

### 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-2-6-7-3-1-1 衛星電話設備（固定型）（中央制御室）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、衛星電話設備（固定型）（中央制御室）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。

衛星電話設備（固定型）（中央制御室）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構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、衛星電話設備（固定型）（中央制御室）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

衛星電話設備（固定型）（中央制御室）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>電話機取付用パネルは、 取付ボルトにて電話台に 固定する。 電話台は、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>The diagram shows two views of a telephone cabinet. The side view (left) shows a cabinet with a width of 800 mm and a height of 715 mm. It is mounted on a base labeled '床' (floor) with '基礎ボルト (ケミカルアンカ)' (foundation bolts (chemical anchors)). The front view (right) shows a cabinet with a width of 500 mm, divided into two columns. Each column has two panels labeled '電話機取付用パネル' (telephone mounting panels). The panels are secured with '取付ボルト' (mounting bolts). The entire cabinet is supported by '基礎ボルト (ケミカルアンカ)' (foundation bolts (chemical anchors)).</p> <p>(側面図) (正面図)</p> <p>(単位：mm)</p>

### 3. 固有周期

#### 3.1 固有周期の確認

衛星電話設備（固定型）（中央制御室）の固有周期は、正弦波掃引試験により確認する。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。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)

衛星電話設備（固定型） （中央制御室）	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

衛星電話設備（固定型）（中央制御室）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

衛星電話設備（固定型）（中央制御室）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

衛星電話設備（固定型）（中央制御室）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

衛星電話設備（固定型）（中央制御室）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【衛星電話設備（固定型）（中央制御室）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	衛星電話設備（固定型） （中央制御室）	常設／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／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

\*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 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
IV <sub>A</sub> S	1.5・f <sub>t</sub> *	1.5・f <sub>s</sub> *
V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> SとしてIV <sub>A</sub> 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 <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	X5CrNiMo 17-12-2 +C700 (DIN EN 10088-3)		40	200	500	—

## 5. 機能維持評価

### 5.1 電氣的機能維持評価方法

衛星電話設備（固定型）（中央制御室）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。

衛星電話設備（固定型）（中央制御室）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/s<sup>2</sup>)

機器名称	方向	機能確認済加速度
衛星電話設備（固定型） （中央制御室）	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

衛星電話設備（固定型）（中央制御室）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。

【衛星電話設備（固定型）（中央制御室）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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		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	
衛星電話設備（固定型） （中央制御室）	常設／防止 常設／緩和	制御室建物 EL 16.9* <sup>1</sup>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	—	—	C <sub>H</sub> =3.41* <sup>2</sup>	C <sub>V</sub> =1.58* <sup>2</sup>	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<sub>s</sub>）

1.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)
基礎ボルト (i=1)	<input type="text"/>	358	10 (M10)	78.54	6	200	500

部材	ℓ <sub>1 i</sub> * (mm)	ℓ <sub>2 i</sub> * (mm)	n <sub>f i</sub> * (mm)	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト (i=1)	222	226	3	—	240	—	長辺方向
	205	295	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 <sub>b i</sub>		Q <sub>b i</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	X5CrNiMo 17-12-2 +C700 (DIN EN 10088-3)	引張	—	—	$\sigma_{b1}=17$	$f_{ts1}=144^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=7$	$f_{sb1}=110$

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

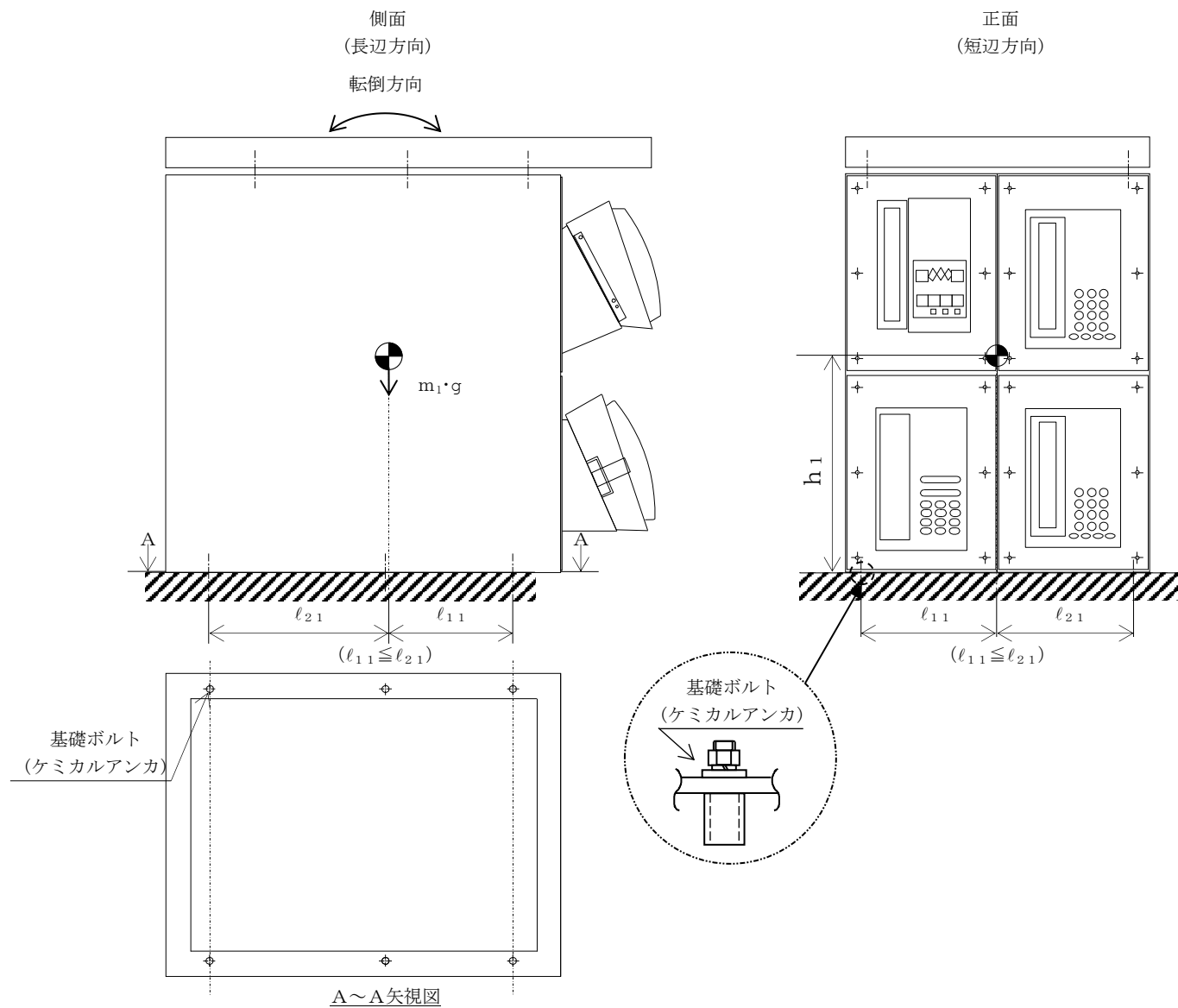
すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

		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) (中央制御室)	水平方向	2.84	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.32	<input type="text"/>

注記\*: 設計用震度 II (基準地震動 S<sub>s</sub>) 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-2-6-7-3-1-2 衛星電話設備収納盤（中央制御室）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、衛星電話設備収納盤（中央制御室）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。

衛星電話設備収納盤（中央制御室）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構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

なお、衛星電話設備収納盤（中央制御室）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

衛星電話設備収納盤（中央制御室）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>衛星電話設備収納盤（中央制御室）は、取付ボルトにてチャンネルベースに固定する。</p> <p>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>(正面図)</p> <p>(側面図)</p> <p>(単位：mm)</p>

### 3. 固有周期

#### 3.1 固有周期の確認

衛星電話設備収納盤（中央制御室）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)

衛星電話設備収納盤 (中央制御室) (2-1247)	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

衛星電話設備収納盤（中央制御室）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

衛星電話設備収納盤（中央制御室）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

衛星電話設備収納盤（中央制御室）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

衛星電話設備収納盤（中央制御室）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【衛星電話設備収納盤（中央制御室）(2-1247)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	衛星電話設備収納盤 (中央制御室)	常設／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／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

\*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 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
IV <sub>A</sub> S		
V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> SとしてIV <sub>A</sub> Sの許容限界を用いる。)	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

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 (重大事故等対処設備)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	X5CrNiMo 17-12-2 +C700 (DIN EN 10088-3)	周囲環境温度	40	200	500	—
取付ボルト	NCH8R	周囲環境温度	40	320	400	—

## 5. 機能維持評価

### 5.1 電氣的機能維持評価方法

衛星電話設備収納盤（中央制御室）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。

衛星電話設備収納盤（中央制御室）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/s<sup>2</sup>)

機器名称	方向	機能確認済加速度
衛星電話設備収納盤（中央制御室） (2-1247)	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

衛星電話設備収納盤（中央制御室）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。

【衛星電話設備収納盤（中央制御室）（2-1247）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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		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	
衛星電話設備収納盤 (中央制御室) (2-1247)	常設/防止 常設/緩和	原子炉建物 EL 34.8*1	□	□	—	—	C <sub>H</sub> =2.25*2	C <sub>V</sub> =2.39 *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<sub>s</sub>）を上回る設計震度

1.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)
基礎ボルト (i=1)	□	523	12 (M12)	113.1	6	200	500
取付ボルト (i=2)	□	473	12 (M12)	113.1	6	320	400

部材	ℓ <sub>1 i</sub> * (mm)	ℓ <sub>2 i</sub> * (mm)	n <sub>f i</sub> *	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト (i=1)	113	147	3	—	240	—	短辺方向
	392	508	2				
取付ボルト (i=2)	128	162	3	—	280	—	短辺方向
	442	558	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 <sub>b i</sub>		Q <sub>b i</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	X5CrNiMo 17-12-2 +C700 (DIN EN 10088-3)	引張	—	—	$\sigma_{b1}=39$	$f_{ts1}=144^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=9$	$f_{sb1}=110$
取付ボルト (i=2)	NCH8R	引張	—	—	$\sigma_{b2}=30$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=8$	$f_{sb2}=161$

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

すべて許容応力以下である。

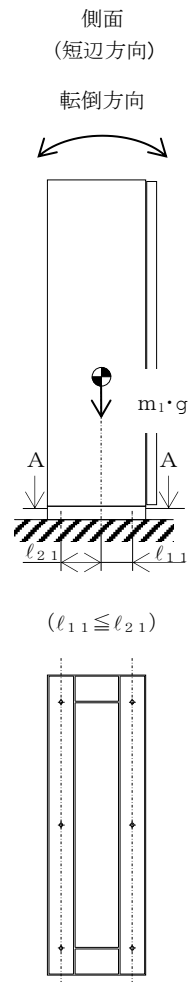
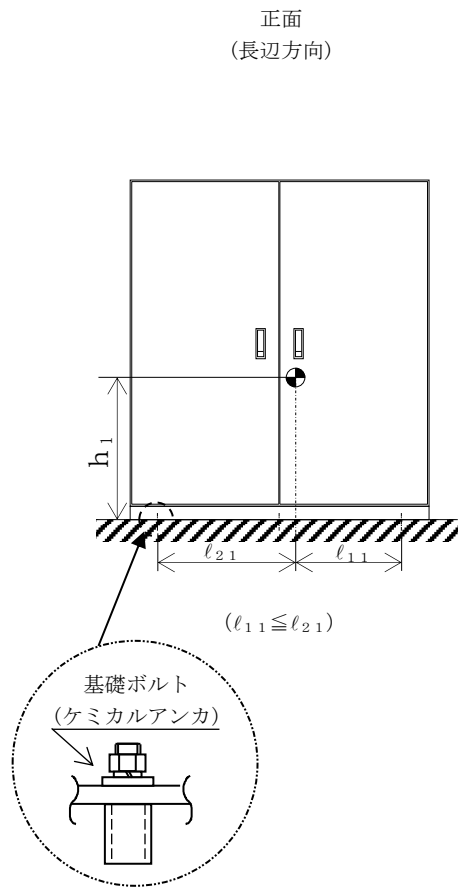
1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

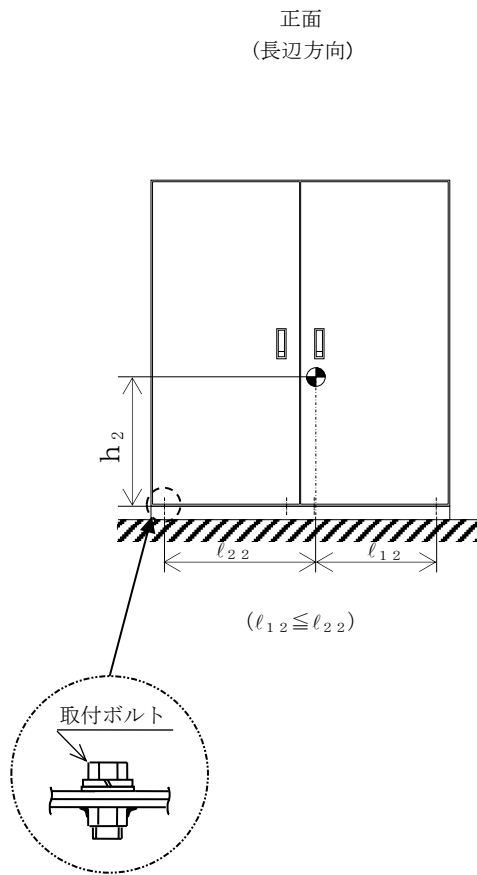
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
衛星電話設備収納盤 (中央制御室) (2-1247)	水平方向	1.73	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.98	<input type="text"/>

注記\*：設計用震度 II (基準地震動 S<sub>s</sub>) 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



B~B矢视图

VI-2-6-7-3-1-3 衛星電話設備用アンテナ（中央制御室）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 固有値解析方法	9
4.2 解析モデル及び諸元	9
4.3 固有値解析結果	10
5. 構造強度評価	12
5.1 構造強度評価方法	12
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	12
5.3 設計用地震力	16
5.4 計算方法	17
5.5 計算条件	21
5.6 応力の評価	21
6. 機能維持評価	22
6.1 電氣的機能維持評価方法	22
7. 評価結果	23
7.1 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及び機能維持の設計方針に基づき、衛星電話設備用アンテナ（中央制御室）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。

衛星電話設備用アンテナ（中央制御室）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

衛星電話設備用アンテナ（中央制御室）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>衛星電話設備用アンテナ (中央制御室)は、取付 ボルトによりサポート鋼 材に固定する。 サポート鋼材は、基礎ボ ルトにより壁面に設置す る。</p>	<p>アンテナ</p>	<p>(正面図)</p> <p>(側面図)</p>
		(単位 : mm)

## 2.2 評価方針

衛星電話設備用アンテナ（中央制御室）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」にて示す衛星電話設備用アンテナ（中央制御室）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、衛星電話設備用アンテナ（中央制御室）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。

衛星電話設備用アンテナ（中央制御室）の耐震評価フローを図2-1に示す。

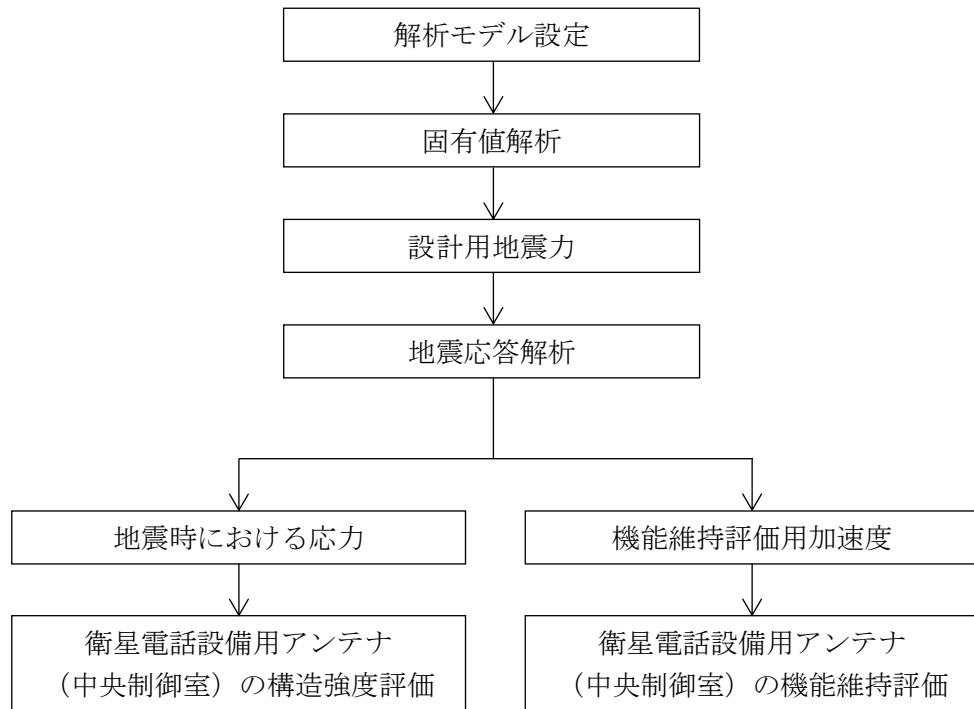


図2-1 衛星電話設備用アンテナ（中央制御室）の耐震評価フロー

### 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。)
- ・建築基準法・同施行令

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
$A_{b i}$	ボルトの軸断面積*	$\text{mm}^2$
$C_H$	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*	mm
$F_i^*$	設計・建設規格 SSB-3133に定める値*	MPa
$F_{b i}$	ボルトに作用する引張力（1本当たり）*	N
$F_{x i}$	サポート基礎部，アンテナ取付部に作用する力（x方向）*	N
$F_{y i}$	サポート基礎部，アンテナ取付部に作用する力（y方向）*	N
$F_{z i}$	サポート基礎部，アンテナ取付部に作用する力（z方向）*	N
$f_{s b i}$	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力*	MPa
$f_{t o i}$	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力*	MPa
$f_{t s i}$	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）	$\text{m/s}^2$
$l_{1 i}$	鉛直方向（z方向）におけるボルトからプレート端部までの最短距離の2倍*	mm
$l_{2 i}$	水平方向（y方向）におけるボルトからプレート端部までの最短距離の2倍*	mm
$l_{3 i}$	鉛直方向（ $l_{1 i}$ ）と水平方向（ $l_{2 i}$ ）の小さい方*	mm
$M_{x i}$	サポート基礎部，アンテナ取付部に作用するモーメント（x軸周り）*	$\text{N}\cdot\text{mm}$
$M_{y i}$	サポート基礎部，アンテナ取付部に作用するモーメント（y軸周り）*	$\text{N}\cdot\text{mm}$
$M_{z i}$	サポート基礎部，アンテナ取付部に作用するモーメント（z軸周り）*	$\text{N}\cdot\text{mm}$
$n_i$	引張力及びせん断力に耐えうるボルトの本数*	—
$n_{x i}$	$M_x$ の引張力に耐えうるボルトの本数*	—
$n_{y i}$	$M_y$ の引張力に耐えうるボルトの本数*	—
$n_{z i}$	$M_z$ の引張力に耐えうるボルトの本数*	—
$P_K$	風荷重	N
$P_S$	積雪荷重	N
$Q_{b i}$	ボルトに作用するせん断力（1本当たり）*	N
$S_{u i}$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値*	MPa
$S_{y i}$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値*	MPa
$S_{y i} (R T)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料の40℃における値*	MPa

記号	記号の説明	単位
W	アンテナの荷重	N
$\pi$	円周率	—
$\sigma_{bi}$	ボルトに生じる引張応力*	MPa
$\tau_{bi}$	ボルトに生じるせん断応力*	MPa

注記\* :  $A_{bi}$ ,  $d_i$ ,  $F_i^*$ ,  $F_{bi}$ ,  $f_{sbi}$ ,  $f_{toi}$ ,  $f_{tsi}$ ,  $l_{1i}$ ,  $l_{2i}$ ,  $l_{3i}$ ,  $M_{xi}$ ,  
 $M_{yi}$ ,  $M_{zi}$ ,  $n_i$ ,  $n_{fi}$ ,  $n_{xi}$ ,  $n_{yi}$ ,  $n_{zi}$ ,  $Q_{bi}$ ,  $S_{ui}$ ,  $S_{yi}$ ,  
 $S_{yi}(RT)$ ,  $\sigma_{bi}$ 及び $\tau_{bi}$ の添字*i*の意味は、以下のとおりとする。

$i = 1$  : 基礎ボルト

$i = 2$  : 取付ボルト

## 2.5 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 <sup>*1</sup>
速度圧	N/m <sup>2</sup>	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 <sup>*2</sup>
面積	mm <sup>2</sup>	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 <sup>*2</sup>
モーメント	N・mm	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 <sup>*2</sup>
力	N	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 <sup>*2</sup>
算出応力	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
許容応力 <sup>*3</sup>	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

衛星電話設備用アンテナ（中央制御室）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取付ボルトについて実施する。衛星電話設備用アンテナ（中央制御室）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 固有値解析方法

衛星電話設備用アンテナ（中央制御室）の固有値解析方法を以下に示す。

- (1) 衛星電話設備用アンテナ（中央制御室）は、「4.2 解析モデル及び諸元」に示す3次元FEMモデルとする。

##### 4.2 解析モデル及び諸元

衛星電話設備用アンテナ（中央制御室）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【衛星電話設備用アンテナ（中央制御室）の耐震性についての計算結果】のその他の機器要目に示す。

- (1) 衛星電話設備用アンテナ（中央制御室）のサポート鋼材（L字鋼）及びリブをシェル要素でモデル化し、取付ボルト及びアンテナを梁要素でモデル化する。
- (2) 衛星電話設備用アンテナ（中央制御室）のアンテナの重心位置については、計算条件が厳しくなる機器頂部に設定する。
- (3) 衛星電話設備用アンテナ（中央制御室）の積雪相当の質量は、アンテナ部分は重心位置に集中質量として付与し、サポート鋼材（L字鋼）には分布質量として付与する。
- (4) 拘束条件は、アンテナ基礎部の並進方向と、ボルト軸直角2方向の回転方向を拘束する。
- (5) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
- (6) 解析コードは、「MSC NASTRAN」を使用し、固有値及び荷重を求める。

なお、評価に用いる解析コード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。

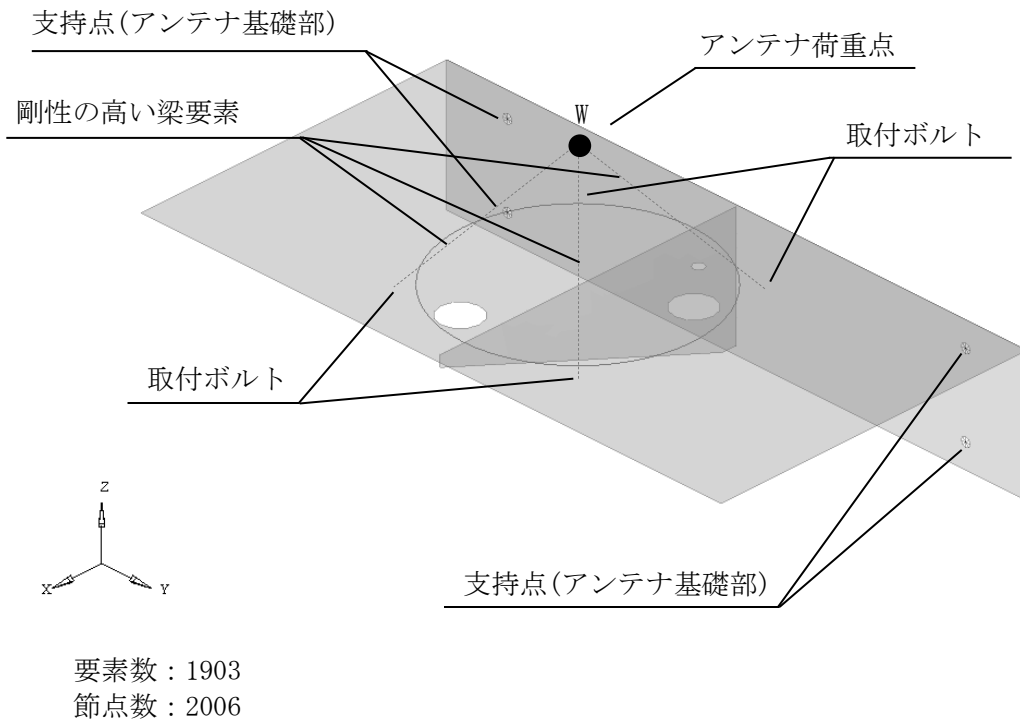


図4-1 解析モデル

#### 4.3 固有値解析結果

固有値解析結果を表 4-1、振動モード図を図 4-2 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。

表 4-1 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		—	—	—

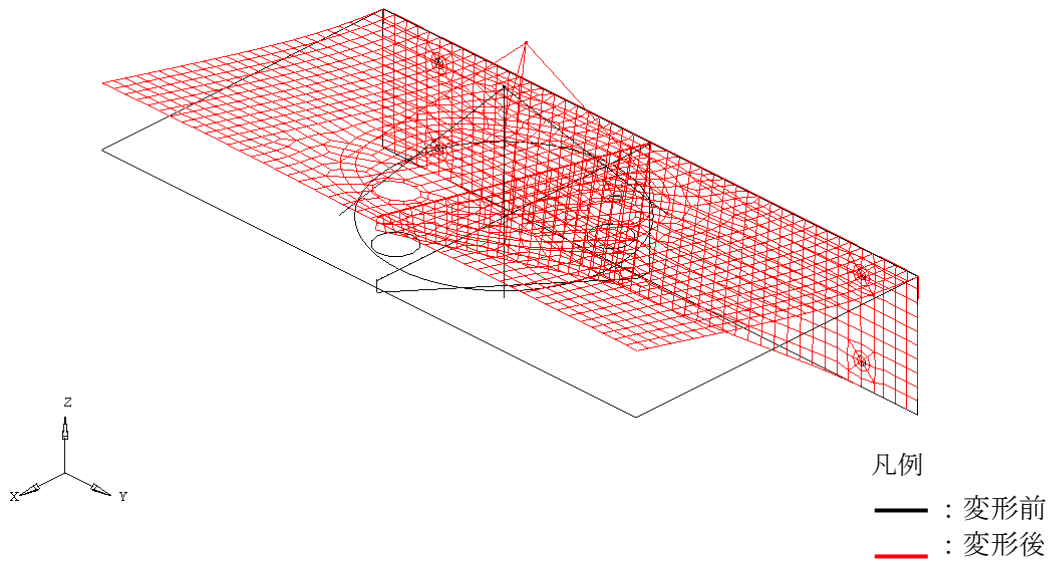


図 4-2 振動モード (1 次モード 鉛直方向    s)

## 5. 構造強度評価

### 5.1 構造強度評価方法

4.2 項(1)～(5)のほか、次の条件で計算する。

- (1) 地震力は、衛星電話設備用アンテナ（中央制御室）に対して水平方向及び鉛直方向から個別に作用させる。

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、S R S S法を適用する。

- (2) 風圧力は、水平2方向それぞれの受風面積から荷重を算出し、シェル要素に分布荷重として同時に作用させる。集中質量としてモデル化しているアンテナに対しては集中荷重として作用させる。

### 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

衛星電話設備用アンテナ（中央制御室）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表5-1に示す。

#### 5.2.2 許容応力

衛星電話設備用アンテナ（中央制御室）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

衛星電話設備用アンテナ（中央制御室）の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表5-3に示す。

#### 5.2.4 風荷重

風荷重は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、風速30 m/sを使用し、衛星電話設備用アンテナ（中央制御室）の形状、風向きを踏まえ、作用する風圧力を算出する。風圧力の算出の基準となる基準速度圧を表5-4に示す。

#### 5.2.5 積雪荷重

積雪荷重は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、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、衛星電話設備用アンテナ（中央制御室）の形状を踏まえ、算出する。算出した積雪荷重を表5-5に示す。

表 5-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	その他の計 測制御系統 施設	衛星電話設備用アンテナ (中央制御室)	常設/防止 常設/緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s + P_K + P_S$ *3	IVAS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s + P_K + P_S$	VAS (VASとして IVASの許容限 界を用いる。)

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

\*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 5-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張	せん断
IVAS	1.5・f <sub>t</sub> * 1.5・f <sub>s</sub> *	1.5・f <sub>s</sub> *
VAS (VASとしてIVASの 許容限界を用いる。)		

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

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

表 5-3 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 <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SUS304	周囲環境温度	50	198	504	205
取付ボルト	SUS304	周囲環境温度	50	198	504	205

表 5-4 基準速度圧

(単位：N/m<sup>2</sup>)

作用する部位	基準速度圧
衛星電話設備用アンテナ（中央制御室）	1.526×10 <sup>3</sup>

表 5-5 積雪荷重

(単位：N)

作用する部位	積雪荷重
衛星電話設備用アンテナ（中央制御室）	212.8

### 5.3 設計用地震力

衛星電話設備用アンテナ（中央制御室）の設計用地震力のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-6 に示す。

「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（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 (EL 42.8 <sup>*1</sup> )	0.05 以下		—	—	$C_H=2.74^{*2}$	$C_V=2.46^{*2}$

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度Ⅱ（基準地震動  $S_s$ ）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 基礎ボルトの計算方法

基礎ボルトの応力は、3次元FEMモデルによる個別解析からサポート基礎部の内力を求めて、その結果を用いて手計算にて計算する。

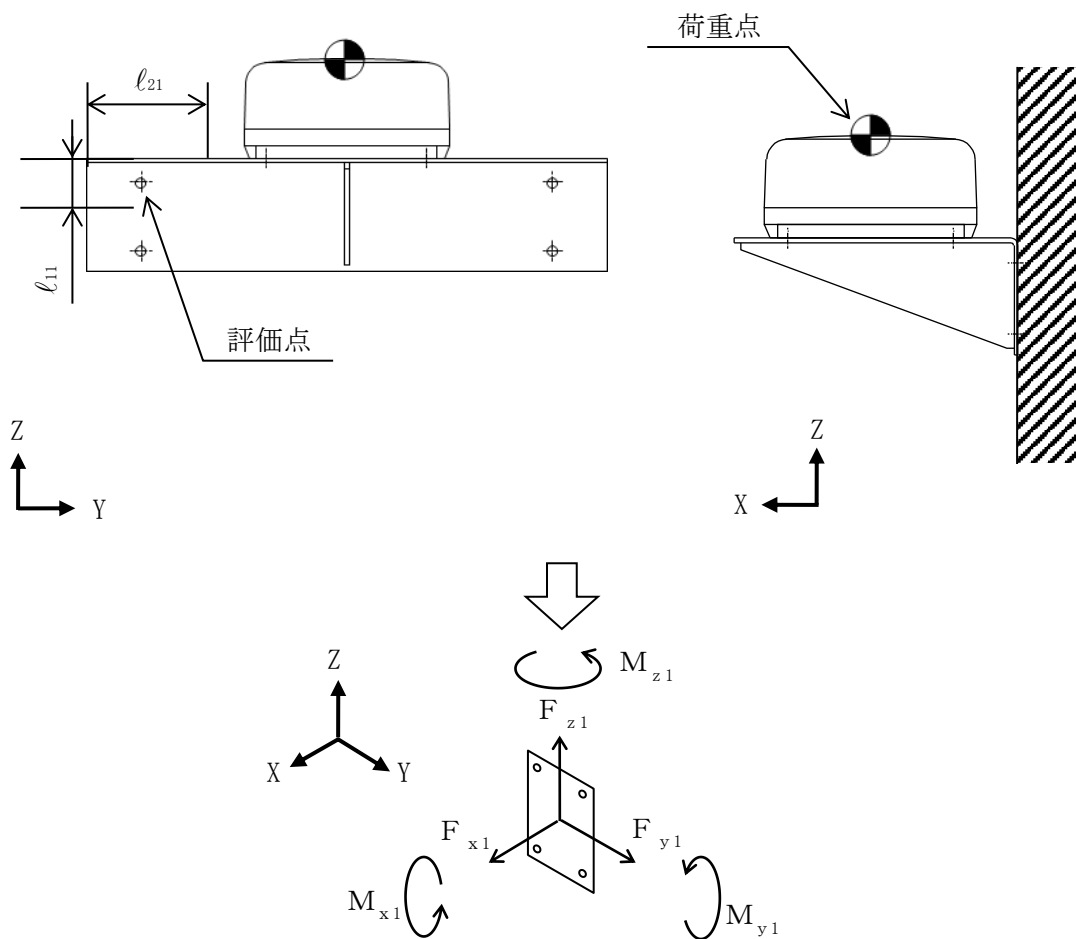


図5-1 計算モデル (サポート基礎部, 基礎ボルト)

個別解析によって得られたサポート基礎部の評価点の最大反力とモーメントを表5-7に示す。

表5-7 サポート発生反力，モーメント

対象機器	反力(N)			モーメント(N・mm)		
	F <sub>x1</sub>	F <sub>y1</sub>	F <sub>z1</sub>	M <sub>x1</sub>	M <sub>y1</sub>	M <sub>z1</sub>
衛星電話設備用アンテナ (中央制御室)						

(1) 引張応力

基礎ボルト（1本当たり）に対する引張応力は，下式により計算する。

引張力

$$F_{b1} = \frac{F_{x1}}{n_1} + \frac{M_{y1}}{\ell_{11} \cdot n_{y1}} + \frac{M_{z1}}{\ell_{21} \cdot n_{z1}} \dots\dots\dots (5.4.1.1.1)$$

引張応力

$$\sigma_{b1} = \frac{F_{b1}}{A_{b1}} \dots\dots\dots (5.4.1.1.2)$$

ここで，基礎ボルトの軸断面積A<sub>b1</sub>は次式により求める。

$$A_{b1} = \frac{\pi}{4} \cdot d_1^2 \dots\dots\dots (5.4.1.1.3)$$

(2) せん断応力

基礎ボルト（1本当たり）に対するせん断応力は，下式により計算する。

せん断力

$$Q_{b1} = \frac{\sqrt{F_{y1}^2 + F_{z1}^2}}{n_1} + \frac{M_{x1}}{\ell_{31} \cdot n_1} \dots\dots\dots (5.4.1.1.4)$$

ここで，ボルト間距離ℓ<sub>31</sub>は次式により求める。

$$\ell_{31} = \text{Min}(\ell_{11}, \ell_{21}) \dots\dots\dots (5.4.1.1.5)$$

せん断応力

$$\tau_{b1} = \frac{Q_{b1}}{A_{b1}} \dots\dots\dots (5.4.1.1.6)$$

### 5.4.1.2 取付ボルトの計算方法

取付ボルトの応力は、3次元FEMモデルによる個別解析からアンテナ取付部の内力を求めて、その結果を用いて手計算にて計算する。

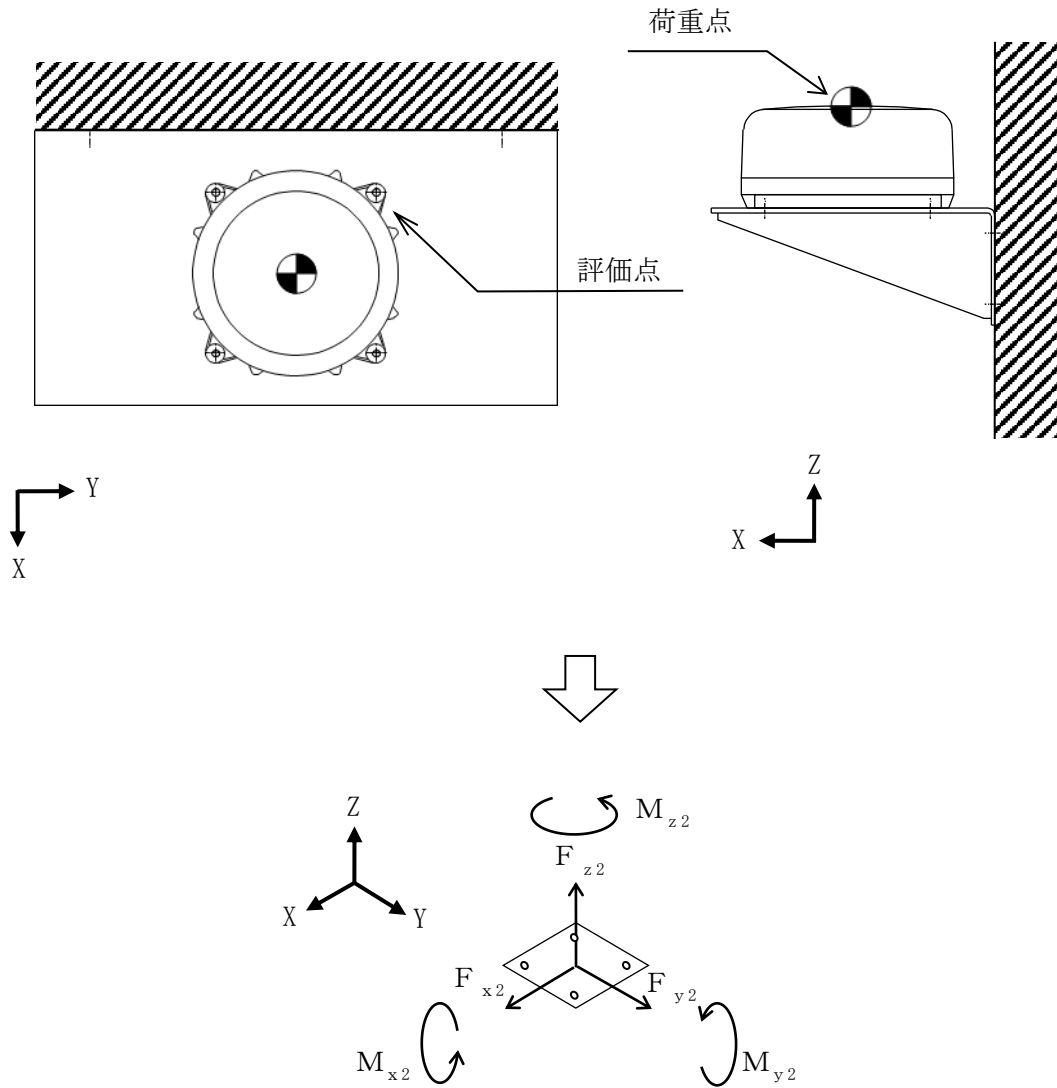


図5-2 計算モデル (アンテナ取付部, 取付ボルト)

個別解析によって得られたアンテナ取付部の評価点の発生力とモーメントを表5-8に示す。

表5-8 アンテナ取付部発生力，モーメント（取付ボルト）

対象機器	反力(N)			モーメント(N・mm)		
	F <sub>x2</sub>	F <sub>y2</sub>	F <sub>z2</sub>	M <sub>x2</sub>	M <sub>y2</sub>	M <sub>z2</sub>
衛星電話設備用アンテナ (中央制御室)				*	*	

注記\*：発生値が            のため            と記載した。

(1) 引張応力

取付ボルト（1本当たり）に対する引張応力は，下式により計算する。

引張力

$$F_{b2} = F_{z2} \dots\dots\dots (5.4.1.2.1)$$

引張応力

$$\sigma_{b2} = \frac{F_{b2}}{A_{b2}} \dots\dots\dots (5.4.1.2.2)$$

ここで，取付ボルトの軸断面積A<sub>b</sub>は次式により求める。

$$A_{b2} = \frac{\pi}{4} \cdot d_{22}^2 \dots\dots\dots (5.4.1.2.3)$$

(2) せん断応力

取付ボルト（1本当たり）に対するせん断応力は，下式により計算する。

せん断力

$$Q_{b2} = \sqrt{F_{x2}^2 + F_{y2}^2} \dots\dots\dots (5.4.1.2.4)$$

せん断応力

$$\tau_{b2} = \frac{Q_{b2}}{A_{b2}} \dots\dots\dots (5.4.1.2.5)$$

## 5.5 計算条件

### 5.5.1 基礎ボルトの応力計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【衛星電話設備用アンテナ（中央制御室）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。

### 5.5.2 取付ボルトの応力計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【衛星電話設備用アンテナ（中央制御室）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 $\sigma_{bi}$ は次式より求めた許容組合せ応力 $f_{tsi}$ 以下であること。ただし、 $f_{toi}$ は下表による。

$$f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}] \dots\dots\dots (5.6.1.1)$$

せん断応力 $\tau_{bi}$ 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。

	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 $f_{toi}$	$\frac{F_i^*}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 $f_{sbi}$	$\frac{F_i^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

## 6. 機能維持評価

### 6.1 電氣的機能維持評価方法

衛星電話設備用アンテナ（中央制御室）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。

衛星電話設備用アンテナ（中央制御室）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 6-1 に示す。

表 6-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

機器名称	方向	機能確認済加速度
衛星電話設備用アンテナ（中央制御室）	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

## 7. 評価結果

### 7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

衛星電話設備用アンテナ（中央制御室）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。

【衛星電話設備用アンテナ（中央制御室）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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		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	
衛星電話設備用アンテナ (中央制御室)	常設/防止 常設/緩和	原子炉建物 EL 34.8 (EL 42.8*1)	0.05 以下		—	—	C <sub>H</sub> =2.74*2	C <sub>V</sub> =2.46*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<sub>s</sub>）を上回る設計震度

1.2 機器要目

部材	W (N)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)	S <sub>y i</sub> (RT) (MPa)
基礎ボルト (i=1)	49.03	12 (M12)	113.1	1	198	504	205
取付ボルト (i=2)	49.03	10 (M10)	78.54	1	198	504	205

部材	ℓ <sub>1 i</sub> (mm)	ℓ <sub>2 i</sub> (mm)	n <sub>y i</sub>	n <sub>z i</sub>	P <sub>K</sub> (N)		P <sub>s</sub> (N)	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> * (MPa)
					X 方向	Y 方向			
基礎ボルト (i=1)	70	160	1	1	642.8	297.3	212.8	—	205
取付ボルト (i=2)	—	—	—	—	642.8	297.3	212.8	—	205



1.3 計算数値

1.3.1 サポート基礎部，アンテナ取付部に作用する力

(単位：N)

部材	$F_{x i}$		$F_{y i}$		$F_{z i}$	
	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	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
サポート基礎部 (i=1)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>
アンテナ取付部 (i=2)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

1.3.2 サポート基礎部，アンテナ取付部に作用するモーメント

(単位：N・mm)

部材	$M_{x i}$		$M_{y i}$		$M_{z i}$	
	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	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
サポート基礎部 (i=1)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>
アンテナ取付部 (i=2)	—	<input type="text"/> *	—	<input type="text"/> *	—	<input type="text"/>

注記\*：発生値が  のため  と記載した。

1.3.3 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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SUS304	引張	—	—	$\sigma_{b1}=29$	$f_{ts1}=123^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=13$	$f_{sb1}=94$
取付ボルト (i=2)	SUS304	引張	—	—	$\sigma_{b2}=4$	$f_{ts2}=153^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2}=118$

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

すべて許容応力以下である。

1.4.2 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
衛星電話設備用アンテナ (中央制御室)	水平方向	2.10	<input type="text"/>
	鉛直方向	2.06	<input type="text"/>

注記\*: 設計用震度 II (基準地震動 S<sub>s</sub>) により定まる加速度

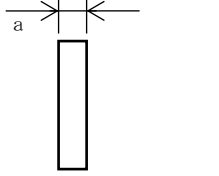
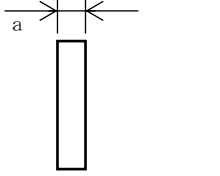
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

1.5 その他の機器要目

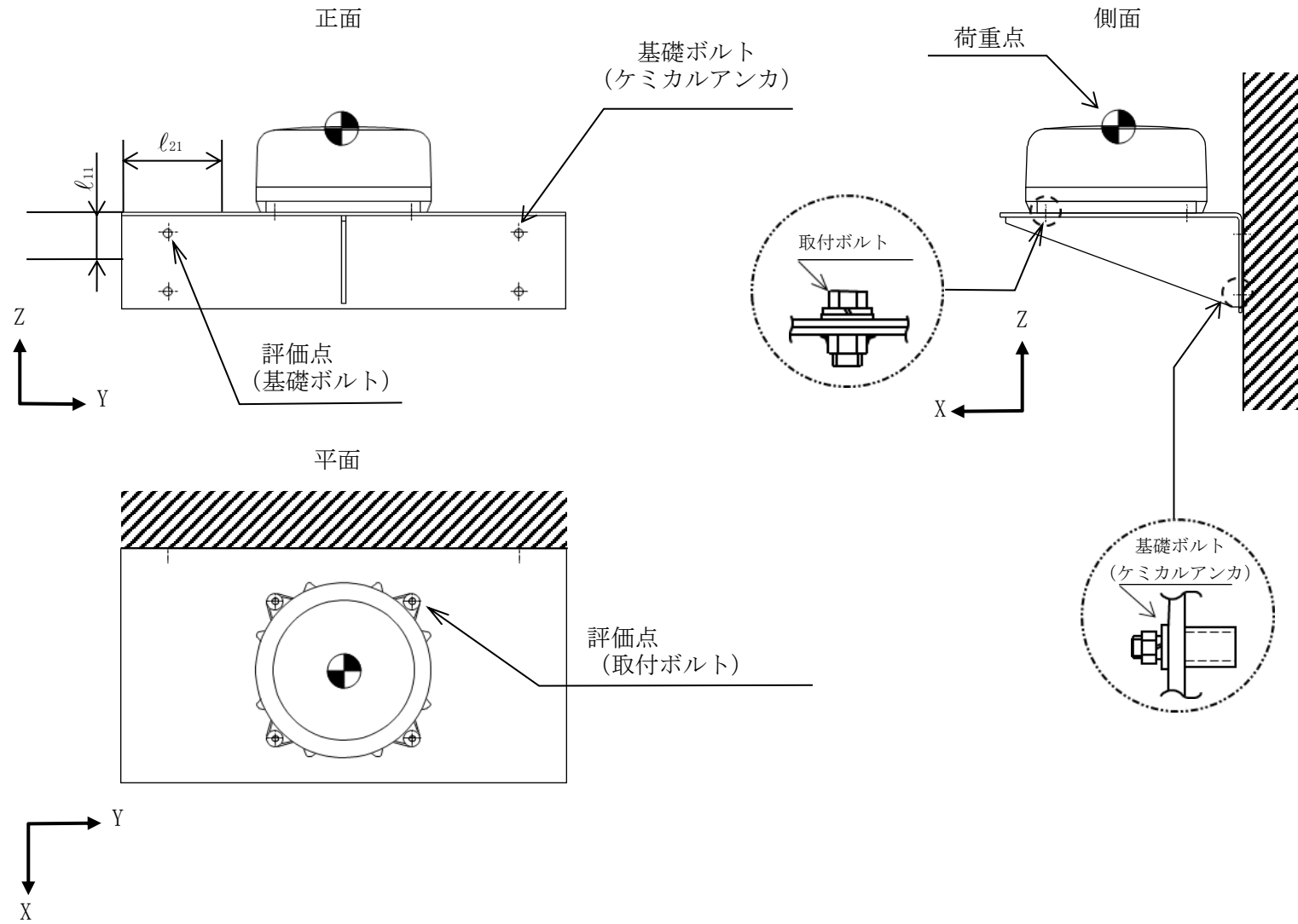
(1) 機器諸元

項目		記号	単位	入力値
材質 (SUS304)	縦弾性係数	E	MPa	$1.93 \times 10^5$
	ポアソン比	$\nu$	—	0.3
温度条件 (周囲環境温度)		T	°C	50
質量		m	kg	<input type="text"/>
要素数		—	個	1903
節点数		—	個	2006

(2) 部材の機器要目

対象部材	サポート鋼材	リブ				
	L字鋼	—				
材料	SUS304	SUS304				
断面積A (mm <sup>2</sup> )	—*	—*				
断面形状 (mm)	 <table border="1" data-bbox="427 695 730 775"> <tr> <td>9</td> </tr> <tr> <td>(a)</td> </tr> </table>	9	(a)	 <table border="1" data-bbox="761 695 1064 775"> <tr> <td>9</td> </tr> <tr> <td>(a)</td> </tr> </table>	9	(a)
9						
(a)						
9						
(a)						

注記\* : シェル要素



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定する。 机はボルトで床に固定する。</p>	<p>電話機</p>	<p>(正面図)</p> <p>(平面図)</p> <p>(単位：mm)</p>



## 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。

実機の据付状態を机及び固定具を含めて加振台上で模擬したうえで、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健全性を確認することから、固有周期の確認、机及び固定具の構造強度評価は省略する。

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。

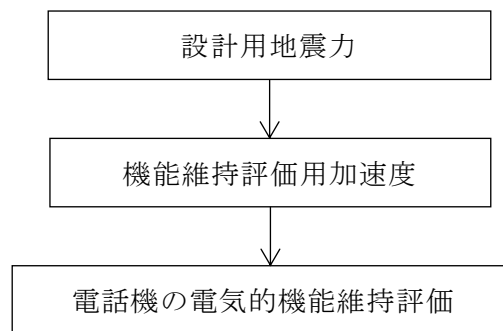


図 2-1 衛星電話設備（固定型）（緊急時対策所）の耐震評価フロー

## 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定することから、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定することから、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、実機の据付状態を机及び固定具を含めて加振台上で模擬したうえで、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/s<sup>2</sup>)

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。

## 【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結果】

## 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-2-6-7-3-1-5 緊急時対策所 衛星電話設備用ラックの  
耐震性についての計算書

## 目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格・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 固有値解析方法	7
4.2 解析モデル及び諸元	7
4.3 固有値解析結果	8
5. 構造強度評価	10
5.1 構造強度評価方法	10
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	10
5.3 設計用地震力	14
5.4 計算方法	15
5.5 計算条件	17
5.6 応力の評価	18
6. 機能維持評価	19
6.1 電氣的機能維持評価方法	19
7. 評価結果	20
7.1 重大事故等対処設備としての評価結果	20

## 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 衛星電話設備用ラック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 衛星電話設備用ラックは、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

緊急時対策所 衛星電話設備用ラックの構造計画を表 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>緊急時対策所 衛星電話 設備用ラックは、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 合わせた自立開放型の ラック)</p>	<p>緊急時対策所 衛星電話設備用ラック</p> <p>基礎ボルト (ケミカルアンカ)</p> <p>900</p> <p>(正面図)</p> <p>1802.3</p> <p>800</p> <p>床</p> <p>(側面図)</p> <p>(単位：mm)</p>

## 2.2 評価方針

緊急時対策所 衛星電話設備用ラックの応力評価は、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」にて示す緊急時対策所 衛星電話設備用ラックの部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「5. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、緊急時対策所 衛星電話設備用ラックの機能維持評価は、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。

緊急時対策所 衛星電話設備用ラックの耐震評価フローを図 2-1 に示す。

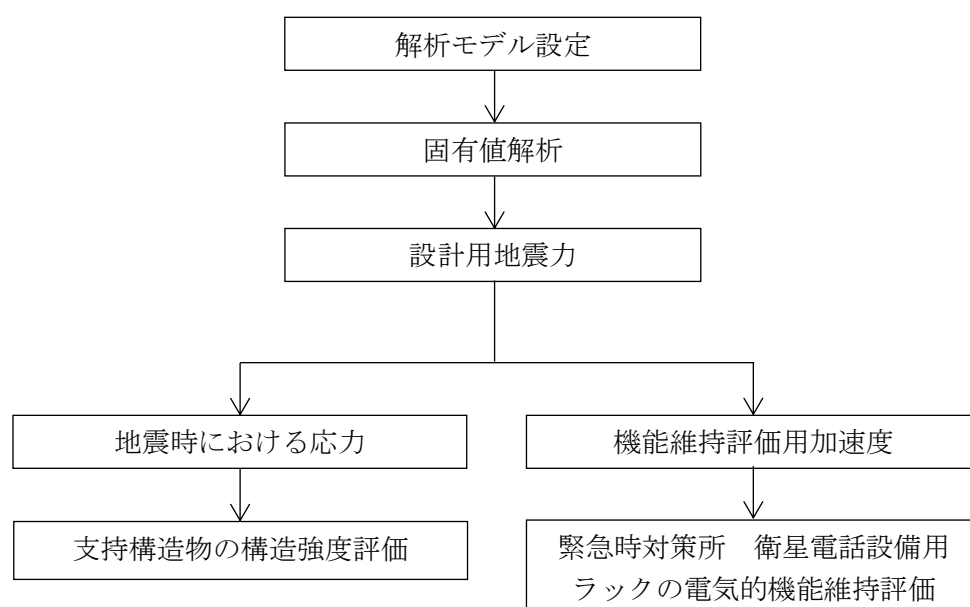


図 2-1 緊急時対策所 衛星電話設備用ラックの耐震評価フロー

### 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	$\text{mm}^2$
$C_H$	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 本あたり)	N
$f_{sb}$	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力	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
$g$	重力加速度 (=9.80665)	$\text{m/s}^2$
$h$	据付面から重心までの距離	mm
$l_1$	重心とボルト間の水平方向距離*	mm
$l_2$	重心とボルト間の水平方向距離*	mm
$m$	質量	kg
$n$	ボルトの本数	—
$n_f$	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数	—
$Q_b$	ボルトに作用するせん断力	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°Cにおける値	MPa
$\pi$	円周率	—
$\sigma_b$	ボルトに生じる引張応力	MPa
$\tau_b$	ボルトに生じるせん断応力	MPa

注記\* :  $l_1 \leq l_2$

## 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 <sup>2</sup>	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

緊急時対策所 衛星電話設備用ラックの耐震評価は、「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる基礎ボルトについて実施する。

緊急時対策所 衛星電話設備用ラックの耐震評価部位については、表 2-1 の概略構造図に示す。

### 4. 固有周期

#### 4.1 固有値解析方法

緊急時対策所 衛星電話設備用ラックの固有値解析方法を以下に示す。

- (1) 緊急時対策所 衛星電話設備用ラックは、「4.2 解析モデル及び諸元」に示す 3次元 FEM モデルとする。

#### 4.2 解析モデル及び諸元

緊急時対策所 衛星電話設備用ラックの解析モデルを図 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【緊急時対策所 衛星電話設備用ラックの耐震性についての計算結果】のその他の機器要目に示す。

- (1) 緊急時対策所 衛星電話設備用ラックの鋼板及びウェブはシェル要素でモデル化し、フレーム及びフランジは、はり要素でモデル化する。
- (2) 緊急時対策所 衛星電話設備用ラックのラック内機器質量は、各鋼板に分布質量として付与する。
- (3) 拘束条件は、基礎部の並進方向と、ボルト軸直角 2 方向の回転方向を拘束する。なお、基礎ボルトは剛体として評価する。
- (4) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
- (5) 解析コードは、「MSC NASTRAN」を使用し、固有値を求める。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。

要素数 : 2623  
 節点数 : 2533

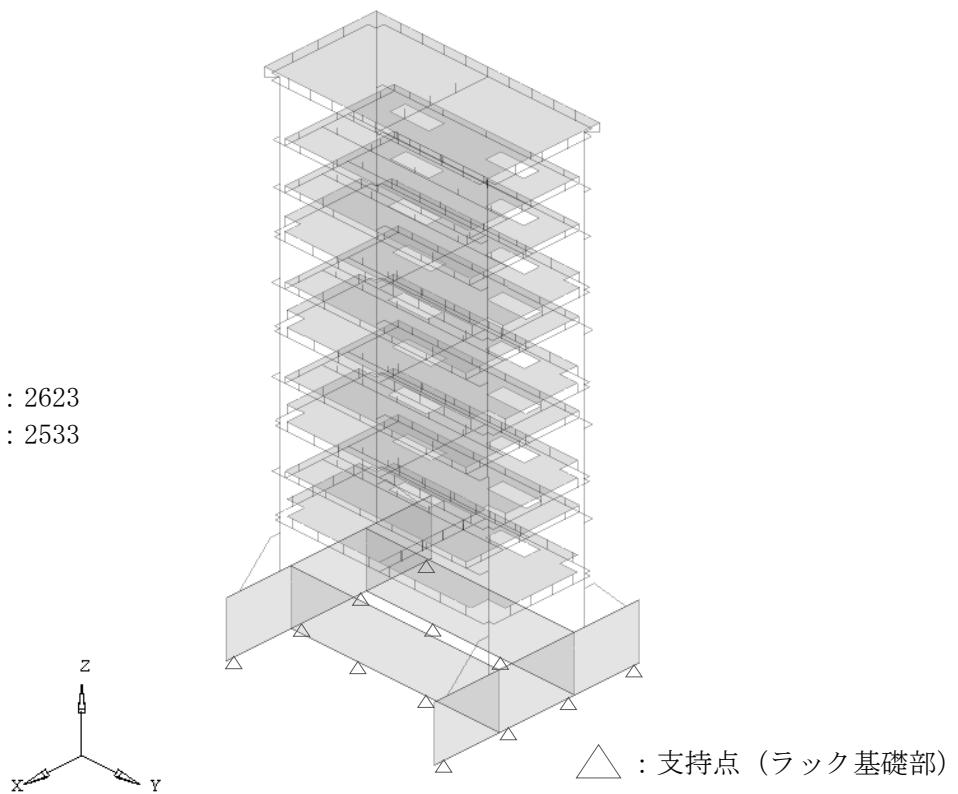


図4-1 解析モデル

4.3 固有値解析結果

固有値解析の結果を表 4-1, 振動モード図を図 4-2 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。

表 4-1 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	—	—	—	—

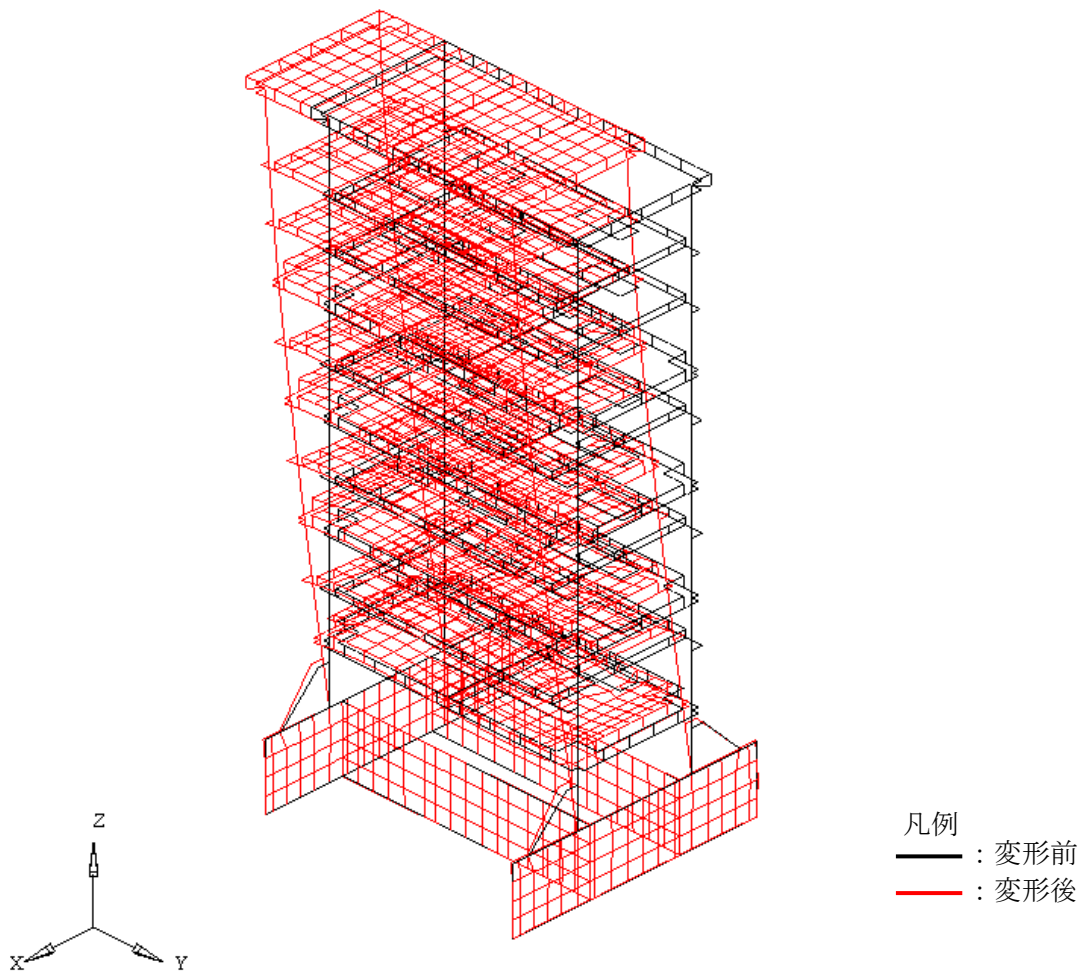


図 4-2 振動モード (1 次モード 水平方向  s)



## 5. 構造強度評価

### 5.1 構造強度評価方法

- (1) 緊急時対策所 衛星電話設備用ラックの質量は重心に集中しているものとする。
- (2) 地震力は緊急時対策所 衛星電話設備用ラックに対して水平方向及び鉛直方向から個別に作用させる。  
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) 緊急時対策所 衛星電話設備用ラックは基礎ボルトで基礎に固定されており、固定端とする。
- (4) 転倒方向は、長辺方向及び短辺方向について検討し、計算書には結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。
- (5) 緊急時対策所 衛星電話設備用ラックの重心位置については、転倒方向を考慮して、計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定して耐震性の計算を行う。
- (6) 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

緊急時対策所 衛星電話設備用ラッ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 5-1 に示す。

#### 5.2.2 許容応力

緊急時対策所 衛星電話設備用ラックの許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 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

緊急時対策所 衛星電話設備用ラッ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 5-3 に示す。

表 5-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	その他の計測 制御系統施設	緊急時対策所 衛星電話設備用ラック	常設／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／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

\*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 5-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張	せん断
IV <sub>A</sub> S	1.5・f <sub>t</sub> * 1.5・f <sub>s</sub> *	1.5・f <sub>s</sub> *
V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> SとしてIV <sub>A</sub> 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 5-3 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 <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	394	—

### 5.3 設計用地震力

緊急時対策所 衛星電話設備用ラックの設計用地震力のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-4 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 5-4 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
緊急時対策所 EL 50.25 <sup>*1</sup>		0.05 以下	—	—	$C_H=2.21^{*2}$	$C_V=1.38^{*2}$

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度 II（基準地震動  $S_s$ ）

5.4 計算方法

5.4.1 応力の計算方法

5.4.1.1 基礎ボルトの計算方法

基礎ボルトの応力は、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。

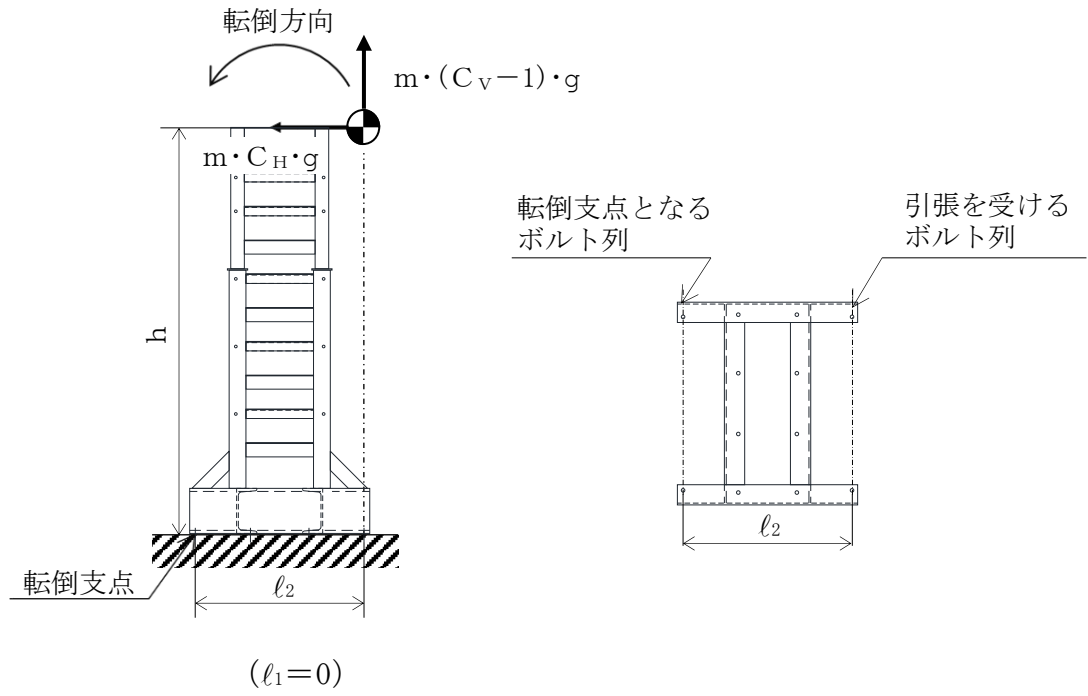


図5-1 計算モデル（短辺方向転倒）

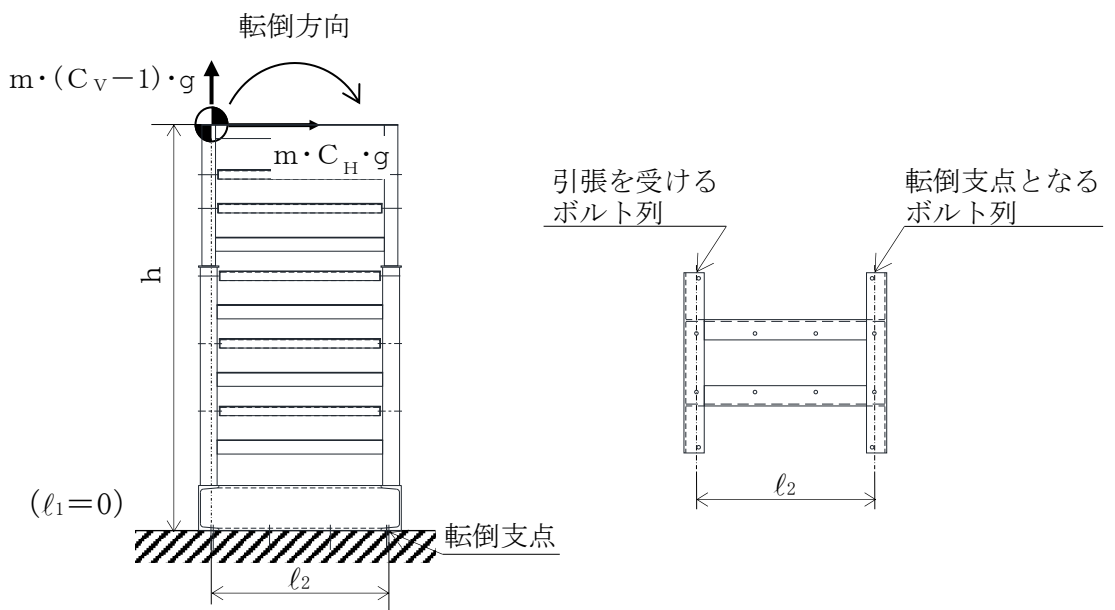


図5-2 計算モデル（長辺方向転倒）

## (1) 引張応力

基礎ボルトに対する引張力は、図5-1及び図5-2でそれぞれのボルトを支点とする転倒を考え、これを片側のボルトで受けるものとして計算する。

引張力

$$F_b = \frac{m \cdot g \cdot C_H \cdot h + m \cdot g \cdot (C_V - 1) \cdot \ell_2}{n_f \cdot (\ell_1 + \ell_2)} \dots\dots\dots (5.4.1.1.1)$$

引張応力

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

ここで、基礎ボルトの軸断面積 $A_b$ は次式により求める。

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

## (2) せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_b = m \cdot g \cdot C_H \dots\dots\dots (5.4.1.1.4)$$

せん断応力

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n \cdot A_b} \dots\dots\dots (5.4.1.1.5)$$

## 5.5 計算条件

### 5.5.1 基礎ボルトの応力計算条件

基礎ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【緊急時対策所 衛星電話設備用ラックの耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。



## 5.6 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 $\sigma_b$ 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。

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

せん断応力 $\tau_b$ は、せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 $f_{sb}$ 以下であること。ただし、 $f_{sb}$ は下表による。

	基準地震動 $S_s$ による 荷重との組合せの場合
許容引張応力 $f_{to}$	$\frac{F^*}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 $f_{sb}$	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

6. 機能維持評価

6.1 電氣的機能維持評価方法

緊急時対策所 衛星電話設備用ラック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。

緊急時対策所 衛星電話設備用ラック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サインビート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
緊急時対策所 衛星電話設備用ラック	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

## 7. 評価結果

### 7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

緊急時対策所 衛星電話設備用ラッ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、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 衛星電話設備用ラッ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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		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 衛星電話設備用ラック	常設/防止 常設/緩和	緊急時対策所 EL 50.25* <sup>1</sup>	□	0.05 以下	—	—	C <sub>H</sub> =2.21* <sup>2</sup>	C <sub>V</sub> =1.38* <sup>2</sup>	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<sub>s</sub>）

1.2 機器要目

部材	m (kg)	h (mm)	d (mm)	A <sub>b</sub> (mm <sup>2</sup> )	n	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)
基礎ボルト	□	1802.3* <sup>1</sup>	16 (M16)	201.1	12	211 (40mm<径≦100mm)	394 (40mm<径≦100mm)

部材	ℓ <sub>1</sub> * <sup>2</sup> (mm)	ℓ <sub>2</sub> * <sup>2</sup> (mm)	n <sub>f</sub> * <sup>2</sup>	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト	0* <sup>1</sup>	750* <sup>1</sup>	2	—	253	—	短辺方向
	0* <sup>1</sup>	790* <sup>1</sup>	2				

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 <sub>b</sub>		Q <sub>b</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト	—		—	

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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張	—	—	$\sigma_b = 55$	$f_{ts} = 152^*$
		せん断	—	—	$\tau_b = 4$	$f_{sb} = 117$

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

すべて許容応力以下である。

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 衛星電話設備用ラック	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<sub>s</sub>）により定まる加速度

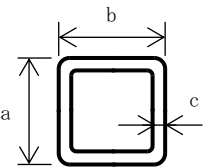
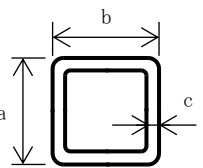
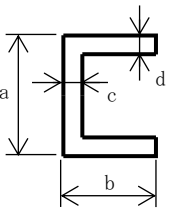
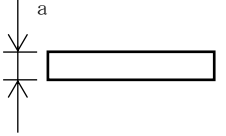
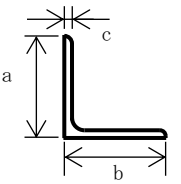
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

## 1.5 その他の機器要目

## (1) 機器諸元

項目		記号	単位	入力値
材質 (SS400)	縦弾性係数	E	MPa	$2.01 \times 10^5$
	ポアソン比	$\nu$	—	0.3
材質 (STKR400)	縦弾性係数	E	MPa	$2.01 \times 10^5$
	ポアソン比	$\nu$	—	0.3
温度条件 (周囲環境温度)		T	°C	50
質量		m	kg	<input type="text"/>
要素数		—	個	2623
節点数		—	個	2533

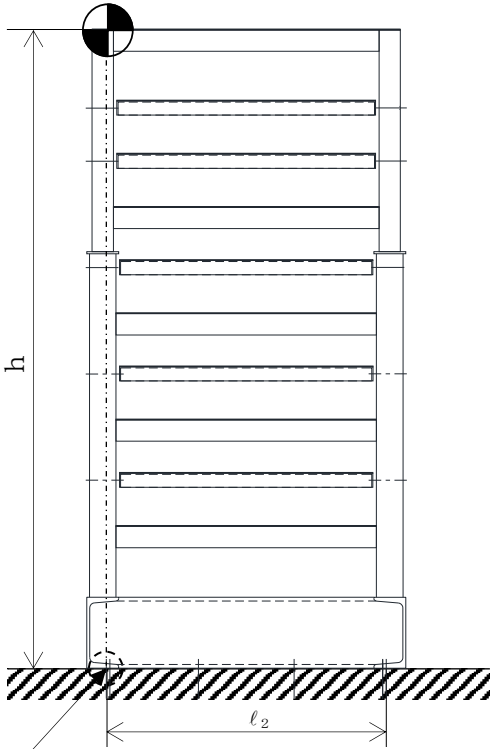
(2) 部材の機器要目

対象部材	支柱 (下部)	支柱 (上部・斜材), 棚板	C 鋼	棚板											
	角鋼	角鋼		板材	山形鋼										
材料	STKR400	STKR400	SS400	SS400	SS400										
断面積 A (mm <sup>2</sup> )	1.217 × 10 <sup>3</sup>	700.7	—*1	—*2	234										
断面形状 (mm)	 <table border="1" data-bbox="385 762 687 847"> <tr> <td>75 × 75 × 4.5</td> </tr> <tr> <td>(a × b × c)</td> </tr> </table>	75 × 75 × 4.5	(a × b × c)	 <table border="1" data-bbox="721 762 1023 847"> <tr> <td>60 × 60 × 3.2</td> </tr> <tr> <td>(a × b × c)</td> </tr> </table>	60 × 60 × 3.2	(a × b × c)	 <table border="1" data-bbox="1048 762 1350 847"> <tr> <td>200 × 90 × 8 × 13.5</td> </tr> <tr> <td>(a × b × c × d)</td> </tr> </table>	200 × 90 × 8 × 13.5	(a × b × c × d)	 <table border="1" data-bbox="1370 762 1673 847"> <tr> <td>2.3</td> </tr> <tr> <td>(a)</td> </tr> </table>	2.3	(a)	 <table border="1" data-bbox="1697 762 2000 847"> <tr> <td>40 × 40 × 3</td> </tr> <tr> <td>(a × b × c)</td> </tr> </table>	40 × 40 × 3	(a × b × c)
75 × 75 × 4.5															
(a × b × c)															
60 × 60 × 3.2															
(a × b × c)															
200 × 90 × 8 × 13.5															
(a × b × c × d)															
2.3															
(a)															
40 × 40 × 3															
(a × b × c)															

注記\*1: ウェブをシェル要素, フランジをはり要素でモデル化

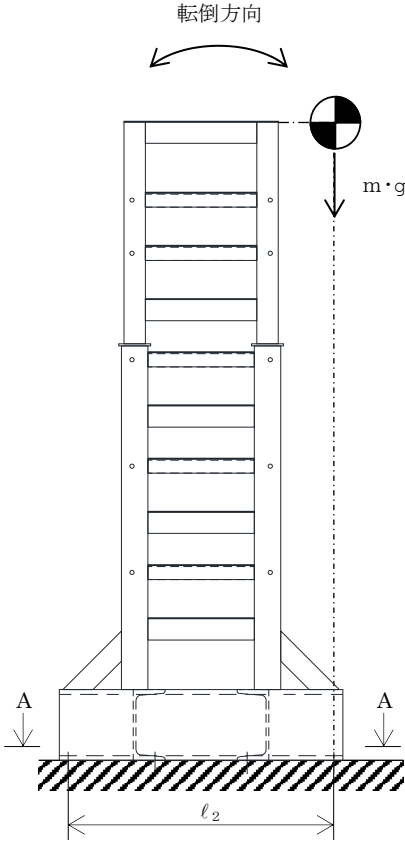
\*2: シェル要素

正面  
(長辺方向)



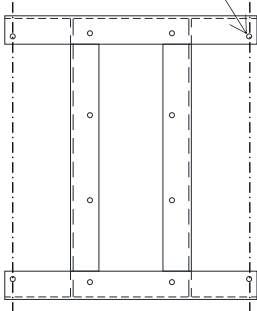
( $l_1=0$ )

側面  
(短辺方向)

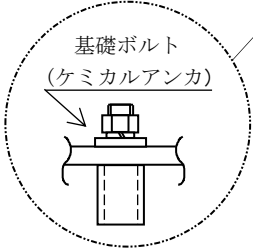


( $l_1=0$ )

基礎ボルト  
(ケミカルアンカ)



A~A 矢視図





VI-2-6-7-3-1-6 衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）の  
耐震性についての計算書

## 目 次

1. 衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（直立形）	1
1.1 概要	1
1.2 一般事項	1
1.2.1 構造計画	1
1.2.2 評価方針	3
1.2.3 適用規格・基準等	4
1.2.4 記号の説明	5
1.2.5 計算精度と数値の丸め方	6
1.3 評価部位	7
1.4 固有周期	7
1.4.1 基本方針	7
1.4.2 固有周期の確認方法	7
1.4.3 固有周期の確認結果	7
1.5 構造強度評価	8
1.5.1 構造強度評価方法	8
1.5.2 荷重の組合せ及び許容応力	8
1.5.3 設計用地震力	12
1.5.4 計算方法	13
1.5.5 計算条件	15
1.5.6 応力の評価	16
1.6 機能維持評価	17
1.6.1 電氣的機能維持評価方法	17
1.7 評価結果	18
1.7.1 重大事故等対処設備としての評価結果	18
2. 衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（壁掛形）	22
2.1 概要	22
2.2 一般事項	22
2.2.1 構造計画	22
2.2.2 評価方針	24
2.2.3 適用規格・基準等	25
2.2.4 記号の説明	26
2.2.5 計算精度と数値の丸め方	27
2.3 評価部位	28
2.4 固有周期	28

2.4.1	固有値解析方法	28
2.4.2	解析モデル及び諸元	28
2.4.3	固有値解析結果	29
2.5	構造強度評価	30
2.5.1	構造強度評価方法	30
2.5.2	荷重の組合せ及び許容応力	30
2.5.3	設計用地震力	35
2.5.4	計算方法	36
2.5.5	計算条件	38
2.5.6	応力の評価	38
2.6	機能維持評価	39
2.6.1	電氣的機能維持評価方法	39
2.7	評価結果	40
2.7.1	重大事故等対処設備としての評価結果	40

## 1. 衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（直立形）

### 1.1 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、衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（直立形）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。

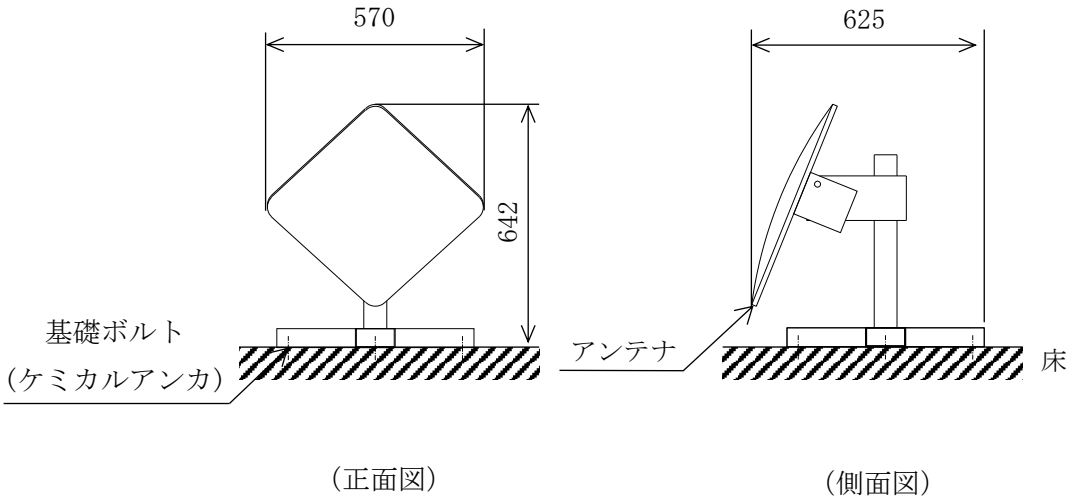
衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（直立形）は、設計基準対象施設においてはCクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

### 1.2 一般事項

#### 1.2.1 構造計画

衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（直立形）の構造計画を表 1-1 に示す。

表 1-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>衛星電話設備用アンテナ (緊急時対策所)(直立 形)は、基礎ボルトにて 基礎に設置する。</p>	<p>アンテナ</p>	 <p>(正面図) (側面図)</p> <p>(単位：mm)</p>

### 1.2.2 評価方針

衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（直立形）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、「1.2.1 構造計画」にて示す衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（直立形）の部位を踏まえ「1.3 評価部位」にて設定する箇所において、「1.4 固有周期」で測定した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「1.5 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（直立形）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、「1.6 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「1.7 評価結果」に示す。

衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（直立形）の耐震評価フローを図1-1に示す。

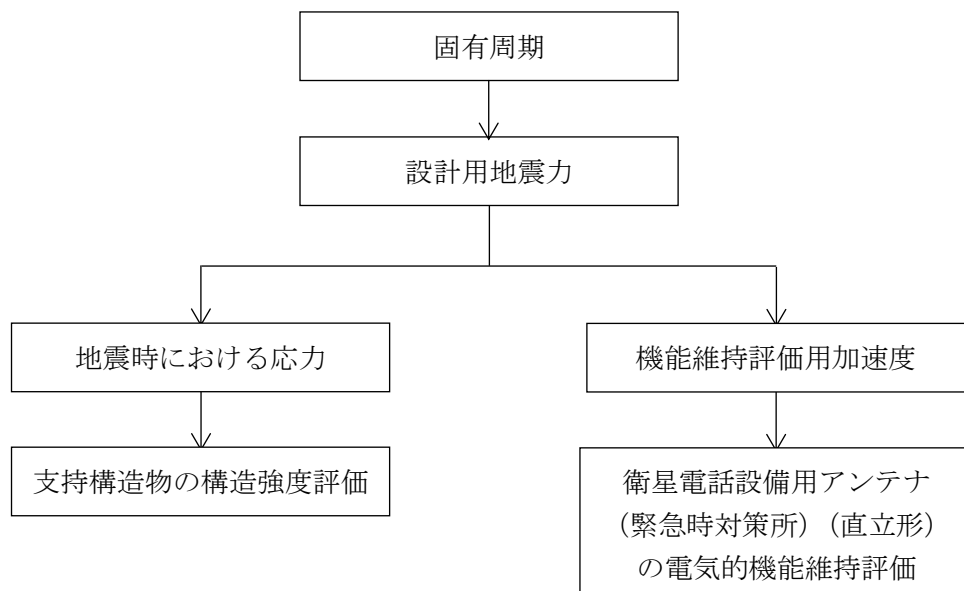


図1-1 衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（直立形）の耐震評価フロー

### 1.2.3 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。)
- ・建築基準法・同施行令

## 1.2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
$A_b$	ボルトの軸断面積	$\text{mm}^2$
$C_H$	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本あたり)	N
$f_{sb}$	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力	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
$g$	重力加速度 (=9.80665)	$\text{m/s}^2$
$h$	据付面から重心までの距離	mm
$l_1$	重心とボルト間の水平方向距離*	mm
$l_2$	重心とボルト間の水平方向距離*	mm
$m$	質量	kg
$n$	ボルトの本数	—
$n_f$	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数	—
$P_K$	風荷重	N
$Q_b$	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
$S_y(RT)$	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
$\pi$	円周率	—
$\sigma_b$	ボルトに生じる引張応力	MPa
$\tau_b$	ボルトに生じるせん断応力	MPa

注記\* :  $l_1 \leq l_2$



## 1.2.5 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 1-2 に示すとおりである。

表 1-2 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第 4 位	四捨五入	小数点以下第 3 位
震度	—	小数点以下第 3 位	切上げ	小数点以下第 2 位
温度	℃	—	—	整数位
質量	kg	—	—	整数位
長さ	mm	—	—	整数位* <sup>1</sup>
速度圧	N/m <sup>2</sup>	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁* <sup>2</sup>
面積	mm <sup>2</sup>	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁* <sup>2</sup>
力	N	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁* <sup>2</sup>
算出応力	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
許容応力* <sup>3</sup>	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。

### 1.3 評価部位

衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（直立形）の耐震評価は、「1.5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる基礎ボルトについて実施する。

衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（直立形）の耐震評価部位については、表 1-1 の概略構造図に示す。

### 1.4 固有周期

#### 1.4.1 基本方針

衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（直立形）の固有周期は、振動試験（加振試験）にて求める。

#### 1.4.2 固有周期の確認方法

正弦波掃引試験により固有周期を確認する。衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（直立形）の外形図を表 1-1 の概略構造図に示す。

#### 1.4.3 固有周期の確認結果

固有周期の確認結果を表 1-3 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 1-3 固有周期 (単位：s)

水平			
鉛直			

## 1.5 構造強度評価

### 1.5.1 構造強度評価方法

- (1) 衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（直立形）の質量は重心に集中しているものとする。
- (2) 地震力は衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（直立形）に対して水平方向及び鉛直方向から個別に作用させる。  
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) 衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（直立形）は基礎ボルトで基礎に固定されており、固定端とする。
- (4) 転倒方向は、正面より見て左右方向及び前後方向について検討し、計算書には結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。
- (5) 衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（直立形）の重心位置については、転倒方向を考慮して、計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定して耐震性の計算を行う。
- (6) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

### 1.5.2 荷重の組合せ及び許容応力

#### 1.5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（直立形）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 1-4 に示す。

#### 1.5.2.2 許容応力

衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（直立形）の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 1-5 のとおりとする。

#### 1.5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（直立形）の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 1-6 に示す。

#### 1.5.2.4 風荷重

風荷重は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、風速 30m/s を使用し、衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（直立形）の形状、風向きを踏まえ、作用する風圧力を算出する。風圧力の算出の基準となる基準速度圧を表 1-7 に示す。

表 1-4 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	その他の計測 制御系統施設	衛星電話設備用アンテナ (緊急時対策所) (直立形)	常設/防止 常設/緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s + P_K^{*3}$	IVAS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s + P_K$	VAS (VASとして IVASの許容限界 を用いる。)

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

\*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 1-5 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界 <sup>*1, *2</sup> (ボルト等)	
	一次応力	
	引張	せん断
IV <sub>A</sub> S	1.5・f <sub>t</sub> <sup>*</sup>	1.5・f <sub>s</sub> <sup>*</sup>
V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> SとしてIV <sub>A</sub> Sの 許容限界を用いる。)		

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

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

表 1-6 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	394	—

表 1-7 基準速度圧

(単位：N/m<sup>2</sup>)

作用する部位	基準速度圧
衛星電話設備用アンテナ (緊急時対策所) (直立形)	1.109×10 <sup>3</sup>

### 1.5.3 設計用地震力

衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（直立形）の設計用地震力のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表1-8に示す。

「基準地震動S<sub>s</sub>」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1-8 設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動S <sub>s</sub>	
	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 EL 56.6 * <sup>1</sup>	□	□	—	—	C <sub>H</sub> =2.90* <sup>2</sup>	C <sub>V</sub> =1.41* <sup>2</sup>

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<sub>s</sub>）

1.5.4 計算方法

1.5.4.1 応力の計算方法

1.5.4.1.1 基礎ボルトの計算方法

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

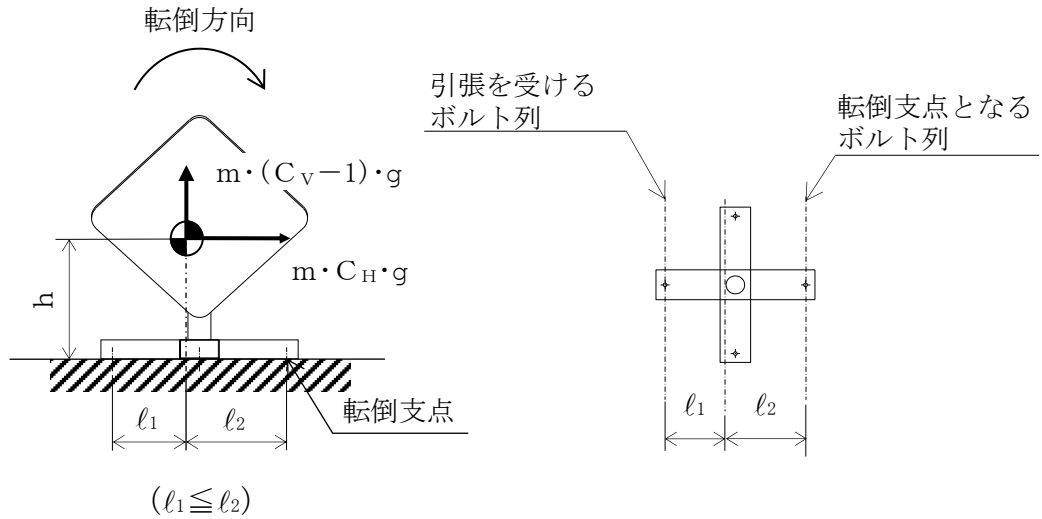


図 1-2 計算モデル (左右方向転倒)

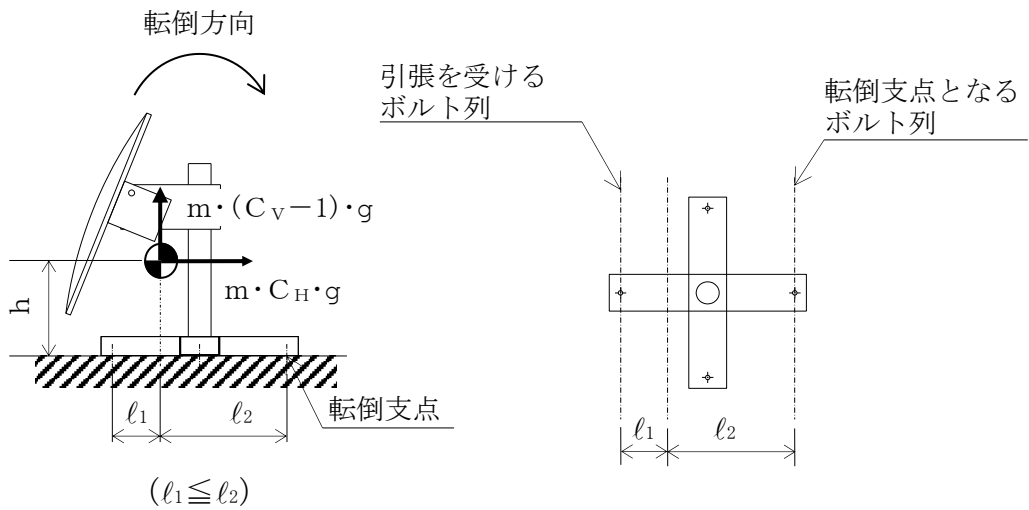


図 1-3 計算モデル (前後方向転倒)



## (1) 引張応力

基礎ボルトに対する引張力は、図 1-2 及び図 1-3 でそれぞれのボルトを支点とする転倒を考え、これを片側のボルトで受けるものとして計算する。

引張力

$$F_b = \frac{m \cdot g \cdot C_H \cdot h + P_K \cdot h + m \cdot g \cdot (C_V - 1) \cdot l_2}{n_f \cdot (l_1 + l_2)} \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.1)$$

引張応力

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b} \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.2)$$

ここで、基礎ボルトの軸断面積  $A_b$  は次式により求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.3)$$

## (2) せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_b = m \cdot g \cdot C_H + P_K \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.4)$$

せん断応力

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n \cdot A_b} \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.5)$$

### 1.5.5 計算条件

#### 1.5.5.1 基礎ボルトの応力計算条件

基礎ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（直立形）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

1.5.6 応力の評価

1.5.6.1 ボルトの応力評価

1.5.4.1項で求めたボルトの引張応力 $\sigma_b$ 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。

$$f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}] \quad \dots\dots\dots (1.5.6.1.1)$$

せん断応力 $\tau_b$ は、せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 $f_{sb}$ 以下であること。ただし、 $f_{sb}$ は下表による。

	基準地震動 $S_s$ による 荷重との組合せの場合
許容引張応力 $f_{to}$	$\frac{F^*}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 $f_{sb}$	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

## 1.6 機能維持評価

### 1.6.1 電氣的機能維持評価方法

衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（直立形）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。

衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（直立形）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 1-9 に示す。

表 1-9 機能確認済加速度 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

機器名称	方向	機能確認済加速度
衛星電話設備用アンテナ （緊急時対策所）（直立形）	水平	□
	鉛直	□

## 1.7. 評価結果

### 1.7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（直立形）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。

【衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（直立形）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

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	
衛星電話設備用アンテナ (緊急時対策所) (直立形)	常設/防止 常設/緩和	緊急時対策所 EL 56.6* <sup>1</sup>	□	□	—	—	C <sub>H</sub> =2.90* <sup>2</sup>	C <sub>V</sub> =1.41* <sup>2</sup>	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 (kg)	h (mm)	d (mm)	A <sub>b</sub> (mm <sup>2</sup> )	n	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)
基礎ボルト	□	317	12 (M12)	113.1	4	211 (40mm<径≦100mm)	394 (40mm<径≦100mm)

部材	ℓ <sub>1</sub> * (mm)	ℓ <sub>2</sub> * (mm)	n <sub>f</sub> * (mm)	P <sub>K</sub> (N)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
							弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
基礎ボルト	193	267	1	1.109×10 <sup>3</sup>	—	253	—	前後方向
	124	336	1					

注記\*：各ボルトの機器要目における上段は左右方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は前後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 <sub>b</sub>		Q <sub>b</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト	—	<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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張	—	—	$\sigma_b = 13$	$f_{ts} = 152^*$
		せん断	—	—	$\tau_b = 5$	$f_{sb} = 117$

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

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

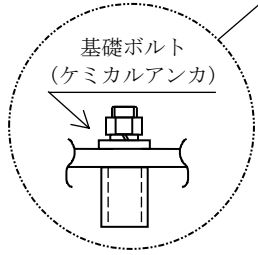
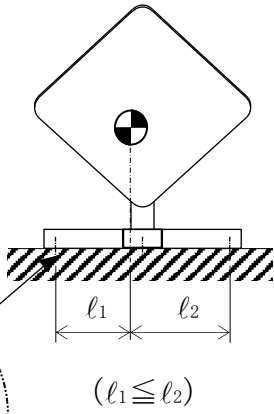
( $\times 9.8 \text{m/s}^2$ )

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
衛星電話設備用アンテナ (緊急時対策所) (直立形)	水平方向	2.42	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.17	<input type="text"/>

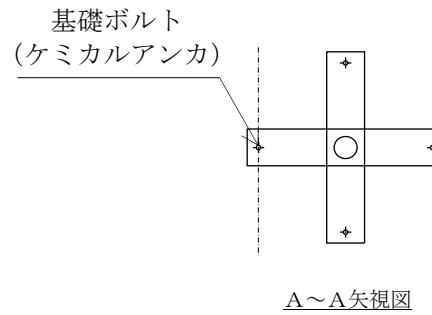
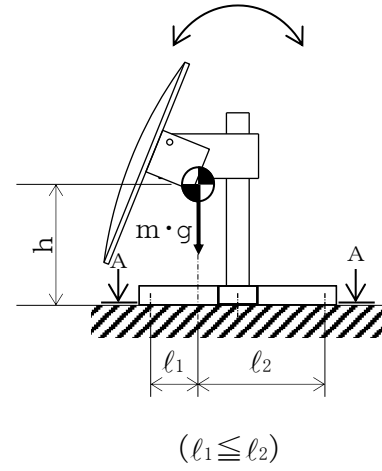
注記\*：設計用震度 II (基準地震動 S<sub>s</sub>) により定まる加速度

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  
(左右方向)



側面  
(前後方向)  
転倒方向





## 2. 衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（壁掛形）

### 2.1 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、衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（壁掛形）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。

衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（壁掛形）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構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

### 2.2 一般事項

#### 2.2.1 構造計画

衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（壁掛形）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>衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（壁掛形）は、溶接にてアンテナ支持柱（80A）に固定する。アンテナ支持柱（80A）は、取付金具取付ボルトにより取付金具に固定する。取付金具は、基礎ボルトにより壁面に設置する。</p>	<p>アンテナ</p>	<p>(正面図)</p> <p>(側面図)</p> <p>(単位：mm)</p>

## 2.2.2 評価方針

衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（壁掛形）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、「2.2.1 構造計画」にて示す衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（壁掛形）の部位を踏まえ「2.3 評価部位」にて設定する箇所において、「2.4 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「2.5 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、衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（壁掛形）の機能維持評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電気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、「2.6 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「2.7 評価結果」に示す。

衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（壁掛形）の耐震評価フローを図2-1に示す。

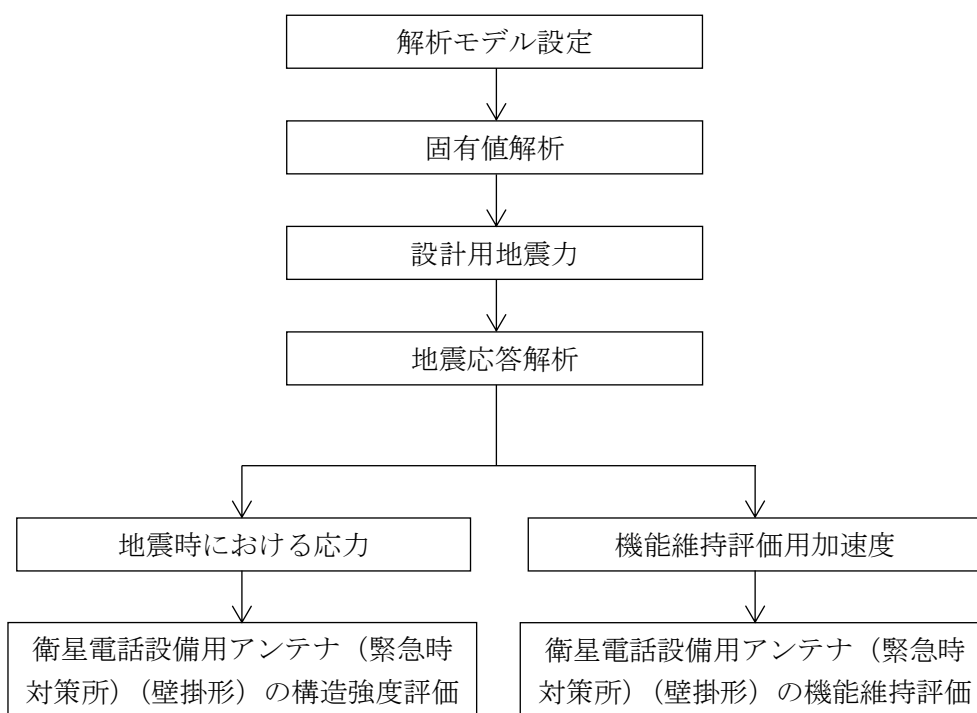


図2-1 衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（壁掛形）の耐震評価フロー

### 2.2.3 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。)
- ・建築基準法・同施行令

2.2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A <sub>b</sub>	基礎ボルトの軸断面積	mm <sup>2</sup>
C <sub>H</sub>	水平方向設計震度	—
C <sub>V</sub>	鉛直方向設計震度	—
d	基礎ボルトの呼び径	mm
F*	設計・建設規格 SSB-3133に定める値	MPa
F <sub>b</sub>	基礎ボルトに作用する引張力（1本当たり）	N
F <sub>x</sub>	サポート基礎部に作用する力（x方向）	N
F <sub>y</sub>	サポート基礎部に作用する力（y方向）	N
F <sub>z</sub>	サポート基礎部に作用する力（z方向）	N
f <sub>s b</sub>	せん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力	MPa
f <sub>t o</sub>	引張力のみを受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
f <sub>t s</sub>	引張力とせん断力を同時に受ける基礎ボルトの許容引張応力（許容組合せ応力）	MPa
g	重力加速度（=9.80665）	m/s <sup>2</sup>
l <sub>1</sub>	ボルト間距離（水平方向）	mm
l <sub>2</sub>	ボルト間距離（鉛直方向）	mm
l <sub>3</sub>	ボルト間距離（水平方向と鉛直方向の小さい方）	mm
M <sub>x</sub>	サポート基礎部に作用するモーメント（x軸周り）	N・mm
M <sub>y</sub>	サポート基礎部に作用するモーメント（y軸周り）	N・mm
M <sub>z</sub>	サポート基礎部に作用するモーメント（z軸周り）	N・mm
n	基礎ボルトの本数	—
n <sub>y</sub>	M <sub>y</sub> の引張力に耐えうる基礎ボルトの本数	—
n <sub>z</sub>	M <sub>z</sub> の引張力に耐えうる基礎ボルトの本数	—
P <sub>K</sub>	風荷重	N
Q <sub>b</sub>	基礎ボルトに作用するせん断力（1本当たり）	N
S <sub>u</sub>	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa
S <sub>y</sub>	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa
S <sub>y</sub> (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℃における値	MPa
W <sub>1</sub>	アンテナの荷重	N
W <sub>2</sub>	ケーブルの荷重	N
π	円周率	—
σ <sub>b</sub>	基礎ボルトに生じる引張応力	MPa
τ <sub>b</sub>	基礎ボルトに生じるせん断応力	MPa

### 2.2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は、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 <sup>*1</sup>
速度圧	N/m <sup>2</sup>	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 <sup>*2</sup>
面積	mm <sup>2</sup>	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 <sup>*2</sup>
モーメント	N・mm	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 <sup>*2</sup>
力	N	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 <sup>*2</sup>
算出応力	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
許容応力 <sup>*3</sup>	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間における引張強さ及び降伏点は比例法により補間した値の小数点以下第 1 位を切り捨て、整数位までの値とする。

### 2.3 評価部位

衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（壁掛形）の耐震評価は、「2.5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる基礎ボルトについて実施する。

衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（壁掛形）の耐震評価部位については、表 2-1 の概略構造図に示す。

### 2.4 固有周期

#### 2.4.1 固有値解析方法

衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（壁掛形）の固有値解析方法を以下に示す。

- (1) 衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（壁掛形）は、「2.4.2 解析モデル及び諸元」に示す三次元はりモデルとする。

#### 2.4.2 解析モデル及び諸元

衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（壁掛形）の解析モデルを図 2-2 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【衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（壁掛形）の耐震性についての計算結果】のその他の機器要目に示す。

- (1) 衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（壁掛形）のアンテナの質量は、その重心に集中するものとする。
- (2) 衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（壁掛形）のアンテナの重心位置については、アンテナの先端に重心位置を設定する。
- (3) 拘束条件は、基礎部を完全拘束とする。なお、基礎ボルトは剛体として評価する。
- (4) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
- (5) 解析コードは、「MSC NASTRAN」を使用し、固有値及び荷重を求める。

なお、評価に用いる解析コード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。

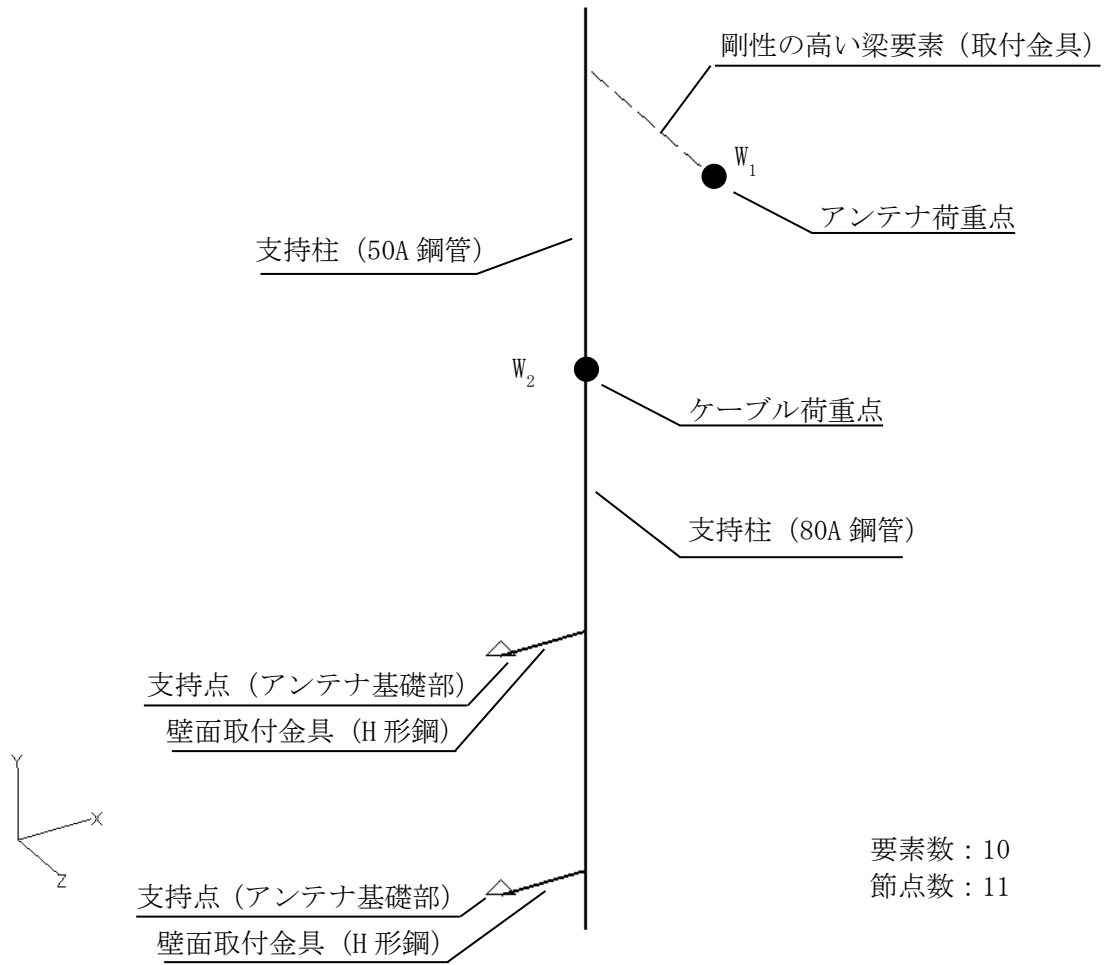


図 2-2 解析モデル

2.4.3 固有値解析結果

固有値解析結果を表 2-3, 振動モード図を図 2-3 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。

表 2-3 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, 鉛直	□	—	—	—



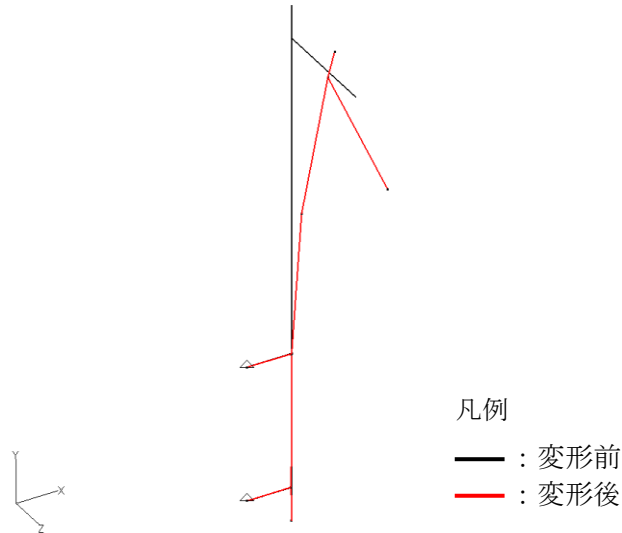


図 2-3 振動モード (1 次モード 水平, 鉛直方向    s)

## 2.5 構造強度評価

### 2.5.1 構造強度評価方法

2.4.2 項(1)～(5)のほか, 次の条件で計算する。

- (1) 地震力は, 衛星電話設備用アンテナ (緊急時対策所) (壁掛形) に対して水平方向及び鉛直方向から個別に作用させる。

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, S R S S 法を適用する。

- (2) 風圧力は, 水平 2 方向それぞれの受風面積から荷重を算出し, はり要素に分布荷重として同時に作用させる。集中質量としてモデル化しているアンテナに対しては集中荷重として作用させる。

### 2.5.2 荷重の組合せ及び許容応力

#### 2.5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

衛星電話設備用アンテナ (緊急時対策所) (壁掛形) の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 2-4 に示す。

#### 2.5.2.2 許容応力

衛星電話設備用アンテナ (緊急時対策所) (壁掛形) の許容応力は, VI-2-1-9 「機能維持の基本方針」に基づき表 2-5 のとおりとする。

#### 2.5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

衛星電話設備用アンテナ (緊急時対策所) (壁掛形) の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 2-6 に示す。

#### 2.5.2.4 風荷重

風荷重は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、風速 30m/s を使用し、衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（壁掛形）の形状、風向きを踏まえ、作用する風圧力を算出する。風圧力の算出の基準となる基準速度圧を表 2-7 に示す。

表 2-4 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	その他の計 測制御系統 施設	衛星電話設備用アンテナ (緊急時対策所) (壁掛形)	常設/防止 常設/緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s + P_K$ *3	IVAS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s + P_K$	VAS (VASとして IVASの許容限 界を用いる。)

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

\*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 2-5 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張	せん断
IVAS	1.5・f <sub>t</sub> *	1.5・f <sub>s</sub> *
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 2-6 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		基礎ボルト	SUS304	周囲環境温度	50	198

表 2-7 基準速度圧

(単位:N/m<sup>2</sup>)

作用する部位	基準速度圧
衛星電話設備用アンテナ (緊急時対策所) (壁掛形)	1.121×10 <sup>3</sup>

### 2.5.3 設計用地震力

衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（壁掛形）の設計用地震力のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表2-8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2-8 設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		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
緊急時対策所 EL 56.6 <sup>*1</sup>	□	□	—	—	$C_H=2.90^{*2}$	$C_V=1.41^{*2}$

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度Ⅱ（基準地震動  $S_s$ ）

## 2.5.4 計算方法

### 2.5.4.1 応力の計算方法

#### 2.5.4.1.1 基礎ボルトの計算方法

基礎ボルトの応力は、三次元はりモデルによる個別解析からサポート基礎部の内力を求めて、その結果を用いて手計算にて計算する。

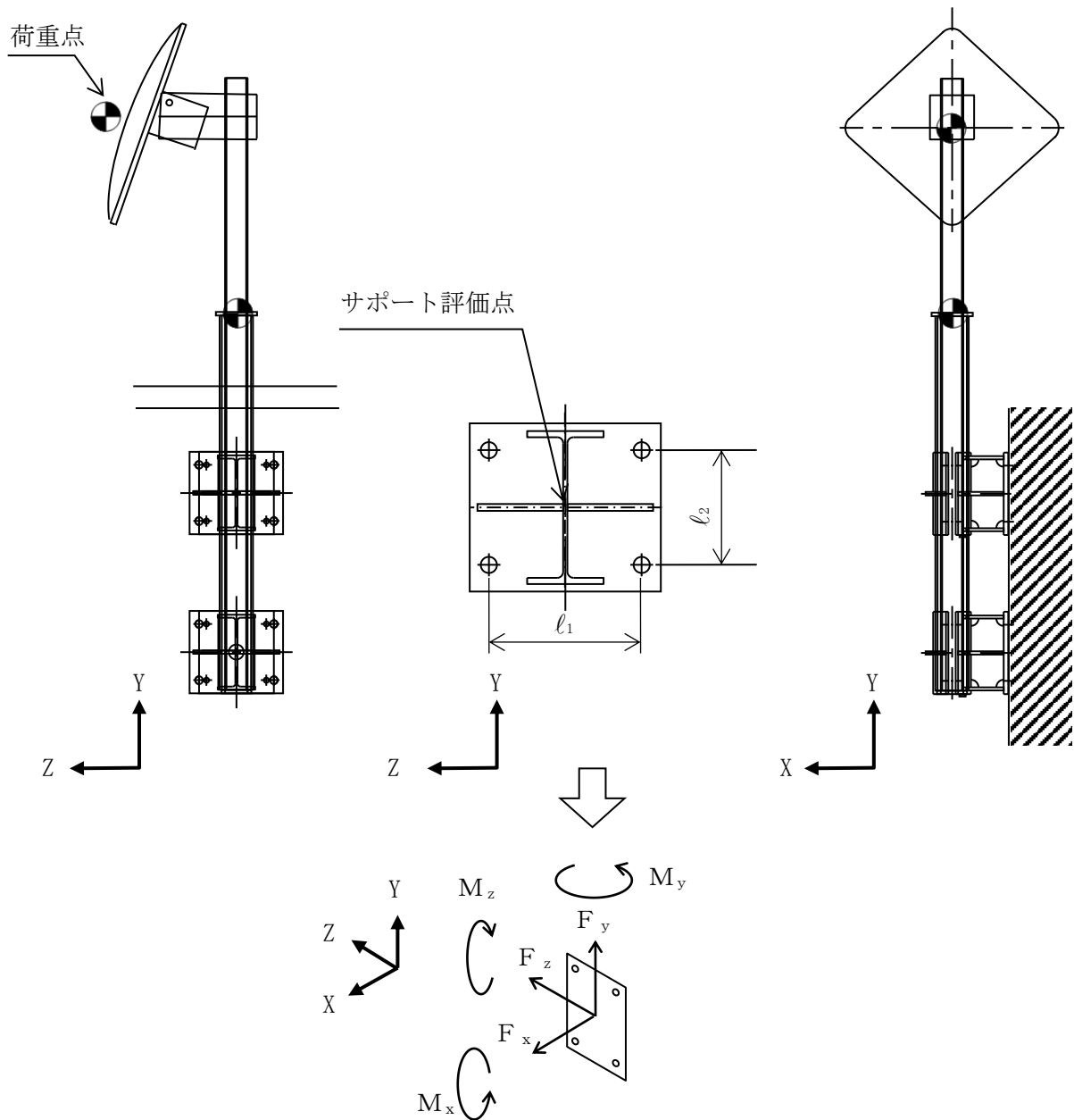


図 2-4 計算モデル (サポート基礎部, 基礎ボルト)

個別解析によって得られたサポート基礎部の評価点の最大反力とモーメントを表 2-9 に示す。

表 2-9 サポート発生反力, モーメント

対象機器	反力(N)			モーメント(N・mm)		
	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
衛星電話設備用アンテナ (緊急時対策所) (壁掛形)						

(1) 引張応力

基礎ボルト (1本当たり) に対する引張応力は, 下式により計算する。

引張力

$$F_b = \frac{F_x}{n} + \frac{M_y}{l_1 \cdot n_y} + \frac{M_z}{l_2 \cdot n_z} \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.1)$$

引張応力

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b} \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.2)$$

ここで, 基礎ボルトの軸断面積 A<sub>b</sub> は次式により求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.3)$$

(2) せん断応力

基礎ボルト (1本当たり) に対するせん断応力は, 下式により計算する。

せん断力

$$Q_b = \frac{\sqrt{F_y^2 + F_z^2}}{n} + \frac{M_x}{l_3 \cdot n} \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.4)$$

ここで, ボルト間距離 l<sub>3</sub> は次式により求める。

$$l_3 = \text{Min}(l_1, l_2) \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.5)$$

せん断応力

$$\tau_b = \frac{Q_b}{A_b} \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.6)$$



2.5.5 計算条件

2.5.5.1 基礎ボルトの応力計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（壁掛形）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。

2.5.6 応力の評価

2.5.6.1 基礎ボルトの応力評価

2.5.4.1項で求めたボルトの引張応力 $\sigma_b$ 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。

$$f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}] \quad \dots\dots\dots (2.5.6.1.1)$$

せん断応力 $\tau_b$ は、せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 $f_{sb}$ 以下であること。ただし、 $f_{sb}$ は下表による。

	基準地震動 $S_s$ による 荷重との組合せの場合
許容引張応力 $f_{to}$	$\frac{F^*}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 $f_{sb}$	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

## 2.6 機能維持評価

### 2.6.1 電氣的機能維持評価方法

衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（壁掛形）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。

衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（壁掛形）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同形式の器具単体の加振試験において、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 2-10 に示す。

表 2-10 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
衛星電話設備用アンテナ （緊急時対策所）（壁掛形）	水平	<input type="checkbox"/>
	鉛直	<input type="checkbox"/>

## 2.7 評価結果

### 2.7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（壁掛形）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。

## 【衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）（壁掛形）の耐震性についての計算結果】

## 1. 重大事故等対処設備

## 1.1 設計条件

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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		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	
衛星電話設備用アンテナ (緊急時対策所) (壁掛形)	常設/防止 常設/緩和	緊急時対策所 EL 56.6* <sup>1</sup>	□	□	—	—	C <sub>H</sub> =2.90* <sup>2</sup>	C <sub>V</sub> =1.41* <sup>2</sup>	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<sub>s</sub>）

## 1.2 機器要目

部材	W <sub>1</sub> (N)	W <sub>2</sub> (N)	d (mm)	A <sub>b</sub> (mm <sup>2</sup> )	n	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (RT) (MPa)
基礎ボルト	88.26	31.26	16 (M16)	201.1	4	198	504	205

部材	ℓ <sub>1</sub> (mm)	ℓ <sub>2</sub> (mm)	n <sub>y</sub>	n <sub>z</sub>	P <sub>K</sub> (N)		F (MPa)	F* (MPa)
					X方向	Z方向		
基礎ボルト	200	150	2	2	1.118×10 <sup>3</sup>	959.5	—	205

1.3 計算数値

1.3.1 サポート基礎部に作用する力

(単位：N)

部材	F <sub>x</sub>		F <sub>y</sub>		F <sub>z</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動S <sub>s</sub>
サポート部	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

1.3.2 サポート基礎部に作用するモーメント

(単位：N・mm)

部材	M <sub>x</sub>		M <sub>y</sub>		M <sub>z</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動S <sub>s</sub>
サポート部	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

1.3.3 基礎ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F <sub>b</sub>		Q <sub>b</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動S <sub>s</sub>
基礎ボルト	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

## 1.4 結論

## 1.4.1 基礎ボルトの応力

(単位: MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SUS304	引張	—	—	$\sigma_b = 29$	$f_{ts} = 123^*$
		せん断	—	—	$\tau_b = 6$	$f_{sb} = 94$

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

すべて許容応力以下である。

## 1.4.2 電気的機能維持の評価結果

(×9.8m/s<sup>2</sup>)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
衛星電話設備用アンテナ (緊急時対策所) (壁掛形)	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<sub>s</sub>) により定まる加速度

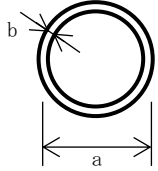
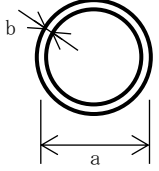
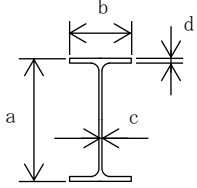
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

## 1.5 その他の機器要目

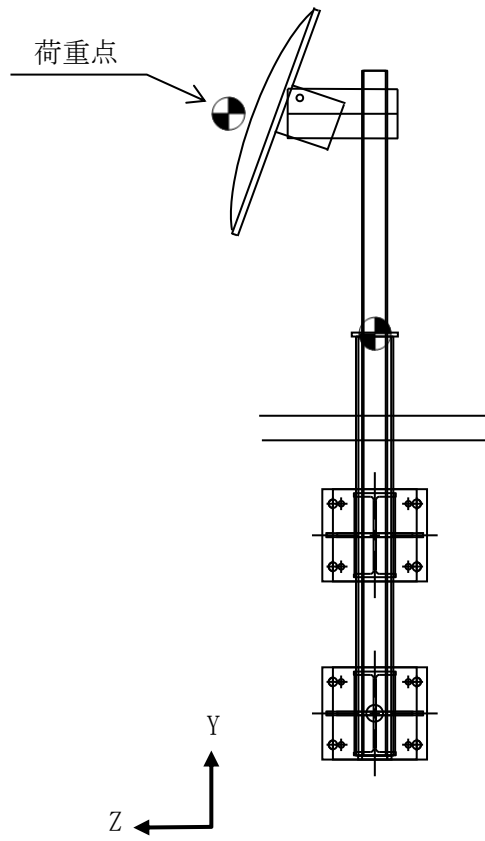
## (1) 機器諸元

項目		記号	単位	入力値
材質 (SUS304)	縦弾性係数	E	MPa	$1.93 \times 10^5$
	ポアソン比	$\nu$	—	0.3
温度条件 (周囲環境温度)		T	°C	50
質量		m	kg	<input type="checkbox"/>
要素数		—	個	10
節点数		—	個	11

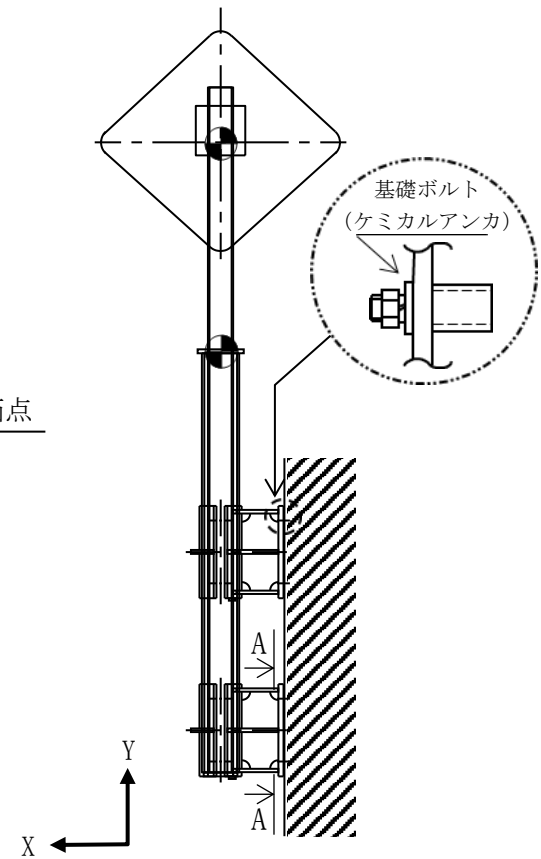
(2) 部材の機器要目

対象部材	支持柱		壁面取付金具
	50A 鋼管	80A 鋼管	H形鋼
材料	SUS304	SUS304	SUS304
断面積A (mm <sup>2</sup> )	950.3	$1.445 \times 10^3$	$2.670 \times 10^3$
断面形状 (mm)			
	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin: 0 auto;">60.5×5.5</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin: 0 auto;">(a×b)</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin: 0 auto;">89.1×5.5</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin: 0 auto;">(a×b)</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin: 0 auto;">200×100×5.5×8</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin: 0 auto;">(a×b×c×d)</div>

正面

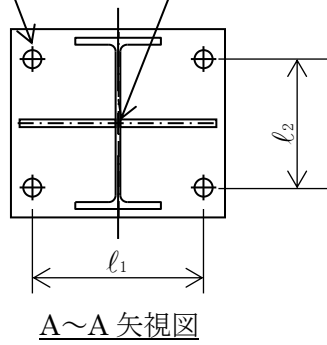


側面



基礎ボルト  
(ケミカルアンカ)

サポート評価点





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-2-6-7-3-2-1 無線通信設備（固定型）（中央制御室）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、無線通信設備（固定型）（中央制御室）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。

無線通信設備（固定型）（中央制御室）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構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、無線通信設備（固定型）（中央制御室）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

無線通信設備（固定型）（中央制御室）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>電話機取付用パネルは、取付ボルトにて電話台に固定する。 電話台は、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>The diagram shows two views of a telephone cabinet. The side view (left) shows a cabinet with a width of 800 mm and a height of 715 mm. It is mounted on a base labeled '電話台' (Telephone Stand) which is secured to the floor ('床') with '基礎ボルト (ケミカルアンカ)' (Foundation Bolts (Chemical Anchors)). The front view (right) shows a cabinet with a width of 500 mm, divided into two vertical sections. Each section contains a '電話機取付用パネル' (Telephone Mounting Panel) with a handset and a dial. The panels are secured to the cabinet frame with '取付ボルト' (Mounting Bolts). Labels include '電話台', '床', '基礎ボルト (ケミカルアンカ)', '取付ボルト', and '電話機取付用パネル'.</p> <p>(側面図) (正面図)</p> <p>(単位：mm)</p>

### 3. 固有周期

#### 3.1 固有周期の確認

無線通信設備（固定型）（中央制御室）の固有周期は、正弦波掃引試験により確認する。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。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)

無線通信設備（固定型） （中央制御室）	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

無線通信設備（固定型）（中央制御室）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

無線通信設備（固定型）（中央制御室）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

無線通信設備（固定型）（中央制御室）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

無線通信設備（固定型）（中央制御室）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【無線通信設備（固定型）（中央制御室）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	無線通信設備（固定型） （中央制御室）	常設／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／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

\*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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



表 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
IV <sub>AS</sub>	1.5・f <sub>t</sub> *	1.5・f <sub>s</sub> *
V <sub>AS</sub> (V <sub>AS</sub> としてIV <sub>AS</sub> 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 <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	X5CrNiMo 17-12-2 +C700 (DIN EN 10088-3)	周囲環境温度	40	200	500	—

## 5. 機能維持評価

### 5.1 電氣的機能維持評価方法

無線通信設備（固定型）（中央制御室）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。

無線通信設備（固定型）（中央制御室）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/s<sup>2</sup>)

機器名称	方向	機能確認済加速度
無線通信設備（固定型） （中央制御室）	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

無線通信設備（固定型）（中央制御室）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。

【無線通信設備（固定型）（中央制御室）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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		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	
無線通信設備（固定型） （中央制御室）	常設／防止 常設／緩和	制御室建物 EL 16.9* <sup>1</sup>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	—	—	C <sub>H</sub> =3.41* <sup>2</sup>	C <sub>V</sub> =1.58* <sup>2</sup>	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<sub>s</sub>）

1.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)
基礎ボルト (i=1)	<input type="text"/>	358	10 (M10)	78.54	6	200	500

部材	ℓ <sub>1 i</sub> * (mm)	ℓ <sub>2 i</sub> * (mm)	n <sub>f i</sub> * (mm)	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト (i=1)	222	226	3	—	240	—	長辺方向
	205	295	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 <sub>b i</sub>		Q <sub>b i</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	X5CrNiMo 17-12-2 +C700 (DIN EN 10088-3)	引張	—	—	$\sigma_{b1}=17$	$f_{ts1}=144^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=7$	$f_{sb1}=110$

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

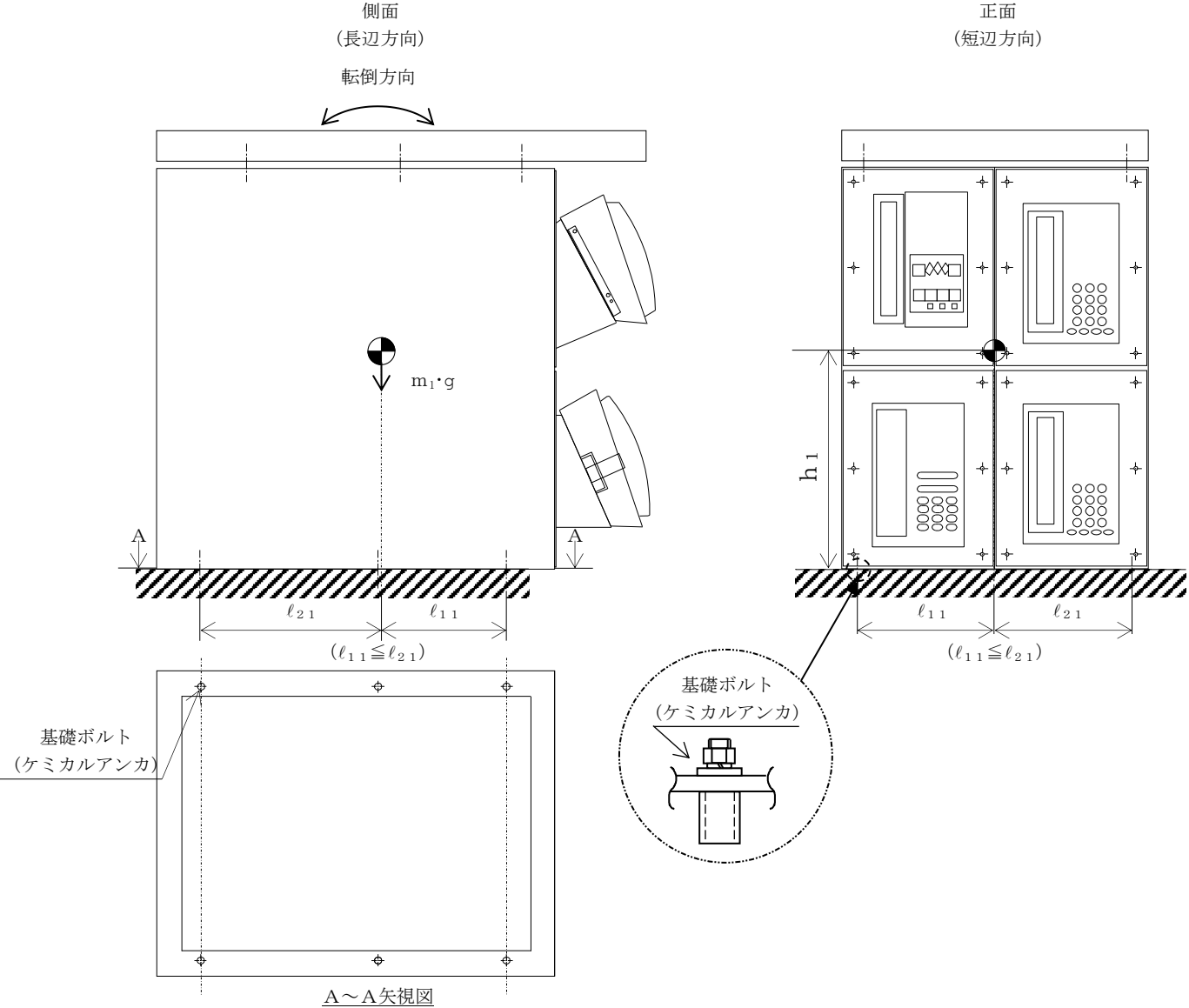
すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

		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) (中央制御室)	水平方向	2.84	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.32	<input type="text"/>

注記\*: 設計用震度 II (基準地震動 S<sub>s</sub>) 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-2-6-7-3-2-2 無線通信設備収納盤（中央制御室）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、無線通信設備収納盤（中央制御室）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。

無線通信設備収納盤（中央制御室）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構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

なお、無線通信設備収納盤（中央制御室）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

無線通信設備収納盤（中央制御室）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>無線通信設備収納盤（中央制御室）は、取付ボルトにてチャンネルベースに固定する。</p> <p>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 style="text-align: center;">(正面図) <span style="margin-left: 200px;">(側面図)</span></p> <p style="text-align: right;">(単位：mm)</p>

### 3. 固有周期

#### 3.1 固有周期の確認

無線通信設備収納盤（中央制御室）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)

無線通信設備収納盤 (中央制御室) (2-1246)	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

無線通信設備収納盤（中央制御室）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

無線通信設備収納盤（中央制御室）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

無線通信設備収納盤（中央制御室）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

無線通信設備収納盤（中央制御室）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【無線通信設備収納盤（中央制御室）(2-1246)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	無線通信設備収納盤 (中央制御室)	常設／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／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

\*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 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
IV <sub>A</sub> S	1.5・f <sub>t</sub> * <sup>*</sup>	1.5・f <sub>s</sub> * <sup>*</sup>
V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> SとしてIV <sub>A</sub> 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 <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	X5CrNiMo 17-12-2 +C700 (DIN EN 10088-3)	周囲環境温度	40	200	500	—
取付ボルト	NCH8R	周囲環境温度	40	320	400	—



## 5. 機能維持評価

### 5.1 電氣的機能維持評価方法

無線通信設備収納盤（中央制御室）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。

無線通信設備収納盤（中央制御室）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/s<sup>2</sup>)

機器名称	方向	機能確認済加速度
無線通信設備収納盤（中央制御室） (2-1246)	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

無線通信設備収納盤（中央制御室）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。

【無線通信設備収納盤（中央制御室）（2-1246）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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		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	
無線通信設備収納盤 (中央制御室) (2-1246)	常設/防止 常設/緩和	原子炉建物 EL 34.8*1	□	□	—	—	C <sub>H</sub> =2.25*2	C <sub>V</sub> =2.39 *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<sub>s</sub>) を上回る設計震度

1.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)
基礎ボルト (i=1)	□	606	12 (M12)	113.1	6	200	500
取付ボルト (i=2)	□	556	12 (M12)	113.1	6	320	400

部材	ℓ <sub>1 i</sub> * (mm)	ℓ <sub>2 i</sub> * (mm)	n <sub>f i</sub> *	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト (i=1)	114	146	3	—	240	—	短辺方向
	425	475	2				
取付ボルト (i=2)	129	161	3	—	280	—	短辺方向
	475	525	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 <sub>b i</sub>		Q <sub>b i</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	X5CrNiMo 17-12-2 +C700 (DIN EN 10088-3)	引張	—	—	$\sigma_{b1}=45$	$f_{ts1}=144^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=9$	$f_{sb1}=110$
取付ボルト (i=2)	NCH8R	引張	—	—	$\sigma_{b2}=34$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=8$	$f_{sb2}=161$

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

すべて許容応力以下である。

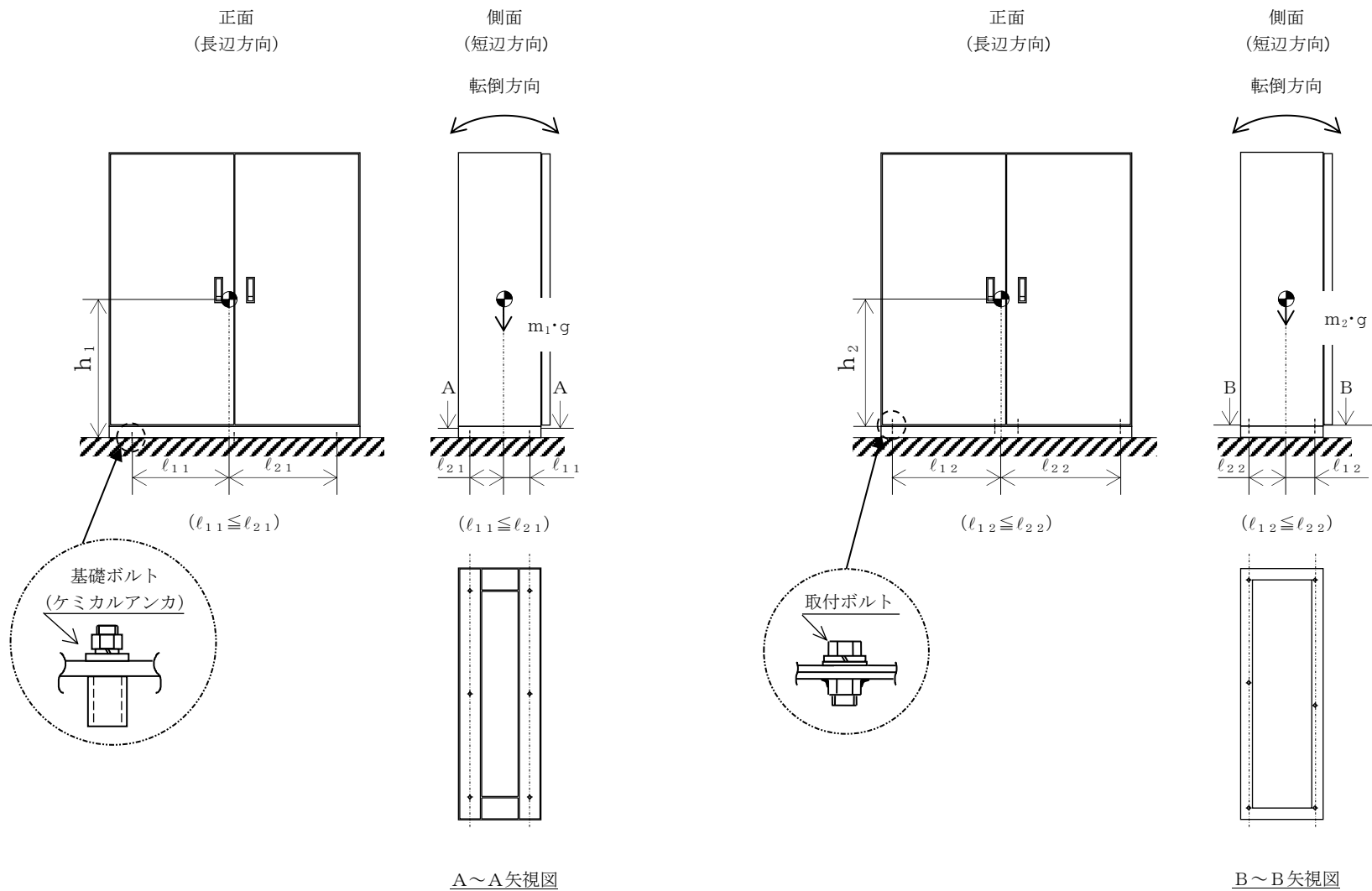
1.4.2 電気的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
無線通信設備収納盤 (中央制御室) (2-1246)	水平方向	1.73	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.98	<input type="text"/>

注記\*：設計用震度 II (基準地震動 S<sub>s</sub>) 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-2-6-7-3-2-3 無線通信設備用アンテナ（中央制御室）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	8
4.1 固有値解析方法	8
4.2 解析モデル及び諸元	8
4.3 固有値解析結果	9
5. 構造強度評価	10
5.1 構造強度評価方法	10
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	10
5.3 設計用地震力	15
5.4 計算方法	16
5.5 計算条件	18
5.6 応力の評価	18
6. 機能維持評価	19
6.1 電氣的機能維持評価方法	19
7. 評価結果	20
7.1 重大事故等対処設備としての評価結果	20

## 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、無線通信設備用アンテナ（中央制御室）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。

無線通信設備用アンテナ（中央制御室）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

無線通信設備用アンテナ（中央制御室）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>コーリニアアンテナは、取付金具により支持柱に固定する。</p> <p>支持柱は、B3 取付金具により空中線柱に固定する。</p> <p>空中線柱は、壁面取付金具取付ボルトにより壁面取付金具に固定する。</p> <p>壁面取付金具は、基礎ボルトにより壁面に設置する。</p>	<p>コーリニアアンテナ</p>	<p>側面</p> <p>コーリニアアンテナ</p> <p>2540</p> <p>取付金具</p> <p>支持柱</p> <p>B3 取付金具</p> <p>壁</p> <p>空中線柱</p> <p>壁面取付金具</p> <p>壁面取付金具取付ボルト</p> <p>140</p> <p>250</p> <p>220</p> <p>基礎ボルト (ケミカルアンカ)</p> <p>(正面図)</p> <p>(側面図)</p> <p>(単位：mm)</p>

## 2.2 評価方針

無線通信設備用アンテナ（中央制御室）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」にて示す無線通信設備用アンテナ（中央制御室）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、無線通信設備用アンテナ（中央制御室）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。

無線通信設備用アンテナ（中央制御室）の耐震評価フローを図2-1に示す。

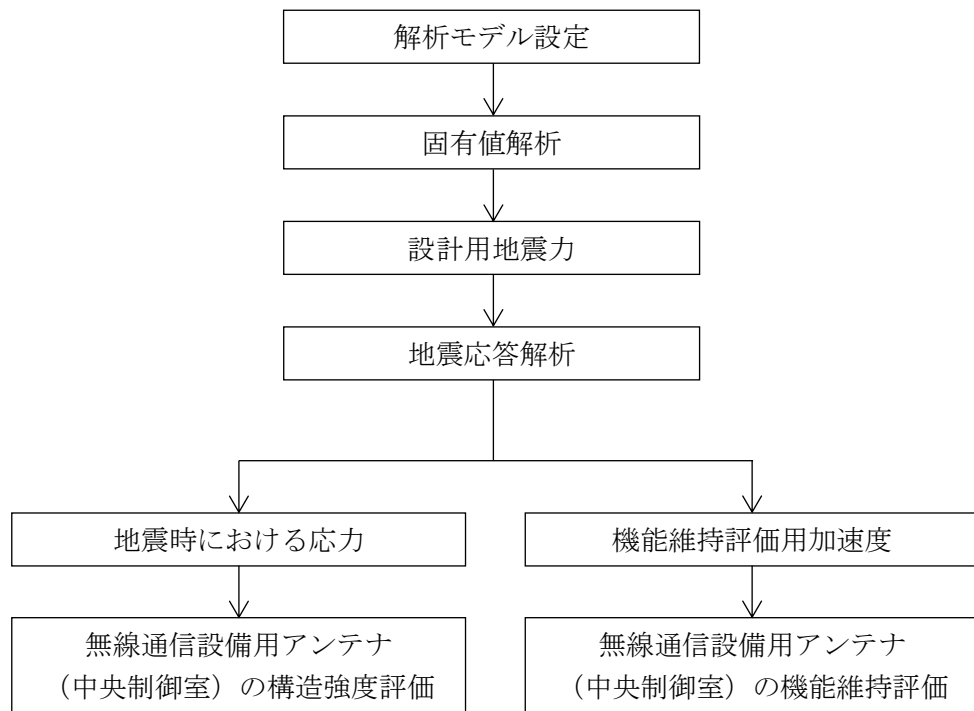


図2-1 無線通信設備用アンテナ（中央制御室）の耐震評価フロー

### 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。)
- ・DIN EN 10088-3 (Deutsches Institut für Normung E.V. (DIN), 1995)
- ・建築基準法・同施行令

## 2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
$A_b$	基礎ボルトの軸断面積	$\text{mm}^2$
$C_H$	水平方向設計震度	—
$C_V$	鉛直方向設計震度	—
$d$	基礎ボルトの呼び径	mm
$F^*$	設計・建設規格 SSB-3133に定める値	MPa
$F_b$	基礎ボルトに作用する引張力（1本当たり）	N
$F_x$	サポート基礎部に作用する力（x方向）	N
$F_y$	サポート基礎部に作用する力（y方向）	N
$F_z$	サポート基礎部に作用する力（z方向）	N
$f_{sb}$	せん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力	MPa
$f_{to}$	引張力のみを受ける基礎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基礎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）	$\text{m/s}^2$
$l_1$	ボルト間距離（水平方向）	mm
$l_2$	ボルト間距離（鉛直方向）	mm
$l_3$	ボルト間距離（水平方向と鉛直方向の小さい方）	mm
$M_x$	サポート基礎部に作用するモーメント（x軸周り）	$\text{N}\cdot\text{mm}$
$M_y$	サポート基礎部に作用するモーメント（y軸周り）	$\text{N}\cdot\text{mm}$
$M_z$	サポート基礎部に作用するモーメント（z軸周り）	$\text{N}\cdot\text{mm}$
$n$	基礎ボルトの本数	—
$n_y$	$M_y$ の引張力に耐えうる基礎ボルトの本数	—
$n_z$	$M_z$ の引張力に耐えうる基礎ボルトの本数	—
$P_K$	風荷重	N
$Q_b$	基礎ボルトに作用するせん断力（1本当たり）	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°Cにおける値	MPa
$W_1$	アンテナの荷重	N
$W_2$	B3取付金具の荷重（上側）	N
$W_3$	B3取付金具の荷重（下側）	N
$\pi$	円周率	—
$\sigma_b$	基礎ボルトに生じる引張応力	MPa
$\tau_b$	基礎ボルトに生じるせん断応力	MPa

## 2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は、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 <sup>*1</sup>
速度圧	N/m <sup>2</sup>	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 <sup>*2</sup>
面積	mm <sup>2</sup>	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 <sup>*2</sup>
モーメント	N・mm	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 <sup>*2</sup>
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 <sup>*2</sup>
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力 <sup>*3</sup>	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

無線通信設備用アンテナ（中央制御室）の耐震評価は、「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる基礎ボルトについて実施する。無線通信設備用アンテナ（中央制御室）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 固有値解析方法

無線通信設備用アンテナ（中央制御室）の固有値解析方法を以下に示す。

- (1) 無線通信設備用アンテナ（中央制御室）は、「4.2 解析モデル及び諸元」に示す三次元はりモデルとする。

##### 4.2 解析モデル及び諸元

無線通信設備用アンテナ（中央制御室）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【無線通信設備用アンテナ（中央制御室）の耐震性についての計算結果】のその他の機器要目に示す。

- (1) 無線通信設備用アンテナ（中央制御室）の支持架台は梁要素でモデル化し、コーリニアアンテナは、支持架台と比較して軽量であり、固有周期に与える影響が軽微であることから剛性の高い梁要素としてモデル化する。
- (2) 無線通信設備用アンテナ（中央制御室）のアンテナの質量は、その重心に集中するものとする。
- (3) 無線通信設備用アンテナ（中央制御室）のアンテナの重心位置については、アンテナの中心位置に重心位置を設定する。
- (4) 拘束条件は、基礎部を完全拘束とする。なお、基礎ボルト部は剛体として評価する。
- (5) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
- (6) 解析コードは、「MSC NASTRAN」を使用し、固有値及び荷重を求める。

なお、評価に用いる解析コード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。

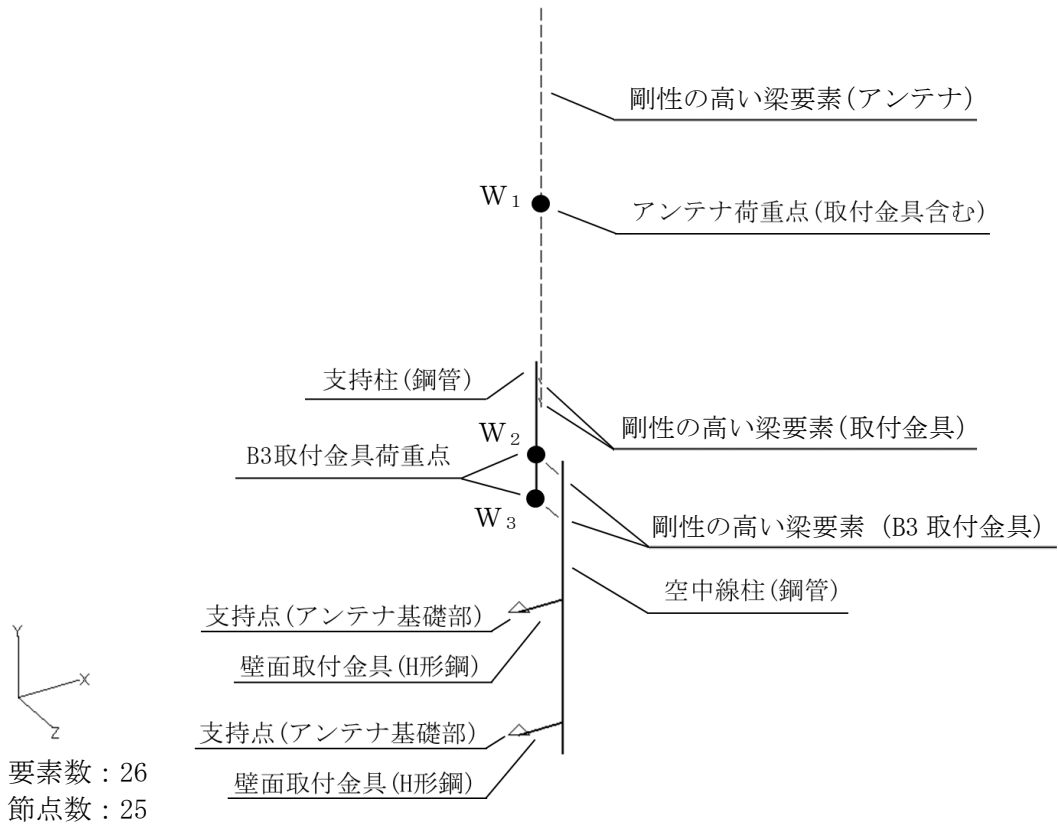


図4-1 解析モデル

#### 4.3 固有値解析結果

固有値解析結果を表 4-1, 振動モード図を図 4-2 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。

表 4-1 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	□	—	—	—



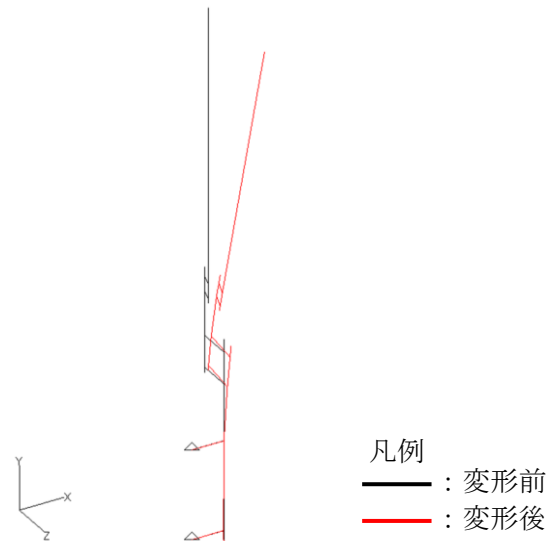


図 4-2 振動モード (1 次モード 水平方向   s)

## 5. 構造強度評価

### 5.1 構造強度評価方法

4.2 項(1)～(6)のほか、次の条件で計算する。

- (1) 地震力は、無線通信設備用アンテナ（中央制御室）に対して水平方向及び鉛直方向から個別に作用させる。

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、S R S S法を適用する。

- (2) 風圧力は、水平 2 方向それぞれの受風面積から荷重を算出し、はり要素に分布荷重として同時に作用させる。集中質量としてモデル化しているアンテナ及び B3 取付金具に対しては集中荷重として作用させる。

### 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

無線通信設備用アンテナ（中央制御室）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-1 に示す。

#### 5.2.2 許容応力

無線通信設備用アンテナ（中央制御室）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

無線通信設備用アンテナ（中央制御室）の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-3 に示す。

#### 5.2.4 風荷重

風荷重は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、風速 30 m/s を使用し、無線通信設備用アンテナ（中央制御室）の形状、風向きを踏まえ、作用する風圧力を算出する。風圧力の算出の基準となる基準速度圧を表 5-4 に示す。

表 5-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類 <sup>*1</sup>	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	無線通信設備用アンテナ (中央制御室)	常設／防止 常設／緩和	— <sup>*2</sup>	$D + P_D + M_D + S_s + P_K$ <sup>*3</sup>	IVAS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s + P_K$	VAS (VASとして IVASの許容限 界を用いる。)

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

\*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 5-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張	せん断
IVAS	1.5・f <sub>t</sub> *  	1.5・f <sub>s</sub> *  
VAS (VASとしてIVASの 許容限界を用いる。)		

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

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

表 5-3 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 <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	X5CrNiMo17-12-2+C700 (DIN EN 10088-3)	周囲環境温度	40	200	500	—

表 5-4 基準速度圧

(単位：N/m<sup>2</sup>)

作用する部位	基準速度圧
無線通信設備用アンテナ（中央制御室）	1.751×10 <sup>3</sup>

### 5.3 設計用地震力

無線通信設備用アンテナ（中央制御室）の設計用地震力のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-5 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（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 63.5 <sup>*1</sup>	□	0.05 以下	—	—	$C_H=5.80^{*2}$	$C_V=2.66^{*2}$

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度 II（基準地震動  $S_s$ ）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 基礎ボルトの計算方法

基礎ボルトの応力は、三次元はりモデルによる個別解析からサポート基礎部の内力を求めて、その結果を用いて手計算にて計算する。

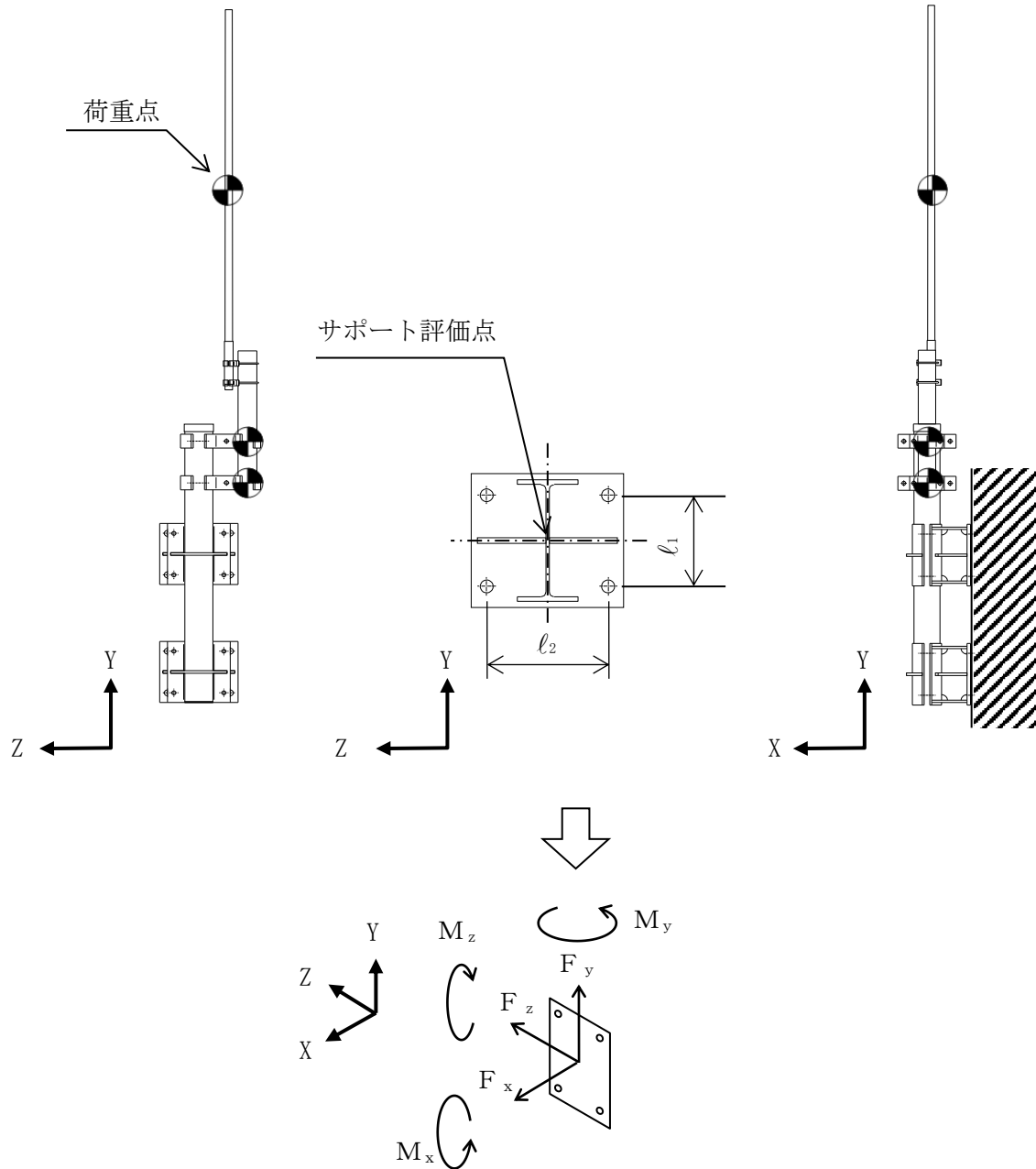


図5-1 計算モデル（サポート基礎部，基礎ボルト）

個別解析によって得られたサポート基礎部の評価点の最大反力とモーメントを表5-6に示す。

表5-6 サポート発生反力，モーメント

対象機器	反力(N)			モーメント(N・mm)		
	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
無線通信設備用アンテナ (中央制御室)						

(1) 引張応力

基礎ボルト（1本当たり）に対する引張応力は，下式により計算する。

引張力

$$F_b = \frac{F_x}{n} + \frac{M_y}{\ell_1 \cdot n_y} + \frac{M_z}{\ell_2 \cdot n_z} \dots\dots\dots (5.4.1.1.1)$$

引張応力

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

ここで，基礎ボルトの軸断面積A<sub>b</sub>は次式により求める。

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

(2) せん断応力

基礎ボルト（1本当たり）に対するせん断応力は，下式により計算する。

せん断力

$$Q_b = \frac{\sqrt{F_y^2 + F_z^2}}{n} + \frac{M_x}{\ell_3 \cdot n} \dots\dots\dots (5.4.1.1.4)$$

ここで，ボルト間距離ℓ<sub>3</sub>は次式により求める。

$$\ell_3 = \text{Min}(\ell_1, \ell_2) \dots\dots\dots (5.4.1.1.5)$$

せん断応力

$$\tau_b = \frac{Q_b}{A_b} \dots\dots\dots (5.4.1.1.6)$$



## 5.5 計算条件

### 5.5.1 基礎ボルトの応力計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【無線通信設備用アンテナ（中央制御室）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 基礎ボルトの応力評価

5.4.1項で求めたボルトの引張応力 $\sigma_b$ 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。

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

せん断応力 $\tau_b$ は、せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 $f_{sb}$ 以下であること。ただし、 $f_{sb}$ は下表による。

	基準地震動 $S_s$ による 荷重との組合せの場合
許容引張応力 $f_{to}$	$\frac{F^*}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 $f_{sb}$	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

## 6. 機能維持評価

### 6.1 電氣的機能維持評価方法

無線通信設備用アンテナ（中央制御室）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。

無線通信設備用アンテナ（中央制御室）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 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
無線通信設備用アンテナ（中央制御室）	水平	□
	鉛直	□

## 7. 評価結果

### 7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

無線通信設備用アンテナ（中央制御室）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。

## 【無線通信設備用アンテナ（中央制御室）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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		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	
無線通信設備用アンテナ (中央制御室)	常設/防止 常設/緩和	原子炉建物 EL 63.5*1	□	0.05 以下	—	—	C <sub>H</sub> =5.80*2	C <sub>V</sub> =2.66*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<sub>s</sub>）を上回る設計震度

## 1.2 機器要目

部材	W <sub>1</sub> (N)	W <sub>2</sub> (N)	W <sub>3</sub> (N)	d (mm)	A <sub>b</sub> (mm <sup>2</sup> )	n	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)
基礎ボルト	12.68	29.42	29.42	16 (M16)	201.1	4	200	500

部材	ℓ <sub>1</sub> (mm)	ℓ <sub>2</sub> (mm)	n <sub>y</sub>	n <sub>z</sub>	P <sub>K</sub> (N)		F (MPa)	F* (MPa)
					X方向	Z方向		
基礎ボルト	150	200	2	2	1.100×10 <sup>3</sup>	1.030×10 <sup>3</sup>	—	240

## 1.3 計算数値

## 1.3.1 サポート基礎部に作用する力

(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
サポート部	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

## 1.3.2 サポート基礎部に作用するモーメント

(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
サポート部	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

## 1.3.3 基礎ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	$F_b$		$Q_b$	
	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
基礎ボルト	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

## 1.4 結論

## 1.4.1 基礎ボルトの応力

(単位: MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	X5CrNiMo17-12-2+C700 (DIN EN 10088-3)	引張	—	—	$\sigma_b = 20$	$f_{ts} = 144^*$
		せん断	—	—	$\tau_b = 6$	$f_{sb} = 110$

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

すべて許容応力以下である。

## 1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

(×9.8m/s<sup>2</sup>)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
無線通信設備用アンテナ (中央制御室)	水平方向	4.14	□
	鉛直方向	2.21	□

注記\*: 設計用震度 II (基準地震動 S<sub>s</sub>) により定まる加速度

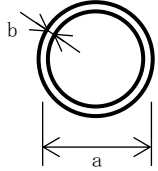
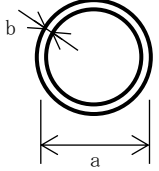
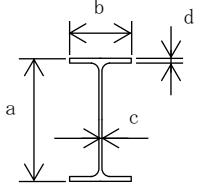
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

## 1.5 その他の機器要目

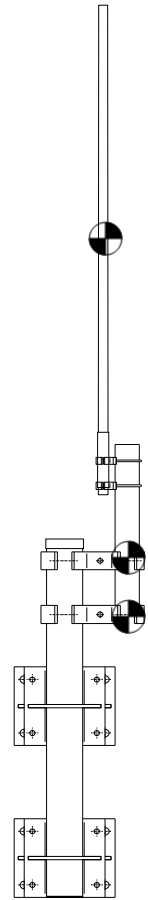
## (1) 機器諸元

項目		記号	単位	入力値
材質 (SS400)	縦弾性係数	E	MPa	$2.02 \times 10^5$
	ポアソン比	$\nu$	—	0.3
材質 (STK400)	縦弾性係数	E	MPa	$2.02 \times 10^5$
	ポアソン比	$\nu$	—	0.3
温度条件 (周囲環境温度)		T	°C	40
質量		m	kg	□
要素数		—	個	26
節点数		—	個	25

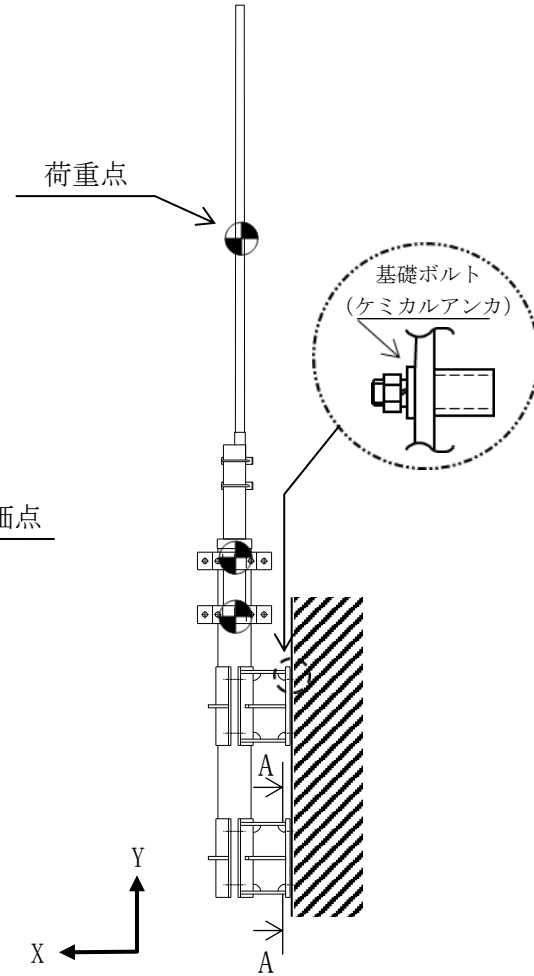
(2) 部材の機器要目

対象部材	支持柱	空中線柱	壁面取付金具					
	鋼管	鋼管	H形鋼					
材料	STK400	STK400	SS400					
断面積A (mm <sup>2</sup> )	710	$1.120 \times 10^3$	$2.670 \times 10^3$					
断面形状 (mm)								
	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>60.5×4</td> </tr> <tr> <td>(a×b)</td> </tr> </table>	60.5×4	(a×b)	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>89.1×4.2</td> </tr> <tr> <td>(a×b)</td> </tr> </table>	89.1×4.2	(a×b)	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>200×100×5.5×8</td> </tr> <tr> <td>(a×b×c×d)</td> </tr> </table>	200×100×5.5×8
60.5×4								
(a×b)								
89.1×4.2								
(a×b)								
200×100×5.5×8								
(a×b×c×d)								

正面

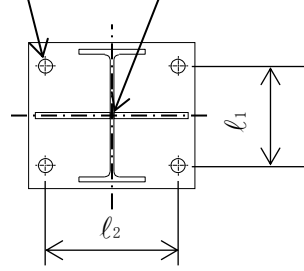


側面



基礎ボルト  
(ケミカルアンカ)

サポート評価点



A~A 矢視図



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定する。 机はボルトで床に固定する。</p>	<p>ハンドセット</p>	<p>(正面図)</p> <p>(平面図)</p> <p>(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。

実機の据付状態を机及び固定具を含めて加振台上で模擬したうえで、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健全性を確認することから、固有周期の確認、机及び固定具の構造強度評価は省略する。

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。

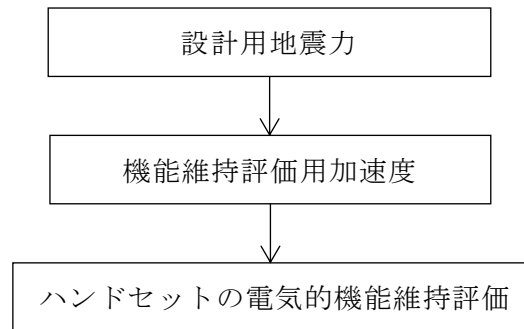


図2-1 無線通信設備（固定型）（緊急時対策所）の耐震評価フロー

## 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定することから、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定することから、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、実機の据付状態を机及び固定具を含めて加振台上で模擬したうえで、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/s<sup>2</sup>)

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。



## 【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結果】

## 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-2-6-7-3-2-5 緊急時対策所 無線通信設備用ラックの  
耐震性についての計算書

## 目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格・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 固有値解析方法	7
4.2 解析モデル及び諸元	7
4.3 固有値解析結果	8
5. 構造強度評価	10
5.1 構造強度評価方法	10
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	10
5.3 設計用地震力	14
5.4 計算方法	15
5.5 計算条件	17
5.6 応力の評価	18
6. 機能維持評価	19
6.1 電氣的機能維持評価方法	19
7. 評価結果	20
7.1 重大事故等対処設備としての評価結果	20

## 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 無線通信設備用ラック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 無線通信設備用ラックは、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

緊急時対策所 無線通信設備用ラックの構造計画を表 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>緊急時対策所 無線通信 設備用ラックは、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 合わせた自立開放型の ラック)</p>	<p>緊急時対策所 無線通信設備用ラック</p> <p>基礎ボルト (ケミカルアンカ)</p> <p>900</p> <p>1802.3</p> <p>800 床</p> <p>(正面図)</p> <p>(側面図)</p> <p>(単位：mm)</p>

## 2.2 評価方針

緊急時対策所 無線通信設備用ラックの応力評価は、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」にて示す緊急時対策所 無線通信設備用ラックの部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「5. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、緊急時対策所 無線通信設備用ラックの機能維持評価は、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。

緊急時対策所 無線通信設備用ラックの耐震評価フローを図 2-1 に示す。

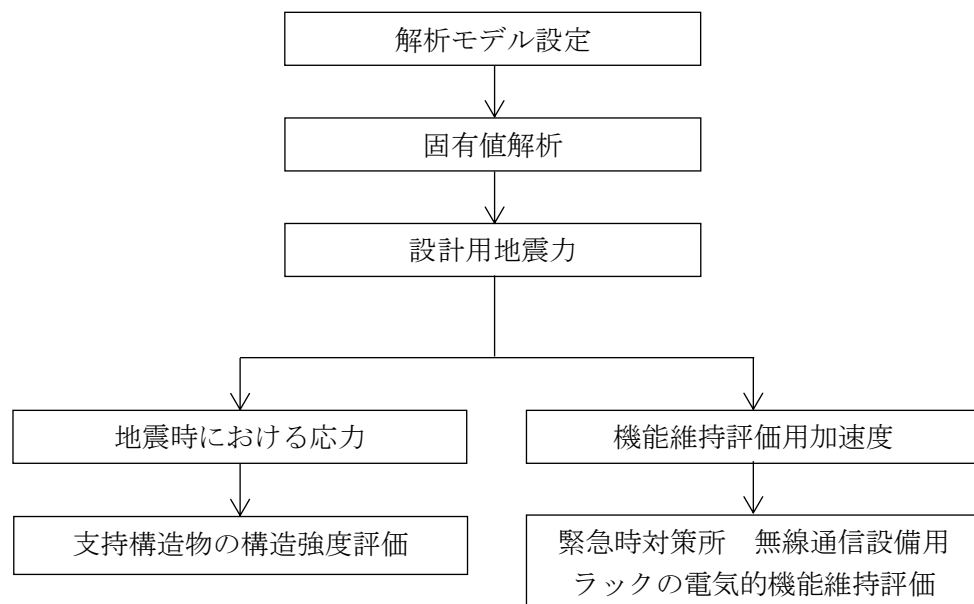


図 2-1 緊急時対策所 無線通信設備用ラックの耐震評価フロー

### 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	$\text{mm}^2$
$C_H$	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 本あたり)	N
$f_{sb}$	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力	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
$g$	重力加速度 (=9.80665)	$\text{m/s}^2$
$h$	据付面から重心までの距離	mm
$l_1$	重心とボルト間の水平方向距離*	mm
$l_2$	重心とボルト間の水平方向距離*	mm
$m$	質量	kg
$n$	ボルトの本数	—
$n_f$	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数	—
$Q_b$	ボルトに作用するせん断力	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°Cにおける値	MPa
$\pi$	円周率	—
$\sigma_b$	ボルトに生じる引張応力	MPa
$\tau_b$	ボルトに生じるせん断応力	MPa

注記\* :  $l_1 \leq l_2$



## 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 <sup>2</sup>	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

緊急時対策所 無線通信設備用ラックの耐震評価は、「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる基礎ボルトについて実施する。

緊急時対策所 無線通信設備用ラックの耐震評価部位については、表 2-1 の概略構造図に示す。

### 4. 固有周期

#### 4.1 固有値解析方法

緊急時対策所 無線通信設備用ラックの固有値解析方法を以下に示す。

- (1) 緊急時対策所 無線通信設備用ラックは、「4.2 解析モデル及び諸元」に示す 3次元 FEMモデルとする。

#### 4.2 解析モデル及び諸元

緊急時対策所 無線通信設備用ラックの解析モデルを図 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【緊急時対策所 無線通信設備用ラックの耐震性についての計算結果】のその他の機器要目に示す。

- (1) 緊急時対策所 無線通信設備用ラックの鋼板及びウェブはシェル要素でモデル化し、フレーム及びフランジは、はり要素でモデル化する。
- (2) 緊急時対策所 無線通信設備用ラックのラック内機器質量は、各鋼板に分布質量として付与する。
- (3) 拘束条件は、基礎部の並進方向と、ボルト軸直角 2 方向の回転方向を拘束する。なお、基礎ボルトは剛体として評価する。
- (4) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
- (5) 解析コードは、「MSC NASTRAN」を使用し、固有値を求める。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。

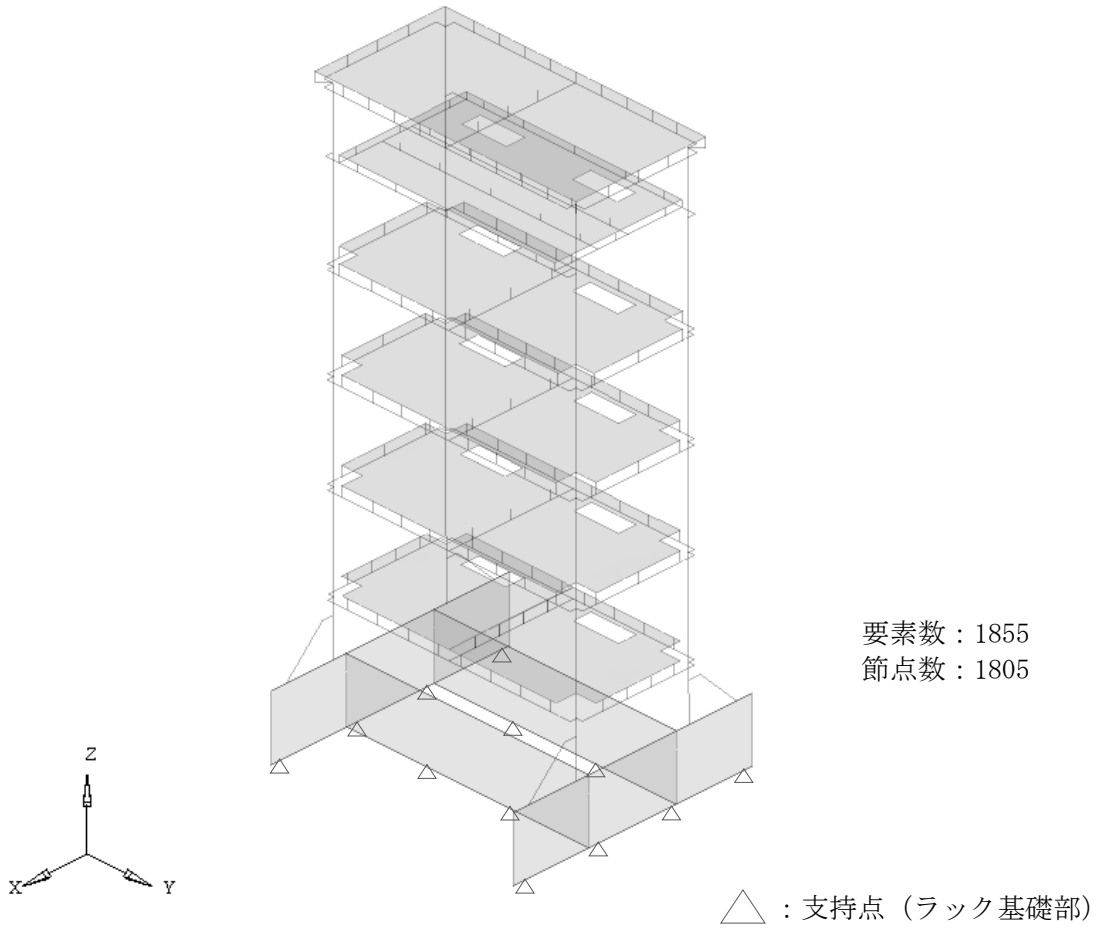


図4-1 解析モデル

#### 4.3 固有値解析結果

固有値解析の結果を表 4-1，振動モード図を図 4-2 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。

表 4-1 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		—	—	—

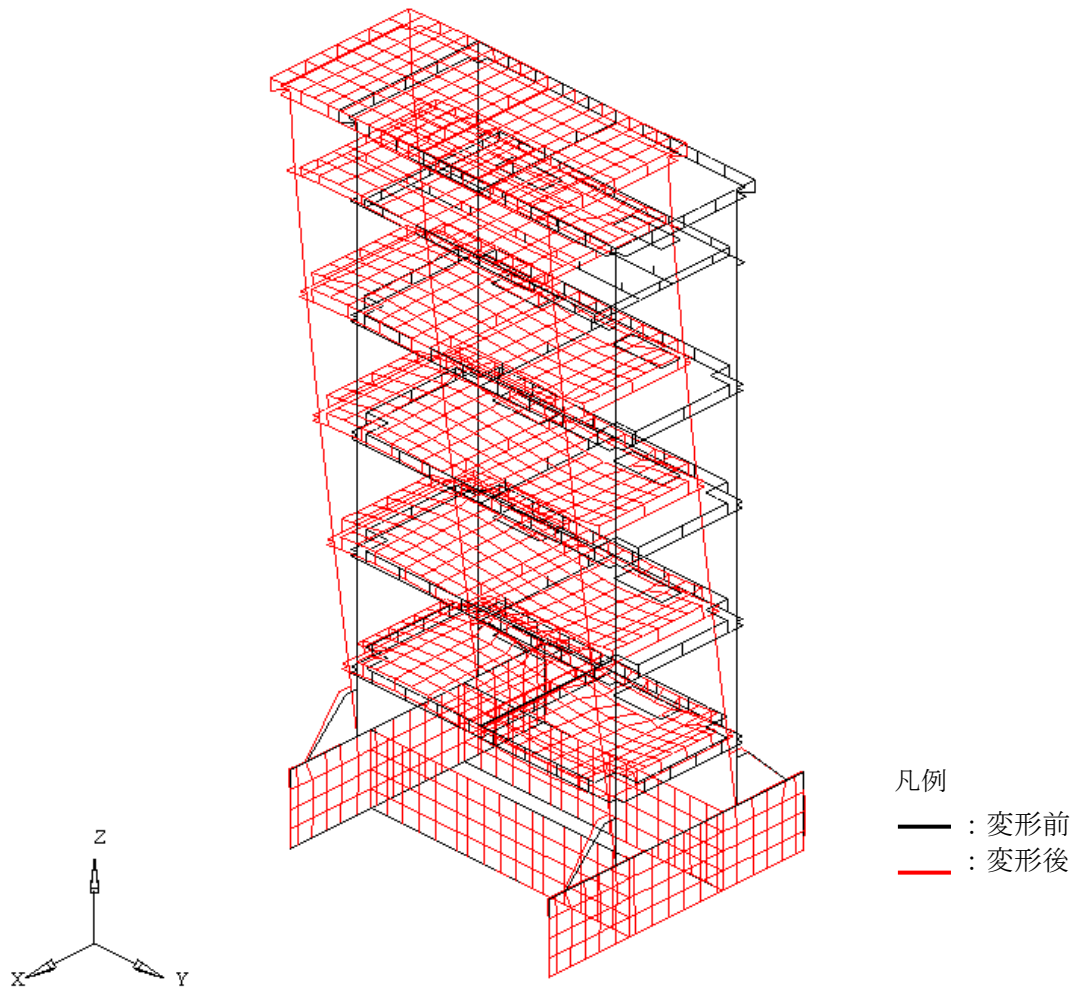


図 4-2 振動モード (1 次モード 水平方向 s)

## 5. 構造強度評価

### 5.1 構造強度評価方法

- (1) 緊急時対策所 無線通信設備用ラックの質量は重心に集中しているものとする。
- (2) 地震力は緊急時対策所 無線通信設備用ラックに対して水平方向及び鉛直方向から個別に作用させる。  
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) 緊急時対策所 無線通信設備用ラックは基礎ボルトで基礎に固定されており、固定端とする。
- (4) 転倒方向は、長辺方向及び短辺方向について検討し、計算書には結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。
- (5) 緊急時対策所 無線通信設備用ラックの重心位置については、転倒方向を考慮して、計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定して耐震性の計算を行う。
- (6) 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

緊急時対策所 無線通信設備用ラッ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 5-1 に示す。

#### 5.2.2 許容応力

緊急時対策所 無線通信設備用ラックの許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 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

緊急時対策所 無線通信設備用ラッ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 5-3 に示す。

表 5-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	その他の計測 制御系統施設	緊急時対策所 無線通信設備用ラック	常設／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／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

\*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 5-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界 <sup>*1, *2</sup> (ボルト等)	
	一次応力	
	引張	せん断
IV <sub>A</sub> S	1.5・f <sub>t</sub> <sup>*</sup>	1.5・f <sub>s</sub> <sup>*</sup>
V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> SとしてIV <sub>A</sub> 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 5-3 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 <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	394	—



### 5.3 設計用地震力

緊急時対策所 無線通信設備用ラックの設計用地震力のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-4 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 5-4 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
緊急時対策所 EL 50.25 <sup>*1</sup>		0.05 以下	—	—	$C_H=2.21^{*2}$	$C_V=1.38^{*2}$

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度 II（基準地震動  $S_s$ ）

## 5.4 計算方法

### 5.4.1 応力の計算方法

#### 5.4.1.1 基礎ボルトの計算方法

基礎ボルトの応力は，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。

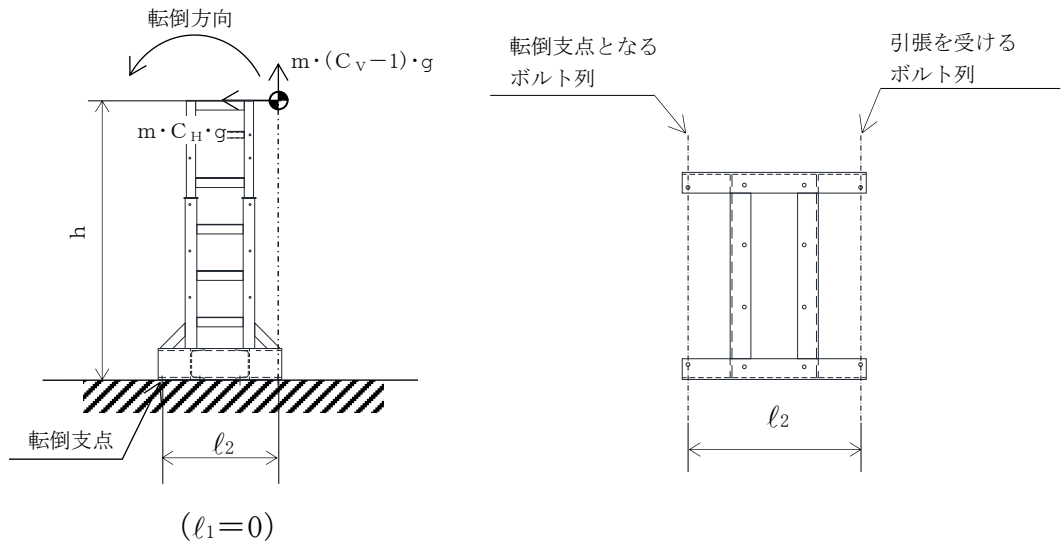


図5-1 計算モデル（短辺方向転倒）

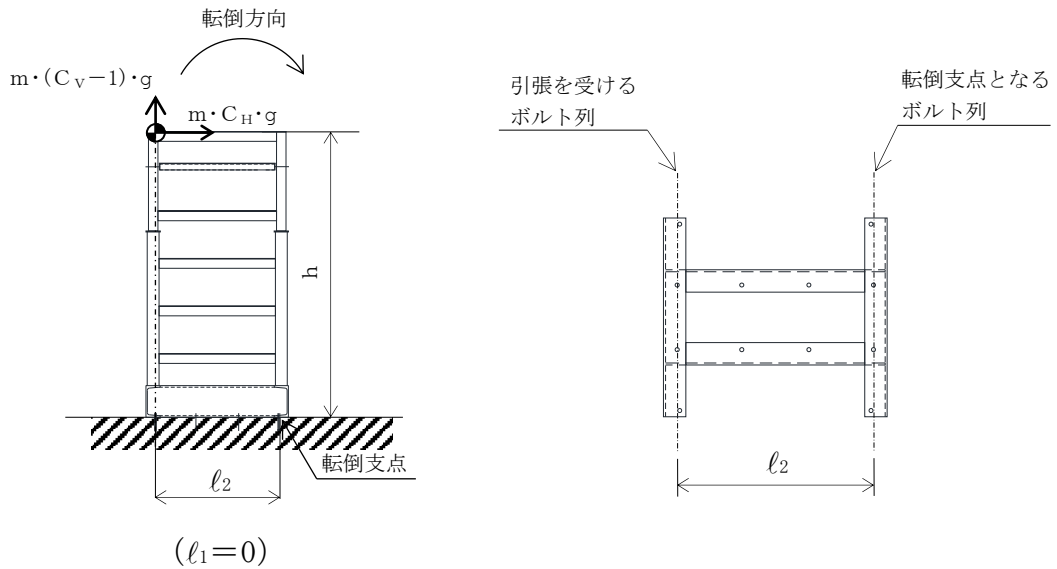


図5-2 計算モデル（長辺方向転倒）

## (1) 引張応力

基礎ボルトに対する引張力は、図5-1及び図5-2でそれぞれのボルトを支点とする転倒を考え、これを片側のボルトで受けるものとして計算する。

引張力

$$F_b = \frac{m \cdot g \cdot C_H \cdot h + m \cdot g \cdot (C_V - 1) \cdot \ell_2}{n_f \cdot (\ell_1 + \ell_2)} \dots\dots\dots (5.4.1.1.1)$$

引張応力

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

ここで、基礎ボルトの軸断面積 $A_b$ は次式により求める。

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

## (2) せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_b = m \cdot g \cdot C_H \dots\dots\dots (5.4.1.1.4)$$

せん断応力

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n \cdot A_b} \dots\dots\dots (5.4.1.1.5)$$

## 5.5 計算条件

### 5.5.1 基礎ボルトの応力計算条件

基礎ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【緊急時対策所 無線通信設備用ラックの耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

## 5.6 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 $\sigma_b$ 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。

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

せん断応力 $\tau_b$ は、せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 $f_{sb}$ 以下であること。ただし、 $f_{sb}$ は下表による。

	基準地震動 $S_s$ による 荷重との組合せの場合
許容引張応力 $f_{to}$	$\frac{F^*}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 $f_{sb}$	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

6. 機能維持評価

6.1 電氣的機能維持評価方法

緊急時対策所 無線通信設備用ラック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。

緊急時対策所 無線通信設備用ラック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サインビート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
緊急時対策所 無線通信設備用ラック	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

## 7. 評価結果

### 7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

緊急時対策所 無線通信設備用ラッ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、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 無線通信設備用ラッ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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		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 無線通信設備用ラック	常設/防止 常設/緩和	緊急時対策所 EL 50.25* <sup>1</sup>		0.05 以下	—	—	C <sub>H</sub> =2.21* <sup>2</sup>	C <sub>V</sub> =1.38* <sup>2</sup>	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<sub>s</sub>）

1.2 機器要目

部材	m (kg)	h (mm)	d (mm)	A <sub>b</sub> (mm <sup>2</sup> )	n	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)
基礎ボルト		1802.3* <sup>1</sup>	16 (M16)	201.1	12	211 (40mm<径≦100mm)	394 (40mm<径≦100mm)

部材	ℓ <sub>1</sub> * <sup>2</sup> (mm)	ℓ <sub>2</sub> * <sup>2</sup> (mm)	n <sub>f</sub> * <sup>2</sup>	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト	0* <sup>1</sup>	750* <sup>1</sup>	2	—	253	—	短辺方向
	0* <sup>1</sup>	790* <sup>1</sup>	2				

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 <sub>b</sub>		Q <sub>b</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト	—		—	

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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張	—	—	$\sigma_b = 43$	$f_{ts} = 152^*$
		せん断	—	—	$\tau_b = 3$	$f_{sb} = 117$

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

すべて許容応力以下である。

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 無線通信設備用ラック	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<sub>s</sub>）により定まる加速度

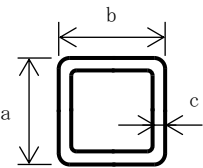
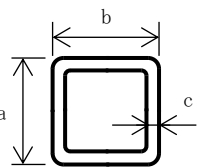
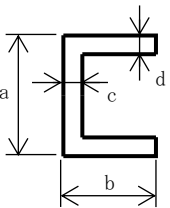
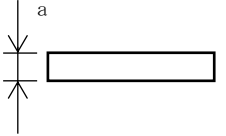
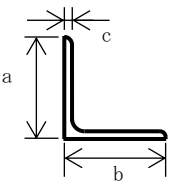
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

## 1.5 その他の機器要目

## (1) 機器諸元

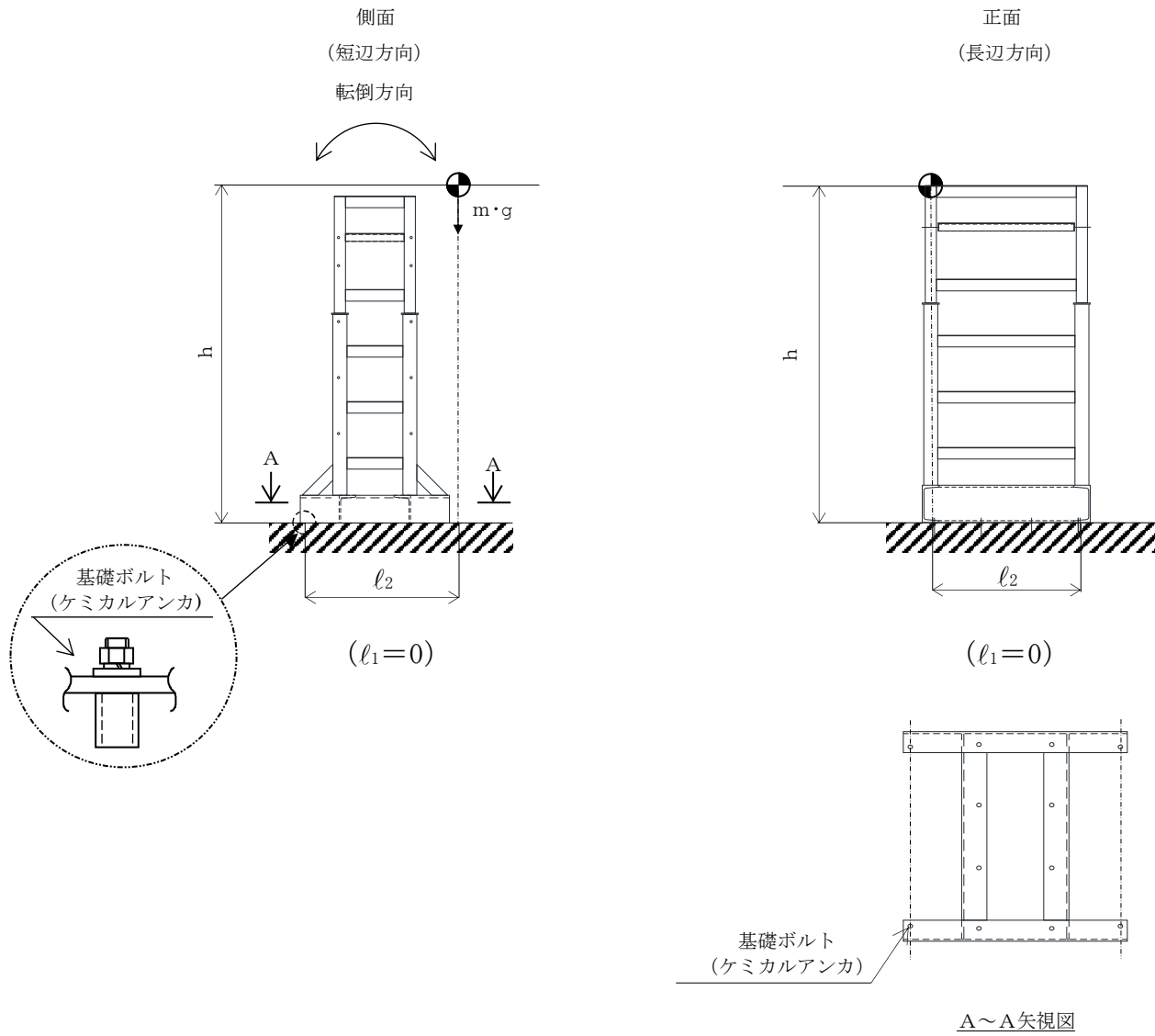
項目		記号	単位	入力値
材質 (SS400)	縦弾性係数	E	MPa	$2.01 \times 10^5$
	ポアソン比	$\nu$	—	0.3
材質 (STKR400)	縦弾性係数	E	MPa	$2.01 \times 10^5$
	ポアソン比	$\nu$	—	0.3
温度条件 (周囲環境温度)		T	°C	50
質量		m	kg	<input type="text"/>
要素数		—	個	1855
節点数		—	個	1805

(2) 部材の機器要目

対象部材	支柱 (下部)	支柱 (上部・斜材), 棚板	C 鋼	棚板										
	角鋼	角鋼		板材	山形鋼									
材料	STKR400	STKR400	SS400	SS400	SS400									
断面積 A (mm <sup>2</sup> )	1.217 × 10 <sup>3</sup>	700.7	—*1	—*2	234									
断面形状 (mm)														
	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>75 × 75 × 4.5</td> </tr> <tr> <td>(a × b × c)</td> </tr> </table>	75 × 75 × 4.5	(a × b × c)	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>60 × 60 × 3.2</td> </tr> <tr> <td>(a × b × c)</td> </tr> </table>	60 × 60 × 3.2	(a × b × c)	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>200 × 90 × 8 × 13.5</td> </tr> <tr> <td>(a × b × c × d)</td> </tr> </table>	200 × 90 × 8 × 13.5	(a × b × c × d)	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>2.3</td> </tr> <tr> <td>(a)</td> </tr> </table>	2.3	(a)	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>40 × 40 × 3</td> </tr> <tr> <td>(a × b × c)</td> </tr> </table>	40 × 40 × 3
75 × 75 × 4.5														
(a × b × c)														
60 × 60 × 3.2														
(a × b × c)														
200 × 90 × 8 × 13.5														
(a × b × c × d)														
2.3														
(a)														
40 × 40 × 3														
(a × b × c)														

注記\*1: ウェブをシェル要素, フランジをはり要素でモデル化

\*2: シェル要素



VI-2-6-7-3-2-6 無線通信設備用アンテナ（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	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 固有値解析方法	7
4.2 解析モデル及び諸元	7
4.3 固有値解析結果	8
5. 構造強度評価	10
5.1 構造強度評価方法	10
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	10
5.3 設計用地震力	14
5.4 計算方法	15
5.5 計算条件	17
5.6 応力の評価	18
6. 機能維持評価	19
6.1 電氣的機能維持評価方法	19
7. 評価結果	20
7.1 重大事故等対処設備としての評価結果	20

## 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、無線通信設備用アンテナ（緊急時対策所）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。

無線通信設備用アンテナ（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

無線通信設備用アンテナ（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	
無線通信設備用アンテナ (緊急時対策所) は, 基礎ボルトにて基礎に設置する。	コーリニアアンテナ	<p>(正面図) (側面図)</p> <p>(単位: mm)</p>



## 2.2 評価方針

無線通信設備用アンテナ（緊急時対策所）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」にて示す無線通信設備用アンテナ（緊急時対策所）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、無線通信設備用アンテナ（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、「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。

無線通信設備用アンテナ（緊急時対策所）の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

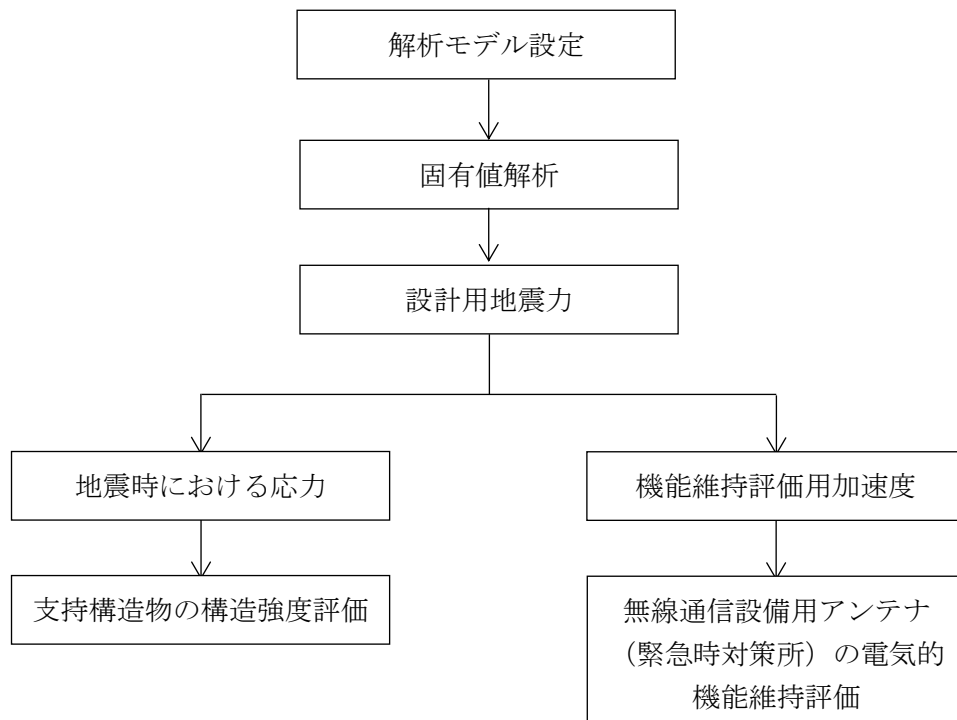


図 2-1 無線通信設備用アンテナ（緊急時対策所）の耐震評価フロー

### 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）
- ・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。）
- ・建築基準法・同施行令

## 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	$\text{mm}^2$
$C_H$	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本あたり)	N
$f_{sb}$	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力	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
$g$	重力加速度 (=9.80665)	$\text{m/s}^2$
$h$	据付面から重心までの距離	mm
$l_1$	重心とボルト間の水平方向距離*	mm
$l_2$	重心とボルト間の水平方向距離*	mm
$m$	質量	kg
$n$	ボルトの本数	—
$n_f$	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数	—
$P_K$	風荷重	N
$Q_b$	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
$S_y(RT)$	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
$\pi$	円周率	—
$\sigma_b$	ボルトに生じる引張応力	MPa
$\tau_b$	ボルトに生じるせん断応力	MPa

注記\* :  $l_1 \leq l_2$

## 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
速度圧	N/m <sup>2</sup>	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
面積	mm <sup>2</sup>	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

無線通信設備用アンテナ（緊急時対策所）の耐震評価は、「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる基礎ボルトについて実施する。

無線通信設備用アンテナ（緊急時対策所）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 固有値解析方法

無線通信設備用アンテナ（緊急時対策所）の固有値解析方法を以下に示す。

- (1) 無線通信設備用アンテナ（緊急時対策所）は、「4.2 解析モデル及び諸元」に示す三次元はりモデルとする。

#### 4.2 解析モデル及び諸元

無線通信設備用アンテナ（緊急時対策所）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【無線通信設備用アンテナ（緊急時対策所）の耐震性についての計算結果】のその他の機器要目に示す。

- (1) 無線通信設備用アンテナ（緊急時対策所）の支持架台は梁要素でモデル化し、コーリニアアンテナは、支持架台と比較して軽量であり、固有周期に与える影響が軽微であることから剛性の高い梁要素としてモデル化する。
- (2) 無線通信設備用アンテナ（緊急時対策所）のアンテナの質量は、その重心に集中するものとする。
- (3) 無線通信設備用アンテナ（緊急時対策所）のアンテナの重心位置については、アンテナの中心位置に重心位置を設定する。
- (4) 拘束条件は、基礎部を完全拘束とする。なお、基礎ボルト部は剛体として評価する。
- (5) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
- (6) 解析コードは、「MSC NASTRAN」を使用し、固有値を求める。

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。

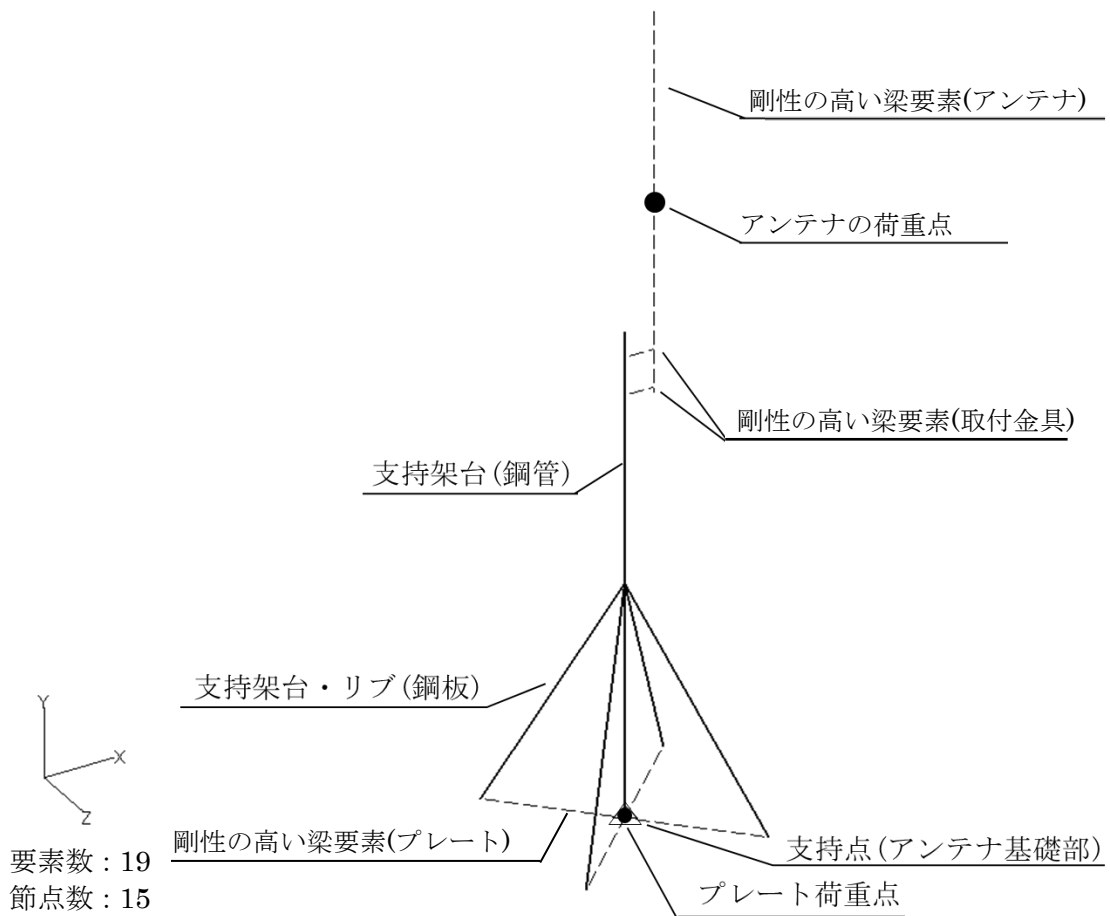


図 4-1 解析モデル

4.3 固有値解析結果

固有値解析結果を表 4-1, 振動モード図を図 4-2 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。

表 4-1 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	□	—	—	—

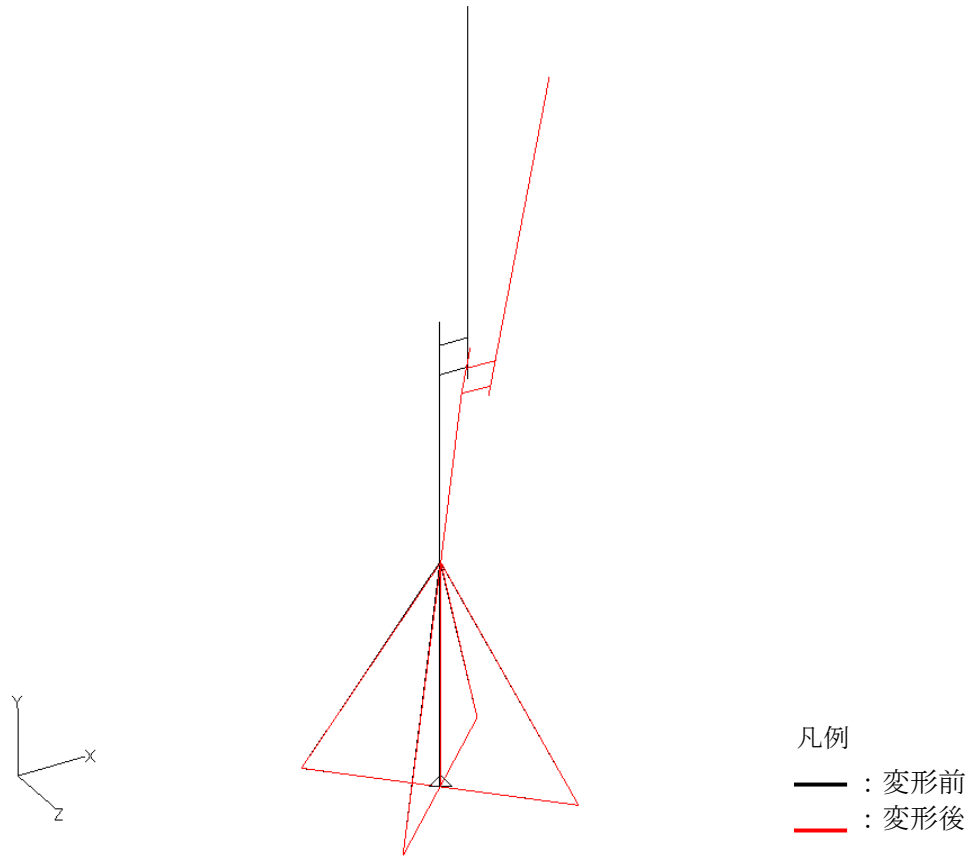


図 4-2 振動モード (1 次モード 水平方向   s)

## 5. 構造強度評価

### 5.1 構造強度評価方法

- (1) 無線通信設備用アンテナ（緊急時対策所）の質量は重心に集中しているものとする。
- (2) 地震力は無線通信設備用アンテナ（緊急時対策所）に対して水平方向及び鉛直方向から個別に作用させる。  
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) 無線通信設備用アンテナ（緊急時対策所）は基礎ボルトで基礎に固定されており、固定端とする。
- (4) 転倒方向は、正面より見て左右方向及び前後方向について検討し、計算書には結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。
- (5) 無線通信設備用アンテナ（緊急時対策所）の重心位置については、転倒方向を考慮して、計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定して耐震性の計算を行う。
- (6) 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

無線通信設備用アンテナ（緊急時対策所）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-1 に示す。

#### 5.2.2 許容応力

無線通信設備用アンテナ（緊急時対策所）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

無線通信設備用アンテナ（緊急時対策所）の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-3 に示す。

#### 5.2.4 風荷重

風荷重は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、風速 30m/s を使用し、無線通信設備用アンテナ（緊急時対策所）の形状、風向きを踏まえ、作用する風圧力を算出する。風圧力の算出の基準となる基準速度圧を表 5-4 に示す。



表 5-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	その他の計測 制御系統施設	無線通信設備用アンテナ (緊急時対策所)	常設／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s + P_K^{*3}$	IVAS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s + P_K$	VAS (VASとして IVASの許容限界 を用いる。)

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

\*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 5-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張	せん断
IVAS	1.5・f <sub>t</sub> *	1.5・f <sub>s</sub> *
VAS (VASとしてIVASの 許容限界を用いる。)		

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

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

表 5-3 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 <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	394	—

表 5-4 基準速度圧

(単位：N/m<sup>2</sup>)

作用する部位	基準速度圧
無線通信設備用アンテナ（緊急時対策所）	1.149×10 <sup>3</sup>

### 5.3 設計用地震力

無線通信設備用アンテナ（緊急時対策所）の設計用地震力のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-5 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（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
緊急時対策所 EL 56.6 *1	□	0.05 以下	—	—	$C_H=2.90^{*2}$	$C_V=1.41^{*2}$

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）

## 5.4 計算方法

### 5.4.1 応力の計算方法

#### 5.4.1.1 基礎ボルトの計算方法

基礎ボルトの応力は、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。

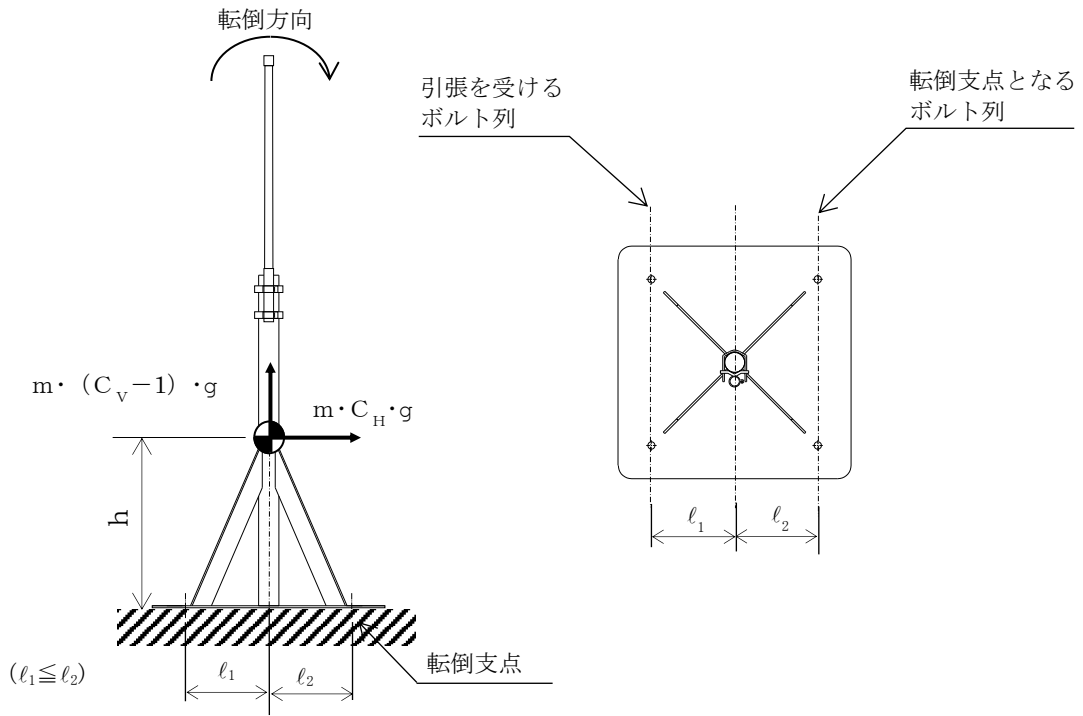


図5-1 計算モデル（左右方向転倒）

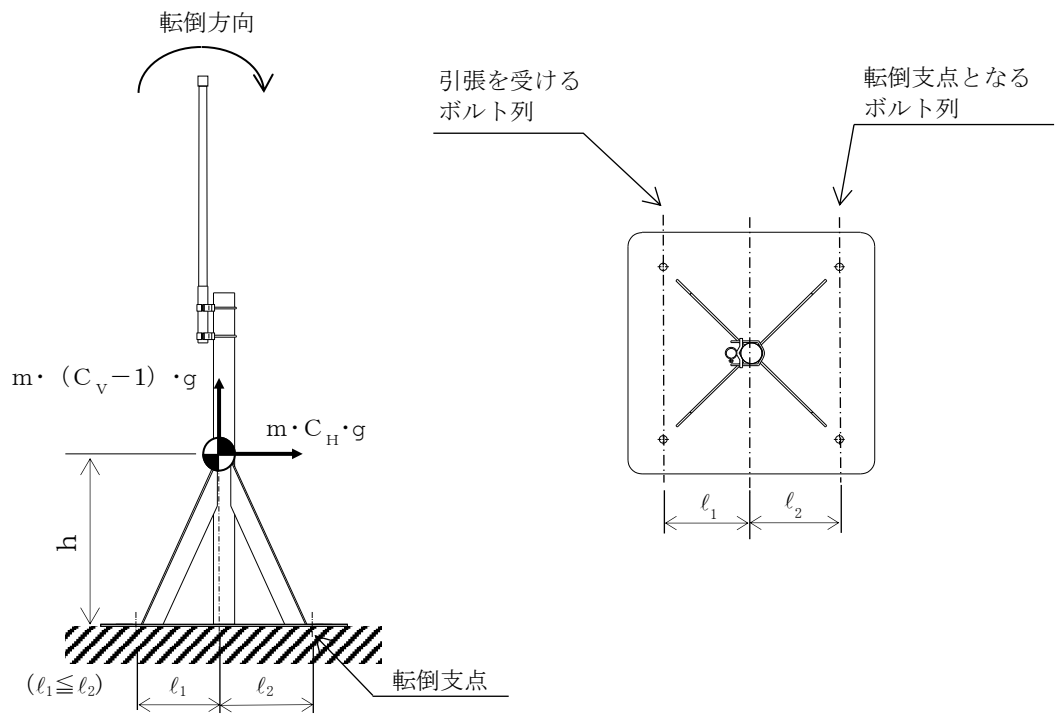


図5-2 計算モデル（前後方向転倒）

## (1) 引張応力

基礎ボルトに対する引張力は、図5-1及び図5-2でそれぞれのボルトを支点とする転倒を考え、これを片側のボルトで受けるものとして計算する。

引張力

$$F_b = \frac{m \cdot C_H \cdot h \cdot g + P_K \cdot h + m \cdot (C_V - 1) \cdot l_2 \cdot g}{n_f \cdot (l_1 + l_2)} \dots\dots\dots (5.4.1.1.1)$$

引張応力

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

ここで、基礎ボルトの軸断面積 $A_b$ は次式により求める。

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

## (2) せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_b = m \cdot g \cdot C_H + P_K \dots\dots\dots (5.4.1.1.4)$$

せん断応力

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n \cdot A_b} \dots\dots\dots (5.4.1.1.5)$$

## 5.5 計算条件

### 5.5.1 基礎ボルトの応力計算条件

基礎ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【無線通信設備用アンテナ（緊急時対策所）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 $\sigma_b$ 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。

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

せん断応力 $\tau_b$ は、せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 $f_{sb}$ 以下であること。ただし、 $f_{sb}$ は下表による。

	基準地震動 $S_s$ による 荷重との組合せの場合
許容引張応力 $f_{to}$	$\frac{F^*}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 $f_{sb}$	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$



## 6. 機能維持評価

### 6.1 電氣的機能維持評価方法

無線通信設備用アンテナ（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。

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。

無線通信設備用アンテナ（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 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
無線通信設備用アンテナ（緊急時対策所）	水平	□
	鉛直	□

## 7. 評価結果

### 7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

無線通信設備用アンテナ（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。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。

【無線通信設備用アンテナ（緊急時対策所）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	
無線通信設備用アンテナ (緊急時対策所)	常設/防止 常設/緩和	緊急時対策所 EL 56.6* <sup>1</sup>	□	0.05 以下	—	—	C <sub>H</sub> =2.90* <sup>2</sup>	C <sub>V</sub> =1.41* <sup>2</sup>	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 (kg)	h (mm)	d (mm)	A <sub>b</sub> (mm <sup>2</sup> )	n	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)
基礎ボルト	□	513	16 (M16)	201.1	4	211 (40mm<径≤100mm)	394 (40mm<径≤100mm)

部材	ℓ <sub>1</sub> * (mm)	ℓ <sub>2</sub> * (mm)	n <sub>f</sub> * (mm)	P <sub>K</sub> (N)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
							弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
基礎ボルト	250	250	2	4.530×10 <sup>3</sup>	—	253	—	前後方向
	249	251	2					

注記\*：各ボルトの機器要目における上段は左右方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は前後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 <sub>b</sub>		Q <sub>b</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト	—	<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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張	—	—	$\sigma_b = 15$	$f_{ts} = 152^*$
		せん断	—	—	$\tau_b = 7$	$f_{sb} = 117$

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

すべて許容応力以下である。

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
無線通信設備用アンテナ (緊急時対策所)	水平方向	2.42	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.17	<input type="text"/>

注記\*：設計用震度 II（基準地震動 S<sub>s</sub>）により定まる加速度

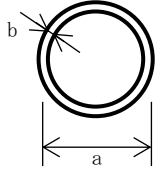
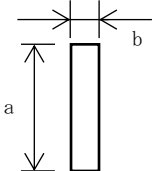
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

## 1.5 その他の機器要目

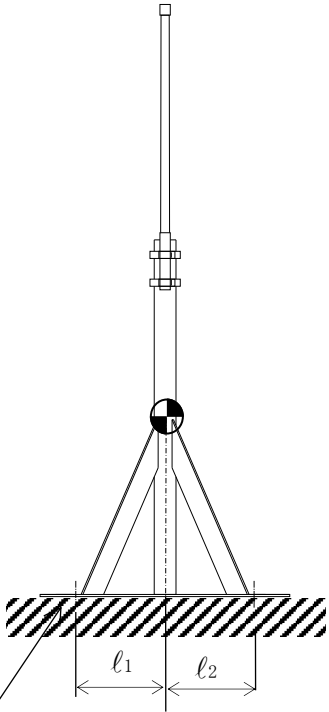
## (1) 機器諸元

項目		記号	単位	入力値
材質 (SS400)	縦弾性係数	E	MPa	$2.01 \times 10^5$
	ポアソン比	$\nu$	—	0.3
材質 (STK400)	縦弾性係数	E	MPa	$2.01 \times 10^5$
	ポアソン比	$\nu$	—	0.3
質量		m	kg	□
温度条件 (雰囲気温度)		T	°C	50
要素数		—	個	19
節点数		—	個	15

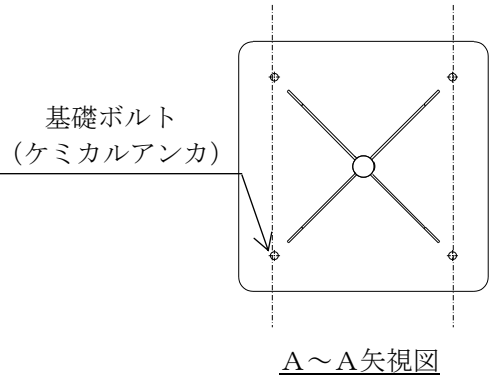
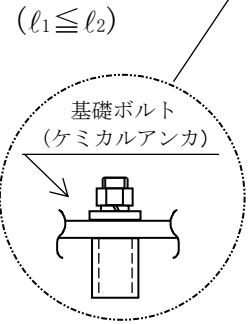
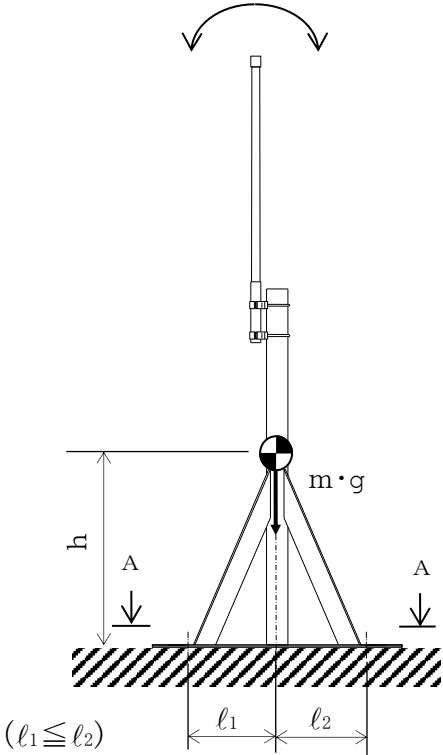
(2) 部材の機器要目

対象部材	支持架台	支持架台・リブ
	鋼管	鋼板
材料	STK400	SS400
断面積 A (mm <sup>2</sup> )	676.9	390
断面形状 (mm)		
	60.5×3.8	65×6
	(a×b)	(a×b)

正面  
(左右方向)



側面  
(前後方向)  
転倒方向



A~A矢视图

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防止設備及び常設重大事故緩和設備以外の常設重大事故等対処設備に分類され、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。

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、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>(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*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	統合原子力防災NW盤	常設/その他	—*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/その他」は常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備以外の常設重大事故等対処設備を示す。

\*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 <sub>t</sub> <sup>*</sup>	1.5・f <sub>s</sub> <sup>*</sup>
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 <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		周囲環境温度	50			
取付ボルト	SS400 (40mm<径≤100mm)	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、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/s<sup>2</sup>)

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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		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/その他	緊急時対策所 EL 50.25*1	□	□	—	—	C <sub>H</sub> =2.21*2	C <sub>V</sub> =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<sub>s</sub>）

1.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)
取付ボルト (i=2)	□	2300*1	16 (M16)	201.1	12	211 (40mm<径≤100mm)	394 (40mm<径≤100mm)

部材	ℓ <sub>1 i</sub> *2 (mm)	ℓ <sub>2 i</sub> *2 (mm)	n <sub>f i</sub> *2	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
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 <sub>b i</sub>		Q <sub>b i</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			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	—	—	$\tau_{b2}=8$	$f_{sb2}=146$

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

すべて許容応力以下である。

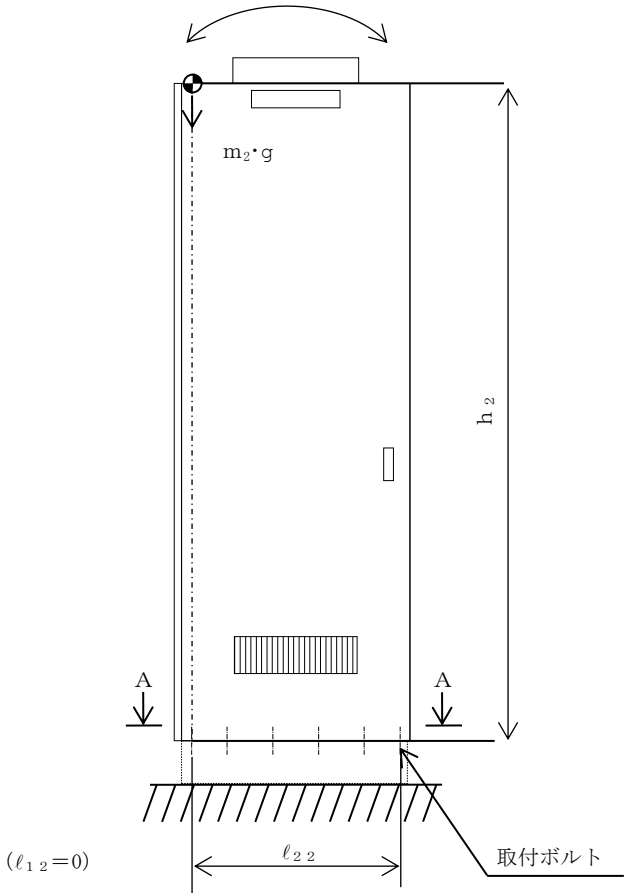
1.4.2 電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

		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"/>

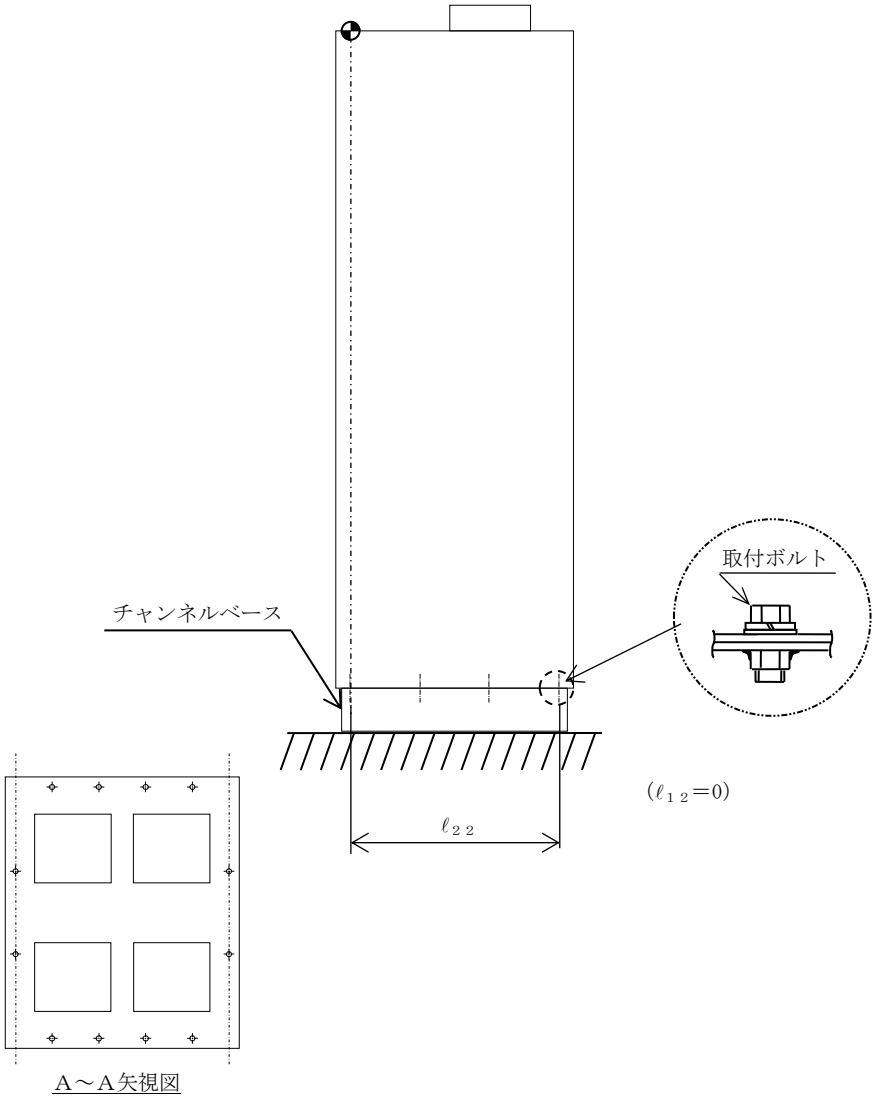
注記\*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）により定まる加速度

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

## 目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
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（IP-電話機）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防止設備及び常設重大事故緩和設備以外の常設重大事故等対処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（IP-電話機）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（IP-電話機）の構造計画を表2-1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（IP-電話機）は、IP-電話機（有線系）、IP-電話機（衛星系）で構成される。

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>IP-電話機を固定具及び粘着固定シートにて机の上に固定する。 机はボルトで床に固定する。</p>	<p>IP-電話機</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> </div> <p style="text-align: center;">(正面図) <span style="margin-left: 200px;">(平面図)</span></p> <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（IP-電話機）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。

実機の据付状態を机及び固定具を含めて加振台上で模擬したうえで、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健全性を確認することから、固有周期の確認、机及び固定具の構造強度評価は省略する。

統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備（IP-電話機）の耐震評価フローを図2-1に示す。

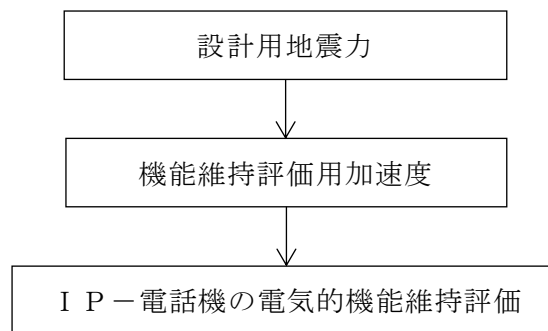


図2-1 衛星電話設備（固定型）（緊急時対策所）の耐震評価フロー

## 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 JEAG 4601・補-1984（（社）日本電気協会）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG 4601-1987（（社）日本電気協会）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG 4601-1991 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（IP-電話機）は、電話機を固定具及び粘着固定シートにて机上に固定することから、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（IP-電話機）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－電話機）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－電話機）は、電話機を固定具及び粘着固定シートにて机上に固定することから、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－電話機）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
I P－電話機（有線系）	緊急時対策所 EL 50.25*	水平	1.83
		鉛直	1.16
I P－電話機（衛星系）	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－電話機）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、実機の据付状態を机及び固定具を含めて加振台上で模擬したうえで、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/s<sup>2</sup>)

機器名称	方向	機能確認済加速度
I P－電話機（有線系）	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>
I P－電話機（衛星系）	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

## 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（IP-電話機）の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。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。

【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－電話機）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 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
I P－電話機（有線系）	水平方向	1.83	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.16	<input type="text"/>
I P－電話機（衛星系）	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-2-6-7-3-3-3 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防止設備及び常設重大事故緩和設備以外の常設重大事故等対処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>FAX</p>	<p>(正面図)</p> <p>(平面図)</p> <p>(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。

実機の据付状態を机及び固定具を含めて加振台上で模擬したうえで、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健全性を確認することから、固有周期の確認、机及び固縛用ベルトの構造強度評価は省略する。

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。

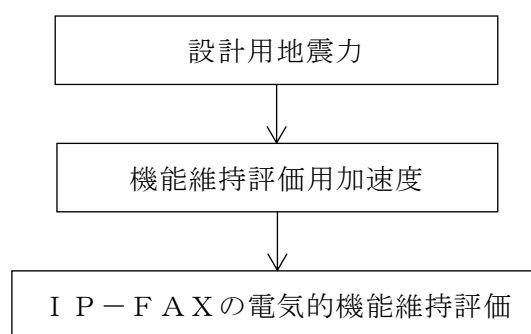


図2-1 統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備（I P - F A X）の耐震評価フロー

## 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。机はベ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、実機の据付状態を机及び固縛用ベルトを含めて加振台上で模擬したうえで、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/s<sup>2</sup>)

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。

## 【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結果】

## 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-2-6-7-3-3-4 統合原子力防災ネットワークに接続する  
通信連絡設備（テレビ会議システム）の  
耐震性についての計算書

## 目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
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（テレビ会議システム）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防止設備及び常設重大事故緩和設備以外の常設重大事故等対処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（テレビ会議システム）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。

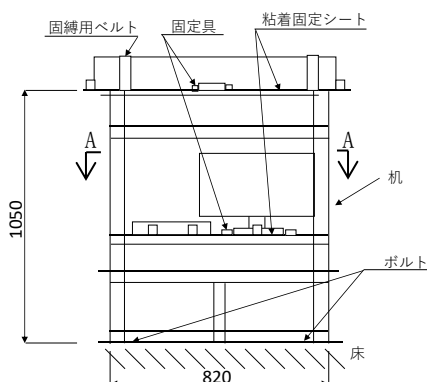
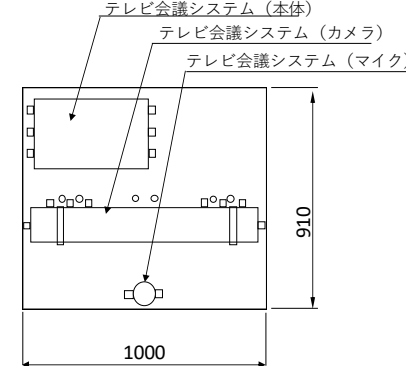
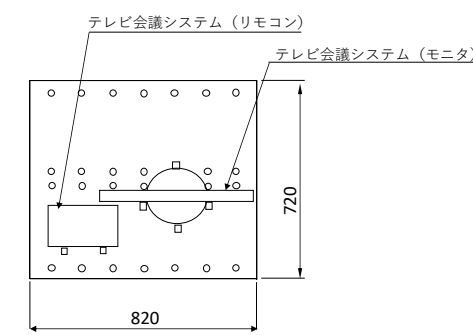
以下、重大事故等対処設備としての電氣的機能維持評価を示す。

## 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（テレビ会議システム）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>テレビ会議システムを固定具、固縛用ベルト及び粘着固定シートにて机の上に固定する。 机はボルトで床に固定する。</p>	<p>テレビ会議システム</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>(正面図)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>(平面図)</p> </div> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;">  <p><u>A～A</u> 矢視図</p> </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（テレビ会議システム）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。

実機の据付状態を机及び固定具を含めて加振台上で模擬したうえで、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健全性を確認することから、固有周期の確認、机及び固定具の構造強度評価は省略する。

統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備（テレビ会議システム）の耐震評価フローを図2-1に示す。

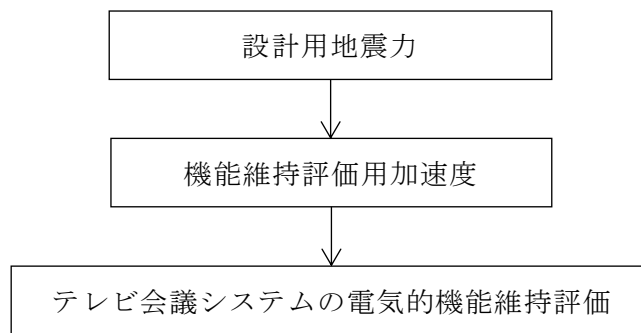


図2-1 統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備（テレビ会議システム）の耐震評価フロー

## 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（テレビ会議システム）は、テレビ会議システムを固定具、固縛用ベルト及び粘着固定シートにて机上に固定することから、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（テレビ会議システム）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（テレビ会議システム）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（テレビ会議システム）は、テレビ会議システムを固定具、固縛用ベルト及び粘着固定シートにて机上に固定することから、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（テレビ会議システム）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 (テレビ会議システム)	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（テレビ会議システム）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、実機の据付状態を机及び固定具を含めて加振台上で模擬したうえで、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/s<sup>2</sup>)

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（テレビ会議システム）	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

## 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（テレビ会議システム）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。



【統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備（テレビ会議システム）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 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（テレビ会議システム）	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-2-6-7-3-3-5 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うち統合原子力防災NW用屋外アンテナの耐震性についての計算書

## 目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格・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	8
4.1 固有値解析方法	8
4.2 解析モデル及び諸元	8
4.3 固有値解析結果	9
5. 構造強度評価	10
5.1 構造強度評価方法	10
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	11
5.3 設計用地震力	15
5.4 計算方法	16
5.5 計算条件	18
5.6 応力の評価	18
6. 機能維持評価	19
6.1 電氣的機能維持評価方法	19
7. 評価結果	20
7.1 重大事故等対処設備としての評価結果	20

## 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のうち統合原子力防災NW用屋外アンテナは、設計基準対象施設においてはCクラス施設に、重大事故等対象設備においては常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備以外の常設重大事故等対処設備に分類され、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、統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備のうち統合原子力防災NW用屋外アンテナが基準地震動 $S_s$ 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。

## 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のうち統合原子力防災NW用屋外アンテナの構造計画を表 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	概略構造図	
<p>パラボラアンテナは、取付金具にてアンテナ支持架台に固定する。アンテナ支持架台、補助支持柱は、基礎ボルトにて基礎に設置する。</p> <p>ODU（給電部支持板含む）とパラボラアンテナは、ステー及びアームにて連結する。</p>	<p>パラボラアンテナ</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のうち統合原子力防災NW用屋外アンテナの応力評価は、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うち統合原子力防災NW用屋外アンテナの部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「5. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、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うち統合原子力防災NW用屋外アンテナの機能維持評価は、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。

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うち統合原子力防災NW用屋外アンテナの耐震評価フローを図2-1に示す。

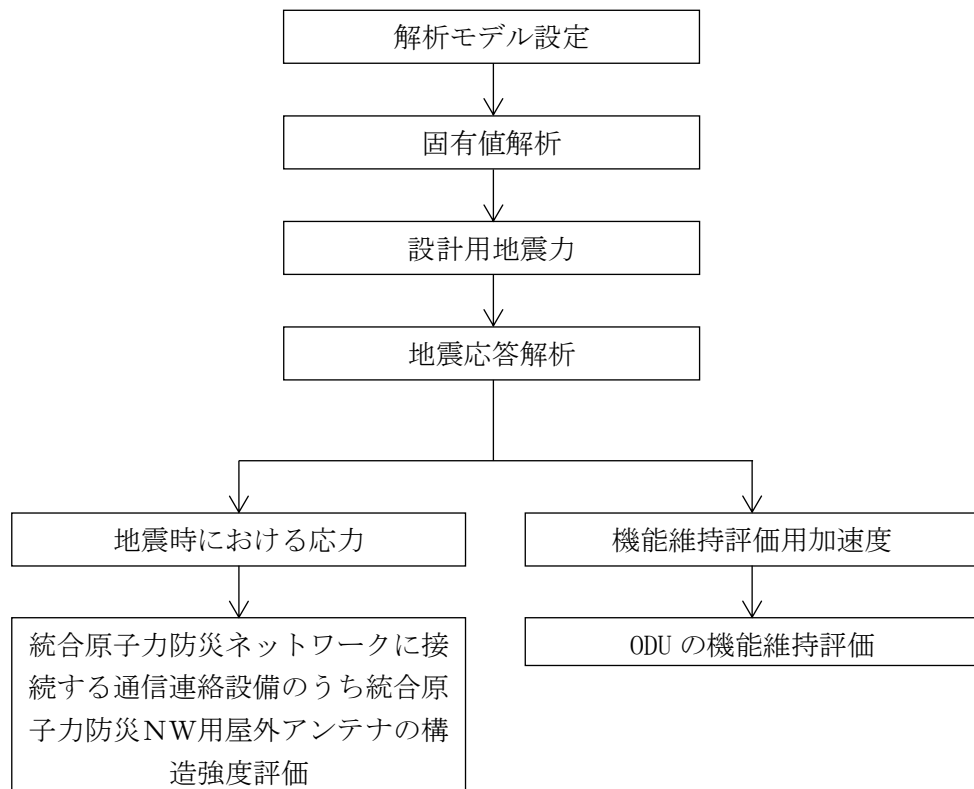


図2-1 統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備のうち統合原子力防災NW用屋外アンテナの耐震評価フロー

### 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。）
- ・建築基準法・同施行令

## 2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
$A_{bi}$	基礎ボルトの軸断面積*	$\text{mm}^2$
$C_H$	水平方向設計震度	—
$C_V$	鉛直方向設計震度	—
$d_i$	基礎ボルトの呼び径*	mm
$E$	縦弾性係数	MPa
$F_i^*$	設計・建設規格 SSB-3133に定める値*	MPa
$F_{bi}$	基礎ボルトに作用する引張力 (1本あたり) *	N
$F_{xi}$	基礎ボルトに作用する力 (x 方向) *	N
$F_{yi}$	基礎ボルトに作用する力 (y 方向) *	N
$F_{zi}$	基礎ボルトに作用する力 (z 方向) *	N
$f_{sbi}$	せん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力*	MPa
$f_{toi}$	引張力のみを受ける基礎ボルトの許容引張応力*	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) *	MPa
$g$	重力加速度 (=9.80665)	$\text{m/s}^2$
$l_i$	ボルト間距離*	mm
$m$	質量	kg
$n_i$	基礎ボルトの本数*	—
$Q_{bi}$	基礎ボルトに作用するせん断力*	N
$S_{ui}$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値*	MPa
$S_{yi}$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値*	MPa
$S_{yi}(RT)$	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*	MPa
$\nu$	ポアソン比	—
$\pi$	円周率	—
$\sigma_{bi}$	基礎ボルトに生じる引張応力*	MPa
$\tau_{bi}$	基礎ボルトに生じるせん断応力*	MPa

注記\* :  $A_{bi}$ ,  $d_i$ ,  $F_i^*$ ,  $F_{bi}$ ,  $F_{xi}$ ,  $F_{yi}$ ,  $F_{zi}$ ,  $f_{sbi}$ ,  $f_{toi}$ ,  $f_{tsi}$ ,  $l_i$ ,  $n_i$ ,  $Q_{bi}$ ,  $S_{ui}$ ,  $S_{yi}$ ,  $S_{yi}(RT)$ ,  $\sigma_{bi}$ 及び $\tau_{bi}$ の添字*i*の意味は、以下のとおりとする。

$i = 1$  : アンテナ支持架台基礎ボルト

$i = 2$  : 補助支持柱基礎ボルト



## 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 <sup>*1</sup>
速度圧	N/m <sup>2</sup>	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 <sup>*2</sup>
面積	mm <sup>2</sup>	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 <sup>*2</sup>
モーメント	N・mm	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 <sup>*2</sup>
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 <sup>*2</sup>
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力 <sup>*3</sup>	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

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うち統合原子力防災NW用屋外アンテナの耐震評価は、「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる基礎ボルトについて実施する。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うち統合原子力防災NW用屋外アンテナ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 固有値解析方法

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うち統合原子力防災NW用屋外アンテナの固有値解析方法を以下に示す。

- (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のうち統合原子力防災NW用屋外アンテナは、「4.2 解析モデル及び諸元」に示すソリッド要素でモデル化したFEMモデルとする。

##### 4.2 解析モデル及び諸元

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うち統合原子力防災NW用屋外アンテナの解析モデルを図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【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うち統合原子力防災NW用屋外アンテナの耐震性についての計算結果】のその他の機器要目に示す。

- (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のうち統合原子力防災NW用屋外アンテナの質量は、実際の形状及び位置を考慮して付加する。
- (2) 拘束条件は、基礎ボルト固定部の並進方向を拘束する。なお、基礎ボルトは剛体として評価する。
- (3) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
- (4) 解析コードは、「ANSYS」を使用し、固有値及び荷重を求める。

なお、評価に用いる解析コード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。

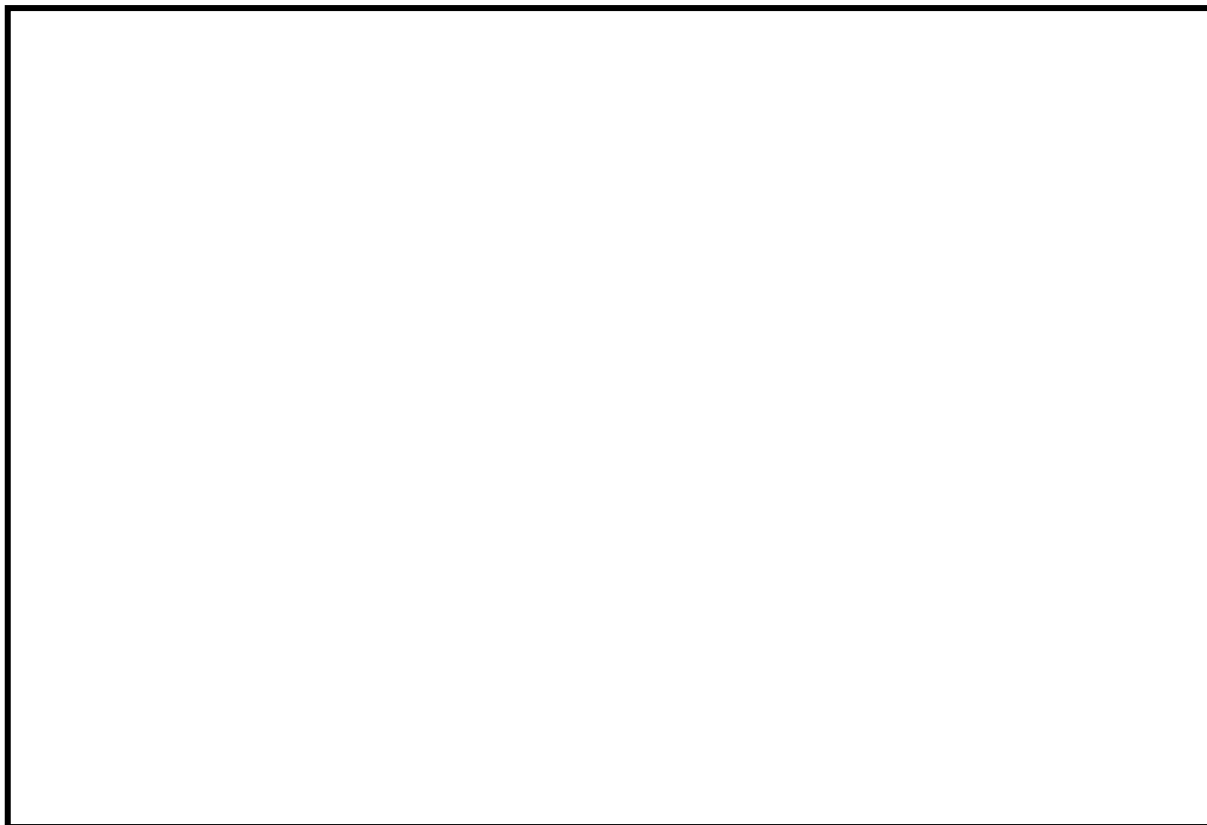


図4-1 解析モデル

## 4.3 固有値解析結果

固有値解析結果を表4-1，振動モード図を図4-2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。

表4-1 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	水平方向		—	—	—

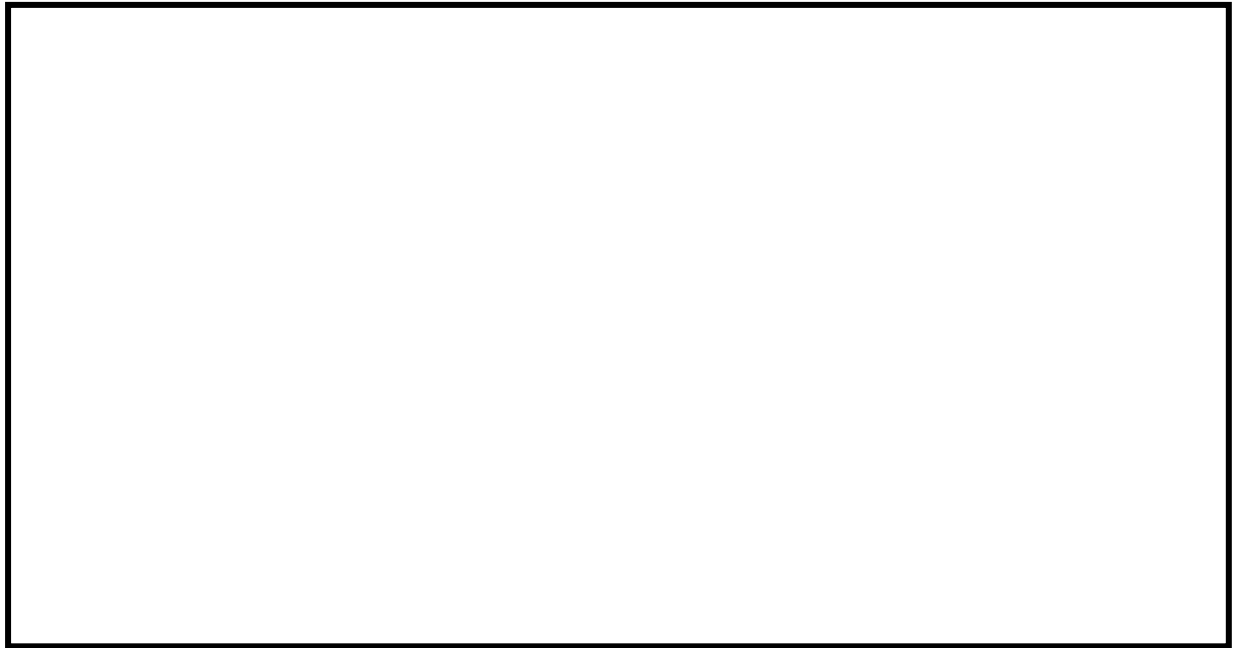


図 4-2 振動モード (1 次モード 水平方向  s)

## 5. 構造強度評価

### 5.1 構造強度評価方法

4.2 項(1)～(4)のほか、次の条件で計算する。

- (1) 地震力は、統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備のうち統合原子力防災NW用屋外アンテナに対して水平方向及び鉛直方向から同時に作用させる。
- (2) 地震力により基礎ボルトに生じる荷重は、x 及び y 方向地震力の入力により発生する荷重と z 及び y 方向の地震力入力により発生する荷重を S R S S 法により組み合わせて算出する。
- (3) 風荷重は、計算条件が厳しくなる方向からアンテナ各部に分布荷重として作用させ、また、ODU には集中荷重として作用させる。
- (4) 地震力による解析と風荷重による解析は別々に実施する。荷重は、地震力により基礎ボルトに生じる荷重と風荷重により基礎ボルトに生じる荷重を絶対値和にて組み合わせる。

## 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

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うち統合原子力防災NW用屋外アンテナの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-1 に示す。

### 5.2.2 許容応力

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うち統合原子力防災NW用屋外アンテナの許容応力は、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

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うち統合原子力防災NW用屋外アンテナの使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-3 に示す。

### 5.2.4 風荷重

風荷重は、風速 30 m/s を上回る風速を使用し、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うち統合原子力防災NW用屋外アンテナの形状、風向きを踏まえ算出する。風荷重の算出の基準となる基準速度圧を表 5-4 に示す。

表 5-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類 <sup>*1</sup>	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	統合原子力防災ネットワー クに接続する通信連絡設備 のうち統合原子力防災NW 用屋外アンテナ	常設／その他	— <sup>*2</sup>	$D + P_D + M_D + S_s + P_K^{*3}$	IVAS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s + P_K$	VAS (VASとして IVASの許容限 界を用いる。)

注記\*1：「常設／その他」は常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備以外の常設重大事故等対処設備を示す。

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

表 5-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張	せん断
IVAS	1.5・f <sub>t</sub> *	1.5・f <sub>s</sub> *
VAS (VASとしてIVASの 許容限界を用いる。)		

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

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



表 5-3 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 <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (RT) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト (アンテナ支持架台)	SNR400B* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	40	215	400	—
基礎ボルト (補助支持柱)	SNR400B* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	40	215	400	—

注記\* : SS400 相当

表 5-4 基準速度圧

(単位 : N/m<sup>2</sup>)

作用する部位	基準速度圧
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うち統合原子力防災NW用屋外アンテナ	3.924×10 <sup>3</sup>

### 5.3 設計用地震力

耐震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<sub>s</sub>」による地震力は、VI-2-別添 3-2「可搬型重大事故等対処設備の保管エリア等における入力地震動」に基づき設定する。

表 5-5 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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
	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
第 1 保管エリア EL 50.0* <sup>1</sup>		0.05 以下	—	—	C <sub>H</sub> =2.05* <sup>2</sup>	C <sub>V</sub> =1.25* <sup>2</sup>

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<sub>s</sub>）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 基礎ボルトの荷重の計算方法

基礎ボルトの荷重は，FEMモデルによる個別解析から基礎ボルトの内力を求めて，その結果を用いて手計算にて計算する。

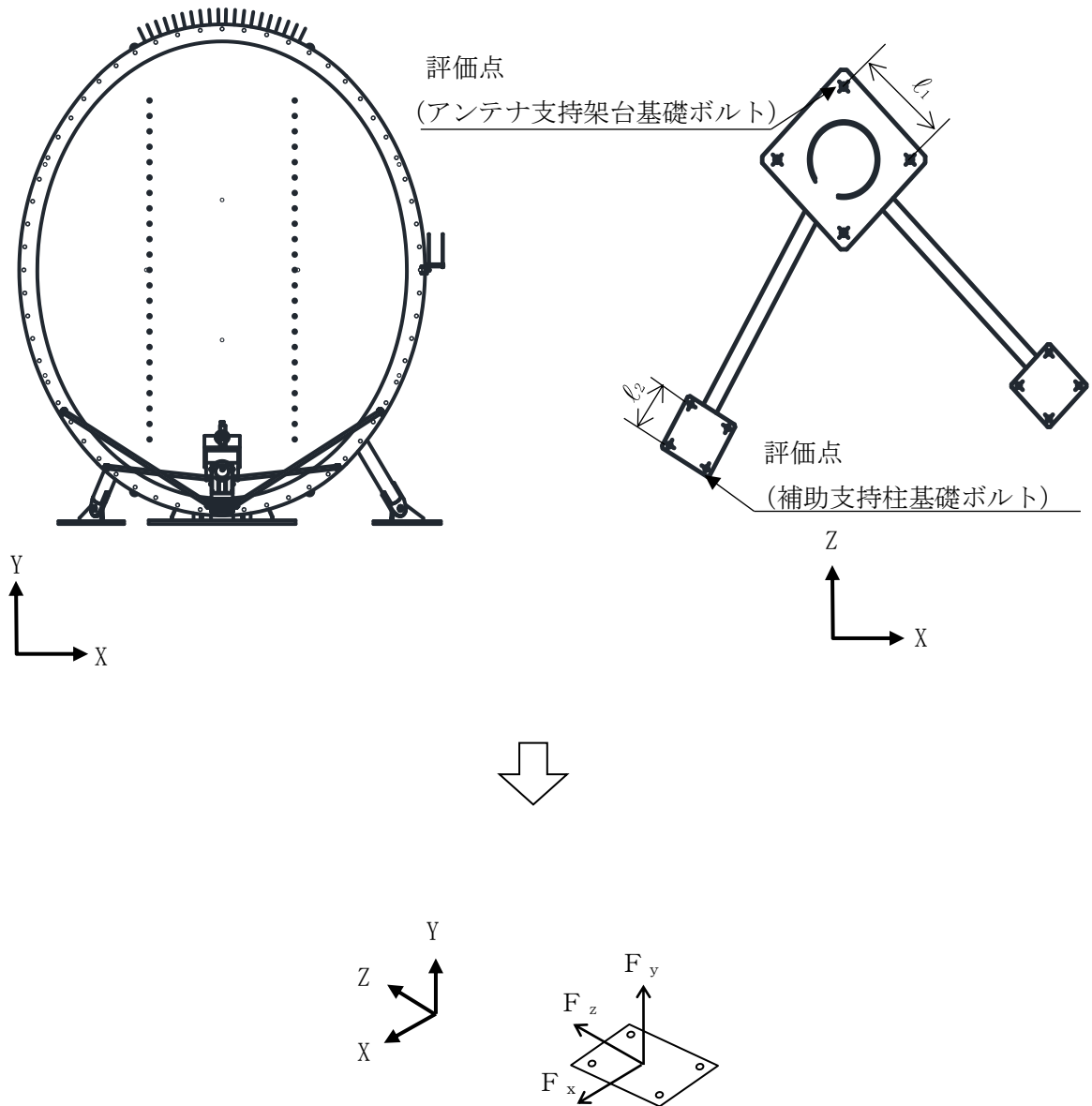


図 5-1 計算モデル (基礎ボルト)

個別解析によって得られた基礎ボルトの評価点の最大荷重を表5-6に示す。

表5-6 基礎ボルト発生荷重

対象機器	荷重(N)		
	F <sub>x i</sub>	F <sub>y i</sub>	F <sub>z i</sub>
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うち統合原子力防災NW用屋外アンテナ (i = 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のうち統合原子力防災NW用屋外アンテナ (i = 2)			

(1) 引張応力

基礎ボルト（1本当たり）に対する引張応力は、下式により計算する。

引張力

$$F_{b i} = F_{y i} \dots\dots\dots (5.4.1.1.1)$$

引張応力

$$\sigma_{b i} = \frac{F_{b i}}{A_{b i}} \dots\dots\dots (5.4.1.1.2)$$

ここで、基礎ボルトの軸断面積A<sub>b</sub>は次式により求める。

$$A_{b i} = \frac{\pi}{4} \cdot d_i^2 \dots\dots\dots (5.4.1.1.3)$$

(2) せん断応力

基礎ボルト（1本当たり）に対するせん断応力は、下式により計算する。

せん断力

$$Q_{b i} = \sqrt{F_{z i}^2 + F_{x i}^2} \dots\dots\dots (5.4.1.1.4)$$

せん断応力

$$\tau_{b i} = \frac{Q_{b i}}{A_{b i}} \dots\dots\dots (5.4.1.1.5)$$

## 5.5 計算条件

### 5.5.1 基礎ボルトの応力計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【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うち統合原子力防災NW用屋外アンテナの耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

## 5.6 応力の評価

### 5.6.1 基礎ボルトの応力評価

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

$$f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}] \quad \dots\dots\dots (5.6.1.1)$$

せん断応力 $\tau_{bi}$ 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。

	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 $f_{toi}$	$\frac{F_i^*}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 $f_{sbi}$	$\frac{F_i^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

## 6. 機能維持評価

### 6.1 電氣的機能維持評価方法

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うち統合原子力防災NW用屋外アンテナ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-別添 3-2「可搬型重大事故等対処設備の保管エリア等における入力地震動」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。

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うち統合原子力防災NW用屋外アンテナ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ODU単体のサインビート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 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

機器名称	方向	機能確認済加速度
ODU	水平	
	鉛直	

## 7. 評価結果

### 7.1 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のうち統合原子力防災NW用屋外アンテナ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。

【統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備のうち統合原子力防災NW用屋外アンテナ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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		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	
統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備のうち統合原子力防災NW用屋外アンテナ	常設/その他	第1保管エリア EL 50.0* <sup>1</sup>		0.05 以下	—	—	C <sub>H</sub> =2.05* <sup>2</sup>	C <sub>V</sub> =1.25* <sup>2</sup>	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<sub>s</sub>) を上回る設計震度

1.2 機器要目

部材	m (kg)	ℓ <sub>i</sub> (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> * (MPa)
基礎ボルト (i=1)		550	27 (M27)	572.6	4	215 (40mm < 径 ≤ 100mm)	400 (40mm < 径 ≤ 100mm)	258
基礎ボルト (i=2)		250	16 (M16)	201.1	8	215 (40mm < 径 ≤ 100mm)	400 (40mm < 径 ≤ 100mm)	258



## 1.3 計算数値

## 1.3.1 基礎ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	$F_{x i}$		$F_{y i}$		$F_{z i}$	
	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	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)	—		—		—	
基礎ボルト ( i =2)	—		—		—	

(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)	—		—	
基礎ボルト ( i =2)	—		—	

1.4 結論

1.4.1 基礎ボルトの応力

(単位: MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SNR400B	引張	—	—	$\sigma_{b1}=65$	$f_{ts1}=193^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=38$	$f_{sb1}=148$
基礎ボルト (i=2)	SNR400B	引張	—	—	$\sigma_{b2}=37$	$f_{ts2}=193^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=46$	$f_{sb2}=148$

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

すべて許容応力以下である。

1.4.2 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
ODU	水平方向	1.04	
	鉛直方向	0.77	

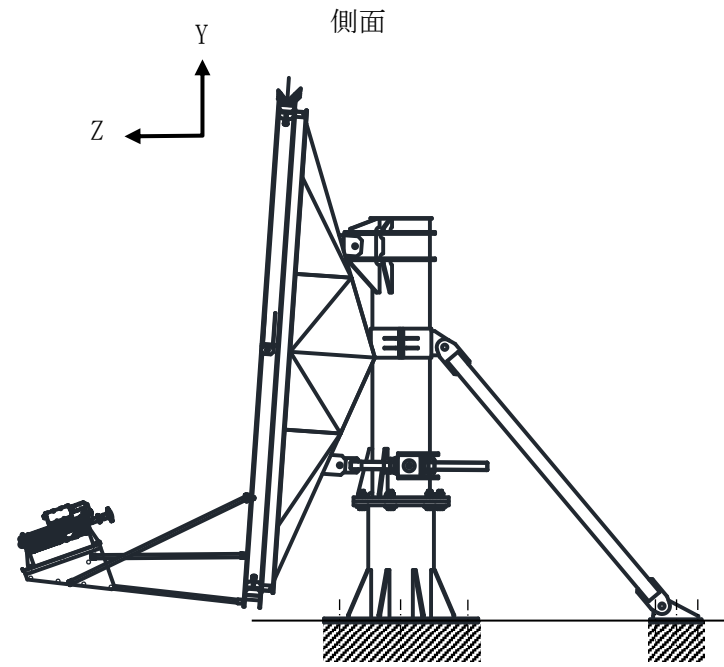
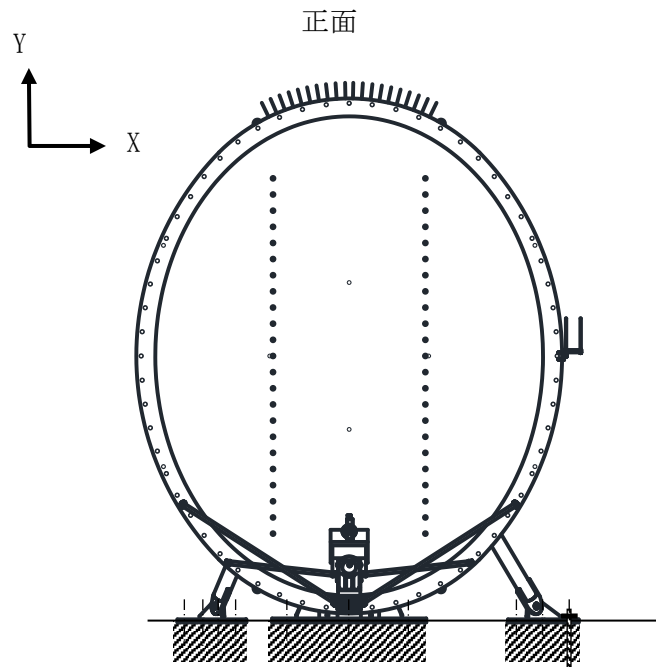
注記\*: 設計用震度 I (基準地震動 S<sub>s</sub>) により定まる加速度

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。

1.5 その他の機器要目

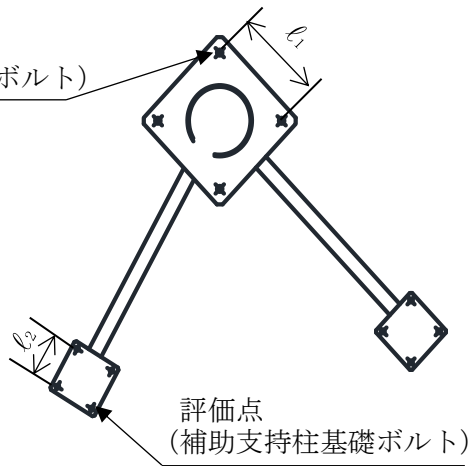
項目			記号	単位	入力値
部位	材質				
パラボラアンテナ	A1100P-0	縦弾性係数	E	MPa	$7.00 \times 10^4$
		ポアソン比	$\nu$	—	0.33
	A5052P-H112	縦弾性係数	E	MPa	$7.00 \times 10^4$
		ポアソン比	$\nu$	—	0.33
	A5052P-0	縦弾性係数	E	MPa	$7.00 \times 10^4$
		ポアソン比	$\nu$	—	0.33
	A6063TE-T5	縦弾性係数	E	MPa	$7.00 \times 10^4$
		ポアソン比	$\nu$	—	0.33
	A5052P-H34	縦弾性係数	E	MPa	$7.00 \times 10^4$
		ポアソン比	$\nu$	—	0.33
	A6063S-T5	縦弾性係数	E	MPa	$7.00 \times 10^4$
		ポアソン比	$\nu$	—	0.33
	SUS304	縦弾性係数	E	MPa	$1.93 \times 10^5$
		ポアソン比	$\nu$	—	0.30
SS400	縦弾性係数	E	MPa	$2.05 \times 10^5$	
	ポアソン比	$\nu$	—	0.30	
STK400	縦弾性係数	E	MPa	$2.05 \times 10^5$	
	ポアソン比	$\nu$	—	0.30	
給電部支持板	A5052P-H34	縦弾性係数	E	MPa	$7.00 \times 10^4$
		ポアソン比	$\nu$	—	0.33
アーム	A6063S-T5	縦弾性係数	E	MPa	$7.00 \times 10^4$
		ポアソン比	$\nu$	—	0.33
	SUS304	縦弾性係数	E	MPa	$1.93 \times 10^5$
		ポアソン比	$\nu$	—	0.30
ステー	SUS304	縦弾性係数	E	MPa	$1.93 \times 10^5$
		ポアソン比	$\nu$	—	0.30
アンテナ支持架台	SS400	縦弾性係数	E	MPa	$2.05 \times 10^5$
		ポアソン比	$\nu$	—	0.30
	STK400	縦弾性係数	E	MPa	$2.05 \times 10^5$
		ポアソン比	$\nu$	—	0.30
補助支持柱	SS400	縦弾性係数	E	MPa	$2.05 \times 10^5$
		ポアソン比	$\nu$	—	0.30
	STK400	縦弾性係数	E	MPa	$2.05 \times 10^5$
		ポアソン比	$\nu$	—	0.30
温度条件 (雰囲気温度)			T	℃	40
質量			m	kg	
要素数			—	個	
節点数			—	個	

注記\*：総質量を示す。



基礎ボルト

評価点  
(アンテナ支持架台基礎ボルト)



評価点  
(補助支持柱基礎ボルト)

VI-2-6-7-3-4 安全パラメータ表示システム（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	
<p>SPDS 伝送盤は、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>(正面図) (側面図)</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

S P D S 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

S P D S 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

S P D S 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

S P D S 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【S P D S 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 <sub>t</sub> *	1.5・f <sub>s</sub> *
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 <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (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、同形式の器具又は当該器具と類似の器具単体のサインビート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/s<sup>2</sup>)

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

SPDS 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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		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* <sup>1</sup>			—	—	C <sub>H</sub> =2.90* <sup>2</sup>	C <sub>V</sub> =1.41* <sup>2</sup>	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<sub>s</sub>) を上回る設計震度

1.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)
取付ボルト (i=2)		1221	16 (M16)	201.1	24	231 (16mm<径≦40mm)	394 (16mm<径≦40mm)

部材	l <sub>1 i</sub> * (mm)	l <sub>2 i</sub> * (mm)	n <sub>f i</sub> *	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
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 <sub>b i</sub>		Q <sub>b i</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			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	—	—	$\tau_{b2}=10$	$f_{sb2}=159$

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

すべて許容応力以下である。

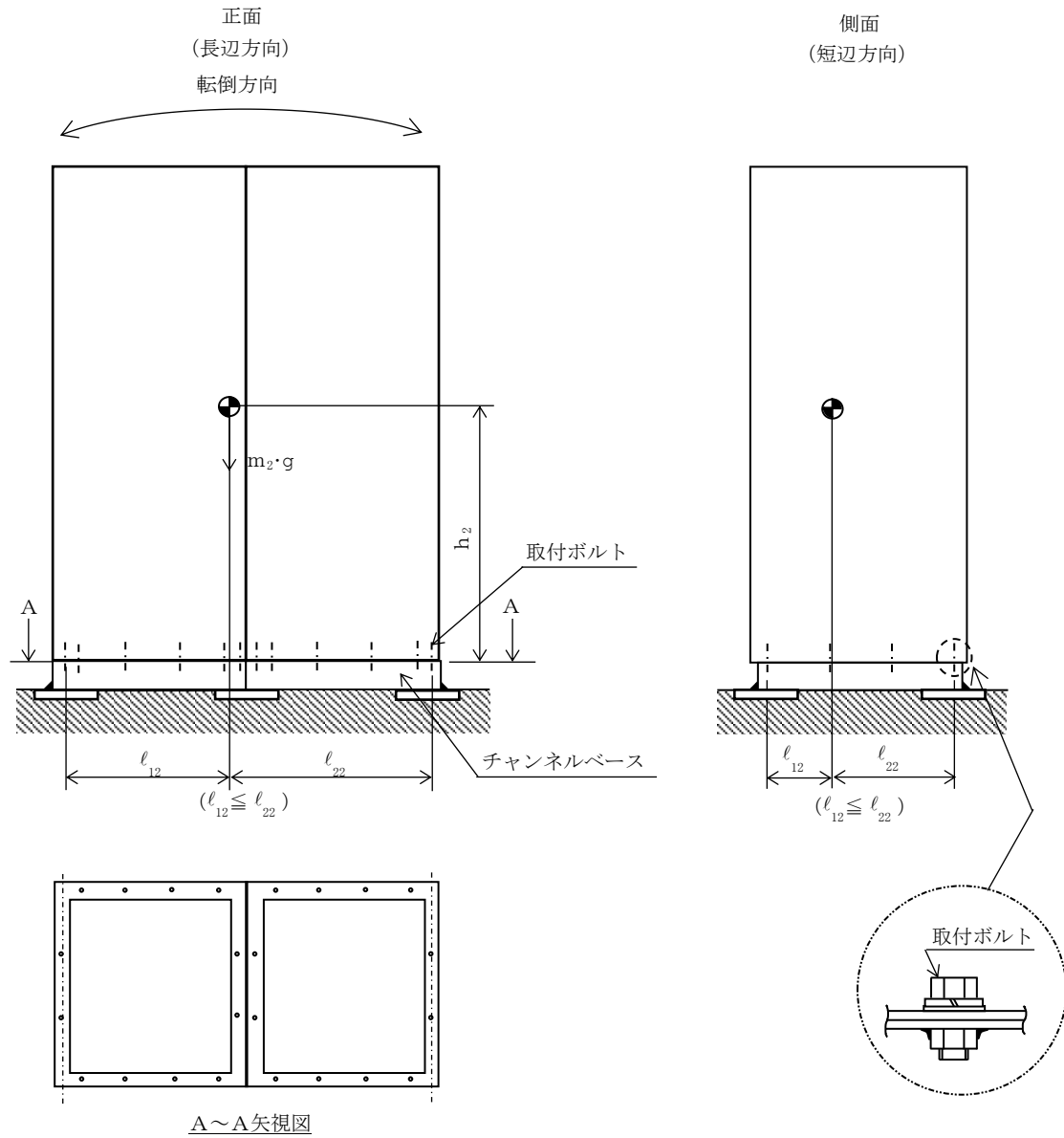
1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		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<sub>s</sub>) 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、電気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気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	
<p>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設置する。 チャンネルベースは溶接にて基礎架台に固定され、基礎架台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>(正面図) (側面図)</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	
	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 <sub>t</sub> *	1.5・f <sub>s</sub> *
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 <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	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

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、同形式の器具又は当該器具と類似の器具単体のサインビート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/s<sup>2</sup>)

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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		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 <sub>H</sub> =1.95*2	C <sub>V</sub> =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<sub>s</sub>）

1.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)
基礎ボルト (i=1)	□	1469	16 (M16)	201.1	16	211 (40mm<径≤100mm)	394 (40mm<径≤100mm)
取付ボルト (i=2)	□	1241	16 (M16)	201.1	24	231 (16mm<径≤40mm)	394 (16mm<径≤40mm)

部材	l <sub>1 i</sub> * (mm)	l <sub>2 i</sub> * (mm)	n <sub>f i</sub> *	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト (i=1)	443	537	2	—	253	—	短辺方向
	831	899	4				
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 <sub>b i</sub>		Q <sub>b i</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			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	—	—	$\sigma_{b1}=142$	$f_{ts1}=152^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=11$	$f_{sb1}=117$
取付ボルト (i=2)	SS400	引張	—	—	$\sigma_{b2}=38$	$f_{ts2}=207^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=7$	$f_{sb2}=159$

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

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

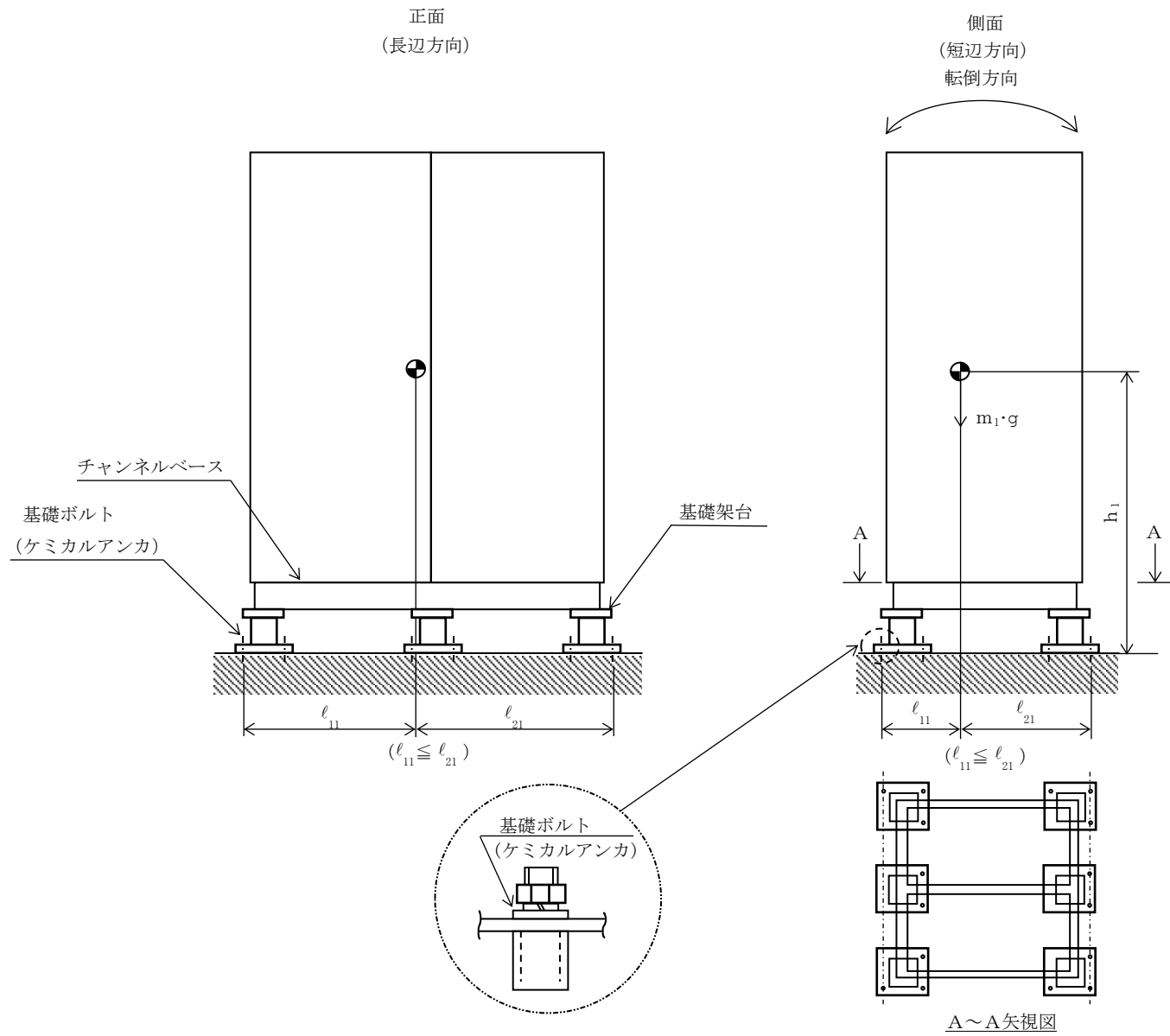
( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )

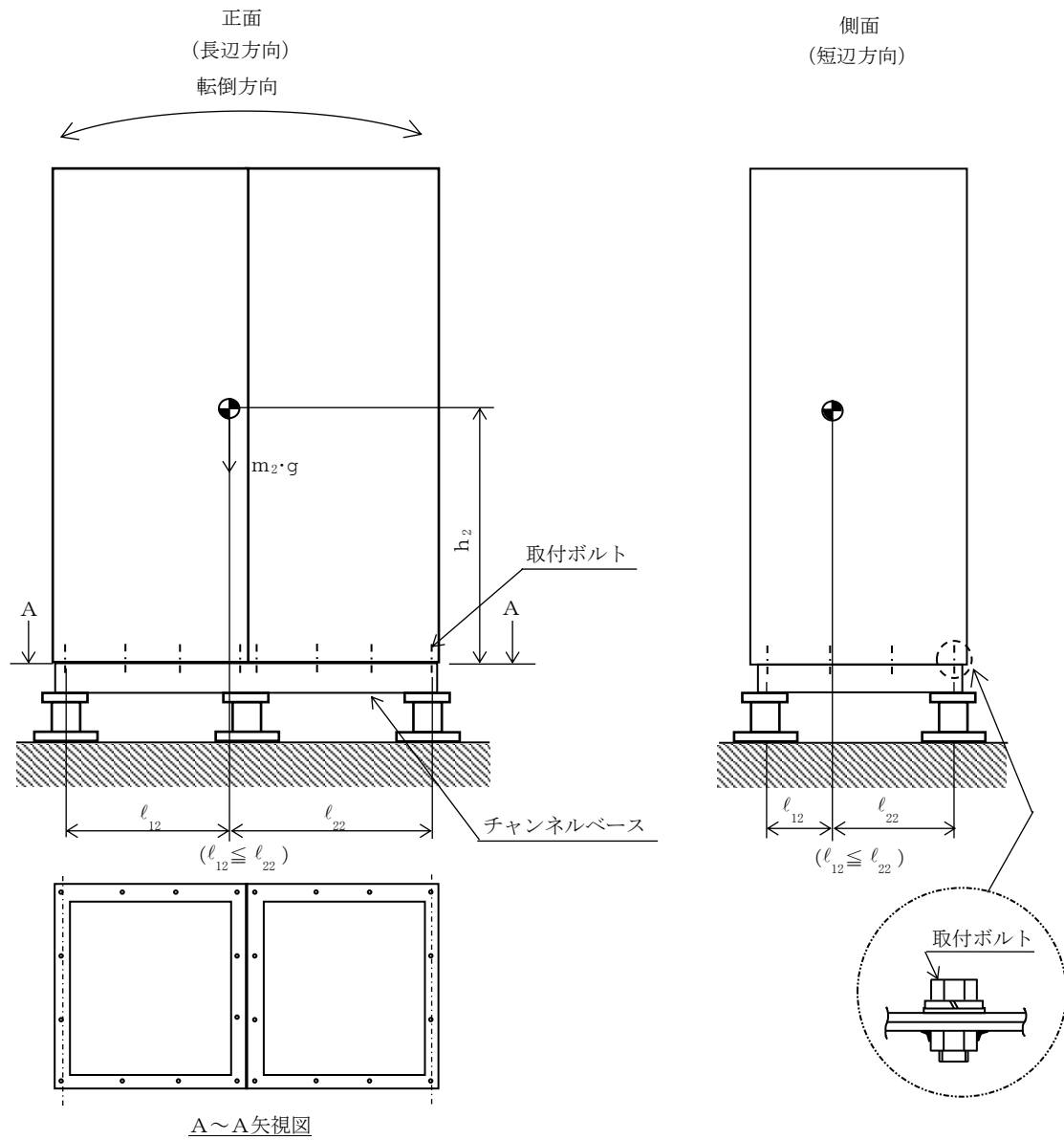
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
1・2号SPDS伝送用 ゲートウェイ盤・ データ収集盤 (2-1211・2-1212)	水平方向	1.62	<input type="checkbox"/>
	鉛直方向	1.38	<input type="checkbox"/>

注記\*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）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設置する。 チャンネルベースは溶接にて基礎架台に固定され、基礎架台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>(正面図) (側面図)</p>

(単位：mm)

### 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 <sub>t</sub> *	1.5・f <sub>s</sub> *
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 <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	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 電気的機能維持評価方法

2号SPDS伝送用インバータ盤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。

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サインビート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/s<sup>2</sup>)

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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		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 <sub>H</sub> =1.95*2	C <sub>V</sub> =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<sub>s</sub>)

1.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)
基礎ボルト (i=1)	□	1633	16 (M16)	201.1	16	211 (40mm<径≤100mm)	394 (40mm<径≤100mm)
取付ボルト (i=2)	□	1269	16 (M16)	201.1	12	231 (16mm<径≤40mm)	394 (16mm<径≤40mm)

部材	l <sub>1 i</sub> * (mm)	l <sub>2 i</sub> * (mm)	n <sub>f i</sub> *	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト (i=1)	428	502	4	—	253	—	短辺方向
	455	525	4				
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 <sub>b i</sub>		Q <sub>b i</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			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	—	—	$\sigma_{b1}=44$	$f_{ts1}=152^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=6$	$f_{sb1}=117$
取付ボルト (i=2)	SS400	引張	—	—	$\sigma_{b2}=39$	$f_{ts2}=207^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=7$	$f_{sb2}=159$

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

すべて許容応力以下である。

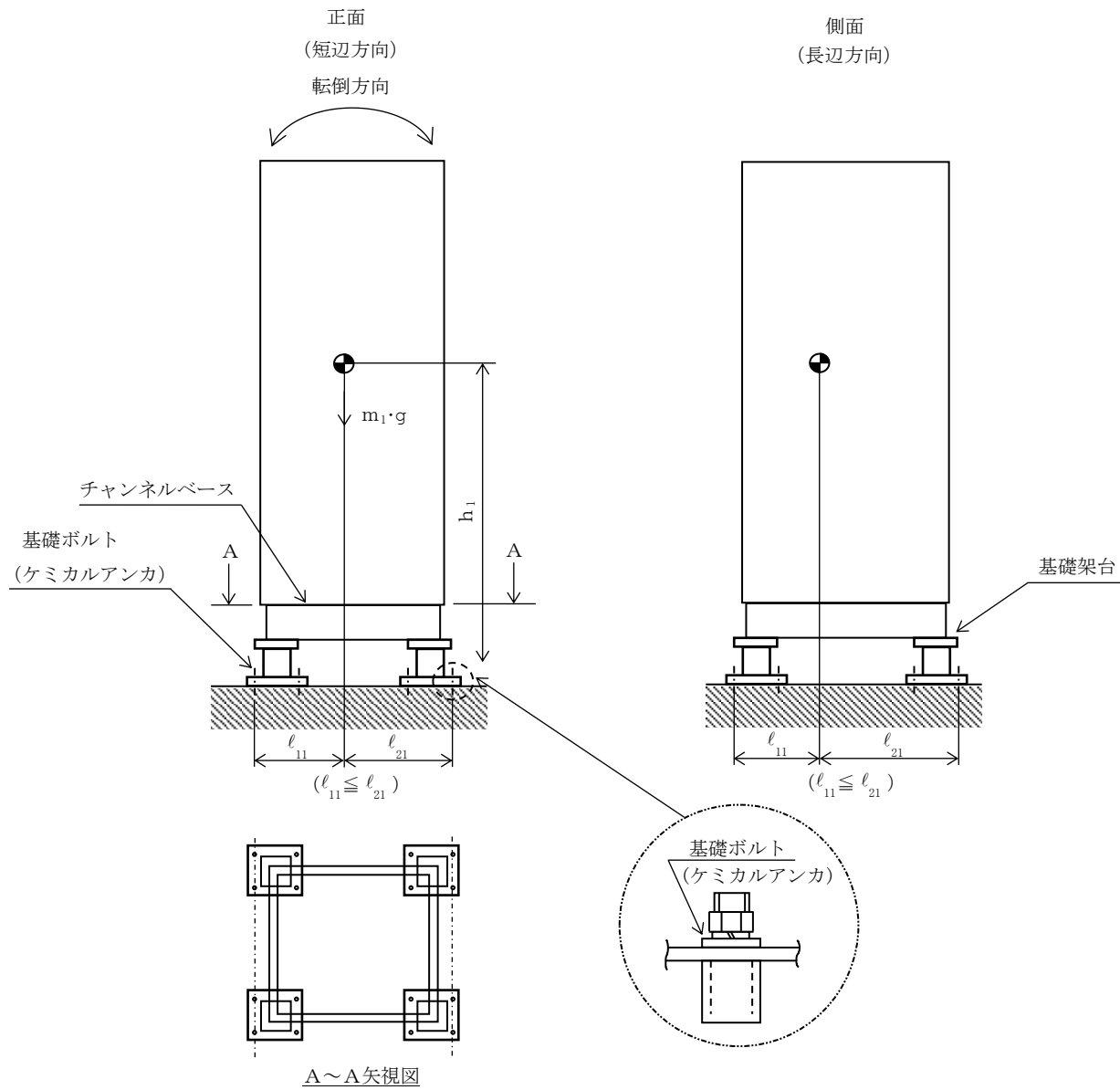
1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		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	<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<sub>s</sub>）により定まる加速度

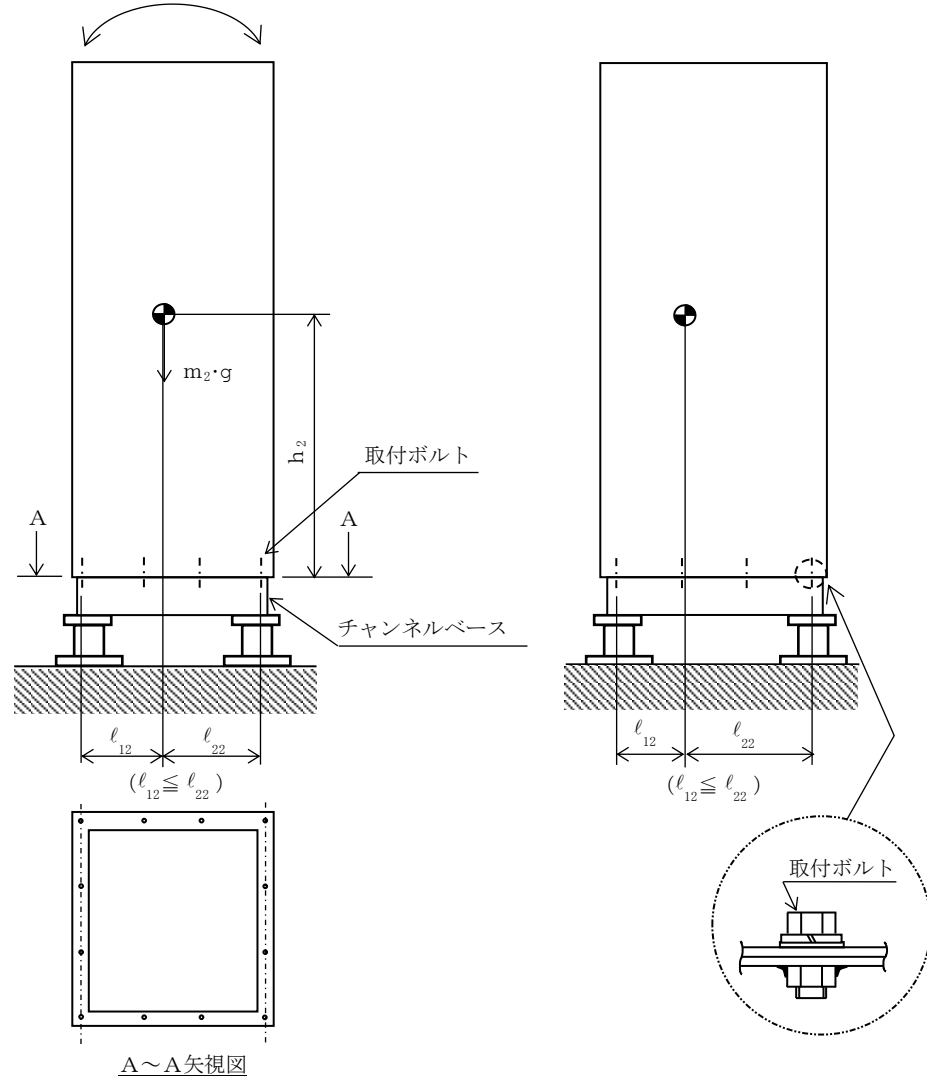
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。





正面  
(短辺方向)  
転倒方向

側面  
(長辺方向)



VI-2-6-7-3-4-4 1・2号SPDS伝送用アンテナ用中継盤の  
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伝送用アンテナ用中継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伝送用アンテナ用中継盤は、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伝送用アンテナ用中継盤は、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

1・2号SPDS伝送用アンテナ用中継盤の構造計画を表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>1・2号SPDS伝送用アンテナ用中継盤は、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基礎ボルトにて壁に設置する。</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>(平面図)</p> <p>(側面図)</p> <p>(単位：mm)</p>

### 3. 固有周期

#### 3.1 固有周期の確認

1・2号SPDS伝送用アンテナ用中継盤の固有周期は、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)

1・2号SPDS伝送用 アンテナ用中継盤 (2-1216)	水平	<input type="checkbox"/>
	鉛直	<input type="checkbox"/>

#### 4. 構造強度評価

##### 4.1 構造強度評価方法

1・2号SPDS伝送用アンテナ用中継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伝送用アンテナ用中継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伝送用アンテナ用中継盤の許容応力は、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伝送用アンテナ用中継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伝送用アンテナ用中継盤(2-1216)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 アンテナ用中継盤	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 <sub>t</sub> * 1.5・f <sub>s</sub> *	1.5・f <sub>s</sub> *
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 <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	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

1・2号SPDS伝送用アンテナ用中継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伝送用アンテナ用中継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サインビート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/s<sup>2</sup>)

機器名称	方向	機能確認済加速度
1・2号SPDS伝送用 アンテナ用中継盤 (2-1216)	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伝送用アンテナ用中継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伝送用アンテナ用中継盤(2-1216)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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		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 アンテナ用中継盤 (2-1216)	常設/緩和	原子炉建物 EL 34.8 (EL 42.8*1)			—	—	C <sub>H</sub> =2.52*2	C <sub>V</sub> =2.46*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<sub>s</sub>)

1.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)
基礎ボルト (i=1)		434	16 (M16)	201.1	6	211 (40mm<径≤100mm)	394 (40mm<径≤100mm)
取付ボルト (i=2)		334	16 (M16)	201.1	6	231 (16mm<径≤40mm)	394 (16mm<径≤40mm)

部材	ℓ <sub>1 i</sub> * (mm)	ℓ <sub>2 i</sub> * (mm)	ℓ <sub>3 i</sub> * (mm)	n <sub>f v i</sub> * (mm)	n <sub>f h i</sub> * (mm)	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> * (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト (i=1)	257	450	760	2	3	—	253	—	前後方向
	257	450	760	2	3				
取付ボルト (i=2)	282	500	760	2	3	—	276	—	前後方向
	282	500	760	2	3				

注記\*: 各ボルトの機器要目における上段は左右向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は前後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 <sub>b i</sub>		Q <sub>b i</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			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	—	—	$\sigma_{b1}=21$	$f_{ts1}=152^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=7$	$f_{sb1}=117$
取付ボルト (i=2)	SS400	引張	—	—	$\sigma_{b2}=14$	$f_{ts2}=207^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=6$	$f_{sb2}=159$

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

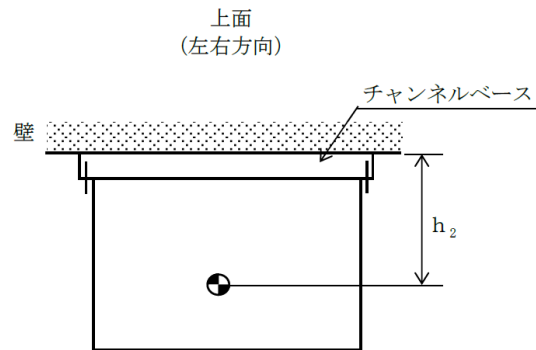
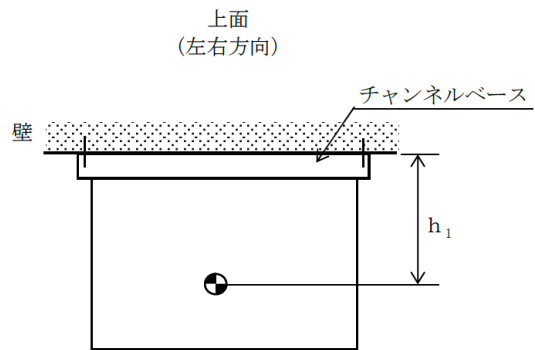
すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

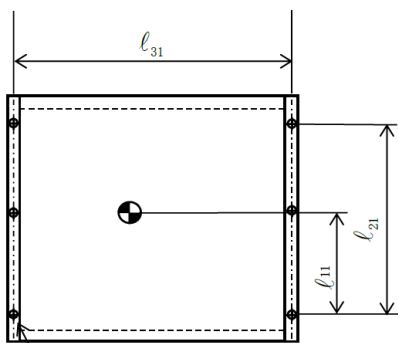
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
1・2号SPDS伝送用 アンテナ用中継盤 (2-1216)	水平方向	2.10	<input type="text"/>
	鉛直方向	2.06	<input type="text"/>

注記\*：設計震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）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。

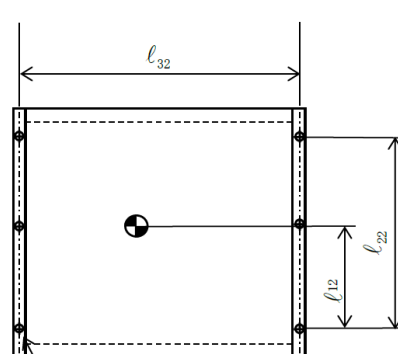
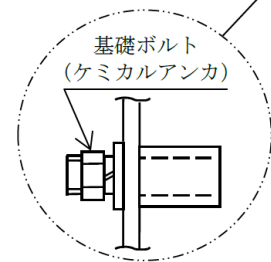
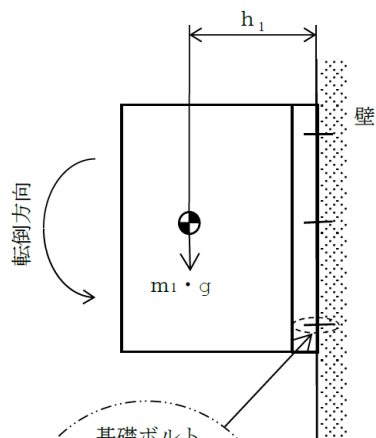


側面  
(前後方向)

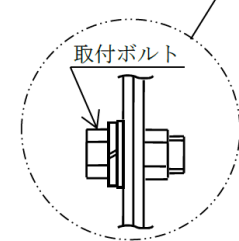
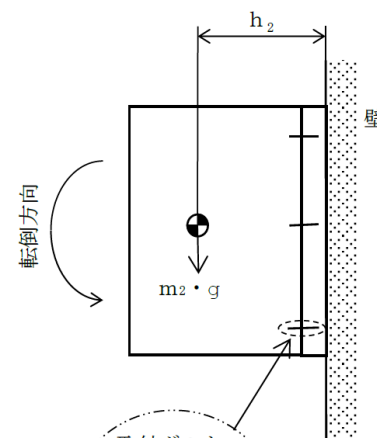
側面  
(前後方向)



基礎ボルト  
(ケミカルアンカ)



取付ボルト



VI-2-6-7-3-4-5 発信用アンテナ（1・2号）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	8
4.1 基本方針	8
4.2 固有周期の確認方法	8
4.3 固有周期の確認結果	8
5. 構造強度評価	9
5.1 構造強度評価方法	9
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	9
5.3 設計用地震力	13
5.4 計算方法	14
5.5 計算条件	18
5.6 応力の評価	19
6. 機能維持評価	20
6.1 電氣的機能維持評価方法	20
7. 評価結果	21
7.1 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-2-1-9「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、発信用アンテナ（1・2号）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。

発信用アンテナ（1・2号）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。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

発信用アンテナ（1・2号）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>発信用アンテナ（1・2号）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、基礎ボルトで壁に設置する。</p>	<p>壁掛形 （鋼材及び鋼板を組み合わせた壁掛形のアンテナ）</p>	<p>The technical drawings illustrate the antenna structure in three views:         <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Plan View (平面図):</b> Shows a top-down view of the antenna with a width dimension of 305 mm.</li> <li><b>Front View (正面図):</b> Shows the antenna's profile with a height dimension of 600 mm.</li> <li><b>Side View (側面図):</b> Shows the antenna mounted on a wall. Labels include 'チャンネルベース' (Channel Base), '取付ボルト' (Mounting Bolt), and '基礎ボルト (ケミカルアンカ)' (Foundation Bolt (Chemical Anchor)). The wall is labeled '壁' (Wall).</li> </ul> </p> <p>(単位：mm)</p>

## 2.2 評価方針

発信用アンテナ（1・2号）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」にて示す発信用アンテナ（1・2号）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、発信用アンテナ（1・2号）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。

発信用アンテナ（1・2号）の耐震評価フローを図2-1に示す。

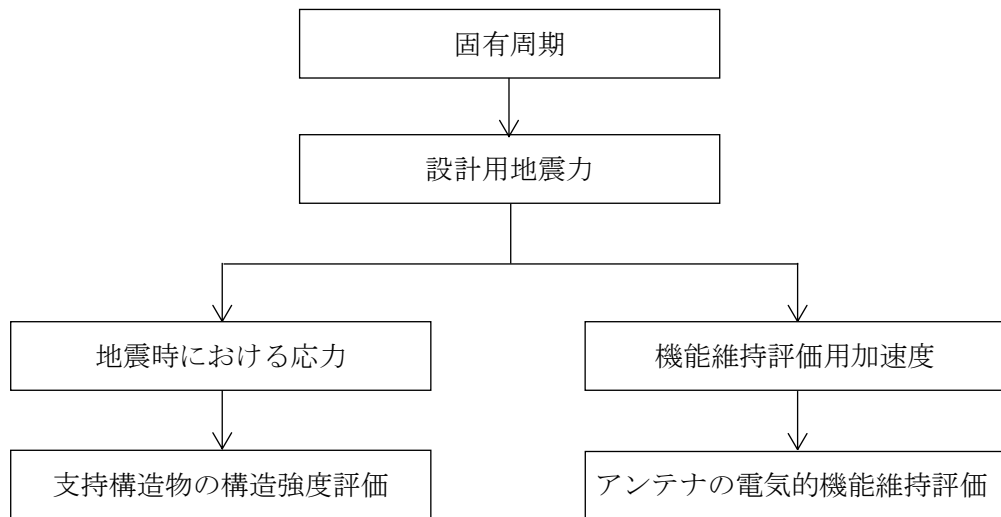


図2-1 発信用アンテナ（1・2号）の耐震評価フロー

### 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* <sup>1</sup>	mm <sup>2</sup>
$C_H$	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* <sup>1</sup>	mm
$F_i$	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値* <sup>1</sup>	MPa
$F_i^*$	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値* <sup>1</sup>	MPa
$F_{bi}$	ボルトに作用する引張力 (1本あたり) * <sup>1</sup>	N
$F_{b1i}$	鉛直方向地震及び壁掛盤取付面に対し左右方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力 (1本あたり) (壁掛形) * <sup>1</sup>	N
$F_{b2i}$	鉛直方向地震及び壁掛盤取付面に対し前後方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力 (1本あたり) (壁掛形) * <sup>1</sup>	N
$f_{sbi}$	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力* <sup>1</sup>	MPa
$f_{toi}$	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力* <sup>1</sup>	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) * <sup>1</sup>	MPa
$g$	重力加速度 (=9.80665)	m/s <sup>2</sup>
$h_i$	据付面又は取付面から重心までの距離* <sup>2</sup>	mm
$l_{1i}$	重心と下側ボルト間の鉛直方向距離 (壁掛形) * <sup>1</sup>	mm
$l_{2i}$	上側ボルトと下側ボルト間の鉛直方向距離 (壁掛形) * <sup>1</sup>	mm
$l_{3i}$	左側ボルトと右側ボルト間の水平方向距離 (壁掛形) * <sup>1</sup>	mm
$m_i$	アンテナの質量* <sup>2</sup>	kg
$n_i$	ボルトの本数* <sup>1</sup>	—
$n_{fVi}$	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 (前後方向) (壁掛形) * <sup>1</sup>	—
$n_{fHi}$	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 (左右方向) (壁掛形) * <sup>1</sup>	—
$Q_{bi}$	ボルトに作用するせん断力* <sup>1</sup>	N
$Q_{b1i}$	水平方向地震によりボルトに作用するせん断力 (壁掛形) * <sup>1</sup>	N
$Q_{b2i}$	鉛直方向地震によりボルトに作用するせん断力 (壁掛形) * <sup>1</sup>	N
$S_{ui}$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値* <sup>1</sup>	MPa
$S_{yi}$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値* <sup>1</sup>	MPa
$S_{yi}(RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料の40℃における値* <sup>1</sup>	MPa
$\pi$	円周率	—
$\sigma_{bi}$	ボルトに生じる引張応力* <sup>1</sup>	MPa
$\tau_{bi}$	ボルトに生じるせん断応力* <sup>1</sup>	MPa
$P_k$	風荷重	N

注記\*1:  $A_{bi}$ ,  $d_i$ ,  $F_i$ ,  $F_i^*$ ,  $F_{bi}$ ,  $F_{b1i}$ ,  $F_{b2i}$ ,  $f_{sbi}$ ,  $f_{toi}$ ,  $f_{tsi}$ ,  $l_{1i}$ ,  
 $l_{2i}$ ,  $l_{3i}$ ,  $n_i$ ,  $nf_{Vi}$ ,  $nf_{Hi}$ ,  $Q_{bi}$ ,  $Q_{b1i}$ ,  $Q_{b2i}$ ,  
 $S_{ui}$ ,  $S_{yi}$ ,  $S_{yi}(RT)$ ,  $\sigma_{bi}$ 及び $\tau_{bi}$ の添字  $i$  の意味は、以下のとおりと  
する。

$i = 1$ : 基礎ボルト

$i = 2$ : 取付ボルト

\*2:  $h_i$ 及び $m_i$ の添字  $i$  の意味は、以下のとおりとする。

$i = 1$ : 据付面

$i = 2$ : 取付面

## 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 <sup>*1</sup>
面積	mm <sup>2</sup>	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 <sup>*2</sup>
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 <sup>*2</sup>
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力 <sup>*3</sup>	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位
速度	m/s	—	—	小数点以下第1位
速度圧	N/m <sup>2</sup>	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 <sup>*2</sup>

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

発信用アンテナ（1・2号）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取付ボルトについて実施する。

発信用アンテナ（1・2号）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

発信用アンテナ（1・2号）の固有周期は、振動試験（加振試験）にて求める。

#### 4.2 固有周期の確認方法

正弦波掃引試験により固有周期を確認する。発信用アンテナ（1・2号）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)

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) アンテナの質量は重心に集中しているものとする。
- (2) 地震力はアンテナに対して水平方向及び鉛直方向から個別に作用させる。  
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) アンテナは取付ボルトでチャンネルベースに固定されており、固定端とする。
- (4) チャンネルベースは基礎ボルトで壁に固定されており、固定端とする。
- (5) 転倒方向は、正面より見て左右方向及び前後方向について検討し、計算書には結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。
- (6) アンテナの重心位置については、転倒方向を考慮して、計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定して耐震性の計算を行う。
- (7) 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

発信用アンテナ（1・2号）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表5-1に示す。

#### 5.2.2 許容応力

発信用アンテナ（1・2号）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

発信用アンテナ（1・2号）の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表5-3に示す。

#### 5.2.4 風荷重

風荷重は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、風速30m/sを使用し、発信用アンテナ（1・2号）の形状、風向きを踏まえ、作用する風圧力を算出する。風圧力の算出の基準となる基準速度圧を表5-4に示す。

表 5-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	その他の 計測制御 系統施設	発信用アンテナ (1・2号)	常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s + P_k$ *3	IVAS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s + P_k$	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：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s + P_k$ 」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 5-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界 <sup>*1, *2</sup> (ボルト等)	
	一次応力	
	引張	せん断
IV <sub>A</sub> S	1.5・f <sub>t</sub> <sup>*</sup>	1.5・f <sub>s</sub> <sup>*</sup>
V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> SとしてIV <sub>A</sub> 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 5-3 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 <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	394	—
取付ボルト	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	394	—

表 5-4 基準速度圧（単位：N/m<sup>2</sup>）

作用する部位	基準速度圧
発信用アンテナ（1・2号）	645.0

### 5.3 設計用地震力

発信用アンテナ（1・2号）の設計用地震力のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表5-5に示す。

「基準地震動S<sub>s</sub>」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（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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動S <sub>s</sub>	
	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 42.8 * <sup>1</sup> (EL 51.7 * <sup>1</sup> )	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C <sub>H</sub> =3.51 * <sup>2</sup>	C <sub>V</sub> =2.46 * <sup>2</sup>

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<sub>s</sub>）

## 5.4 計算方法

### 5.4.1 応力の計算方法

#### 5.4.1.1 基礎ボルトの計算方法

基礎ボルトの応力は、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。

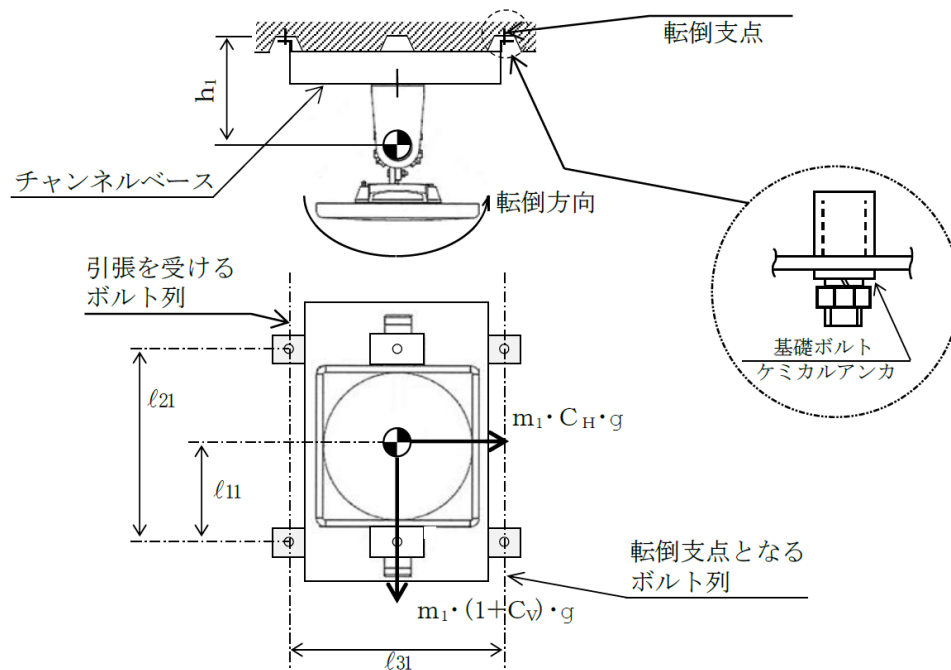


図5-1 計算モデル（左右方向転倒）

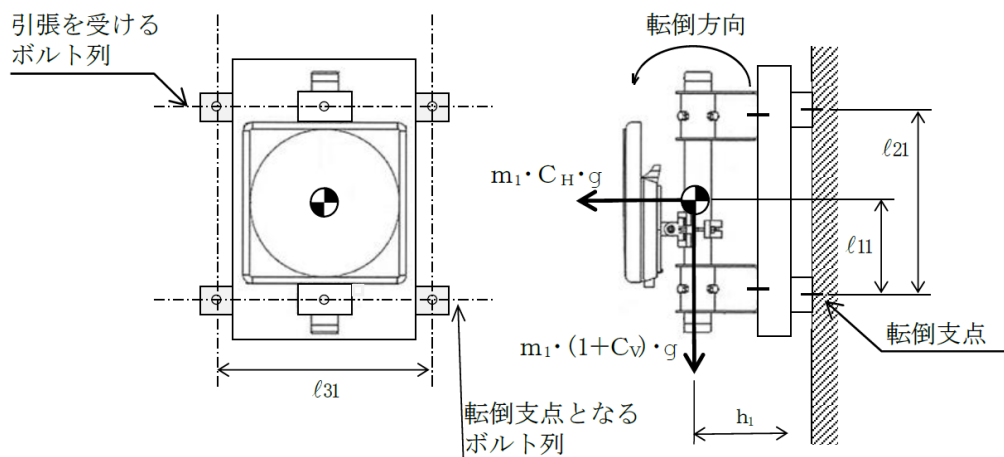


図5-2 計算モデル（前後方向転倒）

## (1) 引張応力

基礎ボルトに対する引張力は、図5-1及び図5-2でそれぞれのボルトを支点とする転倒を考え、これを片側のボルトで受けるものとして計算する。

引張力

$$F_{b11} = \frac{m_1 \cdot g \cdot (1 + C_v) \cdot h_1}{n_{fv1} \cdot \ell_{21}} + \frac{m_1 \cdot g \cdot C_H \cdot h_1 + P_k \cdot h_1}{n_{fH1} \cdot \ell_{31}} \dots\dots\dots (5.4.1.1.1)$$

$$F_{b21} = \frac{m_1 \cdot g \cdot (1 + C_v) \cdot h_1}{n_{fv1} \cdot \ell_{21}} + \frac{m_1 \cdot g \cdot C_H \cdot \ell_{11}}{n_{fv1} \cdot \ell_{21}} \dots\dots\dots (5.4.1.1.2)$$

$$F_{b1} = \text{Max} (F_{b11}, F_{b21}) \dots\dots\dots (5.4.1.1.3)$$

引張応力

$$\sigma_{b1} = \frac{F_{b1}}{A_{b1}} \dots\dots\dots (5.4.1.1.4)$$

ここで、基礎ボルトの軸断面積 $A_{b1}$ は次式により求める。

$$A_{b1} = \frac{\pi}{4} \cdot d_1^2 \dots\dots\dots (5.4.1.1.5)$$

## (2) せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b11} = C_H \cdot m_1 \cdot g + P_k \dots\dots\dots (5.4.1.1.6)$$

$$Q_{b21} = (1 + C_v) \cdot m_1 \cdot g \dots\dots\dots (5.4.1.1.7)$$

$$Q_{b1} = \sqrt{(Q_{b11})^2 + (Q_{b21})^2} \dots\dots\dots (5.4.1.1.8)$$

せん断応力

$$\tau_{b1} = \frac{Q_{b1}}{n_1 \cdot A_{b1}} \dots\dots\dots (5.4.1.1.9)$$



5.4.1.2 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。

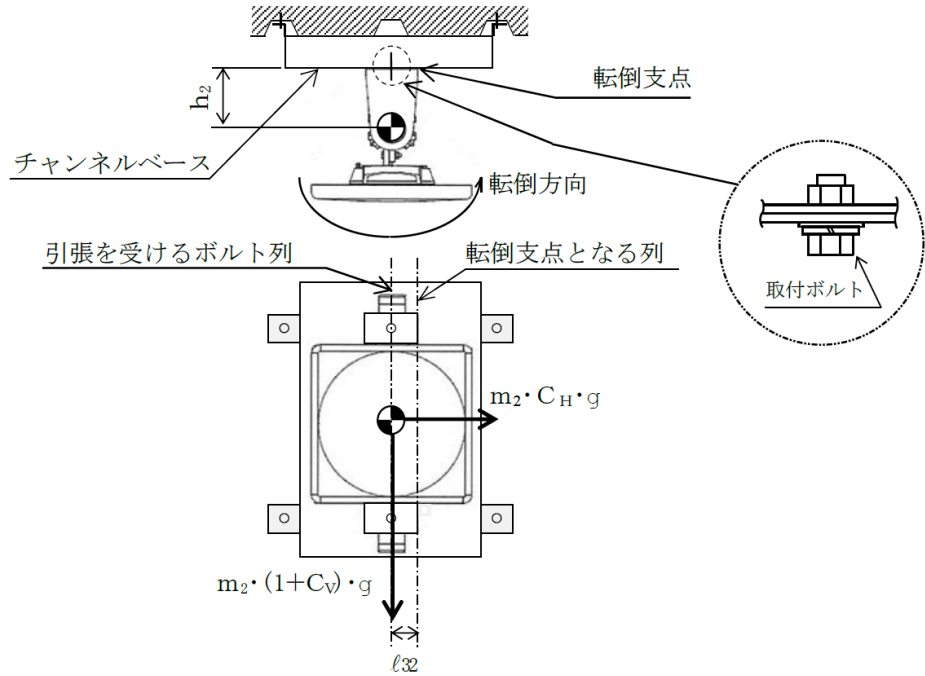


図5-3 計算モデル（左右方向転倒）

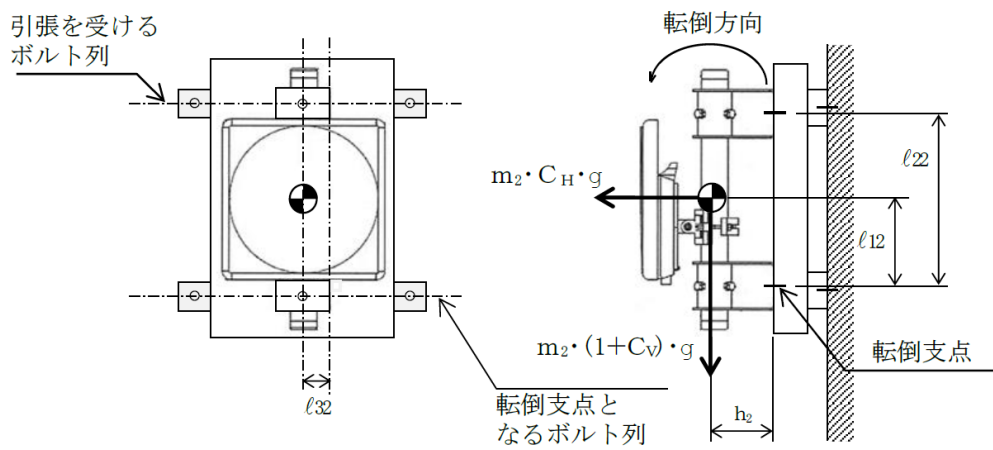


図5-4 計算モデル（前後方向転倒）

## (1) 引張応力

取付ボルトに対する引張力は、図5-3、図5-4でそれぞれのボルト（又は接触面）を支点とする転倒を考え、これを片側のボルトで受けるものとして計算する。

引張力

$$F_{b12} = \frac{m_2 \cdot g \cdot (1 + C_v) \cdot h_2}{n_{fv2} \cdot l_{22}} + \frac{m_2 \cdot g \cdot C_H \cdot h_2 + P_K \cdot h_2}{n_{fH2} \cdot l_{32}} \dots\dots\dots (5.4.1.2.1)$$

$$F_{b22} = \frac{m_2 \cdot g \cdot (1 + C_v) \cdot h_2}{n_{fv2} \cdot l_{22}} + \frac{m_2 \cdot g \cdot C_H \cdot l_{12}}{n_{fv2} \cdot l_{22}} \dots\dots (5.4.1.2.2)$$

$$F_{b2} = \text{Max} (F_{b12}, F_{b22}) \dots\dots\dots (5.4.1.2.3)$$

引張応力

$$\sigma_{b2} = \frac{F_{b2}}{A_{b2}} \dots\dots\dots (5.4.1.2.4)$$

ここで、取付ボルトの軸断面積 $A_{b2}$ は次式により求める。

$$A_{b2} = \frac{\pi}{4} \cdot d_2^2 \dots\dots\dots (5.4.1.2.5)$$

## (2) せん断応力

取付ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b12} = C_H \cdot m_2 \cdot g + P_K \dots\dots\dots (5.4.1.2.6)$$

$$Q_{b22} = (1 + C_v) \cdot m_2 \cdot g \dots\dots\dots (5.4.1.2.7)$$

$$Q_{b2} = \sqrt{(Q_{b12})^2 + (Q_{b22})^2} \dots\dots\dots (5.4.1.2.8)$$

せん断応力

$$\tau_{b2} = \frac{Q_{b2}}{n_2 \cdot A_{b2}} \dots\dots\dots (5.4.1.2.9)$$

## 5.5 計算条件

### 5.5.1 基礎ボルトの応力計算条件

基礎ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【発信用アンテナ（1・2号）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。

### 5.5.2 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【発信用アンテナ（1・2号）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 $\sigma_{bi}$ は次式より求めた許容組合せ応力 $f_{tsi}$ 以下であること。ただし、 $f_{toi}$ は下表による。

$$f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}] \quad \dots\dots\dots (5.6.1.1)$$

せん断応力 $\tau_{bi}$ 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。

	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 $f_{toi}$	$\frac{F_i^*}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 $f_{sbi}$	$\frac{F_i^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

6. 機能維持評価

6.1 電氣的機能維持評価方法

発信用アンテナ（1・2号）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。

発信用アンテナ（1・2号）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、同形式のアンテナ単体のサインビート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
発信用アンテナ（1・2号）	水平	<input type="checkbox"/>
	鉛直	<input type="checkbox"/>

## 7. 評価結果

### 7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

発信用アンテナ（1・2号）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。

## 【発信用アンテナ（1・2号）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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		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	
発信用アンテナ (1・2号)	常設/緩和	原子炉建物 EL 42.8 *1 (EL 51.7 *1)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C <sub>H</sub> =3.51*2	C <sub>V</sub> =2.46*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<sub>s</sub>）

## 1.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)
基礎ボルト (i=1)		309	16 (M16)	201.1	4	211 (40mm<径≤100mm)	394 (40mm<径≤100mm)
取付ボルト (i=2)		164	16 (M16)	201.1	2	211 (40mm<径≤100mm)	394 (40mm<径≤100mm)

部材	ℓ <sub>1 i</sub> (mm)	ℓ <sub>2 i</sub> (mm)	ℓ <sub>3 i</sub> (mm)	n <sub>f v i</sub>	n <sub>f H i</sub>	P <sub>k</sub> (N)	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> * (MPa)	転倒方向	
									弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト (i=1)	220	420	460	2	2	433.6	—	253	—	左右方向
取付ボルト (i=2)	210	400	60	1	2	433.6	—	253	—	左右方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F <sub>b i</sub>		Q <sub>b i</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			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	—	—	$\sigma_{b1}=6$	$f_{ts1}=152^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=3$	$f_{sb1}=117$
取付ボルト (i=2)	SS400	引張	—	—	$\sigma_{b2}=7$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=146$

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

すべて許容応力以下である。

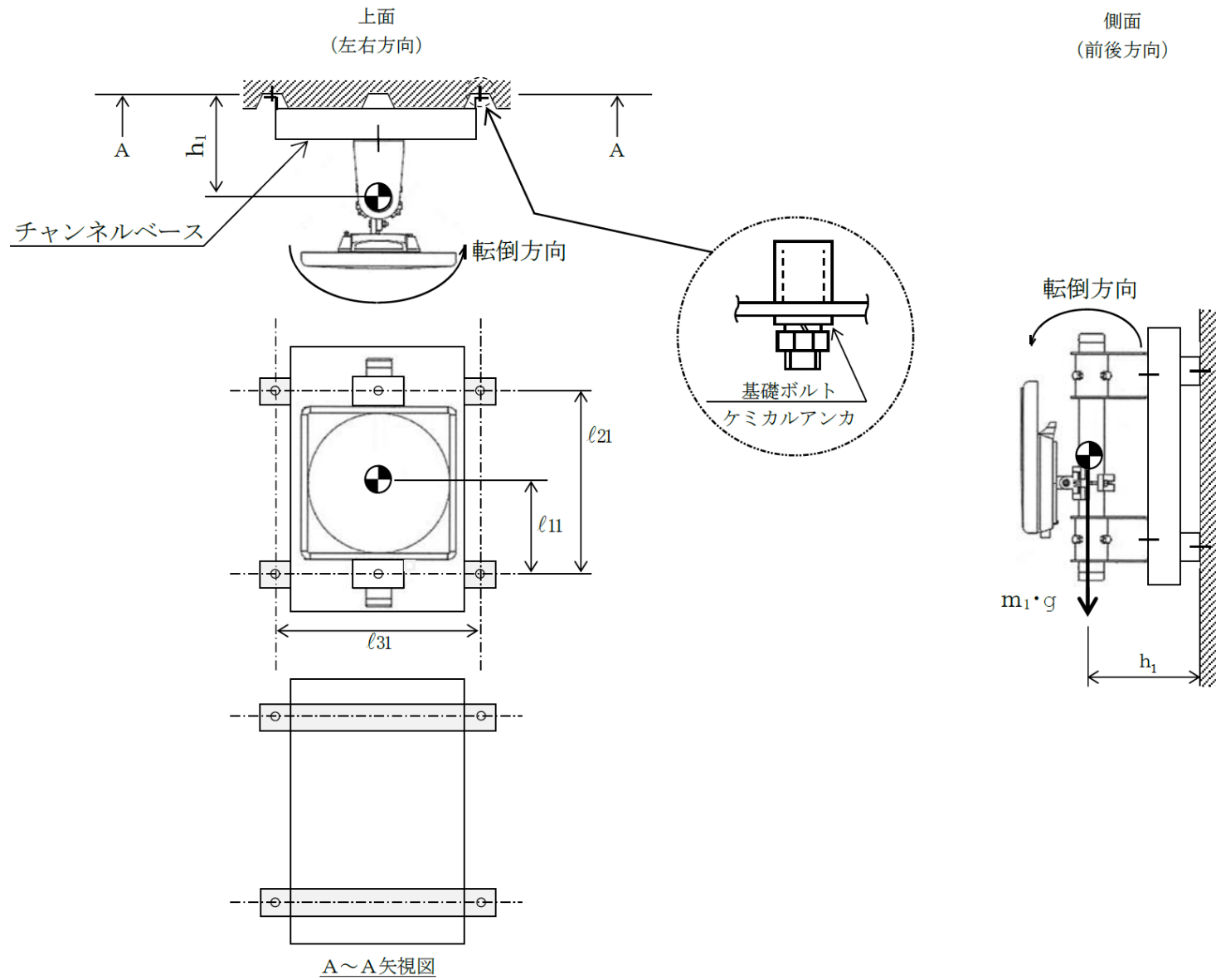
1.4.2 電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

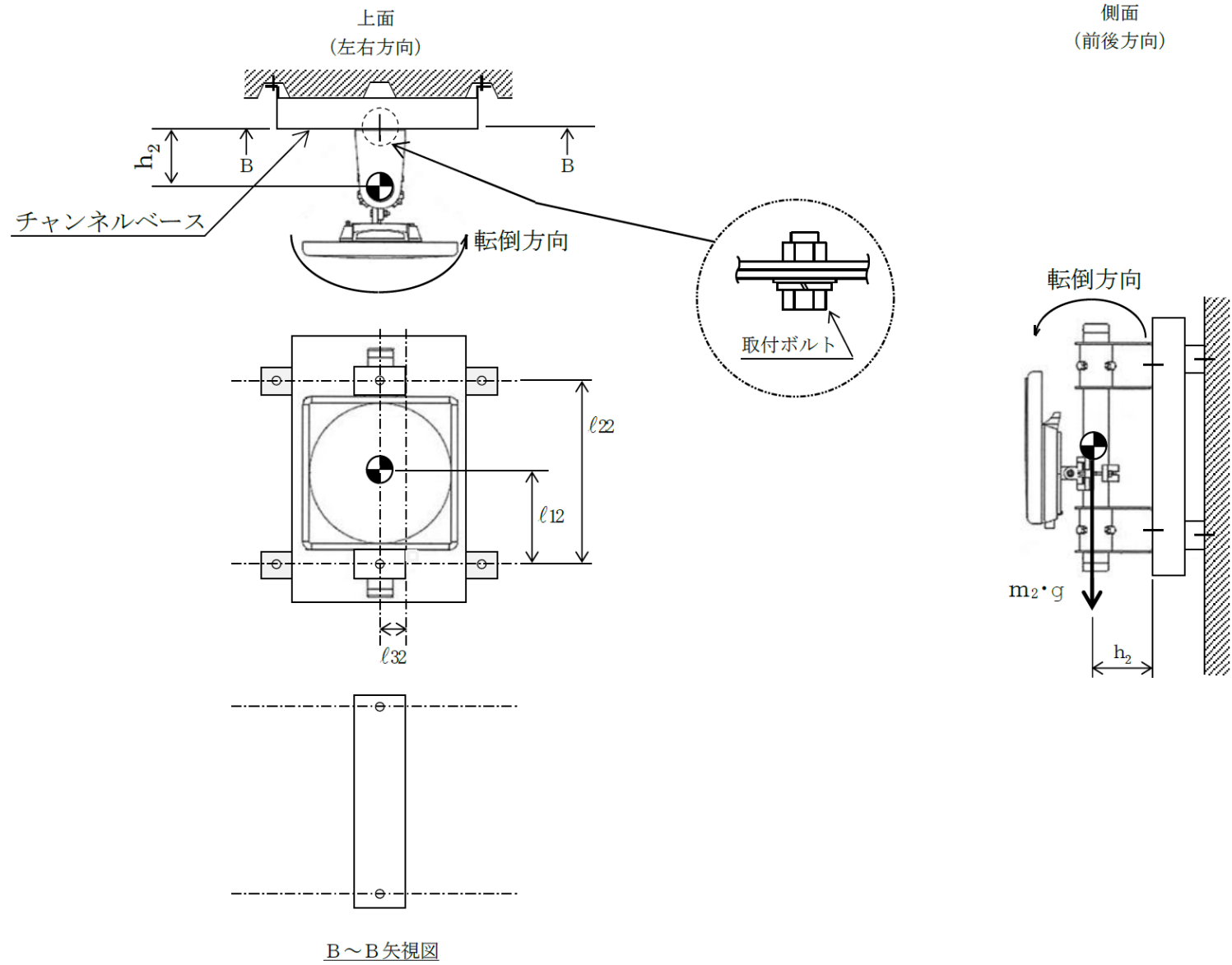
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
発信用アンテナ (1・2号)	水平方向	2.93	<input type="text"/>
	鉛直方向	2.06	<input type="text"/>

注記\*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）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-2-6-7-3-4-6 受信用アンテナ（1・2号）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 重大事故等対処設備としての評価結果	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、受信用アンテナ（1・2号）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。

受信用アンテナ（1・2号）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。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

受信用アンテナ（1・2号）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	
受信用アンテナ（1・2号）は、基礎ボルトにて基礎に設置する。	受信用アンテナ（1・2号）	<p>(平面図)</p> <p>受信用アンテナ (1・2号)</p> <p>基礎ボルト (ケミカルアンカ)</p> <p>床</p> <p>(正面図)</p> <p>(側面図)</p> <p>(単位：mm)</p>

## 2.2 評価方針

受信用アンテナ（1・2号）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」にて示す受信用アンテナ（1・2号）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、受信用アンテナ（1・2号）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。

受信用アンテナ（1・2号）の耐震評価フローを図2-1に示す。

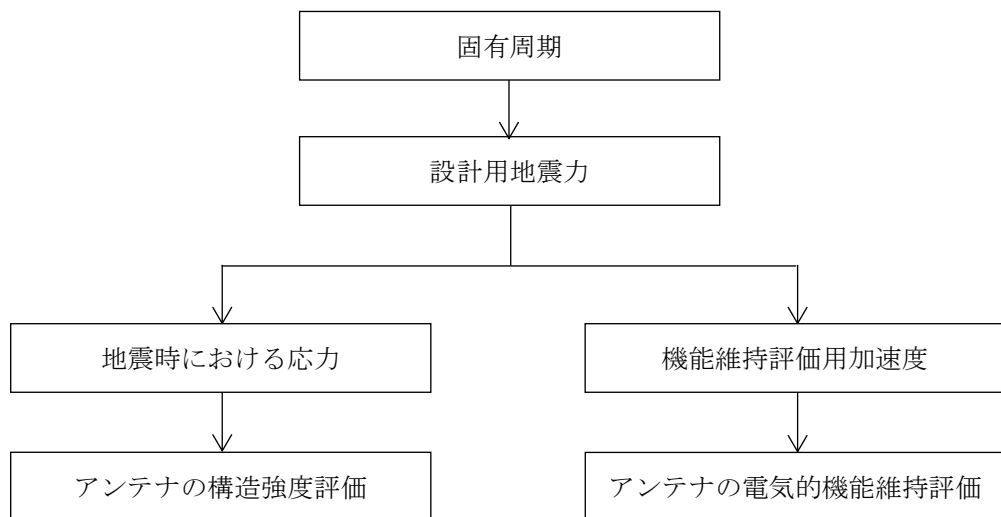


図2-1 受信用アンテナ（1・2号）の耐震評価フロー

### 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	$\text{mm}^2$
$C_H$	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
$f_{sb}$	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力	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
$g$	重力加速度 (=9.80665)	$\text{m/s}^2$
$h$	据付面から重心までの距離	mm
$l_1$	重心とボルト間の水平方向距離*	mm
$l_2$	重心とボルト間の水平方向距離*	mm
$m$	アンテナの質量	kg
$n$	ボルトの本数	—
$n_f$	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数	—
$Q_b$	ボルトに作用するせん断力	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°Cにおける値	MPa
$\pi$	円周率	—
$\sigma_b$	ボルトに生じる引張応力	MPa
$\tau_b$	ボルトに生じるせん断応力	MPa
$P_k$	風荷重	N

注記\* :  $l_1 \leq l_2$

## 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 <sup>*1</sup>
面積	mm <sup>2</sup>	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 <sup>*2</sup>
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 <sup>*2</sup>
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力 <sup>*3</sup>	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位
速度	m/s	—	—	小数点以下第1位
速度圧	N/m <sup>2</sup>	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 <sup>*2</sup>

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

受信用アンテナ（1・2号）の耐震評価は、「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる基礎ボルトについて実施する。

受信用アンテナ（1・2号）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

受信用アンテナ（1・2号）の固有周期は、振動試験（加振試験）にて求める。

#### 4.2 固有周期の確認方法

正弦波掃引試験にて受信用アンテナ（1・2号）の固有振動数を測定する。受信用アンテナ（1・2号）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)

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) 受信用アンテナ（1・2号）の質量は重心に集中しているものとする。
- (2) 地震力は受信用アンテナ（1・2号）に対して水平方向及び鉛直方向から個別に作用させる。  
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) 受信用アンテナ（1・2号）は基礎ボルトで床面に固定されており、固定端とする。
- (4) 転倒方向は、正面より見て左右方向及び前後方向について検討し、計算書には結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。
- (5) 受信用アンテナ（1・2号）の重心位置については、転倒方向を考慮して、計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定して耐震性の計算を行う。
- (6) 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

受信用アンテナ（1・2号）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表5-1に示す。

#### 5.2.2 許容応力

受信用アンテナ（1・2号）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

受信用アンテナ（1・2号）の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表5-3に示す。

#### 5.2.4 風荷重

風荷重は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、風速 30m/s を使用し、受信用アンテナ（1・2号）の形状、風向きを踏まえ、作用する風圧力を算出する。風圧力の算出の基準となる基準速度圧を表5-4に示す。

表 5-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	その他の 計測制御 系統施設	受信用アンテナ (1・2号)	常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s + P_k$ *3	IVAS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s + P_k$	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：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s + P_k$ 」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 5-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 5-3 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 <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (RT) (MPa)
		周囲環境温度	50	198	504	205
基礎ボルト	SUS304	周囲環境温度	50	198	504	205

表 5-4 基準速度圧（単位：N/m<sup>2</sup>）

作用する部位	基準速度圧
受信用アンテナ（1・2号）	645.0

### 5.3 設計用地震力

受信用アンテナ（1・2号）の設計用地震力のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表5-5に示す。

「基準地震動S<sub>s</sub>」による地震力は、VI-2-別添3-2「可搬型重大事故等対処設備の保管エリア等における入力地震動」に基づき設定する。

表5-5 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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動S <sub>s</sub>	
	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車両保管エリア (第1保管エリア) EL 50.0* <sup>1</sup>	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C <sub>H</sub> =1.88* <sup>2</sup>	C <sub>V</sub> =1.31* <sup>2</sup>

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<sub>s</sub>）



## 5.4 計算方法

### 5.4.1 応力の計算方法

#### 5.4.1.1 基礎ボルトの計算方法

基礎ボルトの応力は、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。

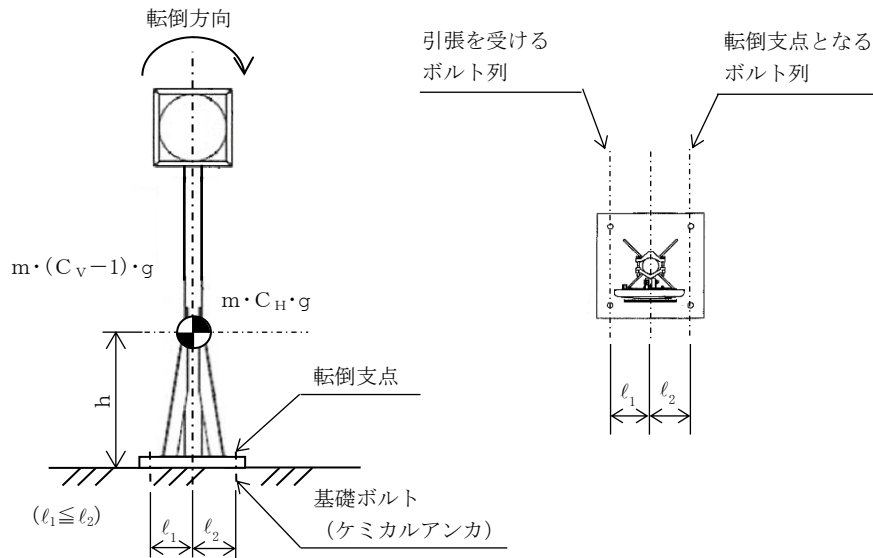


図5-1 計算モデル（左右方向転倒）

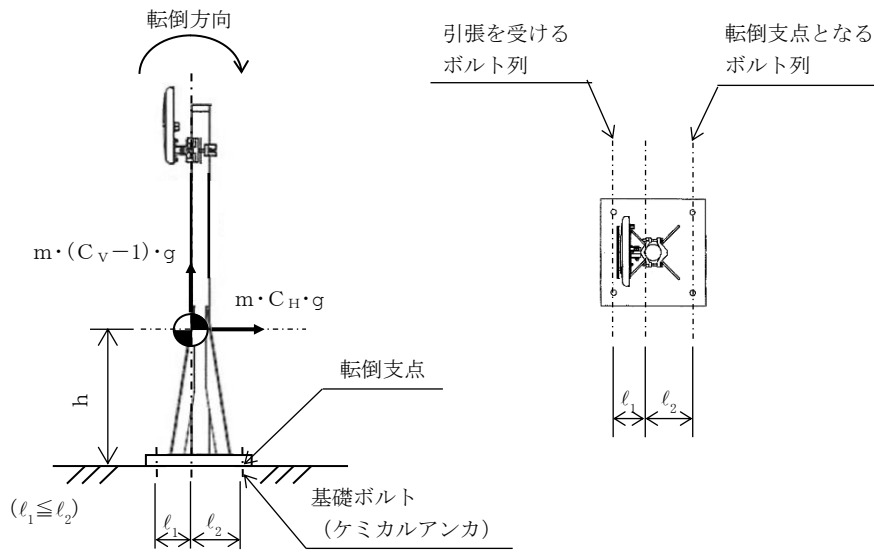


図5-2 計算モデル（前後方向転倒）

## (1) 引張応力

基礎ボルトに対する引張力は、図5-1及び図5-2でそれぞれのボルトを支点とする転倒を考え、これを片側のボルトで受けるものとして計算する。

引張力

$$F_b = \frac{m \cdot g \cdot C_H \cdot h + P_k \cdot h}{n_f \cdot (l_1 + l_2)} - \frac{m \cdot g \cdot (1 - C_V) \cdot l_2}{n_f \cdot (l_1 + l_2)} \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.1)$$

引張応力

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

ここで、基礎ボルトの軸断面積 $A_b$ は次式により求める。

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

## (2) せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_b = C_H \cdot m \cdot g + P_k \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.4)$$

せん断応力

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n \cdot A_b} \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.5)$$

## 5.5 計算条件

### 5.5.1 基礎ボルトの応力計算条件

基礎ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【受信用アンテナ（1・2号）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 $\sigma_b$ 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。

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

せん断応力 $\tau_b$ は、せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 $f_{sb}$ 以下であること。ただし、 $f_{sb}$ は下表による。

	基準地震動 $S_s$ による 荷重との組合せの場合
許容引張応力 $f_{to}$	$\frac{F^*}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 $f_{sb}$	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

## 6. 機能維持評価

### 6.1 電氣的機能維持評価方法

受信用アンテナ（1・2号）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-別添 3-2「可搬型重大事故等対処設備の保管エリア等における入力地震動」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。

受信用アンテナ（1・2号）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、同形式のアンテナ単体のサインビート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
受信用アンテナ（1・2号）	水平	<input type="checkbox"/>
	鉛直	<input type="checkbox"/>

## 7. 評価結果

### 7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

受信用アンテナ（1・2号）の重大事故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。

【受信用アンテナ（1・2号）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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		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	
受信用アンテナ (1・2号)	常設/緩和	SA車両保管エリア (第1保管エリア) EL 50.0* <sup>1</sup>	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C <sub>H</sub> =1.88* <sup>2</sup>	C <sub>V</sub> =1.31* <sup>2</sup>	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<sub>s</sub>)

1.2 機器要目

部材	m (kg)	h (mm)	d (mm)	A <sub>b</sub> (mm <sup>2</sup> )	n	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (RT) (MPa)
基礎ボルト	<input type="text"/>	398	16 (M16)	201.1	4	198	504	205

部材	ℓ <sub>1</sub> * (mm)	ℓ <sub>2</sub> * (mm)	n <sub>f</sub> * (mm)	P <sub>k</sub> (N)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
							弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト	150	150	2	774.0	—	205	—	前後方向
	134	166	2					

注記\*: 各ボルトの機器要目における上段は左右方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は前後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 <sub>b</sub>		Q <sub>b</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト	—	<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	SUS304	引張	—	—	$\sigma_b=5$	$f_{ts}=123^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=2$	$f_{sb}=94$

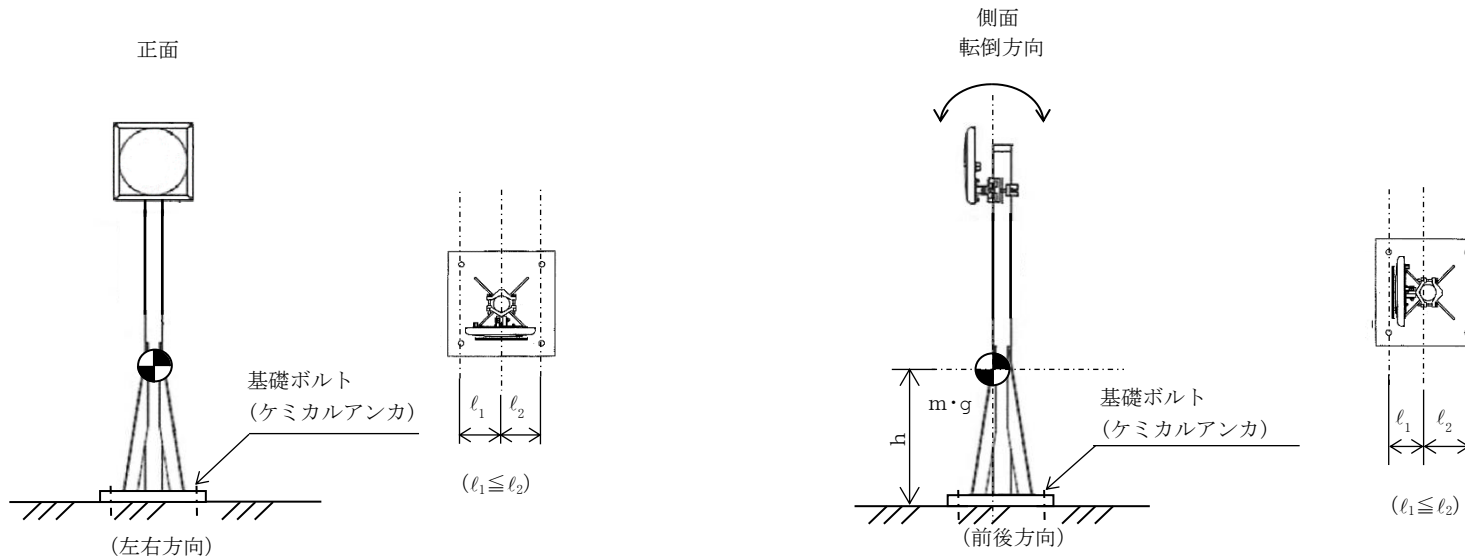
注記\*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$   
すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
受信用アンテナ (1・2号)	水平方向	1.56	<input type="checkbox"/>
	鉛直方向	1.08	<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。

20





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）を固定具、粘着固定シート及び固縛用ベルトにて机の上に固定する。 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>	<p>(正面図)</p> <p>(平面図)</p> <p>(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。

実機の据付状態を机及び固定具を含めて加振台上で模擬したうえで、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健全性を確認することから、固有周期の確認、机及び固定具の構造強度評価は省略する。

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。

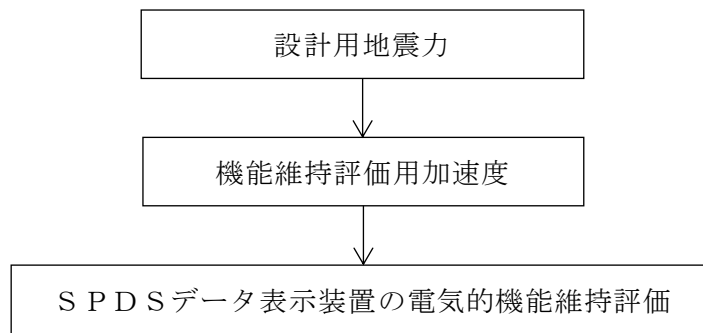


図 2-1 S P D S データ表示装置（緊急時対策所）の耐震評価フロー

## 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 を固定具、粘着固定シート及び固縛用ベルトにて机上に固定することから、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を固定具、粘着固定シート及び固縛用ベルトにて机上に固定することから、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には、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、実機の据付状態を机及び固定具を含めて加振台上で模擬したうえで、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/s<sup>2</sup>)

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。

## 【SPDSデータ表示装置（緊急時対策所）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 電氣的機能維持の評価結果

(×9.8m/s<sup>2</sup>)

		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<sub>s</sub>）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-2-7-1 放射性廃棄物の廃棄施設の耐震計算結果

## 目 次

1. 概要 .....	1
2. 耐震評価条件整理 .....	1

## 1. 概要

本資料は、放射性廃棄物の廃棄施設の耐震計算の手法及び条件の整理について説明するものである。

## 2. 耐震評価条件整理

放射性廃棄物の廃棄施設に対して、設計基準対象施設の耐震重要度分類、重大事故等対処設備の設備分類を整理した。既設の設計基準対象施設については、耐震評価における手法及び条件について、既に認可を受けた実績との差異の有無を整理した。また、重大事故等対処設備のうち、設計基準対象施設であるものについては、重大事故等対処設備の評価条件と設計基準対象施設の評価条件の差異の有無を整理した。結果を表 1 に示す。

放射性廃棄物の廃棄施設の耐震計算は表 1 に示す計算書に記載する。

表1 耐震評価条件整理一覧表 (1/3)

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所
放射性廃棄物の廃棄施設	気体、 液体又は固体廃棄物処理設備	気体廃棄物処理系	排気筒（非常用ガス処理系用）	S	無	VI-2-7-4	（原子炉格納施設に記載）	—	—
			排気筒（空調換気系用）	C	有	VI-2-7-4	—	—	—
	液体廃棄物処理系 （ドレン移送系）	主要弁	S	有	VI-2-7-2-1-1	—	—	—	

表 1 耐震評価条件整理一覧表 (2/3)

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所
放射性廃棄物の廃棄施設	気体、 液体又は固体廃棄物処理設備	液体廃棄物処理系（ドレン移送系）	主配管	S	有	VI-2-7-2-1-1	—	—	—



表 1 耐震評価条件整理一覧表 (3/3)

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所
放射性廃棄物の廃棄施設	気体、 液体又は固体廃棄物処理設備	固体廃棄物処理系 サイトバンカ設備	主配管	B	無	VI-2-7-3-1-1	—	—	—

## VI-2-7-2 液体廃棄物処理系の耐震性についての計算書

## VI-2-7-2-1 ドレン移送系の耐震性についての計算書

VI-2-7-2-1-1 管の耐震性についての計算書  
(ドレン移送系)

## 目 次

1. 概要	1
2. 概略系統図及び鳥瞰図	2
2.1 概略系統図	2
2.2 鳥瞰図	4
3. 計算条件	6
3.1 計算方法	6
3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態	7
3.3 設計条件	8
3.4 材料及び許容応力	13
3.5 設計用地震力	14
4. 解析結果及び評価	15
4.1 固有周期及び設計震度	15
4.2 評価結果	20
4.2.1 管の応力評価結果	20
4.2.2 支持構造物評価結果	21
4.2.3 弁の動的機能維持の評価結果	22
4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	23

## 1. 概要

本計算書は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」（以下「基本方針」という。）に基づき、ドレン移送系の管、支持構造物及び弁が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、動的機能を維持できることを説明するものである。

計算結果の記載方法は、以下に示すとおりである。

### (1) 管

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全4モデルのうち、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を4.2.4に記載する。

### (2) 支持構造物

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








### (3) 弁

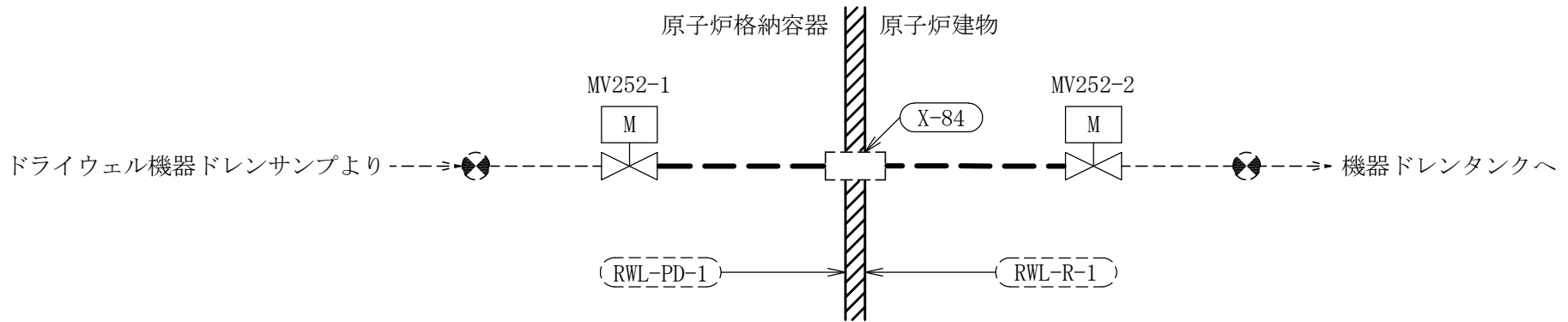
機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として、弁型式別に評価結果を記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

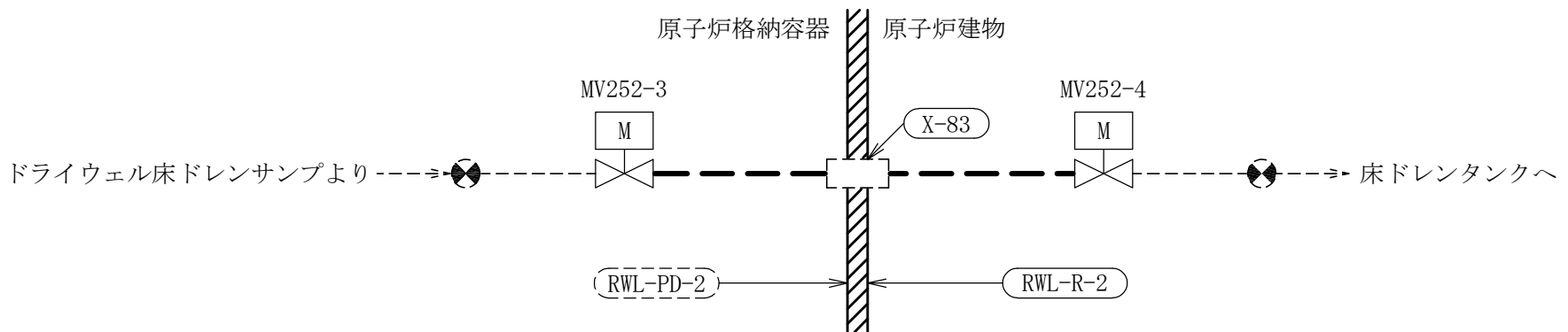
2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例

記号	内容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (重大事故等対処設備)
 (太破線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (設計基準対象施設)
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他 計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管、又は工事計画記載範囲の管 のうち本系統の管であって計算書作成対象範囲外の管 及び他系統の管であって系統の概略を示すために表記 する管
	鳥瞰図番号 (代表モデル)
	鳥瞰図番号 (代表モデル以外)
	アンカ
[管クラス] DB1 DB2 DB3 DB4 SA2 SA3 DB1/SA2 DB2/SA2 DB3/SA2 DB4/SA2	クラス 1 管 クラス 2 管 クラス 3 管 クラス 4 管 重大事故等クラス 2 管 重大事故等クラス 3 管 重大事故等クラス 2 管であってクラス 1 管 重大事故等クラス 2 管であってクラス 2 管 重大事故等クラス 2 管であってクラス 3 管 重大事故等クラス 2 管であってクラス 4 管



33





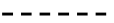


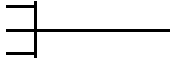
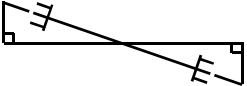

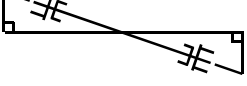

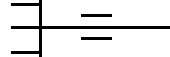
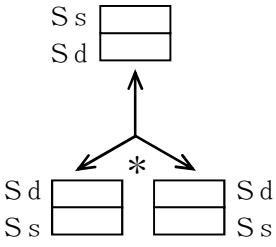
[注] 太破線範囲の管クラス : DB2

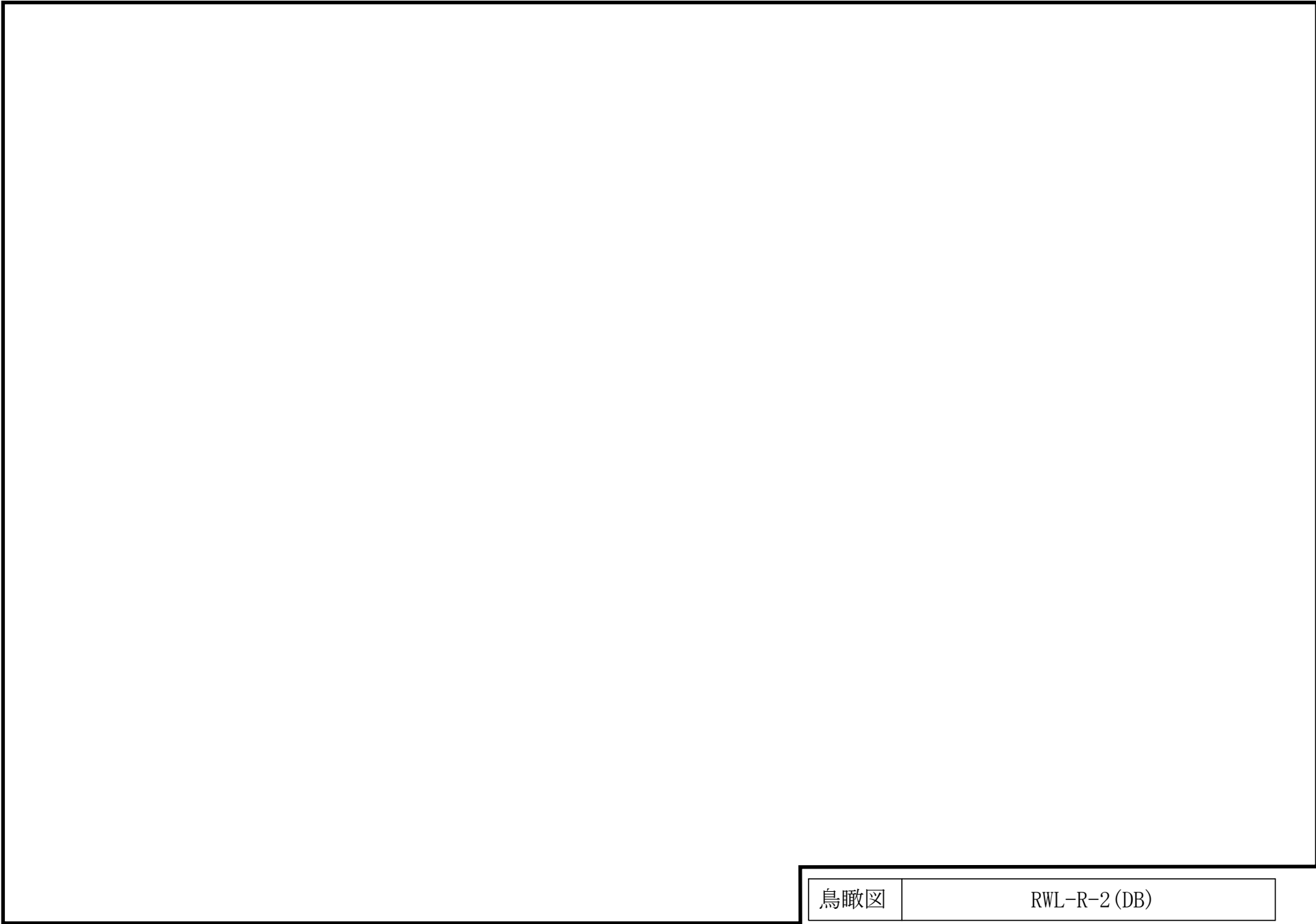
ドレン移送系概略系統図



2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

記号	内容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (重大事故等対処設備の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(SA)」, 設計基準対象施設の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(DB)」とする。)
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本システムの管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管, 又は工事計画記載範囲の管のうち本システムの管であって計算書作成対象範囲外の管及び他システムの管であって解析モデルの概略を示すために表記する管
	質点
	アンカ
	レストレイント
	レストレイント (斜め拘束の場合)
	スナップ
	スナップ (斜め拘束の場合)
	ハンガ
	リジットハンガ
	拘束点の地震による相対変位量(mm) (*は評価点番号, 矢印は拘束方向を示す。また, <span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px; vertical-align: middle;"></span> 内に変位量を記載する。なお, S s 機能維持の範囲は S s 地震動による変位量のみを記載する。)  注: 鳥瞰図中の寸法の単位はmmである。



鳥瞰図	RWL-R-2 (DB)
-----	--------------

### 3. 計算条件

#### 3.1 計算方法

管の構造強度評価は、基本方針に記載の評価方法に基づき行う。解析コードは「H I S A P」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。

## 3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設分類 <sup>*1</sup>	設備分類	機器等の区分	耐震重要度分類	荷重の組合せ <sup>*2, *3</sup>	許容応力状態
放射性廃棄物の廃棄施設	液体廃棄物処理系	ドレン移送系	DB	—	クラス2管	S	I <sub>L</sub> + S <sub>d</sub>	III <sub>A</sub> S
							II <sub>L</sub> + S <sub>d</sub>	
							I <sub>L</sub> + S <sub>s</sub>	IV <sub>A</sub> S
							II <sub>L</sub> + S <sub>s</sub>	

注記\*1：DBは設計基準対象施設を示す。

\*2：運転状態の添字Lは荷重を示す。

\*3：許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

### 3.3 設計条件

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

鳥 瞰 図 RWL-R-2

管番号	対応する評価点	許容応力状態	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)
1	4～13	Ⅲ <sub>A</sub> S	0.98	171
		Ⅳ <sub>A</sub> S	0.98	171
		V <sub>A</sub> S	—	—

設計条件

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

鳥 瞰 図 RWL-R-2

管番号	対応する評価点	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度 分類	縦弾性係数 (MPa)
1	4～13	76.3	5.2	STPT42	S	200720

弁部の質量

鳥 瞰 図 RWL-R-2

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
<input type="checkbox"/>	13, 18	<input type="checkbox"/>	14
<input type="checkbox"/>	15	<input type="checkbox"/>	17

弁部の寸法

鳥 瞰 図 RWL-R-2

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
13~14				14~15			
15~16				16~17			
14~18							



支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 RWL-R-2

支持点番号	各軸方向ばね定数 (N/mm)			各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad)		
	X方向	Y方向	Z方向	X方向	Y方向	Z方向
1N						
** 1N **						
** 1N **						
900						
** 900 **						
12						
** 16 **						

S2 補 VI-2-7-2-1-1 R1

### 3.4 材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

材 料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)			
		S m	S y	S u	S
STPT42	171	—	211	404	—

### 3.5 設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答スペクトル及び等価繰返し回数を下表に示す。

なお、設計用床応答スペクトルは、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定したものをを用いる。減衰定数は、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。等価繰返し回数は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定したものをを用いる。

鳥瞰図	建物・構築物	標高 (m)	減衰定数 (%)	等価繰返し回数	
				S <sub>d</sub>	S <sub>s</sub>
RWL-R-2	原子炉建物	EL			

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 RWL-R-2

適用する地震動等		弾性設計用地震動 S d 及び静的震度			基準地震動 S s		
モード*1	固有 周期 (s)	応答水平震度*2		応答鉛直 震度*2	応答水平震度*3		応答鉛直 震度*3
		X方向	Z方向	Y方向	X方向	Z方向	Y方向
1次							
2次							
動的震度*4, *5							
静的震度*6							

注記\*1：固有周期が0.050s以上のモードを示す。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。なお、1次固有周期が0.050s未満である場合は、1次モードのみを示す。

\*2：設計用床応答スペクトルⅡ(弾性設計用地震動 S d)により得られる震度

\*3：設計用床応答スペクトルⅡ(基準地震動 S s)により得られる震度

\*4：設計用震度Ⅱ(弾性設計用地震動 S d)及び設計用震度Ⅱ(基準地震動 S s)

\*5：最大応答加速度を1.2倍した震度

\*6： $3.6 \cdot C_I$ 及び $1.2 \cdot C_v$ より定めた震度

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図 RWL-R-2

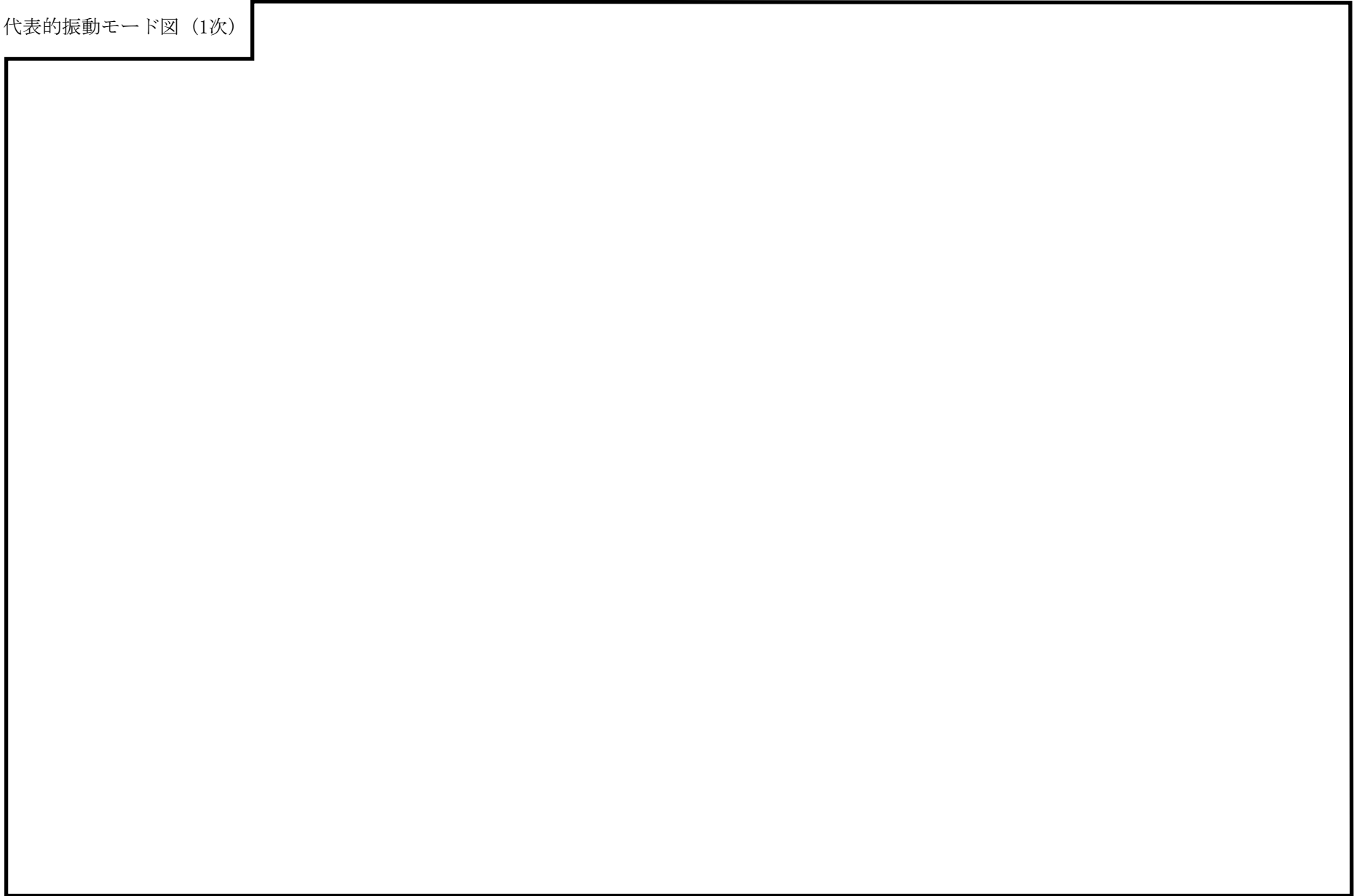
モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X方向	Y方向	Z方向
1次				
2次				

注記\*：モード質量を正規化するモードベクトルを用いる。

## 代表的振動モード図

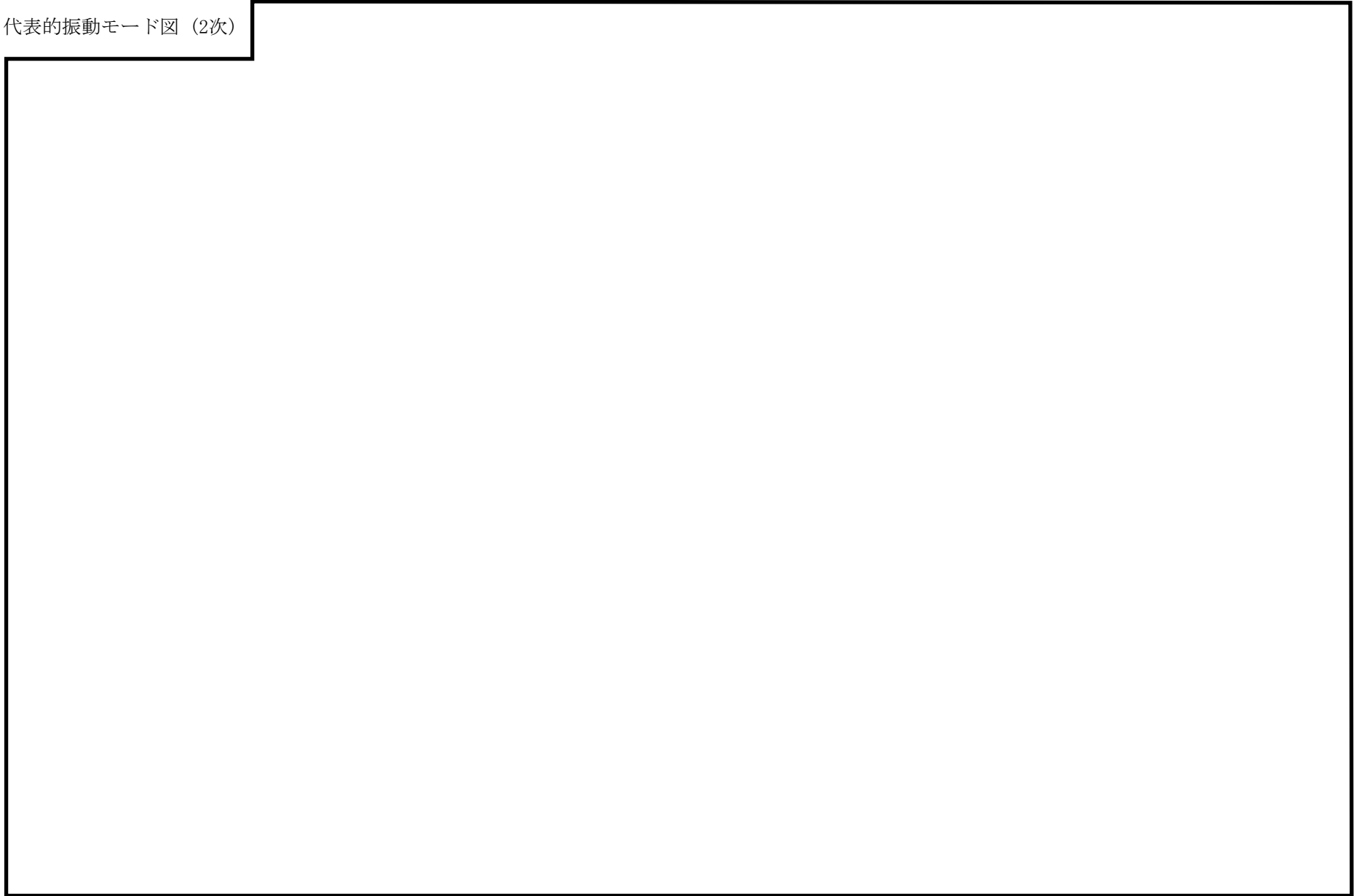
振動モード図は，3次モードまでを代表とし，各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し，次頁以降に示す。

代表的振動モード図 (1次)



18

代表的振動モード図 (2次)





## 4.2 評価結果

## 4.2.1 管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

クラス2以下の管

許容応力 状態	最大応力区分(許容応力)	鳥瞰図 番号	最大応力 評価点	応力評価		疲労評価
				計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	疲労累積係数 U S d U S s
Ⅲ <sub>A</sub> S	一次応力 $S_{p r m}(S_y^*)$	RWL-R-2	900	96	211	—
	一次+二次応力 $S_n(2 \cdot S_y)$	RWL-R-2	900	174	422	—
Ⅳ <sub>A</sub> S	一次応力 $S_{p r m}(0.9 \cdot S_u)$	RWL-R-2	900	171	363	—
	一次+二次応力 $S_n(2 \cdot S_y)$	RWL-R-2	900	340	422	—

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

## 4.2.2 支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果（荷重評価）

支持構造物 番号	種類	型式	材料	温度 (°C)	評価結果		
					計算荷重 (kN)	許容荷重 (kN)	
						一次評価*1	二次評価*2
—	メカニカルスナッパ	—	VI-2-1-12「配 管及び支持構造 物の耐震計算に ついて」参照	—	—	—	—
—	オイルスナッパ	—			—	—	—
RE-RWL-202A	ロッドレストレイント	RTS-06			10.6	10.8	—
—	スプリングハンガ	—			—	—	
—	コンスタントハンガ	—			—	—	
—	リジットハンガ	—			—	—	

注記\*1：あらかじめ設定した設計上の基準値を許容荷重として実施する評価

\*2：計算荷重があらかじめ設定した設計上の基準値を超過した箇所に対して、J E A G 4 6 0 1 に定める許容限界を満足する範囲内で新たに設定した設計上の基準値を許容荷重として実施する評価。なお、一次評価を満足する場合は「—」と記載する。

支持構造物評価結果（応力評価）

支持構造物 番号	種類	型式	材料	温度 (°C)	支持点荷重						評価結果		
					反力 (kN)			モーメント (kN・m)			応力 分類	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)
					F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>			
RE-RWL-205A	レストレイント	Uプレート	SM400B	171	0	10	6	—	—	—	せん断	20	139
—	アンカ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

4.2.3 弁の動的機能維持の評価結果

下表に示すとおり水平及び鉛直方向の機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下又は水平及び鉛直方向を合成した機能維持評価用加速度が動作機能確認済加速度以下かつ計算応力が許容応力以下である。

弁番号	形式	要求機能 <sup>*1</sup>	機能維持評価用加速度 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )			機能確認済加速度 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )		詳細評価 <sup>*2, *3</sup>						
			動作機能確認済加速度 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )		構造強度評価結果 (MPa)									
			水平	鉛直	合成 <sup>*3, *4</sup>	水平	鉛直	水平	鉛直	評価部位	応力分類	計算応力	許容応力	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

注記\*1：弁に要求される機能に応じて以下を記載する。

$\alpha$  (S s)：基準地震動 S s，弾性設計用地震動 S d 時に動的機能が要求されるもの

$\beta$  (S s)：基準地震動 S s，弾性設計用地震動 S d 後に動的機能が要求されるもの

\*2：水平又は鉛直方向の機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を超過する場合は詳細評価を実施し，水平及び鉛直方向を合成した機能維持評価用加速度が動作機能確認済加速度の最小値以下かつ計算応力が許容応力以下であることを確認する。

\*3：詳細評価を実施しない場合は「—」と記載する。

\*4：水平及び鉛直方向の機能維持評価用加速度をベクトル和により合成した値であり，詳細評価を実施する場合に使用する。

## 4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

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

クラス 2 以下の管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態ⅢA S										
		一次応力評価					一次+二次応力評価					
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	疲労累積係数	代表
1	RWL-PD-1	13	32	211	6.59	—	13	75	422	5.62	—	—
2	RWL-PD-2	17	64	211	3.29	—	18	110	422	3.83	—	—
3	RWL-R-1	11	65	211	3.24	—	9	130	422	3.24	—	—
4	RWL-R-2	900	96	211	2.19	○	900	174	422	2.42	—	○

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

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

クラス2以下の管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態IV <sub>A</sub> S										
		一次応力評価					一次+二次応力評価					
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	疲労累積 係数	代表
1	RWL-PD-1	13	42	363	8.64	—	13	141	422	2.99	—	—
2	RWL-PD-2	17	96	363	3.78	—	18	189	422	2.23	—	—
3	RWL-R-1	11	112	363	3.24	—	9	282	422	1.49	—	—
4	RWL-R-2	900	171	363	2.12	○	900	340	422	1.24	—	○

### VI-2-7-3 固体廃棄物処理系の耐震性に関する説明書

## VI-2-7-3-1 サイトバンカ設備の耐震性に関する説明書

VI-2-7-3-1-1 管の耐震性に関する説明書  
(サイトバンカ設備)



## まえがき

本書は、サイトバンカ設備の管の耐震計算について説明するものであり、以下より構成される。

- (1) 基本方針
- (2) 計算書

(1) 基本方針

## 目 次

1. 一般事項	1
1.1 概要	1
1.2 適用規格・基準等	1
2. 耐震支持設計方針	2
2.1 管経路の設計	2
2.2 支持構造物配置の設計	2
2.3 支持構造物構造の設計	3
3. 計算方法	4
3.1 荷重の組合せ	4
3.2 管の耐震計算	4
3.3 支持構造物の耐震計算	5
3.4 計算精度と数値の丸め方	6
4. 計算書の構成	7

## 1. 一般事項

### 1.1 概要

本書は、サイトバンカ設備の管の耐震計算の基本方針について説明するものである。  
なお、計算対象は管及び管に取り付く支持構造物とする。

### 1.2 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. 耐震支持設計方針

管及び管に取り付く支持構造物を含む配管系の設計は、管経路の設計、支持構造物配置の設計、支持構造物構造の設計の手順で実施する。各設計項目における設計方法を以下に示す。

### 2.1 管経路の設計

管経路は建物形状、機器配置や系統設計条件を考慮するとともに、保守点検性の確保を考慮して決定する。この際、管内部にドレン溜りやエアポケットが生じることのないようにする。

なお、次項の支持構造物配置の設計において、管経路の変更が必要であると判断された場合は、管経路の再検討を実施する。

### 2.2 支持構造物配置の設計

支持構造物配置の検討に当たっては、三次元多質点系はりモデルによる解析を実施する。解析においては、原則として、固定点から固定点までを独立した1つのブロックとして配管系をモデル化し、配管系の固有値、並びに自重や地震等により管及び支持点に作用する荷重を算定する。なお、支持構造物の配置は、建物との共振のおそれがない配置となるよう決定する。

支持構造物配置の成立性確認として、以下に示す項目を確認する。

- (1) 配管系の固有値を確認し、配管系が建物との共振のおそれがないことを確認する。
- (2) 解析により算定した管に作用する荷重に基づき計算した管の応力が、許容応力以下となることを確認する。
- (3) 解析により算定した支持点荷重が過大でないことを確認する。
- (4) 建物や他構造物の配置を考慮した上で、解析上の支持点に支持構造物が設置可能であることを確認する。

確認の結果、上述の条件を満たさない場合は、支持構造物配置の再検討を実施する。支持構造物配置の再検討で成立性確認が困難と判断される場合は、必要に応じて管経路の再検討を実施する。

なお、解析は計算機コード「H I S A P」により実施する。また、配管系の解析モデル作成に当たっては、以下を考慮する。

- (1) 配管系は三次元多質点系はりモデルとし、曲げ、せん断、ねじり及び軸力に対する剛性を考慮する。
- (2) 弁等の偏心質量がある場合には、その影響を評価できるモデル化を行う。また、弁の剛性を考慮したモデル化を行う。
- (3) 同一モデルに含める範囲は、原則として固定点から固定点までとする。
- (4) 分岐管がある場合には、その影響を考慮できるモデル化を行う。ただし、母管に対して分岐管の径が十分に小さく、分岐管の振動が母管に与える影響が小さい場合にはこの限りではない。
- (5) 質点は応力が高くなると考えられる点に設定するとともに、代表的な振動モードを十分に

表現できるように、適切な間隔で設ける。

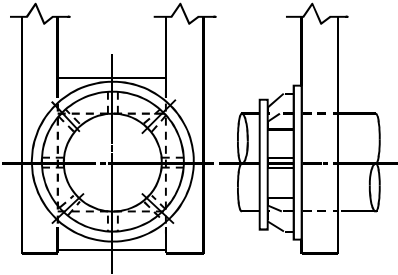
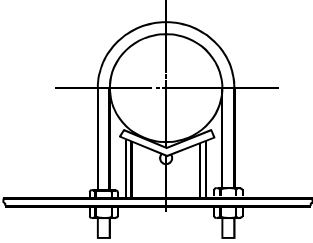
- (6) 配管の支持構造物は、以下の境界条件として扱うことを基本とする。
- a. レストレイント：拘束方向の剛性を考慮する。
  - b. アンカ：6方向の剛性を考慮する。
- (7) 配管系の質量は、配管自体の質量の他に弁等の集中質量、保温材等の付加質量及び管内流体の質量を考慮する。
- (8) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
- (9) 解析においては、以下に示す荷重条件を考慮する。
- a. 内圧
  - b. 機械的荷重（自重その他の長期的荷重）
  - c. 地震荷重（配管系重心レベル上階の静的震度による慣性力）

### 2.3 支持構造物構造の設計

支持構造物は、三次元多質点系はりモデルによる配管系の解析により算定した自重、地震等による支持点荷重が作用した際に生じる応力が、許容応力以下となるよう構造を決定する。また、建物と共振しないように十分な剛性を有する構造とする。

本工事範囲において使用する支持構造物の種類、機能及び用途を表 2-1 に示す。

表 2-1 支持構造物の種類、機能及び用途

種類	概略図	機能	用途
アンカ		変位及び回転を完全に拘束する。	配管系の解析における解析モデルの境界点として固定点を設ける際に使用する。
レストレイント		一定方向の変位を拘束する。	管に作用する慣性力により生じる応力の低減を目的として、変位を拘束する際に使用する。

### 3. 計算方法

#### 3.1 荷重の組合せ

耐震計算において考慮する荷重の組合せを表 3-1 に示す。

表 3-1 荷重の組合せ

設備	管クラス	耐震重要度分類	荷重の組合せ	許容応力状態
サイトバンカ設備	クラス 3 管	B	$D + P_d + M_d + S_B$	BAS

注：本表に使用する記号について、Dは死荷重、 $P_d$ は当該設備に設計上定められた最高使用圧力による荷重、 $M_d$ は当該設備に設計上定められた機械的荷重、 $S_B$ はBクラスの設備に適用される静的地震力、BASはBクラス設備の地震時の許容応力状態を示す。

#### 3.2 管の耐震計算

許容応力状態BASにおける一次応力が許容応力以下であることを確認する。

計算式を以下に示す。また、計算式の記号説明を表 3-2 に示す。

$$S_{p r m} = P \cdot D_o / 4 \cdot t + 0.75 \cdot i_1 \cdot (M_a + M_b) / Z \leq S_y^*$$

注記\*：オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については、 $S_y$ と $1.2 \cdot S$ のうち大きい方の値とする。

表 3-2 計算式の記号説明（管の耐震計算）

記号	単位	定義
$D_o$	mm	管の外径
$i_1$	—	応力係数で設計・建設規格 PPC-3810 に規定する値又は 1.33 のいずれか大きい方の値
$M_a$	N・mm	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
$M_b$	N・mm	管の機械的荷重（地震を含めた短期的荷重）により生じるモーメント
P	MPa	地震と組合せるべき運転状態における圧力
S	MPa	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 5 に規定する材料の最高使用温度における許容引張応力
$S_{p r m}$	MPa	一次応力
$S_y$	MPa	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に規定する材料の設計降伏点
t	mm	管の厚さ
Z	mm <sup>3</sup>	管の断面係数

### 3.3 支持構造物の耐震計算

許容応力状態BASにおける一次応力が許容応力以下であることを確認する。  
計算式を以下に示す。また、計算式の記号説明を表3-3に示す。

#### (1) 部材

##### a. 引張応力

$$\sigma_t = F_t / A \leq 1.5 \cdot f_t$$

##### b. せん断応力

###### (a) 管軸直角方向 (Y方向, Z方向)

$$\tau_y = F_y / A_y \leq 1.5 \cdot f_s, \quad \tau_z = F_z / A_z \leq 1.5 \cdot f_s$$

###### (b) ねじり

$$\tau_p = M_p / Z_p \leq 1.5 \cdot f_s$$

##### c. 圧縮応力

$$\sigma_c = F_c / A \leq 1.5 \cdot f_c$$

##### d. 曲げ応力 (管軸直角方向 (Y方向, Z方向))

$$\sigma_{by} = M_y / Z_y \leq 1.5 \cdot f_b, \quad \sigma_{bz} = M_z / Z_z \leq 1.5 \cdot f_b$$

##### e. 組合せ応力

$$\sqrt{(\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2)} \leq 1.5 \cdot f_t, \quad \sigma = \sigma_t + \sigma_{by} + \sigma_{bz}, \quad \tau = \sqrt{(\tau_y^2 + \tau_z^2)} + \tau_p$$

#### (2) 溶接部

##### a. 引張応力

$$\sigma_t = F_t / A_w \leq 1.5 \cdot f_s$$

##### b. せん断応力

###### (a) 管軸直角方向 (Y方向, Z方向)

$$\tau_y = F_y / A_{yw} \leq 1.5 \cdot f_s, \quad \tau_z = F_z / A_{zw} \leq 1.5 \cdot f_s$$

###### (b) ねじり

$$\tau_p = M_p / Z_{pw} \leq 1.5 \cdot f_s$$

##### c. 曲げ応力 (管軸直角方向 (Y方向, Z方向))

$$\sigma_{by} = M_y / Z_{yw} \leq 1.5 \cdot f_s, \quad \sigma_{bz} = M_z / Z_{zw} \leq 1.5 \cdot f_s$$

##### d. 組合せ応力

$$\sqrt{(\sigma^2 + \tau^2)} \leq 1.5 \cdot f_s, \quad \sigma = \sigma_t + \sigma_{by} + \sigma_{bz}, \quad \tau = \sqrt{(\tau_y^2 + \tau_z^2)} + \tau_p$$



表 3-3 計算式の記号説明（支持構造物の耐震計算）

記号	単位	定義
$A$	$\text{mm}^2$	部材の断面積
$A_w$	$\text{mm}^2$	溶接部の断面積
$A_y, A_z$	$\text{mm}^2$	部材の有効せん断面積（Y方向，Z方向）
$A_{yw}, A_{zw}$	$\text{mm}^2$	溶接部の有効せん断面積（Y方向，Z方向）
$F_c$	N	圧縮荷重
$F_t$	N	引張荷重
$F_y, F_z$	N	せん断荷重（Y方向，Z方向）
$f_b$	MPa	許容曲げ応力
$f_c$	MPa	許容圧縮応力
$f_s$	MPa	許容せん断応力
$f_t$	MPa	許容引張応力
$M_p$	$\text{N}\cdot\text{mm}$	ねじりモーメント
$M_y, M_z$	$\text{N}\cdot\text{mm}$	曲げモーメント（Y方向，Z方向）
$Z_p$	$\text{mm}^3$	部材の極断面係数
$Z_{pw}$	$\text{mm}^3$	溶接部の極断面係数
$Z_y, Z_z$	$\text{mm}^3$	部材の断面係数（Y方向，Z方向）
$Z_{yw}, Z_{zw}$	$\text{mm}^3$	溶接部の断面係数（Y方向，Z方向）
$\sigma$	MPa	組合せ応力（引張方向）
$\sigma_{by}, \sigma_{bz}$	MPa	曲げ応力（Y方向，Z方向）
$\sigma_c$	MPa	圧縮応力
$\sigma_t$	MPa	引張応力
$\tau$	MPa	組合せ応力（せん断方向）
$\tau_p, \tau_y, \tau_z$	MPa	せん断応力（ねじり，Y方向，Z方向）

## 3.4 計算精度と数値の丸め方

計算精度は6桁以上を確保する。表示する数値の丸め方は表3-4に示すとおりとする。

表 3-4 表示する数値の丸め方

項目	数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
鳥瞰図	寸法	mm	小数点第1位	四捨五入	整数位
評価結果	計算応力	MPa	小数点第1位	切上げ	整数位
	許容応力*	MPa	小数点第1位	切捨て	整数位
	支持点荷重	kN, kN·m	小数点第1位	切上げ	整数位

注記\*：設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 5 及び表 8 に記載された温度の中間における許容応力は、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。

#### 4. 計算書の構成

サイトバンカ設備の管は、安全重要度クラスⅢのBクラスに属することから、以下に示す構成で計算書を作成するものとする。

##### (1) 概要

本基本方針に基づき、管及び支持構造物の耐震計算を実施した結果を示す旨を記載する。

##### (2) 概略系統図及び鳥瞰図

###### a. 概略系統図

工事計画記載範囲の系統の概略を示した図面を添付する。

###### b. 鳥瞰図

工事計画記載範囲の管のうち、最大応力評価点の許容応力／計算応力（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として解析モデル図を添付する。

##### (3) 評価結果

###### a. 固有周期及び設計震度

工事計画記載範囲の管のうち、裕度が最小となる解析モデルにおける固有周期及び設計震度を記載する。

###### b. 管の応力評価結果

工事計画記載範囲の管のうち、裕度が最小となる解析モデルにおける最大応力評価点の評価結果を記載する。

###### c. 支持構造物の応力評価結果

工事計画記載範囲の支持点のうち、支持点荷重が最大となる支持点を代表として、裕度が最小となる応力分類の評価結果を記載する。

(2) 計算書

## 目 次

1. 概要 .....	1
2. 概略系統図及び鳥瞰図 .....	2
2.1 概略系統図 .....	2
2.2 鳥瞰図 .....	4
3. 評価結果 .....	12
3.1 固有周期及び設計震度 .....	12
3.2 管の応力評価結果 .....	13
3.3 支持構造物の応力評価結果 .....	14

## 1. 概要

本書は、(1) 基本方針に基づき、管及び支持構造物の耐震計算を実施した結果を示したものである。

評価結果記載方法は以下に示すとおりとする。

### (1) 管

工事計画記載範囲の管のうち、最大応力評価点の許容応力／計算応力（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図及び最大応力評価点の評価結果を記載する。



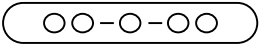


### (2) 支持構造物

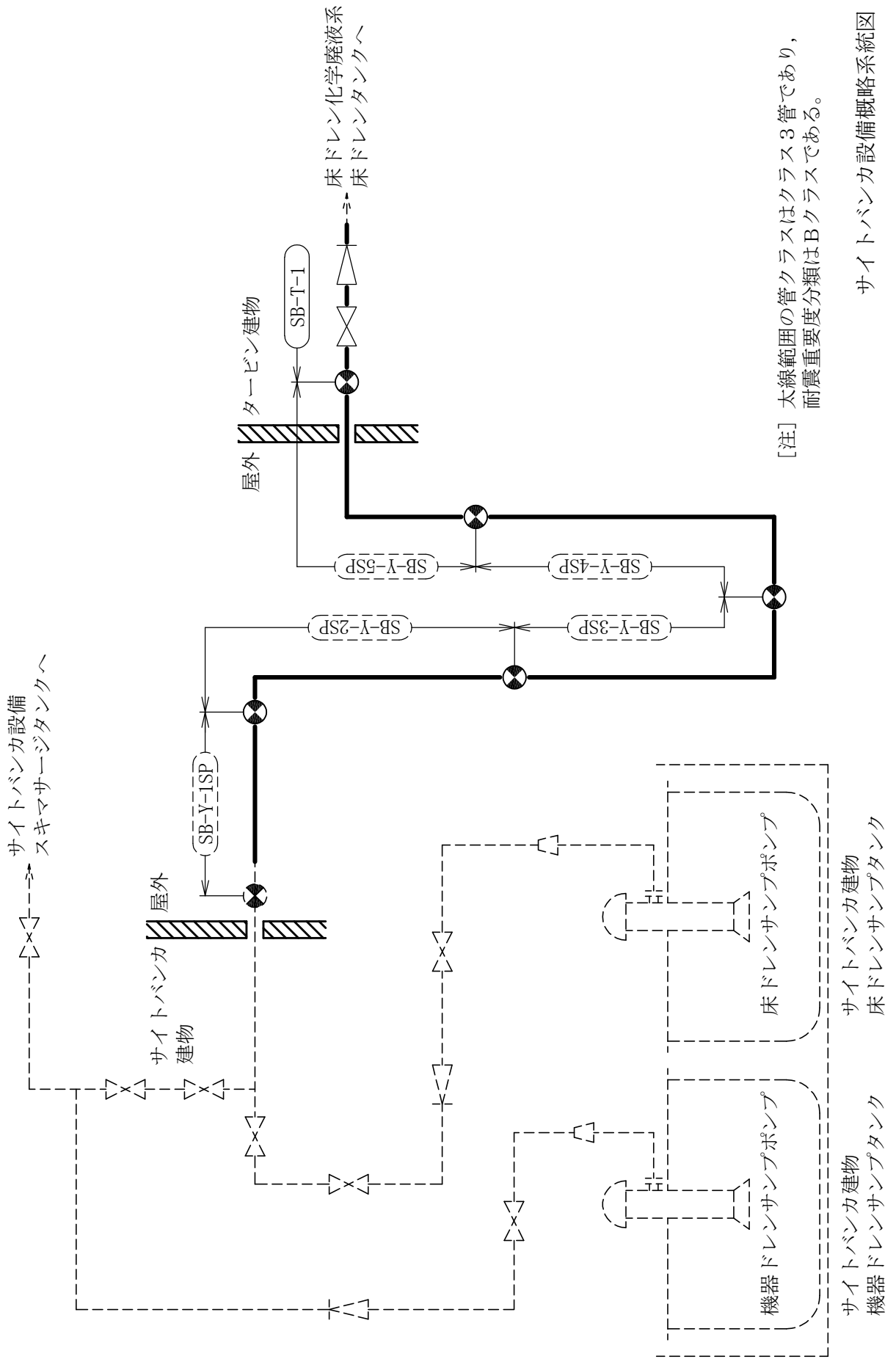
工事計画記載範囲の支持点のうち、支持点荷重が最大となる支持点を代表として、裕度が最小となる応力分類の評価結果を記載する。

## 2. 概略系統図及び鳥瞰図

### 2.1 概略系統図





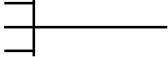
概略系統図記号凡例

記 号	内 容
 (太線)	工事計画記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管であって系統の概略を示すために表記する管
 (太線)	鳥瞰図番号 (代表モデル)
 (破線)	鳥瞰図番号 (代表モデル以外)
	アンカ



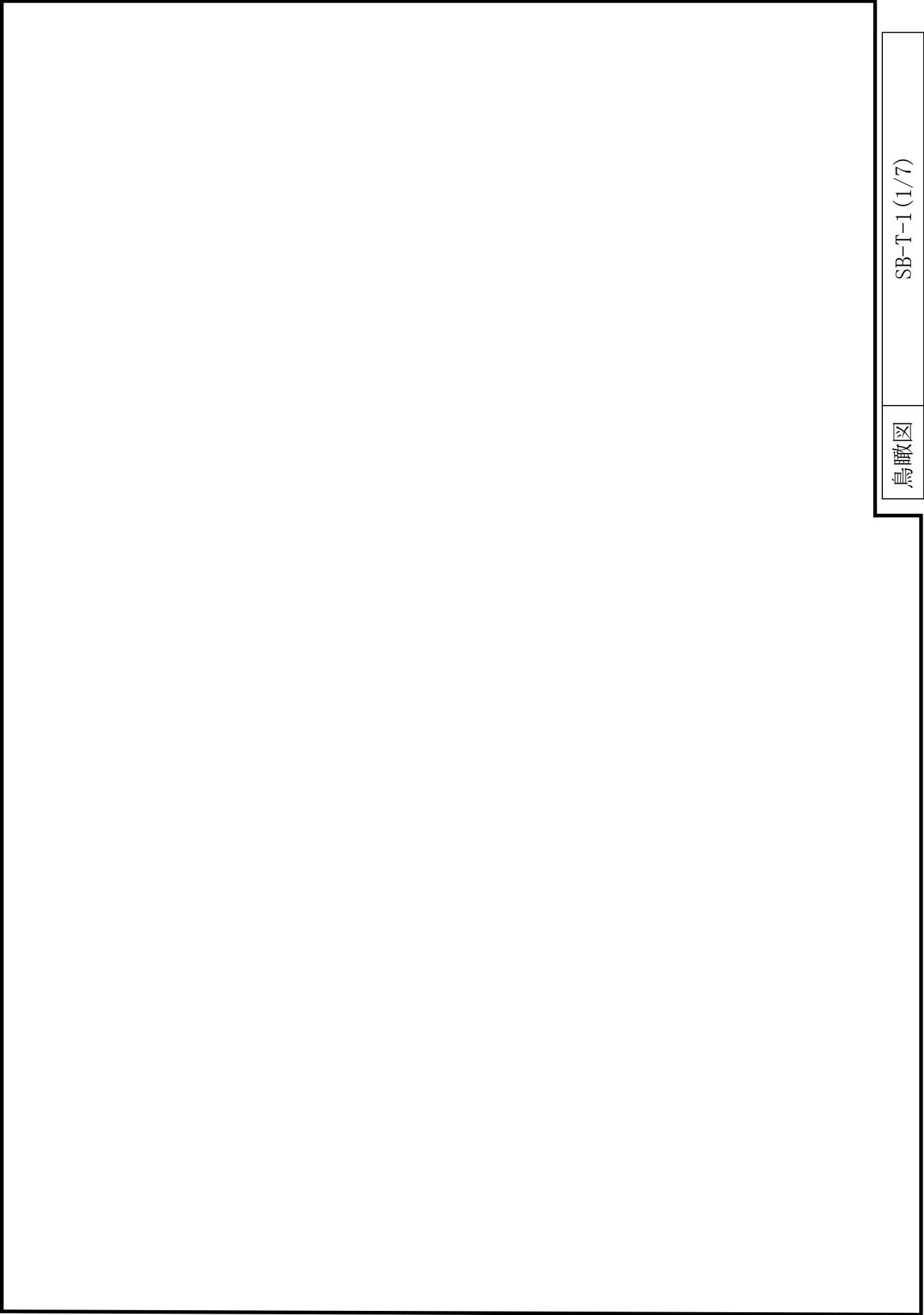
## 2.2 鳥瞰図

### 鳥瞰図記号凡例

記号	内容
 (太線)	工事計画記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管であって解析モデルの概略を示すために表記する管
	質点
	アンカ
	レストレイント (本図は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。)  注：鳥瞰図中の寸法の単位はmmである。



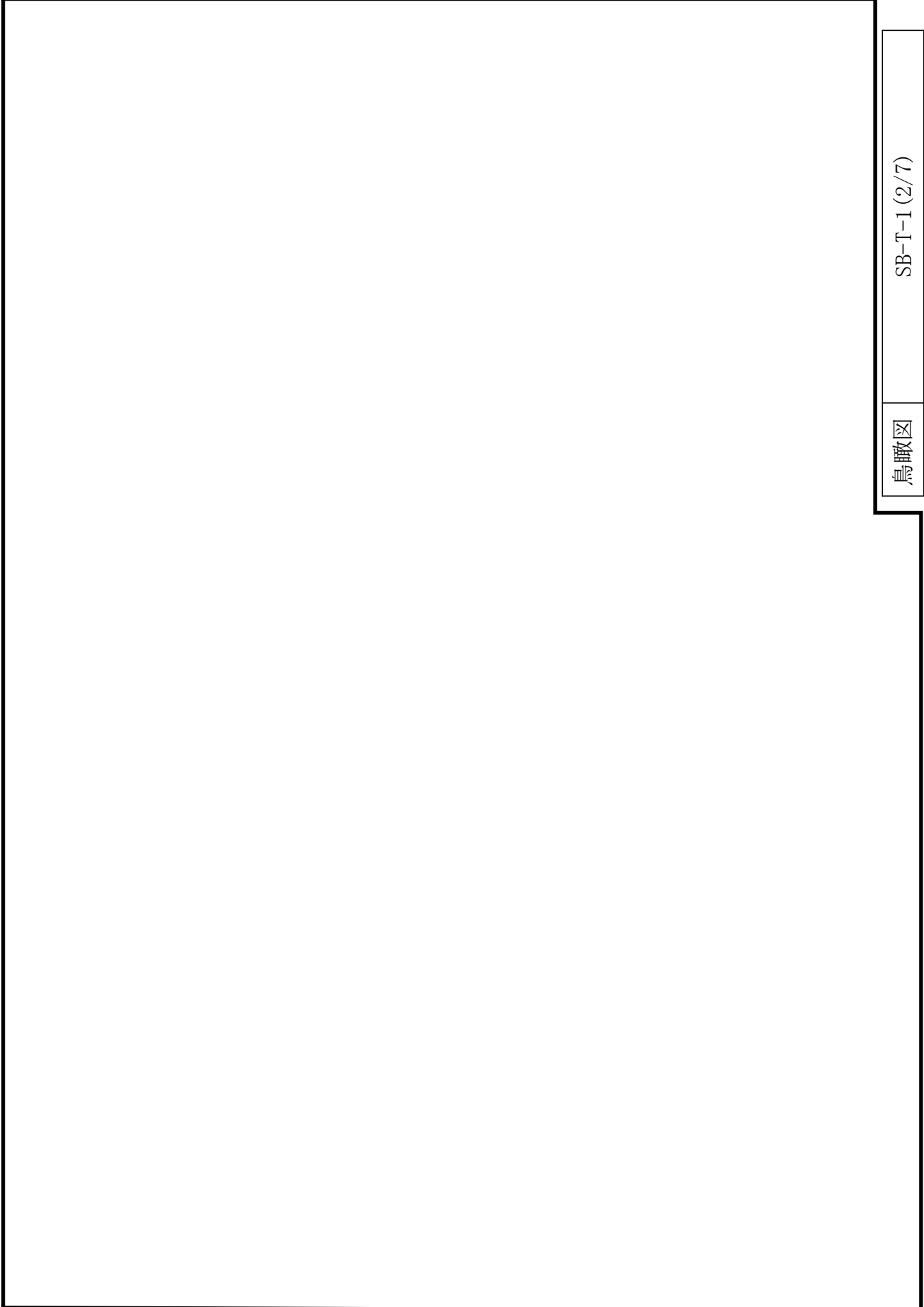
S2 補 VI-2-7-3-1-1 (2) R1



鳥瞰図

SB-T-1 (1/7)

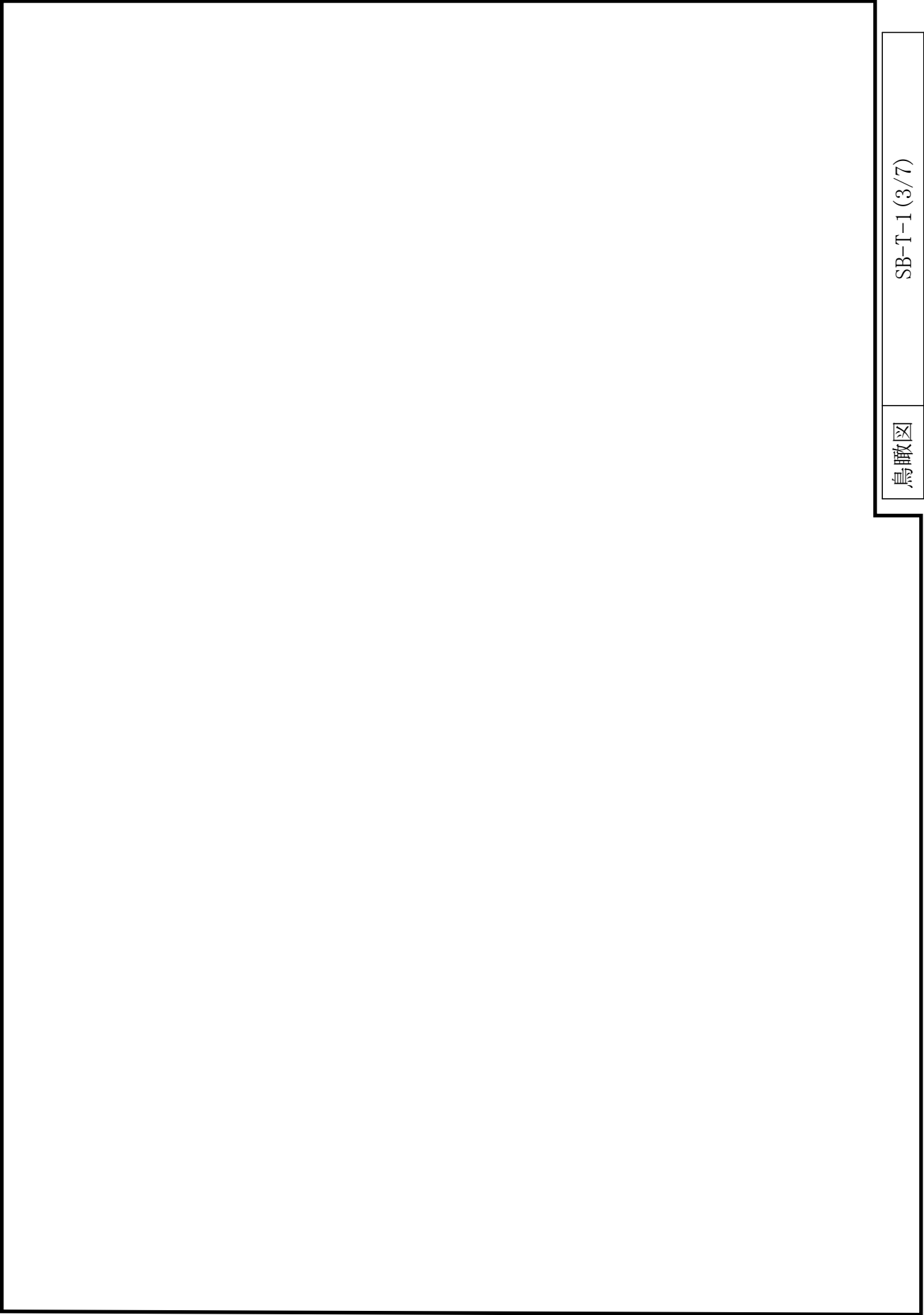
S2 補 VI-2-7-3-1-1 (2) R1



鳥瞰図

SB-T-1 (2/7)

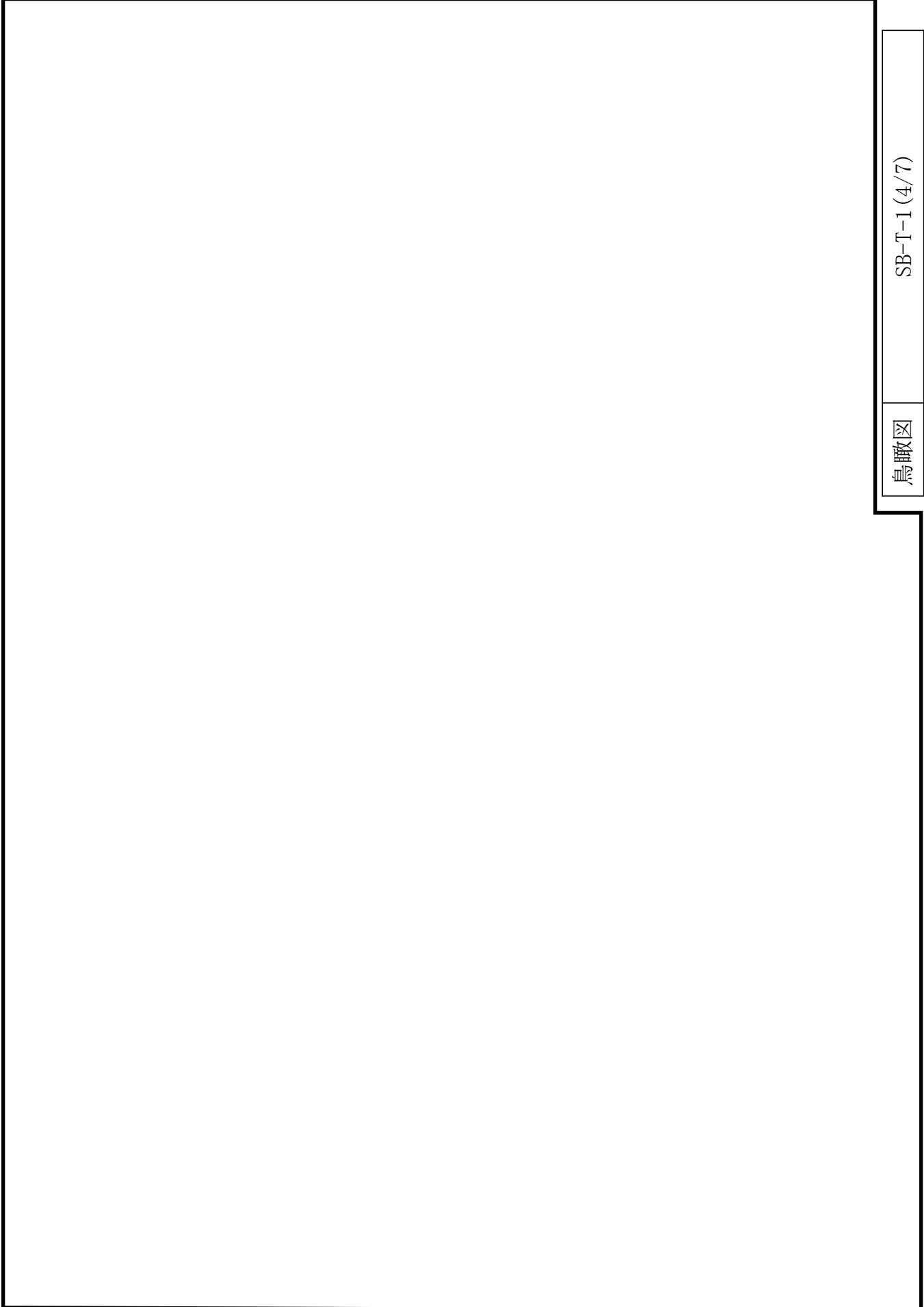
S2 補 VI-2-7-3-1-1 (2) R1



鳥瞰図

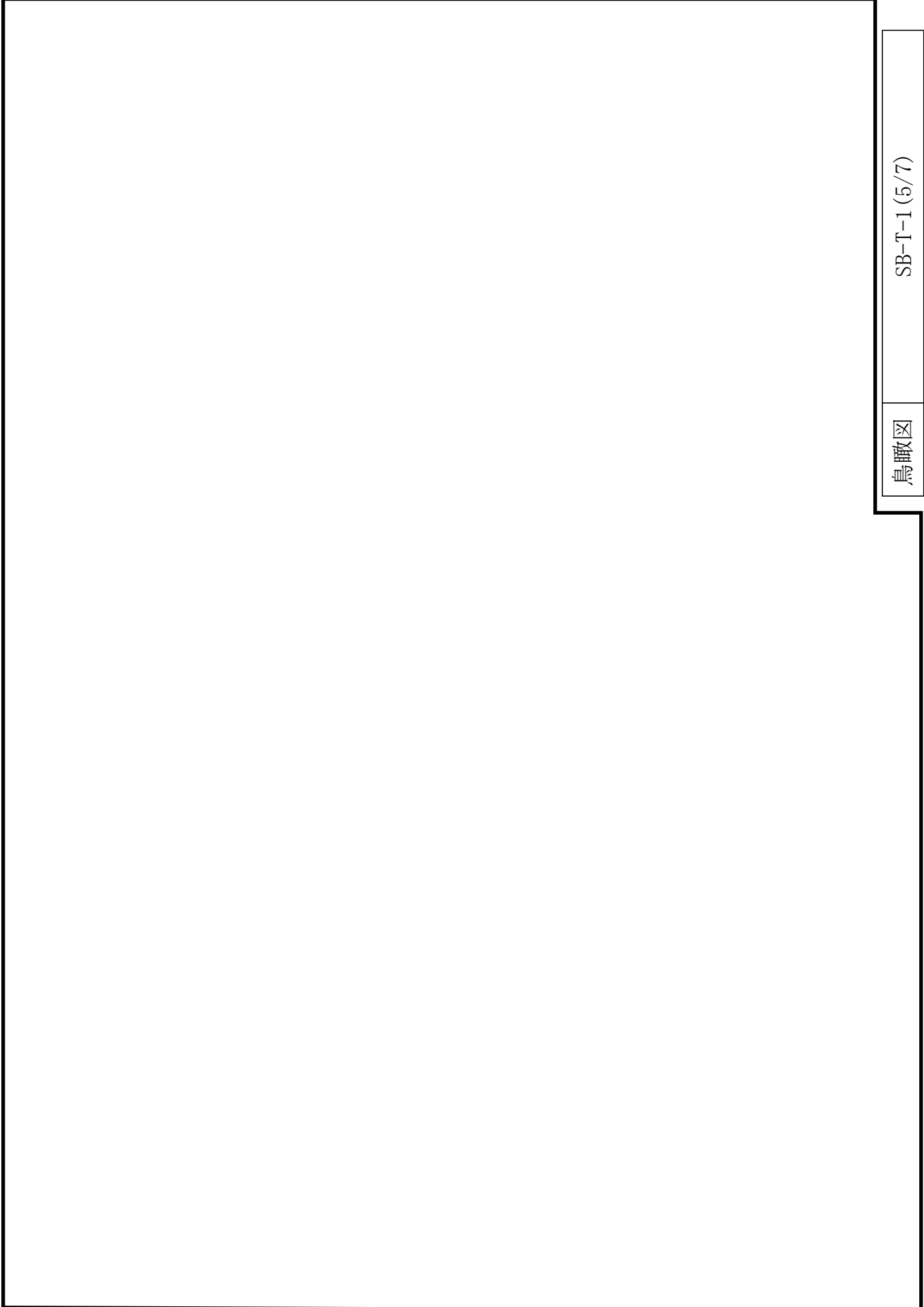
SB-T-1 (3/7)

S2 補 VI-2-7-3-1-1 (2) R1



鳥瞰図

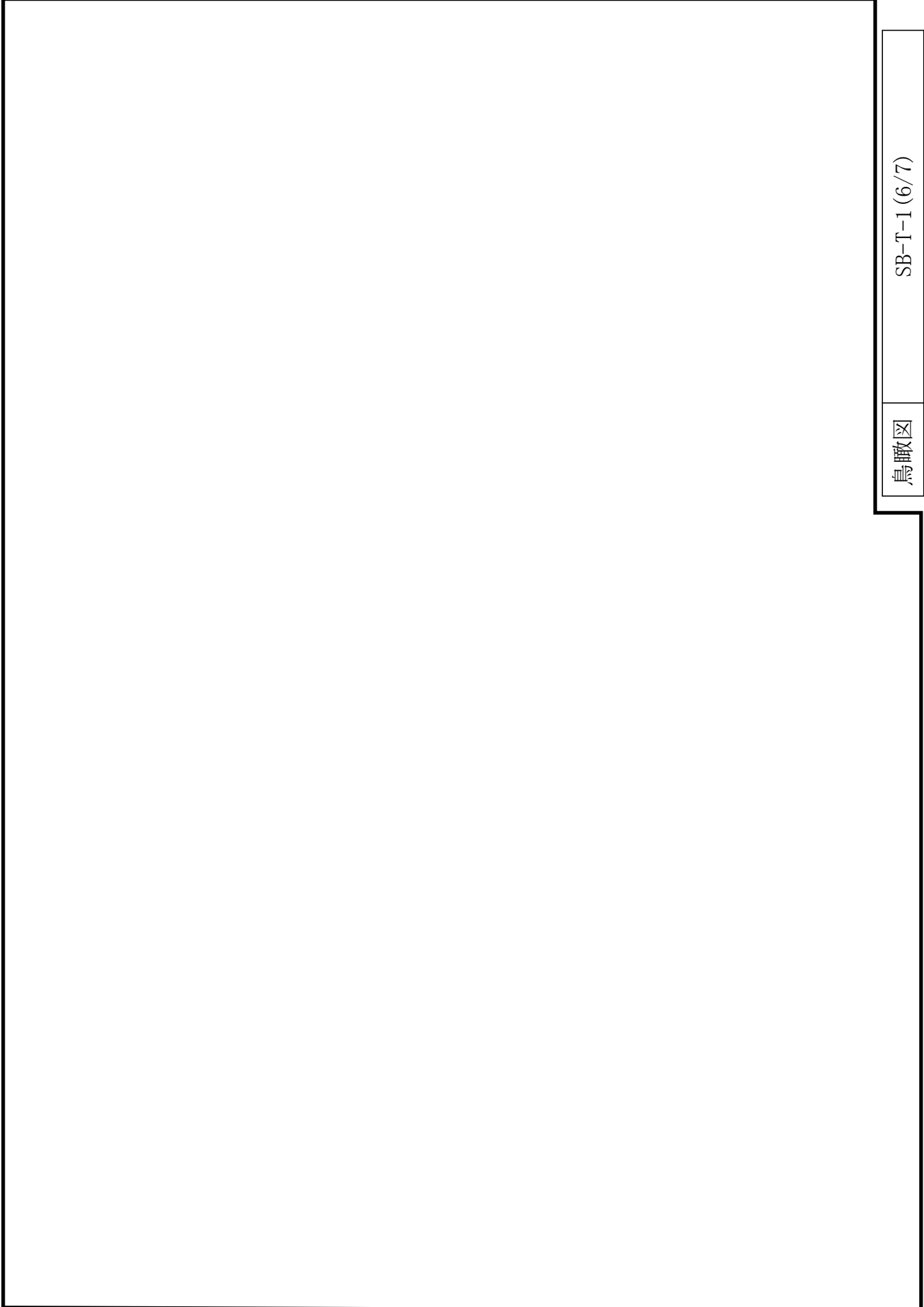
SB-T-1 (4/7)



鳥瞰図

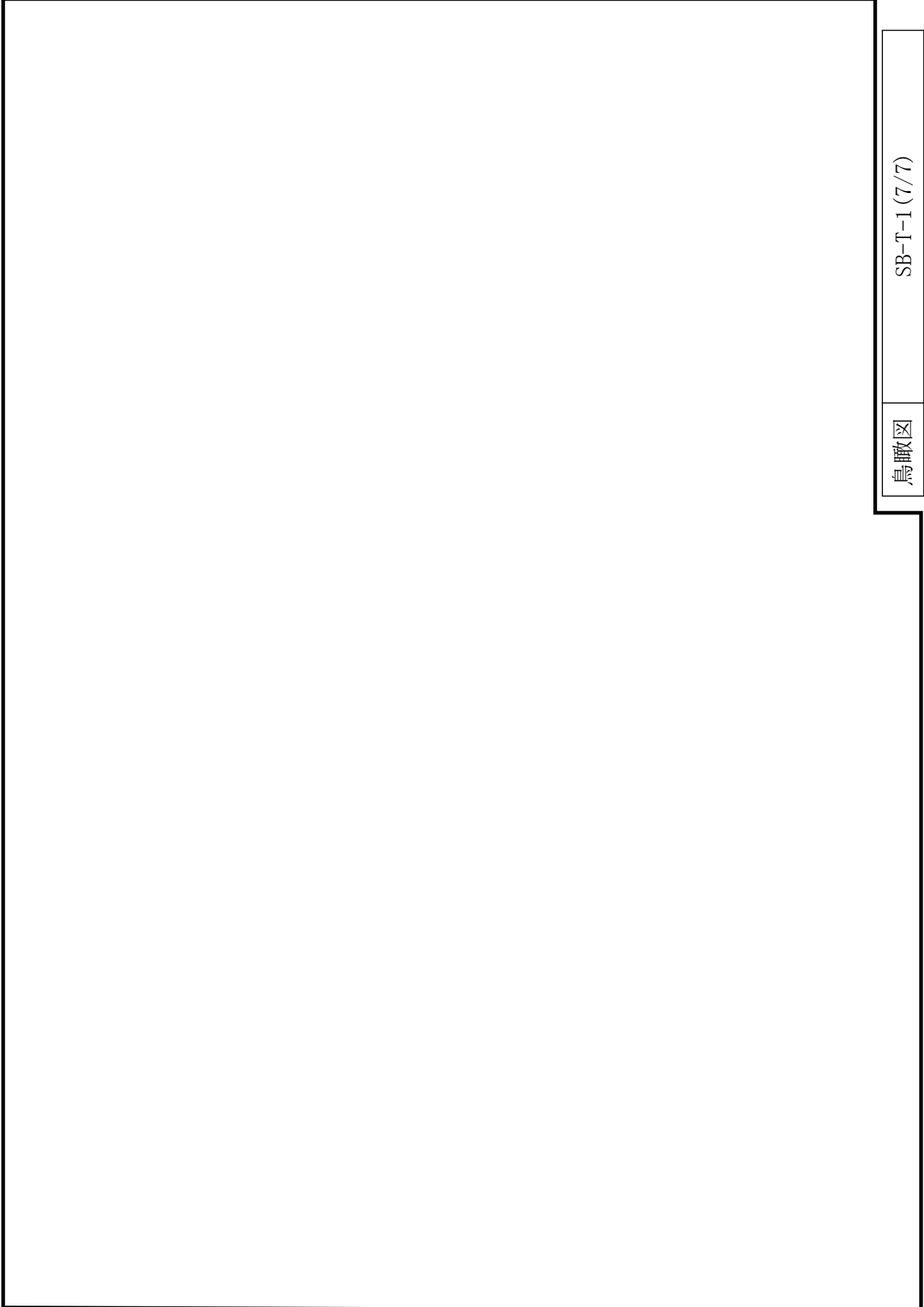
SB-T-1 (5/7)

S2 補 VI-2-7-3-1-1 (2) R1



鳥瞰図

SB-T-1 (6/7)



鳥瞰図

SB-T-1 (7/7)

## 3. 評価結果

## 3.1 固有周期及び設計震度

鳥瞰図	耐震重要度分類	建物・構築物	標高 (m)	1次固有周期 (s)	静的震度	
					X方向 (NS方向)	Z方向 (EW方向)
SB-T-1	B	タービン建物	EL 5.500	0.045	0.29	0.29



### 3.2 管の応力評価結果

下表に示すごとく最大応力は許容応力以下である。

クラス3管

鳥瞰図	許容応力 状態	最大応力 評価点	一次応力評価 (MPa)	
			計算応力 S <sub>prm</sub>	許容応力 S <sub>y</sub> *
SB-T-1	B A S	153	24	234

注記\* : オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については、S<sub>y</sub>と1.2・Sのうち大きい方の値とする。

3.3 支持構造物の応力評価結果

下表に示すごとく計算応力は許容応力以下である。

支持構造物 番号	種類	型式	材料	温度 (°C)	支持点荷重						評価結果		
					反力 (kN)			モーメント (kN・m)			応力 分類	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
					F x	F y	F z	M x	M y	M z			
					1	1	1	1	1	1	組合せ	113	124
AN-SB-26619	アンカ	ラゲ	SGV410	60	1	1	1	1	1	1	組合せ	113	124

## 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-2-8-1 放射線管理施設の耐震計算結果

## 目 次

1. 概要 .....	1
2. 耐震評価条件整理 .....	1

## 1. 概要

本資料は、放射線管理施設の耐震計算の手法及び条件の整理について説明するものである。

## 2. 耐震評価条件整理

放射線管理施設に対して、設計基準対象施設の耐震重要度分類、重大事故等対処設備の設備分類を整理した。既設の設計基準対象施設については、耐震評価における手法及び条件について、既に認可を受けた実績との差異の有無を整理した。また、重大事故等対処設備のうち、設計基準対象施設であるものについては、重大事故等対処設備の評価条件と設計基準対象施設の評価条件の差異の有無を整理した。結果を表 2-1 に示す。

放射線管理施設の耐震計算は表 2-1 に示す計算書に記載する。



表 2-1 耐震評価条件整理一覧表 (1/3)

評価対象設備		設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
		耐震重要度分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所	
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	無	VI-2-8-2-1	—	—	—
		格納容器雰囲気放射線モニタ (ドライウエル)	S	無	VI-2-8-2-2	常設耐震/防止 常設/緩和	有	VI-2-8-2-2
		格納容器雰囲気放射線モニタ (サブプレッションチェンバ)	S	無	VI-2-8-2-3	常設耐震/防止 常設/緩和	有	VI-2-8-2-3
		燃料取替階放射線モニタ	S	無	VI-2-8-2-4	—	—	—
		原子炉棟排気高レンジ放射線モニタ	S	無	VI-2-8-2-5	—	—	—
		非常用ガス処理系排ガス高レンジ放射線モニタ	S	無	VI-2-8-2-6	—	—	—
		第1ベントフィルタ出口放射線モニタ (低レンジ)	—	—*2	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	VI-2-8-2-7
		第1ベントフィルタ出口放射線モニタ (高レンジ)	—	—*2	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	VI-2-8-2-8
		燃料プールエリア放射線モニタ (低レンジ) (SA)	—	—*2	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	VI-2-8-2-9
		燃料プールエリア放射線モニタ (高レンジ) (SA)	—	—*2	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	VI-2-8-2-10

表 2-1 耐震評価条件整理一覧表 (2/3)

評価対象設備		設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
		耐震重要度分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所	
放射線管理施設	換気設備 (中央制御室空調換気系)	主配管	—	—*2	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	VI-2-8-3-1-1
		主配管	S	—*2	VI-2-8-3-1-1	常設耐震/防止 常設/緩和	無	VI-2-8-3-1-1
		中央制御室送風機	S	無	VI-2-8-3-1-2	常設耐震/防止 常設/緩和	無	VI-2-8-3-1-2
		中央制御室非常用再循環送風機	S	無	VI-2-8-3-1-3	常設耐震/防止 常設/緩和	無	VI-2-8-3-1-3
		中央制御室非常用再循環処理装置フィルタ	S	無	VI-2-8-3-1-4	常設耐震/防止 常設/緩和	無	VI-2-8-3-1-4
	換気設備 (中央制御室空気供給系)	主配管	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-8-3-2-1

表 2-1 耐震評価条件整理一覧表 (3/3)

評価対象設備		設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
		耐震重要度分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所	
放射線管理施設	換気設備 (緊急時対策所換気空調系)	主配管	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-8-3-3-1
		差圧計	—	—*2	—	常設/その他	—	VI-2-8-3-3-2
	生体遮蔽装置	原子炉二次遮蔽	B	有	VI-2-8-4-1	常設/防止 常設/緩和	無	VI-2-8-4-1
		補助遮蔽	B	有	VI-2-8-4-2	常設/防止 常設/緩和	無	VI-2-8-4-2
		中央制御室遮蔽 (1号機 設備, 1, 2号機共用)	S	有	VI-2-8-4-3	常設耐震/防止 常設/緩和	無	VI-2-8-4-3
		中央制御室待避室遮蔽	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-8-4-4
		緊急時対策所遮蔽	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-8-4-5

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/防止」は常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備, 「常設/緩和」は常設重大事故緩和設備, 「常設/その他」は常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備以外の常設重大事故等対処設備を示す。

\*2: 本工事計画で新規に申請する設備であることから, 差異比較の対象外

## 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。

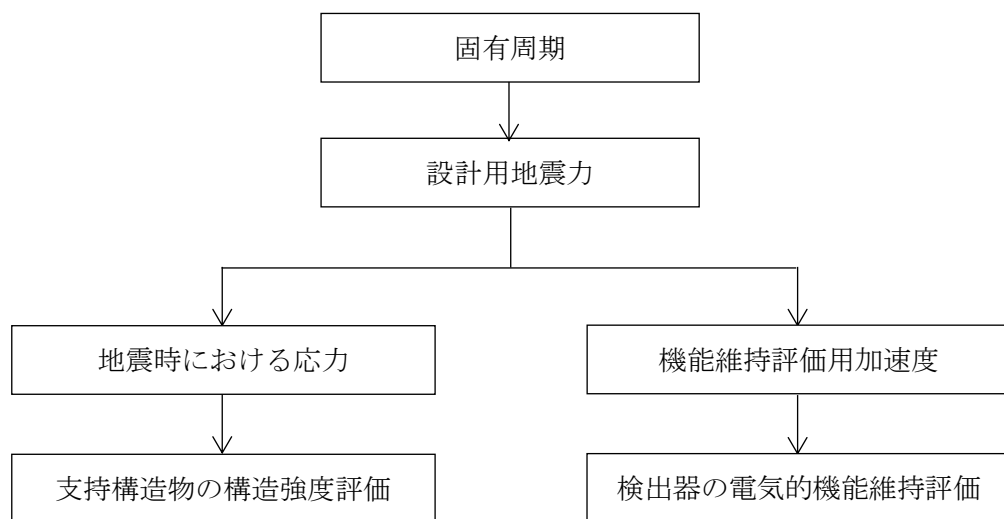


図2-1 主蒸気管放射線モニタの耐震評価フロー

### 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	$\text{mm}^2$
$C_H$	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)	$\text{m/s}^2$
$m$	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
$\pi$	円周率	—
$\sigma_b$	ボルトに生じる引張応力	MPa
$\tau_b$	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 <sup>*1</sup>
面積	mm <sup>2</sup>	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 <sup>*2</sup>
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 <sup>*2</sup>
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力 <sup>*3</sup>	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

ランダム波加振試験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 <sub>A</sub> S
						$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ <sub>A</sub> 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 <sub>A</sub> S
						$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ <sub>A</sub> 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 <sub>A</sub> S
						$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ <sub>A</sub> 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 <sub>A</sub> S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
Ⅳ <sub>A</sub> 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 <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	60	208	389	—

注記\* : SS400 相当

### 5.3 設計用地震力

主蒸気管放射線モニタの設計用地震力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 <sup>*1</sup>	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 <sup>*1</sup>	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 <sup>*1</sup>	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 <sup>*1</sup>	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。

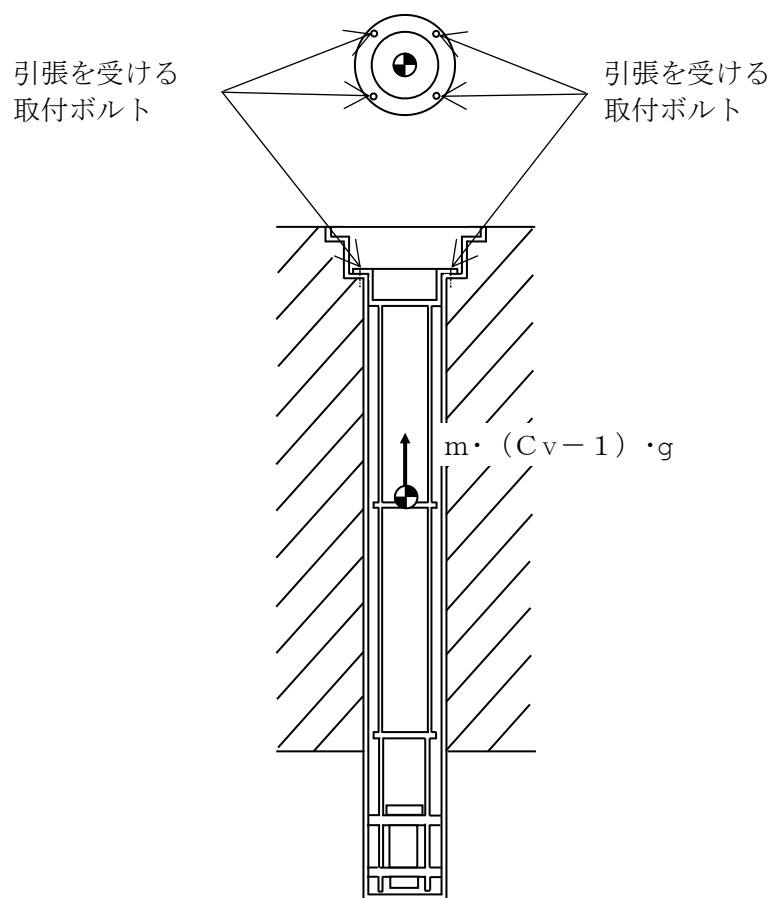


図5-1 計算モデル

## (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

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

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

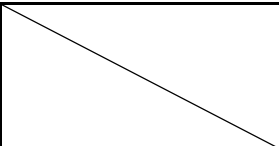
取付ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【主蒸気管放射線モニタ (RE295-13A) の耐震性についての計算結果】、【主蒸気管放射線モニタ (RE295-13B) の耐震性についての計算結果】、【主蒸気管放射線モニタ (RE295-13C) の耐震性についての計算結果】、【主蒸気管放射線モニタ (RE295-13D) の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

## 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  $\sigma_b$  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サインビート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 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		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* <sup>1</sup>	0.05 以下	0.05 以下	C <sub>H</sub> =1.19* <sup>2</sup>	C <sub>V</sub> =1.10* <sup>2</sup>	C <sub>H</sub> =1.73* <sup>3</sup>	C <sub>V</sub> =2.07* <sup>3</sup>	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<sub>d</sub>）又は静的震度

\*3：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）

1.2 機器要目

部材	m (kg)	d (mm)	A <sub>b</sub> (mm <sup>2</sup> )	n	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
取付ボルト		8 (M8)	50.27	4	208 (40mm<径≤100mm)	389 (40mm<径≤100mm)	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 <sub>b</sub>		Q <sub>b</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			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	—	—	—	—

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

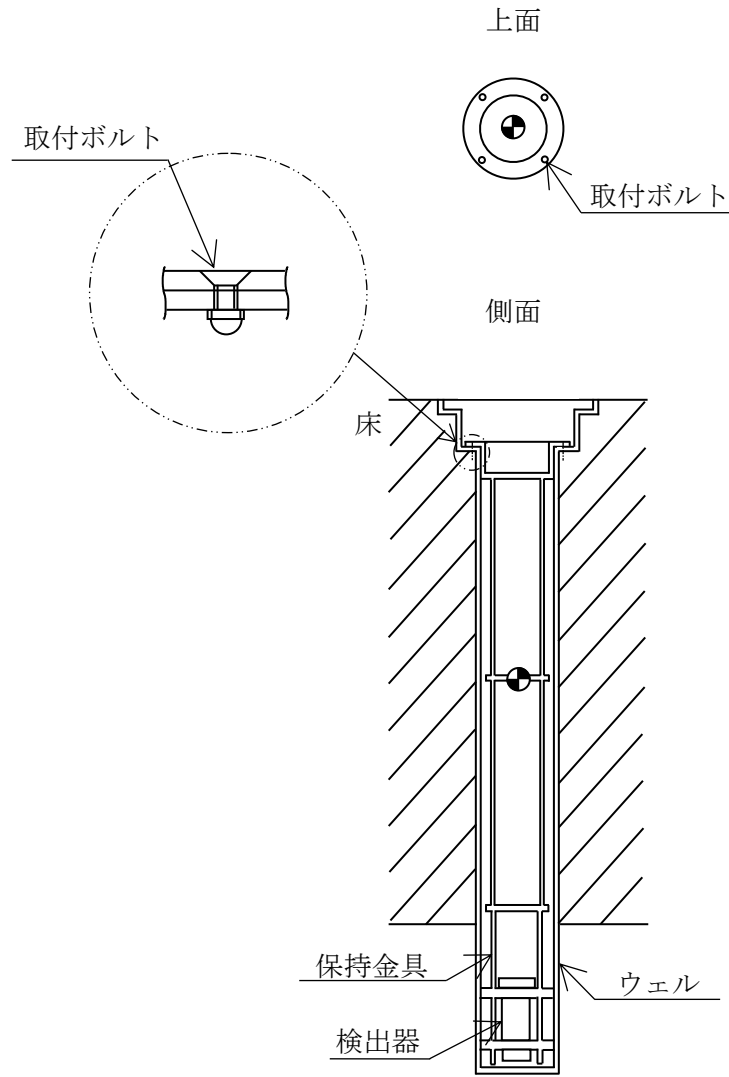
すべて許容応力以下である。

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<sub>s</sub>）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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		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* <sup>1</sup>	0.05 以下	0.05 以下	C <sub>H</sub> =1.19* <sup>2</sup>	C <sub>V</sub> =1.10* <sup>2</sup>	C <sub>H</sub> =1.73* <sup>3</sup>	C <sub>V</sub> =2.07* <sup>3</sup>	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<sub>d</sub>）又は静的震度\*3：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）

## 1.2 機器要目

部材	m (kg)	d (mm)	A <sub>b</sub> (mm <sup>2</sup> )	n	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
取付ボルト		8 (M8)	50.27	4	208 (40mm<径≤100mm)	389 (40mm<径≤100mm)	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 <sub>b</sub>		Q <sub>b</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動S <sub>s</sub>
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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動S <sub>s</sub>	
			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	—	—	—	—

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

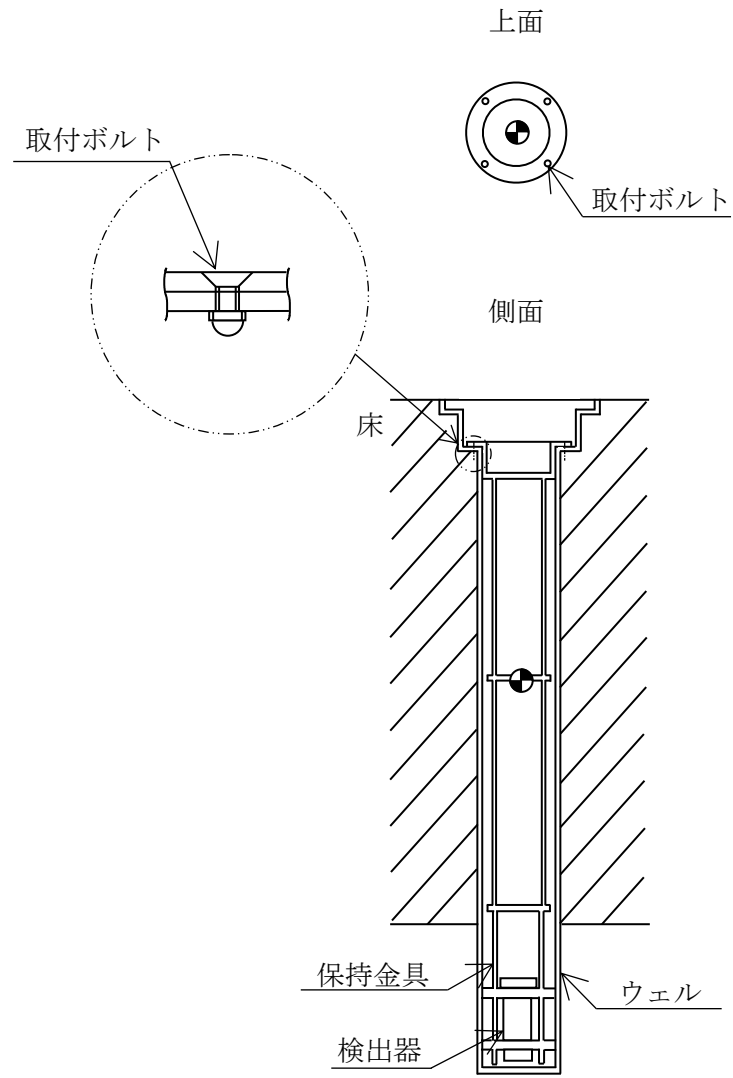
すべて許容応力以下である。

## 1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

(×9.8m/s<sup>2</sup>)

		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<sub>s</sub>）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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		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* <sup>1</sup>	0.05 以下	0.05 以下	C <sub>H</sub> =1.19* <sup>2</sup>	C <sub>V</sub> =1.10* <sup>2</sup>	C <sub>H</sub> =1.73* <sup>3</sup>	C <sub>V</sub> =2.07* <sup>3</sup>	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<sub>d</sub>）又は静的震度\*3：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）

## 1.2 機器要目

部材	m (kg)	d (mm)	A <sub>b</sub> (mm <sup>2</sup> )	n	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
取付ボルト		8 (M8)	50.27	4	208 (40mm<径≤100mm)	389 (40mm<径≤100mm)	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 <sub>b</sub>		Q <sub>b</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			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	—	—	—	—

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

すべて許容応力以下である。

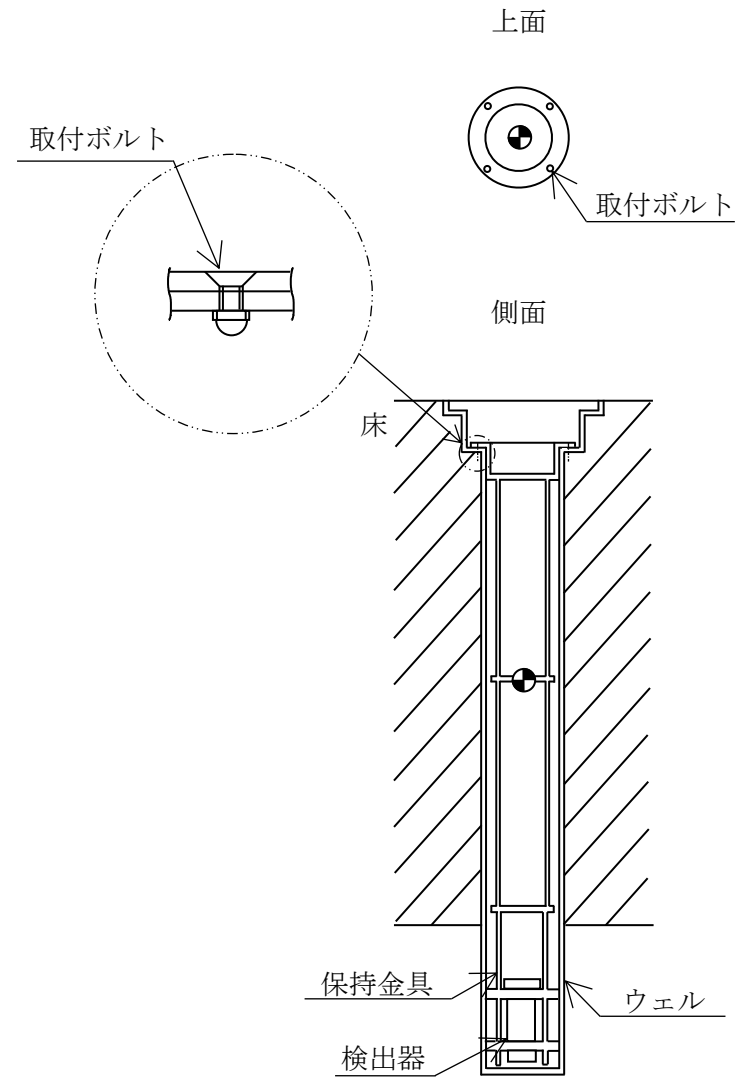
1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		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 (RE295-13C)	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<sub>s</sub>) 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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		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* <sup>1</sup>	0.05 以下	0.05 以下	C <sub>H</sub> =1.19* <sup>2</sup>	C <sub>V</sub> =1.10* <sup>2</sup>	C <sub>H</sub> =1.73* <sup>3</sup>	C <sub>V</sub> =2.07* <sup>3</sup>	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<sub>d</sub>）又は静的震度

\*3：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）

1.2 機器要目

部材	m (kg)	d (mm)	A <sub>b</sub> (mm <sup>2</sup> )	n	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
取付ボルト		8 (M8)	50.27	4	208 (40mm<径≦100mm)	389 (40mm<径≦100mm)	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 <sub>b</sub>		Q <sub>b</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動S <sub>s</sub>
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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動S <sub>s</sub>	
			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	—	—	—	—

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

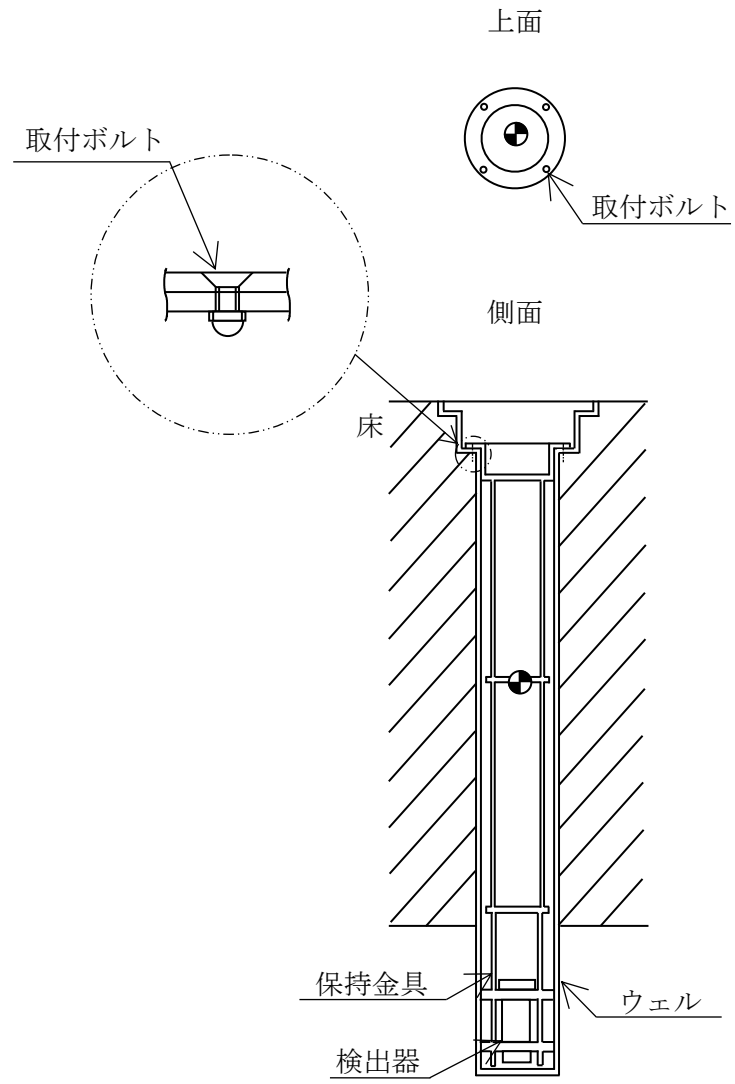
すべて許容応力以下である。

## 1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

(×9.8m/s<sup>2</sup>)

		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<sub>s</sub>）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	<p>(断面図)</p> <p>(正面図)</p> <p>A~A矢視図</p> <p>B~B矢視図</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>機器名称</th> <td>格納容器雰囲気放射線モニタ (ドライウェル) (RE295-25A)</td> <td>格納容器雰囲気放射線モニタ (ドライウェル) (RE295-25B)</td> </tr> </thead> <tbody> <tr> <th>長さ</th> <td>2572</td> <td>3667</td> </tr> <tr> <th>径</th> <td>270</td> <td>270</td> </tr> </tbody> </table> <p>(単位：mm)</p>	機器名称	格納容器雰囲気放射線モニタ (ドライウェル) (RE295-25A)	格納容器雰囲気放射線モニタ (ドライウェル) (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 (ドライウェル) (RE295-25A)	格納容器雰囲気放射線モニタ (ドライウェル) (RE295-25B)									
長さ	2572	3667									
径	270	270									



## 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。

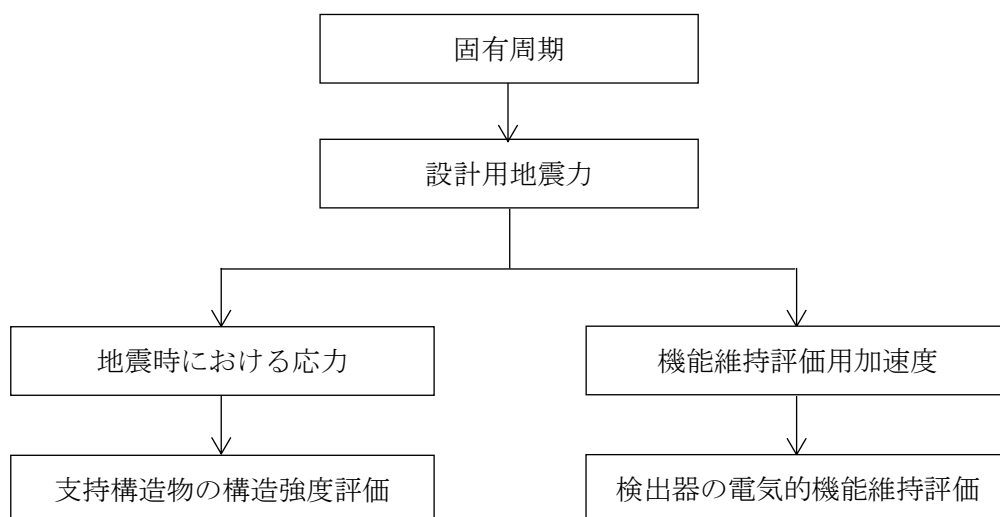


図 2-1 格納容器雰囲気放射線モニタ（ドライウエル）の耐震評価フロー

### 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	$\text{mm}^2$
$C_H$	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)	$\text{m/s}^2$
$m$	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
$\pi$	円周率	—
$\sigma_b$	ボルトに生じる引張応力	MPa
$\tau_b$	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 <sup>*1</sup>
面積	mm <sup>2</sup>	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 <sup>*2</sup>
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 <sup>*2</sup>
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力 <sup>*3</sup>	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

ランダム波加振試験により、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	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ <sub>A</sub> S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ <sub>A</sub> 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* <sup>1</sup>	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	—* <sup>2</sup>	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	Ⅳ <sub>A</sub> S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> Sとして Ⅳ <sub>A</sub> Sの許容限界 を用いる。)

注記\*<sup>1</sup>：「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。

\*<sup>2</sup>：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。

\*<sup>3</sup>：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」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 <sub>A</sub> S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
Ⅳ <sub>A</sub> S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
Ⅴ <sub>A</sub> S (Ⅴ <sub>A</sub> SとしてⅣ <sub>A</sub> 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 <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	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 <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	200	170	373	—

注記\* : SS400 相当

### 5.3 設計用地震力

格納容器雰囲気放射線モニタ（ドライウエル）の設計用地震力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。

「弾性設計用地震動S<sub>d</sub>又は静的震度」及び「基準地震動S<sub>s</sub>」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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動S <sub>s</sub>	
		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* <sup>1</sup> )	0.05 以下	0.05 以下	C <sub>H</sub> =1.19* <sup>2</sup>	C <sub>V</sub> =1.10* <sup>2</sup>	C <sub>H</sub> =1.73* <sup>3</sup>	C <sub>V</sub> =2.07* <sup>3</sup>
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* <sup>1</sup> )	0.05 以下	0.05 以下	C <sub>H</sub> =1.19* <sup>2</sup>	C <sub>V</sub> =1.10* <sup>2</sup>	C <sub>H</sub> =1.73* <sup>3</sup>	C <sub>V</sub> =2.07* <sup>3</sup>

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<sub>d</sub>）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<sub>s</sub>）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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動S <sub>s</sub>	
		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* <sup>1</sup> )	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C <sub>H</sub> =1.73* <sup>2</sup>	C <sub>V</sub> =2.07* <sup>2</sup>
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* <sup>1</sup> )	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C <sub>H</sub> =1.73* <sup>2</sup>	C <sub>V</sub> =2.07* <sup>2</sup>

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<sub>s</sub>）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。

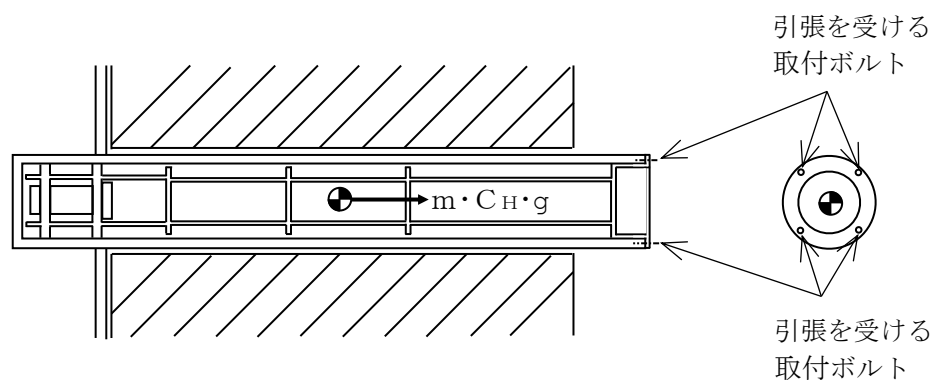


図5-1 計算モデル

#### (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

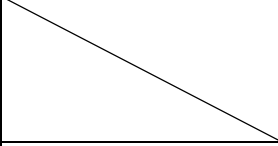
取付ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【格納容器雰囲気放射線モニタ（ドライウエル）（RE295-25A）の耐震性についての計算結果】、【格納容器雰囲気放射線モニタ（ドライウエル）（RE295-25B）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

## 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  $\sigma_b$  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 <sub>d</sub> 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 <sub>s</sub> 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	□
	鉛直	□
格納容器雰囲気放射線モニタ（ドライウエル） (RE295-25B)	水平	□
	鉛直	□

## 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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		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* <sup>1</sup> )	0.05 以下	0.05 以下	C <sub>H</sub> =1.19* <sup>2</sup>	C <sub>V</sub> =1.10* <sup>2</sup>	C <sub>H</sub> =1.73* <sup>3</sup>	C <sub>V</sub> =2.07* <sup>3</sup>	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<sub>d</sub>）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<sub>s</sub>）を上回る設計震度

1.2 機器要目

部材	m (kg)	d (mm)	A <sub>b</sub> (mm <sup>2</sup> )	n	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
取付ボルト		8 (M8)	50.27	4	176 (40mm<径≤100mm)	373 (40mm<径≤100mm)	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 <sub>b</sub>		Q <sub>b</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			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	—	—	—	—

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

すべて許容応力以下である。

## 1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

(×9.8m/s<sup>2</sup>)

		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<sub>s</sub>）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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		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* <sup>1</sup> )	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C <sub>H</sub> =1.73* <sup>2</sup>	C <sub>V</sub> =2.07* <sup>2</sup>	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<sub>s</sub>) を上回る設計震度

2.2 機器要目

部材	m (kg)	d (mm)	A <sub>b</sub> (mm <sup>2</sup> )	n	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
取付ボルト		8 (M8)	50.27	4	170 (40mm<径≦100mm)	373 (40mm<径≦100mm)	—	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 <sub>b</sub>		Q <sub>b</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
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	—	—	—	—

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

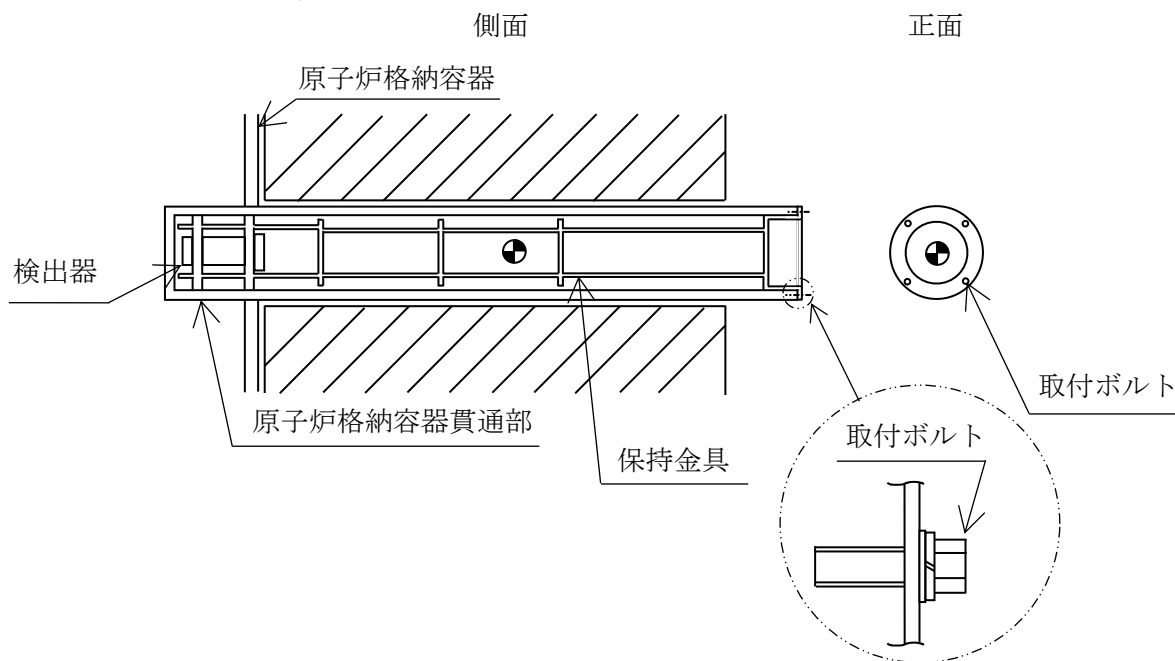
すべて許容応力以下である。

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 (ドライウェル) (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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		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* <sup>1</sup> )	0.05 以下	0.05 以下	C <sub>H</sub> =1.19* <sup>2</sup>	C <sub>V</sub> =1.10* <sup>2</sup>	C <sub>H</sub> =1.73* <sup>3</sup>	C <sub>V</sub> =2.07* <sup>3</sup>	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<sub>d</sub>）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<sub>s</sub>）を上回る設計震度

1.2 機器要目

部材	m (kg)	d (mm)	A <sub>b</sub> (mm <sup>2</sup> )	n	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
取付ボルト		8 (M8)	50.27	4	176 (40mm<径≤100mm)	373 (40mm<径≤100mm)	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 <sub>b</sub>		Q <sub>b</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			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	—	—	—	—

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

すべて許容応力以下である。

## 1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

(×9.8m/s<sup>2</sup>)

		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<sub>s</sub>）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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		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* <sup>1</sup> )	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C <sub>H</sub> =1.73* <sup>2</sup>	C <sub>V</sub> =2.07* <sup>2</sup>	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<sub>s</sub>) を上回る設計震度


2.2 機器要目

部材	m (kg)	d (mm)	A <sub>b</sub> (mm <sup>2</sup> )	n	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
取付ボルト		8 (M8)	50.27	4	170 (40mm<径≦100mm)	373 (40mm<径≦100mm)	—	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 <sub>b</sub>		Q <sub>b</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			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	—	—	—	—

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

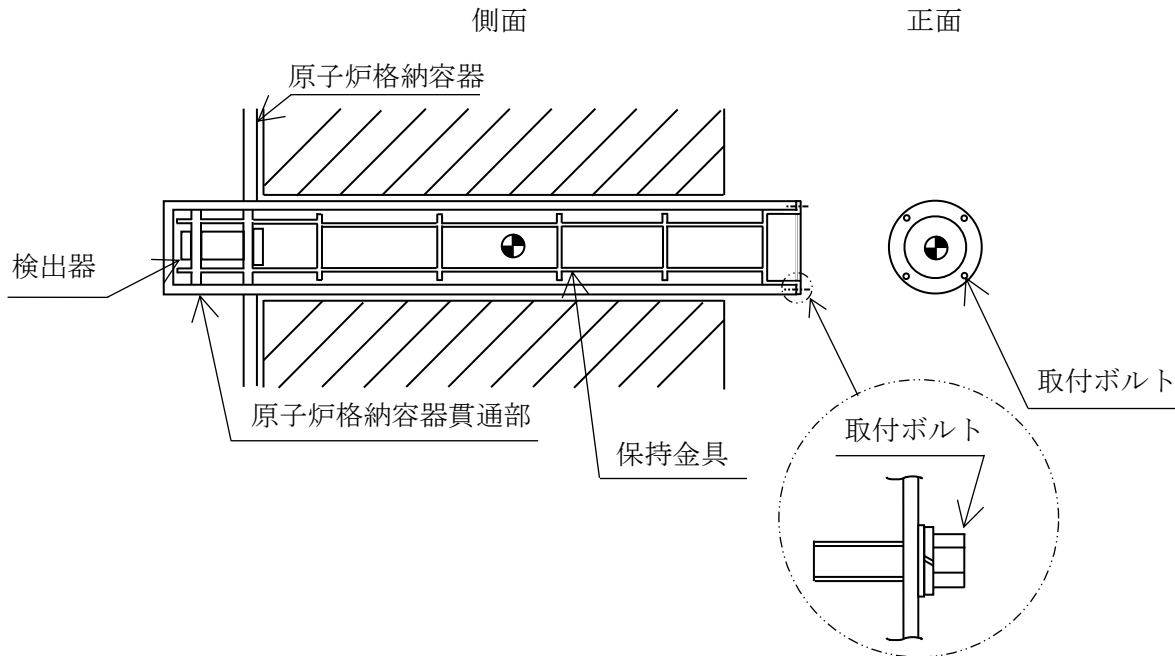
すべて許容応力以下である。

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 (ドライウェル) (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<sub>s</sub>) 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-2-8-2-3 格納容器雰囲気放射線モニタ（サプレッションチェンバ）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 固有周期の確認方法	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	16
5.6 応力の評価	17
6. 機能維持評価	18
6.1 電氣的機能維持評価方法	18
7. 評価結果	19
7.1 設計基準対象施設としての評価結果	19
7.2 重大事故等対処設備としての評価結果	19

## 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（サプレッションチェンバ）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。

格納容器雰囲気放射線モニタ（サプレッションチェンバ）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。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

格納容器雰囲気放射線モニタ（サプレッションチェンバ）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>検出器は、検出器取付ボルトにより検出器取付台に固定される。</p> <p>検出器取付台は、壁に基礎ボルトで設置される。</p>	<p>電離箱</p>	<p>(平面図)</p> <p>(側面図)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>機器名称</th> <th>格納容器雰囲気放射線モニタ (サプレッションチェンバ) (RE295-26A)</th> <th>格納容器雰囲気放射線モニタ (サプレッションチェンバ) (RE295-26B)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>たて</td> <td>180</td> <td>180</td> </tr> <tr> <td>横</td> <td>200</td> <td>200</td> </tr> <tr> <td>高さ</td> <td>210</td> <td>210</td> </tr> </tbody> </table> <p>(単位：mm)</p>	機器名称	格納容器雰囲気放射線モニタ (サプレッションチェンバ) (RE295-26A)	格納容器雰囲気放射線モニタ (サプレッションチェンバ) (RE295-26B)	たて	180	180	横	200	200	高さ	210	210
機器名称	格納容器雰囲気放射線モニタ (サプレッションチェンバ) (RE295-26A)	格納容器雰囲気放射線モニタ (サプレッションチェンバ) (RE295-26B)												
たて	180	180												
横	200	200												
高さ	210	210												

## 2.2 評価方針

格納容器雰囲気放射線モニタ（サプレッションチェンバ）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（サプレッションチェンバ）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（サプレッションチェンバ）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（サプレッションチェンバ）の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

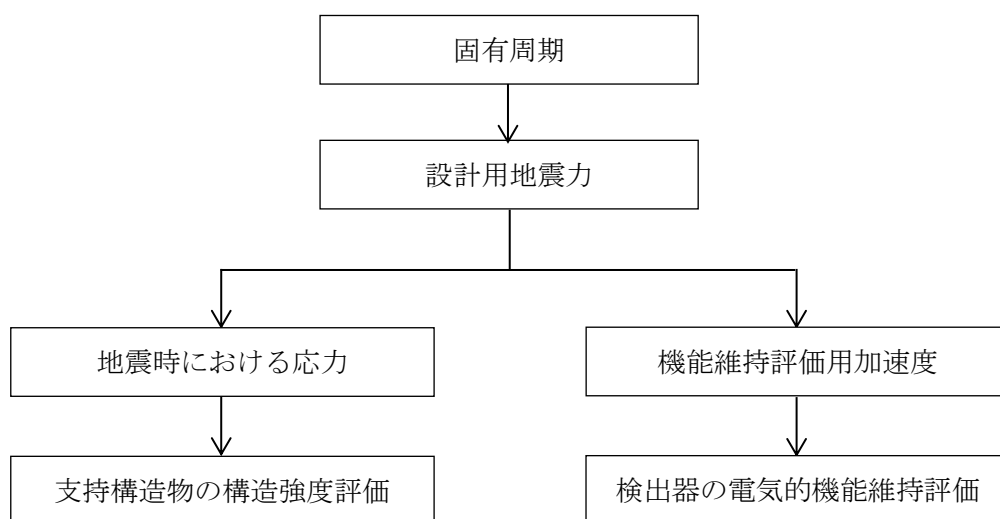


図 2-1 格納容器雰囲気放射線モニタ（サプレッションチェンバ）の耐震評価フロー

### 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	$\text{mm}^2$
$C_H$	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本あたり)	N
$F_{b1}$	鉛直方向地震及び壁掛取付面に対し左右方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力 (1本あたり) (壁掛形)	N
$F_{b2}$	鉛直方向地震及び壁掛取付面に対し前後方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力 (1本あたり) (壁掛形)	N
$f_{sb}$	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力	MPa
$f_{to}$	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
$g$	重力加速度 (=9.80665)	$\text{m/s}^2$
$h$	据付面から重心までの距離	mm
$l_1$	重心と下側ボルト間の鉛直方向距離 (壁掛形)	mm
$l_2$	上側ボルトと下側ボルト間の鉛直方向距離 (壁掛形)	mm
$l_3$	左側ボルトと右側ボルト間の水平方向距離 (壁掛形)	mm
$m$	質量	kg
$n$	ボルトの本数	—
$n_{fv}$	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 (前後方向) (壁掛形)	—
$n_{fH}$	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 (左右方向) (壁掛形)	—
$Q_b$	ボルトに作用するせん断力	N
$Q_{b1}$	水平方向地震によりボルトに作用するせん断力 (壁掛形)	N
$Q_{b2}$	鉛直方向地震によりボルトに作用するせん断力 (壁掛形)	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°Cにおける値	MPa
$\pi$	円周率	—
$\sigma_b$	ボルトに生じる引張応力	MPa
$\tau_b$	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 <sup>2</sup>	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（サプレッションチェンバ）の耐震評価は、「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる基礎ボルトについて実施する。

格納容器雰囲気放射線モニタ（サプレッションチェンバ）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 固有周期の確認方法

格納容器雰囲気放射線モニタ（サプレッションチェンバ）の固有周期は、構造が同等な検出器に対する振動試験（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 4-1 に示す。

表 4-1 固有周期 (単位：s)

格納容器雰囲気放射線モニタ (サプレッションチェンバ) (RE295-26A)	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 (サプレッションチェンバ) (RE295-26B)	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（サプレッションチェンバ）の質量は重心に集中しているものとする。
- (2) 地震力は格納容器雰囲気放射線モニタ（サプレッションチェンバ）に対して水平方向及び鉛直方向から個別に作用させる。  
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) 格納容器雰囲気放射線モニタ（サプレッションチェンバ）は基礎ボルトで壁に固定されており、固定端とする。
- (4) 転倒方向は、正面より見て左右方向及び前後方向について検討し、計算書には結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。
- (5) 格納容器雰囲気放射線モニタ（サプレッションチェンバ）の重心位置については、転倒方向を考慮して、計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定して耐震性の計算を行う。
- (6) 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（サプレッションチェンバ）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（サプレッションチェンバ）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（サプレッションチェンバ）の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 5-4 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-5 に示す。

表 5-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	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 (サプレッションチェンバ)	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ <sub>A</sub> S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ <sub>A</sub> 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* <sup>1</sup>	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 (サプレッションチェンバ)	常設耐震／防止 常設／緩和	—* <sup>2</sup>	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	Ⅳ <sub>A</sub> S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> Sとして Ⅳ <sub>A</sub> 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 <sub>A</sub> S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
Ⅳ <sub>A</sub> S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> SとしてⅣ <sub>A</sub> 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 <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS400 (径 ≤ 16mm)	周囲環境温度	100	221	373	—

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 <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS400 (径 ≤ 16mm)	周囲環境温度	120	215	373	—

### 5.3 設計用地震力

格納容器雰囲気放射線モニタ（サプレッションチェンバ）の設計用地震力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。

「弾性設計用地震動S<sub>d</sub>又は静的震度」及び「基準地震動S<sub>s</sub>」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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動S <sub>s</sub>	
		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 (サプレッションチェンバ) (RE295-26A)	原子炉建物 EL 8.8 (EL 15.3* <sup>1</sup> )	0.05 以下	0.05 以下	C <sub>H</sub> =0.89* <sup>2</sup>	C <sub>V</sub> =0.81* <sup>2</sup>	C <sub>H</sub> =1.59* <sup>3</sup>	C <sub>V</sub> =1.58* <sup>3</sup>
格納容器雰囲気放射線モニタ (サプレッションチェンバ) (RE295-26B)	原子炉建物 EL 8.8 (EL 15.3* <sup>1</sup> )	0.05 以下	0.05 以下	C <sub>H</sub> =0.89* <sup>2</sup>	C <sub>V</sub> =0.81* <sup>2</sup>	C <sub>H</sub> =1.59* <sup>3</sup>	C <sub>V</sub> =1.58* <sup>3</sup>

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<sub>d</sub>）又は静的震度

\*3：設計用震度Ⅱ（基準地震動S<sub>s</sub>）

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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動S <sub>s</sub>	
		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 (サプレッションチェンバ) (RE295-26A)	原子炉建物 EL 8.8 (EL 15.3* <sup>1</sup> )	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C <sub>H</sub> =1.59* <sup>2</sup>	C <sub>V</sub> =1.58* <sup>2</sup>
格納容器雰囲気放射線モニタ (サプレッションチェンバ) (RE295-26B)	原子炉建物 EL 8.8 (EL 15.3* <sup>1</sup> )	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C <sub>H</sub> =1.59* <sup>2</sup>	C <sub>V</sub> =1.58* <sup>2</sup>

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<sub>s</sub>）

5.4 計算方法

5.4.1 応力の計算方法

5.4.1.1 基礎ボルトの計算方法

基礎ボルトの応力は，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。

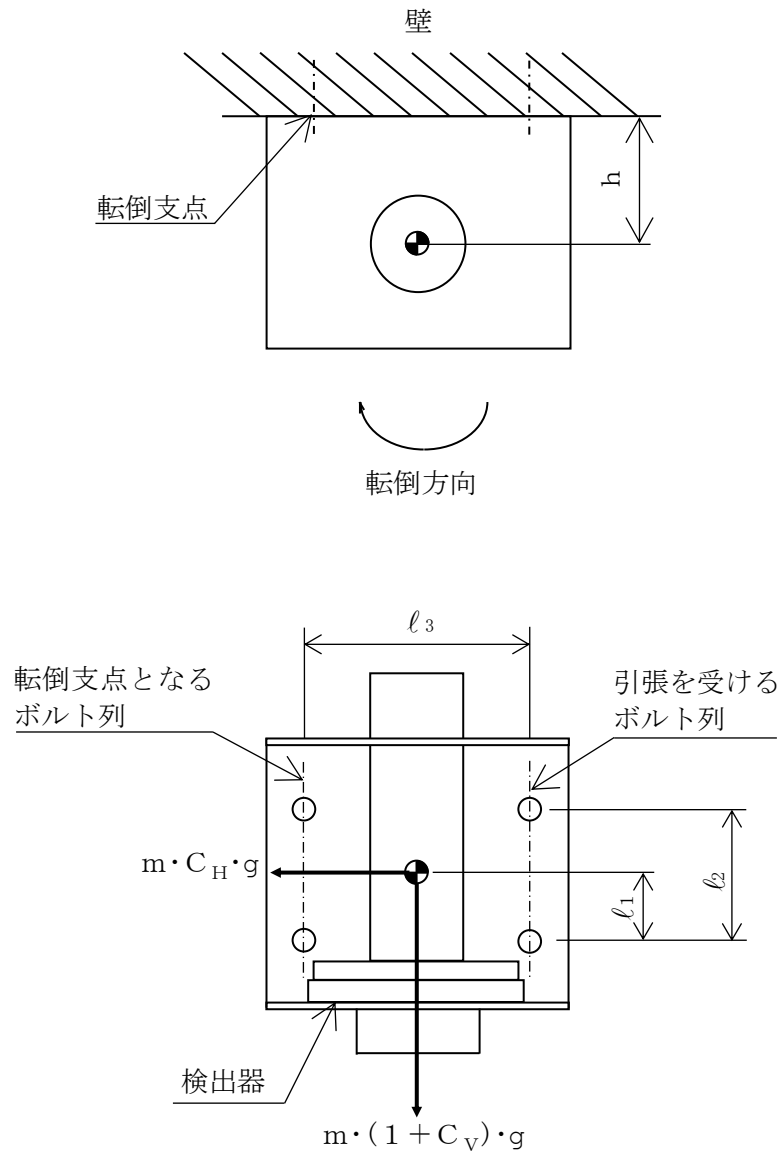


図5-1 計算モデル（壁掛形 左右方向転倒）

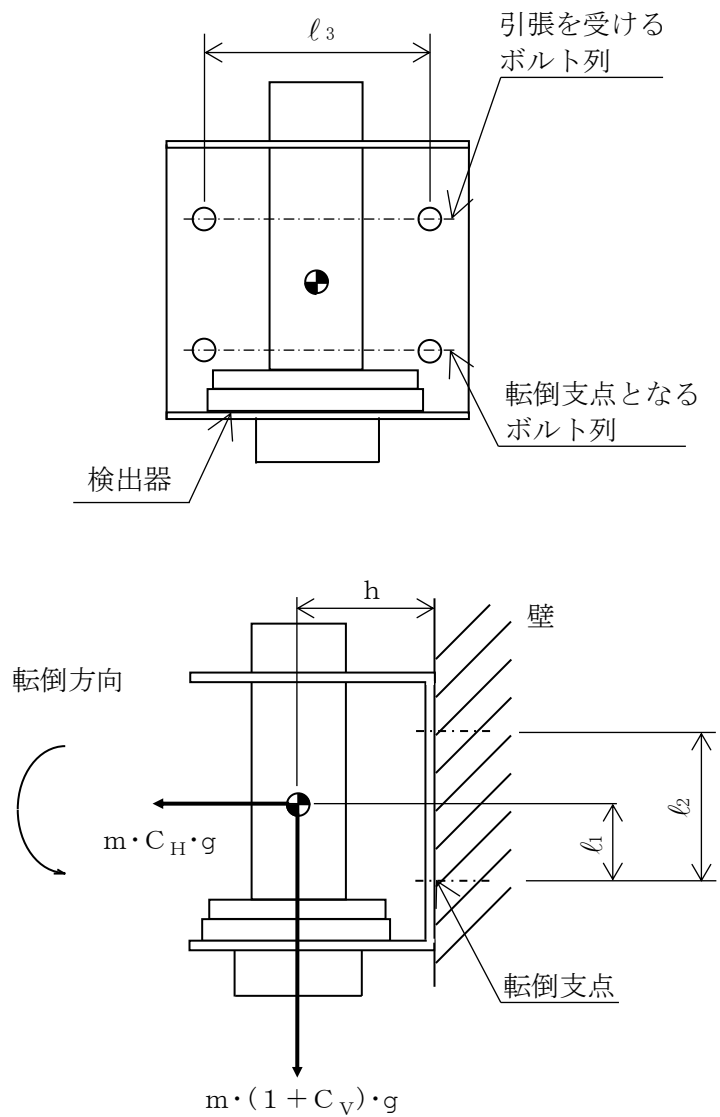


図5-2 計算モデル（壁掛形 前後方向転倒）

## (1) 引張応力

基礎ボルトに対する引張力は、図5-1及び図5-2でそれぞれのボルトを支点とする転倒を考え、これを片側のボルトで受けるものとして計算する。

引張力

$$F_{b1} = \frac{m \cdot (1 + C_v) \cdot h \cdot g}{n_{fv} \cdot l_2} + \frac{m \cdot C_H \cdot h \cdot g}{n_{fH} \cdot l_3} \dots\dots\dots (5.4.1.1.1)$$

$$F_{b2} = \frac{m \cdot (1 + C_v) \cdot h \cdot g + m \cdot C_H \cdot l_1 \cdot g}{n_{fv} \cdot l_2} \dots\dots\dots (5.4.1.1.2)$$

$$F_b = \text{Max} (F_{b1}, F_{b2}) \dots\dots\dots (5.4.1.1.3)$$

引張応力

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b} \dots\dots\dots (5.4.1.1.4)$$

ここで、基礎ボルトの軸断面積 $A_b$ は次式により求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \dots\dots\dots (5.4.1.1.5)$$

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。

## (2) せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b1} = m \cdot C_H \cdot g \dots\dots\dots (5.4.1.1.6)$$

$$Q_{b2} = m \cdot (1 + C_v) \cdot g \dots\dots\dots (5.4.1.1.7)$$

$$Q_b = \sqrt{(Q_{b1})^2 + (Q_{b2})^2} \dots\dots\dots (5.4.1.1.8)$$

せん断応力

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n \cdot A_b} \dots\dots\dots (5.4.1.1.9)$$



## 5.5 計算条件

### 5.5.1 基礎ボルトの応力計算条件

基礎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（サプレッションチェンバ）（RE295-26A）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（サプレッションチェンバ）（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。

## 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 $\sigma_b$ 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。

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

せん断応力 $\tau_b$ は、せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 $f_{sb}$ 以下であること。ただし、 $f_{sb}$ は下表による。

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

6. 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（サプレッションチェンバ）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（サプレッションチェンバ）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 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

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 (サプレッションチェンバ) (RE295-26A)	水平	<input type="checkbox"/>
	鉛直	<input type="checkbox"/>
格納容器雰囲気放射線モニタ (サプレッションチェンバ) (RE295-26B)	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（サプレッションチェンバ）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（サプレッションチェンバ）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（サプレッションチェンバ）（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	
格納容器雰囲気放射線モニタ (サプレッションチェンバ) (RE295-26A)	S	原子炉建物 EL 8.8 (EL 15.3* <sup>1</sup> )	0.05 以下	0.05 以下	C <sub>H</sub> =0.89* <sup>2</sup>	C <sub>V</sub> =0.81* <sup>2</sup>	C <sub>H</sub> =1.59* <sup>3</sup>	C <sub>V</sub> =1.58* <sup>3</sup>	100

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)	h (mm)	d (mm)	A <sub>b</sub> (mm <sup>2</sup> )	n	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)
基礎ボルト		100	12 (M12)	113.1	4	221 (径≤16mm)	373 (径≤16mm)

部材	ℓ <sub>1</sub> * (mm)	ℓ <sub>2</sub> * (mm)	ℓ <sub>3</sub> * (mm)	n <sub>fV</sub> *	n <sub>fH</sub> *	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
基礎ボルト	60	120	150	2	2	221	261	左右方向	左右方向
	60	120	150	2	2				

注記\*：基礎ボルトの機器要目における上段は左右方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は前後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 <sub>b</sub>		Q <sub>b</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト	□	□	□	□

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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張	$\sigma_b = 2$	$f_{ts} = 132^*$	$\sigma_b = 2$	$f_{ts} = 156^*$
		せん断	$\tau_b = 1$	$f_{sb} = 102$	$\tau_b = 1$	$f_{sb} = 120$

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

すべて許容応力以下である。

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 (サブプレッションチェンバ) (RE295-26A)	水平方向	1.32	□
	鉛直方向	1.31	□

注記\*：設計用震度 II (基準地震動 S<sub>s</sub>) 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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		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 (サブプレッションチェンバ) (RE295-26A)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建物 EL 8.8 (EL 15.3 <sup>*1</sup> )	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C <sub>H</sub> =1.59 <sup>*2</sup>	C <sub>V</sub> =1.58 <sup>*2</sup>	120

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<sub>s</sub>）

2.2 機器要目

部材	m (kg)	h (mm)	d (mm)	A <sub>b</sub> (mm <sup>2</sup> )	n	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)
基礎ボルト		100	12 (M12)	113.1	4	215 (径≦16mm)	373 (径≦16mm)

部材	ℓ <sub>1</sub> * (mm)	ℓ <sub>2</sub> * (mm)	ℓ <sub>3</sub> * (mm)	n <sub>fV</sub> *	n <sub>fH</sub> *	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト	60	120	150	2	2	—	258	—	左右方向
	60	120	150	2	2				

注記\*：基礎ボルトの機器要目における上段は左右方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は前後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 <sub>b</sub>		Q <sub>b</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト	—	□	—	□

## 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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張	—	—	$\sigma_b=2$	$f_{ts}=155^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=1$	$f_{sb}=119$

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

すべて許容応力以下である。

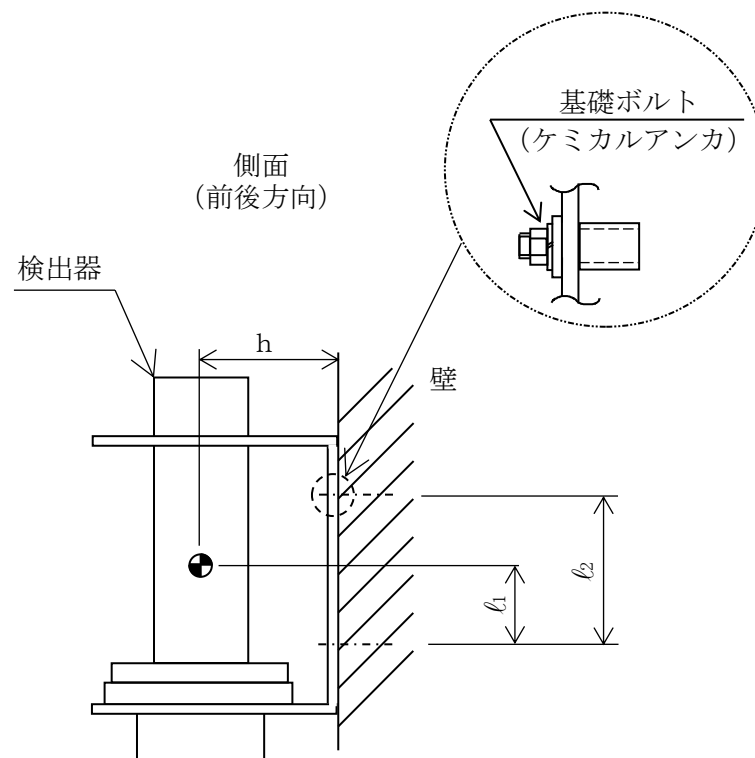
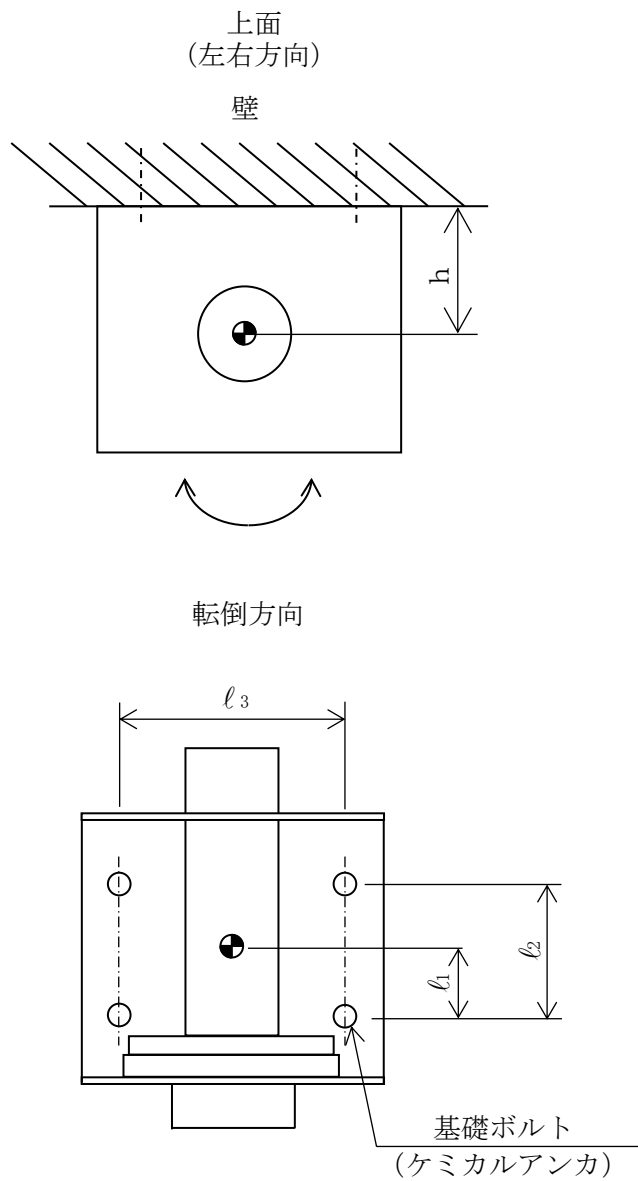
## 2.4.2 電氣的機能維持の評価結果

(×9.8m/s<sup>2</sup>)

		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 (サプレッションチェンバ) (RE295-26A)	水平方向	1.32	□
	鉛直方向	1.31	□

注記\*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）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（サプレッションチェンバ）（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	
格納容器雰囲気放射線モニタ (サプレッションチェンバ) (RE295-26B)	S	原子炉建物 EL 8.8 (EL 15.3* <sup>1</sup> )	0.05 以下	0.05 以下	C <sub>H</sub> =0.89* <sup>2</sup>	C <sub>V</sub> =0.81* <sup>2</sup>	C <sub>H</sub> =1.59* <sup>3</sup>	C <sub>V</sub> =1.58* <sup>3</sup>	100

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)	h (mm)	d (mm)	A <sub>b</sub> (mm <sup>2</sup> )	n	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)
基礎ボルト		100	12 (M12)	113.1	4	221 (径≤16mm)	373 (径≤16mm)

部材	ℓ <sub>1</sub> * (mm)	ℓ <sub>2</sub> * (mm)	ℓ <sub>3</sub> * (mm)	n <sub>fV</sub> *	n <sub>fH</sub> *	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
基礎ボルト	60	120	150	2	2	221	261	左右方向	左右方向
	60	120	150	2	2				

注記\*：基礎ボルトの機器要目における上段は左右方向転倒に対する評価時の要目を示し、

下段は前後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 <sub>b</sub>		Q <sub>b</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト	□	□	□	□

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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張	$\sigma_b = 2$	$f_{ts} = 132^*$	$\sigma_b = 2$	$f_{ts} = 156^*$
		せん断	$\tau_b = 1$	$f_{sb} = 102$	$\tau_b = 1$	$f_{sb} = 120$

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

すべて許容応力以下である。

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 (サブプレッションチェンバ) (RE295-26B)	水平方向	1.32	□
	鉛直方向	1.31	□

注記\*：設計用震度 II (基準地震動 S<sub>s</sub>) 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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		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	
格納容器雰囲気放射線モニタ (サブプレッションチェンバ) (RE295-26B)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建物 EL 8.8 (EL 15.3 <sup>*1</sup> )	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C <sub>H</sub> =1.59 <sup>*2</sup>	C <sub>V</sub> =1.58 <sup>*2</sup>	120

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<sub>s</sub>）

2.2 機器要目

部材	m (kg)	h (mm)	d (mm)	A <sub>b</sub> (mm <sup>2</sup> )	n	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)
基礎ボルト		100	12 (M12)	113.1	4	215 (径≤16mm)	373 (径≤16mm)

部材	ℓ <sub>1</sub> * (mm)	ℓ <sub>2</sub> * (mm)	ℓ <sub>3</sub> * (mm)	n <sub>fV</sub> *	n <sub>fH</sub> *	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト	60	120	150	2	2	—	258	—	左右方向
	60	120	150	2	2				

注記\*：基礎ボルトの機器要目における上段は左右方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は前後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 <sub>b</sub>		Q <sub>b</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト	—	□	—	□

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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張	—	—	$\sigma_b=2$	$f_{ts}=155^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=1$	$f_{sb}=119$

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

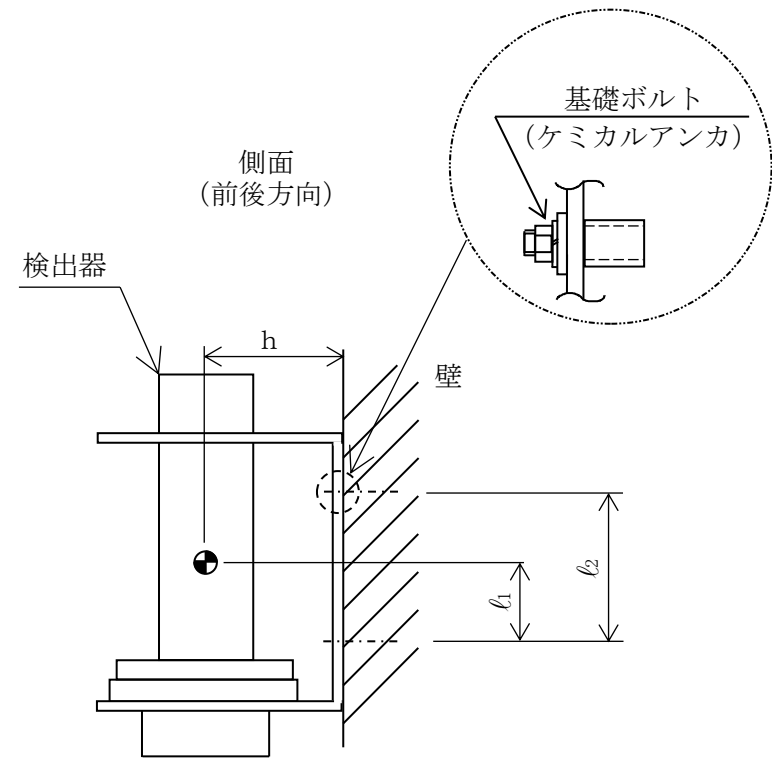
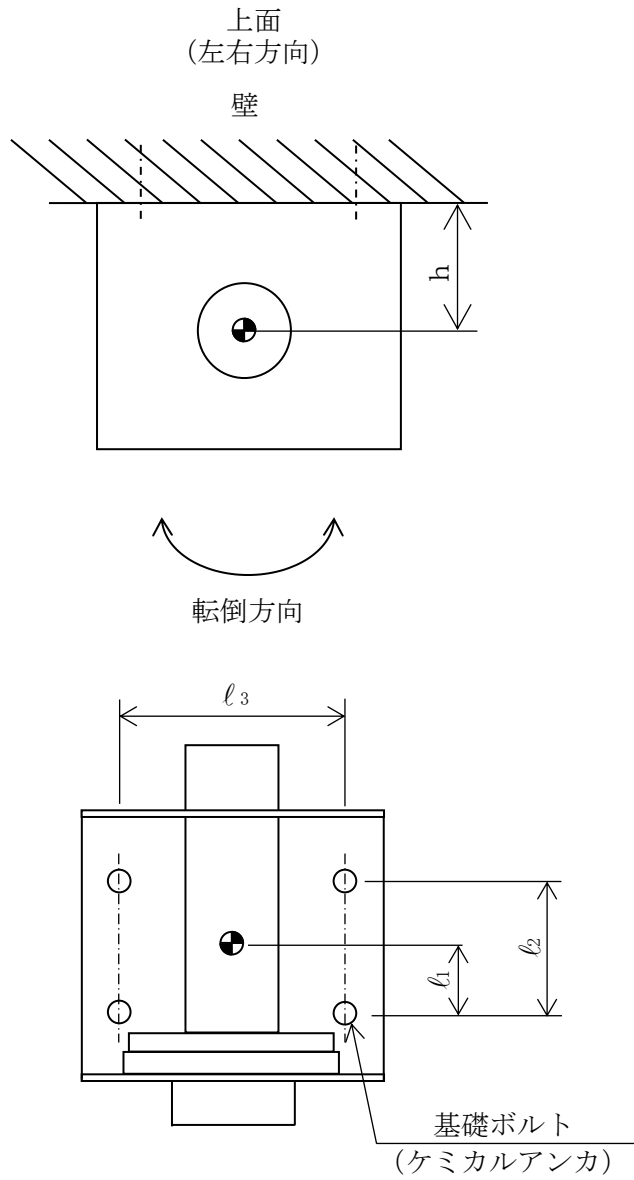
すべて許容応力以下である。

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
格納容器雰囲気放射線モニタ (サプレッションチェンバ) (RE295-26B)	水平方向	1.32	□
	鉛直方向	1.31	□

注記\*：設計用震度 II (基準地震動 S<sub>s</sub>) 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-2-8-2-4 燃料取替階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	7
3. 評価部位	8
4. 固有周期	8
4.1 基本方針	8
4.2 固有周期の確認方法	8
4.3 固有周期の確認結果	8
5. 構造強度評価	9
5.1 構造強度評価方法	9
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	9
5.3 設計用地震力	13
5.4 計算方法	14
5.5 計算条件	20
5.6 応力の評価	21
6. 機能維持評価	22
6.1 電氣的機能維持評価方法	22
7. 評価結果	23
7.1 設計基準対象施設としての評価結果	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及び機能維持の設計方針に基づき、燃料取替階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。

燃料取替階放射線モニタは、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

燃料取替階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																					
検出器は、基礎ボルトにより壁に設置された架台に、取付ボルトで固定される。	半導体式	<p>(平面図) (側面図)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>機器名称</th> <th>燃料取替階放射線モニタ (RE295-16A)</th> <th>燃料取替階放射線モニタ (RE295-16B)</th> <th>燃料取替階放射線モニタ (RE295-16C)</th> <th>燃料取替階放射線モニタ (RE295-16D)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>たて</td> <td>120</td> <td>120</td> <td>120</td> <td>120</td> </tr> <tr> <td>横</td> <td>210</td> <td>210</td> <td>210</td> <td>210</td> </tr> <tr> <td>高さ</td> <td>535</td> <td>535</td> <td>535</td> <td>535</td> </tr> </tbody> </table> <p>(単位：mm)</p>	機器名称	燃料取替階放射線モニタ (RE295-16A)	燃料取替階放射線モニタ (RE295-16B)	燃料取替階放射線モニタ (RE295-16C)	燃料取替階放射線モニタ (RE295-16D)	たて	120	120	120	120	横	210	210	210	210	高さ	535	535	535	535
機器名称	燃料取替階放射線モニタ (RE295-16A)	燃料取替階放射線モニタ (RE295-16B)	燃料取替階放射線モニタ (RE295-16C)	燃料取替階放射線モニタ (RE295-16D)																		
たて	120	120	120	120																		
横	210	210	210	210																		
高さ	535	535	535	535																		

## 2.2 評価方針

燃料取替階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」にて示す燃料取替階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、燃料取替階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。

燃料取替階放射線モニタの耐震評価フローを図 2-1 に示す。

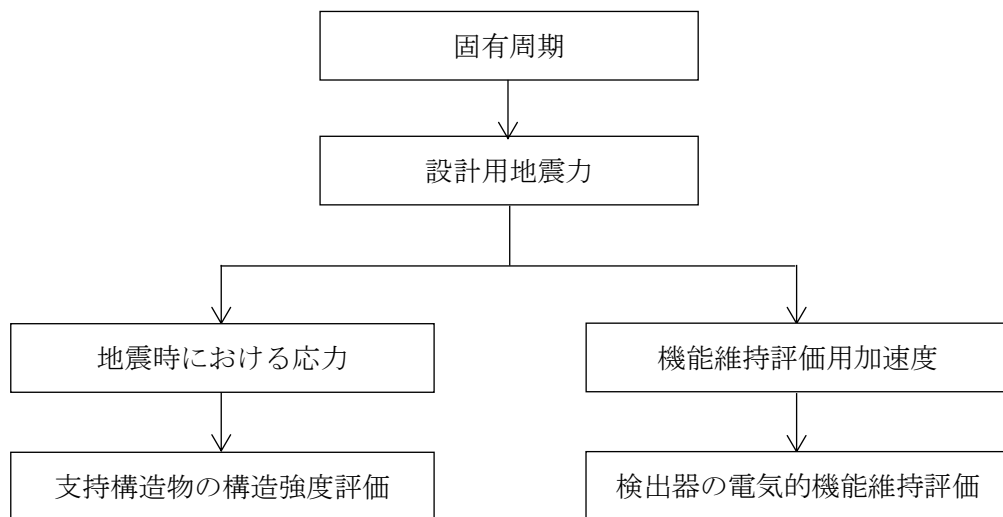


図 2-1 燃料取替階放射線モニタの耐震評価フロー

### 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
$A_{bi}$	ボルトの軸断面積* <sup>1</sup>	mm <sup>2</sup>
$C_H$	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* <sup>1</sup>	mm
$F_i$	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値* <sup>1</sup>	MPa
$F_i^*$	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値* <sup>1</sup>	MPa
$F_{bi}$	ボルトに作用する引張力 (1 本当たり) * <sup>1</sup>	N
$F_{b1i}$	鉛直方向地震及び壁掛取付面に対し左右方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力 (1 本当たり) (壁掛形) * <sup>1</sup>	N
$F_{b2i}$	鉛直方向地震及び壁掛取付面に対し前後方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力 (1 本当たり) (壁掛形) * <sup>1</sup>	N
$f_{sbi}$	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力* <sup>1</sup>	MPa
$f_{toi}$	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力* <sup>1</sup>	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) * <sup>1</sup>	MPa
$g$	重力加速度 (=9.80665)	m/s <sup>2</sup>
$h_i$	据付面又は取付面から重心までの距離* <sup>2</sup>	mm
$l_{1i}$	重心と下側ボルト間の鉛直方向距離 (壁掛形) * <sup>1</sup>	mm
$l_{2i}$	上側ボルトと下側ボルト間の鉛直方向距離 (壁掛形) * <sup>1</sup>	mm
$l_{3i}$	左側ボルトと右側ボルト間の水平方向距離 (壁掛形) * <sup>1</sup>	mm
$m_i$	質量* <sup>2</sup>	kg
$n_i$	ボルトの本数* <sup>1</sup>	—
$n_{fvi}$	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 (前後方向) (壁掛形) * <sup>1</sup>	—
$n_{fHi}$	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 (左右方向) (壁掛形) * <sup>1</sup>	—
$Q_{bi}$	ボルトに作用するせん断力* <sup>1</sup>	N
$Q_{b1i}$	水平方向地震によりボルトに作用するせん断力 (壁掛形) * <sup>1</sup>	N
$Q_{b2i}$	鉛直方向地震によりボルトに作用するせん断力 (壁掛形) * <sup>1</sup>	N
$S_{ui}$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値* <sup>1</sup>	MPa
$S_{yi}$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値* <sup>1</sup>	MPa
$S_{yi}(RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料の40℃における値* <sup>1</sup>	MPa
$\pi$	円周率	—
$\sigma_{bi}$	ボルトに生じる引張応力* <sup>1</sup>	MPa
$\tau_{bi}$	ボルトに生じるせん断応力* <sup>1</sup>	MPa

注記\*1:  $A_{bi}$ ,  $d_i$ ,  $F_i$ ,  $F_i^*$ ,  $F_{bi}$ ,  $F_{b1i}$ ,  $F_{b2i}$ ,  $f_{sbi}$ ,  $f_{toi}$ ,  $f_{tsi}$ ,  $l_{1i}$ ,  
 $l_{2i}$ ,  $l_{3i}$ ,  $n_i$ ,  $nf_{vi}$ ,  $nf_{Hi}$ ,  $Q_{bi}$ ,  $Q_{b1i}$ ,  $Q_{b2i}$ ,  $S_{ui}$ ,  $S_{yi}$ ,  
 $S_{yi}(RT)$ ,  $\sigma_{bi}$ 及び $\tau_{bi}$ の添字  $i$  の意味は、以下のとおりとする。

$i = 1$ : 基礎ボルト

$i = 2$ : 取付ボルト

\*2:  $h_i$ 及び $m_i$ の添字  $i$  の意味は、以下のとおりとする。

$i = 1$ : 検出器+架台

$i = 2$ : 検出器

## 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 <sup>*1</sup>
長さ	mm	—	—	整数位 <sup>*1</sup>
面積	mm <sup>2</sup>	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 <sup>*2</sup>
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 <sup>*2</sup>
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力 <sup>*3</sup>	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

燃料取替階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基礎ボルト及び取付ボルトについて実施する。

燃料取替階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

燃料取替階放射線モニタの固有周期は、振動試験（自由振動試験）にて求める。

#### 4.2 固有周期の確認方法

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、固有周期を確認する。燃料取替階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)

燃料取替階放射線モニタ (RE295-16A)	水平			
	鉛直			
燃料取替階放射線モニタ (RE295-16B)	水平			
	鉛直			
燃料取替階放射線モニタ (RE295-16C)	水平			
	鉛直			
燃料取替階放射線モニタ (RE295-16D)	水平			
	鉛直			



## 5. 構造強度評価

### 5.1 構造強度評価方法

- (1) 燃料取替階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) 地震力は燃料取替階放射線モニタに対して水平方向及び鉛直方向から個別に作用させる。  
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) 燃料取替階放射線モニタは取付ボルトで架台に固定されており、固定端とする。また、架台は基礎ボルトで壁に固定されており、固定端とする。
- (4) 転倒方向は、正面より見て左右方向及び前後方向について検討し、計算書には結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。
- (5) 燃料取替階放射線モニタの重心位置については、転倒方向を考慮して、計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定して耐震性の計算を行う。
- (6) 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

燃料取替階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

燃料取替階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

燃料取替階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の評価に用いるものを表 5-3 に示す。

表 5-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（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	燃料取替階放射線モニタ		S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ <sub>A</sub> S
						$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ <sub>A</sub> S
計測制御 系統施設	工学的安全施設 等の起動信号	非常用ガス 処理系	燃料取替階 放射能高	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ <sub>A</sub> S
						$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ <sub>A</sub> 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 <sup>*1, *2</sup> (ボルト等)	
	一次応力	
	引張	せん断
Ⅲ <sub>A</sub> S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
Ⅳ <sub>A</sub> 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 <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS400 (径 ≤ 16mm)	周囲環境温度	50	241	394	—
取付ボルト	SS400 (16mm < 径 ≤ 40mm)	周囲環境温度	50	231	394	—

### 5.3 設計用地震力

燃料取替階放射線モニタの設計用地震力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
燃料取替階 放射線モニタ (RE295-16A)	原子炉建物 EL 42.8* <sup>1</sup> (EL 51.7* <sup>1</sup> )	<input type="text"/>	<input type="text"/>	$C_H=2.79^{*2}$	$C_V=1.34^{*2}$	$C_H=3.51^{*3}$	$C_V=2.46^{*3}$
燃料取替階 放射線モニタ (RE295-16B)	原子炉建物 EL 42.8* <sup>1</sup> (EL 51.7* <sup>1</sup> )	<input type="text"/>	<input type="text"/>	$C_H=2.79^{*2}$	$C_V=1.34^{*2}$	$C_H=3.51^{*3}$	$C_V=2.46^{*3}$
燃料取替階 放射線モニタ (RE295-16C)	原子炉建物 EL 42.8* <sup>1</sup> (EL 51.7* <sup>1</sup> )	<input type="text"/>	<input type="text"/>	$C_H=2.79^{*2}$	$C_V=1.34^{*2}$	$C_H=3.51^{*3}$	$C_V=2.46^{*3}$
燃料取替階 放射線モニタ (RE295-16D)	原子炉建物 EL 42.8* <sup>1</sup> (EL 51.7* <sup>1</sup> )	<input type="text"/>	<input type="text"/>	$C_H=2.79^{*2}$	$C_V=1.34^{*2}$	$C_H=3.51^{*3}$	$C_V=2.46^{*3}$

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度 II（弾性設計用震度 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 基礎ボルトの計算方法

基礎ボルトの応力は、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。

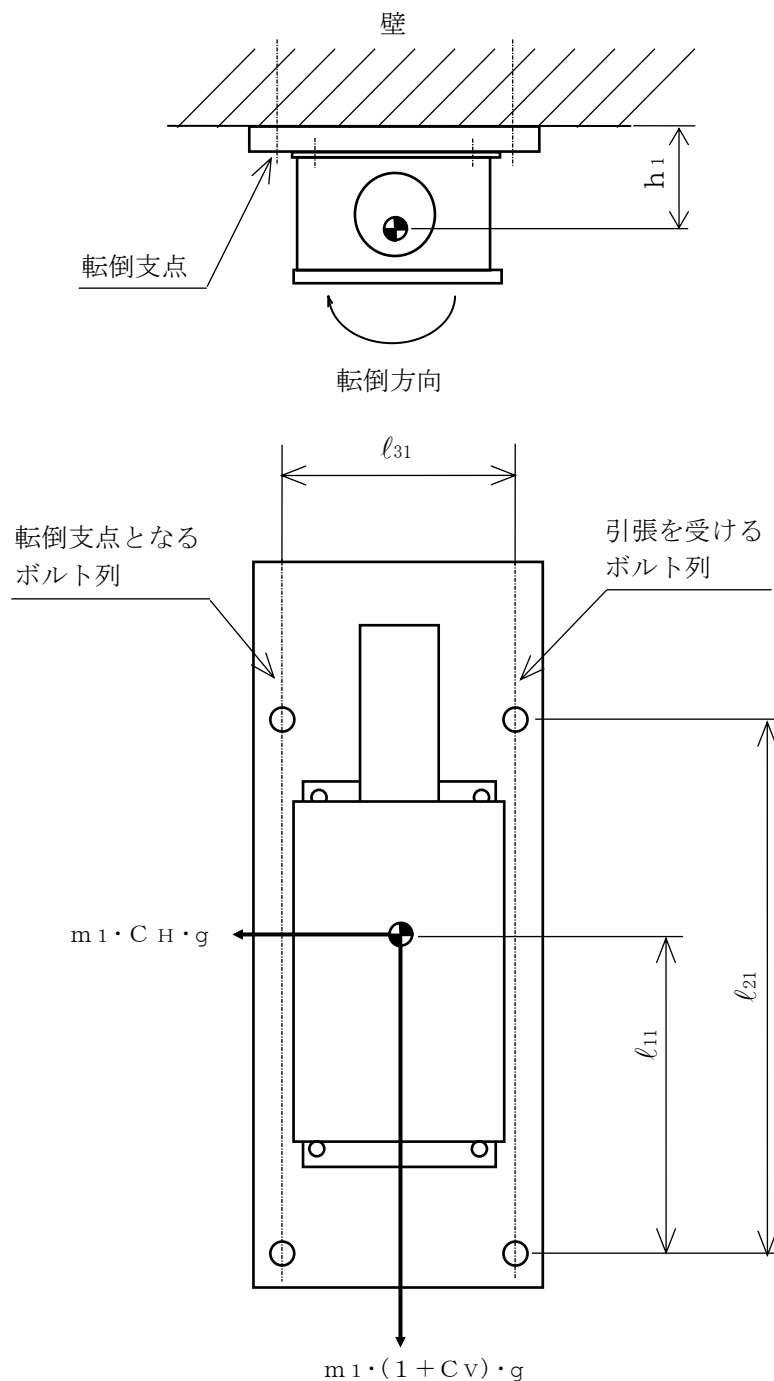


図5-1 計算モデル（壁掛形 左右方向転倒）

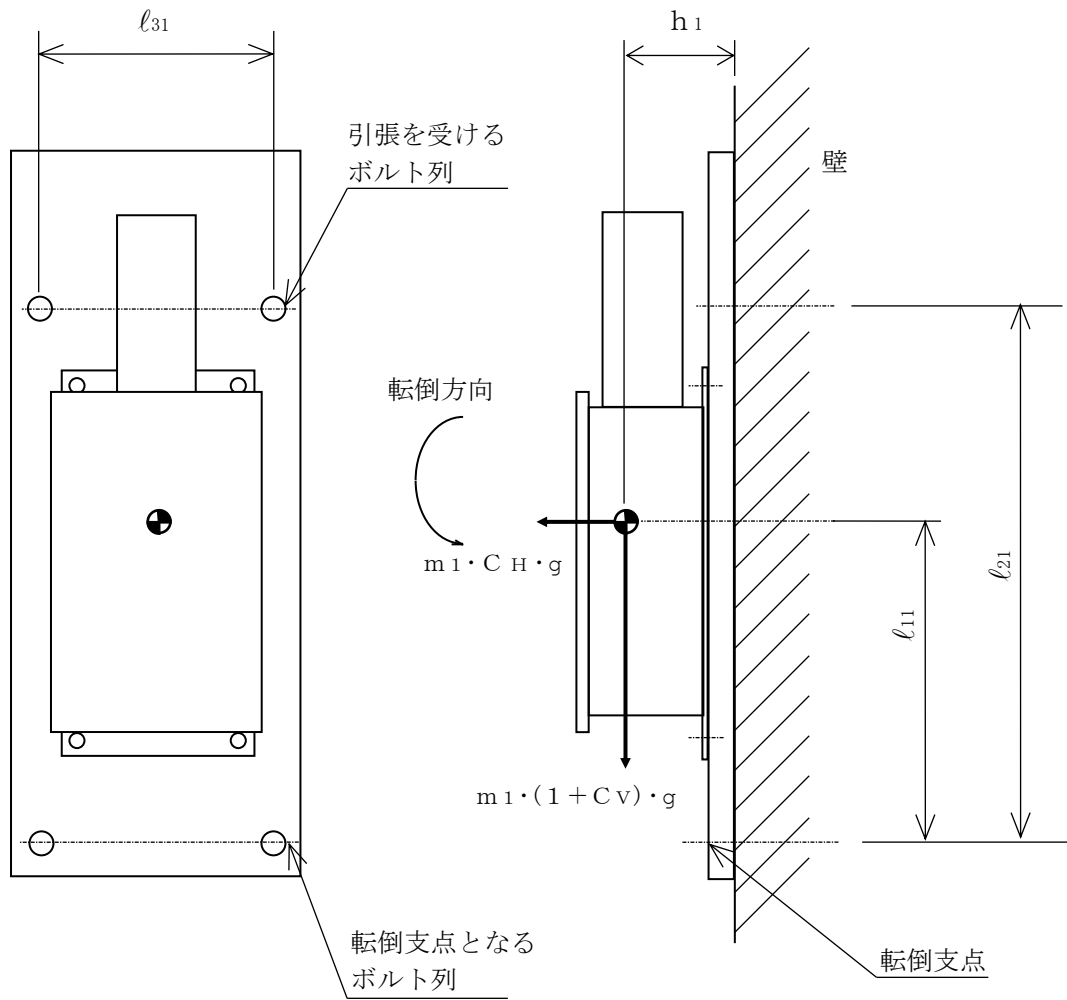


図5-2 計算モデル（壁掛形 前後方向転倒）

## (1) 引張応力

基礎ボルトに対する引張力は、図5-1及び図5-2でそれぞれのボルトを支点とする転倒を考え、これを片側のボルトで受けるものとして計算する。

引張力

$$F_{b11} = \frac{m_1 \cdot (1 + C_V) \cdot h_1 \cdot g}{n_{fv1} \cdot l_{21}} + \frac{m_1 \cdot C_H \cdot h_1 \cdot g}{n_{fH1} \cdot l_{31}} \dots (5.4.1.1.1)$$

$$F_{b21} = \frac{m_1 \cdot (1 + C_V) \cdot h_1 \cdot g + m_1 \cdot C_H \cdot l_{11} \cdot g}{n_{fv1} \cdot l_{21}} \dots (5.4.1.1.2)$$

$$F_{b1} = \text{Max} (F_{b11}, F_{b21}) \dots (5.4.1.1.3)$$

引張応力

$$\sigma_{b1} = \frac{F_{b1}}{A_{b1}} \dots (5.4.1.1.4)$$

ここで、基礎ボルトの軸断面積 $A_{b1}$ は次式により求める。

$$A_{b1} = \frac{\pi}{4} \cdot d_1^2 \dots (5.4.1.1.5)$$

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

## (2) せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b11} = m_1 \cdot C_H \cdot g \dots (5.4.1.1.6)$$

$$Q_{b21} = m_1 \cdot (1 + C_V) \cdot g \dots (5.4.1.1.7)$$

$$Q_{b1} = \sqrt{(Q_{b11})^2 + (Q_{b21})^2} \dots (5.4.1.1.8)$$

せん断応力

$$\tau_{b1} = \frac{Q_{b1}}{n_1 \cdot A_{b1}} \dots (5.4.1.1.9)$$



5.4.1.2 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。

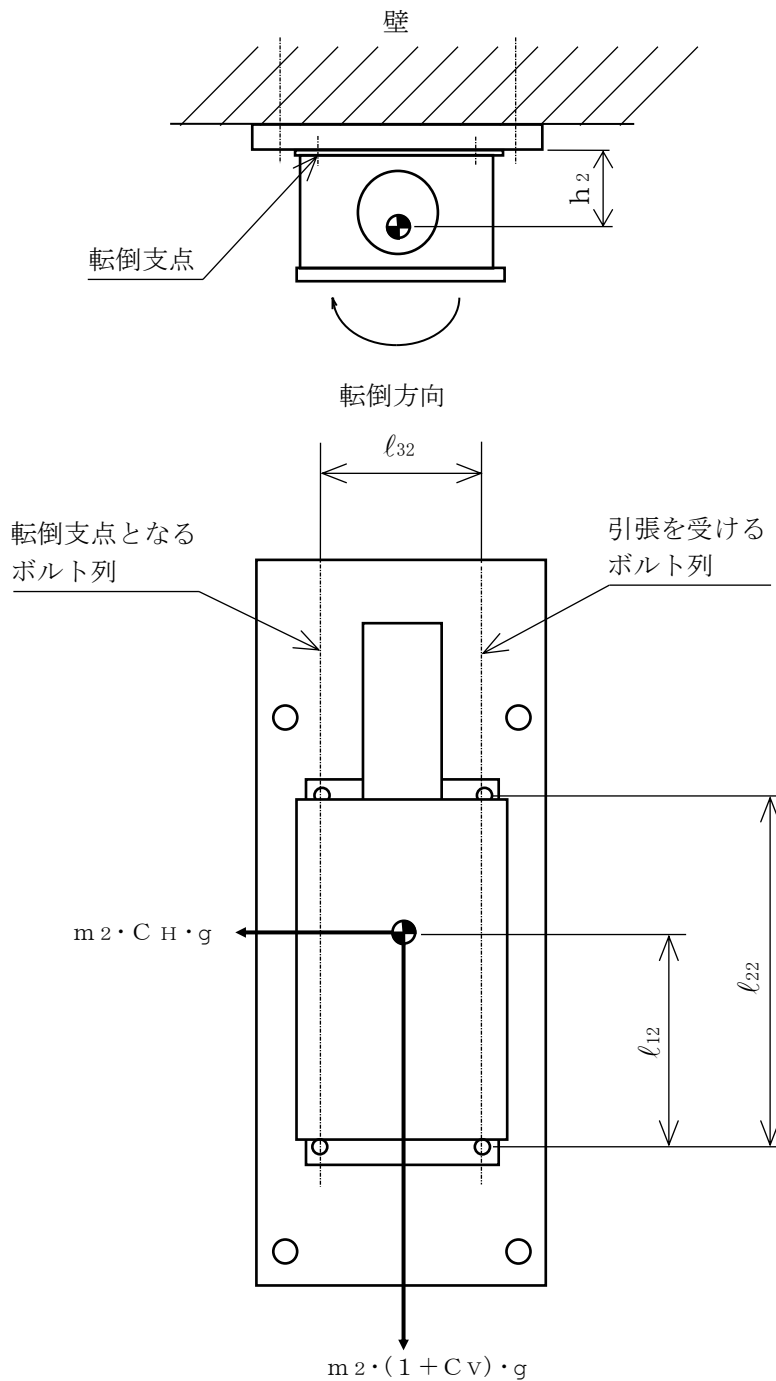


図5-3 計算モデル（壁掛形 左右方向転倒）

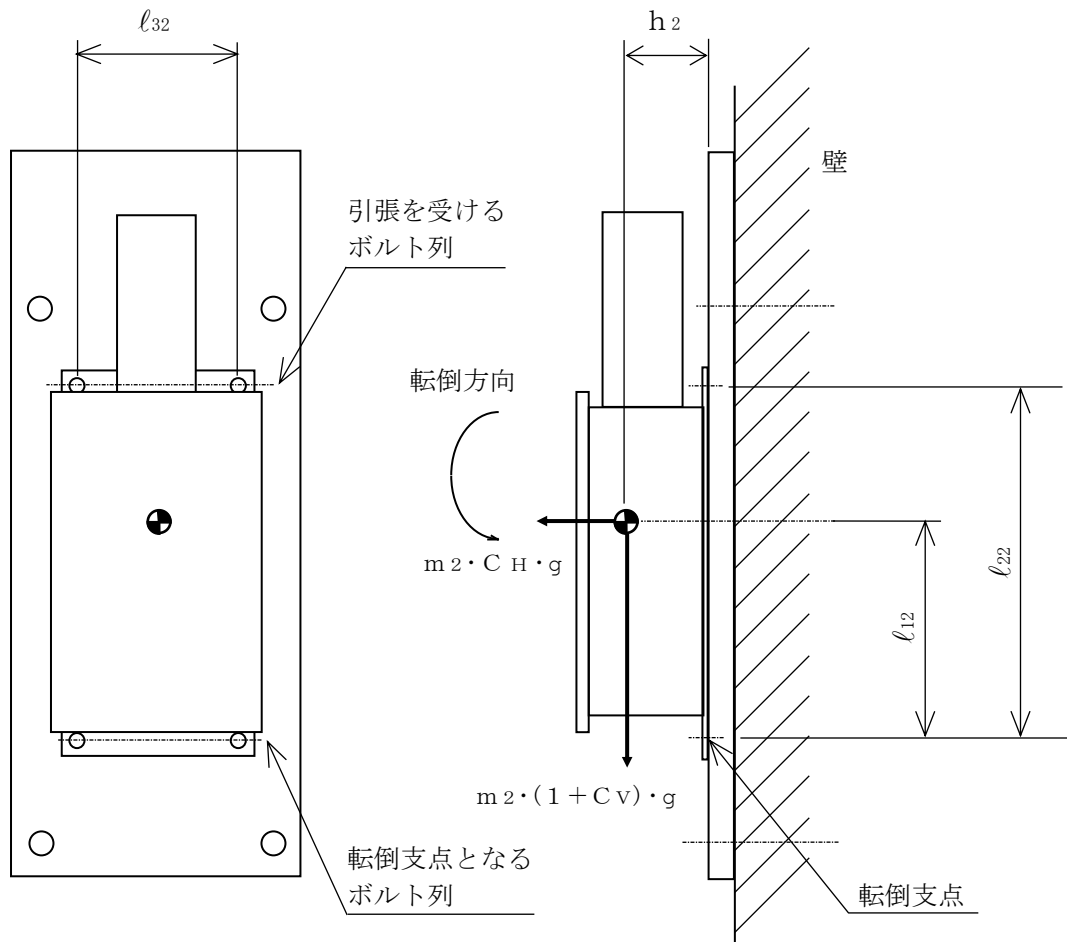


図5-4 計算モデル（壁掛形 前後方向転倒）

## (1) 引張応力

取付ボルトに対する引張力は、図5-3及び図5-4でそれぞれのボルトを支点とする転倒を考え、これを片側のボルトで受けるものとして計算する。

引張力

$$F_{b12} = \frac{m_2 \cdot (1 + C_V) \cdot h_2 \cdot g}{n_{fv2} \cdot l_{22}} + \frac{m_2 \cdot C_H \cdot h_2 \cdot g}{n_{fH2} \cdot l_{32}} \dots (5.4.1.2.1)$$

$$F_{b22} = \frac{m_2 \cdot (1 + C_V) \cdot h_2 \cdot g + m_2 \cdot C_H \cdot l_{12} \cdot g}{n_{fv2} \cdot l_{22}} \dots (5.4.1.2.2)$$

$$F_{b2} = \text{Max} (F_{b12}, F_{b22}) \dots (5.4.1.2.3)$$

引張応力

$$\sigma_{b2} = \frac{F_{b2}}{A_{b2}} \dots (5.4.1.2.4)$$

ここで、取付ボルトの軸断面積 $A_{b2}$ は次式により求める。

$$A_{b2} = \frac{\pi}{4} \cdot d_2^2 \dots (5.4.1.2.5)$$

ただし、 $F_{b2}$ が負のときボルトには引張力が生じないので、引張応力の計算は行わない。

## (2) せん断応力

取付ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b12} = m_2 \cdot C_H \cdot g \dots (5.4.1.2.6)$$

$$Q_{b22} = m_2 \cdot (1 + C_V) \cdot g \dots (5.4.1.2.7)$$

$$Q_{b2} = \sqrt{(Q_{b12})^2 + (Q_{b22})^2} \dots (5.4.1.2.8)$$

せん断応力

$$\tau_{b2} = \frac{Q_{b2}}{n_2 \cdot A_{b2}} \dots (5.4.1.2.9)$$

## 5.5 計算条件

### 5.5.1 基礎ボルトの応力計算条件

基礎ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【燃料取替階放射線モニタ (RE295-16A) の耐震性についての計算結果】、【燃料取替階放射線モニタ (RE295-16B) の耐震性についての計算結果】、【燃料取替階放射線モニタ (RE295-16C) の耐震性についての計算結果】及び【燃料取替階放射線モニタ (RE295-16D) 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。

### 5.5.2 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【燃料取替階放射線モニタ (RE295-16A) の耐震性についての計算結果】、【燃料取替階放射線モニタ (RE295-16B) の耐震性についての計算結果】、【燃料取替階放射線モニタ (RE295-16C) の耐震性についての計算結果】及び【燃料取替階放射線モニタ (RE295-16D) 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 $\sigma_{bi}$ は次式より求めた許容組合せ応力 $f_{tsi}$ 以下であること。ただし、 $f_{toi}$ は下表による。

$$f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}] \quad \dots\dots\dots (5.6.1.1)$$

せん断応力 $\tau_{bi}$ 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. 機能維持評価

6.1 電氣的機能維持評価方法

燃料取替階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。

燃料取替階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、当該検出器と類似の検出器単体のサインビート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 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

機器名称	方向	機能確認済加速度
燃料取替階放射線モニタ (RE295-16A)	水平	<input type="checkbox"/>
	鉛直	<input type="checkbox"/>
燃料取替階放射線モニタ (RE295-16B)	水平	<input type="checkbox"/>
	鉛直	<input type="checkbox"/>
燃料取替階放射線モニタ (RE295-16C)	水平	<input type="checkbox"/>
	鉛直	<input type="checkbox"/>
燃料取替階放射線モニタ (RE295-16D)	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

燃料取替階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。

【燃料取替階放射線モニタ (RE295-16A) 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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		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	
燃料取替階放射線モニタ (RE295-16A)	S	原子炉建物 EL 42.8* <sup>1</sup> (EL 51.7* <sup>1</sup> )			C <sub>H</sub> =2.79* <sup>2</sup>	C <sub>V</sub> =1.34* <sup>2</sup>	C <sub>H</sub> =3.51* <sup>3</sup>	C <sub>V</sub> =2.46* <sup>3</sup>	50

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<sub>d</sub>) 又は静的震度

\*3: 設計用震度Ⅱ (基準地震動 S<sub>s</sub>)

1.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)
基礎ボルト (i = 1)		80	12 (M12)	113.1	4	241 (径 ≤ 16mm)	394 (径 ≤ 16mm)
取付ボルト (i = 2)		60	6 (M6)	28.27	4	231 (16mm < 径 ≤ 40mm)	394 (16mm < 径 ≤ 40mm)

部材	l <sub>1 i</sub> * (mm)	l <sub>2 i</sub> * (mm)	l <sub>3 i</sub> * (mm)	n <sub>f v i</sub> *	n <sub>f H i</sub> *	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> * (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト (i = 1)	240	400	180	2	2	241	276	前後方向	前後方向
	240	400	180	2	2				
取付ボルト (i = 2)	148	265	125	2	2	231	276	前後方向	前後方向
	148	265	125	2	2				

注記\*: 各ボルトの機器要目における上段は左右方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は前後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 <sub>b i</sub>		Q <sub>b i</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			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	$\sigma_{b1}=1$	$f_{ts1}=144^*$	$\sigma_{b1}=1$	$f_{ts1}=165^*$
		せん断	$\tau_{b1}=1$	$f_{sb1}=111$	$\tau_{b1}=1$	$f_{sb1}=127$
取付ボルト (i=2)	SS400	引張	$\sigma_{b2}=2$	$f_{ts2}=173^*$	$\sigma_{b2}=3$	$f_{ts2}=207^*$
		せん断	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2}=133$	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=159$

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

すべて許容応力以下である。

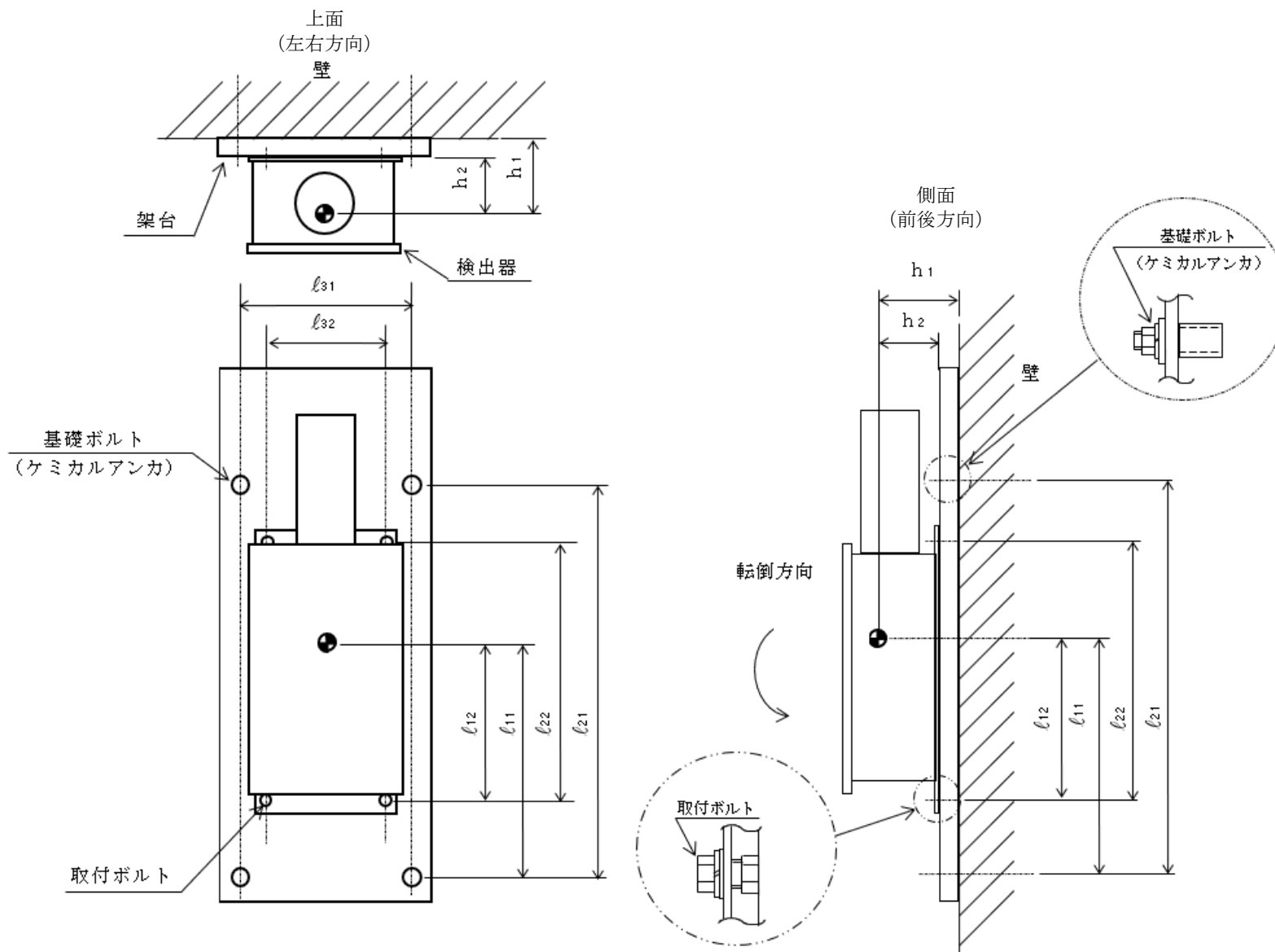
1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
燃料取替階放射線モニタ (RE295-16A)	水平方向	2.93	□
	鉛直方向	2.06	□

注記\*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）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。



【燃料取替階放射線モニタ (RE295-16B) 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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		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	
燃料取替階放射線モニタ (RE295-16B)	S	原子炉建物 EL 42.8* <sup>1</sup> (EL 51.7* <sup>1</sup> )			C <sub>H</sub> =2.79* <sup>2</sup>	C <sub>V</sub> =1.34* <sup>2</sup>	C <sub>H</sub> =3.51* <sup>3</sup>	C <sub>V</sub> =2.46* <sup>3</sup>	50

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<sub>d</sub>) 又は静的震度

\*3: 設計用震度Ⅱ (基準地震動 S<sub>s</sub>)

1.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)
基礎ボルト (i = 1)		80	12 (M12)	113.1	4	241 (径 ≤ 16mm)	394 (径 ≤ 16mm)
取付ボルト (i = 2)		60	6 (M6)	28.27	4	231 (16mm < 径 ≤ 40mm)	394 (16mm < 径 ≤ 40mm)

部材	l <sub>1 i</sub> * (mm)	l <sub>2 i</sub> * (mm)	l <sub>3 i</sub> * (mm)	n <sub>f v i</sub> *	n <sub>f H i</sub> *	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> * (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト (i = 1)	240	400	180	2	2	241	276	前後方向	前後方向
	240	400	180	2	2				
取付ボルト (i = 2)	148	265	125	2	2	231	276	前後方向	前後方向
	148	265	125	2	2				

注記\*: 各ボルトの機器要目における上段は左右方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は前後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 <sub>b i</sub>		Q <sub>b i</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			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	$\sigma_{b1}=1$	$f_{ts1}=144^*$	$\sigma_{b1}=1$	$f_{ts1}=165^*$
		せん断	$\tau_{b1}=1$	$f_{sb1}=111$	$\tau_{b1}=1$	$f_{sb1}=127$
取付ボルト (i=2)	SS400	引張	$\sigma_{b2}=2$	$f_{ts2}=173^*$	$\sigma_{b2}=3$	$f_{ts2}=207^*$
		せん断	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2}=133$	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=159$

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

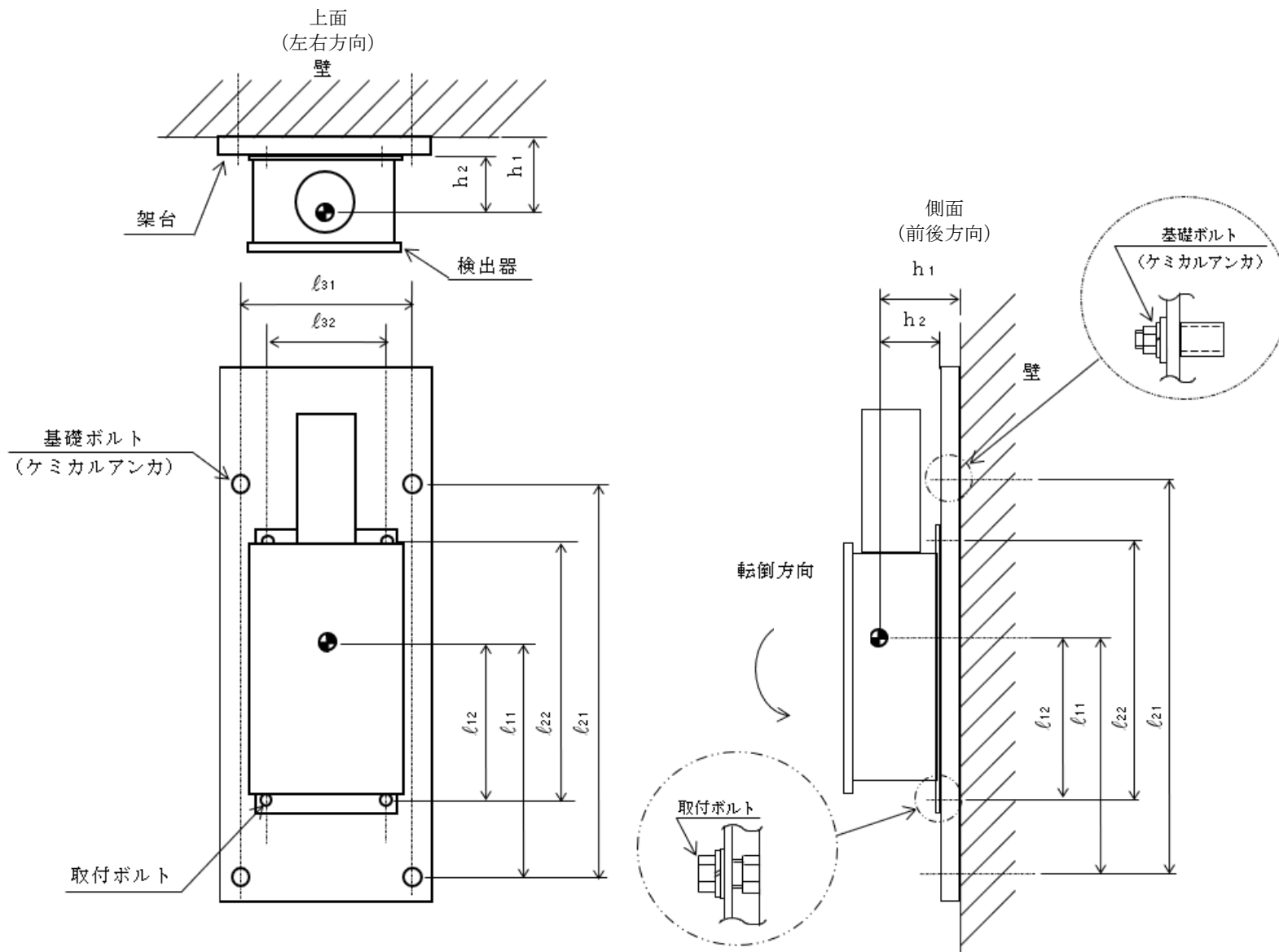
すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
燃料取替階放射線モニタ (RE295-16B)	水平方向	2.93	□
	鉛直方向	2.06	□

注記\*：設計用震度 II (基準地震動 S<sub>s</sub>)



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。



【燃料取替階放射線モニタ (RE295-16C) 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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		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	
燃料取替階放射線モニタ (RE295-16C)	S	原子炉建物 EL 42.8* <sup>1</sup> (EL 51.7* <sup>1</sup> )			C <sub>H</sub> =2.79* <sup>2</sup>	C <sub>V</sub> =1.34* <sup>2</sup>	C <sub>H</sub> =3.51* <sup>3</sup>	C <sub>V</sub> =2.46* <sup>3</sup>	50

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<sub>d</sub>) 又は静的震度

\*3: 設計用震度Ⅱ (基準地震動 S<sub>s</sub>)

1.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)
基礎ボルト (i = 1)		80	12 (M12)	113.1	4	241 (径 ≤ 16mm)	394 (径 ≤ 16mm)
取付ボルト (i = 2)		60	6 (M6)	28.27	4	231 (16mm < 径 ≤ 40mm)	394 (16mm < 径 ≤ 40mm)

部材	l <sub>1 i</sub> * (mm)	l <sub>2 i</sub> * (mm)	l <sub>3 i</sub> * (mm)	n <sub>f v i</sub> *	n <sub>f H i</sub> *	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> * (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト (i = 1)	240	400	180	2	2	241	276	前後方向	前後方向
	240	400	180	2	2				
取付ボルト (i = 2)	148	265	125	2	2	231	276	前後方向	前後方向
	148	265	125	2	2				

注記\*: 各ボルトの機器要目における上段は左右方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は前後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 <sub>b i</sub>		Q <sub>b i</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
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)

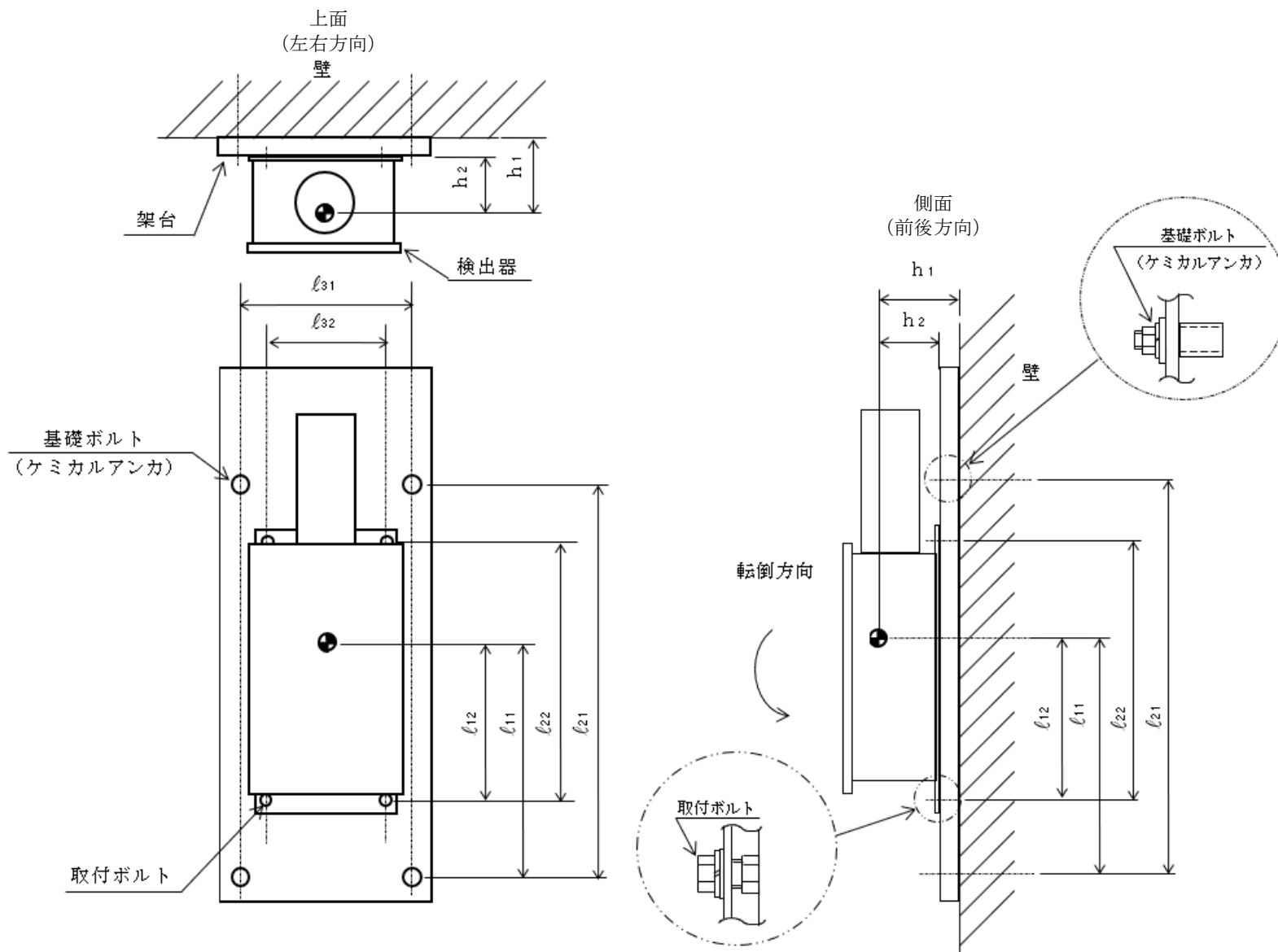
部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SS400	引張	$\sigma_{b1}=1$	$f_{ts1}=144^*$	$\sigma_{b1}=1$	$f_{ts1}=165^*$
		せん断	$\tau_{b1}=1$	$f_{sb1}=111$	$\tau_{b1}=1$	$f_{sb1}=127$
取付ボルト (i=2)	SS400	引張	$\sigma_{b2}=2$	$f_{ts2}=173^*$	$\sigma_{b2}=3$	$f_{ts2}=207^*$
		せん断	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2}=133$	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=159$

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

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
燃料取替階放射線モニタ (RE295-16C)	水平方向	2.93	□
	鉛直方向	2.06	□

注記\*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）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。







【燃料取替階放射線モニタ (RE295-16D) 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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		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	
燃料取替階放射線モニタ (RE295-16D)	S	原子炉建物 EL 42.8* <sup>1</sup> (EL 51.7* <sup>1</sup> )			C <sub>H</sub> =2.79* <sup>2</sup>	C <sub>V</sub> =1.34* <sup>2</sup>	C <sub>H</sub> =3.51* <sup>3</sup>	C <sub>V</sub> =2.46* <sup>3</sup>	50

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<sub>d</sub>) 又は静的震度

\*3: 設計用震度Ⅱ (基準地震動 S<sub>s</sub>)

1.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)
基礎ボルト (i = 1)		80	12 (M12)	113.1	4	241 (径 ≤ 16mm)	394 (径 ≤ 16mm)
取付ボルト (i = 2)		60	6 (M6)	28.27	4	231 (16mm < 径 ≤ 40mm)	394 (16mm < 径 ≤ 40mm)

部材	l <sub>1 i</sub> * (mm)	l <sub>2 i</sub> * (mm)	l <sub>3 i</sub> * (mm)	n <sub>f v i</sub> *	n <sub>f H i</sub> *	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> * (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト (i = 1)	240	400	180	2	2	241	276	前後方向	前後方向
	240	400	180	2	2				
取付ボルト (i = 2)	148	265	125	2	2	231	276	前後方向	前後方向
	148	265	125	2	2				

注記\*: 各ボルトの機器要目における上段は左右方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は前後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 <sub>b i</sub>		Q <sub>b i</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			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	$\sigma_{b1}=1$	$f_{ts1}=144^*$	$\sigma_{b1}=1$	$f_{ts1}=165^*$
		せん断	$\tau_{b1}=1$	$f_{sb1}=111$	$\tau_{b1}=1$	$f_{sb1}=127$
取付ボルト (i=2)	SS400	引張	$\sigma_{b2}=2$	$f_{ts2}=173^*$	$\sigma_{b2}=3$	$f_{ts2}=207^*$
		せん断	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2}=133$	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=159$

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

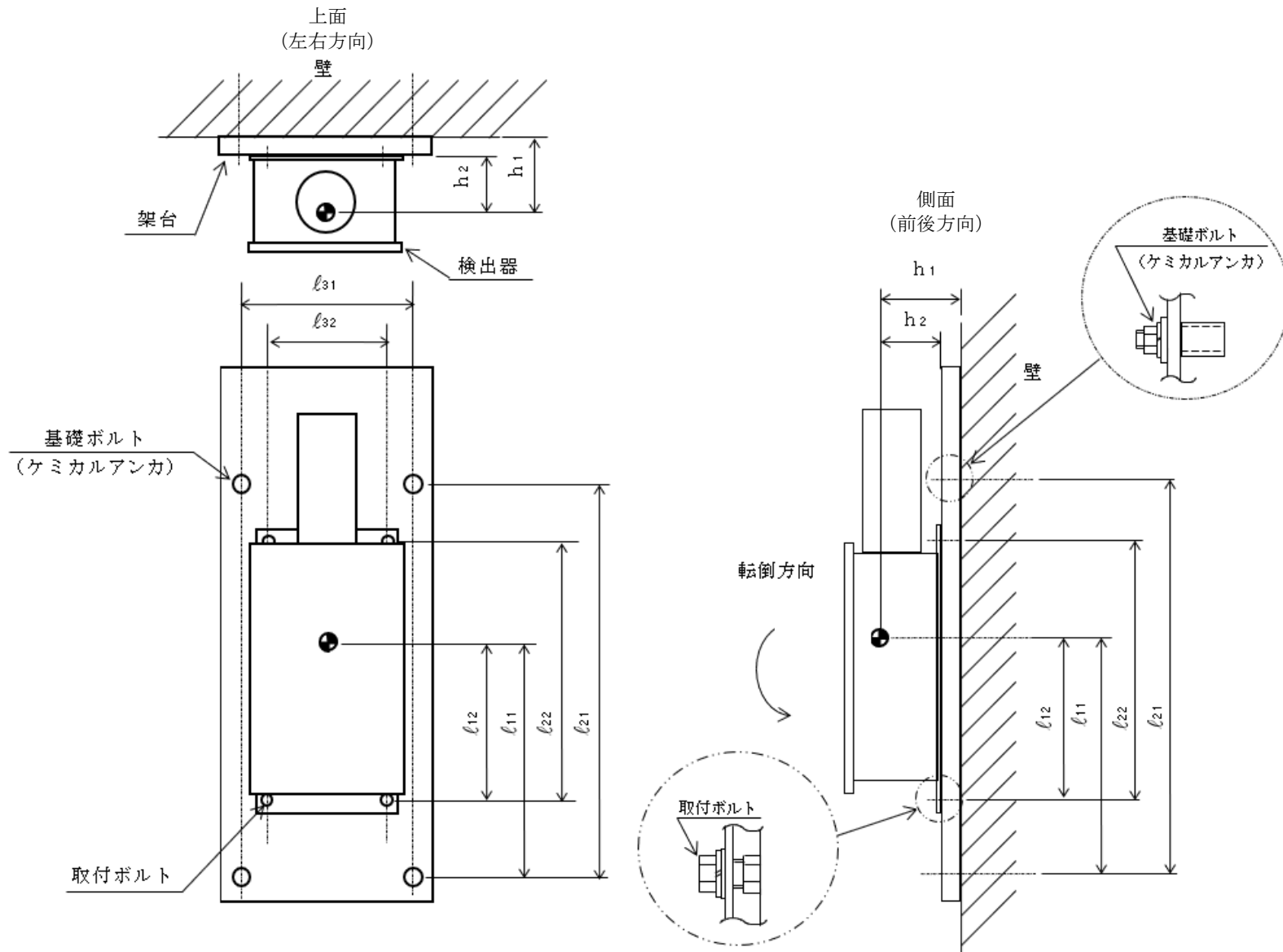
すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
燃料取替階放射線モニタ (RE295-16D)	水平方向	2.93	□
	鉛直方向	2.06	□

注記\*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）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-2-8-2-5 原子炉棟排気高レンジ放射線モニタの  
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	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. 固有周期	9
4.1 基本方針	9
4.2 固有周期の確認方法	9
4.3 固有周期の確認結果	9
5. 構造強度評価	10
5.1 構造強度評価方法	10
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	10
5.3 設計用地震力	14
5.4 計算方法	15
5.5 計算条件	21
5.6 応力の評価	22
6. 機能維持評価	23
6.1 電氣的機能維持評価方法	23
7. 評価結果	24
7.1 設計基準対象施設としての評価結果	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、原子炉棟排気高レンジ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。

原子炉棟排気高レンジ放射線モニタは、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

原子炉棟排気高レンジ放射線モニタの構造計画を表 2-1 及び表 2-2 に示す。

表 2-1 構造計画 (その 1)

計画の概要		概略構造図												
基礎・支持構造	主体構造													
検出器は、基礎ボルトにより壁に設置された架台に、取付ボルトで固定される。	半導体式	<p>(平面図) (側面図)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>機器名称</th> <th>原子炉棟排気高レンジ放射線モニタ (RE295-17A)</th> <th>原子炉棟排気高レンジ放射線モニタ (RE295-17B)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>たて</td> <td>120</td> <td>120</td> </tr> <tr> <td>横</td> <td>535</td> <td>535</td> </tr> <tr> <td>高さ</td> <td>210</td> <td>210</td> </tr> </tbody> </table>	機器名称	原子炉棟排気高レンジ放射線モニタ (RE295-17A)	原子炉棟排気高レンジ放射線モニタ (RE295-17B)	たて	120	120	横	535	535	高さ	210	210
機器名称	原子炉棟排気高レンジ放射線モニタ (RE295-17A)	原子炉棟排気高レンジ放射線モニタ (RE295-17B)												
たて	120	120												
横	535	535												
高さ	210	210												
		(単位 : mm)												

表 2-2 構造計画 (その 2)

計画の概要		概略構造図												
基礎・支持構造	主体構造													
検出器は、基礎ボルトにより壁に設置された架台に、取付ボルトで固定される。	半導体式	<p>(平面図) (側面図)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>機器名称</th> <th>原子炉棟排気高レンジ放射線モニタ (RE295-17C)</th> <th>原子炉棟排気高レンジ放射線モニタ (RE295-17D)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>たて</td> <td>120</td> <td>120</td> </tr> <tr> <td>横</td> <td>535</td> <td>535</td> </tr> <tr> <td>高さ</td> <td>210</td> <td>210</td> </tr> </tbody> </table>	機器名称	原子炉棟排気高レンジ放射線モニタ (RE295-17C)	原子炉棟排気高レンジ放射線モニタ (RE295-17D)	たて	120	120	横	535	535	高さ	210	210
機器名称	原子炉棟排気高レンジ放射線モニタ (RE295-17C)	原子炉棟排気高レンジ放射線モニタ (RE295-17D)												
たて	120	120												
横	535	535												
高さ	210	210												

(単位 : mm)



## 2.2 評価方針

原子炉棟排気高レンジ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」にて示す原子炉棟排気高レンジ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、原子炉棟排気高レンジ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。

原子炉棟排気高レンジ放射線モニタの耐震評価フローを図 2-1 に示す。

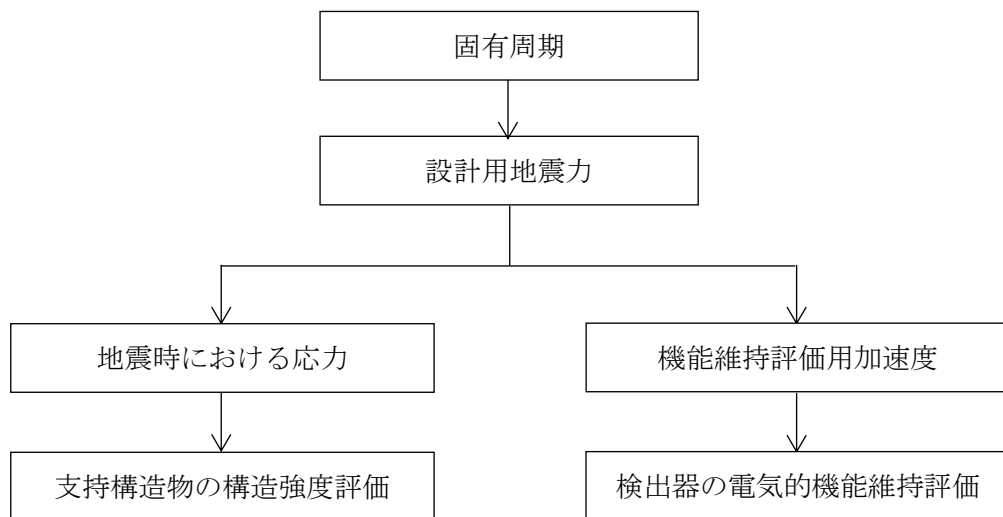


図 2-1 原子炉棟排気高レンジ放射線モニタの耐震評価フロー

### 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
$A_{bi}$	ボルトの軸断面積* <sup>1</sup>	mm <sup>2</sup>
$C_H$	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* <sup>1</sup>	mm
$F_i$	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値* <sup>1</sup>	MPa
$F_i^*$	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値* <sup>1</sup>	MPa
$F_{bi}$	ボルトに作用する引張力 (1 本当たり) * <sup>1</sup>	N
$F_{b1i}$	鉛直方向地震及び壁掛取付面に対し左右方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力 (1 本当たり) (壁掛形) * <sup>1</sup>	N
$F_{b2i}$	鉛直方向地震及び壁掛取付面に対し前後方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力 (1 本当たり) (壁掛形) * <sup>1</sup>	N
$f_{sbi}$	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力* <sup>1</sup>	MPa
$f_{toi}$	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力* <sup>1</sup>	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) * <sup>1</sup>	MPa
$g$	重力加速度 (=9.80665)	m/s <sup>2</sup>
$h_i$	据付面又は取付面から重心までの距離* <sup>2</sup>	mm
$l_{1i}$	重心と下側ボルト間の鉛直方向距離 (壁掛形) * <sup>1</sup>	mm
$l_{2i}$	上側ボルトと下側ボルト間の鉛直方向距離 (壁掛形) * <sup>1</sup>	mm
$l_{3i}$	左側ボルトと右側ボルト間の水平方向距離 (壁掛形) * <sup>1</sup>	mm
$m_i$	質量* <sup>2</sup>	kg
$n_i$	ボルトの本数* <sup>1</sup>	—
$n_{fvi}$	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 (前後方向) (壁掛形) * <sup>1</sup>	—
$n_{fHi}$	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 (左右方向) (壁掛形) * <sup>1</sup>	—
$Q_{bi}$	ボルトに作用するせん断力* <sup>1</sup>	N
$Q_{b1i}$	水平方向地震によりボルトに作用するせん断力 (壁掛形) * <sup>1</sup>	N
$Q_{b2i}$	鉛直方向地震によりボルトに作用するせん断力 (壁掛形) * <sup>1</sup>	N
$S_{ui}$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 9 に定める値* <sup>1</sup>	MPa
$S_{yi}$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める値* <sup>1</sup>	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* <sup>1</sup>	MPa
$\pi$	円周率	—
$\sigma_{bi}$	ボルトに生じる引張応力* <sup>1</sup>	MPa
$\tau_{bi}$	ボルトに生じるせん断応力* <sup>1</sup>	MPa

注記\*1:  $A_{bi}$ ,  $d_i$ ,  $F_i$ ,  $F_i^*$ ,  $F_{bi}$ ,  $F_{b1i}$ ,  $F_{b2i}$ ,  $f_{sbi}$ ,  $f_{toi}$ ,  $f_{tsi}$ ,  $l_{1i}$ ,  
 $l_{2i}$ ,  $l_{3i}$ ,  $n_i$ ,  $nf_{vi}$ ,  $nf_{Hi}$ ,  $Q_{bi}$ ,  $Q_{b1i}$ ,  $Q_{b2i}$ ,  $S_{ui}$ ,  $S_{yi}$ ,  
 $S_{yi}(RT)$ ,  $\sigma_{bi}$ 及び $\tau_{bi}$ の添字  $i$  の意味は、以下のとおりとする。

$i = 1$ : 基礎ボルト

$i = 2$ : 取付ボルト

\*2:  $h_i$ 及び $m_i$ の添字  $i$  の意味は、以下のとおりとする。

$i = 1$ : 検出器+架台

$i = 2$ : 検出器

## 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2-3に示すとおりである。

表2-3 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 <sup>*1</sup>
長さ	mm	—	—	整数位 <sup>*1</sup>
面積	mm <sup>2</sup>	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 <sup>*2</sup>
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 <sup>*2</sup>
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力 <sup>*3</sup>	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

原子炉棟排気高レンジ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基礎ボルト及び取付ボルトについて実施する。

原子炉棟排気高レンジ放射線モニタの耐震評価部位については、表 2-1 及び表 2-2 の概略構造図に示す。

### 4. 固有周期

#### 4.1 基本方針

原子炉棟排気高レンジ放射線モニタの固有周期は、振動試験（自由振動試験）にて求める。









#### 4.2 固有周期の確認方法

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、固有周期を確認する。原子炉棟排気高レンジ放射線モニタの外形図を表 2-1 及び表 2-2 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)

原子炉棟排気高レンジ 放射線モニタ (RE295-17A)	水平	
	鉛直	
原子炉棟排気高レンジ 放射線モニタ (RE295-17B)	水平	
	鉛直	
原子炉棟排気高レンジ 放射線モニタ (RE295-17C)	水平	
	鉛直	
原子炉棟排気高レンジ 放射線モニタ (RE295-17D)	水平	
	鉛直	

## 5. 構造強度評価

### 5.1 構造強度評価方法

- (1) 原子炉棟排気高レンジ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) 地震力は原子炉棟排気高レンジ放射線モニタに対して水平方向及び鉛直方向から個別に作用させる。  
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) 原子炉棟排気高レンジ放射線モニタは取付ボルトで架台に固定されており、固定端とする。また、架台は基礎ボルトで壁に固定されており、固定端とする。
- (4) 転倒方向は、正面より見て左右方向及び前後方向について検討し、計算書には結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。
- (5) 原子炉棟排気高レンジ放射線モニタの重心位置については、転倒方向を考慮して、計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定して耐震性の計算を行う。
- (6) 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

原子炉棟排気高レンジ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

原子炉棟排気高レンジ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

原子炉棟排気高レンジ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の評価に用いるものを表 5-3 に示す。

表 5-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（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	原子炉棟排気高レンジ 放射線モニタ		S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ <sub>A</sub> S
						$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ <sub>A</sub> S
計測制御 系統施設	工学的安全施設 等の起動信号	非常用ガス 処理系	原子炉棟 放射能高	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ <sub>A</sub> S
						$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ <sub>A</sub> 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 <sup>*1, *2</sup> (ボルト等)	
	一次応力	
	引張	せん断
Ⅲ <sub>A</sub> S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
Ⅳ <sub>A</sub> 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 <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS400 (径 ≤ 16mm)	周囲環境温度	50	241	394	—
取付ボルト	SS400 (16mm < 径 ≤ 40mm)	周囲環境温度	50	231	394	—

### 5.3 設計用地震力

原子炉棟排気高レンジ放射線モニタの設計用地震力のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表5-4に示す。

「弾性設計用地震動S<sub>d</sub>又は静的震度」及び「基準地震動S<sub>s</sub>」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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動S <sub>s</sub>	
		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
原子炉棟排気 高レンジ 放射線モニタ (RE295-17A)	原子炉建物 EL 23.8 (EL 30.5* <sup>1</sup> , 34.8* <sup>1</sup> )			C <sub>H</sub> =1.92* <sup>2</sup>	C <sub>V</sub> =1.31* <sup>2</sup>	C <sub>H</sub> =2.33* <sup>3</sup>	C <sub>V</sub> =2.39* <sup>3</sup>
原子炉棟排気 高レンジ 放射線モニタ (RE295-17B)	原子炉建物 EL 23.8 (EL 30.5* <sup>1</sup> )			C <sub>H</sub> =1.92* <sup>2</sup>	C <sub>V</sub> =1.25* <sup>2</sup>	C <sub>H</sub> =2.33* <sup>3</sup>	C <sub>V</sub> =2.31* <sup>3</sup>
原子炉棟排気 高レンジ 放射線モニタ (RE295-17C)	原子炉建物 EL 23.8 (EL 30.5* <sup>1</sup> )			C <sub>H</sub> =1.92* <sup>2</sup>	C <sub>V</sub> =1.25* <sup>2</sup>	C <sub>H</sub> =2.33* <sup>3</sup>	C <sub>V</sub> =2.31* <sup>3</sup>
原子炉棟排気 高レンジ 放射線モニタ (RE295-17D)	原子炉建物 EL 23.8 (EL 30.5* <sup>1</sup> , 34.8* <sup>1</sup> )			C <sub>H</sub> =1.92* <sup>2</sup>	C <sub>V</sub> =1.31* <sup>2</sup>	C <sub>H</sub> =2.33* <sup>3</sup>	C <sub>V</sub> =2.39* <sup>3</sup>

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：設計用震度Ⅱ（弾性設計用震度S<sub>d</sub>）又は静的震度

\*3：設計用震度Ⅱ（基準地震動S<sub>s</sub>）

## 5.4 計算方法

### 5.4.1 応力の計算方法

#### 5.4.1.1 基礎ボルトの計算方法

基礎ボルトの応力は、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。

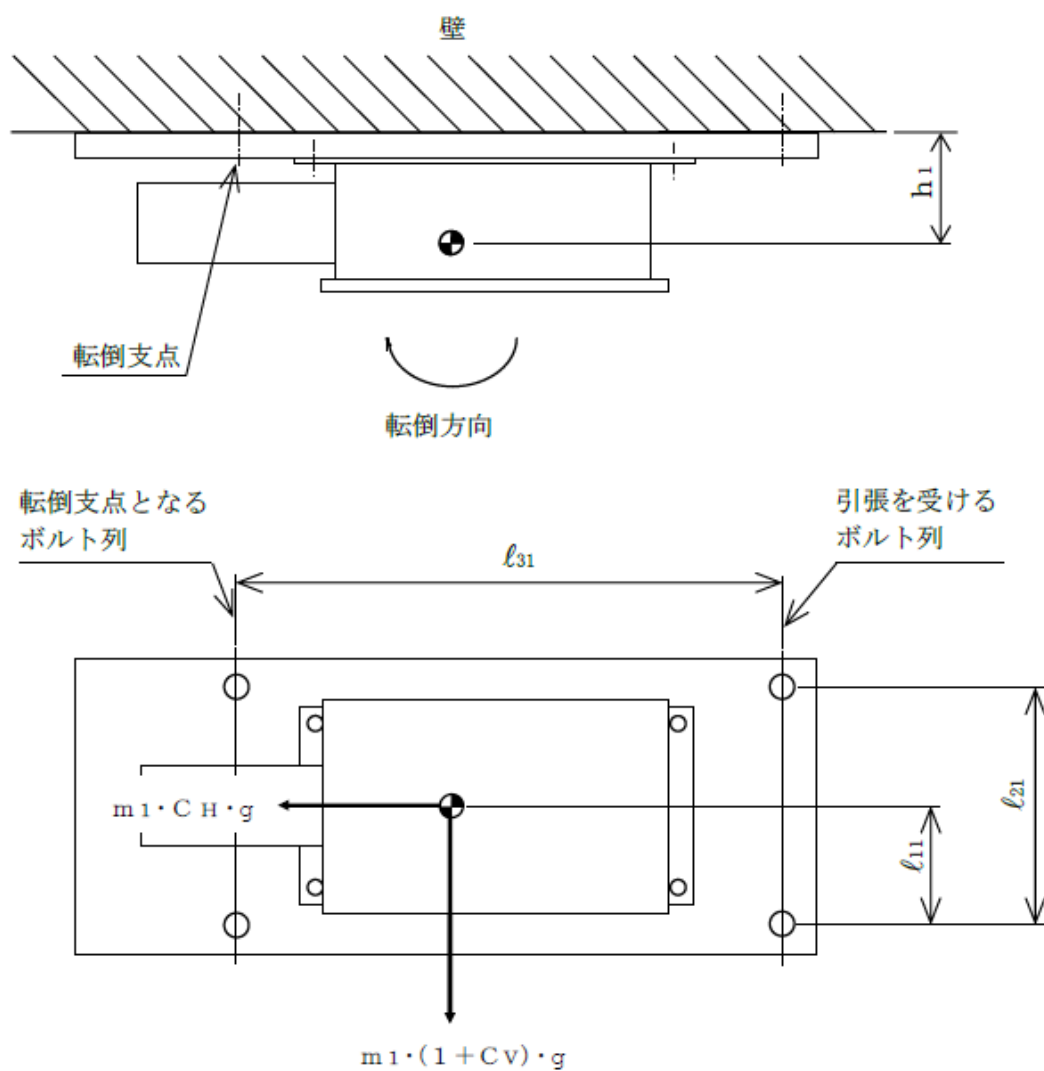


図5-1 計算モデル（壁掛形 左右方向転倒）

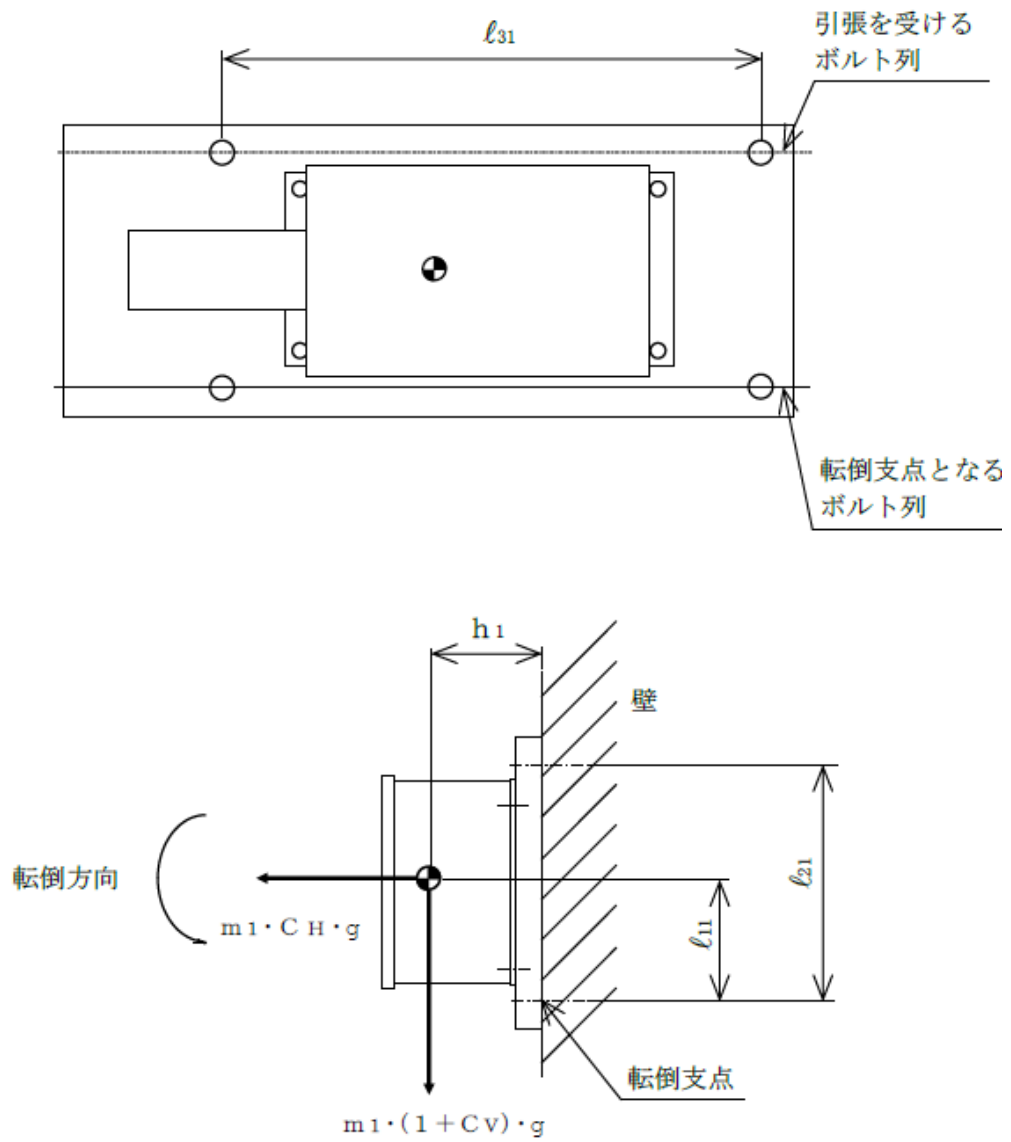


図5-2 計算モデル（壁掛形 前後方向転倒）

## (1) 引張応力

基礎ボルトに対する引張力は、図5-1及び図5-2でそれぞれのボルトを支点とする転倒を考え、これを片側のボルトで受けるものとして計算する。

引張力

$$F_{b11} = \frac{m_1 \cdot (1 + C_V) \cdot h_1 \cdot g}{n_{fV1} \cdot l_{21}} + \frac{m_1 \cdot C_H \cdot h_1 \cdot g}{n_{fH1} \cdot l_{31}} \dots (5.4.1.1.1)$$

$$F_{b21} = \frac{m_1 \cdot (1 + C_V) \cdot h_1 \cdot g + m_1 \cdot C_H \cdot l_{11} \cdot g}{n_{fV1} \cdot l_{21}} \dots (5.4.1.1.2)$$

$$F_{b1} = \text{Max} (F_{b11}, F_{b21}) \dots (5.4.1.1.3)$$

引張応力

$$\sigma_{b1} = \frac{F_{b1}}{A_{b1}} \dots (5.4.1.1.4)$$

ここで、基礎ボルトの軸断面積 $A_{b1}$ は次式により求める。

$$A_{b1} = \frac{\pi}{4} \cdot d_1^2 \dots (5.4.1.1.5)$$

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

## (2) せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b11} = m_1 \cdot C_H \cdot g \dots (5.4.1.1.6)$$

$$Q_{b21} = m_1 \cdot (1 + C_V) \cdot g \dots (5.4.1.1.7)$$

$$Q_{b1} = \sqrt{(Q_{b11})^2 + (Q_{b21})^2} \dots (5.4.1.1.8)$$

せん断応力

$$\tau_{b1} = \frac{Q_{b1}}{n_1 \cdot A_{b1}} \dots (5.4.1.1.9)$$

5.4.1.2 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。

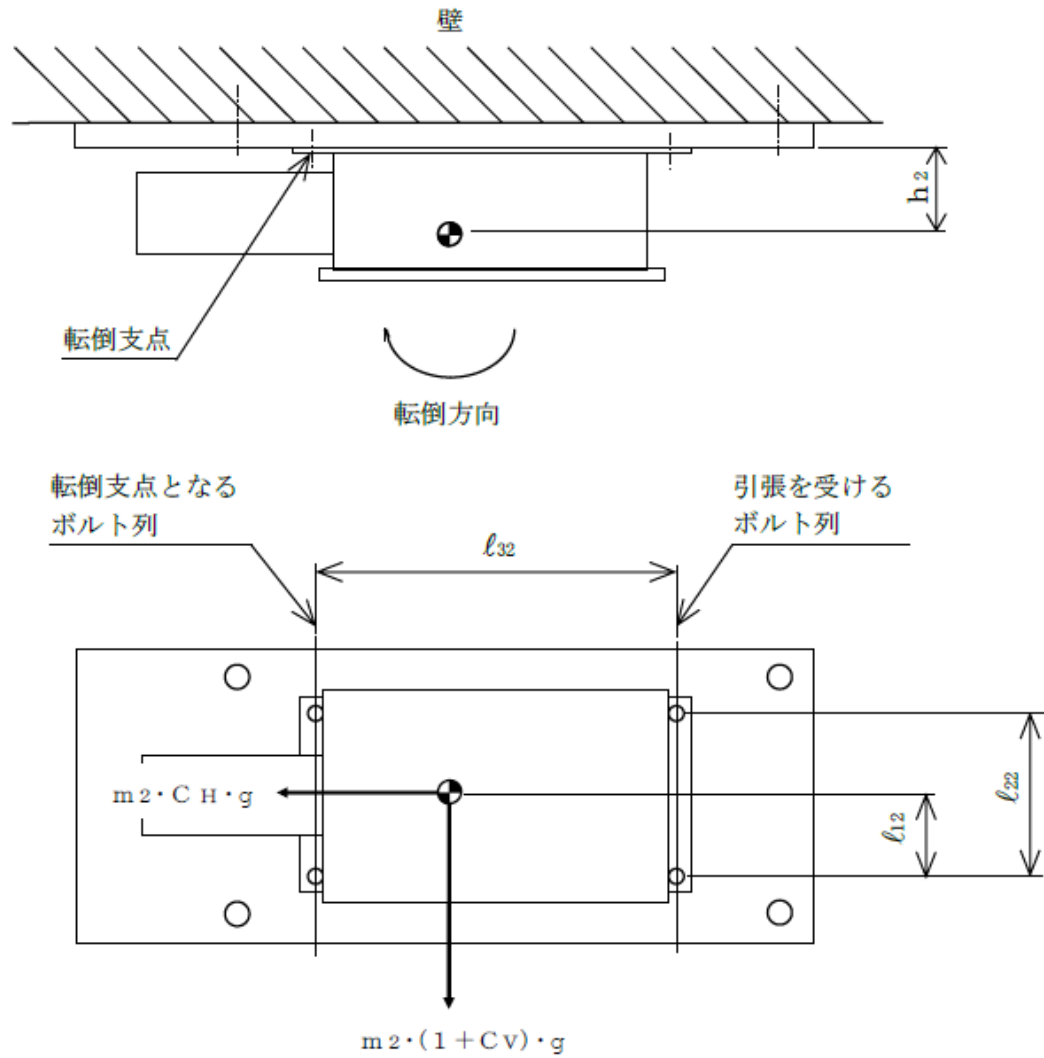


図5-3 計算モデル（壁掛形 左右方向転倒）

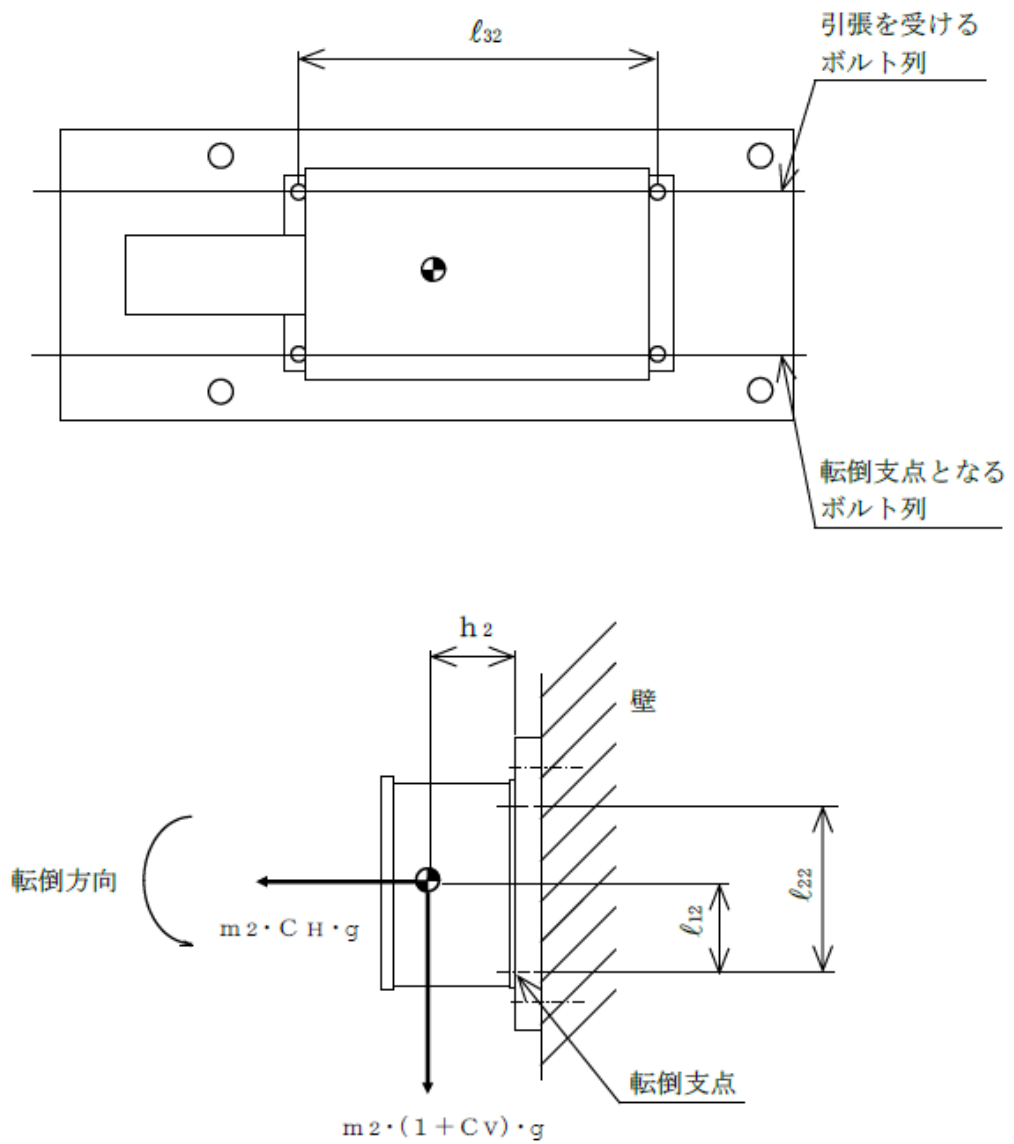


図5-4 計算モデル（壁掛形 前後方向転倒）



## (1) 引張応力

取付ボルトに対する引張力は、図5-3及び図5-4でそれぞれのボルトを支点とする転倒を考え、これを片側のボルトで受けるものとして計算する。

引張力

$$F_{b12} = \frac{m_2 \cdot (1 + C_V) \cdot h_2 \cdot g}{n_{fv2} \cdot l_{22}} + \frac{m_2 \cdot C_H \cdot h_2 \cdot g}{n_{fH2} \cdot l_{32}} \dots (5.4.1.2.1)$$

$$F_{b22} = \frac{m_2 \cdot (1 + C_V) \cdot h_2 \cdot g + m_2 \cdot C_H \cdot l_{12} \cdot g}{n_{fv2} \cdot l_{22}} \dots (5.4.1.2.2)$$

$$F_{b2} = \text{Max} (F_{b12}, F_{b22}) \dots (5.4.1.2.3)$$

引張応力

$$\sigma_{b2} = \frac{F_{b2}}{A_{b2}} \dots (5.4.1.2.4)$$

ここで、取付ボルトの軸断面積 $A_{b2}$ は次式により求める。

$$A_{b2} = \frac{\pi}{4} \cdot d_2^2 \dots (5.4.1.2.5)$$

ただし、 $F_{b2}$ が負のときボルトには引張力が生じないので、引張応力の計算は行わない。

## (2) せん断応力

取付ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b12} = m_2 \cdot C_H \cdot g \dots (5.4.1.2.6)$$

$$Q_{b22} = m_2 \cdot (1 + C_V) \cdot g \dots (5.4.1.2.7)$$

$$Q_{b2} = \sqrt{(Q_{b12})^2 + (Q_{b22})^2} \dots (5.4.1.2.8)$$

せん断応力

$$\tau_{b2} = \frac{Q_{b2}}{n_2 \cdot A_{b2}} \dots (5.4.1.2.9)$$

## 5.5 計算条件

### 5.5.1 基礎ボルトの応力計算条件

基礎ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【原子炉棟排気高レンジ放射線モニタ (RE295-17A) の耐震性についての計算結果】、【原子炉棟排気高レンジ放射線モニタ (RE295-17B) の耐震性についての計算結果】、【原子炉棟排気高レンジ放射線モニタ (RE295-17C) の耐震性についての計算結果】、【原子炉棟排気高レンジ放射線モニタ (RE295-17D) 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。

### 5.5.2 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【原子炉棟排気高レンジ放射線モニタ (RE295-17A) の耐震性についての計算結果】、【原子炉棟排気高レンジ放射線モニタ (RE295-17B) の耐震性についての計算結果】、【原子炉棟排気高レンジ放射線モニタ (RE295-17C) の耐震性についての計算結果】、【原子炉棟排気高レンジ放射線モニタ (RE295-17D) 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 $\sigma_{bi}$ は次式より求めた許容組合せ応力 $f_{tsi}$ 以下であること。ただし、 $f_{toi}$ は下表による。

$$f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}] \quad \dots\dots\dots (5.6.1.1)$$

せん断応力 $\tau_{bi}$ 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. 機能維持評価

6.1 電氣的機能維持評価方法

原子炉棟排気高レンジ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。

原子炉棟排気高レンジ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サインビート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 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

機器名称	方向	機能確認済加速度
原子炉棟排気高レンジ放射線モニタ (RE295-17A)	水平	<input type="checkbox"/>
	鉛直	<input type="checkbox"/>
原子炉棟排気高レンジ放射線モニタ (RE295-17B)	水平	<input type="checkbox"/>
	鉛直	<input type="checkbox"/>
原子炉棟排気高レンジ放射線モニタ (RE295-17C)	水平	<input type="checkbox"/>
	鉛直	<input type="checkbox"/>
原子炉棟排気高レンジ放射線モニタ (RE295-17D)	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

原子炉棟排気高レンジ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、電気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

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【原子炉棟排気高レンジ放射線モニタ (RE295-17A) 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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		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	
原子炉棟排気高レンジ 放射線モニタ (RE295-17A)	S	原子炉建物 EL 23.8 (EL 30.5* <sup>1</sup> , 34.8* <sup>1</sup> )			C <sub>H</sub> =1.92* <sup>2</sup>	C <sub>V</sub> =1.31* <sup>2</sup>	C <sub>H</sub> =2.33* <sup>3</sup>	C <sub>V</sub> =2.39* <sup>3</sup>	50

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<sub>d</sub>) 又は静的震度

\*3: 設計用震度Ⅱ (基準地震動 S<sub>s</sub>)

1.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)
基礎ボルト (i = 1)		80	12 (M12)	113.1	4	241 (径 ≤ 16mm)	394 (径 ≤ 16mm)
取付ボルト (i = 2)		60	6 (M6)	28.27	4	231 (16mm < 径 ≤ 40mm)	394 (16mm < 径 ≤ 40mm)

部材	l <sub>1 i</sub> * (mm)	l <sub>2 i</sub> * (mm)	l <sub>3 i</sub> * (mm)	n <sub>f v i</sub> *	n <sub>f H i</sub> *	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> * (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト (i = 1)	90	180	400	2	2	241	276	前後方向	前後方向
	90	180	400	2	2				
取付ボルト (i = 2)	62.5	125	265	2	2	231	276	前後方向	前後方向
	62.5	125	265	2	2				

注記\*: 各ボルトの機器要目における上段は左右方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は前後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 <sub>b i</sub>		Q <sub>b i</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			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	$\sigma_{b1}=1$	$f_{ts1}=144^*$	$\sigma_{b1}=1$	$f_{ts1}=165^*$
		せん断	$\tau_{b1}=1$	$f_{sb1}=111$	$\tau_{b1}=1$	$f_{sb1}=127$
取付ボルト (i=2)	SS400	引張	$\sigma_{b2}=2$	$f_{ts2}=173^*$	$\sigma_{b2}=3$	$f_{ts2}=207^*$
		せん断	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2}=133$	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2}=159$

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

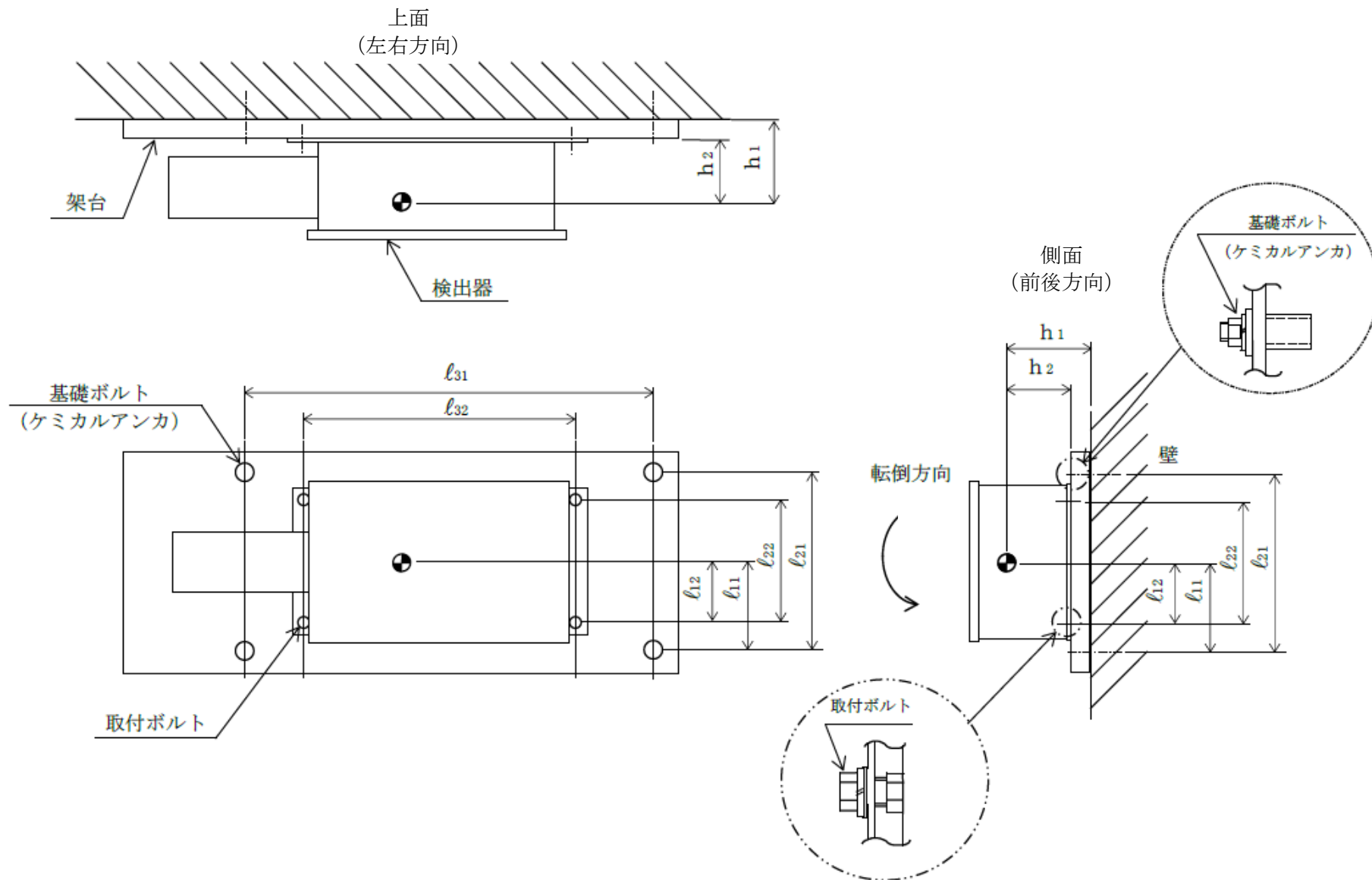
すべて許容応力以下である。

1.4.2 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
原子炉棟排気高レンジ 放射線モニタ (RE295-17A)	水平方向	1.95	□
	鉛直方向	1.98	□

注記\*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）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。





【原子炉棟排気高レンジ放射線モニタ (RE295-17B) 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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		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	
原子炉棟排気高レンジ 放射線モニタ (RE295-17B)	S	原子炉建物 EL 23.8 (EL 30.5* <sup>1</sup> )			C <sub>H</sub> =1.92* <sup>2</sup>	C <sub>V</sub> =1.25* <sup>2</sup>	C <sub>H</sub> =2.33* <sup>3</sup>	C <sub>V</sub> =2.31* <sup>3</sup>	50

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<sub>d</sub>) 又は静的震度

\*3: 設計用震度Ⅱ (基準地震動 S<sub>s</sub>)

1.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)
基礎ボルト (i = 1)		80	12 (M12)	113.1	4	241 (径 ≤ 16mm)	394 (径 ≤ 16mm)
取付ボルト (i = 2)		60	6 (M6)	28.27	4	231 (16mm < 径 ≤ 40mm)	394 (16mm < 径 ≤ 40mm)

部材	l <sub>1 i</sub> * (mm)	l <sub>2 i</sub> * (mm)	l <sub>3 i</sub> * (mm)	n <sub>f v i</sub> *	n <sub>f H i</sub> *	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> * (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト (i = 1)	90	180	400	2	2	241	276	前後方向	前後方向
	90	180	400	2	2				
取付ボルト (i = 2)	62.5	125	265	2	2	231	276	前後方向	前後方向
	62.5	125	265	2	2				

注記\*: 各ボルトの機器要目における上段は左右方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は前後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 <sub>b i</sub>		Q <sub>b i</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			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	$\sigma_{b1}=1$	$f_{ts1}=144^*$	$\sigma_{b1}=1$	$f_{ts1}=165^*$
		せん断	$\tau_{b1}=1$	$f_{sb1}=111$	$\tau_{b1}=1$	$f_{sb1}=127$
取付ボルト (i=2)	SS400	引張	$\sigma_{b2}=2$	$f_{ts2}=173^*$	$\sigma_{b2}=3$	$f_{ts2}=207^*$
		せん断	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2}=133$	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2}=159$

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

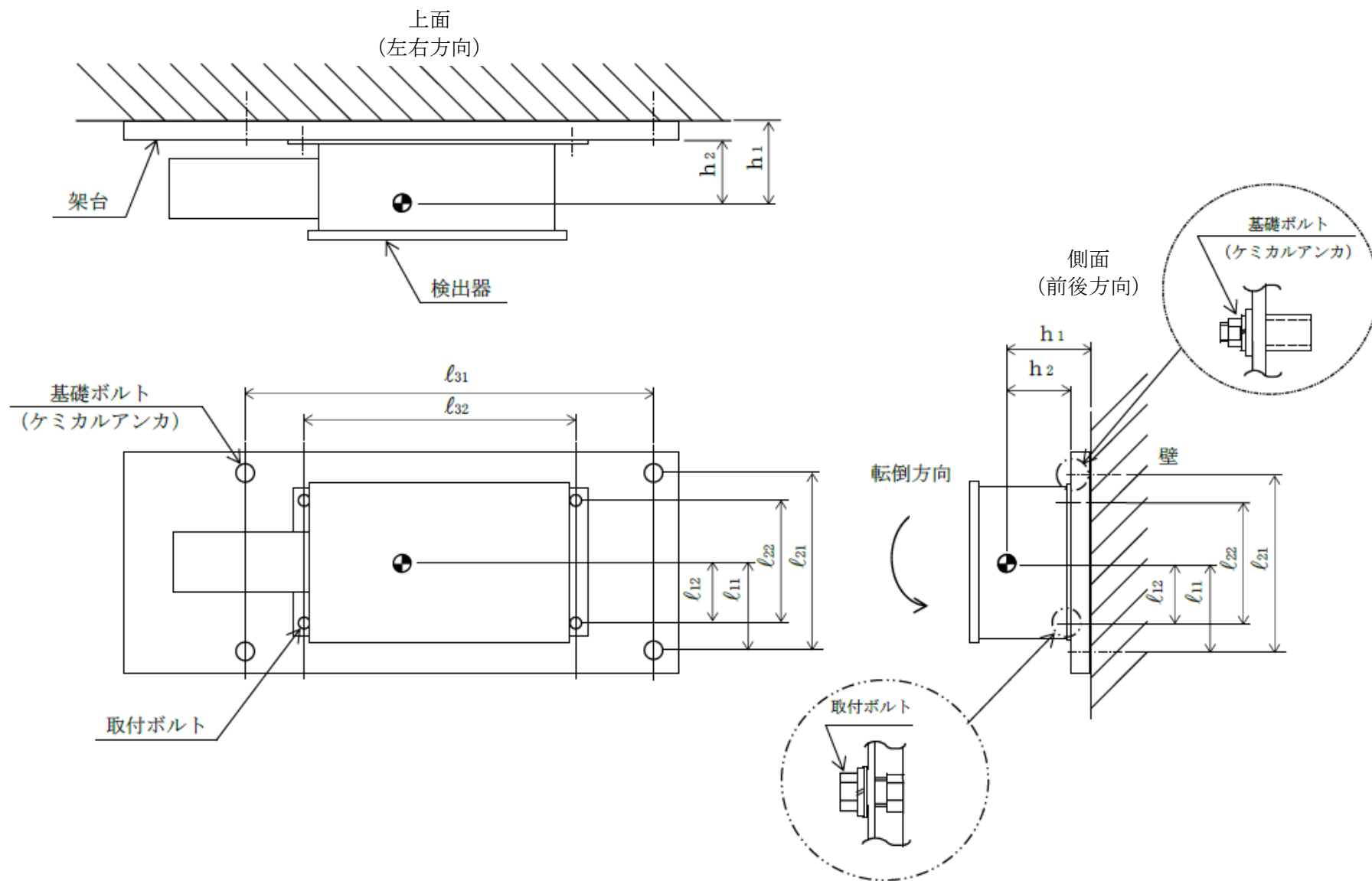
すべて許容応力以下である。

1.4.2 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
原子炉棟排気高レンジ 放射線モニタ (RE295-17B)	水平方向	1.95	□
	鉛直方向	1.94	□

注記\*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）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。



【原子炉棟排気高レンジ放射線モニタ (RE295-17C) 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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		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	
原子炉棟排気高レンジ 放射線モニタ (RE295-17C)	S	原子炉建物 EL 23.8 (EL 30.5* <sup>1</sup> )			C <sub>H</sub> =1.92* <sup>2</sup>	C <sub>V</sub> =1.25* <sup>2</sup>	C <sub>H</sub> =2.33* <sup>3</sup>	C <sub>V</sub> =2.31* <sup>3</sup>	50

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<sub>d</sub>) 又は静的震度

\*3: 設計用震度Ⅱ (基準地震動 S<sub>s</sub>)

1.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)
基礎ボルト (i = 1)		80	12 (M12)	113.1	4	241 (径 ≤ 16mm)	394 (径 ≤ 16mm)
取付ボルト (i = 2)		60	6 (M6)	28.27	4	231 (16mm < 径 ≤ 40mm)	394 (16mm < 径 ≤ 40mm)

部材	l <sub>1 i</sub> * (mm)	l <sub>2 i</sub> * (mm)	l <sub>3 i</sub> * (mm)	n <sub>f v i</sub> *	n <sub>f H i</sub> *	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> * (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト (i = 1)	90	180	400	2	2	241	276	前後方向	前後方向
	90	180	400	2	2				
取付ボルト (i = 2)	62.5	125	265	2	2	231	276	前後方向	前後方向
	62.5	125	265	2	2				

注記\*: 各ボルトの機器要目における上段は左右方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は前後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 <sub>b i</sub>		Q <sub>b i</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			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	$\sigma_{b1}=1$	$f_{ts1}=144^*$	$\sigma_{b1}=1$	$f_{ts1}=165^*$
		せん断	$\tau_{b1}=1$	$f_{sb1}=111$	$\tau_{b1}=1$	$f_{sb1}=127$
取付ボルト (i=2)	SS400	引張	$\sigma_{b2}=2$	$f_{ts2}=173^*$	$\sigma_{b2}=3$	$f_{ts2}=207^*$
		せん断	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2}=133$	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2}=159$

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

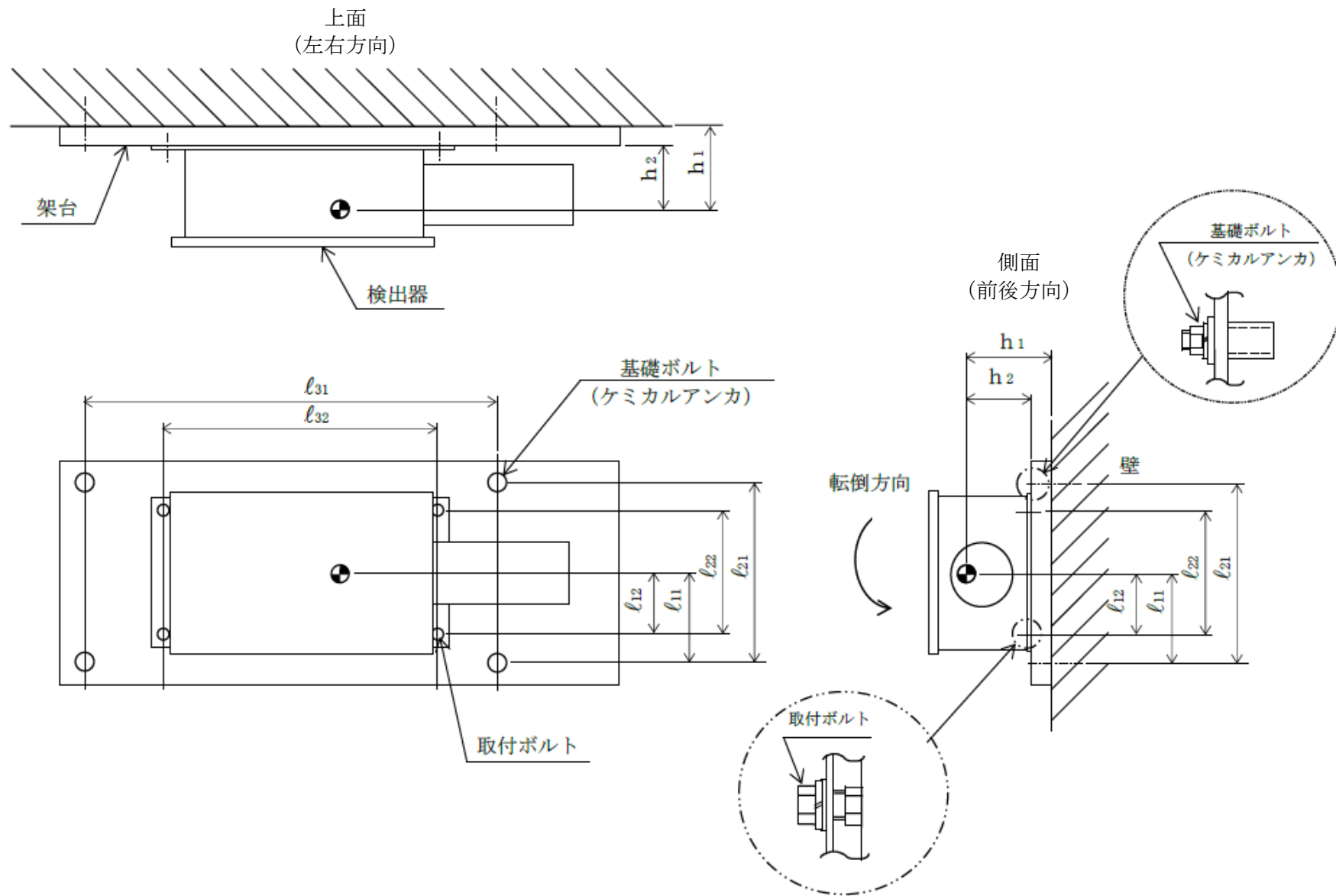
すべて許容応力以下である。

1.4.2 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
原子炉棟排気高レンジ 放射線モニタ (RE295-17C)	水平方向	1.95	□
	鉛直方向	1.94	□

注記\*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）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。



【原子炉棟排気高レンジ放射線モニタ (RE295-17D) 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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		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	
原子炉棟排気高レンジ 放射線モニタ (RE295-17D)	S	原子炉建物 EL 23.8 (EL 30.5* <sup>1</sup> , 34.8* <sup>1</sup> )			C <sub>H</sub> =1.92* <sup>2</sup>	C <sub>V</sub> =1.31* <sup>2</sup>	C <sub>H</sub> =2.33* <sup>3</sup>	C <sub>V</sub> =2.39* <sup>3</sup>	50

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<sub>d</sub>) 又は静的震度

\*3: 設計用震度Ⅱ (基準地震動 S<sub>s</sub>)

1.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)
基礎ボルト (i = 1)		80	12 (M12)	113.1	4	241 (径 ≤ 16mm)	394 (径 ≤ 16mm)
取付ボルト (i = 2)		60	6 (M6)	28.27	4	231 (16mm < 径 ≤ 40mm)	394 (16mm < 径 ≤ 40mm)

部材	l <sub>1 i</sub> * (mm)	l <sub>2 i</sub> * (mm)	l <sub>3 i</sub> * (mm)	n <sub>f v i</sub> *	n <sub>f H i</sub> *	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> * (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト (i = 1)	90	180	400	2	2	241	276	前後方向	前後方向
	90	180	400	2	2				
取付ボルト (i = 2)	62.5	125	265	2	2	231	276	前後方向	前後方向
	62.5	125	265	2	2				

注記\*: 各ボルトの機器要目における上段は左右方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は前後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 <sub>b i</sub>		Q <sub>b i</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			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	$\sigma_{b1}=1$	$f_{ts1}=144^*$	$\sigma_{b1}=1$	$f_{ts1}=165^*$
		せん断	$\tau_{b1}=1$	$f_{sb1}=111$	$\tau_{b1}=1$	$f_{sb1}=127$
取付ボルト (i=2)	SS400	引張	$\sigma_{b2}=2$	$f_{ts2}=173^*$	$\sigma_{b2}=3$	$f_{ts2}=207^*$
		せん断	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2}=133$	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2}=159$

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

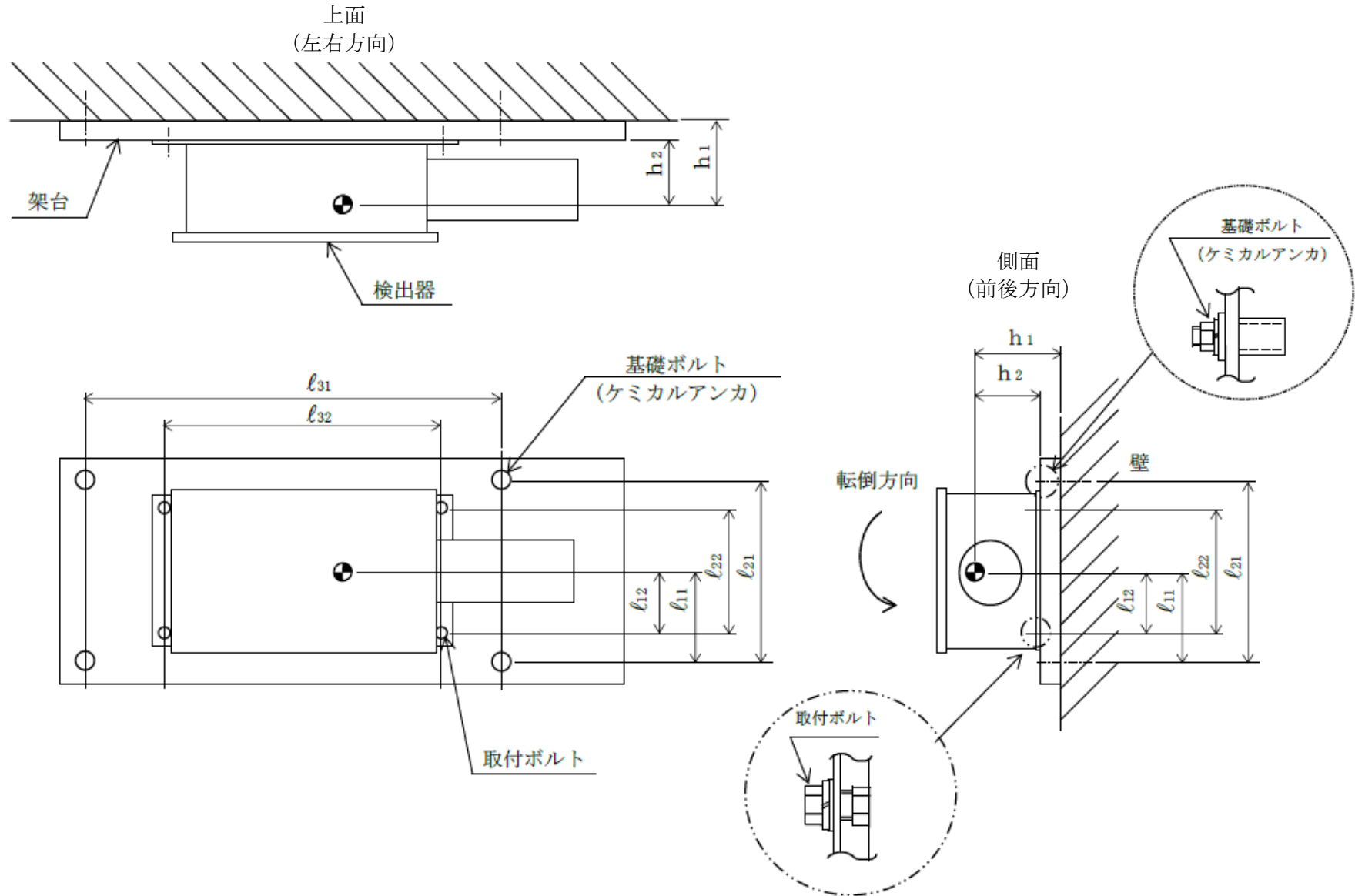
すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉棟排気高レンジ 放射線モニタ (RE295-17D)	水平方向	1.95	□
	鉛直方向	1.98	□

注記\*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）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-2-8-2-6 非常用ガス処理系排ガス高レンジ放射線モニタの  
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 固有周期の確認	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	16
5.6 応力の評価	17
6. 機能維持評価	18
6.1 電氣的機能維持評価方法	18
7. 評価結果	19
7.1 設計基準対象施設としての評価結果	19

## 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、非常用ガス処理系排ガス高レンジ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。

非常用ガス処理系排ガス高レンジ放射線モニタは、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

非常用ガス処理系排ガス高レンジ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	
<p>検出器は、検出器取付ボルトにより検出器取付台に固定される。</p> <p>検出器取付台は、壁に基礎ボルトで設置される。</p>	<p>電離箱</p>	<p>(平面図)</p> <p>(側面図)</p> <p>(単位：mm)</p>

## 2.2 評価方針

非常用ガス処理系排ガス高レンジ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」にて示す非常用ガス処理系排ガス高レンジ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、非常用ガス処理系排ガス高レンジ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。

非常用ガス処理系排ガス高レンジ放射線モニタの耐震評価フローを図 2-1 に示す。

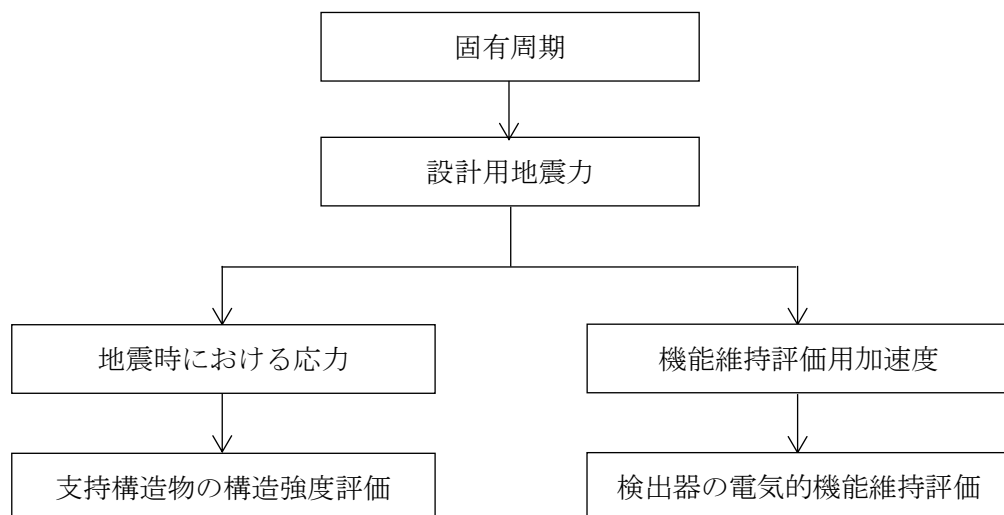


図 2-1 非常用ガス処理系排ガス高レンジ放射線モニタの耐震評価フロー

### 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	$\text{mm}^2$
$C_H$	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
$F_{b1}$	鉛直方向地震及び壁掛取付面に対し左右方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力 (1 本当たり) (壁掛形)	N
$F_{b2}$	鉛直方向地震及び壁掛取付面に対し前後方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力 (1 本当たり) (壁掛形)	N
$f_{sb}$	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力	MPa
$f_{to}$	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
$g$	重力加速度 (=9.80665)	$\text{m/s}^2$
$h$	据付面から重心までの距離	mm
$l_1$	重心と下側ボルト間の鉛直方向距離 (壁掛形)	mm
$l_2$	上側ボルトと下側ボルト間の鉛直方向距離 (壁掛形)	mm
$l_3$	左側ボルトと右側ボルト間の水平方向距離 (壁掛形)	mm
$m$	質量	kg
$n$	ボルトの本数	—
$n_{fv}$	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 (前後方向) (壁掛形)	—
$n_{fH}$	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 (左右方向) (壁掛形)	—
$Q_b$	ボルトに作用するせん断力	N
$Q_{b1}$	水平方向地震によりボルトに作用するせん断力 (壁掛形)	N
$Q_{b2}$	鉛直方向地震によりボルトに作用するせん断力 (壁掛形)	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°Cにおける値	MPa
$\pi$	円周率	—
$\sigma_b$	ボルトに生じる引張応力	MPa
$\tau_b$	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 <sup>*1</sup>
面積	mm <sup>2</sup>	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 <sup>*2</sup>
力	N	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 <sup>*2</sup>
算出応力	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
許容応力 <sup>*3</sup>	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

非常用ガス処理系排ガス高レンジ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基礎ボルトについて実施する。

非常用ガス処理系排ガス高レンジ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 固有周期の確認

非常用ガス処理系排ガス高レンジ放射線モニタの固有周期は、構造が同等な検出器に対する振動試験（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 4-1 に示す。

表 4-1 固有周期

(単位：s)

非常用ガス処理系排ガス 高レンジ放射線モニタ (RE295-21)	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) 非常用ガス処理系排ガス高レンジ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) 地震力は非常用ガス処理系排ガス高レンジ放射線モニタに対して水平方向及び鉛直方向から個別に作用させる。  
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) 非常用ガス処理系排ガス高レンジ放射線モニタは基礎ボルトで壁に固定されており、固定端とする。
- (4) 転倒方向は、正面より見て左右方向及び前後方向について検討し、計算書には結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。
- (5) 非常用ガス処理系排ガス高レンジ放射線モニタの重心位置については、転倒方向を考慮して、計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定して耐震性の計算を行う。
- (6) 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

非常用ガス処理系排ガス高レンジ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

非常用ガス処理系排ガス高レンジ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

非常用ガス処理系排ガス高レンジ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の評価に用いるものを表 5-3 に示す。

表 5-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（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	非常用ガス処理系排ガス 高レンジ放射線モニタ	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ <sub>A</sub> S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ <sub>A</sub> 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 <sub>A</sub> S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
Ⅳ <sub>A</sub> 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 <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		周囲環境温度	50			
基礎ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	394	—

注記\* : SS400 相当

### 5.3 設計用地震力

非常用ガス処理系排ガス高レンジ放射線モニタの設計用地震力のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表5-4に示す。

「弾性設計用地震動S<sub>d</sub>又は静的震度」及び「基準地震動S<sub>s</sub>」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）

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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動S <sub>s</sub>	
	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 23.8 (EL 30.5* <sup>1</sup> )	0.05 以下	0.05 以下	C <sub>H</sub> =1.92* <sup>2</sup>	C <sub>V</sub> =1.25* <sup>2</sup>	C <sub>H</sub> =2.33* <sup>3</sup>	C <sub>V</sub> =2.31* <sup>3</sup>

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<sub>d</sub>）又は静的震度

\*3：設計用震度Ⅱ（基準地震動S<sub>s</sub>）

## 5.4 計算方法

### 5.4.1 応力の計算方法

#### 5.4.1.1 基礎ボルトの計算方法

基礎ボルトの応力は，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。

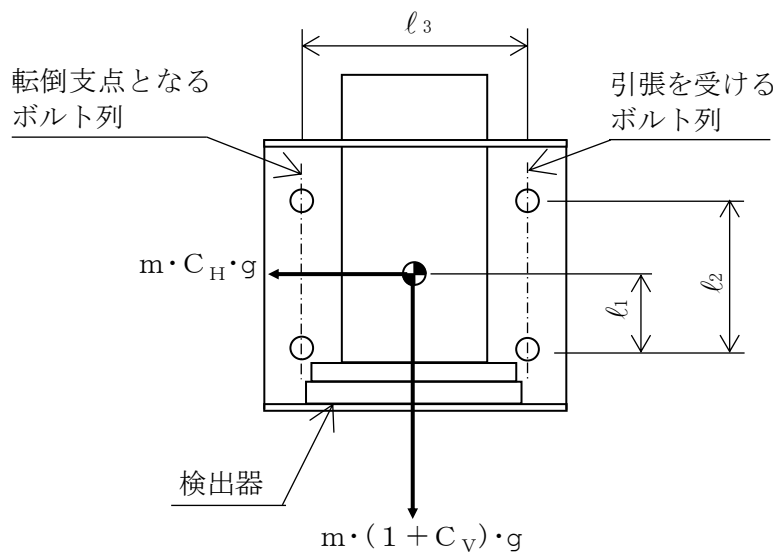
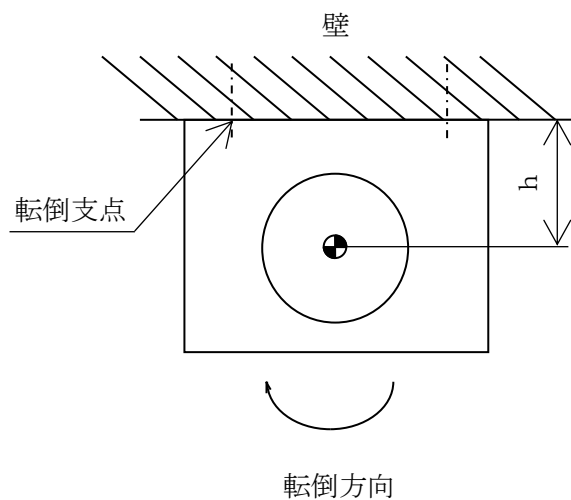


図5-1 計算モデル（壁掛形 左右方向転倒）



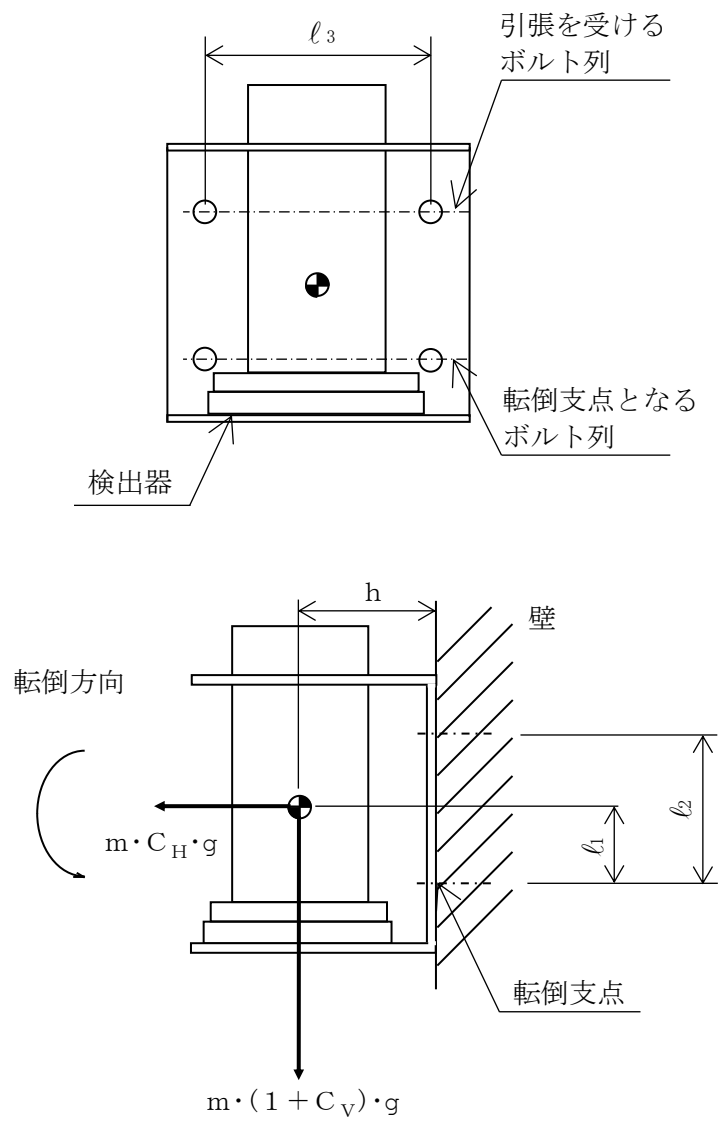


図 5-2 計算モデル (壁掛形 前後方向転倒)

## (1) 引張応力

基礎ボルトに対する引張力は、図5-1及び図5-2でそれぞれのボルトを支点とする転倒を考え、これを片側のボルトで受けるものとして計算する。

引張力

$$F_{b1} = \frac{m \cdot (1 + C_v) \cdot h \cdot g}{n_{fv} \cdot l_2} + \frac{m \cdot C_H \cdot h \cdot g}{n_{fH} \cdot l_3} \dots\dots\dots (5.4.1.1.1)$$

$$F_{b2} = \frac{m \cdot (1 + C_v) \cdot h \cdot g + m \cdot C_H \cdot l_1 \cdot g}{n_{fv} \cdot l_2} \dots\dots\dots (5.4.1.1.2)$$

$$F_b = \text{Max} (F_{b1}, F_{b2}) \dots\dots\dots (5.4.1.1.3)$$

引張応力

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b} \dots\dots\dots (5.4.1.1.4)$$

ここで、基礎ボルトの軸断面積 $A_b$ は次式により求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \dots\dots\dots (5.4.1.1.5)$$

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。

## (2) せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b1} = m \cdot C_H \cdot g \dots\dots\dots (5.4.1.1.6)$$

$$Q_{b2} = m \cdot (1 + C_v) \cdot g \dots\dots\dots (5.4.1.1.7)$$

$$Q_b = \sqrt{(Q_{b1})^2 + (Q_{b2})^2} \dots\dots\dots (5.4.1.1.8)$$

せん断応力

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n \cdot A_b} \dots\dots\dots (5.4.1.1.9)$$

## 5.5 計算条件

### 5.5.1 基礎ボルトの応力計算条件

基礎ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【非常用ガス処理系排ガス高レンジ放射線モニタ（RE295-21）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  $\sigma_b$  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。

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

せん断応力  $\tau_b$  は、せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力  $f_{sb}$  以下であること。ただし、 $f_{sb}$  は下表による。

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

## 6. 機能維持評価

### 6.1 電氣的機能維持評価方法

非常用ガス処理系排ガス高レンジ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。

非常用ガス処理系排ガス高レンジ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、当該検出器と類似の検出器単体のサインビート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
非常用ガス処理系排ガス 高レンジ放射線モニタ (RE295-21)	水平	□
	鉛直	□

## 7. 評価結果

### 7.1 設計基準対象施設としての評価結果

非常用ガス処理系排ガス高レンジ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。

【非常用ガス処理系排ガス高レンジ放射線モニタ (RE295-21) 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	
非常用ガス処理系排ガス 高レンジ放射線モニタ (RE295-21)	S	原子炉建物 EL 23.8 (EL 30.5*1)	0.05 以下	0.05 以下	$C_H=1.92^{*2}$	$C_V=1.25^{*2}$	$C_H=2.33^{*3}$	$C_V=2.31^{*3}$	50

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)	h (mm)	d (mm)	A <sub>b</sub> (mm <sup>2</sup> )	n	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)
基礎ボルト		110	12 (M12)	113.1	4	211 (40mm<径≤100mm)	394 (40mm<径≤100mm)

部材	ℓ <sub>1</sub> * (mm)	ℓ <sub>2</sub> * (mm)	ℓ <sub>3</sub> * (mm)	n <sub>fV</sub> *	n <sub>fH</sub> *	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
基礎ボルト	90	180	180	2	2	211	253	左右方向	左右方向
	90	180	180	2	2				

注記\*：基礎ボルトの機器要目における上段は左右方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は前後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 <sub>b</sub>		Q <sub>b</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト	□	□	□	□

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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS41	引張	$\sigma_b = 2$	$f_{ts} = 126^*$	$\sigma_b = 3$	$f_{ts} = 152^*$
		せん断	$\tau_b = 1$	$f_{sb} = 97$	$\tau_b = 2$	$f_{sb} = 117$

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

すべて許容応力以下である。

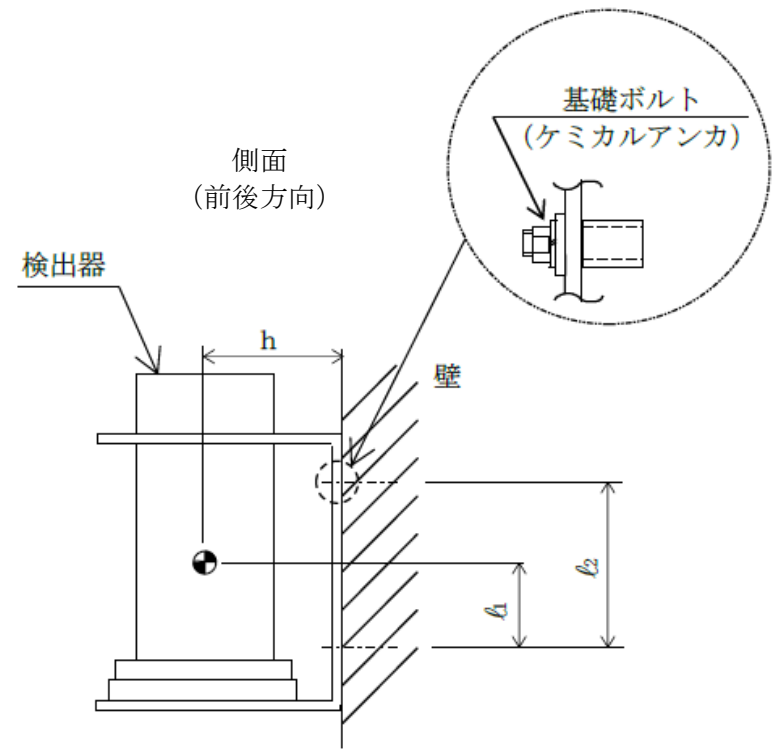
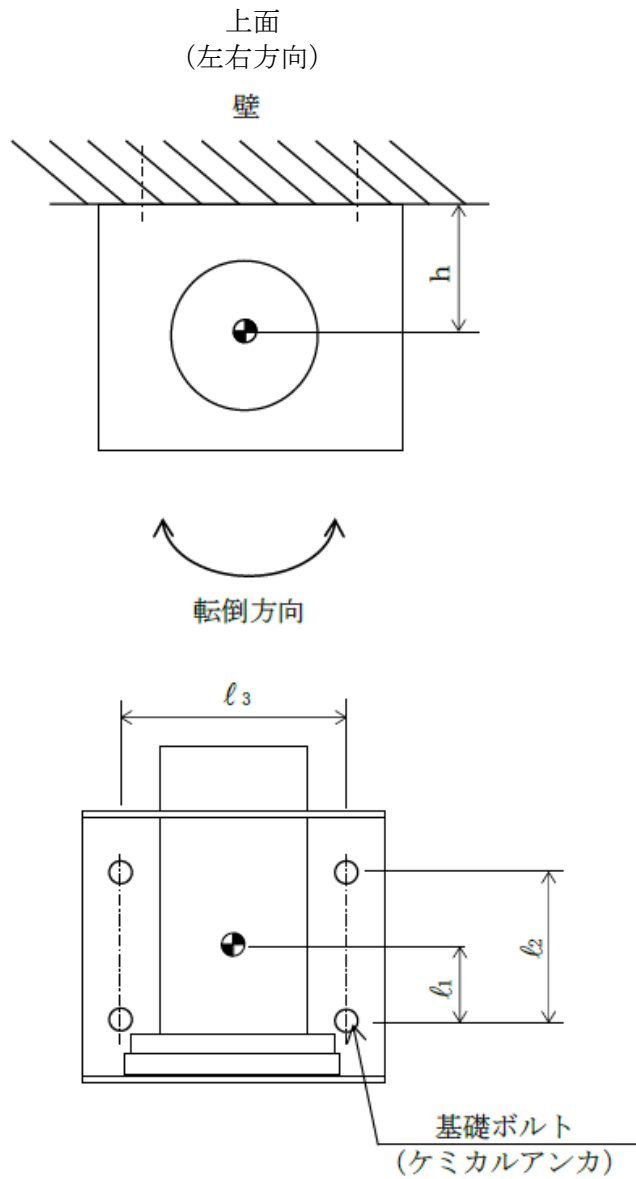
1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
非常用ガス処理系排ガス 高レンジ放射線モニタ (RE295-21)	水平方向	1.95	□
	鉛直方向	1.94	□

注記\*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）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-2-8-2-7 第1 ベントフィルタ出口放射線モニタ（低レンジ）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	8
4.1 基本方針	8
4.2 固有周期の確認方法	8
4.3 固有周期の確認結果	8
5. 構造強度評価	9
5.1 構造強度評価方法	9
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	9
5.3 設計用地震力	13
5.4 計算方法	14
5.5 計算条件	20
5.6 応力の評価	21
6. 機能維持評価	22
6.1 電氣的機能維持評価方法	22
7. 評価結果	23
7.1 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及び機能維持の設計方針に基づき、第1ベントフィルタ出口放射線モニタ（低レンジ）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。

第1ベントフィルタ出口放射線モニタ（低レンジ）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。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

第1ベントフィルタ出口放射線モニタ（低レンジ）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>検出器は、計器取付ボルトにより検出器用架台に固定され、検出器用架台は架台取付ボルトにより検出器収納箱に固定される。</p> <p>検出器収納箱は、収納箱取付ボルトにてチャンネルベースに設置する。</p> <p>チャンネルベースはベース取付ボルトにて基礎架台に設置され、基礎架台は基礎ボルトにて基礎に設置する。</p>	<p>電離箱</p>	

## 2.2 評価方針

第1ベントフィルタ出口放射線モニタ（低レンジ）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」にて示す第1ベントフィルタ出口放射線モニタ（低レンジ）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、第1ベントフィルタ出口放射線モニタ（低レンジ）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。

第1ベントフィルタ出口放射線モニタ（低レンジ）の耐震評価フローを図2-1に示す。

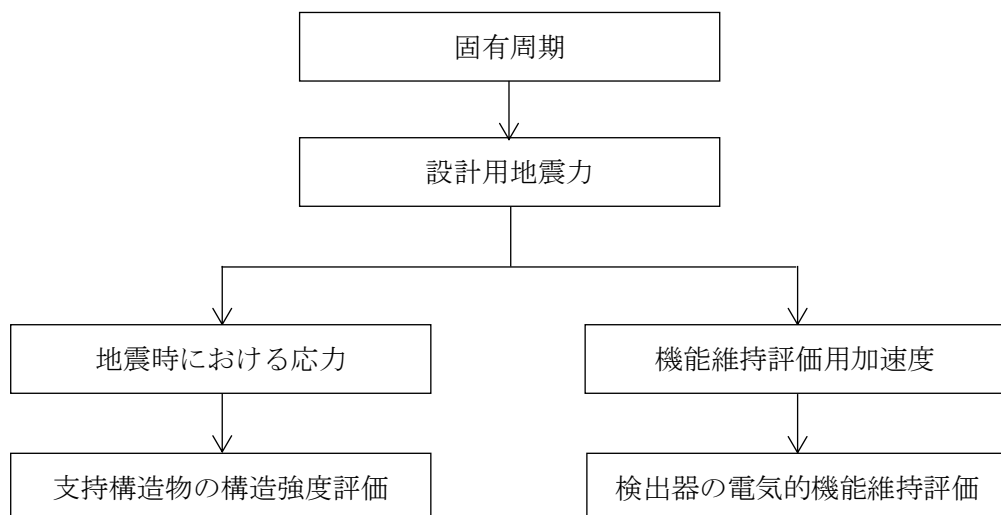


図2-1 第1ベントフィルタ出口放射線モニタ（低レンジ）の耐震評価フロー

### 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。）
- ・建築基準法・同施行令

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* <sup>1</sup>	mm <sup>2</sup>
$C_H$	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* <sup>1</sup>	mm
$F_i$	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値* <sup>1</sup>	MPa
$F_i^*$	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値* <sup>1</sup>	MPa
$F_{bi}$	ボルトに作用する引張力（1本あたり）* <sup>1</sup>	N
$f_{sbi}$	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力* <sup>1</sup>	MPa
$f_{toi}$	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力* <sup>1</sup>	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）* <sup>1</sup>	MPa
$g$	重力加速度（=9.80665）	m/s <sup>2</sup>
$h_i$	据付面又は取付面から重心までの距離* <sup>2</sup>	mm
$l_{1i}$	重心とボルト間の水平方向距離* <sup>1, *3</sup>	mm
$l_{2i}$	重心とボルト間の水平方向距離* <sup>1, *3</sup>	mm
$m_i$	検出器収納箱の質量* <sup>2</sup>	kg
$n_i$	ボルトの本数* <sup>1</sup>	—
$n_{fi}$	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数* <sup>1</sup>	—
$Q_{bi}$	ボルトに作用するせん断力* <sup>1</sup>	N
$S_{ui}$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値* <sup>1</sup>	MPa
$S_{yi}$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値* <sup>1</sup>	MPa
$S_{yi}(RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料の40℃における値* <sup>1</sup>	MPa
$\pi$	円周率	—
$\sigma_{bi}$	ボルトに生じる引張応力* <sup>1</sup>	MPa
$\tau_{bi}$	ボルトに生じるせん断応力* <sup>1</sup>	MPa
$P_k$	風荷重	N
$P_s$	積雪荷重	N



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

$i = 1$ : 基礎ボルト

$i = 2$ : ベース取付ボルト

$i = 3$ : 収納箱取付ボルト

\*2:  $h_i$ 及び $m_i$ の添字  $i$  の意味は, 以下のとおりとする。

$i = 1$ : 据付面

$i = 2$ : ベース取付ボルト取付面

$i = 3$ : 収納箱取付ボルト取付面

\*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	℃	—	—	整数位
質量	kg	—	—	整数位
長さ	mm	—	—	整数位*1
面積	mm <sup>2</sup>	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
速度	m/s	—	—	小数点以下第1位
速度圧	N/m <sup>2</sup>	有効数字5桁目	四捨五入	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

第1ベントフィルタ出口放射線モニタ（低レンジ）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、ベース取付ボルト及び収納箱取付ボルトについて実施する。

第1ベントフィルタ出口放射線モニタ（低レンジ）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

第1ベントフィルタ出口放射線モニタ（低レンジ）の固有周期は、振動試験（自由振動試験）にて求める。

#### 4.2 固有周期の確認方法

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、固有周期を確認する。第1ベントフィルタ出口放射線モニタ（低レンジ）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)

水平			
鉛直			

## 5. 構造強度評価

### 5.1 構造強度評価方法

- (1) 検出器収納箱の質量は重心に集中しているものとする。
- (2) 地震力は検出器収納箱に対して水平方向及び鉛直方向から個別に作用させる。  
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) 検出器収納箱は基礎ボルト、ベース取付ボルト及び収納箱取付ボルトで床面に固定されており、固定端とする。
- (4) 転倒方向は、長辺方向及び短辺方向について検討し、計算書には結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。
- (5) 検出器収納箱の重心位置については、転倒方向を考慮して、計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定して耐震性の計算を行う。
- (6) 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

第1ベントフィルタ出口放射線モニタ（低レンジ）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表5-1に示す。

#### 5.2.2 許容応力

第1ベントフィルタ出口放射線モニタ（低レンジ）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

第1ベントフィルタ出口放射線モニタ（低レンジ）の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表5-3に示す。

#### 5.2.4 風荷重

風荷重は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、風速30m/sを使用し、第1ベントフィルタ出口放射線モニタ（低レンジ）の形状、風向きを踏まえ、作用する風圧力を算出する。風圧力の算出の基準となる基準速度圧を表5-4に示す。

#### 5.2.5 積雪荷重

積雪荷重は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、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、第1ベントフィルタ出口放射線モニタ（低レンジ）の形状を踏まえ、算出する。算出した積雪荷重を表5-5に示す。

表 5-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
放射線 管理施設	放射線管理用 計測装置	第1ベントフィルタ 出口放射線モニタ (低レンジ)	常設耐震/防止 常設/緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s + P_k + P_s$ *3	IVAS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s + P_k + P_s$	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：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s + P_k + P_s$ 」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 5-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界 <sup>*1, *2</sup> (ボルト等)	
	一次応力	
	引張	せん断
IV <sub>A</sub> S	1.5・f <sub>t</sub> <sup>*</sup>	1.5・f <sub>s</sub> <sup>*</sup>
V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> SとしてIV <sub>A</sub> 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 5-3 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 <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (RT) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS400 (径≤16mm)	周囲環境温度	50	241	394	—
ベース取付ボルト	SS400 (16mm<径≤40mm)	周囲環境温度	50	231	394	—
収納箱取付ボルト	SUS304	周囲環境温度	50	198	504	205

表 5-4 基準速度圧（単位：N/m<sup>2</sup>）

作用する部位	基準速度圧
第1 ベントフィルタ出口 放射線モニタ（低レンジ） (RE295-29)	645.0

表 5-5 積雪荷重（単位：N）

作用する部位	積雪荷重
第1 ベントフィルタ出口 放射線モニタ（低レンジ） (RE295-29)	1.691×10 <sup>3</sup>

### 5.3 設計用地震力

第1ベントフィルタ出口放射線モニタ（低レンジ）の設計用地震力のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表5-6に示す。

「基準地震動S<sub>s</sub>」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（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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動S <sub>s</sub>	
	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
第1ベント フィルタ 格納槽 EL 19.4* <sup>1</sup>	□	□	—	—	C <sub>H</sub> =6.30* <sup>2</sup>	C <sub>V</sub> =4.68* <sup>2</sup>

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<sub>s</sub>）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 基礎ボルトの計算方法

基礎ボルトの応力は、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。

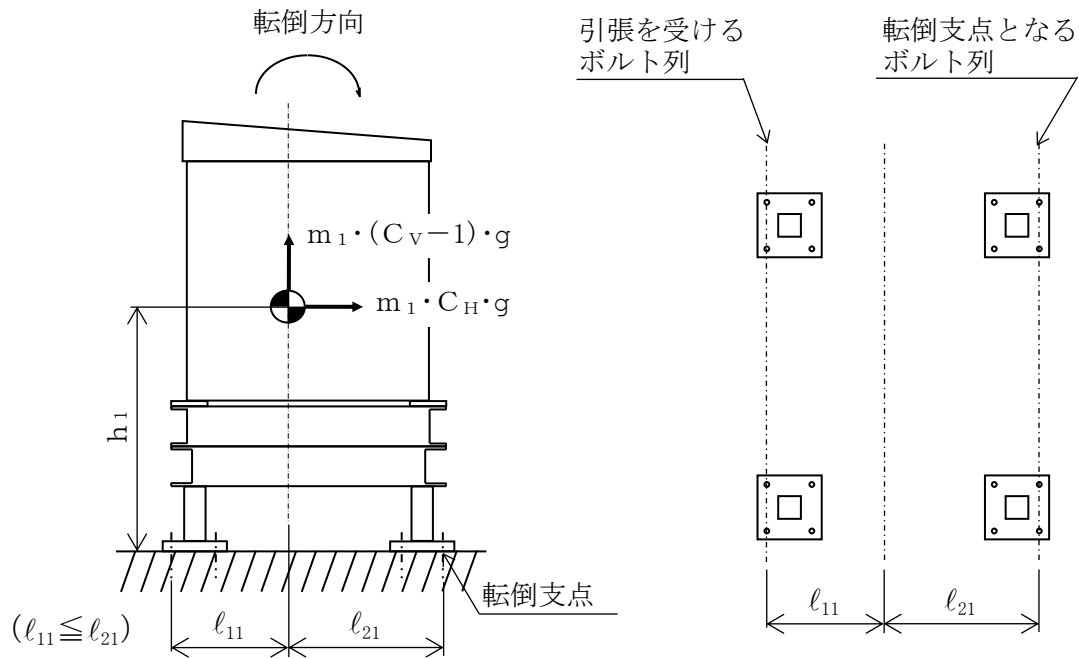


図5-1 計算モデル（短辺方向転倒）

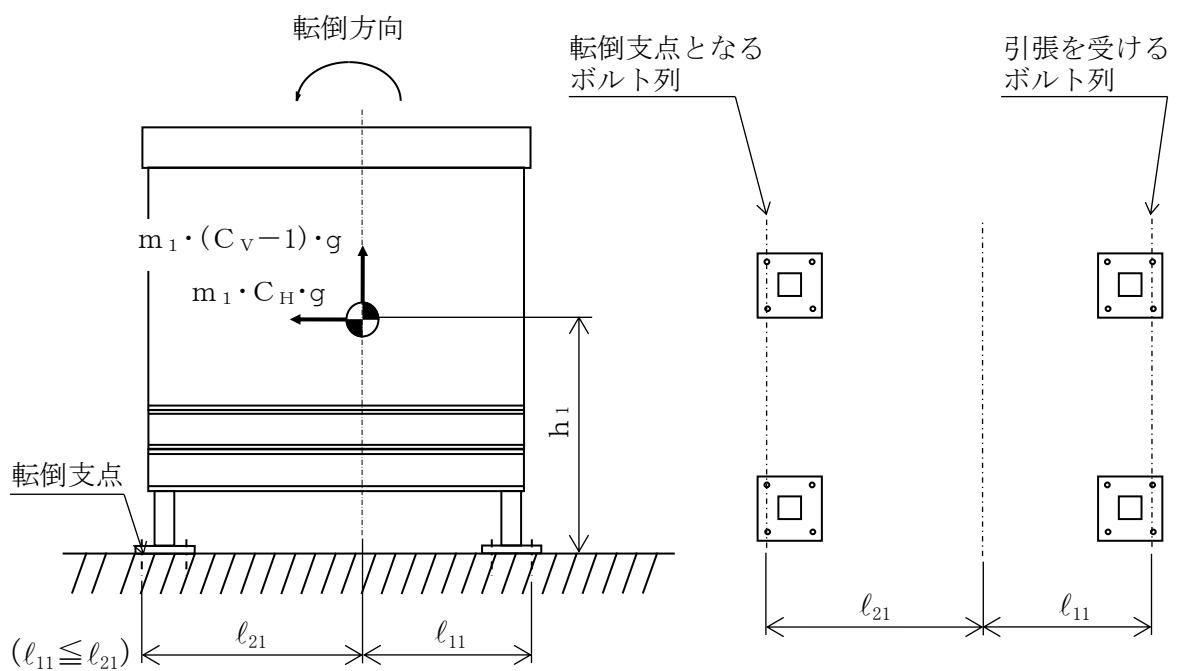


図5-2 計算モデル（長辺方向転倒）

## (1) 引張応力

基礎ボルトに対する引張力は、図5-1及び図5-2でそれぞれのボルトを支点とする転倒を考え、これを片側のボルトで受けるものとして計算する。

引張力

$$F_{b1} = \frac{(m_1 \cdot g + 0.35 \cdot P_s) \cdot C_H \cdot h_1 + P_k \cdot h_1}{n_{f1} \cdot (\ell_{11} + \ell_{21})} - \frac{(m_1 \cdot g + 0.35 \cdot P_s) \cdot (1 - C_V) \cdot \ell_{21}}{n_{f1} \cdot (\ell_{11} + \ell_{21})} \quad \dots (5.4.1.1.1)$$

引張応力

$$\sigma_{b1} = \frac{F_{b1}}{A_{b1}} \quad \dots (5.4.1.1.2)$$

ここで、基礎ボルトの軸断面積 $A_{b1}$ は次式により求める。

$$A_{b1} = \frac{\pi}{4} \cdot d_1^2 \quad \dots (5.4.1.1.3)$$

## (2) せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b1} = C_H \cdot (m_1 \cdot g + 0.35 \cdot P_s) + P_k \quad \dots (5.4.1.1.4)$$

せん断応力

$$\tau_{b1} = \frac{Q_{b1}}{n_1 \cdot A_{b1}} \quad \dots (5.4.1.1.5)$$

5.4.1.2 ベース取付ボルトの計算方法

ベース取付ボルトの応力は、地震による震度により作用するモーメントによって生じる引張力とせん断力について計算する。

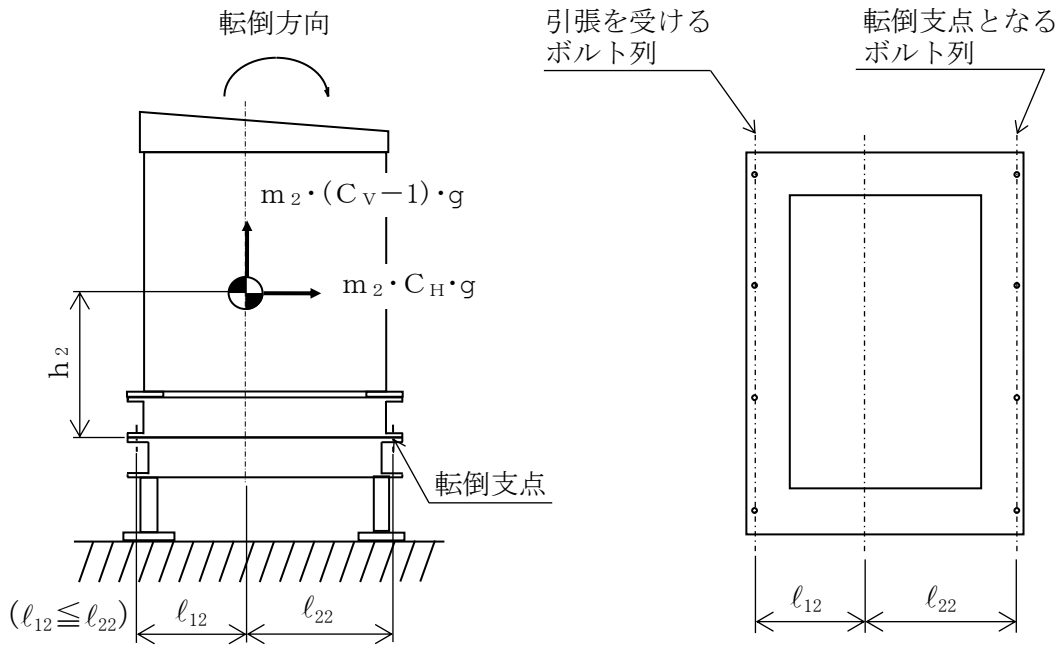


図5-3 計算モデル（短辺方向転倒）

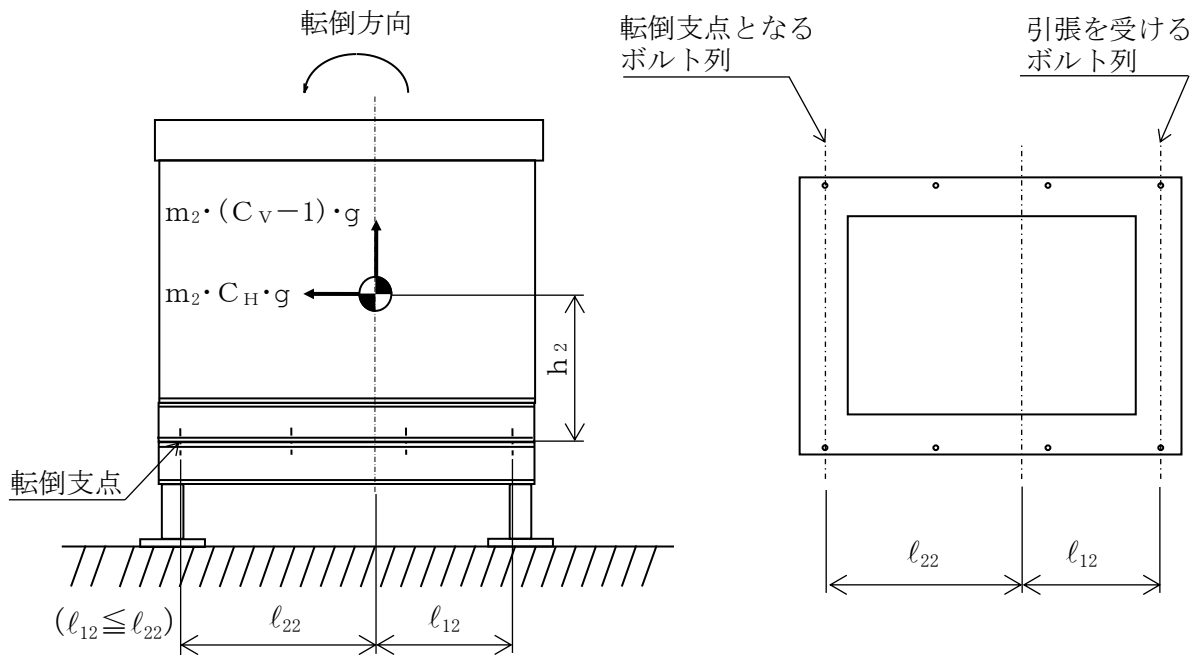


図5-4 計算モデル（長辺方向転倒）

## (1) 引張応力

ベース取付ボルトに対する引張力は、図5-3及び図5-4でそれぞれのボルトを支点とする転倒を考え、これを片側のボルトで受けるものとして計算する。

引張力

$$F_{b2} = \frac{(m_2 \cdot g + 0.35 \cdot P_s) \cdot C_H \cdot h_2 + P_k \cdot h_2}{n_{f2} \cdot (\ell_{12} + \ell_{22})} - \frac{(m_2 \cdot g + 0.35 \cdot P_s) \cdot (1 - C_V) \cdot \ell_{22}}{n_{f2} \cdot (\ell_{12} + \ell_{22})} \quad \dots (5.4.1.2.1)$$

引張応力

$$\sigma_{b2} = \frac{F_{b2}}{A_{b2}} \quad \dots (5.4.1.2.2)$$

ここで、ベース取付ボルトの軸断面積 $A_{b2}$ は次式により求める。

$$A_{b2} = \frac{\pi}{4} \cdot d_2^2 \quad \dots (5.4.1.2.3)$$

## (2) せん断応力

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

せん断力

$$Q_{b2} = C_H \cdot (m_2 \cdot g + 0.35 \cdot P_s) + P_k \quad \dots (5.4.1.2.4)$$

せん断応力

$$\tau_{b2} = \frac{Q_{b2}}{n_2 \cdot A_{b2}} \quad \dots (5.4.1.2.5)$$

5.4.1.3 収納箱取付ボルトの計算方法

収納箱取付ボルトの応力は、地震による震度により作用するモーメントによって生じる引張力とせん断力について計算する。

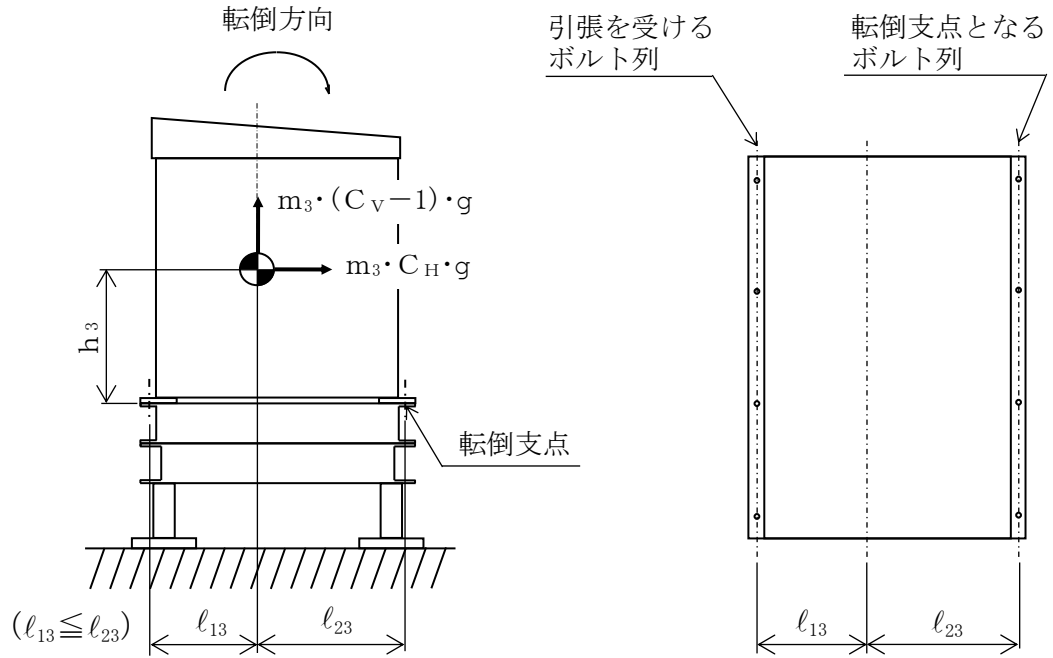


図5-5 計算モデル（短辺方向転倒）

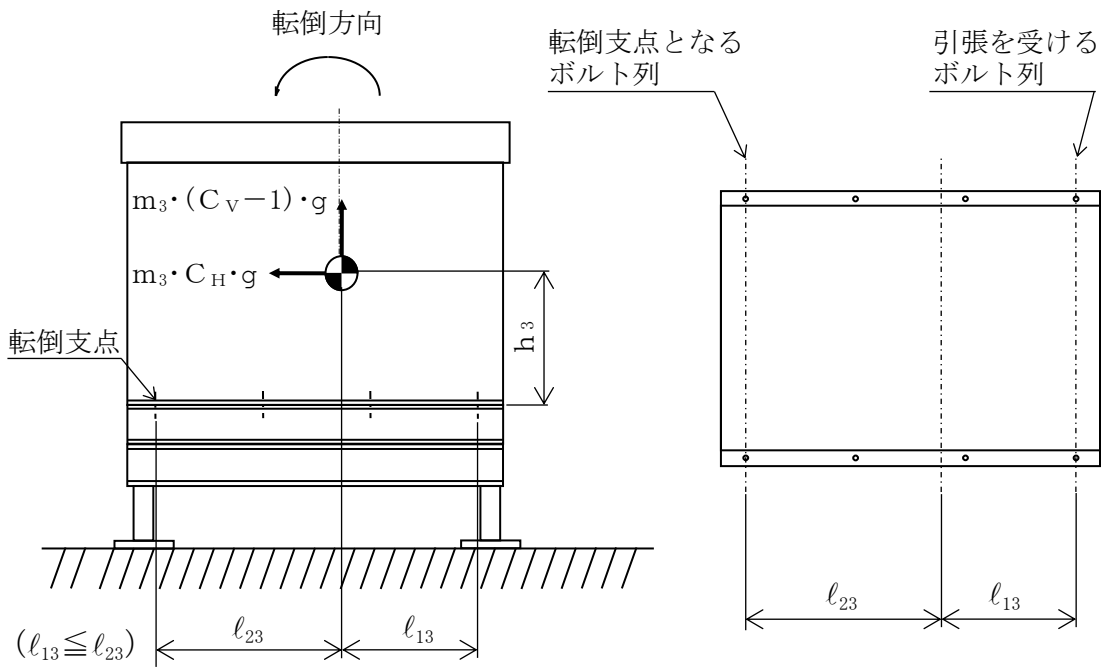


図5-6 計算モデル（長辺方向転倒）

## (1) 引張応力

収納箱取付ボルトに対する引張力は、図5-5及び図5-6でそれぞれのボルトを支点とする転倒を考え、これを片側のボルトで受けるものとして計算する。

引張力

$$F_{b3} = \frac{(m_3 \cdot g + 0.35 \cdot P_s) \cdot C_H \cdot h_3 + P_k \cdot h_3}{n_{f3} \cdot (l_{13} + l_{23})} - \frac{(m_3 \cdot g + 0.35 \cdot P_s) \cdot (1 - C_V) \cdot l_{23}}{n_{f3} \cdot (l_{13} + l_{23})} \dots\dots (5.4.1.3.1)$$

引張応力

$$\sigma_{b3} = \frac{F_{b3}}{A_{b3}} \dots\dots\dots (5.4.1.3.2)$$

ここで、収納箱取付ボルトの軸断面積 $A_{b1}$ は次式により求める。

$$A_{b3} = \frac{\pi}{4} \cdot d_3^2 \dots\dots\dots (5.4.1.3.3)$$

## (2) せん断応力

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

せん断力

$$Q_{b3} = C_H \cdot (m_3 \cdot g + 0.35 \cdot P_s) + P_k \dots\dots\dots (5.4.1.3.4)$$

せん断応力

$$\tau_{b3} = \frac{Q_{b3}}{n_3 \cdot A_{b3}} \dots\dots\dots (5.4.1.3.5)$$

## 5.5 計算条件

### 5.5.1 基礎ボルトの応力計算条件

基礎ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【第1ベントフィルタ出口放射線モニタ（低レンジ）（RE295-29）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。

### 5.5.2 ベース取付ボルトの応力計算条件

ベース取付ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【第1ベントフィルタ出口放射線モニタ（低レンジ）（RE295-29）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。

### 5.5.3 収納箱取付ボルトの応力計算条件

収納箱取付ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【第1ベントフィルタ出口放射線モニタ（低レンジ）（RE295-29）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 $\sigma_{bi}$ は次式より求めた許容組合せ応力 $f_{tsi}$ 以下であること。ただし、 $f_{toi}$ は下表による。

$$f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}] \quad \dots\dots\dots (5.6.1.1)$$

せん断応力 $\tau_{bi}$ 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。

	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 $f_{toi}$	$\frac{F_i^*}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 $f_{sbi}$	$\frac{F_i^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$



## 6. 機能維持評価

### 6.1 電氣的機能維持評価方法

第1 ベントフィルタ出口放射線モニタ（低レンジ）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。

第1 ベントフィルタ出口放射線モニタ（低レンジ）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
第1 ベントフィルタ出口放射線モニタ (低レンジ) (RE295-29)	水平	□
	鉛直	□

## 7. 評価結果

### 7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

第1 ベントフィルタ出口放射線モニタ（低レンジ）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。

【第1ベントフィルタ出口放射線モニタ（低レンジ）（RE295-29）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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		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	
第1ベントフィルタ 出口放射線モニタ (低レンジ) (RE295-29)	常設耐震/防止 常設/緩和	第1ベントフィルタ格納槽 EL 19.4*1	□	□	—	—	C <sub>H</sub> =6.30*2	C <sub>V</sub> =4.68*2	50

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<sub>s</sub>）を上回る設計震度

1.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)
基礎ボルト (i=1)	□	823	12 (M12)	113.1	16	241 (径 ≤ 16mm)	394 (径 ≤ 16mm)
ベース取付ボルト (i=2)	□	440	16 (M16)	201.1	8	231 (16mm < 径 ≤ 40mm)	394 (16mm < 径 ≤ 40mm)
収納箱取付ボルト (i=3)	□	390	16 (M16)	201.1	8	198	504

部材	ℓ <sub>1 i</sub> * (mm)	ℓ <sub>2 i</sub> * (mm)	n <sub>f i</sub> *	P <sub>k</sub> (N)	P <sub>s</sub> (N)	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> * (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト (i=1)	352.5	402.5	4	2.432×10 <sup>3</sup>	1.691×10 <sup>3</sup>	—	276	—	短辺方向
	437.5	517.5	4						
ベース取付ボルト (i=2)	305	355	4	2.432×10 <sup>3</sup>	1.691×10 <sup>3</sup>	—	276	—	長辺方向
	355	435	2						
収納箱取付ボルト (i=3)	300	360	4	2.432×10 <sup>3</sup>	1.691×10 <sup>3</sup>	—	205	—	長辺方向
	335	415	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 <sub>b i</sub>		Q <sub>b i</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト (i=1)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>
ベース取付ボルト (i=2)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>
収納箱取付ボルト (i=3)	—	<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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			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	—	—	$\sigma_{b1}=120$	$f_{ts1}=165^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=22$	$f_{sb1}=127$
ベース取付ボルト (i=2)	SS400	引張	—	—	$\sigma_{b2}=58$	$f_{ts2}=207^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=17$	$f_{sb2}=159$
収納箱取付ボルト (i=3)	SUS304	引張	—	—	$\sigma_{b3}=50$	$f_{ts3}=153^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b3}=16$	$f_{sb3}=118$

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

すべて許容応力以下である。

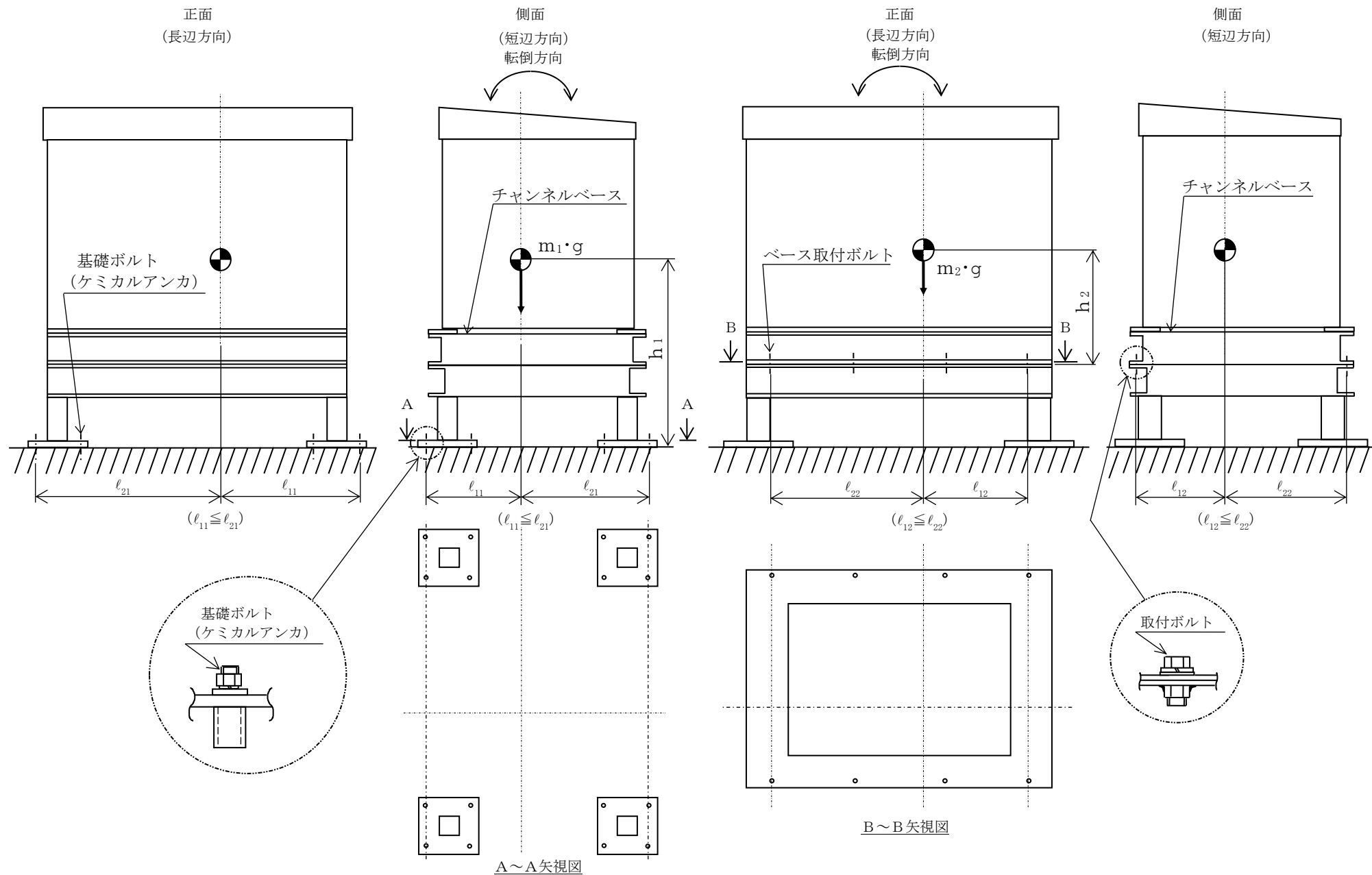
1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

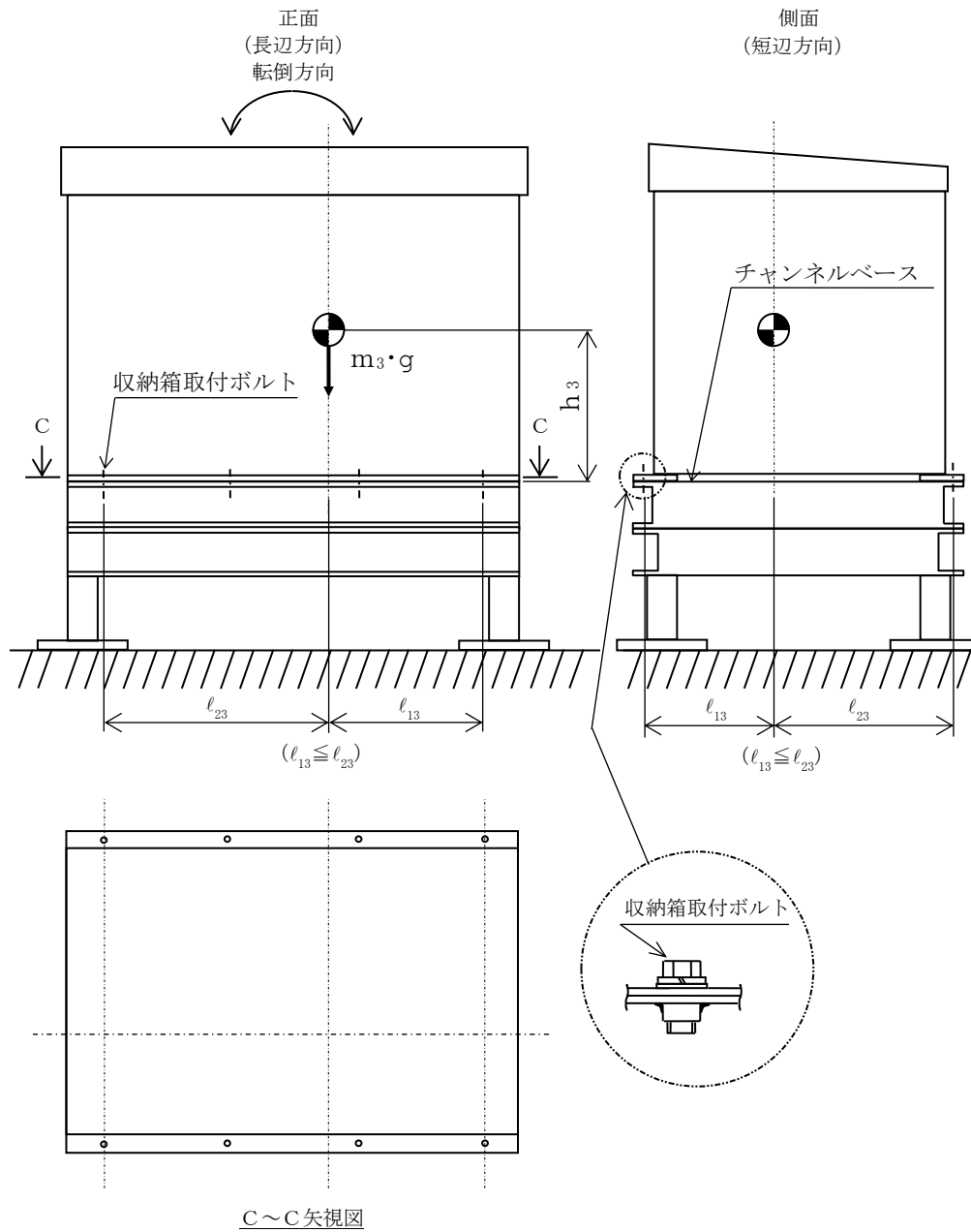
( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
第1ベントフィルタ 出口放射線モニタ (低レンジ) (RE295-29)	水平方向	3.15	<input type="text"/>
	鉛直方向	4.04	<input type="text"/>

注記\*：設計用震度II（基準地震動 S<sub>s</sub>）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-2-8-2-8 第1 ベントフィルタ出口放射線モニタ（高レンジ）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 重大事故等対処設備としての評価結果	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、第1ベントフィルタ出口放射線モニタ（高レンジ）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。

第1ベントフィルタ出口放射線モニタ（高レンジ）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。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

第1ベントフィルタ出口放射線モニタ（高レンジ）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>検出器収納箱は、収納箱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架台に固定され、基礎架台は溶接にて基礎に埋め込まれた金物に固定する。</p> <p>検出器は、検出器取付ボルトにより検出器取付板に設置され、検出器取付板は、取付板取付ボルトにより検出器収納箱に設置する。</p>	<p>電離箱</p>	<p>(正面図) (側面図)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>機器名称</th> <th>第1 ベントフィルタ出口放射線モニタ (高レンジ) (RE295-28A)</th> <th>第1 ベントフィルタ出口放射線モニタ (高レンジ) (RE295-28B)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>たて</td> <td>600</td> <td>600</td> </tr> <tr> <td>横</td> <td>900</td> <td>900</td> </tr> <tr> <td>高さ</td> <td>456</td> <td>456</td> </tr> </tbody> </table> <p>(単位：mm)</p>	機器名称	第1 ベントフィルタ出口放射線モニタ (高レンジ) (RE295-28A)	第1 ベントフィルタ出口放射線モニタ (高レンジ) (RE295-28B)	たて	600	600	横	900	900	高さ	456	456
機器名称	第1 ベントフィルタ出口放射線モニタ (高レンジ) (RE295-28A)	第1 ベントフィルタ出口放射線モニタ (高レンジ) (RE295-28B)												
たて	600	600												
横	900	900												
高さ	456	456												

## 2.2 評価方針

第1ベントフィルタ出口放射線モニタ（高レンジ）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」にて示す第1ベントフィルタ出口放射線モニタ（高レンジ）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、第1ベントフィルタ出口放射線モニタ（高レンジ）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。

第1ベントフィルタ出口放射線モニタ（高レンジ）の耐震評価フローを図2-1に示す。

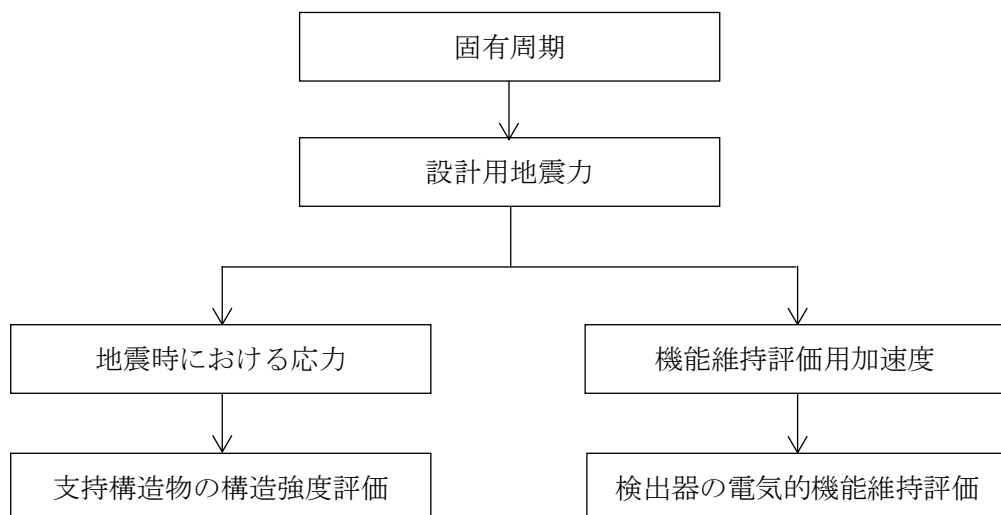


図2-1 第1ベントフィルタ出口放射線モニタ（高レンジ）の耐震評価フロー

### 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* <sup>1</sup>	mm <sup>2</sup>
$C_H$	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* <sup>1</sup>	mm
$F_i$	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値* <sup>1</sup>	MPa
$F_i^*$	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値* <sup>1</sup>	MPa
$F_{bi}$	ボルトに作用する引張力 (1 本あたり) * <sup>1</sup>	N
$f_{sbi}$	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力* <sup>1</sup>	MPa
$f_{toi}$	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力* <sup>1</sup>	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) * <sup>1</sup>	MPa
$g$	重力加速度 (=9.80665)	m/s <sup>2</sup>
$h_i$	据付面又は取付面から重心までの距離* <sup>2</sup>	mm
$l_{1i}$	重心とボルト間の水平方向距離* <sup>1</sup> , * <sup>3</sup>	mm
$l_{2i}$	重心とボルト間の水平方向距離* <sup>1</sup> , * <sup>3</sup>	mm
$m_i$	検出器収納箱の質量* <sup>2</sup>	kg
$n_i$	ボルトの本数* <sup>1</sup>	—
$n_{fi}$	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数* <sup>1</sup>	—
$Q_{bi}$	ボルトに作用するせん断力* <sup>1</sup>	N
$S_{ui}$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 9 に定める値* <sup>1</sup>	MPa
$S_{yi}$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める値* <sup>1</sup>	MPa
$S_{yi}(RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める材料の 40℃における値* <sup>1</sup>	MPa
$\pi$	円周率	—
$\sigma_{bi}$	ボルトに生じる引張応力* <sup>1</sup>	MPa
$\tau_{bi}$	ボルトに生じるせん断応力* <sup>1</sup>	MPa

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

$i = 1$ : 基礎ボルト

$i = 2$ : 取付ボルト

\*2:  $h_i$ 及び $m_i$ の添字  $i$  の意味は、以下のとおりとする。

$i = 1$ : 据付面

$i = 2$ : 取付面

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

## 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	℃	—	—	整数位
質量	kg	—	—	整数位
長さ	mm	—	—	整数位* <sup>1</sup>
面積	mm <sup>2</sup>	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁* <sup>2</sup>
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁* <sup>2</sup>
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力* <sup>3</sup>	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

第1ベントフィルタ出口放射線モニタ（高レンジ）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収納箱取付ボルト（以下「取付ボルト」という。）について実施する。

第1ベントフィルタ出口放射線モニタ（高レンジ）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

第1ベントフィルタ出口放射線モニタ（高レンジ）の固有周期は、振動試験（自由振動試験）にて求める。

#### 4.2 固有周期の確認方法





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、固有周期を確認する。第1ベントフィルタ出口放射線モニタ（高レンジ）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)

第1ベントフィルタ出口 放射線モニタ（高レンジ） (RE295-28A)	水平	
	鉛直	
第1ベントフィルタ出口 放射線モニタ（高レンジ） (RE295-28B)	水平	
	鉛直	

## 5. 構造強度評価

### 5.1 構造強度評価方法

- (1) 検出器収納箱の質量は重心に集中しているものとする。
- (2) 地震力は検出器収納箱に対して水平方向及び鉛直方向から個別に作用させる。  
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) 検出器収納箱は取付ボルト及び基礎架台で天井に固定されており、固定端とする。
- (4) 転倒方向は、長辺方向及び短辺方向について検討し、計算書には結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。
- (5) 検出器収納箱の重心位置については、転倒方向を考慮して、計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定して耐震性の計算を行う。
- (6) 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

第1ベントフィルタ出口放射線モニタ（高レンジ）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表5-1に示す。

#### 5.2.2 許容応力

第1ベントフィルタ出口放射線モニタ（高レンジ）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

第1ベントフィルタ出口放射線モニタ（高レンジ）の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表5-3に示す。



表 5-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
放射線 管理施設	放射線管理用 計測装置	第1ベントフィルタ 出口放射線モニタ (高レンジ)	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 5-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界 <sup>*1, *2</sup> (ボルト等)	
	一次応力	
	引張	せん断
IV <sub>A</sub> S	1.5・f <sub>t</sub> <sup>*</sup>	1.5・f <sub>s</sub> <sup>*</sup>
V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> SとしてIV <sub>A</sub> 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 5-3 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 <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		周囲環境温度	60			
取付ボルト	SS400 (16mm<径≤40mm)	周囲環境温度	60	227	389	—

### 5.3 設計用地震力

第1ベントフィルタ出口放射線モニタ（高レンジ）の設計用地震力のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表5-4に示す。

「基準地震動S<sub>s</sub>」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（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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動S <sub>s</sub>	
		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
第1ベントフィルタ 出口放射線モニタ (高レンジ) (RE295-28A)	第1ベント フィルタ 格納槽 EL 14.7* <sup>1</sup>	□	□	—	—	C <sub>H</sub> =6.30* <sup>2</sup>	C <sub>V</sub> =4.68* <sup>2</sup>
第1ベントフィルタ 出口放射線モニタ (高レンジ) (RE295-28B)	第1ベント フィルタ 格納槽 EL 14.7* <sup>1</sup>	□	□	—	—	C <sub>H</sub> =6.30* <sup>2</sup>	C <sub>V</sub> =4.68* <sup>2</sup>

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<sub>s</sub>）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。

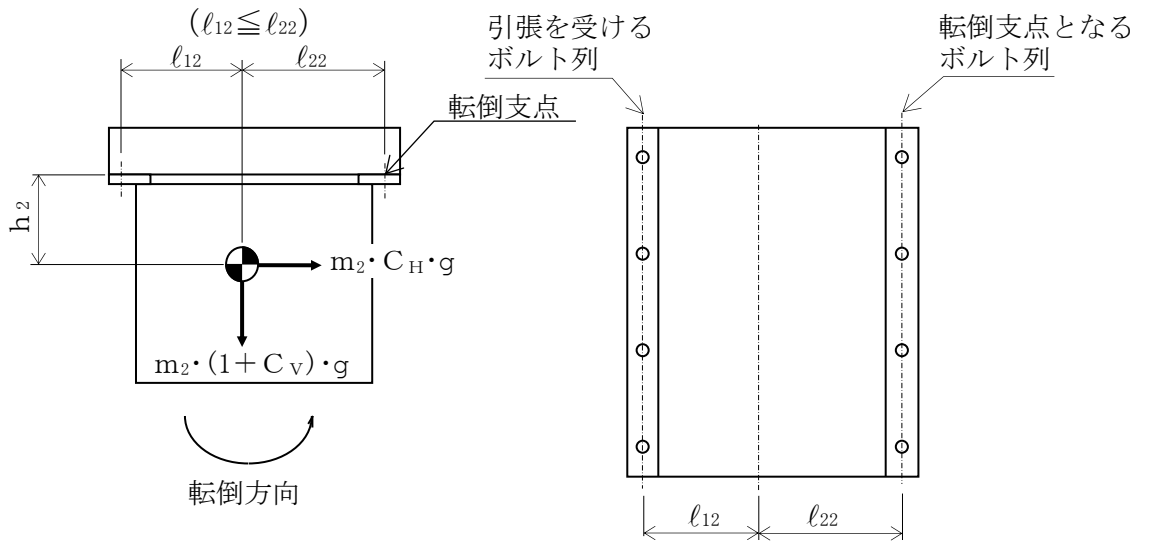


図5-1 計算モデル（短辺方向転倒）

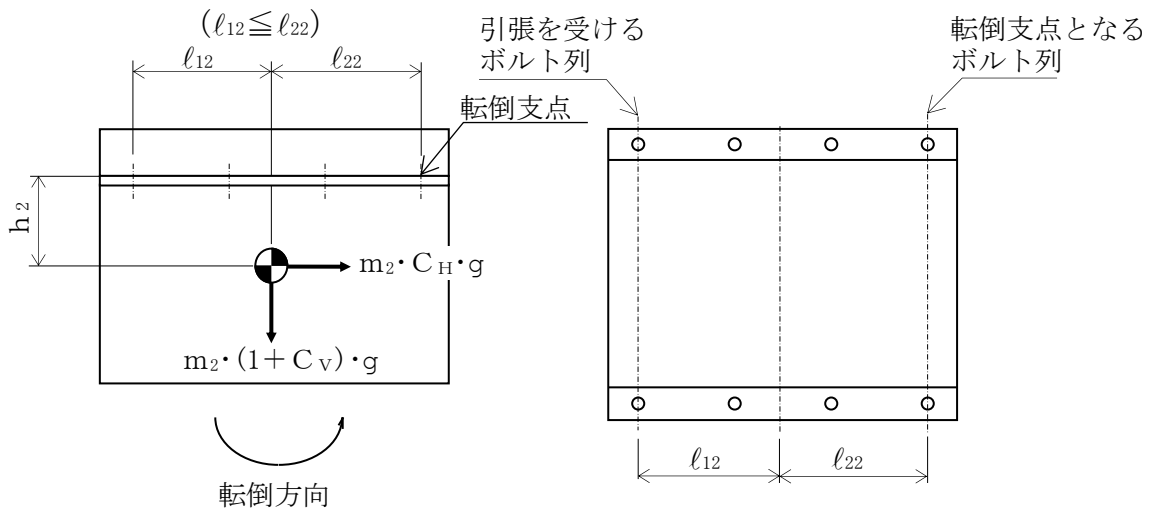


図5-2 計算モデル（長辺方向転倒）

## (1) 引張応力

取付ボルトに対する引張力は、図5-1及び図5-2でそれぞれの取付ボルトを支点とする転倒を考え、これを片側のボルトで受けるものとして計算する。

引張力

$$F_{b2} = \frac{m_2 \cdot C_H \cdot h_2 \cdot g + m_2 \cdot (1 + C_V) \cdot l_{22} \cdot g}{n_{f2} \cdot (l_{12} + l_{22})} \dots (5.4.1.1.1)$$

引張応力

$$\sigma_{b2} = \frac{F_{b2}}{A_{b2}} \dots (5.4.1.1.2)$$

ここで、取付ボルトの軸断面積 $A_{b2}$ は次式により求める。

$$A_{b2} = \frac{\pi}{4} \cdot d_2^2 \dots (5.4.1.1.3)$$

## (2) せん断応力

取付ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b2} = m_2 \cdot C_H \cdot g \dots (5.4.1.1.4)$$

せん断応力

$$\tau_{b2} = \frac{Q_{b2}}{n_2 \cdot A_{b2}} \dots (5.4.1.1.5)$$

## 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【第1ベントフィルタ出口放射線モニタ（高レンジ）（RE295-28A）の耐震性についての計算結果】、【第1ベントフィルタ出口放射線モニタ（高レンジ）（RE295-28B）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 $\sigma_{bi}$ は次式より求めた許容組合せ応力 $f_{tsi}$ 以下であること。ただし、 $f_{toi}$ は下表による。

$$f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}] \quad \dots\dots\dots (5.6.1.1)$$

せん断応力 $\tau_{bi}$ 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。

	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 $f_{toi}$	$\frac{F_i^*}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 $f_{sbi}$	$\frac{F_i^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$



## 6. 機能維持評価

### 6.1 電氣的機能維持評価方法

第1 ベントフィルタ出口放射線モニタ（高レンジ）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。

第1 ベントフィルタ出口放射線モニタ（高レンジ）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
第1 ベントフィルタ出口放射線モニタ (高レンジ) (RE295-28A)	水平	<input type="checkbox"/>
	鉛直	<input type="checkbox"/>
第1 ベントフィルタ出口放射線モニタ (高レンジ) (RE295-28B)	水平	<input type="checkbox"/>
	鉛直	<input type="checkbox"/>

## 7. 評価結果

### 7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

第1 ベントフィルタ出口放射線モニタ（高レンジ）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。

【第1ベントフィルタ出口放射線モニタ（高レンジ）（RE295-28A）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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		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	
第1ベントフィルタ 出口放射線モニタ (高レンジ) (RE295-28A)	常設耐震/防止 常設/緩和	第1ベントフィルタ格納槽 EL 14.7* <sup>1</sup>	□	□	—	—	C <sub>H</sub> =6.30* <sup>2</sup>	C <sub>V</sub> =4.68* <sup>2</sup>	60

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<sub>s</sub>）を上回る設計震度

1.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)
取付ボルト (i=2)	□	209	16 (M16)	201.1	8	227 (16mm<径≤40mm)	389 (16mm<径≤40mm)

部材	l <sub>1 i</sub> * (mm)	l <sub>2 i</sub> * (mm)	n <sub>f i</sub> *	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i=2)	326	334	4	—	272	—	長辺方向
	368	382	2				

注記\*：取付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 <sub>b i</sub>		Q <sub>b i</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			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	—	—	$\sigma_{b2}=29$	$f_{ts2}=204^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=10$	$f_{sb2}=157$

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

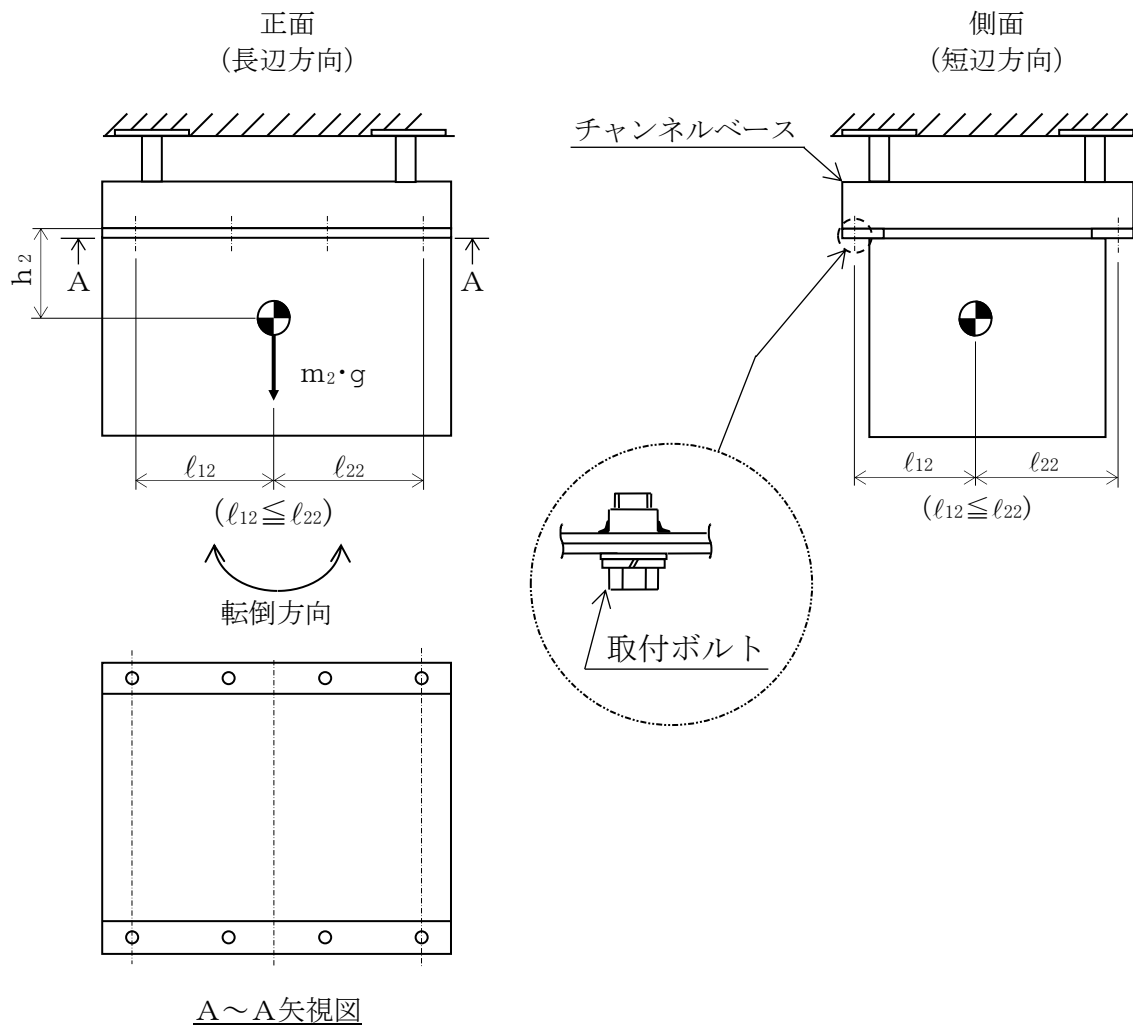
すべて許容応力以下である。

## 1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

(×9.8m/s<sup>2</sup>)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
第1ベントフィルタ 出口放射線モニタ (高レンジ) (RE295-28A)	水平方向	3.15	<input type="text"/>
	鉛直方向	4.04	<input type="text"/>

注記\*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）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。



【第1 ベントフィルタ出口放射線モニタ（高レンジ）（RE295-28B）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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		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	
第1 ベントフィルタ 出口放射線モニタ (高レンジ) (RE295-28B)	常設耐震/防止 常設/緩和	第1 ベントフィルタ格納槽 EL 14.7* <sup>1</sup>	□	□	—	—	C <sub>H</sub> =6.30* <sup>2</sup>	C <sub>V</sub> =4.68* <sup>2</sup>	60

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<sub>s</sub>）を上回る設計震度

1.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	S <sub>y i</sub> (MPa)	S <sub>u i</sub> (MPa)
取付ボルト (i=2)	□	209	16 (M16)	201.1	8	227 (16mm<径≤40mm)	389 (16mm<径≤40mm)

部材	l <sub>1 i</sub> * (mm)	l <sub>2 i</sub> * (mm)	n <sub>f i</sub> *	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i=2)	326	334	4	—	272	—	長辺方向
	368	382	2				

注記\*：取付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 <sub>b i</sub>		Q <sub>b i</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			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	—	—	$\sigma_{b2}=29$	$f_{ts2}=204^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=10$	$f_{sb2}=157$

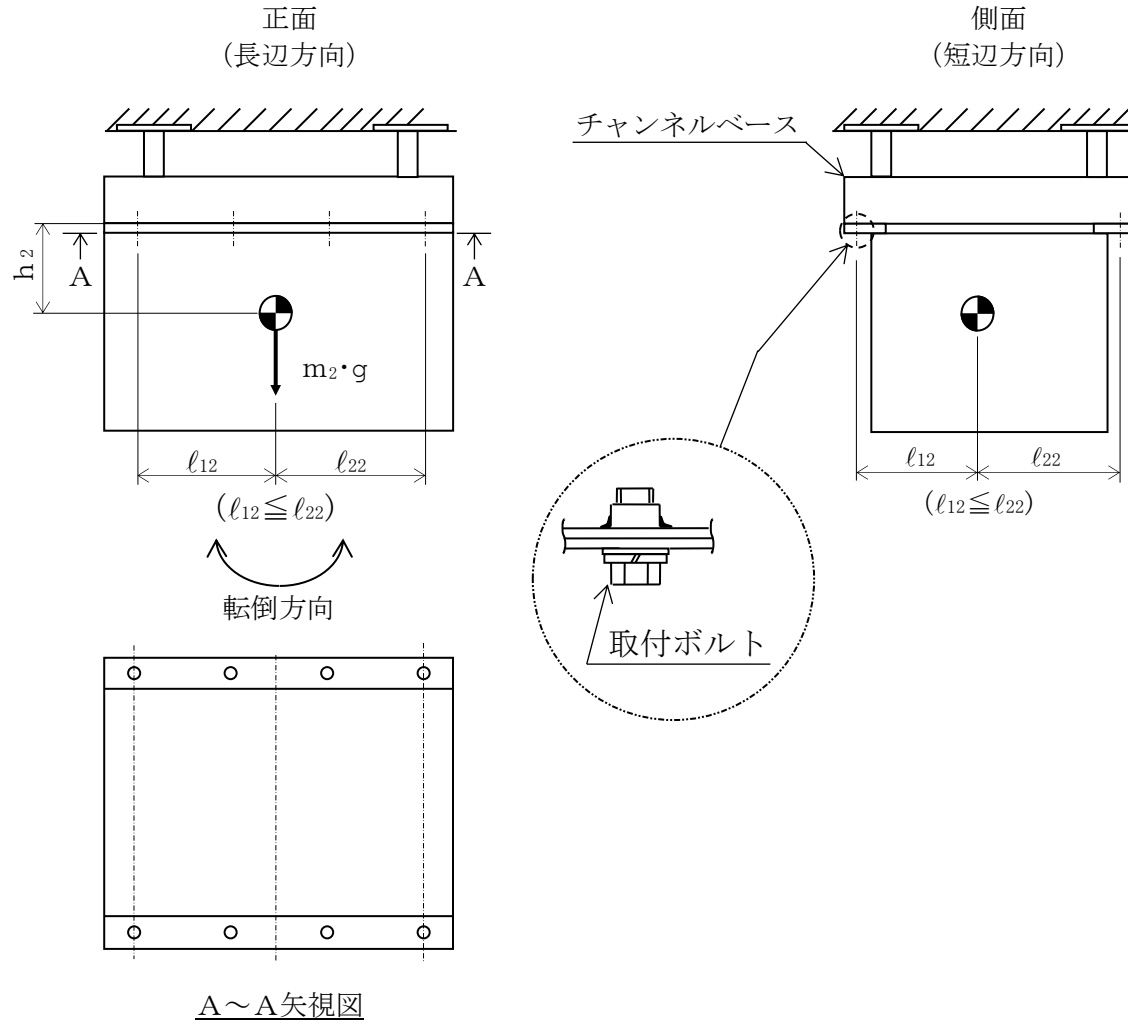
注記\*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
第1ベントフィルタ 出口放射線モニタ (高レンジ) (RE295-28B)	水平方向	3.15	<input type="text"/>
	鉛直方向	4.04	<input type="text"/>

注記\*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）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-2-8-2-9 燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）（S A）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	16
5.6 応力の評価	17
6. 機能維持評価	18
6.1 電氣的機能維持評価方法	18
7. 評価結果	19
7.1 重大事故等対処設備としての評価結果	19

## 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、燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）（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。

燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）（SA）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。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）（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>検出器は、検出器取付ボルトにより検出器取付台に固定される。</p> <p>検出器取付台は、壁に基礎ボルトで設置される。</p>	<p>電離箱</p>	<p>(平面図)</p> <p>(側面図)</p> <p>(単位：mm)</p>

## 2.2 評価方針

燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）（SA）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」にて示す燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）（SA）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、燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）（SA）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。

燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）（SA）の耐震評価フローを図2-1に示す。

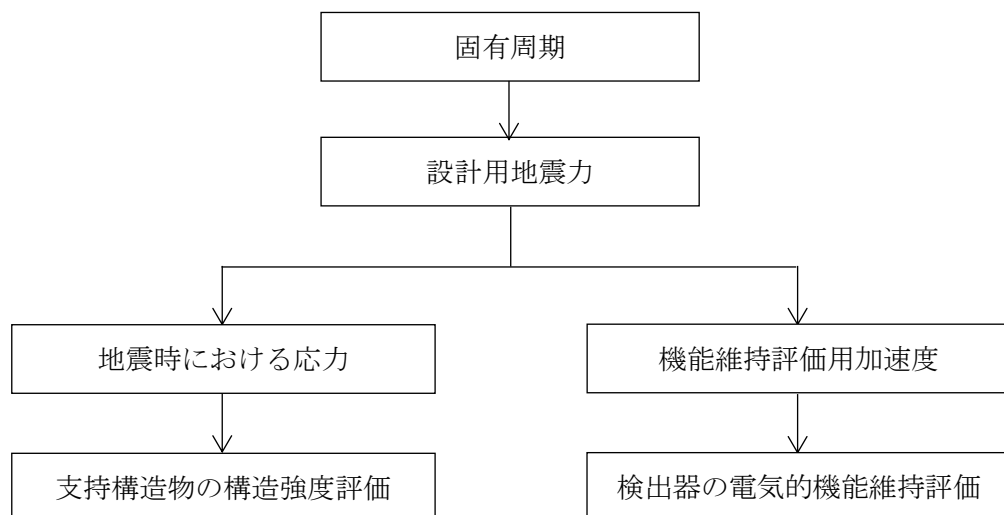


図2-1 燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）（SA）の耐震評価フロー

### 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	$\text{mm}^2$
$C_H$	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
$F_{b1}$	鉛直方向地震及び壁掛取付面に対し左右方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力 (1 本当たり) (壁掛形)	N
$F_{b2}$	鉛直方向地震及び壁掛取付面に対し前後方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力 (1 本当たり) (壁掛形)	N
$f_{sb}$	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力	MPa
$f_{to}$	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
$g$	重力加速度 (=9.80665)	$\text{m/s}^2$
$h$	据付面から重心までの距離	mm
$l_1$	重心と下側ボルト間の鉛直方向距離 (壁掛形)	mm
$l_2$	上側ボルトと下側ボルト間の鉛直方向距離 (壁掛形)	mm
$l_3$	左側ボルトと右側ボルト間の水平方向距離 (壁掛形)	mm
$m$	質量	kg
$n$	ボルトの本数	—
$n_{fv}$	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 (前後方向) (壁掛形)	—
$n_{fH}$	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 (左右方向) (壁掛形)	—
$Q_b$	ボルトに作用するせん断力	N
$Q_{b1}$	水平方向地震によりボルトに作用するせん断力 (壁掛形)	N
$Q_{b2}$	鉛直方向地震によりボルトに作用するせん断力 (壁掛形)	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°Cにおける値	MPa
$\pi$	円周率	—
$\sigma_b$	ボルトに生じる引張応力	MPa
$\tau_b$	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* <sup>1</sup>
面積	mm <sup>2</sup>	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁* <sup>2</sup>
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁* <sup>2</sup>
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力* <sup>3</sup>	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

燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）（S A）の耐震評価は、「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる基礎ボルトについて実施する。

燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）（S A）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

燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）（S A）の固有周期は、振動試験（自由振動試験）にて求める。

#### 4.2 固有周期の確認方法

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、固有周期を確認する。燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）（S A）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)

水平			
鉛直			

## 5. 構造強度評価

### 5.1 構造強度評価方法

- (1) 燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）（S A）の質量は重心に集中しているものとする。
- (2) 地震力は燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）（S A）に対して水平方向及び鉛直方向から個別に作用させる。  
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) 燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）（S A）は基礎ボルトで壁に固定されており、固定端とする。
- (4) 転倒方向は、正面より見て左右方向及び前後方向について検討し、計算書には結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。
- (5) 燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）（S A）の重心位置については、転倒方向を考慮して、計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定して耐震性の計算を行う。
- (6) 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

燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）（S A）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-1 に示す。

#### 5.2.2 許容応力

燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）（S A）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

燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）（S A）の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-3 に示す。

表 5-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
放射線 管理施設	放射線管理用 計測装置	燃料プールエリア 放射線モニタ (低レンジ) (SA)	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 5-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界 <sup>*1, *2</sup> (ボルト等)	
	一次応力	
	引張	せん断
IV <sub>A</sub> S	1.5・f <sub>t</sub> <sup>*</sup>	1.5・f <sub>s</sub> <sup>*</sup>
V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> SとしてIV <sub>A</sub> 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 5-3 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 <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		周囲環境温度	100	221	373	—
基礎ボルト	SS400 (径 ≤ 16mm)	周囲環境温度	100	221	373	—

### 5.3 設計用地震力

燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）（S A）の設計用地震力のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-4 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 5-4 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 42.8 <sup>*1</sup> (EL 51.7 <sup>*1</sup> )	□	□	—	—	$C_H=3.51^{*2}$	$C_V=2.46^{*2}$

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）

## 5.4 計算方法

### 5.4.1 応力の計算方法

#### 5.4.1.1 基礎ボルトの計算方法

基礎ボルトの応力は、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。

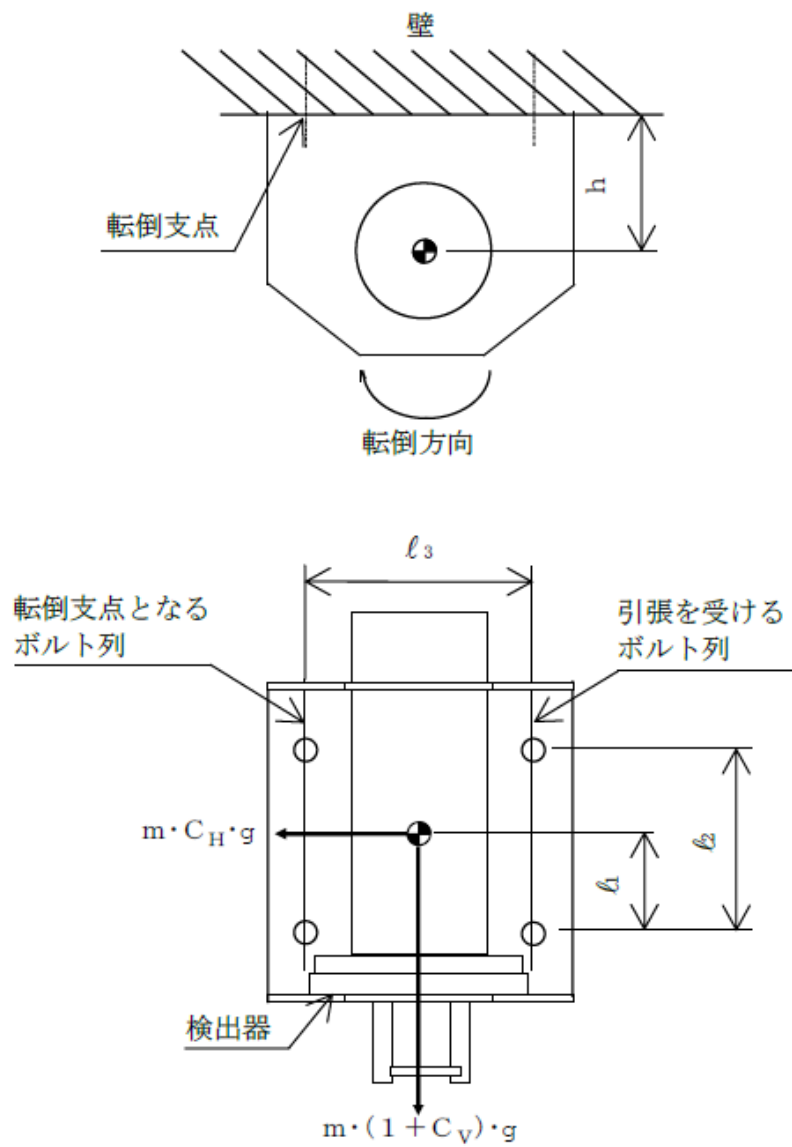


図5-1 計算モデル（壁掛形 左右方向転倒）

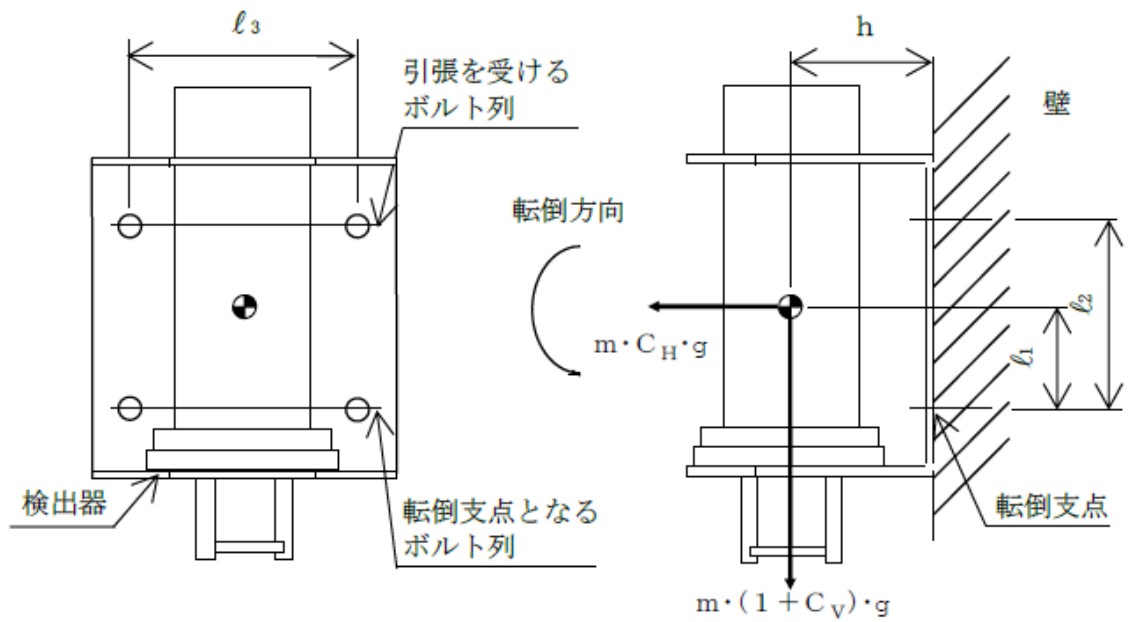


図5-2 計算モデル（壁掛形 前後方向転倒）



## (1) 引張応力

基礎ボルトに対する引張力は、図5-1及び図5-2でそれぞれのボルトを支点とする転倒を考え、これを片側のボルトで受けるものとして計算する。

引張力

$$F_{b1} = \frac{m \cdot (1 + C_v) \cdot h \cdot g}{n_{fv} \cdot l_2} + \frac{m \cdot C_H \cdot h \cdot g}{n_{fH} \cdot l_3} \dots\dots\dots (5.4.1.1.1)$$

$$F_{b2} = \frac{m \cdot (1 + C_v) \cdot h \cdot g + m \cdot C_H \cdot l_1 \cdot g}{n_{fv} \cdot l_2} \dots\dots\dots (5.4.1.1.2)$$

$$F_b = \text{Max} (F_{b1}, F_{b2}) \dots\dots\dots (5.4.1.1.3)$$

引張応力

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b} \dots\dots\dots (5.4.1.1.4)$$

ここで、基礎ボルトの軸断面積 $A_b$ は次式により求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \dots\dots\dots (5.4.1.1.5)$$

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。

## (2) せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b1} = m \cdot C_H \cdot g \dots\dots\dots (5.4.1.1.6)$$

$$Q_{b2} = m \cdot (1 + C_v) \cdot g \dots\dots\dots (5.4.1.1.7)$$

$$Q_b = \sqrt{(Q_{b1})^2 + (Q_{b2})^2} \dots\dots\dots (5.4.1.1.8)$$

せん断応力

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n \cdot A_b} \dots\dots\dots (5.4.1.1.9)$$

## 5.5 計算条件

### 5.5.1 基礎ボルトの応力計算条件

基礎ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）（S A）（RE296-41）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 $\sigma_b$ 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。

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

せん断応力 $\tau_b$ は、せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 $f_{sb}$ 以下であること。ただし、 $f_{sb}$ は下表による。

	基準地震動 $S_s$ による 荷重との組合せの場合
許容引張応力 $f_{to}$	$\frac{F^*}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 $f_{sb}$	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

## 6. 機能維持評価

### 6.1 電氣的機能維持評価方法

燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）（S A）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。

燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）（S A）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
燃料プールエリア放射線モニタ （低レンジ）（S A） （RE296-41）	水平	□
	鉛直	□

## 7. 評価結果

### 7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）（S A）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。

【燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）（S A）（RE296-41）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	
燃料プールエリア 放射線モニタ (低レンジ) (S A) (RE296-41)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建物 EL 42.8*1 (EL 51.7*1)	□	□	—	—	$C_H=3.51^{*2}$	$C_V=2.46^{*2}$	100

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 (kg)	h (mm)	d (mm)	A <sub>b</sub> (mm <sup>2</sup> )	n	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)
基礎ボルト	□	110	12 (M12)	113.1	4	221 (径≦16mm)	373 (径≦16mm)

部材	ℓ <sub>1</sub> * (mm)	ℓ <sub>2</sub> * (mm)	ℓ <sub>3</sub> * (mm)	n f <sub>v</sub> * (mm)	n f <sub>H</sub> * (mm)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
基礎ボルト	85	160	200	2	2	—	261	—	左右方向
	85	160	200	2	2				

注記\*：基礎ボルトの機器要目における上段は左右方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は前後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 <sub>b</sub>		Q <sub>b</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト	—	<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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張	—	—	$\sigma_b=3$	$f_{ts}=156^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=2$	$f_{sb}=120$

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

すべて許容応力以下である。

## 1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

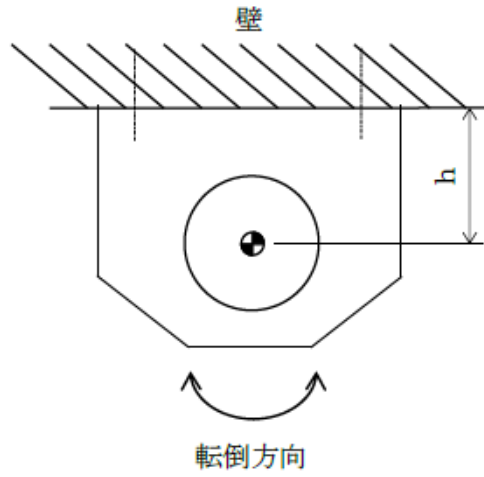
(×9.8m/s<sup>2</sup>)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
燃料プールエリア 放射線モニタ (低レンジ)(S A) (RE296-41)	水平方向	2.93	<input type="text"/>
	鉛直方向	2.06	<input type="text"/>

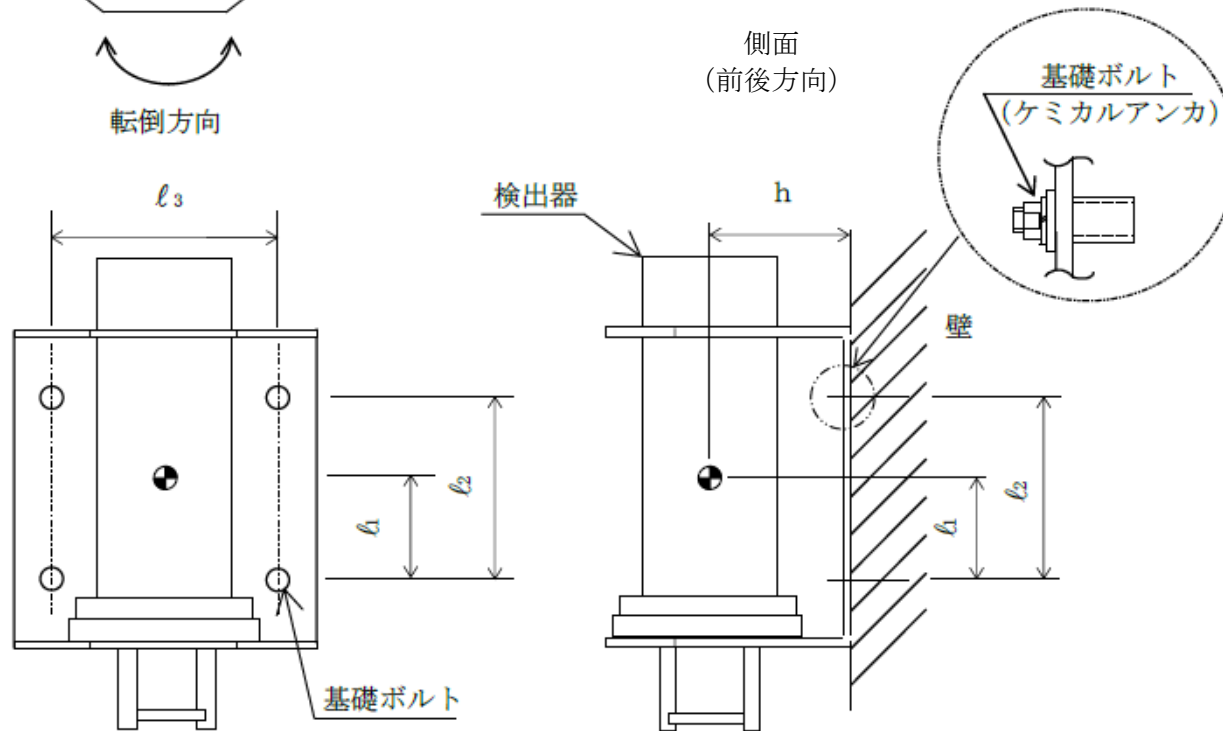
注記\*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）により定まる加速度

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。

上面  
(左右方向)



側面  
(前後方向)





VI-2-8-2-10 燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）（S A）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	16
5.6 応力の評価	17
6. 機能維持評価	18
6.1 電氣的機能維持評価方法	18
7. 評価結果	19
7.1 重大事故等対処設備としての評価結果	19

## 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、燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）（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。

燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）（SA）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。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）（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>検出器は、検出器取付ボルトにより検出器取付台に固定される。</p> <p>検出器取付台は、壁に基礎ボルトで設置される。</p>	<p>電離箱</p>	<p>(平面図)</p> <p>(側面図)</p> <p>(単位：mm)</p>

## 2.2 評価方針

燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）（SA）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」にて示す燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）（SA）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、燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）（SA）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。

燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）（SA）の耐震評価フローを図2-1に示す。

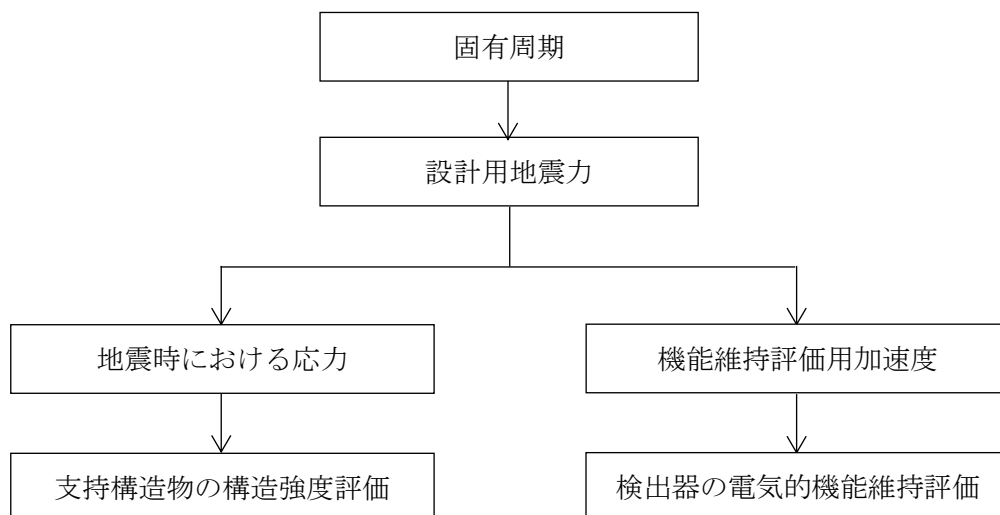


図2-1 燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）（SA）の耐震評価フロー

### 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	$\text{mm}^2$
$C_H$	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本あたり)	N
$F_{b1}$	鉛直方向地震及び壁掛取付面に対し左右方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力 (1本あたり) (壁掛形)	N
$F_{b2}$	鉛直方向地震及び壁掛取付面に対し前後方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力 (1本あたり) (壁掛形)	N
$f_{sb}$	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力	MPa
$f_{to}$	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
$g$	重力加速度 (=9.80665)	$\text{m/s}^2$
$h$	据付面から重心までの距離	mm
$l_1$	重心と下側ボルト間の鉛直方向距離 (壁掛形)	mm
$l_2$	上側ボルトと下側ボルト間の鉛直方向距離 (壁掛形)	mm
$l_3$	左側ボルトと右側ボルト間の水平方向距離 (壁掛形)	mm
$m$	質量	kg
$n$	ボルトの本数	—
$n_{fv}$	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 (前後方向) (壁掛形)	—
$n_{fH}$	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 (左右方向) (壁掛形)	—
$Q_b$	ボルトに作用するせん断力	N
$Q_{b1}$	水平方向地震によりボルトに作用するせん断力 (壁掛形)	N
$Q_{b2}$	鉛直方向地震によりボルトに作用するせん断力 (壁掛形)	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°Cにおける値	MPa
$\pi$	円周率	—
$\sigma_b$	ボルトに生じる引張応力	MPa
$\tau_b$	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 <sup>2</sup>	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

燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）（S A）の耐震評価は、「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる基礎ボルトについて実施する。

燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）（S A）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

燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）（S A）の固有周期は、振動試験（自由振動試験）にて求める。

#### 4.2 固有周期の確認方法

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、固有周期を確認する。燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）（S A）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)

水平			
鉛直			

## 5. 構造強度評価

### 5.1 構造強度評価方法

- (1) 燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）（SA）の質量は重心に集中しているものとする。
- (2) 地震力は燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）（SA）に対して水平方向及び鉛直方向から個別に作用させる。  
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) 燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）（SA）は基礎ボルトで壁に固定されており、固定端とする。
- (4) 転倒方向は、正面より見て左右方向及び前後方向について検討し、計算書には結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。
- (5) 燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）（SA）の重心位置については、転倒方向を考慮して、計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定して耐震性の計算を行う。
- (6) 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

燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）（SA）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-1 に示す。

#### 5.2.2 許容応力

燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）（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 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

燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）（SA）の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-3 に示す。

表 5-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
放射線 管理施設	放射線管理用 計測装置	燃料プールエリア 放射線モニタ (高レンジ) (SA)	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 5-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界 <sup>*1, *2</sup> (ボルト等)	
	一次応力	
	引張	せん断
IV <sub>A</sub> S	1.5・f <sub>t</sub> <sup>*</sup>	1.5・f <sub>s</sub> <sup>*</sup>
V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> SとしてIV <sub>A</sub> 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 5-3 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 <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		周囲環境温度	100			
基礎ボルト	SS400 (径 ≤ 16mm)	周囲環境温度	100	221	373	—

### 5.3 設計用地震力

燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）（S A）の設計用地震力のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-4 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 5-4 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 42.8*1 (EL 51.7*1)	□	□	—	—	$C_H=3.51^{*2}$	$C_V=2.46^{*2}$

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）

## 5.4 計算方法

### 5.4.1 応力の計算方法

#### 5.4.1.1 基礎ボルトの計算方法

基礎ボルトの応力は、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。

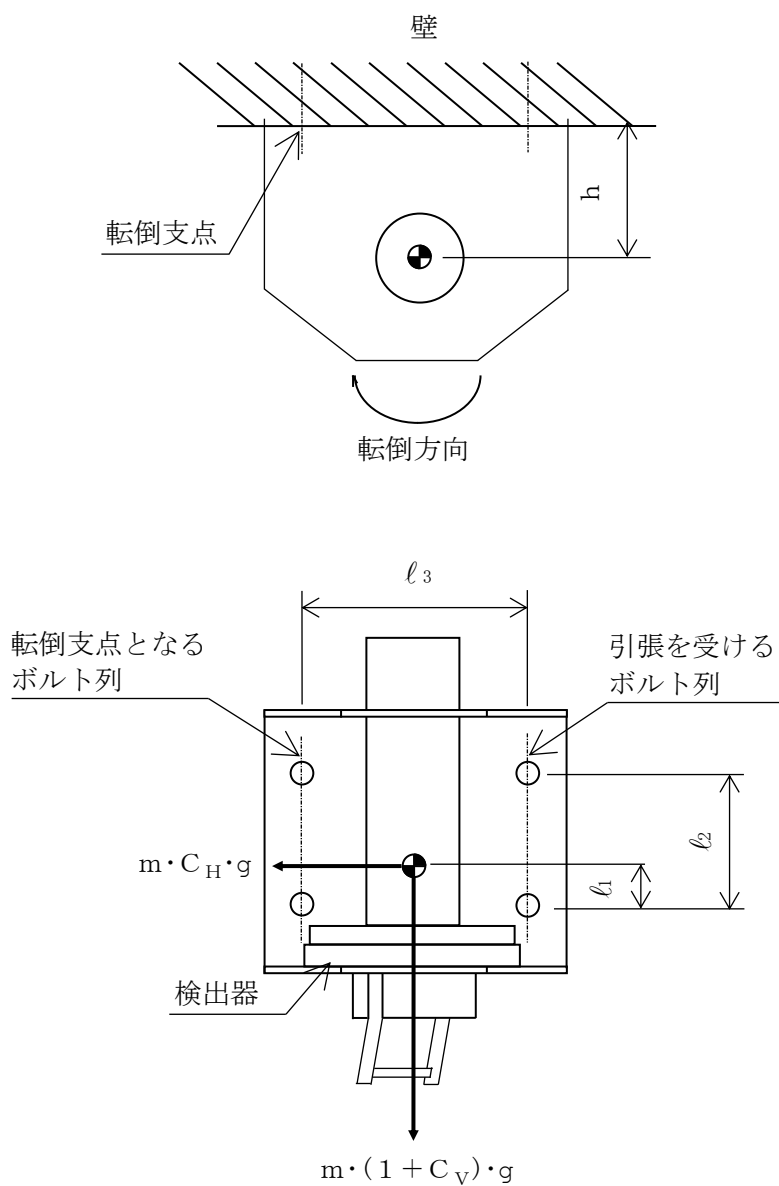


図5-1 計算モデル（壁掛形 左右方向転倒）

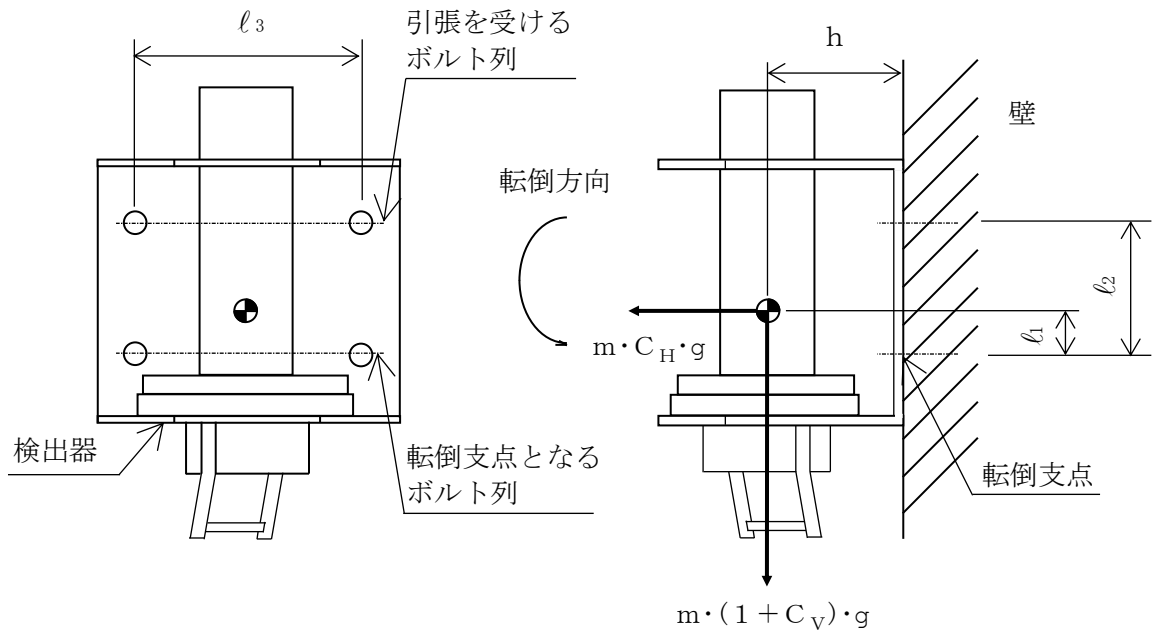


図5-2 計算モデル（壁掛形 前後方向転倒）



## (1) 引張応力

基礎ボルトに対する引張力は、図5-1及び図5-2でそれぞれのボルトを支点とする転倒を考え、これを片側のボルトで受けるものとして計算する。

引張力

$$F_{b1} = \frac{m \cdot (1 + C_V) \cdot h \cdot g}{n_{fv} \cdot l_2} + \frac{m \cdot C_H \cdot h \cdot g}{n_{fH} \cdot l_3} \dots\dots\dots (5.4.1.1.1)$$

$$F_{b2} = \frac{m \cdot (1 + C_V) \cdot h \cdot g + m \cdot C_H \cdot l_1 \cdot g}{n_{fv} \cdot l_2} \dots\dots\dots (5.4.1.1.2)$$

$$F_b = \text{Max} (F_{b1}, F_{b2}) \dots\dots\dots (5.4.1.1.3)$$

引張応力

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b} \dots\dots\dots (5.4.1.1.4)$$

ここで、基礎ボルトの軸断面積 $A_b$ は次式により求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \dots\dots\dots (5.4.1.1.5)$$

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。

## (2) せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b1} = m \cdot C_H \cdot g \dots\dots\dots (5.4.1.1.6)$$

$$Q_{b2} = m \cdot (1 + C_V) \cdot g \dots\dots\dots (5.4.1.1.7)$$

$$Q_b = \sqrt{(Q_{b1})^2 + (Q_{b2})^2} \dots\dots\dots (5.4.1.1.8)$$

せん断応力

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n \cdot A_b} \dots\dots\dots (5.4.1.1.9)$$

## 5.5 計算条件

### 5.5.1 基礎ボルトの応力計算条件

基礎ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）（S A）（RE296-42）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 $\sigma_b$ 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。

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

せん断応力 $\tau_b$ は、せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 $f_{sb}$ 以下であること。ただし、 $f_{sb}$ は下表による。

	基準地震動 $S_s$ による 荷重との組合せの場合
許容引張応力 $f_{to}$	$\frac{F^*}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 $f_{sb}$	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

## 6. 機能維持評価

### 6.1 電氣的機能維持評価方法

燃料プールエリア放射線モニタ(高レンジ)(SA)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。

燃料プールエリア放射線モニタ(高レンジ)(SA)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 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

機器名称	方向	機能確認済加速度
燃料プールエリア放射線モニタ (高レンジ)(SA) (RE296-42)	水平	□
	鉛直	□

## 7. 評価結果

### 7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）（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。

【燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）（S A）（RE296-42）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	
燃料プールエリア 放射線モニタ (高レンジ) (S A) (RE296-42)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建物 EL 42.8*1 (EL 51.7*1)	□	□	—	—	$C_H=3.51^{*2}$	$C_V=2.46^{*2}$	100

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 (kg)	h (mm)	d (mm)	A <sub>b</sub> (mm <sup>2</sup> )	n	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)
基礎ボルト	□	110	12 (M12)	113.1	4	221 (径≦16mm)	373 (径≦16mm)

部材	ℓ <sub>1</sub> * (mm)	ℓ <sub>2</sub> * (mm)	ℓ <sub>3</sub> * (mm)	n <sub>f v</sub> *	n <sub>f H</sub> *	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
基礎ボルト	28	100	200	2	2	—	261	—	左右方向
	28	100	200	2	2				

注記\*：基礎ボルトの機器要目における上段は左右方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は前後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 <sub>b</sub>		Q <sub>b</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト	—	<input type="checkbox"/>	—	<input type="checkbox"/>

## 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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張	—	—	$\sigma_b=3$	$f_{ts}=156^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=2$	$f_{sb}=120$

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

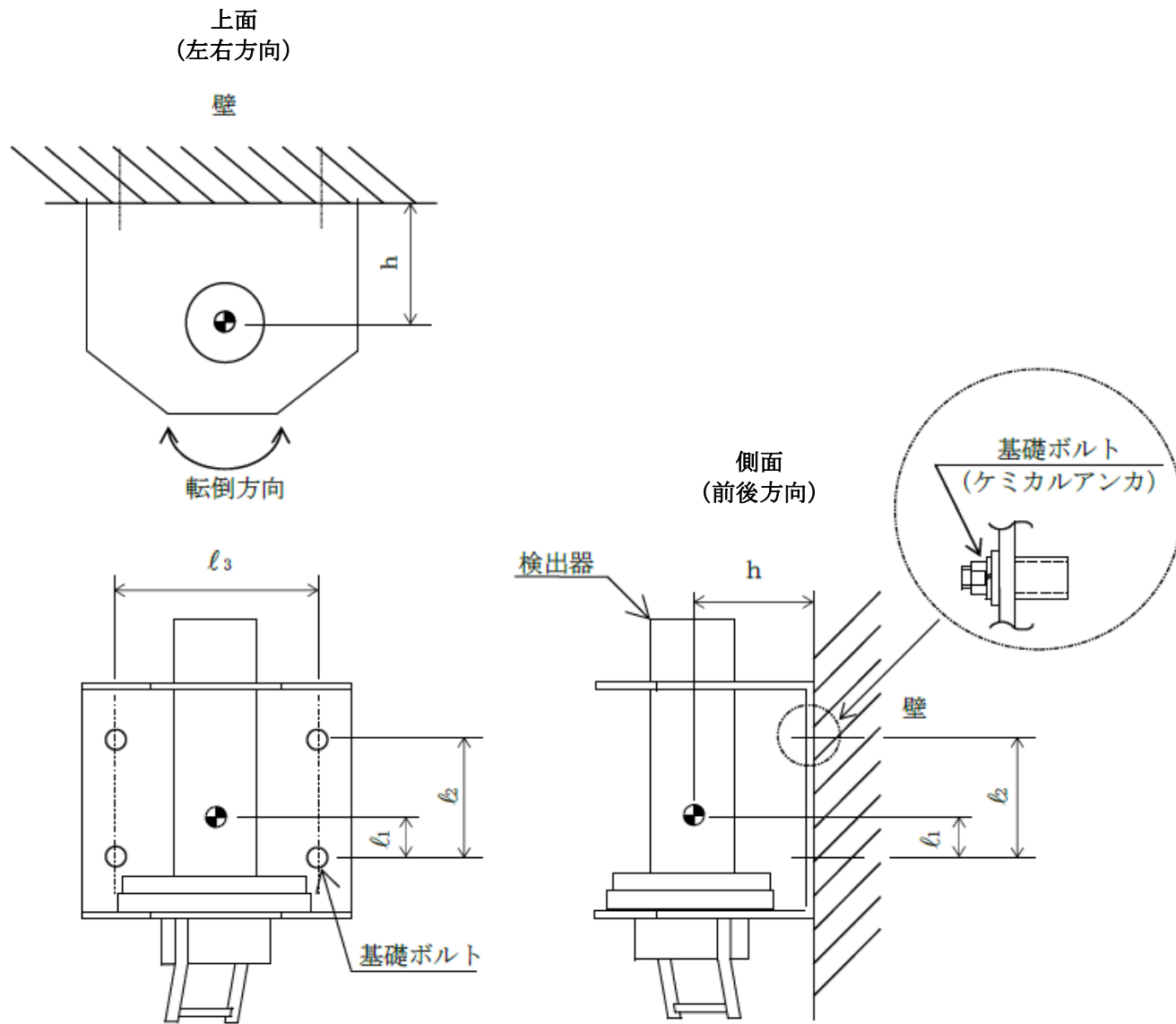
すべて許容応力以下である。

## 1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

(×9.8m/s<sup>2</sup>)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
燃料プールエリア 放射線モニタ (高レンジ)(S A) (RE296-42)	水平方向	2.93	<input type="checkbox"/>
	鉛直方向	2.06	<input type="checkbox"/>

注記\*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S<sub>s</sub>）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-2-8-3 換気設備の耐震性についての計算書

VI-2-8-3-1 中央制御室空調換気系の耐震性についての計算書

VI-2-8-3-1-1 管の耐震性についての計算書  
(中央制御室空調換気系)

## 目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 ダクト設計の基本方針	1
2.2.1 耐震設計の原則	1
2.2.2 ダクト及び支持構造物の設計手順	1
2.2.3 耐震重要度別による設計方針	3
2.2.4 設計用地震力	3
2.2.5 ダクト支持点の設計方法	3
2.2.6 支持方法	5
2.3 適用規格・基準等	5
2.4 記号の説明	6
2.4.1 矩形ダクトの記号の説明	6
2.4.2 円形ダクトの記号の説明	7
2.4.3 支持構造物の記号の説明	8
2.5 計算精度と数値の丸め方	9
3. 評価部位	9
4. 固有振動数の計算方法	9
4.1 計算モデル	9
4.2 固有振動数計算方法	10
4.2.1 矩形ダクトの固有振動数計算方法	10
4.2.2 円形ダクトの固有振動数計算方法	10
5. 構造強度評価	11
5.1 構造強度評価方法	11
5.1.1 矩形ダクトの構造強度評価方法	11
5.1.2 円形ダクトの構造強度評価方法	11
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	12
5.3 設計用地震力	18
6. 耐震支持間隔算定結果	19
7. 支持構造物設計の基本方針	23
7.1 支持構造物の構造及び種類	23
7.2 支持構造物の考慮事項	24
7.3 支持構造物の耐震性確認	25
8. 引用文献	25

## 1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」及びVI-2-1-13「ダクト及び支持構造物の耐震計算について」にて設定している設計方針に基づき、中央制御室空調換気系ダクト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。

中央制御室空調換気系ダクトは、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

中央制御室空調換気系ダクトの構造計画を表 2-1 に示す。

### 2.2 ダクト設計の基本方針

#### 2.2.1 耐震設計の原則

ダクト及びその支持構造物は、耐震重要度分類に応じた地震力に対して十分な強度を有するように設計する。

#### 2.2.2 ダクト及び支持構造物の設計手順

ダクトの経路は、建物の形状、機器の配置、配管、ケーブルトレイ等の経路を考慮し、耐震性を加味して決定する。

以上を考慮して決定されたダクト経路について支持方法を定めて、ダクトが十分な耐震強度を有するように支持点を決定する。

表 2-1 構造計画

計画の概要		構造概略図
基礎・支持構造	主体構造	
ダクトは、支持構造物を介して躯体へ支持されている。	矩形ダクト 円形ダクト	

### 2.2.3 耐震重要度別による設計方針

ダクトは、表 2-2 に示す設計方針とする。

表 2-2 耐震重要度分類と設計方針

分類	耐震重要度分類	機器等の区分	設計方針
設計基準 対象施設	Sクラス	—	地震時の加速度に対し機能が保たれるようサポートのスパン長を最大許容ピッチ以下に確保すること（最大許容ピッチは、「4. 固有振動数の計算方法」及び「5. 構造強度評価」に基づき算出する。）。
重大事故等 対処設備	—	重大事故等 クラス2管	

### 2.2.4 設計用地震力

ダクトについては、VI-2-1-1「耐震設計の基本方針」に示す設計用地震力を用いて評価を行う。なお、「2.2.5 ダクト支持点の設計方法」のうち、手法1はダクトの固有振動数が十分剛（20Hz以上）となる領域で設計することから、静的震度及び $1.2 \cdot ZPA$ を使用する。

### 2.2.5 ダクト支持点の設計方法

ダクト及びその支持構造物は適切な剛性を有するとともに、許容座屈曲げモーメントを満足する支持間隔とすることにより耐震性を確保する。

ダクトの支持点は、手法1の支持間隔で計画する。その支持間隔算定はダクトの固有振動数が20Hz以上となる支持間隔と静的震度及び $1.2 \cdot ZPA$ によりダクトに生じる曲げモーメントが許容座屈曲げモーメント以下となる支持間隔を算定し、いずれか小さい方を支持間隔とする。支持点設計手順を図2-1に示す。

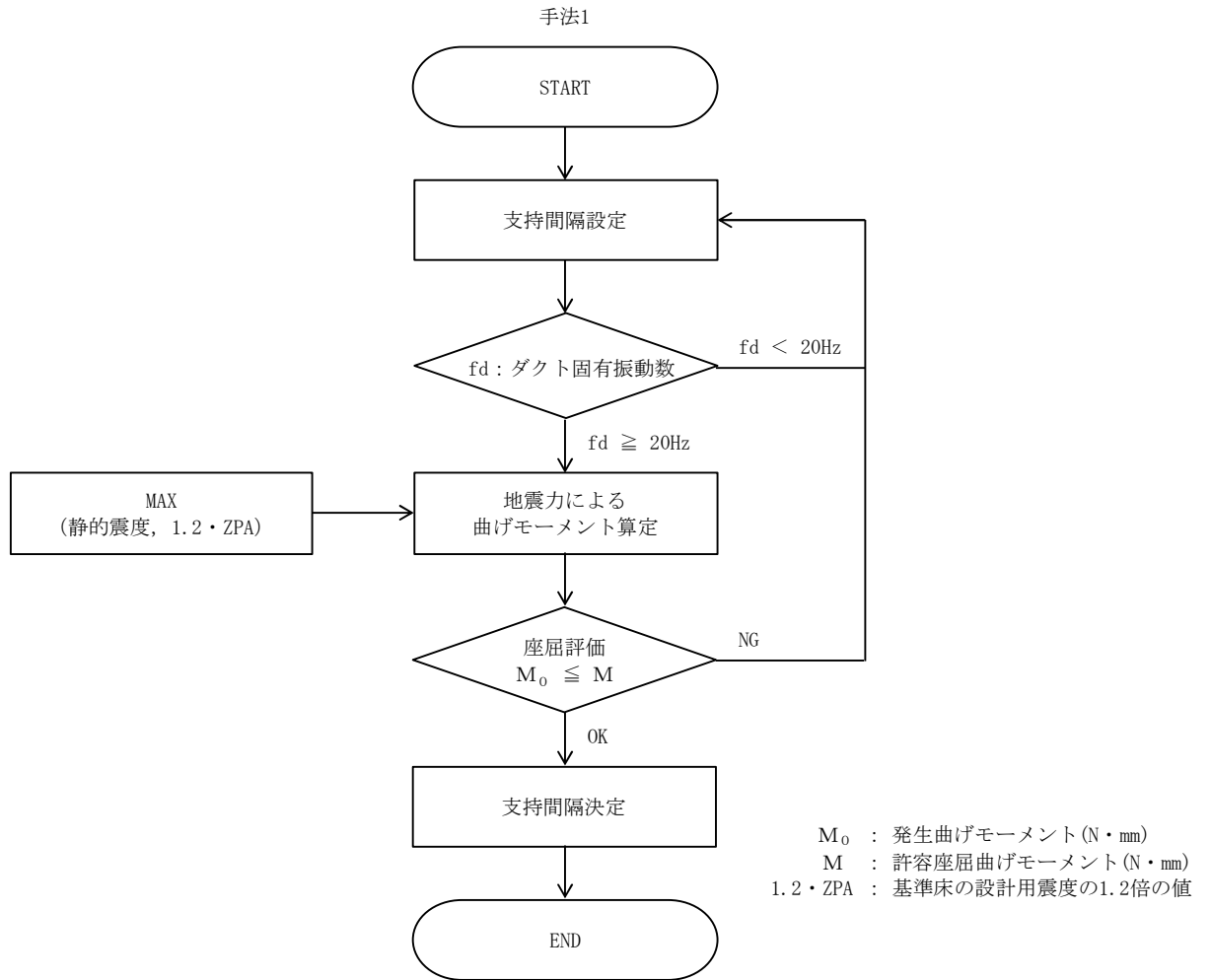


図 2-1 ダクト支持点設計手順



## 2.2.6 支持方法

### (1) 直管部

ダクトの直管部は、「5. 構造強度評価」で求まる支持間隔以下で支持するものとする。  
また、直管部が長い箇所には軸方向を拘束する支持構造物を設ける設計とする。

### (2) 曲管部

曲管部は、直管部に比べ剛性及び強度が低下するが、「5. 構造強度評価」で求まる支持間隔は、これら曲管部の縮小率を包絡する支持間隔としている。

### (3) 分岐部

分岐部は、「5. 構造強度評価」で求まる支持間隔に縮小率を乗じた支持間隔を用いて支持点を設計する。

### (4) 重量物の取付部

ダクトに自動ダンパ等の重量物を取り付く場合は、その近傍又は重量物自体を支持するものとする。なお、近傍を支持する場合には、「5. 構造強度評価」で求まる支持間隔と、当該重量物を考慮した支持間隔を用いて、支持点を設計する。

## 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。)
- ・J I S G 3 3 0 2 (1994) 「溶融亜鉛めっき鋼板及び鋼帯」

## 2.4 記号の説明

### 2.4.1 矩形ダクトの記号の説明

記号	記号の説明	単位
f	固有振動数	Hz
$\pi$	円周率	—
$l$	両端単純支持間隔	mm
E	縦弾性係数	MPa
g	重力加速度	mm/s <sup>2</sup>
I	断面二次モーメント	mm <sup>4</sup>
W	ダクト単位長さ重量	N/mm
$\beta$	断面二次モーメントの安全係数* (幅厚比 $b/t \leq 600 \cdots \beta = 0.75$ , $b/t > 600 \cdots \beta = 0.6$ )	—
a	ダクト長辺寸法	mm
b	ダクト短辺寸法	mm
a e	ダクトフランジの有効幅	mm
b e	ダクトウェブの有効幅	mm
t	ダクト板厚	mm
M <sub>0</sub>	発生曲げモーメント	N・mm
$\alpha$	設計震度 (水平震度又は鉛直震度の大きい方)	—
M	許容座屈曲げモーメント	N・mm
S	許容座屈曲げモーメントの安全係数 (=0.7)	—
M <sub>T</sub>	座屈限界曲げモーメント	N・mm
$\lambda$	座屈限界曲げモーメントの補正係数*	—
$\nu$	ポアソン比 (=0.3)	—
$\sigma_y$	降伏点 (=S <sub>y</sub> )	MPa
$\gamma$	座屈限界曲げモーメントの安全係数* (=0.6)	—

注記\* : 引用文献(1)より定義される係数

## 2.4.2 円形ダクトの記号の説明

記号	記号の説明	単位
f	固有振動数	Hz
$\pi$	円周率	—
$l$	両端単純支持間隔	mm
E	縦弾性係数	MPa
g	重力加速度	mm/s <sup>2</sup>
I	断面二次モーメント	mm <sup>4</sup>
Z	断面係数	mm <sup>3</sup>
W	ダクト単位長さ重量	N/mm
C	弾性座屈曲げモーメントの補正係数 (=0.72)	—
$d_1$	ダクト内径寸法	mm
$d_2$	ダクト外径寸法	mm
R	ダクト内半径寸法	mm
t	ダクト板厚	mm
$M_0$	発生曲げモーメント	N・mm
$\alpha$	設計震度 (軸直角2方向の震度のベクトル和)	—
M	許容座屈曲げモーメント	N・mm
S	許容座屈曲げモーメントの安全係数 (=0.7)	—
$M_{cr}$	弾性座屈曲げモーメント	N・mm
$M_T$	座屈限界曲げモーメント	N・mm
$\nu$	ポアソン比 (=0.3)	—
$\sigma_{cr}$	弾性座屈応力	MPa
$\sigma_y$	降伏点 (=S <sub>y</sub> )	MPa

### 2.4.3 支持構造物の記号の説明

記号	記号の説明	単位
$f_t$	許容引張応力	MPa
$f_s$	許容せん断応力	MPa
$f_b$	許容曲げ応力	MPa
$\sigma_t$	引張（圧縮）応力	MPa
$\sigma_b$	曲げ応力	MPa
$\tau$	せん断応力	MPa
$\sigma$	組合せ応力	MPa
$A$	引張（圧縮）応力計算に用いる断面積	mm <sup>2</sup>
$A_s$	せん断応力計算に用いる断面積	mm <sup>2</sup>
$Z$	曲げ応力計算に用いる断面係数	mm <sup>3</sup>
$N$	引張（圧縮）方向荷重	N
$Q$	せん断方向荷重	N
$M_o$	曲げモーメント	N・mm

## 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2-3に示すとおりである。

表2-3 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	℃	小数点以下第1位	四捨五入	整数位
外径	mm	小数点以下第2位	四捨五入	小数点以下第1位
厚さ	mm	小数点以下第2位	四捨五入	小数点以下第1位
支持間隔	mm	十の位	切捨て	整数位
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁* <sup>1</sup>
モーメント	N・mm	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁* <sup>1</sup>
計算応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力* <sup>2</sup>	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

注記\*1：絶対値が1000以上のときは、べき数表示とする。

\*2：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。

## 3. 評価部位

ダクトの耐震評価は、「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、実施する。

## 4. 固有振動数の計算方法

### 4.1 計算モデル

ダクト系は、図4-1に示す両端を支持構造物で支持された両端単純支持はりにモデル化する。

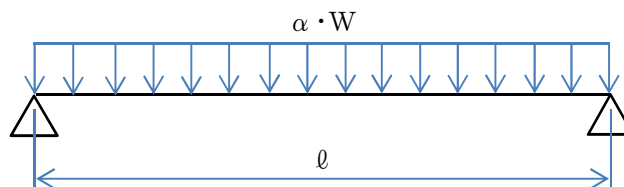


図4-1 両端単純支持はり

## 4.2 固有振動数計算方法

### 4.2.1 矩形ダクトの固有振動数計算方法

両端単純支持された矩形ダクトの固有振動数は、引用文献(1)より次式で与えられる。算出に用いる矩形ダクトの断面図を図4-2に示す。

$$f = \frac{\pi}{2 \cdot \ell^2} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I \cdot g}{W}} \quad \dots\dots\dots (4.2.1.1)$$

ここで、

$$I = \left( \frac{t \cdot b e^3}{6} + a e \cdot t \cdot \frac{b e^2}{2} \right) \cdot \beta \quad \dots\dots\dots (4.2.1.2)$$

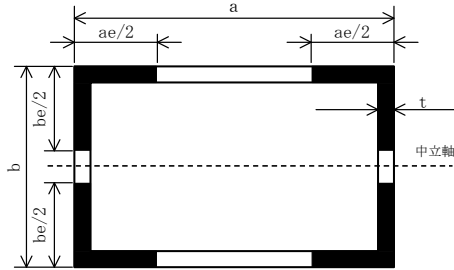


図4-2 矩形ダクトの断面図

### 4.2.2 円形ダクトの固有振動数計算方法

両端単純支持された円形ダクトの固有振動数は、次式で与えられる。算出に用いる円形ダクトの断面図を図4-3に示す。

$$f = \frac{\pi}{2 \cdot \ell^2} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I \cdot g}{W}} \quad \dots\dots\dots (4.2.2.1)$$

ここで、

$$I = \frac{\pi}{64} \cdot (d_2^4 - d_1^4) \quad \dots\dots\dots (4.2.2.2)$$

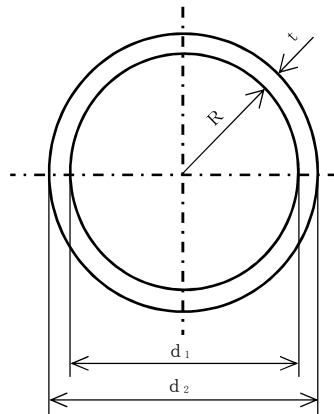


図4-3 円形ダクトの断面図

## 5. 構造強度評価

### 5.1 構造強度評価方法

#### 5.1.1 矩形ダクトの構造強度評価方法

矩形ダクトの座屈評価を以下に示す。地震時，両端単純支持されたダクトに生じる曲げモーメントは，引用文献(1)より次式で与えられる。

$$M_0 = \frac{\alpha \cdot W \cdot \ell^2}{8} \quad \dots\dots\dots (5.1.1.1)$$

ここで，設計震度  $\alpha$  は水平震度又は鉛直震度の大きい方をダクト短辺寸法に考慮する。なお，鉛直震度の評価では自重も考慮する。また，ダクトの座屈による大変形を防ぐためにダクトに生じる曲げモーメントが許容座屈曲げモーメント以下となるようにする。

$$M_0 \leq M \quad \dots\dots\dots (5.1.1.2)$$

(5.1.1.1)，(5.1.1.2)式より許容座屈曲げモーメントから定まる支持間隔は次式で与えられる。

$$\ell = \sqrt{\frac{8 \cdot M}{W \cdot \alpha}} \quad \dots\dots\dots (5.1.1.3)$$

ここで，

$$M = S \cdot M_T \quad \dots\dots\dots (5.1.1.4)$$

$$M_T = \lambda \cdot \frac{\pi \cdot t \cdot I}{\sqrt{1 - \nu^2} \cdot b^2} \cdot \sqrt{E \cdot \sigma_y \cdot \gamma} \quad \dots\dots\dots (5.1.1.5)$$

$$I = \frac{t \cdot b^3}{6} + a \cdot e \cdot t \cdot \frac{b^2}{2} \quad \dots\dots\dots (5.1.1.6)$$

#### 5.1.2 円形ダクトの構造強度評価方法

円形ダクトの座屈評価を以下に示す。地震時，両端単純支持されたダクトに生じる曲げモーメントは次式で与えられる。

$$M_0 = \frac{\alpha \cdot W \cdot \ell^2}{8} \quad \dots\dots\dots (5.1.2.1)$$

ここで，設計震度  $\alpha$  は軸直角 2 方向の震度をベクトル和で組合せ，鉛直震度に対しては自重も考慮する。また，ダクトの座屈による大変形を防ぐためにダクトに生じる曲げモーメントが許容座屈曲げモーメント以下となるようにする。

$$M_0 \leq M \quad \dots\dots\dots (5.1.2.2)$$

(5.1.2.1), (5.1.2.2)式より許容座屈曲げモーメントから定まる支持間隔は次式で与えられる。

$$l = \sqrt{\frac{8 \cdot M}{W \cdot \alpha}} \quad \dots\dots\dots (5.1.2.3)$$

ここで,

$$M = S \cdot M_T \quad \dots\dots\dots (5.1.2.4)$$

$$M_T = \min(\sigma_{cr}, \sigma_y) \cdot Z \quad \dots\dots\dots (5.1.2.5)$$

$$\sigma_{cr} = \frac{M_{cr}}{Z} \quad \dots\dots\dots (5.1.2.6)$$

$$M_{cr} = \frac{C \cdot E \cdot R \cdot t^2}{(1 - \nu^2)} \quad \dots\dots\dots (5.1.2.7)$$

$$Z = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{d_2^4 - d_1^4}{d_2} \quad \dots\dots\dots (5.1.2.8)$$

## 5.2 荷重の組合せ及び許容応力

### (1) 荷重の組合せ及び許容応力状態

ダクト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。

### (2) 許容限界

ダクトの許容限界は, VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき, 表5-3及び表5-4に, 支持構造物の許容応力を表5-5に示す。

### (3) 使用材料の許容応力評価条件

ダクト及び支持構造物の許容応力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
放射線管理施設	換気設備	中央制御室空調換気系 主配管	S	—*1	$D + P_D + M_D + S d^{* *2}$	ⅢA S
					$D + P_D + M_D + S s$	ⅣA S

注記\*1：クラス4管の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

\*2：ダクトの耐震支持間隔の算出においては、許容値となる許容座屈曲げモーメントの算出に当たり、評価手法上、ダクト材の降伏点又は弾性座屈応力を使用するため、基準地震動 $S_s$ 評価と弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的地震力（ $S d^*$ ）評価に用いる係数、許容値に差異はない。また、発生曲げモーメントの算出に当たっては、 $S d^*$ は $S_s$ に包絡されるため、 $S d^*$ に対する評価は省略する。

13

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	換気設備	中央制御室空調換気系 主配管 及び排気ダクト*2	常設耐震／防止 常設／緩和	重大事故等 クラス2管	$D + P_D + M_D + S s$	ⅣA S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S s^{*3}$	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：中央制御室バウンダリを構成するダクトを示す。

\*3：「 $D + P_D + M_D + S s$ 」の評価に包絡される場合は、評価結果の記載を省略する。

表 5-3 許容限界 (クラス 4 管)

許容応力状態	許容限界
Ⅲ <sub>A</sub> S	地震時の加速度に対し機能が保たれるようサポートのスパン長を最大許容ピッチ以下に確保すること。 (最大許容ピッチは「5. 構造強度評価」に基づき許容座屈曲げモーメントより算出する。)
Ⅳ <sub>A</sub> S	

表 5-4 許容限界 (重大事故等クラス 2 管 (クラス 4 管))

許容応力状態	許容限界
Ⅳ <sub>A</sub> S	地震時の加速度に対し機能が保たれるようサポートのスパン長を最大許容ピッチ以下に確保すること。 (最大許容ピッチは「5. 構造強度評価」に基づき許容座屈曲げモーメントより算出する。)
Ⅴ <sub>A</sub> S	

表 5-5 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）\*1

許容応力状態	許容限界*2 (ボルト等以外)			
	一次応力			
	引張	せん断	曲げ	組合せ*3
ⅢAS	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$	$1.5 \cdot f_b$	$1.5 \cdot f_t$
ⅣAS	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$1.5 \cdot f_b^*$	$1.5 \cdot f_t^*$
ⅤAS (ⅤASとしてⅣASの許容限界を用いる。)				

15

注記\*1:  $f_t^*$ ,  $f_s^*$ ,  $f_b^*$  は,  $f_t$ ,  $f_s$ ,  $f_b$  の値を算出する際に設計・建設規格 SSB-3121.1(1)本文中「付録材料図表 Part5

表8に定める値」とあるのを「付録材料図表 Part5 表8に定める値の1.2倍の値」と読み替えて計算した値とする。

\*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。

\*3: 組合せ応力の許容応力は, 設計・建設規格に基づく値とする。

表 5-6 使用材料の許容応力評価条件 (設計基準対象施設)

機器名称	評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sup>*1</sup> (MPa)	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> <sup>*1</sup> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) <sup>*1</sup> (MPa)
			中央制御室 空調換気系 主配管	ダクト	SPGC	最高使用温度	40	—
SGCC	最高使用温度	40			—	<input type="text"/>	—	—
SS41	最高使用温度	40			—	245	—	—
SS400	最高使用温度	40			—	245	—	—
支持架構	SS41	周囲環境温度		50	—	241	394	—

注記\*1：評価に使用していない許容応力については「—」と記載する。

\*2：

表 5-7 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

機器名称	評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sup>*1</sup> (MPa)	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> <sup>*1</sup> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) <sup>*1</sup> (MPa)
中央制御室 空調換気系 主配管	ダクト	SPGC	最高使用温度	40	—		—	—
		SGCC	最高使用温度	40	—		—	—
		SS41	最高使用温度	40	—	245	—	—
		SS400	最高使用温度	40	—	245	—	—
	支持架構	SS41	周囲環境温度	50	—	241	394	—
		SS400	周囲環境温度	50	—	241	394	—
		STKR400	周囲環境温度	50	—	234	394	—
中央制御室 空調換気系 排気ダクト	ダクト	SPGC	周囲環境温度	50	—		—	—
		SS400	周囲環境温度	50	—	241	—	—

注記\*1：評価に使用していない許容応力については「—」と記載する。

\*2：

## 5.3 設計用地震力

耐震評価に用いる設計用地震力を表 5-8 及び表 5-9 に示す。

本計算書において評価に用いる弾性設計用地震動  $S_d$  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」に基づく。

なお、ダクトの耐震支持間隔の算出においては、許容値となる許容座屈曲げモーメントの算出に当たり、評価手法上、ダクト材の降伏点又は弾性座屈応力を使用するため、 $S_s$  評価と  $S_d^*$  評価に用いる係数、許容値に差異はない。また、発生曲げモーメントの算出に当たっては  $S_d^*$  は  $S_s$  に包絡されるため、 $S_d^*$  に対する評価は省略する。

表 5-8 設計用地震力（設計基準対象施設）

機器名称	建物・構築物	標高(EL) (m)	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$	
			水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
中央制御室 空調換気系 主配管			1.31 <sup>*1</sup>	0.59 <sup>*1</sup>	1.55 <sup>*2</sup>	1.16 <sup>*2</sup>
			1.45 <sup>*1</sup>	0.61 <sup>*1</sup>	2.43 <sup>*2</sup>	1.19 <sup>*2</sup>

注記\*1：設計用震度 I（弾性設計用地震動  $S_d$ ）又は静的震度

\*2：設計用震度 I（基準地震動  $S_s$ ）

表 5-9 設計用地震力（重大事故等対処設備）

機器名称	建物・構築物	標高(EL) (m)	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$	
			水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
中央制御室 空調換気系 主配管			1.31 <sup>*1</sup>	0.59 <sup>*1</sup>	1.55 <sup>*2</sup>	1.16 <sup>*2</sup>
			1.45 <sup>*1</sup>	0.61 <sup>*1</sup>	2.43 <sup>*2</sup>	1.19 <sup>*2</sup>
中央制御室 空調換気系 排気ダクト			1.77 <sup>*1</sup>	0.62 <sup>*1</sup>	2.24 <sup>*2</sup>	1.29 <sup>*2</sup>

注記\*1：設計用震度 I（弾性設計用地震動  $S_d$ ）又は静的震度

\*2：設計用震度 I（基準地震動  $S_s$ ）

6. 耐震支持間隔算定結果

中央制御室空調換気系ダクトの耐震支持間隔は、「2.2 ダクト設計の基本方針」に示す手法1から定めており、設計基準対象施設としての支持間隔を表6-1に、重大事故等対処設備としての支持間隔を表6-2に示す。この支持間隔以内で支持することにより、耐震性を確保する。

表6-1 中央制御室空調換気系ダクトの耐震支持間隔（設計基準対象施設としての評価結果）(1/2)

機器名称	ダクト種別*	ダクト		板厚 (mm)	支持間隔 ( $f_d \geq 20\text{Hz}$ ) (mm)	発生曲げ モーメント $M_0$ ( $\text{N}\cdot\text{mm}$ )	許容座屈 曲げモー メント $M$ ( $\text{N}\cdot\text{mm}$ )	
		長辺 (mm)	短辺 (mm)					
中央制御室 空調換気系 主配管	亜鉛鉄板 ハゼ折ダクト (SPGC)	900	900	1.0				
		1000	900	0.8				
		1100	700	0.8				
		1200	700	0.8				
		1200	700	1.0				
		1200	1200	0.8				
		1200	1200	1.0				
		1300	1300	1.0				
		1500	900	1.0				
		1500	1100	1.0				
		1500	1500	1.0				
		1500	1500	1.2				
		1600	1100	1.2				
		1600	1600	1.0				
		1800	1000	1.0				
		1800	1300	1.0				
		3000	800	1.2				
				$\phi 900$		1.0		
			$\phi 1040$		1.0			
	亜鉛めっき 鋼板 ハゼ折ダクト (SGCC)	918	827	0.8				
		1000	900	0.8				
		1000	900	1.0				
		1100	1000	0.8				
		1200	700	0.8				
		1300	900	1.0				
		1300	1300	1.0				
		1500	1500	1.0				

注記\*：全て保温有りとして算出

表 6-1 中央制御室空調換気系ダクトの耐震支持間隔 (設計基準対象施設としての評価結果) (2/2)

機器名称	ダクト種別*	ダクト		板厚 (mm)	支持間隔 ( $f_d \geq 20\text{Hz}$ ) (mm)	発生曲げ モーメント $M_o$ ( $\text{N}\cdot\text{mm}$ )	許容座屈 曲げモー メント $M$ ( $\text{N}\cdot\text{mm}$ )
		長辺 (mm)	短辺 (mm)				
中央制御室 空調換気系 主配管	亜鉛めっき 鋼板 ハゼ折ダクト (SGCC)	1800	1300	1.0			
		1800	1300	1.2			
		2000	1000	1.2			
		2100	1000	1.2			
		2600	1000	1.2			
		3000	1000	1.2			
		3250	1000	1.2			
		3800	1000	1.2			
		$\phi 900$			0.8		
	鋼板 溶接ダクト (SS41)	1100	700	2.3			
		1300	900	2.3			
	鋼板 溶接ダクト (SS400)	1100	700	3.2			
		1206	1206	2.3			
		1300	900	3.2			
		1306	1306	2.3			

注記\* : 全て保温有りとして算出



表 6-2 中央制御室空調換気系ダクトの耐震支持間隔（重大事故等対処設備としての評価結果）  
 (1/2)

機器名称	ダクト種別*1	ダクト		板厚 (mm)	支持間隔 ( $f_d \geq 20\text{Hz}$ ) (mm)	発生曲げ モーメント $M_0$ (N・mm)	許容座屈 曲げモー メント $M$ (N・mm)
		長辺 (mm)	短辺 (mm)				
中央制御室 空調換気系 主配管	亜鉛鉄板 ハゼ折ダクト (SPGC)	900	900	1.0			
		1000	900	0.8			
		1100	700	0.8			
		1200	700	0.8			
		1200	700	1.0			
		1200	1200	0.8			
		1200	1200	1.0			
		1300	1300	1.0			
		1500	900	1.0			
		1500	1100	1.0			
		1500	1500	1.0			
		1500	1500	1.2			
		1600	1100	1.2			
		1600	1600	1.0			
		1800	1000	1.0			
		1800	1300	1.0			
		3000	800	1.2			
		$\phi 900$			1.0		
	$\phi 1040$			1.0			
	亜鉛めっき 鋼板 ハゼ折ダクト (SGCC)	918	827	0.8			
		1000	900	0.8			
		1000	900	1.0			
		1100	1000	0.8			
		1200	700	0.8			
		1300	900	1.0			
		1300	1300	1.0			
		1500	1500	1.0			

注記\*1：全て保温有りとして算出

\*2：重大事故等対処設備としての支持間隔は，設計基準対象施設としての支持間隔と同様であるため，記載を省略する。

表 6-2 中央制御室空調換気系ダクトの耐震支持間隔（重大事故等対処設備としての評価結果）  
(2/2)

機器名称	ダクト種別*1	ダクト		板厚 (mm)	支持間隔 ( $f_d \geq 20\text{Hz}$ ) (mm)	発生曲げ モーメント $M_o$ ( $\text{N}\cdot\text{mm}$ )	許容座屈 曲げモー メント $M$ ( $\text{N}\cdot\text{mm}$ )
		長辺 (mm)	短辺 (mm)				
中央制御室 空調換気系 主配管	亜鉛めっき 鋼板 ハゼ折ダクト (SGCC)	1800	1300	1.0			
		1800	1300	1.2			
		2000	1000	1.2			
		2100	1000	1.2			
		2600	1000	1.2			
		3000	1000	1.2			
		3250	1000	1.2			
		3800	1000	1.2			
		$\phi 900$		0.8			
		$\phi 900$		1.0			
	鋼板 溶接ダクト (SS41)	1100	700	2.3			
		1300	900	2.3			
	鋼板 溶接ダクト (SS400)	800	800	3.2			
		1100	700	3.2			
		1206	1206	2.3			
		1300	900	3.2			
		1306	1306	2.3			
		1400	800	3.2			
		5100	1400	3.2			
		$\phi 900$		3.2			
中央制御室 空調換気系 排気ダクト	亜鉛鉄板 ハゼ折ダクト (SPGC)	800	800	0.8			
		800	800	1.2			
		2800	1550	1.2			
		$\phi 900$		0.8			
	鋼板 溶接ダクト (SS400)	800	800	2.3			
		805	805	3.2			

注記\*1：全て保温有りとして算出

\*2：重大事故等対処設備としての支持間隔は、設計基準対象施設としての支持間隔と同様であるため、記載を省略する。

7. 支持構造物設計の基本方針

7.1 支持構造物の構造及び種類

支持構造物は、形鋼及び角形鋼管を組み合わせた溶接構造を原則とし、その用途に応じて以下に大別する。

- (1) ダクト軸直角の2方向を拘束するもの
- (2) ダクト軸方向及び軸直角の3方向を拘束するもの
- (3) ダクト軸方向及び軸直角の3方向並びにモーメントを拘束するもの（アンカ）

図7-1 から図7-4 に支持構造物の代表例を示す。

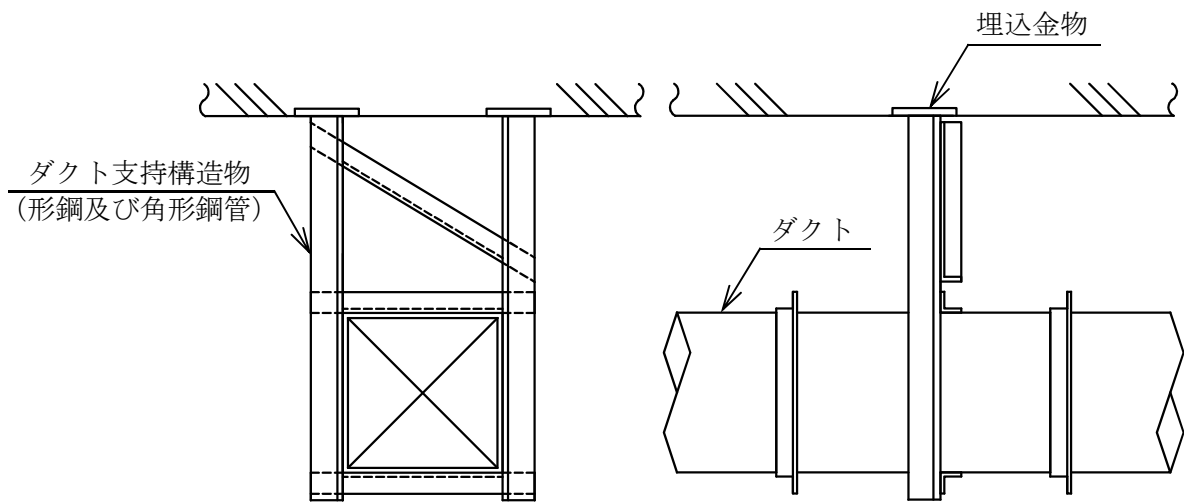


図7-1 2方向（軸直角方向）拘束の代表例

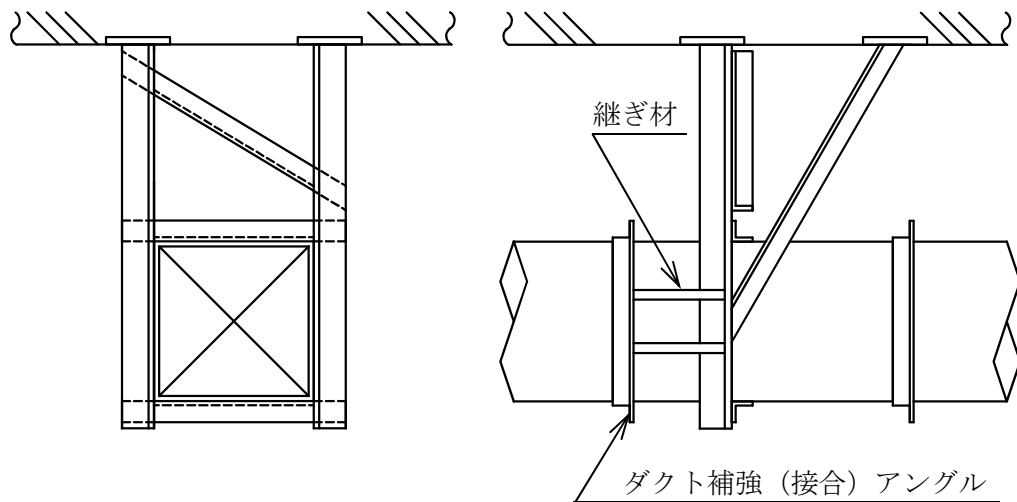


図7-2 3方向（軸方向及び軸直角方向）拘束の代表例

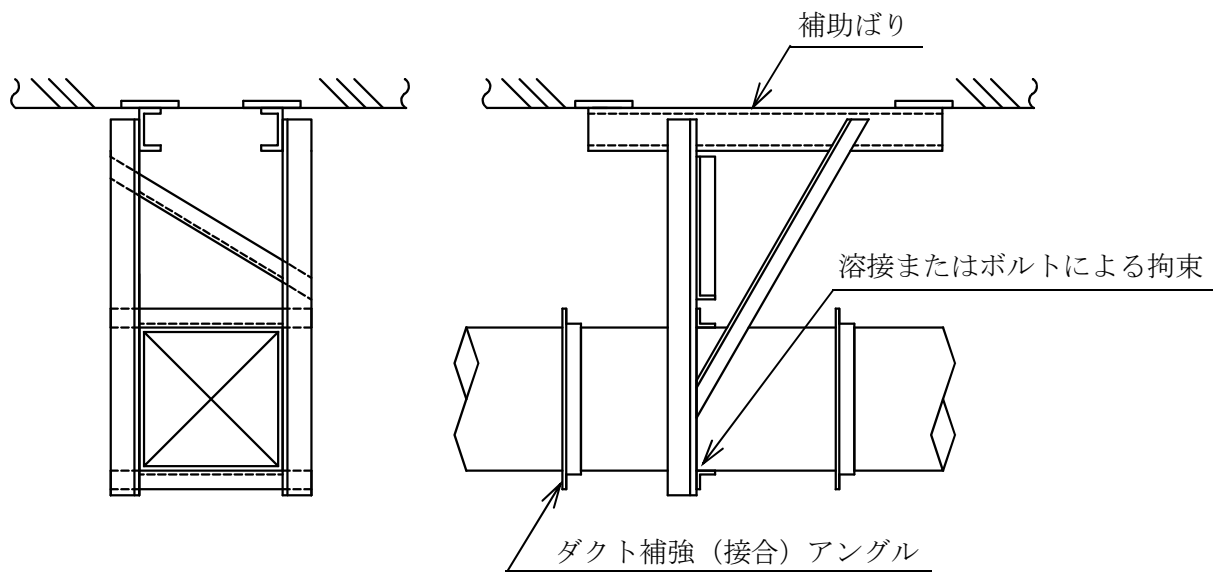


図7-3 3方向（軸方向及び軸直角方向）並びにモーメント拘束の代表例

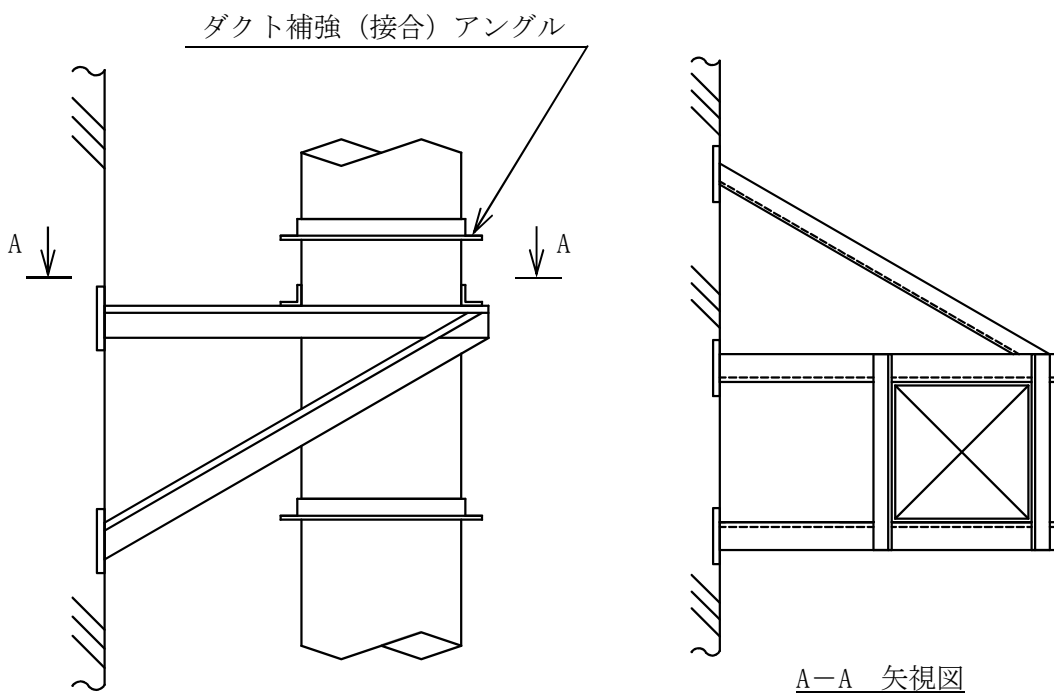


図7-4 垂直ダクトの支持の代表例（2方向（軸直角方向）拘束の代表例）

## 7.2 支持構造物の考慮事項

支持構造物の構造は、ダクトに作用する地震荷重に対し十分な強度を有する構造とする。なお、ダクトの荷重は、隣接する支持構造物の距離より定まる負担割合（ダクト長さ）から求めたダクト重量（ダクトに取付くダンパ等の重量物も考慮する）に地震力（震度）を乗じて算出する。

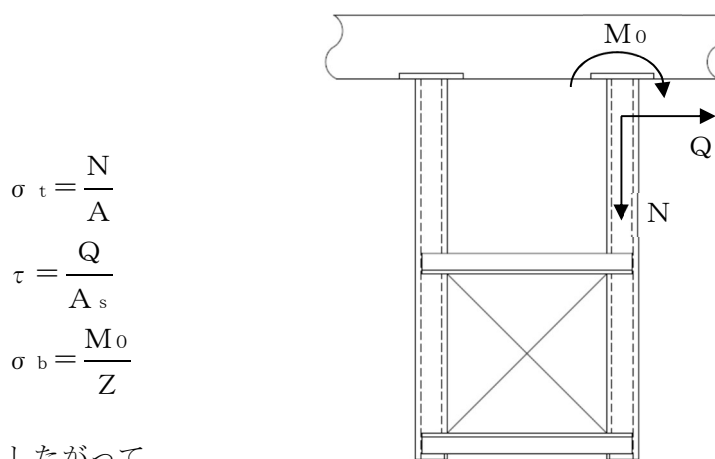
### 7.3 支持構造物の耐震性確認

各支持構造物を、種類及び型式ごとに分類し、それぞれ最大の荷重を負担する支持構造物を代表としてその耐震性の確認結果を表 7-1 に示す。

耐震性の確認には、解析コード「NSAFE」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。

また、支持構造物の強度計算式を以下に示す。

なお、以下に示す計算式は代表的な形状に対するものであり、記載のない形状についても同様の計算式で計算できる。



$$\sigma_t = \frac{N}{A}$$

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

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

したがって、

$$1.5 \cdot f_{t^*} \geq \sigma = \sqrt{(\sigma_t + \sigma_b)^2 + 3 \cdot \tau^2}$$

表 7-1 ダクト支持構造物の耐震性確認結果

支持 構造物 番号	種類	型式*	材料	温度 (°C)	支持点荷重						評価結果		
					反力(N)			モーメント(N・mm)			応力 分類	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)
					F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>			
W2F10-AS -2018	レストレ イント	2RE	SS41	50	6.420E+03	8.960E+03	1.548E+04	—	—	—	組合せ	120	276
757-S- 001	レストレ イント	3RE	STKR 400	50	9.260E+03	1.417E+04	2.016E+04	—	—	—	組合せ	85	276
446-S- 001	アンカ	AN	SS400	50	2.507E+04	3.494E+04	2.368E+04	1.534E+06	1.101E+06	0.000	組合せ	125	276

注記\*：「2RE」はダクト軸直角の2方向を拘束するもの、「3RE」はダクト軸方向及び軸直角の3方向を拘束するもの、「AN」はダクト軸方向及び軸直角の3方向並びにモーメントを拘束するものを示す。

## 8. 引用文献

- (1) 共同研究報告書「機器配管系の合理的な耐震設計手法の確立に関する研究」，昭和61年3月

VI-2-8-3-1-2 中央制御室送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 構造計画	1
3. 構造強度評価	3
3.1 構造強度評価方法	3
3.2 荷重の組合せ及び許容応力	3
3.3 計算条件	3
4. 機能維持評価	8
4.1 動的機能維持評価方法	8
5. 評価結果	9
5.1 設計基準対象施設としての評価結果	9
5.2 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、中央制御室送風機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。

中央制御室送風機は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び動的機能維持評価を示す。

なお、中央制御室送風機は、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。

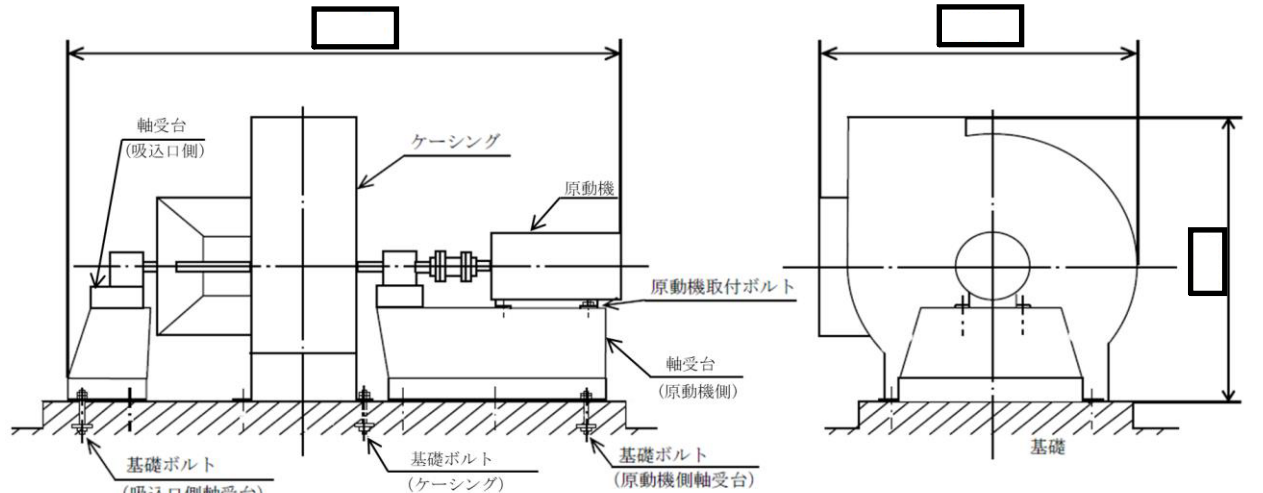
## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

中央制御室送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>ファン等は基礎ボルトで基礎に据え付ける。原動機は原動機側軸受台に原動機取付ボルトで固定され、原動機側軸受台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>	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">  </div> <p style="text-align: center;">(全体図) <span style="margin-left: 200px;">(側面図)</span></p> <p style="text-align: right;">(単位 : mm)</p>

### 3. 構造強度評価

#### 3.1 構造強度評価方法

中央制御室送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

中央制御室送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、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-2 に示す。

##### 3.2.2 許容応力

中央制御室送風機の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、表 3-3 のとおりとする。

##### 3.2.3 使用材料の許容応力評価条件

中央制御室送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 3-4 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-5 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【中央制御室送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 施設	換気設備	中央制御室送風機	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ <sub>A</sub> S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ <sub>A</sub> 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 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* <sup>1</sup>	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
放射線管理 施設	換気設備	中央制御室送風機	常設耐震／防止 常設／緩和	—* <sup>2</sup>	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	Ⅳ <sub>A</sub> S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> Sとして Ⅳ <sub>A</sub> 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 3-3 許容応力（その他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 <sub>A</sub> S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
Ⅳ <sub>A</sub> S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
Ⅴ <sub>A</sub> S (Ⅴ <sub>A</sub> SとしてⅣ <sub>A</sub> 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 3-4 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 <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (RT) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト (原動機側軸受台)	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	394	—
基礎ボルト (吸込口側軸受台)	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	394	—
基礎ボルト (ケーシング)	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	394	—
原動機取付ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	394	—

注記\* : SS400 相当

表 3-5 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (RT) (MPa)
		周囲環境温度	50			
基礎ボルト (原動機側軸受台)	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	394	—
基礎ボルト (吸込口側軸受台)	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	394	—
基礎ボルト (ケーシング)	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	394	—
原動機取付ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	394	—

注記\* : SS400 相当

#### 4. 機能維持評価

##### 4.1 動的機能維持評価方法

中央制御室送風機の動的機能維持評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-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」に記載の評価方法に基づき行う。

中央制御室送風機は地震時動的機能維持が確認された機種と類似の構造及び振動特性であるため、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に記載の機能確認済加速度を適用する。機能確認済加速度を表4-1に示す。

表4-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

評価部位	形式	方向	機能確認済加速度
ファン	遠心直結型 ファン	水平	2.3
		鉛直	1.0
原動機	横形ころがり 軸受電動機	水平	4.7
		鉛直	1.0

## 5. 評価結果

### 5.1 設計基準対象施設としての評価結果

中央制御室送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、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。

#### (2) 機能維持評価結果

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

### 5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

中央制御室送風機の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、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。

#### (2) 機能維持評価結果

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。



【中央制御室送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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		送風機振動 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			
中央制御室送風機	S	廃棄物処理建物 EL 22.1 <sup>*1</sup>	— <sup>*2</sup>	— <sup>*2</sup>	C <sub>H</sub> =1.15 <sup>*3</sup>	C <sub>V</sub> =0.79 <sup>*3</sup>	C <sub>H</sub> =2.77 <sup>*4</sup>	C <sub>V</sub> =1.58 <sup>*4</sup>	C <sub>p</sub> = <input type="text"/>	—	50

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（弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>）及び静的震度を上回る設計震度

\*4：設計用震度 I（基準地震動 S<sub>s</sub>）を上回る設計震度

1.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	ℓ <sub>1i</sub> <sup>*1</sup> (mm)	ℓ <sub>2i</sub> <sup>*1</sup> (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>bi</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	n <sub>fi</sub> <sup>*1</sup>
基礎ボルト（原動機側軸受台） (i=1)							6	3
								2
基礎ボルト（吸込口側軸受台） (i=2)							4	2
								2
基礎ボルト（ケーシング） (i=3)	8	2						
		4						
原動機取付ボルト (i=4)	4	2						
		2						

部材	S <sub>yi</sub> (MPa)	S <sub>ui</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> (MPa)	転倒方向		M <sub>p</sub> (N・mm)
					弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	
基礎ボルト（原動機側軸受台） (i=1)	211 <sup>*2</sup> (40mm<径≤100mm)	394 <sup>*2</sup> (40mm<径≤100mm)	211	253	軸	軸	—
基礎ボルト（吸込口側軸受台） (i=2)	211 <sup>*2</sup> (40mm<径≤100mm)	394 <sup>*2</sup> (40mm<径≤100mm)	211	253	軸	軸	—
基礎ボルト（ケーシング） (i=3)	211 <sup>*2</sup> (40mm<径≤100mm)	394 <sup>*2</sup> (40mm<径≤100mm)	211	253	軸直角	軸直角	1.432×10 <sup>6</sup>
原動機取付ボルト (i=4)	211 <sup>*2</sup> (40mm<径≤100mm)	394 <sup>*2</sup> (40mm<径≤100mm)	211	253	軸直角	軸直角	1.432×10 <sup>6</sup>

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

H <sub>p</sub> (μm)	N (rpm)
<input type="text"/>	<input type="text"/>

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F <sub>b i</sub>		Q <sub>b i</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト (原動機側軸受台) (i=1)				
基礎ボルト (吸込口側軸受台) (i=2)				
基礎ボルト (ケーシング) (i=3)				
原動機取付ボルト (i=4)				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (原動機側軸受台) (i=1)	SS41	引張	$\sigma_{b1} = 46$	$f_{ts1} = 158^*$	$\sigma_{b1} = 131$	$f_{ts1} = 190^*$
		せん断	$\tau_{b1} = 20$	$f_{sb1} = 122$	$\tau_{b1} = 45$	$f_{sb1} = 146$
基礎ボルト (吸込口側軸受台) (i=2)	SS41	引張	$\sigma_{b2} = 17$	$f_{ts2} = 158^*$	$\sigma_{b2} = 43$	$f_{ts2} = 190^*$
		せん断	$\tau_{b2} = 5$	$f_{sb2} = 122$	$\tau_{b2} = 11$	$f_{sb2} = 146$
基礎ボルト (ケーシング) (i=3)	SS41	引張	$\sigma_{b3} = 30$	$f_{ts3} = 158^*$	$\sigma_{b3} = 88$	$f_{ts3} = 190^*$
		せん断	$\tau_{b3} = 11$	$f_{sb3} = 122$	$\tau_{b3} = 25$	$f_{sb3} = 146$
原動機取付ボルト (i=4)	SS41	引張	$\sigma_{b4} = 13$	$f_{ts4} = 158^*$	$\sigma_{b4} = 33$	$f_{ts4} = 190^*$
		せん断	$\tau_{b4} = 9$	$f_{sb4} = 122$	$\tau_{b4} = 20$	$f_{sb4} = 146$

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

すべて許容応力以下である。

1.4.2 動的機能維持の評価結果

(×9.8m/s<sup>2</sup>)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
ファン	水平方向	1.10	2.3
	鉛直方向	0.92	1.0
原動機	水平方向	1.10	4.7
	鉛直方向	0.92	1.0

注記\* : 設計用震度 I (基準地震動 S<sub>s</sub>) 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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		送風機振動 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			
中央制御室送風機	常設耐震/防止 常設/緩和	廃棄物処理建物 EL 22.1*1	—*2	—*2	—	—	C <sub>H</sub> =2.77*3	C <sub>V</sub> =1.58*3	C <sub>P</sub> = <input type="text"/>	—	50

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<sub>s</sub>）を上回る設計震度

2.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	l <sub>1i</sub> *1 (mm)	l <sub>2i</sub> *1 (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>bi</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	n <sub>fi</sub> *1
基礎ボルト（原動機側軸受台） (i=1)							6	3
								2
基礎ボルト（吸込口側軸受台） (i=2)							4	2
								2
基礎ボルト（ケーシング） (i=3)	8	2						
		4						
原動機取付ボルト (i=4)	4	2						
		2						

部材	S <sub>yi</sub> (MPa)	S <sub>ui</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> * (MPa)	転倒方向		M <sub>D</sub> (N・mm)
					弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	
基礎ボルト（原動機側軸受台） (i=1)	211*2 (40mm<径≤100mm)	394*2 (40mm<径≤100mm)	—	253	—	軸	—
基礎ボルト（吸込口側軸受台） (i=2)	211*2 (40mm<径≤100mm)	394*2 (40mm<径≤100mm)	—	253	—	軸	—
基礎ボルト（ケーシング） (i=3)	211*2 (40mm<径≤100mm)	394*2 (40mm<径≤100mm)	—	253	—	軸直角	1.432×10 <sup>6</sup>
原動機取付ボルト (i=4)	211*2 (40mm<径≤100mm)	394*2 (40mm<径≤100mm)	—	253	—	軸直角	1.432×10 <sup>6</sup>

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

H <sub>D</sub> (μm)	N (rpm)
<input type="text"/>	<input type="text"/>

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F <sub>b i</sub>		Q <sub>b i</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト (原動機側軸受台) (i=1)				
基礎ボルト (吸込口側軸受台) (i=2)				
基礎ボルト (ケーシング) (i=3)				
原動機取付ボルト (i=4)				

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (原動機側軸受台) (i=1)	SS41	引張	—	—	$\sigma_{b1}=131$	$f_{ts1}=190^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=45$	$f_{sb1}=146$
基礎ボルト (吸込口側軸受台) (i=2)	SS41	引張	—	—	$\sigma_{b2}=43$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=11$	$f_{sb2}=146$
基礎ボルト (ケーシング) (i=3)	SS41	引張	—	—	$\sigma_{b3}=88$	$f_{ts3}=190^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b3}=25$	$f_{sb3}=146$
原動機取付ボルト (i=4)	SS41	引張	—	—	$\sigma_{b4}=33$	$f_{ts4}=190^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b4}=20$	$f_{sb4}=146$

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

すべて許容応力以下である。

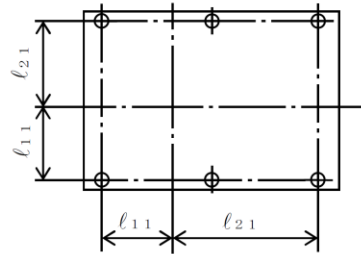
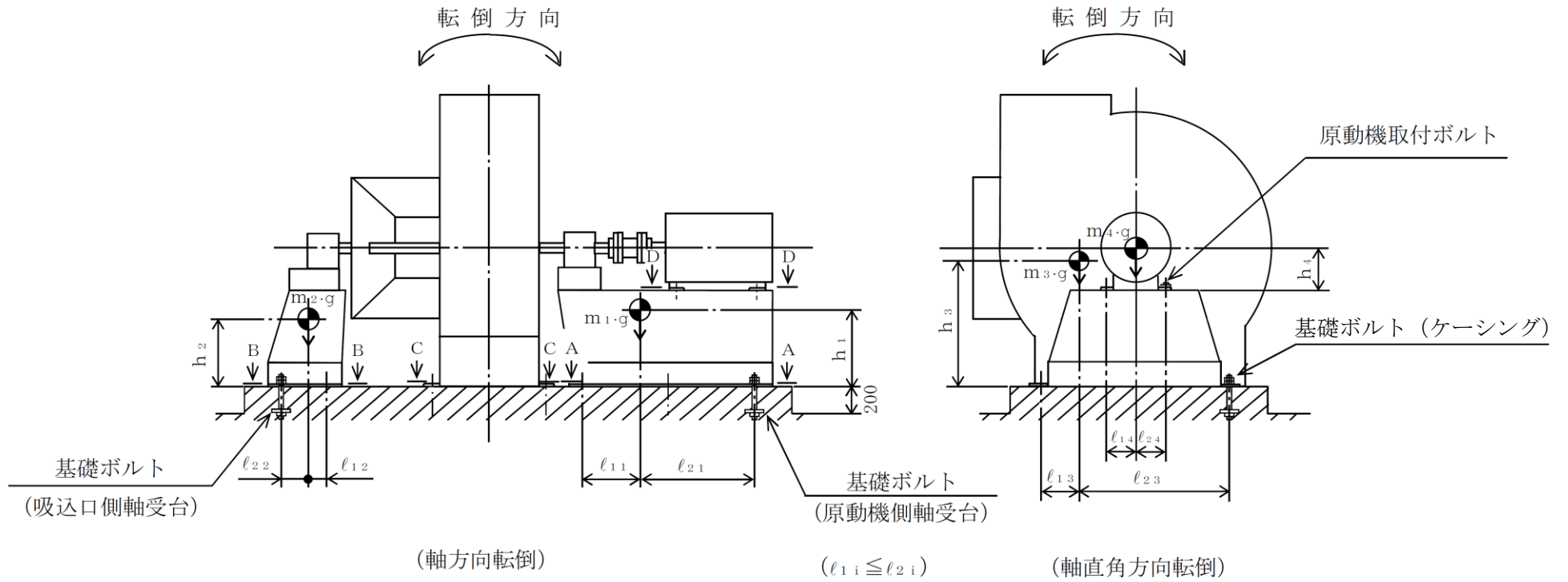
2.4.2 動的機能維持の評価結果

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

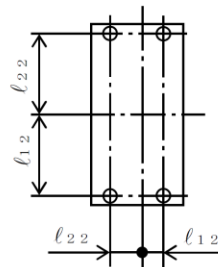
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
ファン	水平方向	1.10	2.3
	鉛直方向	0.92	1.0
原動機	水平方向	1.10	4.7
	鉛直方向	0.92	1.0

注記\*：設計用震度 I (基準地震動 S<sub>s</sub>) により定まる加速度

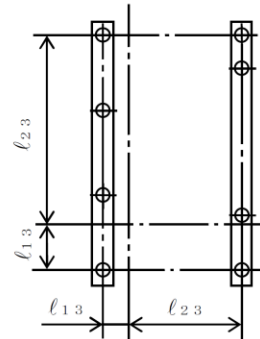
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



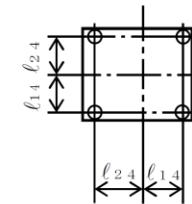
A~A 矢視図  
(基礎ボルト (原動機側軸受台))



B~B 矢視図  
(基礎ボルト (吸込口側軸受台))



C~C 矢視図  
(基礎ボルト (ケーシング))



D~D 矢視図  
(原動機取付ボルト)

VI-2-8-3-1-3 中央制御室非常用再循環送風機の  
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 構造計画	1
3. 構造強度評価	3
3.1 構造強度評価方法	3
3.2 荷重の組合せ及び許容応力	3
3.3 計算条件	3
4. 機能維持評価	8
4.1 動的機能維持評価方法	8
5. 評価結果	9
5.1 設計基準対象施設としての評価結果	9
5.2 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、中央制御室非常用再循環送風機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。

中央制御室非常用再循環送風機は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び動的機能維持評価を示す。

なお、中央制御室非常用再循環送風機は、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 構造計画

中央制御室非常用再循環送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>ファン等はベースにケーシング取付ボルト及び原動機取付ボルトで固定され、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>(側面図)</p> <p>(全体図)</p> <p>(単位：mm)</p>

### 3. 構造強度評価

#### 3.1 構造強度評価方法

中央制御室非常用再循環送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

中央制御室非常用再循環送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、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-2 に示す。

##### 3.2.2 許容応力

中央制御室非常用再循環送風機の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、表 3-3 のとおりとする。

##### 3.2.3 使用材料の許容応力評価条件

中央制御室非常用再循環送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 3-4 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-5 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【中央制御室非常用再循環送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 施設	換気設備	中央制御室非常用再循環送風機	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ <sub>A</sub> S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ <sub>A</sub> 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 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 <sup>*1</sup>	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
放射線管理 施設	換気設備	中央制御室非常用再循環送風機	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	Ⅳ <sub>A</sub> S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> Sとして Ⅳ <sub>A</sub> 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 3-3 許容応力（その他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 <sub>A</sub> S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
Ⅳ <sub>A</sub> S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
Ⅴ <sub>A</sub> S (Ⅴ <sub>A</sub> SとしてⅣ <sub>A</sub> 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 3-4 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 <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (RT) (MPa)
		周囲環境温度	50			
基礎ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	394	—
ケーシング取付ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	394	—
原動機取付ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	394	—

注記\* : SS400 相当

表 3-5 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (RT) (MPa)
		周囲環境温度	50			
基礎ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	394	—
ケーシング取付ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	394	—
原動機取付ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211	394	—

注記\* : SS400 相当

#### 4. 機能維持評価

##### 4.1 動的機能維持評価方法

中央制御室非常用再循環送風機の動的機能維持評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-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」に記載の評価方法に基づき行う。

中央制御室非常用再循環送風機は地震時動的機能維持が確認された機種と類似の構造及び振動特性であるため、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に記載の機能確認済加速度を適用する。機能確認済加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

評価部位	形式	方向	機能確認済加速度
ファン	遠心直結型 ファン	水平	2.3
		鉛直	1.0
原動機	横形ころがり 軸受電動機	水平	4.7
		鉛直	1.0

## 5. 評価結果

### 5.1 設計基準対象施設としての評価結果

中央制御室非常用再循環送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、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。

#### (2) 機能維持評価結果

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

### 5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

中央制御室非常用再循環送風機の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、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。

#### (2) 機能維持評価結果

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。



【中央制御室非常用再循環送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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		送風機振動 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			
中央制御室 非常用再循環送風機	S	廃棄物処理建物 EL 25.3 (EL 26.7*1)	—*2	—*2	C <sub>H</sub> =1.27*3	C <sub>V</sub> =0.82*3	C <sub>H</sub> =2.77*4	C <sub>V</sub> =1.64*4	C <sub>p</sub> = <input type="text"/>	—	50

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（弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>）及び静的震度を上回る設計震度

\*4：設計用震度 I（基準地震動 S<sub>s</sub>）を上回る設計震度

1.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	ℓ <sub>1i</sub> *1 (mm)	ℓ <sub>2i</sub> *1 (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>bi</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	n <sub>fi</sub> *1
基礎ボルト (i=1)							8	2
								2
ケーシング取付ボルト (i=2)							4	2
								2
原動機取付ボルト (i=3)							4	2
								2

部材	S <sub>yi</sub> (MPa)	S <sub>ui</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> * (MPa)	転倒方向		M <sub>p</sub> (N・mm)
					弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	
基礎ボルト (i=1)	211*2 (40mm<径≤100mm)	394*2 (40mm<径≤100mm)	211	253	軸直角	軸直角	—
ケーシング取付ボルト (i=2)	211*2 (40mm<径≤100mm)	394*2 (40mm<径≤100mm)	211	253	軸	軸	—
原動機取付ボルト (i=3)	211*2 (40mm<径≤100mm)	394*2 (40mm<径≤100mm)	211	253	軸	軸	—

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

H <sub>p</sub> (μm)	N (rpm)

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F <sub>bi</sub>		Q <sub>bi</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
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 <sub>d</sub> 又は 静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			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	σ <sub>b1</sub> = 48	f <sub>ts1</sub> = 158*	σ <sub>b1</sub> = 122	f <sub>ts1</sub> = 190*
		せん断	τ <sub>b1</sub> = 14	f <sub>sb1</sub> = 122	τ <sub>b1</sub> = 30	f <sub>sb1</sub> = 146
ケーシング取付ボルト (i=2)	SS41	引張	σ <sub>b2</sub> = 16	f <sub>ts2</sub> = 158*	σ <sub>b2</sub> = 40	f <sub>ts2</sub> = 190*
		せん断	τ <sub>b2</sub> = 9	f <sub>sb2</sub> = 122	τ <sub>b2</sub> = 18	f <sub>sb2</sub> = 146
原動機取付ボルト (i=3)	SS41	引張	σ <sub>b3</sub> = 9	f <sub>ts3</sub> = 158*	σ <sub>b3</sub> = 22	f <sub>ts3</sub> = 190*
		せん断	τ <sub>b3</sub> = 6	f <sub>sb3</sub> = 122	τ <sub>b3</sub> = 12	f <sub>sb3</sub> = 146

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

すべて許容応力以下である。

1.4.2 動的機能維持の評価結果 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
ファン	水平方向	1.21	2.3
	鉛直方向	0.96	1.0
原動機	水平方向	1.21	4.7
	鉛直方向	0.96	1.0

注記\* : 設計用震度 I (基準地震動 S<sub>s</sub>) 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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		送風機振動 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			
中央制御室 非常用再循環送風機	常設耐震/防止 常設/緩和	廃棄物処理建物 EL 25.3 (EL 26.7*1)	—*2	—*2	—	—	C <sub>H</sub> =2.77*3	C <sub>V</sub> =1.64*3	C <sub>P</sub> = <input type="text"/>	—	50

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<sub>s</sub>）を上回る設計震度

2.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	l <sub>1i</sub> *1 (mm)	l <sub>2i</sub> *1 (mm)	d <sub>i</sub> (mm)	A <sub>bi</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	n <sub>f<sub>i</sub></sub> *1
基礎ボルト (i=1)							8	2
								2
ケーシング取付ボルト (i=2)							4	2
								2
原動機取付ボルト (i=3)							4	2
								2

部材	S <sub>y<sub>i</sub></sub> (MPa)	S <sub>u<sub>i</sub></sub> (MPa)	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> * (MPa)	転倒方向		M <sub>p</sub> (N・mm)
					弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	
基礎ボルト (i=1)	211*2 (40mm<径≤100mm)	394*2 (40mm<径≤100mm)	—	253	—	軸直角	—
ケーシング取付ボルト (i=2)	211*2 (40mm<径≤100mm)	394*2 (40mm<径≤100mm)	—	253	—	軸	—
原動機取付ボルト (i=3)	211*2 (40mm<径≤100mm)	394*2 (40mm<径≤100mm)	—	253	—	軸	—

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

H <sub>p</sub> (μm)	N (rpm)

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F <sub>bi</sub>		Q <sub>bi</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
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)				

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 <sub>d</sub> 又は 静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			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	—	—	$\sigma_{b1}=122$	$f_{ts1}=190^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=30$	$f_{sb1}=146$
ケーシング取付ボルト (i=2)	SS41	引張	—	—	$\sigma_{b2}=40$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=18$	$f_{sb2}=146$
原動機取付ボルト (i=3)	SS41	引張	—	—	$\sigma_{b3}=22$	$f_{ts3}=190^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b3}=12$	$f_{sb3}=146$

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

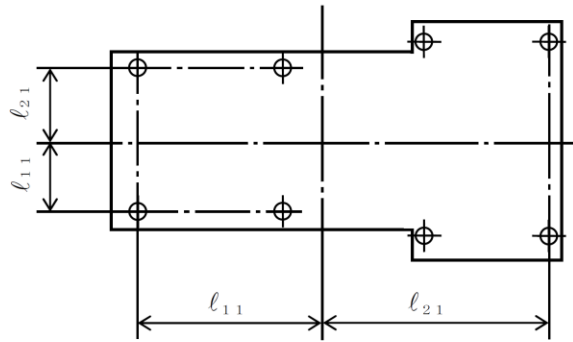
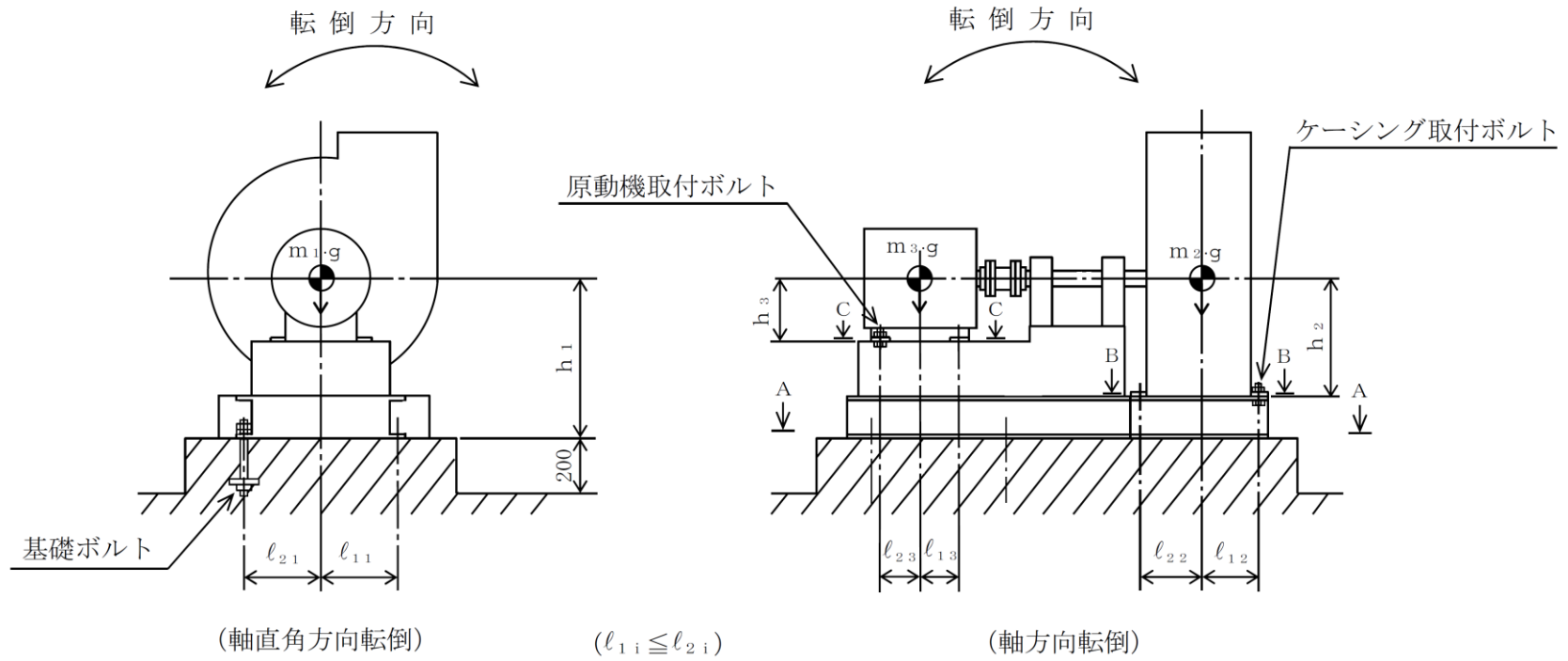
すべて許容応力以下である。

2.4.2 動的機能維持の評価結果 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

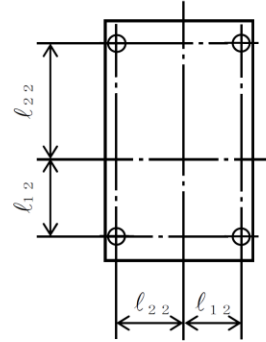
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
ファン	水平方向	1.21	2.3
	鉛直方向	0.96	1.0
原動機	水平方向	1.21	4.7
	鉛直方向	0.96	1.0

注記\*：設計用震度 I (基準地震動 S<sub>s</sub>) により定まる加速度

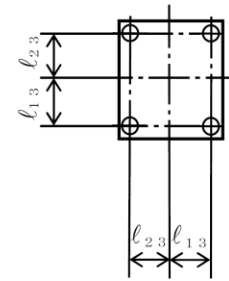
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



A~A 矢視図  
(基礎ボルト)



B~B 矢視図  
(ケージング取付ボルト)



C~C 矢視図  
(原動機取付ボルト)

VI-2-8-3-1-4 中央制御室非常用再循環処理装置フィルタの耐震性  
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	8
4.1 固有周期の計算方法	8
4.2 固有周期の計算条件	9
4.3 固有周期の計算結果	9
5. 構造強度評価	10
5.1 構造強度評価方法	10
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	10
5.3 設計用地震力	14
5.4 計算方法	15
5.5 計算条件	18
5.6 応力の評価	18
6. 評価結果	19
6.1 設計基準対象施設としての評価結果	19
6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	19

## 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、中央制御室非常用再循環処理装置フィルタ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。

中央制御室非常用再循環処理装置フィルタは、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を示す。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

中央制御室非常用再循環処理装置フィルタの構造計画を表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	
中央制御室非常用再循環処理装置フィルタは基礎ボルトで基礎に据え付ける。	粒子用高効率フィルタ及びチャコールフィルタ（形鋼骨組及び鋼板外板による溶接構造）	<p>(全体図) (側面図)</p> <p>(単位：mm)</p>

## 2.2 評価方針

中央制御室非常用再循環処理装置フィルタの応力評価は、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」にて示す中央制御室非常用再循環処理装置フィルタの部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 固有周期」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。

中央制御室非常用再循環処理装置フィルタの耐震評価フローを図2-1に示す。

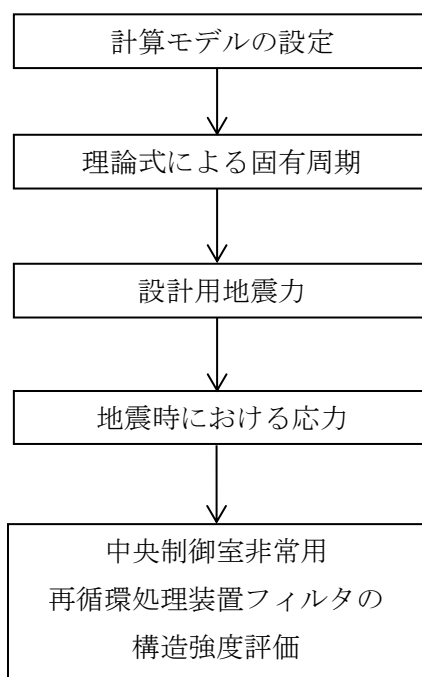


図2-1 中央制御室非常用再循環処理装置フィルタの耐震評価フロー

### 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 <sub>b</sub>	ボルトの軸断面積	mm <sup>2</sup>
A <sub>e</sub>	有効せん断断面積	mm <sup>2</sup>
C <sub>H</sub>	水平方向設計震度	—
C <sub>V</sub>	鉛直方向設計震度	—
d	ボルトの呼び径	mm
E	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-3133に定める値	MPa
F <sub>b</sub>	ボルトに作用する引張力 (1本あたり)	N
f <sub>s b</sub>	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力	MPa
f <sub>t o</sub>	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力	MPa
f <sub>t s</sub>	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	せん断弾性係数	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s <sup>2</sup>
h	据付面から重心までの距離	mm
I	断面二次モーメント	mm <sup>4</sup>
K <sub>H</sub>	水平方向ばね定数	N/m
K <sub>V</sub>	鉛直方向ばね定数	N/m
l <sub>1</sub>	重心とボルト間の水平方向距離*	mm
l <sub>2</sub>	重心とボルト間の水平方向距離*	mm
m	運転時質量	kg
n	ボルトの本数	—
n <sub>f</sub>	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数	—
Q <sub>b</sub>	ボルトに作用するせん断力	N
S <sub>u</sub>	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa
S <sub>y</sub>	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa
S <sub>y</sub> (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℃における値	MPa
T <sub>H</sub>	水平方向固有周期	s
T <sub>V</sub>	鉛直方向固有周期	s
π	円周率	—
σ <sub>b</sub>	ボルトに生じる引張応力	MPa
τ <sub>b</sub>	ボルトに生じるせん断応力	MPa

注記\* :  $l_1 \leq l_2$

## 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 <sup>*1</sup>
面積	mm <sup>2</sup>	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 <sup>*2</sup>
断面二次モーメント	mm <sup>4</sup>	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 <sup>*2</sup>
力	N	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 <sup>*2</sup>
算出応力	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
許容応力 <sup>*3</sup>	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

中央制御室非常用再循環処理装置フィルタの耐震評価は、「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基礎ボルトについて実施する。中央制御室非常用再循環処理装置フィル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 固有周期の計算方法

中央制御室非常用再循環処理装置フィルタの固有周期の計算方法を以下に示す。

(1) 計算モデル

- a. 中央制御室非常用再循環処理装置フィルタの質量は重心に集中するものとする。
- b. 中央制御室非常用再循環処理装置フィルタは据付台床上にあり，据付台床は基礎ボルトで基礎に固定されており，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. 中央制御室非常用再循環処理装置フィルタは，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。

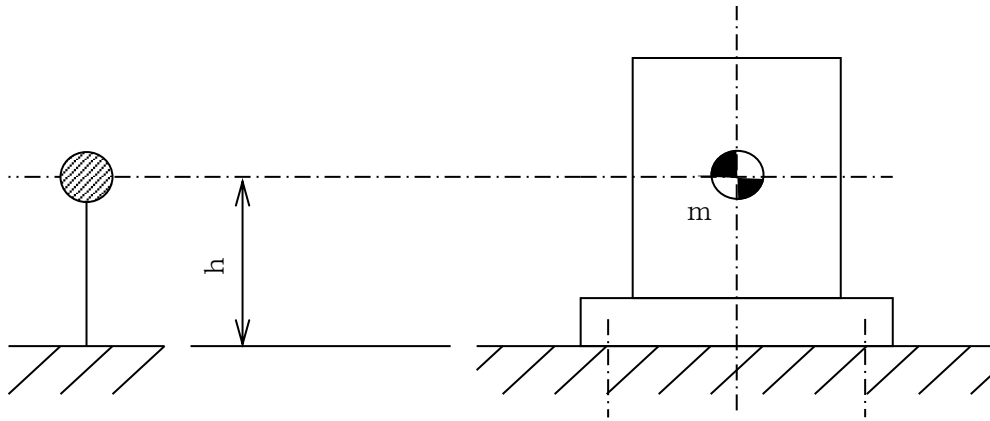


図4-1 固有周期の計算モデル

(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 $K_H$ は次式で求める。

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

したがって，固有周期 $T_H$ は次式で求める。

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

(3) 鉛直方向固有周期

軸方向変形によるばね定数 $K_v$ は次式で求める。

$$K_v = \frac{1000}{\frac{h}{E \cdot Ae}} \dots \dots \dots (4.1.3)$$

したがって、固有周期 $T_v$ 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【中央制御室非常用再循環処理装置フィルタ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

固有周期の計算結果を表 4-1 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 固有周期 (単位：s)

水平		
鉛直		



## 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) 地震力は中央制御室非常用再循環処理装置フィルタ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。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。
- (2) 転倒方向は図5-1及び図5-2における短辺方向及び長辺方向について検討し、計算書には計算結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。

### 5.2 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

中央制御室非常用再循環処理装置フィル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、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

中央制御室非常用再循環処理装置フィルタの許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表5-3のとおりとする。

#### 5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

中央制御室非常用再循環処理装置フィル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	換気設備	中央制御室非常用 再循環処理装置 フィルタ	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ <sub>A</sub> S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ <sub>A</sub> 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 <sup>*1</sup>	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
放射線管理 施設	換気設備	中央制御室非常用 再循環処理装置 フィルタ	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	Ⅳ <sub>A</sub> S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> Sとして Ⅳ <sub>A</sub> 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 <sub>A</sub> S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
Ⅳ <sub>A</sub> S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> SとしてⅣ <sub>A</sub> 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 <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		基礎ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211

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 <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		基礎ボルト	SS41* (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	50	211

注記\* : SS400 相当

### 5.3 設計用地震力

中央制御室非常用再循環処理装置フィルタの設計用地震力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。

「弾性設計用地震動S<sub>d</sub>又は静的震度」及び「基準地震動S<sub>s</sub>」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）

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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動S <sub>s</sub>	
	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
廃棄物 処理建物 EL 25.3 (EL 26.7 <sup>*1</sup> )			C <sub>H</sub> =1.27 <sup>*2</sup>	C <sub>V</sub> =0.82 <sup>*2</sup>	C <sub>H</sub> =2.77 <sup>*3</sup>	C <sub>V</sub> =1.64 <sup>*3</sup>

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<sub>d</sub>）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<sub>s</sub>）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）

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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動S <sub>s</sub>	
	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
廃棄物 処理建物 EL 25.3 (EL 26.7 <sup>*1</sup> )			—	—	C <sub>H</sub> =2.77 <sup>*2</sup>	C <sub>V</sub> =1.64 <sup>*2</sup>

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<sub>s</sub>）を上回る設計震度

## 5.4 計算方法

### 5.4.1 応力の計算方法

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。

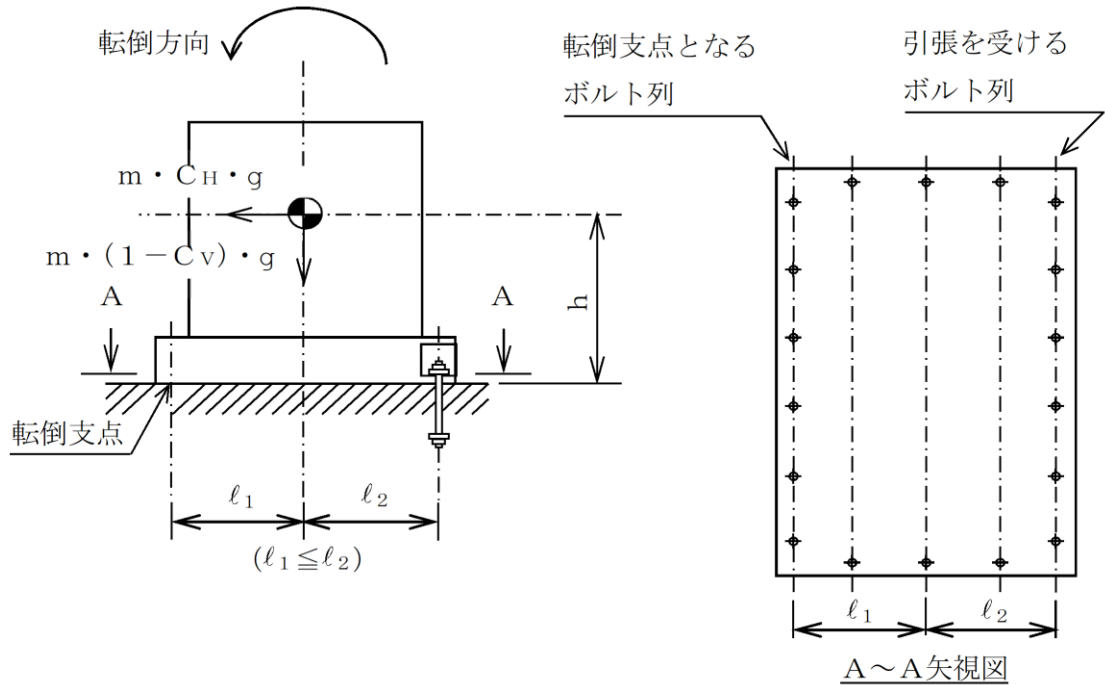


図5-1(1) 計算モデル (短辺方向転倒-1 ( $1 - C_V \geq 0$ ) の場合)

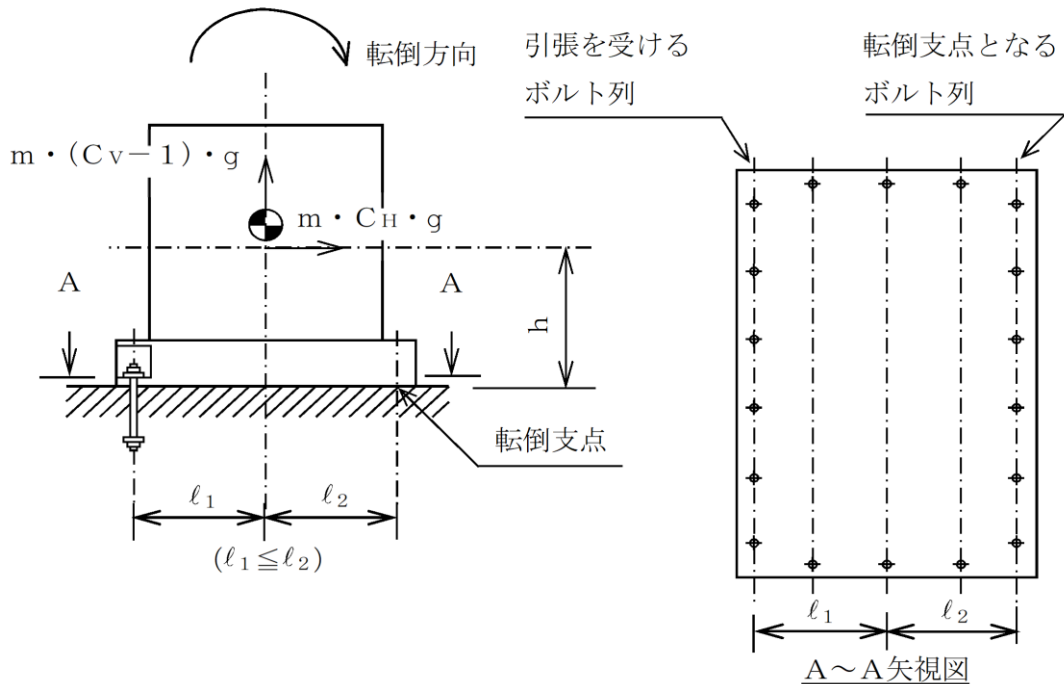


図5-1(2) 計算モデル (短辺方向転倒-2 ( $1 - C_V < 0$ ) の場合)

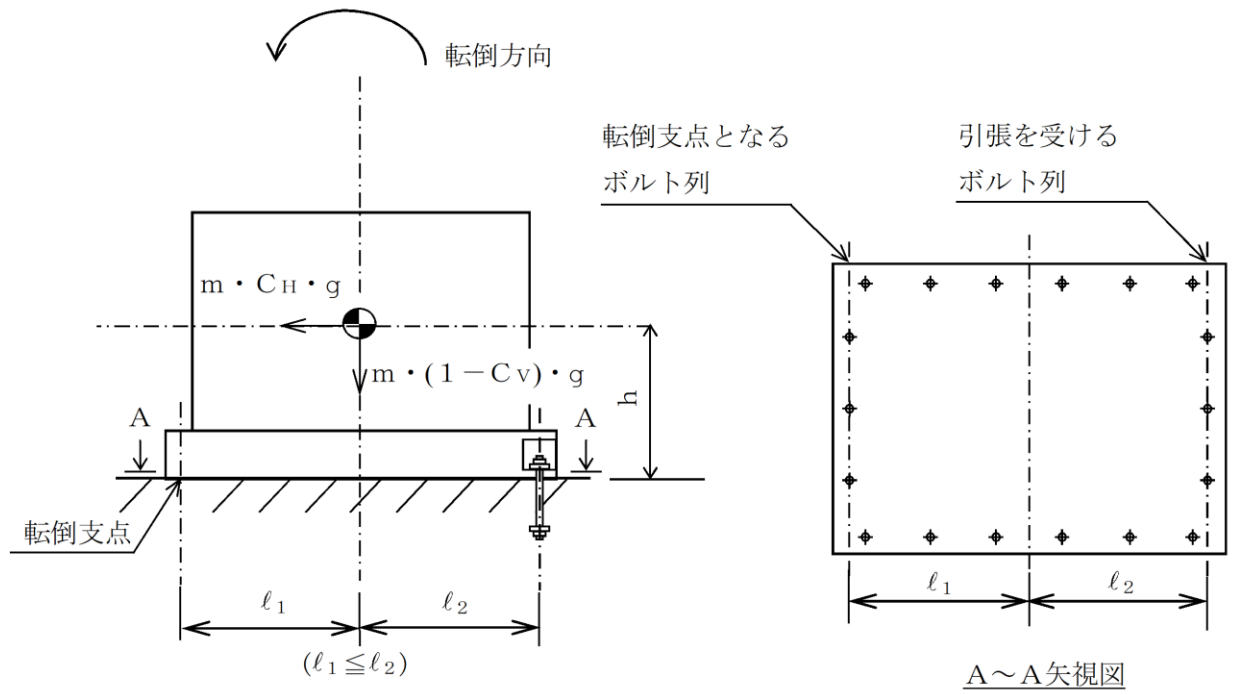


図5-2(1) 計算モデル (長辺方向転倒-1  $(1 - C_v) \geq 0$  の場合)

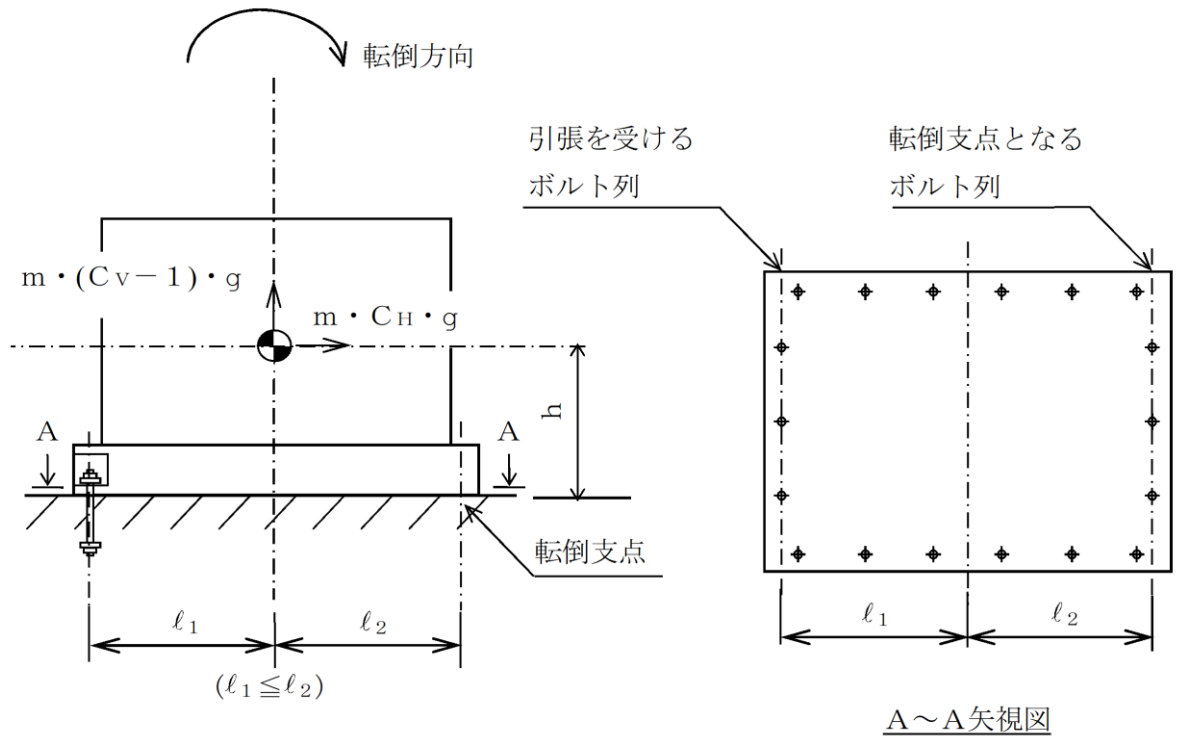


図5-2(2) 計算モデル (長辺方向転倒-2  $(1 - C_v) < 0$  の場合)

## (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 で最外列のボルトを支点とする転倒を考え、これを片側の最外列のボルトで受けるものとして計算する。

引張力

(1 - C<sub>v</sub>) ≥ 0 のとき

$$F_b = \frac{C_H \cdot m \cdot g \cdot h - (1 - C_v) \cdot m \cdot g \cdot l_1}{n_f \cdot (l_1 + l_2)} \quad \dots \dots (5.4.1.1)$$

(1 - C<sub>v</sub>) < 0 のとき

$$F_b = \frac{C_H \cdot m \cdot g \cdot h - (1 - C_v) \cdot m \cdot g \cdot l_2}{n_f \cdot (l_1 + l_2)} \quad \dots \dots (5.4.1.2)$$

引張応力

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b} \quad \dots \dots (5.4.1.3)$$

ここで、ボルトの軸断面積 A<sub>b</sub> は次式により求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \quad \dots \dots (5.4.1.4)$$

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

## (2) せん断応力

ボルトに対するせん断力はボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_b = C_H \cdot m \cdot g \quad \dots \dots (5.4.1.5)$$

せん断応力

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n \cdot A_b} \quad \dots \dots (5.4.1.6)$$



## 5.5 計算条件

### 5.5.1 ボルトの応力計算条件

ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【中央制御室非常用再循環処理装置フィルタ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 項で求めたボルトの引張応力  $\sigma_b$  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。

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

せん断応力  $\tau_b$  はせん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力  $f_{sb}$  以下であること。ただし、 $f_{sb}$  は下表による。

	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 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 <sub>s</sub> による荷重との 組合せの場合
許容引張応力 $f_{to}$	$\frac{F}{2} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 $f_{sb}$	$\frac{F}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

## 6. 評価結果

### 6.1 設計基準対象施設としての評価結果

中央制御室非常用再循環処理装置フィル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。

### 6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

中央制御室非常用再循環処理装置フィル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。

【中央制御室非常用再循環処理装置フィル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		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		
中央制御室 非常用再循環 処理装置 フィルタ	S	廃棄物処理建物 EL 25.3 (EL 26.7*1)			$C_H=1.27^{*2}$	$C_V=0.82^{*2}$	$C_H=2.77^{*3}$	$C_V=1.64^{*3}$	-	50

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 (kg)	h (mm)	d (mm)	$l_1^{*1}$ (mm)	$l_2^{*1}$ (mm)	n	$n_f^{*1}$
基礎ボルト						18	3 6

部材	A b (mm <sup>2</sup> )	S y (MPa)	S u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用 地震動 S d 又は 静的震度	基準地震動 S s
基礎ボルト		211*2 (40mm<径≤100mm)	394*2 (40mm<径≤100mm)	211	253	長辺	長辺

E (MPa)	G (MPa)	I (mm <sup>4</sup> )	A e (mm <sup>2</sup> )

注記\*1：ボルトにおける上段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

\*2：周囲環境温度で算出

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F <sub>b</sub>		Q <sub>b</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト				

1.4 結論

1.4.1 固有周期

(単位：s)

方向	固有周期
水平方向	T <sub>H</sub> =
鉛直方向	T <sub>V</sub> =

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 <sub>d</sub> 又は 静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS41	引張	σ <sub>b</sub> =19	f <sub>ts</sub> =158*	σ <sub>b</sub> =125	f <sub>ts</sub> =147*
		せん断	τ <sub>b</sub> =35	f <sub>sb</sub> =122	τ <sub>b</sub> =75	f <sub>sb</sub> =146

注記\* :  $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$   
 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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		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		
中央制御室 非常用再循環 処理装置 フィルタ	常設耐震/防止 常設/緩和	廃棄物処理建物 EL 25.3 (EL 26.7*1)			—	—	C <sub>H</sub> =2.77*2	C <sub>V</sub> =1.64*2	—	50

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<sub>s</sub>）を上回る設計震度

2.2 機器要目

部材	m (kg)	h (mm)	d (mm)	ℓ <sub>1</sub> *1 (mm)	ℓ <sub>2</sub> *1 (mm)	n	n <sub>f</sub> *1
基礎ボルト						18	3 6

部材	A <sub>b</sub> (mm <sup>2</sup> )	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用 地震動 S <sub>d</sub> 又は 静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト		211*2 (40mm<径≤100mm)	394*2 (40mm<径≤100mm)	—	253	—	長辺

E (MPa)	G (MPa)	I (mm <sup>4</sup> )	A <sub>e</sub> (mm <sup>2</sup> )

注記\*1：ボルトにおける上段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は短辺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

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F <sub>b</sub>		Q <sub>b</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト				

2.4 結論

2.4.1 固有周期

(単位：s)

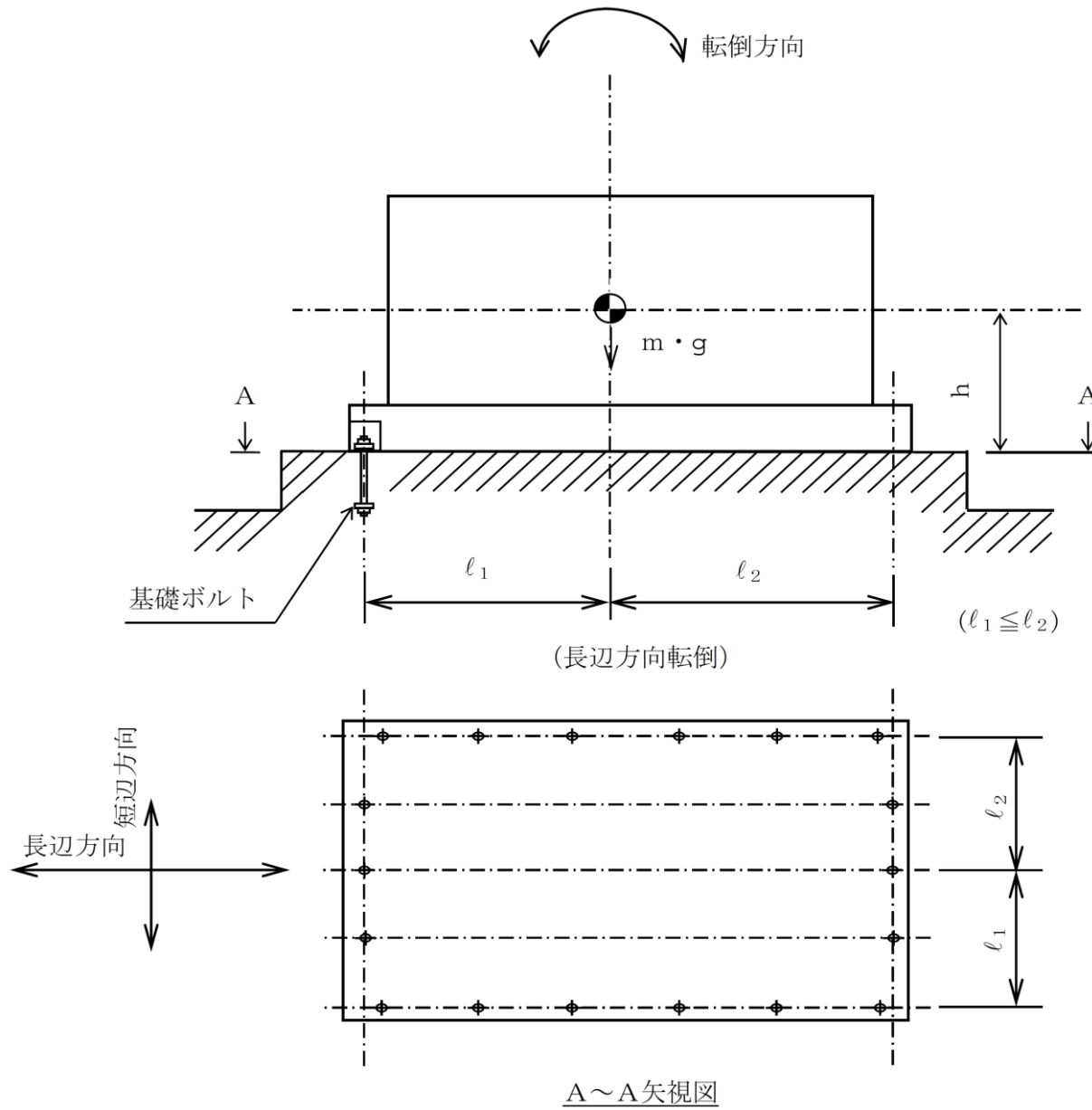
方向	固有周期
水平方向	T <sub>H</sub> =
鉛直方向	T <sub>V</sub> =

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 <sub>d</sub> 又は 静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS41	引張	—	—	σ <sub>b</sub> = 125	f <sub>t s</sub> = 147*
		せん断	—	—	τ <sub>b</sub> = 75	f <sub>s b</sub> = 146

注記\* :  $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$   
 すべて許容応力以下である。



VI-2-8-3-2 中央制御室空気供給系の耐震性についての計算書



VI-2-8-3-2-1 管の耐震性についての計算書  
(中央制御室空気供給系)

## 目 次

1. 概要	1
2. 概略系統図及び鳥瞰図	2
2.1 概略系統図	2
2.2 鳥瞰図	8
3. 計算条件	14
3.1 計算方法	14
3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態	15
3.3 設計条件	16
3.4 材料及び許容応力	24
3.5 設計用地震力	25
4. 解析結果及び評価	26
4.1 固有周期及び設計震度	26
4.2 評価結果	35
4.2.1 管の応力評価結果	35
4.2.2 支持構造物評価結果	36
4.2.3 弁の動的機能維持の評価結果	37
4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	38

## 1. 概要

本計算書は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」（以下「基本方針」という。）に基づき、中央制御室空気供給系の管，支持構造物及び弁が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，動的機能を維持できることを説明するものである。

計算結果の記載方法は，以下に示すとおりである。

### (1) 管

工事計画記載範囲の管のうち，各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また，全10モデルのうち，各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図，計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を4.2.4に記載する。

### (2) 支持構造物

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



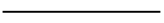


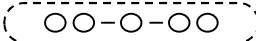

### (3) 弁

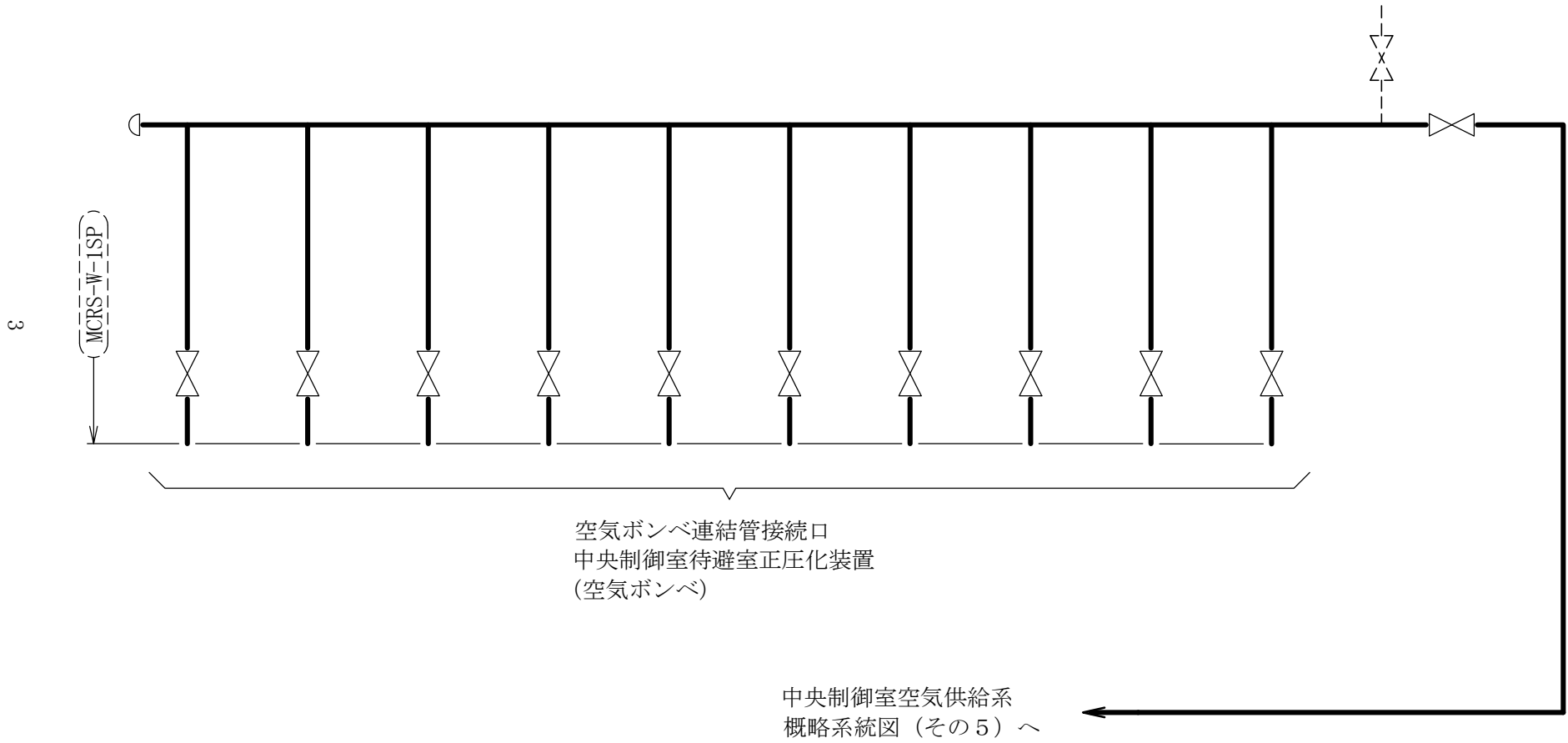
機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として，弁型式別に評価結果を記載する。

## 2. 概略系統図及び鳥瞰図

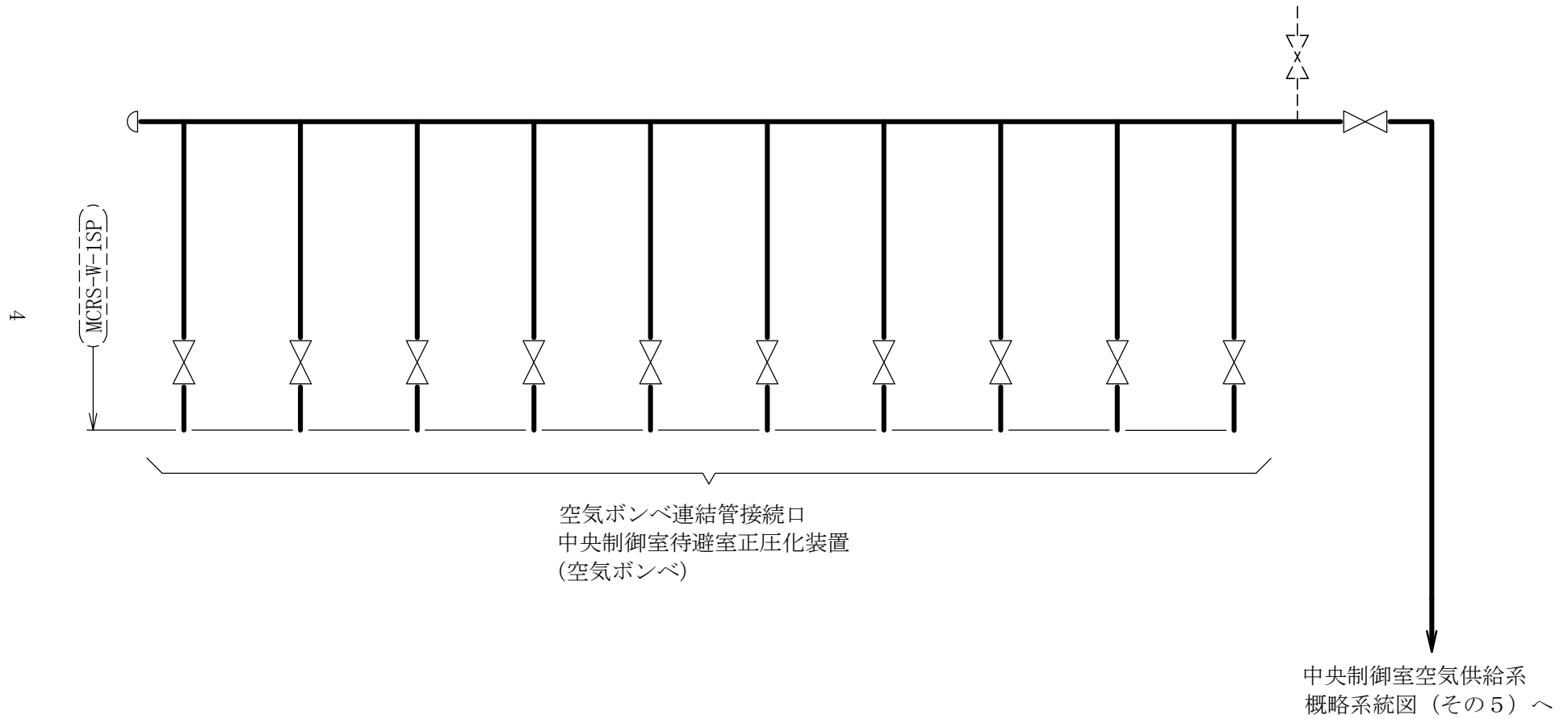
## 2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例

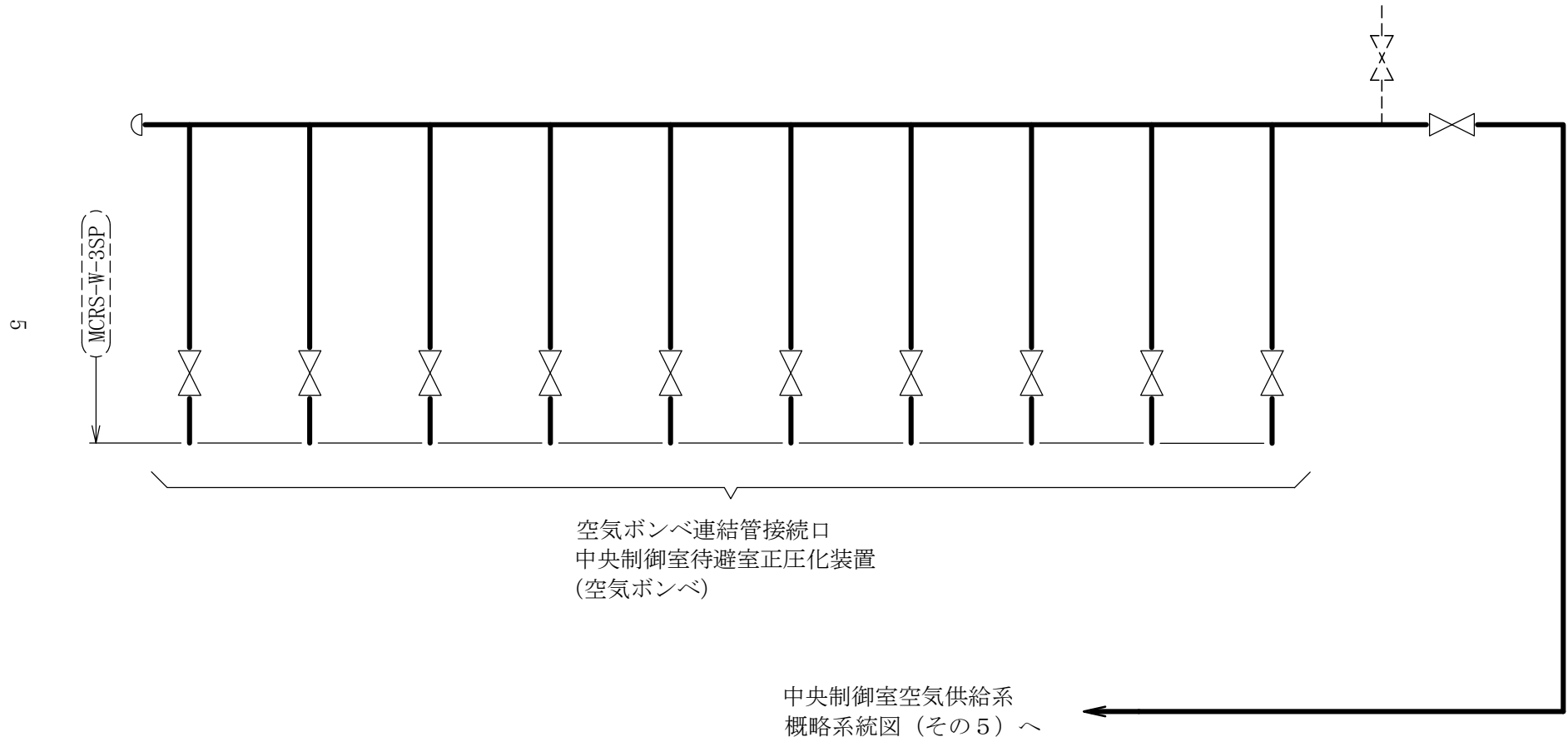
記号	内容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管 (重大事故等対処設備)
 (太破線)	工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管 (設計基準対象施設)
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち，本系統の管であって他 計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管，又は工事計画記載範囲の管 のうち本系統の管であって計算書作成対象範囲外の管 及び他系統の管であって系統の概略を示すために表記 する管
	鳥瞰図番号 (代表モデル)
	鳥瞰図番号 (代表モデル以外)
	アンカ
<p>[管クラス]</p> DB1 DB2 DB3 DB4 SA2 SA3 DB1/SA2 DB2/SA2 DB3/SA2 DB4/SA2	クラス 1 管 クラス 2 管 クラス 3 管 クラス 4 管 重大事故等クラス 2 管 重大事故等クラス 3 管 重大事故等クラス 2 管であってクラス 1 管 重大事故等クラス 2 管であってクラス 2 管 重大事故等クラス 2 管であってクラス 3 管 重大事故等クラス 2 管であってクラス 4 管



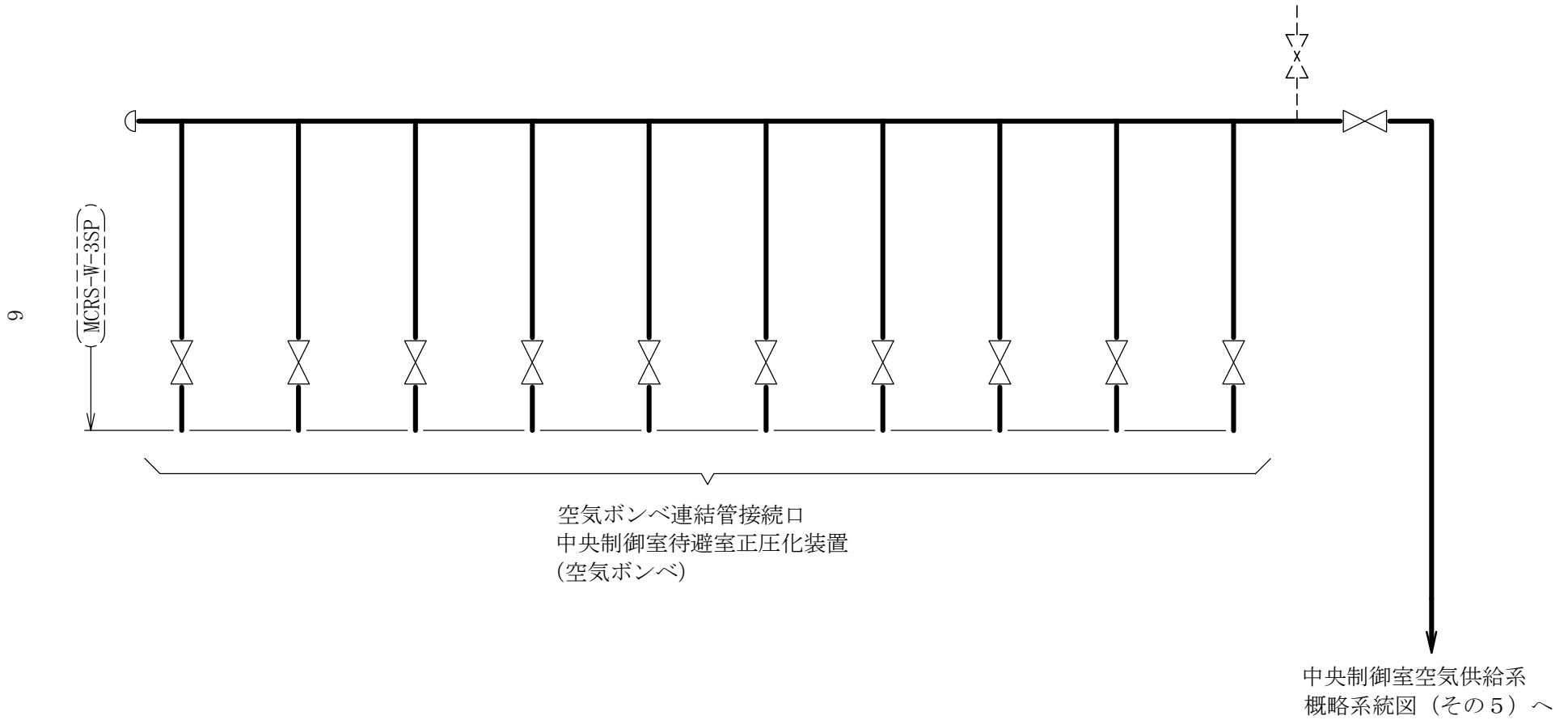
[注] 太線範囲の管クラス : SA2  
中央制御室空気供給系概略系統図 (その1)



[注] 太線範囲の管クラス : SA2  
中央制御室空気供給系概略系統図 (その2)

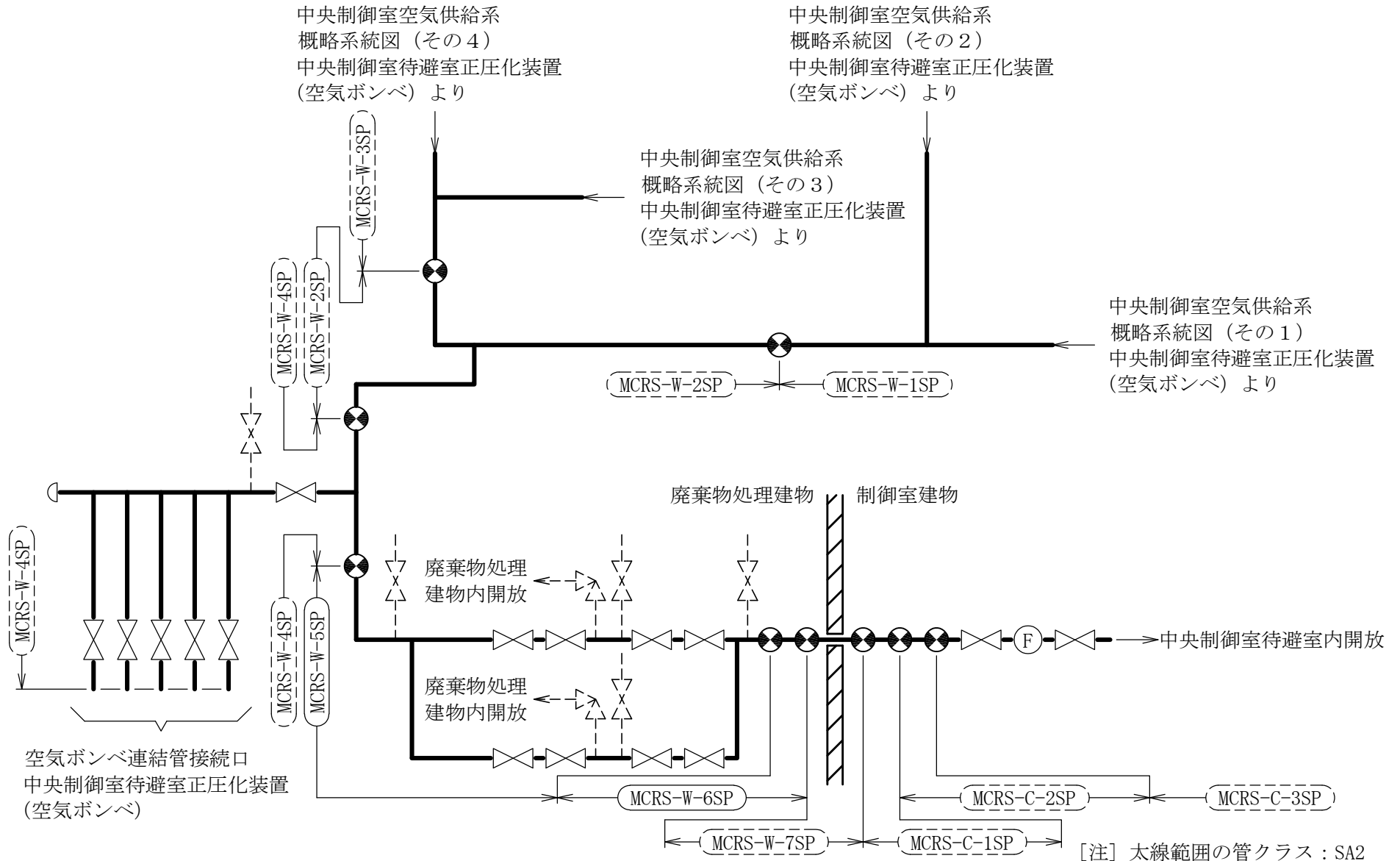


[注] 太線範囲の管クラス : SA2  
中央制御室空気供給系概略系統図 (その3)



[注] 太線範囲の管クラス : SA2  
中央制御室空気供給系概略系統図 (その4)


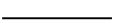
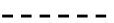


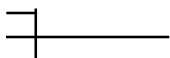
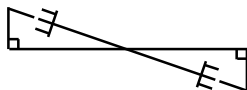
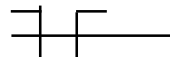
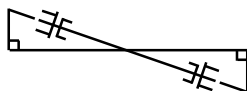

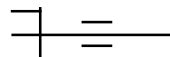
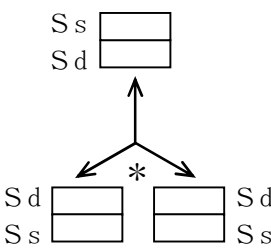




中央制御室空気供給系概略系統図(その5)

2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

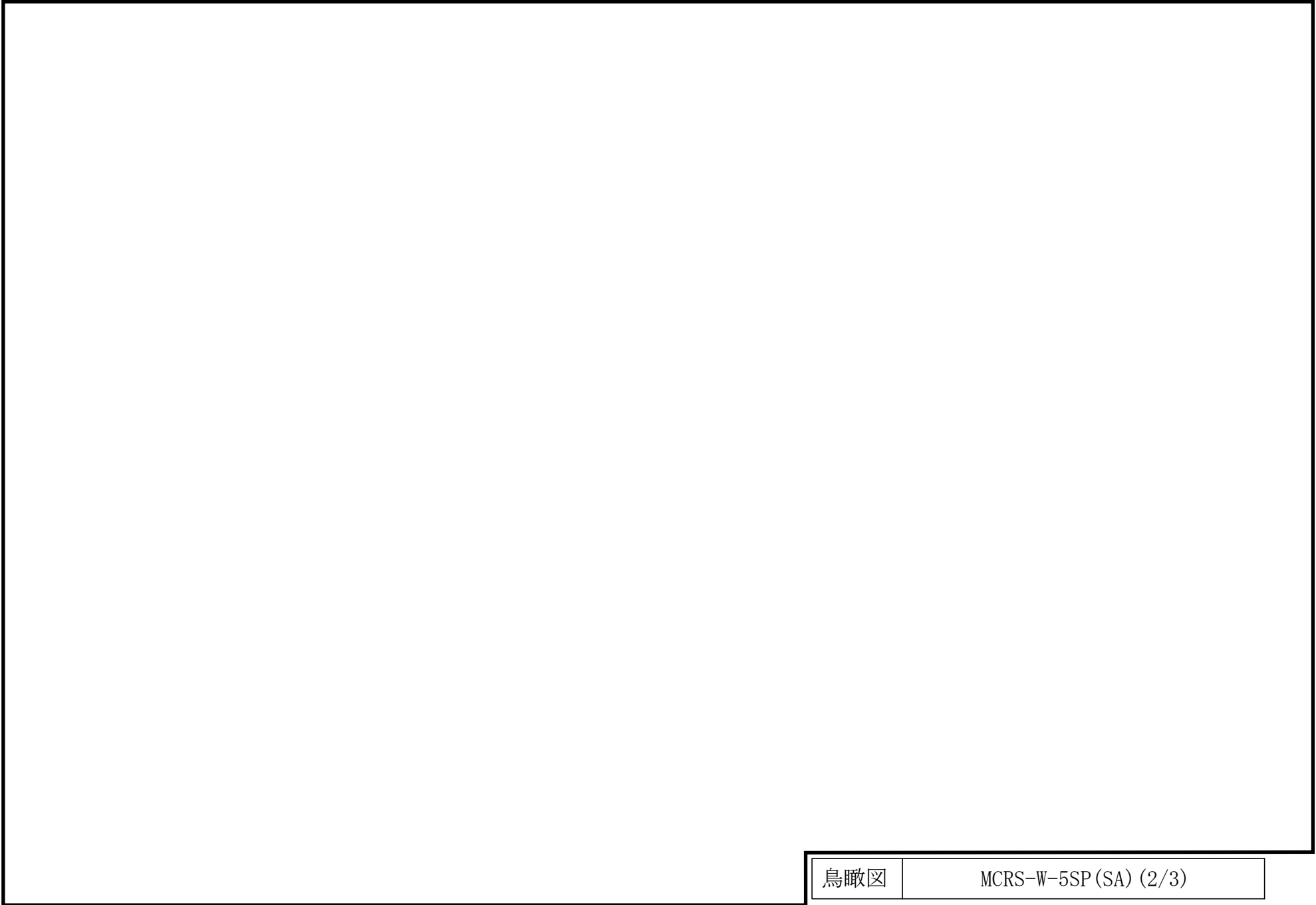
記号	内容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (重大事故等対処設備の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(SA)」, 設計基準対象施設の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(DB)」とする。)
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管, 又は工事計画記載範囲の管のうち本系統の管であって計算書作成対象範囲外の管及び他系統の管であって解析モデルの概略を示すために表記する管
	質点
	アンカ
	レストレイント
	レストレイント (斜め拘束の場合)
	スナップ
	スナップ (斜め拘束の場合)
	ハンガ
	リジットハンガ
 <p> <math>S_s</math> <math>S_d</math> </p> <p> <math>S_d</math> <math>S_s</math> </p>	拘束点の地震による相対変位量(mm) (*は評価点番号, 矢印は拘束方向を示す。また, <span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 1em; height: 1em; vertical-align: middle;"></span> 内に変位量を記載する。なお, $S_s$ 機能維持の範囲は $S_s$ 地震動による変位量のみを記載する。)

注：鳥瞰図中の寸法の単位はmmである。

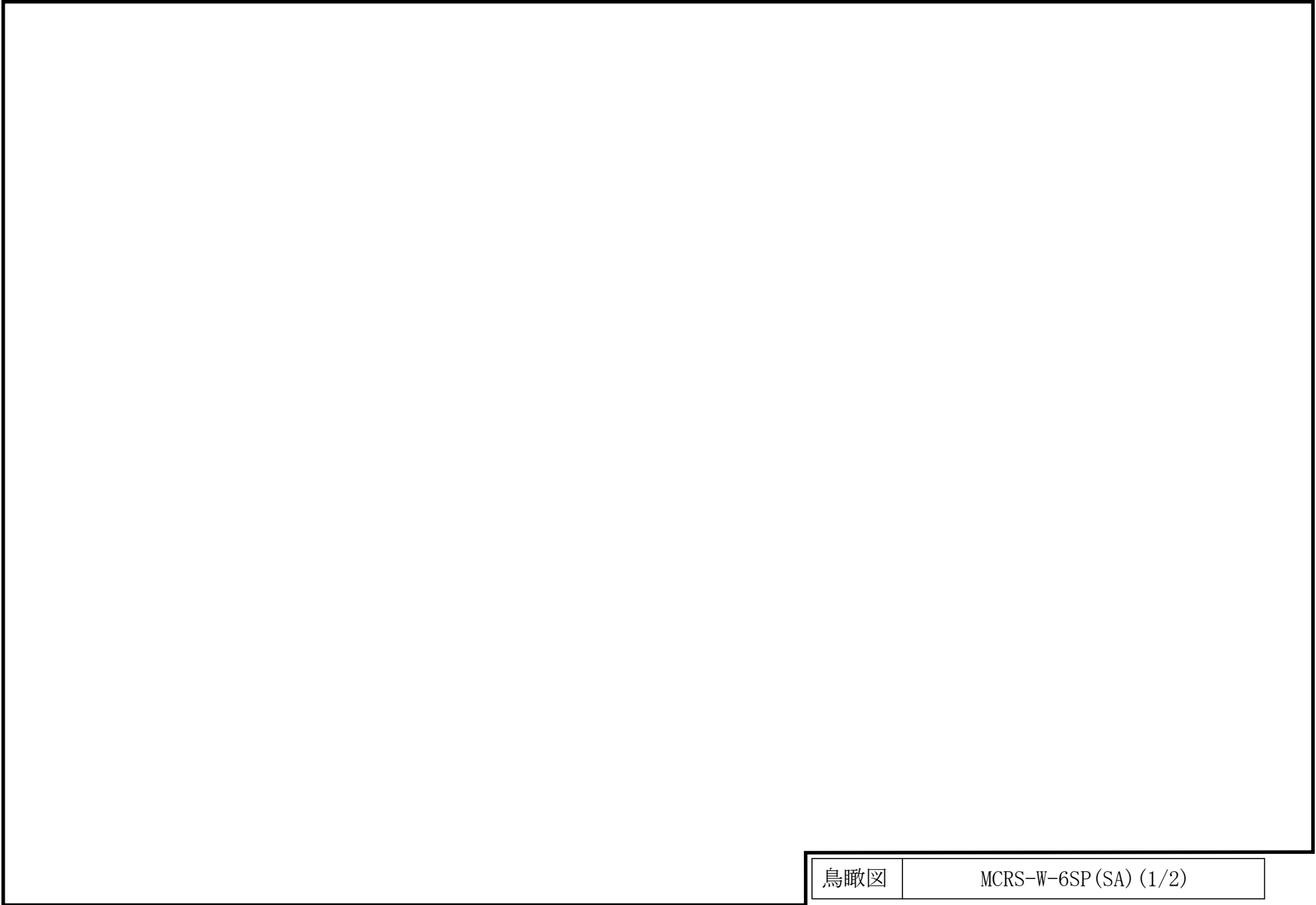
6

鳥瞰図

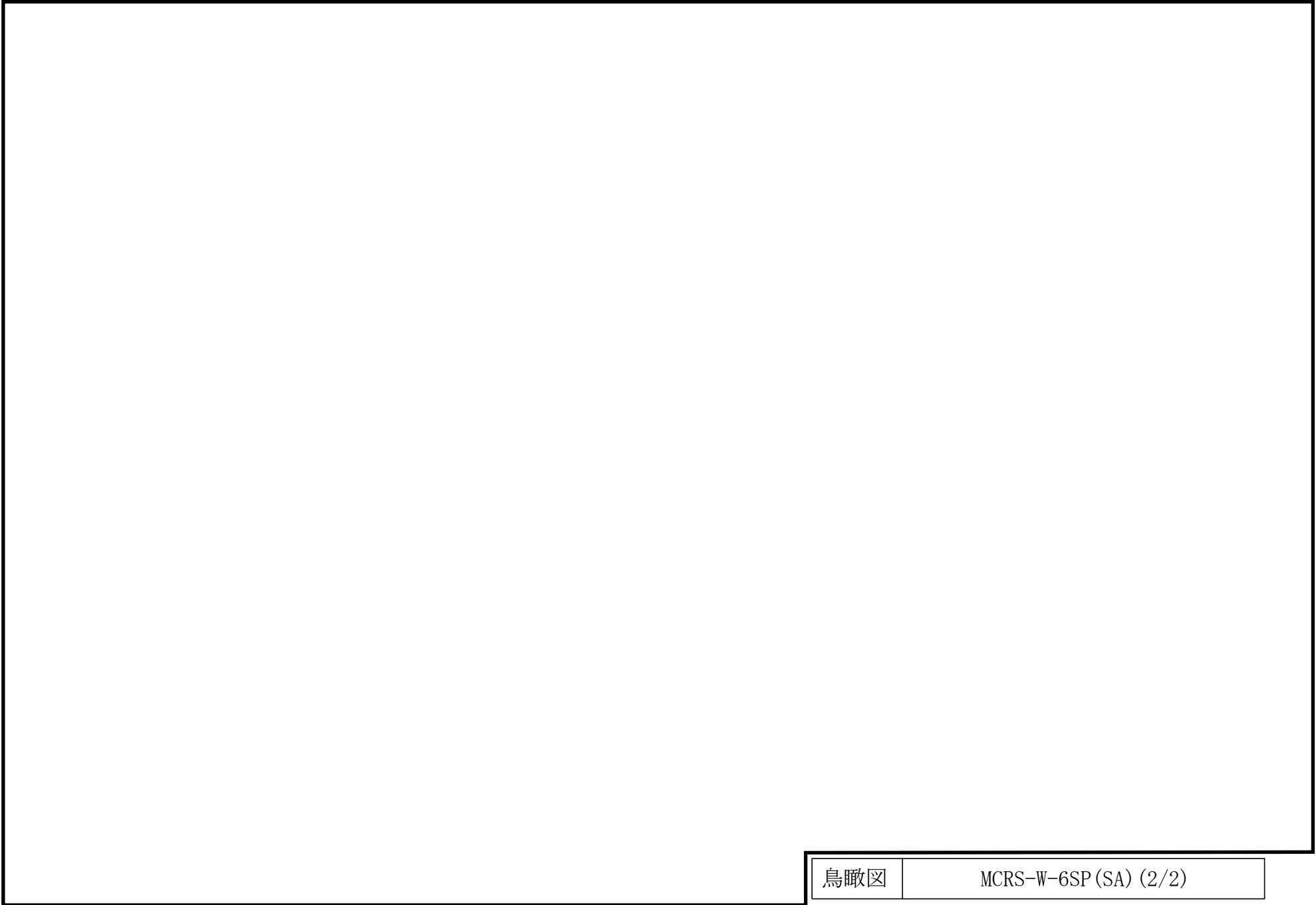
MCRS-W-5SP(SA) (1/3)







鳥瞰図	MCRS-W-6SP(SA) (1/2)
-----	----------------------



### 3. 計算条件

#### 3.1 計算方法

管の構造強度評価は、基本方針に記載の評価方法に基づき行う。解析コードは「H I S A P」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。



## 3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設分類 <sup>*1</sup>	設備分類 <sup>*2</sup>	機器等の区分	耐震重要度分類	荷重の組合せ <sup>*3, *4</sup>	許容応力状態 <sup>*5</sup>
放射線管理施設	換気設備	中央制御室空気供給系	S A	常設／緩和	重大事故等クラス2管	—	I <sub>L</sub> + S <sub>s</sub>	IV <sub>A</sub> S
							II <sub>L</sub> + S <sub>s</sub>	
							V <sub>L</sub> + S <sub>s</sub> <sup>*6</sup>	VA S

注記\*1：S Aは重大事故等対処設備を示す。

\*2：「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

\*3：運転状態の添字Lは荷重を示す。

\*4：許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

\*5：許容応力状態V<sub>A</sub> Sは許容応力状態IV<sub>A</sub> Sの許容限界を使用し、許容応力状態IV<sub>A</sub> Sとして評価を実施する。

\*6：原子炉冷却材圧力バウンダリ及び原子炉格納容器バウンダリを除く設備は必ずしも重大事故等時の荷重の時間履歴を詳細に評価しないことから、重大事故等時の最大荷重とS<sub>s</sub>地震力の組合せを考慮する。

### 3.3 設計条件

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

鳥 瞰 図 MCRS-W-5SP

管番号	対応する評価点	許容応力状態	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)
1	1～14, 15～20 9～70, 71～76	Ⅲ <sub>A</sub> S	—	—
		Ⅳ <sub>A</sub> S	19.60	40
		Ⅴ <sub>A</sub> S	19.60	40
2	24～33, 37～41 42～63, 80～89 93～97, 98～47	Ⅲ <sub>A</sub> S	—	—
		Ⅳ <sub>A</sub> S	0.60	40
		Ⅴ <sub>A</sub> S	0.60	40

設計条件

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

鳥 瞰 図 MCRS-W-5SP

管番号	対応する評価点	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度 分類	縦弾性係数 (MPa)
1	1～14, 15～20 9～70, 71～76	27.2	3.9	SUS304TP	—	193667
2	24～33, 37～41 42～63, 80～89 93～97, 98～47	27.2	2.9	SUS304TP	—	193667

弁部の質量

鳥 瞰 図 MCRS-W-5SP

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
	14~15		70~71
	20, 24, 76, 80		21, 77
	23, 79		33, 37, 89, 93
	34, 90		36, 92
	41~42, 97~98		

弁部の寸法

鳥 瞰 図 MCRS-W-5SP

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
14~15				20~21			
21~22				22~23			
21~24				33~34			
34~35				35~36			
34~37				41~42			
70~71				76~77			
77~78				78~79			
77~80				89~90			
90~91				91~92			
90~93				97~98			

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 MCRS-W-5SP

支持点番号	各軸方向ばね定数 (N/mm)			各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad)		
	X方向	Y方向	Z方向	X方向	Y方向	Z方向
1						
7						
16						
19						
22						
25						
32						
35						
38						
49						
56						
63						
72						
75						
78						
81						
88						
91						
94						

S2 補 VI-2-8-3-2-1 R1

設計条件

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

鳥 瞰 図 MCRS-W-6SP

管番号	対応する評価点	許容応力状態	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)
1	1~97	Ⅲ <sub>A</sub> S	—	—
		Ⅳ <sub>A</sub> S	0.60	40
		Ⅴ <sub>A</sub> S	0.60	40

設計条件

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

鳥 瞰 図 MCRS-W-6SP

管番号	対応する評価点	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度 分類	縦弾性係数 (MPa)
1	1～97	27.2	2.9	SUS304TP	—	193667



支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 MCRS-W-6SP

支持点番号	各軸方向ばね定数 (N/mm)			各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad)		
	X方向	Y方向	Z方向	X方向	Y方向	Z方向
1						
4001						
8						
17						
25						
31						
37						
42						
55						
62						
68						
76						
87						
91						
97						

S2 補 VI-2-8-3-2-1 R1

### 3.4 材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

材 料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)			
		S m	S y	S u	S
SUS304TP	40	—	205	520	—

### 3.5 設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答スペクトル及び等価繰返し回数を下表に示す。

なお、設計用床応答スペクトルは、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定したものをを用いる。減衰定数は、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。等価繰返し回数は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定したものをを用いる。

鳥瞰図	建物・構築物	標高 (m)	減衰定数 (%)	等価繰返し回数	
				S <sub>d</sub>	S <sub>s</sub>
MCRS-W-5SP	廃棄物処理建物	EL			
MCRS-W-6SP	廃棄物処理建物	EL			

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 MCRS-W-5SP

適用する地震動等		基準地震動 S s		
モード*1	固有周期 (s)	応答水平震度		応答鉛直震度
		X方向	Z方向	Y方向
1次				
動的震度*2, *3				

注記\*1：固有周期が0.050s以上のモードを示す。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。なお、1次固有周期が0.050s未満である場合は、1次モードのみを示す。

\*2：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S s）

\*3：最大応答加速度を1.2倍した震度

## 代表的振動モード図

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

代表的振動モード図 (1次)



固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 MCRS-W-6SP

適用する地震動等		基準地震動 S s		
モード*1	固有周期 (s)	応答水平震度*2		応答鉛直震度*2
		X方向	Z方向	Y方向
1次				
2次				
3次				
4次				
5次				
6次				
7次				
8次				
動的震度*3, *4				

注記\*1：固有周期が0.050s以上のモードを示す。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。なお、1次固有周期が0.050s未満である場合は、1次モードのみを示す。

\*2：設計用床応答スペクトルⅡ（基準地震動 S s）により得られる震度

\*3：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S s）

\*4：最大応答加速度を1.2倍した震度

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図 MCRS-W-6SP

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

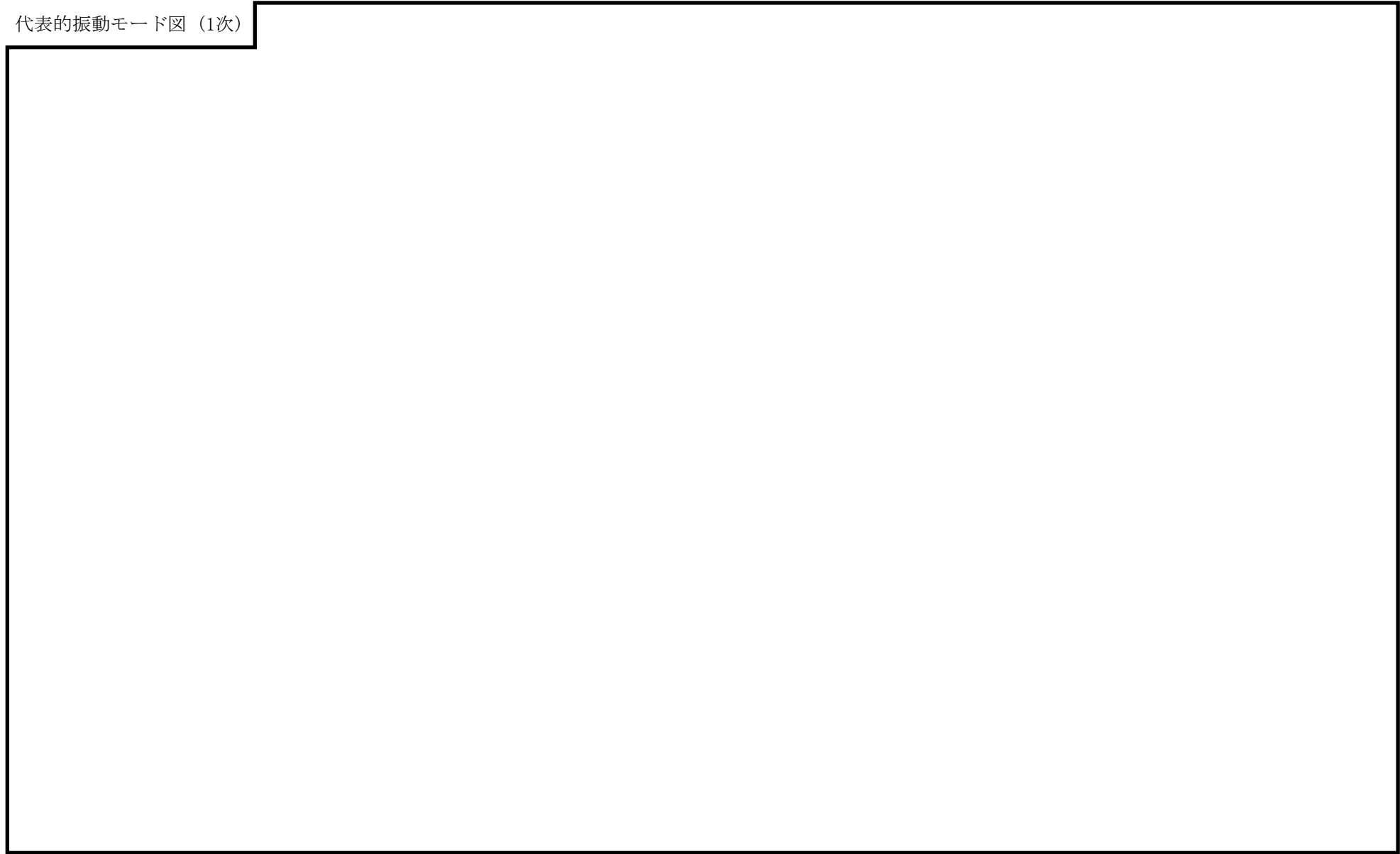
注記\*：モード質量を正規化するモードベクトルを用いる。



## 代表的振動モード図

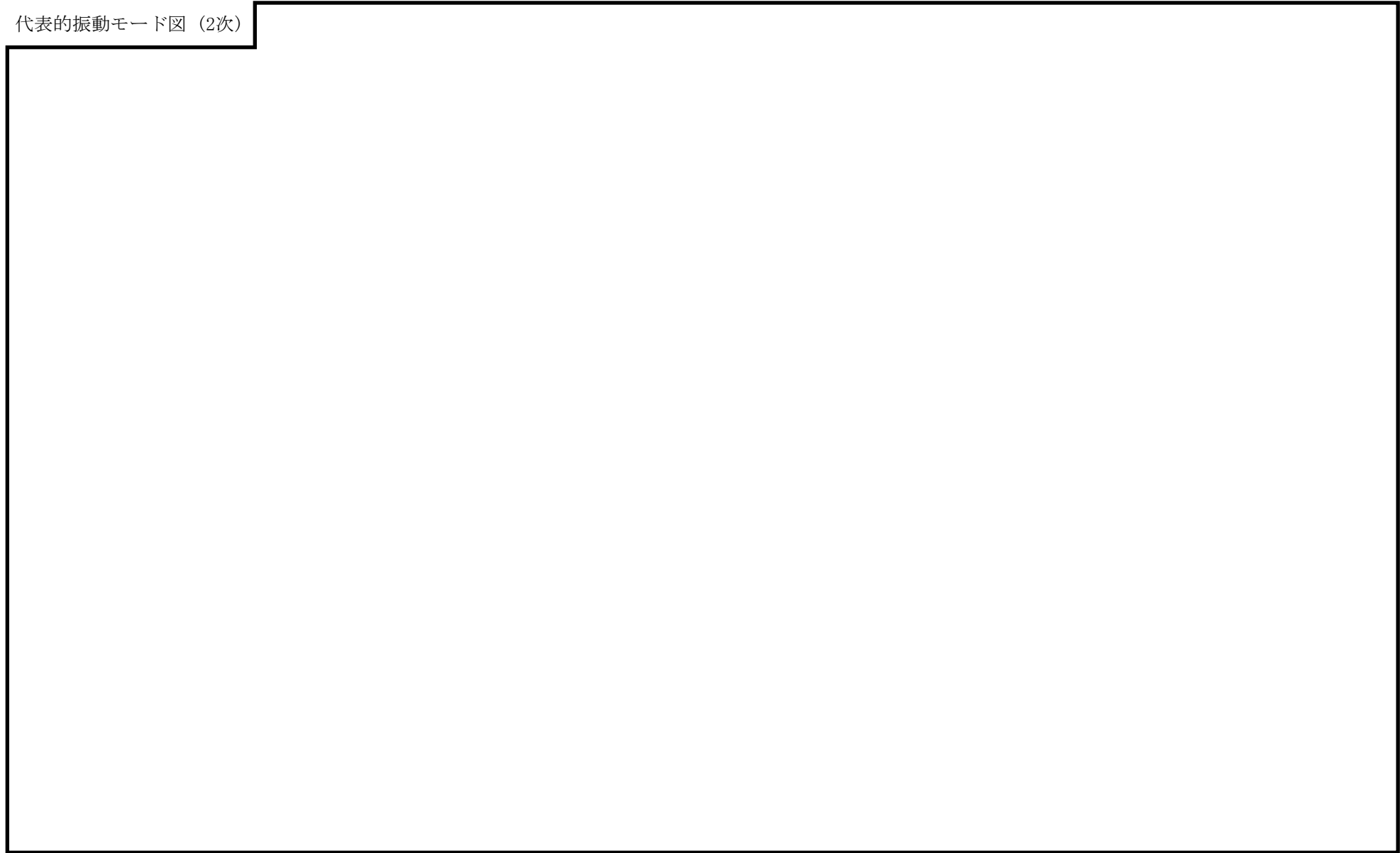
振動モード図は，3次モードまでを代表とし，各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し，次頁以降に示す。

代表的振動モード図 (1次)



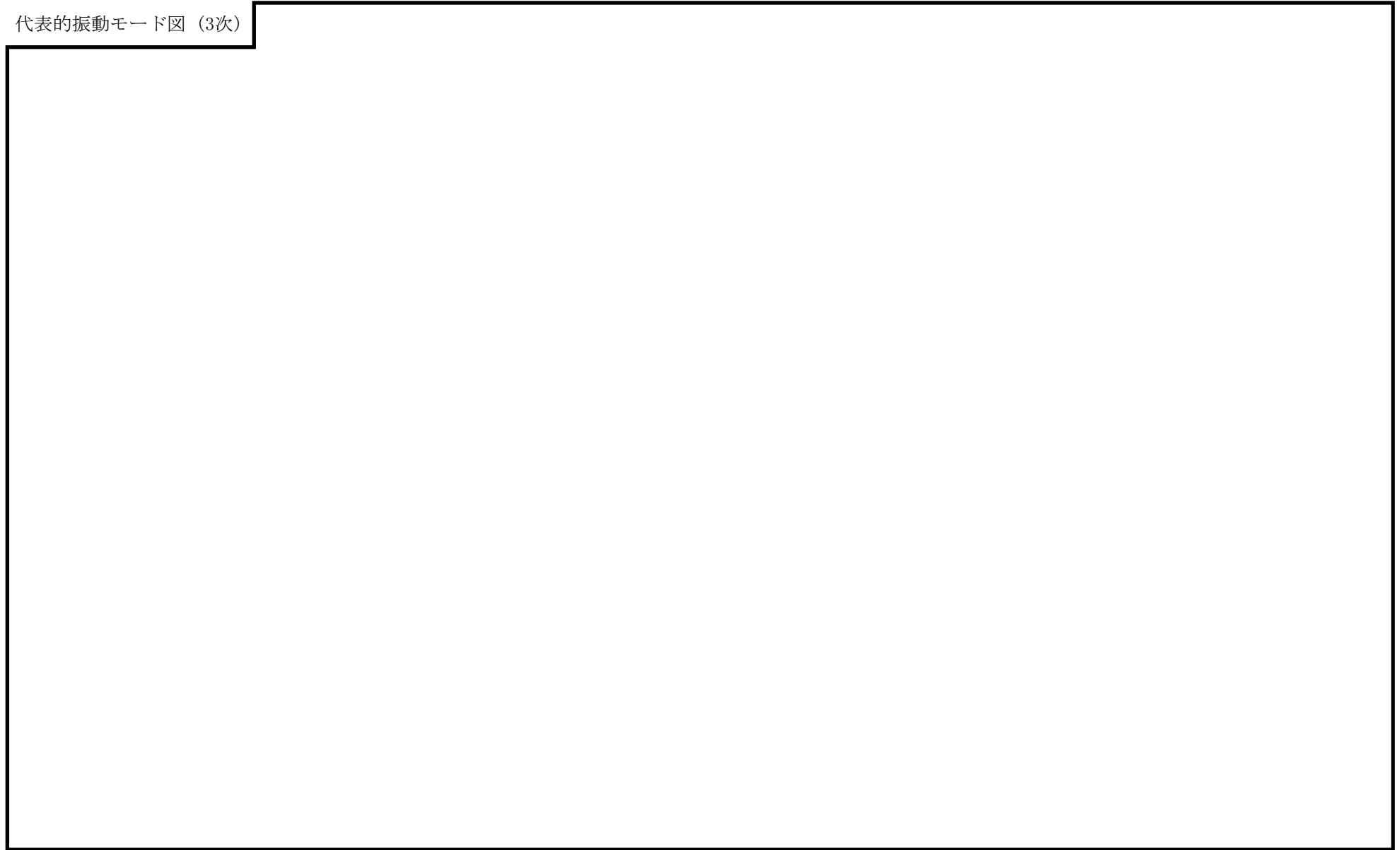
32

代表的振動モード図 (2次)



33

代表的振動モード図 (3次)



## 4.2 評価結果

## 4.2.1 管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

## 重大事故等クラス2管

許容応力 状態	最大応力区分(許容応力)	鳥瞰図 番号	最大応力 評価点	応力評価		疲労評価
				計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	疲労累積係数 U S s
IV <sub>A</sub> S	一次応力 $S_{p r m}(0.9 \cdot S_u)$	MCRS-W-5SP	20	239	468	—
	一次+二次応力 $S_n(2 \cdot S_y)$	MCRS-W-6SP	8	384	410	—
V <sub>A</sub> S	一次応力 $S_{p r m}(0.9 \cdot S_u)$	MCRS-W-5SP	20	239	468	—
	一次+二次応力 $S_n(2 \cdot S_y)$	MCRS-W-6SP	8	384	410	—

## 4.2.2 支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果（荷重評価）

支持構造物 番号	種類	型式	材料	温度 (°C)	評価結果		
					計算荷重 (kN)	許容荷重 (kN)	
						一次評価*1	二次評価*2
—	メカニカルスナッパ	—	VI-2-1-12「配 管及び支持構造 物の耐震計算に ついて」参照	—	—	—	—
—	オイルスナッパ	—			—	—	—
—	ロッドレストレイント	—			—	—	—
—	スプリングハンガ	—			—	—	—
—	コンスタントハンガ	—			—	—	—
—	リジットハンガ	—			—	—	—

注記\*1：あらかじめ設定した設計上の基準値を許容荷重として実施する評価

\*2：計算荷重があらかじめ設定した設計上の基準値を超過した箇所に対して、J E A G 4 6 0 1 に定める許容限界を満足する範囲内で新たに設定した設計上の基準値を許容荷重として実施する評価。なお、一次評価を満足する場合は「—」と記載する。

支持構造物評価結果（応力評価）

支持構造物 番号	種類	型式	材料	温度 (°C)	支持点荷重						評価結果		
					反力 (kN)			モーメント (kN・m)			応力 分類	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)
					F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>			
RE-MCRS-18713	レストレイント	Uボルト	SUS304	40	0	7	2	—	—	—	組合せ	96	153
AN-MCRS-1896	アンカ	ラグ	SUS304	40	0.3	0.2	1.0	0.2	0.1	0.1	組合せ	90	142

## 4.2.3 弁の動的機能維持の評価結果

下表に示すとおり水平及び鉛直方向の機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下又は水平及び鉛直方向を合成した機能維持評価用加速度が動作機能確認済加速度以下かつ計算応力が許容応力以下である。

弁番号	形式	要求機能 <sup>*1</sup>	機能維持評価用加速度 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )			機能確認済加速度 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )		詳細評価 <sup>*2, *3</sup>						
			水平	鉛直	合成 <sup>*3, *4</sup>	水平	鉛直	動作機能確認済加速度 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )		構造強度評価結果 (MPa)				
								水平	鉛直	評価部位	応力分類	計算応力	許容応力	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

注記\*1：弁に要求される機能に応じて以下を記載する。

$\alpha$  (S s)：基準地震動 S s，弾性設計用地震動 S d 時に動的機能が要求されるもの

$\beta$  (S s)：基準地震動 S s，弾性設計用地震動 S d 後に動的機能が要求されるもの

\*2：水平又は鉛直方向の機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を超過する場合は詳細評価を実施し，水平及び鉛直方向を合成した機能維持評価用加速度が動作機能確認済加速度の最小値以下かつ計算応力が許容応力以下であることを確認する。

\*3：詳細評価を実施しない場合は「—」と記載する。

\*4：水平及び鉛直方向の機能維持評価用加速度をベクトル和により合成した値であり，詳細評価を実施する場合に使用する。

## 4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

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

## 重大事故等クラス2管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態IV <sub>A</sub> S										
		一次応力評価					一次+二次応力評価					
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	疲労累積 係数	代表
1	MCRS-W-1SP	175	119	468	3.93	—	175	133	410	3.08	—	—
2	MCRS-W-2SP	48	123	468	3.80	—	48	167	410	2.45	—	—
3	MCRS-W-3SP	150	168	468	2.78	—	150	213	410	1.92	—	—
4	MCRS-W-4SP	41	103	468	4.54	—	41	102	410	4.01	—	—
5	MCRS-W-5SP	20	239	468	1.95	○	80	351	410	1.16	—	—
6	MCRS-W-6SP	8	196	468	2.38	—	8	384	410	1.06	—	○
7	MCRS-W-7SP	41	44	468	10.63	—	26	256	410	1.60	—	—
8	MCRS-C-1SP	23	57	468	8.21	—	41	97	410	4.22	—	—
9	MCRS-C-2SP	16	73	468	6.41	—	16	141	410	2.90	—	—
10	MCRS-C-3SP	22	69	468	6.78	—	18	112	410	3.66	—	—



代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

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

重大事故等クラス2管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態 V A S										
		一次応力評価					一次+二次応力評価					
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	疲労累積係数	代表
1	MCRS-W-1SP	175	119	468	3.93	—	175	133	410	3.08	—	—
2	MCRS-W-2SP	48	123	468	3.80	—	48	167	410	2.45	—	—
3	MCRS-W-3SP	150	168	468	2.78	—	150	213	410	1.92	—	—
4	MCRS-W-4SP	41	103	468	4.54	—	41	102	410	4.01	—	—
5	MCRS-W-5SP	20	239	468	1.95	○	80	351	410	1.16	—	—
6	MCRS-W-6SP	8	196	468	2.38	—	8	384	410	1.06	—	○
7	MCRS-W-7SP	41	44	468	10.63	—	26	256	410	1.60	—	—
8	MCRS-C-1SP	23	57	468	8.21	—	41	97	410	4.22	—	—
9	MCRS-C-2SP	16	73	468	6.41	—	16	141	410	2.90	—	—
10	MCRS-C-3SP	22	69	468	6.78	—	18	112	410	3.66	—	—

### VI-2-8-3-3 緊急時対策所換気空調系の耐震性についての計算書

VI-2-8-3-3-1 管の耐震性についての計算書  
(緊急時対策所換気空調系)

## 目 次

1. 概要	1
2. 概略系統図及び鳥瞰図	2
2.1 概略系統図	2
2.2 鳥瞰図	4
3. 計算条件	6
3.1 計算方法	6
3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態	7
3.3 設計条件	8
3.4 材料及び許容応力	14
3.5 設計用地震力	15
4. 解析結果及び評価	16
4.1 固有周期及び設計震度	16
4.2 評価結果	20
4.2.1 管の応力評価結果	20
4.2.2 支持構造物評価結果	21
4.2.3 弁の動的機能維持の評価結果	22
4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	23

## 1. 概要

本計算書は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」（以下「基本方針」という。）に基づき、緊急時対策所換気空調系の管，支持構造物及び弁が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，動的機能を維持できることを説明するものである。

計算結果の記載方法は，以下に示すとおりである。

### (1) 管

工事計画記載範囲の管のうち，各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また，全2モデルのうち，各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図，計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を4.2.4に記載する。

### (2) 支持構造物

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








### (3) 弁

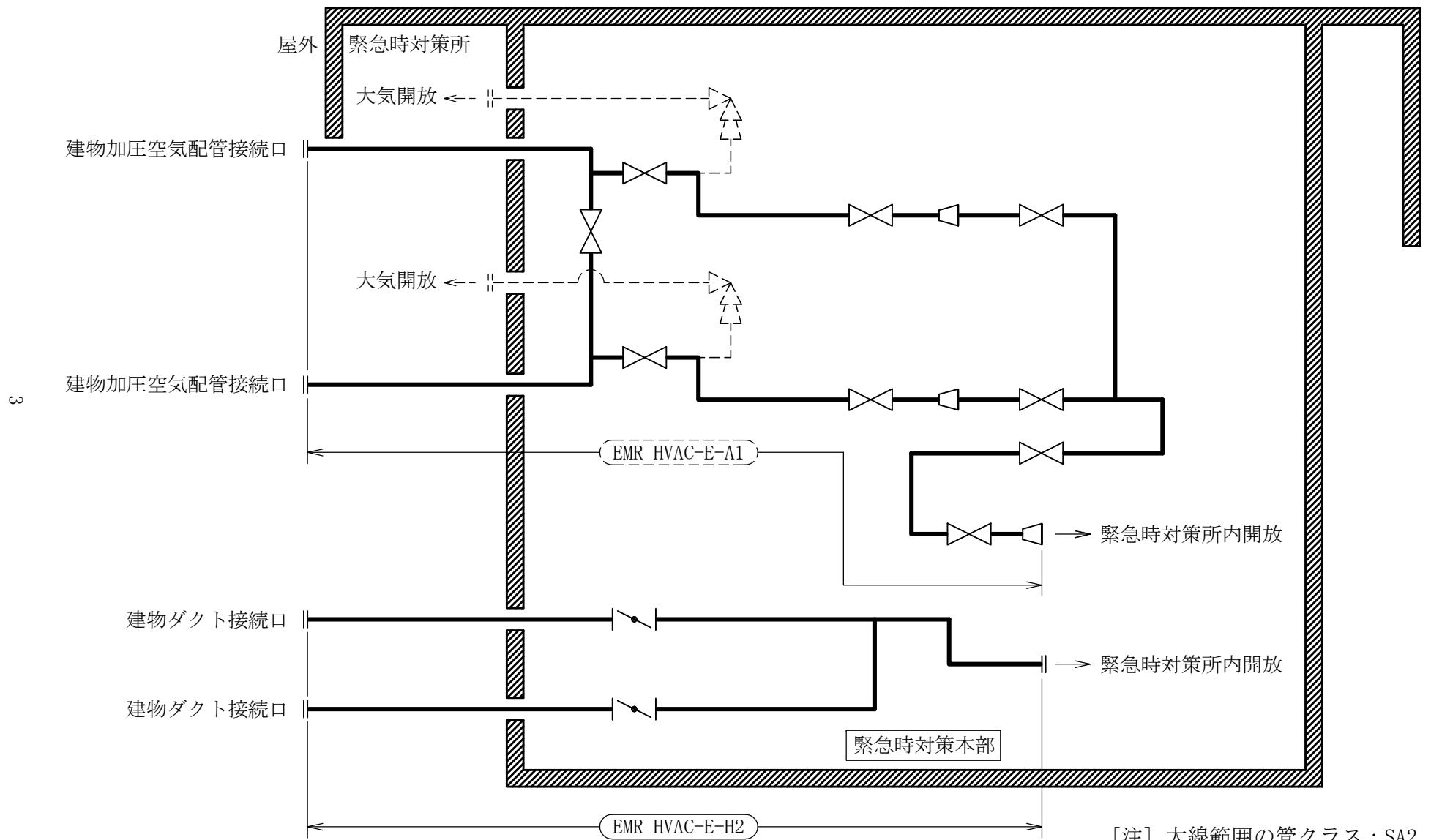
機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として，弁型式別に評価結果を記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例

記号	内容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管 (重大事故等対処設備)
 (太破線)	工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管 (設計基準対象施設)
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち，本系統の管であって他 計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管，又は工事計画記載範囲の管 のうち本系統の管であって計算書作成対象範囲外の管 及び他系統の管であって系統の概略を示すために表記 する管
	鳥瞰図番号 (代表モデル)
	鳥瞰図番号 (代表モデル以外)
	アンカ
[管クラス] DB1 DB2 DB3 DB4 SA2 SA3 DB1/SA2 DB2/SA2 DB3/SA2 DB4/SA2	クラス 1 管 クラス 2 管 クラス 3 管 クラス 4 管 重大事故等クラス 2 管 重大事故等クラス 3 管 重大事故等クラス 2 管であってクラス 1 管 重大事故等クラス 2 管であってクラス 2 管 重大事故等クラス 2 管であってクラス 3 管 重大事故等クラス 2 管であってクラス 4 管




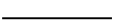
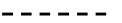


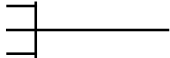
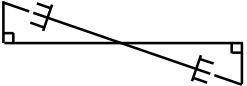
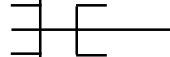
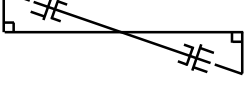

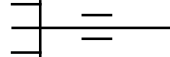
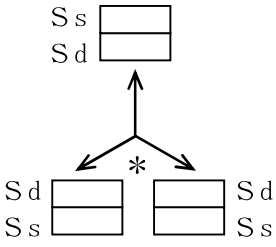
3

[注] 太線範囲の管クラス : SA2

緊急時対策所換気空調系概略系統図

2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

記号	内容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (重大事故等対処設備の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(SA)」, 設計基準対象施設の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(DB)」とする。)
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管, 又は工事計画記載範囲の管のうち本系統の管であって計算書作成対象範囲外の管及び他系統の管であって解析モデルの概略を示すために表記する管
	質点
	アンカ
	レストレイント
	レストレイント (斜め拘束の場合)
	スナップ
	スナップ (斜め拘束の場合)
	ハンガ
	リジットハンガ
	拘束点の地震による相対変位量(mm) (*は評価点番号, 矢印は拘束方向を示す。また, <span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 1em; height: 1em; vertical-align: middle;"></span> 内に変位量を記載する。なお, S s 機能維持の範囲は S s 地震動による変位量のみを記載する。)  注: 鳥瞰図中の寸法の単位はmmである。



鳥瞰図

EMR HVAC-E-H2(SA)

### 3. 計算条件

#### 3.1 計算方法

管の構造強度評価は、基本方針に記載の評価方法に基づき行う。解析コードは「H I S A P」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。

## 3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設分類 <sup>*1</sup>	設備分類 <sup>*2</sup>	機器等の区分	耐震重要度分類	荷重の組合せ <sup>*3, *4</sup>	許容応力状態 <sup>*5</sup>
放射線管理施設	換気設備	緊急時対策所換気空調系	S A	常設／緩和	重大事故等クラス2管	—	I <sub>L</sub> + S <sub>s</sub>	IV <sub>A</sub> S
							II <sub>L</sub> + S <sub>s</sub>	
							V <sub>L</sub> + S <sub>s</sub> <sup>*6</sup>	VA S

注記\*1：S Aは重大事故等対処設備を示す。

\*2：「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

\*3：運転状態の添字Lは荷重を示す。

\*4：許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

\*5：許容応力状態V<sub>A</sub> Sは許容応力状態IV<sub>A</sub> Sの許容限界を使用し、許容応力状態IV<sub>A</sub> Sとして評価を実施する。

\*6：原子炉冷却材圧力バウンダリ及び原子炉格納容器バウンダリを除く設備は必ずしも重大事故等時の荷重の時間履歴を詳細に評価しないことから、重大事故等時の最大荷重とS<sub>s</sub>地震力の組合せを考慮する。

### 3.3 設計条件

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

鳥 瞰 図 EMR HVAC-E-H2

管番号	対応する評価点	許容応力状態	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)
1	1～10, 41～49	Ⅲ <sub>A</sub> S	—	—
		Ⅳ <sub>A</sub> S	0.0063	50
		Ⅴ <sub>A</sub> S	0.0063	50
2	10～12, 15～31 17～36, 39～41	Ⅲ <sub>A</sub> S	—	—
		Ⅳ <sub>A</sub> S	0.0063	50
		Ⅴ <sub>A</sub> S	0.0063	50

設計条件

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

鳥 瞰 図 EMR HVAC-E-H2

管番号	対応する評価点	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度 分類	縦弾性係数 (MPa)
1	1～10, 41～49	318.5	10.3	SUS304TP	—	193667
2	10～12, 15～31 17～36, 39～41	318.5	10.3	SUS304TP	—	194600

フランジ部の質量

鳥 瞰 図 EMR HVAC-E-H2

質量	対応する評価点
□	1, 49
□	12, 15, 36, 39
□	19, 22, 33
□	27, 28
□	31

弁部の質量

鳥 瞰 図 EMR HVAC-E-H2

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
<input type="checkbox"/>	12, 15, 36, 39	<input type="checkbox"/>	13, 37
<input type="checkbox"/>	14, 38		

弁部の寸法

鳥 瞰 図 EMR HVAC-E-H2

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
12~13				13~14			
13~15							
37~38				36~37			
				37~39			



支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 EMR HVAC-E-H2

支持点番号	各軸方向ばね定数 (N/mm)			各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad)		
	X方向	Y方向	Z方向	X方向	Y方向	Z方向
2						
5						
11						
23						
30						
40						
45						
48						

### 3.4 材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

材 料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)			
		S m	S y	S u	S
SUS304TP	50	—	198	504	—

### 3.5 設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答スペクトル及び等価繰返し回数を下表に示す。

なお、設計用床応答スペクトルは、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定したものをを用いる。減衰定数は、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。等価繰返し回数は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定したものをを用いる。

鳥瞰図	建物・構築物	標高 (m)	減衰定数 (%)	等価繰返し回数	
				S <sub>d</sub>	S <sub>s</sub>
EMR HVAC-E-H2	緊急時対策所	EL			

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 EMR HVAC-E-H2

適用する地震動等		基準地震動 S s		
モード*1	固有周期 (s)	応答水平震度*2		応答鉛直震度*2
		X方向	Z方向	Y方向
1次				
動的震度*3, *4				

注記\*1：固有周期が0.050s以上のモードを示す。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。なお、1次固有周期が0.050s未満である場合は、1次モードのみを示す。

\*2：設計用床応答スペクトルⅡ（基準地震動 S s）により得られる震度

\*3：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S s）

\*4：最大応答加速度を1.2倍した震度

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図 EMR HVAC-E-H2

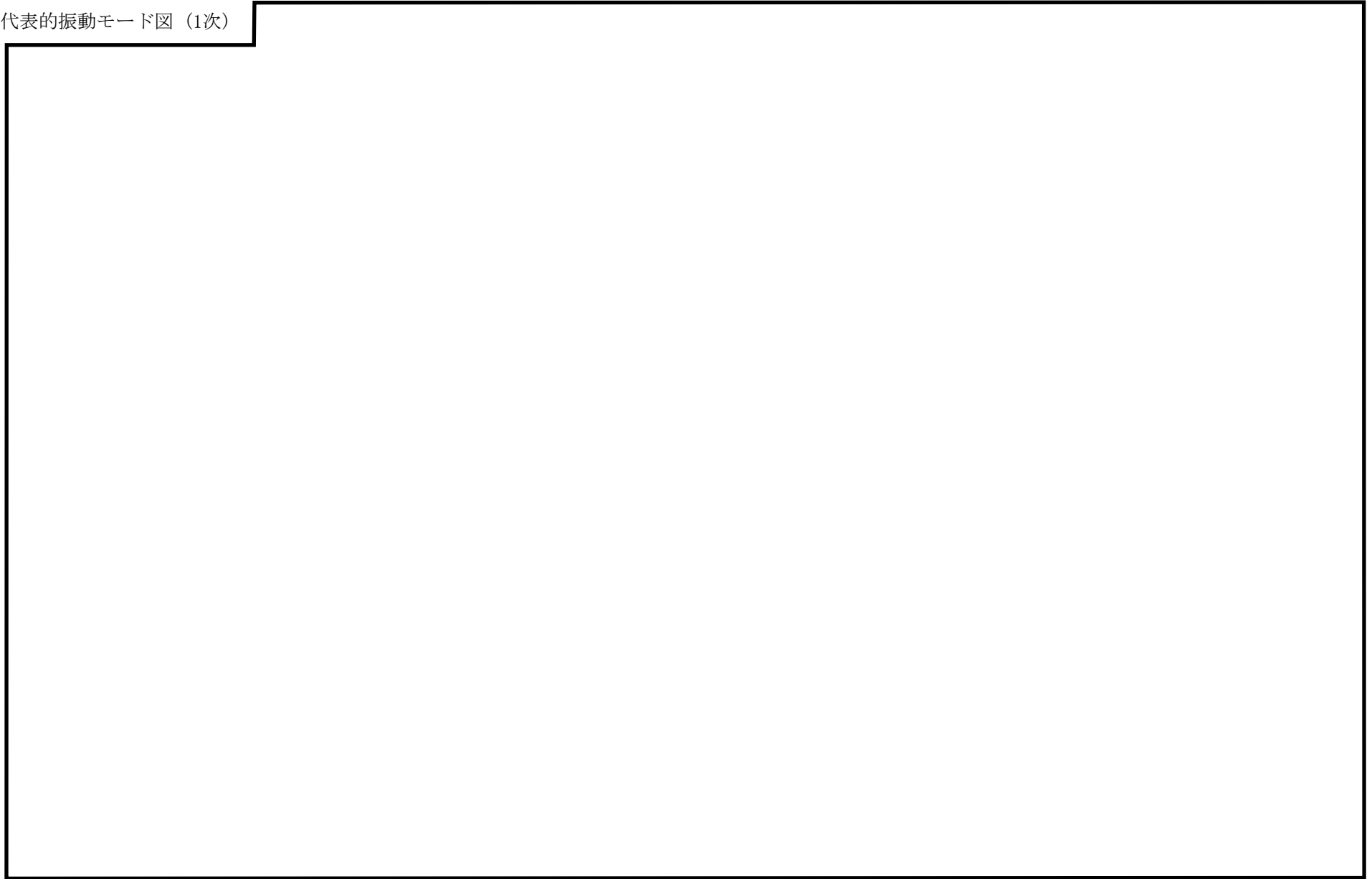
モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X方向	Y方向	Z方向
1次				

注記\*：モード質量を正規化するモードベクトルを用いる。

## 代表的振動モード図

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

代表的振動モード図 (1次)



## 4.2 評価結果

## 4.2.1 管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

## 重大事故等クラス2管

許容応力 状態	最大応力区分(許容応力)	鳥瞰図 番号	最大応力 評価点	応力評価		疲労評価
				計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	疲労累積係数 U S s
IV <sub>A</sub> S	一次応力 $S_{p r m}(0.9 \cdot S_u)$	EMR HVAC-E-H2	17	73	453	—
	一次+二次応力 $S_n(2 \cdot S_y)$	EMR HVAC-E-H2	17	141	396	—
V <sub>A</sub> S	一次応力 $S_{p r m}(0.9 \cdot S_u)$	EMR HVAC-E-H2	17	73	453	—
	一次+二次応力 $S_n(2 \cdot S_y)$	EMR HVAC-E-H2	17	141	396	—



## 4.2.2 支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果（荷重評価）

支持構造物 番号	種類	型式	材料	温度 (°C)	評価結果		
					計算荷重 (kN)	許容荷重 (kN)	
						一次評価*1	二次評価*2
—	メカニカルスナッパ	—	VI-2-1-12「配 管及び支持構造 物の耐震計算に ついて」参照	—	—	—	—
—	オイルスナッパ	—			—	—	—
—	ロッドレストレイント	—			—	—	—
—	スプリングハンガ	—			—	—	—
—	コンスタントハンガ	—			—	—	—
—	リジットハンガ	—			—	—	—

注記\*1：あらかじめ設定した設計上の基準値を許容荷重として実施する評価

\*2：計算荷重があらかじめ設定した設計上の基準値を超過した箇所に対して、J E A G 4 6 0 1 に定める許容限界を満足する範囲内で新たに設定した設計上の基準値を許容荷重として実施する評価。なお、一次評価を満足する場合は「—」と記載する。

支持構造物評価結果（応力評価）

支持構造物 番号	種類	型式	材料	温度 (°C)	支持点荷重						評価結果		
					反力 (kN)			モーメント (kN・m)			応力 分類	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)
					F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>			
RE-EMR HVAC-E0020	レストレイント	ビーム	STKR400	40	0	18	52	—	—	—	組合せ	12	161
—	アンカ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

4.2.3 弁の動的機能維持の評価結果

下表に示すとおり水平及び鉛直方向の機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下又は水平及び鉛直方向を合成した機能維持評価用加速度が動作機能確認済加速度以下かつ計算応力が許容応力以下である。

弁番号	形式	要求機能 <sup>*1</sup>	機能維持評価用加速度 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )			機能確認済加速度 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )		詳細評価 <sup>*2, *3</sup>						
								動作機能確認済加速度 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )		構造強度評価結果 (MPa)				
			水平	鉛直	合成 <sup>*3, *4</sup>	水平	鉛直	水平	鉛直	評価部位	応力分類	計算応力	許容応力	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

注記\*1：弁に要求される機能に応じて以下を記載する。

$\alpha$  (S s)：基準地震動 S s，弾性設計用地震動 S d 時に動的機能が要求されるもの

$\beta$  (S s)：基準地震動 S s，弾性設計用地震動 S d 後に動的機能が要求されるもの

\*2：水平又は鉛直方向の機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を超過する場合は詳細評価を実施し，水平及び鉛直方向を合成した機能維持評価用加速度が動作機能確認済加速度の最小値以下かつ計算応力が許容応力以下であることを確認する。

\*3：詳細評価を実施しない場合は「—」と記載する。

\*4：水平及び鉛直方向の機能維持評価用加速度をベクトル和により合成した値であり，詳細評価を実施する場合に使用する。

## 4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

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

## 重大事故等クラス2管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態IV <sub>A</sub> S										
		一次応力評価					一次+二次応力評価					
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	疲労累積 係数	代表
1	EMR HVAC-E-A1	42	69	468	6.78	—	42	128	410	3.20	—	—
2	EMR HVAC-E-H2	17	73	453	6.20	○	17	141	396	2.80	—	○

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

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

重大事故等クラス2管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態 V A S										
		一次応力評価					一次+二次応力評価					
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	疲労累積 係数	代表
1	EMR HVAC-E-A1	42	69	468	6.78	—	42	128	410	3.20	—	—
2	EMR HVAC-E-H2	17	73	453	6.20	○	17	141	396	2.80	—	○

VI-2-8-3-3-2 差圧計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	16
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 重大事故等対処設備としての評価結果	18

## 1. 概要

差圧計は、重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備以外の常設重大事故等対処設備に分類され、VI-1-9-4-2「緊急時対策所の居住性に関する説明書」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、差圧計が基準地震動 $S_s$ 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。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

差圧計の構造計画を表 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>検出器は、計器取付ボルトにて計器スタンションに取付けられた計器取付板に固定される。</p> <p>計器スタンションは、壁面に設置された埋込金物への溶接にて壁面に設置する。</p>	<p>弾性差圧検出器</p>	<div style="text-align: center;"> <p>(平面図)</p> <p>(正面図)</p> <p>(側面図)</p> </div> <p style="text-align: right;">(単位：mm)</p>



## 2.2 評価方針

差圧計の応力評価は、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」にて示す差圧計の部位を踏まえ「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、差圧計の機能維持評価は、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。

差圧計の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

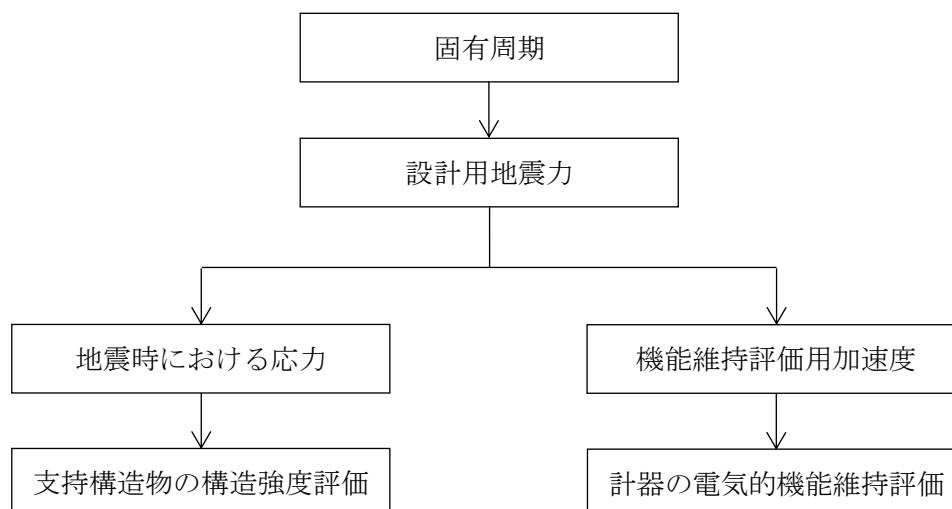


図 2-1 差圧計の耐震評価フロー

### 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	溶接部の有効のど厚	mm
$A_w$	溶接部の有効断面積	mm <sup>2</sup>
$C_H$	水平方向設計震度	—
$C_V$	鉛直方向設計震度	—
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に定める値	MPa
$F_w$	溶接部に作用する引張力	N
$F_{w1}$	鉛直方向地震及び計器スタンション取付面に対し左右方向の 水平方向地震により溶接部に作用する引張力	N
$F_{w2}$	鉛直方向地震及び計器スタンション取付面に対し前後方向の 水平方向地震により溶接部に作用する引張力	N
$f_{sm}$	せん断力のみを受ける溶接部の許容せん断応力	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s <sup>2</sup>
h	据付面から重心までの距離	mm
$l'$	溶接の有効長さ	mm
$l$	重心と下側溶接部間の距離	mm
$l_a$	側面(左右)溶接部間の距離	mm
$l_b$	上下溶接部間の距離	mm
m	計器スタンションの質量	kg
$n_w$	溶接部の数	—
$n_{fH}$	評価上引張力を受けるとして期待する水平方向の溶接数	—
$n_{fV}$	評価上引張力を受けるとして期待する鉛直方向の溶接数	—
$Q_w$	溶接部に作用するせん断力	N
$Q_{w1}$	水平方向地震により溶接部に作用するせん断力	N
$Q_{w2}$	鉛直方向地震により溶接部に作用するせん断力	N
s	溶接脚長	mm
$S_u$	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
$\sigma$	溶接部に生じるせん断応力	MPa
$\sigma_w$	溶接部に生じる引張力により発生するせん断応力	MPa
$\tau_w$	溶接部に生じるせん断力により発生するせん断応力	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2-2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 <sup>2</sup>	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

差圧計の耐震評価は、「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溶接部について実施する。

差圧計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

差圧計の固有周期は、構造が同等な計器スタンションに対する振動試験（自由振動試験）の結果算定された固有周期を使用する。

#### 4.2 固有周期の確認方法

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、固有周期を確認する。差圧計の外形図を表 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)

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) 計器スタンションの質量は重心に集中しているものとする。
- (2) 地震力は計器スタンションに対して水平方向及び鉛直方向から個別に作用させる。  
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) 計器スタンションは溶接により壁面に固定されており、固定端とする。
- (4) 転倒方向\*は、正面より見て左右方向及び前後方向について検討し、計算書には結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。
- (5) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

注記\*：計器スタンションの転倒方向は、計器スタンションを正面より見て左右に転倒する場合を「左右方向転倒」、前方に転倒する場合を「前後方向転倒」という。

### 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

差圧計の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-1 に示す。

#### 5.2.2 許容応力

差圧計の許容応力は、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

差圧計の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-3 に示す。

表 5-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分	機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
放射線管理施設	差圧計	常設／その他	—*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／その他」は常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備以外の常設重大事故等対処設備を示す。

\*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 5-2 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界 <sup>*1, *2</sup> (ボルト等以外)
	一次応力
	せん断
IVAS	1.5・f <sub>s</sub> <sup>*</sup>
VAS (VASとしてIVASの許容限界を用いる。)	

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

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



表 5-3 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 <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		周囲環境温度	50	241	394	—
溶接部	SS400 (厚さ ≤ 16mm)	周囲環境温度	50	241	394	—

### 5.3 設計用地震力

差圧計の設計用地震力のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表5-4に示す。

「基準地震動S<sub>s</sub>」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（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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動S <sub>s</sub>	
	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 EL 50.25 (EL 56.6 <sup>*1</sup> )	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C <sub>H</sub> =2.90 <sup>*2</sup>	C <sub>V</sub> =1.41 <sup>*2</sup>

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<sub>s</sub>）

## 5.4 計算方法

### 5.4.1 応力の計算方法

溶接部の応力は、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により発生するせん断応力及びせん断力により発生するせん断応力について計算する。

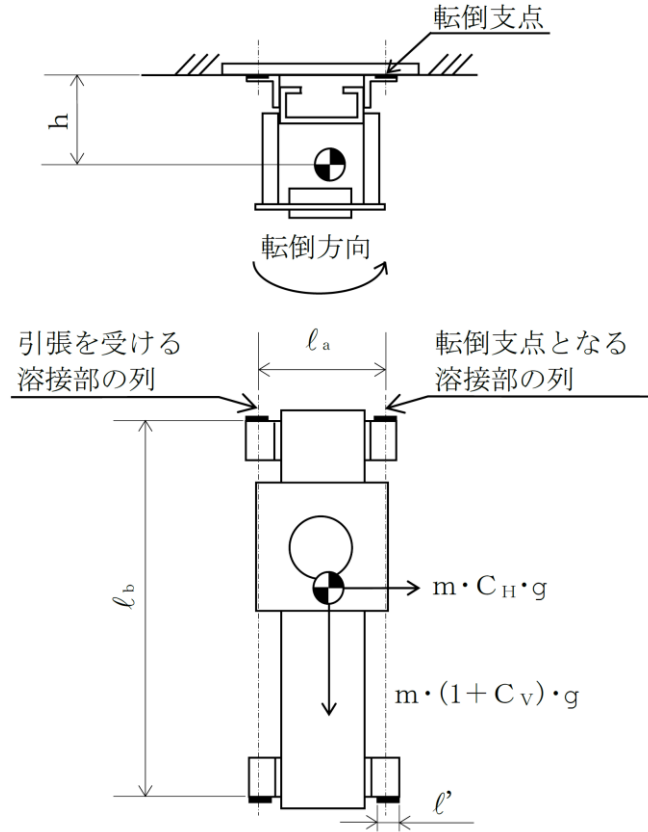


図5-1 計算モデル（左右方向転倒の場合）

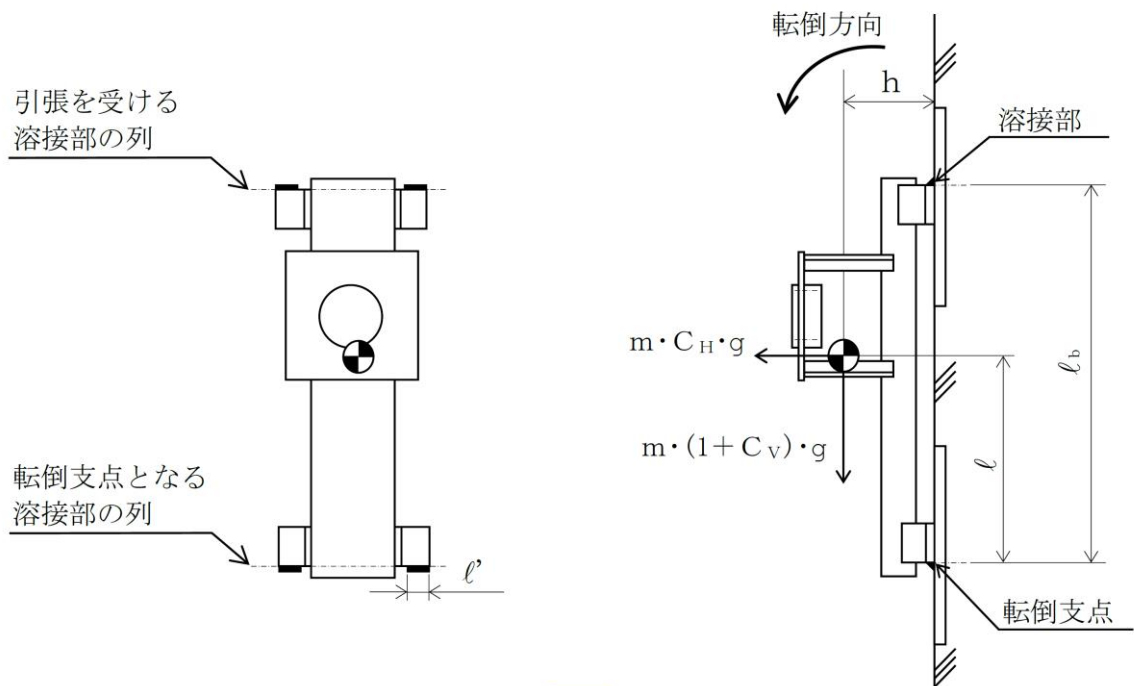


図5-2 計算モデル（前後方向転倒の場合）

## (1) 引張力により発生するせん断応力

溶接部に対する引張力は、図5-1及び図5-2で溶接部を支点とする転倒を考え、これを片側の溶接部で受けるものとして計算する。

引張力

左右方向転倒の場合の引張力

$$F_{w1} = m \cdot g \cdot \left( \frac{C_H \cdot h}{n_{fH} \cdot \ell_a} + \frac{(1 + C_V) \cdot h}{n_{fV} \cdot \ell_b} \right) \dots\dots\dots (5.4.1.1)$$

前後方向転倒の場合の引張力

$$F_{w2} = m \cdot g \cdot \left( \frac{C_H \cdot \ell + (1 + C_V) \cdot h}{n_{fV} \cdot \ell_b} \right) \dots\dots\dots (5.4.1.2)$$

$$F_w = \text{Max} (F_{w1}, F_{w2}) \dots\dots\dots (5.4.1.3)$$

引張力により発生するせん断応力

$$\sigma_w = \frac{F_w}{A_w} \dots\dots\dots (5.4.1.4)$$

ここで、溶接部の有効断面積  $A_w$  は次式により求める。

$$A_w = a \cdot \ell \dots\dots\dots (5.4.1.5)$$

ただし溶接部の有効のど厚  $a$  は次式により求める。

$$a = 0.7 \cdot s \dots\dots\dots (5.4.1.6)$$

(2) せん断力により発生するせん断応力

溶接部に対するせん断力は、溶接部全数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{w1} = m \cdot C_H \cdot g \dots\dots\dots (5.4.1.7)$$

$$Q_{w2} = m \cdot (1 + C_V) \cdot g \dots\dots\dots (5.4.1.8)$$

$$Q_w = \sqrt{(Q_{w1})^2 + (Q_{w2})^2} \dots\dots\dots (5.4.1.9)$$

せん断力により発生するせん断応力

$$\tau_w = \frac{Q_w}{n_w \cdot A_w} \dots\dots\dots (5.4.1.10)$$

(3) せん断応力

溶接部に対するせん断応力は、各せん断応力を足し合わせたものとして計算する。

$$\sigma = \sqrt{(\sigma_w)^2 + (\tau_w)^2} \dots\dots\dots (5.4.1.11)$$

### 5.5 計算条件

溶接部の応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【差圧計（U85-DPI004）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

5.4.1項で求めた溶接部に発生するせん断応力は、許容応力  $f_{sm}$  以下であること。ただし、 $f_{sm}$  は下表による。

	基準地震動 $S_s$ による 荷重との組合せの場合
許容せん断応力 $f_{sm}$	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

6. 機能維持評価

6.1 電氣的機能維持評価方法


差圧計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。

差圧計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
差圧計 (U85-DPI004)	水平	
	鉛直	

## 7. 評価結果

### 7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

差圧計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、電気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

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。



【差圧計 (U85-DPI004) 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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		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	
差圧計 (U85-DPI004)	常設/その他	緊急時対策所 EL 50.25 (EL 56.6 <sup>*1</sup> )	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C <sub>H</sub> =2.90 <sup>*2</sup>	C <sub>V</sub> =1.41 <sup>*2</sup>	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<sub>s</sub>)

1.2 機器要目

部材	m (kg)	h (mm)	s (mm)	a (mm)	ℓ' (mm)	A <sub>w</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>w</sub>	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)
溶接部		172	5	3.5	30	105.0	4	241 (厚さ ≤ 16mm)	394 (厚さ ≤ 16mm)

部材	ℓ* (mm)	ℓ <sub>a</sub> * (mm)	ℓ <sub>b</sub> * (mm)	n <sub>fH</sub> *	n <sub>fV</sub> *	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
溶接部	653	170	1190	2	2	—	276	—	左右方向
	653	170	1190	2	2				

注記\*: 溶接部の機器要目における上段は左右方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は前後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 溶接部に作用する力

(単位：N)

部材	F <sub>w</sub>		Q <sub>w</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
溶接部	—	434.6	—	998.4

1.4 結論

1.4.1 溶接部の応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
溶接部	SS400	せん断	—	—	$\sigma = 5$	$f_{sm} = 159$

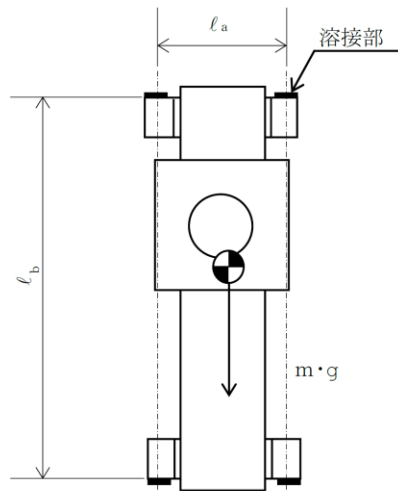
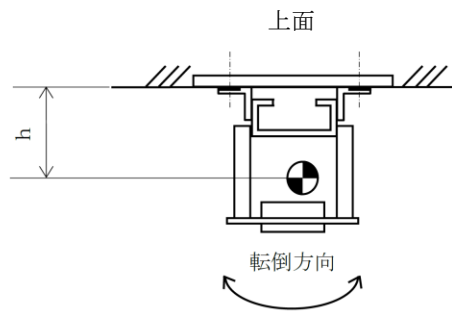
すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

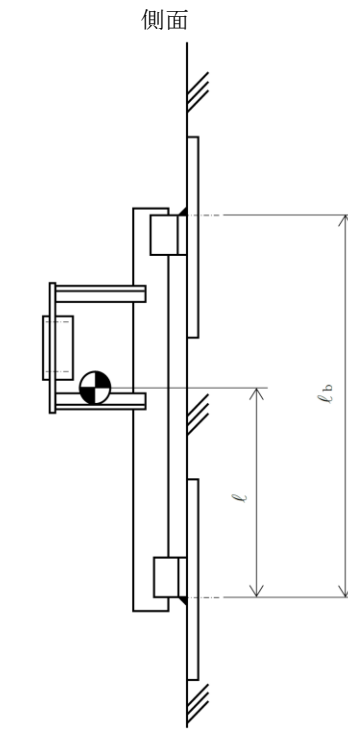
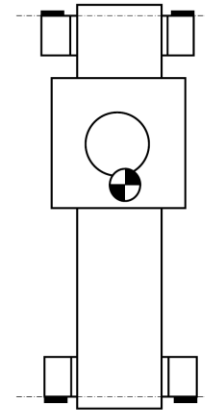
( $\times 9.8m/s^2$ )

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
差圧計 (U85-DPI004)	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<sub>s</sub>）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。



(左右方向)



(前後方向)

VI-2-8-4 生体遮蔽装置の耐震性についての計算書

VI-2-8-4-1 原子炉二次遮蔽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-2-9-3-1「原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の耐震性についての計算書」による。

## VI-2-8-4-2 補助遮蔽の耐震性についての計算書

本計算書の評価結果のうち、補助遮蔽（原子炉建物）については、VI-2-9-3-1「原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の耐震性についての計算書」、補助遮蔽（制御室建物）については、VI-2-8-4-3「中央制御室遮蔽（1，2号機共用）の耐震性についての計算書」による。



VI-2-8-4-3 中央制御室遮蔽（1，2号機共用）の耐震性  
についての計算書

## 目 次

1. 概要	1
2. 基本方針（中央制御室遮蔽及び補助遮蔽（制御室建物））	2
2.1 位置	2
2.2 構造概要	3
2.3 評価方針	9
2.4 適用規格・基準等	12
3. 地震応答解析による評価方法（中央制御室遮蔽及び補助遮蔽（制御室建物））	13
4. 応力解析による評価方法（中央制御室遮蔽及び補助遮蔽（制御室建物））	15
4.1 評価対象部位及び評価方針	15
4.1.1 天井スラブ	15
4.1.2 床スラブ	17
4.1.3 耐震壁	20
4.2 荷重及び荷重の組合せ	22
4.2.1 天井スラブ	22
4.2.2 床スラブ	23
4.2.3 耐震壁	24
4.3 許容限界	29
4.4 解析モデル及び諸元	33
4.4.1 天井スラブ	33
4.4.2 床スラブ	38
4.4.3 耐震壁	39
4.5 応力評価方法	40
4.5.1 天井スラブ	40
4.5.2 床スラブ	46
4.5.3 耐震壁	49
4.6 断面の評価方法	54
4.6.1 天井スラブ	54
4.6.2 床スラブ	56
4.6.3 耐震壁	58
5. 評価結果（中央制御室遮蔽及び補助遮蔽（制御室建物））	60
5.1 地震応答解析による評価結果	60
5.2 応力解析による評価結果	63
5.2.1 天井スラブの評価結果	63
5.2.2 床スラブの評価結果	66
5.2.3 耐震壁の評価結果	67

6.	基本方針（中央制御室バウンダリ）	69
6.1	位置	69
6.2	構造概要	70
6.3	評価方針	73
6.4	適用規格・基準等	75
7.	地震応答解析による評価方法（中央制御室バウンダリ）	76
8.	応力解析による評価方法（中央制御室バウンダリ）	78
8.1	評価対象部位及び評価方針	78
8.1.1	S s 地震時に対する評価	78
8.2	荷重及び荷重の組合せ	82
8.2.1	荷重	82
8.2.2	荷重の組合せ	82
8.3	許容限界	83
8.4	解析モデル及び諸元	85
8.4.1	制御室建物の天井スラブ	85
8.4.2	廃棄物処理建物の天井スラブ並びに制御室建物及び廃棄物処理建物の床スラブ	85
8.5	応力評価方法	86
8.5.1	制御室建物の天井スラブ	86
8.5.2	廃棄物処理建物の天井スラブ並びに制御室建物及び廃棄物処理建物の床スラブ	87
8.6	断面の評価方法	91
8.6.1	制御室建物の天井スラブ	91
8.6.2	廃棄物処理建物の天井スラブ並びに制御室建物及び廃棄物処理建物の床スラブ	93
9.	評価結果（中央制御室バウンダリ）	95
9.1	地震応答解析による評価結果	95
9.2	応力解析による評価結果	101
9.2.1	制御室建物の天井スラブの評価結果	101
9.2.2	廃棄物処理建物の天井スラブ並びに制御室建物及び廃棄物処理建物の床スラブの評価結果	104
10.	引用文献	108

別紙 1 中央制御室の気密性に関する計算書

## 1. 概要

本資料は、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」第 38 条において設置することが要求されている中央制御室について、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、中央制御室遮蔽の地震時の構造強度及び機能維持の確認について説明するものである。また、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、制御室建物のうち、補助遮蔽（制御室建物）の地震時の構造強度及び機能維持の確認についても説明する。それらの評価は、地震応答解析による評価及び応力解析による評価により行う。

なお、中央制御室は、VI-1-7-3「中央制御室の居住性に関する説明書」において、「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」第 38 条及び第 74 条並びにそれらの「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈」に基づく居住性の評価を行っており、中央制御室空調換気系の処理対象となるバウンダリ（以下「中央制御室バウンダリ」という。）を定めている。

以下、中央制御室のうち構造強度及び遮蔽性が要求される範囲（以下「中央制御室遮蔽」という。）、補助遮蔽（制御室建物）及び中央制御室バウンダリの耐震評価をそれぞれ示す。

## 2. 基本方針（中央制御室遮蔽及び補助遮蔽（制御室建物））

中央制御室遮蔽は設計基準対象施設においては「Sクラスの施設」に、重大事故等対処施設においては「常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備」に分類される。また、制御室建物を構成する壁の一部は、制御室建物の補助遮蔽（制御室建物）に該当し、その補助遮蔽（制御室建物）は重大事故等対処施設においては「常設耐震重要重大事故防止設備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、それぞれの分類に応じた中央制御室遮蔽及び補助遮蔽（制御室建物）としての耐震評価を示す。

### 2.1 位置

中央制御室遮蔽及び補助遮蔽（制御室建物）は、制御室建物の一部を構成している。中央制御室遮蔽及び補助遮蔽（制御室建物）を含む制御室建物の設置位置を図 2-1 に示す。

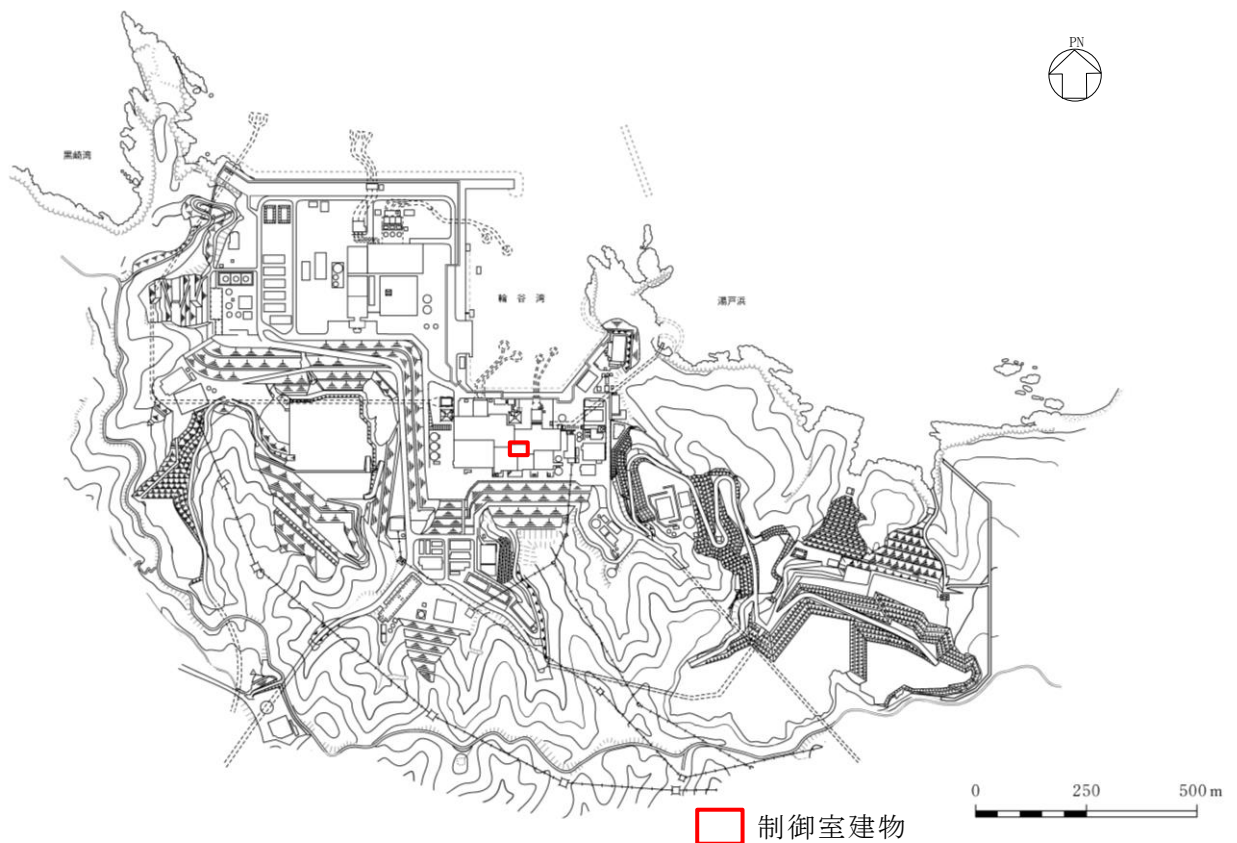


図 2-1 中央制御室遮蔽及び補助遮蔽（制御室建物）を含む制御室建物の設置位置

## 2.2 構造概要

制御室建物は、4階建の鉄筋コンクリート造の建物である。

制御室建物の平面寸法は、 $22.0\text{m}^{*1}$  (N S)  $\times$   $37.0\text{m}^{*1}$  (E W) である。基礎スラブ底面からの高さは  $21.95\text{m}$  である。また、制御室建物は隣接する他の建物と構造的に分離している。

制御室建物の基礎は厚さ  $1.5\text{m}$  のべた基礎で、岩盤に直接設置している。

建物に加わる地震時の水平力はすべて耐震壁に負担させている。

中央制御室は  $\text{EL } 16.9\text{m}^{*2}$  ~  $\text{EL } 22.05\text{m}$  に位置する。平面規模は、 $22.0\text{m}$  (N S)  $\times$   $37.0\text{m}$  (E W) である。中央制御室遮蔽は、中央制御室を取り囲む壁、天井スラブ及び床スラブで構成されており、壁の厚さは  $\square\text{cm}$ 、天井スラブ及び床スラブの厚さは  $\square\text{cm}$  ~  $\square\text{cm}$  である。また、補助遮蔽(制御室建物)は、制御室建物の壁の一部で構成されており、壁の厚さは  $\square\text{cm}$  ~  $\square\text{cm}^{*3}$  である。

中央制御室遮蔽及び補助遮蔽(制御室建物)の概略平面図及び概略断面図を図 2-2 及び図 2-3 に示す。

注記\*1: 建物寸法は壁外面寸法とする。

\*2: 「EL」は東京湾平均海面(T.P.)を基準としたレベルを示す。

\*3: 「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」に分類される壁の厚さを示す。



図 2-2(1) 中央制御室遮蔽及び補助遮蔽（制御室建物）の概略平面図（EL 22.05m）

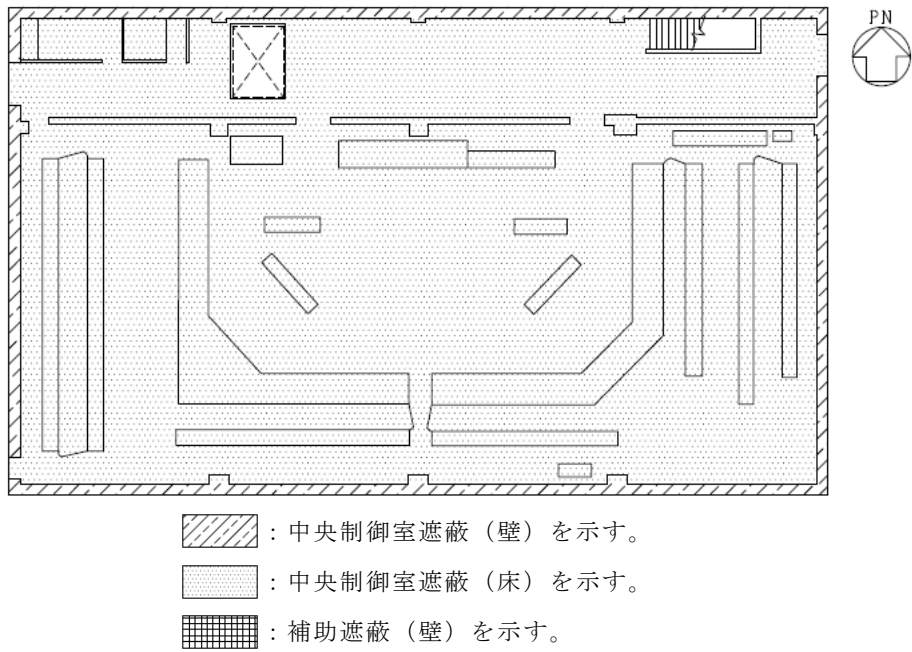


図 2-2(2) 中央制御室遮蔽及び補助遮蔽（制御室建物）の概略平面図（EL 16.9m）

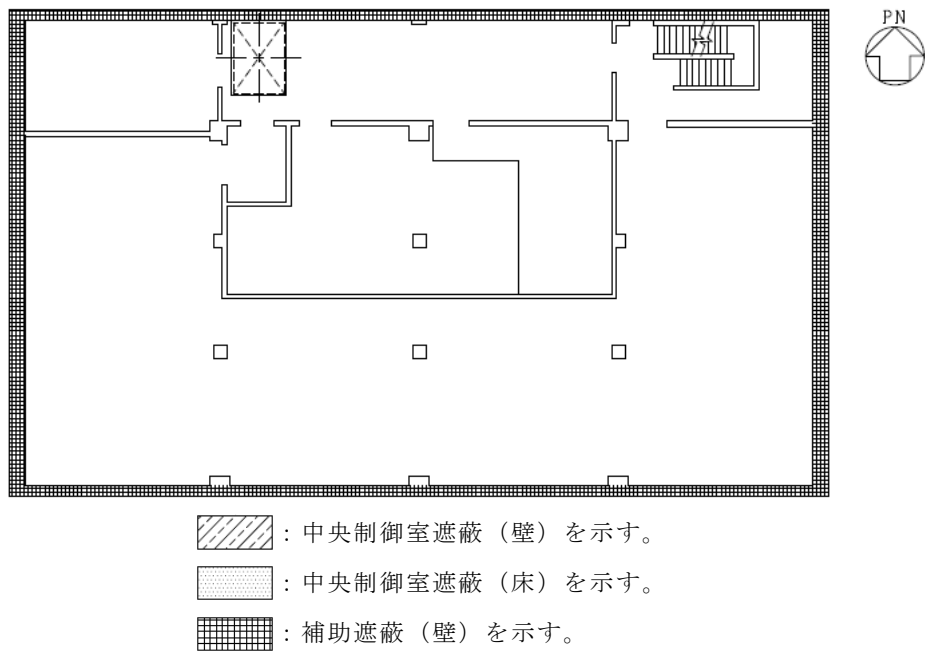


図 2-2(3) 中央制御室遮蔽及び補助遮蔽（制御室建物）の概略平面図（EL 12.8m）

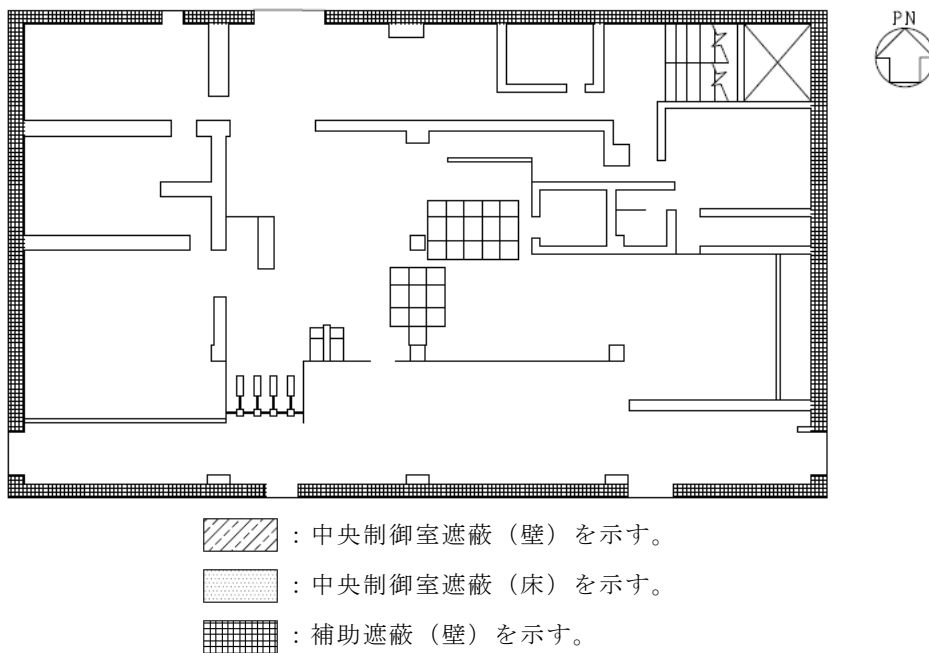


図 2-2(4) 中央制御室遮蔽及び補助遮蔽（制御室建物）の概略平面図（EL 8.8m）



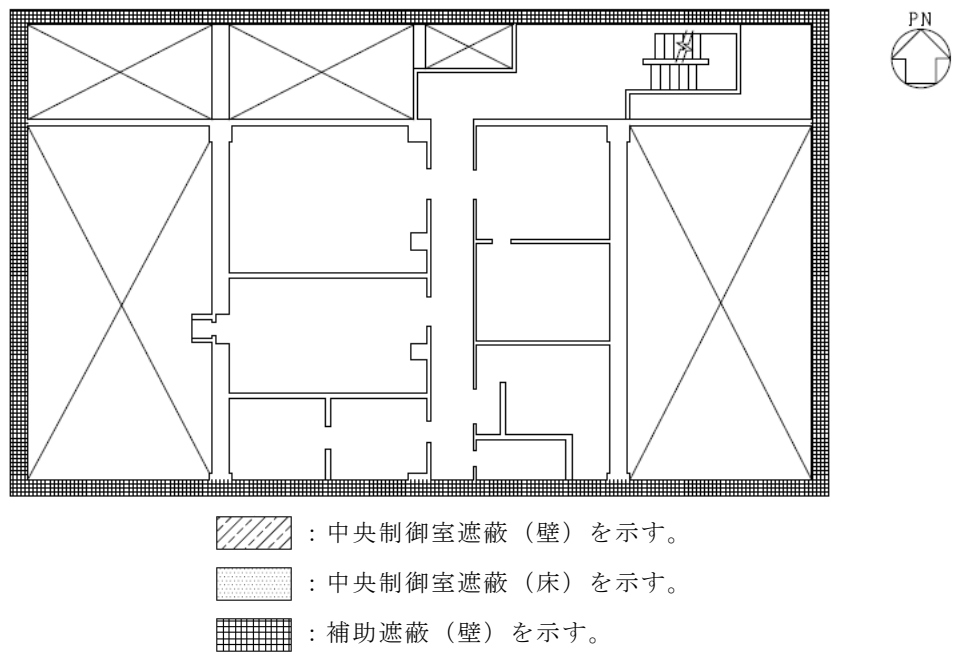


図 2-2(5) 中央制御室遮蔽及び補助遮蔽（制御室建物）の概略平面図（EL 5.3m）

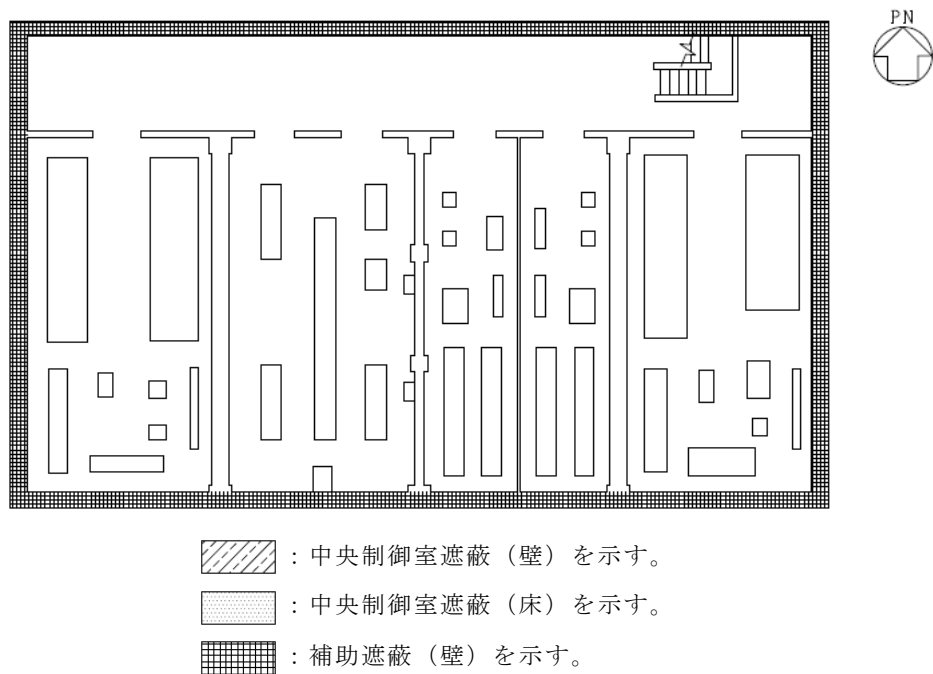


図 2-2(6) 中央制御室遮蔽及び補助遮蔽（制御室建物）の概略平面図（EL 1.6m）

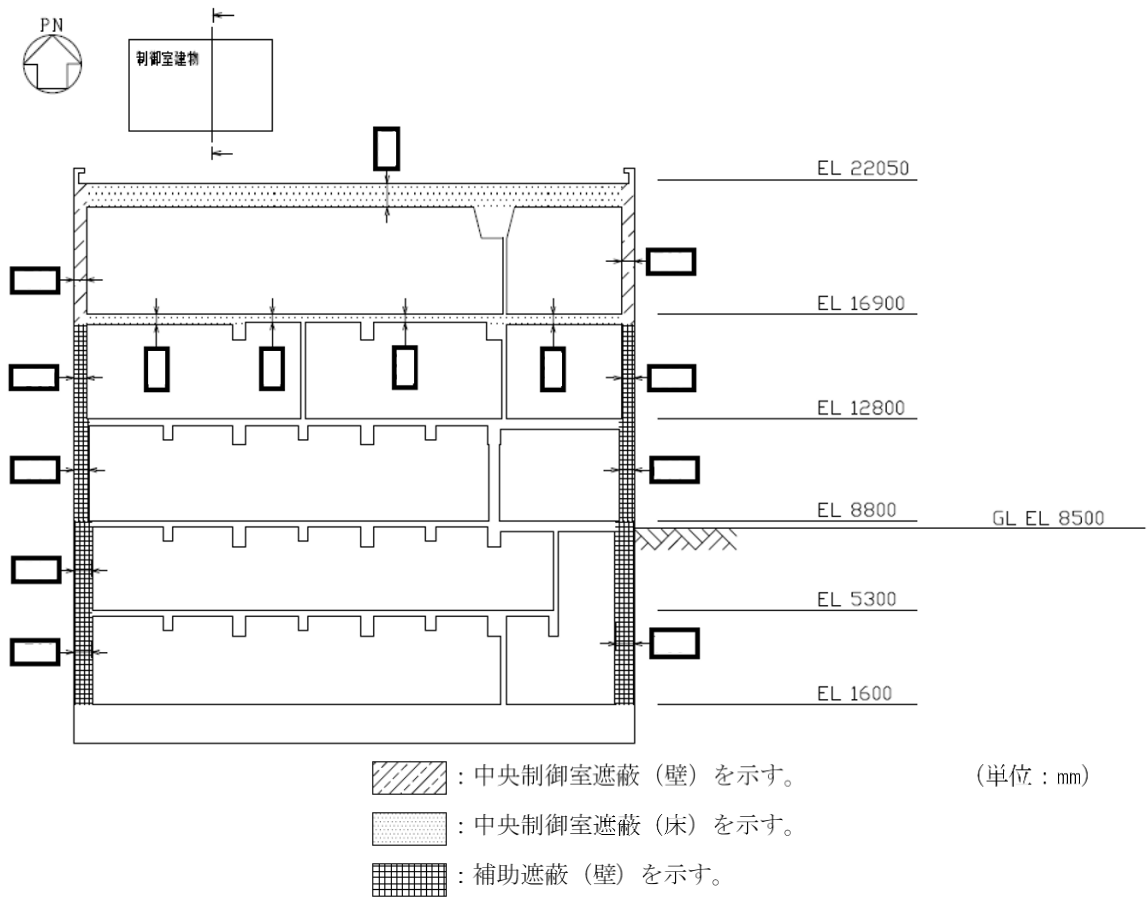


図 2-3(1) 中央制御室遮蔽及び補助遮蔽（制御室建物）の概略断面図（N S 方向）

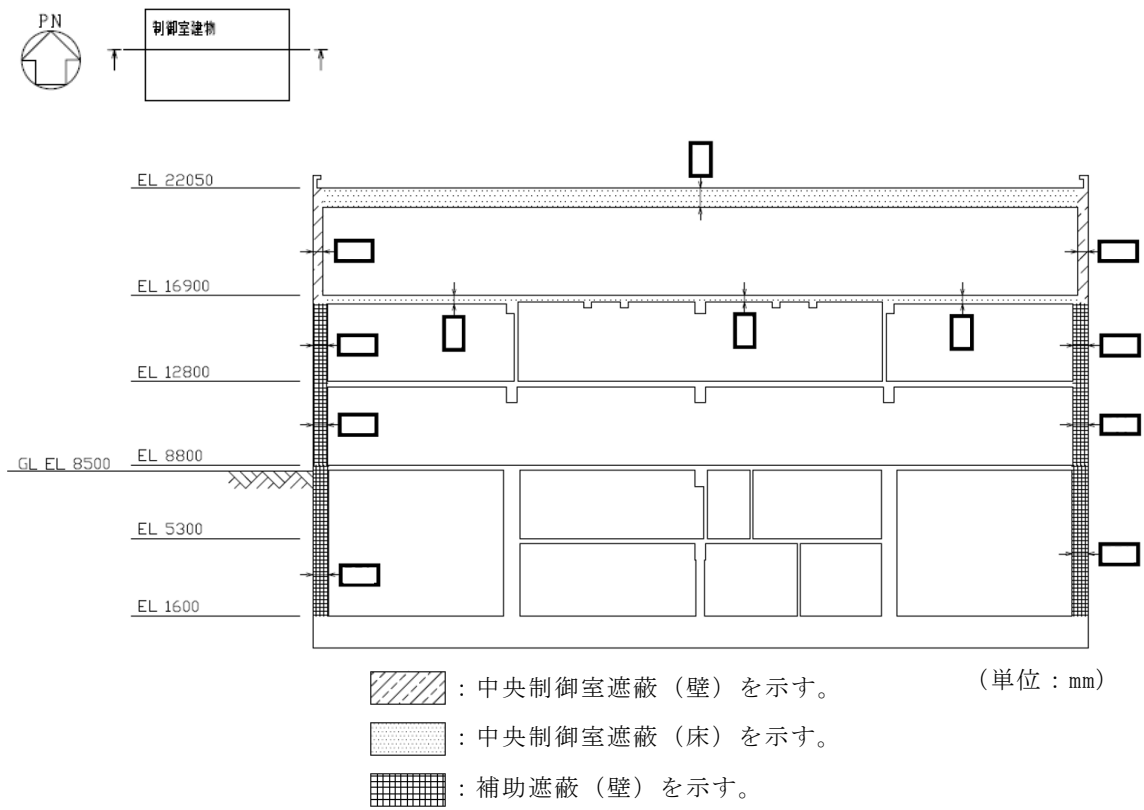


図 2-3(2) 中央制御室遮蔽及び補助遮蔽（制御室建物）の概略断面図（E W方向）

### 2.3 評価方針

中央制御室遮蔽は、設計基準対象施設においては「Sクラスの施設」に、重大事故等対処施設においては「常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備」に分類される。また、補助遮蔽（制御室建物）は、重大事故等対処施設においては「常設耐震重要重大事故防止設備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。

中央制御室遮蔽は、中央制御室を取り囲む耐震壁、天井スラブ及び床スラブで構成されており、設計基準対象施設としての評価においては、弾性設計用地震動 $S_d$ による地震力又は静的地震力のいずれか大きい方の地震力に対する評価（以下「 $S_d$ 地震時に対する評価」という。）、基準地震動 $S_s$ による地震力に対する評価（以下「 $S_s$ 地震時に対する評価」という。）及び保有水平耐力の評価を行う。

中央制御室遮蔽の評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、地震応答解析による評価においては耐震壁についてせん断ひずみ及び保有水平耐力の評価を、応力解析による評価においては耐震壁、天井スラブ及び床スラブについて断面の評価を行うことで、地震時の構造強度及び機能維持の確認を行う。

それぞれの評価は、VI-2-2-5「制御室建物の地震応答計算書」の結果を踏まえたものとする。評価にあたっては材料物性の不確かさを考慮する。表 2-1 に材料物性の不確かさを考慮する解析ケースを示す。

なお、中央制御室遮蔽の地震時の構造強度及び機能維持の確認には、地震応答解析による評価において保有水平耐力の評価及び支持機能の確認が必要であるが、中央制御室遮蔽が制御室建物の一部であることを踏まえ、中央制御室遮蔽を含む制御室建物全体としての評価結果をVI-2-2-6「制御室建物の耐震性についての計算書」に示す。

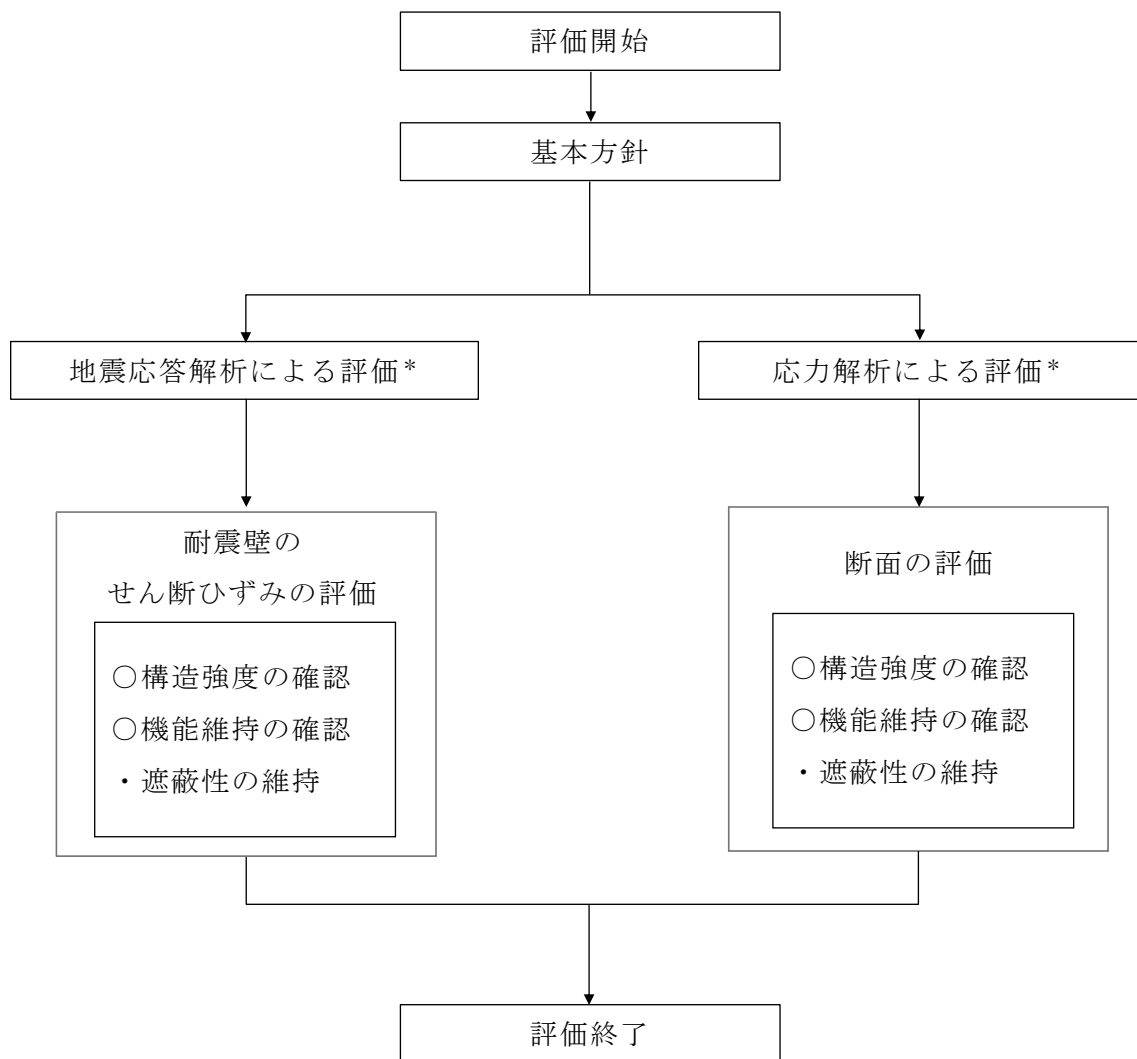
また、中央制御室遮蔽及び補助遮蔽（制御室建物）の重大事故等対処施設としての評価においては、 $S_s$ 地震時に対する評価及び保有水平耐力の評価を行う。ここで、制御室建物では、運転時、設計基準事故時及び重大事故等時の状態において、圧力、温度等の条件について有意な差異がないことから、重大事故等対処施設としての評価は、設計基準対象施設としての評価と同一となる。

中央制御室遮蔽及び補助遮蔽（制御室建物）の評価フローを図 2-4 に示す。

表 2-1 材料物性の不確かさを考慮する解析ケース

検討ケース	コンクリート 剛性	地盤物性	備考
ケース 1 (工認モデル)	設計基準強度	標準地盤	基本ケース
ケース 2 (地盤物性 + $\sigma$ )	設計基準強度	標準地盤 + $\sigma$ (+10%, +20%) *	
ケース 3 (地盤物性 - $\sigma$ )	設計基準強度	標準地盤 - $\sigma$ (-10%, -20%) *	
ケース 4 (積雪)	設計基準強度	標準地盤	積雪荷重との 組合せを考慮

注記\* : VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき、地盤のS波速度 $V_s$ 及びP波速度 $V_p$ の不確かさを設定する。



注記\*：VI-2-2-5「制御室建物の地震応答計算書」の結果を踏まえた評価を行う。

図 2-4 中央制御室遮蔽及び補助遮蔽（制御室建物）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。

- ・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 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 -1991 追補版 ((社) 日本電気協会)
- ・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)
- ・2015 年版 建築物の構造関係技術基準解説書 (国土交通省国土技術政策総合研究所・国立研究開発法人建築研究所)
- ・発電用原子力設備規格 コンクリート製原子炉格納容器規格 ((社) 日本機械学会, 2003)

### 3. 地震応答解析による評価方法（中央制御室遮蔽及び補助遮蔽（制御室建物））

中央制御室遮蔽及び補助遮蔽（制御室建物）の構造強度についてはVI-2-2-5「制御室建物の地震応答計算書」による結果に基づき、材料物性の不確かさを考慮した最大応答せん断ひずみが許容限界を超えないことを確認する。

また、遮蔽性の維持については、VI-2-2-5「制御室建物の地震応答計算書」による結果に基づき、材料物性の不確かさを考慮した耐震壁の最大応答せん断ひずみが許容限界を超えないことを確認する。

地震応答解析による評価における中央制御室遮蔽及び補助遮蔽（制御室建物）の許容限界は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、表3-1及び表3-2のとおり設定する。

表3-1 地震応答解析による評価における許容限界  
(設計基準対象施設としての評価)

要求機能	機能設計上の性能目標	地震力	部位	機能維持のための考え方	許容限界(評価基準値)
—	構造強度を有すること	基準地震動 S <sub>s</sub>	耐震壁*	最大応答せん断ひずみ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	せん断ひずみ 2.0×10 <sup>-3</sup>
遮蔽性	遮蔽体の損傷により遮蔽性を損なわないこと	基準地震動 S <sub>s</sub>	耐震壁* (中央制御室遮蔽)	最大応答せん断ひずみが遮蔽性を維持するための許容限界を超えないことを確認	せん断ひずみ 2.0×10 <sup>-3</sup>

注記\*：建物全体としては、耐震壁で地震力を全て負担する構造となっており、剛性の高い耐震壁の変形に追従する柱、はり、間仕切壁等の部材の層間変形は十分小さいこと、また、全体に剛性の高い構造となっており複数の耐震壁間の相対変形が小さく床スラブの変形が抑えられることから、各層の耐震壁の最大応答せん断ひずみが許容限界を満足していれば、建物・構築物に要求される機能は維持される。



表 3-2 地震応答解析による評価における許容限界  
(重大事故等対処施設としての評価)

要求機能	機能設計上の性能目標	地震力	部位	機能維持のための考え方	許容限界(評価基準値)
—	構造強度を有すること	基準地震動 S <sub>s</sub>	耐震壁*	最大応答せん断ひずみ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	せん断ひずみ 2.0×10 <sup>-3</sup>
遮蔽性	遮蔽体の損傷により遮蔽性を損なわないこと	基準地震動 S <sub>s</sub>	耐震壁* (中央制御室遮蔽及び補助遮蔽(制御室建物))	最大応答せん断ひずみが遮蔽性を維持するための許容限界を超えないことを確認	せん断ひずみ 2.0×10 <sup>-3</sup>

注記\*：建物全体としては、耐震壁で地震力を全て負担する構造となっており、剛性の高い耐震壁の変形に追従する柱、はり、間仕切壁等の部材の層間変形は十分小さいこと、また、全体に剛性の高い構造となっており複数の耐震壁間の相対変形が小さく床スラブの変形が抑えられることから、各層の耐震壁の最大応答せん断ひずみが許容限界を満足していれば、建物・構築物に要求される機能は維持される。

#### 4. 応力解析による評価方法（中央制御室遮蔽及び補助遮蔽（制御室建物））

##### 4.1 評価対象部位及び評価方針

中央制御室遮蔽及び補助遮蔽（制御室建物）の応力解析による評価対象部位は、中央制御室遮蔽を構成する天井スラブ及び床スラブ並びに中央制御室遮蔽及び補助遮蔽（制御室建物）を構成する耐震壁とし、3次元FEMモデルを用いた弾塑性応力解析又は弾性応力解析により評価を行う。評価にあたっては、VI-2-2-5「制御室建物の地震応答計算書」による結果を用いて、荷重の組合せを行う。

##### 4.1.1 天井スラブ

###### (1) S<sub>d</sub>地震時に対する評価

天井スラブのS<sub>d</sub>地震時に対する評価は3次元FEMモデルを用いた弾塑性応力解析とし、材料物性の不確かさを考慮した弾性設計用地震動S<sub>d</sub>による鉛直方向の地震力と地震力以外の荷重の組合せの結果、発生する応力が「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。）に基づき設定した許容限界を超えないことを確認する。

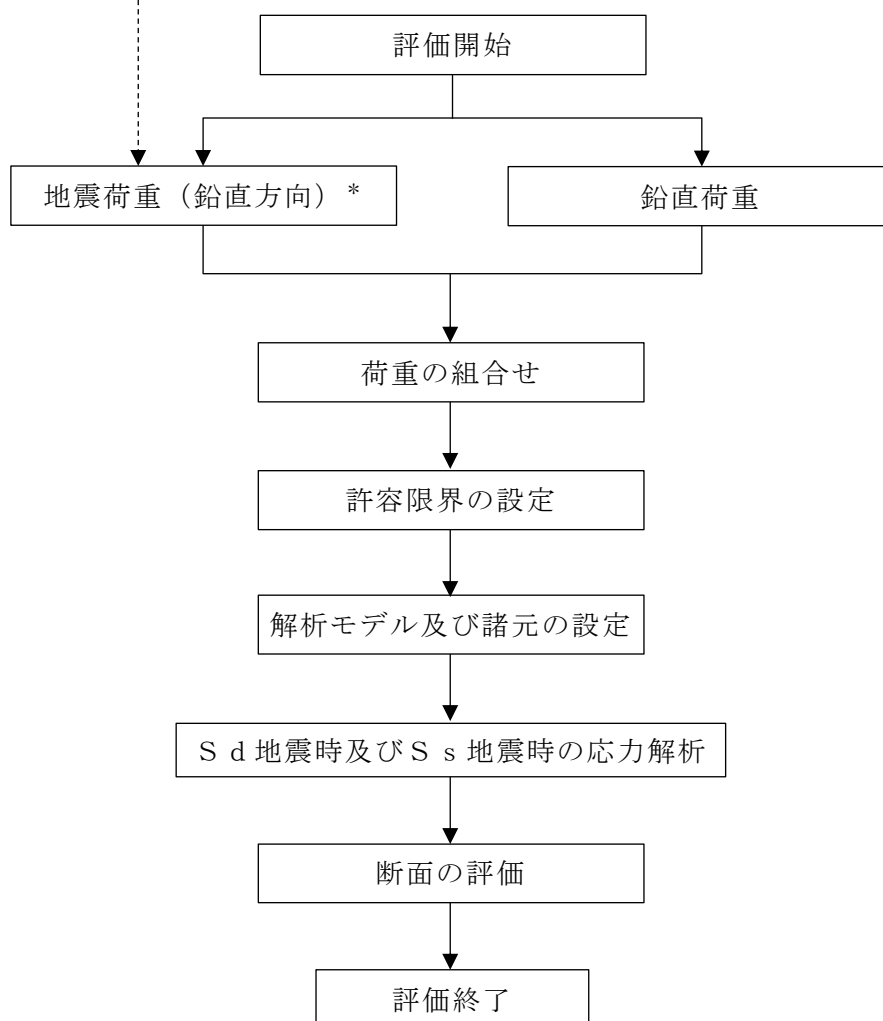
###### (2) S<sub>s</sub>地震時に対する評価

天井スラブのS<sub>s</sub>地震時に対する評価は3次元FEMモデルを用いた弾塑性応力解析とし、材料物性の不確かさを考慮した基準地震動S<sub>s</sub>による鉛直方向の地震力と地震力以外の荷重の組合せの結果、発生する応力又はひずみが、「発電用原子力設備規格 コンクリート製原子炉格納容器規格（（社）日本機械学会，2003）」（以下「CCV規格」という。）又は「RC-N規準」に基づき設定した許容限界を超えないことを確認する。

応力解析による評価フローを図4-1に示す。

なお、水平方向の地震荷重に対する評価は、建物全体が剛性の高い構造となっており、耐震壁間での相対変形が小さく、スラブの面内変形が抑えられることから、地震応答解析による評価に含まれる。

VI-2-2-5「制御室建物の地震応答計算書」



注記\*：材料物性の不確かさを考慮する。

図 4-1 天井スラブの応力解析による評価フロー

#### 4.1.2 床スラブ

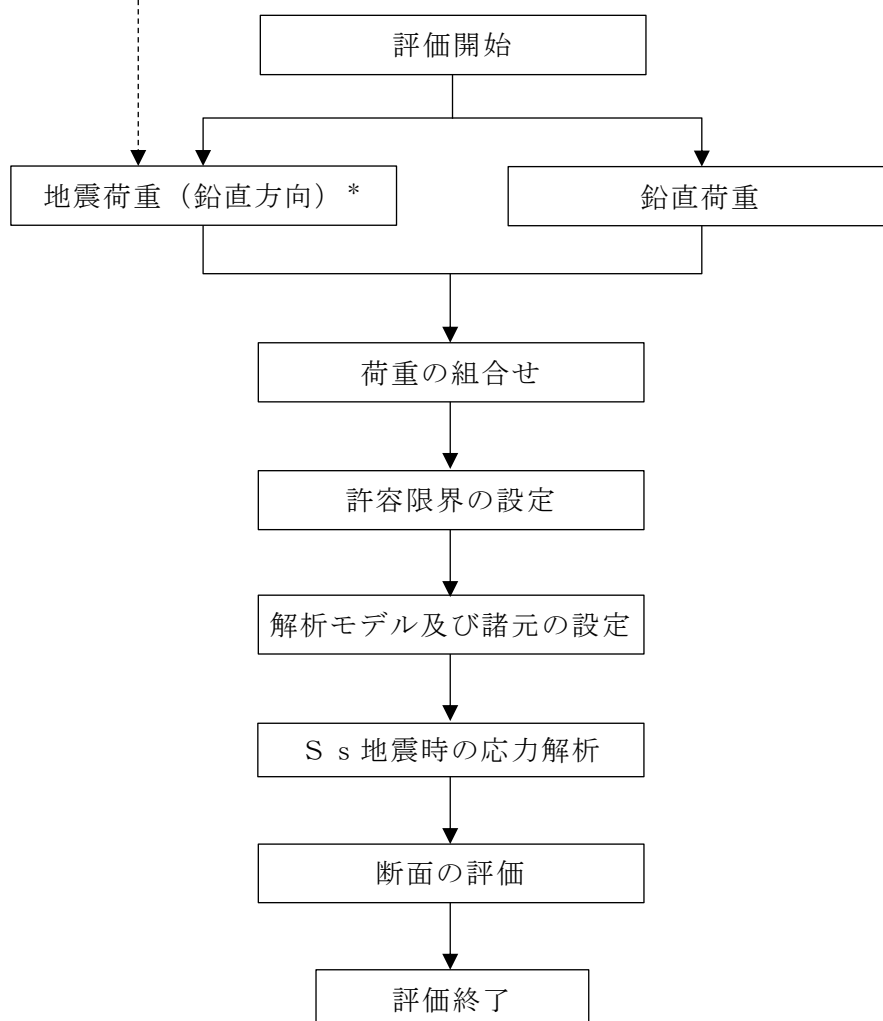
床スラブの $S_s$ 地震時に対する評価は弾性応力解析とし、材料物性の不確かさを考慮した基準地震動 $S_s$ による鉛直方向の地震力と地震力以外の荷重の組合せの結果により発生する応力が、「RC-N規準」に基づき設定した許容限界を超えないことを確認する。 $S_d$ 地震時に対する評価については、上記のとおり基準地震動 $S_s$ で短期評価とするため検討を省略する。

床スラブの評価については、各断面についてスラブの検定値が最も大きい部材を選定して示す。

応力解析による評価フローを図4-2に、選定した部材を図4-3に示す。

なお、水平方向の地震荷重に対する評価は、建物全体が剛性の高い構造となっており、耐震壁間での相対変形が小さく、スラブの面内変形が抑えられることから、地震応答解析による評価に含まれる。

VI-2-2-5「制御室建物の地震応答計算書」



注記\*：材料物性の不確かさを考慮する。

図 4-2 床スラブの応力解析による評価フロー

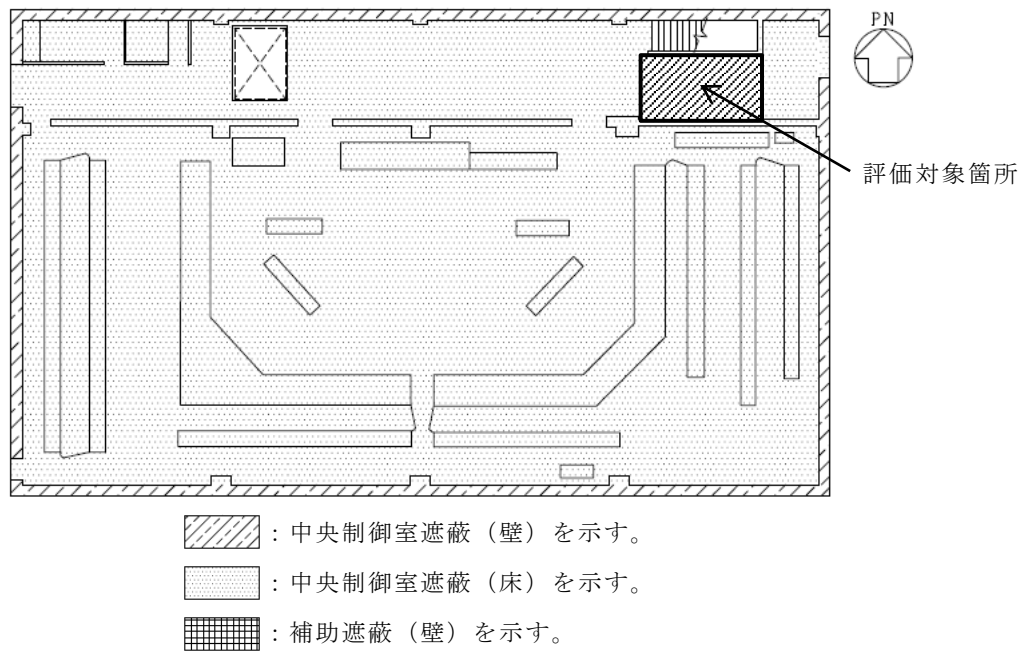


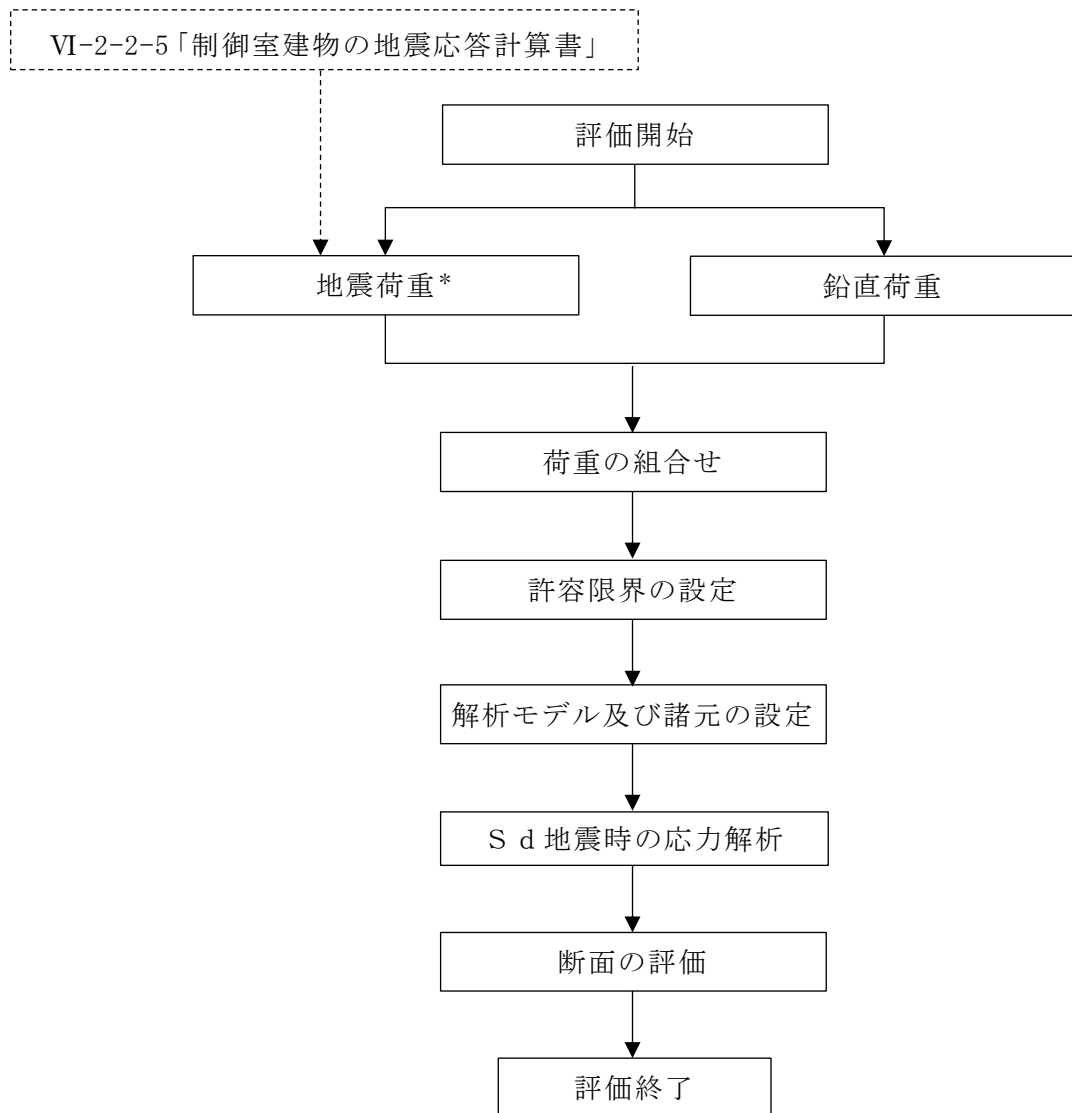
図 4-3 床スラブの評価を記載する部材の位置 (EL 16.9m)

#### 4.1.3 耐震壁

##### (1) S d 地震時に対する評価

S d 地震時に対する評価は、材料物性の不確かさを考慮した弾性設計用地震動 S d による地震力と地震力以外の荷重の組合せの結果により発生する応力が、「R C-N 規準」に基づき設定した許容限界を超えないことを確認する。評価については、耐震壁の検定値が最も大きい部材を選定して示す。

応力解析による評価フローを図 4-4 に、選定した部材を図 4-5 に示す。



注記\*：材料物性の不確かさを考慮する。

図 4-4 耐震壁の応力解析による評価フロー

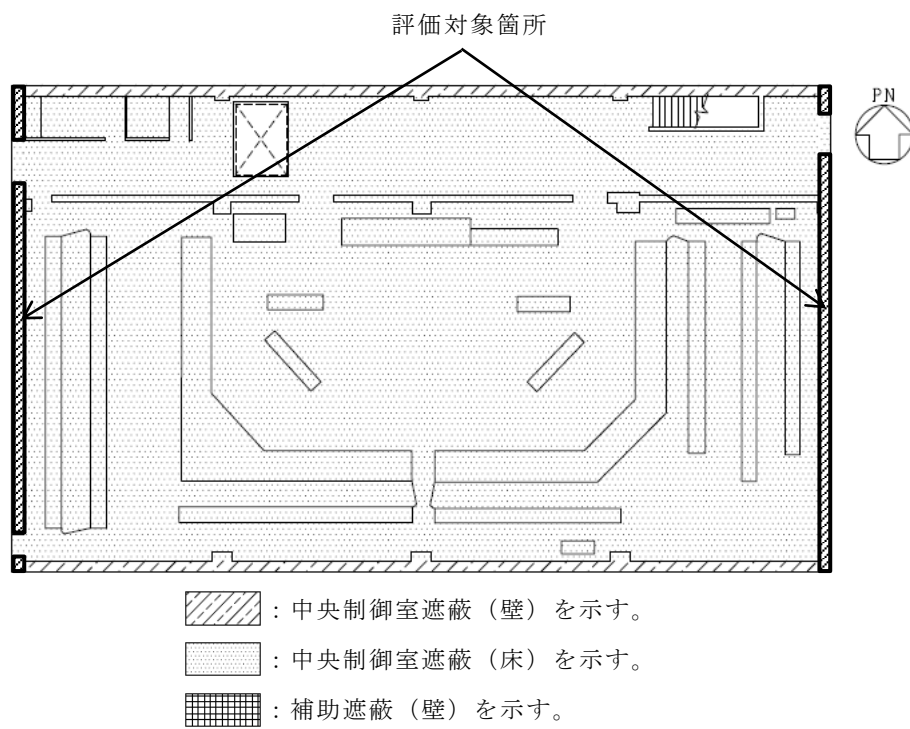


図 4-5 耐震壁の評価を記載する部材の位置 (EL 16.9m)



## 4.2 荷重及び荷重の組合せ

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

### 4.2.1 天井スラブ

#### (1) 荷重

##### a. 鉛直荷重

鉛直荷重として、固定荷重（G）、積載荷重（P）及び積雪荷重（SNL）を考慮する。積雪荷重（SNL）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35.0cmとし、積雪量1cmごとに20N/m<sup>2</sup>の積雪荷重が作用することを考慮し設定する。

##### b. 地震荷重（S<sub>d</sub>、S<sub>s</sub>）

地震荷重（S<sub>d</sub>）は、静的地震力に対する鉛直震度と弾性設計用地震動S<sub>d</sub>に対する質点系モデルの各レベルの応答に基づく鉛直震度を包絡した震度を算定する。また、地震荷重（S<sub>s</sub>）は基準地震動S<sub>s</sub>に対する質点系モデルの各レベルの応答に基づく鉛直震度を算定する。

なお、鉛直震度は材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果を包絡したものとする。

#### (2) 荷重の組合せ

荷重の組合せを表4-1に示す。

表 4-1 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
S <sub>s</sub> 地震時	G + P + SNL + S <sub>s</sub>
S <sub>d</sub> 地震時	G + P + SNL + S <sub>d</sub>

G : 固定荷重

P : 積載荷重

SNL : 積雪荷重

S<sub>s</sub> : 地震荷重（S<sub>s</sub>地震時）

S<sub>d</sub> : 地震荷重（S<sub>d</sub>地震時）

#### 4.2.2 床スラブ

##### (1) 荷重

###### a. 鉛直荷重

鉛直荷重として、固定荷重（G）及び積載荷重（P）を考慮する。

###### b. 地震荷重（ $S_s$ ）

地震荷重（ $S_s$ ）は基準地震動  $S_s$  に対する質点系モデルの各レベルの鉛直方向最大応答加速度より鉛直震度を算定する。

なお、鉛直震度は材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果を包絡したものとする。

##### (2) 荷重の組合せ

荷重の組合せを表4-2に示す。

表 4-2 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
$S_s$ 地震時	$G + P + S_s$

G : 固定荷重

P : 積載荷重

$S_s$  : 地震荷重（ $S_s$  地震時）

#### 4.2.3 耐震壁

##### (1) 荷重

##### a. 鉛直荷重

鉛直荷重として、固定荷重（G）及び積載荷重（P）を考慮する。

##### b. 地震荷重

##### (a) 地震荷重

地震荷重（ $S_d$ ）は、静的地震力と弾性設計用地震動  $S_d$  に対する地震応答解析により算定される動的地震力を包絡した荷重とする。このとき、弾性設計用地震動  $S_d$  に対する地震応答解析より算定される動的地震力は、VI-2-2-5「制御室建物の地震応答計算書」に基づき、材料物性の不確かさを考慮して設定する。

地震荷重を表 4-3～表 4-5 に示す。

表 4-3(1) 地震荷重

(弾性設計用地震動 S d 及び静的地震力によるせん断力, N S 方向)

EL (m)	要素 番号	せん断力 ( $\times 10^4$ kN)		
		Sd	静的	最大値
22.05~16.9	1	3.05	2.17	3.05

注：ハッチングは弾性設計用地震動 S d による動的地震力と静的地震力のうち大きい値を表示。

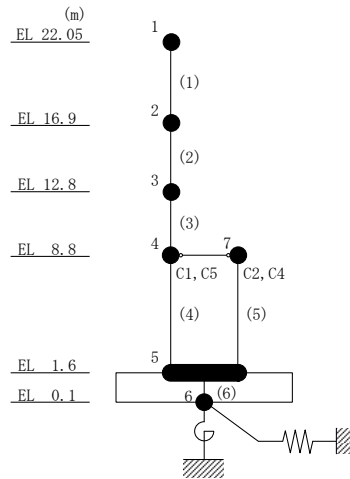


表 4-3(2) 地震荷重

(弾性設計用地震動 S d 及び静的地震力によるせん断力, E W 方向)

EL (m)	要素 番号	せん断力 ( $\times 10^4$ kN)		
		Sd	静的	最大値
22.05~16.9	1	3.31	1.96	3.31

注：ハッチングは弾性設計用地震動 S d による動的地震力と静的地震力のうち大きい値を表示。

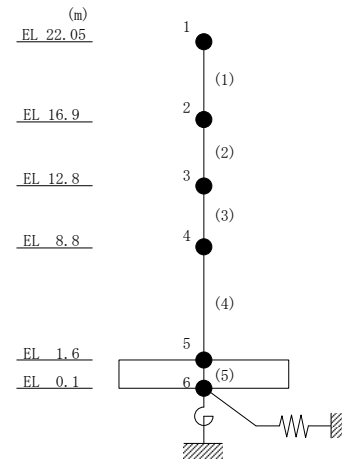


表 4-4(1) 地震荷重

(弾性設計用地震動 S d 及び静的地震力による曲げモーメント, N S 方向)

EL (m)	要素 番号	曲げモーメント ( $\times 10^5$ kN・m)		
		Sd	静的	最大値
22.05~16.9	1	0.00	0.00	—
		1.57	1.12	1.57

注：ハッチングは弾性設計用地震動 S d による動的地震力と静的地震力のうち大きい値を表示。

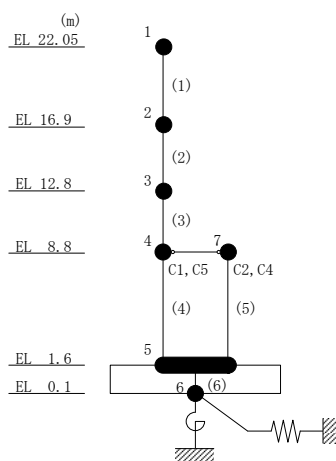


表 4-4(2) 地震荷重

(弾性設計用地震動 S d 及び静的地震力による曲げモーメント, E W 方向)

EL (m)	要素 番号	曲げモーメント ( $\times 10^5$ kN・m)		
		Sd	静的	最大値
22.05~16.9	1	0.00	0.00	—
		1.70	1.01	1.70

注：ハッチングは弾性設計用地震動 S d による動的地震力と静的地震力のうち大きい値を表示。

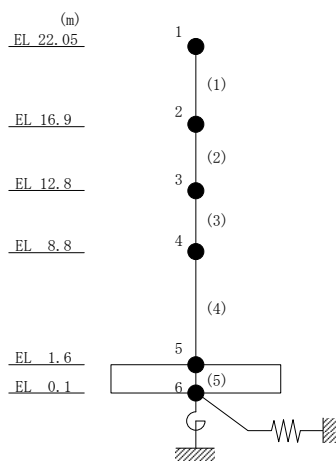
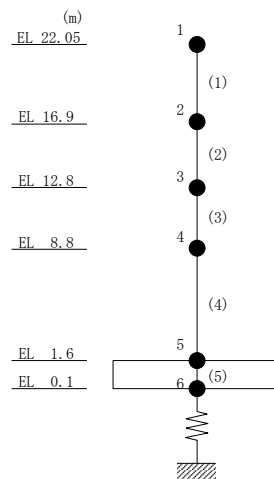


表 4-5 地震荷重

(弾性設計用地震動 S d 及び静的地震力による鉛直震度)

EL (m)	鉛直震度			
	Sd	0.4×Sd	静的	包絡値
22.05~16.9	0.51	0.20	0.24	0.24

注：ハッチングは弾性設計用地震動 S d による動的地震力と静的地震力のうち大きい値を表示。



(b) 地震時土圧

地震時土圧荷重は、「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）」に基づき算出し、常時土圧に地震時増分土圧を加えて算定した地震時土圧を設定する。なお、制御室建物の周囲にはタービン建物，廃棄物処理建物，1号機タービン建物及び1号機廃棄物処理建物が隣接しており，側面地盤と接する外壁はないため，地震時土圧荷重を考慮しない。

(2) 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 4-6 に示す。

表 4-6 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
S d 地震時	G + P + S d

G : 固定荷重

P : 積載荷重

S d : 地震荷重

### 4.3 許容限界

応力解析による評価における中央制御室遮蔽及び補助遮蔽（制御室建物）の許容限界は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に記載の構造強度上の制限及び機能維持の基本方針に基づき、表 4-7 及び表 4-8 のとおり設定する。

また、コンクリート及び鉄筋の許容応力度を表 4-9 及び表 4-10 に、コンクリート及び鉄筋の許容ひずみを表 4-11 に示す。



表 4-7 応力解析による評価における許容限界  
(設計基準対象施設としての評価)

要求機能	機能設計上の性能目標	地震力	部位	機能維持のための考え方	許容限界(評価基準値)
—	構造強度を有すること	基準地震動 $S_s$	中央制御室遮蔽の天井スラブ	部材に生じる応力及びひずみ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	<ul style="list-style-type: none"> <li>ひずみ*<sup>1</sup> コンクリート <math>3.0 \times 10^{-3}</math> (圧縮)</li> <li>鉄筋 <math>5.0 \times 10^{-3}</math> (圧縮及び引張)</li> <li>面外せん断力*<sup>2</sup> 短期許容せん断力*<sup>3</sup></li> </ul>
			中央制御室遮蔽の床スラブ	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* <sup>3</sup>
		弾性設計用地震動 $S_d$ 及び静的地震力	中央制御室遮蔽の天井スラブ及び耐震壁	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
遮蔽性	遮蔽体の損傷により遮蔽性を損わないこと	基準地震動 $S_s$	中央制御室遮蔽の天井スラブ	部材に生じる応力及びひずみが遮蔽性を維持するための許容限界を超えないことを確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>ひずみ*<sup>1</sup> コンクリート <math>3.0 \times 10^{-3}</math> (圧縮)</li> <li>鉄筋 <math>5.0 \times 10^{-3}</math> (圧縮及び引張)</li> <li>面外せん断力*<sup>2</sup> 短期許容せん断力*<sup>3</sup></li> </ul>
			中央制御室遮蔽の床スラブ	部材に生じる応力が遮蔽性を維持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* <sup>3</sup>
		弾性設計用地震動 $S_d$ 及び静的地震力	中央制御室遮蔽の天井スラブ及び耐震壁	部材に生じる応力が遮蔽性を維持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\*1: 「CCV規格」に基づく。

\*2: 「RC-N規準」に基づく。

\*3: 許容限界は終局耐力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 4-8 応力解析による評価における許容限界  
(重大事故等対処施設としての評価)

要求機能	機能設計上の性能目標	地震力	部位	機能維持のための考え方	許容限界 (評価基準値)
—	構造強度を有すること	基準地震動 S s	中央制御室遮蔽の天井スラブ	部材に生じる応力及びひずみ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	<ul style="list-style-type: none"> <li>ひずみ*<sup>1</sup> コンクリート <math>3.0 \times 10^{-3}</math> (圧縮)</li> <li>鉄筋 <math>5.0 \times 10^{-3}</math> (圧縮及び引張)</li> <li>面外せん断力*<sup>2</sup> 短期許容せん断力*<sup>3</sup></li> </ul>
			中央制御室遮蔽の床スラブ	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* <sup>3</sup>
遮蔽性	遮蔽体の損傷により遮蔽性を損なわないこと	基準地震動 S s	中央制御室遮蔽の天井スラブ	部材に生じる応力及びひずみが遮蔽性を維持するための許容限界を超えないことを確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>ひずみ*<sup>1</sup> コンクリート <math>3.0 \times 10^{-3}</math> (圧縮)</li> <li>鉄筋 <math>5.0 \times 10^{-3}</math> (圧縮及び引張)</li> <li>面外せん断力*<sup>2</sup> 短期許容せん断力*<sup>3</sup></li> </ul>
			中央制御室遮蔽の床スラブ	部材に生じる応力が遮蔽性を維持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* <sup>3</sup>

注記\*1: 「CCV規格」に基づく。

\*2: 「RC-N規準」に基づく。

\*3: 許容限界は終局耐力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 4-9 コンクリートの短期許容応力度

(単位：N/mm<sup>2</sup>)

設計基準強度 F <sub>c</sub>	圧縮	せん断
22.1	14.6	1.06

表 4-10 鉄筋の許容応力度

(単位：N/mm<sup>2</sup>)

種別	引張及び 圧縮	せん断
SD35 (SD345 相当)	345	345

表 4-11 コンクリート及び鉄筋の許容ひずみ

コンクリート (圧縮ひずみ)	鉄筋 (圧縮ひずみ及び引張ひずみ)
0.003	0.005

#### 4.4 解析モデル及び諸元

##### 4.4.1 天井スラブ

###### (1) モデル化の基本方針

###### a. 基本方針

天井スラブの応力解析は、3次元FEMモデルを用いた弾塑性応力解析とする。解析には、解析コード「FINAL」を用いる。また、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

応力解析モデルは、天井スラブ及びはりに加えて、EL 22.05m～EL 16.9mの壁及び柱をモデル化する。応力解析における評価対象部位は天井スラブであるが、天井スラブを支持する4階（EL 22.05m～EL 16.9m）の外壁の厚さが天井スラブの厚さに対して薄いため、天井スラブ端部の固定状況を適切に評価するために周辺部を含むモデルを用いる。解析モデルを図4-6に示す。

###### b. 使用要素

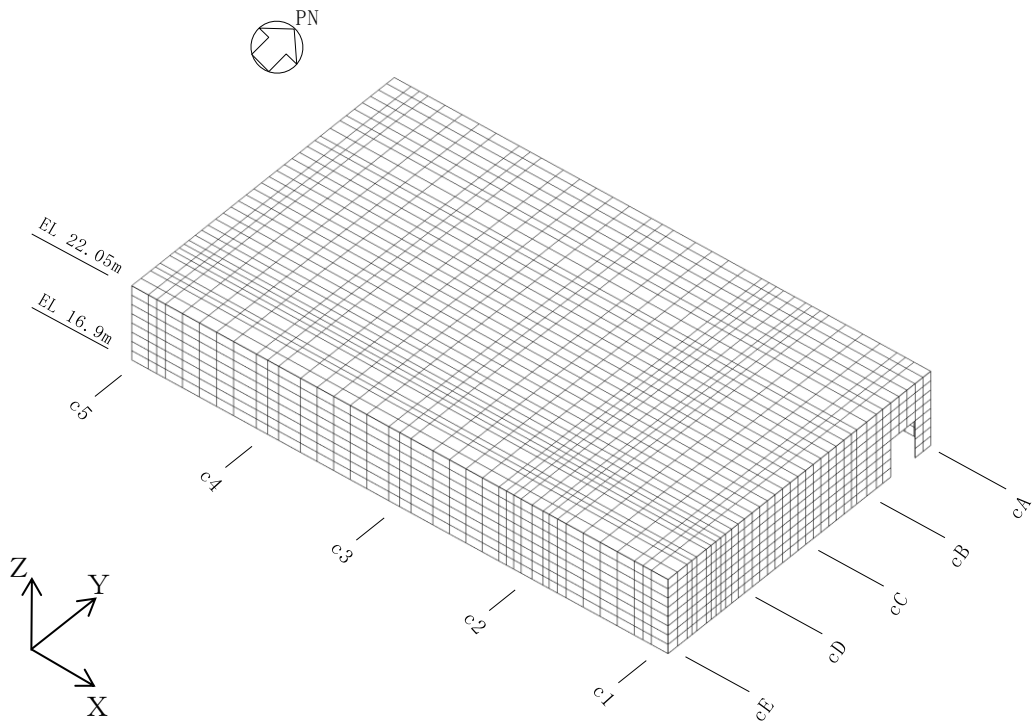
解析モデルに使用するFEM要素は、天井スラブ及び壁については積層シェル要素、柱及びはりについてはファイバー要素とする。各要素は、鉄筋層をモデル化した異方性材料による要素である。

各要素には、板の曲げと軸力を同時に考えるが、板の曲げには面外せん断変形の影響も考慮する。

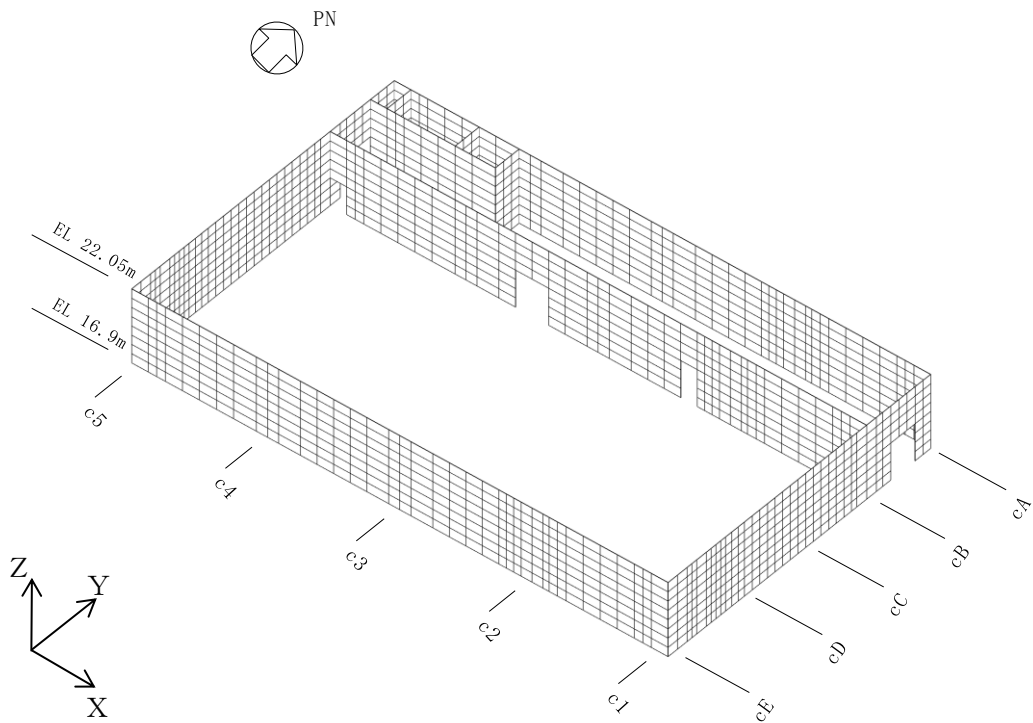
解析モデルの節点数は3024、要素数は3296である。

###### c. 境界条件

3次元FEMモデルのEL 16.9mの位置を固定とする。



(a) 鳥瞰図（天井スラブ表示）



(b) 鳥瞰図（天井スラブ非表示）

図 4-6 解析モデル

(2) 解析諸元

使用材料の物性値を表 4-12 及び表 4-13 に示す。

表 4-12 コンクリートの物性値

設計基準強度 $F_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	ヤング係数 $E$ (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比 $\nu$
22.1	$2.20 \times 10^4$	0.2

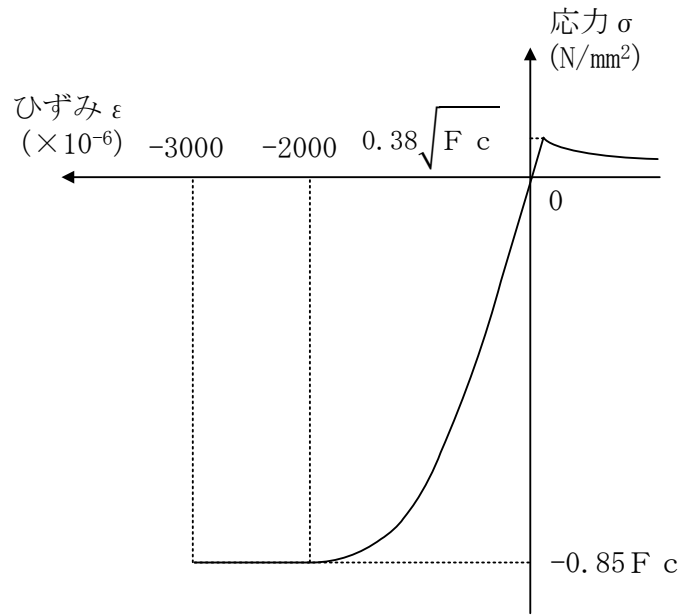
表 4-13 鉄筋の物性値

鉄筋の種類	降伏応力 $\sigma_y$ (N/mm <sup>2</sup> )	ヤング係数 $E$ (N/mm <sup>2</sup> )
SD35 (SD345 相当)	345	$2.05 \times 10^5$

## (3) 材料構成則

材料構成則を図 4-7 に示す。

コンクリートのヤング係数及び圧縮強度については、設計基準強度に基づき算定した値とする。



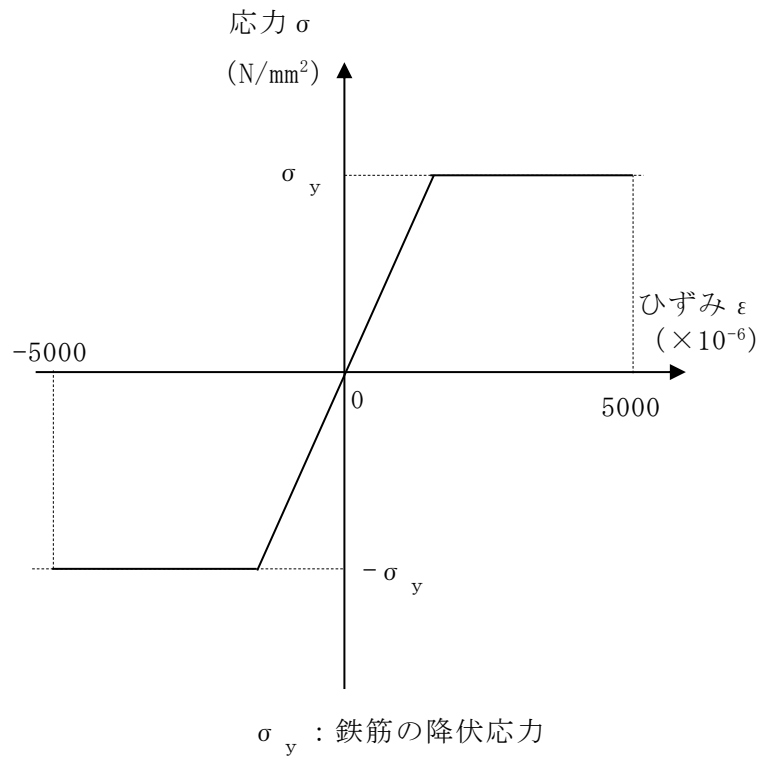
$F_c$  : コンクリートの設計基準強度

項目	設定
圧縮強度	$\sigma_c = -0.85F_c$ (「CCV規格」)
終局圧縮ひずみ	$-3000 \times 10^{-6}$ (「CCV規格」)
圧縮側のコンクリート構成則	長沼(1995)による式(「修正 Ahmad」) (引用文献(1)参照)
ひび割れ発生後の引張軟化曲線	出雲ほか(1987)による式 ( $c = 0.4$ ) (引用文献(2)参照)
引張強度	$\sigma_t = 0.38\sqrt{F_c}$ (鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 一許容応 力度設計法一 (社)日本建築学会, 1999 改定)

注：引張方向の符号を正とする。

(a) コンクリートの応力-ひずみ関係

図 4-7(1) 材料構成則



項目	設定
鉄筋の構成則	バイリニア型 (「CCV規格」)
終局ひずみ	$\pm 5000 \times 10^{-6}$ (「CCV規格」)

注：引張方向の符号を正とする。

(b) 鉄筋の応力－ひずみ関係

図 4-7(2) 材料構成則



#### 4.4.2 床スラブ

##### (1) モデル化の基本方針

床スラブの辺長比及び周囲の境界条件を考慮して、両端固定はり、三辺固定・一辺自由版又は四辺固定版として評価する。

##### (2) 解析諸元

使用材料の物性値を表 4-14 に示す。

表 4-14 使用材料の物性値

コンクリートの 設計基準強度 Fc (N/mm <sup>2</sup> )	ヤング係数 E (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比 ν
22.1	2.20×10 <sup>4</sup>	0.2

#### 4.4.3 耐震壁

##### (1) モデル化の基本方針

耐震壁の応力は、VI-2-2-5「制御室建物の地震応答計算書」に基づき評価する。

地震時土圧に対する地下外壁の応力解析は、図4-8に示すように、基礎スラブ上端で固定、各床位置をピン支承とする一方向版として行う。

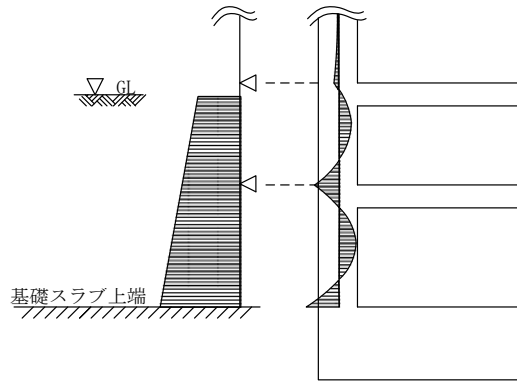


図4-8 地下外壁の応力解析モデル

##### (2) 解析諸元

使用材料の物性値を表4-15に示す。

表4-15 使用材料の物性値

コンクリートの 設計基準強度 $F_c$ ( $N/mm^2$ )	ヤング係数 $E$ ( $N/mm^2$ )	ポアソン比 $\nu$
22.1	$2.20 \times 10^4$	0.2

## 4.5 応力評価方法

### 4.5.1 天井スラブ

天井スラブについて、S<sub>d</sub>地震時及びS<sub>s</sub>地震時に対して3次元FEMモデルを用いた弾塑性応力解析を実施する。

#### (1) 荷重ケース

S<sub>d</sub>地震時及びS<sub>s</sub>地震時の応力は、次の荷重を組み合わせる。

- G : 固定荷重
- P : 積載荷重
- S<sub>NL</sub> : 積雪荷重
- S<sub>sUD</sub> : S<sub>s</sub>地震荷重（鉛直方向）
- S<sub>dUD</sub> : S<sub>d</sub>地震荷重（鉛直方向）

3次元FEMモデルの固有値解析結果を表4-16及び図4-9に示す。

鉛直方向の地震荷重は、cB通りより南側の天井スラブ（以下「天井スラブ（南側）」という。）については固有振動数が20Hzを下回るため、VI-2-2-5「制御室建物の地震応答計算書」から得られるEL 22.05mのS<sub>d</sub>地震時及びS<sub>s</sub>地震時の鉛直方向の加速度応答スペクトルより、3次元FEMモデルを用いた固有値解析結果から得られる天井スラブ（南側）の1次固有振動数に相当する加速度応答から鉛直震度を算定する。

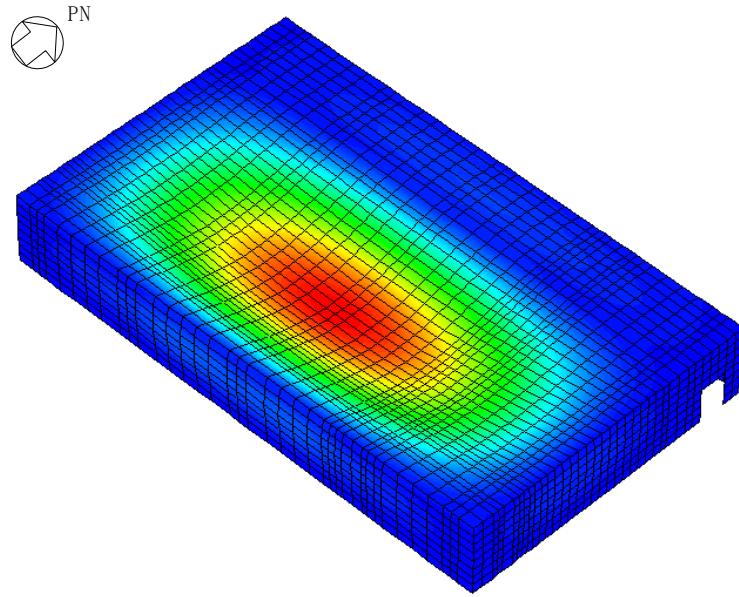
cB通りより北側の天井スラブ（以下「天井スラブ（北側）」という。）については固有振動数が20Hz以上であるため、VI-2-2-5「制御室建物の地震応答計算書」から得られるEL 22.05mのS<sub>d</sub>地震時及びS<sub>s</sub>地震時の鉛直方向最大応答加速度より鉛直震度を算定する。

なお、評価にあたっては材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果を包絡したものとする。

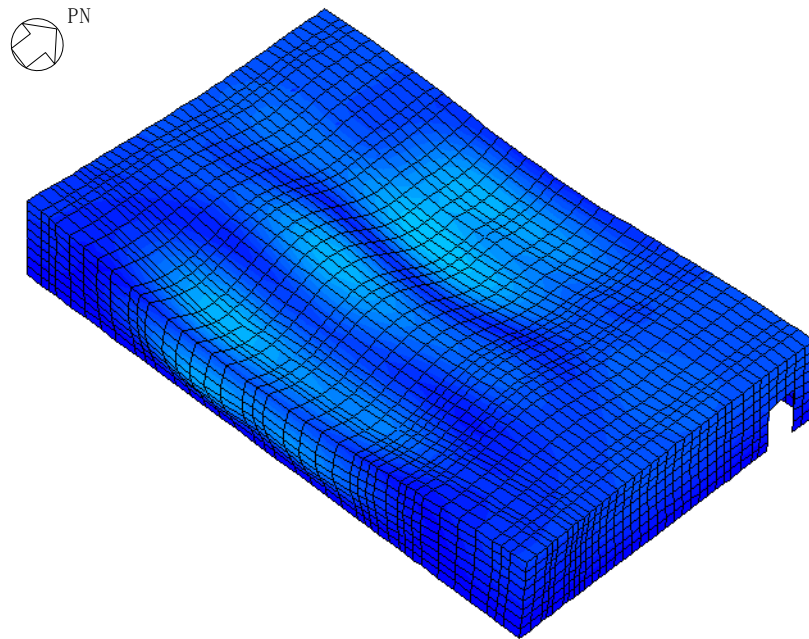
EL 22.05mのS<sub>d</sub>地震時及びS<sub>s</sub>地震時について、天井スラブ（南側）の1次固有周期における加速度が最大となったケースの鉛直方向加速度応答スペクトルを図4-10に、S<sub>d</sub>地震時及びS<sub>s</sub>地震時の鉛直震度を表4-17及び表4-18に示す。

表4-16 固有値解析結果

次数	振動数 (Hz)	周期 (s)	刺激係数			備考
			N S	E W	鉛直	
1	7.69	0.130	3.07	-0.03	-32.90	天井スラブ（南側）鉛直方向 1 次
19	38.59	0.026	6.84	0.06	-16.23	天井スラブ（北側）鉛直方向 1 次

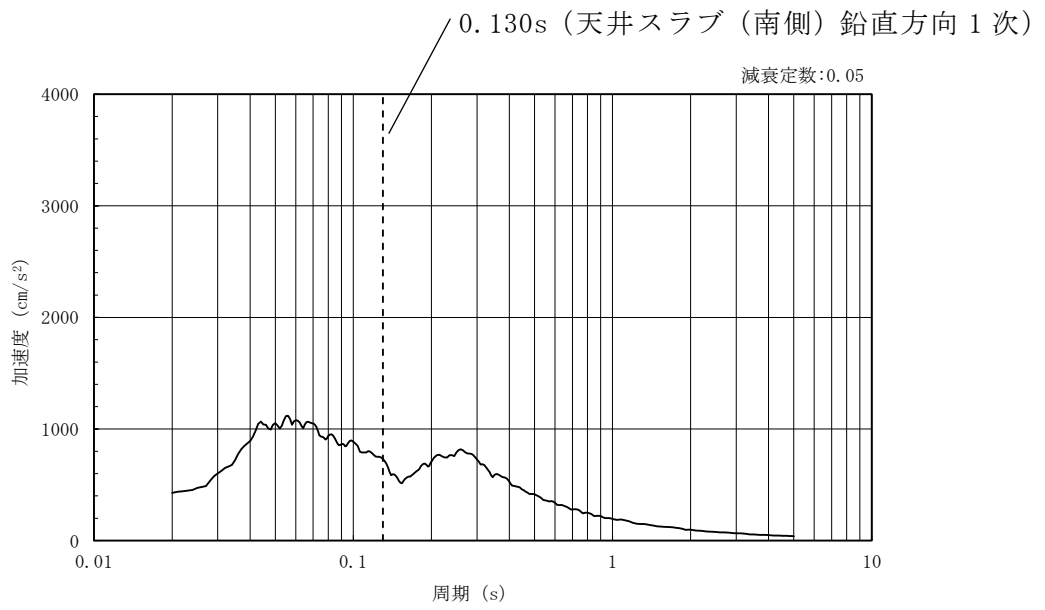


(a) 1次モード（天井スラブ（南側）鉛直方向1次）

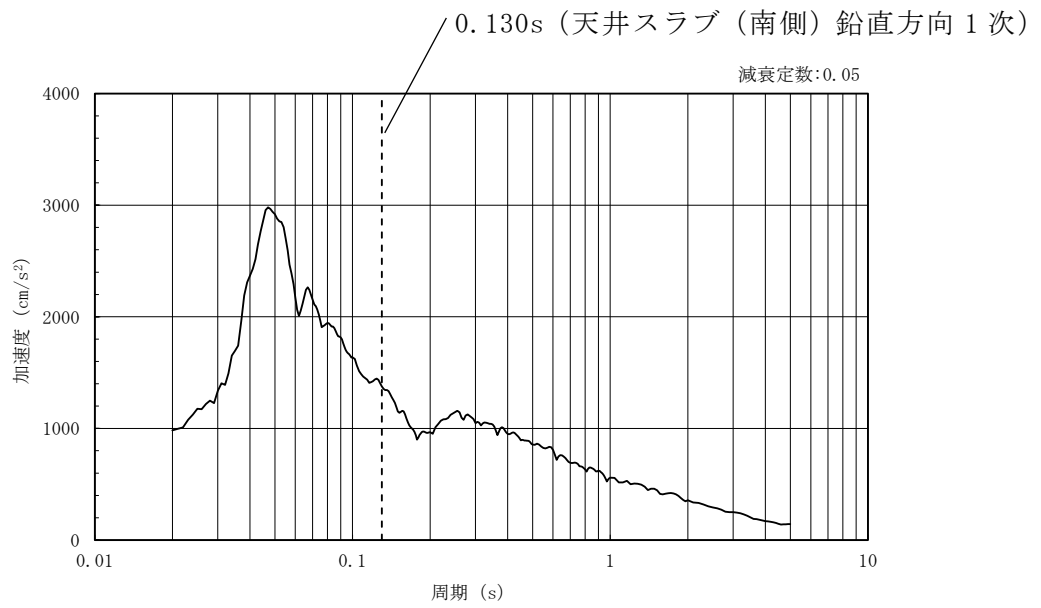


(b) 19次モード（天井スラブ（北側）鉛直方向1次）

図4-9 固有モード図



(a) 基準地震動 S d - 1 (ケース 3) , 鉛直方向, 質点番号 1



(b) 基準地震動 S s - D (ケース 3) , 鉛直方向, 質点番号 1

図 4-10 加速度応答スペクトル

表 4-17 S d 地震時の鉛直震度

(a) 天井スラブ (南側)

EL (m)	ケース	1次固有振動数における 加速度応答スペクトルの 値 (cm/s <sup>2</sup> )	加速度応答 スペクトルの値から 算定した鉛直震度
22.05	S d - 1 (ケース 3)	730	0.75

(b) 天井スラブ (北側)

EL (m)	ケース	最大応答 鉛直加速度 (cm/s <sup>2</sup> )	鉛直震度
22.05	S d - N 2 (ケース 2)	494	0.51

表 4-18 S s 地震時の鉛直震度

(a) 天井スラブ (南側)

EL (m)	ケース	1次固有振動数における 加速度応答スペクトルの 値 (cm/s <sup>2</sup> )	加速度応答 スペクトルの値から 算定した鉛直震度
22.05	S s - D (ケース 3)	1375	1.41

(b) 天井スラブ (北側)

EL (m)	ケース	最大応答 鉛直加速度 (cm/s <sup>2</sup> )	鉛直震度
22.05	S s - N 2 (ケース 2)	972	1.00

(2) 荷重の組合せケース

荷重の組合せケースを表 4-19 に示す。

鉛直地震力は、固定荷重及び積雪荷重と同じ載荷方向となる下向き方向に作用させるものとする。

表 4-19 荷重の組合せケース (天井スラブ)

外力の状態	荷重の組合せ
S <sub>s</sub> 地震時	$G + P + S_{NL} + 1.0 S_{sUD}$
S <sub>d</sub> 地震時	$G + P + S_{NL} + 1.0 S_{dUD}$

(3) 荷重の入力方法

a. 地震荷重

鉛直地震力については、3次元FEMモデルの各節点における鉛直震度により支配面積に応じた節点荷重として入力する。

b. 地震荷重以外の荷重

地震荷重以外の荷重については、3次元FEMモデルの各節点又は各要素に、集中荷重又は分布荷重として入力する。



#### 4.5.2 床スラブ

##### (1) 荷重ケース

S s 地震時の応力は、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。鉛直震度算定のための最大応答鉛直加速度は、VI-2-2-5「制御室建物の地震応答計算書」による。なお、対象とするスラブは十分な剛性（固有振動数 20Hz 以上）を有していることから、共振は考慮しない。最大応答鉛直加速度及び鉛直震度を表 4-20 に示す。

G : 固定荷重

P : 積載荷重

S s U D : S s 地震荷重（鉛直方向）

表 4-20 最大応答鉛直加速度及び鉛直震度

EL (m)	ケース	最大応答 鉛直加速度 (cm/s <sup>2</sup> )	鉛直震度
16.9	S s - N 2 (ケース 2)	861	0.88

## (2) 荷重の組合せケース

荷重の組合せケースを表 4-21 に示す。

鉛直地震力は、固定荷重及び積雪荷重と同じ載荷方向となる下向き方向に作用させるものとする。

表 4-21 荷重の組合せケース (床スラブ)

外力の状態	荷重の組合せ
S <sub>s</sub> 地震時	G + P + 1.0 S <sub>s</sub> U <sub>D</sub>

## (3) 応力算出方法

等分布荷重を受ける両端固定はり及び四辺固定版の曲げモーメント及びせん断力は下式により求める。また、等分布荷重を受ける三辺固定・一辺自由版の曲げモーメント及びせん断力は、計算図表 (引用文献(3)参照) を用いて求める。

(両端固定はり)

- ・ 端部曲げモーメント ( $M_E$ )

$$M_E = -\frac{1}{12} \cdot w \cdot l^2$$

- ・ 中央部曲げモーメント ( $M_C$ )

$$M_C = \frac{1}{24} \cdot w \cdot l^2$$

- ・ 端部せん断力 ( $Q_E$ )

$$Q_E = 0.5 \cdot w \cdot l$$

ここで、

l : 有効スパン (m)

w : 等分布荷重 (kN/m)

(四辺固定版)

- 短辺方向の端部曲げモーメント ( $M_{X1}$ )

$$M_{X1} = -\frac{1}{12} \cdot w_X \cdot l_X^2$$

- 短辺方向の中央部曲げモーメント ( $M_{X2}$ )

$$M_{X2} = \frac{1}{18} \cdot w_X \cdot l_X^2$$

- 短辺方向のせん断力 ( $Q_X$ )

$$Q_X = 0.52 \cdot w \cdot l_X$$

- 長辺方向の端部曲げモーメント ( $M_{Y1}$ )

$$M_{Y1} = -\frac{1}{24} \cdot w \cdot l_X^2$$

- 長辺方向の中央部曲げモーメント ( $M_{Y2}$ )

$$M_{Y2} = \frac{1}{36} \cdot w \cdot l_X^2$$

- 長辺方向のせん断力 ( $Q_Y$ )

$$Q_Y = 0.46 \cdot w \cdot l_X$$

ここで,

$l_X$  : 短辺有効スパン (m)

$l_Y$  : 長辺有効スパン (m)

$w$  : 等分布荷重 (kN/m<sup>2</sup>)

$$w_X = \frac{l_Y^4}{l_X^4 + l_Y^4} \cdot w$$

## 4.5.3 耐震壁

## (1) 地震時面内せん断応力度

地震荷重に対する耐震壁の面内せん断力に対して、耐震壁の有効せん断断面積により面内せん断応力度を評価する。

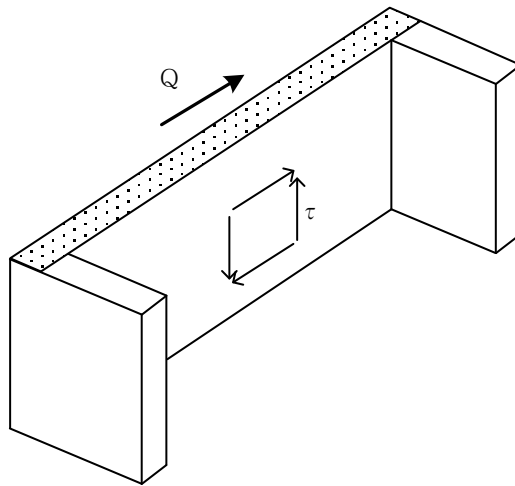
$$\tau = \frac{Q}{A_s}$$

ここで、

$\tau$  : 面内せん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$Q$  : 面内せん断力 (N)

$A_s$  : 有効せん断断面積 (mm<sup>2</sup>)



また、面内せん断応力度に対して、鉄筋のせん断補強用許容引張応力度により面内せん断力による必要鉄筋比を評価する。

$$P_Q = \frac{\tau}{s f_t}$$

ここで、

$P_Q$  : 面内せん断力による必要鉄筋比

$s f_t$  : 鉄筋のせん断補強用許容引張応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

(2) 地震時曲げモーメント及び軸力

a. 鉄筋比により評価する場合

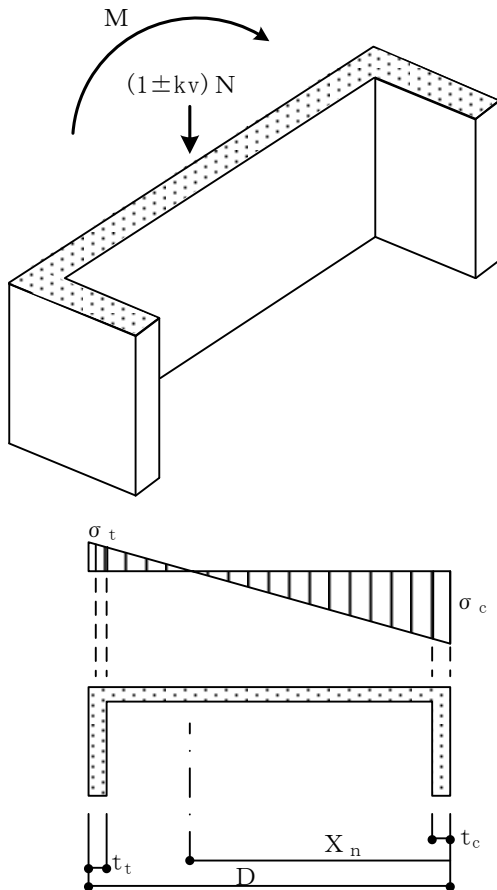
地震時曲げモーメント及び軸力に対して，耐震壁の有効断面二次モーメントにより軸方向応力度を評価する。なお，鉛直荷重に対しては，鉛直震度を考慮する。

$$\sigma_c = (1 + k_v) \sigma_o + \frac{M}{I} (X_n - t_c) \times 10^{-3} \quad (\text{ウェブ})$$

$$= (1 + k_v) \sigma_o + \frac{M}{I} X_n \times 10^{-3} \quad (\text{フランジ})$$

$$\sigma_t = (1 - k_v) \sigma_o - \frac{M}{I} (D - X_n - t_t) \times 10^{-3} \quad (\text{ウェブ})$$

$$= (1 - k_v) \sigma_o - \frac{M}{I} (D - X_n - \frac{t_t}{2}) \times 10^{-3} \quad (\text{フランジ})$$



ここで，

$\sigma_c$  : 軸方向最大圧縮応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$\sigma_t$  : 軸方向最大引張応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$\sigma_o$  : 鉛直荷重による平均軸圧縮応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

M : 地震時曲げモーメント (kN・m)

N : 長期軸力 (kN)

$k_v$  : 鉛直震度

I : 耐震壁の断面二次モーメント (m<sup>4</sup>)

$X_n$  : 曲げ材の圧縮縁から中立軸までの距離 (m)

D : 曲げ材のせい (m)

$t_c$  : 圧縮側フランジ部分の厚さ (m)

$t_t$  : 引張側フランジ部分の厚さ (m)

また、軸方向最大引張応力度に対して、鉄筋の許容引張応力度により曲げモーメント及び軸力による必要鉄筋比を評価する。

$$P_M = \frac{\sigma_t}{f_t}$$

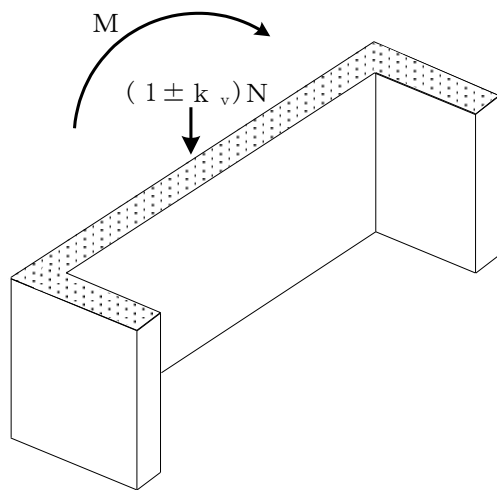
ここで、

$P_M$  : 曲げモーメント及び軸力による必要鉄筋比

$f_t$  : 鉄筋の許容引張応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

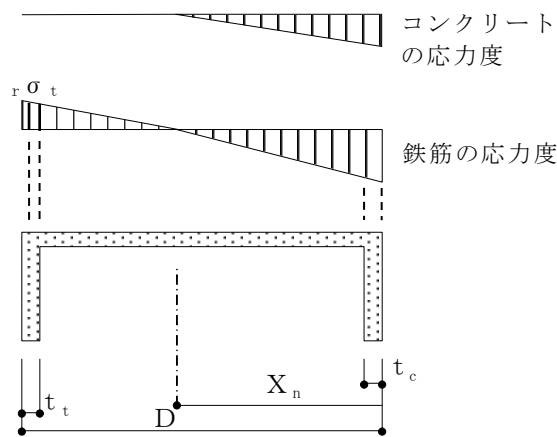
b. 応力度により評価する場合

鉄筋比により健全性が確認できなかった場合、「RC-N規準 14 条 柱の軸方向力と曲げに対する断面算定」に準じて地震時曲げモーメント及び軸力に対する耐震壁の鉄筋の応力度を評価する。なお、鉛直荷重に対しては、鉛直震度を考慮する。



ここで、

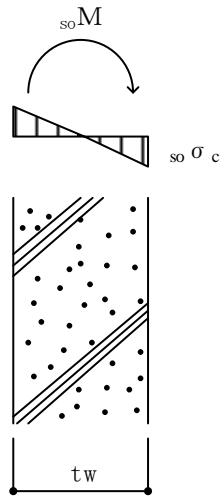
- $r \sigma_t$  : 曲げモーメント及び軸力による鉄筋の最大引張応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )
- M : 地震時曲げモーメント ( $\text{kN} \cdot \text{m}$ )
- N : 長期軸力 ( $\text{kN}$ )
- $k_v$  : 鉛直震度
- $X_n$  : 曲げ材の圧縮縁から中立軸までの距離 (m)
- D : 曲げ材のせい (m)
- $t_c$  : 圧縮側フランジ部分の厚さ (m)
- $t_t$  : 引張側フランジ部分の厚さ (m)



(3) 土圧による面外応力度

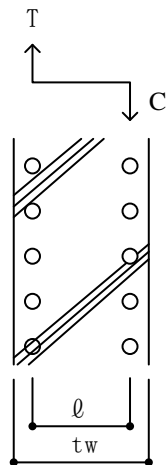
耐震壁で土圧による面外曲げモーメントの生じる部分については、下式によりそれぞれコンクリートの最大圧縮応力度及び鉄筋の最大引張応力度を評価する。

$$s_o \sigma_c = \frac{s_o M}{Z}$$



$$a_t = \frac{s_o M}{f_t \cdot \ell}$$

$$P_{s_o} = \frac{2}{b} \cdot \frac{a_t}{t_w}$$



ここで、

$s_o \sigma_c$  : コンクリートの最大圧縮応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$s_o M$  : 土圧による面外曲げモーメント (kN・m)

$Z$  : 単位幅あたりの壁の面外断面係数 (m<sup>3</sup>)

$$\left( = \frac{b \cdot t_w^2}{6} \right)$$

$b$  : 単位幅 (m)

$t_w$  : 壁の厚さ (m)

ここで、

$a_t$  : 片側必要鉄筋断面積 (m<sup>2</sup>)

$\ell$  : 鉄筋の重心間距離 (m)

$f_t$  : 鉄筋の許容引張応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$b$  : 耐震壁の幅 (m)

$P_{s_o}$  : 土圧による面外曲げモーメントによる  
必要鉄筋比



## 4.6 断面の評価方法

### 4.6.1 天井スラブ

天井スラブの評価対象箇所は、中央制御室遮蔽の範囲の天井スラブとし、断面の評価は以下の方法で行う。

軸力及び曲げモーメントによる鉄筋及びコンクリートのひずみ又は鉄筋の引張応力度並びに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。

#### (1) 軸力及び曲げモーメントに対する断面の評価方法

S d 地震時に対する評価では、軸力及び曲げモーメントによる鉄筋の引張応力度が、表 4-10 に示す短期許容応力度を超えないことを確認する。

S s 地震時に対する評価では、軸力及び曲げモーメントによる鉄筋及びコンクリートのひずみが、「CCV規格」に基づき、表 4-11 に示す許容ひずみを超えないことを確認する。

(2) 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」に基づき行う。

面外せん断力が、次式を基に算定した許容面外せん断力を超えないことを確認する。

$$Q_A = b \cdot j \cdot \{ \alpha \cdot f_s + 0.5 \cdot w f_t (p_w - 0.002) \}$$

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)

$\alpha$  : 許容せん断力の割増し係数

(2 を超える場合は 2, 1 未満の場合は 1 とする。また、引張軸応力度が  $2\text{N/mm}^2$  を超える場合は 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で、表 4-9 に示す値 ( $\text{N/mm}^2$ )

$w f_t$  : せん断補強筋の短期許容引張応力度で、表 4-10 に示す値 ( $\text{N/mm}^2$ )

$p_w$  : 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 ( $\text{mm}^2$ )

$x$  : 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。

(なお、天井スラブには、面外せん断補強筋は入っていない。)

#### 4.6.2 床スラブ

床スラブの評価対象箇所は、中央制御室遮蔽の範囲の床スラブとし、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。

##### (1) 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部位に生じる曲げモーメントによる鉄筋応力度が、許容限界を超えないことを確認する。

$$\sigma_t = \frac{M}{a_t \cdot j}$$

ここで、

$\sigma_t$  : 鉄筋の引張応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

M : 曲げモーメント (N・mm)

$a_t$  : 引張鉄筋断面積 (mm<sup>2</sup>)

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)

##### (2) 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、評価対象部位に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。

$$Q_A = b \cdot j \cdot \{ \alpha \cdot f_s + 0.5 \cdot {}_w f_t \cdot (p_w - 0.002) \}$$

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)

$\alpha$  : 許容せん断力の割増し係数

(2 を超える場合は 2, 1 未満の場合は 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で、表 4-9 に示す値  
(N/mm<sup>2</sup>)

$w f_t$  : せん断補強筋の短期許容引張応力度で、表 4-10 に示す値  
(N/mm<sup>2</sup>)

$p_w$  : 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 (mm<sup>2</sup>)

$x$  : 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。

(なお、床スラブには、面外せん断補強筋は入っていない。)

### 4.6.3 耐震壁

耐震壁の断面評価の評価フローを図 4-11 に示す。

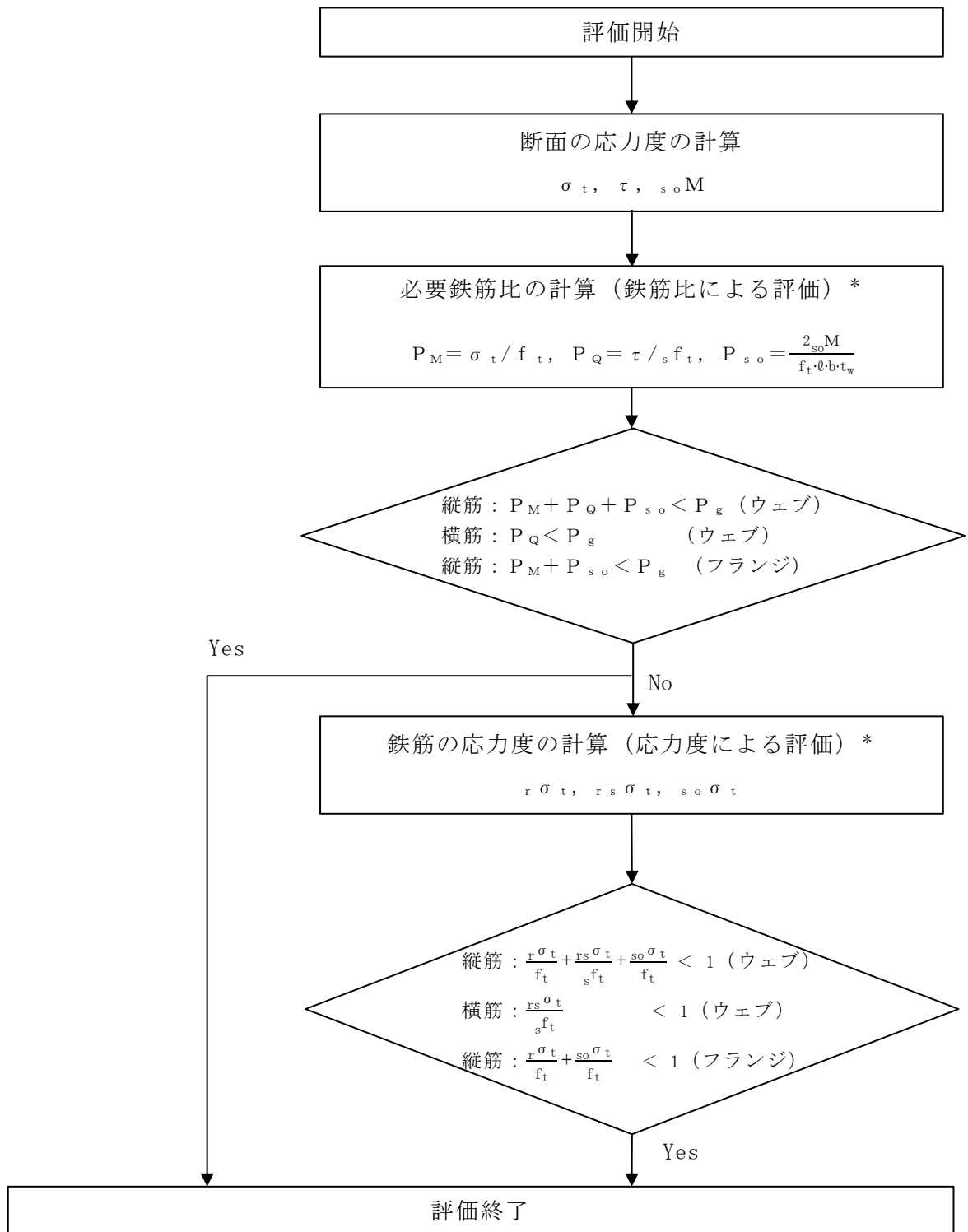
ここで、図中の記号は以下による。

- $\sigma_t$  : 軸方向最大引張応力度
- $\tau$  : 面内せん断応力度
- $s_o \sigma_t$  : 土圧による鉄筋の最大引張応力度
- $f_t$  : 鉄筋の許容引張応力度
- $s f_t$  : 鉄筋のせん断補強用許容引張応力度
- $P_g$  : 設計鉄筋比
- $P_Q$  : 面内せん断力による必要鉄筋比
- $P_{s_o}$  : 土圧による面外曲げモーメントによる必要鉄筋比
- $P_M$  : 曲げモーメント及び軸力による必要鉄筋比
- $s_o M$  : 土圧による面外曲げモーメント
- $r \sigma_t$  : 曲げモーメント及び軸力による鉄筋の最大引張応力度
- $r_s \sigma_t$  : 面内せん断力による鉄筋の最大引張応力度
- $b$  : 耐震壁の幅
- $t_w$  : 耐震壁の厚さ
- $\ell$  : 鉄筋の重心間距離

耐震壁の断面評価は、「4.5 応力評価方法」に示す方法により地震時面内せん断応力度、地震時曲げモーメント及び軸力による軸方向応力度並びに土圧による面外応力度によってそれぞれ計算される必要鉄筋比の和が設計鉄筋比を超えないことを確認する。

必要鉄筋比の和が設計鉄筋比を上回る場合には、地震時曲げモーメント及び軸力に対して、「RC-N規準 14 条 柱の軸方向力と曲げに対する断面算定」に準じて鉄筋の応力度を算定し、地震時面内せん断応力度及び地震時土圧による面外応力度を組み合わせた応力度が鉄筋の許容応力度を超えないことを確認する。

各部の評価において考慮する応力度は次のとおりとする。ウェブの評価においては、地震時面内せん断応力度、地震時曲げモーメント及び軸力による軸方向応力度並びに常時土圧による面外応力度を考慮するものとする。フランジにおいては、地震時曲げモーメント及び軸力による軸方向応力度並びに地震時土圧による面外応力度を考慮するものとする。なお、フランジのうちウェブと交差する箇所は、地震時面内せん断応力度も考慮するものとする。



注記\* : 「4.5.3 耐震壁」による。

図 4-11 耐震壁の評価フロー

## 5. 評価結果（中央制御室遮蔽及び補助遮蔽（制御室建物））

### 5.1 地震応答解析による評価結果

鉄筋コンクリート造耐震壁について、 $S_s$ 地震時の各層の最大応答せん断ひずみが許容限界（ $2.0 \times 10^{-3}$ ）を超えないことを確認する。

材料物性の不確かさを考慮した最大応答せん断ひずみは  $0.60 \times 10^{-3}$ （NS方向， $S_s-D$ ，ケース 2，要素番号 3）であり，許容限界（ $2.0 \times 10^{-3}$ ）を超えないことを確認した。各要素の耐震壁の最大応答せん断ひずみ一覧を表 5-1 に示す。各表において，各要素の最大応答せん断ひずみのうち最も大きい値について，せん断スケルトン曲線上にプロットした図を図 5-1 に示す。

表 5-1(1) 最大応答せん断ひずみ一覧 (N S 方向)

EL (m)	要素番号	最大応答せん断ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	許容限界 ( $\times 10^{-3}$ )
22.05~16.9	1	0.33	2.0
16.9~12.8	2	0.43	
12.8~8.8	3	0.60	

注：ハッチングは各要素の最大応答せん断ひずみのうち最も大きい値を表示。

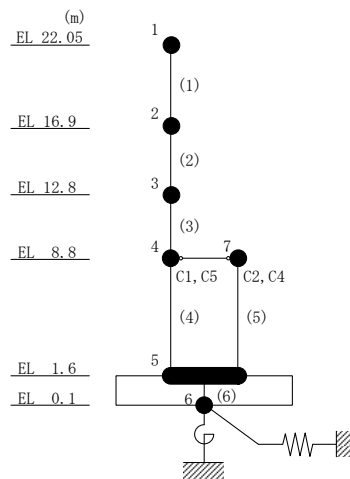
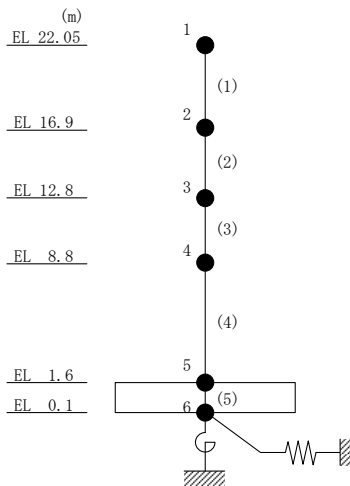


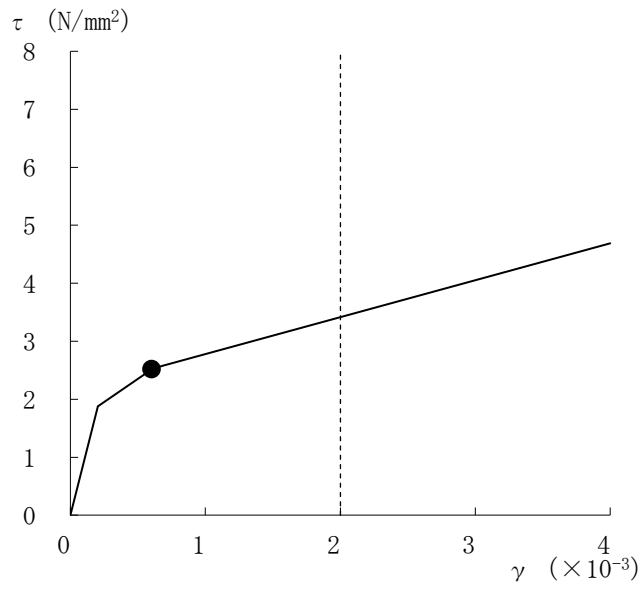
表 5-1(2) 最大応答せん断ひずみ一覧 (E W 方向)

EL (m)	要素番号	最大応答せん断ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	許容限界 ( $\times 10^{-3}$ )
22.05~16.9	1	0.16	2.0
16.9~12.8	2	0.40	
12.8~8.8	3	0.53	

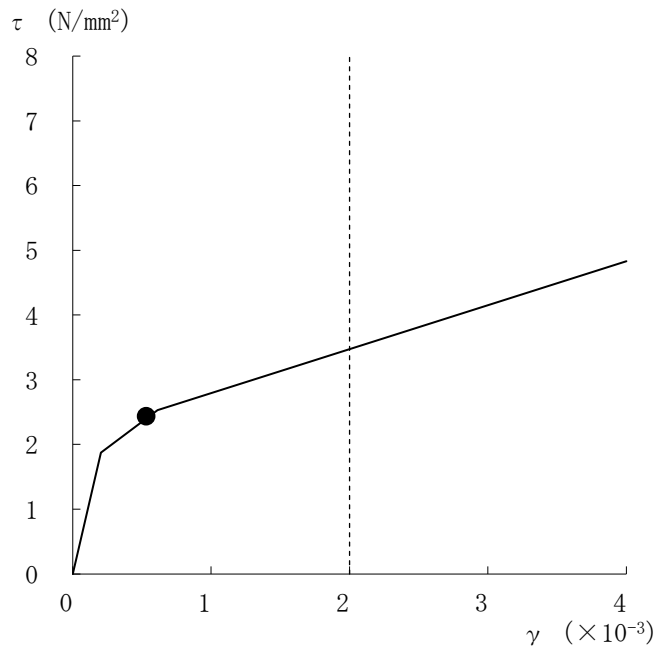
注：ハッチングは各要素の最大応答せん断ひずみのうち最も大きい値を表示。







(a) NS方向 (S s -D, ケース 2, 要素番号 3)



(b) EW方向 (S s -D, ケース 1, 要素番号 3)

図 5-1 せん断スケルトン曲線上の最大応答せん断ひずみ

## 5.2 応力解析による評価結果

### 5.2.1 天井スラブの評価結果

「4.6 断面の評価方法」に基づいた断面の評価結果を以下に示す。

断面の評価結果を記載する要素は、軸力及び曲げモーメントによる鉄筋及びコンクリートのひずみ又は鉄筋の引張応力度並びに面外せん断力に対する評価において、発生値に対する許容値の割合が最小となる要素とする。

選定した要素の位置を図 5-2 及び図 5-3 に、天井スラブの評価結果を表 5-2 及び表 5-3 に示す。

天井スラブについては、S d 地震時及び S s 地震時において、軸力及び曲げモーメントによる鉄筋及びコンクリートのひずみ又は鉄筋の引張応力度並びに面外せん断力が、各許容値を超えないことを確認した。

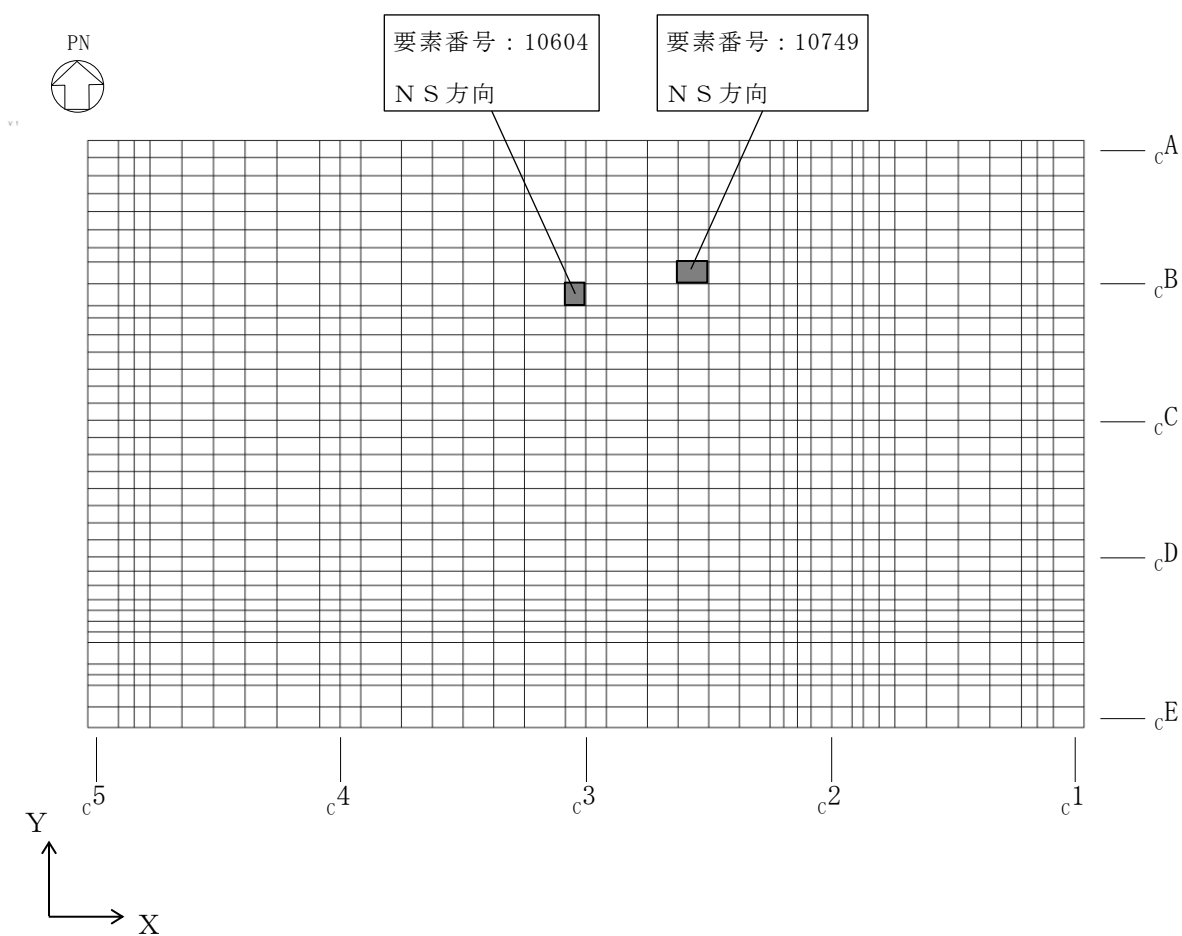


図 5-2 選定した要素の位置（天井スラブ）（S d 地震時）

表 5-2 評価結果（天井スラブ）（S d 地震時）

評価項目		方向	要素番号	発生値	許容値
軸力 + 曲げモーメント	鉄筋引張応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	N S	10749	239	345
面外せん断力	面外せん断力 (×10 <sup>3</sup> kN/m)	N S	10604	0.667	1.27

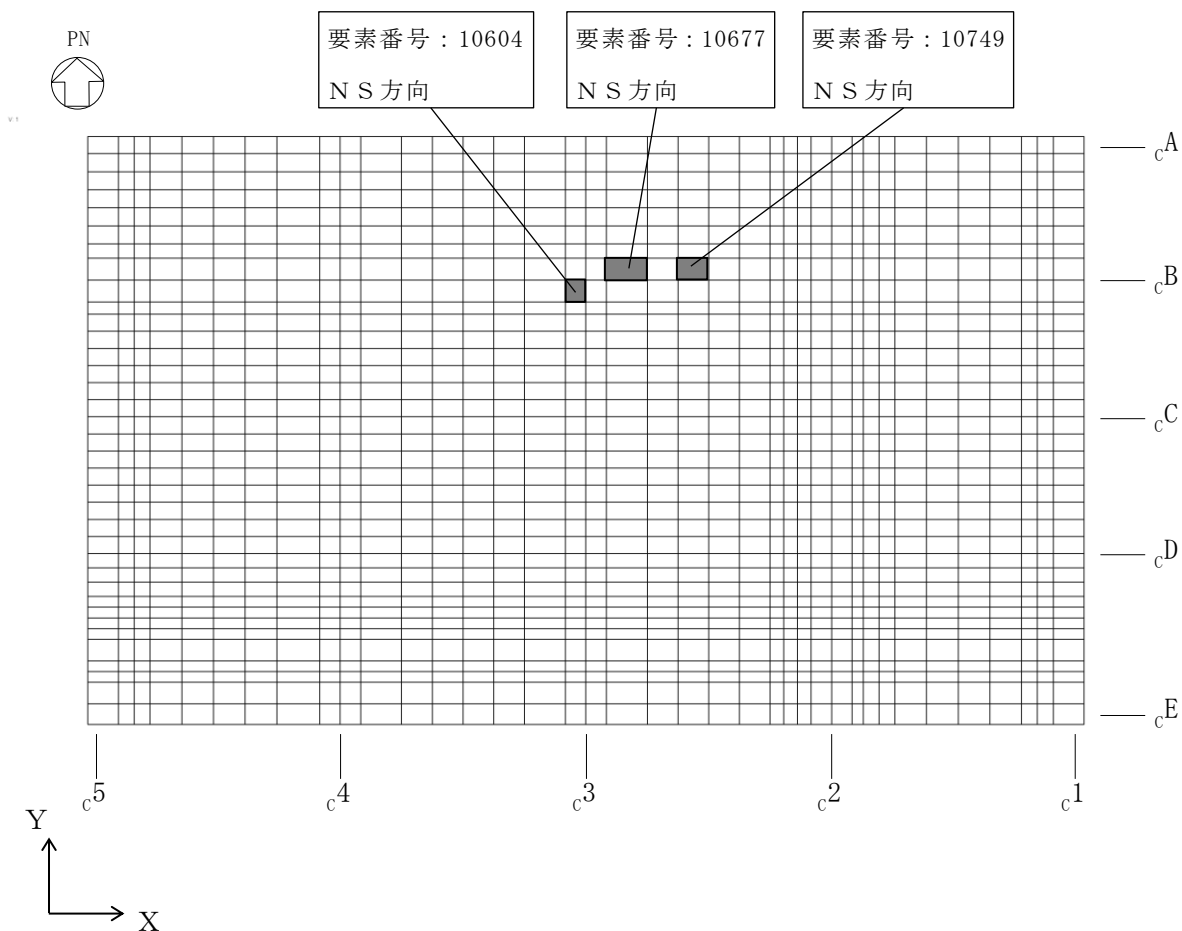


図 5-3 選定した要素の位置 (天井スラブ) (S s 地震時)

表 5-3 評価結果 (天井スラブ) (S s 地震時)

評価項目		方向	要素番号	発生値	許容値
軸力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	N S	10677	0.448	3.00
	鉄筋引張ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	N S	10749	2.30	5.00
面外せん断力	面外せん断力 ( $\times 10^3 \text{kN/m}$ )	N S	10604	0.960	1.30

### 5.2.2 床スラブの評価結果

床スラブの評価結果を表5-4に示す。

床スラブについては、S s地震時において、曲げモーメントに対する鉄筋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。

表5-4 評価結果（床スラブ）（S s地震時）


方向		短辺（NS）方向	長辺（EW）方向
EL (m)		16.9	
厚さ t (mm)		□	
有効せい d (mm)		□	□
配筋 (鉄筋断面積)	上ば筋	D16@200 (995 mm <sup>2</sup> /m)	D16@150 (1327 mm <sup>2</sup> /m)
	下ば筋	D16@200 (995 mm <sup>2</sup> /m)	D16@150 (1327 mm <sup>2</sup> /m)
曲げモーメント	発生曲げモーメント M (kN・m/m)	39.9	56.0
	鉄筋応力度 $\sigma_t$ (N/mm <sup>2</sup> )	135	156
	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )	345	345
	検定値	0.40	0.46
面外せん断力	発生せん断力 Q (kN/m)	58.6	69.3
	せん断スパン比による 割増し係数 $\alpha$	1.33	1.11
	許容限界 (kN/m)	419.4	319.1
	検定値	0.14	0.22
判定		可	可

### 5.2.3 耐震壁の評価結果

耐震壁の評価結果を表 5-5 に示す。

対象部位において、鉄筋比による評価を実施した結果、S d 地震時に曲げモーメント及び軸力並びに面内せん断力による必要鉄筋比が設計鉄筋比を超えないことを確認した。

表 5-5 評価結果 (耐震壁)

EL (m)		16.9~22.05
壁位置 (通り)		c1, c5
壁厚 (mm)		
せん断断面積 (m <sup>2</sup> )		19.74
配筋	縦筋配筋	2-D19@200
	縦筋設計鉄筋比 P <sub>g</sub> (%)	0.574
	横筋配筋	2-D19@200
	横筋設計鉄筋比 P <sub>g</sub> (%)	0.574
せん断に対する検討	せん断力 Q (×10 <sup>4</sup> kN)	3.05
	せん断応力度 τ (N/mm <sup>2</sup> )	1.55
	面内せん断力による 必要鉄筋比 P <sub>Q</sub> (%)	0.448
曲げモーメントに対する検討	曲げモーメント M (×10 <sup>5</sup> kN・m)	1.57
	軸力 N (×10 <sup>3</sup> kN)	18.3
	曲げモーメント及び軸力 による必要鉄筋比 P <sub>M</sub> (%)	0.071
(P <sub>Q</sub> + P <sub>M</sub> ) / P <sub>g</sub>		0.91
判定		可

## 6. 基本方針（中央制御室バウンダリ）

### 6.1 位置

中央制御室バウンダリは、制御室建物及び廃棄物処理建物の一部を構成している。中央制御室バウンダリを含む制御室建物及び廃棄物処理建物の位置を図 6-1 に示す。

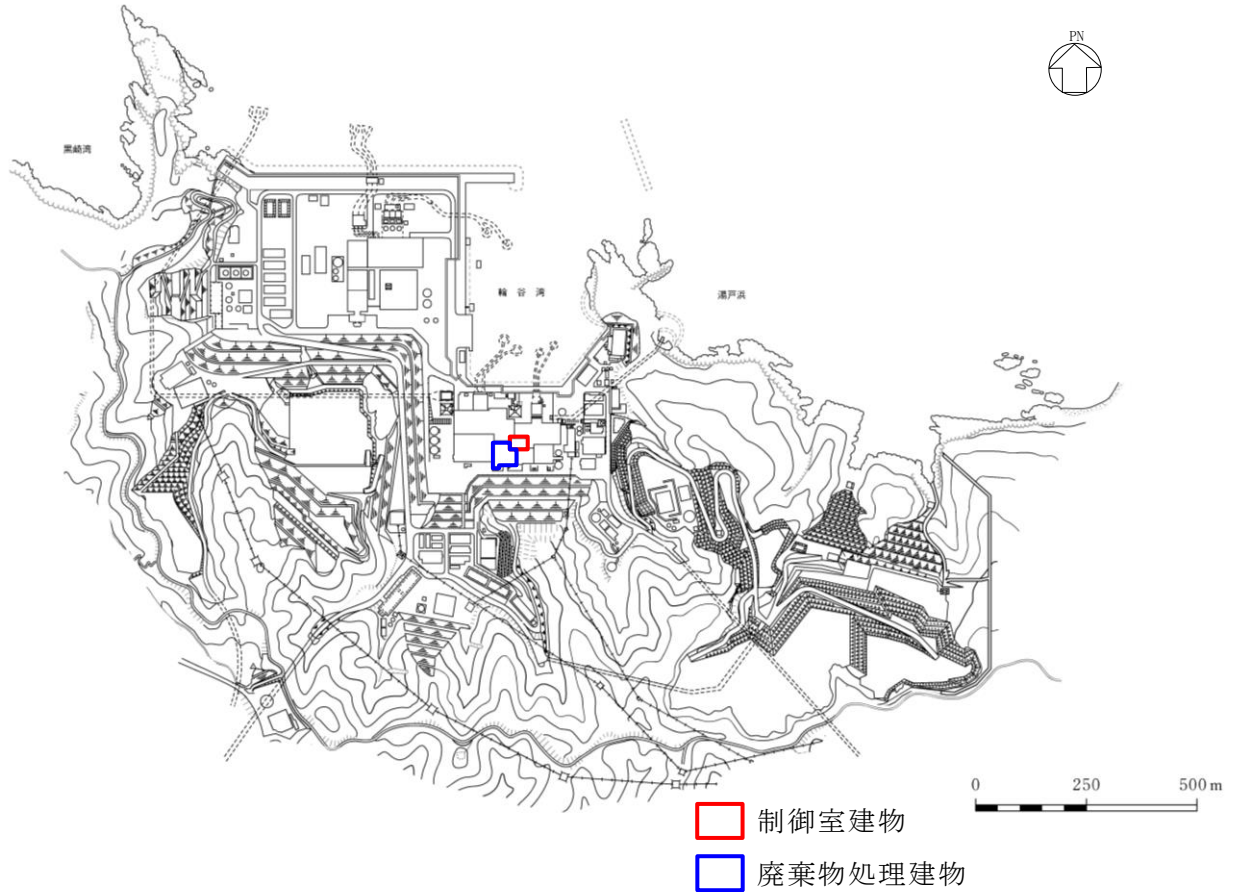


図 6-1 中央制御室バウンダリを含む制御室建物及び廃棄物処理建物の設置位置



## 6.2 構造概要

制御室建物は、4階建の鉄筋コンクリート造の建物である。

制御室建物の平面寸法は、22.0m\* (N S) × 37.0m\* (E W) である。基礎スラブ底面からの高さは 21.95m である。また、制御室建物は隣接する他の建物と構造的に分離している。

制御室建物の基礎は厚さ 1.5m のべた基礎で、岩盤に直接設置している。

建物に加わる地震時の水平力はすべて耐震壁に負担させている。

また、廃棄物処理建物は、地上 5 階、地下 2 階建の鉄筋コンクリート造の建物である。

廃棄物処理建物の平面寸法は、54.9m (一部 37.86m) \* (N S) × 56.97m (一部 40.5m) \* (E W) である。基礎スラブ底面からの高さは 42.0m である。また、廃棄物処理建物は隣接する他の建物と構造的に分離している。

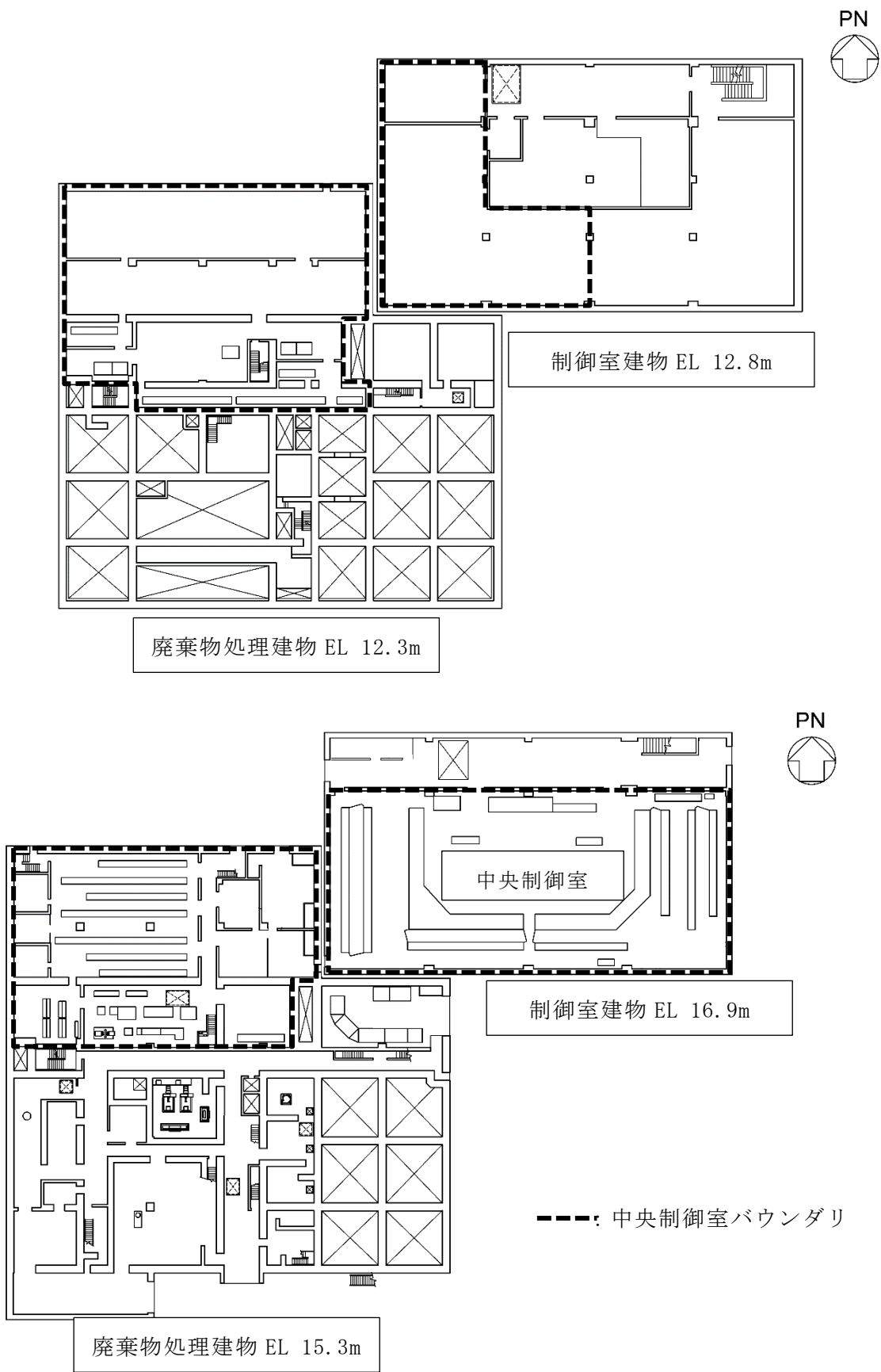
廃棄物処理建物の基礎は厚さ 3.0m のべた基礎で、岩盤に直接設置している。

建物に加わる地震時の水平力はすべて耐震壁に負担させている。

中央制御室は制御室建物の EL 16.9m~EL 22.05m に位置する。平面規模は、22.0m (N S) × 37.0m (E W) である。中央制御室バウンダリは、中央制御室を取り囲む制御室建物及び廃棄物処理建物の壁、天井スラブ及び床スラブで構成されており、壁の厚さは  cm ~  cm, 天井スラブ及び床スラブの厚さは  cm ~  cm である。

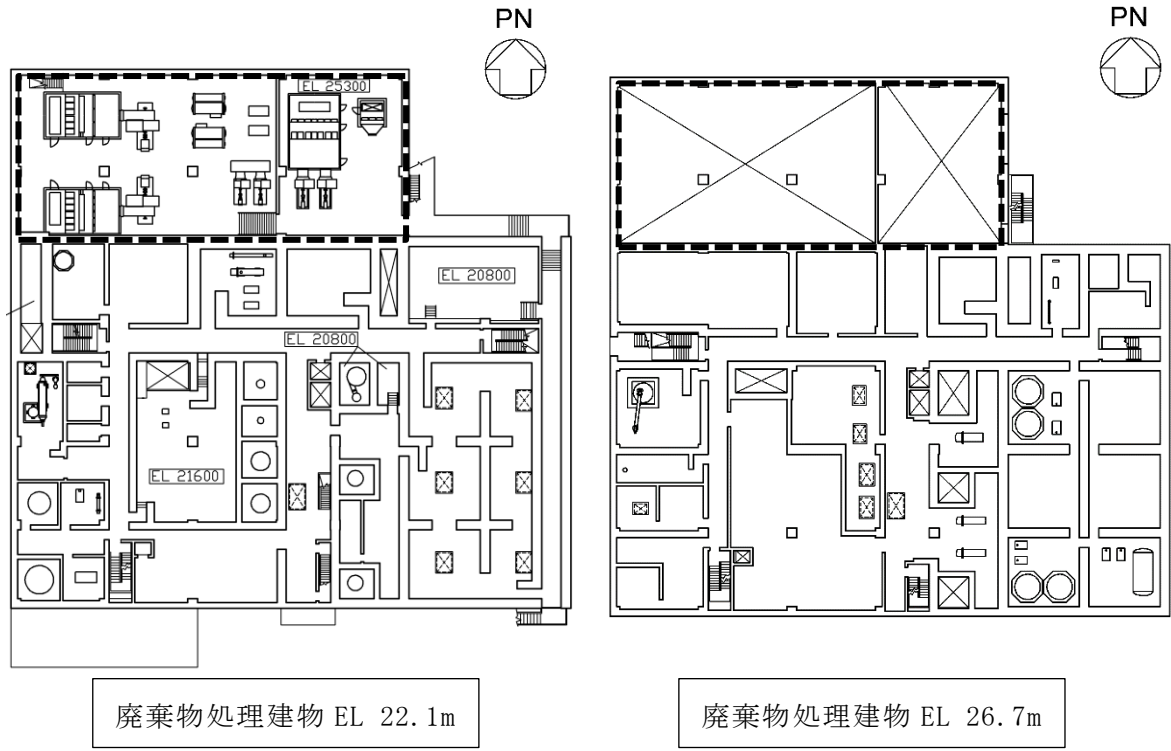
中央制御室バウンダリの範囲を図 6-2 に示す。

注記\* : 建物寸法は壁外面寸法とする。



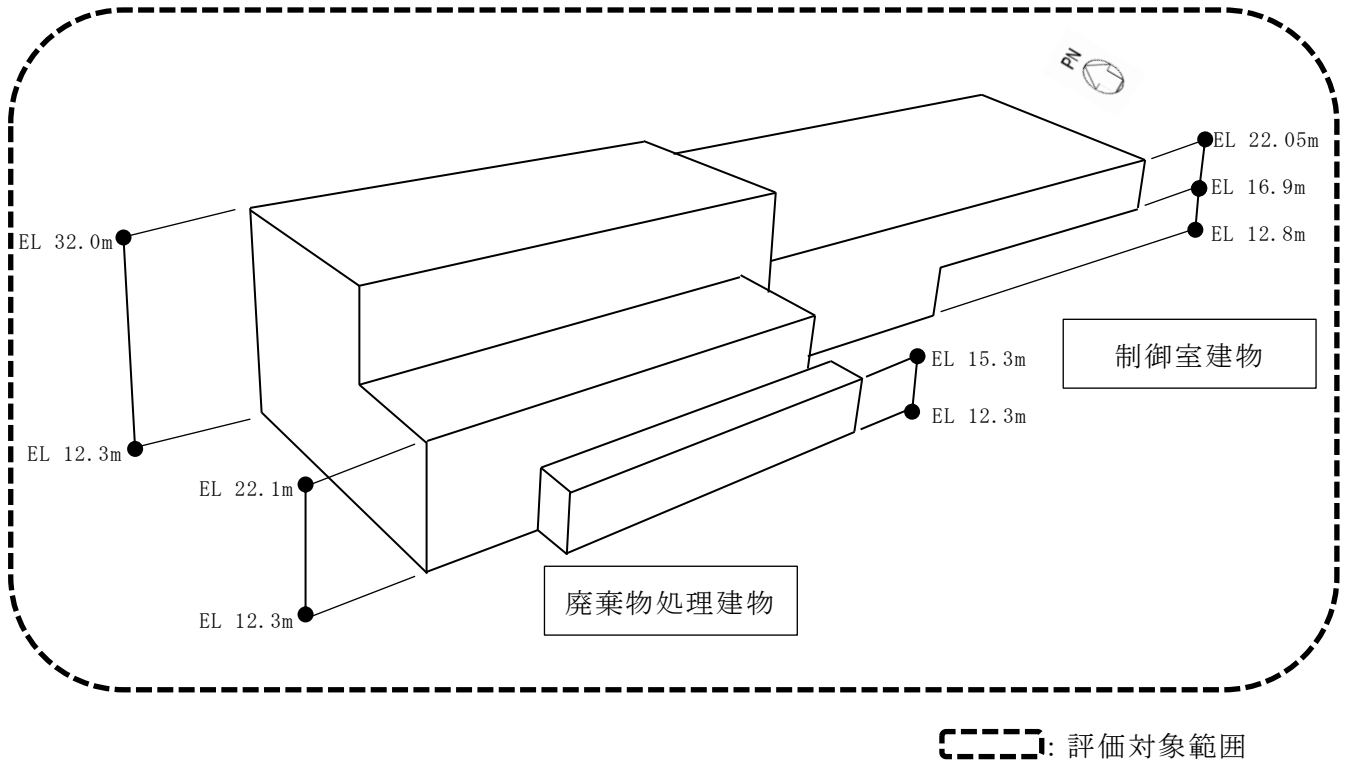
(a) 平面図 (EL 12.3m~EL 16.9m)

図 6-2(1) 中央制御室バウンダリの範囲



-----: 中央制御室バウンダリ

(b) 平面図 (EL 22.1m~EL 26.7m)



-----: 評価対象範囲

(c) 中央制御室バウンダリの概要

図 6-2(2) 中央制御室バウンダリの範囲

### 6.3 評価方針

中央制御室バウンダリは、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に示すとおり、換気設備とあいまって、気密性維持の境界において気圧差を確保することで必要な気密性を維持する設計とする。なお、重大事故対処施設においては「常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備」に分類される。

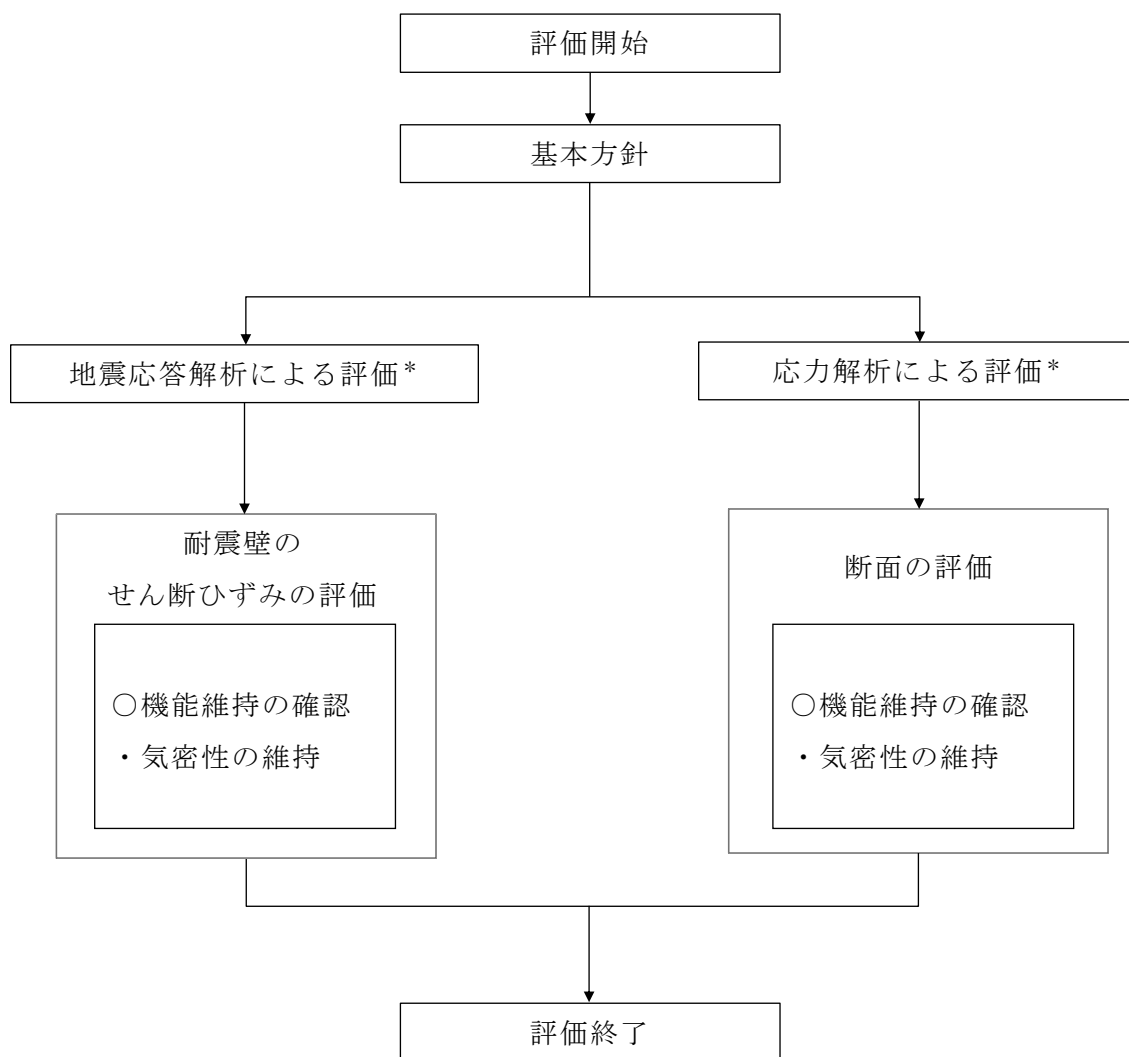
中央制御室バウンダリは、中央制御室を取り囲む制御室建物及び廃棄物処理建物の壁、天井スラブ及び床スラブで構成されており、設計基準対象施設としての評価においては、S s地震時に対する評価を行う。

中央制御室バウンダリの評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、地震応答解析による評価においては耐震壁についてせん断ひずみの評価を、応力解析による評価においては天井スラブ及び床スラブについて断面の評価を行うことで、地震時の機能維持の確認を行う。機能維持の確認において、建物・構築物の構造強度の許容限界であるせん断ひずみを用いて算定した空気漏えい量が、設置する換気設備の性能を下回することで必要な気密性を維持する設計とする（「別紙 1 中央制御室の気密性に関する計算書」参照）。

それぞれの評価は、VI-2-2-5「制御室建物の地震応答計算書」及びVI-2-2-9「廃棄物処理建物の地震応答計算書」の結果を踏まえたものとする。評価にあたっては材料物性の不確かさを考慮する。

重大事故等対処施設としての評価においては、S s地震時に対する評価を行う。ここで、中央制御室バウンダリでは、運転時、設計基準事故時及び重大事故等時の状態において、圧力、温度等の条件について有意な差異がないことから、重大事故等対処施設としての評価は、設計基準対象施設としての評価と同一となる。

中央制御室バウンダリの評価フローを図 6-3 に示す。



注記\* : VI-2-2-5「制御室建物の地震応答計算書」及びVI-2-2-9「廃棄物処理建物の地震応答計算書」の結果を踏まえた評価を行う。

図 6-3 中央制御室バウンダリの評価フロー

#### 6.4 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 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 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 -1991 追補版 ((社) 日本電気協会)
- ・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)
- ・2015 年版 建築物の構造関係技術基準解説書 (国土交通省国土技術政策総合研究所・国立研究開発法人建築研究所)
- ・発電用原子力設備規格 コンクリート製原子炉格納容器規格 ((社) 日本機械学会, 2003)

7. 地震応答解析による評価方法（中央制御室バウンダリ）

中央制御室バウンダリの気密性の維持については、VI-2-2-5「制御室建物の地震応答計算書」及びVI-2-2-9「廃棄物処理建物の地震応答計算書」に基づき、材料物性の不確かさを考慮した耐震壁の最大応答せん断ひずみが許容限界を超えないことを確認する。

地震応答解析による評価における中央制御室バウンダリの許容限界は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、表7-1及び表7-2のとおり設定する。

表7-1 地震応答解析による評価における許容限界  
(設計基準対象施設としての評価)

要求機能	機能設計上の性能目標	地震力	部位	機能維持のための考え方	許容限界(評価基準値)
気密性	換気性能とあいまって気密性能を維持すること	基準地震動 S <sub>s</sub>	耐震壁* <sup>1</sup>	最大応答せん断ひずみが気密性を維持するための許容限界を超えないことを確認	せん断ひずみ 2.0×10 <sup>-3</sup> * <sup>2</sup>

注記\*1: 建物全体としては、耐震壁で地震力を全て負担する構造となっており、剛性の高い耐震壁の変形に追従する柱、はり、間仕切壁等の部材の層間変形は十分小さいこと、また、全体に剛性の高い構造となっており複数の耐震壁間の相対変形が小さく床スラブの変形が抑えられることから、各層の耐震壁の最大応答せん断ひずみが許容限界を満足していれば、建物・構築物に要求される機能は維持される。

\*2: 事故時に換気性能とあいまって居住性を維持できる気密性を有する設計とし、地震時においてもその機能を維持できる設計とする。耐震壁の気密性に対する許容限界の適用性は、「別紙1 中央制御室の気密性に関する計算書」に示す。

表 7-2 地震応答解析による評価における許容限界  
(重大事故等対処施設としての評価)

要求機能	機能設計上の性能目標	地震力	部位	機能維持のための考え方	許容限界(評価基準値)
気密性	換気性能とあいまって気密性を維持すること	基準地震動 S s	耐震壁*1	最大応答せん断ひずみが気密性を維持するための許容限界を超えないことを確認	せん断ひずみ $2.0 \times 10^{-3}$ *2

注記\*1: 建物全体としては、耐震壁で地震力を全て負担する構造となっており、剛性の高い耐震壁の変形に追従する柱、はり、間仕切壁等の部材の層間変形は十分小さいこと、また、全体に剛性の高い構造となっており複数の耐震壁間の相対変形が小さく床スラブの変形が抑えられることから、各層の耐震壁の最大応答せん断ひずみが許容限界を満足していれば、建物・構築物に要求される機能は維持される。

\*2: 事故時に換気性能とあいまって居住性を維持できる気密性を有する設計とし、地震時においてもその機能を維持できる設計とする。耐震壁の気密性に対する許容限界の適用性は、「別紙 1 中央制御室の気密性に関する計算書」に示す。



## 8. 応力解析による評価方法（中央制御室バウンダリ）

### 8.1 評価対象部位及び評価方針

中央制御室バウンダリの応力解析による評価対象部位は、中央制御室バウンダリを構成する天井スラブ及び床スラブとし、3次元FEMモデルを用いた弾塑性応力解析又は弾性応力解析により評価を行う。評価にあたっては、VI-2-2-5「制御室建物の地震応答計算書」及びVI-2-2-9「廃棄物処理建物の地震応答計算書」による結果を用いて、荷重の組合せを行う。

#### 8.1.1 S s 地震時に対する評価

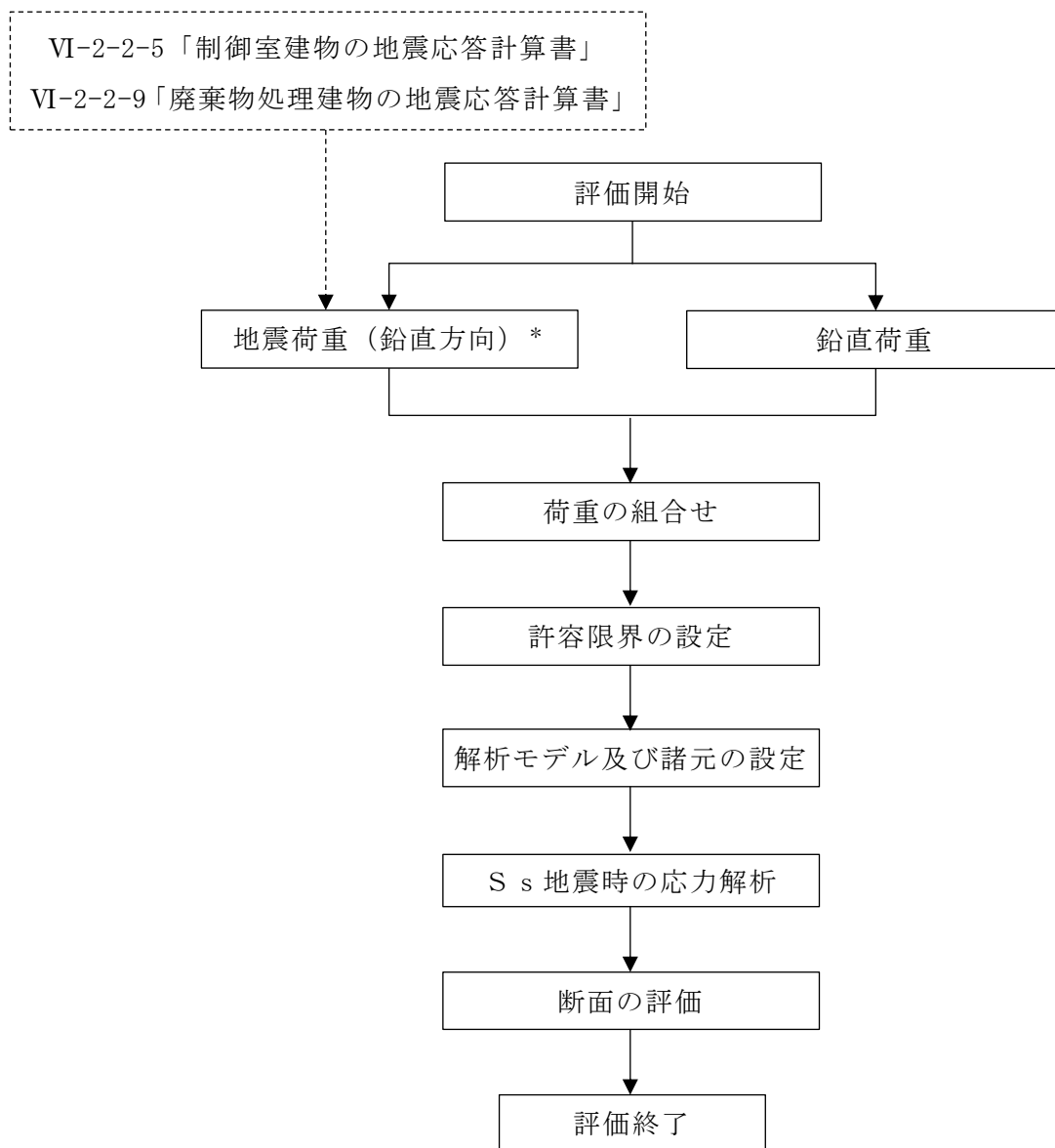
制御室建物の天井スラブのS s地震時に対する評価は3次元FEMモデルを用いた弾塑性応力解析とし、材料物性の不確かさを考慮した基準地震動S sによる鉛直方向の地震力と地震力以外の荷重の組合せの結果、発生する応力が「RC-N規準」に基づき設定した許容限界を超えないことを確認する。

廃棄物処理建物の天井スラブ並びに制御室建物及び廃棄物処理建物の床スラブのS s地震時に対する評価は弾性応力解析とし、材料物性の不確かさを考慮した基準地震動S sによる鉛直方向の地震力と地震力以外の荷重の組合せの結果により発生する応力が、「RC-N規準」に基づき設定した許容限界を超えないことを確認する。

廃棄物処理建物の天井スラブ並びに制御室建物及び廃棄物処理建物の床スラブの評価については、各断面についてスラブの検定値が最も大きい部材を選定して示す。

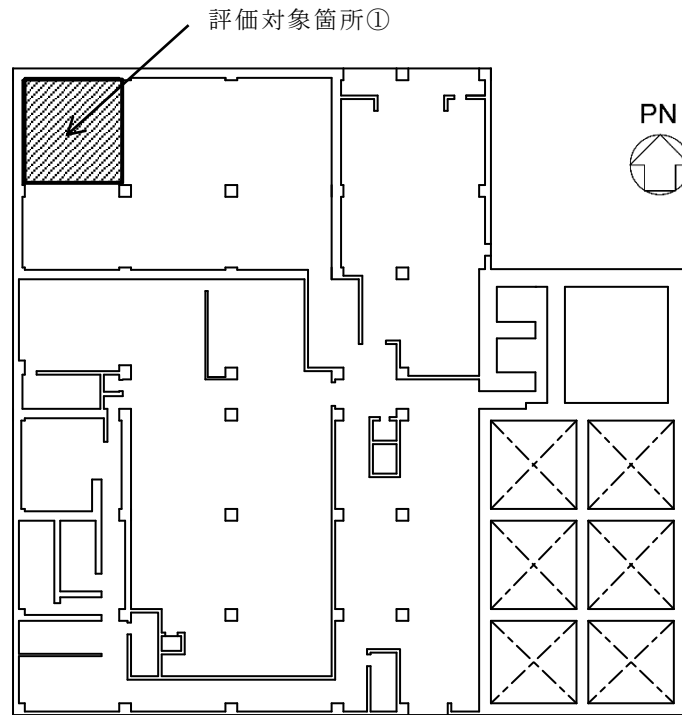
応力解析による評価フローを図8-1に、選定した部材を図8-2に示す。

なお、水平方向の地震荷重に対する評価は、建物全体が剛性の高い構造となっており、耐震壁間での相対変形が小さく、スラブの面内変形が抑えられることから、地震応答解析による評価に含まれる。

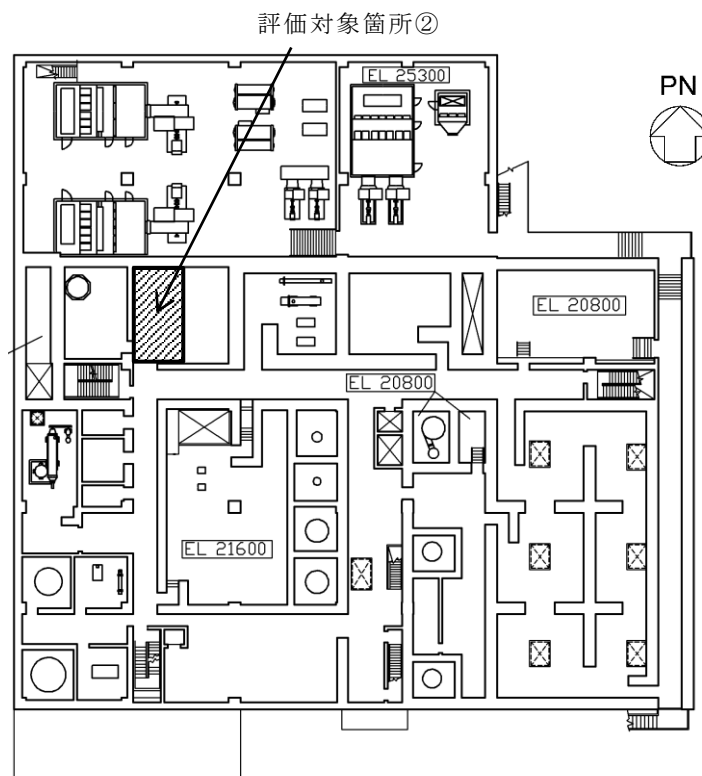


注記\*：材料物性の不確かさを考慮する。

図 8-1 天井スラブ及び床スラブの応力解析による評価フロー



(a) 天井スラブ（廃棄物処理建物，EL 32.0m）



(b) 天井スラブ（廃棄物処理建物，EL 22.1m）

図 8-2(1) 天井スラブ及び床スラブの評価を記載する部材の位置

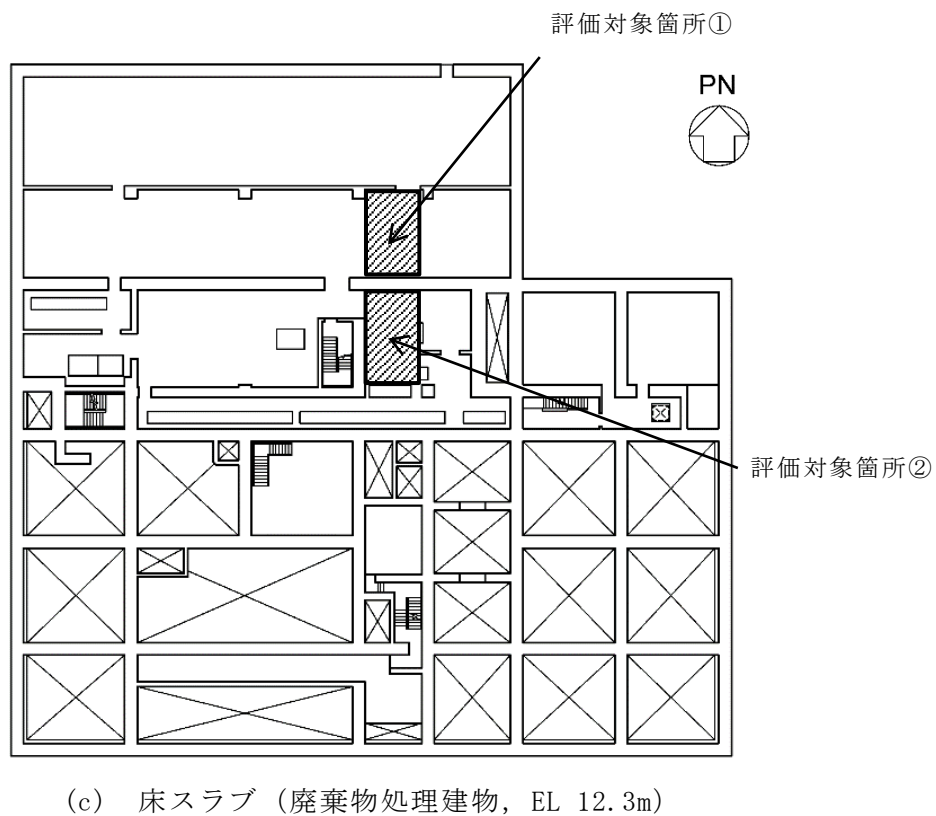


図 8-2(2) 天井スラブ及び床スラブの評価を記載する部材の位置

## 8.2 荷重及び荷重の組合せ

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

### 8.2.1 荷重

#### (1) 鉛直荷重

鉛直荷重として、固定荷重（G）、積載荷重（P）及び積雪荷重（SNL）を考慮する。積雪荷重（SNL）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35.0cmとし、積雪量1cmごとに20N/m<sup>2</sup>の積雪荷重が作用することを考慮し設定する。

#### (2) 地震荷重（S<sub>s</sub>）

地震荷重（S<sub>s</sub>）は基準地震動S<sub>s</sub>に対する制御室建物及び廃棄物処理建物の質点系モデルの各レベルの応答に基づく鉛直震度を算定する。

なお、鉛直震度は材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果を包絡したものとする。

### 8.2.2 荷重の組合せ

荷重の組合せを表8-1に示す。

表 8-1 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
S <sub>s</sub> 地震時	G + P + SNL* + S <sub>s</sub>

G : 固定荷重

P : 積載荷重

SNL : 積雪荷重

S<sub>s</sub> : 地震荷重

注記\* : 積雪荷重（SNL）は、積雪荷重が作用する屋外に面する天井スラブに対して考慮する。

### 8.3 許容限界

応力解析による評価における中央制御室バウンダリの許容限界は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に記載の機能維持の基本方針に基づき、表8-2及び表8-3のとおり設定する。

また、コンクリート及び鉄筋の許容応力度を表8-4及び表8-5に示す。

表8-2 応力解析による評価における許容限界  
(設計基準対象施設としての評価)

要求機能	機能設計上の性能目標	地震力	部位	機能維持のための考え方	許容限界(評価基準値)
気密性	換気性能とあいまって気密性能を維持すること	基準地震動 S <sub>s</sub>	天井スラブ及び床スラブ	部材に生じる応力が気密性を維持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\*：地震時に生じる応力に対して許容応力度設計とし、地震時及び地震後においても気密性を維持できる設計とする。

表8-3 応力解析による評価における許容限界  
(重大事故等対処施設としての評価)

要求機能	機能設計上の性能目標	地震力	部位	機能維持のための考え方	許容限界(評価基準値)
気密性	換気性能とあいまって気密性能を維持すること	基準地震動 S <sub>s</sub>	天井スラブ及び床スラブ	部材に生じる応力が気密性を維持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\*：地震時に生じる応力に対して許容応力度設計とし、地震時及び地震後においても気密性を維持できる設計とする。

表 8-4 コンクリートの短期許容応力度

(a) 制御室建物

(単位：N/mm<sup>2</sup>)

設計基準強度 F <sub>c</sub>	圧縮	せん断
22.1	14.6	1.06

(b) 廃棄物処理建物

(単位：N/mm<sup>2</sup>)

設計基準強度 F <sub>c</sub>	圧縮	せん断
23.5	15.6	1.08

表 8-5 鉄筋の許容応力度（制御室建物及び廃棄物処理建物）

(単位：N/mm<sup>2</sup>)

種別	引張及び 圧縮	せん断
SD35 (SD345 相当)	345	345

## 8.4 解析モデル及び諸元

### 8.4.1 制御室建物の天井スラブ

制御室建物の天井スラブの応力解析は、3次元FEMモデルを用いた弾塑性応力解析とする。

解析モデル及び諸元は「4.4.1 天井スラブ」と同一とする。

### 8.4.2 廃棄物処理建物の天井スラブ並びに制御室建物及び廃棄物処理建物の床スラブ

#### (1) モデル化の基本方針

天井スラブ及び床スラブは、天井スラブ及び床スラブの辺長比及び周囲の境界条件を考慮して、両端固定はり、三辺固定・一辺自由版又は四辺固定版として評価する。

#### (2) 解析諸元

使用材料の物性値を表8-6に示す。

表8-6 使用材料の物性値

#### (a) 制御室建物

コンクリートの 設計基準強度 Fc (N/mm <sup>2</sup> )	ヤング係数 E (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比 ν
22.1	2.20×10 <sup>4</sup>	0.2

#### (b) 廃棄物処理建物

コンクリートの 設計基準強度 Fc (N/mm <sup>2</sup> )	ヤング係数 E (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比 ν
23.5	2.25×10 <sup>4</sup>	0.2



## 8.5 応力評価方法

### 8.5.1 制御室建物の天井スラブ

制御室建物の天井スラブについて、 $S_s$ 地震時に対して3次元FEMモデルを用いた弾塑性応力解析を実施する。

#### (1) 荷重ケース

$S_s$ 地震時の応力は、次の荷重を組み合わせて求める。 $S_s$ 地震荷重（鉛直方向）は、「4.5.1 天井スラブ」と同一とする。

- G : 固定荷重
- P : 積載荷重
- SNL : 積雪荷重
- $S_{sUD}$  :  $S_s$ 地震荷重（鉛直方向）

#### (2) 荷重の組合せケース

荷重の組合せケースを表8-7に示す。

鉛直地震力は、固定荷重及び積雪荷重と同じ載荷方向となる下向き方向に作用させるものとする。

表8-7 荷重の組合せケース（天井スラブ）

外力の状態	荷重の組合せ
$S_s$ 地震時	$G + P + SNL + 1.0S_{sUD}$

#### (3) 荷重の入力方法

##### a. 地震荷重

鉛直地震力については、3次元FEMモデルの各節点における鉛直震度により支配面積に応じた節点荷重として入力する。

##### b. 地震荷重以外の荷重

地震荷重以外の荷重については、3次元FEMモデルの各節点又は各要素に、集中荷重又は分布荷重として入力する。

## 8.5.2 廃棄物処理建物の天井スラブ並びに制御室建物及び廃棄物処理建物の床スラブ

### (1) 荷重ケース

S s 地震時の応力は、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。鉛直震度算定のための最大応答鉛直加速度は、VI-2-2-5「制御室建物の地震応答計算書」及びVI-2-2-9「廃棄物処理建物の地震応答計算書」による。なお、対象とするスラブは十分な剛性（固有振動数 20Hz 以上）を有していることから、共振は考慮しない。最大応答鉛直加速度及び鉛直震度を表 8-8 に示す。

- G : 固定荷重
- P : 積載荷重
- S s <sub>U D</sub> : S s 地震荷重（鉛直方向）

表 8-8(1) 最大応答鉛直加速度及び鉛直震度 (制御室建物)

EL (m)	ケース	最大応答 鉛直加速度 ( $\text{cm/s}^2$ )	鉛直震度
16.9	S s - N 2 (ケース 2)	861	0.88
12.8	S s - N 2 (ケース 2)	760	0.78

表 8-8(2) 最大応答鉛直加速度及び鉛直震度 (廃棄物処理建物)

EL (m)	ケース	最大応答 鉛直加速度 ( $\text{cm/s}^2$ )	鉛直震度
32.0	S s - D (ケース 4)	944	0.97
22.1	S s - D (ケース 2)	898	0.92
15.3	S s - D (ケース 1)	752	0.77
12.3	S s - D (ケース 1)	680	0.70

## (2) 荷重の組合せケース

荷重の組合せケースを表 8-9 に示す。

鉛直地震力は、固定荷重及び積雪荷重と同じ載荷方向となる下向き方向に作用させるものとする。

表 8-9 荷重の組合せケース (天井スラブ及び床スラブ)

外力の状態	荷重の組合せ
S <sub>s</sub> 地震時	G + P + 1.0 S <sub>s</sub> U <sub>D</sub>

## (3) 応力算出方法

等分布荷重を受ける両端固定はり及び四辺固定版の曲げモーメント及びせん断力は下式により求める。また、等分布荷重を受ける三辺固定・一辺自由版の曲げモーメント及びせん断力は、計算図表 (引用文献(3)参照) を用いて求める。

(両端固定はり)

- ・ 端部曲げモーメント ( $M_E$ )

$$M_E = -\frac{1}{12} \cdot w \cdot l^2$$

- ・ 中央部曲げモーメント ( $M_C$ )

$$M_C = \frac{1}{24} \cdot w \cdot l^2$$

- ・ 端部せん断力 ( $Q_E$ )

$$Q_E = 0.5 \cdot w \cdot l$$

ここで、

l : 有効スパン (m)

w : 等分布荷重 (kN/m)

(四辺固定版)

- 短辺方向の端部曲げモーメント ( $M_{X1}$ )

$$M_{X1} = -\frac{1}{12} \cdot w_X \cdot l_X^2$$

- 短辺方向の中央部曲げモーメント ( $M_{X2}$ )

$$M_{X2} = \frac{1}{18} \cdot w_X \cdot l_X^2$$

- 短辺方向のせん断力 ( $Q_X$ )

$$Q_X = 0.52 \cdot w \cdot l_X$$

- 長辺方向の端部曲げモーメント ( $M_{Y1}$ )

$$M_{Y1} = -\frac{1}{24} \cdot w \cdot l_X^2$$

- 長辺方向の中央部曲げモーメント ( $M_{Y2}$ )

$$M_{Y2} = \frac{1}{36} \cdot w \cdot l_X^2$$

- 長辺方向のせん断力 ( $Q_Y$ )

$$Q_Y = 0.46 \cdot w \cdot l_X$$

ここで,

$l_X$  : 短辺有効スパン (m)

$l_Y$  : 長辺有効スパン (m)

$w$  : 等分布荷重 (kN/m<sup>2</sup>)

$$w_X = \frac{l_Y^4}{l_X^4 + l_Y^4} \cdot w$$

## 8.6 断面の評価方法

### 8.6.1 制御室建物の天井スラブ

天井スラブの評価対象箇所は、中央制御室バウンダリの範囲の天井スラブとし、断面の評価は以下の方法で行う。

軸力及び曲げモーメントによる鉄筋の引張応力度並びに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。

#### (1) 軸力及び曲げモーメントに対する断面の評価方法

軸力及び曲げモーメントによる鉄筋の引張応力度が、表 8-5 に示す短期許容応力度を超えないことを確認する。

#### (2) 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」に基づき行う。

面外せん断力が、次式を基に算定した許容面外せん断力を超えないことを確認する。

$$Q_A = b \cdot j \cdot \{ \alpha \cdot f_s + 0.5 \cdot w f_t (p_w - 0.002) \}$$

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)

$\alpha$  : 許容せん断力の割増し係数

(2 を超える場合は 2, 1 未満の場合は 1 とする。また、引張軸応力度が  $2N/mm^2$  を超える場合は 1 とする。)

$$\alpha = \frac{4}{M / (Q \cdot d) + 1}$$

$M$  : 曲げモーメント ( $N \cdot mm$ )

$Q$  : 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で、表 8-4 に示す値 ( $N/mm^2$ )

$w f_t$  : せん断補強筋の短期許容引張応力度で、表 8-5 に示す値 ( $N/mm^2$ )

$p_w$  : 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 ( $mm^2$ )

$x$  : 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。

(なお, 天井スラブには, 面外せん断補強筋は入っていない。)

8.6.2 廃棄物処理建物の天井スラブ並びに制御室建物及び廃棄物処理建物の床スラブ  
天井スラブ及び床スラブの評価対象箇所は、中央制御室バウンダリの範囲の天井スラブ及び床スラブとし、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。

(1) 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部位に生じる曲げモーメントによる鉄筋応力度が、許容限界を超えないことを確認する。

$$\sigma_t = \frac{M}{a_t \cdot j}$$

ここで、

$\sigma_t$  : 鉄筋の引張応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

M : 曲げモーメント (N・mm)

$a_t$  : 引張鉄筋断面積 (mm<sup>2</sup>)

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)

(2) 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、評価対象部位に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。

$$Q_A = b \cdot j \cdot \{ \alpha \cdot f_s + 0.5 \cdot f_t \cdot (p_w - 0.002) \}$$

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)

$\alpha$  : 許容せん断力の割増し係数

(2 を超える場合は 2, 1 未満の場合は 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で、表 8-4 に示す値  
( $\text{N}/\text{mm}^2$ )

$w f_t$  : せん断補強筋の短期許容引張応力度で、表 8-5 に示す値  
( $\text{N}/\text{mm}^2$ )

$p_w$  : 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 ( $\text{mm}^2$ )

$x$  : 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。

(なお、天井スラブ及び床スラブには、面外せん断補強筋は入っていない。)

## 9. 評価結果（中央制御室バウンダリ）

### 9.1 地震応答解析による評価結果

鉄筋コンクリート造耐震壁について、制御室建物及び廃棄物処理建物における  $S_s$  地震時の各層の最大応答せん断ひずみが許容限界 ( $2.0 \times 10^{-3}$ ) を超えないことを確認する。

制御室建物の材料物性の不確かさを考慮した最大応答せん断ひずみは  $0.43 \times 10^{-3}$  (NS方向,  $S_s - D$ , ケース 1, 要素番号 2) であり, 許容限界 ( $2.0 \times 10^{-3}$ ) を超えないことを確認した。

また, 廃棄物処理建物の材料物性の不確かさを考慮した最大応答せん断ひずみは  $0.42 \times 10^{-3}$  (NS方向,  $S_s - D$ , ケース 2, 要素番号 7) であり, 許容限界 ( $2.0 \times 10^{-3}$ ) を超えないことを確認した。

各要素の耐震壁の最大応答せん断ひずみ一覧を表 9-1 及び表 9-2 に示す。各表において, 各要素の最大応答せん断ひずみのうち最も大きい値について, せん断スケルトン曲線上にプロットした図を図 9-1 及び図 9-2 に示す。

表 9-1(1) 最大応答せん断ひずみ一覧 (制御室建物) (NS方向)

EL (m)	要素番号	最大応答せん断ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	許容限界 ( $\times 10^{-3}$ )
22.05~16.9	1	0.33	2.0
16.9~12.8	2	0.43	

注：ハッチングは各要素の最大応答せん断ひずみのうち最も大きい値を表示。

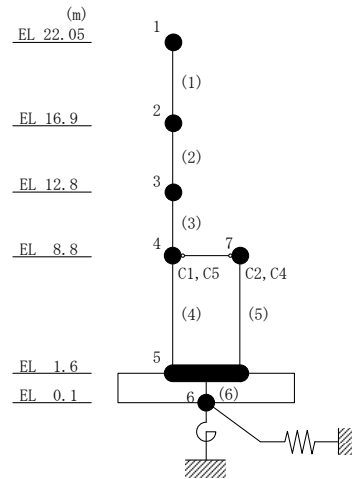


表 9-1(2) 最大応答せん断ひずみ一覧 (制御室建物) (EW方向)

EL (m)	要素番号	最大応答せん断ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	許容限界 ( $\times 10^{-3}$ )
22.05~16.9	1	0.16	2.0
16.9~12.8	2	0.40	

注：ハッチングは各要素の最大応答せん断ひずみのうち最も大きい値を表示。

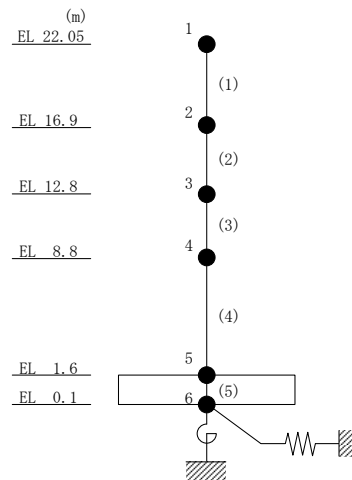


表 9-2(1) 最大応答せん断ひずみ一覧 (廃棄物処理建物) (N S 方向)

EL (m)	要素 番号	最大応答せん断 ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	許容限界 ( $\times 10^{-3}$ )
32.0~26.7	3	0.17	2.0
26.7~22.1	4	0.20	
22.1~16.9	5	0.27	
16.9~15.3	6	0.40	
15.3~12.3	7	0.42	

注：ハッチングは各要素の最大応答せん断ひずみのうち最も大きい値を表示。

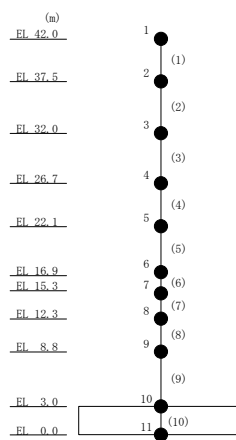
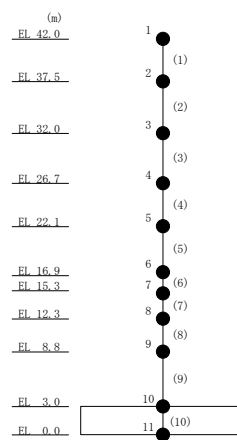
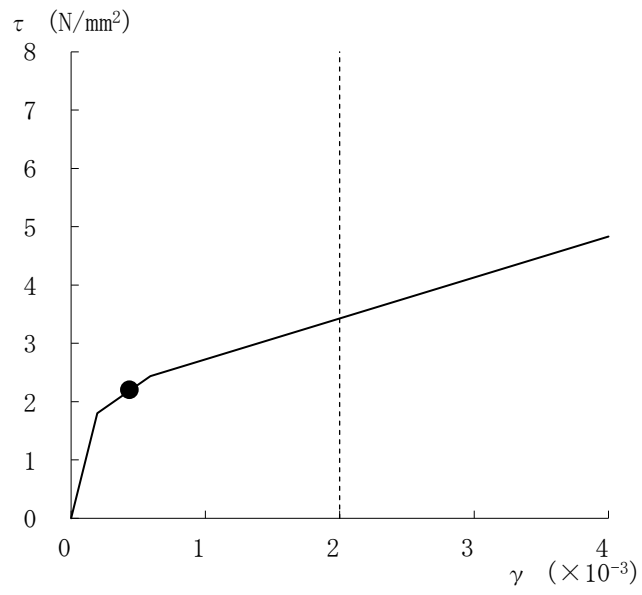


表 9-2(2) 最大応答せん断ひずみ一覧 (廃棄物処理建物) (E W方向)

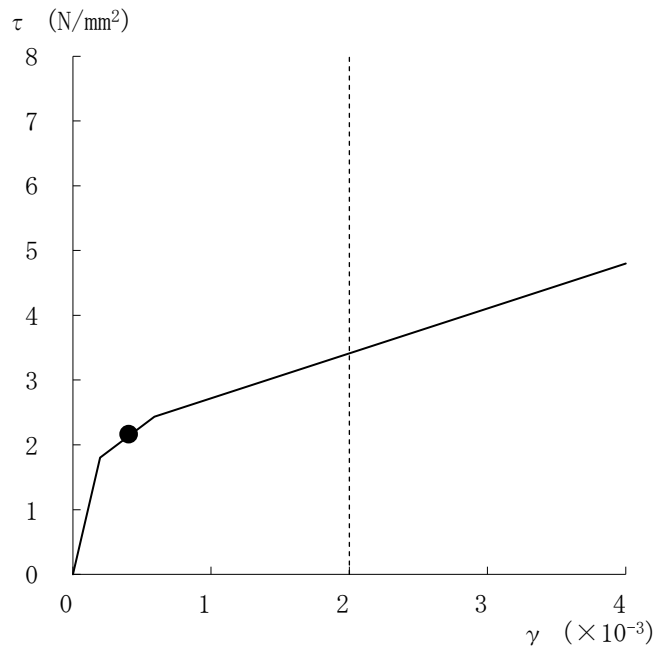
EL (m)	要素 番号	最大応答せん断 ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	許容限界 ( $\times 10^{-3}$ )
32.0~26.7	3	0.15	2.0
26.7~22.1	4	0.28	
22.1~16.9	5	0.31	
16.9~15.3	6	0.34	
15.3~12.3	7	0.21	

注：ハッチングは各要素の最大応答せん断ひずみのうち最も大きい値を表示。



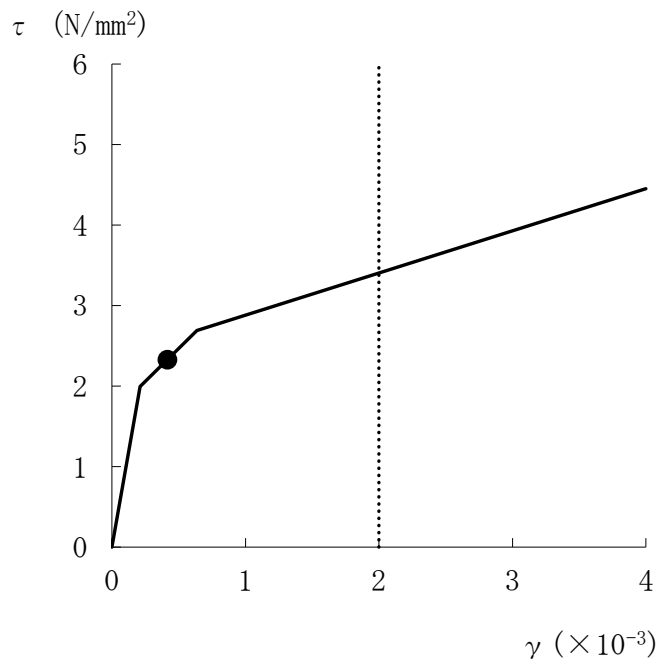


(a) NS方向 (S s -D, ケース 1, 要素番号 2)

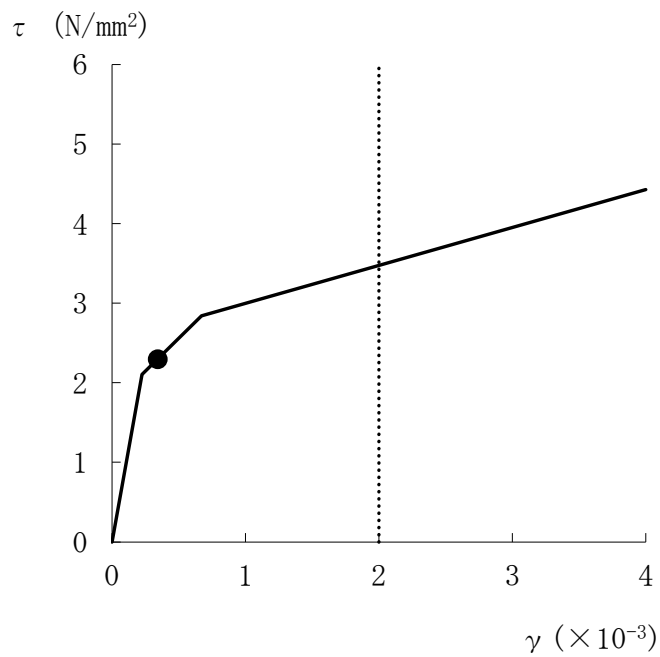


(b) EW方向 (S s -D, ケース 3, 要素番号 2)

図 9-1 せん断スケルトン曲線上の最大応答せん断ひずみ  
(制御室建物)



(a) NS方向 (S<sub>s</sub>-D, ケース 2, 要素番号 7)



(b) EW方向 (S<sub>s</sub>-D, ケース 2, 要素番号 6)

図 9-2 せん断スケルトン曲線上の最大応答せん断ひずみ  
(廃棄物処理建物)

## 9.2 応力解析による評価結果

### 9.2.1 制御室建物の天井スラブの評価結果

「8.6 断面の評価方法」に基づいた断面の評価結果を以下に示す。

断面の評価結果を記載する要素は、軸力及び曲げモーメントによる鉄筋引張応力度並びに面外せん断力に対する評価において、発生値に対する許容値の割合が最小となる要素とする。

選定した要素の位置を図 9-3 に、天井スラブの評価結果を表 9-3 に示す。

制御室建物の天井スラブについては、S s 地震時において、軸力及び曲げモーメントによる鉄筋の引張応力度並びに面外せん断力が、各許容値を超えないことを確認した。



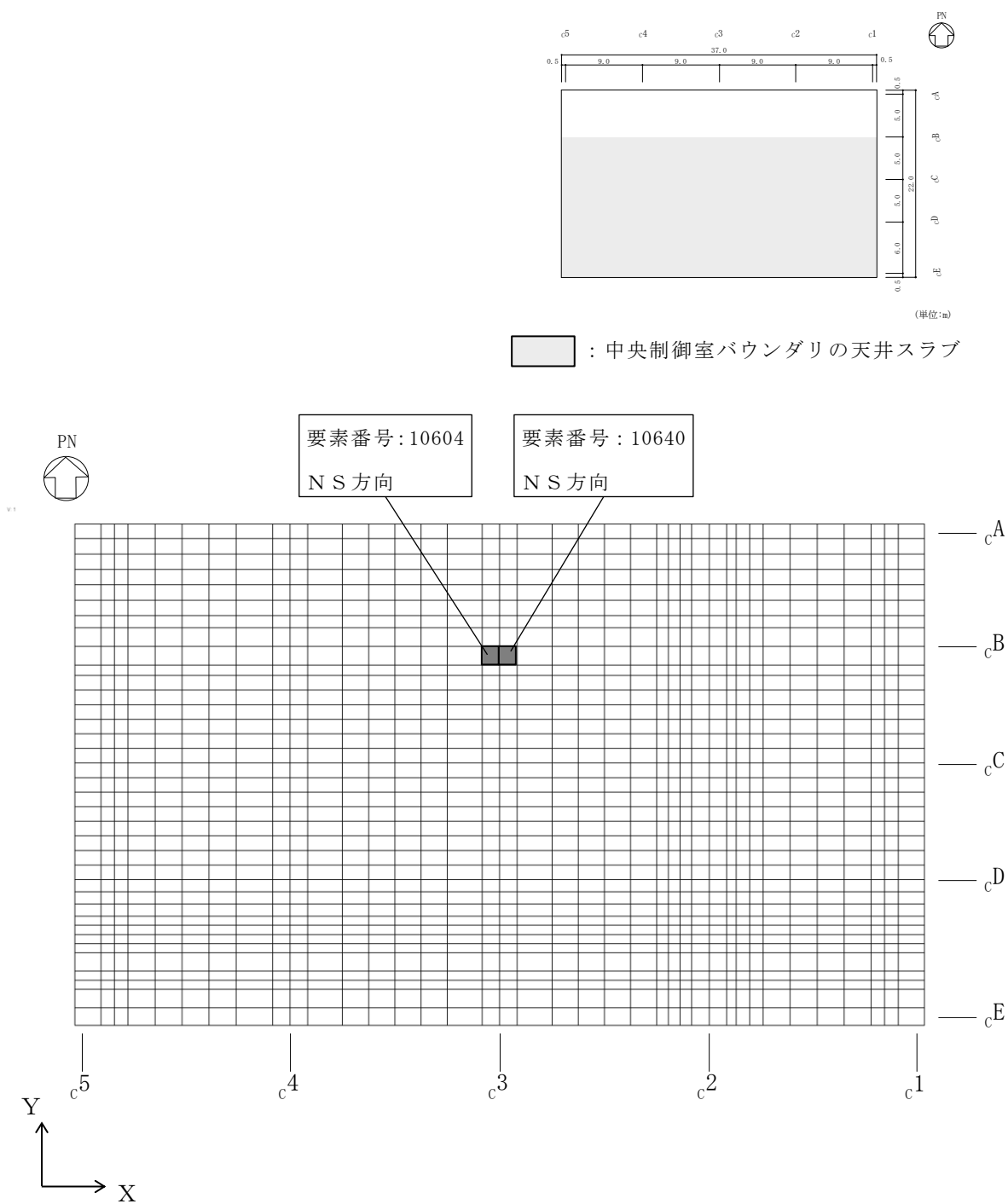


図 9-3 選定した要素の位置 (制御室建物の天井スラブ)

表 9-3 評価結果 (天井スラブ)

評価項目		方向	要素 番号	発生値	許容値
軸力 + 曲げモーメント	鉄筋引張応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	N S	10640	224	345
面外せん断力	面外せん断力 (×10 <sup>3</sup> kN/m)	N S	10604	0.960	1.30

9.2.2 廃棄物処理建物の天井スラブ並びに制御室建物及び廃棄物処理建物の床スラブの評価結果

天井スラブ及び床スラブの評価結果を表9-4及び表9-5に示す。

天井スラブ及び床スラブについては、S<sub>s</sub>地震時において、曲げモーメントに対する鉄筋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。

表9-4(1) 評価結果(天井スラブ①(廃棄物処理建物))

方向		短辺(EW)方向	長辺(NS)方向
EL (m)		32.0	
厚さ t (mm)		□	
有効せい d (mm)		□	□
配筋 (鉄筋断面積)	上ば筋	D19@200 (1435 mm <sup>2</sup> /m)	D19@200 (1435 mm <sup>2</sup> /m)
	下ば筋	D19@200 (1435 mm <sup>2</sup> /m)	D19@200 (1435 mm <sup>2</sup> /m)
曲げモーメント	発生曲げモーメント M (kN・m/m)	249.7	207.5
	鉄筋応力度 $\sigma_t$ (N/mm <sup>2</sup> )	269	233
	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )	345	345
	検定値	0.78	0.68
面外せん断力	発生せん断力 Q (kN/m)	312.0	276.0
	せん断スパン比による 割増し係数 $\alpha$	1.92	1.94
	許容限界 (kN/m)	1342.6	1301.6
	検定値	0.24	0.22
判定		可	可

表 9-4(2) 評価結果 (天井スラブ② (廃棄物処理建物))

方向		短辺 (EW) 方向
EL (m)		22.1
厚さ t (mm)		<input type="text"/>
有効せい d (mm)		<input type="text"/>
配筋 (鉄筋断面積)	上ば筋	D16@200 (995 mm <sup>2</sup> /m)
	下ば筋	D16@200 (995 mm <sup>2</sup> /m)
曲げモーメント	発生曲げモーメント M (kN・m/m)	42.4
	鉄筋応力度 $\sigma_t$ (N/mm <sup>2</sup> )	203
	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )	345
	検定値	0.59
面外せん断力	発生せん断力 Q (kN/m)	69.7
	せん断スパン比による 割増し係数 $\alpha$	1.13
	許容限界 (kN/m)	256.2
	検定値	0.28
判定		可

表 9-5(1) 評価結果 (床スラブ① (廃棄物処理建物))

方向		短辺 (EW) 方向	長辺 (NS) 方向
EL (m)		12.3	
厚さ t (mm)		□	
有効せい d (mm)		□	□
配筋 (鉄筋断面積)	上ば筋	D13@200 (635 mm <sup>2</sup> /m)	D13@200 (635 mm <sup>2</sup> /m)
	下ば筋	D13@200 (635 mm <sup>2</sup> /m)	D13@200 (635 mm <sup>2</sup> /m)
曲げモーメント	発生曲げモーメント M (kN・m/m)	42.1	28.3
	鉄筋応力度 $\sigma_t$ (N/mm <sup>2</sup> )	316	243
	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )	345	345
	検定値	0.92	0.71
面外せん断力	発生せん断力 Q (kN/m)	76.9	68.0
	せん断スパン比による 割増し係数 $\alpha$	1.22	1.34
	許容限界 (kN/m)	276.6	265.9
	検定値	0.28	0.26
判定		可	可

表 9-5(2) 評価結果 (床スラブ② (廃棄物処理建物))

方向		短辺 (EW) 方向	長辺 (NS) 方向
EL (m)		12.3	
厚さ t (mm)		□	
有効せい d (mm)		□	□
配筋 (鉄筋断面積)	上ば筋	D22@200 (1935 mm <sup>2</sup> /m)	D19@200 (1435 mm <sup>2</sup> /m)
	下ば筋	D22@200 (1935 mm <sup>2</sup> /m)	D19@200 (1435 mm <sup>2</sup> /m)
曲げモーメント	発生曲げモーメント M (kN・m/m)	69.7	39.2
	鉄筋応力度 $\sigma_t$ (N/mm <sup>2</sup> )	172	149
	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )	345	345
	検定値	0.50	0.44
面外せん断力	発生せん断力 Q (kN/m)	108.6	96.1
	せん断スパン比による 割増し係数 $\alpha$	1.09	1.36
	許容限界 (kN/m)	247.2	269.8
	検定値	0.44	0.36
判定		可	可

10. 引用文献

- (1) 長沼一洋：三軸圧縮下のコンクリートの応力～ひずみ関係，日本建築学会構造系論文集，第 474 号，1995.8
- (2) 出雲淳一，島弘，岡村甫：面内力を受ける鉄筋コンクリート板要素の解析モデル，コンクリート工学，Vol.25，No.9，1987.9
- (3) 「鉄筋コンクリート構造計算用資料集」（（社）日本建築学会，2002 年）

別紙 1 中央制御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. 中央制御室バウンダリ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 .....	6
3.2.1 壁面からの漏えい量 .....	6
3.3 空気流入率の比較 .....	8
3.4 検討結果 .....	8
4. まとめ .....	8

## 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 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 -1987」という。）では、S<sub>1</sub>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。

VI-2-1-9「機能維持の基本方針」の機能維持の設計方針では、耐震壁のせん断ひずみがおおむね弾性状態にとどまることを基本とした上で、おおむね弾性状態を超える場合は、地震応答解析による耐震壁のせん断ひずみから算定した空気漏えい量が、設置する換気設備の性能を下回ること必要な気密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施設に対し、基準地震動S<sub>s</sub>による鉄筋コンクリート造耐震壁の許容限界をせん断ひずみ $2.0 \times 10^{-3}$ としている。

中央制御室遮蔽の地震応答解析による評価において、耐震壁の許容限界として設定したせん断ひずみ $2.0 \times 10^{-3}$ 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、中央制御室空調換気系の処理対象となるバウンダリ（以下「中央制御室バウンダリ」という。）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、「J E A G 4 6 0 1 -1987」による許容限界の目安値（S<sub>2</sub>地震時に対してせん断変形角 $2/1000\text{rad}$ 、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率を算出し、気圧差維持のために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。さらに、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、中央制御室バウンダリを構成する壁が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」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、中央制御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。

$$Q = C \cdot \gamma^{2.57} \cdot \Delta P / T \dots\dots\dots (2.1)$$

ここで、

- Q : 単位面積あたりの流量 (L/min/m<sup>2</sup>)
- C : 定数  
(中央値は 2.24×10<sup>6</sup>, 95%非超過値は 1.18×10<sup>7</sup>, 5%非超過値は 4.21×10<sup>5</sup>)
- γ : 最大応答せん断ひずみ
- ΔP : 差圧 (mmAq)
- T : 壁厚 (cm)

$$\Delta Q = \left\{ (\alpha^2 - 1) \cdot \left( \frac{Q'}{Q_0} - 1 \right) - 1 \right\} \cdot \beta + 1 \dots\dots\dots (2.2)$$

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の比

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」

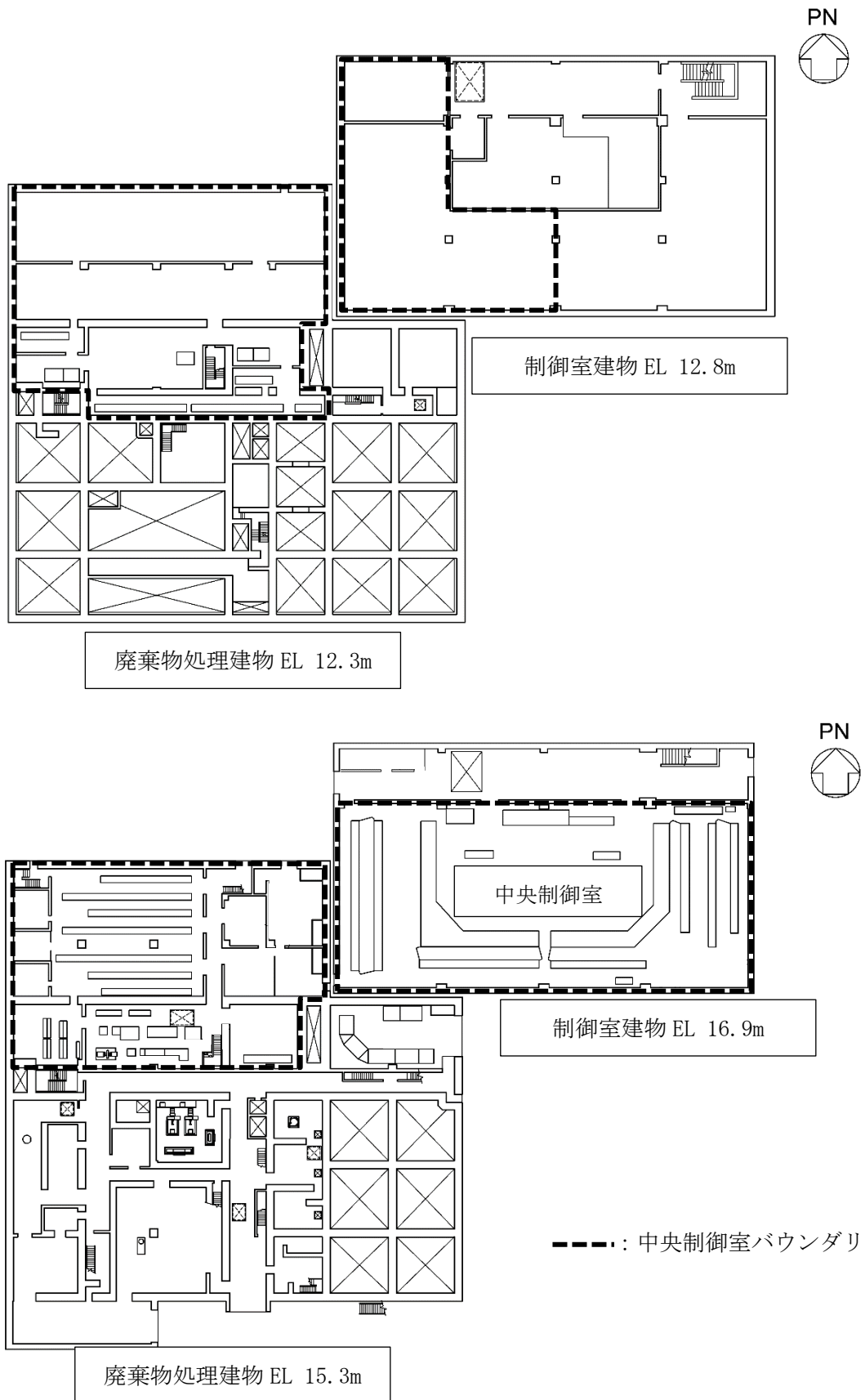
\*2: 財団法人 原子力発電技術機構「耐震安全解析コード改良試験 原子炉建屋の弾塑性試験 試験結果の評価に関する報告書 平成5年度」

### 3. 中央制御室バウンダリにおける空気漏えい量に対する影響検討

#### 3.1 検討方針

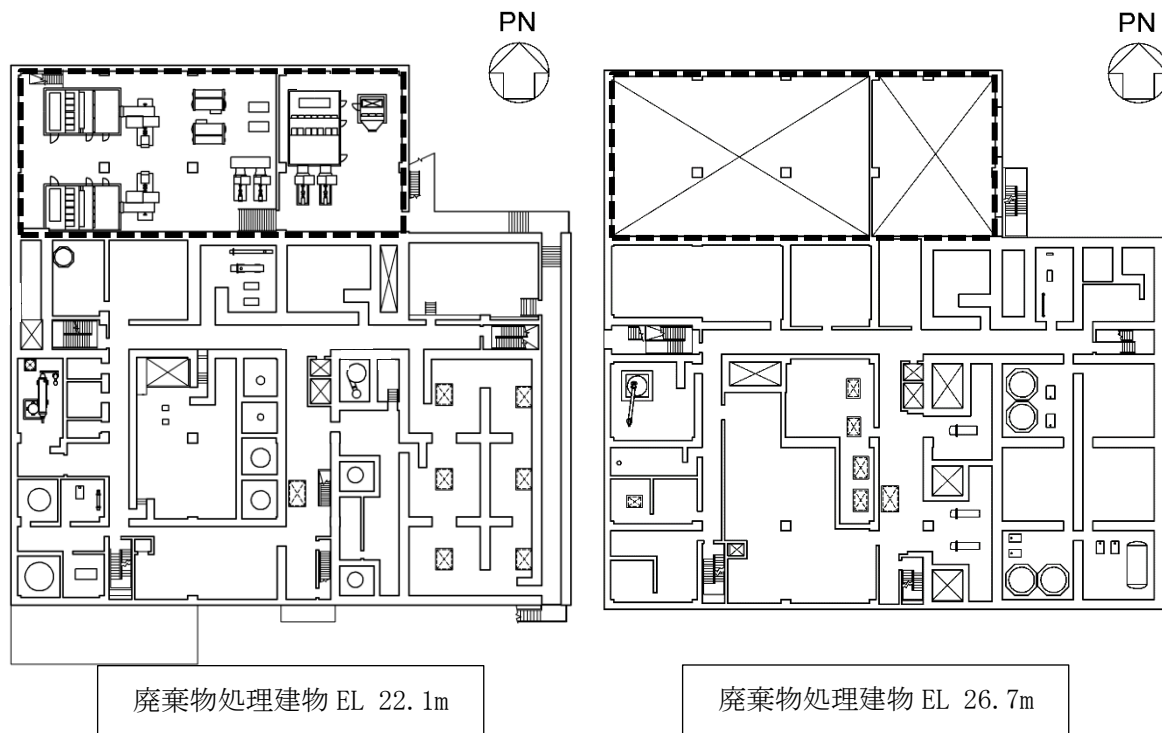
「原子炉建屋の弾塑性試験に関する報告書」に基づき、式(2.1)及び式(2.2)により、中央制御室バウンダリを構成する壁の最大応答せん断ひずみが許容限界( $2.0 \times 10^{-3}$ )に達したときの空気漏えい量を算定し、空気漏えい量から算出した空気流入率が、被ばく評価に用いる空気流入率(0.5回/h)を超えないことを確認する。ここで中央制御室バウンダリ内体積は $17150\text{m}^3$ とする。

中央制御室バウンダリの範囲を図3-1に示す。中央制御室バウンダリ(EL 12.3m~EL 32.0m)を構成する壁の壁厚は約  cm から約  cm である。



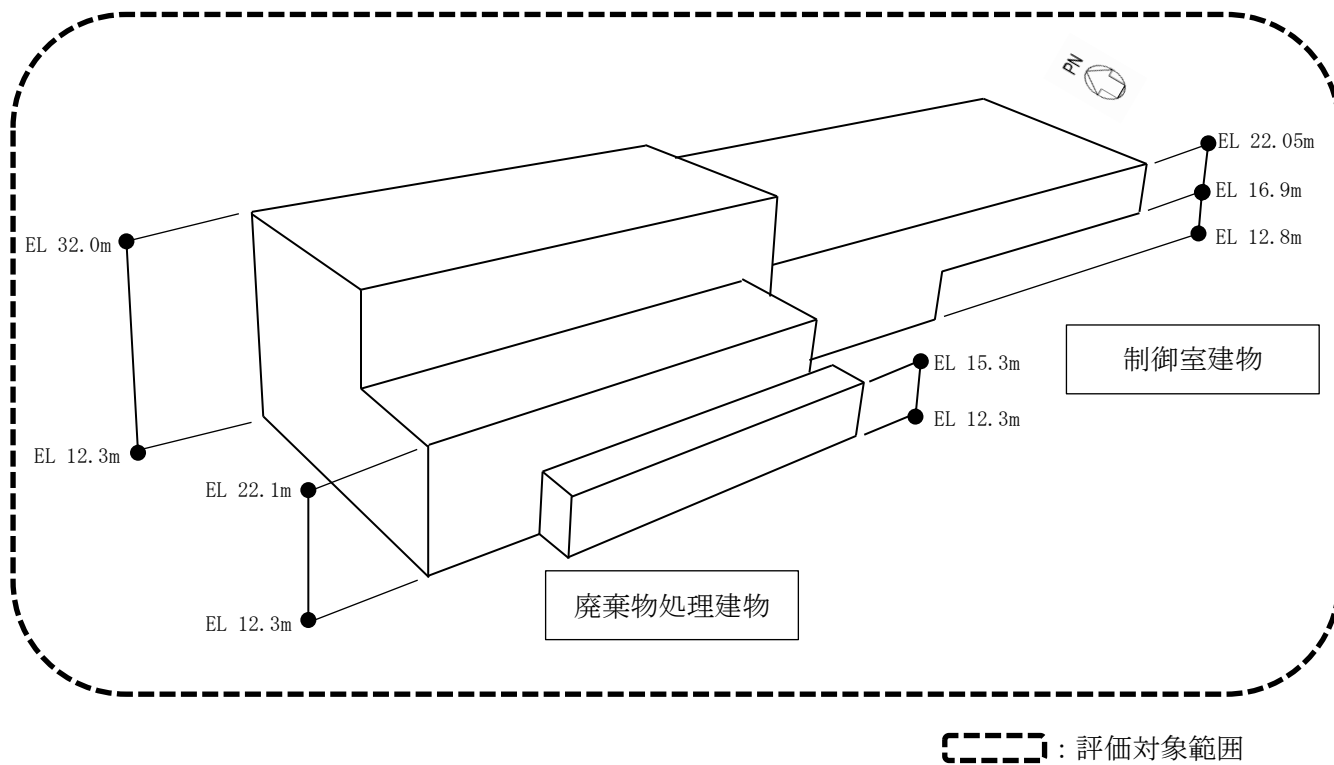
(a) 平面図 (EL 12.3m~EL 16.9m)

図 3-1(1) 中央制御室バウンダリの範囲



-----: 中央制御室バウンダリ

(b) 平面図 (EL 22.1m~EL 26.7m)



-----: 評価対象範囲

(c) 中央制御室バウンダリの概要

図 3-1(2) 中央制御室バウンダリの範囲

## 3.2 空気漏えい量の算定結果

### 3.2.1 壁面からの漏えい量

中央制御室バウンダリの壁厚ごとに空気漏えい量を算定した。本検討は、地震応答解析における耐震壁の許容限界としてせん断ひずみ  $2.0 \times 10^{-3}$  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。算定結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 算定結果（中央制御室バウンダリ）

EL (m)	壁厚 T (cm)	定数		*1 最大応答 せん断 ひずみ $\gamma$	*2 差圧 $\Delta P$ (mmAq)	*3 壁の 見付面積 A ( $m^2$ )	漏えい量 Q (L/min/ $m^2$ )	壁の見付面 積に対する 開口の総面 積の比 $\beta$	通気量 割増率 $\Delta Q$	総漏えい量 $Q \times A \times \Delta Q$ (L/min)
		C	$\frac{Q'}{Q_0}$							
12.3		$1.18 \times 10^7$	7.41	$2.0 \times 10^{-3}$	10.0	16	0.27	0.000	1.00	5
		$1.18 \times 10^7$	7.41	$2.0 \times 10^{-3}$	10.0	359	0.14	0.136	7.84	395
		$1.18 \times 10^7$	7.41	$2.0 \times 10^{-3}$	10.0	55	0.11	0.000	1.00	7
12.8		$1.18 \times 10^7$	7.41	$2.0 \times 10^{-3}$	10.0	87	0.91	0.387	20.46	1620
		$1.18 \times 10^7$	7.41	$2.0 \times 10^{-3}$	10.0	111	0.27	0.024	2.21	67
		$1.18 \times 10^7$	7.41	$2.0 \times 10^{-3}$	10.0	86	0.20	0.170	9.55	165
15.3		$1.18 \times 10^7$	7.41	$2.0 \times 10^{-3}$	10.0	9	0.27	0.000	1.00	3
		$1.18 \times 10^7$	7.41	$2.0 \times 10^{-3}$	10.0	38	0.17	0.000	1.00	7
		$1.18 \times 10^7$	7.41	$2.0 \times 10^{-3}$	10.0	138	0.14	0.052	3.61	70
		$1.18 \times 10^7$	7.41	$2.0 \times 10^{-3}$	10.0	24	0.11	0.000	1.00	3
16.9		$1.18 \times 10^7$	7.41	$2.0 \times 10^{-3}$	10.0	185	0.46	0.089	5.47	466
		$1.18 \times 10^7$	7.41	$2.0 \times 10^{-3}$	10.0	527	0.27	0.033	2.66	379
		$1.18 \times 10^7$	7.41	$2.0 \times 10^{-3}$	10.0	426	0.14	0.053	3.66	219
		$1.18 \times 10^7$	7.41	$2.0 \times 10^{-3}$	10.0	77	0.11	0.000	1.00	9
22.1		$1.18 \times 10^7$	7.41	$2.0 \times 10^{-3}$	10.0	182	0.23	0.000	1.00	42
		$1.18 \times 10^7$	7.41	$2.0 \times 10^{-3}$	10.0	78	0.20	0.000	1.00	16
		$1.18 \times 10^7$	7.41	$2.0 \times 10^{-3}$	10.0	78	0.17	0.000	1.00	14
		$1.18 \times 10^7$	7.41	$2.0 \times 10^{-3}$	10.0	83	0.15	0.000	1.00	13
		$1.18 \times 10^7$	7.41	$2.0 \times 10^{-3}$	10.0	99	0.10	0.009	1.45	15
26.7		$1.18 \times 10^7$	7.41	$2.0 \times 10^{-3}$	10.0	23	0.46	0.157	8.89	95
		$1.18 \times 10^7$	7.41	$2.0 \times 10^{-3}$	10.0	209	0.23	0.032	2.61	126
		$1.18 \times 10^7$	7.41	$2.0 \times 10^{-3}$	10.0	90	0.20	0.256	13.87	250
		$1.18 \times 10^7$	7.41	$2.0 \times 10^{-3}$	10.0	90	0.17	0.234	12.77	196
		$1.18 \times 10^7$	7.41	$2.0 \times 10^{-3}$	10.0	146	0.15	0.102	6.13	135
		$1.18 \times 10^7$	7.41	$2.0 \times 10^{-3}$	10.0	41	0.10	0.022	2.11	9
								合計		4326

注記\*1：保守的に各壁の最大応答せん断ひずみが同時に許容限界となることを想定し、評価する。

\*2：中央制御室空気流入率測定試験結果に基づいた保守的な値とする。

\*3：中央制御室バウンダリを構成する壁の総面積を用いる。



### 3.3 空気流入率の比較

総漏えい量から算出した空気流入率及び被ばく評価に用いる空気流入率の比較を表 3-2 に示す。中央制御室バウンダリについて総漏えい量から算出した空気流入率は、被ばく評価に用いる空気流入率の 4%程度であることを確認した。

表 3-2 総漏えい量から算出した空気流入率及び被ばく評価に用いる空気流入率の比較

総漏えい量から算出した空気流入率 (回/h)	被ばく評価用に用いる空気流入率 (回/h)
0.02*	0.5

注記\*：空気漏えい量の合計値を中央制御室バウンダリ内体積で除した数値  
(中央制御室バウンダリ内体積は 17150m<sup>3</sup> とする。)

### 3.4 検討結果

中央制御室バウンダリについて総漏えい量から算出した空気流入率は、被ばく評価に用いる空気流入率を超えないことを確認した。

よって、中央制御室バウンダリは、耐震壁の許容限界をせん断ひずみ  $2.0 \times 10^{-3}$  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

中央制御室バウンダリは、耐震壁の許容限界としてせん断ひずみ  $2.0 \times 10^{-3}$  を適用した場合において、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ことを確認した。

以上より、中央制御室遮蔽の地震応答解析による評価において、換気設備とあいまって気密性を維持するために設定する許容限界として、せん断ひずみ  $2.0 \times 10^{-3}$  を用いることの適用性を確認した。

#### 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	8
2.3 適用規格・基準等	9
2.4 記号の説明	10
2.5 計算精度と数値の丸め方	13
3. 評価部位	14
4. 応力解析及び構造強度評価	14
4.1 応力解析及び構造強度評価方法	14
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	14
4.3 解析モデル及び諸元	19
4.4 固有周期	21
4.5 設計用地震力	22
4.6 計算方法	23
4.7 計算条件	25
4.8 応力の評価	25
5. 評価結果	29
5.1 重大事故等対処設備としての評価結果	29

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は、制御室建物内にある中央制御室待避室の一部を構成している。制御室建物の設置位置を図2-1に示す。

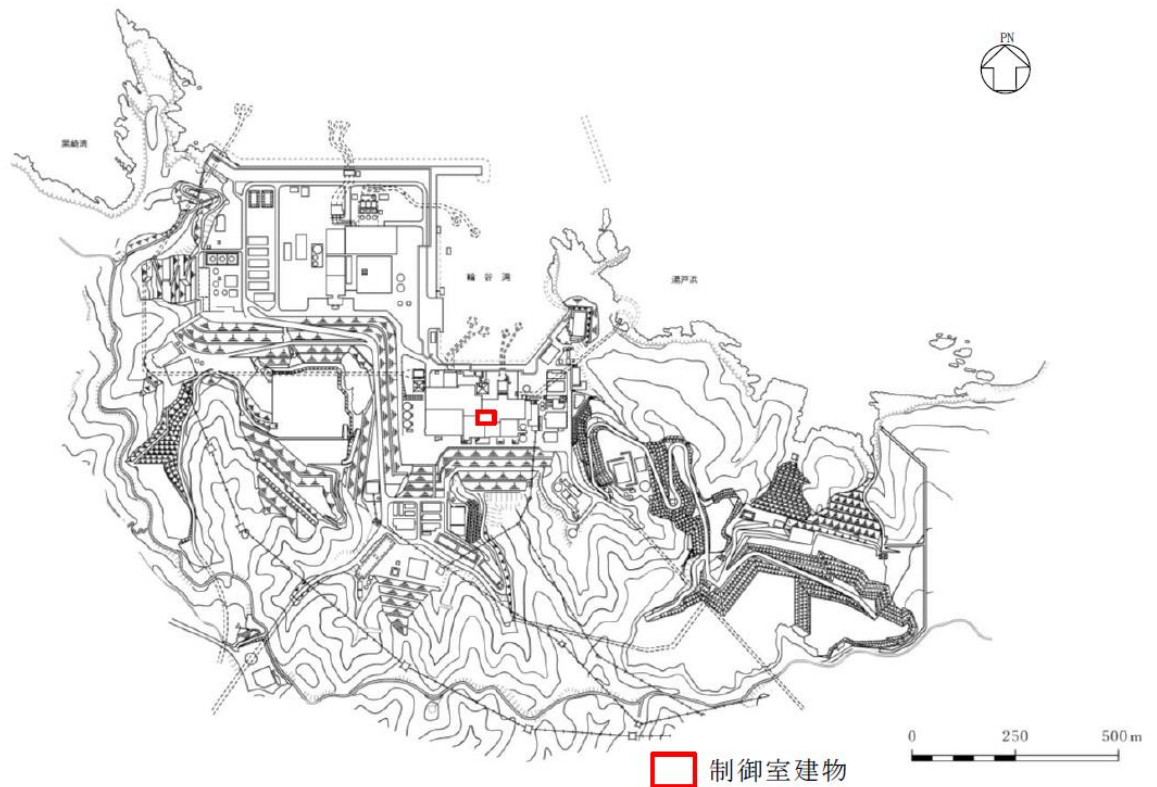


図2-1 中央制御室待避室遮蔽を含む制御室建物の設置位置

制御室建物は、4階建の鉄筋コンクリート造の建物である。

制御室建物の平面寸法は、22.0m\*（NS）×37.0m\*（EW）である。基礎スラブ底面からの高さは21.95mである。また、制御室建物は隣接する他の建物と構造的に分離している。

制御室建物の基礎は厚さ1.5mのべた基礎で、岩盤に直接設置している。

建物に加わる地震時の水平力はすべて耐震壁に負担させている。

中央制御室待避室は、制御室建物の4階に位置する。

中央制御室待避室を構成する主要な部材とその仕様及び接合方法を、表2-1に示す。

注記\*：建物寸法は壁外面寸法とする。

表 2-1 中央制御室待避室を構成する主要な部材

No.	部材	材料	仕様	接合方法	機能
①	構造フレーム (鉄骨)	SS400	H形鋼, 溝形鋼	中央制御室遮蔽(壁)に, 基礎ボルト(ケミカルアンカ)にて固定 構造フレーム(鉄骨)同士は, 構造フレーム接合部高力ボルトにて接合	構造強度
②	構造フレーム (鋼板)	SS400 (一部 SN490B)	平鋼 (断面凸型)	構造フレーム(鉄骨)へ, 溶接にて接合 構造フレーム(鋼板)同士は, 溶接にて接合	構造強度 遮蔽性能
③	遮蔽パネル	鋼板: SS400 鉛(非構造部材)		構造フレーム(鉄骨, 鋼板)へ, 遮蔽パネル接合部ボルトにて接合	遮蔽性能
④	気密用鋼板	SS400		構造フレーム(鋼板)の凸型部へ, 溶接にて接合	気密性能

3

中央制御室待避室は、①が、十分剛性の高い中央制御室遮蔽(壁)に基礎ボルト(ケミカルアンカ)で固定されることにより、制御室建物から支持される。

中央制御室待避室は、待避室内側へ向けて①⇒②⇒③⇒④の順に接合することにより構成される。

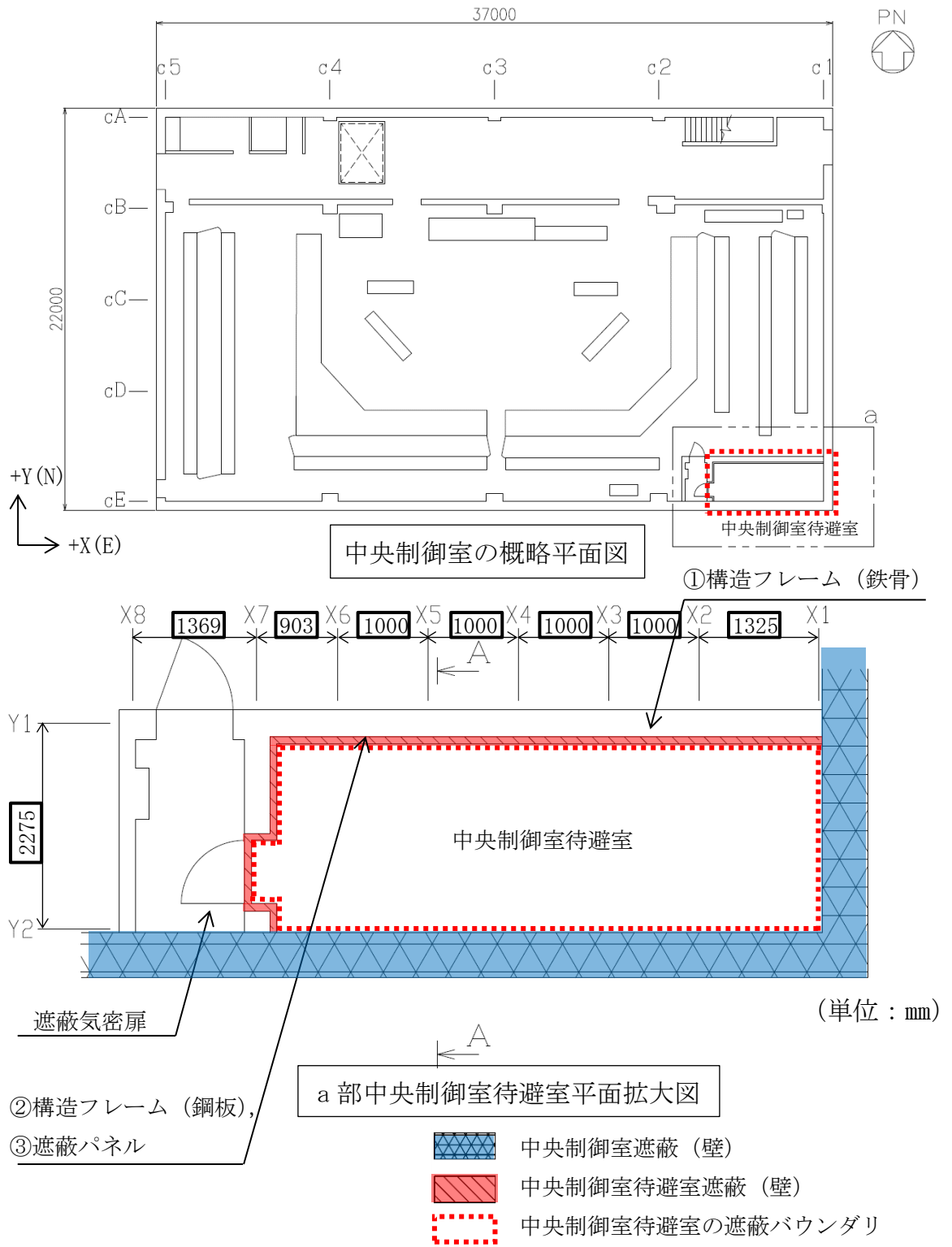
本構成は、床、壁、天井の部位に依らず同一である。中央制御室待避室入口には遮蔽気密扉が設置される。

中央制御室待避室は、①及び②にて構造強度を、②、③、遮蔽気密扉及び中央制御室遮蔽(壁)にて遮蔽性能を、④及び遮蔽気密扉にて気密性能を担保する。

中央制御室待避室遮蔽は、②、③及び遮蔽気密扉にて構成される。

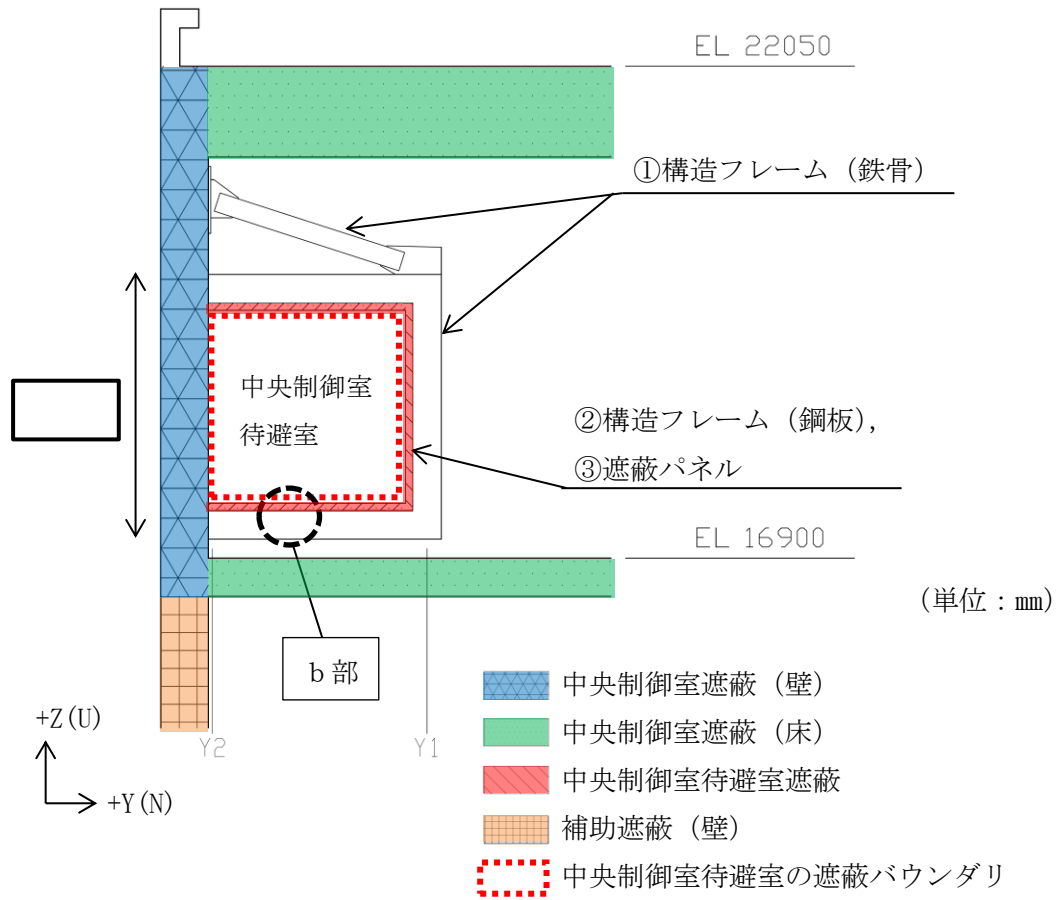
中央制御室待避室の遮蔽バウンダリは、中央制御室待避室遮蔽及び中央制御室遮蔽(壁)にて構成される。

中央制御室待避室の概略平面図、概略断面図及び遮蔽バウンダリを図 2-2 及び図 2-3 に示す。



注 : 本図において, ④気密用鋼板の図示は省略している。④気密用鋼板は, ②及び③のさらに待避室内側全面に取付く。

図 2-2 中央制御室待避室の概略平面図  
(制御室建物 4 階, EL 16900)



中央制御室待避室の概略断面図 (A-A矢視図)

注：本図において、④気密用鋼板の図示は省略している。

④気密用鋼板は、②及び③のさらに待避室内側全面に取付く (下図参照)。

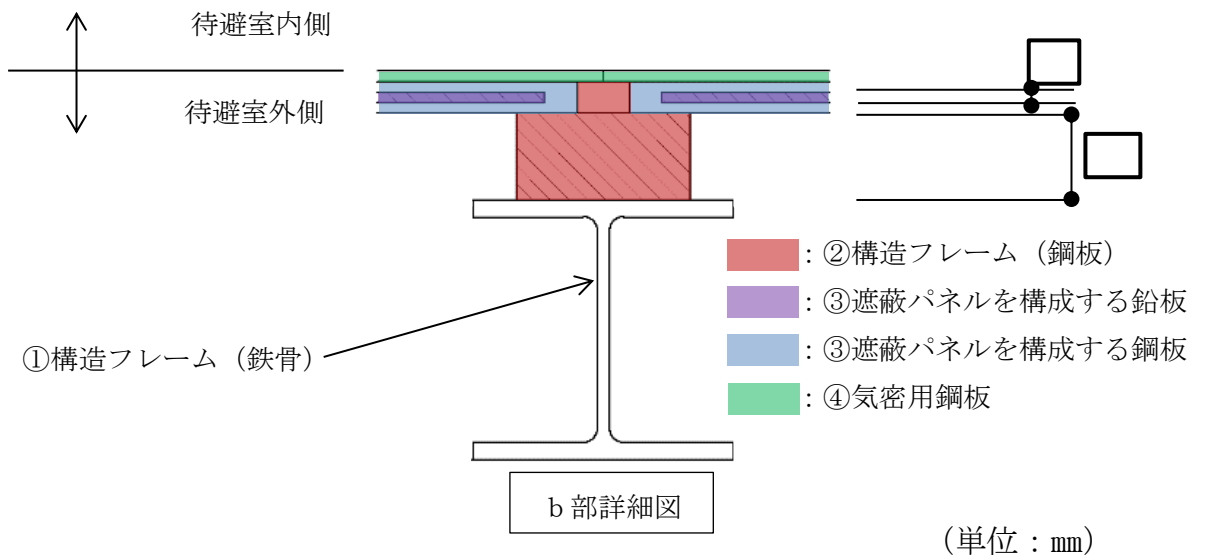


図 2-3 中央制御室待避室の概略断面図 (A-A矢視図)

中央制御室待避室遮蔽の構造計画を表 2-2 に示す。



表 2-2(1) 構造計画

概略構造図（基礎・支持構造）

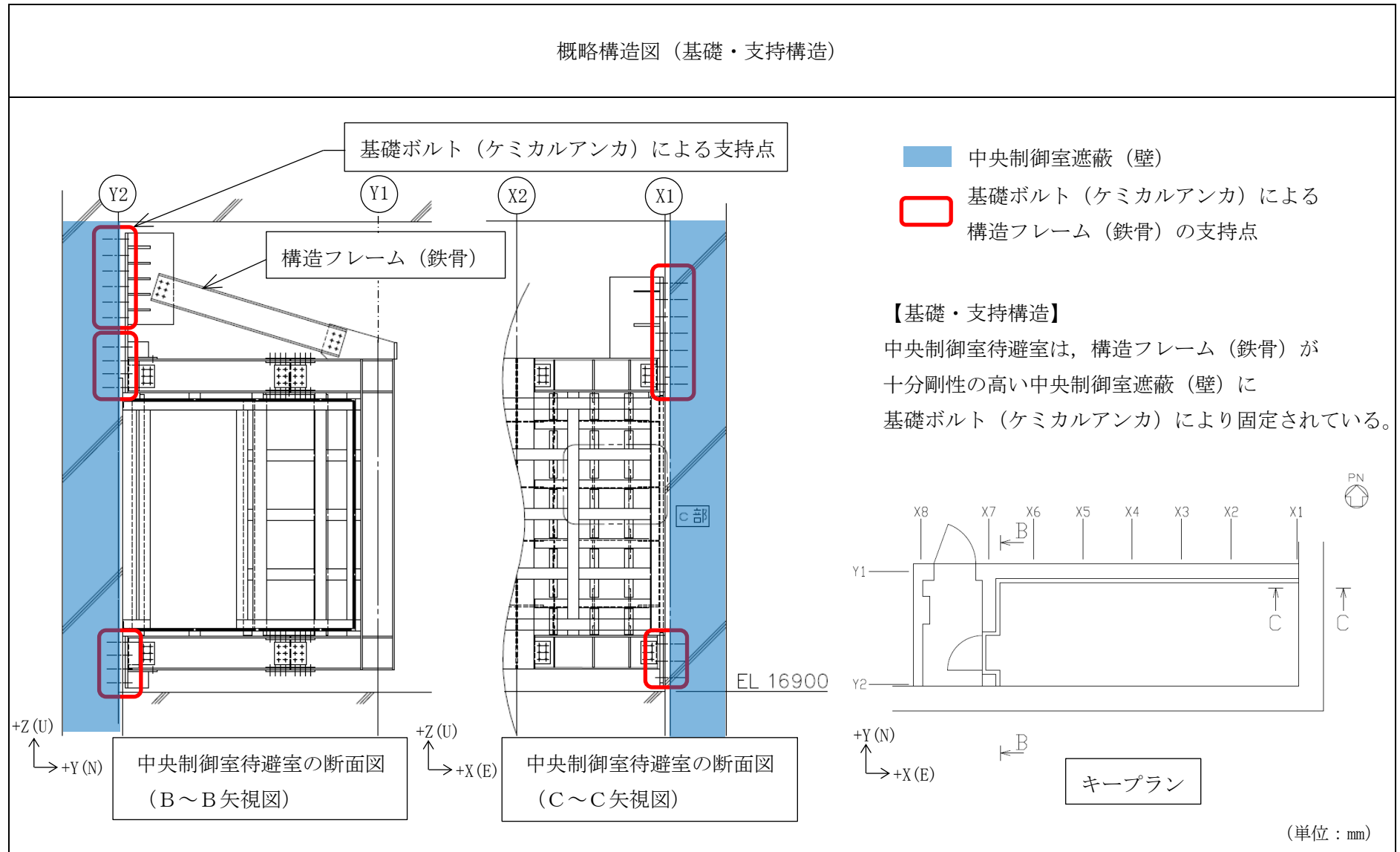
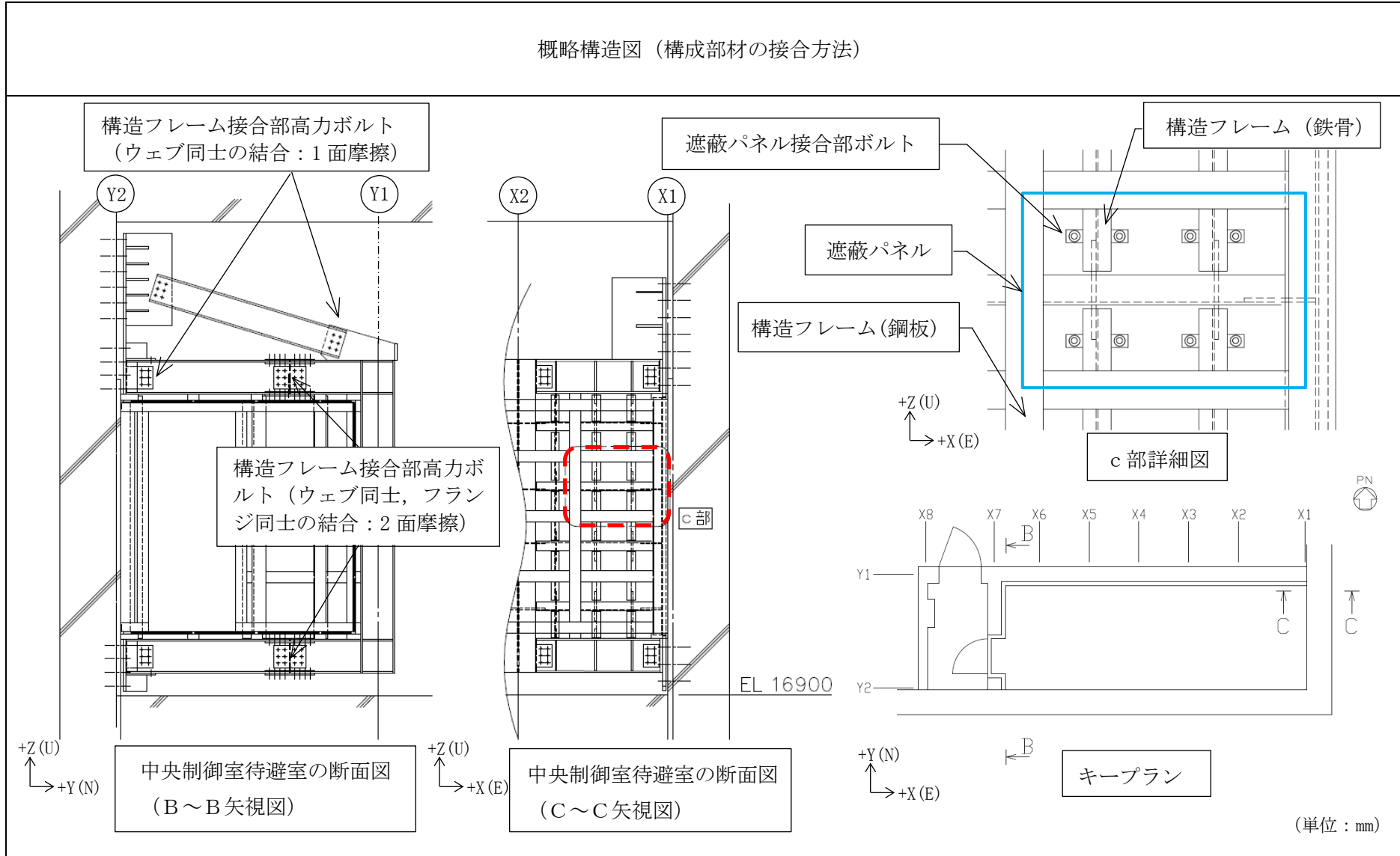


表 2-2(2) 構造計画

概略構造図 (構成部材の接合方法)



## 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2-4に示す。

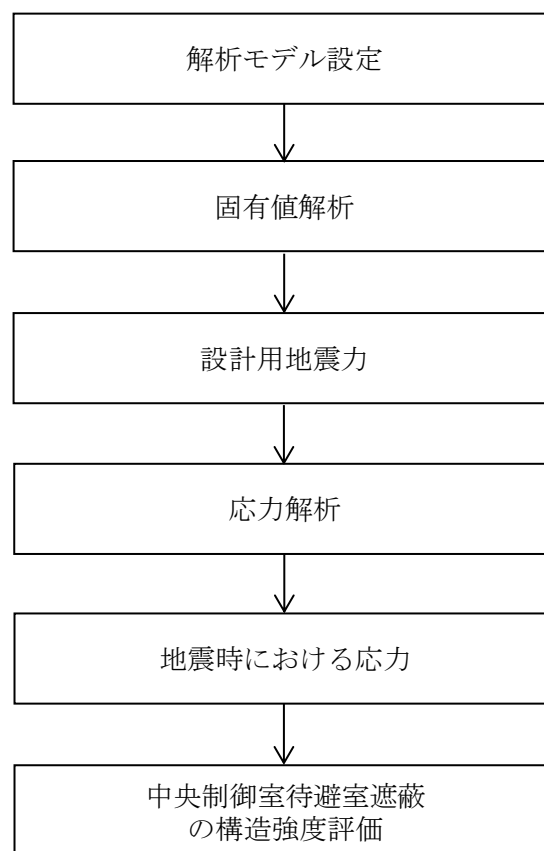


図2-4 中央制御室待避室遮蔽の耐震評価フロー

### 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－ （（社）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)
- ・ 各種合成構造設計指針・同解説 （（社）日本建築学会 2010 年改定）

## 2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A	鋼材の断面積	mm <sup>2</sup>
A <sub>qc</sub>	基礎ボルトのせん断力に対するコーン状破壊面の有効投影面積	mm <sup>2</sup>
A <sub>sy</sub>	鋼材のせん断断面積 (y 軸方向)	mm <sup>2</sup>
A <sub>sz</sub>	鋼材のせん断断面積 (z 軸方向)	mm <sup>2</sup>
C	鋼材の許容曲げ応力度の補正係数	—
CH	水平方向設計震度	—
CV	鉛直方向設計震度	—
c	基礎ボルトのへりあき寸法	mm
c <sub>n</sub>	基礎ボルトのへりあき寸法, または基礎ボルトピッチの 1/2 (n = 1, 2, 3)	mm
cσ <sub>qa</sub>	コンクリートの支圧強度	MPa
cσ <sub>t</sub>	基礎ボルトによるコーン状破壊に対するコンクリートの引張強度	MPa
d <sub>a</sub>	基礎ボルトの径	mm
E	鋼材の縦弾性係数	MPa
E <sub>c</sub>	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 <sub>c</sub>	コンクリートの設計基準強度	MPa
f <sub>bm</sub>	鋼材の許容曲げ応力	MPa
f <sub>cm</sub>	鋼材の許容圧縮応力	MPa
f <sub>sm</sub>	鋼材の許容せん断応力	MPa
f <sub>tm</sub>	鋼材の許容引張応力	MPa
f <sub>to</sub>	引張力のみ受ける接合部ボルトの許容引張応力	MPa
f <sub>ts</sub>	引張力とせん断力を同時に受ける接合部ボルトの許容引張応力 (許容組合せ応力)	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 <sub>y</sub>	鋼材の弱軸まわりの断面二次モーメント	mm <sup>4</sup>
I <sub>w</sub>	鋼材の曲げねじり定数	mm <sup>6</sup>
J	鋼材のサンブナンのねじり定数	mm <sup>4</sup>
ℓ <sub>b</sub>	鋼材の圧縮フランジの支点間距離	mm
ℓ <sub>ce</sub>	基礎ボルトの強度算定用埋込み長さ	mm
ℓ <sub>e</sub>	基礎ボルトの有効埋込み長さ	mm
ℓ <sub>k</sub>	鋼材の座屈長さ	mm
M <sub>e</sub>	鋼材の弾性横座屈モーメント	N・mm
M <sub>y</sub>	鋼材に作用する曲げモーメント (y 軸方向)	N・mm
M <sub>z</sub>	鋼材に作用する曲げモーメント (z 軸方向)	N・mm

記号	記号の説明	単位
$M_{y1}$	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
$P$	接合部ボルトに作用する軸力	N
$P_a$	引張力のみ受ける接合部ボルトの許容引張力	N
$P_{as}$	引張力とせん断力を同時に受ける接合部ボルトの許容引張力（許容組合せ力）	N
$p$	基礎ボルト1本当たりの引張力	N
$p_a$	基礎ボルト1本当たりの許容引張力	N
$p_{a1}$	基礎ボルトの降伏により決まる場合の基礎ボルト1本当たりの許容引張力	N
$p_{a3}$	基礎ボルトの付着力により決まる場合の基礎ボルト1本当たりの許容引張力	N
$Q$	接合部高力ボルト及び接合部ボルトに作用するせん断力	N
$Q_a$	接合部高力ボルト及び接合部ボルトの許容せん断力	N
$Q_p$	接合部高力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本当たりのせん断力	N
$q_a$	基礎ボルト1本当たりの許容せん断力	N
$q_{a1}$	基礎ボルトのせん断強度により決まる場合の基礎ボルト1本当たりの許容せん断力	N
$q_{a2}$	定着した躯体の支圧強度により決まる場合の基礎ボルト1本当たりの許容せん断力	N
$q_{a3}$	定着した躯体のコーン状破壊により決まる場合の基礎ボルト1本当たりの許容せん断力	N
$s_{ca}$	基礎ボルトの断面積で、軸部断面積とねじ部有効断面積の小さい方の値	mm <sup>2</sup>
$s\sigma_{pa}$	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
$x, y, z$	局所（要素）座標軸	—
$Z_y$	鋼材の断面係数（y軸方向）	mm <sup>3</sup>
$Z_z$	鋼材の断面係数（z軸方向）	mm <sup>3</sup>

記号	記号の説明	単位
$\alpha_n$	基礎ボルトのへりあき及び基礎ボルトピッチによる付着強度の低減係数 ( $n=1, 2, 3$ )	—
$\Lambda$	鋼材の限界細長比	—
$\lambda$	鋼材の圧縮材の細長比	—
$e \lambda_b$	鋼材の弾性限界細長比	—
$p \lambda_b$	鋼材の塑性限界細長比	—
$\lambda_b$	鋼材の降伏モーメントに対する曲げ材の細長比	—
$\nu$	鋼材のポアソン比	—
$\nu_1$	許容圧縮応力算出時の鋼材の座屈に対する安全率	—
$\nu_2$	許容曲げ応力算出時の鋼材の座屈に対する安全率	—
$\pi$	円周率	—
$\sigma_{b y}$	鋼材に生じる曲げ応力 (y 軸方向)	MPa
$\sigma_{b z}$	鋼材に生じる曲げ応力 (z 軸方向)	MPa
$\sigma_f$	鋼材に生じる組合せ応力	MPa
$\sigma_n$	鋼材に生じる軸応力	MPa
$\tau_a$	基礎ボルトのへりあき及び基礎ボルトのピッチを考慮した基礎ボルトの引張力に対する付着強度	MPa
$\tau_b$	接合部ボルトに生じるせん断応力	MPa
$\tau_{b a v g}$	基礎ボルトの基本平均付着強度	MPa
$\tau_y$	鋼材に生じるせん断応力 (y 軸方向)	MPa
$\tau_z$	鋼材に生じるせん断応力 (z 軸方向)	MPa
$\phi_1$	低減係数	—
$\phi_2$	低減係数	—
$\phi_3$	低減係数	—

## 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 2-3 に示すとおりである。

表 2-3 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 <sup>*1</sup>
長さ	下記以外の長さ	mm	—	—	整数位 <sup>*1</sup>
	部材断面寸法	mm	小数点以下第 2 位 <sup>*2</sup>	四捨五入	小数点以下第 1 位 <sup>*3</sup>
面積		mm <sup>2</sup>	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 <sup>*4</sup>
モーメント		N・mm	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 <sup>*4</sup>
力		N	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 <sup>*4</sup>
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 <sup>*5</sup>		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（ケミカルアンカ）、構造フレーム接合部高力ボルト、遮蔽パネル接合部ボルト及び遮蔽パネル・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（ケミカルアンカ）により固定する。
- (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 2 方向及び鉛直方向から個別に作用し、作用する荷重の算出において組み合わせる。
- (4) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
- (5) 水平 2 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、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* <sup>1</sup>	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	—	$D + P_{D+MD} + S_s$ * <sup>3</sup>	IV <sub>A</sub> S * <sup>2</sup>
					$D + P_{SAD+MSAD} + S_s$	V <sub>A</sub> S * <sup>2</sup>

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<sub>A</sub>Sを適用する。

\*3：「 $D + P_{SAD+MSAD} + S_s$ 」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
ⅢAS	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$	$1.5 \cdot f_c$	$1.5 \cdot f_b$	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
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：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 (100mm $\geq$ 厚さ $>$ 40mm)	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 (ケミカルアンカ)	SS400 (40mm $\geq$ 径)	235

表 4-3(2) 使用材料の許容力評価条件 (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	—	—
	M20		70.7	141	—
	M22		85.5	—	—
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

注記\* : 許容せん断力の1面摩擦, 2面摩擦の部位の例を表2-2(2)に示す。

#### 4.3 解析モデル及び諸元

中央制御室待避室遮蔽の耐震評価は3つの解析モデルを用いて実施する。

解析モデル1：固有値解析，構造フレームの計算，基礎ボルト（ケミカルアンカ）評価用の反力算出，モデル2及びモデル3の評価対象部位の選定，遮蔽パネル接合部の応力評価に用いる。

解析モデル2：遮蔽パネルの応力評価に用いる。

解析モデル3：気密用鋼板の応力評価に用いる。

解析モデル1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，はり要素でモデル化し，遮蔽パネル，気密用鋼板はシェル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（扉等）の質量についても，近傍の構造フレーム等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ウェブ，フランジとフランジを高力ボルト接合する場合は，剛結合とする。
- (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 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。

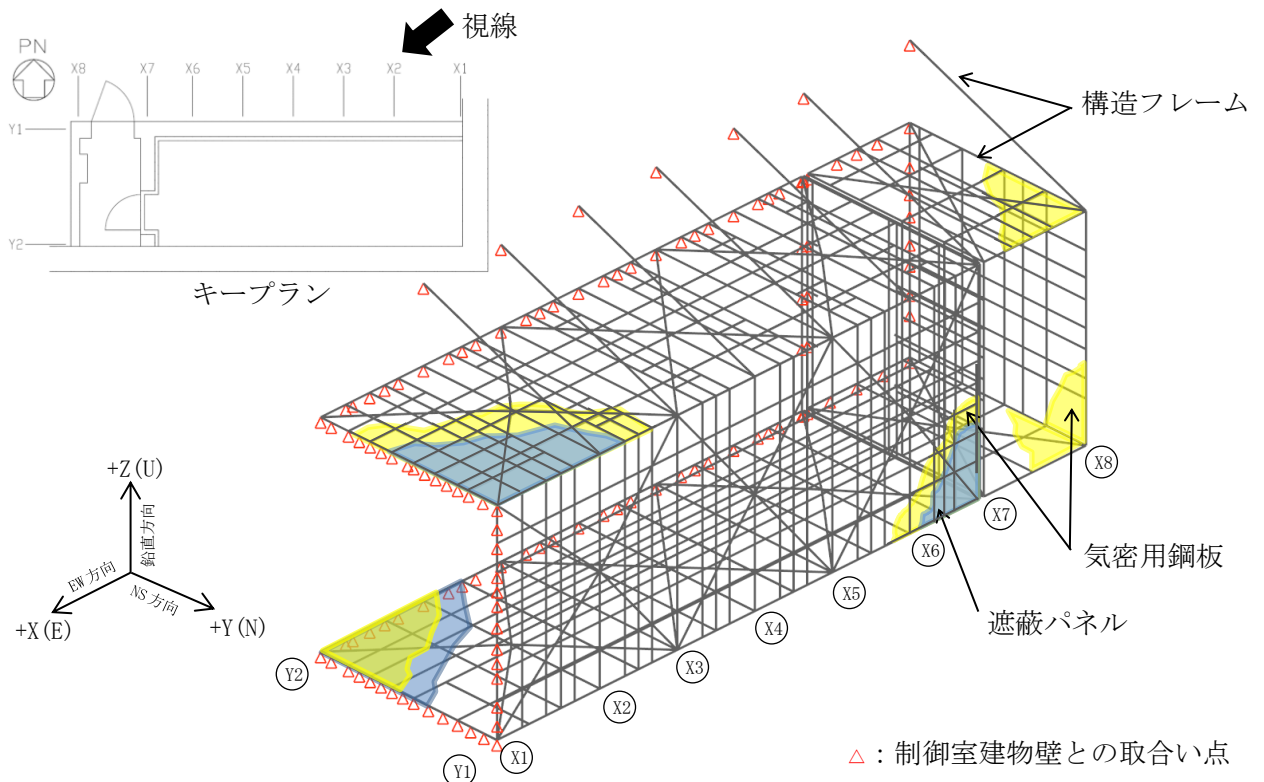


図4-1 解析モデル1（全体モデル）

解析モデル 2 を図 4-2 に、解析モデルの概要を以下に示す。

- (1) モデル 1 で選定した評価対象部位の遮蔽パネル 1 枚をシェル要素として単体でモデル化し、構造フレーム（鉄骨，鋼板）との接合部位置を剛部材（ピン結合）とする。
- (2) 接合部にモデル 1 の変位量を強制変位として与える。
- (3) 遮蔽パネルの慣性力を考慮する。
- (4) 解析コードは、「MSC NASTRAN」を使用し、各要素に発生する応力を求める。

構造フレーム（鉄骨，鋼板）と遮蔽パネルの接合点：剛部材（ピン結合）

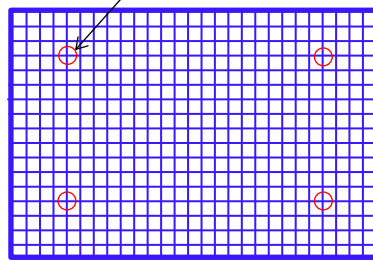


図 4-2 解析モデル 2（遮蔽パネルモデル）

解析モデル 3 を図 4-3 に、解析モデルの概要を以下に示す。

- (1) モデル 1 で選定した評価対象部位の気密用鋼板 1 枚をシェル要素として単体でモデル化し、構造フレーム（鋼板）との接合部位置を剛結合とする。
- (2) モデル 1 の接合部には、モデル 1 の変位量を強制変位として与える。
- (3) 気密用鋼板の慣性力を考慮する。
- (4) 解析コードは、「MSC NASTRAN」を使用し、各要素に発生する応力を求める。

構造フレーム（鋼板）と気密用鋼板の接合点：剛結合（全周）

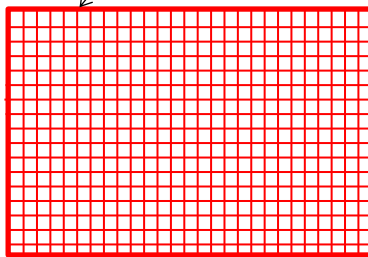


図 4-3 解析モデル 3（気密用鋼板モデル）

#### 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 4-4 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	—	—	—

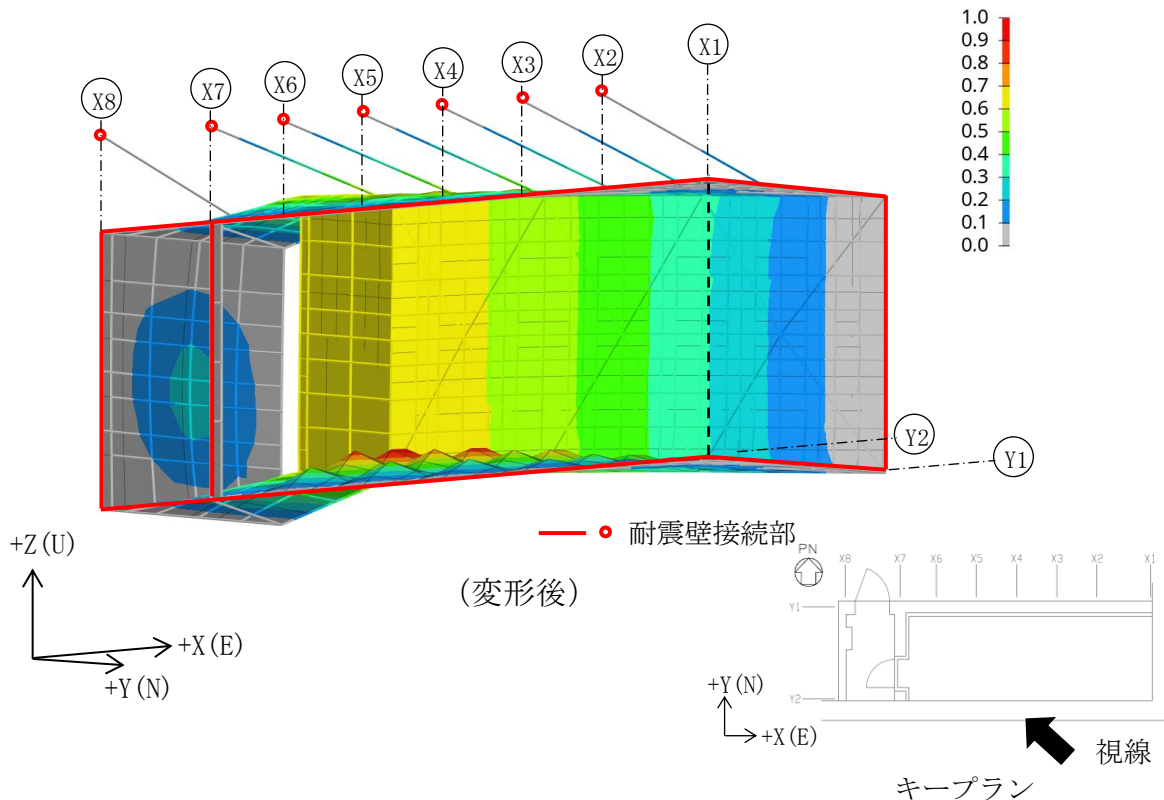
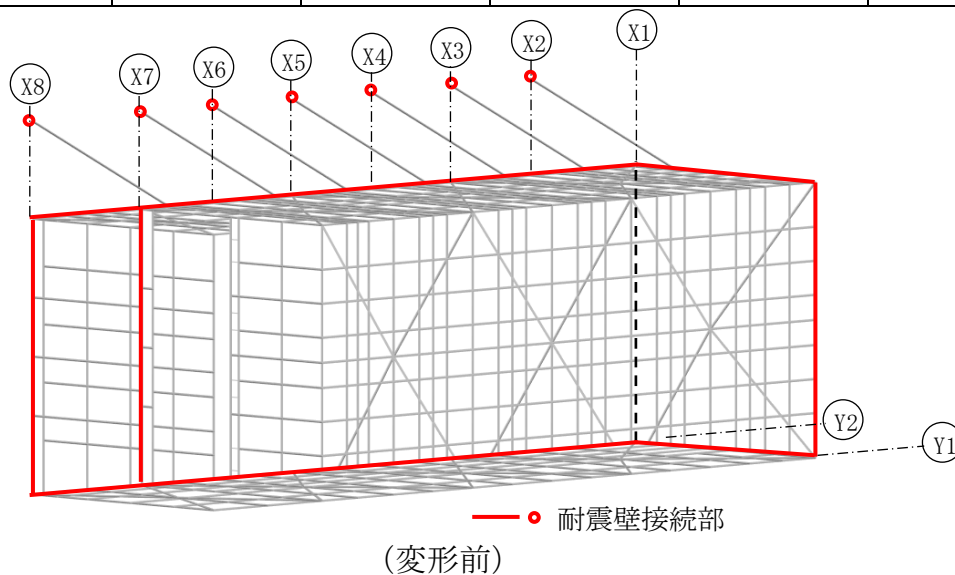


図 4-4 中央制御室待避室 固有値解析モード図 (1 次モード)



#### 4.5 設計用地震力

中央制御室待避室遮蔽の設計用地震力のうち重大事故対処設備の評価に用いるものを表 4-5 に示す。

「基準地震動 S<sub>s</sub>」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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		
	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* <sup>1</sup> )	0.05 以下	0.031	—	—	C <sub>H</sub> =2.52* <sup>2</sup>	C <sub>H</sub> =3.65* <sup>2</sup>	C <sub>V</sub> =1.77* <sup>2</sup>

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<sub>s</sub>）

## 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 4-5 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

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

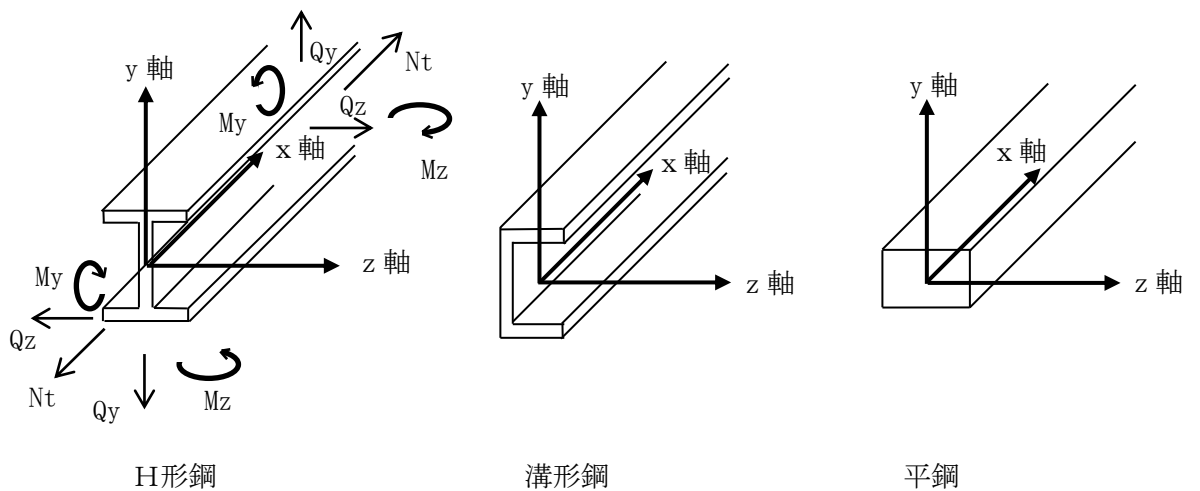


図 4-5 構造フレームに発生する軸力，せん断力，曲げモーメントの概略図

#### 4.6.1.2 基礎ボルト（ケミカルアンカ）の応力（力）

応力解析により求められた基礎ボルト（ケミカルアンカ）位置に生じる反力（引張力、せん断力及びその組合せ）を基礎ボルト（ケミカルアンカ）の耐力検討に用いる。

#### 4.6.1.3 構造フレーム接合部高力ボルトの応力（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（ボルトに作用するせん断力とフレームの軸力から発生するボルトへのせん断力）」の値が最大になる箇所を耐力検討に用いる力とする。

#### 4.6.1.4 遮蔽パネル接合部ボルトの応力（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力（引張力及びせん断力）を耐力検討に用いる力とする。

#### 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（ミーゼス応力）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（ミーゼス応力）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 $f_{bm}$ (強軸ま わり)*	$\lambda_b \leq p \lambda_b$	—	$\frac{F}{v_2} \cdot 1.5$
	$p \lambda_b < \lambda_b \leq e \lambda_b$	—	$\left\{ 1 - 0.4 \cdot \frac{\lambda_b - p \lambda_b}{e \lambda_b - p \lambda_b} \right\} \frac{F}{v_2} \cdot 1.5$
	$e \lambda_b < \lambda_b$	—	$\frac{1}{\lambda_b^2} \cdot \frac{F}{2.17} \cdot 1.5$

注記\*：弱軸まわり及び平鋼の $f_{bm}$ は、 $f_{tm}$ とする。

ただし、

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

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

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

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

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

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

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

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

i) 補剛区間内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) 補剛区間内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（ケミカルアンカ）の応力評価（力の評価）

4.6.1.2 項で求めた基礎ボルト（ケミカルアンカ）位置反力である引張力  $p$ ，せん断力  $q$  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 以下であることを確認する。

許容引張力 $p_a$	基準地震動 $S_s$ による 荷重との組合せの場合  $\min[p_{a1}, p_{a3}]$
許容せん断力 $q_a$	$\min[q_{a1}, q_{a2}, q_{a3}]$
組合せ	$\left( \frac{p}{p_a} \right)^2 + \left( \frac{q}{q_a} \right)^2 \leq 1$

(1) 引張力を受ける場合

$$p_{a1} = \phi_1 \cdot s \sigma_{pa} \cdot s c a \dots\dots\dots (4.8.2.1)$$

$$p_{a3} = \phi_3 \cdot \tau_a \cdot \pi \cdot d_a \cdot \ell_{ce} \dots\dots\dots (4.8.2.2)$$

ここで，

$p_{a1}$  : ボルトの降伏により決まる許容引張力 (N)

$p_{a3}$  : ボルトの付着力により決まる許容引張力 (N)

$\phi_1, \phi_3$  : 低減係数であり, 以下の表に従う。

\	$\phi_1$	$\phi_2$	$\phi_3$
短期荷重用	1.0	2/3	2/3

$s\sigma_{pa}$  : ボルトの引張強度で,  $s\sigma_{pa} = \min [s\sigma_y, \frac{\ell_e \cdot 4\tau_a}{d_a}]$  とする (MPa)

$s\sigma_y$  : ボルトの降伏点強度 (MPa)

$s c a$  : ボルトの断面積で, 軸部断面積とねじ部有効断面積の小さい方の値 (mm<sup>2</sup>)

$d_a$  : ボルトの径 (mm)

$\ell_{ce}$  : ボルトの強度算定用埋込み長さで  $\ell_{ce} = \ell_e - 2d_a$  とする。 (mm)

$\ell_e$  : ボルトの有効埋込み長さ (mm)

$\tau_a$  : ボルトの付着強度で  $\tau_a = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \tau_{bavg}$  とする。 (MPa)

$\alpha_n$  : へりあき及びボルトピッチによる付着強度の低減係数で

$$\alpha_n = 0.5 \left( \frac{c_n}{\ell_e} \right) + 0.5 \text{ とする } (n=1, 2, 3)。 \text{ただし, } (c_n/\ell_e) \geq 1.0$$

の場合は  $(c_n/\ell_e) = 1.0$ ,  $\ell_e \geq 10d_a$  の場合は  $\ell_e = 10d_a$  とする。

$c_n$  : へりあき寸法又はボルトピッチの 1/2 で, 最も小さくなる寸法 3 面までを考慮する。 (mm)

$\tau_{bavg}$  : ボルトの基本平均付着強度であり, カプセル方式・有機系の場合,  $10\sqrt{F_c/21}$  とする。 (MPa)

$F_c$  : コンクリートの設計基準強度 (MPa)

(2) せん断力を受ける場合

$$q_{a1} = \phi_1 \cdot s\sigma_{qa} \cdot s c a \dots\dots\dots (4.8.2.3)$$

$$q_{a2} = \phi_2 \cdot c\sigma_{qa} \cdot s c a \dots\dots\dots (4.8.2.4)$$

$$q_{a3} = \phi_2 \cdot c\sigma_t \cdot A_{qc} \dots\dots\dots (4.8.2.5)$$

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力 (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力 (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力 (N)

$\phi_1, \phi_2$  : 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,  $s\sigma_{qa} = 0.7 \cdot \min [s\sigma_y, \frac{\ell_e \cdot 4\tau_a}{d_a}]$  とする。 (MPa)

$c\sigma_t$  : コーン状破壊に対するコンクリートの引張強度で

$$c\sigma_t = 0.31\sqrt{F_c} \text{ とする。 (MPa)}$$

$c \sigma_{qa}$  : 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)

$A_{qc}$  : せん断力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。(mm<sup>2</sup>)

$c$  : へりあき寸法 (mm)

本計算では、へりあきがないため、 $c = A_{qc} = q_{a3} = \infty$  となる。

### (3) 組合せ

基礎ボルト（ケミカルアンカ）が引張力  $p$  及びせん断力  $q$  の組合せ力を受ける場合、以下であることを確認する。

$$\left(\frac{p}{p_a}\right)^2 + \left(\frac{q}{q_a}\right)^2 \leq 1 \quad \dots\dots\dots (4.8.2.6)$$

#### 4.8.3 構造フレーム接合部高力ボルトの応力評価（力の評価）

4.6.1.3 項で求めた構造フレーム接合部高力ボルト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であることを確認する。

$$Q_p + Q \leq Q_a \quad \dots\dots\dots (4.8.3.1)$$

#### 4.8.4 遮蔽パネル接合部ボルトの応力評価（力の評価）

4.6.1.4 項で求めた遮蔽パネル接合部ボルトに発生する引張応力が次式より求めた許容組合せ応力  $f_{ts}$  以下であることを確認する。

$$f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}] \quad \dots\dots\dots (4.8.4.1)$$

これに、ボルトの有効断面積を乗ずることで、引張力が次式より求めた許容組合せ力  $P_{as}$  以下であることを確認する。

$$P_{as} = \text{Min}[1.4 \cdot P_a - 1.6 \cdot Q, P_a] \quad \dots\dots\dots (4.8.4.2)$$

せん断力  $Q$  がボルトの許容せん断力  $Q_a$  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。

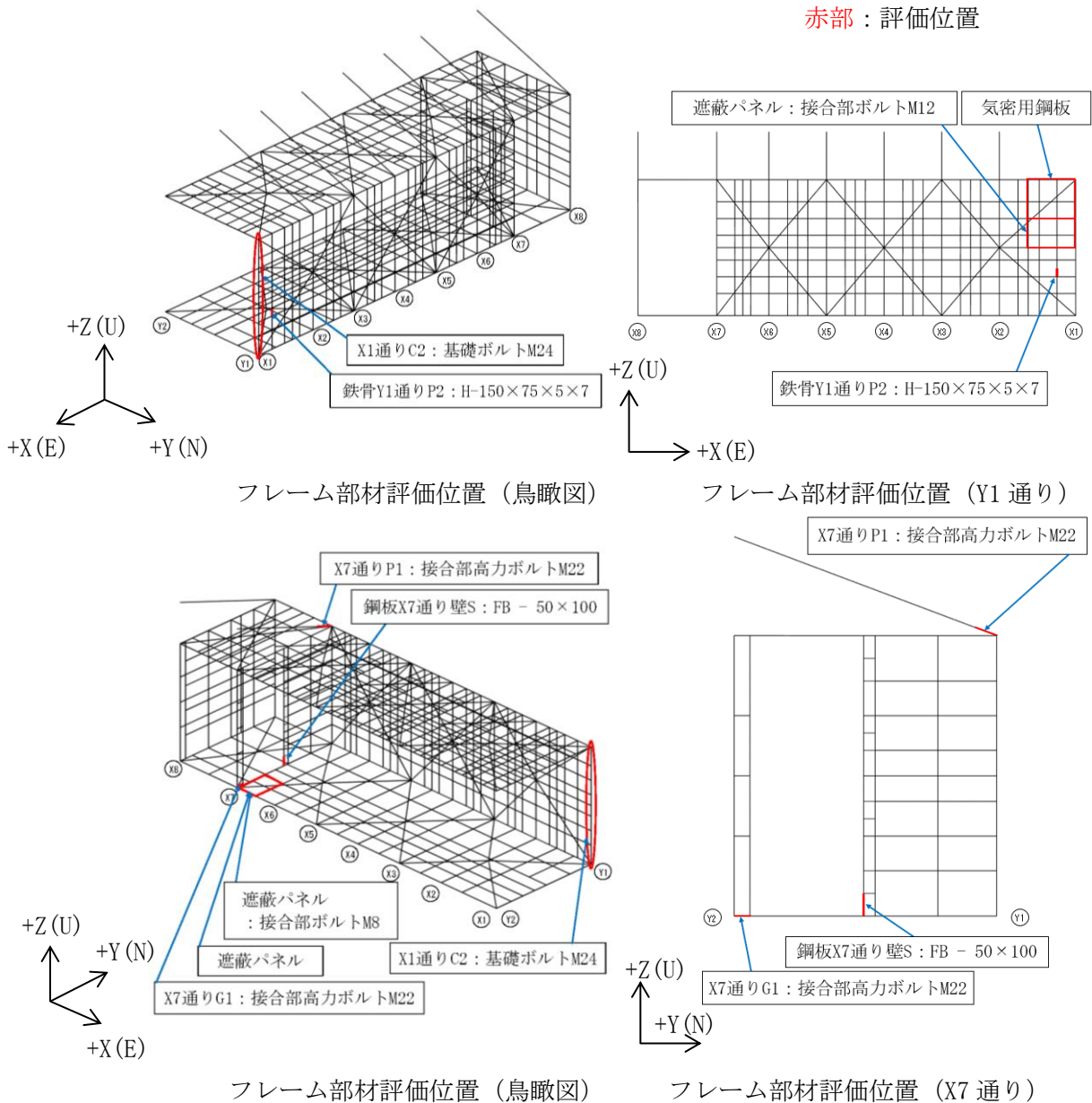


図 5-1 各部材評価位置



【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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		
			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 <sub>H</sub> =2.52*2	C <sub>H</sub> =3.65*2	C <sub>V</sub> =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<sub>s</sub>）

1.2 機器要目

1.2.1 構造フレーム

部材	材料	サイズ	F (MPa)	E (MPa)	ν	A (mm <sup>2</sup> )	Z <sub>y</sub> (mm <sup>3</sup> )	Z <sub>z</sub> (mm <sup>3</sup> )	A <sub>s y</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>s z</sub> (mm <sup>2</sup> )	ℓ <sub>k</sub> (mm)	i (mm)	λ
鉄骨	SS400	H-150×75×5×7	235 (40 mm ≧ 厚さ)	205000	0.3	1.780×10 <sup>3</sup>	8.880×10 <sup>4</sup>	1.320×10 <sup>4</sup>	680.0	1.050×10 <sup>3</sup>	213.5	16.7	12.78
鋼板	SS400	FB-50×100	215 (100 mm ≧ 厚さ > 40mm)	205000	0.3	5.000×10 <sup>3</sup>	4.167×10 <sup>4</sup>	8.333×10 <sup>4</sup>	5.000×10 <sup>3</sup>	5.000×10 <sup>3</sup>	1235.0	14.4	85.76

1.2.2 基礎ボルト（ケミカルアンカ）

部材	材料	F (MPa)	s σ p a (MPa)	s c a (mm <sup>2</sup> )	d a (mm <sup>2</sup> )	ℓ e (mm)
M24	SS400	235 (40 mm ≧ 径)	128	353	24	240

材料定数（アンカ打設面コンクリート）

F <sub>c</sub> (MPa)	22.1
E <sub>c</sub> (MPa)	2.20×10 <sup>4</sup>

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	—	—

## 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
M8	強度区分 12.9	20.4	35.5

## 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 (40 mm ≧ 厚さ)
気密用鋼板	SS400	235 (40 mm ≧ 厚さ)

## 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	—	$-9.086 \times 10^3$	—	25.71	—	$-8.179 \times 10^3$
鋼板	X7 通り S	FB-50×100	SS400	—	$-3.526 \times 10^4$	—	$8.980 \times 10^3$	—	$-1.143 \times 10^4$

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	—	$-5.444 \times 10^4$	—	$8.080 \times 10^5$
鋼板	X7 通り S	FB-50×100	SS400	—	$-1.261 \times 10^6$	—	$1.890 \times 10^6$

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（ケミカルアンカ）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 <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
M24	X1 通り C2	SS400 (40 mm ≧ 径)	—	11.70	—	16.59

## 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 <sub>p</sub>		Q		Q <sub>p</sub> + Q	
			弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
M22	X7 通り G1	F10T, S10T	—	33.60	—	68.39	—	102.0
M22	X7 通り P1	F10T, S10T	—	104.0	—	0.0	—	104.0

## 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 <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
M12	X1-X2 通り間	強度区分 12.9	—	0.1437	—	14.50
M8	X6-X7 通り間	強度区分 12.9	—	0.2074	—	15.19

## 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 <sub>f</sub>	
			弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
遮蔽パネル	X6-X7 通り間	SS400	—	29
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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		
					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	—	—	$\sigma_n = 8^*$	$f_{cm}=144$
					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（ケミカルアンカ）・接合部ボルトの力

(単位：kN)

部材	位置	材料	力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
				算出力	許容力	算出力	許容力
基礎ボルト (ケミカルアンカ)	X1 通り C2	SS400 (M24)	引張	—	—	p = 11.70	p <sub>a</sub> = 30.88
			せん断	—	—	q = 16.59	q <sub>a</sub> = 31.62
			組合せ	—	—	0.42* <sup>1</sup>	1.00
構造フレーム 接合部高力ボルト	X7 通り G1	F10T, S10T (M22)	せん断	—	—	Q <sub>p</sub> + Q = 102.0	Q <sub>a</sub> = 513.0* <sup>2</sup>
	X7 通り P1	F10T, S10T (M22)	せん断	—	—	Q <sub>p</sub> + Q = 104.0	Q <sub>a</sub> = 513.0* <sup>3</sup>
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 = 0.1437	P <sub>a s</sub> = 163.6* <sup>4, *6</sup>
			せん断	—	—	Q = 14.50	Q <sub>a</sub> = 94.40* <sup>4</sup>
	X6-X7 通り間	強度区分 12.9 (M8)	引張	—	—	P = 0.2074	P <sub>a s</sub> = 25.39* <sup>5, *6</sup>
			せん断	—	—	Q = 15.19	Q <sub>a</sub> = 20.40* <sup>5</sup>

注記\*1：組合せ計算値を記載

\*2：高力ボルト 6 本分

\*3：高力ボルト 6 本分

\*4：ボルト 2 本分

\*5：ボルト 1 本分

\*6：P<sub>a s</sub> = Min[1.4・P<sub>a</sub> - 1.6・Q, P<sub>a</sub>]

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 <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
				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 <sub>f</sub> = 29	f <sub>tm</sub> = 235
気密用鋼板	X1-X2 通り間	SS400	組合せ	—	—	σ <sub>f</sub> = 35	f <sub>tm</sub> = 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 1-1987」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 $S_s$ 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 $S_s$ による耐震壁の許容限界を最大せん断ひずみ $2.0 \times 10^{-3}$ 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 $S_s$ 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 $2.0 \times 10^{-3}$ 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、J E A G 4 6 0 1-1987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。さらに、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(m<sup>2</sup>)

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

ここで,

Q : 単位面積あたりの流量(L/min/m<sup>2</sup>)

C : 定数

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

$\gamma$  : 最大せん断ひずみ

$\Delta P$  : 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,

$\Delta_Q$  : 通気量割増率

$\alpha$  : 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)

$\beta$  : 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」

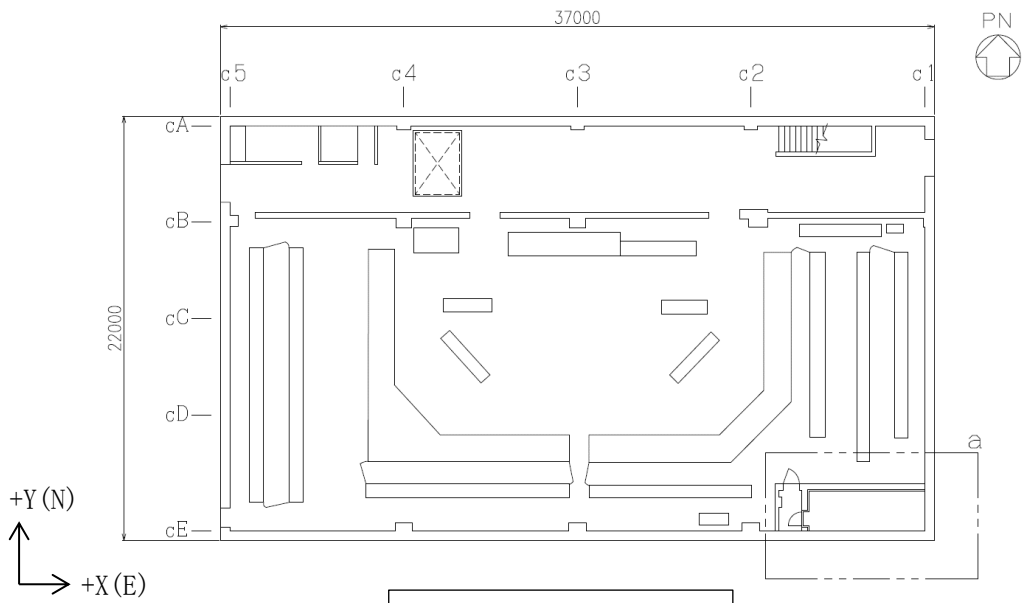
\*2: 財団法人 原子力発電技術機構「耐震安全解析コード改良試験 原子炉建屋の  
弾塑性試験 試験結果の評価に関する報告書 平成5年度」

### 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

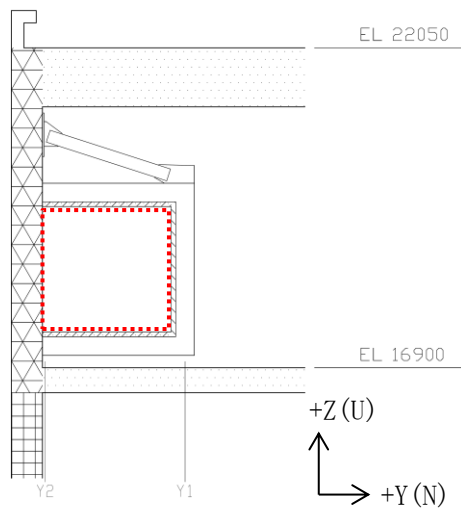
「原子炉建屋の弾塑性試験に関する報告書」に基づき、(2.1)式～(2.3)式により、待避室バウンダリの一部を構成する耐震壁の最大せん断ひずみが許容限界 ( $2.0 \times 10^{-3}$ ) に達したときの空気漏えい量を算定し、正圧化装置必要換気量 ( $11.4 \text{ (m}^3/\text{h)}$ ) を超えないことを確認する。

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。

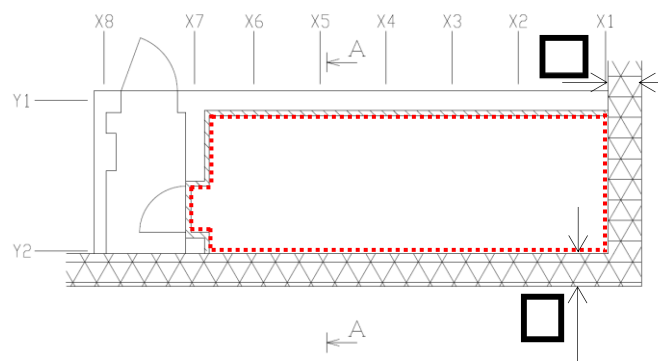


中央制御室の概略平面図

(単位 : mm)



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  $2.0 \times 10^{-3}$  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* <sup>1</sup> せん断 ひずみ $\gamma$	差圧* <sup>2</sup> $\Delta P$ (mmAq)	壁の* <sup>3</sup> 面積 A (m <sup>2</sup> )	漏えい量 Q (L/min/m <sup>2</sup> )	壁の見 付け面 積に対 する開 口の総 面積 $\beta$	通気量 割増率 $\Delta Q$	総漏えい量 $Q \times A \times \Delta Q$ (L/min)
	C	$Q'/Q_0$							
	$1.18 \times 10^7$	7.41	$2.0 \times 10^{-3}$	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 <sup>3</sup> /h)	正圧化装置必要換気量* (m <sup>3</sup> /h)
0.1	11.4

注記\*：出典 VI-1-7-3 「中央制御室の居住性に関する説明書」

### 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  $2.0 \times 10^{-3}$  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  $S_s$  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  $2.0 \times 10^{-3}$  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-2-8-4-5 緊急時対策所遮蔽の耐震性についての計算書

## 目 次

1. 概要	1
2. 基本方針	2
2.1 位置	2
2.2 構造概要	3
2.3 評価方針	9
2.4 適用規格・基準等	11
3. 地震応答解析による評価方法	12
4. 応力解析による評価方法	14
4.1 評価対象部位及び評価方針	14
4.1.1 屋根スラブ	14
4.2 荷重及び荷重の組合せ	17
4.2.1 屋根スラブ	17
4.3 許容限界	19
4.4 解析モデル及び諸元	21
4.4.1 屋根スラブ	21
4.5 応力評価方法	22
4.5.1 屋根スラブ	22
4.6 断面の評価方法	24
4.6.1 屋根スラブ	24
5. 地震応答解析による評価結果	26
5.1 耐震壁のせん断ひずみの評価結果	26
6. 応力解析による評価結果	29
6.1 屋根スラブの評価結果	29

## 1. 概要

本資料は、重大事故等が発生した場合において、緊急時対策所にとどまる要員の被ばくを低減するために設置する緊急時対策所遮蔽（以下「緊急時対策所遮蔽」という。）について、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、地震時の構造強度及び機能維持の確認について説明するものであり、地震応答解析による評価及び応力解析による評価により行う。

また、緊急時対策所は、VI-1-9-3-2「緊急時対策所の居住性に関する説明書」において、「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」第46条及び第76条並びにそれらの「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈」に基づく居住性の評価を行っており、緊急時対策所換気設備の処理対象となるバウンダリ（以下「緊急時対策所正圧化バウンダリ」という。）を定めている。

以下、緊急時対策所のうち緊急時対策所遮蔽と緊急時対策所正圧化バウンダリの耐震評価を示す。



## 2. 基本方針

### 2.1 位置

緊急時対策所遮蔽及び緊急時対策所正圧化バウンダリは、緊急時対策所の一部を構成している。緊急時対策所遮蔽及び緊急時対策所正圧化バウンダリを含む緊急時対策所の設置位置を図 2-1 に示す。

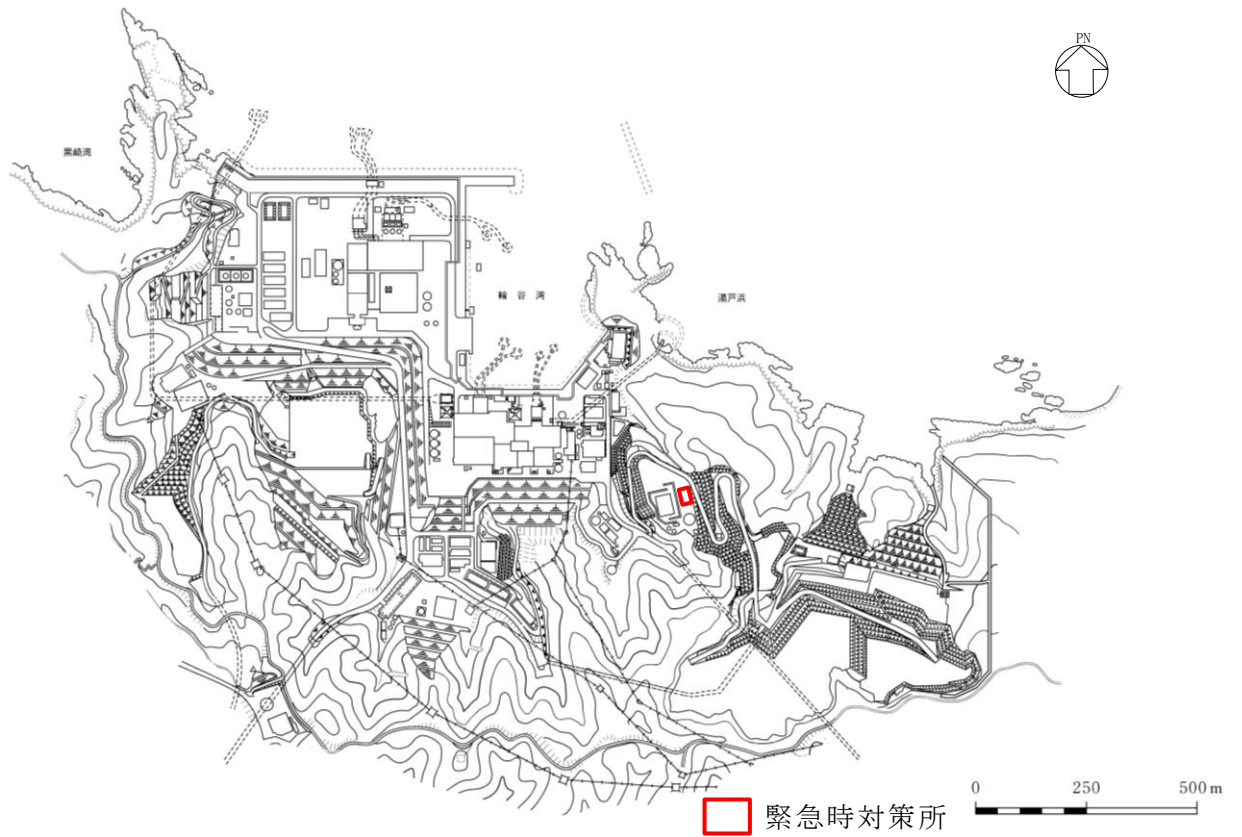


図 2-1 緊急時対策所の設置位置

## 2.2 構造概要

緊急時対策所は、地上1階建の鉄筋コンクリート造の建物である。

緊急時対策所の平面寸法は、30.5m\*（NS）×23.0m\*（EW）である。基礎スラブ底面からの高さは8.35mである。

緊急時対策所の基礎は厚さ2.0mのべた基礎で、岩盤に直接設置している。

建物に加わる地震時の水平力はすべて耐震壁に負担させている。

緊急時対策所遮蔽及び緊急時対策所正圧化バウンダリは、緊急時対策所を取り囲むコンクリート壁（耐震壁及び間仕切壁）及びコンクリートスラブ（屋根スラブ）で構成されており、壁の厚さは□cm～□cm、屋根スラブの厚さは□cmである。

緊急時対策所遮蔽の概略平面図及び概略断面図を図2-2及び図2-3に、緊急時対策所正圧化バウンダリの範囲を図2-4に示す。

注記\*：建物寸法は壁外面寸法とする。

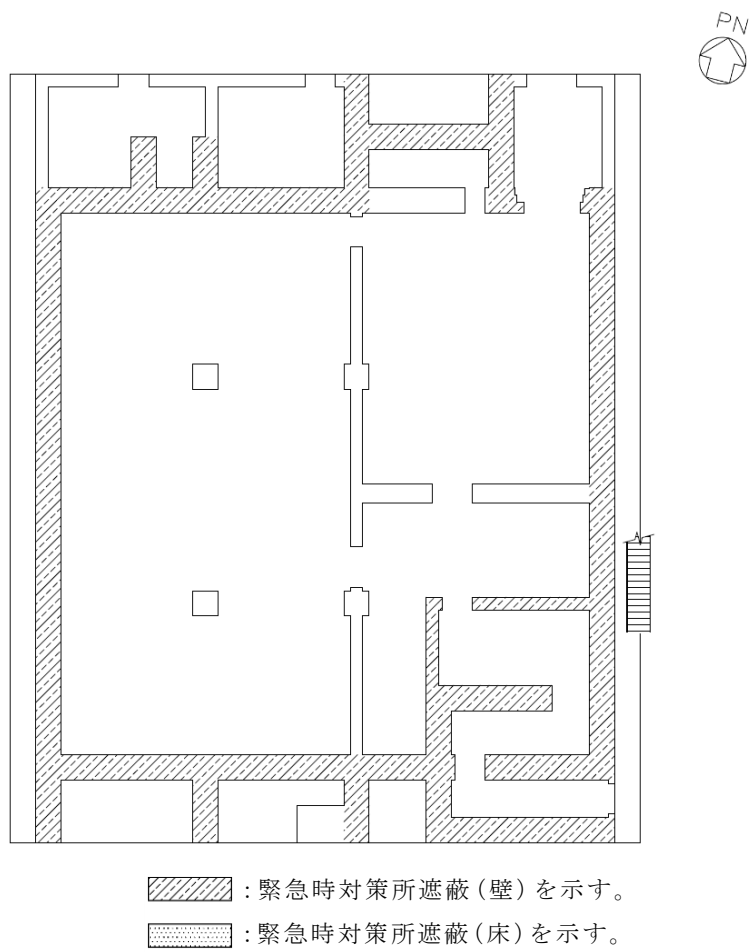
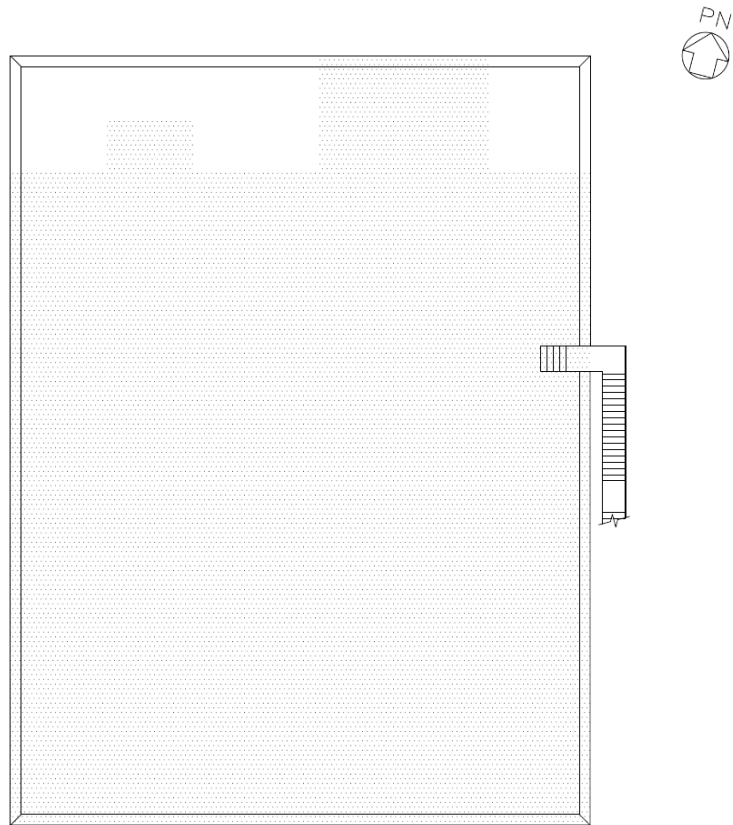


図 2-2(1) 緊急時対策所遮蔽の概略平面図(EL 50.25m\*)

注記\* : 「EL」は東京湾平均海面(T.P.)を基準としたレベルを示す。





-  : 緊急時対策所遮蔽(壁)を示す。
-  : 緊急時対策所遮蔽(床)を示す。

図 2-2(2) 緊急時対策所遮蔽の概略平面図 (EL 56.6m)

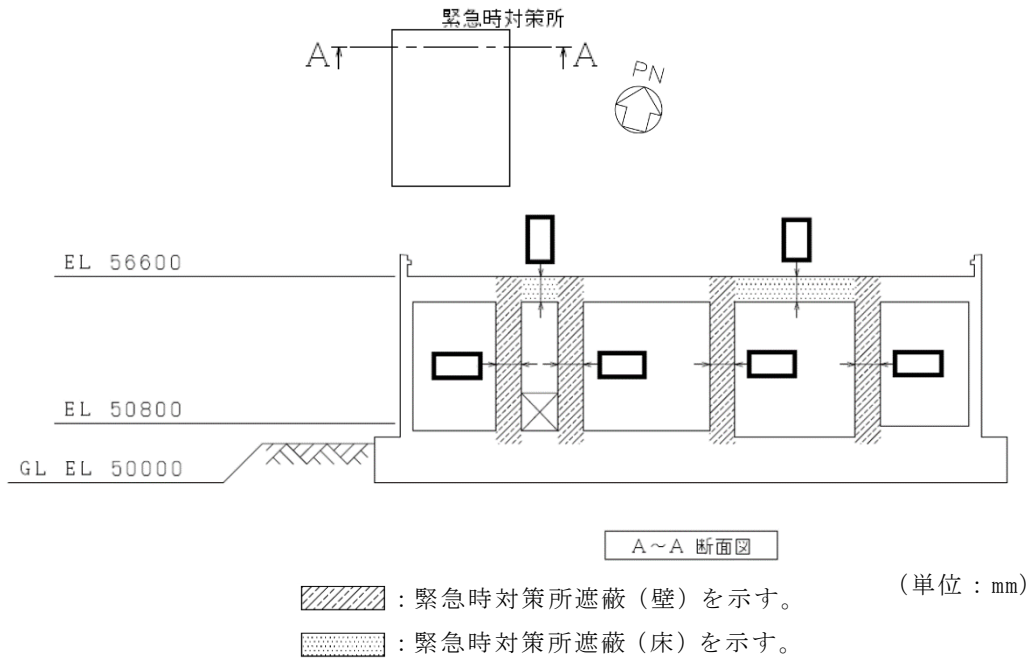


図 2-3(1) 緊急時対策所遮蔽の概略断面図 (A-A 断面, EW 方向)

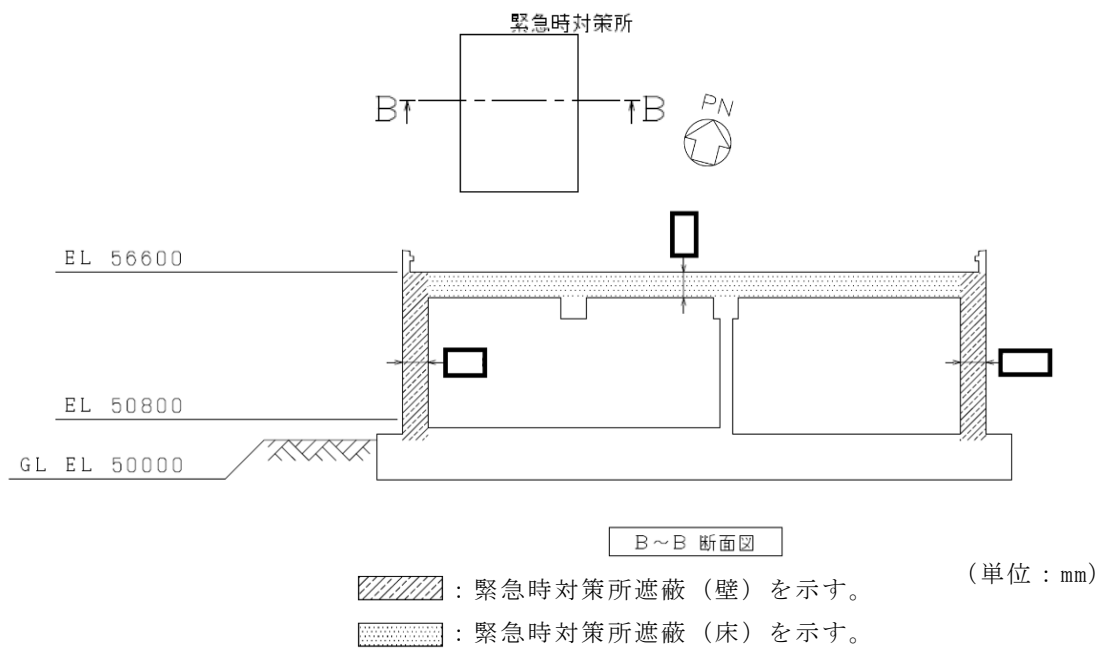
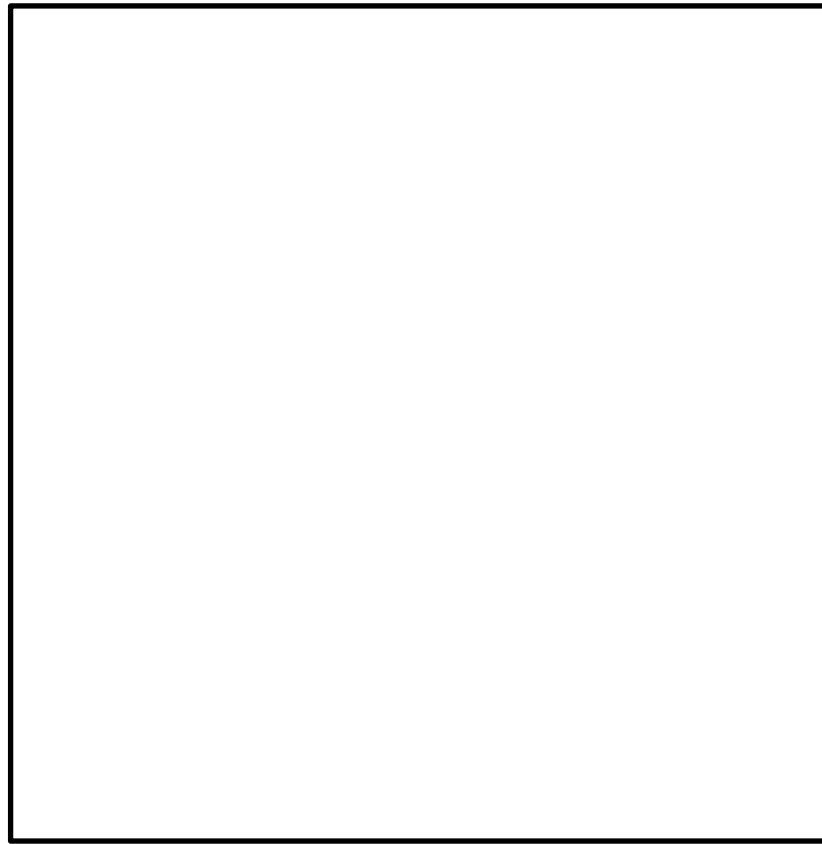
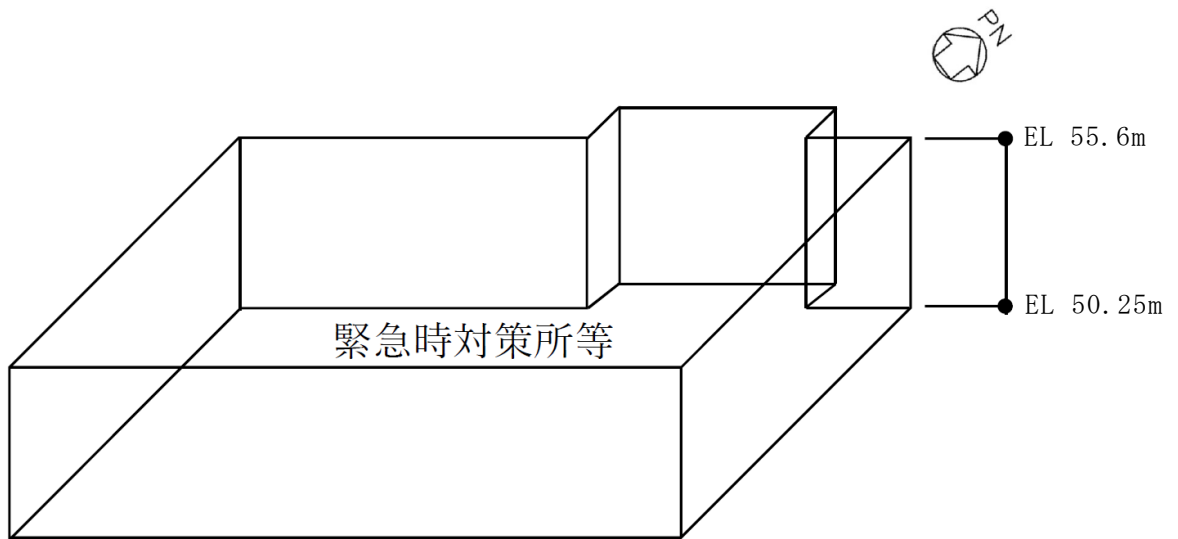


図 2-3(2) 緊急時対策所遮蔽の概略断面図 (B-B断面, EW方向)



(a) 平面図 (EL 50.25m)



(b) 緊急時対策所正圧化バウンダリの概要

図 2-4 緊急時対策所正圧化バウンダリの範囲

### 2.3 評価方針

緊急時対策所遮蔽は、重大事故等対処施設においては「常設重大事故緩和設備」に分類される。また、緊急時対策所正圧化バウンダリは、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に示すとおり、換気設備とあいまって、気密性維持の境界において気圧差を確保することで必要な気密性を維持する設計とする。なお、重大事故等対処施設においては「常設重大事故緩和設備」に分類される。

緊急時対策所遮蔽及び緊急時対策所正圧化バウンダリは、緊急時対策所を取り囲むコンクリート壁（耐震壁及び間仕切壁）及びコンクリートスラブ（屋根スラブ）で構成されており、重大事故等対処施設としての評価においては、基準地震動  $S_s$  による地震力に対する評価（以下「 $S_s$  地震時に対する評価」という。）を行う。

緊急時対策所遮蔽及び緊急時対策所正圧化バウンダリの評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、地震応答解析による評価においては、耐震壁についてせん断ひずみの評価を、応力解析による評価においては、屋根スラブについて断面の評価を行うことで、地震時の構造強度及び機能維持の確認を行う。

それぞれの評価は、VI-2-2-11「緊急時対策所の地震応答計算書」の結果を踏まえたものとする。評価にあたっては材料物性の不確かさを考慮する。表 2-1 に材料物性の不確かさを考慮する解析ケースを示す。

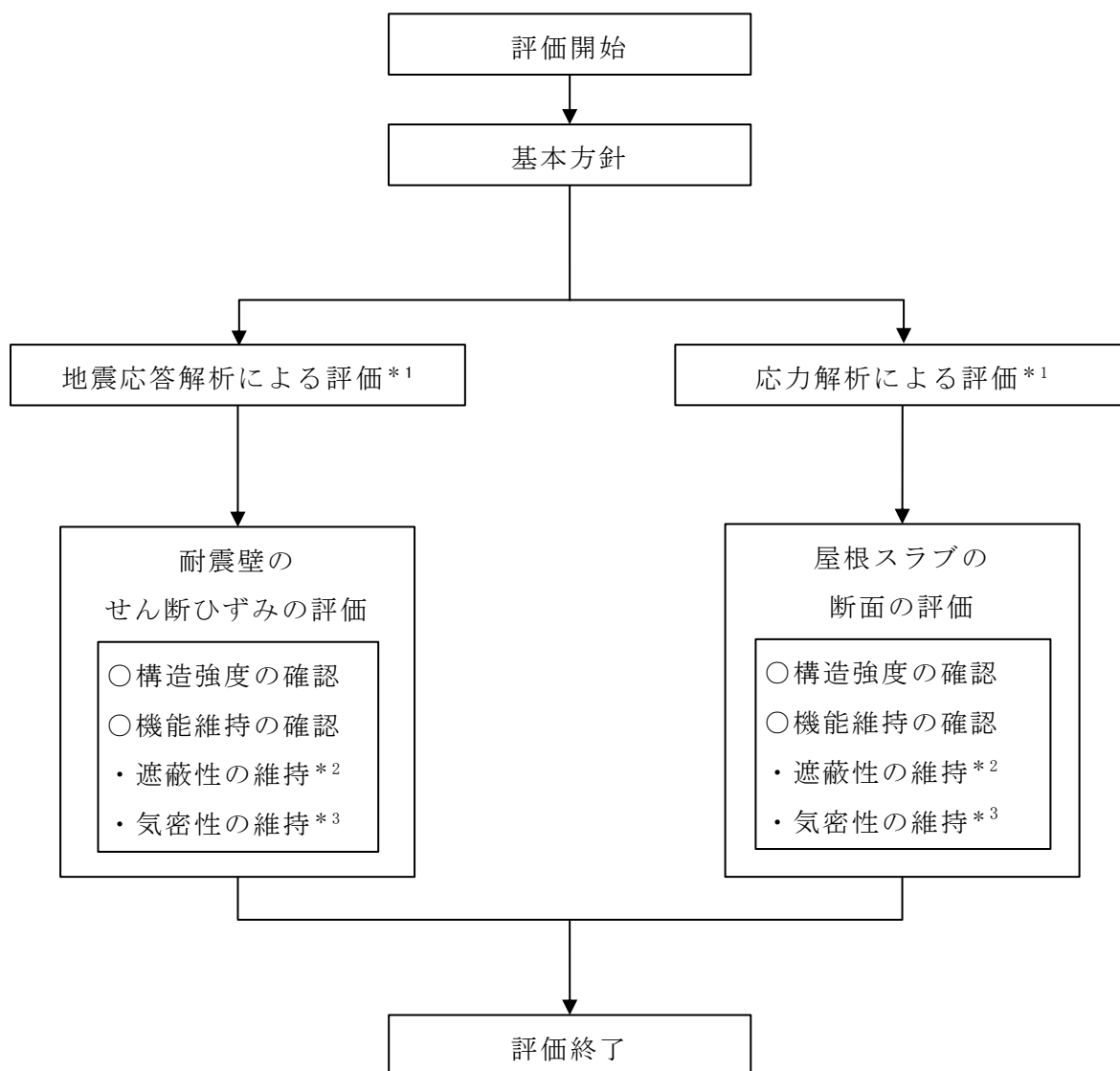
緊急時対策所遮蔽及び緊急時対策所正圧化バウンダリの評価フローを図 2-5 に示す。

表 2-1 材料物性の不確かさを考慮する解析ケース

検討ケース	コンクリート 剛性	地盤物性	備考
ケース 1 (工認モデル)	設計基準強度	標準地盤	基本ケース
ケース 2 (地盤物性 + $\sigma$ )	設計基準強度	標準地盤 + $\sigma$ (+10%, +20%) *	
ケース 3 (地盤物性 - $\sigma$ )	設計基準強度	標準地盤 - $\sigma$ (-10%, -20%) *	
ケース 4 (積雪)	設計基準強度	標準地盤	積雪荷重との 組合せを考慮

注記\*：VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき、地盤の S 波速度  $V_s$  及び P 波速度  $V_p$  の不確かさを設定する。





注記\*1：VI-2-2-11「緊急時対策所の地震応答計算書」の結果を踏まえた評価を行う。

\*2：緊急時対策所遮蔽について実施する。

\*3：緊急時対策所正圧化バウンダリについて実施する。

図2-5 緊急時対策所遮蔽及び緊急時対策所正圧化バウンダリの評価フロー

## 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。

- ・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 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 -1991 追補版 ( (社) 日本電気協会)
- ・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)
- ・2015 年版 建築物の構造関係技術基準解説書 (国土交通省国土技術政策総合研究所・国立研究開発法人建築研究所)

### 3. 地震応答解析による評価方法

緊急時対策所遮蔽及び緊急時対策所正圧化バウンダリの構造強度については，VI-2-2-11「緊急時対策所の地震応答計算書」による結果に基づき，材料物性の不確かさを考慮した最大応答せん断ひずみが許容限界を超えないことを確認する。

また，遮蔽性及び気密性の維持については，VI-2-2-11「緊急時対策所の地震応答計算書」による結果に基づき，材料物性の不確かさを考慮した最大応答せん断ひずみが許容限界を超えないことを確認する。

地震応答解析による評価における緊急時対策所遮蔽及び緊急時対策所正圧化バウンダリの許容限界は，VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，表3-1のとおり設定する。

表 3-1 地震応答解析による評価における許容限界  
(重大事故等対処施設としての評価)

要求機能	機能設計上の性能目標	地震力	部位	機能維持のための考え方	許容限界(評価基準値)
—	構造強度を有すること	基準地震動 S <sub>s</sub>	耐震壁*1	最大応答せん断ひずみ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	せん断ひずみ 2.0×10 <sup>-3</sup>
遮蔽性	遮蔽体の損傷により遮蔽性を損なわないこと	基準地震動 S <sub>s</sub>	耐震壁*1 (緊急時対策所遮蔽)	最大応答せん断ひずみが遮蔽性を維持するための許容限界を超えないことを確認	せん断ひずみ 2.0×10 <sup>-3</sup>
気密性	換気性能とあいまって気密性能を維持すること	基準地震動 S <sub>s</sub>	耐震壁*1 (緊急時対策所正圧化パウダリ)	最大応答せん断ひずみが気密性を維持するための許容限界を超えないことを確認	せん断ひずみ 2.0×10 <sup>-3</sup> *2

注記\*1：建物全体としては、耐震壁で地震力を全て負担する構造となっており、剛性の高い耐震壁の変形に追従する柱、はり、間仕切壁等の部材の層間変形は十分小さいこと、また、全体に剛性の高い構造となっており複数の耐震壁間の相対変形が小さく屋根スラブの変形が抑えられることから、耐震壁の最大応答せん断ひずみの許容限界を満足していれば、建物・構築物に要求される機能は維持される。

\*2：緊急時対策所は、事故時に換気性能とあいまって居住性を維持できる気密性を有する設計とし、地震時においてもその機能を維持できる設計とする。

#### 4. 応力解析による評価方法

##### 4.1 評価対象部位及び評価方針

緊急時対策所遮蔽及び緊急時対策所正圧化バウンダリの応力解析による評価対象部位は、屋根スラブとし、弾性応力解析により評価を行う。

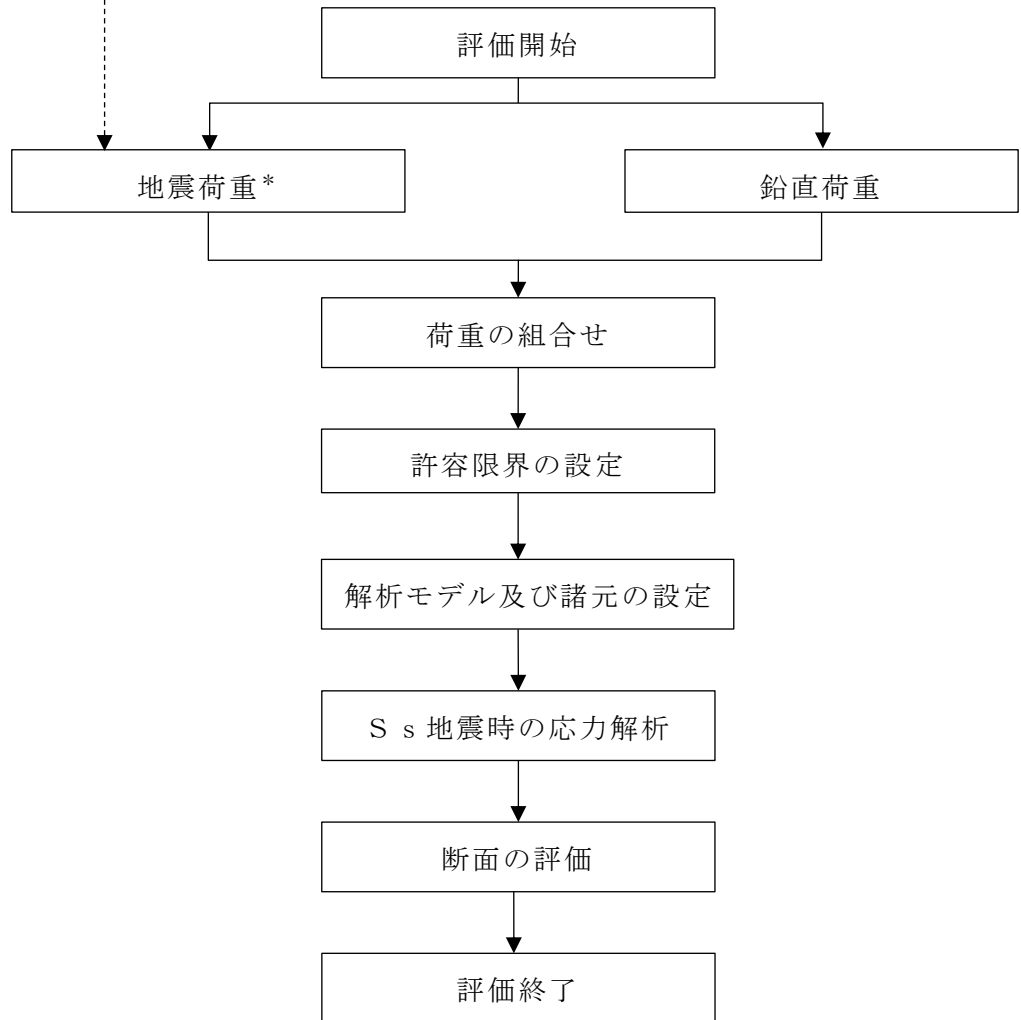
##### 4.1.1 屋根スラブ

屋根スラブについては、鉛直方向の地震動の影響を受けやすいと考えられる。したがって、 $S_s$ 地震時に対する評価は、基準地震動 $S_s$ による鉛直震度を考慮した応力解析モデルを用いて、各部材の断面評価を行う。鉛直震度については、VI-2-2-11「緊急時対策所の地震応答計算書」により得られた基準地震動 $S_s$ による結果を用いる。許容限界については、屋根スラブは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。）に基づき設定する。

評価については、各断面の検定値が最も大きい部材を選定して示す。

応力解析による評価フローを図 4-1 に、選定した部材を図 4-2 に示す。

VI-2-2-11 「緊急時対策所の地震応答計算書」



注記\*：材料物性の不確かさを考慮する。

図 4-1 屋根スラブの応力解析による評価フロー

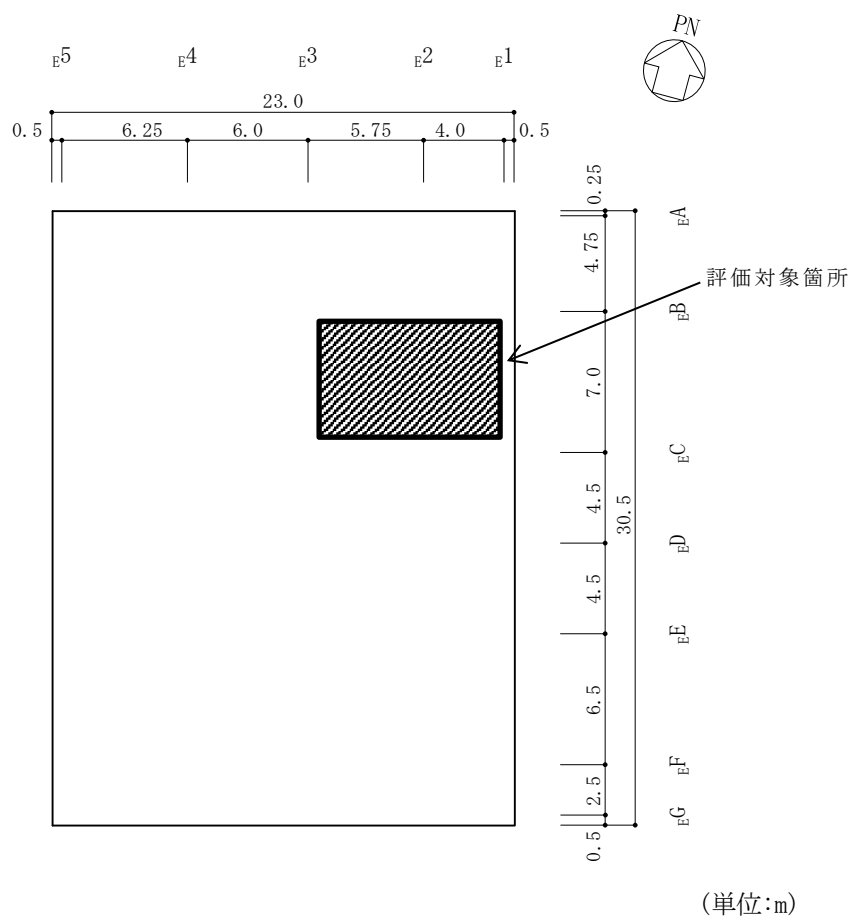


図 4-2 屋根スラブの評価を記載する部材の位置  
(RF, EL 56.6m)

## 4.2 荷重及び荷重の組合せ

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

### 4.2.1 屋根スラブ

#### (1) 荷重

##### a. 鉛直荷重

固定荷重（G）、積載荷重（P）及び積雪荷重（SNL）を表4-1に示す。積雪荷重（SNL）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35.0cmとし、積雪量1cmごとに20N/m<sup>2</sup>の積雪荷重が作用することを考慮し設定する。

表4-1 荷重一覧

(単位：kN/m<sup>2</sup>)

固定荷重（G）	31.8
積載荷重（P）	13.2
積雪荷重（SNL）	0.7

##### b. 地震荷重

地震荷重（S<sub>s</sub>）は、基準地震動S<sub>s</sub>に対する質点系モデルの屋上レベルの鉛直方向最大応答加速度より鉛直震度を算定する。なお、鉛直震度は材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果を包絡したものとする。



(2) 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 4-2 に示す。

表 4-2 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
S <sub>s</sub> 地震時	G + P + S <sub>NL</sub> + S <sub>s</sub>

G : 固定荷重

P : 積載荷重

S<sub>NL</sub> : 積雪荷重

S<sub>s</sub> : 地震荷重

### 4.3 許容限界

応力解析による評価における緊急時対策所遮蔽及び緊急時対策所正圧化バウンダリの許容限界は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、表4-3のとおり設定する。

また、表4-4及び表4-5にコンクリート及び鉄筋の短期許容応力度を示す。

表4-3 応力解析による評価における許容限界  
(重大事故等対処施設としての評価)

要求機能	機能設計上の性能目標	地震力	部位	機能維持のための考え方	許容限界(評価基準値)
—	構造強度を有すること	基準地震動 S <sub>s</sub>	屋根スラブ	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* <sup>1</sup>
遮蔽性	遮蔽体の損傷により遮蔽性を損なわないこと	基準地震動 S <sub>s</sub>	屋根スラブ	部材に生じる応力が遮蔽性を維持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* <sup>1</sup>
気密性	換気性能とあいまって気密性能を維持すること	基準地震動 S <sub>s</sub>	屋根スラブ	部材に生じる応力が気密性を維持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* <sup>2</sup>

注記\*1：許容限界は終局耐力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。

\*2：地震時に生じる応力に対して許容応力度設計とし、地震時及び地震後においても気密性を維持できる設計とする。

表 4-4 コンクリートの短期許容応力度

(単位：N/mm<sup>2</sup>)

設計基準強度 F <sub>c</sub>	圧縮	せん断
30.0	20.0	1.18

表 4-5 鉄筋の短期許容応力度

(単位：N/mm<sup>2</sup>)

種別	引張及び 圧縮	せん断
SD345	345	345

#### 4.4 解析モデル及び諸元

##### 4.4.1 屋根スラブ

###### (1) モデル化の基本方針

屋根スラブは、屋根スラブ周囲の境界条件を考慮して四辺固定版として評価する。

###### (2) 解析諸元

使用材料の物性値を表 4-6 に示す。

表 4-6 使用材料の物性値

コンクリートの 設計基準強度 $F_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	ヤング係数 $E$ (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比 $\nu$
30.0	$2.44 \times 10^4$	0.2

## 4.5 応力評価方法

### 4.5.1 屋根スラブ

#### (1) 荷重ケース

S<sub>s</sub>地震時の応力は、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。鉛直震度算定のための最大鉛直加速度は、質点系モデルにより得られた屋根面の加速度のうち、最大の加速度を採用する。なお、対象とするスラブは十分な剛性（固有振動数 20Hz 以上）を有していることから、共振は考慮しない。最大鉛直加速度及び鉛直震度を表 4-7 に示す。

G	: 固定荷重
P	: 積載荷重
S <sub>NL</sub>	: 積雪荷重
S <sub>sUD</sub>	: S <sub>s</sub> 地震荷重（鉛直方向）

表 4-7 最大鉛直加速度及び鉛直震度

EL (m)	階	ケース	最大鉛直 加速度 (m/s <sup>2</sup> )	鉛直震度
56.6	RF	S <sub>s</sub> -D (ケース 3)	7.89	0.81

#### (2) 荷重の組合せケース

荷重の組合せケースを表 4-8 に示す。

鉛直地震力は、固定荷重及び積雪荷重と同じ載荷方向となる下向き方向に作用させるものとする。

表 4-8 荷重の組合せケース（屋根スラブ）

外力の状態	荷重の組合せ
S <sub>s</sub> 地震時	G + P + S <sub>NL</sub> + 1.0 · S <sub>sUD</sub>

## (3) 応力算出方法

等分布荷重を受ける四辺固定版の曲げモーメント及びせん断力は下式により求める。

- ・短辺方向の端部曲げモーメント ( $M_{X1}$ )

$$M_{X1} = -\frac{1}{12} \cdot w_X \cdot l_X^2$$

- ・短辺方向の中央部曲げモーメント ( $M_{X2}$ )

$$M_{X2} = \frac{1}{18} \cdot w_X \cdot l_X^2$$

- ・短辺方向のせん断力 ( $Q_X$ )

$$Q_X = 0.52 \cdot w \cdot l_X$$

- ・長辺方向の端部曲げモーメント ( $M_{Y1}$ )

$$M_{Y1} = -\frac{1}{24} \cdot w \cdot l_X^2$$

- ・長辺方向の中央部曲げモーメント ( $M_{Y2}$ )

$$M_{Y2} = \frac{1}{36} \cdot w \cdot l_X^2$$

- ・長辺方向のせん断力 ( $Q_Y$ )

$$Q_Y = 0.46 \cdot w \cdot l_X$$

ここで、

$l_X$  : 短辺有効スパン (m)

$l_Y$  : 長辺有効スパン (m)

$w$  : 等分布荷重 (kN/m<sup>2</sup>)

$$w_X = \frac{l_Y^4}{l_X^4 + l_Y^4} \cdot w$$

## 4.6 断面の評価方法

### 4.6.1 屋根スラブ

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。

#### (1) 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部位に生じる曲げモーメントによる鉄筋応力度が、許容限界を超えないことを確認する。

$$\sigma_t = \frac{M}{a_t \cdot j}$$

ここで、

$\sigma_t$  : 鉄筋の引張応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

M : 曲げモーメント (N・mm)

$a_t$  : 引張鉄筋断面積 (mm<sup>2</sup>)

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)

#### (2) 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、評価対象部位に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)

$\alpha$  : 許容せん断力の割り増し係数

(2 を超える場合は 2, 1 未満の場合は 1 とする。)

$$\alpha = \frac{4}{M / (Q \cdot d) + 1}$$

ここで、

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で, 表 4-4 に示す値 (N/mm<sup>2</sup>)  
 $f_t$  : せん断補強筋の短期許容引張応力度で, 表 4-5 に示す値 (N/mm<sup>2</sup>)  
 $p_w$  : 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 (mm<sup>2</sup>)

$x$  : 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。

(なお, 屋根スラブには, 面外せん断補強筋は入っていない。)



## 5. 地震応答解析による評価結果

### 5.1 耐震壁のせん断ひずみの評価結果

鉄筋コンクリート造耐震壁について、 $S_s$ 地震時の最大応答せん断ひずみが許容限界( $2.0 \times 10^{-3}$ )を超えないことを確認する。

材料物性の不確かさを考慮した最大応答せん断ひずみは  $0.10 \times 10^{-3}$  (E W方向,  $S_s - D$ , ケース 4, 要素番号 1) であり, 許容限界 ( $2.0 \times 10^{-3}$ ) を超えないことを確認した。耐震壁の最大応答せん断ひずみ一覧を表 5-1 に示す。各表において, 最大応答せん断ひずみをせん断スケルトン曲線上にプロットした図を図 5-1 に示す。

なお, 気密性について, 各方向の耐震壁とも最大応答せん断ひずみはせん断スケルトン曲線上の第 1 折点を超えておらず, おおむね弾性状態にとどまることから気密性能を維持することを確認した。

表 5-1(1) 最大応答せん断ひずみ (NS方向)

EL (m)	要素 番号	最大応答せん断ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	許容限界 ( $\times 10^{-3}$ )
56.6~50.25	1	0.08	2.0

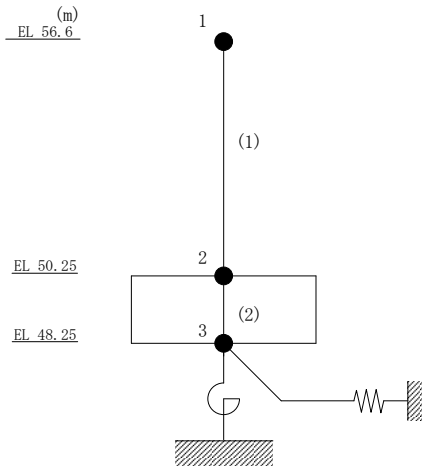
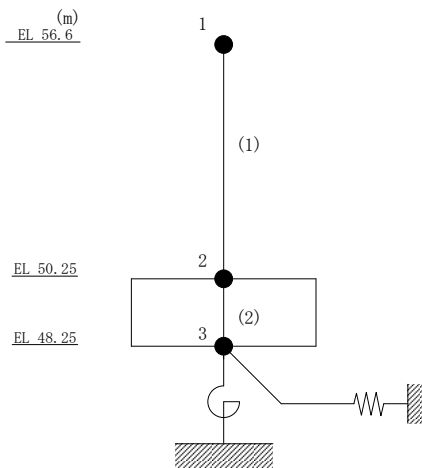
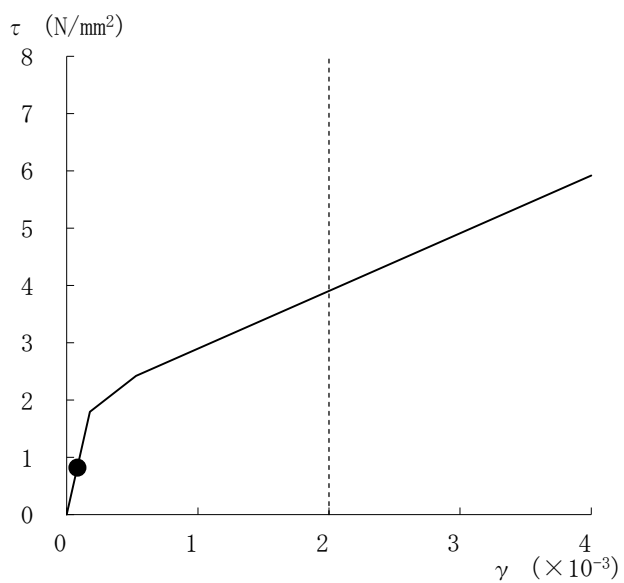


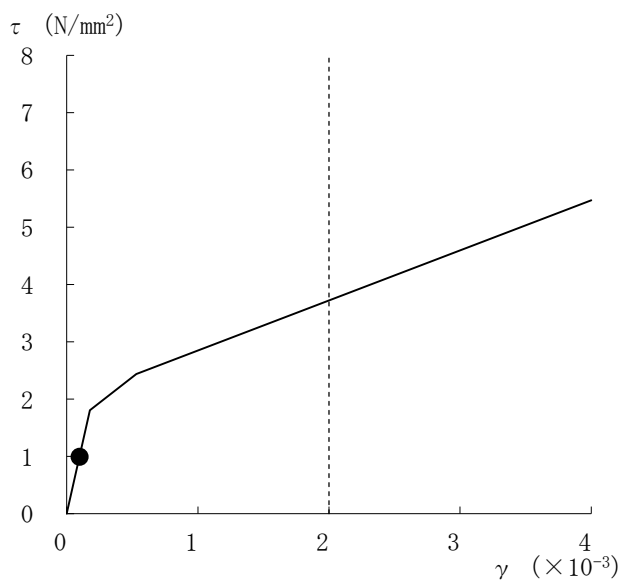
表 5-1(2) 最大応答せん断ひずみ (EW方向)

EL (m)	要素 番号	最大応答せん断ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	許容限界 ( $\times 10^{-3}$ )
56.6~50.25	1	0.10	2.0





(a) NS方向 (S<sub>s</sub>-D, ケース 4, 要素番号 1)



(b) EW方向 (S<sub>s</sub>-D, ケース 4, 要素番号 1)

図 5-1 せん断スケルトン曲線上の最大応答せん断ひずみ

6. 応力解析による評価結果

6.1 屋根スラブの評価結果

屋根スラブの評価結果を表 6-1 に示す。

屋根スラブについては，S s 地震時において，曲げモーメントに対する鉄筋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。

表 6-1 評価結果（屋根スラブ）

方向		短辺（NS）方向	長辺（EW）方向
EL (m)		56.6	
厚さ t (mm)		□	
有効せい d (mm)		□	□
配筋 (鉄筋断面積)	上ば筋	D25@200 (2535 mm <sup>2</sup> /m)	D25@200 (2535 mm <sup>2</sup> /m)
	下ば筋	D25@200 (2535 mm <sup>2</sup> /m)	D25@200 (2535 mm <sup>2</sup> /m)
曲げモーメント	発生曲げモーメント M (kN・m/m)	201.9	123.3
	鉄筋応力度 $\sigma_t$ (N/mm <sup>2</sup> )	101	62
	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )	345	345
	検定値	0.30	0.18
面外せん断力	発生せん断力 Q (kN/m)	256.5	226.9
	せん断スパン比による 割増し係数 $\alpha$	2.0	2.0
	許容限界 (kN/m)	1858.5	1858.5
	検定値	0.14	0.13
判定		可	可