と補強計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
T3	管の穴と補強計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
E1	伸縮継手の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
E2	伸縮継手の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格

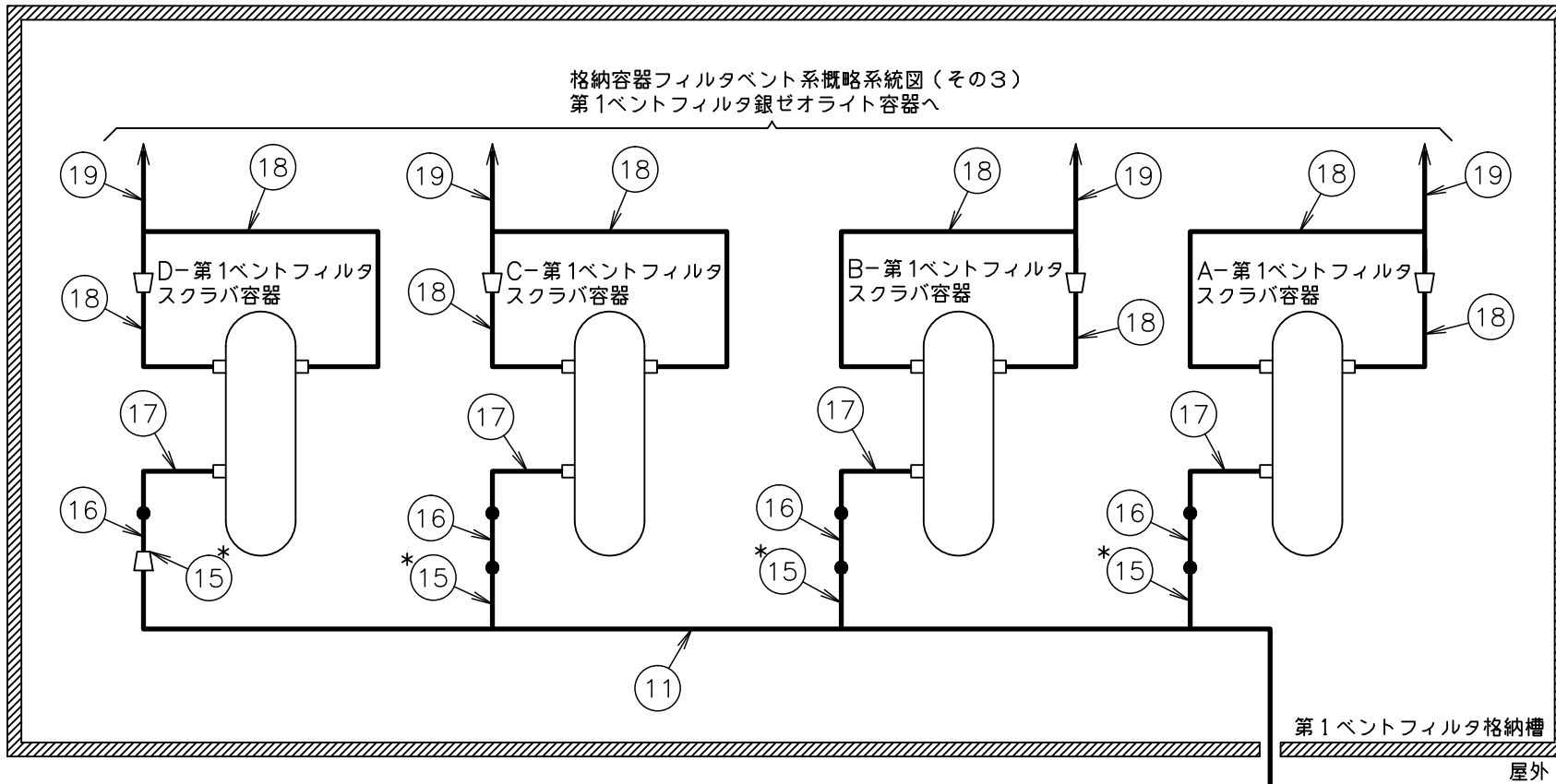
目 次

1. 概略系統図	1
2. 管の強度計算書	5
3. 管の穴と補強計算書	9
4. 伸縮継手の強度計算書	12

1. 概略系統図



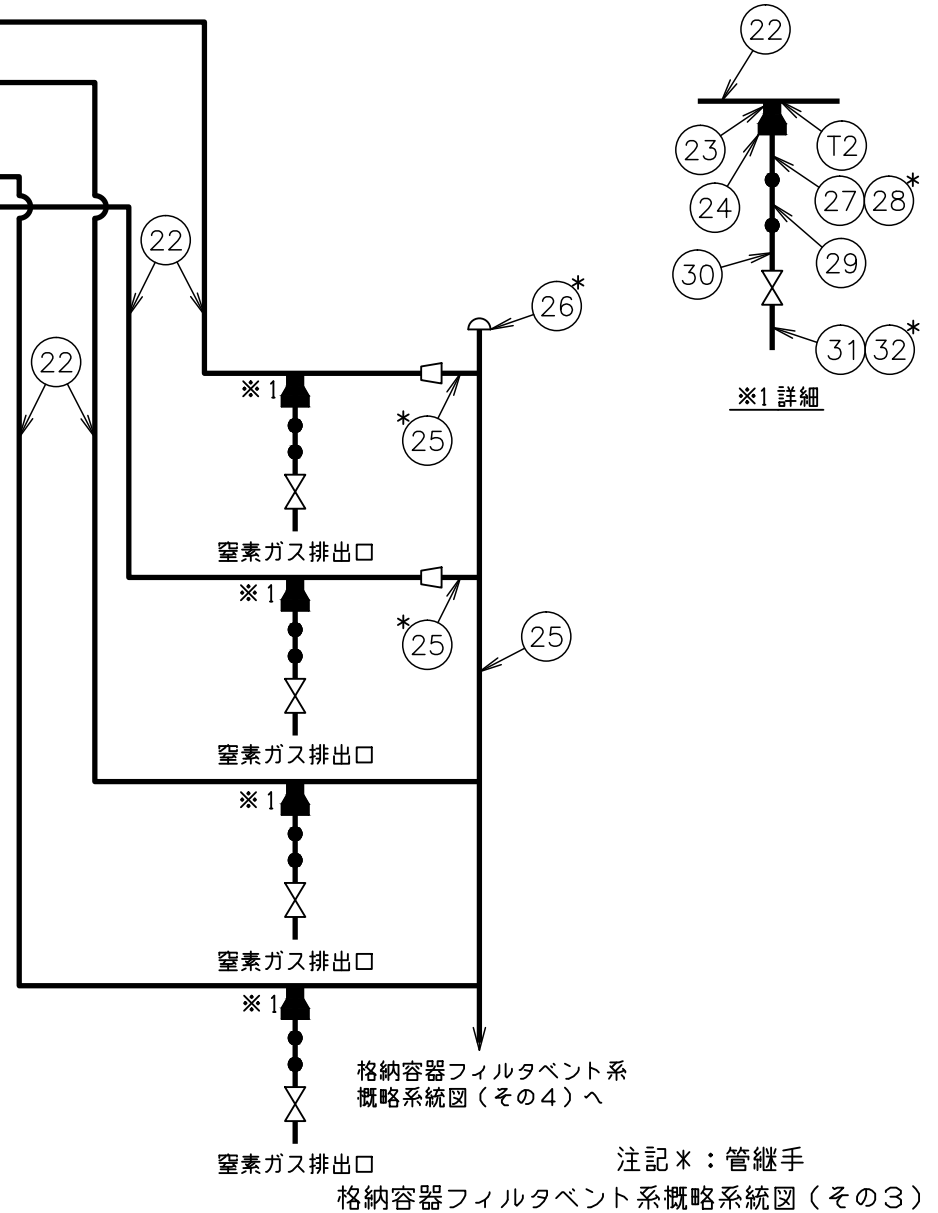
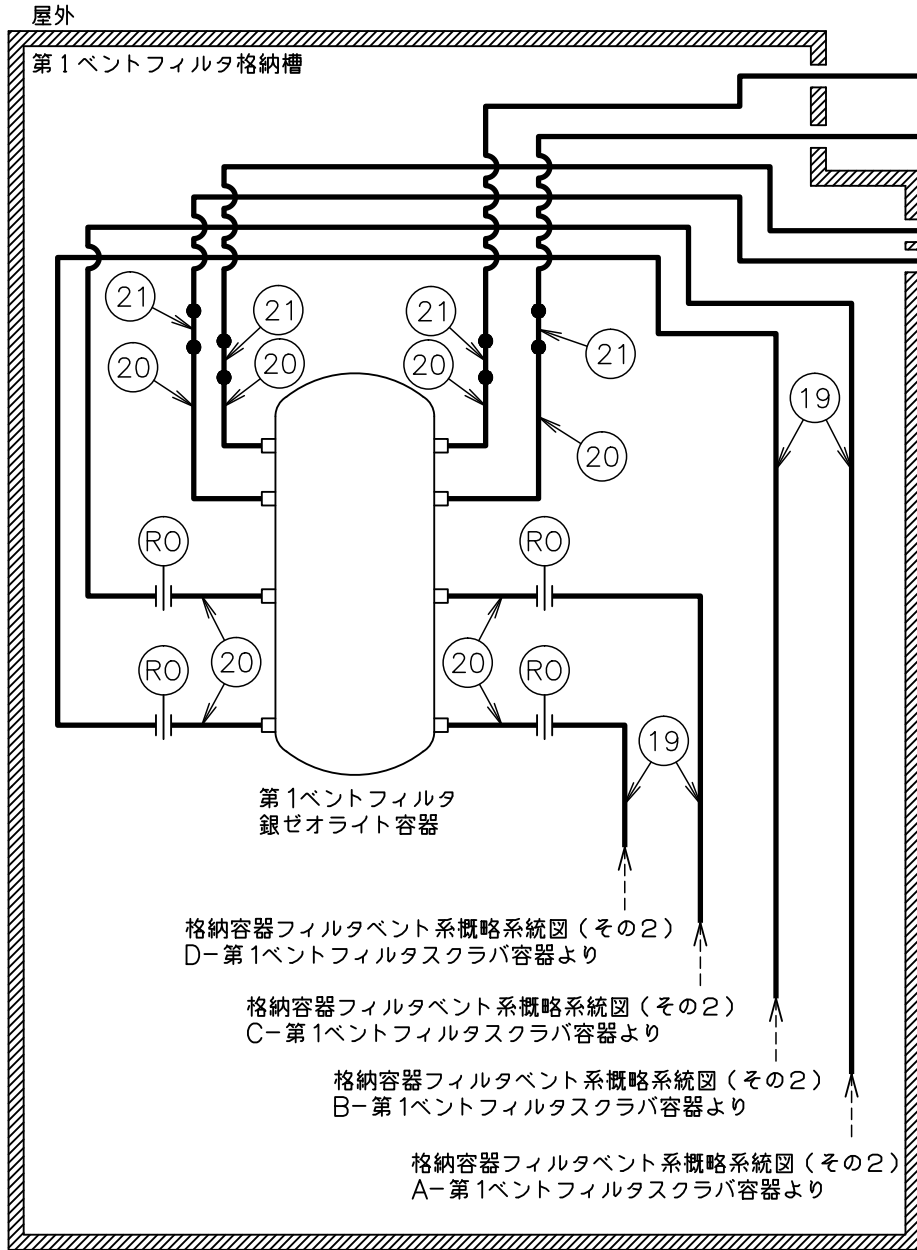
格納容器フィルタベント系概略系統図(その3)
第1ベントフィルタ銀ゼオライト容器へ

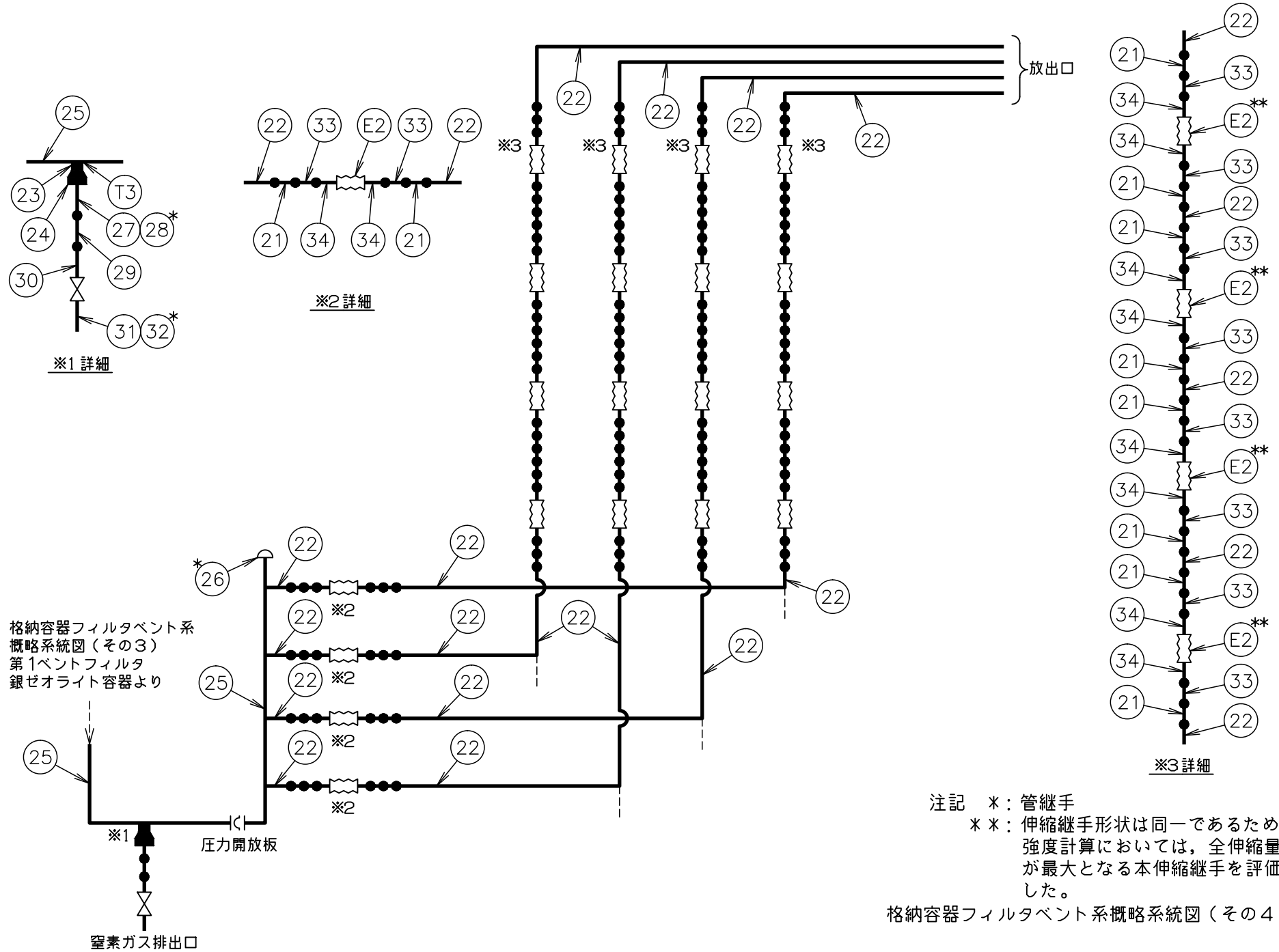


2

格納容器フィルタベント系
概略系統図(その1)より

注記*: 管継手
格納容器フィルタベント系概略系統図(その2)





格納容器フィルタベント系概略系統図(その4)

2. 管の強度計算書（重大事故等クラス2管）

設計・建設規格 PPC-3411 準用

NO.	最高使用圧力 P (MPa)	最高使用 温 度 (°C)	外 径 D _o (mm)	公称厚さ (mm)	材 料	製 法	ク ラ ス	S (MPa)	η	Q	t _s (mm)	t (mm)	算 式	t _r (mm)
1	0.853	200	406.40	9.50	STPT410	S	2	103	1.00	12.5 %	8.31	1.68	C	3.80
2	0.853	200	267.40	9.30	STPT410	S	2	103	1.00	12.5 %	8.13	1.11	C	3.80
3	0.853	200	77.00	7.95	S25C (径 \leq 100mm)	S	2	110	1.00			0.30	C	2.70
4	0.853	200	70.10	8.70	S25C (径 \leq 100mm)	S	2	110	1.00			0.27	C	2.70
5	0.93	66	60.50	3.90	SUS304TP	S	2	126	1.00	0.50mm	3.40	0.23	A	0.23
6	0.93	66			SUS304	S	2	126	1.00			0.29	A	0.29
7	0.93	66	60.50	5.50	S25C (径 \leq 100mm)	S	2	110	1.00			0.26	C	2.40
8	0.93	66			S25C (径 \leq 100mm)	S	2	110	1.00			0.33	C	2.70
9	0.93	66	60.50	5.50	STPT410	S	2	103	1.00	12.5 %	4.81	0.28	C	2.40
10	0.853	200	60.50	5.50	STPT410	S	2	103	1.00	12.5 %	4.81	0.25	C	2.40

評価：t_s \geq t_r, よって十分である。

管の強度計算書（重大事故等クラス2管）

設計・建設規格 PPC-3411 準用

NO.	最高使用圧力 P (MPa)	最高使用 温 度 (°C)	外 径 D _o (mm)	公称厚さ (mm)	材 料	製 法	ク ラ ス	S (MPa)	η	Q	t _s (mm)	t (mm)	算 式	t _r (mm)
11	0.853	200	318.50	10.30	STPT410	S	2	103	1.00	12.5 %	9.01	1.32	C	3.80
12	0.853	200	318.50	10.30	SF440A	S	2	110	1.00			1.24	C	3.80
13	0.853	200	318.50	17.40	SUS316LTP	S	2	107	1.00	12.5 %	15.22	1.27	A	1.27
14	0.853	200	303.00	2.40	SUS316LTP	S	2	107	1.00			1.21	A	1.21
15	0.853	200	216.30	8.20	STPT410	S	2	103	1.00	12.5 %	7.17	0.90	C	3.80
16	0.853	200	216.30	8.20	SF440A	S	2	110	1.00			0.84	C	3.80
17	0.853	200	216.30	8.20	SUS316LTP	S	2	107	1.00	12.5 %	7.17	0.86	A	0.86
18	0.853	200	216.30	8.20	SUS304TP	S	2	111	1.00	12.5 %	7.17	0.83	A	0.83
19	0.853	200	318.50	10.30	SUS304TP	S	2	111	1.00	12.5 %	9.01	1.22	A	1.22
20	0.427	200	318.50	10.30	SUS304TP	S	2	111	1.00	12.5 %	9.01	0.62	A	0.62

評価：t_s ≥ t_r，よって十分である。

管の強度計算書（重大事故等クラス2管）

設計・建設規格 PPC-3411 準用

NO.	最高使用圧力 P (MPa)	最高使用 温 度 (°C)	外 径 D _o (mm)	公称厚さ (mm)	材 料	製 法	ク ラ ス	S (MPa)	η	Q	t _s (mm)	t (mm)	算 式	t _r (mm)
21	0.427	200	318.50	10.30	SF440A	S	2	110	1.00			0.62	C	3.80
22	0.427	200	318.50	10.30	STPT410	S	2	103	1.00	12.5 %	9.01	0.66	C	3.80
23	0.427	200	70.10	8.70	S25C (径 \leq 100mm)	S	2	110	1.00			0.14	C	2.70
24	0.427	200	77.00	7.95	S25C (径 \leq 100mm)	S	2	110	1.00			0.15	C	2.70
25	0.427	200	406.40	12.70	STPT410	S	2	103	1.00	12.5 %	11.11	0.84	C	3.80
26	0.427	200	406.40	12.70	SB410	S	2	103	1.00	12.5 %	11.11	0.84	C	3.80
27	0.427	200	60.50	5.50	STPT410	S	2	103	1.00	12.5 %	4.81	0.13	C	2.40
28	0.427	200			S25C (径 \leq 100mm)	S	2	110	1.00			0.15	C	2.70
29	0.427	200	60.50	5.50	S25C (径 \leq 100mm)	S	2	110	1.00			0.12	C	2.40
30	0.427	200	60.50	3.90	SUS316LTP	S	2	107	1.00	0.50mm	3.40	0.12	A	0.12

評価：t_s \geq t_r，よって十分である。

管の強度計算書（重大事故等クラス2管）

設計・建設規格 PPC-3411 準用

NO.	最高使用圧力 P (MPa)	最高使用 温 度 (°C)	外 径 D _o (mm)	公称厚さ (mm)	材 料	製 法	ク ラ ス	S (MPa)	η	Q	t _s (mm)	t (mm)	算 式	t _r (mm)
31	大気圧	66	60.50	3.90	SUS304TP	S	2	—	—	0.50mm	3.40	—	—	—
32	大気圧	66			SUS304	S	2	—	—			—	—	—
33	0.427	200	318.50	17.40	SUS316LTP	S	2	107	1.00	12.5 %	15.22	0.64	A	0.64
34	0.427	200	303.00	2.40	SUS316LTP	S	2	107	1.00			0.61	A	0.61

評価： $t_s \geq t_r$ ，よって十分である。

3. 管の穴と補強計算書（重大事故等クラス2管）

補強を要しない穴の最大径

設計・建設規格 PPC-3422 準用

NO.		T1	
形 式		A	
最高使用圧力	P (MPa)	0.853	
最高使用温度	(°C)	200	
主管と管台の角度	α (°)	<input type="text"/>	
主 管	材 料	STPT410	
	許容引張応力	S_r (MPa)	103
	外 径	D_{or} (mm)	267.40
	内 径	D_{ir} (mm)	251.14
	公称厚さ	t_{ro} (mm)	9.30
	厚さの負の許容差	Q_r	12.5 %
	最小厚さ	t_r (mm)	8.13
	継手効率	η	1.00
管 台	材 料	S25C (径 \leq 100mm)	
	外 径	D_{ob} (mm)	70.10
	内 径	D_{ib} (mm)	<input type="text"/>
	公称厚さ	t_{bn} (mm)	8.70
穴の径	d (mm)	<input type="text"/>	
$d_{r1} = D_{ir} / 4$	(mm)	62.79	
61, d_{r1} の小さい値	(mm)	61.00	
K		0.1497	
200, d_{r2} の小さい値	(mm)	98.80	
補強不要な穴の最大径	d_{fr} (mm)	98.80	
<p>評価： $d \leq d_{fr}$</p> <p>よって管の穴の補強計算は必要ない。</p>			

管の穴と補強計算書（重大事故等クラス2管）

補強を要しない穴の最大径

設計・建設規格 PPC-3422 準用

NO.		T2	
形 式		A	
最高使用圧力	P (MPa)	0.427	
最高使用温度	(°C)	200	
主管と管台の角度	α (°)	<input type="text"/>	
主 管	材 料	STPT410	
	許容引張応力	S_r (MPa)	103
	外 径	D_{or} (mm)	318.50
	内 径	D_{ir} (mm)	300.48
	公称厚さ	t_{ro} (mm)	10.30
	厚さの負の許容差	Q_r	12.5 %
	最小厚さ	t_r (mm)	9.01
	継手効率	η	1.00
管 台	材 料	S25C (径 \leq 100mm)	
	外 径	D_{ob} (mm)	70.10
	内 径	D_{ib} (mm)	<input type="text"/>
	公称厚さ	t_{bn} (mm)	8.70
穴の径	d (mm)	<input type="text"/>	
$d_{r1} = D_{ir} / 4$	(mm)	75.12	
61, d_{r1} の小さい値	(mm)	61.00	
K		0.0805	
200, d_{r2} の小さい値	(mm)	111.24	
補強不要な穴の最大径	d_{fr} (mm)	111.24	
<p>評価： $d \leq d_{fr}$</p> <p>よって管の穴の補強計算は必要ない。</p>			

S2 補 VI-3-3-7-5-1-2-1 R0

管の穴と補強計算書（重大事故等クラス2管）

補強を要しない穴の最大径

設計・建設規格 PPC-3422 準用

NO.		T3	
形 式		A	
最高使用圧力	P (MPa)	0.427	
最高使用温度	(°C)	200	
主管と管台の角度	α (°)	<input type="text"/>	
主 管	材 料	STPT410	
	許容引張応力	S_r (MPa)	103
	外 径	D_{or} (mm)	406.40
	内 径	D_{ir} (mm)	384.18
	公称厚さ	t_{ro} (mm)	12.70
	厚さの負の許容差	Q_r	12.5 %
	最小厚さ	t_r (mm)	11.11
	継手効率	η	1.00
管 台	材 料	S25C (径 \leq 100mm)	
	外 径	D_{ob} (mm)	70.10
	内 径	D_{ib} (mm)	<input type="text"/>
	公称厚さ	t_{bn} (mm)	8.70
穴の径	d (mm)	<input type="text"/>	
$d_{r1} = D_{ir} / 4$	(mm)	96.05	
61, d_{r1} の小さい値	(mm)	61.00	
K		0.0833	
200, d_{r2} の小さい値	(mm)	129.25	
補強不要な穴の最大径	d_{fr} (mm)	129.25	
<p>評価： $d \leq d_{fr}$</p> <p>よって管の穴の補強計算は必要ない。</p>			

4. 伸縮継手の強度計算書（重大事故等クラス2管）

設計・建設規格 PPC-3416 準用

NO.	最高使用圧力 P (MPa)	最高使用温度 (°C)	材 料	縦弾性係数 E (MPa)	t (mm)	全伸縮量 δ (mm)	b (mm)	h (mm)	n	c	算 式	継手部応力 σ (MPa)	N $\times 10^3$	N r $\times 10^3$	U
E1	0.853	200	SUS316L	183000	1.20	18.00	25.00	53.00	20	2	B	173	2070.1	0.25	0.0002
E2	0.427	200	SUS316L	183000	1.20	33.00	25.00	53.00	20	2	B	292	331.4	0.25	0.0008

評価：U \leq 1、よって十分である。

注：E1, E2の外径は、409.0mm

VI-3-別添 1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算書

VI-3-別添 1-13 波及的影響を及ぼす可能性がある施設の強度計算書

VI-3-別添 1-13-1 建物の強度計算書

目 次

1. 概要	1
2. 基本方針	1
2.1 位置	1
2.2 構造概要	3
2.3 評価方針	17
2.4 適用規格・基準等	20
3. 強度評価方法	21
3.1 記号の定義	21
3.2 評価対象部位	21
3.3 荷重及び荷重の組合せ	22
3.4 許容限界	24
3.5 評価方法	25
4. 評価条件	35
5. 強度評価結果	46
5.1 変形性能の評価結果	46
5.2 相対変位による評価結果	47

1. 概要

本資料は、VI-3-別添 1-1「竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に示すとおり、波及的影響を及ぼす可能性がある施設である 1 号機原子炉建物、1 号機タービン建物、1 号機廃棄物処理建物及び排気筒モニタ室が、設計竜巻による風圧力による荷重、気圧差による荷重及び設計飛来物による衝撃荷重に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、竜巻より防護すべき施設の安全機能を損なわないように、竜巻より防護すべき施設を内包するタービン建物、廃棄物処理建物及び制御室建物並びに屋外の外部事象防護対象施設である排気筒に対して、機械的な波及的影響を及ぼさないことを確認するものである。

2. 基本方針

VI-3-別添 1-1「竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」を踏まえ、1 号機原子炉建物、1 号機タービン建物、1 号機廃棄物処理建物及び排気筒モニタ室の「2.1 位置」、「2.2 構造概要」、「2.3 評価方針」及び「2.4 適用規格・基準等」を示す。

2.1 位置

1 号機原子炉建物は、VI-3-別添 1-1「竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「3.2 機能維持の方針」に示すとおり、倒壊により廃棄物処理建物及び制御室建物に損傷を及ぼす可能性がある建物である。

1 号機タービン建物は、VI-3-別添 1-1「竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「3.2 機能維持の方針」に示すとおり、タービン建物及び制御室建物に隣接する建物である。また、倒壊により廃棄物処理建物に損傷を及ぼす可能性がある建物である。

1 号機廃棄物処理建物は、VI-3-別添 1-1「竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「3.2 機能維持の方針」に示すとおり、廃棄物処理建物及び制御室建物に隣接する建物である。

排気筒モニタ室は、VI-3-別添 1-1「竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「3.2 機能維持の方針」に示すとおり、排気筒に隣接する建物である。

1 号機原子炉建物、1 号機タービン建物、1 号機廃棄物処理建物及び排気筒モニタ室の設置位置を図 2-1 に示す。



図 2-1 1号機原子炉建物，1号機タービン建物，1号機廃棄物処理建物
及び排気筒モニタ室の設置位置

2.2 構造概要

1号機原子炉建物，1号機タービン建物，1号機廃棄物処理建物及び排気筒モニタ室から波及的影響を受けるおそれがあるタービン建物，廃棄物処理建物，制御室建物及び排気筒は，VI-3-別添 1-1「竜巻への配慮が必要な強度計算の方針」の「3.2 機能維持の方針」に示す構造計画とする。

1号機原子炉建物は，地上5階，地下1階建の鉄筋コンクリート造（一部鉄骨造）の建物である。1号機タービン建物は，地上1階（一部地上2階），地下2階建の鉄筋コンクリート造（一部鉄骨造）の建物であり，隣接するタービン建物及び制御室建物と構造的に分離している。1号機廃棄物処理建物は，地上3階，地下1階建の鉄筋コンクリート造の建物であり，隣接する廃棄物処理建物及び制御室建物と構造的に分離している。排気筒モニタ室は，1階建の鉄筋コンクリート造の建物であり，排気筒モニタ室の基礎は隣接する排気筒の基礎と一体構造である。

1号機原子炉建物，1号機タービン建物，1号機廃棄物処理建物及び排気筒モニタ室の概略断面図を図2-2～図2-5に，建物配置図を図2-6に，図2-6に記載した各建物のクリアランス部分の詳細を図2-7～図2-12に示す。

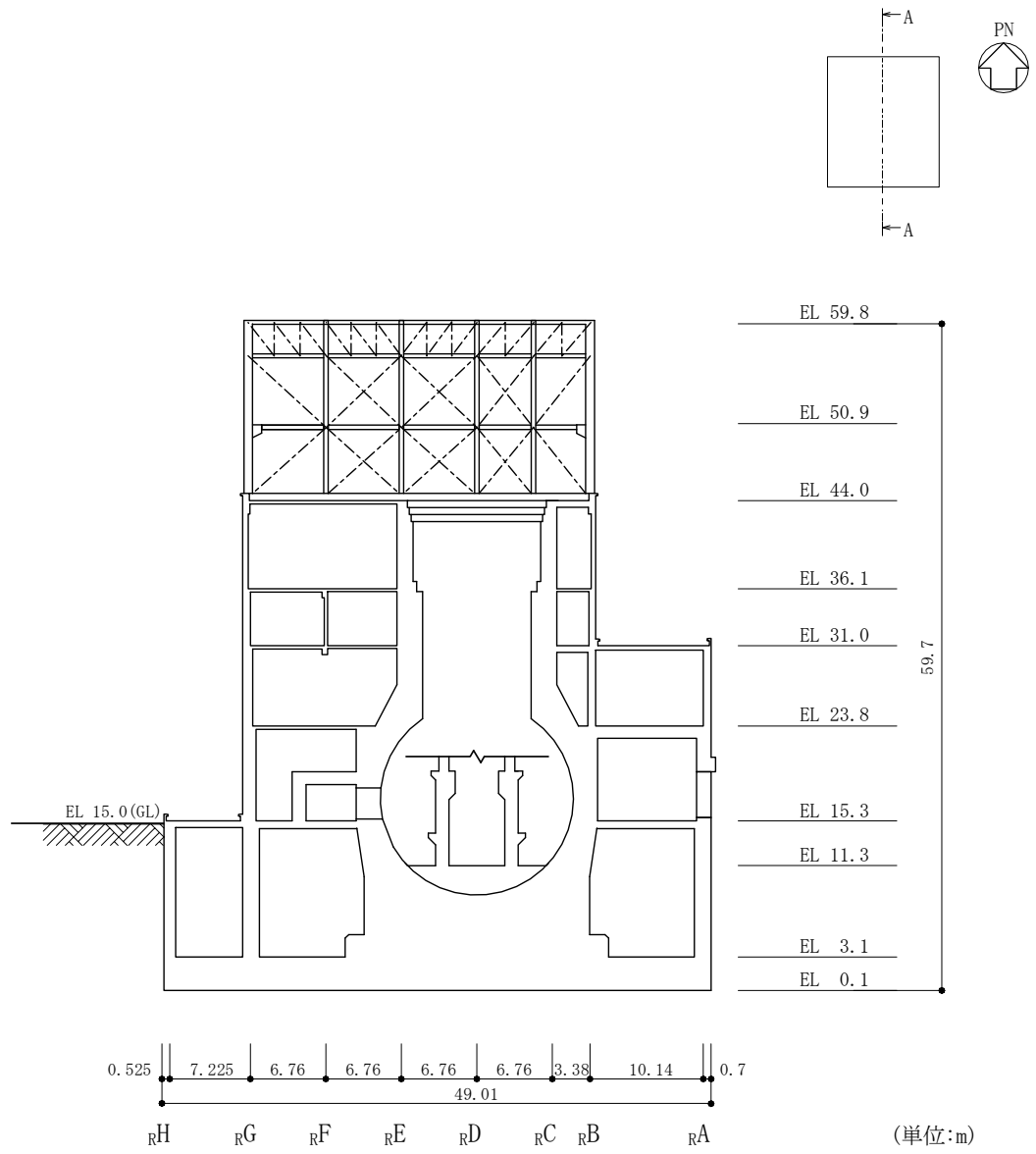


図 2-2(1) 1号機原子炉建物の概略断面図 (A-A断面, NS方向)

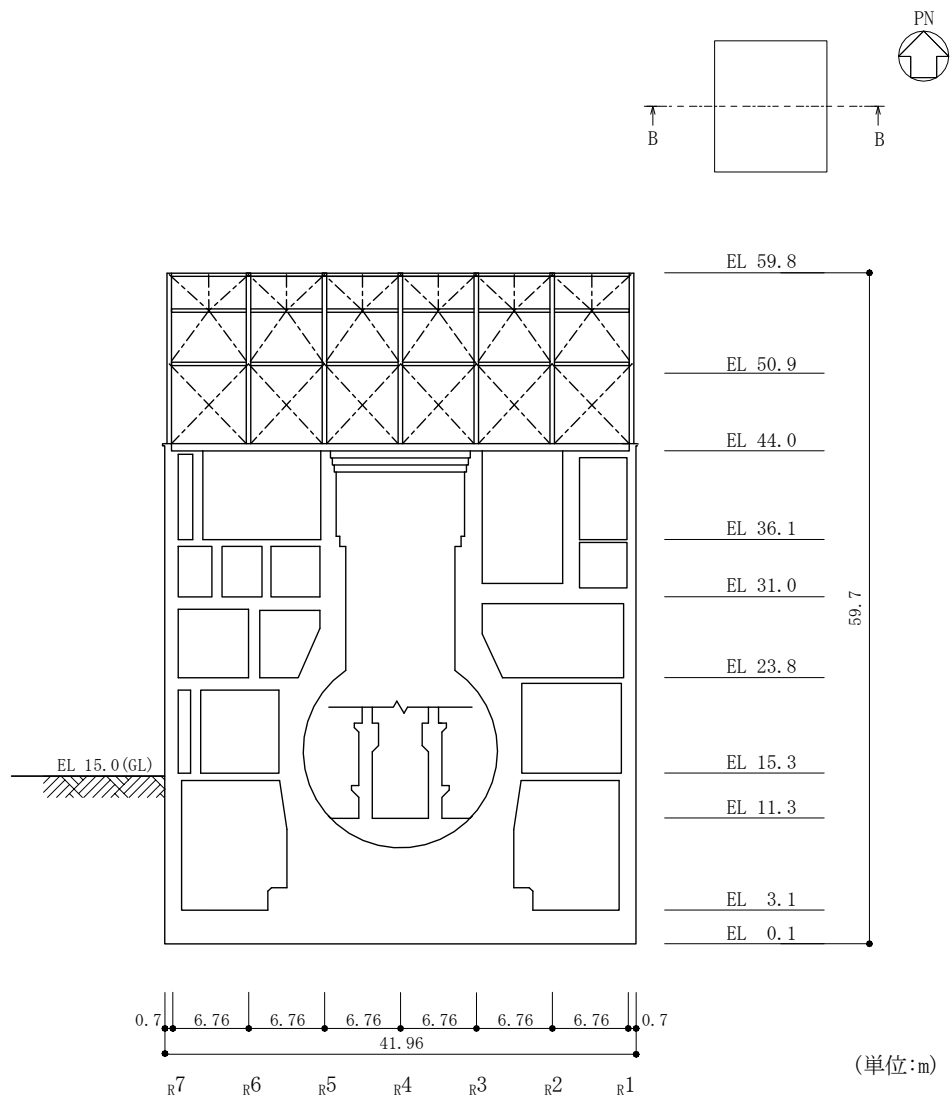


図 2-2(2) 1号機原子炉建物の概略断面図 (B-B断面, EW方向)

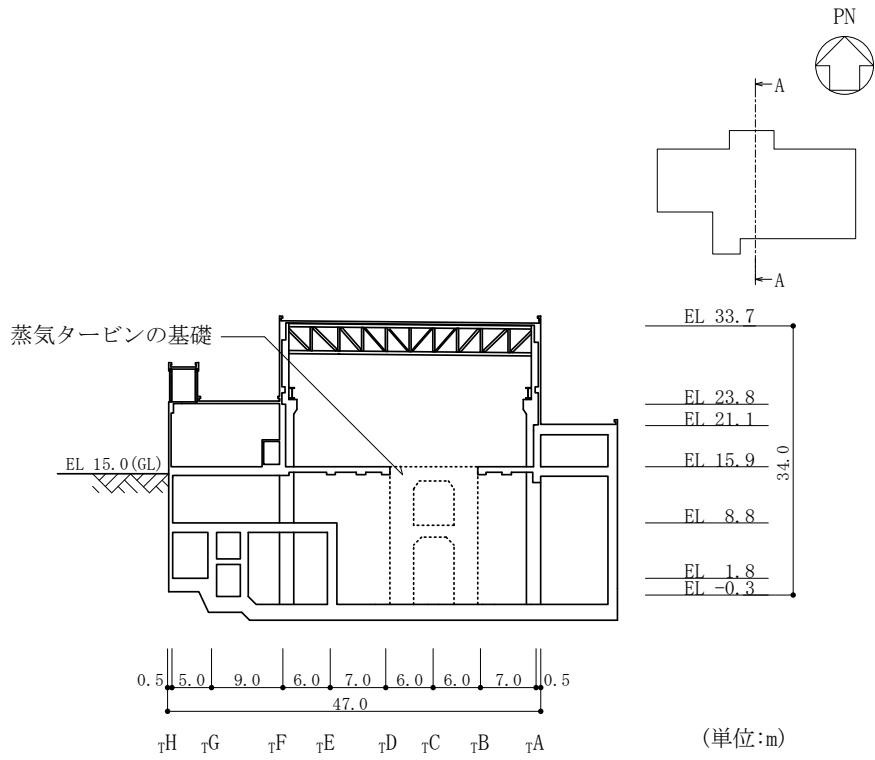


図 2-3(1) 1号機タービン建物の概略断面図 (A-A断面, N S方向)

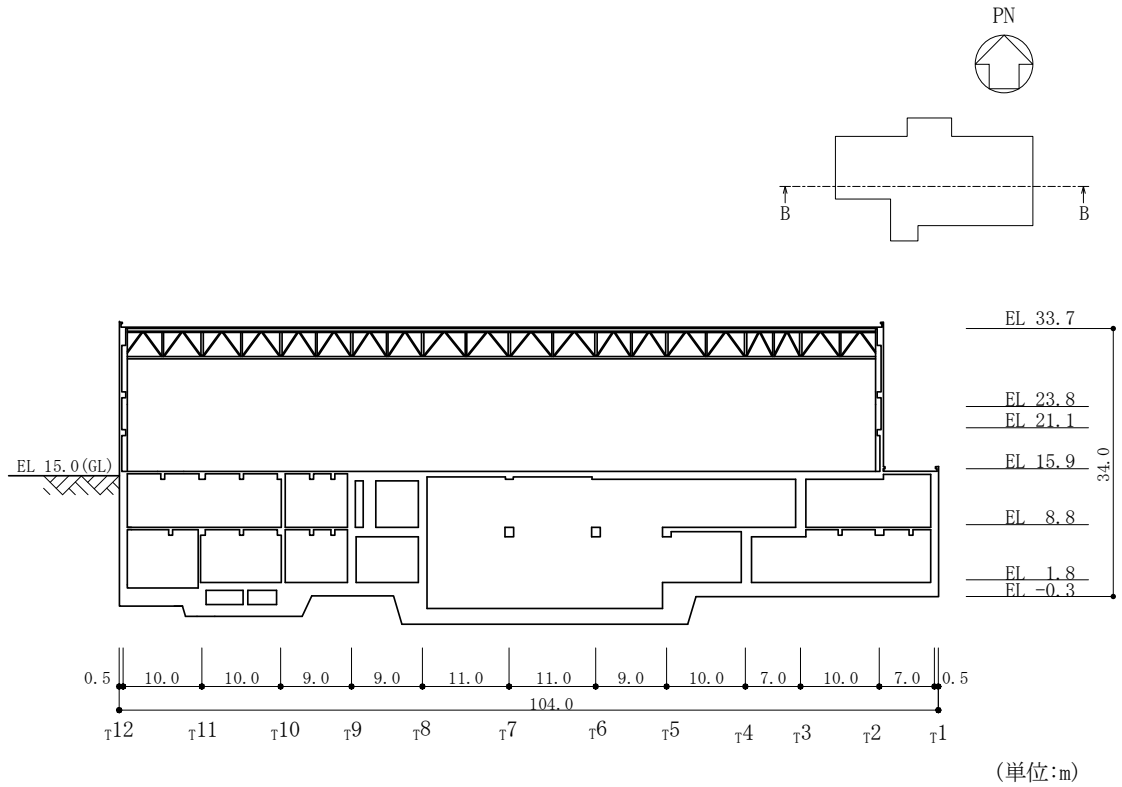


図 2-3(2) 1号機タービン建物の概略断面図 (B-B断面, E W方向)

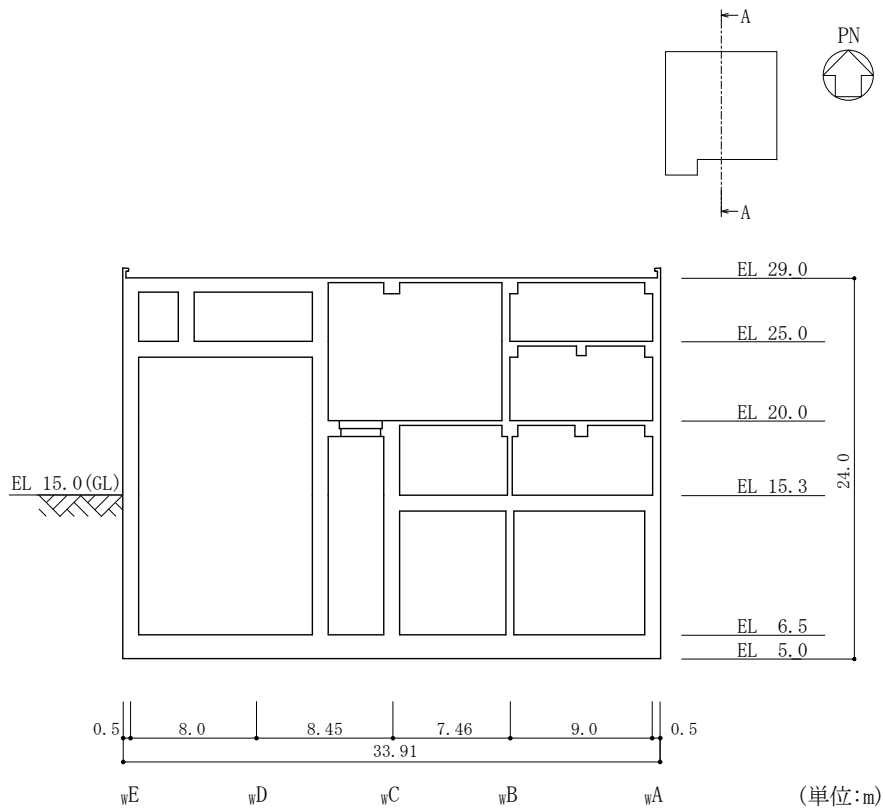


図 2-4(1) 1号機廃棄物処理建物の概略断面図 (A-A断面, N S 方向)

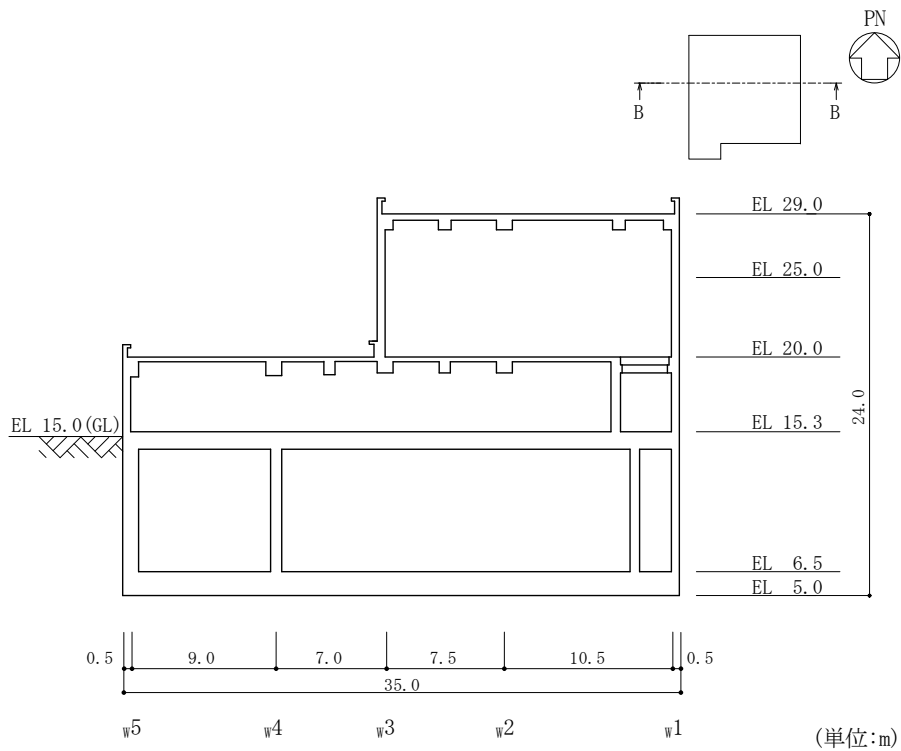


図 2-4(2) 1号機廃棄物処理建物の概略断面図 (B-B断面, E W 方向)

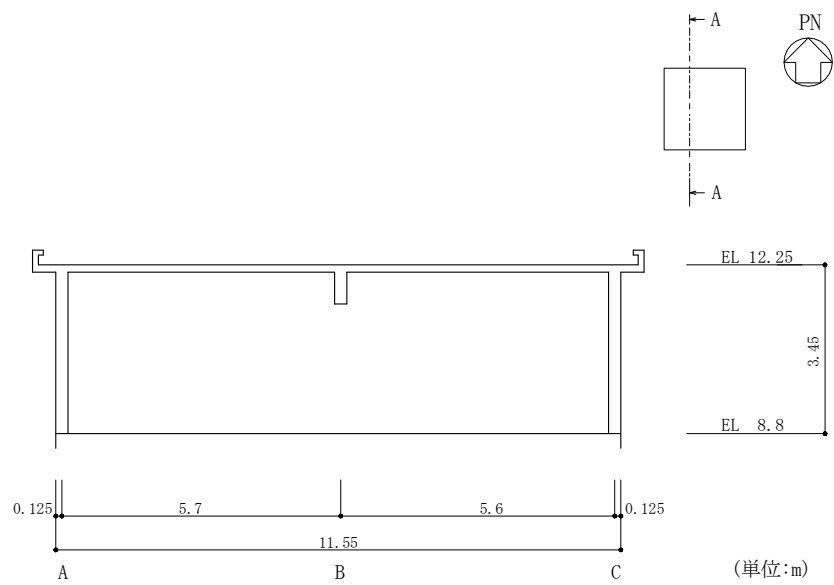


図 2-5(1) 排気筒モニタ室の概略断面図 (A-A 断面, NS 方向)

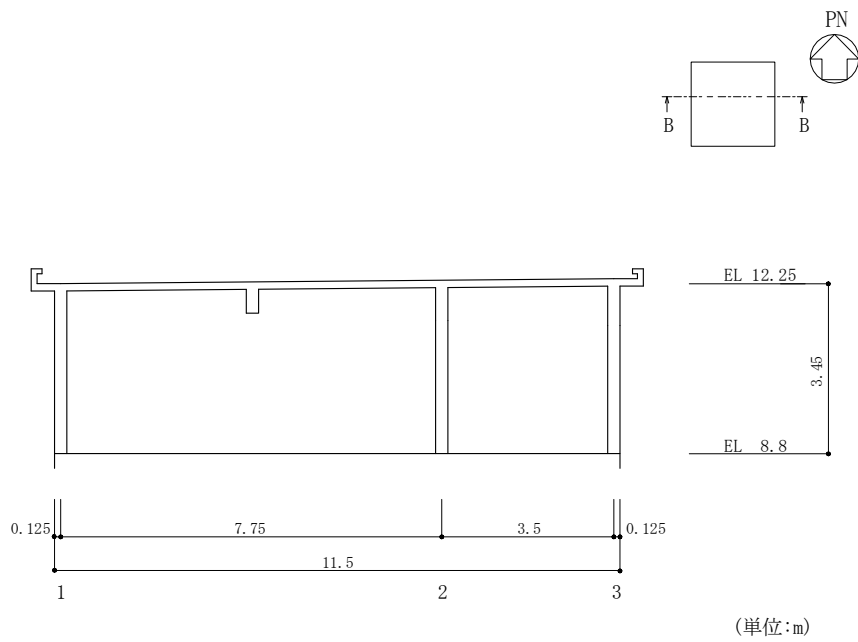


図 2-5(2) 排気筒モニタ室の概略断面図 (B-B 断面, EW 方向)

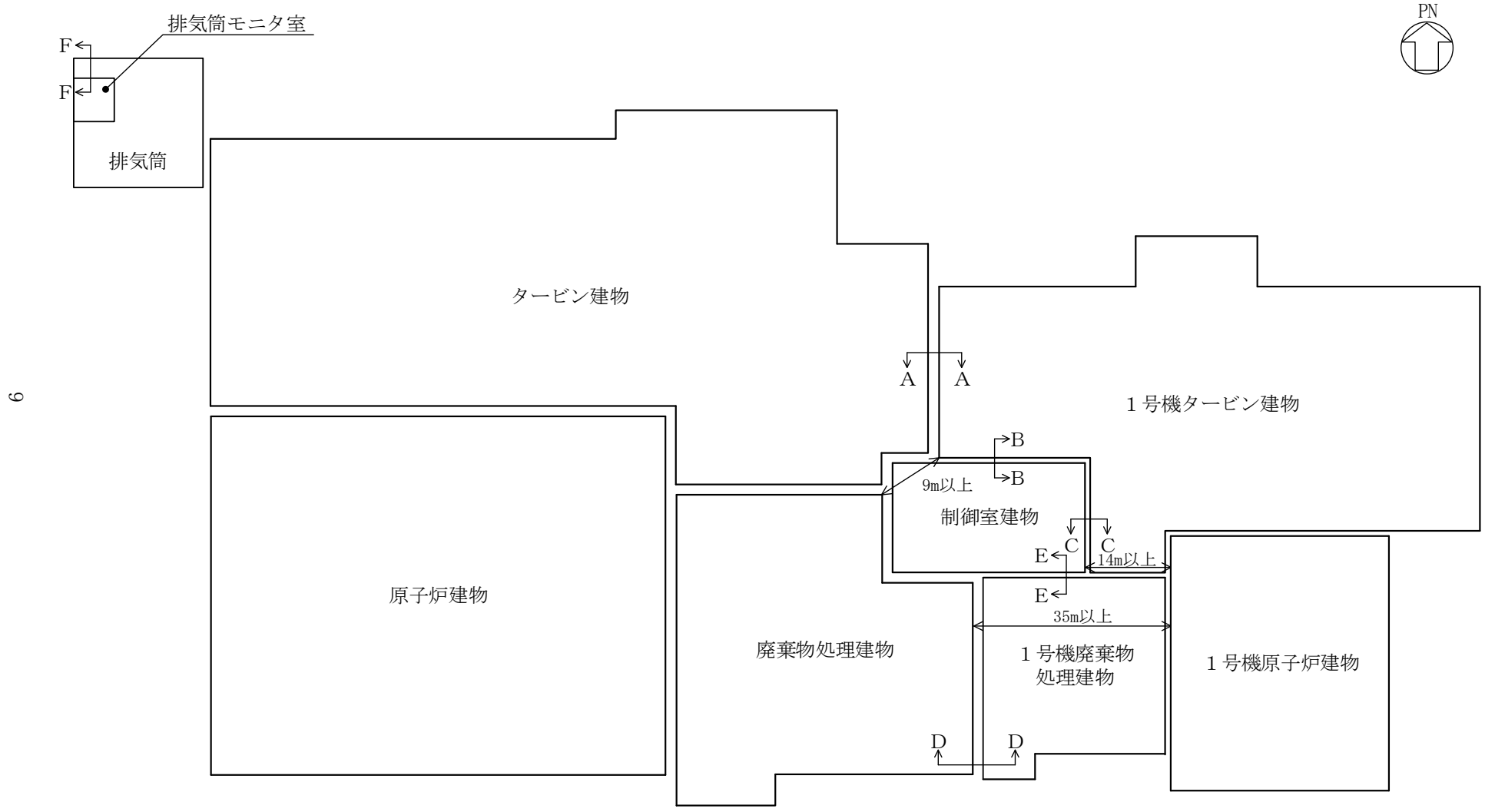


図 2-6(1) 建物配置図

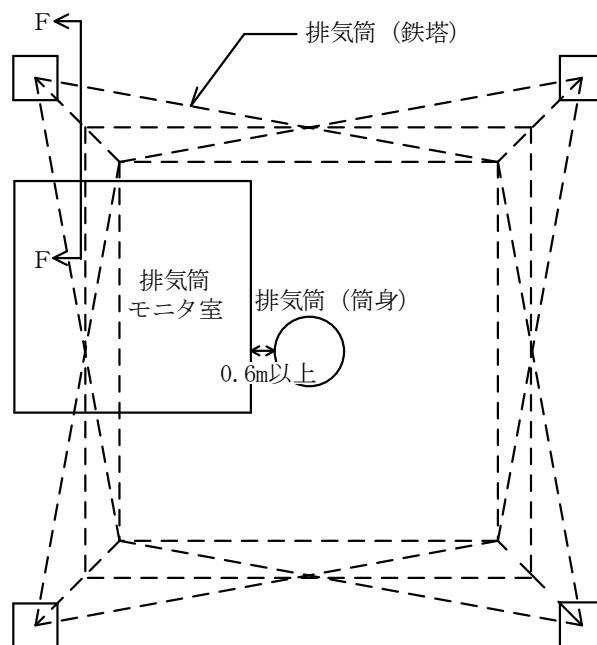


図 2-6(2) 建物配置図 (排気筒モニタ室及び排気筒の詳細)

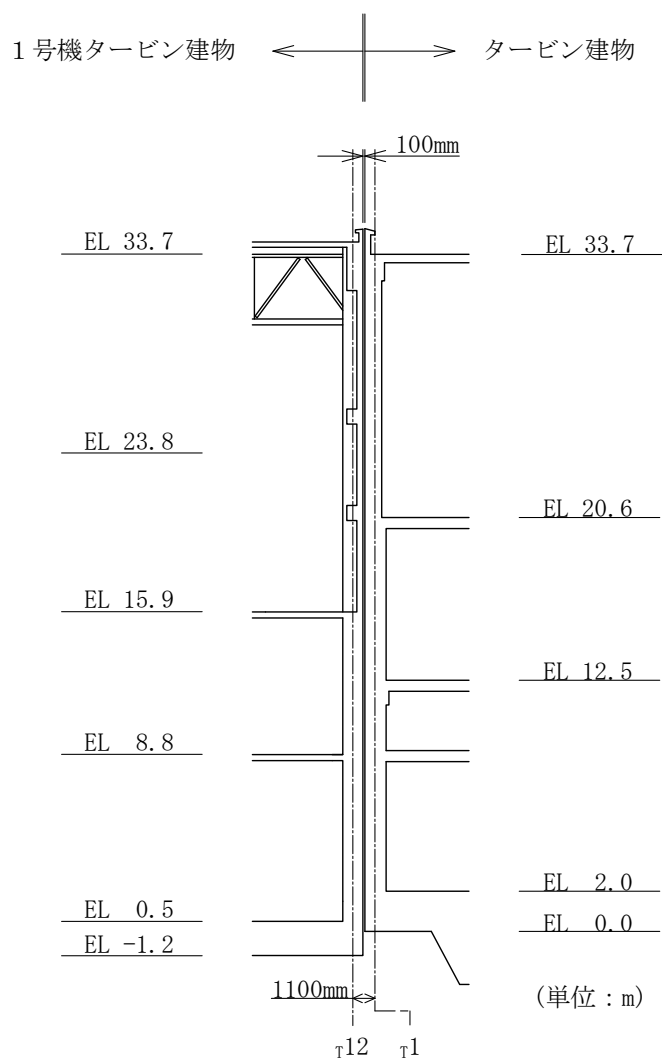


図 2-7 1号機タービン建物とタービン建物のクリアランス
(図 2-6(1) A-A断面) の詳細

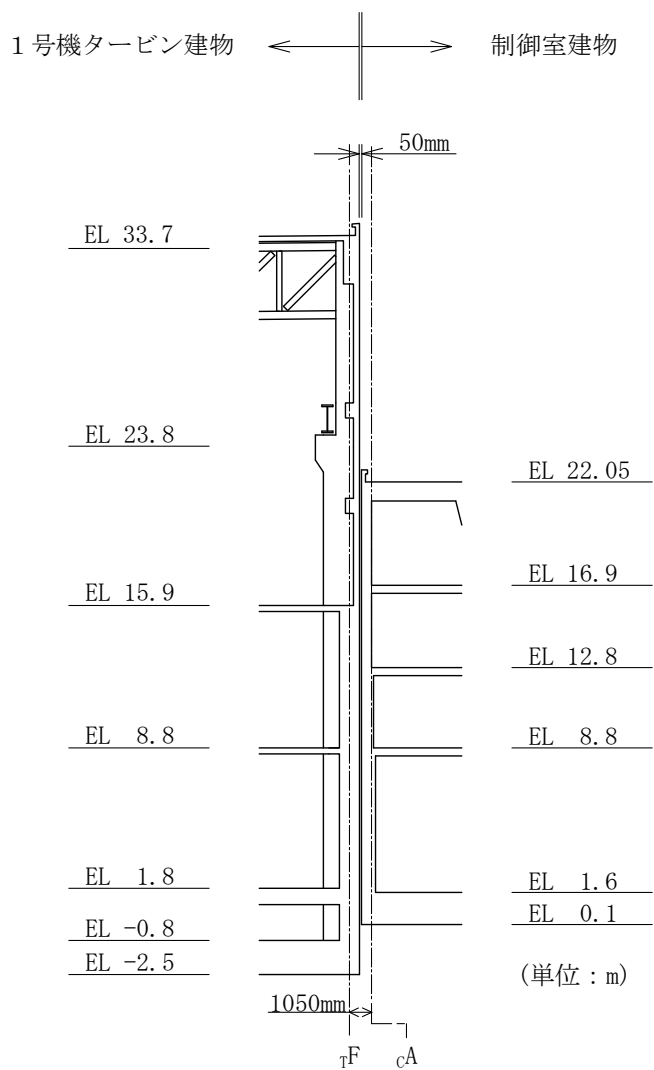


図 2-8 1号機タービン建物と制御室建物のクリアランス
(図 2-6(1) B-B断面)の詳細

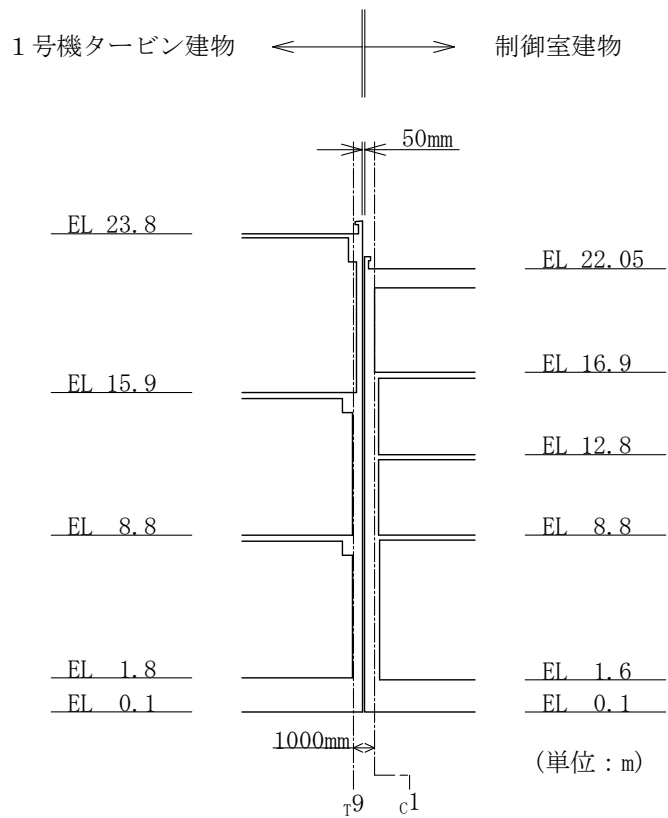


図 2-9 1号機タービン建物と制御室建物のクリアランス
(図 2-6(1) C-C断面)の詳細

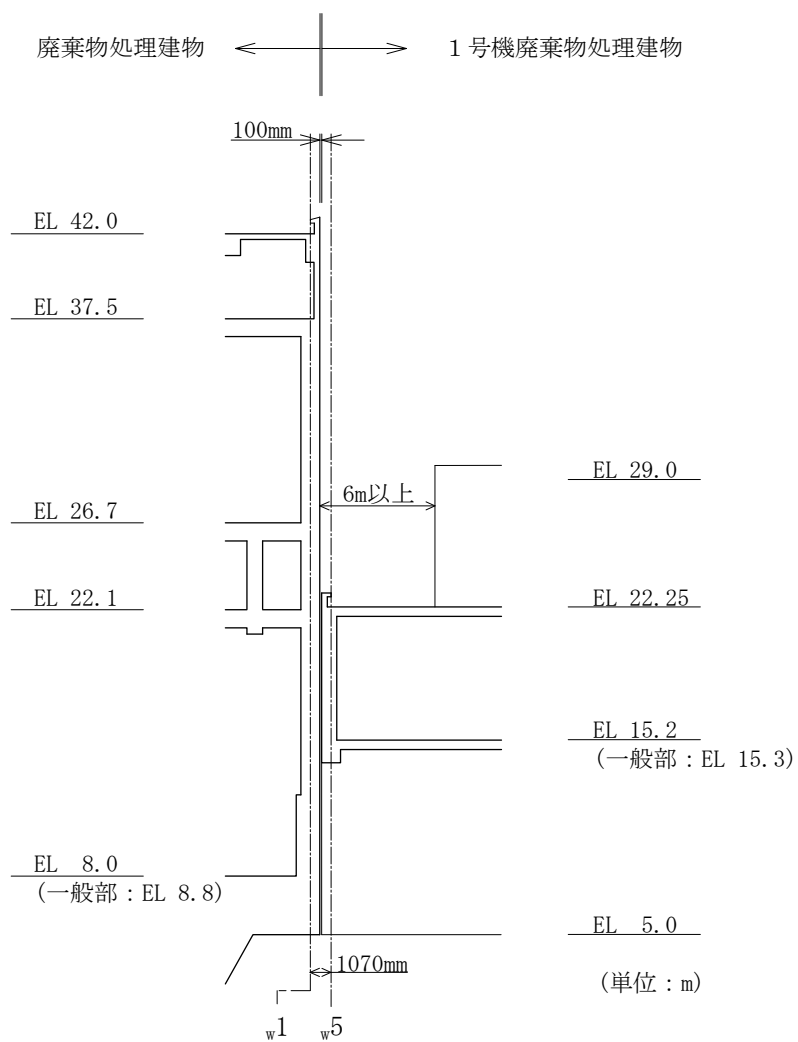


図 2-10 1号機廃棄物処理建物と廃棄物処理建物のクリアランス
 (図 2-6(1) D-D断面) の詳細

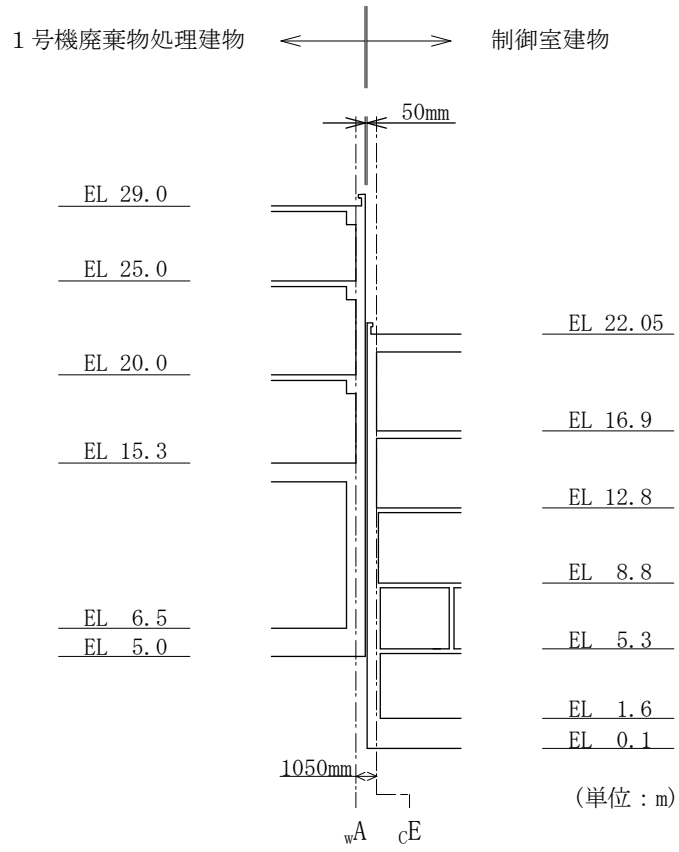


図 2-11 1号機廃棄物処理建物と制御室建物のクリアランス
(図 2-6(1) E-E 断面) の詳細

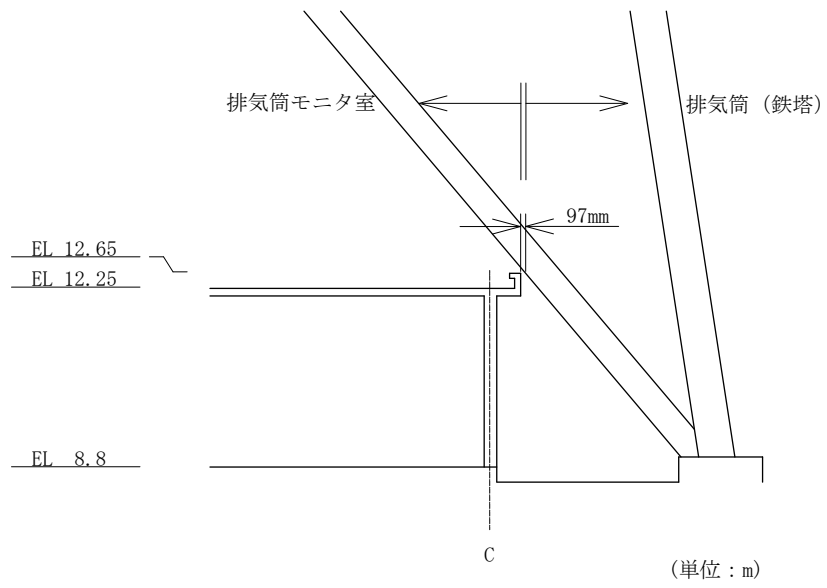


図 2-12 排気筒モニタ室と排気筒 (鉄塔) のクリアランス
(図 2-6 F-F 断面) の詳細

2.3 評価方針

1号機原子炉建物，1号機タービン建物，1号機廃棄物処理建物及び排気筒モニタ室の強度評価は，VI-3-別添 1-1「竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界」にて設定している，荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえ，竜巻より防護すべき施設に波及的影響を及ぼさないことを「3. 強度評価方法」に示す方法により，「4. 評価条件」に示す評価条件を用いて計算し，「5. 強度評価結果」にて確認する。

1号機原子炉建物，1号機タービン建物，1号機廃棄物処理建物及び排気筒モニタ室の強度評価においては，その構造を踏まえ，設計竜巻による荷重とこれに組み合わせる荷重（以下「設計荷重」という。）の作用方向及び伝達過程を考慮し，評価対象部位を設定する。

具体的には，1号機原子炉建物，1号機タービン建物，1号機廃棄物処理建物及び排気筒モニタ室が，倒壊により竜巻より防護すべき施設を内包するタービン建物，廃棄物処理建物及び制御室建物並びに屋外の外部事象防護対象施設である排気筒に影響を及ぼさないことを確認する「構造強度評価」を行う。

1号機原子炉建物，1号機タービン建物，1号機廃棄物処理建物及び排気筒モニタ室の構造強度評価においては，設計荷重に対し，鉄骨部の層間変形角及び耐震壁のせん断ひずみが，「建築基準法施行令第82条の2（層間変形角）」及び「原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987（（社）日本電気協会）」により設定した許容限界を超えないことを確認する「変形性能の評価」を行う。

また，1号機タービン建物，1号機廃棄物処理建物及び排気筒モニタ室が，隣接する竜巻より防護すべき施設を内包するタービン建物，廃棄物処理建物及び制御室建物並びに屋外の外部事象防護対象施設である排気筒に接触し影響を及ぼさないことを確認する「相対変位による評価」を行う。

1号機タービン建物，1号機廃棄物処理建物及び排気筒モニタ室の相対変位による評価においては，設計荷重に対し，タービン建物，廃棄物処理建物，制御室建物及び排気筒（鉄塔）との最大相対変位を算定し，接触を生じないことを確認する。

なお，1号機原子炉建物は制御室建物と14m以上，廃棄物処理建物と35m以上離れており，1号機原子炉建物が倒壊しない限り衝突・接触することはない。1号機タービン建物は廃棄物処理建物と9m以上離れており，1号機タービン建物が倒壊しない限り衝突・接触することはない。排気筒モニタ室は排気筒（筒身）と0.6m以上離れており，排気筒モニタ室が倒壊しない限り衝突・接触することはない。

変形性能の評価フロー及び相対変位による評価フローを図2-13及び図2-14に示す。

〔 1号機原子炉建物， 1号機タービン建物， 1号機廃棄物処理建物
及び排気筒モニタ室の変形性能の評価 〕

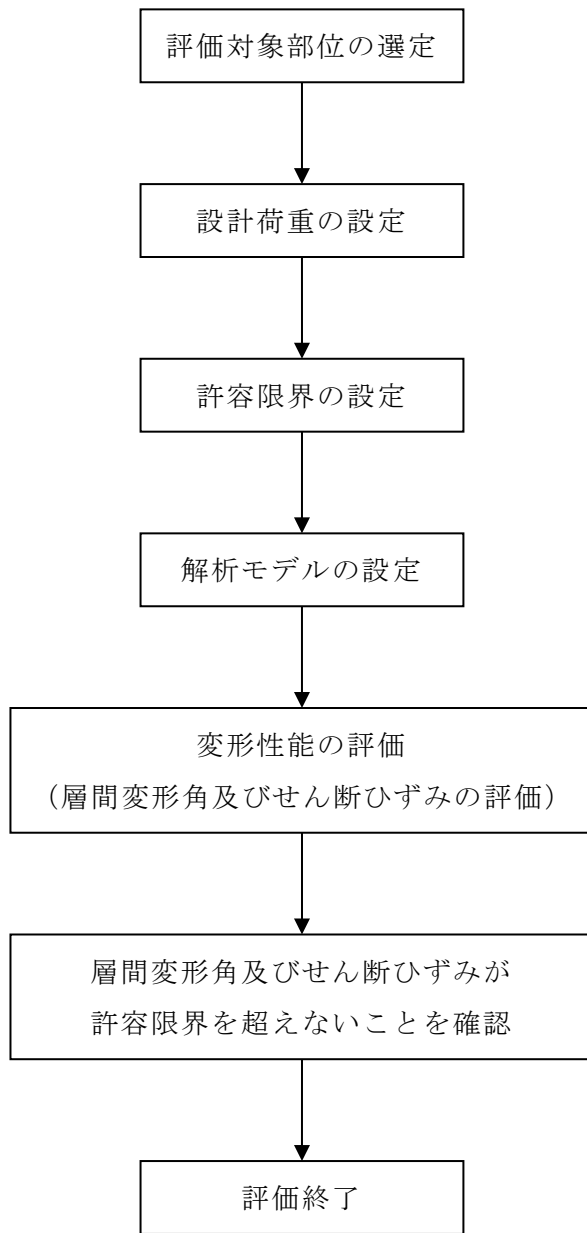


図 2-13 変形性能の評価フロー

〔1号機タービン建物，1号機廃棄物処理建物
及び排気筒モニタ室の相対変位による評価〕

〔タービン建物，廃棄物処理建物，制御室
建物及び排気筒の相対変位による評価〕

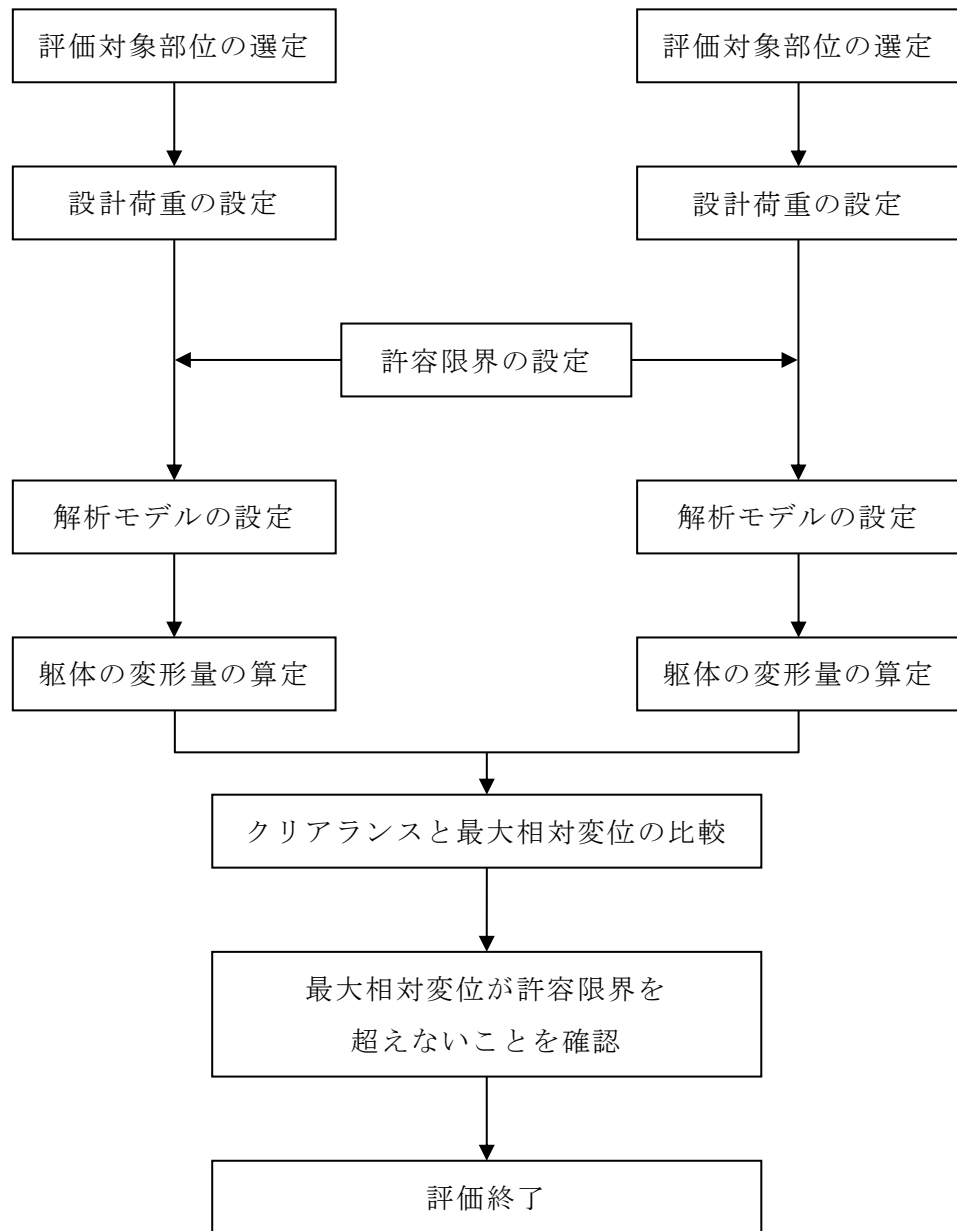


図 2-14 相対変位による評価フロー

2.4 適用規格・基準等

適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・ 建築基準法・同施行令
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984 ((社) 日本電気協会)
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 ((社) 日本電気協会)
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版 ((社) 日本電気協会)
- ・ U. S. NUCLEAR REGULATORY COMMISSION: REGULATORY GUIDE 1.76, DESIGN-BASIS TORNADO AND TORNADO MISSILES FOR NUCLEAR POWER PLANTS, Revision1, March 2007
- ・ 建築物荷重指針・同解説 ((社) 日本建築学会, 2004 改定)
- ・ 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 ー許容応力度設計法ー ((社) 日本建築学会, 1999 改定)
- ・ 鋼構造設計規準 ー許容応力度設計法ー ((社) 日本建築学会, 2005 改定)

3. 強度評価方法

3.1 記号の定義

波及的影響に関する強度評価に用いる記号を表 3-1 に示す。

表 3-1 強度評価に用いる記号

記号	単位	定義
A	m ²	施設の受圧面積
C	—	風力係数
G	—	ガスト影響係数
q	N/m ²	設計用速度圧
V _D	m/s	設計竜巻の風速
W _M	N	設計飛来物による衝撃荷重
W _P	N	気圧差による荷重
W _W	N	風圧力による荷重
ρ	kg/m ³	空気密度
Δ P _{max}	N/m ²	最大気圧低下量
m	kg	設計飛来物質量
V	m/s	設計飛来物の衝突速度（水平）
Δ t	s	設計飛来物の被衝突体の接触時間
L ₁	m	設計飛来物の最も短い辺の全長

3.2 評価対象部位

1号機原子炉建物，1号機タービン建物，1号機廃棄物処理建物及び排気筒モニタ室の評価対象部位は，VI-3-別添 1-1「竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.2 許容限界」に示す評価基準を踏まえ，各建物の構造躯体とする。

3.3 荷重及び荷重の組合せ

強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、VI-3-別添 1-1「竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」に示す荷重及び荷重の組合せを用いる。

(1) 荷重の設定

強度評価に用いる荷重を以下に示す。

a. 風圧力による荷重 (W_w)

風圧力による荷重 W_w はVI-3-別添 1-1「竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.1(3)c. (a) 風圧力による荷重 (W_w)」に示す式に従い算定する。

風力係数 C は、「建築基準法・同施行令」に基づき設定する。

$$W_w = q \cdot G \cdot C \cdot A$$

$$\text{ここで, } q = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_D^2$$

b. 気圧差による荷重 (W_p)

気圧差による荷重 W_p については、気圧差による荷重が最大となる「閉じた施設」を想定し、下式により算定する。

$$W_p = \Delta P_{\max} \cdot A$$

c. 設計飛来物による衝撃荷重 (W_M)

設計飛来物による衝撃荷重 W_M については、次式の設計飛来物による衝撃荷重の算定式によって算定した運動エネルギーが最大となる鋼製材の衝撃荷重 $W_M = 1760\text{kN}$ を用いて評価を行う。

$$W_M = m \cdot V / \Delta t = m \cdot V^2 / L_1$$

設計飛来物の諸元を表 3-2 に示す。

表 3-2 設計飛来物の諸元

設計飛来物	寸法 (m)	質量 (kg)	最大水平速度 (m/s)
鋼製材	4.2×0.3×0.2	135	51

(2) 荷重の組合せ

強度評価に用いる荷重の組合せは、VI-3-別添 1-1「竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」に示す荷重の組合せを踏まえ、風圧力による荷重、気圧差による荷重及び設計飛来物による衝撃荷重を組み合わせる。なお、常時作用する荷重については、竜巻時せん断力の算定に際しては評価結果に影響しないため考慮しない。

荷重の組合せを表 3-3 に示す。

表 3-3 荷重の組合せ

設計荷重の種類	荷重の組合せ
複合荷重 W_{T1}	W_P
複合荷重 W_{T2}	$W_W + 0.5 \cdot W_P + W_M$

W_W : 風圧力による荷重

W_P : 気圧差による荷重

W_M : 設計飛来物による衝撃荷重

3.4 許容限界

許容限界は、VI-3-別添 1-1「竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.2 許容限界」に示す許容限界に基づき、表 3-4 のとおり設定する。

表 3-4 許容限界

機能設計上の性能目標	部位	機能維持のための考え方	許容限界
タービン建物、廃棄物処理建物、制御室建物及び排気筒に波及的影響を及ぼさない	鉄骨部	層間変形角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	層間変形角 1/120*
	耐震壁	せん断ひずみ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	せん断ひずみ 4.0×10^{-3}
	1号機タービン建物及びタービン建物	建物・構築物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	相対変位 100mm
	1号機タービン建物及び制御室建物		相対変位 50mm
	1号機廃棄物処理建物及び廃棄物処理建物		相対変位 100mm
	1号機廃棄物処理建物及び制御室建物		相対変位 50mm
	排気筒モニタ室及び排気筒（鉄塔）		相対変位 97mm

注記*：「建築基準法施行令第 82 条の 2（層間変形角）」により設定。

3.5 評価方法

1号機原子炉建物，1号機タービン建物，1号機廃棄物処理建物及び排気筒モニタ室の鉄骨部の層間変形角，耐震壁のせん断ひずみ及び躯体の変形量は，設計荷重による地震応答解析モデルを用いた静的解析により算定する。

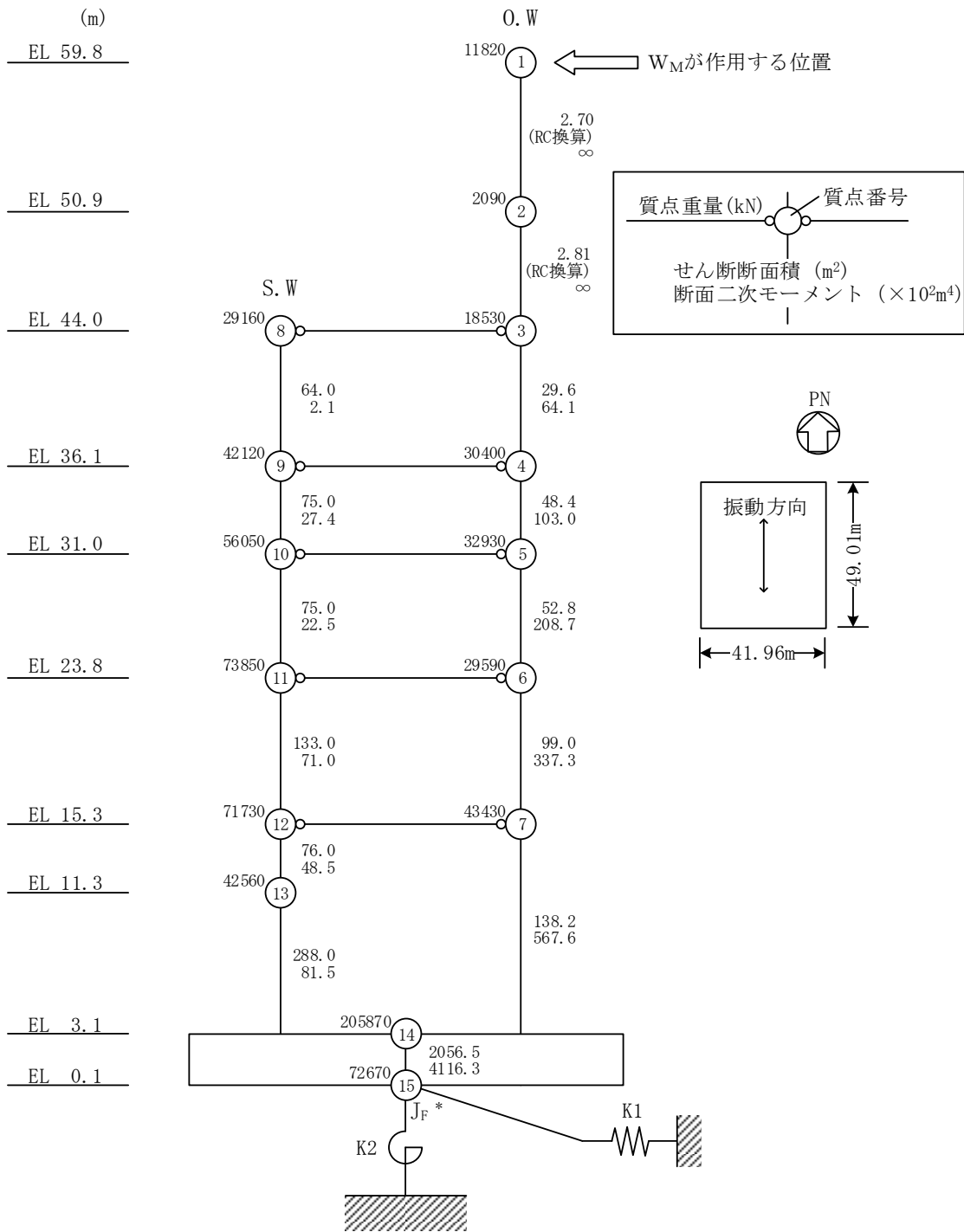
1号機原子炉建物，1号機タービン建物，1号機廃棄物処理建物及び排気筒モニタ室の解析モデル図を図3-1～図3-4に示す。1号機原子炉建物の解析モデルは，VI-2-11-2-1-1「1号機原子炉建物の耐震性についての計算書」に示す地震応答解析モデルのうち，地盤と建物の相互作用をスウェイ及びロッキングの地盤ばねとして設定したモデルを用いる。1号機タービン建物の解析モデルはVI-2-11-2-1-2「1号機タービン建物の耐震性についての計算書」に示す地震応答解析モデルを，1号機廃棄物処理建物の解析モデルはVI-2-11-2-1-3「1号機廃棄物処理建物の耐震性についての計算書」に示す地震応答解析モデルを，排気筒モニタ室の解析モデルはVI-2-11-2-1-6「排気筒モニタ室の耐震性についての計算書」に示す地震応答解析モデルを用いる。

設計荷重のうち，風圧力による荷重 W_w は，建物の形状を考慮して算定した風力係数及び受圧面積に基づき算定する。

気圧差による荷重 W_p は，建物の内部から外部に作用することから，建物層全体の評価においては相殺されるが，保守的に風圧力による荷重 W_w の作用方向のみに作用するものとして考慮する。

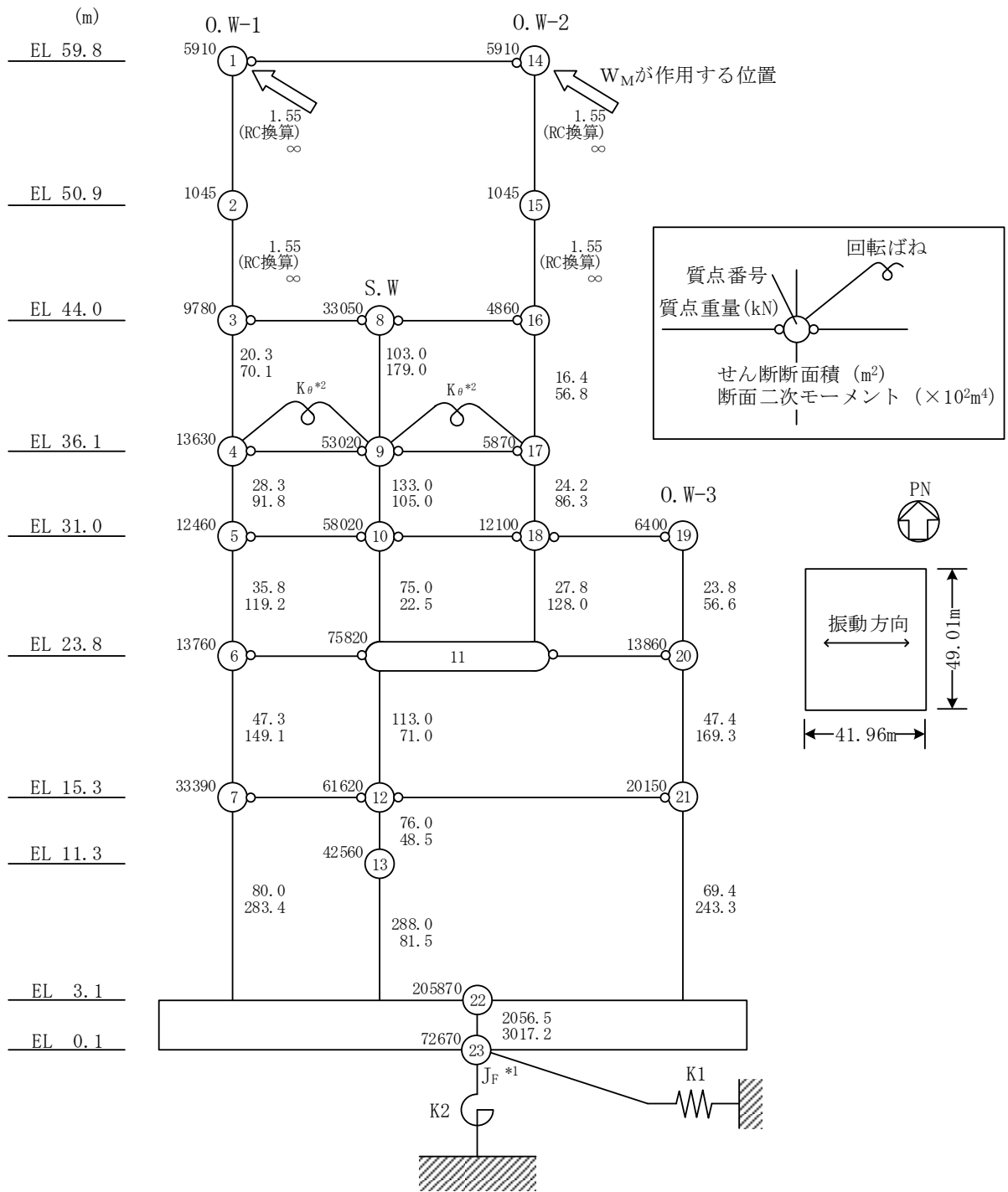
設計飛来物による衝撃荷重 W_m は，建物最上部質点に作用するものとする。ここで，地震応答解析モデルが多軸の場合には，各軸の最上部の質点に W_m が作用するものとする。

静的解析には，解析コード「NUPP4」を用いる。評価に用いる解析コードの検証，妥当性確認等の概要については，VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。



注記* : 回転慣性重量(16.85×10⁷kN・m²)

図 3-1(1) 1号機原子炉建物の解析モデル図 (NS方向)



注記*1 : 回転慣性重量 ($12.77 \times 10^7 \text{kN} \cdot \text{m}^2$)

*2 : 燃料プール壁の回転ばね ($2.329 \times 10^9 \text{kN} \cdot \text{m/rad}$)

図 3-1(2) 1号機原子炉建物の解析モデル図 (EW方向)

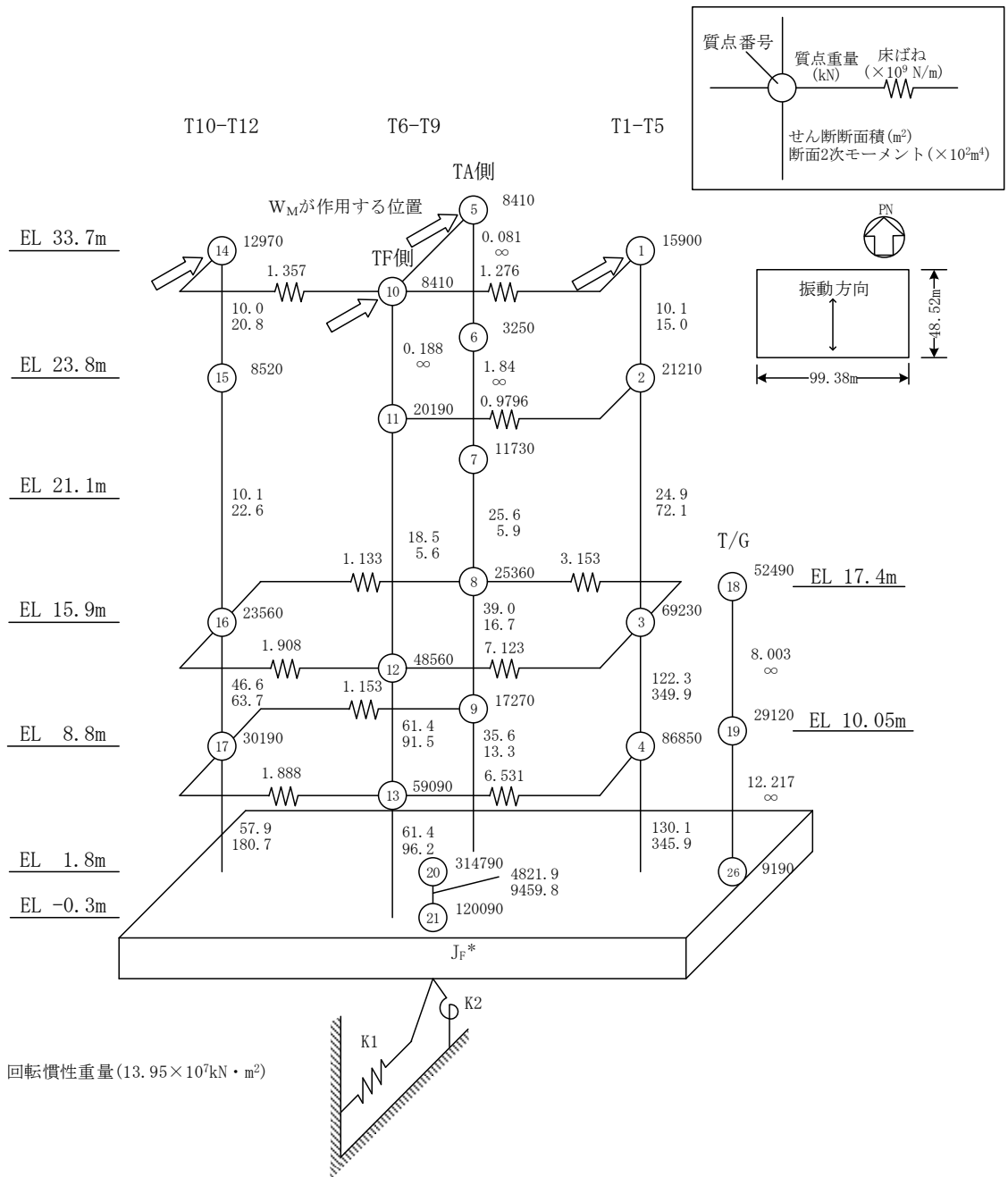


図 3-2(1) 1号機タービン建物の解析モデル図 (NS方向)

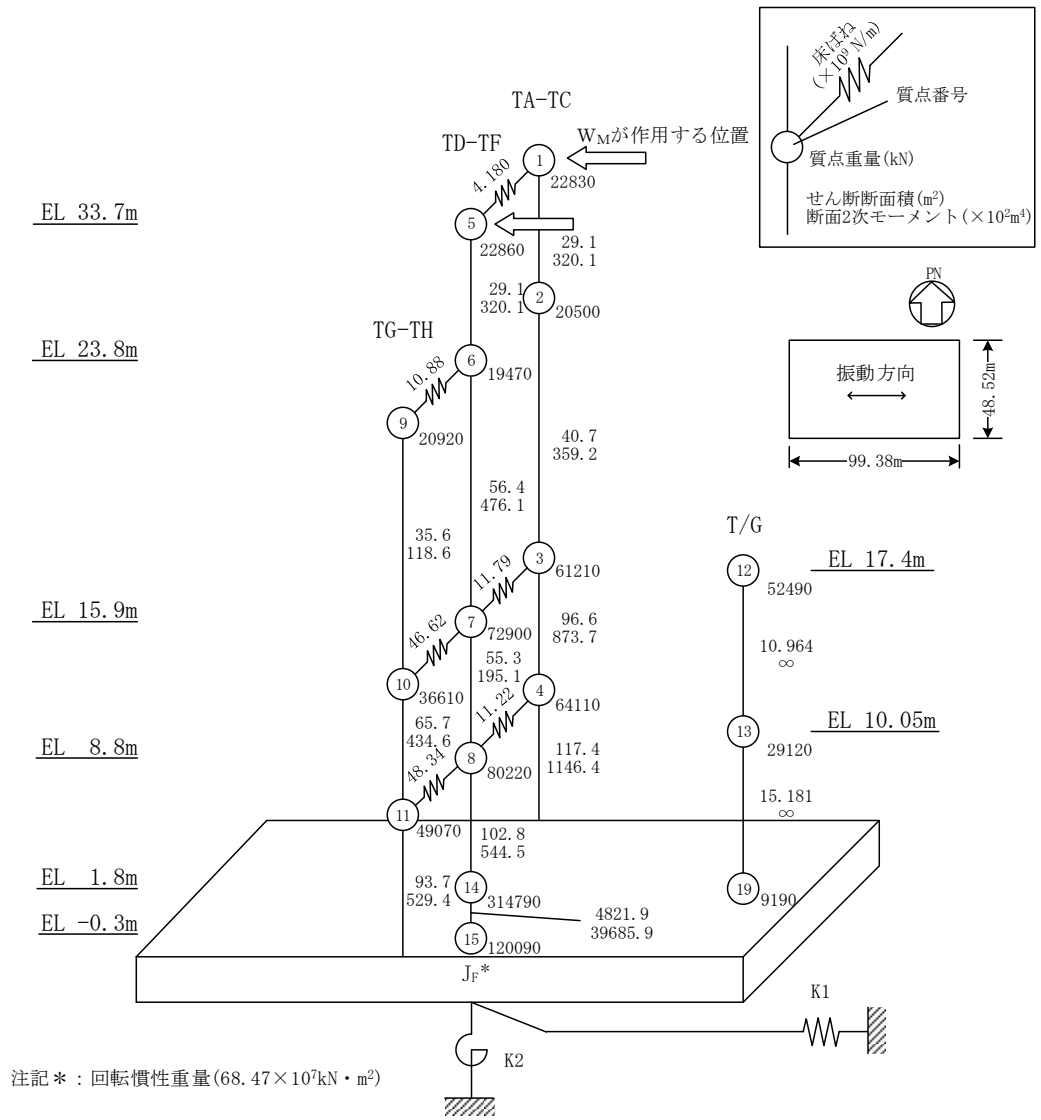
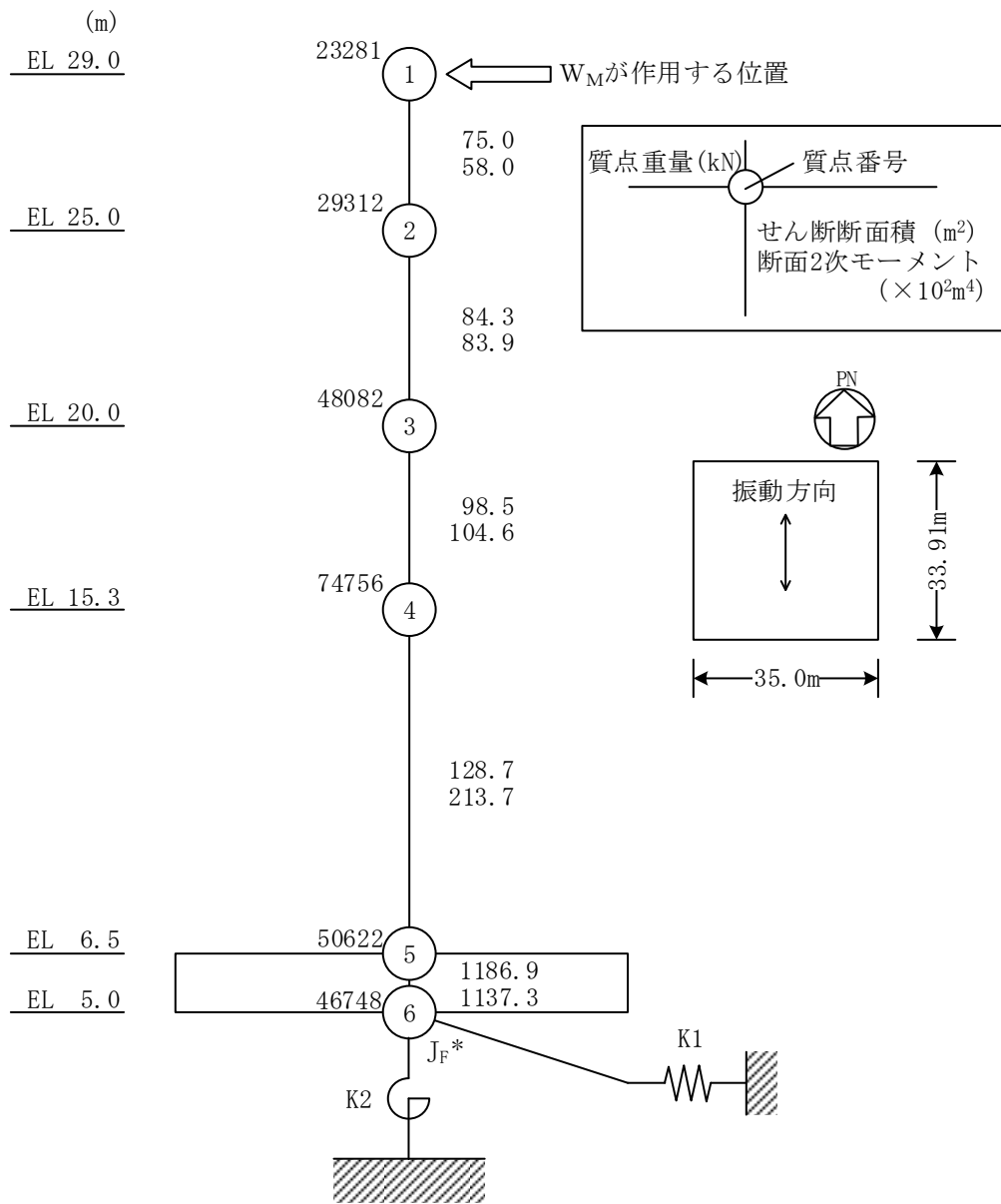
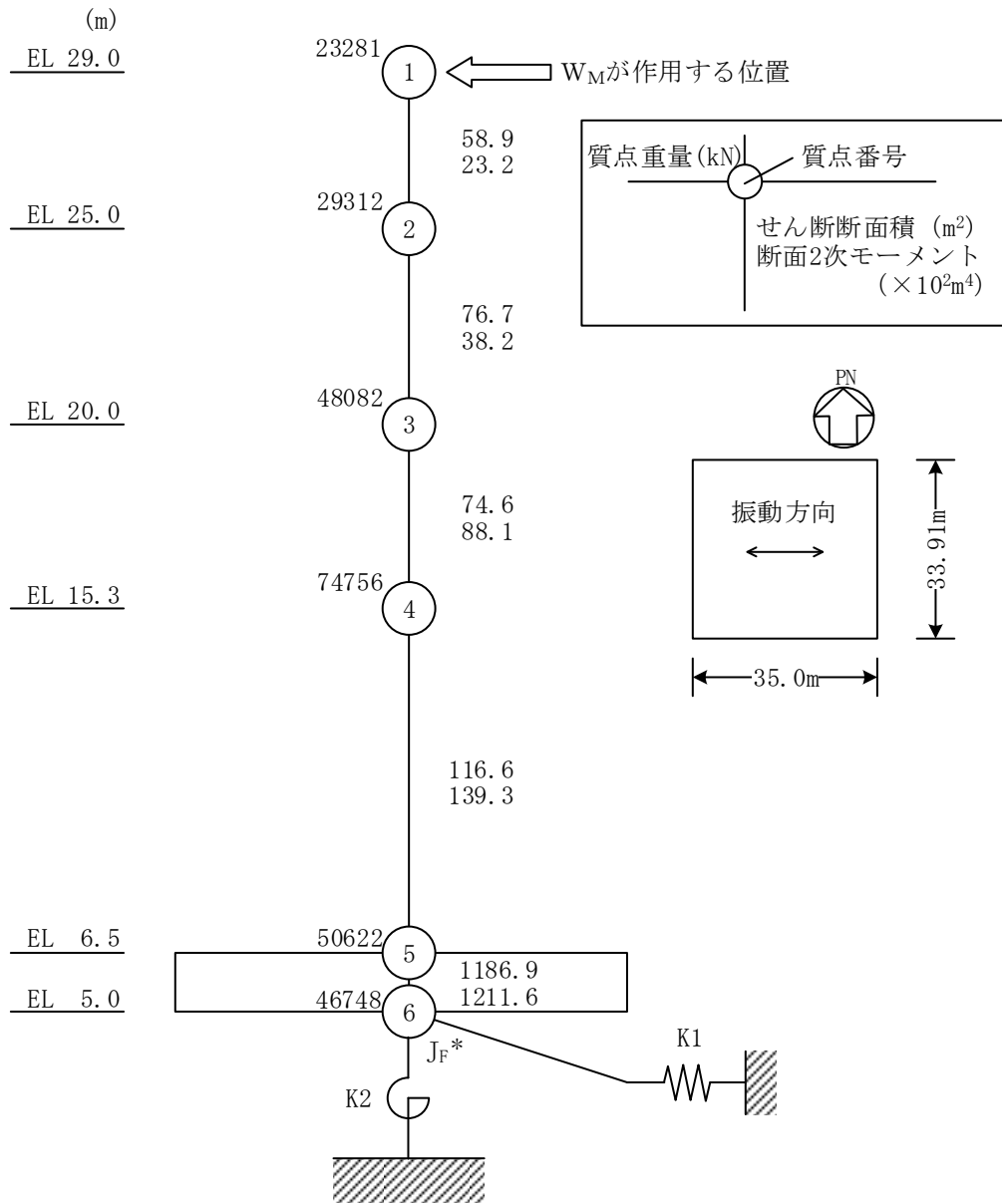


図 3-2(2) 1号機タービン建物の解析モデル図 (EW方向)



注記* : 回転慣性重量 (28.31 × 10⁶ kN · m²)

図 3-3(1) 1号機廃棄物処理建物の解析モデル図 (NS方向)



注記* : 回転慣性重量 ($30.02 \times 10^6 \text{ kN} \cdot \text{m}^2$)

図 3-3(2) 1号機廃棄物処理建物の解析モデル図 (EW方向)

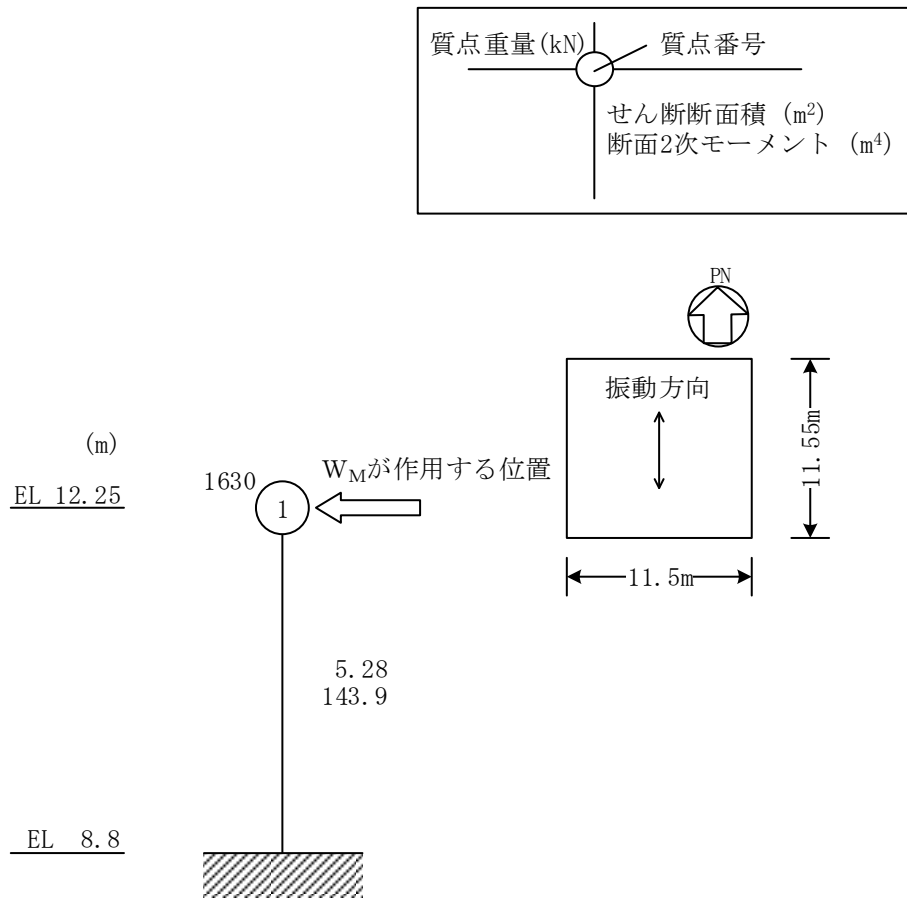


図 3-4(1) 排気筒モニタ室の解析モデル図 (NS 方向)

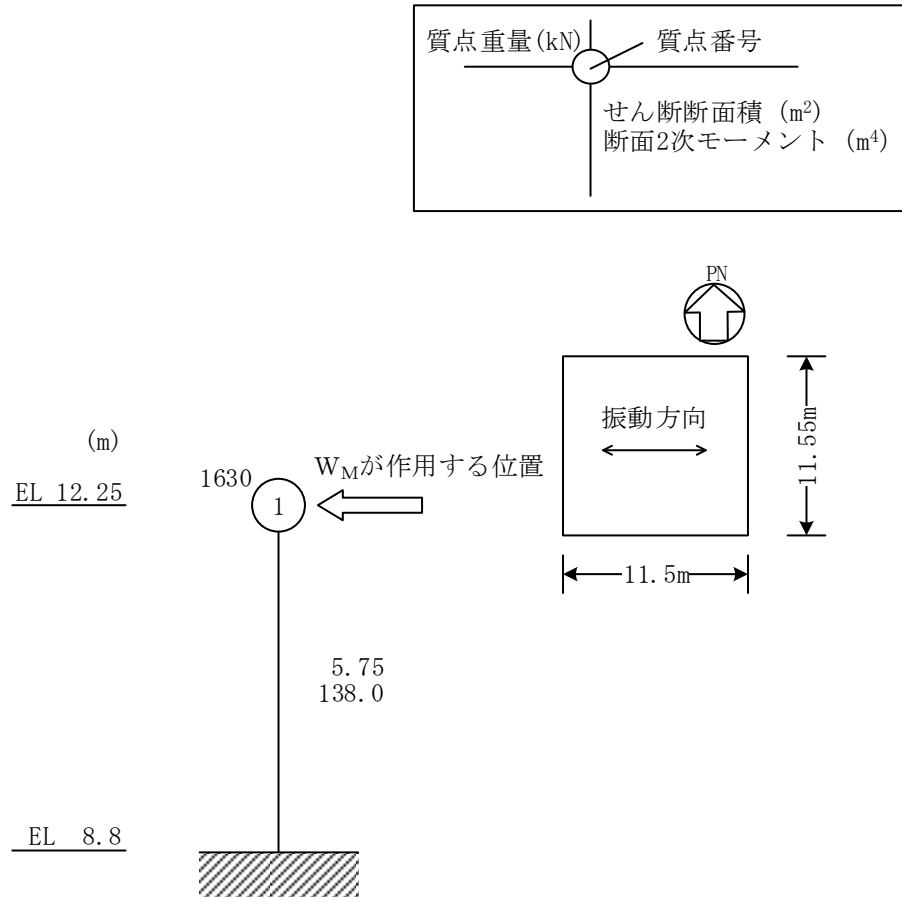


図 3-4(2) 排気筒モニタ室の解析モデル図 (EW方向)

タービン建物、廃棄物処理建物及び制御室建物の変形量は、設計荷重による地震応答解析モデルを用いた静的解析により算定する。排気筒の変形量は、設計荷重による3次元FEMモデルを用いた衝突解析により算定する。

タービン建物、廃棄物処理建物及び制御室建物の解析モデルはVI-3-別添 1-6「竜巻より防護すべき施設を内包する施設の強度計算書」に示す解析モデルを用いる。排気筒の解析モデルは、VI-3-別添 1-10「排気筒の強度計算書」に示す解析モデルを用いる。

設計荷重のうち、風圧力による荷重 W_w は、建物・構築物の形状を考慮して算定した風力係数及び受圧面積に基づき算定する。

気圧差による荷重 W_p は、建物の内部から外部に作用することから、建物層全体の評価においては相殺されるが、保守的に風圧力による荷重 W_w の作用方向のみに作用するものとする。なお、排気筒は屋外施設であり閉じた施設ではないため、気圧差による荷重 W_p は考慮しない。

設計飛来物による衝撃荷重 W_M は、タービン建物、廃棄物処理建物及び制御室建物に対しては、建物最上部質点に作用するものとする。ここで、解析モデルが多軸の場合には、各軸の最上部の質点に W_M が作用するものとする。また、排気筒に対しては、VI-3-別添 1-10「排気筒の強度計算書」に示すとおり、最下段支柱材に作用するものとする。

4. 評価条件

「3. 強度評価方法」に用いる評価条件を、以下に示す。

変形性能の評価は、各建物に設計荷重が作用する場合のNS方向及びEW方向の検討を実施する。

相対変位による評価については、1号機タービン建物は、建物の西側にタービン建物及び制御室建物、南側に制御室建物が隣接しているため、設計荷重が東から西へ作用する場合及び北から南へ作用する場合の検討を実施する。1号機廃棄物処理建物は、建物の西側に廃棄物処理建物、北側に制御室建物が隣接しているため、設計荷重が東から西へ作用する場合及び南から北へ作用する場合の検討を実施する。排気筒モニタ室は、建物の北側に排気筒（鉄塔）が隣接しているため、設計荷重が南から北へ作用する場合の検討を実施する。

1号機原子炉建物、1号機タービン建物、1号機廃棄物処理建物及び排気筒モニタ室の風圧力による荷重 W_w 及び気圧差による荷重 W_p の算定条件を表4-1～表4-4に示す。1号機原子炉建物、1号機タービン建物及び1号機廃棄物処理建物については、隣接建物があり、実際には隣接する壁面の風荷重は極めて小さいと考えられるが、本評価では保守的に隣接する側の風荷重も考慮するものとする。

また、1号機原子炉建物、1号機タービン建物、1号機廃棄物処理建物及び排気筒モニタ室のせん断スケルトン曲線（ $\tau - \gamma$ 関係）を表4-5～表4-12に示す。

表 4-1 1号機原子炉建物の風圧力による荷重 W_w 及び気圧差による荷重 W_p の算定条件

EL (m)	位置	風力係数 C	受圧面積 A (m^2)	
			NS方向	EW方向
61.20~55.35	風上	0.8	249	189
	風下	0.4		
55.35~47.45	風上	0.8	336	254
	風下	0.4		
47.45~40.05	風上	0.8	312	236
	風下	0.4		
40.05~33.55	風上	0.8	273	206
	風下	0.4		
33.55~27.40	風上	0.8	258	239
	風下	0.4		
27.40~19.55	風上	0.8	329	329
	風下	0.4		
19.55~15.00	風上	0.8	191	198
	風下	0.4		

表 4-2 1号機タービン建物の風圧力による荷重 W_w 及び
気圧差による荷重 W_p の算定条件

EL (m)	位置	風力係数 C	受圧面積 A (m^2)		
			NS方向		EW方向
			北側	南側	
35.08~28.75	風上	0.8	614	614	209
	風下	0.4			
28.75~19.85	風上	0.8	917	863	457
	風下	0.4			
19.85~12.35	風上	0.8	703	757	486
	風下	0.4			
12.35~8.50	風上	0.8	401	401	249
	風下	0.4			

表 4-3 1号機廃棄物処理建物の風圧力による荷重 W_w 及び
気圧差による荷重 W_p の算定条件

EL (m)	位置	風力係数 C	受圧面積 A (m^2)	
			N S 方向	E W 方向
29.60~27.00	風上	0.8	75	88
	風下	0.4		
27.00~22.50	風上	0.8	133	155
	風下	0.4		
22.50~17.65	風上	0.8	170	188
	風下	0.4		
17.65~15.00	風上	0.8	93	103
	風下	0.4		

表 4-4 排気筒モニタ室の風圧力による荷重 W_w 及び気圧差による荷重 W_p の算定条件

EL (m)	位置	風力係数 C	受圧面積 A (m^2)	
			N S 方向	E W 方向
12.65~8.50	風上	0.8	48	49
	風下	0.4		

表 4-5 1号機原子炉建物のせん断スケルトン曲線 ($\tau - \gamma$ 関係) (NS方向)

O. W

EL (m)	τ_1 (N/mm ²)	τ_2 (N/mm ²)	τ_3 (N/mm ²)	γ_1 ($\times 10^{-3}$)	γ_2 ($\times 10^{-3}$)	γ_3 ($\times 10^{-3}$)
59.8~50.9	19.9	—	—	2.16	—	—
50.9~44.0	19.3	—	—	2.10	—	—
44.0~36.1	1.65	2.23	4.03	0.180	0.540	4.00
36.1~31.0	1.74	2.34	4.48	0.189	0.567	4.00
31.0~23.8	1.77	2.39	4.56	0.193	0.579	4.00
23.8~15.3	1.80	2.42	4.74	0.195	0.586	4.00
15.3~3.1	1.89	2.55	4.52	0.206	0.617	4.00

S. W

EL (m)	τ_1 (N/mm ²)	τ_2 (N/mm ²)	τ_3 (N/mm ²)	γ_1 ($\times 10^{-3}$)	γ_2 ($\times 10^{-3}$)	γ_3 ($\times 10^{-3}$)
44.0~36.1	1.58	2.13	3.41	0.172	0.515	4.00
36.1~31.0	1.69	2.28	4.28	0.184	0.552	4.00
31.0~23.8	1.63	2.20	4.55	0.178	0.533	4.00
23.8~15.3	1.75	2.37	4.12	0.191	0.573	4.00
15.3~11.3	2.12	2.87	4.39	0.231	0.694	4.00
11.3~3.1	1.89	2.55	4.00	0.206	0.617	4.00

表 4-6(1) 1号機原子炉建物のせん断スケルトン曲線 ($\tau - \gamma$ 関係) (E W方向)

0. W-1

EL (m)	τ_1 (N/mm ²)	τ_2 (N/mm ²)	τ_3 (N/mm ²)	γ_1 ($\times 10^{-3}$)	γ_2 ($\times 10^{-3}$)	γ_3 ($\times 10^{-3}$)
59.8~50.9	14.2	—	—	1.55	—	—
50.9~44.0	19.4	—	—	2.12	—	—
44.0~36.1	1.65	2.23	4.48	0.180	0.540	4.00
36.1~31.0	1.74	2.34	4.83	0.189	0.567	4.00
31.0~23.8	1.77	2.39	4.44	0.193	0.579	4.00
23.8~15.3	1.80	2.42	4.44	0.195	0.586	4.00
15.3~3.1	1.89	2.55	3.98	0.206	0.617	4.00

S. W

EL (m)	τ_1 (N/mm ²)	τ_2 (N/mm ²)	τ_3 (N/mm ²)	γ_1 ($\times 10^{-3}$)	γ_2 ($\times 10^{-3}$)	γ_3 ($\times 10^{-3}$)
44.0~36.1	1.58	2.13	4.57	0.172	0.515	4.00
36.1~31.0	1.69	2.28	4.69	0.184	0.552	4.00
31.0~23.8	1.63	2.20	4.39	0.178	0.533	4.00
23.8~15.3	1.75	2.37	4.01	0.191	0.573	4.00
15.3~11.3	2.12	2.87	4.14	0.231	0.694	4.00
11.3~3.1	1.89	2.55	4.00	0.206	0.617	4.00

表 4-6(2) 1号機原子炉建物のせん断スケルトン曲線 ($\tau - \gamma$ 関係) (EW方向)

0. W-2

EL (m)	τ_1 (N/mm ²)	τ_2 (N/mm ²)	τ_3 (N/mm ²)	γ_1 ($\times 10^{-3}$)	γ_2 ($\times 10^{-3}$)	γ_3 ($\times 10^{-3}$)
59.8~50.9	14.2	—	—	1.55	—	—
50.9~44.0	19.4	—	—	2.12	—	—
44.0~36.1	1.65	2.23	3.76	0.180	0.540	4.00
36.1~31.0	1.74	2.34	3.76	0.189	0.567	4.00
31.0~23.8	1.77	2.39	3.63	0.193	0.579	4.00

0. W-3

EL (m)	τ_1 (N/mm ²)	τ_2 (N/mm ²)	τ_3 (N/mm ²)	γ_1 ($\times 10^{-3}$)	γ_2 ($\times 10^{-3}$)	γ_3 ($\times 10^{-3}$)
31.0~23.8	1.77	2.39	5.27	0.193	0.579	4.00
23.8~15.3	1.80	2.42	5.20	0.195	0.586	4.00
15.3~3.1	1.89	2.55	4.48	0.206	0.617	4.00

表 4-7(1) 1号機タービン建物のせん断スケルトン曲線 ($\tau - \gamma$ 関係) (NS 方向)

T1-T5

EL (m)	τ_1 (N/mm ²)	τ_2 (N/mm ²)	τ_3 (N/mm ²)	γ_1 ($\times 10^{-3}$)	γ_2 ($\times 10^{-3}$)	γ_3 ($\times 10^{-3}$)
33.7~23.8	1.65	2.23	4.14	0.180	0.540	4.00
23.8~15.9	1.68	2.27	4.22	0.183	0.550	4.00
15.9~8.8	1.63	2.20	3.15	0.177	0.532	4.00
8.8~1.8	1.73	2.34	3.72	0.189	0.566	4.00

T6-T9(TA側)

EL (m)	τ_1 (N/mm ²)	τ_2 (N/mm ²)	τ_3 (N/mm ²)	γ_1 ($\times 10^{-3}$)	γ_2 ($\times 10^{-3}$)	γ_3 ($\times 10^{-3}$)
33.7~23.8	—*					
23.8~21.1	—*					
21.1~15.9	1.62	2.18	3.53	0.176	0.529	4.00
15.9~8.8	1.70	2.30	3.20	0.185	0.556	4.00
8.8~1.8	1.78	2.40	2.98	0.194	0.581	4.00

T6-T9(TF側)

EL (m)	τ_1 (N/mm ²)	τ_2 (N/mm ²)	τ_3 (N/mm ²)	γ_1 ($\times 10^{-3}$)	γ_2 ($\times 10^{-3}$)	γ_3 ($\times 10^{-3}$)
33.7~23.8	—*					
23.8~15.9	1.61	2.17	3.86	0.175	0.526	4.00
15.9~8.8	1.66	2.25	4.23	0.181	0.544	4.00
8.8~1.8	1.82	2.46	4.11	0.199	0.596	4.00

注記* : 線形部材

表 4-7(2) 1号機タービン建物のせん断スケルトン曲線 ($\tau - \gamma$ 関係) (NS 方向)

T10-T12

EL (m)	τ_1 (N/mm ²)	τ_2 (N/mm ²)	τ_3 (N/mm ²)	γ_1 ($\times 10^{-3}$)	γ_2 ($\times 10^{-3}$)	γ_3 ($\times 10^{-3}$)
33.7~23.8	1.63	2.19	4.14	0.177	0.531	4.00
23.8~15.9	1.74	2.35	3.99	0.190	0.569	4.00
15.9~8.8	1.68	2.26	3.80	0.183	0.548	4.00
8.8~1.8	1.78	2.40	3.99	0.193	0.580	4.00

表 4-8 1号機タービン建物のせん断スケルトン曲線 ($\tau - \gamma$ 関係) (EW方向)

TA-TC

EL (m)	τ_1 (N/mm ²)	τ_2 (N/mm ²)	τ_3 (N/mm ²)	γ_1 ($\times 10^{-3}$)	γ_2 ($\times 10^{-3}$)	γ_3 ($\times 10^{-3}$)
33.7~23.8	1.97	2.66	4.65	0.215	0.645	4.00
23.8~15.9	2.06	2.78	4.61	0.224	0.671	4.00
15.9~8.8	1.83	2.46	4.41	0.199	0.596	4.00
8.8~1.8	1.85	2.50	4.39	0.201	0.604	4.00

TD-TF

EL (m)	τ_1 (N/mm ²)	τ_2 (N/mm ²)	τ_3 (N/mm ²)	γ_1 ($\times 10^{-3}$)	γ_2 ($\times 10^{-3}$)	γ_3 ($\times 10^{-3}$)
33.7~23.8	1.98	2.68	4.66	0.216	0.648	4.00
23.8~15.9	1.98	2.67	4.48	0.216	0.647	4.00
15.9~8.8	1.90	2.57	4.39	0.207	0.622	4.00
8.8~1.8	1.97	2.66	4.49	0.215	0.644	4.00

TG-TH

EL (m)	τ_1 (N/mm ²)	τ_2 (N/mm ²)	τ_3 (N/mm ²)	γ_1 ($\times 10^{-3}$)	γ_2 ($\times 10^{-3}$)	γ_3 ($\times 10^{-3}$)
23.8~15.9	1.84	2.48	4.47	0.200	0.601	4.00
15.9~8.8	1.80	2.43	4.43	0.196	0.588	4.00
8.8~1.8	1.92	2.59	4.50	0.209	0.626	4.00

表 4-9 1号機廃棄物処理建物のせん断スケルトン曲線 ($\tau - \gamma$ 関係) (NS方向)

EL (m)	τ_1 (N/mm ²)	τ_2 (N/mm ²)	τ_3 (N/mm ²)	γ_1 ($\times 10^{-3}$)	γ_2 ($\times 10^{-3}$)	γ_3 ($\times 10^{-3}$)
29.0~25.0	1.34	1.81	3.74	0.146	0.508	4.00
25.0~20.0	1.36	1.84	3.59	0.149	0.533	4.00
20.0~15.3	1.76	2.37	4.24	0.191	0.563	4.00
15.3~6.5	1.75	2.36	3.77	0.191	0.581	4.00

表 4-10 1号機廃棄物処理建物のせん断スケルトン曲線 ($\tau - \gamma$ 関係) (EW方向)

EL (m)	τ_1 (N/mm ²)	τ_2 (N/mm ²)	τ_3 (N/mm ²)	γ_1 ($\times 10^{-3}$)	γ_2 ($\times 10^{-3}$)	γ_3 ($\times 10^{-3}$)
29.0~25.0	1.44	1.94	3.95	0.157	0.506	4.00
25.0~20.0	1.63	2.21	4.09	0.178	0.533	4.00
20.0~15.3	1.81	2.44	4.36	0.197	0.563	4.00
15.3~6.5	2.03	2.75	4.36	0.222	0.581	4.00

表 4-11 排気筒モニタ室のせん断スケルトン曲線 ($\tau - \gamma$ 関係) (NS方向)

EL (m)	τ_1 (N/mm ²)	τ_2 (N/mm ²)	τ_3 (N/mm ²)	γ_1 ($\times 10^{-3}$)	γ_2 ($\times 10^{-3}$)	γ_3 ($\times 10^{-3}$)
12.25~8.8	1.48	2.00	4.19	0.165	0.495	4.00

表 4-12 排気筒モニタ室のせん断スケルトン曲線 ($\tau - \gamma$ 関係) (EW方向)

EL (m)	τ_1 (N/mm ²)	τ_2 (N/mm ²)	τ_3 (N/mm ²)	γ_1 ($\times 10^{-3}$)	γ_2 ($\times 10^{-3}$)	γ_3 ($\times 10^{-3}$)
12.25~8.8	1.48	2.00	4.19	0.165	0.495	4.00

タービン建物、廃棄物処理建物及び制御室建物の風圧力による荷重 W_w 及び気圧差による荷重 W_p の算定条件並びにせん断スケルトン曲線（ $\tau - \gamma$ 関係）については、VI-3-別添 1-6「竜巻より防護すべき施設を内包する施設の強度計算書」の「3.5.3 変形評価」及び「4.3.1 耐震壁」に示す。排気筒の風圧力による荷重 W_w の算定条件及び材料モデル等の解析条件はVI-3-別添 1-10「排気筒の強度計算書」の「3. 強度評価方法」及び「4. 評価条件」に示す。なお、排気筒の最大変位は保守的に 0° 方向と 45° 方向の評価結果を包絡した値として算定する。

5. 強度評価結果

5.1 変形性能の評価結果

(1) 層間変形角の評価結果

1号機原子炉建物の層間変形角を表5-1に示す。層間変形角は最大で1/3130(0.W軸, EL 50.9m~EL 44.0m, NS方向, W_{T2})であり, 許容限界(1/120)を超えないことを確認した。

表5-1 1号機原子炉建物の層間変形角の評価結果

評価対象施設	層間変形角		許容限界
	W_{T1}	W_{T2}	
1号機原子炉建物	1/5401	1/3130	1/120

注: NS方向, EW方向の評価結果のうち, 最も評価結果が厳しい部材について評価結果を記載するものとする。

(2) せん断ひずみの評価結果

各建物のせん断ひずみを表5-2に示す。せん断ひずみは最大で 0.07×10^{-3} (1号機タービン建物, T10-T12軸, EL 23.8m~EL 15.9m, NS方向, W_{T2})であり, いずれの建物においても許容限界(4.0×10^{-3})を超えないことを確認した。

表5-2 各建物のせん断ひずみの評価結果

評価対象施設	せん断ひずみ		許容限界
	W_{T1}	W_{T2}	
1号機原子炉建物	0.02×10^{-3}	0.03×10^{-3}	4.0×10^{-3}
1号機タービン建物	0.04×10^{-3}	0.07×10^{-3}	4.0×10^{-3}
1号機廃棄物処理建物	0.01×10^{-3}	0.01×10^{-3}	4.0×10^{-3}
排気筒モニタ室	0.01×10^{-3}	0.05×10^{-3}	4.0×10^{-3}

注: NS方向, EW方向の評価結果のうち, 最も評価結果が厳しい部材について評価結果を記載するものとする。

5.2 相対変位による評価結果

1号機タービン建物とタービン建物の最大相対変位，1号機タービン建物と制御室建物の最大相対変位，1号機廃棄物処理建物と廃棄物処理建物の最大相対変位，1号機廃棄物処理建物と制御室建物の最大相対変位及び排気筒モニタ室と排気筒の最大相対変位の評価結果を表5-3～表5-8に示す。各建物・構築物の最大相対変位が許容限界を超えないことを確認した。

表5-3 1号機タービン建物とタービン建物の最大相対変位の評価結果
(EW方向，絶対値和)

複合荷重	EL (m)	設計荷重による最大変位 (mm)		最大相対変位* (mm)	許容限界 (mm)
		1号機タービン建物	タービン建物		
W _{T1}	33.70	0.15	0.16	0.31	100
W _{T2}	33.70	0.31	0.27	0.58	100

注記*：保守的に，各建物の最大変位をお互いが接近する方向に加算した。

表5-4 1号機タービン建物と制御室建物の最大相対変位の評価結果
(NS方向，絶対値和)

複合荷重	EL (m)	設計荷重による最大変位 (mm)		最大相対変位* (mm)	許容限界 (mm)
		1号機タービン建物	制御室建物		
W _{T1}	22.05	0.49	0.20	0.69	50
W _{T2}	22.05	0.84	0.48	1.32	50

注記*：保守的に，各建物の最大変位をお互いが接近する方向に加算した。

表5-5 1号機タービン建物と制御室建物の最大相対変位の評価結果
(EW方向，絶対値和)

複合荷重	EL (m)	設計荷重による最大変位 (mm)		最大相対変位* (mm)	許容限界 (mm)
		1号機タービン建物	制御室建物		
W _{T1}	22.05	0.10	0.08	0.18	50
W _{T2}	22.05	0.17	0.23	0.40	50

注記*：保守的に，各建物の最大変位をお互いが接近する方向に加算した。

表 5-6 1号機廃棄物処理建物と廃棄物処理建物の最大相対変位の評価結果
(EW方向, 絶対値和)

複合荷重	EL (m)	設計荷重による最大変位 (mm)		最大相対変位* (mm)	許容限界 (mm)
		1号機廃棄物処理建物	廃棄物処理建物		
W _{T1}	22.25	0.09	0.13	0.22	100
W _{T2}	22.25	0.18	0.19	0.37	100

注記* : 保守的に、各建物の最大変位をお互いが接近する方向に加算した。

表 5-7 1号機廃棄物処理建物と制御室建物の最大相対変位の評価結果
(NS方向, 絶対値和)

複合荷重	EL (m)	設計荷重による最大変位 (mm)		最大相対変位* (mm)	許容限界 (mm)
		1号機廃棄物処理建物	制御室建物		
W _{T1}	22.05	0.07	0.20	0.27	50
W _{T2}	22.05	0.14	0.48	0.62	50

注記* : 保守的に、各建物の最大変位をお互いが接近する方向に加算した。

表 5-8 排気筒モニタ室と排気筒(鉄塔)の最大相対変位の評価結果
(NS方向, 絶対値和)

複合荷重	EL (m)	設計荷重による最大変位 (mm)		最大相対変位* ¹ (mm)	許容限界 (mm)
		排気筒モニタ室	排気筒* ² (鉄塔)		
W _{T1}	12.65	0.03	0* ³	0.03	97
W _{T2}	12.65	0.17	4.00	4.17	97

注記*¹ : 保守的に、各建物・構築物の最大変位をお互いが接近する方向に加算した。

*² : EL 12.65m の FEM要素のうち、最も排気筒モニタ室に近接する要素の値を示す。

*³ : 排気筒は屋外施設であり閉じた施設ではないため、気圧差による荷重W_Pは考慮しないことから、複合荷重W_{T1}による変位は0となる。

VI-3-別添 2 火山への配慮が必要な施設の強度計算書

VI-3-別添 2-9 ディーゼル燃料貯蔵タンク室及びB-ディーゼル燃
料貯蔵タンク格納槽の強度計算書

目 次

1. 概要	1
2. 基本方針	1
2.1 位置	1
2.2 構造概要	2
2.3 評価方針	6
2.4 適用規格・基準等	8
3. 強度評価方法及び評価条件	9
3.1 評価対象部位	9
3.2 荷重及び荷重の組合せ	9
3.2.1 荷重	9
3.2.2 荷重の組合せ	12
3.3 許容限界	13
3.4 解析モデル及び諸元	15
3.4.1 モデル化の基本方針	15
3.4.2 解析諸元	18
3.5 評価方法	19
3.5.1 ディーゼル燃料貯蔵タンク室（頂版）の評価方法	19
3.5.2 B-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽（頂版，側壁）の評価方法	21
3.5.3 鋼製蓋の評価方法	22
4. 強度評価結果	23
4.1 ディーゼル燃料貯蔵タンク室（頂版）の評価結果	23
4.2 B-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽（頂版，側壁）の評価結果	25
4.3 鋼製蓋の評価結果	26

1. 概要

本資料は、VI-3-別添 2-1-8「ディーゼル燃料貯蔵タンク室及びB-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽の強度計算の方針」に示すとおり、ディーゼル燃料貯蔵タンク室及びB-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽が降下火砕物及び積雪の堆積時においても、内包する防護すべき施設に降下火砕物を堆積させない機能の維持を考慮して、構造物全体及び構造物の主要な構造部材が構造健全性を維持することを確認するものである。

2. 基本方針

ディーゼル燃料貯蔵タンク室及びB-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽について、VI-3-別添 2-1-8「ディーゼル燃料貯蔵タンク室及びB-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽の強度計算の方針」の「3.2 機能維持の方針」に示す構造計画を踏まえ、「2.1 位置」、「2.2 構造概要」、「2.3 評価方針」及び「2.4 適用規格・基準等」を示す。

2.1 位置

ディーゼル燃料貯蔵タンク室及びB-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽は、VI-3-別添 2-1-8「ディーゼル燃料貯蔵タンク室及びB-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽の強度計算の方針」の「3.2 機能維持の方針」に示す位置に設置する。ディーゼル燃料貯蔵タンク室及びB-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽の配置を図 2-1 に示す。

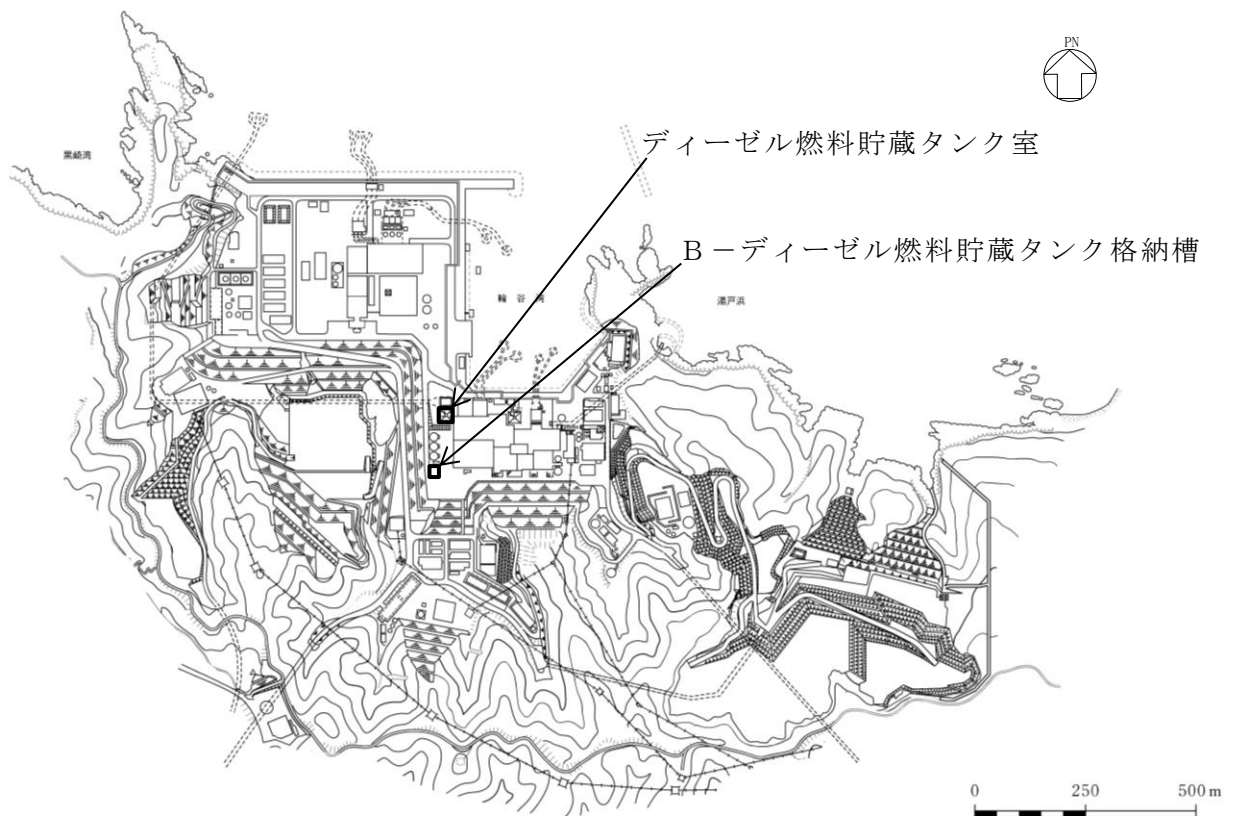


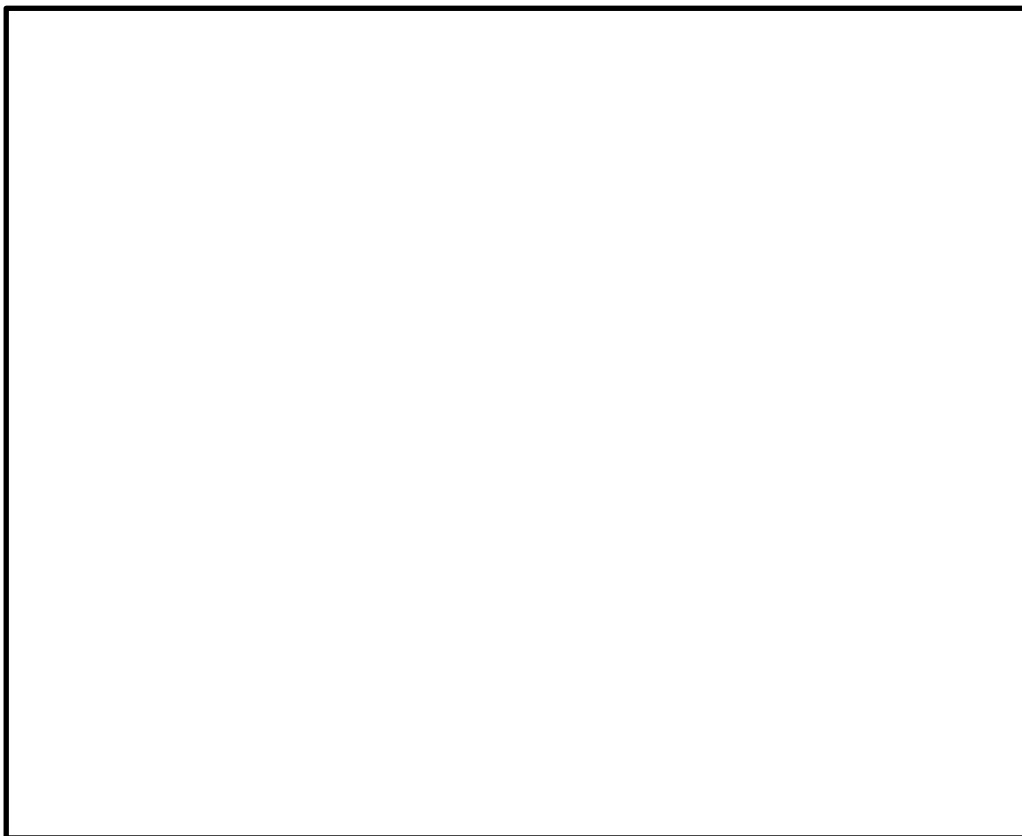
図 2-1 ディーゼル燃料貯蔵タンク室及びB-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽配置図

2.2 構造概要

ディーゼル燃料貯蔵タンク室及びB-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽は、VI-3-別添 2-1-8「ディーゼル燃料貯蔵タンク室及びB-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽の強度計算の方針」の「3.2 機能維持の方針」に示す構造計画を踏まえて、構造を設定する。

ディーゼル燃料貯蔵タンク室は約 23.5m (EW 方向) × 約 6.3m (NS 方向) , 高さ約 6.6m 及び約 23.5m (EW 方向) × 約 11.8m (NS 方向) , 高さ約 6.6m の鉄筋コンクリート造の地中 (一部地上部を含む) 構造物であり, 頂版の開口部には鋼製の蓋を設置する。ディーゼル燃料貯蔵タンク室の概略平面図を図 2-2 に, 概略断面図を図 2-3 に示す。

B-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽は, 約 19.2m (EW 方向) × 約 20.8m (NS 方向) , 高さ約 10.6m の鉄筋コンクリート造の地中 (一部地上部を含む) 構造物であり, 頂版の開口部には鋼製の蓋を設置する。B-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽の概略平面図を図 2-4 に, 概略断面図を図 2-5 に示す。



(単位：mm)

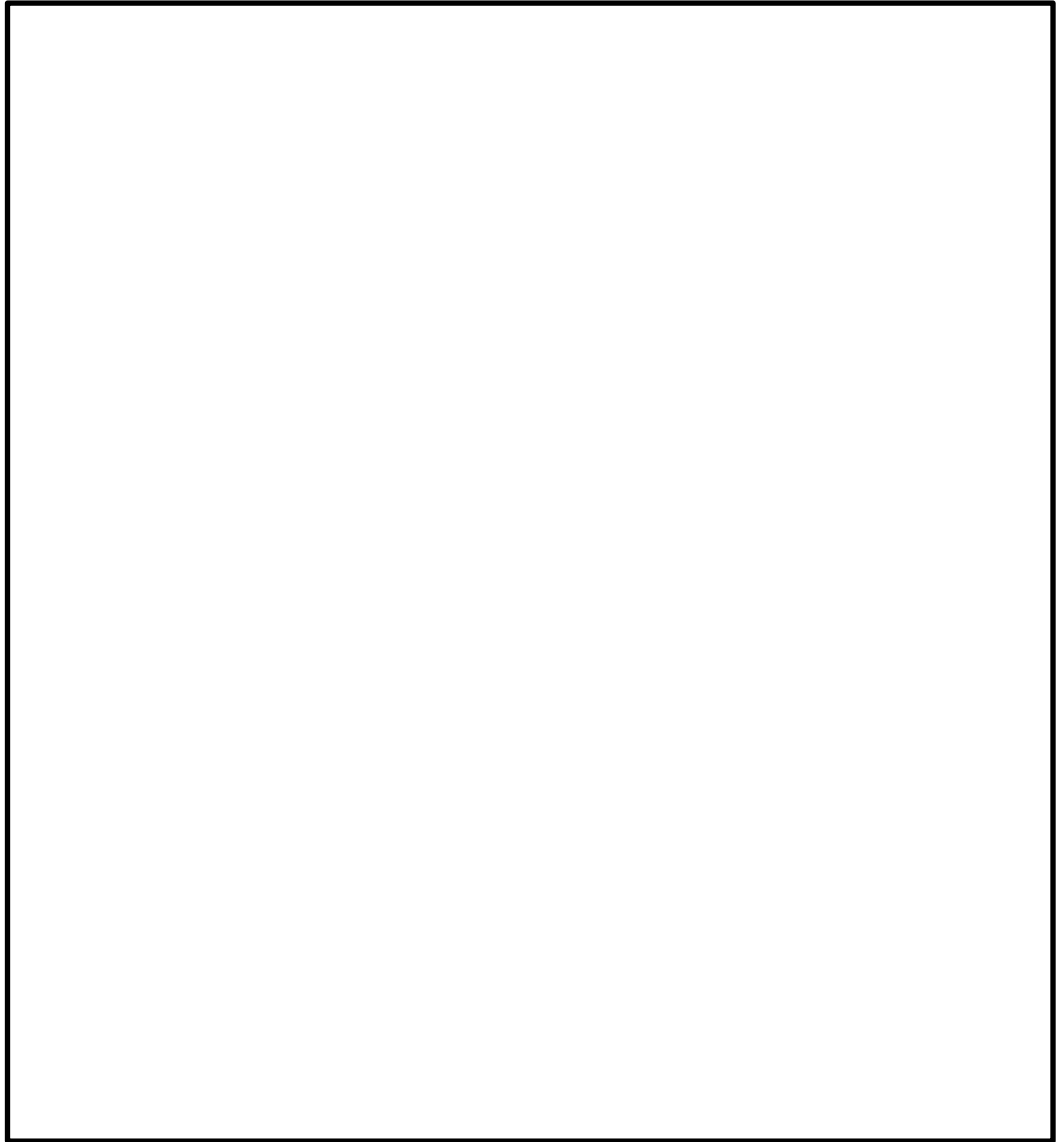
図 2-2 ディーゼル燃料貯蔵タンク室の概略平面図



(単位：mm)

注：「EL」は東京湾平均海面(T.P.)を基準としたレベルを示す。

図 2-3 ディーゼル燃料貯蔵タンク室の概略断面図 (A-A 断面)



(単位：mm)

図 2-4 B-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽の概略平面図



(単位 : mm)

図 2-5 B-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽の概略断面図 (A-A断面, 南北方向)
(1/2)



(単位 : mm)

図 2-5 B-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽の概略断面図 (B-B断面, 東西方向)
(2/2)

2.3 評価方針

ディーゼル燃料貯蔵タンク室及びB-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽の強度評価は、VI-3-別添 2-1-8「ディーゼル燃料貯蔵タンク室及びB-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽の強度計算の方針」のうち「4. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界」にて設定している荷重、荷重の組合せ及び許容限界を踏まえて、評価対象部位に発生する応力等が許容限界に収まることを「3. 強度評価方法及び評価条件」に示す方法及び評価条件を用いて計算し、「4. 強度評価結果」にて確認する。強度評価フローを図 2-6 に示す。

ディーゼル燃料貯蔵タンク室及びB-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽の強度評価においては、その構造を踏まえて降下火砕物堆積による鉛直荷重及びこれに組み合わせる荷重（以下「設計荷重」という。）の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価対象部位を選定する。

ディーゼル燃料貯蔵タンク室は降下火砕物堆積による鉛直荷重及び設計荷重に対しては、鉛直荷重に抵抗する評価対象部位として頂版及び鋼製蓋を選定した。

B-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽は降下火砕物堆積による鉛直荷重及び設計荷重に対しては、鉛直荷重に抵抗する評価対象部位として頂版及び鋼製蓋を、水平荷重に抵抗する評価対象部位として地上に露出した側壁（以下「側壁」という。）を選定した。

設計荷重は、VI-3-別添 2-1-8「ディーゼル燃料貯蔵タンク室及びB-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽の強度計算の方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」に従い設定する。

ディーゼル燃料貯蔵タンク室及びB-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽に作用する荷重は、VI-3-別添 2-1-8「ディーゼル燃料貯蔵タンク室及びB-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽の強度計算の方針」のうち「5. 強度評価条件及び強度評価方法」に従い評価する。

許容限界は、VI-3-別添 2-1-8「ディーゼル燃料貯蔵タンク室及びB-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽の強度計算の方針」の「4.2 許容限界」に従い設定する。

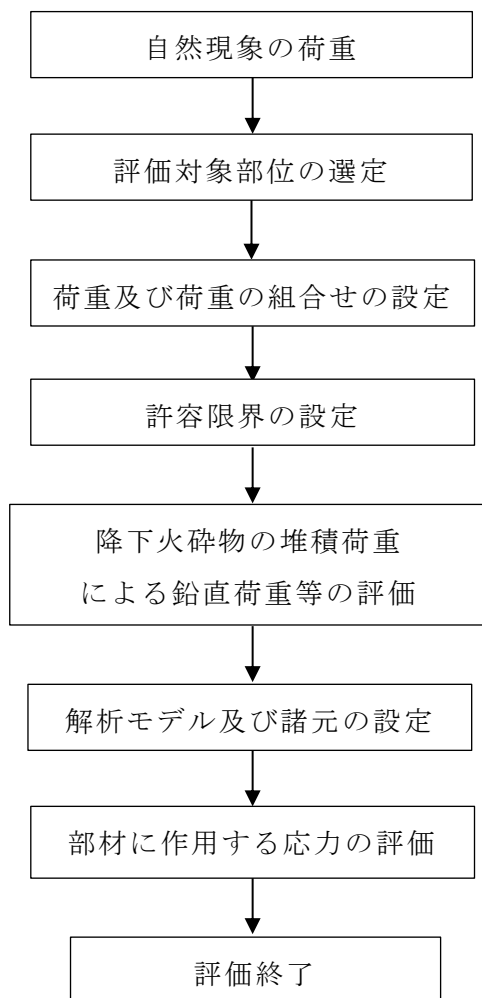


図 2-6 ディーゼル燃料貯蔵タンク室及びB-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽の強度評価フロー

2.4 適用規格・基準等

ディーゼル燃料貯蔵タンク室及びB-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽の強度評価に用いる規格・基準等を以下に示す。

- ・ 建築基準法・同施行令
- ・ 松江市建築基準法施行細則（平成 17 年 3 月 31 日松江市規則第 234 号）
- ・ コンクリート標準示方書[構造性能照査編]（土木学会，2002 年制定）
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987（（社）日本電気協会）
- ・ 原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル（土木学会，2005 年制定）
- ・ 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 J S M E S N C 1 -2005/2007（（社）日本機械学会）（以下「J S M E」という。）
- ・ 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説-許容応力度設計法-（（社）日本建築学会，1999 改定）
- ・ 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 制定）

3. 強度評価方法及び評価条件

3.1 評価対象部位

ディーゼル燃料貯蔵タンク室の評価対象部位は、VI-3-別添 2-1-8「ディーゼル燃料貯蔵タンク室及びB-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽の強度計算の方針」のうち「4.2 許容限界」にて示している評価対象部位に従って、頂版及び鋼製蓋とする。

B-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽の評価対象部位は、VI-3-別添 2-1-8「ディーゼル燃料貯蔵タンク室及びB-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽の強度計算の方針」のうち「4.2 許容限界」にて示している評価対象部位に従って、頂版、鋼製蓋及び側壁とする。

3.2 荷重及び荷重の組合せ

強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、VI-3-別添 2-1-8「ディーゼル燃料貯蔵タンク室及びB-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽の強度計算の方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」に示している荷重及び荷重の組合せを用いる。

3.2.1 荷重

(1) 頂版及び鋼製蓋

a. 鉛直荷重

ディーゼル燃料貯蔵タンク室及びB-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽の頂版及び鋼製蓋の鉛直荷重の一覧を表 3-1 及び表 3-2 に示す。鉛直荷重は、常時作用する荷重 (F_d)、降下火砕物による荷重 (F_a) 及び積雪荷重 (F_s) を考慮する。常時作用する荷重は、固定荷重 (G) 及び積載荷重 (P) とする。降下火砕物による荷重は、湿潤密度 $1.5\text{g}/\text{cm}^3$ の降下火砕物が 56cm 堆積した場合の荷重として考慮する。積雪荷重は、発電所敷地に最も近い気象官署である松江地方気象台で観測された観測史上 1 位の月最深積雪 100cm に平均的な積雪荷重を与えるための係数 0.35 を考慮した 35.0cm とし、積雪量 1cm ごとに $20\text{N}/\text{m}^2$ の積雪荷重が作用することを考慮し設定する。

表 3-1 ディーゼル燃料貯蔵タンク室の鉛直荷重一覧

常時作用する荷重 (F_d)	頂版	固定荷重 (G)	$11.77\text{kN}/\text{m}^2$
		積載荷重 (P)	$0.981\text{kN}/\text{m}^2$
	鋼製蓋	固定荷重 (G)	1.622kN
降下火砕物による荷重 (F_a)			$8.238\text{kN}/\text{m}^2$
積雪荷重 (F_s)			$0.7\text{kN}/\text{m}^2$

表 3-2 B-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽の鉛直荷重一覧

常時作用する荷重 (F_d)	頂版	固定荷重 (G)	19.40kN/m ²
		積載荷重 (P)	0.981kN/m ²
	鋼製蓋	固定荷重 (G)	1.944kN
降下火砕物による荷重 (F_a)			8.238kN/m ²
積雪荷重 (F_s)			0.7kN/m ²

(2) 側壁

風荷重の算出に用いる基準風速は、30m/s とする。

風荷重 (W) は、VI-3-別添 2-1-8「ディーゼル燃料貯蔵タンク室及びB-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽の強度計算の方針」の「4.1(3)c. 水平荷重」に示す式に従い算出する。全高Hが5m以下のため、Hが Z_b 以下の場合の式を用いる。風荷重 (W) の算出は、建物の形状を考慮して算出した風力係数C及び風の受圧面積 A_1 に基づき実施し、風荷重 (W) の算出に用いる受圧面積の算定において、隣接する建物の遮断効果は、安全側の評価となるよう考慮しない。

$$W = q \cdot C \cdot A_1$$

ここで

$$q = 0.6 \cdot E' \cdot V_D^2$$

$$E' = E_r^2 \cdot G$$

$$E_r = 1.7 \cdot (H / Z_G)^\alpha \quad (H \text{ が } Z_b \text{ を超える場合})$$

$$E_r = 1.7 \cdot (Z_b / Z_G)^\alpha \quad (H \text{ が } Z_b \text{ 以下の場合})$$

Z_b , Z_G , α : 地表面粗度区分に応じて建設省告示第1454号に掲げる数値

風荷重算定に使用する入力条件を表3-3及び表3-4に示す。

表3-3 設計風荷重の条件

施設名称	基準風速 V_D (m/s)	全高 H (m)	Z_b (m)	Z_G (m)	α	ガスト 影響係数 G	設計用 速度圧 q (kN/m ²)
B-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽	30	3.9	5	250	0.10	2.0	1.427

表3-4 B-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽の風力係数及び受圧面積

風力係数C		受圧面積 A_1 (m ²) *	
風上	風下	風上	風下
0.8	0.4	3.9	3.9

注記* : 受圧面積は、奥行1m当りの数値を示す。

3.2.2 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 3-5 に示す。

表 3-5 荷重の組合せ

考慮する荷重の 組合せ	荷重*				
	常時作用する 荷重 (F_d)		主荷重	従荷重	
	固定 荷重	積載 荷重	降下火砕物に よる荷重 (F_a)	積雪荷重 (F_s)	風荷重 (W)
ケース 1	○	○	○	○	—
ケース 2	○	○	○	○	○

注記* : ○は考慮する荷重を示す。

3.3 許容限界

ディーゼル燃料貯蔵タンク室及びB-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽の許容限界は、VI-3-別添 2-1-8「ディーゼル燃料貯蔵タンク室及びB-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽の強度計算の方針」の「4.2 許容限界」にて設定している許容限界に従って、「3.1 評価対象部位」にて設定している評価対象部位ごとに設定する。

(1) ディーゼル燃料貯蔵タンク室の許容限界

ディーゼル燃料貯蔵タンク室の頂版の許容限界を「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 制定）」（以下「RC-N規準」という。）に基づき表 3-6 に、コンクリート及び鉄筋の短期許容応力度を表 3-7 及び表 3-8 に示す。

表 3-6 許容限界

要求機能	機能設計上の性能目標	部位	機能維持のための考え方	許容限界（評価基準値）
—	構造強度を有すること	頂版	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	「RC-N規準」に基づく短期許容応力度*

注記*：許容限界は終局強度に対し妥当な安全余裕を有したものとして設定することとし、さらなる安全余裕を考慮して短期許容応力度とする。

表 3-7 コンクリートの短期許容応力度

(単位：N/mm²)

設計基準強度 F _c	圧縮	せん断
20.6	13.6	1.02

表 3-8 鉄筋の短期許容応力度

(単位：N/mm²)

種別*	引張り及び圧縮	せん断
SD35 (SD345 相当)	345	345

注記*：建設当時の鋼材の種類を、現在の規格に読み替えた許容応力度を示す。

(2) B-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽の許容限界

B-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽の頂版及び側壁の許容限界を「コンクリート標準示方書[構造性能照査編]（土木学会，2002年制定）」（以下「コンクリート標準示方書2002」という。）に基づき表3-9に，コンクリート及び鉄筋の短期許容応力度を表3-10及び表3-11に示す。

表3-9 許容限界

要求機能	機能設計上の性能目標	部位	機能維持のための考え方	許容限界（評価基準値）
—	構造強度を有すること	頂版	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	コンクリート標準示方書2002に基づく短期許容応力度
		側壁		

表3-10 コンクリートの短期許容応力度

（単位：N/mm²）

設計基準強度 F _c	圧縮	せん断
24.0	13.5	0.67

表3-11 鉄筋の短期許容応力度

（単位：N/mm²）

種別	短期許容引張応力度
SD345	294

(3) 鋼製蓋の許容限界

鋼製蓋の許容限界を「原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 - 1987（（社）日本電気協会）」（以下「J E A G 4 6 0 1」という。）に準じて表3-12に，鋼製蓋の許容引張応力を表3-13に示す。

表 3-12 鋼製蓋の許容限界

要求機能	機能設計上の性能目標	部位	応力等の状態	機能維持のための考え方	許容限界(評価基準値)
-	構造強度を有すること	鋼板	組合せ	部材が弾性域に留まらず塑性域に入る状態	$1.5 \cdot f_t^*$ (J E A G 4 6 0 1 に準じた許容応力状態Ⅳ _A Sの許容引張応力)
		支持脚	組合せ		

表 3-13 鋼製蓋の許容引張応力

部位	材料	温度条件(°C)	S_y^{*3} (MPa)	S_u^{*3} (MPa)	F^{**3} (MPa)	$1.5 \cdot f_t^*$ (MPa)
鋼板		-				
支持脚	SS400	40 ^{*2}	245	400	280	280
	SGP	40 ^{*2}	147	290	176	176

注記*1：メーカー仕様値（JIS Z 2241に基づく試験による）

*2：周囲環境温度

*3：記号の定義は以下のとおり

S_y ：J S M E 付録材料図表 Part5 の表にて規定される設計降伏点

S_u ：J S M E 付録材料図表 Part5 の表にて規定される設計引張強さ

F^* ：J S M E SSB-3121.3 により規定される値

3.4 解析モデル及び諸元

3.4.1 モデル化の基本方針

(1) ディーゼル燃料貯蔵タンク室（頂版）

頂版は、両端固定ばりの一方向スラブとして評価する。

(2) B-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽（頂版，側壁）

VI-2-2-22「B-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽の地震応答計算書」に示す解析モデルを用いて評価する。解析に使用するコードは、「T D A P III」である。なお、解析コードの検証及び妥当性の確認の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。解析モデルを図 3-1 に示す。

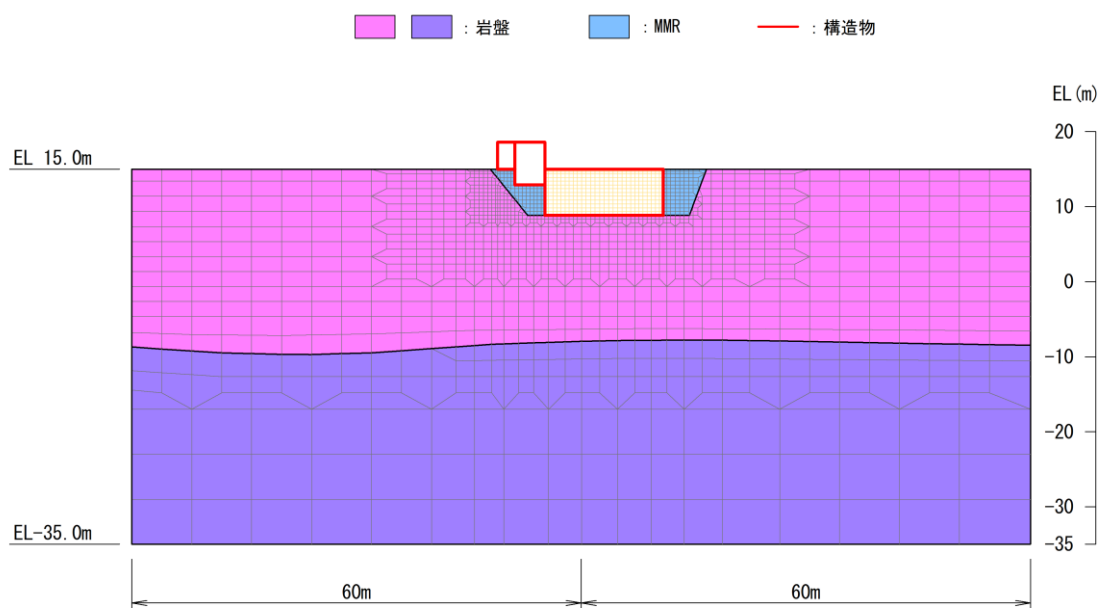


図 3-1 B-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽の解析モデル

(3) 鋼製蓋

ディーゼル燃料貯蔵タンク室の鋼製蓋は、鋼板（天板及び蓋）により構成し、鋼板（天板）は支持脚により支持する。また、B-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽の鋼製蓋は、鋼板（天板及び蓋）により構成し、鋼板（天板）はコンクリート躯体で直接支持する。これらの構造を踏まえ、図 3-2 及び図 3-3 に示す解析モデルを用いて評価する。解析に使用するコードは、「MSC NASTRAN」である。なお、解析コードの検証及び妥当性の確認の概要については、VI-5 「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

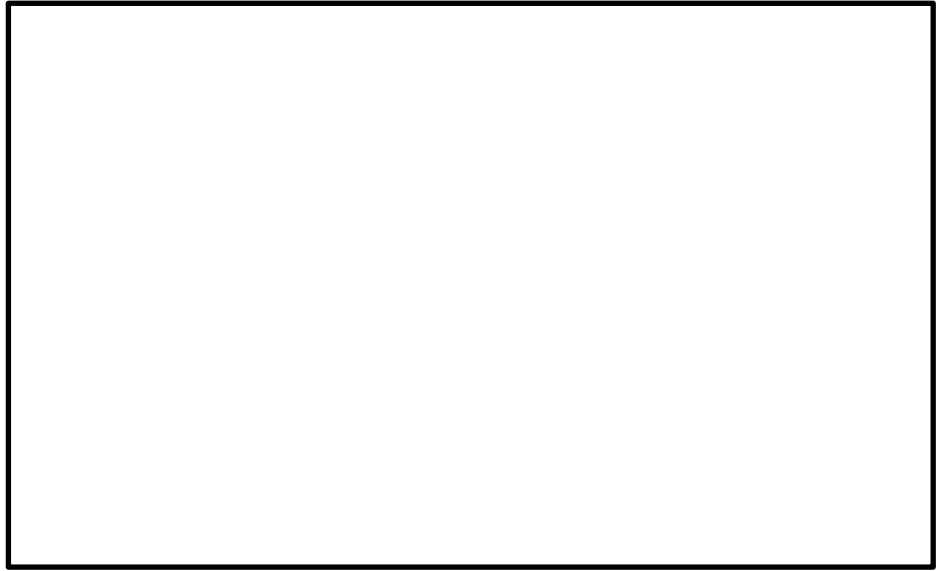


図 3-2 鋼製蓋（ディーゼル燃料貯蔵タンク室）の解析モデル



図 3-3 鋼製蓋（B-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽）の解析モデル

3.4.2 解析諸元

(1) B-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽（頂版，側壁）

B-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽（頂版，側壁）の使用材料の物性値を表 3-14 に示す。

表 3-14 B-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽（頂版，側壁）の使用材料の物性値

材料	項目	材料諸元
鉄筋コンクリート	単位体積重量 (kN/m ³)	24.0
	ヤング係数 E (N/mm ²)	2.50×10 ⁴
コンクリート	ポアソン比 ν	0.2

(2) 鋼製蓋

鋼製蓋の使用材料の物性値を表 3-15 に示す。

表 3-15 鋼製蓋の使用材料の物性値

部位	材料	縦弾性係数 E (MPa)	ポアソン比 ν
鋼板	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
支持脚	SS400	203000	0.3
	SGP	203000	0.3

3.5 評価方法

3.5.1 ディーゼル燃料貯蔵タンク室（頂版）の評価方法

(1) 応力解析方法

a. 荷重ケース

降下火砕物堆積時の応力は、単独荷重による応力を組み合わせて求める。

単独荷重の記号を以下に示す。

F_d : 常時作用する荷重

F_a : 降下火砕物による荷重

F_s : 積雪荷重

b. 荷重の組合せケース

荷重の組合せケースを表 3-16 に示す。

表 3-16 荷重の組合せケース

組合せケース	荷重の組合せ
ケース 1	$F_d + F_a + F_s$

c. 応力算出方法

等分布荷重を受ける両端固定ばりの曲げモーメント及びせん断力は下式により求める。

(両端固定ばり)

・ 端部曲げモーメント (M_E)

$$M_E = -\frac{1}{12} w \cdot l^2$$

・ 中央部曲げモーメント (M_C)

$$M_C = \frac{1}{24} w \cdot l^2$$

・ せん断力 (Q_E)

$$Q_E = \frac{1}{2} w \cdot l$$

ここで、

w : 等分布荷重 (N/m)

l : 有効スパン (m)

(2) 断面の評価方法

断面の評価は以下の方法で行う。

曲げモーメントによる鉄筋の引張応力度及び面外せん断力を算定し、各許容限界を超えないことを確認する。

a. 曲げモーメントに対する断面の評価方法

断面の評価は、「RC-N規準」に基づき、次式をもとに計算した評価対象箇所が生じる曲げモーメントによる鉄筋の引張応力度が、短期許容応力度を超えないことを確認する。

$$\sigma_t = \frac{M}{a_t \cdot j}$$

ここで、

σ_t : 鉄筋の引張応力度 (N/mm²)

M : 曲げモーメント (N・mm)

a_t : 引張り鉄筋断面積 (mm²)

j : 断面の応力中心間距離で、断面の有効せいの 7/8 倍の値 (mm)

b. 面外せん断力に対する断面の評価方法

断面の評価は、「RC-N規準」に基づき、評価対象箇所が生じる面外せん断力が、次式をもとに計算した許容面外せん断力を超えないことを確認する。

$$Q_A = b \cdot j \cdot \{ \alpha \cdot f_s + 0.5 \cdot w_f \cdot f_t \cdot (p_w - 0.002) \}$$

ここで、

Q_A : 許容面外せん断力 (N)

b : 断面の幅 (mm)

j : 断面の応力中心間距離で、断面の有効せいの 7/8 倍の値 (mm)

α : 許容せん断力の割増し係数で、次式による。

(保守的に 1 とする)

$$\alpha = \frac{4}{M / (Q \cdot d) + 1}$$

M : 曲げモーメント (N・mm)

Q : せん断力 (N)

d : 断面の有効せい (mm)

f_s : コンクリートの短期許容せん断応力度 (N/mm²)

$w_f \cdot f_t$: せん断補強筋の短期許容引張応力度 (N/mm²)

p_w : せん断補強筋比で、次式による。(0.002 以上とする*)

$$p_w = \frac{a_w}{b \cdot x}$$

a_w : せん断補強筋の断面積 (mm²)

x : せん断補強筋の間隔 (mm)

注記* : せん断補強筋がない領域については, 第 2 項を 0 とする。

3.5.2 B-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽 (頂版, 側壁) の評価方法

(1) 応力解析方法

a. 荷重ケース

降下火砕物堆積時の応力は, 単独荷重による応力を組み合わせて求める。
単独荷重の記号を以下に示す。

F_d : 常時作用する荷重

F_a : 降下火砕物による荷重

F_s : 積雪荷重

W : 風荷重

b. 荷重の組合せケース

荷重の組合せケースを表 3-17 に示す。

表 3-17 荷重の組合せケース

組合せケース	荷重の組合せ
ケース 2	$F_d + F_a + F_s + W$

c. 応力算出方法

VI-2-2-22「B-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽の地震応答計算書」に示す地震応答解析モデルを用いた 2 次元静的 FEM 解析により, 評価対象部位に発生する降下火砕物堆積時の断面力 (曲げモーメント, 軸力及びせん断力) を求める。

(2) 断面の評価方法

断面の評価は, 2 次元静的 FEM 解析より求めた評価対象部位の曲げモーメント・軸力及びせん断力に対して鉄筋コンクリート断面の照査を行う。

曲げ・軸力については, 矩形断面の鉄筋コンクリート断面に対する検討を行い, コンクリートの曲げ圧縮応力度, 鉄筋の引張応力度が各々の短期許容応力

度以下であることを確認する。

せん断に対しては、矩形断面のせん断応力度が短期許容せん断応力度以下であることを確認する。

3.5.3 鋼製蓋の評価方法

(1) 応力解析方法

a. 荷重ケース

降下火砕物堆積時の応力は、単独荷重による応力を組み合わせて求める。

単独荷重の記号を以下に示す。

F_d : 常時作用する荷重

F_a : 降下火砕物による荷重

F_s : 積雪荷重

b. 荷重の組合せケース

荷重の組合せケースを表 3-18 に示す。

表 3-18 荷重の組合せケース

組合せケース	荷重の組合せ
ケース 1	$F_d + F_a + F_s$

c. 応力算出方法

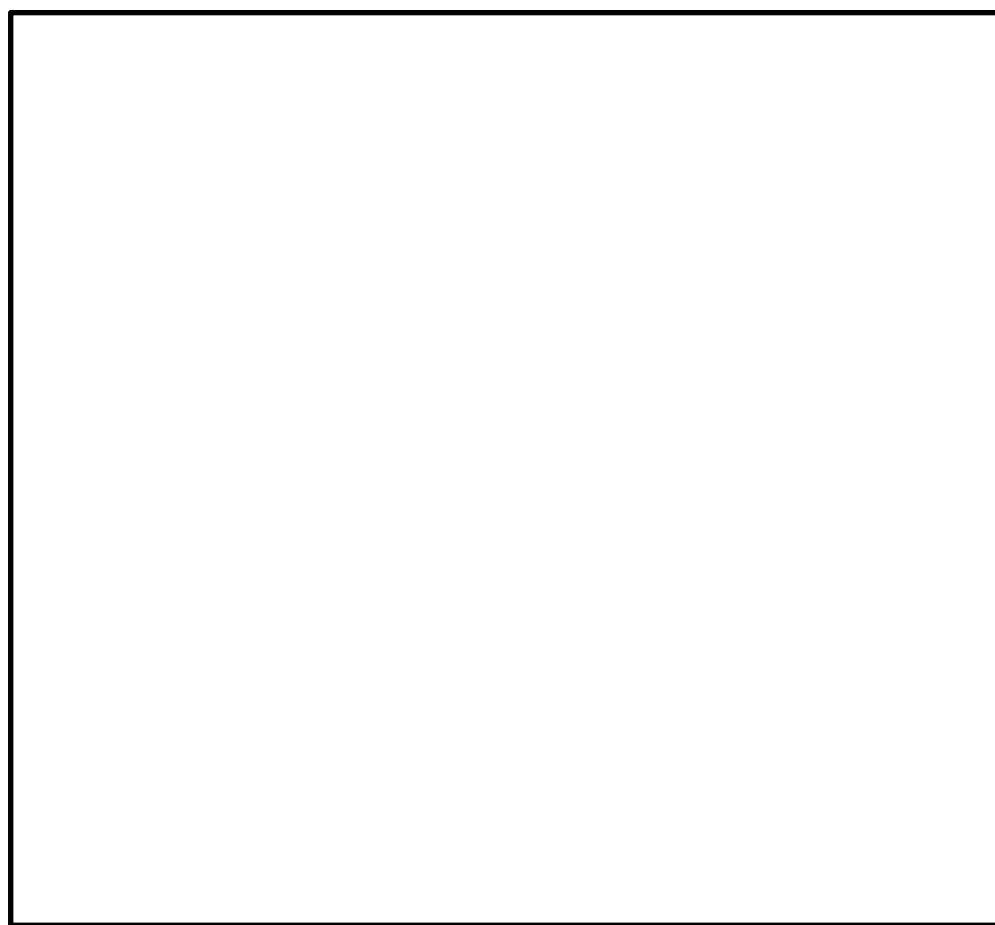
鋼製蓋の評価は降下火砕物堆積による鉛直荷重等により発生する応力が許容応力を超えないことを、図 3-2 及び図 3-3 の解析モデルを用いて 3次元静的 FEM 解析により確認する。

4. 強度評価結果

4.1 ディーゼル燃料貯蔵タンク室（頂版）の評価結果

ディーゼル燃料貯蔵タンク室（頂版）の評価対象箇所は、各断面の検定値が最も大きい箇所とし、図 4-1 に示す。また、評価結果を表 4-1 に示す。

降下火砕物堆積による鉛直荷重等によって発生する曲げモーメントに対する鉄筋の引張応力度が許容限界を超えないこと及び発生する面外せん断力が許容限界を超えないことを確認した。



(単位：mm)

図 4-1 評価対象箇所

表 4-1 ディーゼル燃料貯蔵タンク室（頂版）の評価結果

EL (m)		8.6
厚さ t (mm)		<input type="text"/>
有効せい d (mm)		<input type="text"/>
配筋 (鉄筋断面積)		D19@200 (1435mm ² /m)
曲 げ モー メント	発生曲げモーメント M (kN・m/m)	47.0
	鉄筋の引張応力度 σ_t (N/mm ²)	83.2
	許容限界 (N/mm ²)	345
	検定値	0.25
面 外 せん 断 力	発生せん断力 Q (kN/m)	55.3
	せん断応力度 (N/mm ²)	0.15
	許容限界 (N/mm ²)	1.02
	検定値	0.15

4.2 B-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽（頂版，側壁）の評価結果

頂版及び側壁の降下火砕物堆積時の評価結果を表 4-2～表 4-4 に示す。

降下火砕物堆積による鉛直荷重等によって，図 4-2 に示す評価対象部位に発生する曲げモーメント及び軸力に対して，コンクリート及び鉄筋の短期許容応力度を超えないこと及び発生するせん断応力度に対してコンクリートの短期許容せん断応力度を超えないことを確認した。

表 4-2 コンクリートの曲げ・軸力に対する評価結果

部位	発生断面力		曲げ圧縮 応力度 σ'_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ'_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ'_c / σ'_{ca}
	曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
頂版	39	12	1.3	13.5	0.10
側壁	25	57	0.8	13.5	0.06

表 4-3 鉄筋の曲げ・軸力に対する評価結果

部位	発生断面力		曲げ引張 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}
	曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
頂版	39	12	36	294	0.13
側壁	25	57	13	294	0.05

表 4-4 せん断力に対する評価結果

部位	発生せん断力 (kN)	せん断 応力度 τ (N/mm ²)	短期許容 せん断応力度 τ_{a1} (N/mm ²)	照査値 τ / τ_{a1}
頂版	51	0.13	0.67	0.20
側壁	11	0.03	0.67	0.05

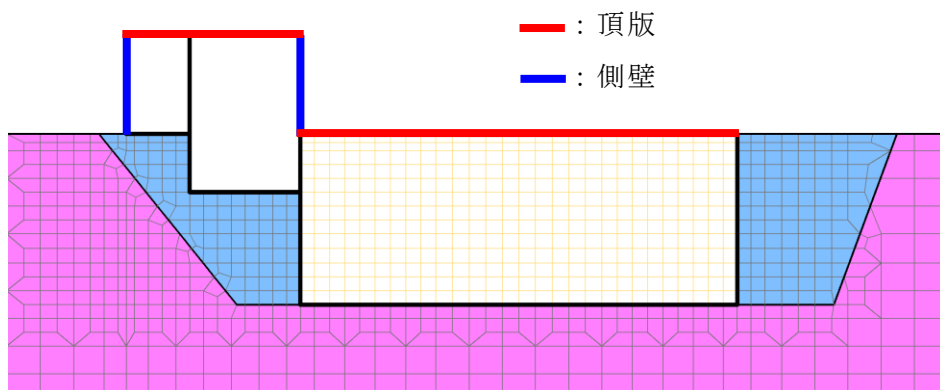


図 4-2 評価対象部位

4.3 鋼製蓋の評価結果

「3.5 評価方法」に基づいた鋼製蓋の 3次元静的 FEM 解析による評価結果を表 4-5 に、応力分布図を図 4-3 及び図 4-4 に示す。評価対象部位に発生する応力が許容応力を超えないことを確認した。

表 4-5 鋼製蓋の評価結果

評価対象部位		材料	応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
鋼製蓋 (ディーゼル燃料貯蔵 タンク室)	鋼板	<input type="text"/>	組合せ	93	<input type="text"/>
	支持脚	SS400		214	280
鋼製蓋 (B-ディーゼル燃料 貯蔵タンク格納槽)	鋼板	<input type="text"/>	組合せ	20	<input type="text"/>

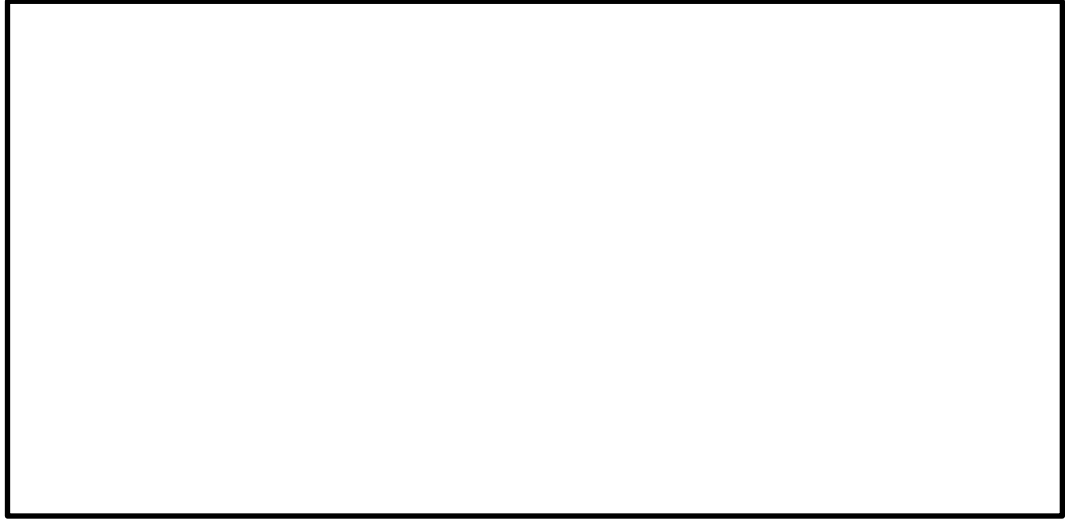


図 4-3 鋼製蓋（ディーゼル燃料貯蔵タンク室）の応力分布図

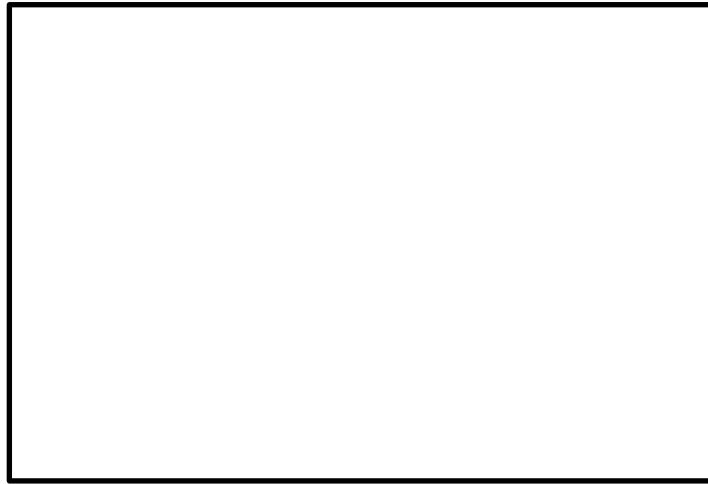


図 4-4 鋼製蓋（B-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽）の応力分布図

VI-3-別添 3 津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算書

VI-3-別添 3-2 津波への配慮が必要な施設の強度計算書

VI-3-別添 3-2-7 床ドレン逆止弁の強度計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 配置概要	1
2.2 構造計画	2
2.3 評価方針	3
2.4 適用規格・基準等	5
2.5 記号の説明	5
2.6 計算精度と数値の丸め方	8
3. 評価部位	9
4. 固有周期	10
4.1 固有周期の計算方法	10
4.2 固有周期の計算条件	12
4.3 固有周期の計算結果	13
5. 構造強度評価	13
5.1 構造強度評価方法	13
5.2 荷重及び荷重の組合せ	14
5.3 許容応力	15
5.4 設計用地震力	18
5.5 計算方法	19
5.6 計算条件	25
6. 評価結果	29
6.1 構造強度評価結果	29
6.2 機能維持評価結果	30

1. 概要

本資料は、VI-3-別添 3-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の基本方針」に基づき、浸水防護施設のうち床ドレン逆止弁が津波によって生じる突き上げ津波荷重及び余震を考慮した荷重に対し、主要な構造部材が構造健全性を有することを確認するものである。

2. 一般事項

2.1 配置概要

強度評価の対象施設となる床ドレン逆止弁の配置計画は、VI-3-別添 3-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の基本方針」の「3. 構造強度設計」にて示す。

2.2 構造計画

床ドレン逆止弁は、VI-3-別添 3-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の基本方針」の「3. 構造強度設計」にて示す構造計画を踏まえて、詳細な構造を決定する。床ドレン逆止弁の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要			概略構造図
型式	主体構造	基礎・支持構造	
80A 型	弁座を含む弁本体，弁体であるフロート及びフロートを弁座に導くフロートガイドで構成する。	弁本体を基礎ボルトで基礎に据え付ける。	
300A 型			

2.3 評価方針

床ドレン逆止弁の強度評価は、VI-3-別添 3-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の基本方針」にて設定している荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえて、構造強度評価及び機能維持評価により実施する。構造強度評価では、床ドレン逆止弁の評価部位に作用する応力等が許容限界以下であることを「5.1 構造強度評価方法」に示す方法により、「5.6 計算条件」に示す計算条件を用いて評価する。また、機能維持評価を実施する評価部位については、評価部位に作用する圧力が許容限界以下であることを「5.1 構造強度評価方法」に示す方法により、「5.6 計算条件」に示す計算条件を用いて評価する。構造強度評価及び機能維持評価の確認結果を「6. 評価結果」にて確認する。

床ドレン逆止弁の強度評価フローを図 2-1 に示す。床ドレン逆止弁の強度評価においては、その構造を踏まえ、突き上げ津波荷重及び余震荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価部位を設定する。強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、突き上げ津波荷重と余震荷重の作用時（以下「重畳時」という。）を考慮し、評価される最大荷重を設定する。余震荷重は、VI-3-別添 3-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の基本方針」に示す弾性設計用地震動 S_d による地震力とする。余震荷重の設定にあたっては、弾性設計用地震動 S_d を入力して得られた設置床の最大応答加速度を考慮して設計震度を設定する。

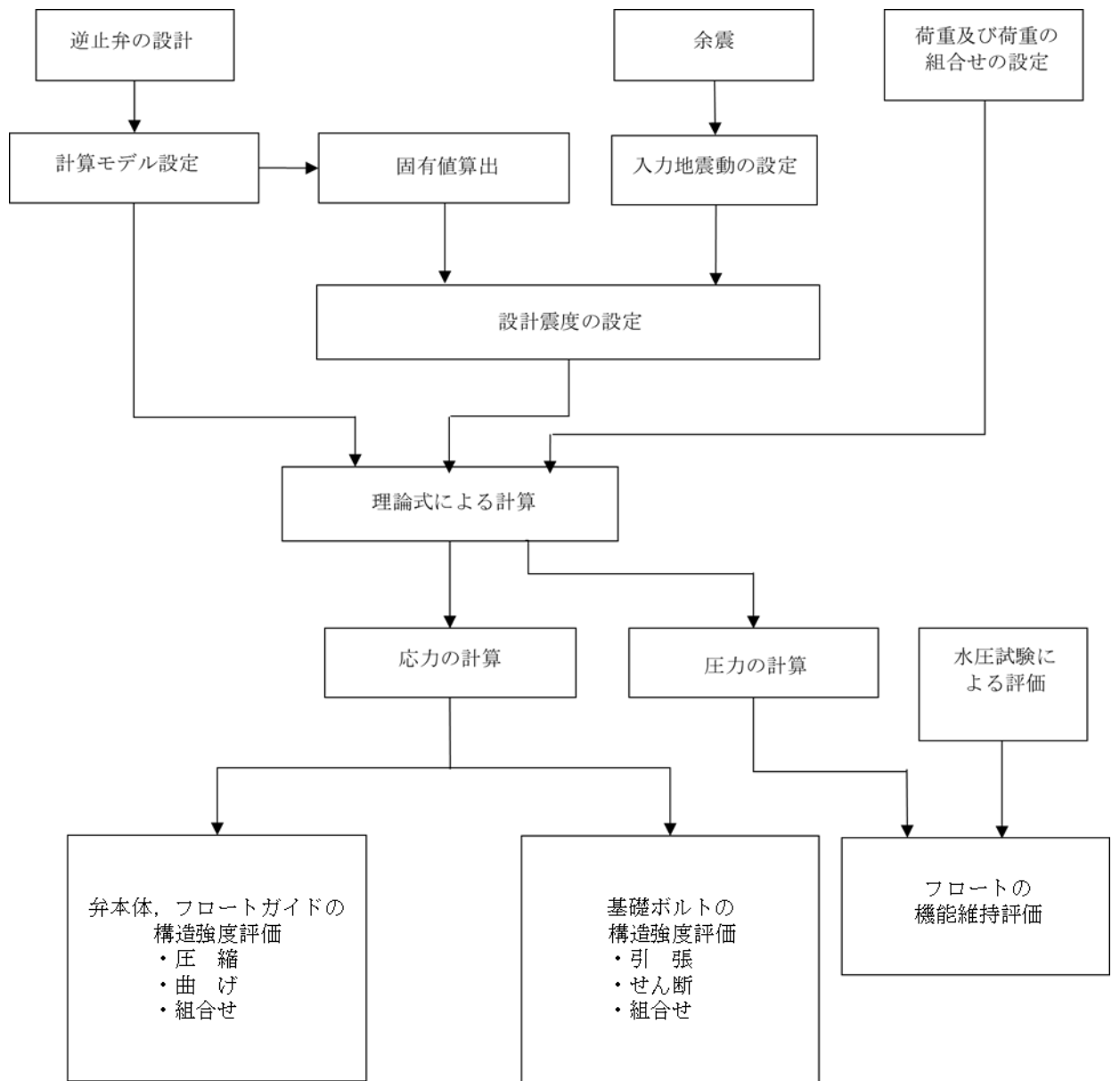


図 2-1 強度評価フロー

2.4 適用規格・基準等

本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 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補-1984 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版 ((社) 日本電気協会)
- ・発電用原子力設備規格 設計・建設規格 ((社) 日本機械学会, 2005/2007) (以下「設計・建設規格」という。)
- ・機械工学便覧 ((社) 日本機械学会)

2.5 記号の説明

床ドレン逆止弁の固有周期の計算に用いる記号及び構造強度評価に用いる記号を表 2-2 及び表 2-3 に示す。

表 2-2 床ドレン逆止弁の固有周期の計算に用いる記号

記号	記号の説明	単位
A	モデル化に用いるフロートガイドの有効断面積	mm ²
d _m	モデル化に用いる弁本体の内径	mm
D _{f m}	モデル化に用いるフロートガイドの直径	mm
D _m	モデル化に用いる弁本体の外径	mm
E	モデル化に用いるフロートガイドの縦弾性係数	MPa
f	床ドレン逆止弁の固有振動数	Hz
T	床ドレン逆止弁の固有周期	s
I _a	モデル化に用いるフロートガイド 1 本の断面二次モーメント	mm ⁴
I _m	モデルの等価断面二次モーメント	mm ⁴
I _{m 1}	モデル化に用いる弁本体の断面二次モーメント	mm ⁴
I _{m 2}	モデル化に用いるフロートガイドの等価断面二次モーメント	mm ⁴
k	モデルのばね定数	N/m
ℓ ₁	モデル化に用いる弁本体の長さ	mm
ℓ ₂	モデル化に用いるフロートガイドの長さ	mm
m	モデル化に用いる弁の全質量	kg
n _f	フロートガイドの本数	本
y _g	フロートガイドの図心 G と X 軸の距離	mm

表 2-3 床ドレン逆止弁の構造強度評価に用いる記号 (1/2)

記号	記号の説明	単位
C_{Hsd}	余震による水平方向の設計震度	—
C_{Vsd}	余震による鉛直方向の設計震度	—
A_1	弁本体の断面積	mm^2
A_2	重畳時に弁本体に作用する評価に用いる受圧面積	mm^2
A_3	フロートガイドの最小断面積	mm^2
A_4	重畳時にフロートガイドに作用する評価に用いる受圧面積	mm^2
A_5	基礎ボルトの断面積	mm^2
A_6	重畳時に基礎ボルトに作用する評価に用いる受圧面積	mm^2
C_d	抗力係数	—
D_2	重畳時に弁本体に作用する評価に用いる受圧面の直径	mm
D_3	フロートガイドの最小直径	mm
D_4	重畳時にフロートガイドに作用する評価に用いる受圧面の直径	mm
D_6	重畳時に基礎ボルトに作用する評価に用いる受圧面の直径	mm
d_1	弁本体の内径	mm
D_1	弁本体の外径	mm
D_P	基礎ボルトの水平間距離	mm
f_t	設計・建設規格 SSB-3131(1)に定める値	MPa
f_s	設計・建設規格 SSB-3131.1(2)に定める値	MPa
F_{H1}	弁本体の最下端に加わる水平方向地震荷重	N
F_{H2}	フロートガイドの最下端に加わる水平方向地震荷重	N
F_{V1}	弁本体に加わる鉛直方向地震荷重	N
F_{V2}	フロートガイドに加わる鉛直方向地震荷重	N
g	重力加速度	m/s^2
h	突き上げ津波荷重の算出に用いる水頭	m
I_1	弁本体の断面二次モーメント	mm^4
I_2	フロートガイドの断面二次モーメント	mm^4

表 2-3 床ドレン逆止弁の構造強度評価に用いる記号 (2/2)

記号	記号の説明	単位
L_1	弁全体の長さ	mm
L_2	フロートガイドの長さ	mm
m_1	弁の全質量	kg
m_2	フロートガイド 1 本当たりの質量	kg
M_1	弁本体に発生する曲げモーメント	N・mm
M_2	フロートガイドに発生する曲げモーメント	N・mm
n	基礎ボルトの本数	本
D	固定荷重	N
P_t	突き上げ津波荷重	N
P_w	フロートに発生する圧力	MPa
S	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 5 に定める値	MPa
U	津波の最大流速 (鉛直方向)	m/s
W_{d1}	弁本体自重	N
W_{d2}	フロートガイド自重	N
ρ_o	海水の密度	kg/m ³
σ_{H1}	弁本体に加わる曲げ応力	MPa
σ_{H2}	フロートガイドの最小断面積に加わる曲げ応力	MPa
σ_{V1}	弁本体に加わる圧縮応力 (重畳時)	MPa
σ_{V2}	フロートガイドの最小断面積に加わる圧縮応力 (重畳時)	MPa
σ_{V3}	基礎ボルト 1 本当たりに加わる引張応力 (重畳時)	MPa
σ_{V4}	モーメントにより基礎ボルト 1 本当たりに加わる引張応力 (重畳時)	MPa
τ_3	基礎ボルト 1 本当たりに加わるせん断応力	MPa
f_{t0}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力 (f_t を 1.5 倍した値)	MPa
f_{ts}	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力	MPa
τ	ボルトに作用するせん断応力	MPa

2.6 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表 2-4 に示すとおりである。

表 2-4 表示する数値の丸め方

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

注記*1：設計上定める値が小数点以下第 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

床ドレン逆止弁の評価部位は、VI-3-別添 3-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の基本方針」の「4.2 許容限界」にて示している評価部位を踏まえて、突き上げ津波荷重の作用方向及び伝達過程を考慮して設定する。

重畳時に床ドレン逆止弁下流からの突き上げ津波荷重及び鉛直方向の余震荷重が負荷される場合は、弁本体及びフロートガイドに圧縮力が作用し、基礎ボルトには引張力が作用する。また、床ドレン逆止弁下流からの突き上げ津波荷重によりフロートが弁座に密着し閉弁状態となる際にフロートに圧縮力が作用する。一方、水平方向の余震荷重が負荷される場合は、弁本体及びフロートガイドには曲げモーメントが作用し、基礎ボルトにはせん断力及びモーメントによる引張力が作用する。

このことから、強度評価においては、構造強度評価による評価部位として、弁本体、フロートガイド及び基礎ボルトを選定し、機能維持評価による評価部位としてフロートを選定する。床ドレン逆止弁の評価部位について、表 2-1 の構造概略図に示す。

4. 固有周期

4.1 固有周期の計算方法

床ドレン逆止弁の固有周期の計算方法を以下に示す。

(1) 計算モデル

- a. 一方の端を固定端，他方の端を自由端とした図 4-1 に示す 1 質点系振動モデルとする。
- b. 質量の不均一性を考慮して，自由端に弁の全質量が集中したモデルとする。
- c. モデル化は，円筒状の弁本体及び円柱状のフロートガイドの異なる 2 つの断面をもつ梁の組合せとして設定する。

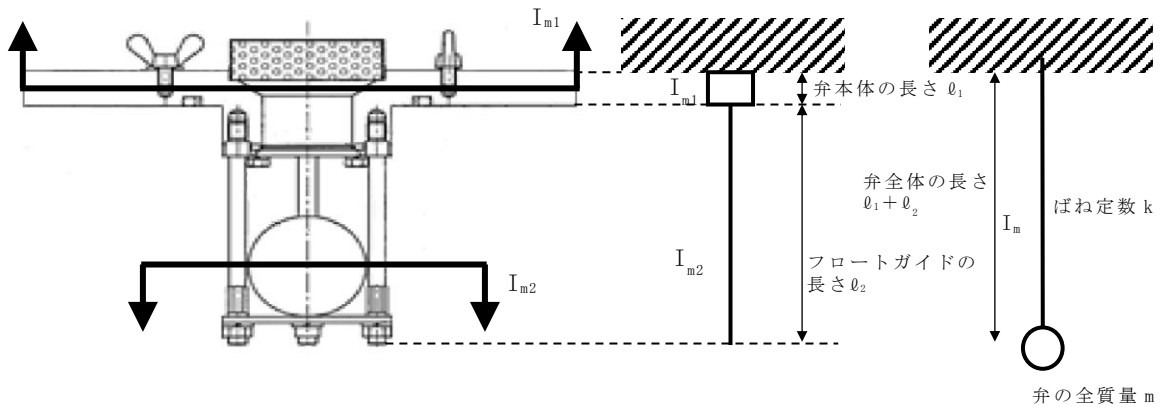


図 4-1 床ドレン逆止弁のモデル化の概略

(2) 固有周期の計算

水平方向の固有周期 T を以下の式より算出する。なお，鉛直方向の固有周期については，床ドレン逆止弁の構造上，水平方向よりも鉛直方向の方が剛性が高いため，水平方向の固有周期のみを確認する。

$$T = \frac{1}{f}$$

$$f = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$k = \frac{3 \cdot E \cdot I_m}{(\ell_1 + \ell_2)^3} \times 10^3$$

モデルの等価断面二次モーメント I_m の算出過程を以下に示す。

- a. モデル化に用いる弁本体の断面二次モーメント

モデル化に用いる弁本体の断面二次モーメント I_{m1} は、以下の式より算出する。

$$I_{m1} = \left(D_m^4 - d_m^4 \right) \cdot \frac{\pi}{64}$$

- b. モデル化に用いるフロートガイドの等価断面二次モーメント

平行軸の定理から、フロートガイドの図心 G と X 軸の距離 y_g を用いて、モデル化に用いるフロートガイドの等価断面二次モーメント I_{m2} は、以下の式より算出する。フロートガイドの断面を図 4-2 に示す。

$$I_a = D_{fm}^4 \cdot \frac{\pi}{64}$$

$$I_{m2} = 2 \cdot I_a + (n_f - 2) \cdot \left(I_a + (y_g)^2 \cdot A \right)$$

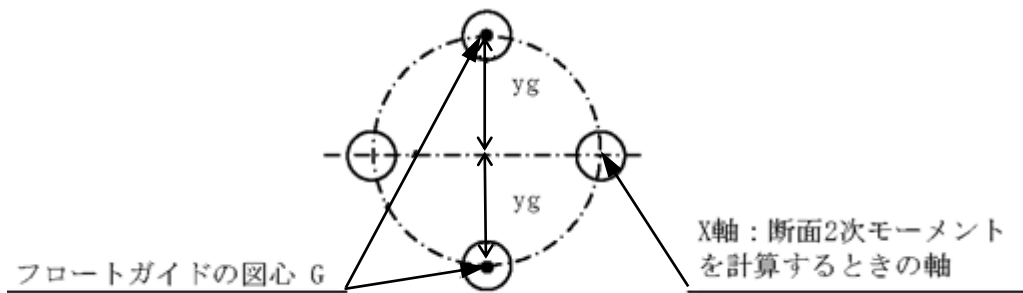


図 4-2 フロートガイドの断面 (4本の例)

- c. モデルの等価断面二次モーメント

モデルの等価断面二次モーメント I_m は、以下の式より算出する。

$$I_m = \frac{(\ell_1 + \ell_2)^3 \cdot I_{m1} \cdot I_{m2}}{I_{m1} \cdot \ell_2^3 + I_{m2} \cdot (\ell_1^3 + 3\ell_1 \cdot \ell_2^2 + 3\ell_1^2 \cdot \ell_2)}$$

4.2 固有周期の計算条件

床ドレン逆止弁の 80A 型及び 300A 型における固有周期の計算条件を表 4-1 及び表 4-2 に示す。

表 4-1 80A 型の固有周期の計算条件

フロートガイドの材質	モデル化に用いる弁の全質量 m (kg)	モデル化に用いる弁本体の外径 D_m (mm)	モデル化に用いる弁本体の内径 d_m (mm)	モデル化に用いるフロートガイドの直径 D_{fm} (mm)
SUS316L	5	72	38	7

フロートガイドと 図心 G と X 軸の 距離 y g (mm)	モデル化に用いる 弁本体の長さ l_1 (mm)	モデル化に用いる フロートガイドの 長さ l_2 (mm)	モデル化に用いる フロートガイドの 縦弾性係数* E (MPa)	フロートガイド の本数 n_f (本)
30	37	102	1.94×10^5	4

注記* : 「5.3 許容応力」における温度条件での縦弾性係数 E を用いる。

表 4-2 300A 型の固有周期の計算条件

フロートガイドの材質	モデル化に用いる弁の全質量 m (kg)	モデル化に用いる弁本体の外径 D_m (mm)	モデル化に用いる弁本体の内径 d_m (mm)	モデル化に用いるフロートガイドの直径 D_{fm} (mm)
SUS316L	35	182	90	10

フロートガイドと 図心 G と X 軸の距 離 y g (mm)	モデル化に用いる 弁本体の長さ l_1 (mm)	モデル化に用いる フロートガイドの 長さ l_2 (mm)	モデル化に用いる フロートガイドの 縦弾性係数* E (MPa)	フロートガイド の本数 n_f (本)
70.1	27	215	1.94×10^5	6

注記* : 「5.3 許容応力」における温度条件での縦弾性係数 E を用いる。

4.3 固有周期の計算結果

固有周期の計算結果を表 4-3 に示す。計算の結果、固有周期は 0.05s 以下であり、剛構造であることを確認した。

表 4-3 固有周期の計算結果

型式	固有周期 (s)
80A 型	0.002
300A 型	0.006

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

床ドレン逆止弁の構造強度評価は、VI-3-別添 3-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の基本方針」の「5.2 強度評価方法」にて設定している方法を用いて、強度評価を実施する。

床ドレン逆止弁の強度評価は、「3. 評価部位」に示す評価部位に対し、「5.2 荷重及び荷重の組合せ」及び「5.3 許容応力」に示す荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえ、「5.5 計算方法」に示す方法を用いて評価を行う。

5.2 荷重及び荷重の組合せ

強度評価に用いる荷重の組合せは、VI-3-別添 3-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の基本方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」にて示している荷重及び荷重の組合せを用いる。

5.2.1 荷重の設定

(1) 固定荷重 (D)

常時作用する荷重として、弁本体の自重 W_{d1} 及びフロートガイドの自重 W_{d2} を以下の式より算出する。

$$W_{d1} = m_1 \cdot g$$

$$W_{d2} = m_2 \cdot g$$

(2) 突き上げ津波荷重 (P_t)

突き上げ津波荷重は、基準津波による水位及び流速を考慮する。

突き上げ津波荷重は以下の式より算出する。

$$P_t = \rho_o \cdot g \cdot h + \frac{1}{2} \cdot C_d \cdot \rho_o \cdot U^2$$

(3) 余震荷重 (S_d)

余震荷重は、VI-3-別添 3-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の基本方針」に示すとおり、弾性設計用地震動 S_d に伴う地震力とする。

余震による地震荷重 F_{H1} 、 F_{H2} 、 F_{V1} 、 F_{V2} を以下の式より算出する。

$$F_{H1} = m_1 \cdot C_{HSd} \cdot g$$

$$F_{H2} = m_2 \cdot C_{HSd} \cdot g$$

$$F_{V1} = m_1 \cdot C_{VSd} \cdot g$$

$$F_{V2} = m_2 \cdot C_{VSd} \cdot g$$

5.2.2 荷重の組合せ

床ドレン逆止弁の強度計算にて考慮する荷重の組合せを表 5-1 に示す。

表 5-1 床ドレン逆止弁の強度評価にて考慮する荷重の組合せ

施設区分	機器名称	荷重の組合せ
浸水防護施設 (浸水防止設備)	床ドレン逆止弁	$D + P_t + S_d^{*1, *2}$

注記 *1: Dは固定荷重, P_t は突き上げ津波荷重, S_d は余震荷重を示す。

*2: 固定荷重 (D) 及び余震荷重 (S_d) の組合せ荷重が, 強度評価上, 津波突き上げ荷重 (P_t) を緩和する方向に作用する場合, 保守的にこれらを組み合わせない。

5.3 許容応力

床ドレン逆止弁の許容限界は, VI-3-別添 3-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の基本方針」の「4.2 許容限界」にて設定している許容限界を踏まえ, 「3. 評価部位」にて設定している評価部位ごとに, 機能損傷モードを考慮し, 弁本体, フロートガイド及び基礎ボルトについては, JSMEに準じた供用状態Cの許容応力を用いる。

フロートについては, 水圧試験により確認した圧力を許容値として用いる。水圧試験では, 床ドレン逆止弁の閉状態に対して, 静水圧 0.30MPa をフロートに負荷し, 有意な変形及び著しい漏えいがないことを確認した。

床ドレン逆止弁の弁本体, フロートガイド及び基礎ボルトの許容限界を表 5-2 に, 許容応力評価条件を表 5-3 に, 許容応力算出結果を表 5-4 にそれぞれ示す。また, フロートの許容限界を表 5-5 に示す。

表 5-2 弁本体，フロートガイド及び基礎ボルトの許容限界

供用状態 (許容応力状態)	許容限界* ¹ (ボルト以外)			許容限界* ² (ボルト)		
	一次応力			一次応力		
	圧縮	曲げ	組合せ* ³	引張	せん断	組合せ* ⁴
C (Ⅲ _A S)* ⁵	1.2・S	1.2・S	1.2・S	1.5・f _t	1.5・f _s	f _{ts}

注記 *1：圧縮及び曲げは，J E A G 4 6 0 1 ・ 補 - 1984 を準用し，「管」の許容限界のうちクラス 2，3 配管に対する許容限界に準じて設定する。

*2：引張及びせん断は，J E A G 4 6 0 1 ・ 補 - 1984 を準用し，「その他の支持構造物」の許容限界を適用する。組合せは，J S M E S N C 1 - 2005/2007 による。

*3：圧縮応力と曲げ応力の組合せである。

*4：せん断応力と引張応力の組合せ応力

せん断応力と引張応力を同時に受けるボルトの許容引張応力 f_{ts} は，次のいずれか小さい方の値

$$f_{ts} = 1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau$$

$$f_{ts} = f_{to}$$

*5：地震後の再使用性や津波による溢水の繰返し作用を想定し，当該構造物全体の変形力に対して浸水防護機能として十分な余裕を有するよう，設備を構成する材料が弾性域内に収まることを基本とする。

表 5-3 弁本体，フロートガイド及び基礎ボルトの許容応力評価条件

型式	評価部位	材料	温度条件 (°C)	S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)
80A 型	弁本体	SUS316L	40	111	—	—	—
	フロート ガイド	SUS316L	40	111	—	—	—
	基礎ボルト	SUS316	40	—	205	520	205
300A 型	弁本体	SUS316L	40	111	—	—	—
	フロート ガイド	SUS316L	40	111	—	—	—
	基礎ボルト	SUS316	40	—	205	520	205

表 5-4 弁本体，フロートガイド及び基礎ボルトの許容応力算出結果

供用状態 (許容応力 状態)	型式	評価部位	許容限界 (ボルト以外)			許容限界 (ボルト)		
			一次応力			一次応力		
			圧縮 $1.2 \cdot S$ (MPa)	曲 げ $1.2 \cdot S$ (MPa)	組合せ $1.2 \cdot S$ (MPa)	引 張 $1.5 \cdot f_t$ (MPa)	せん断 $1.5 \cdot f_s$ (MPa)	組合せ f_{ts} (MPa)
C (Ⅲ _A S)	80A 型	弁本体	133	133	133	—	—	—
		フロート ガイド	133	133	133	—	—	—
		基礎ボルト	—	—	—	123	94	123
	300A 型	弁本体	133	133	133	—	—	—
		フロート ガイド	133	133	133	—	—	—
		基礎ボルト	—	—	—	123	94	123

表 5-5 フロートの許容限界

評価部位	水圧試験の圧力 (MPa)
フロート	0.3

5.4 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 5-6 に示す。

弾性設計用地震動 S d による地震力は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。

表 5-6 設計用地震力

地震動	据付場所及び 床面高さ* ¹ (m)	余震による設計震度* ²	
		弾性設計用地震動 S d	取水槽 EL. +1.1
鉛直方向 C _{V S d}	0.99* ³		

注記 *1：基準床レベルを示す。

*2：耐震計算に用いる設計震度は、床ドレン逆止弁が設置されている各基準床レベルのうち、最大となる設計震度を設定した。

*3：設計用震度 I（弾性設計用地震動 S d）を上回る設計震度。

5.5 計算方法

(1) 弁本体

a. 圧縮

鉛直応答加速度による余震荷重及び突き上げ津波荷重により、弁本体に加わる圧縮応力 σ_{V1} を以下の式より算出する。また、突き上げ津波荷重が弁本体に作用する評価に用いる受圧面積 A_2 は、弁本体のうち波圧を受ける面積が最も広い箇所を適用し、突き上げ津波荷重が弁本体に作用する評価に用いる受圧面の直径 D_2 から求める。弁本体の断面積 A_1 は、図 5-1 に示すとおり、弁本体のうち最も肉厚が薄い断面を適用する。ただし、弁本体自重 W_{d1} と弁本体に加わる鉛直方向地震荷重 F_{V1} を組み合わせた荷重は圧縮応力 σ_{V1} を緩和する方向に作用するため考慮しない。

$$\sigma_{V1} = \frac{W_{d1} + F_{V1} + P_t \cdot A_2}{A_1}$$

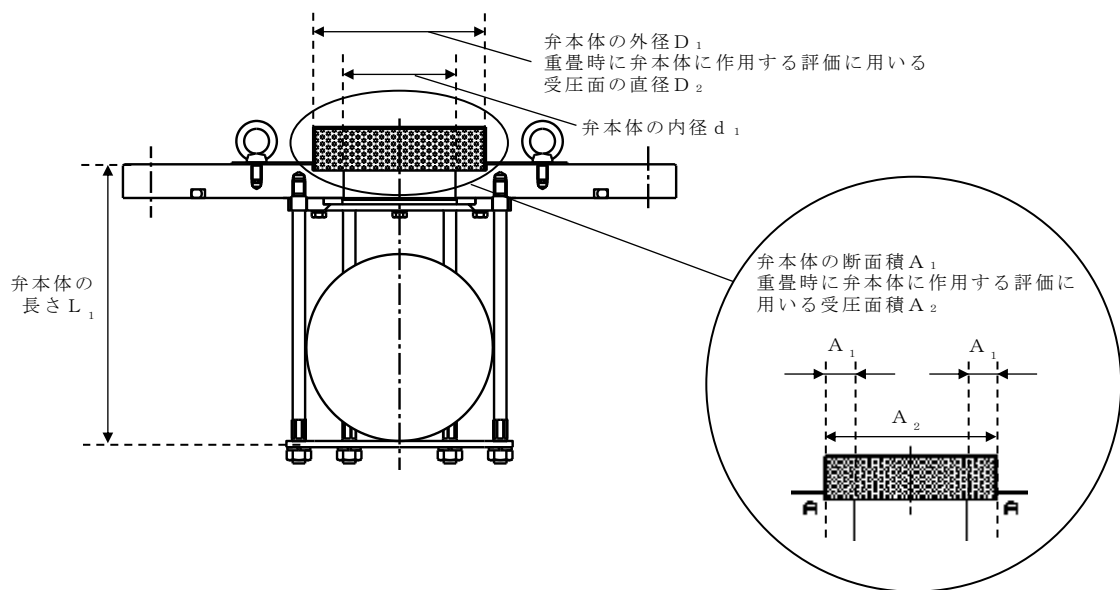


図 5-1 弁本体の寸法図 (300A 型の例)

b. 曲げ

弁全体の最下端に集中荷重が負荷された片持ち梁として、水平応答加速度により、弁本体に加わる曲げ応力 σ_{H1} を以下の式より算出する。弁全体の長さ L_1 、弁本体の外径 D_1 及び内径 d_1 について図 5-1 に示す。

$$M_1 = F_{H1} \cdot L_1$$

$$I_1 = \left(D_1^4 - d_1^4 \right) \cdot \frac{\pi}{64}$$

$$\sigma_{H1} = \frac{M_1 \cdot \left(\frac{D_1}{2} \right)}{I_1}$$

(2) フロートガイド

a. 圧縮

鉛直応答加速度による余震荷重及び突き上げ津波荷重により、フロートガイドの最小断面積に加わる圧縮応力 σ_{V2} を以下の式より算出する。また、突き上げ津波荷重がフロートガイドに作用する評価に用いる受圧面積 A_4 は、突き上げ津波荷重がフロートガイドに作用する評価に用いる受圧面の直径 D_4 から求める。フロートガイドの最小断面積 A_3 は、図 5-2 に示すとおり、フロートガイドのうち最も肉厚が薄い断面を適用する。ただし、フロートガイド自重 W_{d2} とフロートガイドに加わる鉛直方向地震荷重 F_{V2} を組み合わせた荷重は圧縮応力 σ_{V2} を緩和する方向に作用するため考慮しない。

$$\sigma_{V2} = \frac{W_{d2} + F_{V2} + P_t \cdot A_4}{A_3}$$

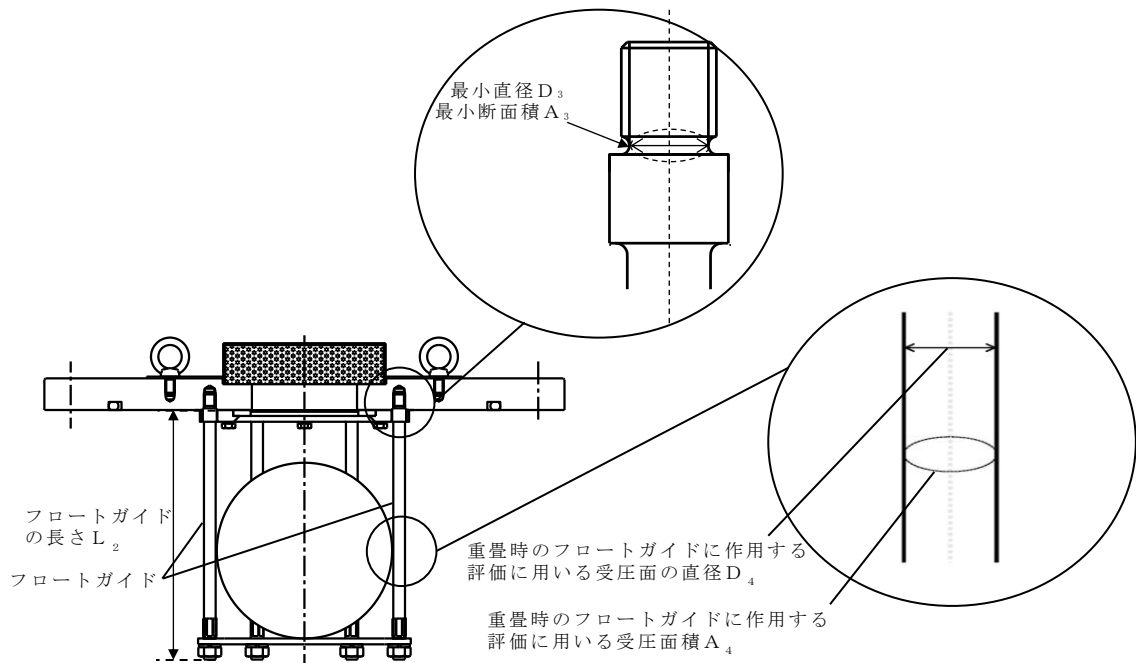


図 5-2 フロートガイドの構造強度評価に用いる断面積（300A 型の例）

b. 曲げ

フロートガイドの最下端に集中荷重が負荷された片持ち梁として、水平応答加速度により、フロートガイドに加わる曲げ応力 σ_{H2} を以下の式より算出する。フロートガイドの長さ L_2 、フロートガイドの最小直径 D_3 について図 5-2 に示す。

$$M_2 = F_{H2} \cdot L_2$$

$$I_2 = D_3^4 \cdot \frac{\pi}{64}$$

$$\sigma_{H2} = \frac{M_2 \cdot \left(\frac{D_3}{2}\right)}{I_2}$$

b. モーメントによる引張応力

水平応答加速度により対角線上の基礎ボルトを2本支持したと仮定し、弁全体の最下端に集中荷重が作用した場合において、水平方向地震荷重によるモーメントにより基礎ボルト1本あたりに加わる引張応力 σ_{V4} を以下の式より算出する。図5-4にモーメントによる引張応力の作用イメージを示す。

$$\sigma_{V4} = \frac{F_{H1} \cdot L_1}{D_P \cdot A_5}$$

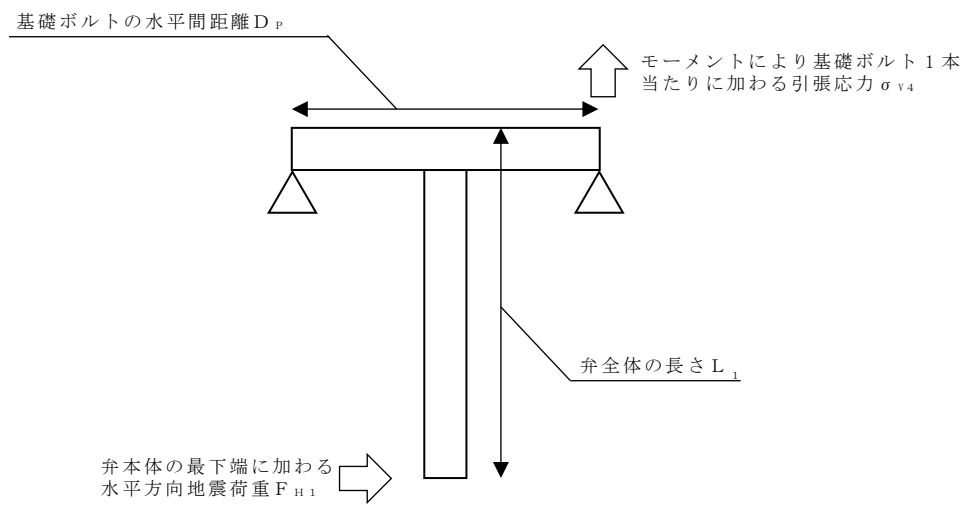


図5-4 モーメントによる引張応力の作用イメージ

c. せん断

水平応答加速度により基礎ボルト 1 本あたりに加わるせん断応力 τ_3 を以下の式より算出する。

$$\tau_3 = \frac{F_{H1}}{A_5 \cdot n}$$

(4) フロート

波圧によりフロートに発生する圧力 P_w は以下の式より算出する。

$$P_w = P_t$$

5.6 計算条件

床ドレン逆止弁の構造強度評価に用いる計算条件を表 5-7 及び表 5-8 に示す。

表 5-7 80A 型の構造強度評価に用いる計算条件 (1/2)

弁本体の材質	弁の全質量 m_1 (kg)	弁全体の長さ L_1 (mm)	弁本体の外径 D_1 (mm)
SUS316L	5	139	72

弁本体の内径 d_1 (mm)
38

フロートガイドの材質	フロートガイドの 1 本当たりの質量 m_2 (kg)	フロートガイドの長さ L_2 (mm)	フロートガイドの最小直径 D_3 (mm)
SUS316L	0.05	102	6.6

フロートガイドの本数 n_f (本)
4

基礎ボルトの材質	基礎ボルトの断面積 A_5 (mm ²)	基礎ボルトの本数 n (本)	基礎ボルトの水平間距離 D_P (mm)
SUS316	113.1	2	260

表 5-7 80A 型の構造強度評価に用いる計算条件 (2/2)

重畳時に弁本体に作用する評価に用いる受圧面の直径 D_2 (mm)	重畳時にフロートガイドに作用する評価に用いる受圧面の直径 D_4 (mm)	重畳時に基礎ボルトに作用する評価に用いる受圧面の直径 D_6 (mm)	重力加速度 g (m/s^2)
72	7	77	9.80665

海水の密度 ρ_o (kg/m^3)	突き上げ津波荷重の算出に用いる水頭 h (m)	抗力係数 C_d (-)	津波の最大流速* U (m/s)
1030	10.2	2.01	1.0

注記 * : 取水槽における鉛直方向の津波の最大流速を示す。

表 5-8 300A 型の構造強度評価に用いる計算条件 (1/2)

弁本体の材質	弁の全質量 m_1 (kg)	弁全体の長さ L_1 (mm)	弁本体の外径 D_1 (mm)
SUS316L	35	242	182

弁本体の内径 d_1 (mm)
90

フロートガイドの材質	フロートガイドの1本当たりの質量 m_2 (kg)	フロートガイドの長さ L_2 (mm)	フロートガイドの最小直径 D_3 (mm)
SUS316L	0.15	215	8.4

フロートガイドの本数 n_f (本)
6

基礎ボルトの材質	基礎ボルトの断面積 A_5 (mm ²)	基礎ボルトの本数 n (本)	基礎ボルトの水平間距離 D_P (mm)
SUS316	314.2	8	400

表 5-8 300A 型の構造強度評価に用いる計算条件 (2/2)

重畳時に弁本体に作用する評価に用いる受圧面の直径 D_2 (mm)	重畳時にフロートガイドに作用する評価に用いる受圧面の直径 D_4 (mm)	重畳時に基礎ボルトに作用する評価に用いる受圧面の直径 D_6 (mm)	重力加速度 g (m/s^2)
182	10	285	9.80665

海水の密度 ρ_o (kg/m^3)	突き上げ津波荷重の算出に用いる水頭 h (m)	抗力係数 C_d (-)	津波の最大流速* U (m/s)
1030	10.2	2.01	1.0

注記 * : 取水槽における鉛直方向の津波の最大流速を示す。

6. 評価結果

6.1 構造強度評価結果

弁本体，フロートガイド及び基礎ボルトの構造強度評価結果を表 6-1 に示す。発生応力が許容応力以下であることから構造部材が構造健全性を有することを確認した。

表 6-1 弁本体，フロートガイド及び基礎ボルトの構造強度評価結果

型式	評価部位	評価応力	発生応力	許容応力
80A 型	弁本体	圧縮	1	133
		曲げ	1	133
		組合せ* ¹	1	133
	フロートガイド	圧縮	1	133
		曲げ	3	133
		組合せ* ¹	3	133
	基礎ボルト	引張* ²	4	123
		せん断	1	94
	300A 型	弁本体	圧縮	1
曲げ			1	133
組合せ* ¹			1	133
フロートガイド		圧縮	1	133
		曲げ	8	133
		組合せ* ¹	8	133
基礎ボルト		引張* ²	4	123
		せん断	1	94

注記 *1：圧縮 (σ_V) + 曲げ (σ_H) は， $\sigma_V + \sigma_H \leq 1.2S$ で評価

*2：基礎ボルトの引張応力は， $\sigma_{V3} + \sigma_{V4}$ の和

6.2 機能維持評価結果

フロートの機能維持評価結果を表 6-2 に示す。発生応力が、有意な変形及び著しい漏えいがないことを確認した水圧試験圧力以下であることから、評価部位であるフロートの機能維持を確認した。

表 6-2 フロートの機能維持評価結果

評価部位	発生圧力 (MPa)		水圧試験の圧力 (MPa)
	フロート	圧縮	0.11

VI-3-別添 4 発電用火力設備の技術基準による強度に関する説明書

VI-3-別添 4-1 発電用火力設備の技術基準による強度評価の
基本方針

目 次

1. 概要	1
2. 強度評価の基本方針	2
2.1 評価対象設備	2
2.2 評価方法の選定	3

1. 概要

本書は、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」（平成 25 年 6 月 28 日原子力規制委員会規則第 6 号）（以下「技術基準規則」という。）第 48 条第 2 項及び第 3 項並びに第 78 条第 1 項に基づき、VI-1-9-1-1「非常用発電装置の出力の決定に関する説明書」で「発電用火力設備に関する技術基準を定める省令」（平成 9 年 3 月 27 日通商産業省令第 51 号）（以下「火力省令」という。）を準用する設備として対象としている設計基準対象施設又は重大事故等対処施設に施設するガスタービン及び内燃機関が、十分な強度を有することを確認するための強度評価方針について説明するものである。

2. 強度評価の基本方針

設計基準対象施設又は重大事故等対処施設に施設するガスタービン及び内燃機関については、技術基準規則第 48 条第 2 項及び第 3 項並びに第 78 条第 1 項に基づき、ガスタービンは火力省令第 19 条から第 23 条を、内燃機関は火力省令第 25 条から第 29 条の規定を準用し、強度評価においては、火力省令第 19 条第 4 項及び第 25 条第 3 項を適用する。また、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈」（平成 25 年 6 月 19 日原規技発第 1306194 号）第 48 条第 5 項において、火力省令の準用に当たっては、「発電用火力設備の技術基準の解釈」（平成 25 年 5 月 17 日 20130507 商局第 2 号）（以下「火力基準解釈」という。）の該当部分によることが規定されている。

よって、ガスタービンについては、火力省令第 19 条第 4 項を受けた火力基準解釈第 32 条第 1 項第 3 号に、内燃機関については、火力省令第 25 条第 3 項を受けた火力基準解釈第 39 条第 1 項第 2 号に基づき、同解釈第 5 条を準用した水圧試験による強度評価又は最高使用圧力の 1.5 倍*の水圧に耐える強度を有することを確認するための強度計算による評価を実施する。

上記によらない評価方法により強度評価を実施するものについては、その評価方法により火力省令に照らして十分な保安水準の確保が達成できることを確認した上で、強度評価を実施する。

注記*：火力基準解釈については、平成 28 年 2 月 25 日に一部改正され、材料の許容応力を求める際の安全率や水圧試験の倍率が見直されているが、より厳しい評価となるよう改正前の解釈を用いる。

2.1 評価対象設備

設計基準対象施設又は重大事故等対処施設に施設するガスタービン及び内燃機関として、VI-1-9-1-1「非常用発電装置の出力の決定に関する説明書」に基づき、強度評価を実施する設備について以下に示す。

- ・非常用ディーゼル発電設備の内燃機関
- ・高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備の内燃機関
- ・ガスタービン発電機のガスタービン

また、ガスタービン又は内燃機関に係る燃料設備（燃料配管、燃料タンク及び燃料ポンプ）についても強度評価対象とする。

2.2 評価方法の選定

強度評価については、火力基準解釈第 32 条第 1 項第 3 号及び第 39 条第 1 項第 2 号にて、同解釈第 5 条（水圧試験）を準用することが規定されている。

ただし、当該機種と同一の材料及び構造を有するガスタービン車室又は内燃機関ケーシングにおいて火力基準解釈第 5 条を満たす水圧試験の実績を有するもの並びに最高使用圧力の 1.5 倍の水圧に耐える強度を有することが強度計算等で確認できるものについては、水圧試験を要しないことが規定されている。

よって、上記規定のいずれかの方法により強度評価を行うことにするが、評価対象設備において水圧試験の試験結果があるもの並びに評価対象設備と同一の材料及び構造を有するガスタービン車室又は内燃機関ケーシングにおいて火力基準解釈第 5 条を満たす水圧試験の試験結果があるものについては、それらの試験結果の確認により強度評価を実施する。なお、管については、最高使用圧力の 1.5 倍の水圧に耐える強度を有することを強度計算で確認する。

また、開放型タンク及びその管台については、最高使用圧力が 0MPa であることから耐圧部分に該当せず火力基準解釈第 5 条要求に該当しないものの、消防法に準じた水圧試験を実施していることを確認する。

VI-3-別添 4-2 発電用火力設備の技術基準による強度評価方法

目 次

1. 概要	1
2. 強度評価方法	2
2.1 水圧試験	2
2.2 ガスタービン車室又は内燃機関ケーシングの水圧試験	4
2.3 強度計算方法	5
2.3.1 記号の定義	5
2.3.2 管の厚さの計算	6
3. 強度評価書のフォーマット	7
3.1 強度評価書のフォーマットの概要	7
3.2 記載する数値に関する注意事項	7
3.3 強度評価書のフォーマット	7

1. 概要

本書は、VI-3-別添 4-1「発電用火力設備の技術基準による強度評価の基本方針」に基づき、非常用ディーゼル発電設備、高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備の内燃機関及びガスタービン又は内燃機関に係る燃料設備（燃料配管、燃料タンク及び燃料ポンプ）が十分な強度を有することを確認するための強度評価方法について説明するものであり、強度評価方法及び強度評価書のフォーマットにより構成する。

2. 強度評価方法

「発電用火力設備の技術基準の解釈」（平成 25 年 5 月 17 日 20130507 商局第 2 号）（以下「火力基準解釈」という。）の第 32 条第 1 項第 3 号及び第 39 条第 1 項第 2 号に基づき、以下の(1)に示す火力基準解釈第 5 条の水圧試験の試験結果の確認による強度評価を基本とする。

ただし、評価対象設備と同一の材料及び構造を有するガスタービン車室又は内燃機関ケーシングの水圧試験の試験結果があるものについては(2)に示す水圧試験の試験結果の確認により強度評価を実施する。また、管については、(3)に示す強度計算により強度評価を実施する。

(1) 水圧試験

火力基準解釈第 5 条の水圧試験に耐え、これに適合するものであることを確認する。

(2) ガスタービン車室又は内燃機関ケーシングの水圧試験

当該機種と同一の材料及び構造を有するガスタービン車室又は内燃機関ケーシングにおいて火力基準解釈第 5 条を満たす水圧試験の実績を有するものについては、その結果を確認する。

(3) 強度計算

火力基準解釈第 5 条の水圧試験に耐える強度を有することを強度計算により確認する。

2.1 水圧試験

ガスタービン又は内燃機関のうち水圧試験により評価を実施するものについては、火力基準解釈第 5 条に基づき、最高使用圧力の 1.5 倍以上の水圧まで昇圧した後、適切な時間保持したとき、これに耐えることを確認する。また、上記試験に引き続き最高使用圧力以上の水圧で点検を行ったときに、漏えいがないものであることを確認する。

試験条件を以下に示す。

名 称		最高使用 圧力 (MPa)	耐圧試験 倍率	耐圧試験圧力 (MPa)
その他発電用原子炉の 附属施設（非常用電源設備）	ディーゼル発電設備 非常用	ディーゼル燃料デイタンク	静水頭	*
		A-ディーゼル燃料移送ポンプ	0.98	1.5 以上 1.47 以上
		B-ディーゼル燃料移送ポンプ	0.98	1.5 以上 1.47 以上
		A-ディーゼル燃料貯蔵タンク	静水頭	*
		B-ディーゼル燃料貯蔵タンク	静水頭	*
	ディーゼル発電設備 高圧炉心スプレイ系	ディーゼル燃料デイタンク	静水頭	*
		ディーゼル燃料移送ポンプ	0.98	1.5 以上 1.47 以上
		ディーゼル燃料貯蔵タンク	静水頭	*
	ガスタービン発電機	ガスタービン発電機用 燃料移送ポンプ	0.98	1.5 以上 1.47 以上
		ガスタービン発電機用 軽油タンク	静水頭	*
		ガスタービン発電機用 サービスタンク	静水頭	*

注記*：消防法に準じた水圧試験に合格している。

2.2 ガスタービン車室又は内燃機関ケーシングの水圧試験

ガスタービン車室又は内燃機関ケーシングの水圧試験の実績により評価を実施するものについては、火力基準解釈第32条第1項第3号及び第39条第1項第2号において、「当該機種と同一の材料及び構造を有するガスタービン車室又は内燃機関ケーシングにおいて火力基準解釈第5条を満たす水圧試験の実績を有するもの」にあつては水圧試験を要しないと規定されていることから、圧力バウンダリとして主要な耐圧部であるガスタービン車室又は内燃機関ケーシングの水圧試験の試験結果を確認する。また、水圧試験の実績には、「当該設備と同一の材料及び構造を有するガスタービン車室又は内燃機関ケーシングにおいて火力基準解釈第5条を満たす水圧試験の実績を有するもの」として当該評価対象機種のガスタービン車室又は内燃機関ケーシングにおける水圧試験を含める。

試験条件を以下に示す。

名	称	最高使用圧力 (MPa)	耐圧試験 倍率	耐圧試験圧力 (MPa)
その他発電用原子炉の附属施設 (非常用電源設備)	非常用ディーゼル発電設備 ディーゼル機関* ¹	□* ²	1.5 以上	□以上
	高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備 ディーゼル機関* ¹	□* ²	1.5 以上	□以上
	ガスタービン発電機 ガスタービン機関	1.10* ³	1.5 以上	1.65 以上

注記*1：ディーゼル機関に附属する冷却水設備として冷却水ポンプを含む。

*2：ケーシングとしてシリンダヘッドにおける圧力を記載

*3：ガスタービン車室における圧力を記載

2.3 強度計算方法

ガスタービン又は内燃機関のうち強度計算を実施する管については、火力基準解釈第32条第1項第3号ロ及び第39条第1項第2号ロに定める強度計算において、火力基準解釈第12条第1項第7号に記載されている計算式を準用し、ガスタービン及び内燃機関の管として最高使用圧力の1.5倍の水圧に耐える強度を有することを確認する。

また、火力基準解釈別表第1に記載されている材料の許容引張応力を用いて強度計算する際に、温度が記載値の中間値の場合は、比例法を用いて許容引張応力を計算し、その場合の端数処理は、小数点以下第1位を切り捨てた値を用いるものとする。

強度計算は火力基準解釈に基づき適切な裕度を持った許容値を使用して実施することから、強度計算に用いる寸法は公称値を使用する。

フランジについては、火力基準解釈第13条第1項に規定される日本産業規格等に適合するものを使用する。

また、ガスタービン発電機の燃料移送配管に取りつく伸縮継手の強度計算は、VI-3-2-9「重大事故等クラス2管の強度計算方法」(1) 重大事故等クラス2管であってクラス2管の基本板厚計算方法（以下「計算方法」という。）に基づき計算するものとする。なお、伸縮継手の計算においては、計算方法で定義された記号を使用する。

2.3.1 記号の定義

管の厚さ計算に用いる記号について、以下に説明する。

	記号	単位	定義
管の厚さ計算に使用するもの	P	MPa	最高使用圧力
	Q	%, mm	厚さの負の許容差
	σ_a	N/mm ²	最高使用温度における火力基準解釈別表第1に規定する材料の許容引張応力
	do	mm	管の外径
	t	mm	管の計算上必要な厚さ
	t _s	mm	管の最小厚さ
	η	—	継手の効率

2.3.2 管の厚さの計算

管の厚さが、以下の計算式から求められる計算上必要な厚さ以上であることを確認する。

区 分	適用基準	計 算 式
その他管	火力基準解釈 第 12 条第 1 項第 7 号	$t = \frac{P \cdot d_o}{2 \sigma_a \cdot \eta + 0.8 P} *$

注記*：継手の効率 η

長手継手の効率は、火力基準解釈第 12 条第 1 項に規定される J I S B 8 2 0 1 における表 8.2 を用いるが、今回の評価では継手の種類から以下のとおりとする。

継手の種類	溶接継手の効率	
	ボイラー等及び独立節炭器に属する容器及び管にあつては火力基準解釈第 125 条及び第 127 条第 2 項第 1 号の規定に準じて放射線透過試験を行い、同条第 3 項第 1 号の規定に適合するもの、それ以外のものにあつては同解釈第 143 条及び第 145 条第 2 項第 1 号の規定に準じて放射線透過試験を行い、同条第 3 項第 1 号の規定に適合するもの	
突合せ両側溶接又はこれと同等以上とみなされる突合せ片側溶接継手	1.00	0.70

3. 強度評価書のフォーマット

3.1 強度評価書のフォーマットの概要

水圧試験結果のフォーマットは、試験条件及び結果を記載し、強度計算書のフォーマットは、耐圧部分を構成する部材についてフォーマット中に計算に必要な条件及び結果を記載する。

3.2 記載する数値に関する注意事項

フォーマットに挙げた諸元のうち、計算に使用しないものや計算結果のないものは、計算結果表の欄には

—

 として記載する。

3.3 強度評価書のフォーマット

強度評価書のフォーマットは、以下のとおりである。

FORMAT-I	水圧試験結果
FORMAT-II	ガスタービン車室又は内燃機関ケーシングの水圧試験結果
FORMAT-III	管の厚さ計算結果
FORMAT-IV	伸縮継手の強度計算結果

FORMAT-I 水圧試験結果

設備区分

名 称	最高使用压力 (MPa)	耐圧試験压力 (MPa)	耐圧試験 倍率	耐圧試験 結果	評 価

FORMAT-Ⅱ ガスタービン車室又は内燃機関ケーシングの水圧試験結果

設備区分

名 称	最高使用圧力 (MPa)	耐圧試験圧力 (MPa)	耐圧試験 倍率	耐圧試験 結果	評 価

FORMAT-III 管の厚さ計算結果

設備区分

番号	最高使用 圧 力 P (MPa)	最高使用 温 度 (°C)	外 径 do (mm)	公称厚さ (mm)	材 料	許容引張応力 σ_a (N/mm ²)	継手の 効率 η	厚さの 負の 許容差 Q	最小厚さ t s (mm)	計算上 必要な厚さ t (mm)
評 価 : $t_s \geq t$, よって十分である。										

FORMAT-IV 伸縮継手の強度計算結果

設備区分

設計・建設規格 PPC-3416 準用

番号	最高使用 圧力 P (MPa)	最高使用 温度 (°C)	材 料	縦弾性係数 E (MPa)	t (mm)	全伸縮量 δ (mm)	b (mm)	h (mm)	n	c	算 式	継手部 応 力 σ (MPa)	N $\times 10^3$	N r $\times 10^3$	U
評 価 : $U \leq 1$, よって十分である。															

二

注 : 管番号○の外径は, ○○.○mm

VI-3-別添 4-3 発電用火力設備の技術基準による強度評価書

目 次

1. 概要	1
2. その他発電用原子炉の附属施設（非常用電源設備）のガスタービン及び 内燃機関の強度評価書	2
2.1 水圧試験結果	2
2.2 ガスタービン車室又は内燃機関ケーシングの水圧試験結果	3
2.3 強度計算結果	4
2.3.1 管の設計仕様	4
2.3.2 管の厚さ計算結果	9
2.3.3 伸縮継手の強度計算結果	15

1. 概要

本書は、VI-3-別添 4-2「発電用火力設備の技術基準による強度評価方法」に基づき、非常用ディーゼル発電設備、高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備のディーゼル機関及びガスタービン発電機のガスタービン、また、ガスタービン及び内燃機関に係る燃料設備（燃料配管、燃料タンク及び燃料ポンプ）が十分な強度を有することを確認した結果を示す。

2. その他発電用原子炉の附属施設（非常用電源設備）のガスタービン及び内燃機関の強度評価書

2.1 水圧試験結果

設備区分 その他発電用原子炉の附属施設（非常用電源設備） 非常用発電装置

名 称	最高使用圧力 (MPa)	耐圧試験圧力 (MPa)	耐圧試験 倍率	耐圧試験 結果	評 価
非常用ディーゼル発電設備 A-ディーゼル燃料移送ポンプ	0.98	1.47	1.5	良	適合
非常用ディーゼル発電設備 B-ディーゼル燃料移送ポンプ	0.98	1.47	1.5	良	適合
高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備 ディーゼル燃料移送ポンプ	0.98	1.47	1.5	良	適合
ガスタービン発電機 ガスタービン発電機用燃料移送ポンプ	0.98	1.47	1.5	良	適合

2.2 ガスタービン車室又は内燃機関ケーシングの水圧試験結果

設備区分 其他発電用原子炉の附属施設（非常用電源設備） 非常用発電装置

名 称	最高使用圧力 (MPa)	耐圧試験圧力 (MPa)	耐圧試験 倍率	耐圧試験 結果	評 価
非常用ディーゼル発電設備 ディーゼル機関*1	□*2	□	1.5	良	適合
高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備 ディーゼル機関*1	□*2	□	1.5	良	適合
ガスタービン発電機 ガスタービン機関	1.10*3	1.65	1.5	良	適合

注記*1：ディーゼル機関に附属する冷却水設備として冷却水ポンプを含む。

*2：ケーシングとしてシリンダヘッドにおける圧力を記載

*3：ガスタービン車室における圧力を記載

2.3 強度計算結果

2.3.1 管の設計仕様

名 称		最高使用 圧 力 (MPa)	最高使用 温 度 (°C)	外 径* ¹ (mm)	厚 さ* ¹ (mm)	材 料	番 号
非 常 用 デ ィ ゼ ル 発 電 設 備	A-ディーゼル燃料貯 蔵タンク	静水頭	40	76.3	7.0	STPT42	1
	～			76.3	5.2	STPT42	2
	A-ディーゼル燃料移 送ポンプ	0.98		76.3	5.2	STPT42	3
	～			60.5	5.5	STPT42	4
	A-ディーゼル燃料移 送ポンプ	0.98	40	48.6	5.1	STPT42	5
	～			60.5	5.5	STPT42	6
	A-ディーゼル燃料デ ィタンク			60.5	5.5	STPT410	7
	B-ディーゼル燃料貯 蔵タンク	静水頭	40	76.3	5.2	STPT410	8
	～	0.98		76.3	5.2	STPT410	9
	B-ディーゼル燃料移 送ポンプ	0.98	40	60.5	5.5	STPT410	10
	～			60.5	5.5	STPT42	11
B-ディーゼル燃料デ ィタンク							

名 称		最高使用 圧 力 (MPa)	最高使用 温 度 (°C)	外 径*1 (mm)	厚 さ*1 (mm)	材 料	番 号	
高圧炉心 スプレ イ系 ディー ゼル 発 電 設 備	高圧炉心スプレ イ系 ディーゼル発 電設備	静水頭	40	76.3	7.0	STPT42	12	
	ディーゼル燃 料貯蔵 タンク			76.3	5.2	STPT42	13	
	～ 高圧炉心スプレ イ系 ディーゼル発 電設備	0.98		76.3	5.2	STPT42	14	
	ディーゼル燃 料移送 ポンプ			60.5	5.5	STPT42	15	
	高圧炉心スプレ イ系 ディーゼル発 電設備	0.98		40	48.6	5.1	STPT42	16
	ディーゼル燃 料移送 ポンプ				60.5	5.5	STPT42	17
～ 高圧炉心スプレ イ系 ディーゼル発 電設備	60.5		5.5		STPT410	18		
ディーゼル燃 料 タンク								

名 称		最高使用 圧 力 (MPa)	最高使用 温 度 (°C)	外 径* ¹ (mm)	厚 さ* ¹ (mm)	材 料	番 号
ガ ス ター ビン 発 電 機	ガスタービン発 電機用軽油タン ク ～ 2号-ガスター ビン発電機用燃 料移送ポンプ入 口ライン分岐部	静水頭* ²	66* ²	60.5	5.5	STPG370	19
				60.5	3.9	SUS304TP	20
				78.2	0.8×1* ³	SUS304	E1
				60.5	5.5	STPT410	21
				76.3	5.2	STPT410	22
	2号-ガスター ビン発電機用燃 料移送ポンプ入 口ライン分岐部 ～ 2号-ガスター ビン発電機用燃 料移送ポンプ	静水頭* ²	66* ²	76.3	5.2	STPT410	23
	2号-ガスター ビン発電機用燃 料移送ポンプ入 口ライン分岐部 ～ 将来設置ライン 分岐部	静水頭* ²	66* ²	76.3	5.2	STPT410	24
将来設置ライン 分岐部 ～ 予備-ガスター ビン発電機用燃 料移送ポンプ	静水頭* ²	66* ²	76.3	5.2	STPT410	25	
2号-ガスター ビン発電機用燃 料移送ポンプ ～ 2号-ガスター ビン発電機用サ ービスタンク	0.98* ²	66* ²	60.5	5.5	STPT410	26	

名 称		最高使用 圧 力 (MPa)	最高使用 温 度 (°C)	外 径* ¹ (mm)	厚 さ* ¹ (mm)	材 料	番 号
ガ ス ター ビン 発 電 機	2号-ガスター ビン発電機用サ ービスタンク ～	静水頭* ²	66* ²	48.6	5.1	STPT410	27
	2号-ガスター ビン発電機用ガ スタービン発電 機関			42.7	4.9	STPT410	28
	予備-ガスター ビン発電機用燃 料移送ポンプ ～	0.98* ²	66* ²	60.5	5.5	STPT410	29
	予備-ガスター ビン発電機用サ ービスタンク						
	予備-ガスター ビン発電機用サ ービスタンク ～	静水頭* ²	66* ²	48.6	5.1	STPT410	30
	予備-ガスター ビン発電機用ガ スタービン発電 機関			42.7	4.9	STPT410	31

名 称		最高使用 圧 力 (MPa)	最高使用 温 度 (°C)	外 径* ¹ (mm)	厚 さ* ¹ (mm)	材 料	番 号
高 圧 発 電 機 車	ガスタービン発 電機用軽油タン ク ～ タンクローリ接 続口	静水頭* ²	66* ²	60.5	5.5	STPG370	32

注記*1：公称値を示す。

*2：重大事故等時における使用時の値

*3：層数を示す。

2.3.2 管の厚さ計算結果

設備区分 その他発電用原子炉の附属施設（非常用電源設備） 非常用ディーゼル発電設備

番号	最高使用 圧 力 P (MPa)	最高使用 温 度 (°C)	外 径 do (mm)	公称厚さ (mm)	材 料	許容引張応力 σ_a (N/mm ²)	継手の 効率 η	厚さの 負の 許容差 Q	最小厚さ t _s (mm)	計算上 必要な厚さ t (mm)
1	静水頭	40	76.30	7.00	STPT42	—	—	12.5 %	6.12	—
2	静水頭	40	76.30	5.20	STPT42	—	—	12.5 %	4.55	—
3	0.98	40	76.30	5.20	STPT42	103	1.00	12.5 %	4.55	0.37
4	0.98	40	60.50	5.50	STPT42	103	1.00	12.5 %	4.81	0.29
5	0.98	40	48.60	5.10	STPT42	103	1.00	12.5 %	4.46	0.23
6	0.98	40	60.50	5.50	STPT42	103	1.00	12.5 %	4.81	0.29
7	0.98	40	60.50	5.50	STPT410	103	1.00	12.5 %	4.81	0.29
8	静水頭	40	76.30	5.20	STPT410	—	—	12.5 %	4.55	—
9	0.98	40	76.30	5.20	STPT410	103	1.00	12.5 %	4.55	0.37
10	0.98	40	60.50	5.50	STPT410	103	1.00	12.5 %	4.81	0.29
評 価： t _s ≥ t， よって十分である。										

設備区分 その他発電用原子炉の附属施設（非常用電源設備） 非常用ディーゼル発電設備

番号	最高使用 圧 力 P (MPa)	最高使用 温 度 (°C)	外 径 do (mm)	公称厚さ (mm)	材 料	許容引張応力 σ_a (N/mm ²)	継手の 効率 η	厚さの 負の 許容差 Q	最小厚さ t s (mm)	計算上 必要な厚さ t (mm)
11	0.98	40	60.50	5.50	STPT42	103	1.00	12.5 %	4.81	0.29
評 価： t s \geq t， よって十分である。										

設備区分 その他発電用原子炉の附属施設（非常用電源設備） 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備

番号	最高使用 圧 力 P (MPa)	最高使用 温 度 (°C)	外 径 do (mm)	公称厚さ (mm)	材 料	許容引張応力 σ_a (N/mm ²)	継手の 効率 η	厚さの 負の 許容差 Q	最小厚さ t _s (mm)	計算上 必要な厚さ t (mm)
12	静水頭	40	76.30	7.00	STPT42	—	—	12.5 %	6.12	—
13	静水頭	40	76.30	5.20	STPT42	—	—	12.5 %	4.55	—
14	0.98	40	76.30	5.20	STPT42	103	1.00	12.5 %	4.55	0.37
15	0.98	40	60.50	5.50	STPT42	103	1.00	12.5 %	4.81	0.29
16	0.98	40	48.60	5.10	STPT42	103	1.00	12.5 %	4.46	0.23
17	0.98	40	60.50	5.50	STPT42	103	1.00	12.5 %	4.81	0.29
18	0.98	40	60.50	5.50	STPT410	103	1.00	12.5 %	4.81	0.29
評 価： $t_s \geq t$ ， よって十分である。										

設備区分 その他発電用原子炉の附属施設（非常用電源設備） ガスタービン発電機

番号	最高使用 圧 力 P (MPa)	最高使用 温 度 (°C)	外 径 do (mm)	公称厚さ (mm)	材 料	許容引張応力 σ_a (N/mm ²)	継手の 効率 η	厚さの 負の 許容差 Q	最小厚さ t _s (mm)	計算上 必要な厚さ t (mm)
19	静水頭	66	60.50	5.50	STPG370	—	—	12.5 %	4.81	—
20	静水頭	66	60.50	3.90	SUS304TP	—	—	0.50mm	3.40	—
21	静水頭	66	60.50	5.50	STPT410	—	—	12.5 %	4.81	—
22	静水頭	66	76.30	5.20	STPT410	—	—	12.5 %	4.55	—
23	静水頭	66	76.30	5.20	STPT410	—	—	12.5 %	4.55	—
24	静水頭	66	76.30	5.20	STPT410	—	—	12.5 %	4.55	—
25	静水頭	66	76.30	5.20	STPT410	—	—	12.5 %	4.55	—
26	0.98	66	60.50	5.50	STPT410	103	1.00	12.5 %	4.81	0.29
27	静水頭	66	48.60	5.10	STPT410	—	—	12.5 %	4.46	—
28	静水頭	66	42.70	4.90	STPT410	—	—	12.5 %	4.28	—
評 価： t _s ≥ t， よって十分である。										

設備区分 その他発電用原子炉の附属施設（非常用電源設備） ガスタービン発電機

番号	最高使用 圧 力 P (MPa)	最高使用 温 度 (°C)	外 径 do (mm)	公称厚さ (mm)	材 料	許容引張応力 σ_a (N/mm ²)	継手の 効率 η	厚さの 負の 許容差 Q	最小厚さ t _s (mm)	計算上 必要な厚さ t (mm)
29	0.98	66	60.50	5.50	STPT410	103	1.00	12.5 %	4.81	0.29
30	静水頭	66	48.60	5.10	STPT410	—	—	12.5 %	4.46	—
31	静水頭	66	42.70	4.90	STPT410	—	—	12.5 %	4.28	—
評 価： $t_s \geq t$ ， よって十分である。										

設備区分 その他発電用原子炉の附属施設（非常用電源設備） 高圧発電機車

番号	最高使用 圧 力 P (MPa)	最高使用 温 度 (°C)	外 径 do (mm)	公称厚さ (mm)	材 料	許容引張応力 σ_a (N/mm ²)	継手の 効率 η	厚さの 負の 許容差 Q	最小厚さ t s (mm)	計算上 必要な厚さ t (mm)
32	静水頭	66	60.50	5.50	STPG370	—	—	12.5 %	4.81	—
評 価： $t_s \geq t$ ， よって十分である。										

2.3.3 伸縮継手の強度計算結果

設備区分 その他発電用原子炉の附属施設（非常用電源設備） ガスタービン発電機

設計・建設規格 PPC-3416 準用

番号	最高使用 圧力 P (MPa)	最高使用 温度 (°C)	材 料	縦弾性係数 E (MPa)	t (mm)	全伸縮量 δ (mm)	b (mm)	h (mm)	n	c	算 式	継手部 応 力 σ (MPa)	N $\times 10^3$	N _r $\times 10^3$	U
E1	静水頭	66	SUS304	192000	0.80	21.00	6.50	13.00	68	1	A	595	27.4	7.0	0.2552
評 価：U ≤ 1, よって十分である。															

注：管番号 E1 の外径は、78.2mm

VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要

VI-5-26 計算機プログラム（解析コード）の概要
・MSC NASTRAN

目 次

1. はじめに	1
1.1 使用状況一覧	2
2. 解析コードの概要	3
2.1 MSC NASTRAN Ver. 2008.0.4	3
2.2 MSC NASTRAN Ver. 2011.1	4
2.3 MSC NASTRAN Ver. 2008.0.0	5
2.4 MSC NASTRAN Ver. 2013.1.1	6

1. はじめに

本資料は、添付書類において使用した計算機プログラム（解析コード）MSC NASTRAN について説明するものである。

本解析コードを使用した添付書類を示す使用状況一覧、解析コードの概要を以降に記載する。

1.1 使用状況一覧

使用添付書類		バージョン
VI-2-10-1-2-3-1	ガスタービン発電機ガスタービン機関及び発電機の耐震性についての計算書	Ver. 2008.0.4 Ver. 2011.1
VI-2-10-1-2-3-2	ガスタービン発電機励磁装置及び保護継電装置の耐震性についての計算書	Ver. 2008.0.4
VI-2-別添3-5	可搬型重大事故等対処設備のうち可搬型空気浄化設備の耐震性についての計算書	Ver. 2008.0.0
VI-2-9-3-1-2	原子炉建物主蒸気管トンネル室ブローアウトパネルの耐震性についての計算書	Ver. 2013.1.1
VI-3-別添2-9	ディーゼル燃料貯蔵タンク室及びB-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽の強度計算書	Ver. 2013.1.1

2. 解析コードの概要

2.1 MSC NASTRAN Ver. 2008. 0. 4

項目 \ コード名	MSC NASTRAN
使用目的	3次元有限要素法（3次元シェル及び梁モデル）による固有値解析
開発機関	MSC. Software Corporation
開発時期	1971年（一般商業用リリース）
使用したバージョン	Ver. 2008. 0. 4
コードの概要	<p>本解析コードは、航空機の機体強度解析を目的として開発された、有限要素法による構造解析用の汎用計算機プログラムである。適用モデル（主にはり要素、シェル要素、ソリッド要素）に対して、静的解析（線形、非線形）、動的解析（過渡応答解析、周波数応答解析）、固有値解析、伝熱解析（温度分布解析）、熱応力解析、線形座屈解析等の機能を有している。数多くの研究機関や企業において、航空宇宙、自動車、造船、機械、建築、土木等様々な分野の構造解析に使用されている。</p>
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>【検証(Verification)】 本解析コードの検証の内容は以下の通りである。</p> <ul style="list-style-type: none"> 材料力学分野における一般的な知見により解を求めることができる体系について、3次元有限要素法（3次元シェルまたは梁モデル）による固有値解析について理論モデルによる理論解との比較を行い、解析解が理論解と一致することを確認している。 本コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。 <p>【妥当性確認(Validation)】 本解析コードの妥当性確認の内容は以下の通りである。</p> <ul style="list-style-type: none"> 本解析コードは、航空宇宙、自動車、造船、機械、建築、土木などの様々な分野における使用実績を有しており、妥当性は十分に確認されている。 開発機関が提示するマニュアルにより、本工事計画で使用する3次元有限要素法（3次元シェル及び梁モデル）による固有値解析に本解析コードが適用できることを確認している。 本工事計画で行う3次元有限要素法（3次元シェル及び梁モデル）による固有値解析の用途、適用範囲が、上述の妥当性確認範囲内にあることを確認している。

2.2 MSC NASTRAN Ver. 2011.1

項目 \ コード名	MSC NASTRAN
使用目的	1次元有限要素法（梁モデル）による変位量算出
開発機関	MSC Software Corporation
開発時期	1971年（一般商業用リリース）
使用したバージョン	Ver. 2011.1
コードの概要	<p>本解析コードは、航空機の機体強度解析を目的として開発された、有限要素法による構造解析用の汎用計算機プログラムである。適用モデル（主にはり要素、シェル要素、ソリッド要素）に対して、静的解析（線形、非線形）、動的解析（過渡応答解析、周波数応答解析）、固有値解析、伝熱解析（温度分布解析）、熱応力解析、線形座屈解析等の機能を有している。数多くの研究機関や企業において、航空宇宙、自動車、造船、機械、建築、土木等様々な分野の構造解析に使用されている。</p>
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>【検証(Verification)】 本解析コードの検証の内容は以下の通りである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・材料力学分野における一般的な知見により解を求めることができる体系について、1次元有限要素法（梁モデル）による変位量算出について理論モデルによる理論解との比較を行い、解析解が理論解と一致することを確認している。 ・本コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。 <p>【妥当性確認(Validation)】 本解析コードの妥当性確認の内容は以下の通りである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードは、航空宇宙、自動車、造船、機械、建築、土木などの様々な分野における使用実績を有しており、妥当性は十分に確認されている。 ・開発機関が提示するマニュアルにより、本工事計画で使用する1次元有限要素法（梁モデル）による変位量算出に本解析コードが適用できることを確認している。 ・本工事計画で行う1次元有限要素法（梁モデル）による変位量算出の用途、適用範囲が、上述の妥当性確認範囲内にあることを確認している。

2.3 MSC NASTRAN Ver. 2008. 0. 0

項目 \ コード名	MSC NASTRAN
使用目的	3次元有限要素法（はり要素及びシェル要素）による固有値解析
開発機関	MSC Software Corporation
開発時期	1971年（一般商業用リリース）
使用したバージョン	Ver. 2008. 0. 0
コードの概要	<p>本解析コードは、航空機の機体強度解析を目的として開発された、有限要素法による構造解析用の汎用計算機プログラムである。適用モデル（主にはり要素、シェル要素、ソリッド要素）に対して、静的解析（線形、非線形）、動的解析（過渡応答解析、周波数応答解析）、固有値解析、伝熱解析（温度分布解析）、熱応力解析、線形座屈解析等の機能を有している。数多くの研究機関や企業において、航空宇宙、自動車、造船、機械、建築、土木等様々な分野の構造解析に使用されている。</p>
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>【検証 (Verification)】 本解析コードの検証内容は以下のとおりである。 ・構造力学分野における一般的知見により解を求めることができる体系について、本解析コードを用いた3次元有限要素法による解析結果と理論モデルによる理論解の比較を行い、解析解が理論解と一致することを確認している。 ・本解析コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。</p> <p>【妥当性確認 (Validation)】 本解析コードの妥当性確認内容は以下のとおりである。 ・本解析コードは、自動車、航空機、土木、造船、海洋油田、工業設備、化学技術、光学、政府調査等の様々な分野における使用実績を有しており、妥当性は十分確認されている。 ・検証の体系と今回の工事計画認可申請で使用する体系が同等であることから、解析解と理論解の一致をもって解析機能の妥当性も確認している。</p>

2.4 MSC NASTRAN Ver. 2013. 1. 1

項目 \ コード名	MSC NASTRAN
使用目的	3次元有限要素法（はりモデル及びシェルモデル）による固有値解析，応力解析
開発機関	MSC Software Corporation
開発時期	1971年（一般商業用リリース）
使用したバージョン	Ver. 2013. 1. 1
コードの概要	<p>本解析コードは，航空機の機体強度解析を目的として開発された，有限要素法による構造解析用の汎用計算機プログラムである。適用モデル（主にはり要素，シェル要素，ソリッド要素）に対して，静的解析（線形，非線形），動的解析（過渡応答解析，周波数応答解析），固有値解析，伝熱解析（温度分布解析），熱応力解析，線形座屈解析等の機能を有している。数多くの研究機関や企業において，航空宇宙，自動車，造船，機械，建築，土木等様々な分野の構造解析に使用されている。</p>
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>【検証(Verification)】 本解析コードの検証の内容は以下の通りである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・構造力学分野における一般的な知見により解を求めることができる体系について，本解析コードを用いた解析結果と理論モデルによる理論解との比較を行い，解析解が理論解と一致することを確認している。 ・本コードの運用環境について，開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。 <p>【妥当性確認(Validation)】 本解析コードの妥当性確認の内容は以下の通りである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードは，航空宇宙，自動車，造船，機械，建築，土木等の様々な分野における使用実績を有しており，妥当性は十分に確認されている。 ・検証の体系と今回の工事計画認可申請で使用する体系が同等であることから，検証結果を持って，解析機能の妥当性も確認できる。 ・今回の工事計画認可申請における用途，適用範囲が上述の妥当性確認範囲内にあることを確認している。

VI-5-58 計算機プログラム（解析コード）の概要
・ S A P 2 0 0 0

目 次

1. はじめに	1
1.1 使用状況一覧	2
2. 解析コードの概要	3
2.1 SAP2000 Ver. 14	3

1. はじめに

本資料は、VI-2-11-2-7-13において使用した計算機プログラム（解析コード）SAP2000 Ver. 14について説明するものである。

本解析コードを使用した添付書類を示す使用状況一覧，解析コードの概要を以降に記載する。

1.1 使用状況一覧

使用添付書類		バージョン
VI-2-11-2-7-13	主排気ダクトの耐震性についての計算書	Ver. 14

2. 解析コードの概要

2.1 SAP2000 Ver. 14

項目 \ コード名	SAP2000
使用目的	3次元有限要素法（はり要素）による固有値解析，地震応答解析
開発機関	Computers and Structures, Inc. (CSI)
開発時期	1996年
使用したバージョン	Ver. 14
コードの概要	<p>耐震計算で使用している計算機プログラムSAP2000は，カリフォルニア大学のE.L.Wilson教授らによって開発された線形構造計算プログラムSAPをベースに，米国Computers and Structures, Inc. が，改良・整備を行った汎用市販コードである。</p> <p>建築・土木・プラント・機械構造物の構造解析・耐震解析プログラムとして広く利用されている。</p>
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>SAP2000 Ver. 14は，主排気ダクトおよび支持構造物の3次元有限要素法（はり要素）による固有値解析，地震応答解析で使用している。</p> <p>【検証(Verification)】 本コードの検証の内容は以下の通りである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 3次元有限要素法による固有値解析，地震応答解析に関するSoftware Verification Manualの検証例題について，SAP2000 Ver. 14による解析解がVerification Manualの記載値と一致することを確認している。 ・ 本コードの運用環境について，開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。 <p>【妥当性確認(Validation)】 本コードの妥当性確認の内容は以下の通りである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 本コードは，建築，土木，プラント，機械構造物などの様々な分野における使用実績を有しており，妥当性は十分に確認されている。 ・ 今回の解析と類似するものとして，米国CSI社が実施した鋼材や鋼板を対象とする3次元有限要素法の固有値解析，地震応答解析の事例がある。（SAP2000Software Verification Manual） ・ 開発機関が提示するマニュアルにより，3次元有限要素法（はり要素）による固有値解析，地震応答解析に本コードが適用できることを確認している。

	<ul style="list-style-type: none">・他コードの解析解との比較による検証 はり要素による固有値解析，地震応答解析において工認実績のあるNX NASTRAN Ver. 5. 0による解析結果とSAP2000 Ver. 12による解析結果との比較を行い，概ね一致することを確認している。・今回使用するバージョンと，他コードの解析解との比較による検証で使用したバージョンとは異なるものを適用するが，バージョンアップにおいて，今回使用する解析機能に影響が生じていないことを確認している。・今回の工認申請における構造に使用する要素，使用目的（固有値解析，地震応答解析）に対し，使用用途及び使用方法に関する適用範囲が上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。
--	---

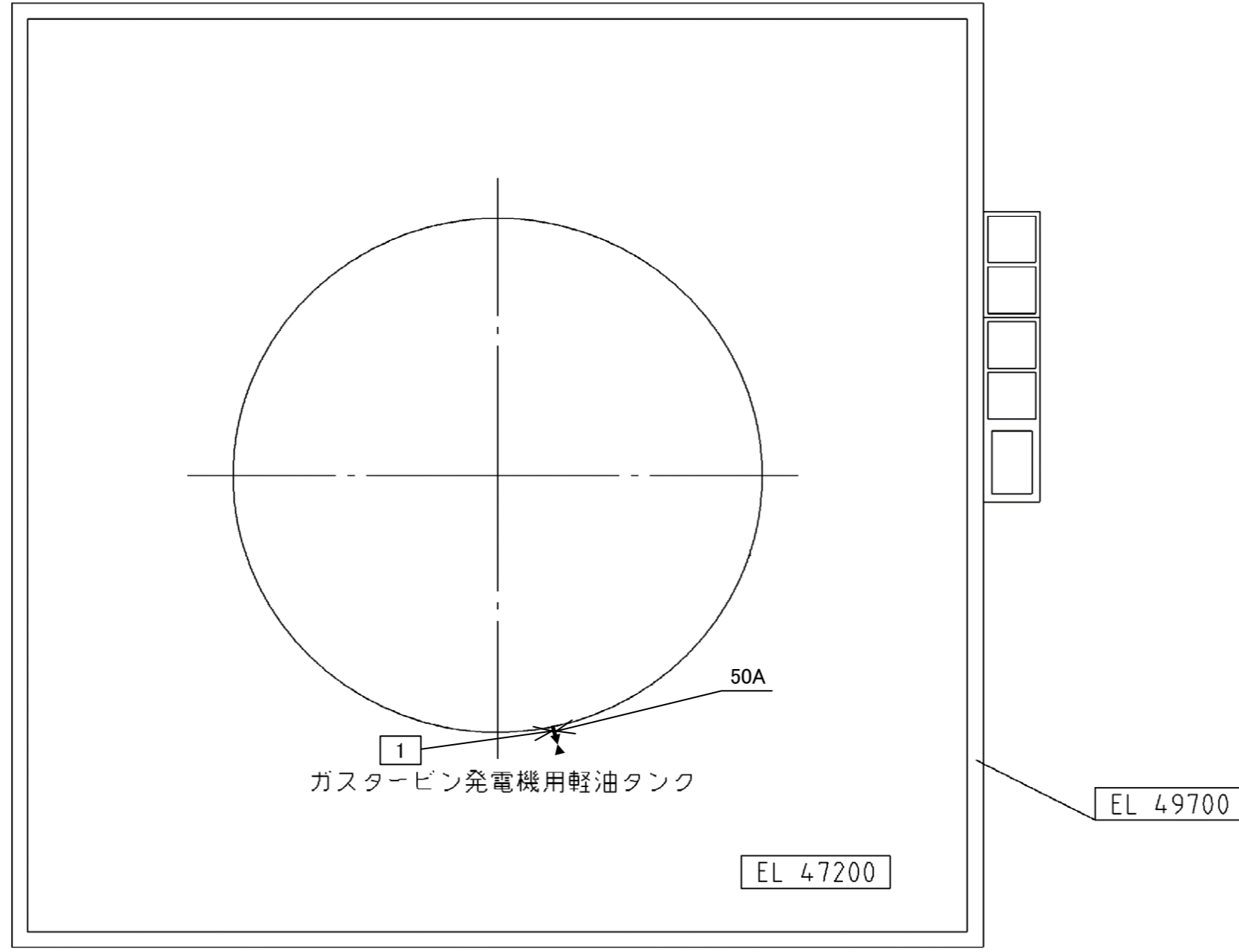
VI-6 図面

9. その他発電用原子炉の附属施設

9.1 非常用電源設備

9.1.1 非常用発電装置

9.1.1.4 高圧発電機車



注1:寸法はmmを示す。
 注2:図中の四角内番号は別紙1のNO.を示す。 屋外

工事計画認可申請	第9-1-1-4-2-1図
島根原子力発電所 第2号機	
名称	非常用発電装置に係る主配管の配置を明示した図面(高圧発電機車)
中国電力株式会社	

第 9-1-1-4-2-1 図 非常用発電装置に係る主配管の配置を明示した図面（高圧発電機車） 別紙 1

工事計画抜粋

変 更 前						変 更 後						NO. *3	
名 称	最 高 使 用 圧 (MPa)	最 高 使 用 温 度 (°C)	外 径 (mm)	厚 さ (mm)	材 料	名 称	最 高 使 用 圧 (MPa)	最 高 使 用 温 度 (°C)	外 径*1 (mm)	厚 さ*1 (mm)	材 料		
—						高圧 発電 機車	ガスタービン発電機用軽油 タンク ～ タンクローリ接続口	静水頭*2	66*2	60.5	5.5	STPG370	1

注記*1：公称値を示す。

*2：重大事故等時における使用時の値

*3：非常用発電装置に係る主配管の配置を明示した図面（高圧発電機車）に記載の四角内番号を示す。

第 9-1-1-4-2-1 図 非常用発電装置に係る主配管の配置を明示した図面（高圧発電機車）
別紙 2

工事計画記載の公称値の許容範囲

[高圧発電機車の主配管]

管 NO. 32*

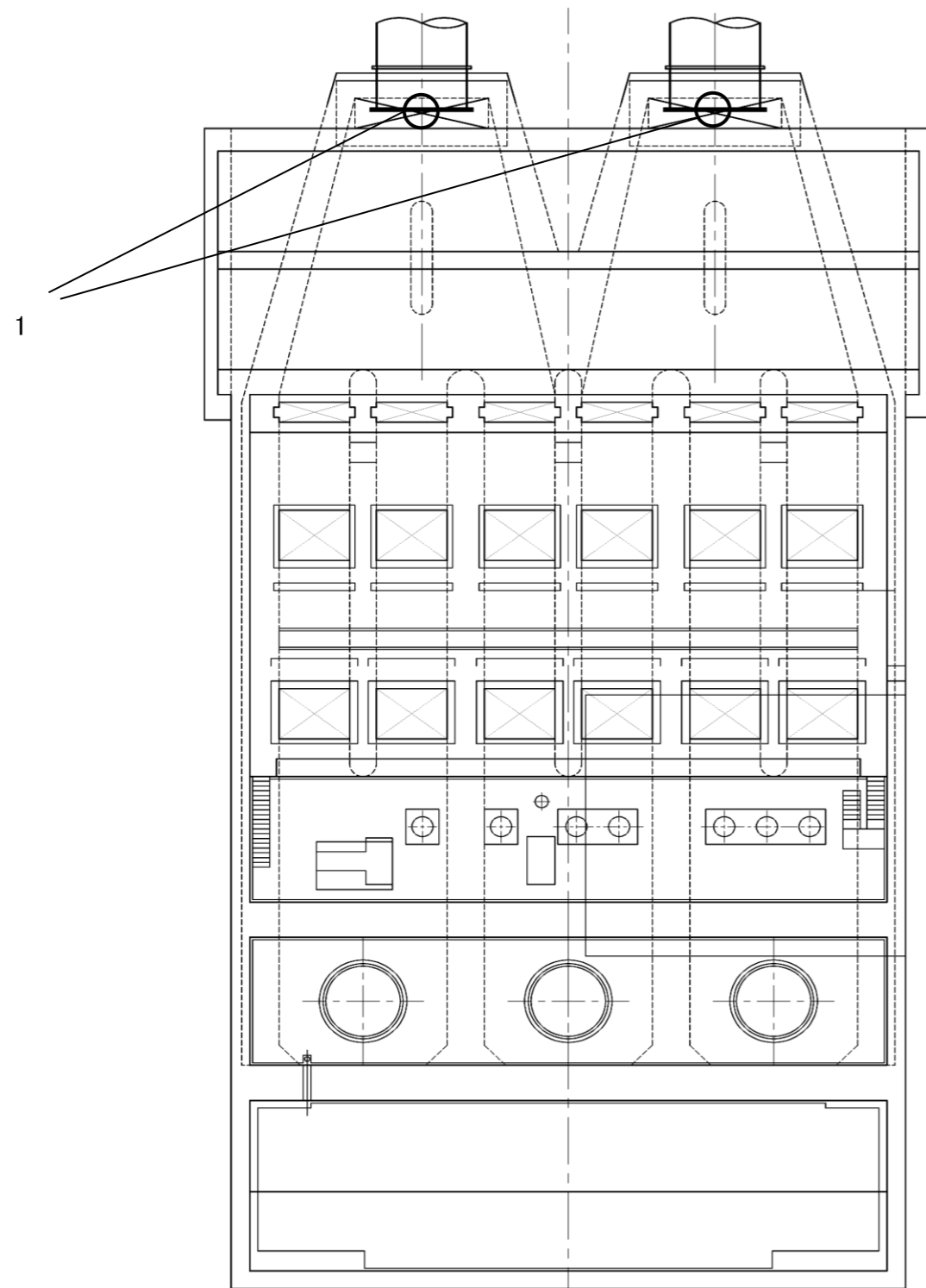
主要寸法 (mm)		許容範囲	根 拠
外径	60.5	±1%	J I S G 3 4 5 4 による材料公差
厚さ	5.5	+15% -12.5%	同上

注：主要寸法は，工事計画記載の公称値

注記*：発電用火力設備の技術基準による強度評価書の NO. を示す。

9.4 浸水防護施設

9.4.1 外郭浸水防護設備



1	1号機取水槽流路縮小工
---	-------------

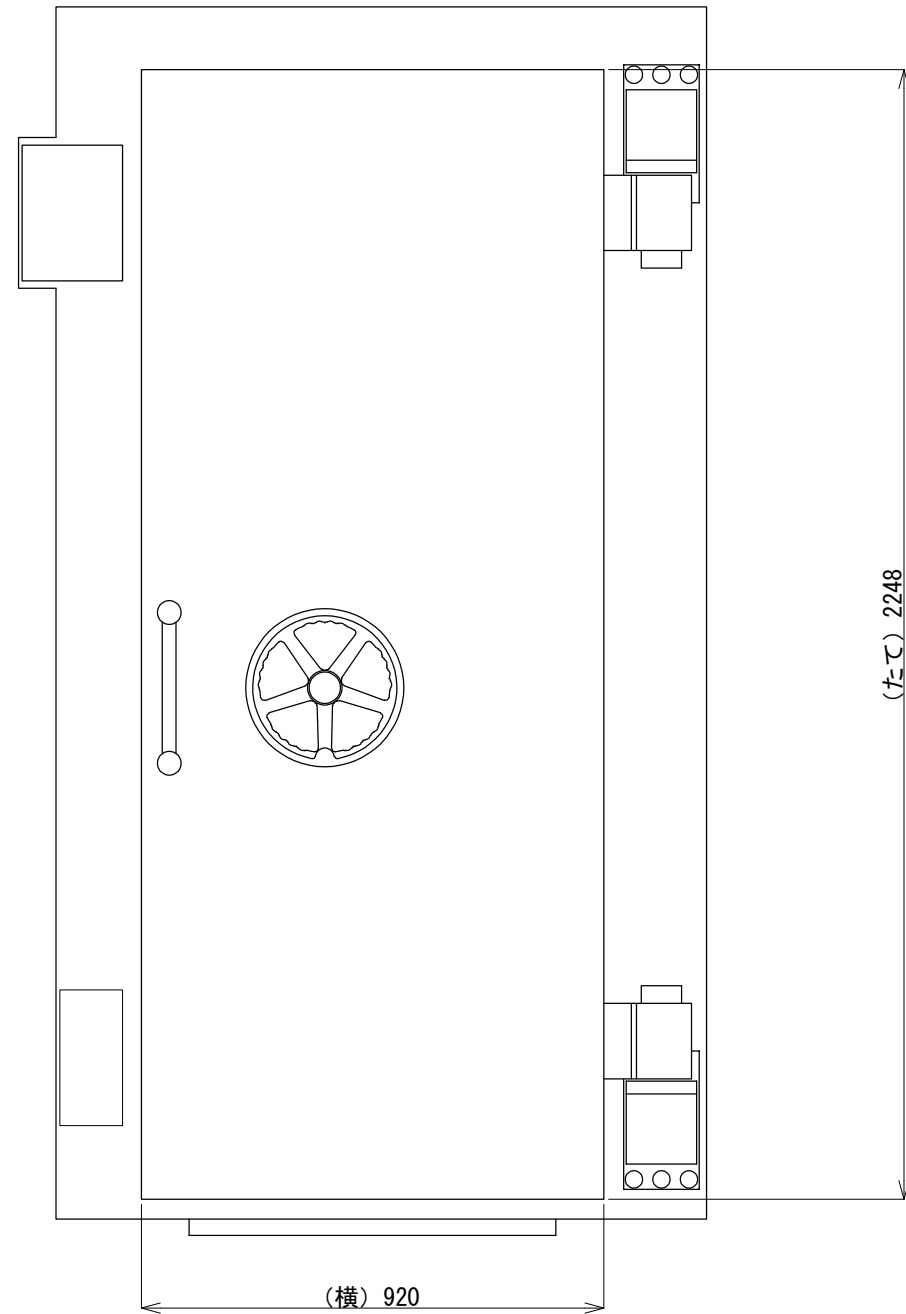
1号機取水槽 EL 1500

工事計画認可申請	第9-4-1-1-3図
島根原子力発電所 第2号機	
名称	外郭浸水防護設備に係る 機器の配置を明示した図面 1号機取水槽
中国電力株式会社	

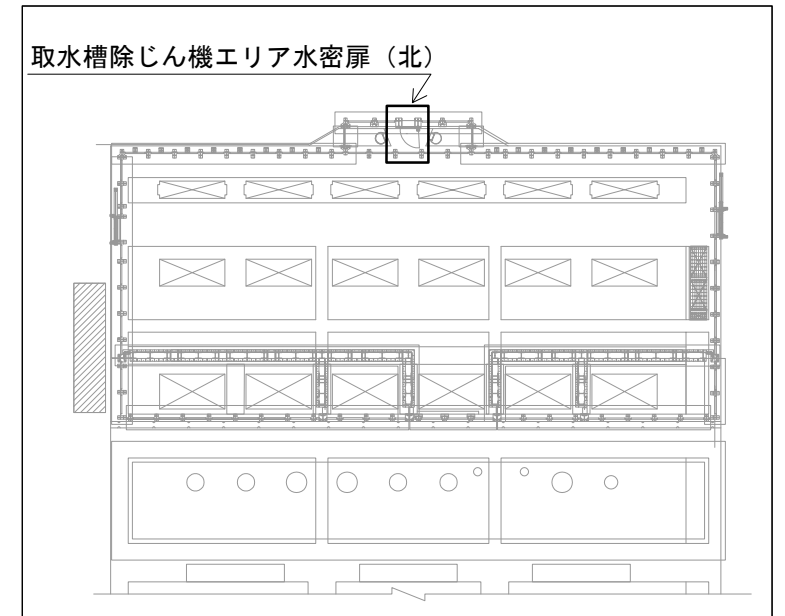
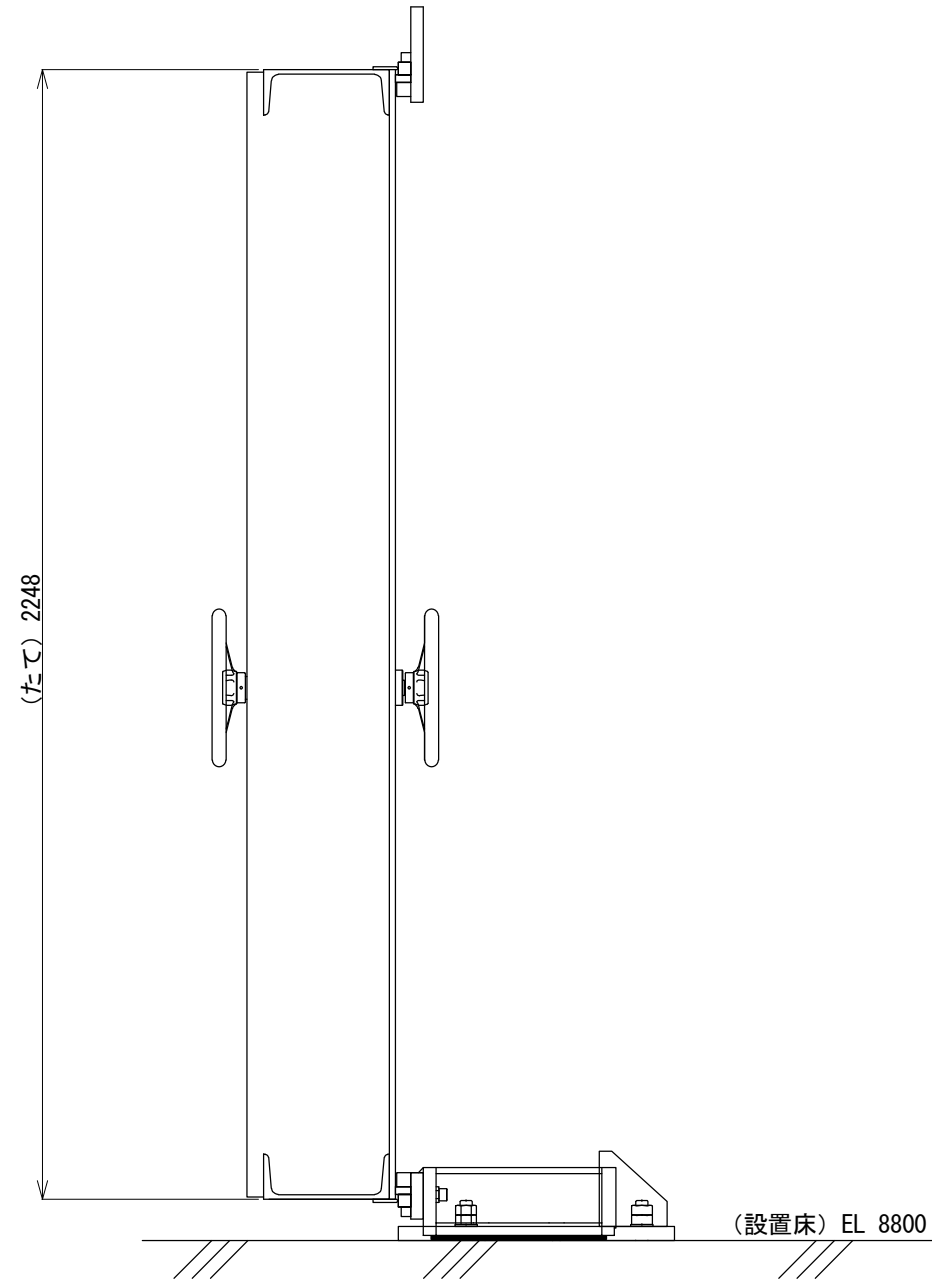
取水槽除じん機エリア水密扉（北）構造図

KEY-PLAN

正面図



断面図



注1：寸法はmmを示す。

注2：特記なき寸法は公称値を示す。

工事計画認可申請	第9-4-1-2-16図
島根原子力発電所 第2号機	
名称	取水槽除じん機エリア水密扉（北） 構造図
中国電力株式会社	

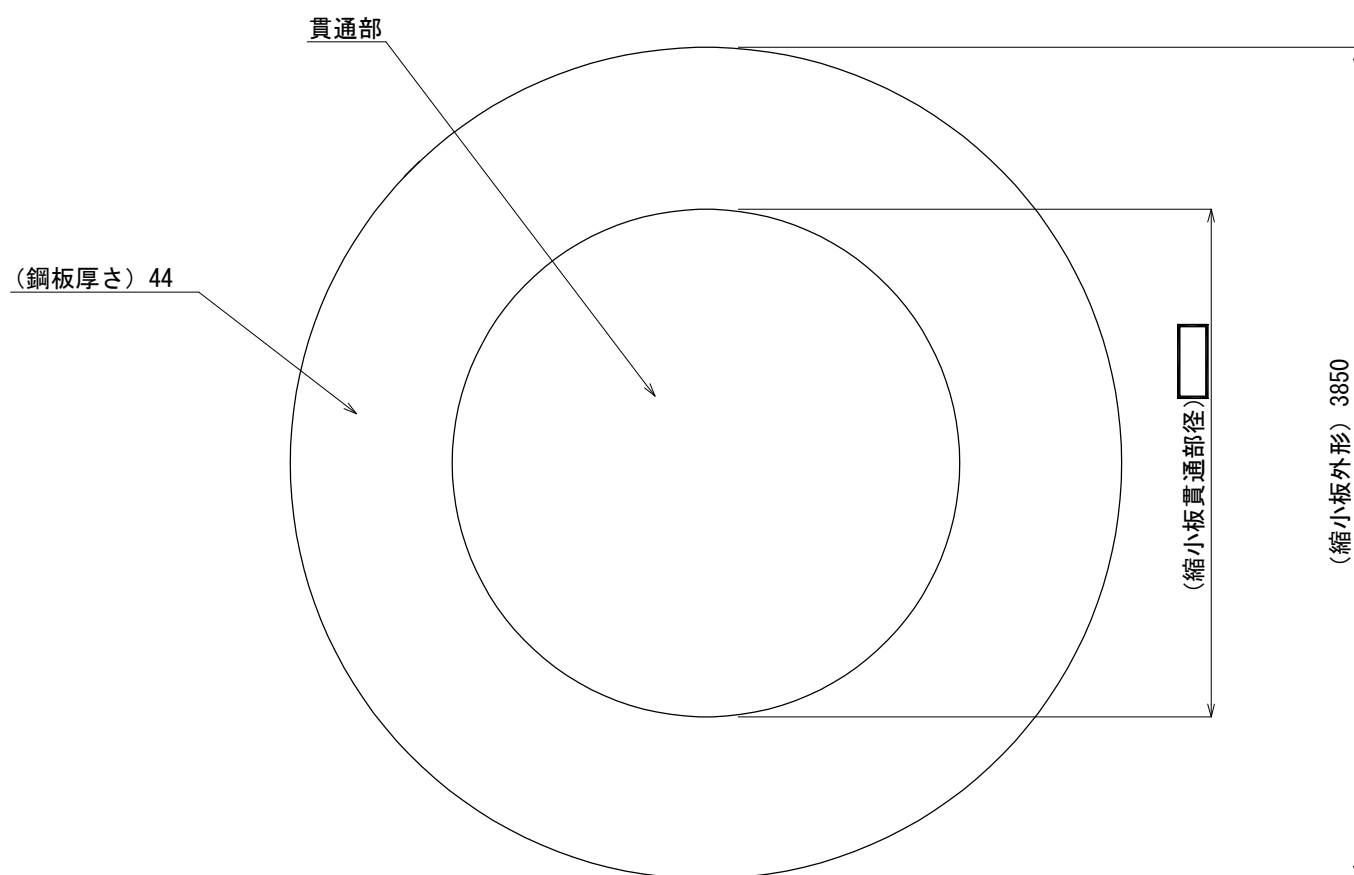
第9-4-1-2-16 図 取水槽除じん機エリア水密扉（北）構造図 別紙
 工事計画記載の公称値の許容範囲

主要寸法* (mm)		許容範囲	根 拠
たて	2248	+5.5mm -5.5mm	製造能力, 製造実績を考慮したメーカー 基準
横	920	+3.0mm -3.0mm	同上

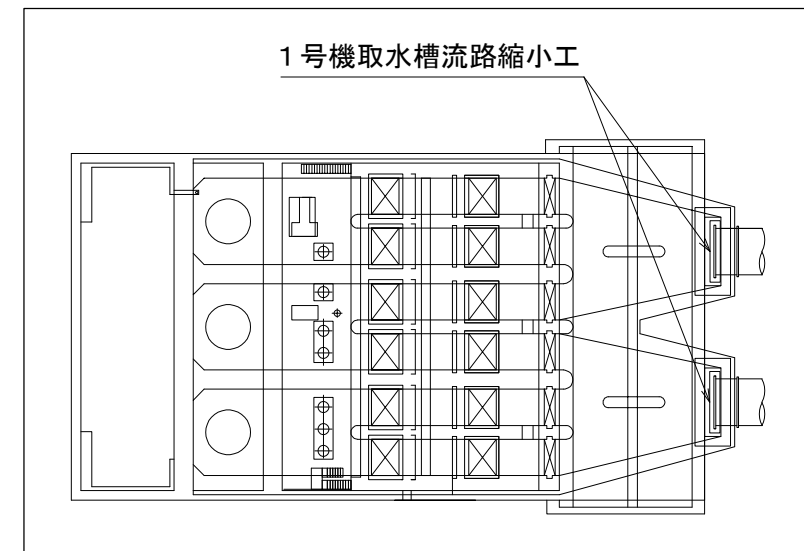
注記* : 公称値を示す。

1号機取水槽流路縮小工構造図

正面図



KEY-PLAN



注1：寸法はmmを示す。

注2：特記なき寸法は公称値を示す。

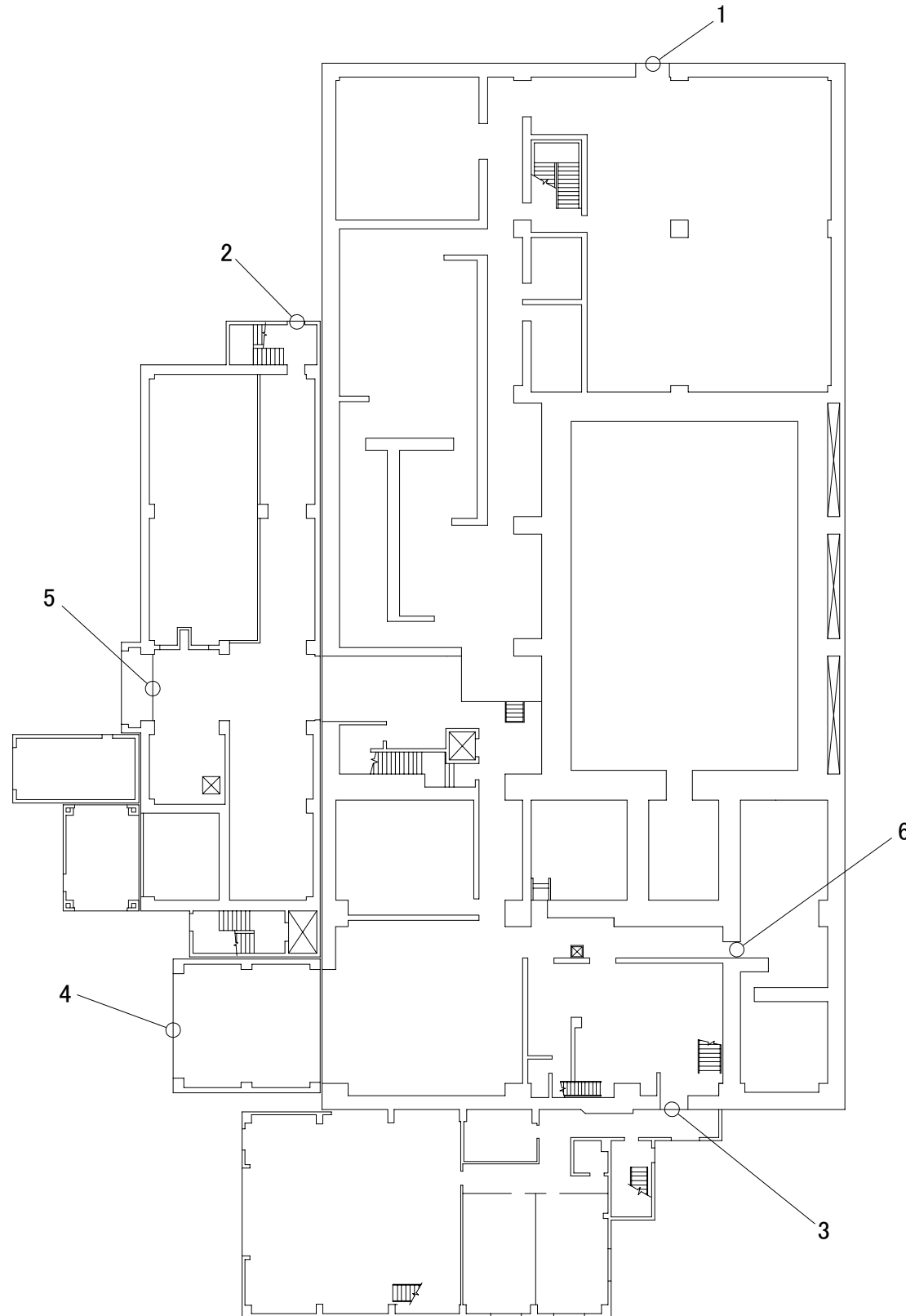
工事計画認可申請	第9-4-1-2-17図
島根原子力発電所 第2号機	
名称	1号機取水槽流路縮小工 構造図
中国電力株式会社	

第 9-4-1-2-17 図 1 号機取水槽流路縮小工構造図 別紙
 工事計画記載の公称値の許容範囲

主要寸法* (mm)		許容範囲	根 拠
縮小板外径	3850	+5.5mm	水門鉄管技術基準 水門扉検査要 領による管理基準
縮小板貫通部径		-5.5mm	同 上
鋼板厚さ	44	+1.1mm -1.1mm	J I S G 3 1 9 3

注記* : 公称値を示す。

9.4.2 内郭浸水防護設備



サイトバンク建物 EL 8800

1	サイトバンク建物 1階 排風機室北側浸水防止堰
2	サイトバンク建物 1階 北西側階段室浸水防止堰
3	サイトバンク建物 1階 建物出入口浸水防止堰
4	サイトバンク建物 1階 南側大物搬入口浸水防止堰
5	サイトバンク建物 1階 北側大物搬入口浸水防止堰
6	サイトバンク建物 1階 南東側ポンプ室浸水密扉

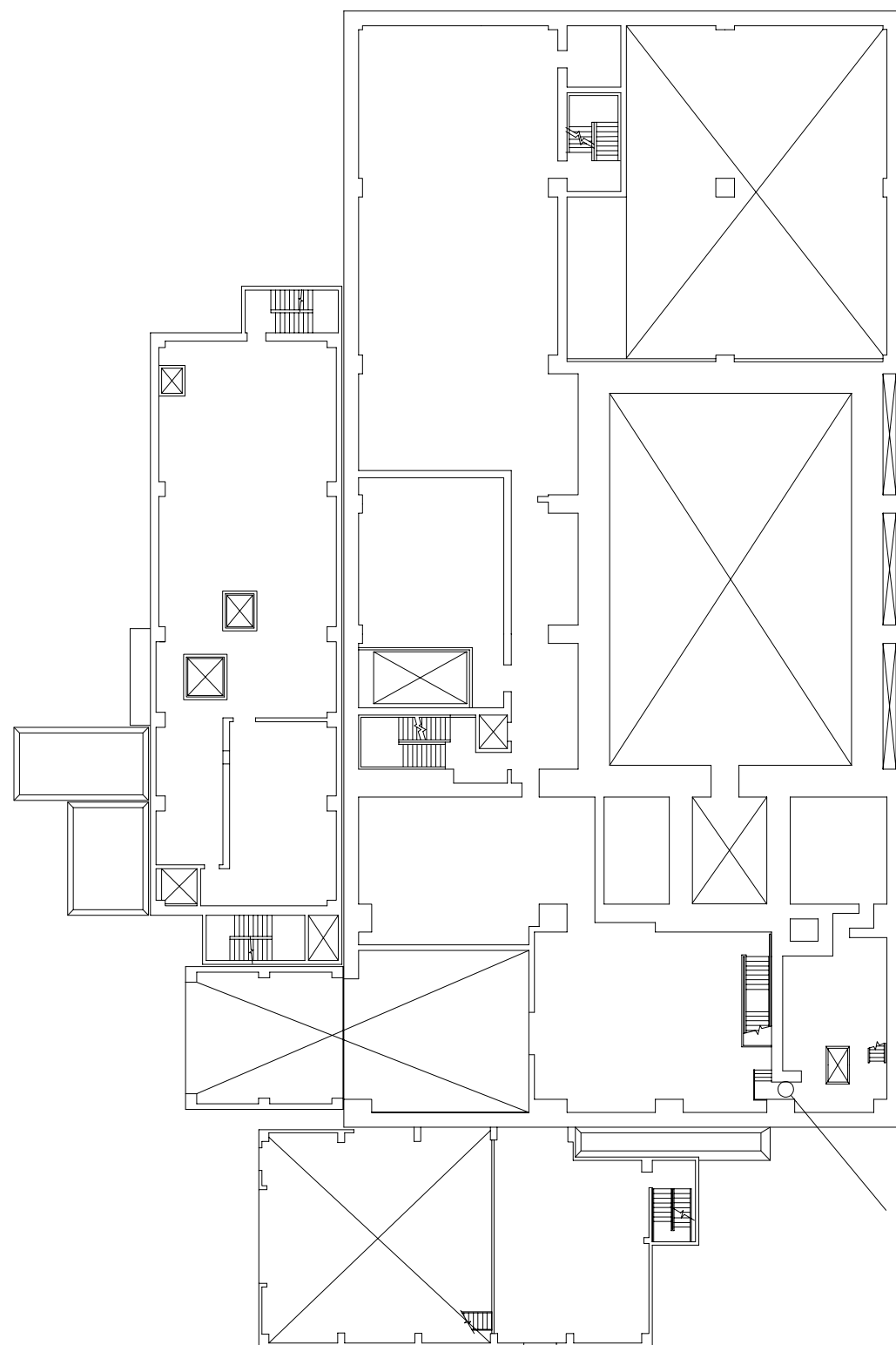
工事計画認可申請 第9-4-2-1-20図

島根原子力発電所 第2号機

名称 内郭浸水防護設備に係る
機器の配置を明示した図面
サイトバンク建物(その1)

中国電力株式会社

PN

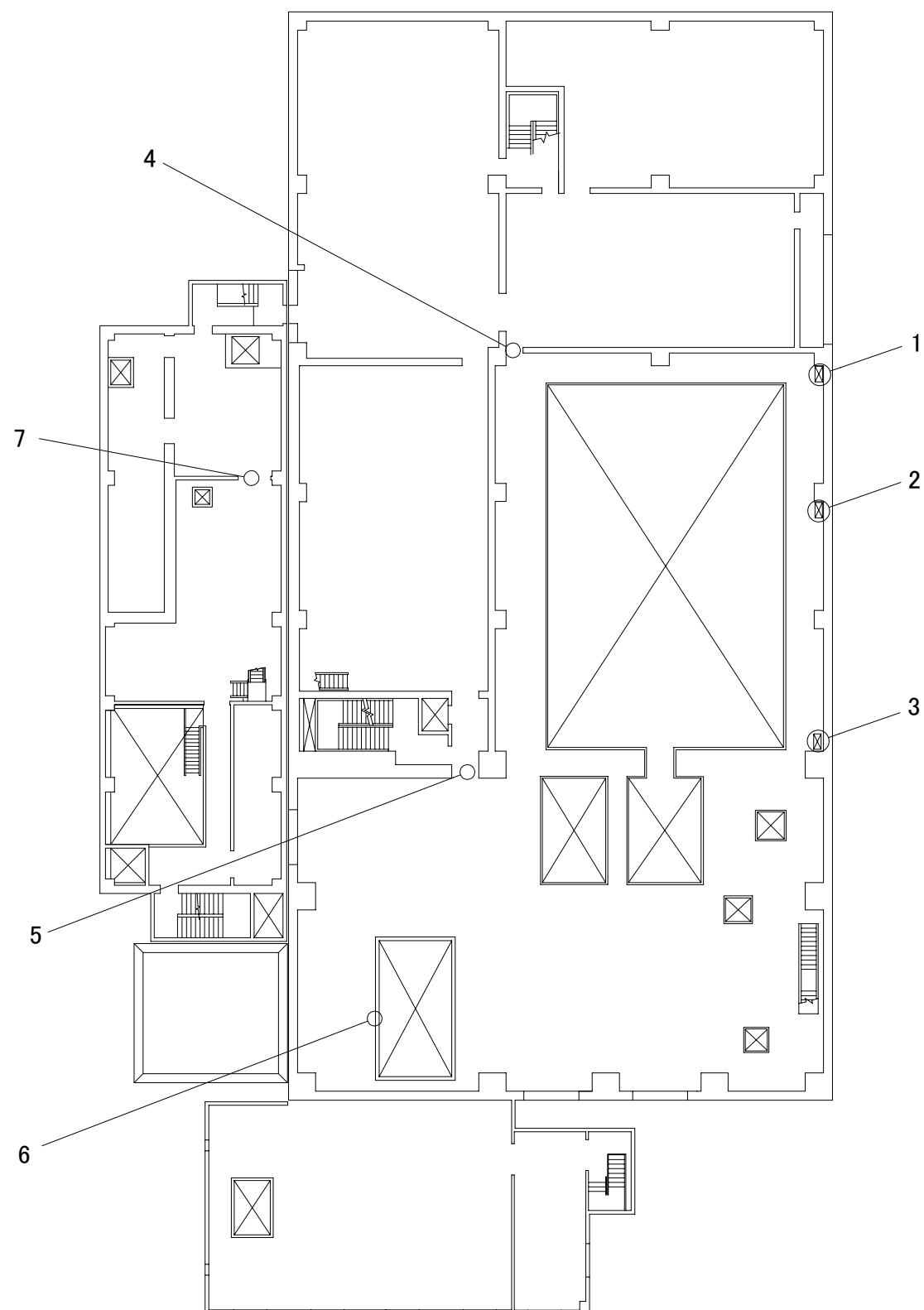


1 サイトバンク建物 2階 プリコート室浸水防止堰

サイトバンク建物 EL 14100

工事計画認可申請	第9-4-2-1-21図
島根原子力発電所 第2号機	
名称	内郭浸水防護設備に係る 機器の配置を明示した図面 サイトバンク建物(その2)
中国電力株式会社	

PN



サイトバンク建物 EL 19800

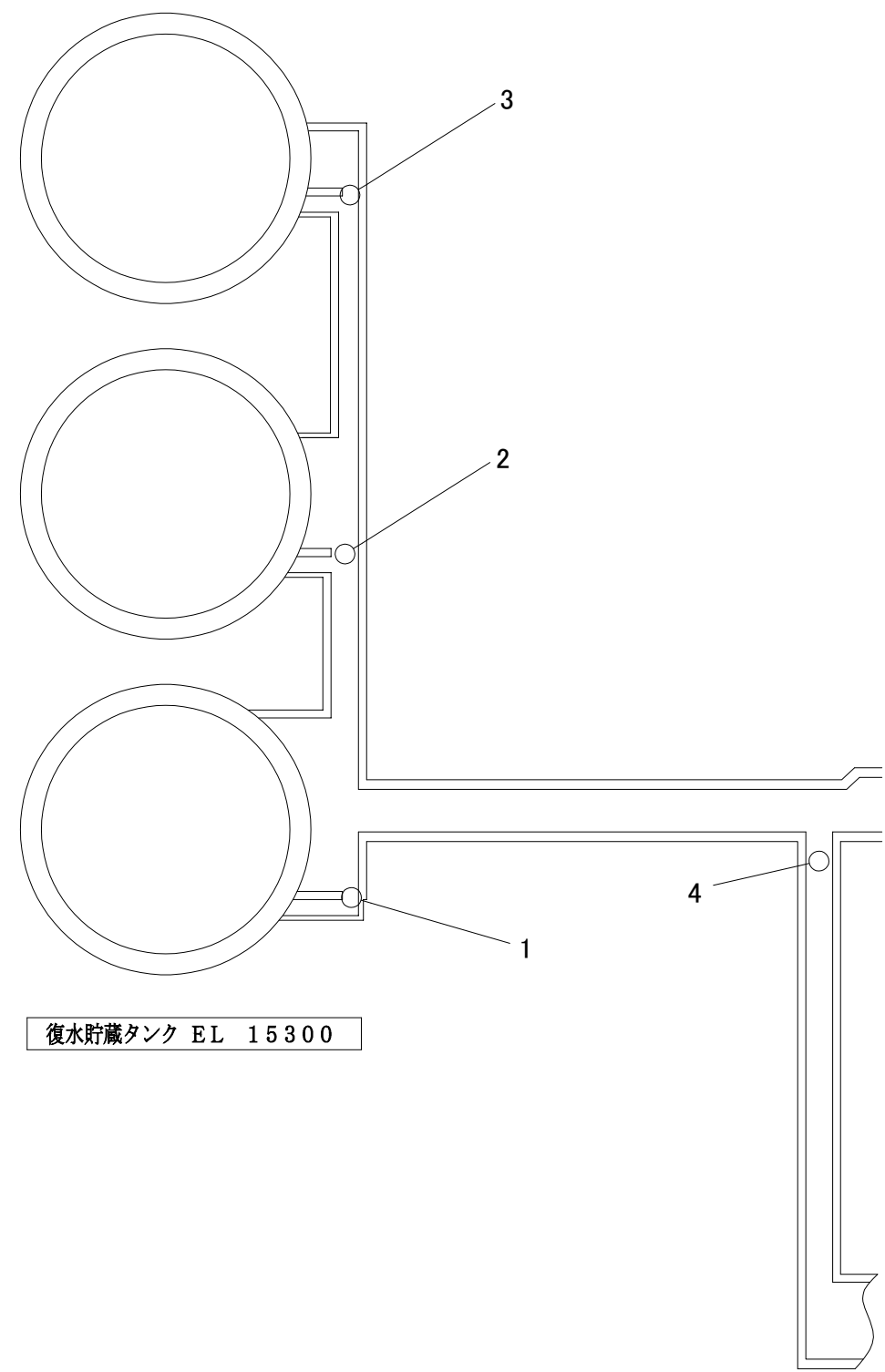
1	サイトバンク建物 3階 固体廃棄物貯蔵プール室北東側浸水防止堰
2	サイトバンク建物 3階 固体廃棄物貯蔵プール室東側浸水防止堰
3	サイトバンク建物 3階 固体廃棄物貯蔵プール室南東側浸水防止堰
4	サイトバンク建物 3階 固体廃棄物貯蔵プール室北西側浸水防止堰
5	サイトバンク建物 3階 固体廃棄物貯蔵プール室南西側浸水防止堰
6	サイトバンク建物 3階 固体廃棄物貯蔵プール室機器搬入口浸水防止堰
7	サイトバンク建物 3階 溶融物搬入機室浸水防止堰

工事計画認可申請 第9-4-2-1-22図

島根原子力発電所 第2号機

名称 内郭浸水防護設備に係る
機器の配置を明示した図面
サイトバンク建物(その3)

中国電力株式会社



復水貯蔵タンク EL 15300

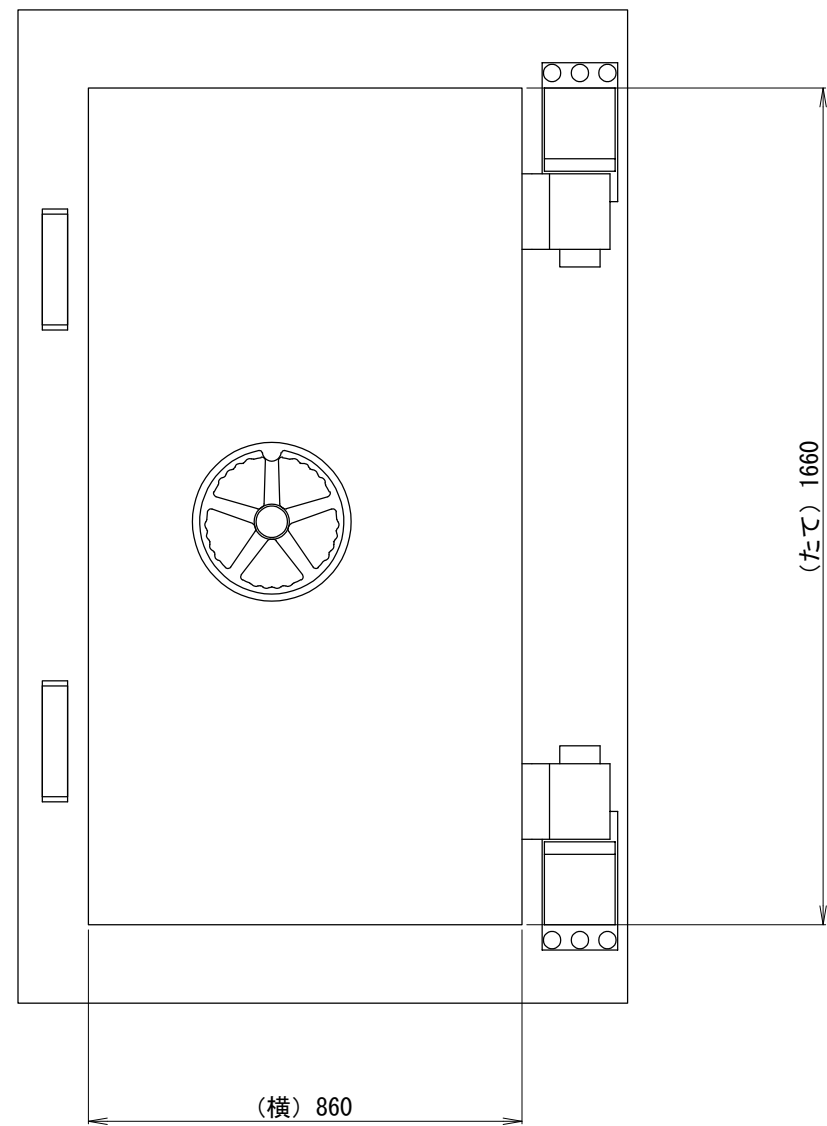
1	復水貯蔵タンク水密扉
2	補助復水貯蔵タンク水密扉
3	トラス水受入タンク水密扉
4	屋外配管ダクト(B-ディーゼル燃料貯蔵タンク～原子炉建物)水密扉

工事計画認可申請 第9-4-2-1-23図	
島根原子力発電所 第2号機	
名称	内郭浸水防護設備に係る 機器の配置を明示した図面 復水貯蔵タンク
中国電力株式会社	

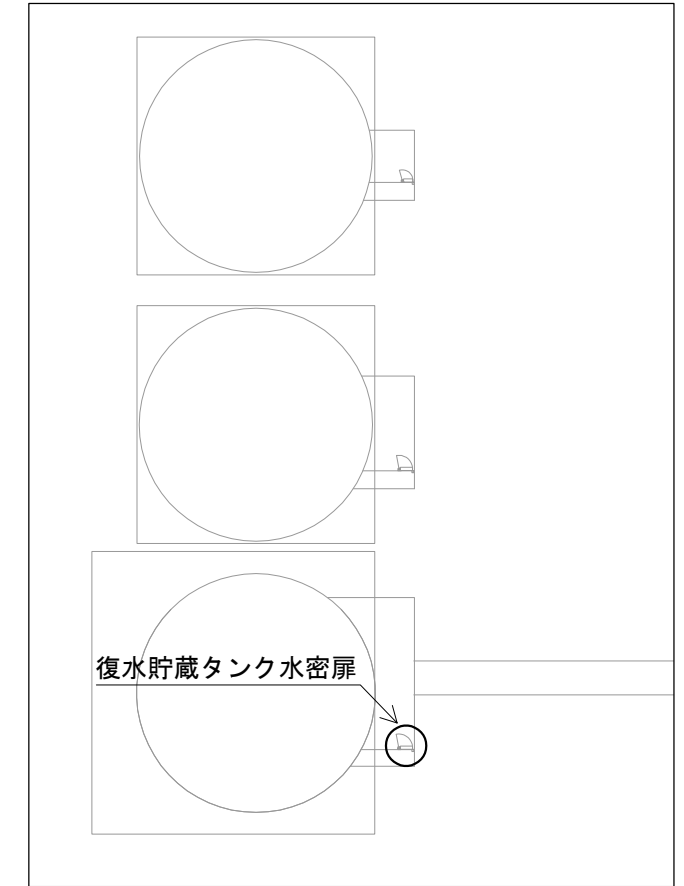
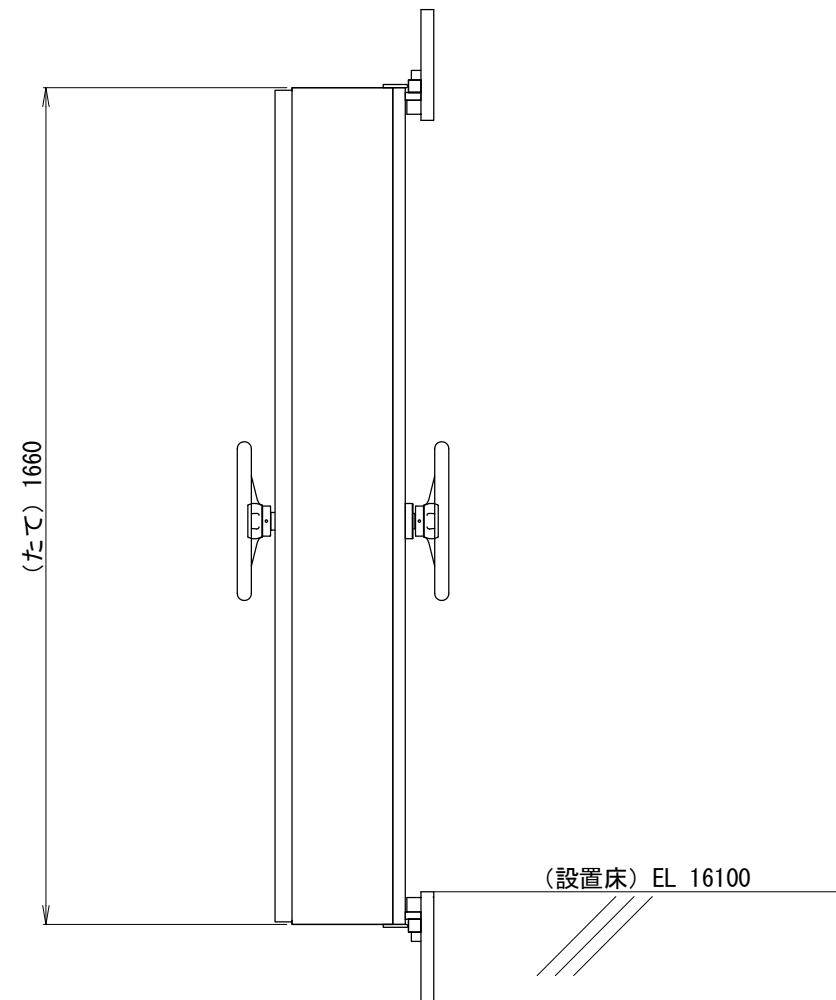
復水貯蔵タンク水密扉構造図

KEY-PLAN

正面図



断面図



注1：寸法はmmを示す。
注2：特記なき寸法は公称値を示す。

工事計画認可申請	第9-4-2-2-3-1図
島根原子力発電所 第2号機	
名称	復水貯蔵タンク水密扉 構造図
中国電力株式会社	

第9-4-2-2-3-1 図 復水貯蔵タンク水密扉構造図 別紙
 工事計画記載の公称値の許容範囲

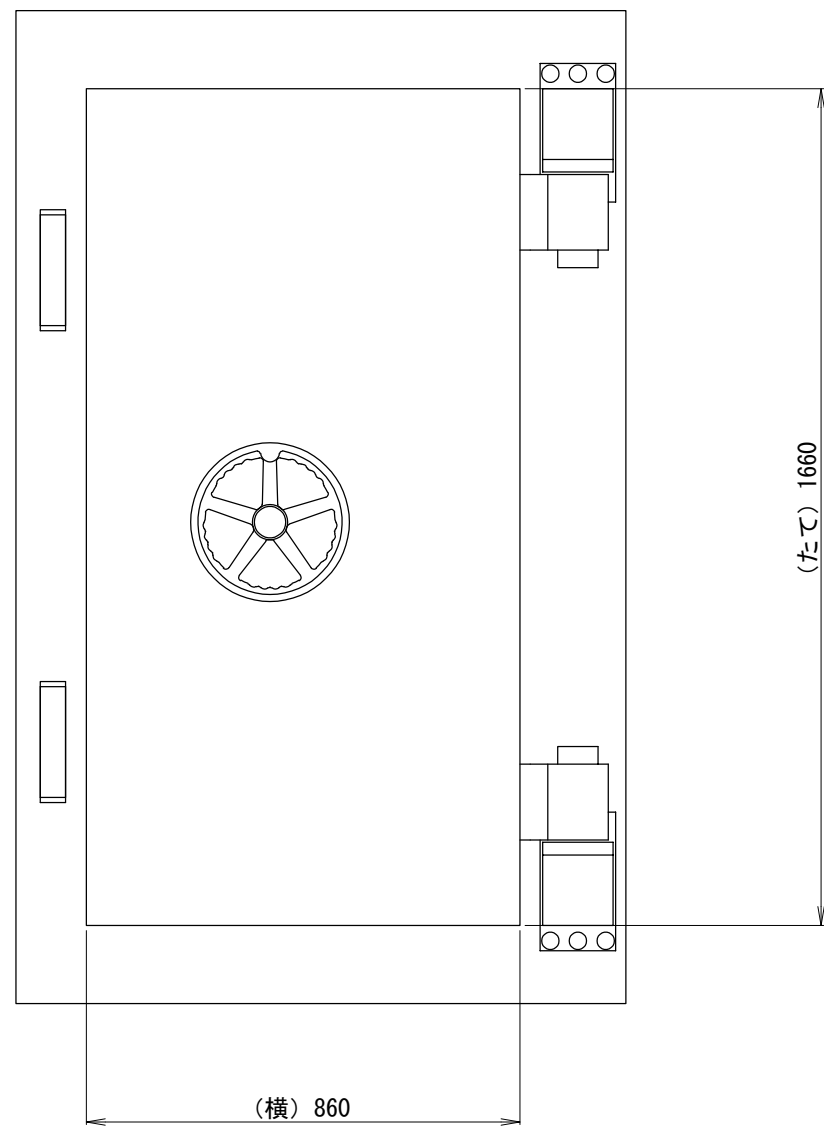
主要寸法* (mm)		許容範囲	根 拠
たて	1660	+4.5mm -4.5mm	製造能力, 製造実績を考慮したメーカー基準
横	860	+3.0mm -3.0mm	同上

注記* : 公称値を示す。

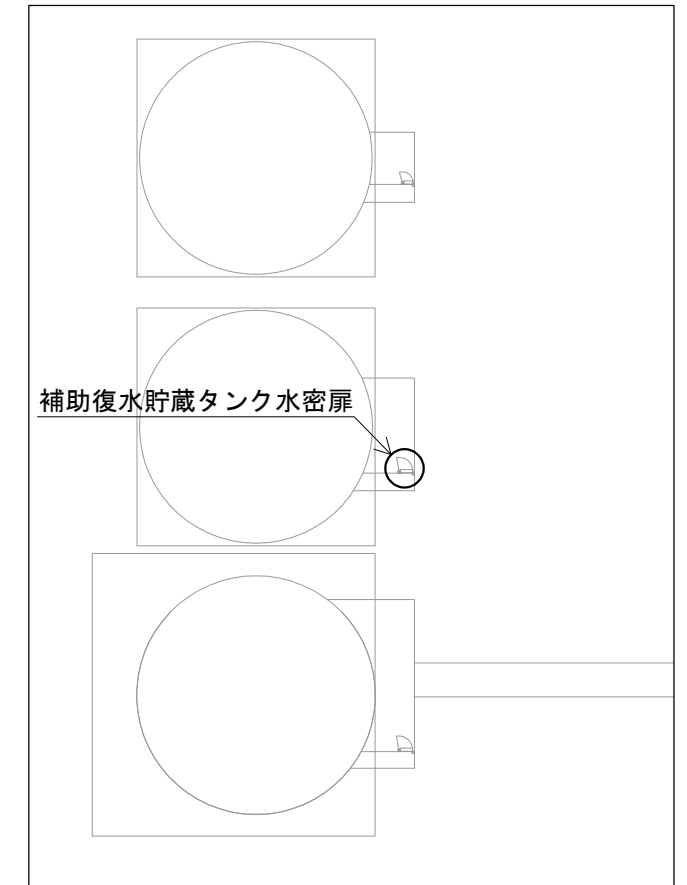
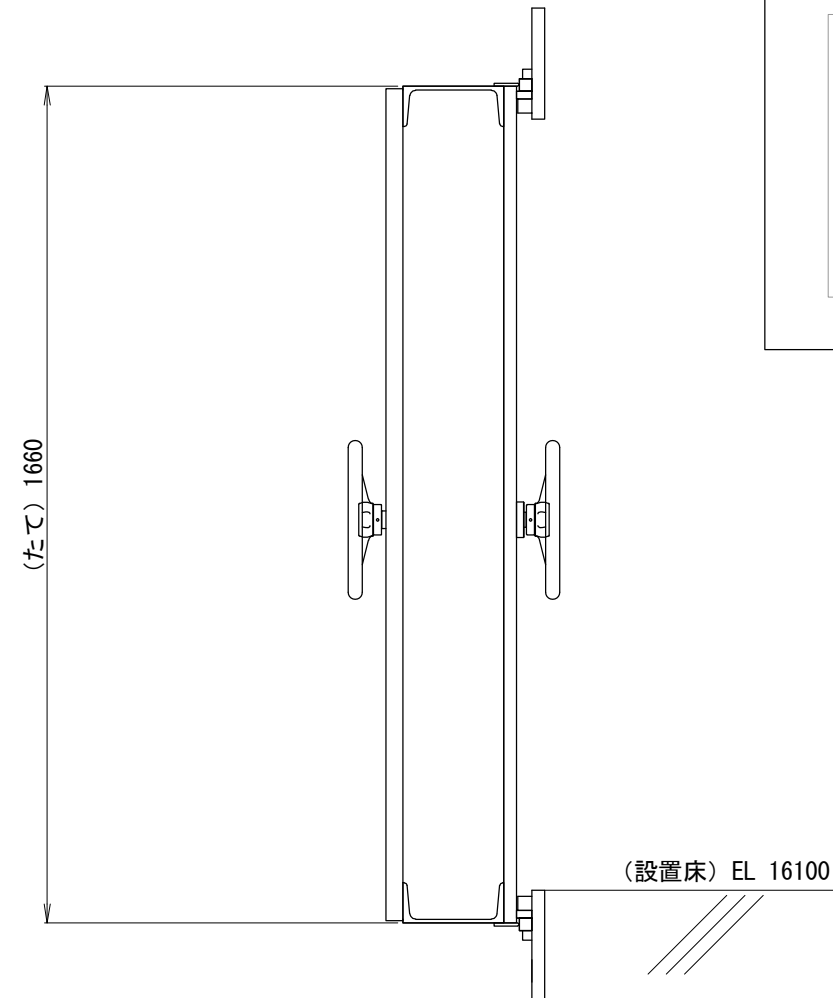
補助復水貯蔵タンク水密扉構造図

KEY-PLAN

正面図



断面図



注1：寸法はmmを示す。

注2：特記なき寸法は公称値を示す。

工事計画認可申請	第9-4-2-2-3-2図
島根原子力発電所 第2号機	
名称	補助復水貯蔵タンク水密扉 構造図
中国電力株式会社	

第9-4-2-2-3-2 図 補助復水貯蔵タンク水密扉構造図 別紙
 工事計画記載の公称値の許容範囲

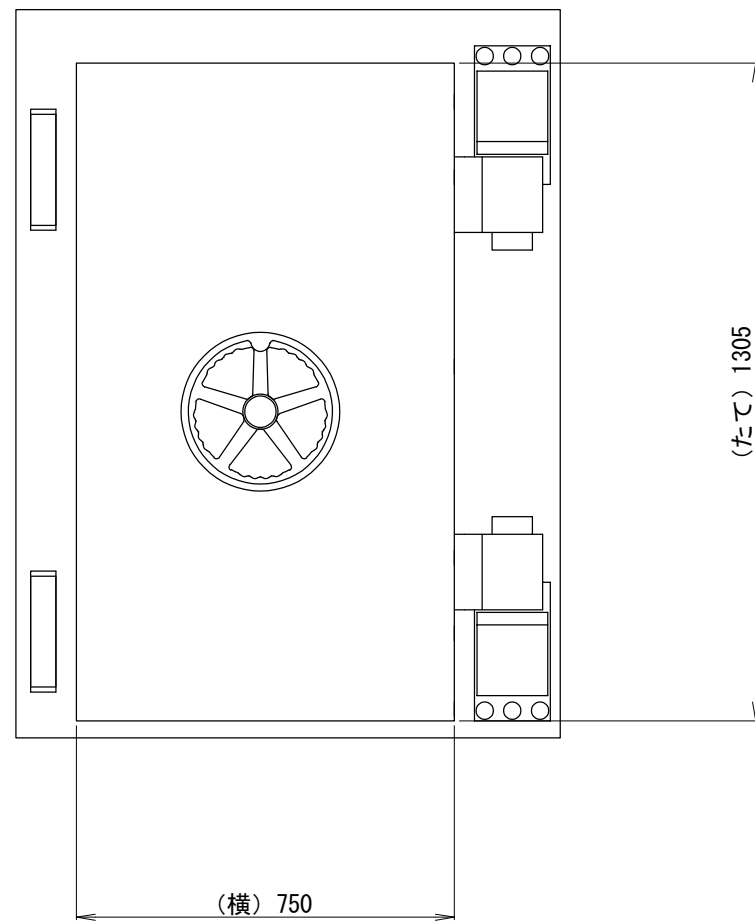
主要寸法* (mm)		許容範囲	根 拠
たて	1660	+4.5mm -4.5mm	製造能力, 製造実績を考慮したメーカ基準
横	860	+3.0mm -3.0mm	同上

注記* : 公称値を示す。

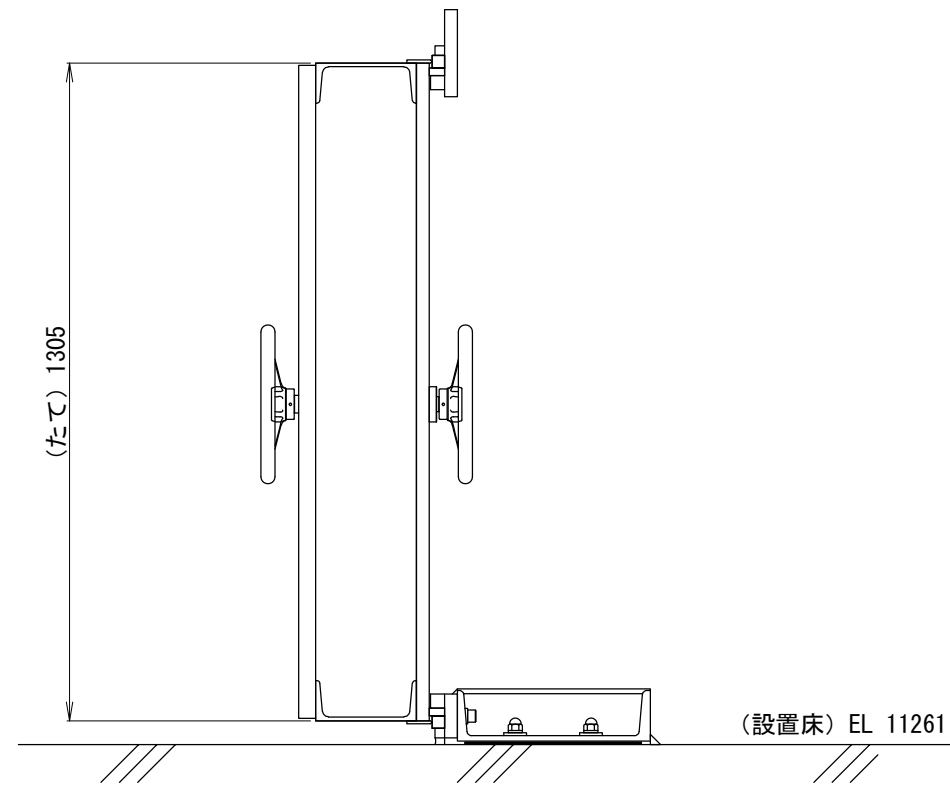
屋外配管ダクト（B-ディーゼル燃料貯蔵タンク～原子炉建物）水密扉構造図

KEY-PLAN

正面図



断面図



注1：寸法はmmを示す。
注2：特記なき寸法は公称値を示す。

工事計画認可申請	第9-4-2-2-3-3図
島根原子力発電所 第2号機	
名称	屋外配管ダクト（B-ディーゼル燃料貯蔵タンク～原子炉建物）水密扉 構造図
中国電力株式会社	

第9-4-2-2-3-3 図

屋外配管ダクト（B-ディーゼル燃料貯蔵タンク～原子炉建物）水密扉構造図 別紙
工事計画記載の公称値の許容範囲

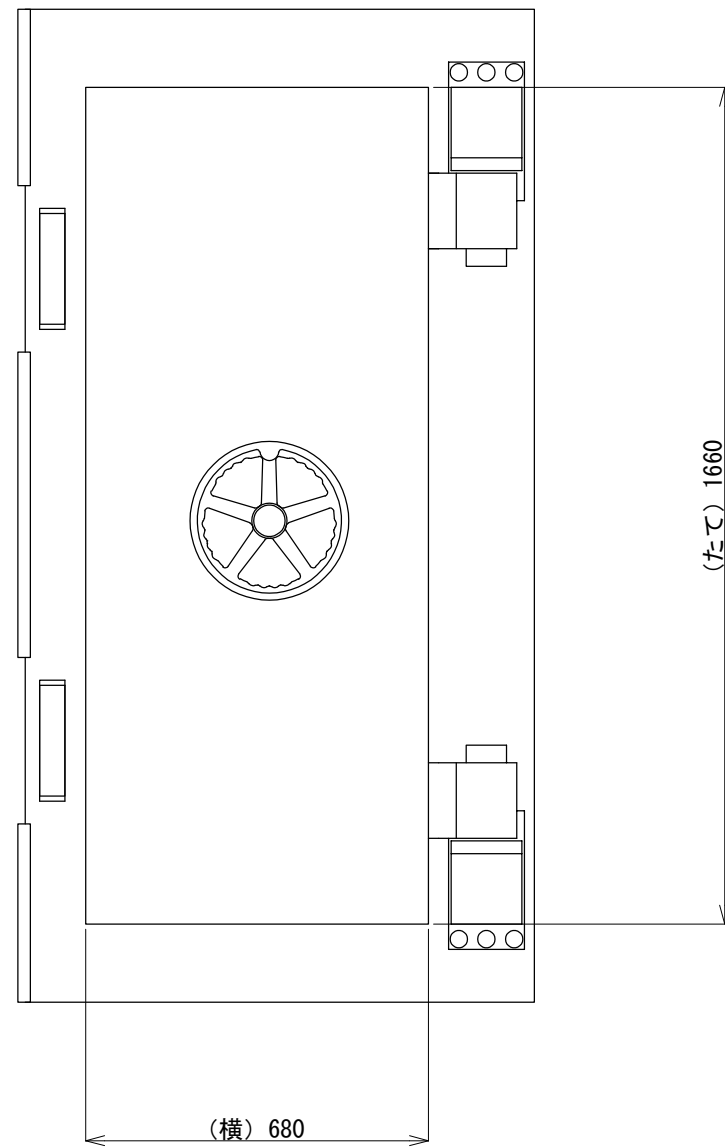
主要寸法* (mm)		許容範囲	根 拠
たて	1305	+4.5mm -4.5mm	製造能力, 製造実績を考慮したメーカー基準
横	750	+3.0mm -3.0mm	同上

注記*：公称値を示す。

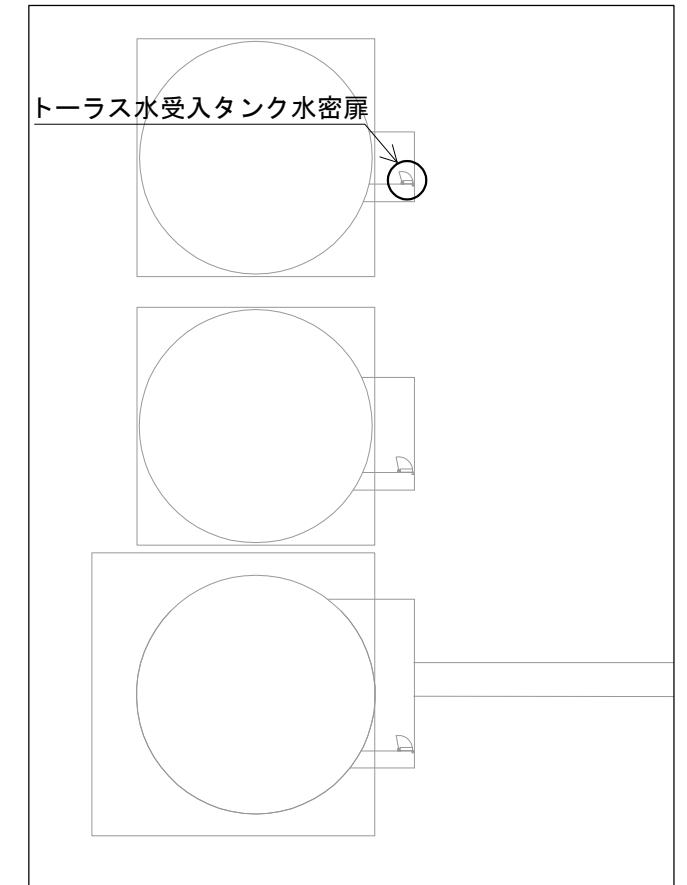
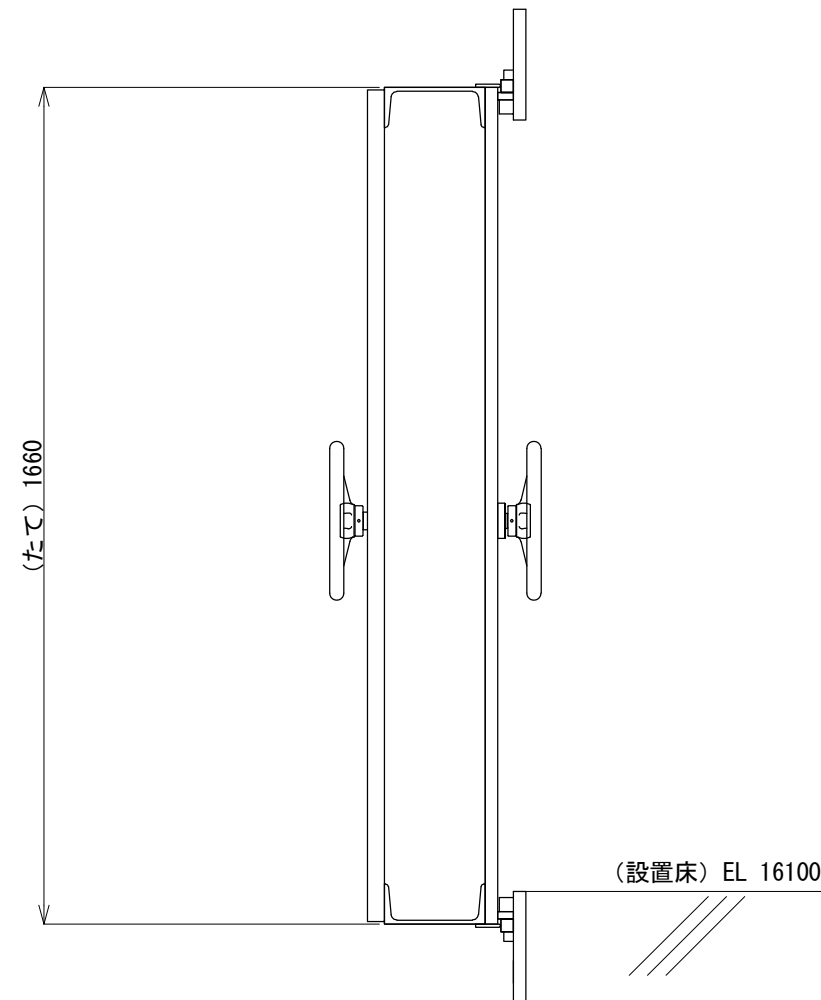
トーラス水受入タンク水密扉構造図

KEY-PLAN

正面図



断面図



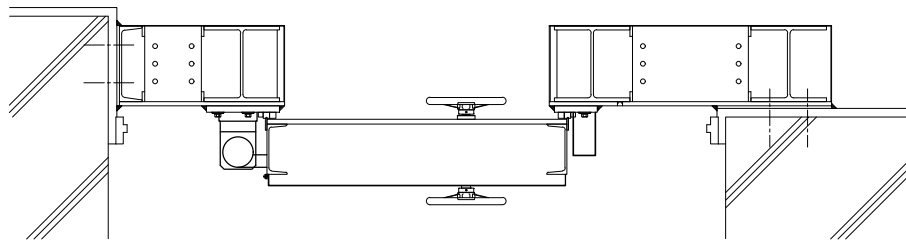
注1：寸法はmmを示す。
注2：特記なき寸法は公称値を示す。

工事計画認可申請	第9-4-2-2-4図
島根原子力発電所 第2号機	
名称	トーラス水受入タンク水密扉 構造図
中国電力株式会社	

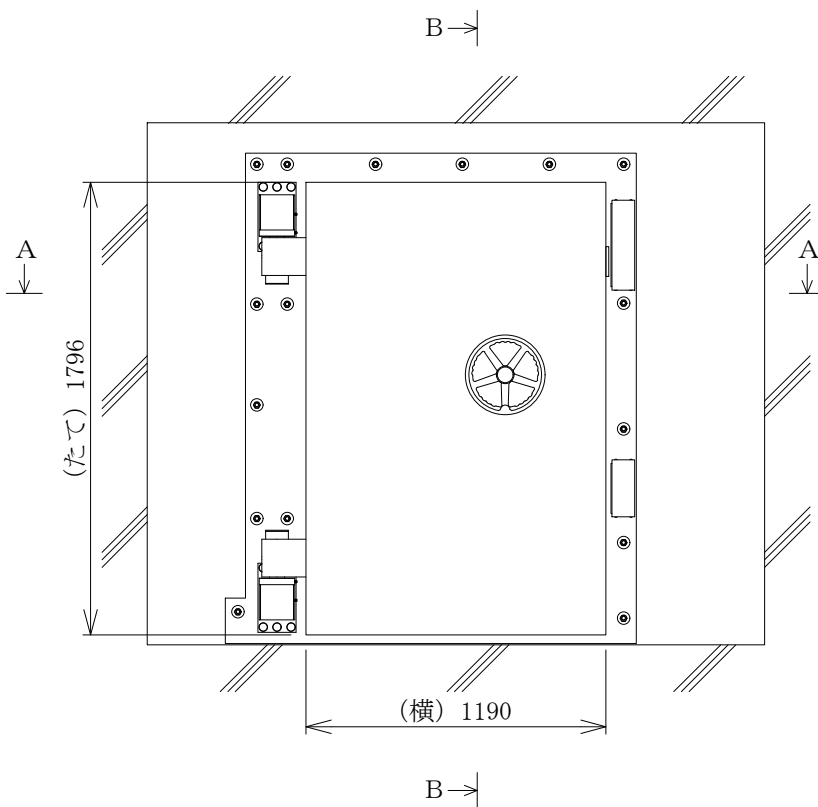
第9-4-2-2-4 図 トーラス水受入タンク水密扉構造図 別紙
 工事計画記載の公称値の許容範囲

主要寸法* (mm)		許容範囲	根 拠
たて	1660	+4.5mm -4.5mm	製造能力, 製造実績を考慮したメーカ基準
横	680	+3.0mm -3.0mm	同上

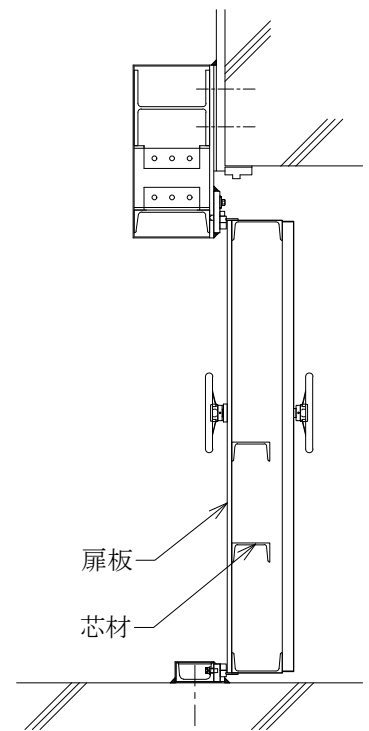
注記* : 公称値を示す。



A~A断面図



正面図



B~B断面図

注1：寸法はmmを示す。
注2：特記なき寸法は公称値を示す。

工事計画認可申請	第9-4-2-2-5-33図
島根原子力発電所 第2号機	
名称	制御室建物 2階 チェックポイント連絡水密扉構造図
中国電力株式会社	

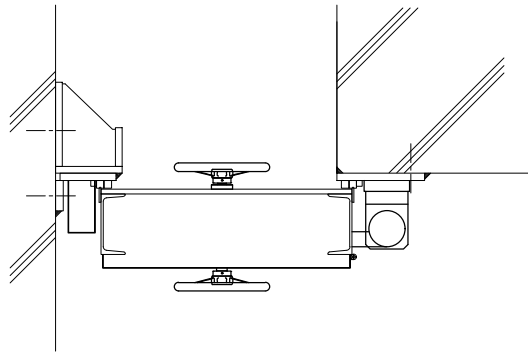
第 9-4-2-2-5-33 図 制御室建物 2 階 チェックポイント連絡水密扉構造図 別紙

工事計画記載の公称値の許容範囲

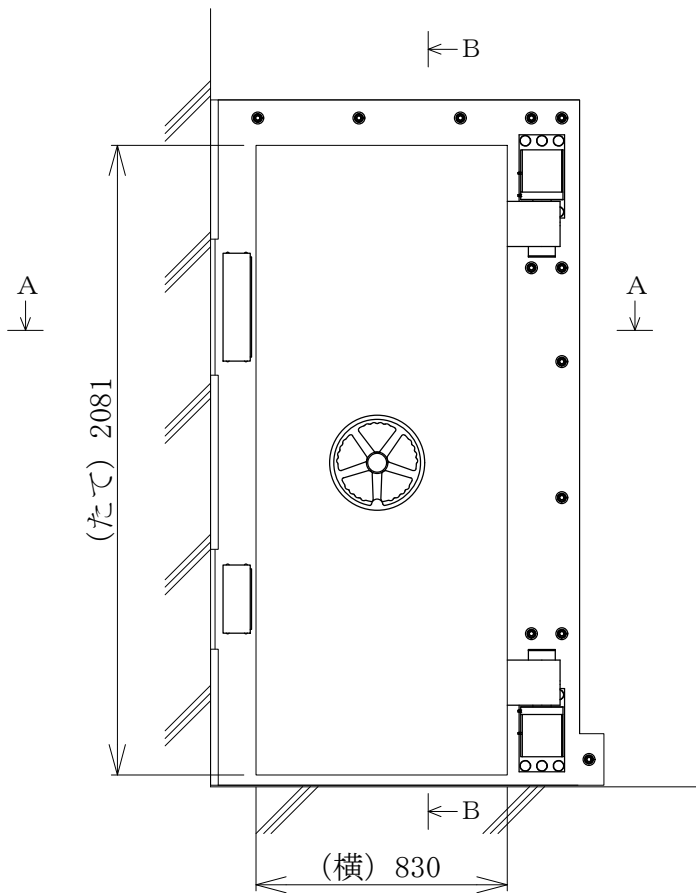
制御室建物 2 階 チェックポイント連絡水密扉

主要寸法 (mm)		許容差	根拠
た て	1796	±4.5 mm	製造能力，製造実績を考慮したメーカー基準
横	1190	±4.5 mm	

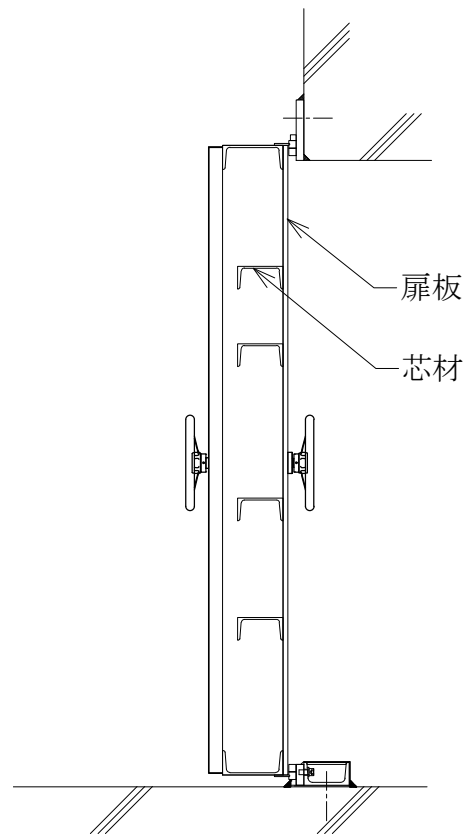
注：主要寸法は，工事計画記載の公称値を示す。



A~A断面図



正面図



B~B断面図

注1：寸法はmmを示す。
注2：特記なき寸法は公称値を示す。

工事計画認可申請		第9-4-2-2-5-34 図
島根原子力発電所 第2号機		
名称	サイトバンカ建物 1階 南東側ポンプ室水密扉構造図	
中国電力株式会社		

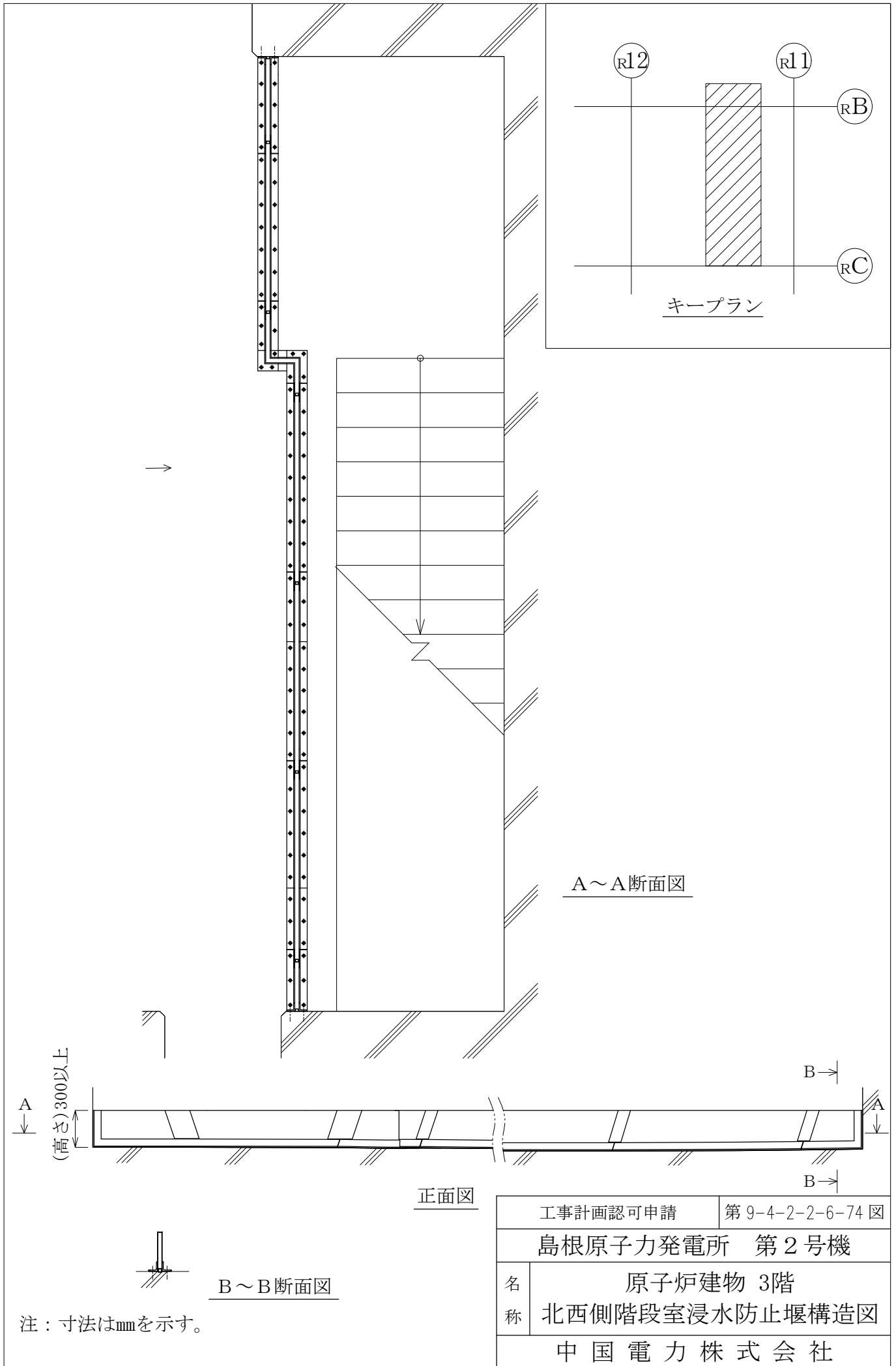
第 9-4-2-2-5-34 図 サイトバンカ建物 1 階 南東側ポンプ室水密扉構造図 別紙

工事計画記載の公称値の許容範囲

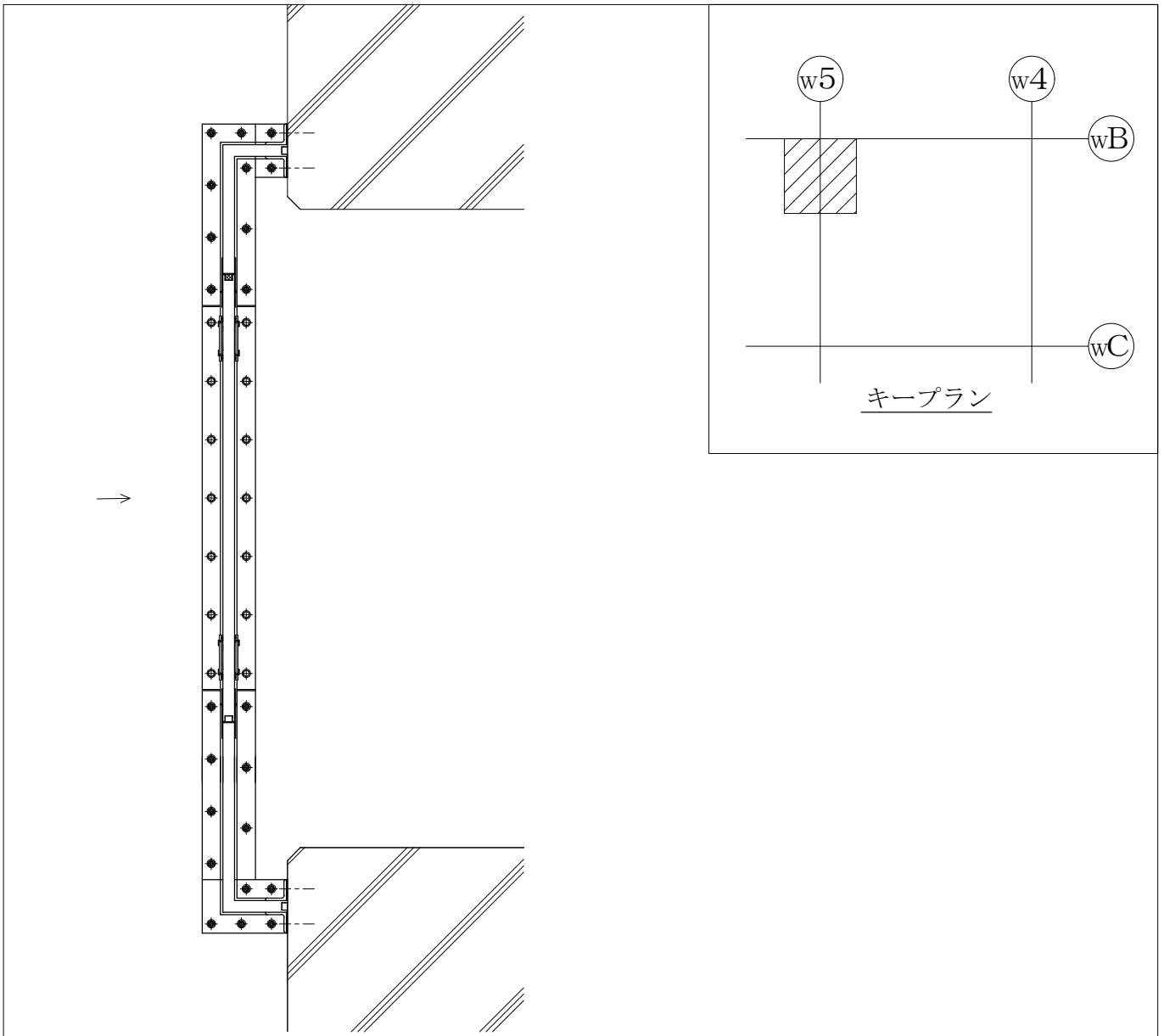
サイトバンカ建物 1 階 南東側ポンプ室水密扉

主要寸法 (mm)		許容差	根拠
た て	2081	±5.5 mm	製造能力，製造実績を考慮したメーカー基準
横	830	±3.0 mm	

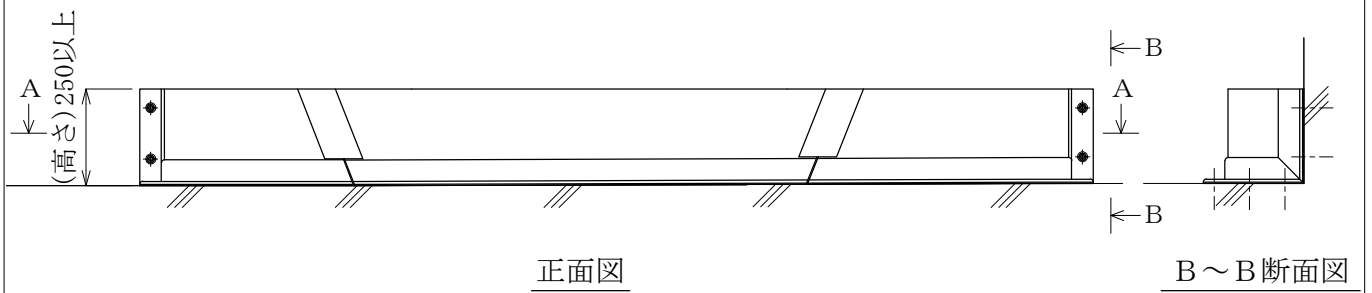
注：主要寸法は，工事計画記載の公称値を示す。



工事計画認可申請	第9-4-2-2-6-74図
島根原子力発電所 第2号機	
名称	原子炉建物 3階 北西側階段室浸水防止堰構造図
中国電力株式会社	



A～A断面図

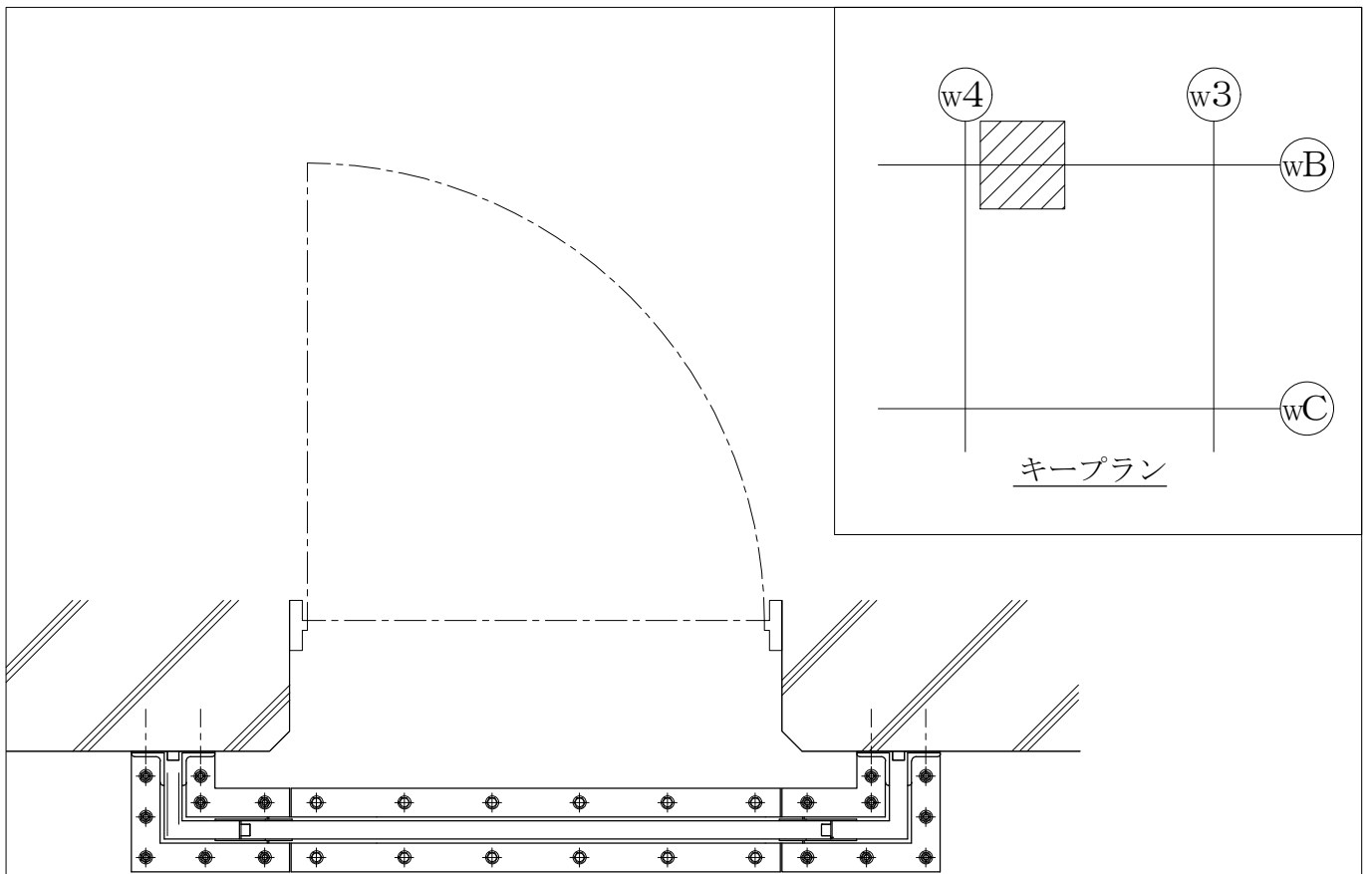


正面図

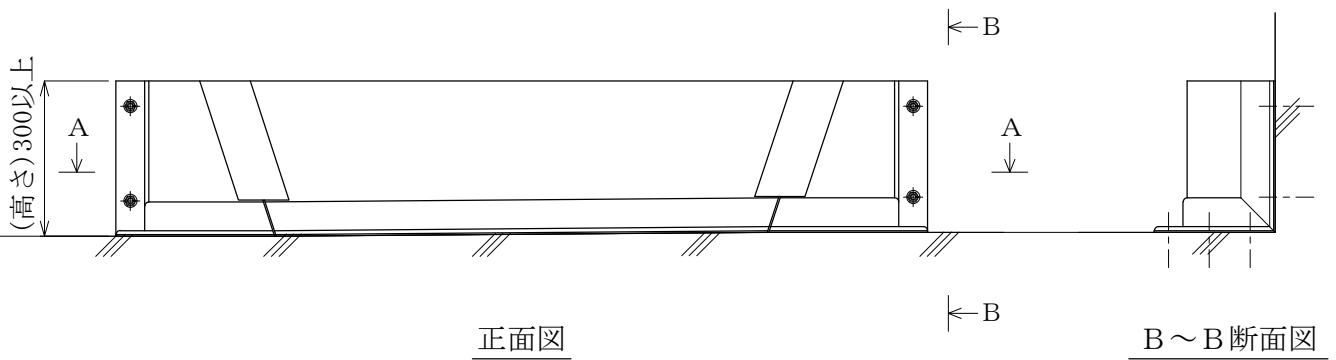
B～B断面図

注：寸法はmmを示す。

工事計画認可申請	第9-4-2-2-6-75図
島根原子力発電所 第2号機	
名称	廃棄物処理建物 1階 中央制御室横 会議室浸水防止堰(補助盤室側)構造図
中国電力株式会社	

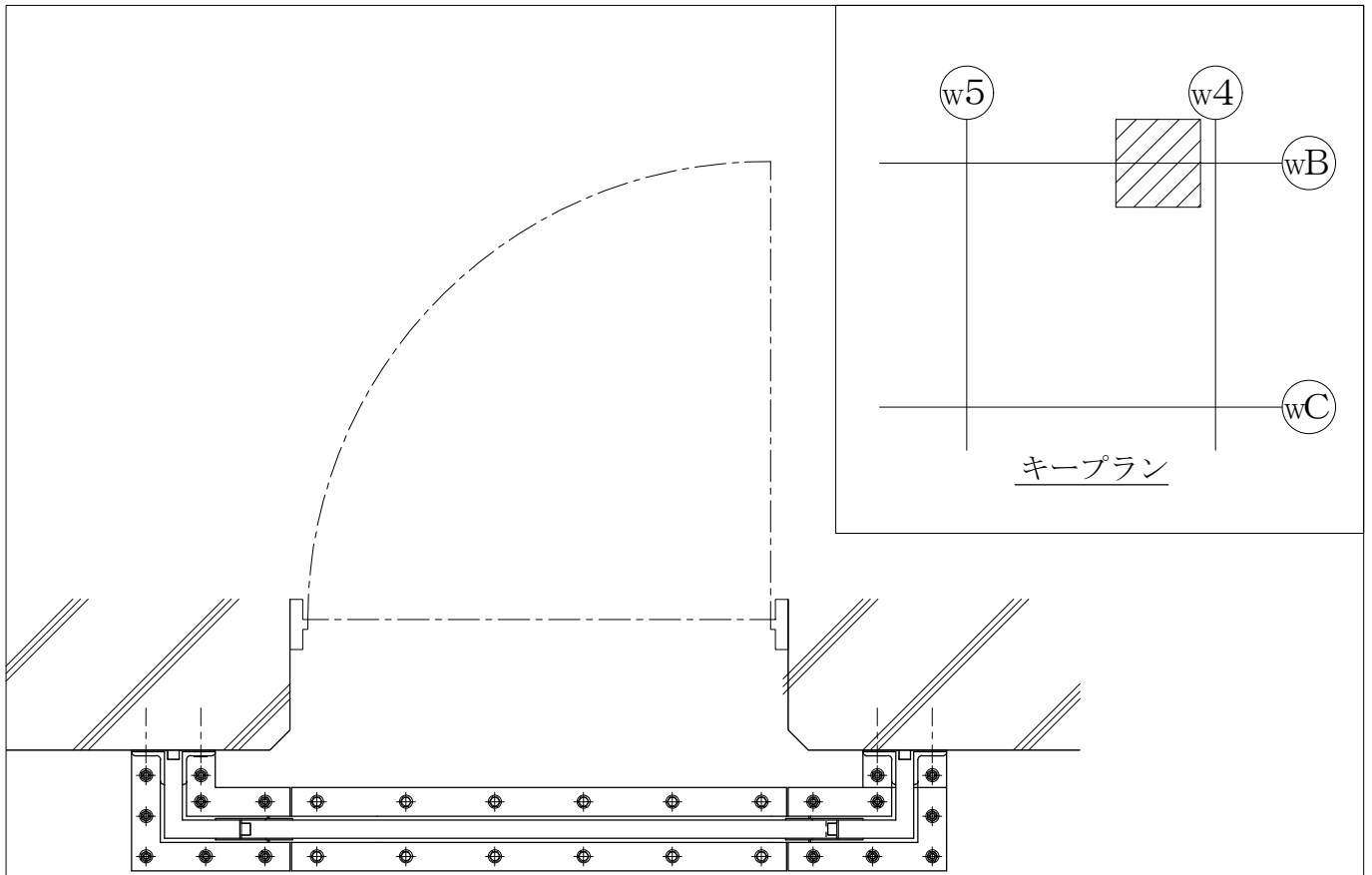


↑
A～A断面図

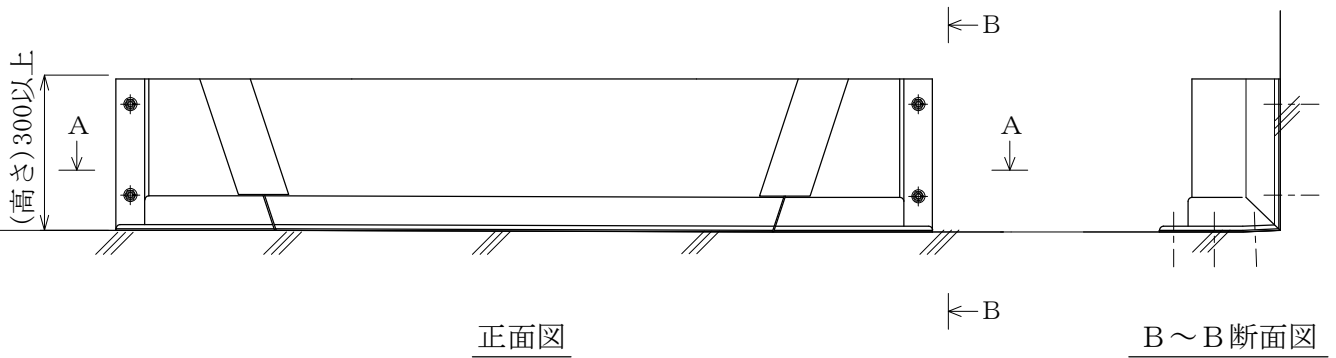


注：寸法はmmを示す。

工事計画認可申請	第9-4-2-2-6-76図
島根原子力発電所 第2号機	
名称	廃棄物処理建物 1階 中央制御室横 会議室浸水防止堰(運転員控室側)構造図
中国電力株式会社	



A~A断面図

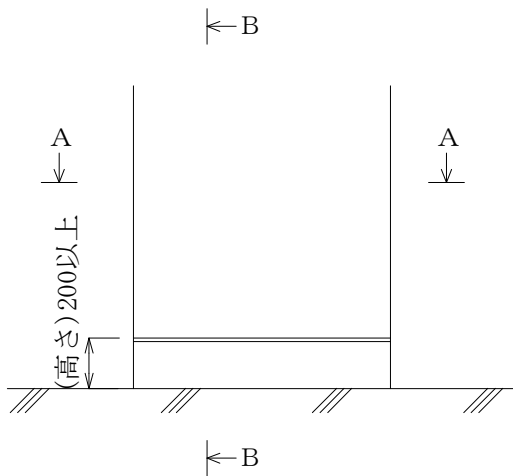
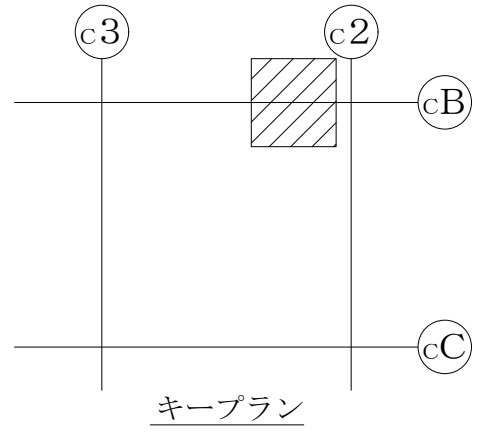


注：寸法はmmを示す。

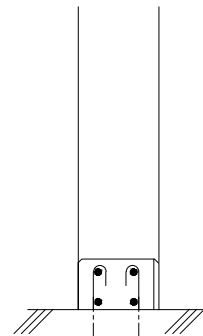
工事計画認可申請	第9-4-2-2-6-77図
島根原子力発電所 第2号機	
名称	廃棄物処理建物 1階 中央制御室横 会議室浸水防止堰(予備室側)構造図
中国電力株式会社	



↑
A~A断面図



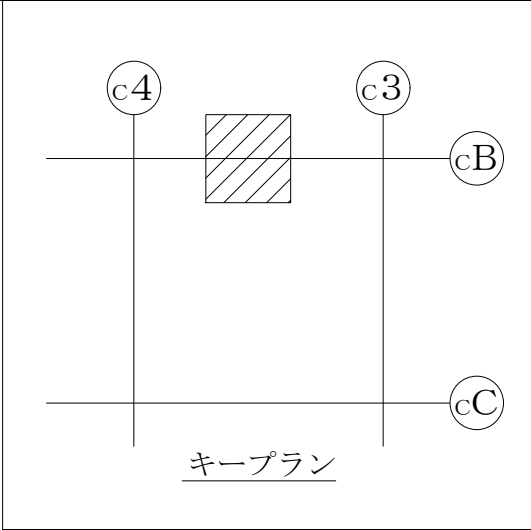
正面図



B~B断面図

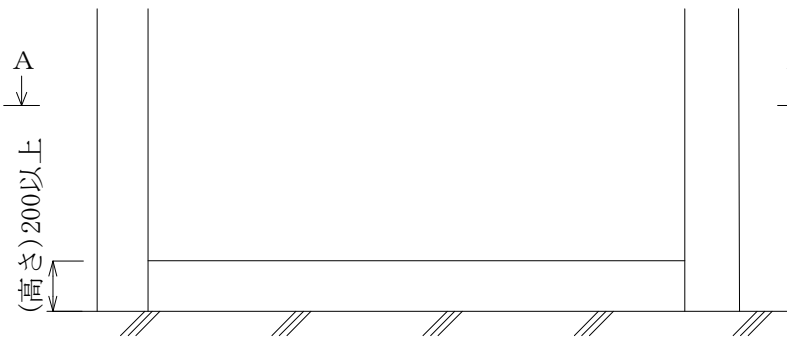
注：寸法はmmを示す。

工事計画認可申請	第9-4-2-2-6-78図
島根原子力発電所 第2号機	
名称	<div style="border: 2px solid black; width: 100%; height: 20px;"></div>
中国電力株式会社	



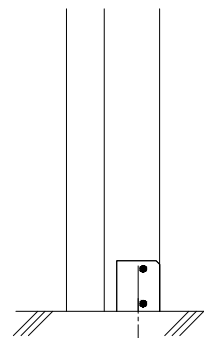
↑
A~A断面図

←B



←B

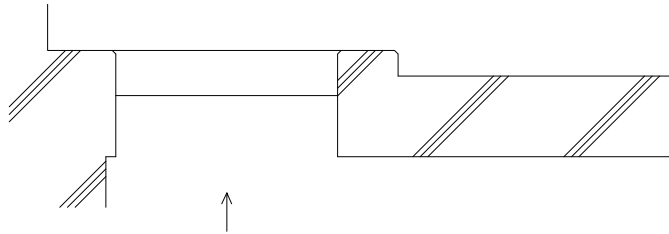
正面図



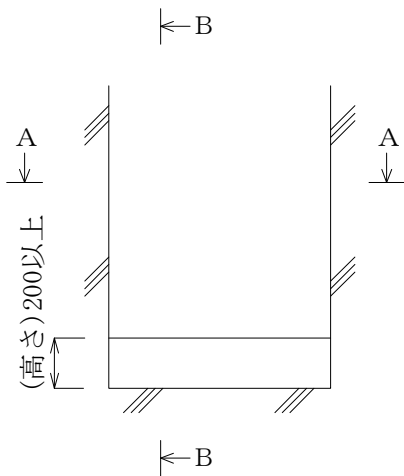
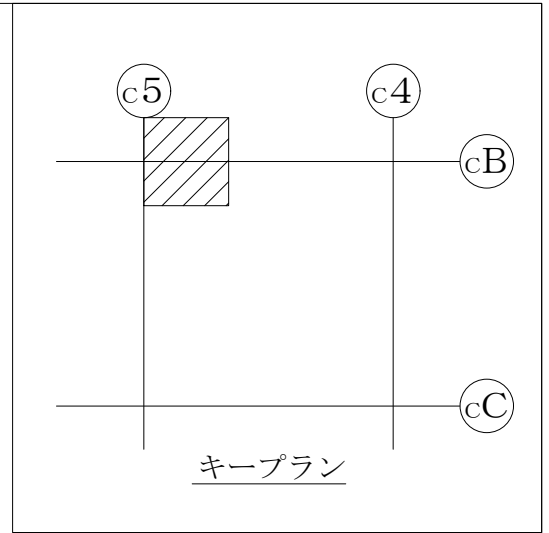
B~B断面図

注：寸法はmmを示す。

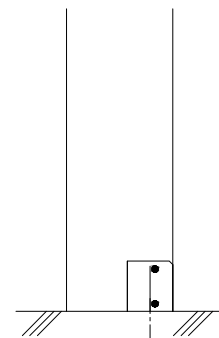
工事計画認可申請	第9-4-2-2-6-79 図
島根原子力発電所 第2号機	
名称	<div style="border: 2px solid black; width: 100%; height: 20px;"></div>
中国電力株式会社	



A~A断面図



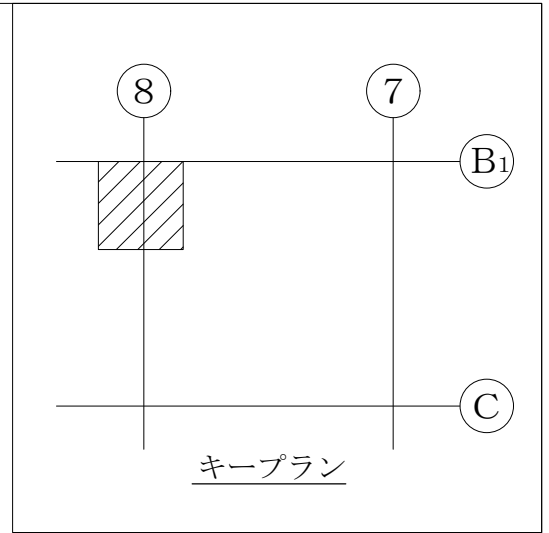
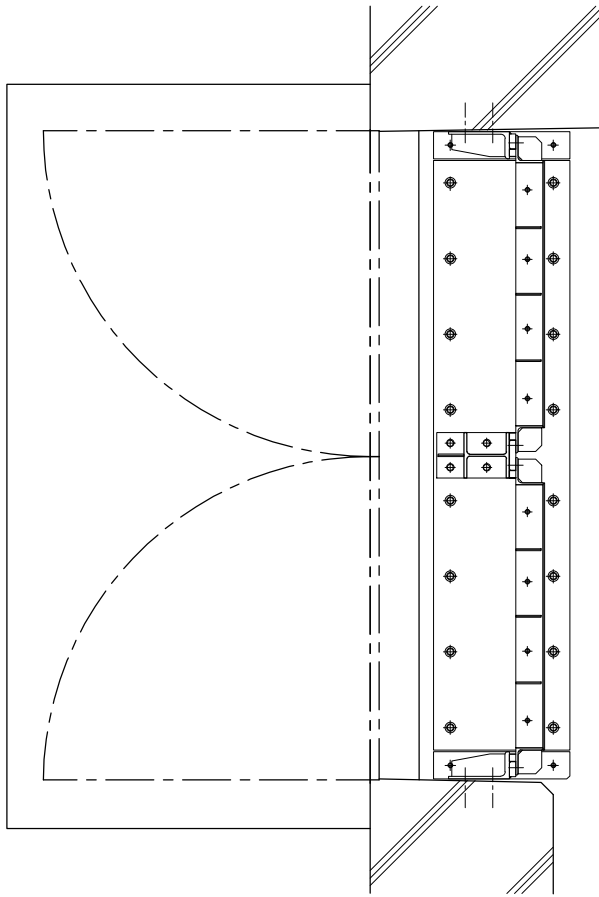
正面図



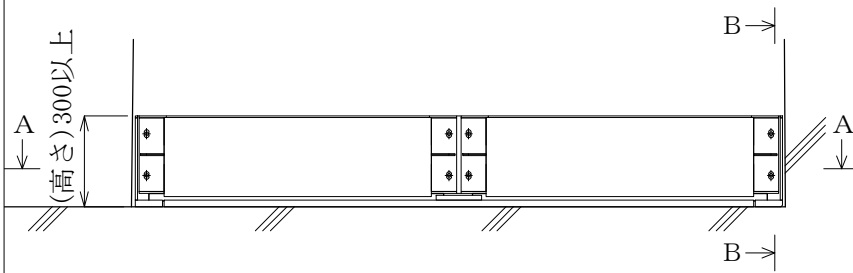
B~B断面図

注：寸法はmmを示す。

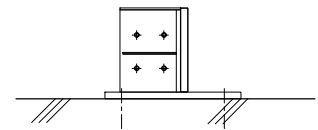
工事計画認可申請	第9-4-2-2-6-80図
島根原子力発電所 第2号機	
名称	<div style="border: 2px solid black; width: 100%; height: 20px;"></div>
中国電力株式会社	



A~A断面図



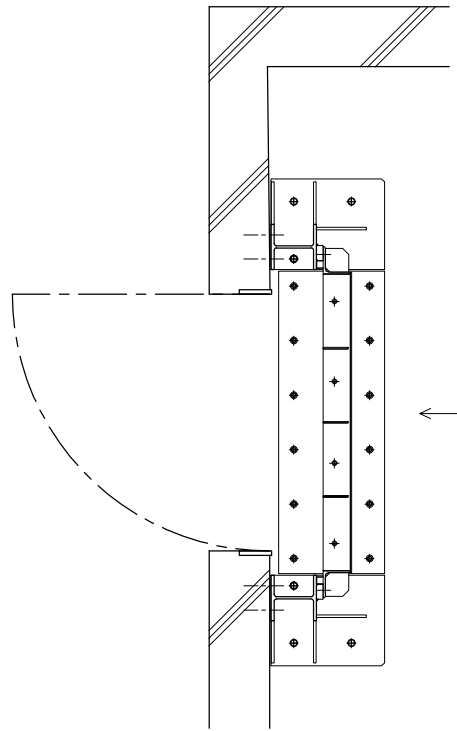
正面図



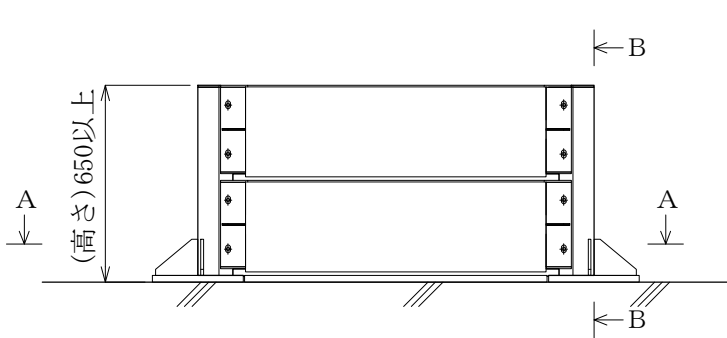
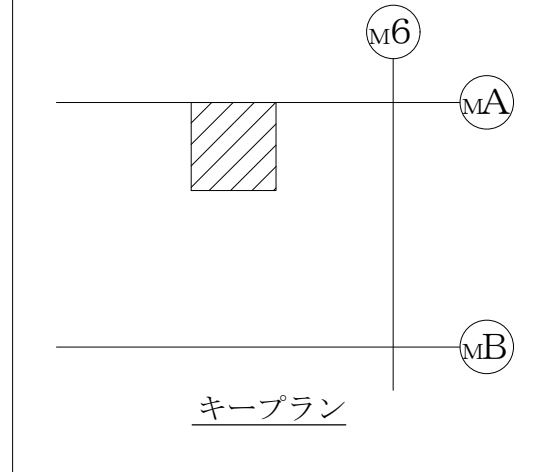
B~B断面図

注：寸法はmmを示す。

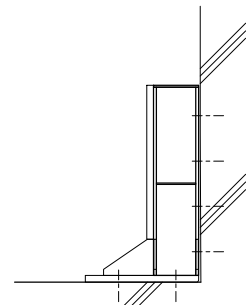
工事計画認可申請	第 9-4-2-2-6-81 図
島根原子力発電所 第 2 号機	
名称	サイトバンカ建物 1階 排風機室北側浸水防止堰構造図
中国電力株式会社	



A~A断面図



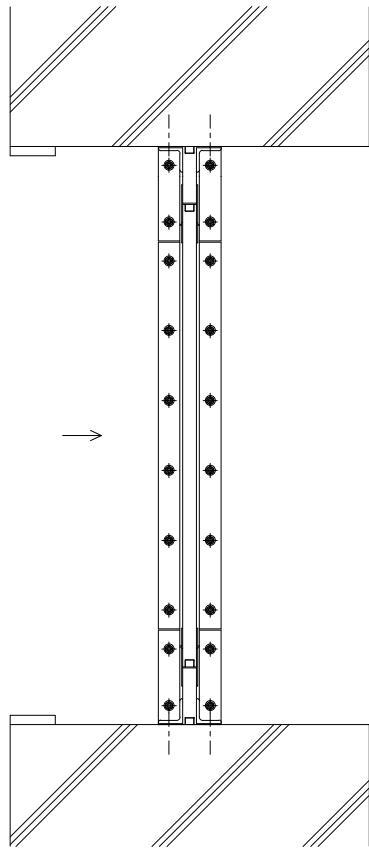
正面図



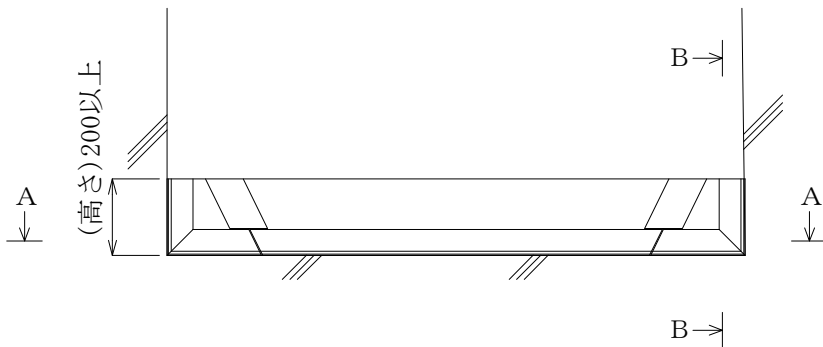
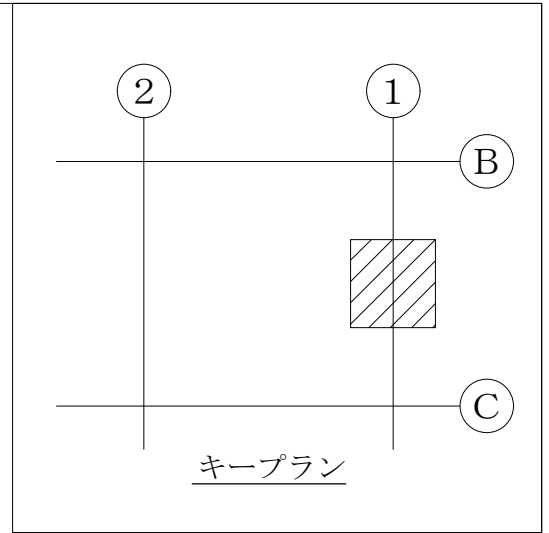
B~B断面図

注：寸法はmmを示す。

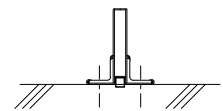
工事計画認可申請	第9-4-2-2-6-82図
島根原子力発電所 第2号機	
名称	サイトバンカ建物 1階 北西側階段室浸水防止堰構造図
中国電力株式会社	



A~A断面図



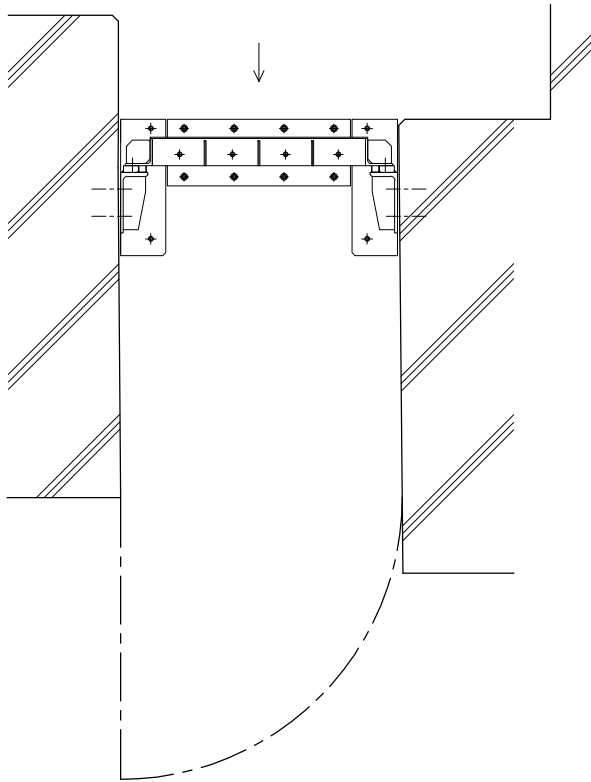
正面図



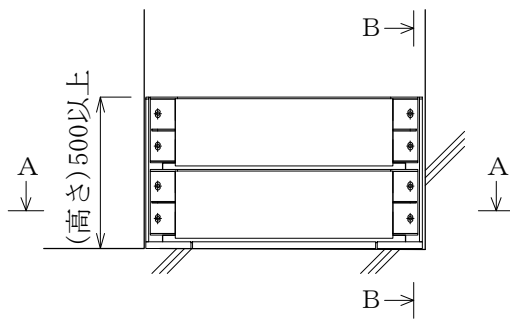
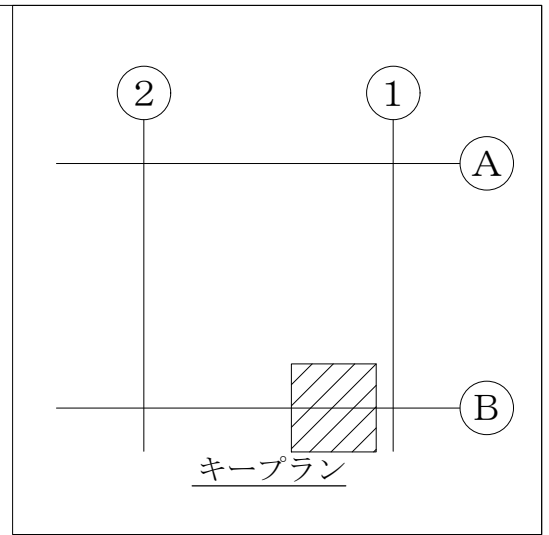
B~B断面図

注：寸法はmmを示す。

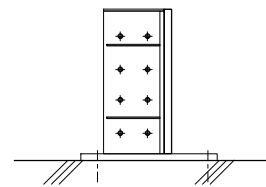
工事計画認可申請	第9-4-2-2-6-83図
島根原子力発電所 第2号機	
名称	サイトバンカ建物 1階 建物出入口浸水防止堰構造図
中国電力株式会社	



A~A断面図



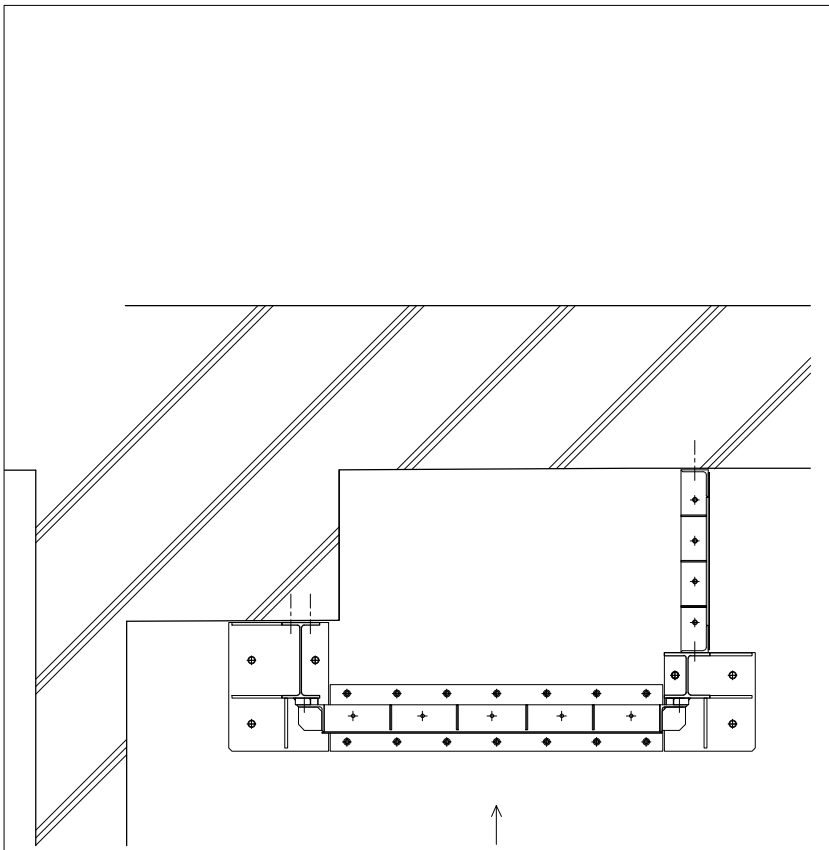
正面図



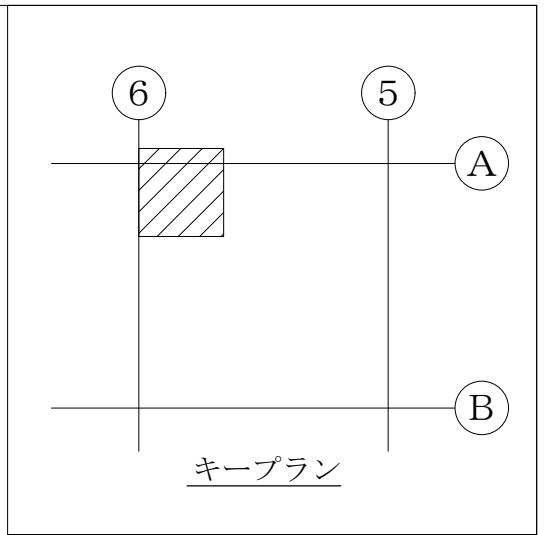
B~B断面図

注：寸法はmmを示す。

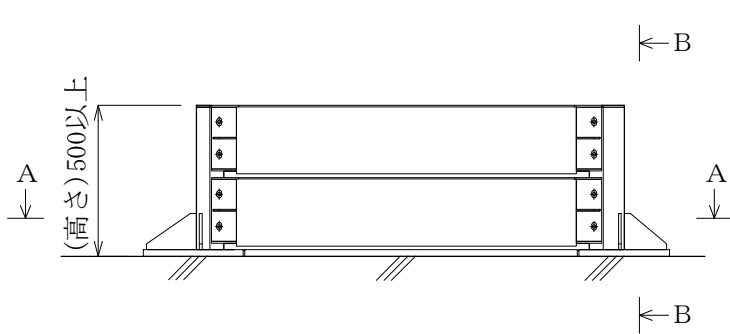
工事計画認可申請	第9-4-2-2-6-84 図
島根原子力発電所 第2号機	
名称	サイトバンカ建物 2階 プリコート室浸水防止堰構造図
中国電力株式会社	



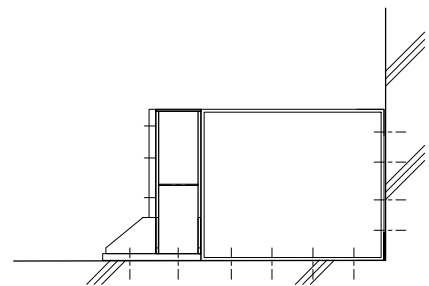
A~A断面図



キープラン



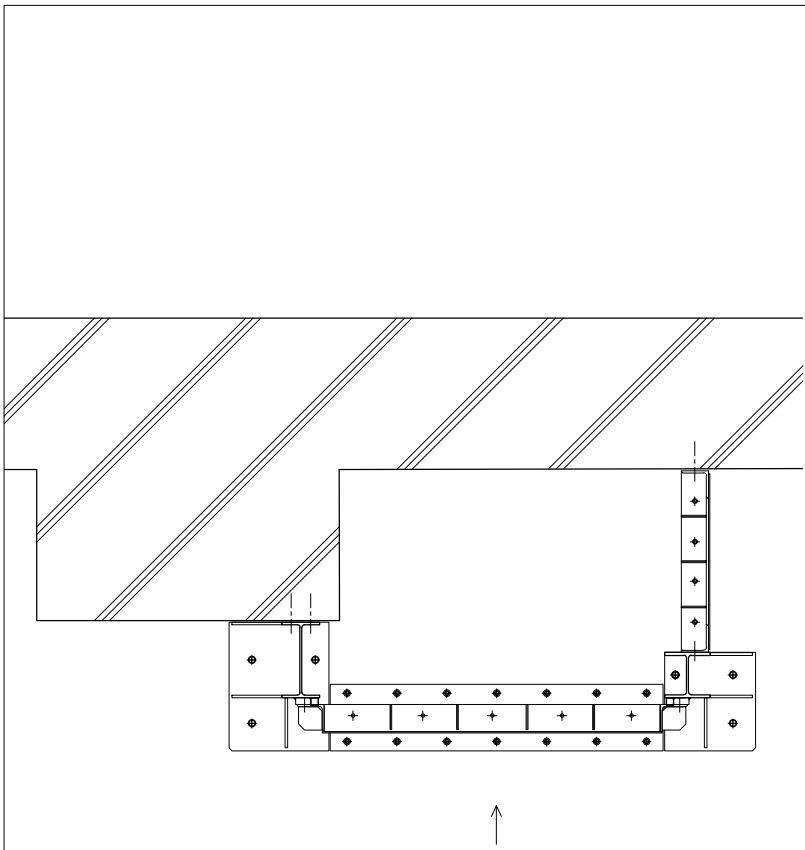
正面図



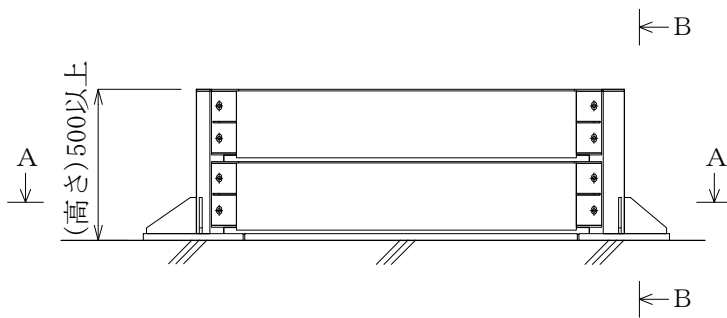
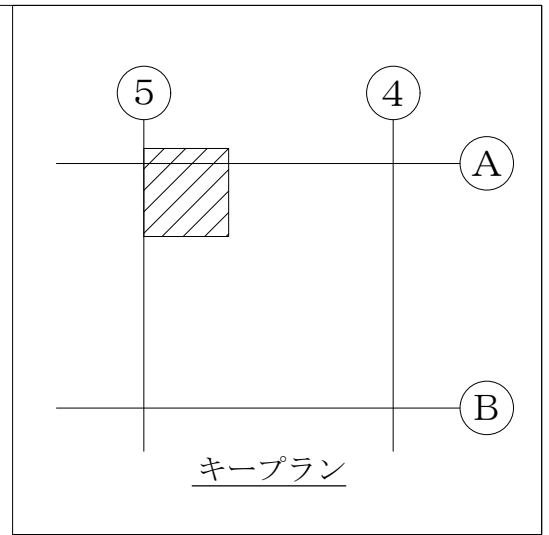
B~B断面図

注：寸法はmmを示す。

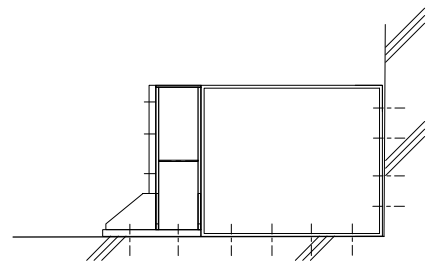
工事計画認可申請	第9-4-2-2-6-85図
島根原子力発電所 第2号機	
名称	サイトバンカ建物 3階 固体廃棄物貯蔵プール室北東側浸水防止堰構造図
中国電力株式会社	



A~A断面図



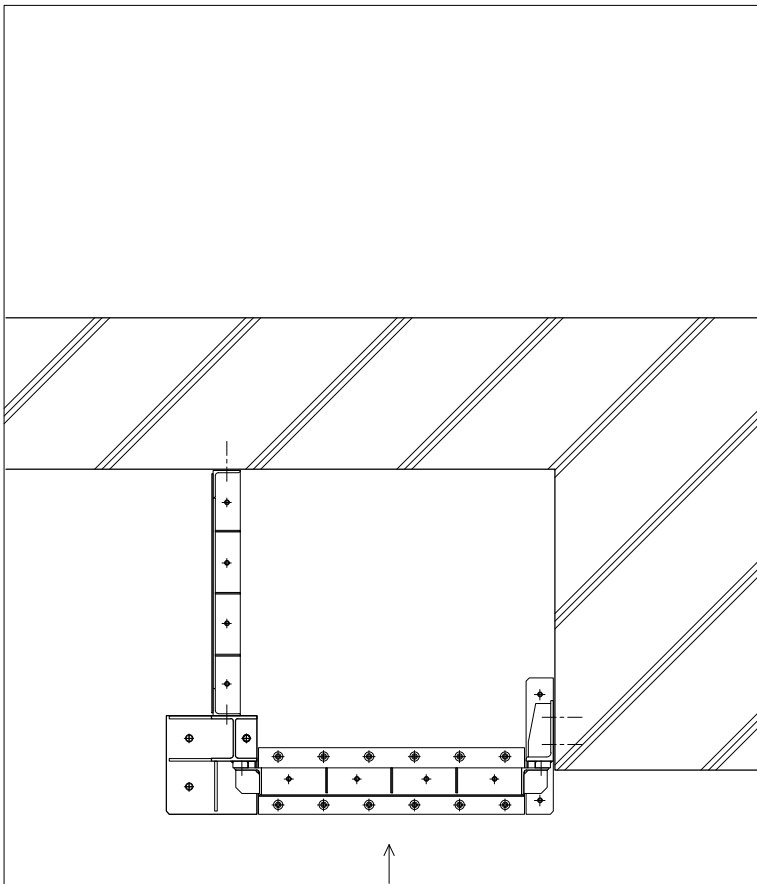
正面図



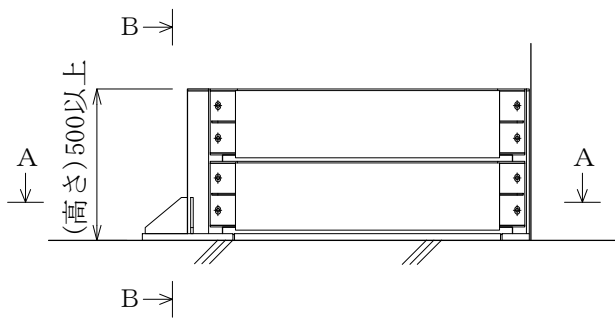
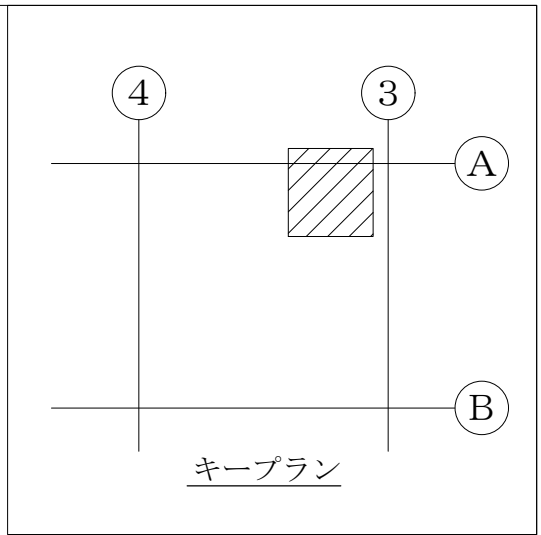
B~B断面図

注：寸法はmmを示す。

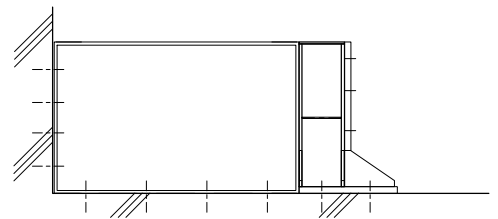
工事計画認可申請	第9-4-2-2-6-86 図
島根原子力発電所 第2号機	
名称	サイトバンカ建物 3階 固体廃棄物貯蔵プール室東側浸水防止堰構造図
中国電力株式会社	



A~A断面図



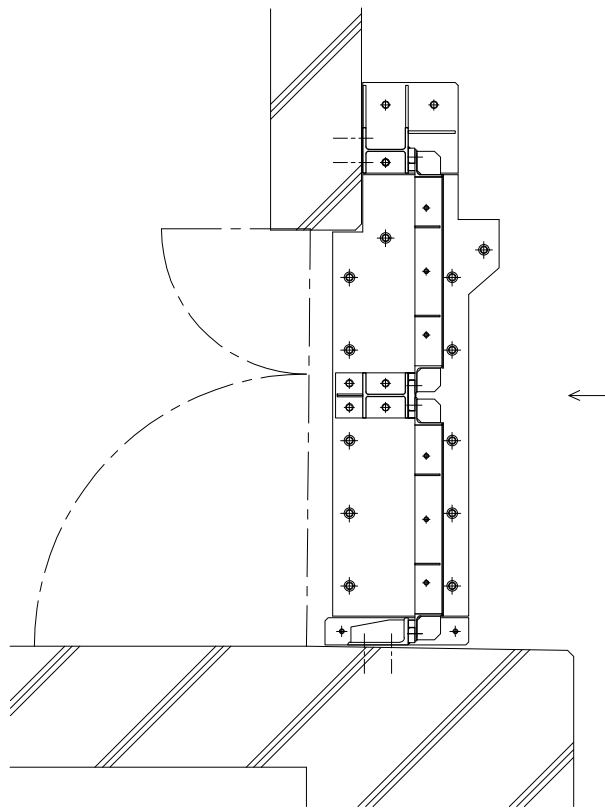
正面図



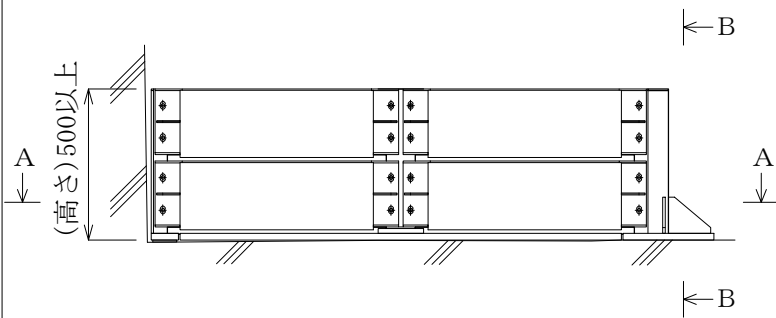
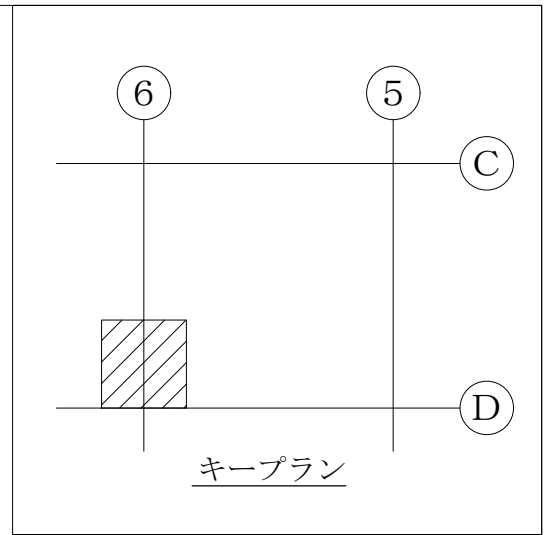
B~B断面図

注：寸法はmmを示す。

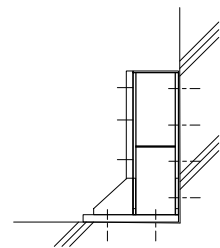
工事計画認可申請	第9-4-2-2-6-87図
島根原子力発電所 第2号機	
名称	サイトバンカ建物 3階 固体廃棄物貯蔵プール室南東側浸水防止堰構造図
中国電力株式会社	



A~A断面図



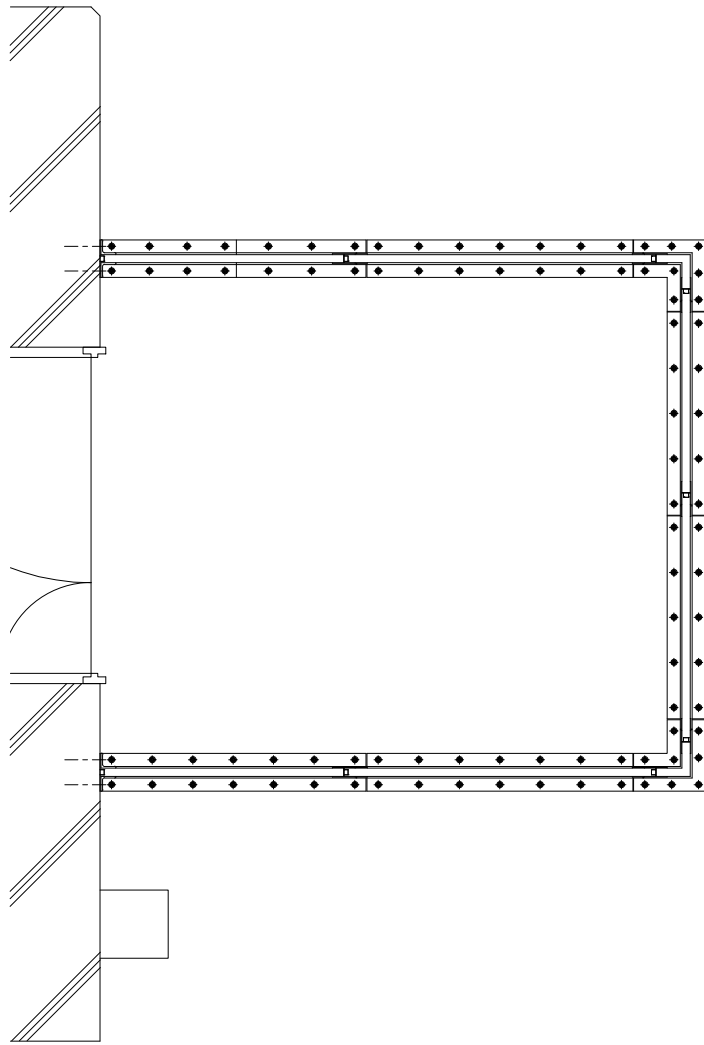
正面図



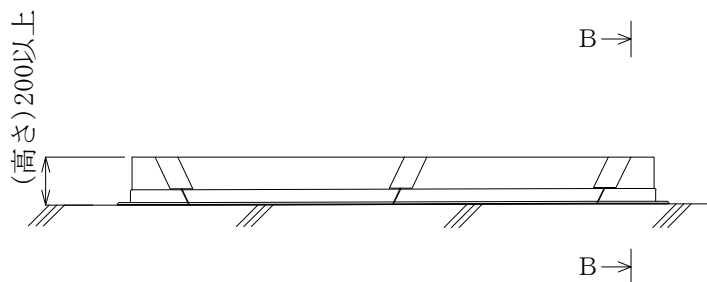
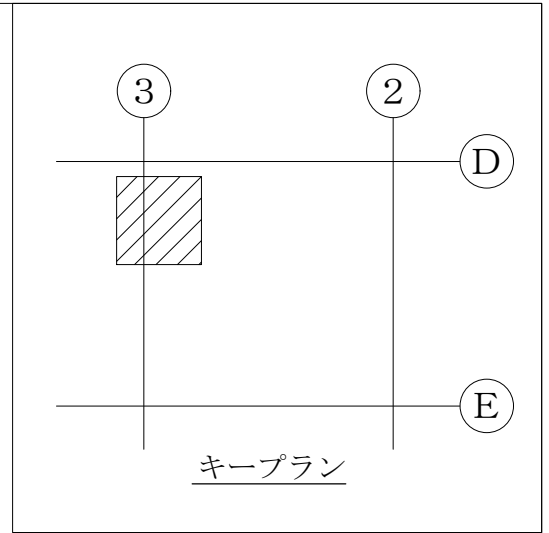
B~B断面図

注：寸法はmmを示す。

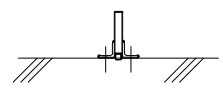
工事計画認可申請	第9-4-2-2-6-88図
島根原子力発電所 第2号機	
名称	サイトバンカ建物 3階 固体廃棄物貯蔵プール室北西側浸水防止堰構造図
中国電力株式会社	



A～A断面図



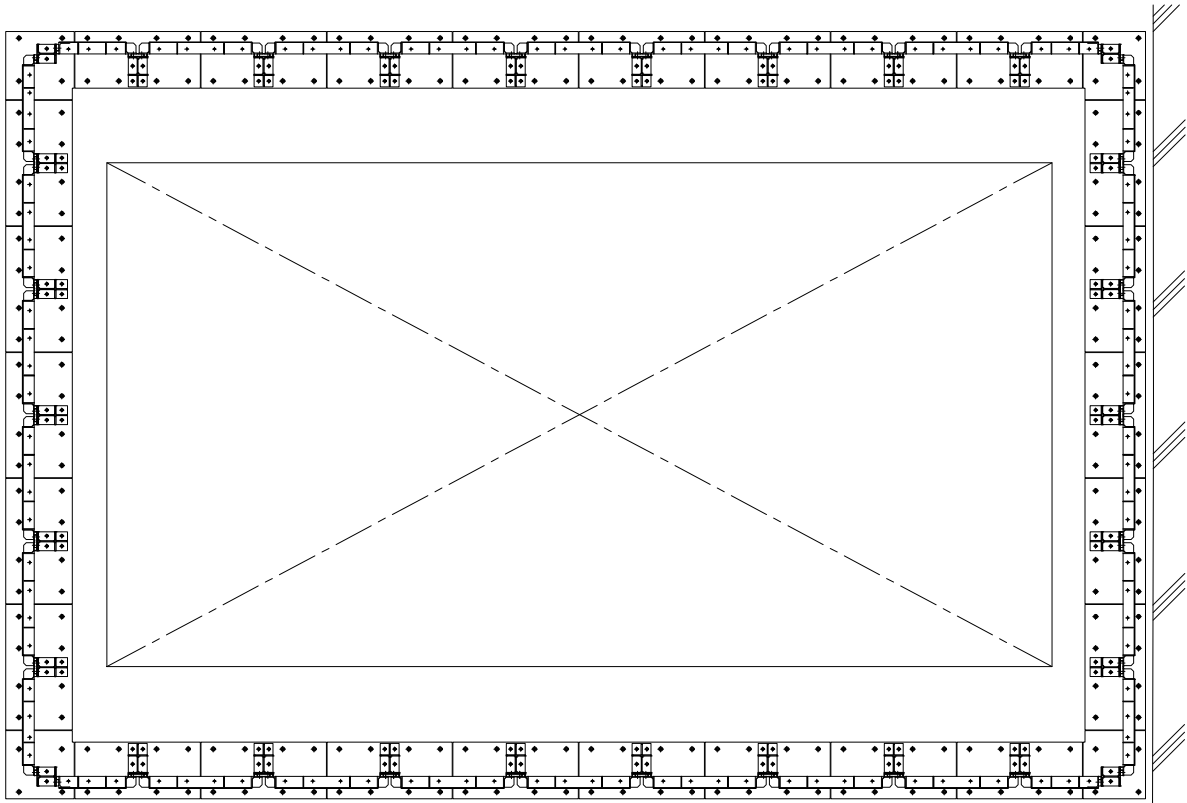
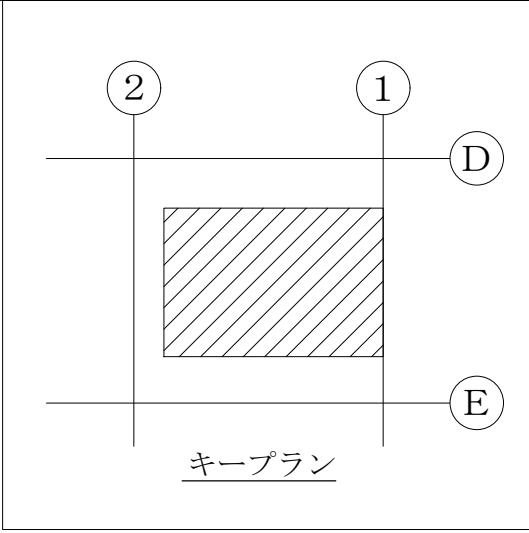
正面図



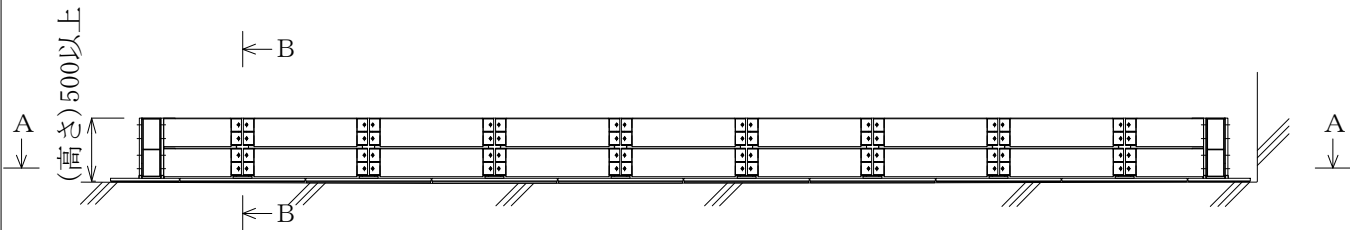
B～B断面図

注：寸法はmmを示す。

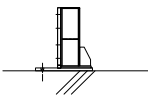
工事計画認可申請	第9-4-2-2-6-89 図
島根原子力発電所 第2号機	
名称	サイトバンカ建物 3階 固体廃棄物貯蔵プール室南西側浸水防止堰構造図
中国電力株式会社	



A~A断面図



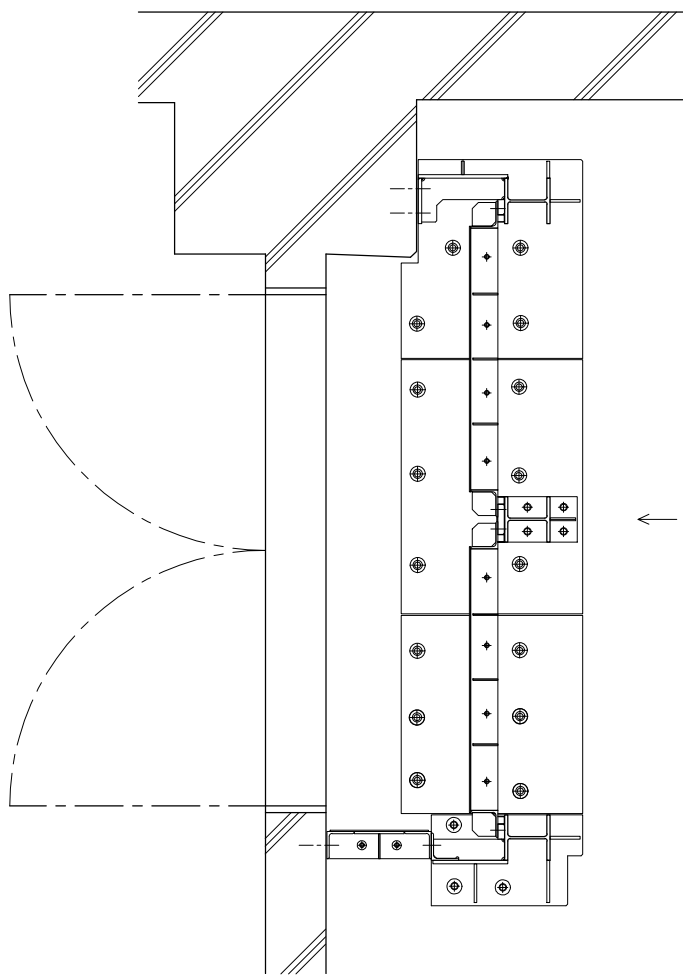
正面図



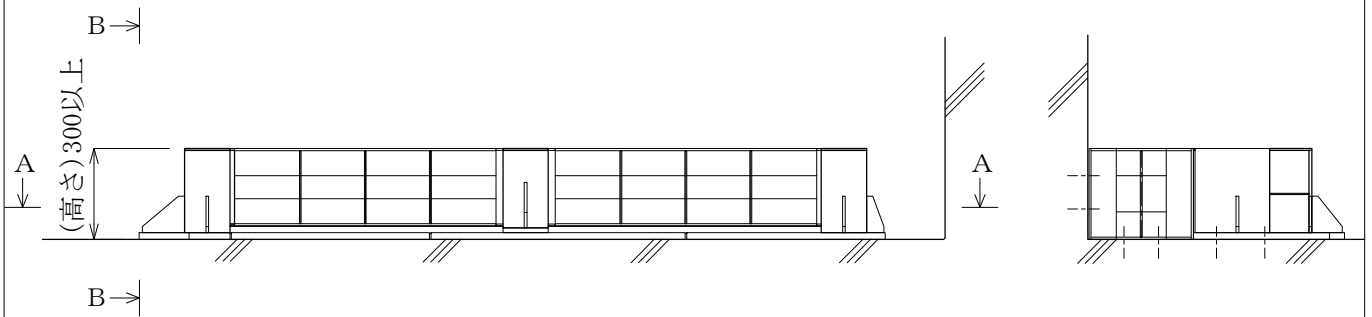
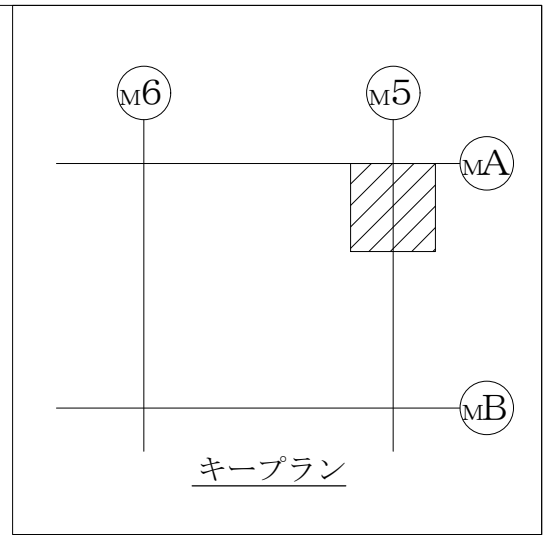
B~B断面図

注：寸法はmmを示す。

工事計画認可申請	第9-4-2-2-6-90 図
島根原子力発電所 第2号機	
名称	サイトバンカ建物 3階 固体廃棄物貯蔵プール室機器搬入口浸水防止堰構造図
中国電力株式会社	



A~A断面図

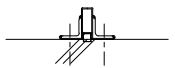
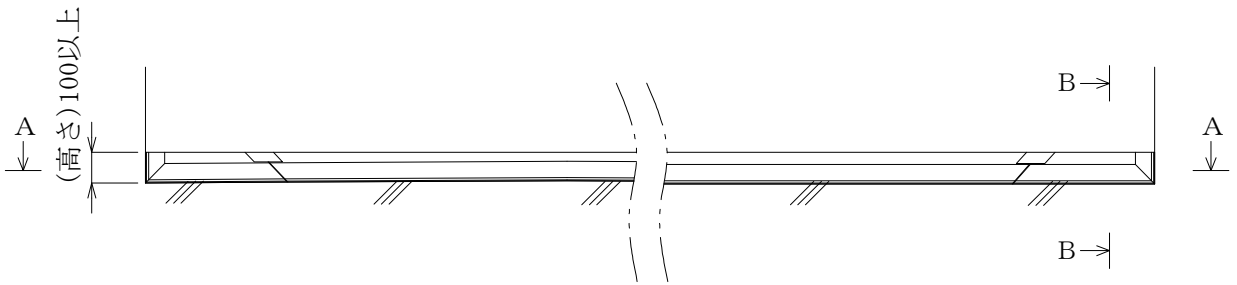
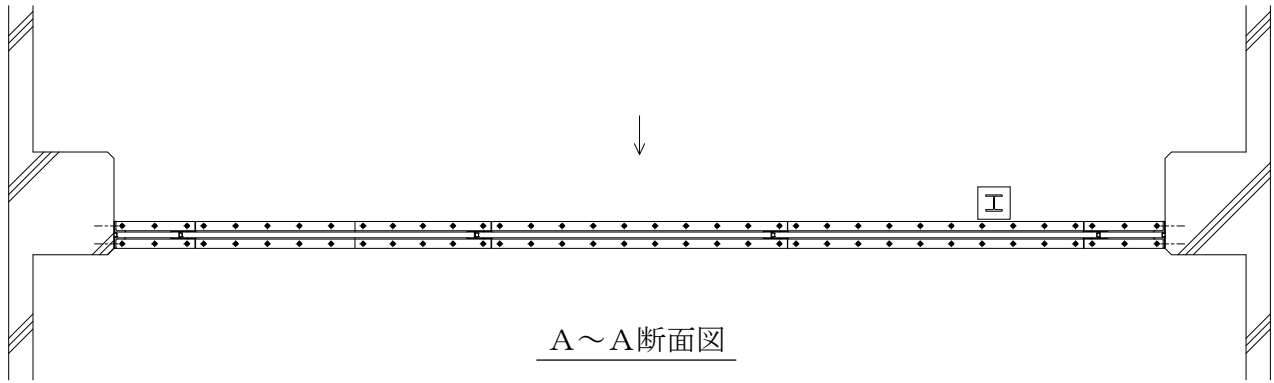
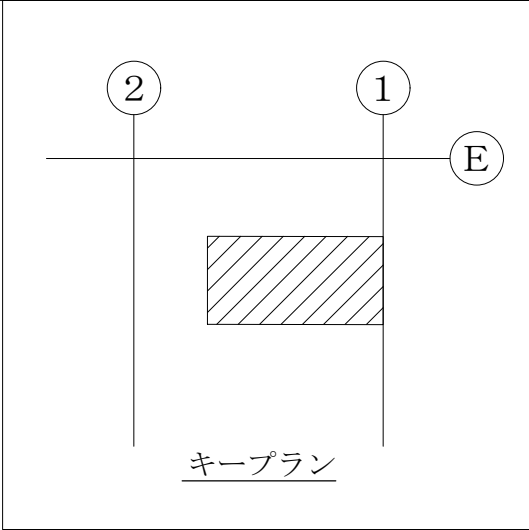


正面図

B~B断面図

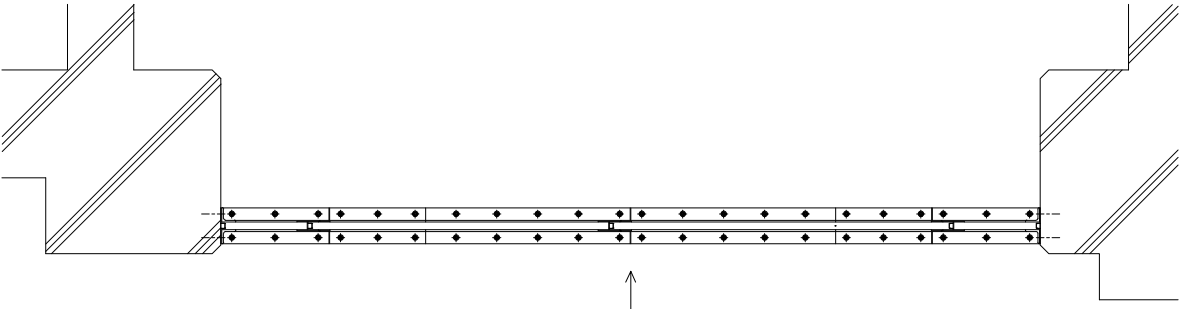
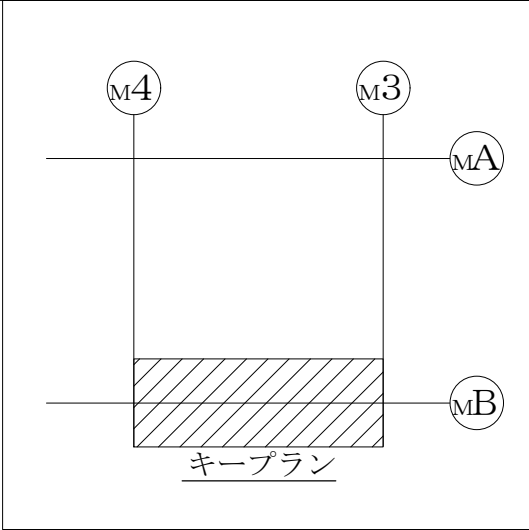
注：寸法はmmを示す。

工事計画認可申請		第 9-4-2-2-6-91 図
島根原子力発電所 第 2 号機		
名 称	サイトバンカ建物 3階 溶融物搬入機室浸水防止堰構造図	
中国電力株式会社		

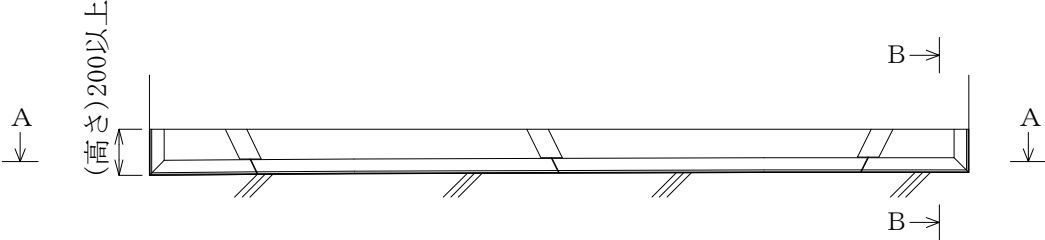


注：寸法はmmを示す。

工事計画認可申請	第9-4-2-2-6-92 図
島根原子力発電所 第2号機	
名称	サイトバンカ建物 1階 南側大物搬入口浸水防止堰構造図
中国電力株式会社	



A~A断面図



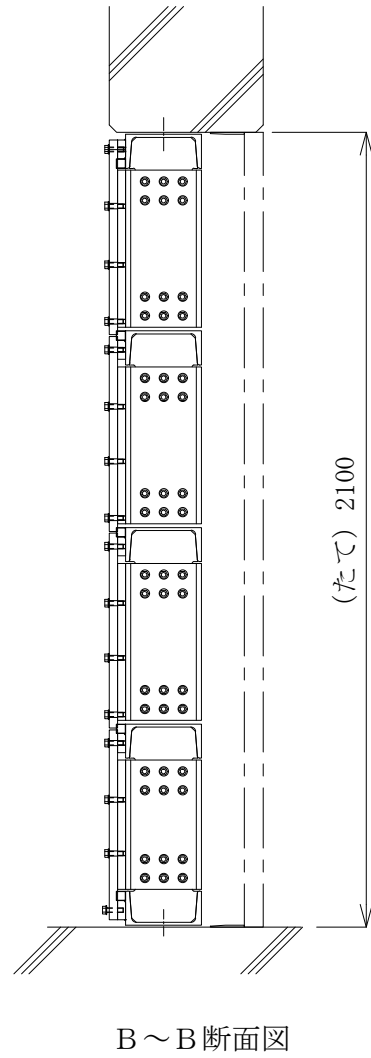
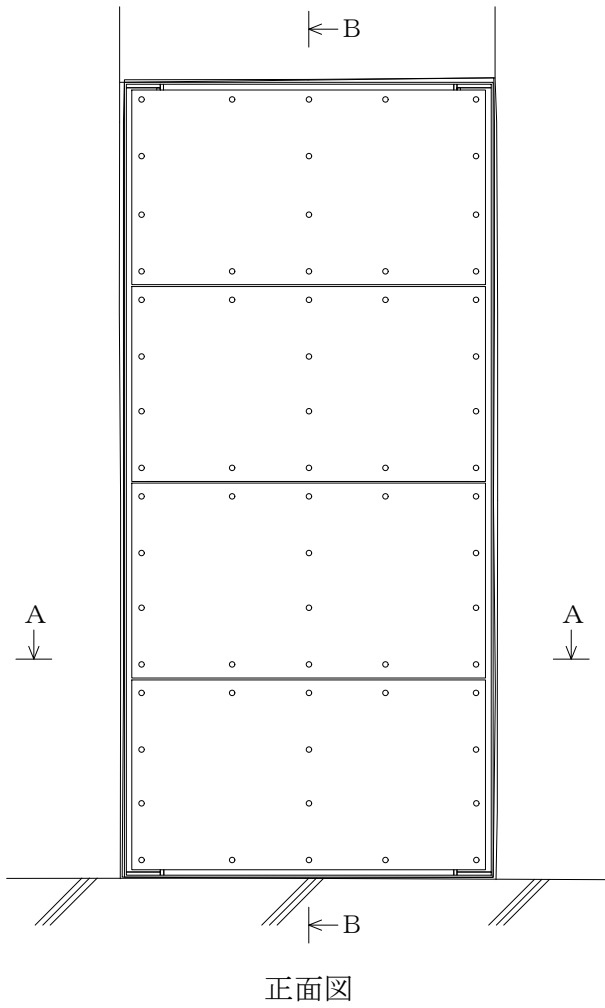
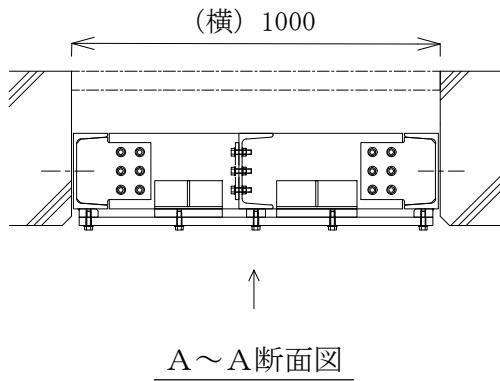
正面図



B~B断面図

注：寸法はmmを示す。

工事計画認可申請	第9-4-2-2-6-93図
島根原子力発電所 第2号機	
名称	サイトバンカ建物 1階 北側大物搬入口浸水防止堰構造図
中国電力株式会社	



注1：寸法はmmを示す。
 注2：特記なき寸法は公称値を示す。

工事計画認可申請		第 9-4-2-2-8-7 図
島根原子力発電所 第2号機		
名称	原子炉建物 3階 新燃料検査台ピット室防水板構造図	
中国電力株式会社		

第 9-4-2-2-8-7 図 原子炉建物 3 階 新燃料検査台ピット室防水板構造図 別紙

工事計画記載の公称値の許容範囲

原子炉建物 3 階 新燃料検査台ピット室防水板

主要寸法 (mm)		許容差	根拠
た て	2100	±60 mm	J A S S 5 N コンクリート部材の位置及び断面寸法の許容差の標準値
横	1000	±40 mm	

注：主要寸法は、工事計画記載の公称値を示す。