(15)　格納容器内雰囲気モニ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
4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 4
4.2.2　許容応力 ····· 4
4.2.3　使用材料の許容応力評価条件 ····· 4
4.3　計算条件 ····· 4
5.　機能維持評価 ····· 8
5.1　電気的機能維持評価方法 ····· 8
6.　評価結果 ····· 9
6.1　設計基準対象施設としての評価結果 ····· 9
6.2　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 9

1. 概要

本計算書は，Ｖ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，格納容器内雰囲気モニタ盤が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

格納容器内雰囲気モニタ盤は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び重大事故緩和設備に分類される。以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

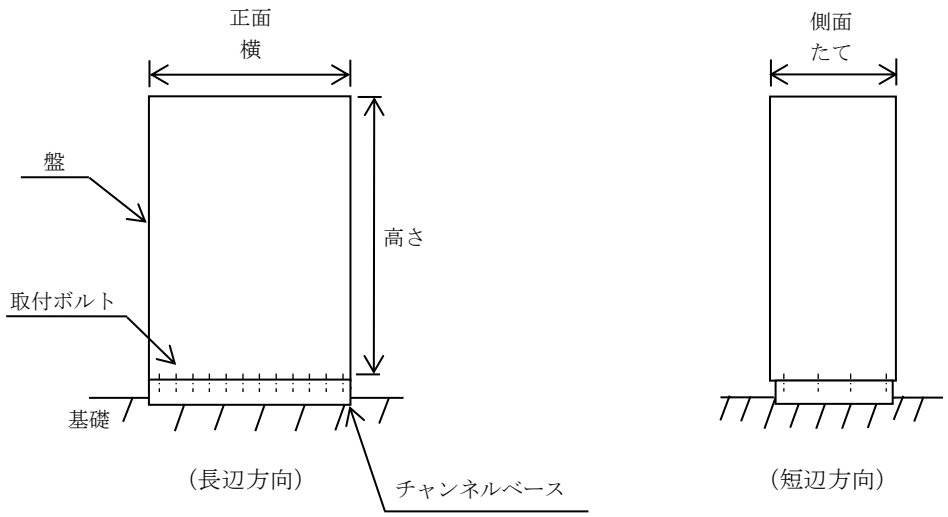
なお，格納容器内雰囲気モニタ盤は，Ｖ-2-1-14「計算書作成の方法」に記載の直立形盤であるため，Ｖ-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-9　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

格納容器内雰囲気モニタ盤の構造計画を表 2－1 に示す。

表 2－1　構造計画

<table>
<tr><th colspan="2">計画の概要</th><th rowspan="2">概略構造図</th></tr>
<tr><th>基礎・支持構造</th><th>主体構造</th></tr>
<tr><td>格納容器内雰囲気モニタ盤は，基礎に固定されたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。</td><td>直立形
（鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤）</td><td>【格納容器内雰囲気モニタ盤】


<table>
<tr><th>機器
名称</th><th>格納容器内雰囲気モニタ盤
(H11-P638-1)</th><th>格納容器内雰囲気モニタ盤
(H11-P638-2)</th></tr>
<tr><td>たて</td><td>1000</td><td>1000</td></tr>
<tr><td>横</td><td>1600</td><td>1600</td></tr>
<tr><td>高さ</td><td>2300</td><td>2300</td></tr>
</table>
（単位：mm）</td></tr>
</table>

3.　固有周期

3.1　固有周期の確認

格納容器内雰囲気モニタ盤（H11-P638-1）及び格納容器内雰囲気モニタ盤（H11-P638-2）の固有周期は，構造が同等であり，同様な振動特性を持つ盤に対する振動試験（自由振動試験）の結果確認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）

格納容器内雰囲気モニタ盤 (H11-P638-1)	水平	0.05以下
	鉛直	0.05以下
格納容器内雰囲気モニタ盤 (H11-P638-2)	水平	0.05以下
	鉛直	0.05以下

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

盤の構造強度評価は，Ⅴ-2-1-14「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

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

4.2.2　許容応力

盤の許容応力は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表4－3のとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

盤の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表4－4に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4－5に示す。

4.3　計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【格納容器内雰囲気モニタ盤（H11-P638-1）の耐震性についての計算結果】，【格納容器内雰囲気モニタ盤（H11-P638-2）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（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
計測制御系統施設	その他の計測制御系統施設	格納容器内雰囲気モニタ盤	S	—*	$D+P_D+M_D+S_d$ *	III_AS
					$D+P_D+M_D+S_s$	IV_AS

注記＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4－2　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御系統施設	その他の計測制御系統施設	格納容器内雰囲気モニタ盤	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D+P_D+M_D+S_s$ *3	IV_AS
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS （V_ASとしてIV_ASの許容限界を用いる。）

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

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4－3　許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 4－4　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
取付ボルト	SS400 (径≦16mm)	周囲環境温度	26	245	400	―

表 4－5　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
取付ボルト	SS400 (径≦16mm)	周囲環境温度	50	241	394	―

5.　機能維持評価

5.1　電気的機能維持評価方法

盤の電気的機能維持評価は，Ⅴ-2-1-14「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。

盤に設置される器具の機能確認済加速度は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，当該器具と類似の器具単体の正弦波加振試験において電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表5－1に示す。

表5－1　機能確認済加速度　　(×9.8m/s^2)

評価部位	方向	機能確認済加速度
格納容器内雰囲気モニタ盤 (H11-P638-1)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]
格納容器内雰囲気モニタ盤 (H11-P638-2)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

格納容器内雰囲気モニタ盤の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

格納容器内雰囲気モニ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及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【格納容器内雰囲気モニタ盤（H11-P638-1）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期（s）		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
格納容器内雰囲気モニタ盤 (H11-P638-1)	S	コントロール建屋 T.M.S.L.17.950 (T.M.S.L.17.300*)	0.05 以下	0.05 以下	C_H＝1.04	C_V＝0.72	C_H＝2.06	C_V＝1.42	26

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{b_i} (mm^2)	n_i	S_{y_i} (MPa)	S_{u_i} (MPa)
取付ボルト （ｉ＝2）	[redacted]	1260	16 (M16)	201.1	24	245 (径≦16mm)	400 (径≦16mm)

部材	ℓ_{1_i}* (mm)	ℓ_{2_i}* (mm)	n_{f_i}*	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
取付ボルト （ｉ＝2）	355	525	8	245	280	長辺方向	長辺方向
	675	855	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_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
取付ボルト (ｉ＝2)	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (ｉ＝2)	SS400	引張り	σ_{b2}＝22	f_{ts2}＝183 *	σ_{b2}＝57	f_{ts2}＝210 *
		せん断	τ_{b2}＝3	f_{sb2}＝141	τ_{b2}＝5	f_{sb2}＝161

すべて許容応力以下である。

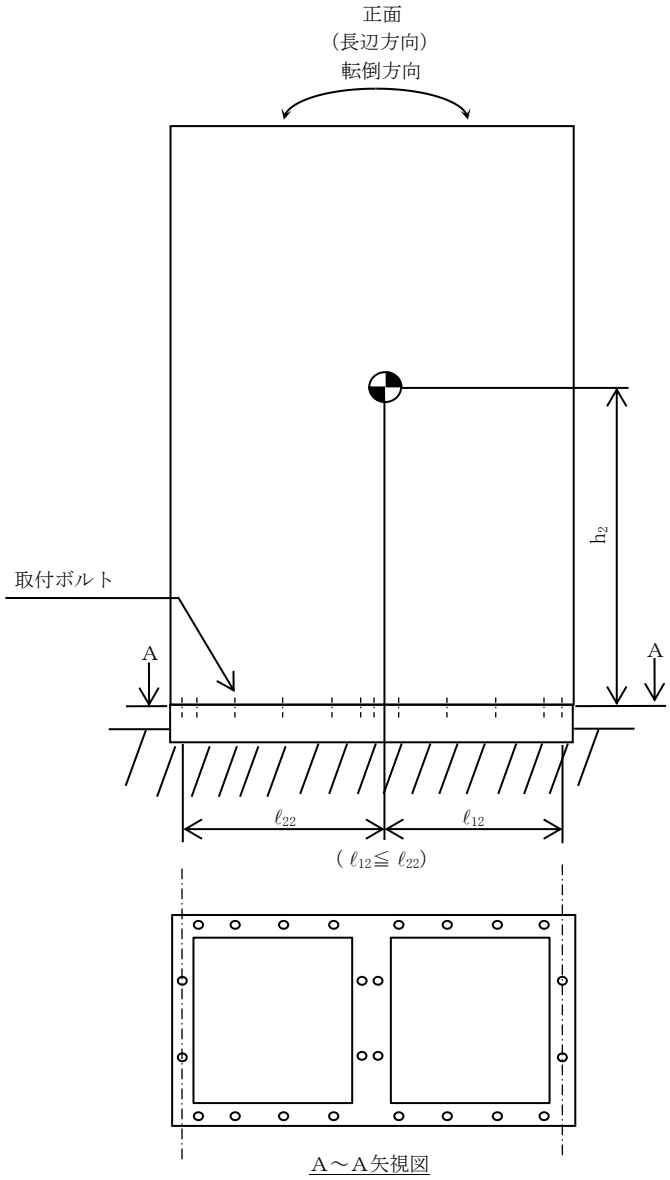
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

1.4.2 電気的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

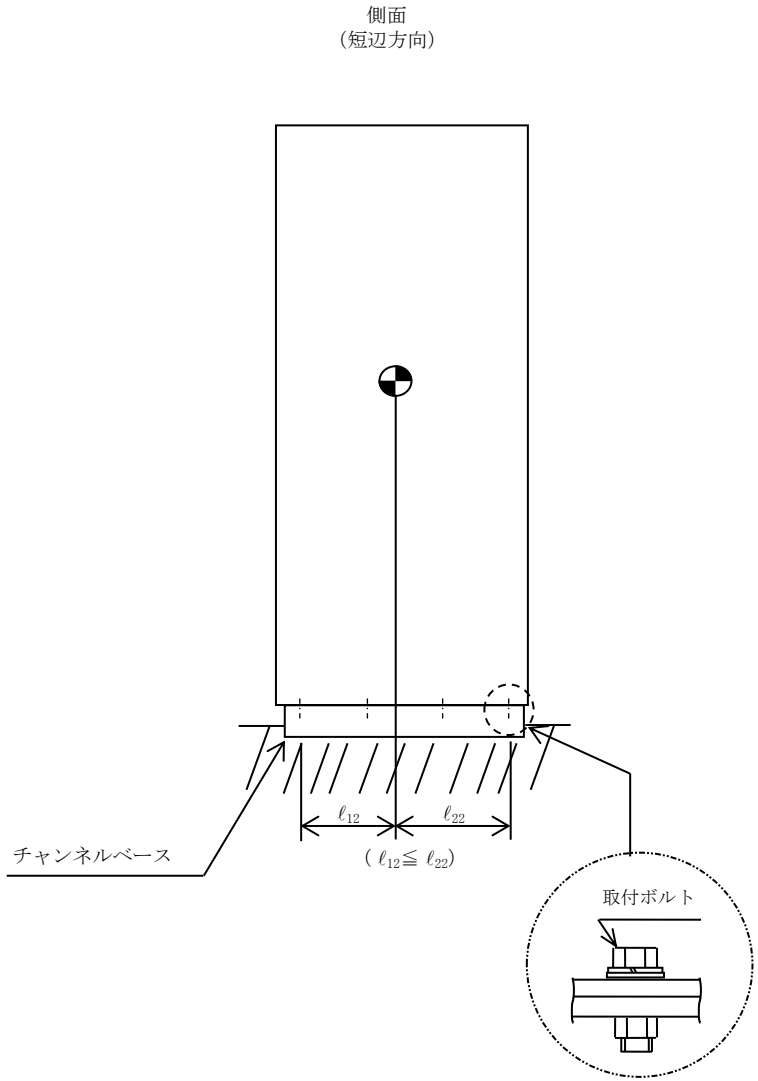
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
格納容器内雰囲気モニタ盤 (H11-P638-1)	水平方向	1.71	[redacted]
	鉛直方向	1.19	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


正面
(長辺方向)
転倒方向
取付ボルト
A
A
h_2
ℓ_{22}
ℓ_{12}
($\ell_{12} \leqq \ell_{22}$)

A～A矢視図


側面
(短辺方向)
チャンネルベース
ℓ_{12}
ℓ_{22}
($\ell_{12} \leqq \ell_{22}$)
取付ボルト

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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
格納容器内雰囲気モニタ盤 (H11-P638-1)	常設耐震／防止 常設／緩和	コントロール建屋 T.M.S.L.17.950 (T.M.S.L.17.300*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C_H＝2.06	C_V＝1.42	50

注記＊：基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{b_i} (mm^2)	n_i	S_{y_i} (MPa)	S_{u_i} (MPa)
取付ボルト （ｉ＝2）	[redacted]	1260	16 (M16)	201.1	24	241 (径≦16mm)	394 (径≦16mm)

部材	ℓ_{1_i}* (mm)	ℓ_{2_i}* (mm)	n_{f_i}*	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
取付ボルト （ｉ＝2）	355	525	8	—	276	—	長辺方向
	675	855	2				

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

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
取付ボルト（ｉ＝2）	―	[redacted]	―	[redacted]

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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト（ｉ＝2）	SS400	引張り	―	―	σ_{b2}＝57	f_{ts2}＝207 *
		せん断	―	―	τ_{b2}＝5	f_{sb2}＝159

すべて許容応力以下である。

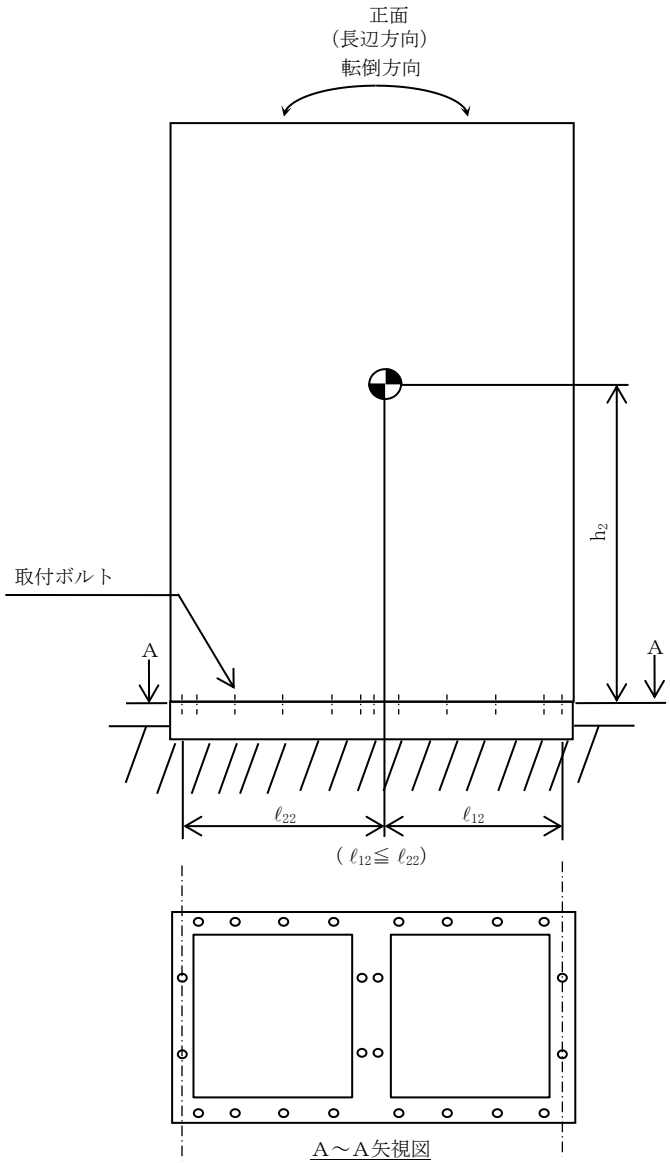
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

2.4.2 電気的機能の評価結果 (×9.8m/s^2)

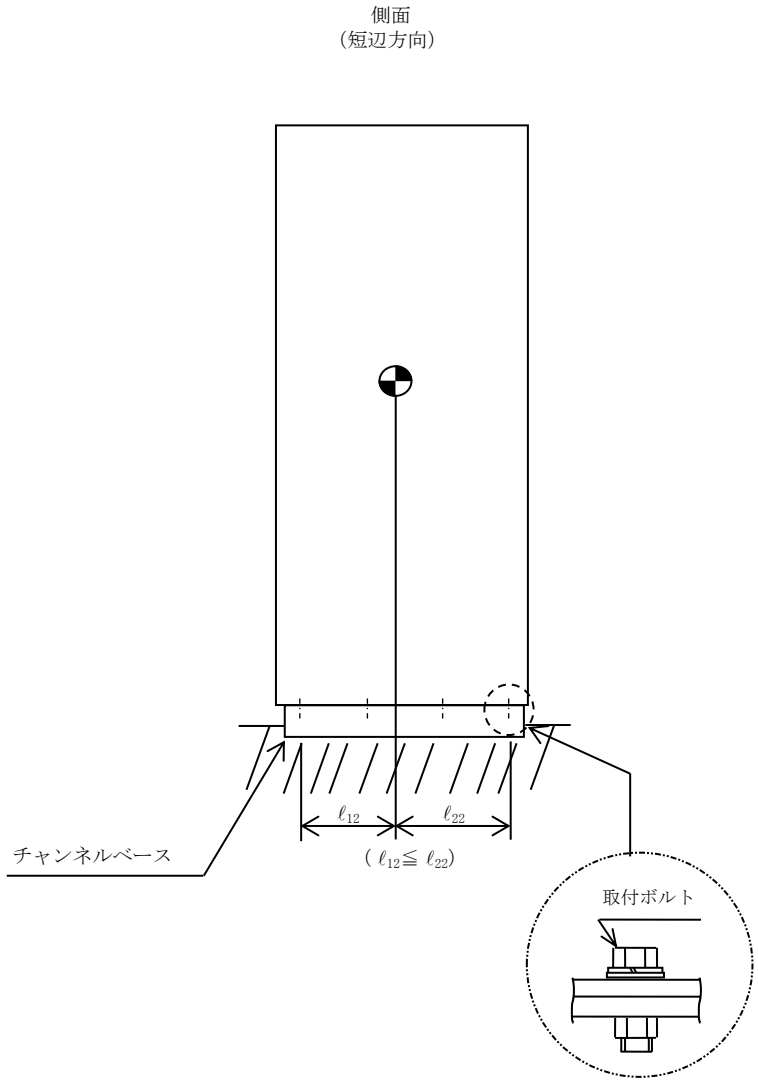
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
格納容器内雰囲気モニタ盤（H11-P638-1）	水平方向	1.71	[redacted]
	鉛直方向	1.19	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


正面
（長辺方向）
転倒方向
取付ボルト
A
A
h_2
ℓ_{22}
ℓ_{12}
（$\ell_{12} \leqq \ell_{22}$）

A～A矢視図


側面
（短辺方向）
チャンネルベース
ℓ_{12}
ℓ_{22}
（$\ell_{12} \leqq \ell_{22}$）
取付ボルト

【格納容器内雰囲気モニタ盤（H11-P638-2）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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
格納容器内雰囲気モニタ盤 (H11-P638-2)	S	コントロール建屋 T.M.S.L.17.950 (T.M.S.L.17.300*)	0.05 以下	0.05 以下	C_H＝1.04	C_V＝0.72	C_H＝2.06	C_V＝1.42	26

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{b_i} (mm^2)	n_i	S_{y_i} (MPa)	S_{u_i} (MPa)
取付ボルト （ｉ＝2）	[redacted]	1260	16 (M16)	201.1	24	245 (径≦16mm)	400 (径≦16mm)

部材	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	n_{fi}*	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
取付ボルト （ｉ＝2）	355	525	8	245	280	長辺方向	長辺方向
	640	890	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_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
取付ボルト（ｉ＝2）	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 （単位：MPa）

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト（ｉ＝2）	SS400	引張り	$\sigma_{b2}=22$	$f_{ts2}=183$ *	$\sigma_{b2}=57$	$f_{ts2}=210$ *
		せん断	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=141$	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

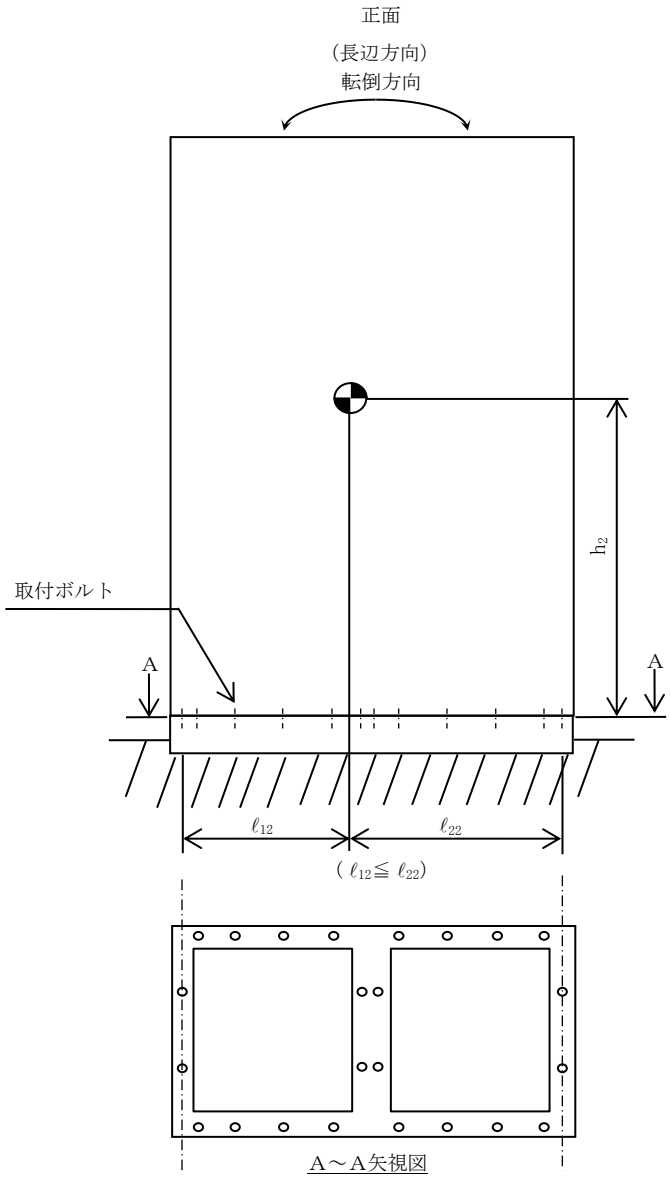
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

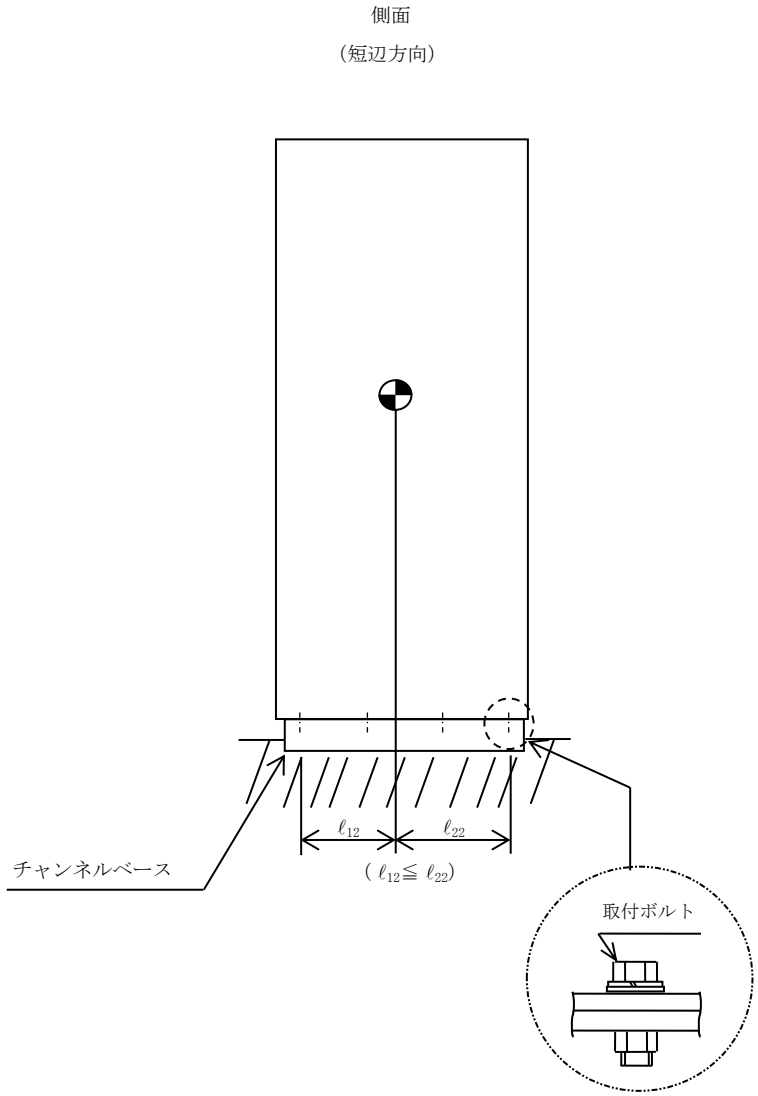
1.4.2 電気的機能の評価結果 （×9.8m/s²）

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
格納容器内雰囲気モニタ盤（H11-P638-2）	水平方向	1.71	[redacted]
	鉛直方向	1.19	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


正面
（長辺方向）
転倒方向
取付ボルト
A
A
h_2
ℓ_{12}
ℓ_{22}
（$\ell_{12} \leqq \ell_{22}$）
A～A矢視図


側面
（短辺方向）
チャンネルベース
ℓ_{12}
ℓ_{22}
（$\ell_{12} \leqq \ell_{22}$）
取付ボルト

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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
格納容器内雰囲気モニタ盤 (H11-P638-2)	常設耐震／防止常設／緩和	コントロール建屋 T.M.S.L.17.950 (T.M.S.L.17.300*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C_H=2.06	C_V=1.42	50

注記＊：基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{b_i} (mm^2)	n_i	S_{y_i} (MPa)	S_{u_i} (MPa)
取付ボルト (ｉ＝2)	[redacted]	1260	16 (M16)	201.1	24	241 (径≦16mm)	394 (径≦16mm)

部材	ℓ_{1_i}* (mm)	ℓ_{2_i}* (mm)	n_{f_i}*	F_i (MPa)	F_i^* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
取付ボルト (ｉ＝2)	355	525	8	—	276	—	長辺方向
	640	890	2				

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

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
取付ボルト (ｉ＝2)	―	[redacted]	―	[redacted]

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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (ｉ＝2)	SS400	引張り	―	―	σ_{b2}＝57	f_{ts2}＝207 *
		せん断	―	―	τ_{b2}＝5	f_{sb2}＝159

すべて許容応力以下である。

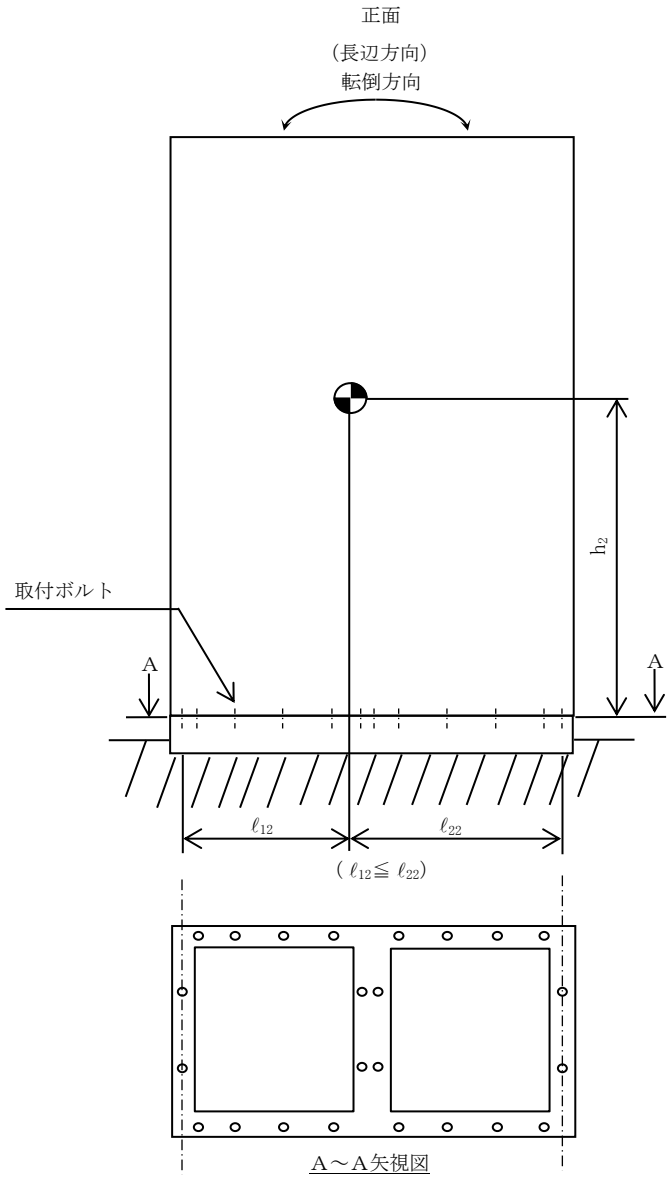
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

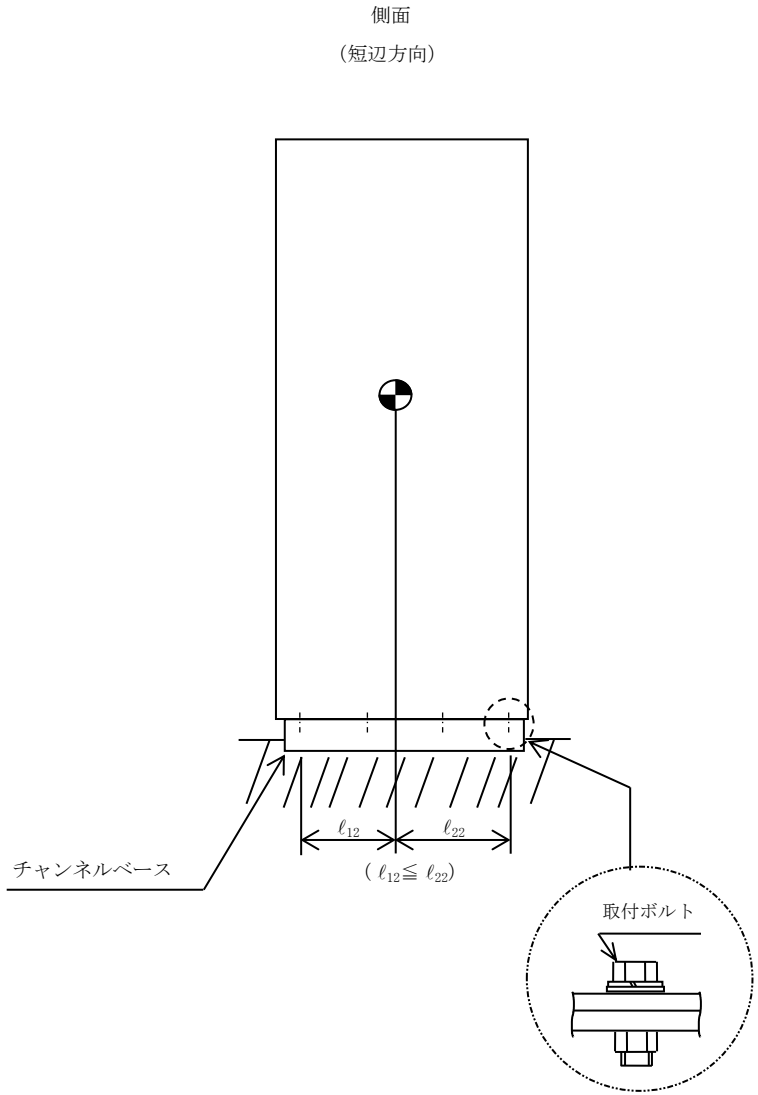
2.4.2 電気的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
格納容器内雰囲気モニタ盤 (H11-P638-2)	水平方向	1.71	[redacted]
	鉛直方向	1.19	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


正面
（長辺方向）
転倒方向
取付ボルト
A
A
h_2
ℓ_{12}
ℓ_{22}
（$\ell_{12} \leqq \ell_{22}$）
A～A矢視図


側面
（短辺方向）
チャンネルベース
ℓ_{12}
ℓ_{22}
（$\ell_{12} \leqq \ell_{22}$）
取付ボルト

(16)　格納容器内水素モニ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
4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 4
4.2.2　許容応力 ····· 4
4.2.3　使用材料の許容応力評価条件 ····· 4
4.3　計算条件 ····· 4
5.　機能維持評価 ····· 8
5.1　電気的機能維持評価方法 ····· 8
6.　評価結果 ····· 9
6.1　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 9

1. 概要

本計算書は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，格納容器内水素モニタ盤が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

格納容器内水素モニタ盤は，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

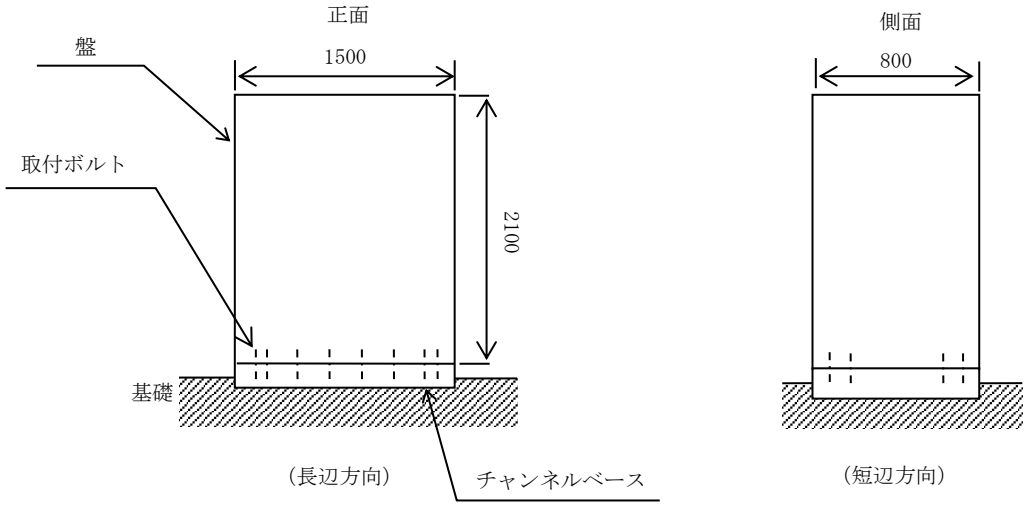
なお，格納容器内水素モニタ盤は，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法」に記載の直立形盤であるため，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-9　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

格納容器内水素モニ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	
格納容器内水素モニタ盤は，基礎に固定されたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。	直立形 （鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤）	【格納容器内水素モニタ盤】  （単位：mm）

3.　固有周期

3.1　固有周期の確認

プラスチックハンマ等により,当該装置に振動を与え自由減衰振動を固有振動数測定装置(圧電式加速度ピックアップ，振動計，分析器）により記録解析する。試験の結果，剛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）

格納容器内水素モニタ盤 (H12-P637)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

盤の構造強度評価は，Ⅴ-2-1-14「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

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

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

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

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【格納容器内水素モニタ盤（H12-P637）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	格納容器内水素モニタ盤	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	D＋P_D＋M_D＋Ｓｓ*3	$Ⅳ_AS$
					D＋P_{SAD}＋M_{SAD}＋Ｓｓ	V_AS（V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

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

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4－2　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 4－3　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
取付ボルト	SS400 (16mm＜径≦40mm)	周囲環境温度	40	235	400	―

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

盤の電気的機能維持評価は，Ⅴ-2-1-14「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。

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

機能確認済加速度を表5－1に示す。

表5－1　機能確認済加速度　　(×9.8m/s^2)

評価部位	方向	機能確認済加速度
格納容器内水素モニタ盤 (H12-P637)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

格納容器内水素モニ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及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【格納容器内水素モニタ盤（H12-P637）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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
格納容器内水素モニタ盤 (H12-P637)	常設耐震／防止 常設／緩和	コントロール建屋 T.M.S.L. 12.900 (T.M.S.L. 12.300*)	[redacted]	[redacted]	—	—	C_H＝1.95	C_V＝1.38	40

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)
取付ボルト (i＝2)	[redacted]	[redacted]	16 (M16)	201.1	16	235 (16mm＜径≦40mm)	400 (16mm＜径≦40mm)

部材	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	n_{fi}*1	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
取付ボルト (i＝2)	[redacted]	[redacted]	6	—	280	—	長辺方向
	[redacted]	[redacted]	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_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
取付ボルト（ｉ＝2）	―	[redacted]	―	[redacted]

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト（ｉ＝2）	SS400	引張り	―	―	σ_{b2}＝50	f_{ts2}＝210 *
		せん断	―	―	τ_{b2}＝ 8	f_{sb2}＝161

すべて許容応力以下である。

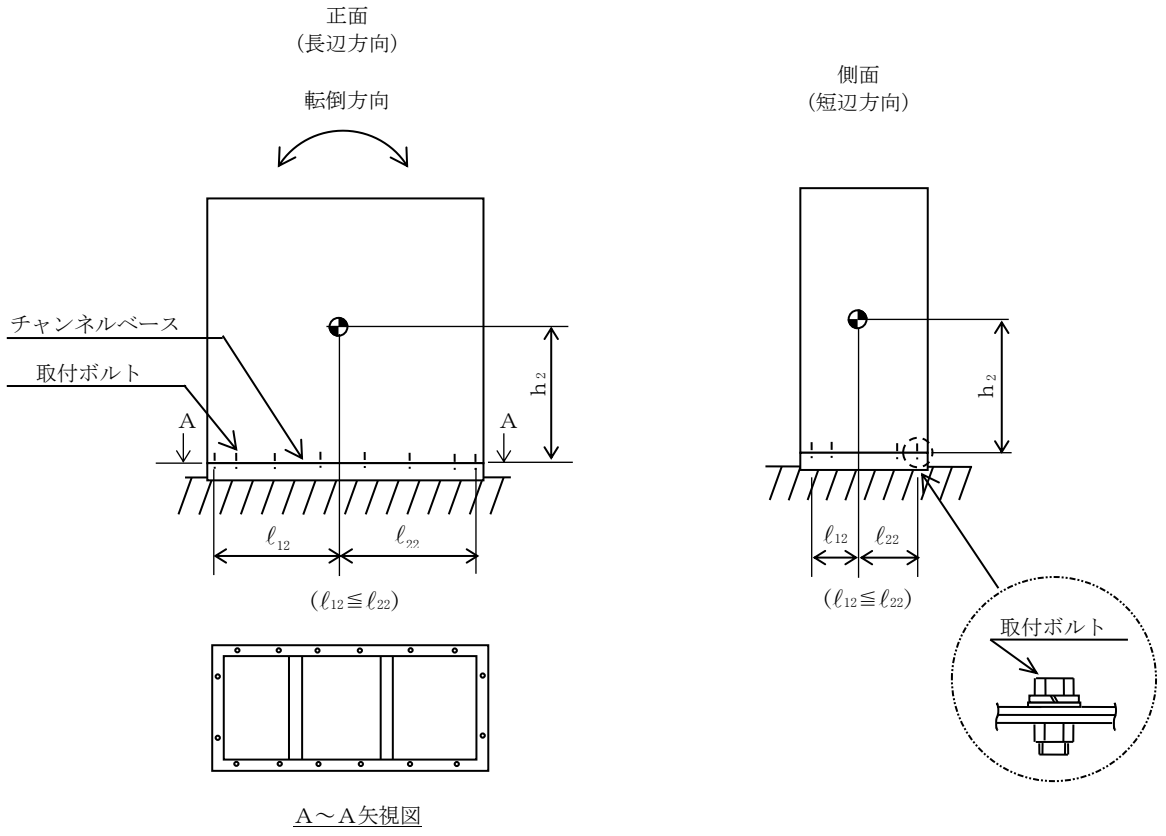
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

1.4.2 電気的機能の評価結果 (×9.8m/s^2)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
格納容器内水素モニタ盤（H12-P637）	水平方向	1.63	[redacted]
	鉛直方向	1.15	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


正面
(長辺方向)
転倒方向
チャンネルベース
取付ボルト
A
A
h2
ℓ12
ℓ22
(ℓ12≦ℓ22)
A～A矢視図
側面
(短辺方向)
h2
ℓ12
ℓ22
(ℓ12≦ℓ22)
取付ボルト

(17)　事故時放射線モニ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
4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 4
4.2.2　許容応力 ····· 4
4.2.3　使用材料の許容応力評価条件 ····· 4
4.3　計算条件 ····· 4
5.　機能維持評価 ····· 8
5.1　電気的機能維持評価方法 ····· 8
6.　評価結果 ····· 9
6.1　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 9

1. 概要

本計算書は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，事故時放射線モニタ盤が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

事故時放射線モニタ盤は，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

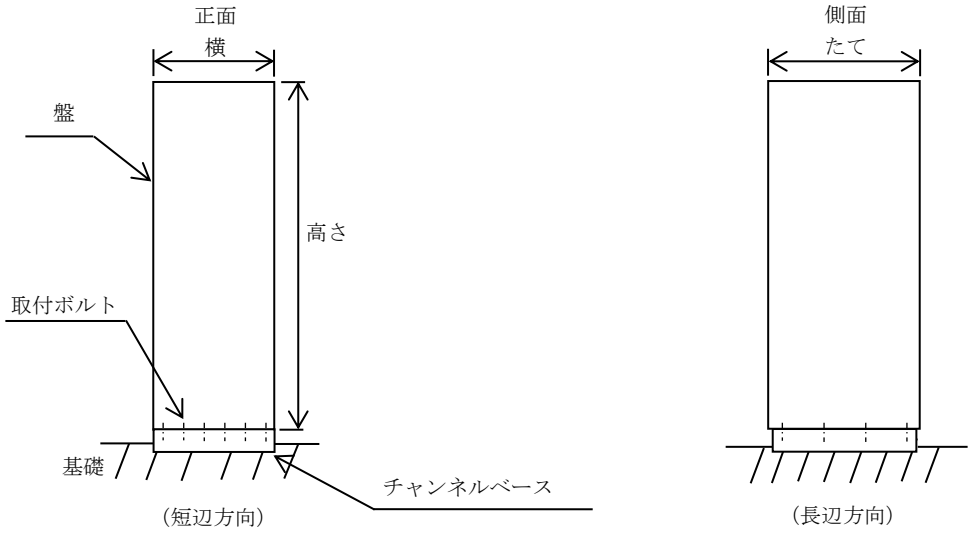
なお，事故時放射線モニタ盤は，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法」に記載の直立形盤であるため，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-9　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

事故時放射線モニタ盤の構造計画を表 2－1 に示す。

表２－１　構造計画

<table>
<tr><th colspan="2">計画の概要</th><th rowspan="2">概略構造図</th></tr>
<tr><th>基礎・支持構造</th><th>主体構造</th></tr>
<tr><td>事故時放射線モニタ盤は，基礎に固定されたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。</td><td>直立形
（鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤）</td><td>【事故時放射線モニタ盤】


<table>
<tr><th>機器
名称</th><th>事故時放射線モニタ盤
(H11-P609-1)</th><th>事故時放射線モニタ盤
(H11-P609-2)</th></tr>
<tr><td>たて</td><td>1000</td><td>1000</td></tr>
<tr><td>横</td><td>800</td><td>800</td></tr>
<tr><td>高さ</td><td>2300</td><td>2300</td></tr>
</table>
（単位：mm）</td></tr>
</table>

3.　固有周期

3.1　固有周期の確認

事故時放射線モニタ盤の固有周期は，構造が同等であり，同様な振動特性を持つ盤に対する振動試験（自由振動試験）の結果確認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）

事故時放射線モニタ盤 (H11-P609-1)	水平	0.05以下
	鉛直	0.05以下
事故時放射線モニタ盤 (H11-P609-2)	水平	0.05以下
	鉛直	0.05以下

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

盤の構造強度評価は，Ⅴ-2-1-14「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

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

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

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

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【事故時放射線モニタ盤（H11-P609-1）の耐震性についての計算結果】，【事故時放射線モニタ盤（H11-P609-2）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御系統施設	その他の計測制御系統施設	事故時放射線モニタ盤	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	D＋P_D＋M_D＋Ｓｓ*3	$Ⅳ_AS$
					D＋P_{SAD}＋M_{SAD}＋Ｓｓ	V_AS （V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

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

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4－2　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 （ボルト等）	
	一次応力	
	引張り	せん断
ⅣＡＳ	1.5・ｆｔ*	1.5・ｆｓ*
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 (℃)		Ｓｙ (MPa)	Ｓｕ (MPa)	Ｓｙ（ＲＴ） (MPa)
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

盤の電気的機能維持評価は，V-2-1-14「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。

盤に設置される器具の機能確認済加速度は，V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，同形式の器具及び当該器具と類似の器具単体の正弦波加振試験において電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表5－1に示す。

表5－1　機能確認済加速度　　(×9.8m/s^2)

評価部位	方向	機能確認済加速度
事故時放射線モニタ盤 (H11-P609-1)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]
事故時放射線モニタ盤 (H11-P609-2)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

事故時放射線モニ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及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【事故時放射線モニタ盤（H11-P609-1）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期（s）		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
事故時放射線モニタ盤 (H11-P609-1)	常設耐震／防止常設／緩和	コントロール建屋 T.M.S.L.17.950 (T.M.S.L.17.300*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C_H＝2.06	C_V＝1.42	50

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{b_i} (mm^2)	n_i	S_{y_i} (MPa)	S_{u_i} (MPa)
取付ボルト （ｉ＝2）	[redacted]	1255	16 (M16)	201.1	12	231 (16mm＜径≦40mm)	394 (16mm＜径≦40mm)

部材	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	n_{fi}*	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
取付ボルト （ｉ＝2）	320	410	2	—	276	—	短辺方向
	370	510	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_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
取付ボルト（ｉ＝2）	―	[redacted]	―	[redacted]

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト（ｉ＝2）	SS400	引張り	―	―	σ_{b2}＝83	f_{ts2}＝207 *
		せん断	―	―	τ_{b2}＝8	f_{sb2}＝159

すべて許容応力以下である。

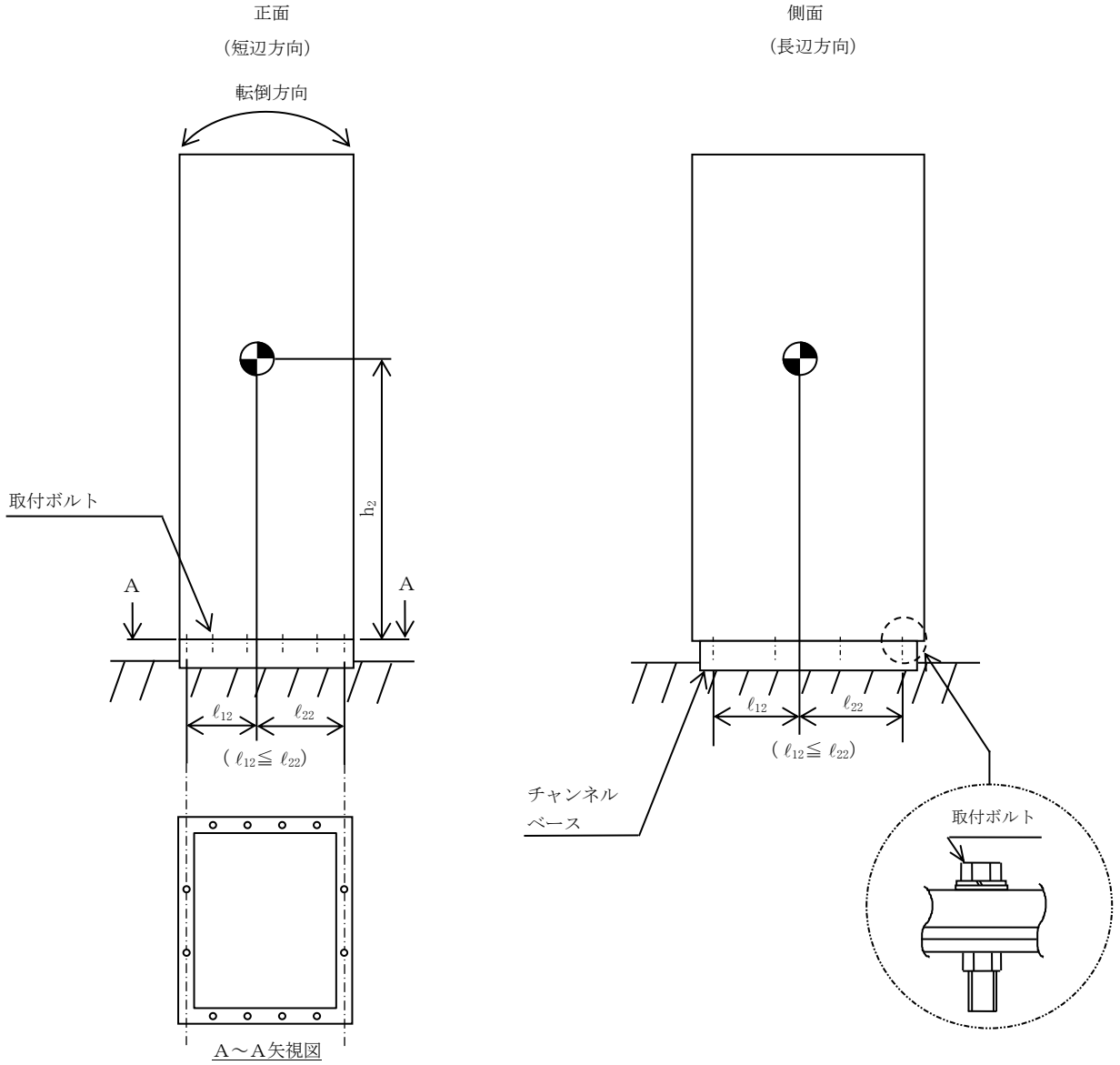
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

1.4.2 電気的機能の評価結果 (×9.8m/s^2)

		機能維持評価用加速度＊	機能確認済加速度
事故時放射線モニタ盤（H11-P609-1）	水平方向	1.71	[redacted]
	鉛直方向	1.19	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


正面
(短辺方向)
転倒方向
取付ボルト
A
A
h_2
ℓ_{12}
ℓ_{22}
($\ell_{12} \leqq \ell_{22}$)
A～A矢視図
側面
(長辺方向)
チャンネル
ベース
ℓ_{12}
ℓ_{22}
($\ell_{12} \leqq \ell_{22}$)
取付ボルト

【事故時放射線モニタ盤（H11-P609-2）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期（s）		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
事故時放射線モニタ盤 (H11-P609-2)	常設耐震／防止 常設／緩和	コントロール建屋 T.M.S.L.17.950 (T.M.S.L.17.300*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C_H＝2.06	C_V＝1.42	50

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{b_i} (mm^2)	n_i	S_{y_i} (MPa)	S_{u_i} (MPa)
取付ボルト （ｉ＝2）	[redacted]	1260	16 (M16)	201.1	12	231 (16mm＜径≦40mm)	394 (16mm＜径≦40mm)

部材	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	n_{fi}*	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
取付ボルト （ｉ＝2）	305	425	2	—	276	—	短辺方向
	380	500	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_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
取付ボルト (ｉ＝2)	—	[redacted]	—	[redacted]

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (ｉ＝2)	SS400	引張り	—	—	σ_{b2}＝84	f_{ts2}＝207 *
		せん断	—	—	τ_{b2}＝8	f_{sb2}＝159

すべて許容応力以下である。

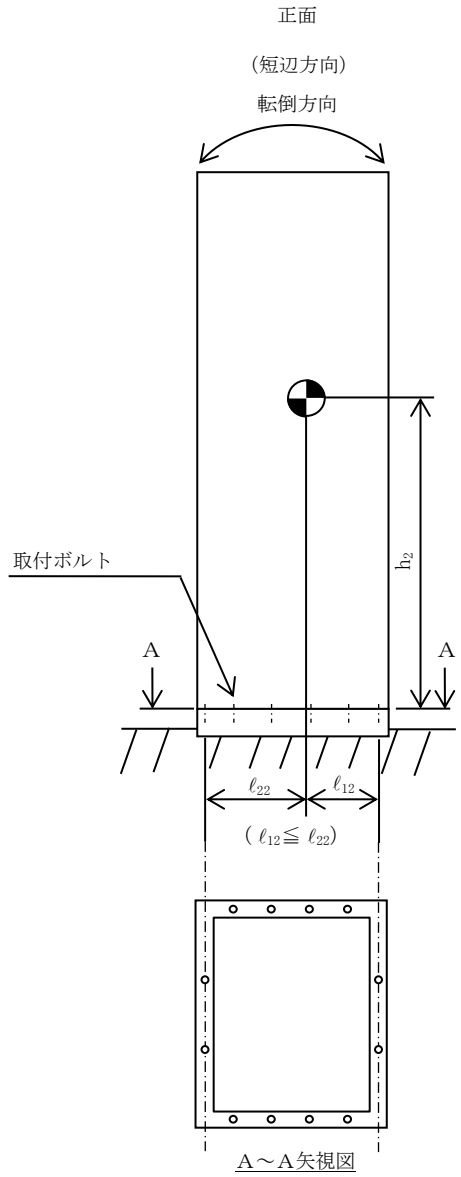
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

1.4.2 電気的機能の評価結果 (×9.8m/s^2)

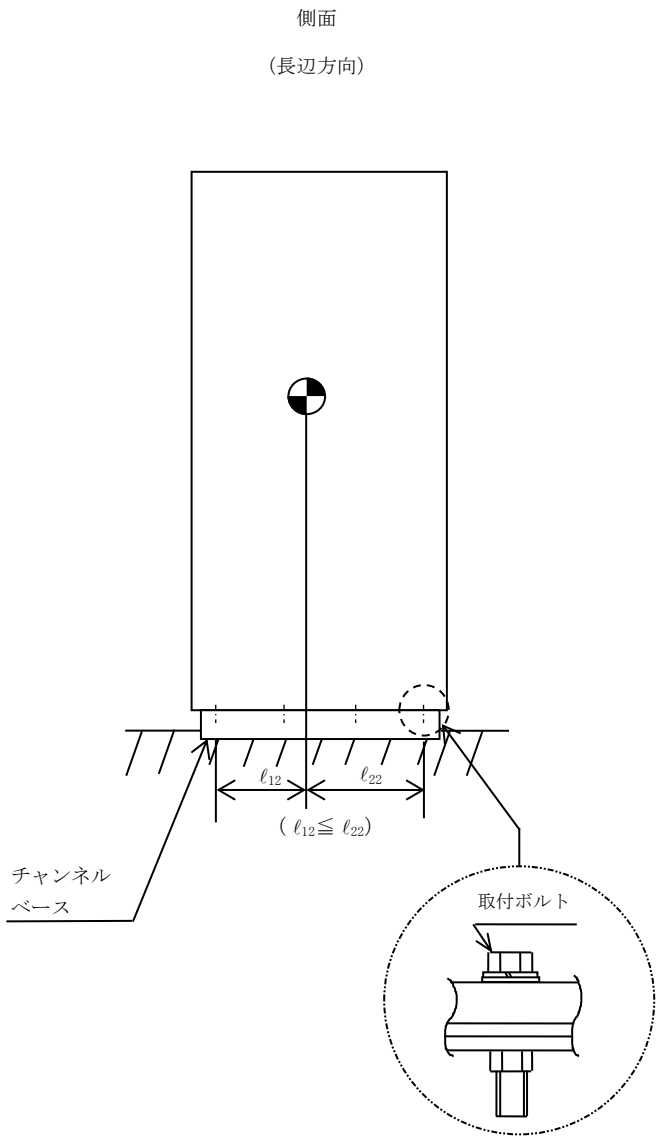
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
事故時放射線モニタ盤 (H11-P609-2)	水平方向	1.71	[redacted]
	鉛直方向	1.19	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


正面
（短辺方向）
転倒方向
取付ボルト
A
A
h_2
ℓ_{22}
ℓ_{12}
（$\ell_{12} \leqq \ell_{22}$）

A～A矢視図


側面
（長辺方向）
ℓ_{12}
ℓ_{22}
（$\ell_{12} \leqq \ell_{22}$）
チャンネル
ベース
取付ボルト

（18） 使用済燃料貯蔵プール監視カメラ制御架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
4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 4
4.2.2　許容応力 ····· 4
4.2.3　使用材料の許容応力評価条件 ····· 4
4.3　計算条件 ····· 4
5.　機能維持評価 ····· 8
5.1　電気的機能維持評価方法 ····· 8
6.　評価結果 ····· 9
6.1　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 9

1. 概要

本計算書は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，使用済燃料貯蔵プール監視カメラ制御架が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

使用済燃料貯蔵プール監視カメラ制御架は，重大事故等対処設備においては，常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

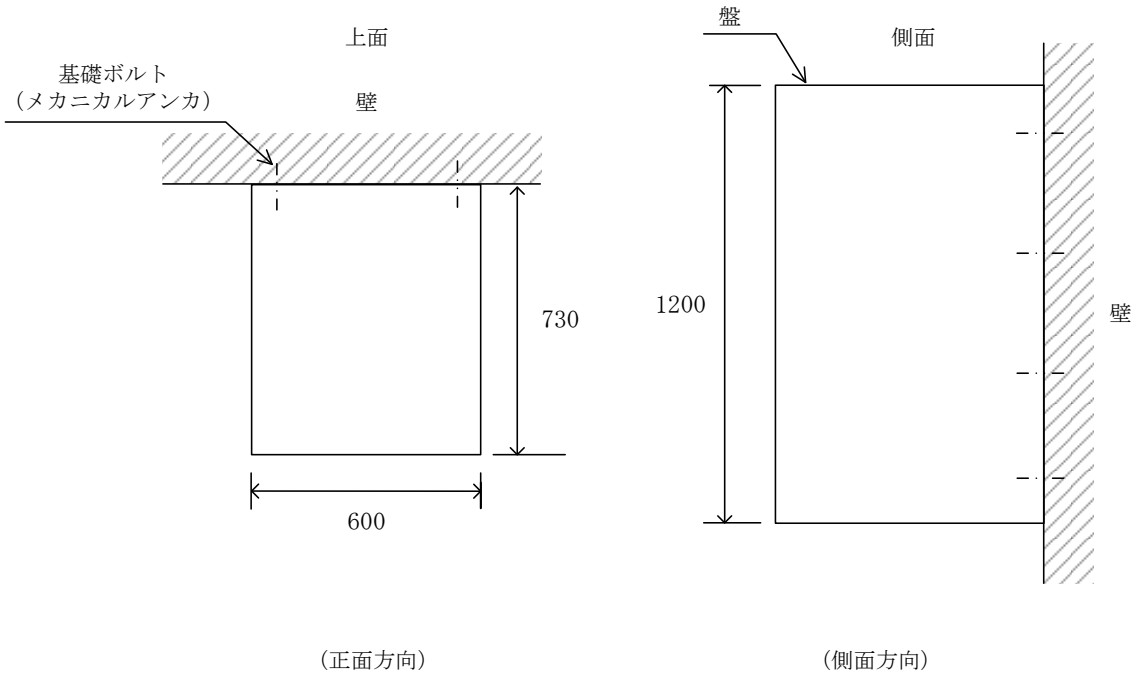
なお，使用済燃料貯蔵プール監視カメラ制御架は，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法」に記載の壁掛形盤であるため，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-9　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

使用済燃料貯蔵プール監視カメラ制御架の構造計画を表 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	
使用済燃料貯蔵プール監視カメラ制御架は壁に基礎ボルトで設置する。	壁掛形 （鋼材及び鋼板を組み合わせた壁掛閉鎖型の盤）	【使用済燃料貯蔵プール監視カメラ制御架】  （正面方向）　（側面方向） （単位：mm）

3.　固有周期

3.1　固有周期の確認

使用済燃料貯蔵プール監視カメラ制御架の固有周期は，構造が同等であり，同様な振動特性を持つ盤に対する振動試験（自由振動試験）の結果確認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）

使用済燃料貯蔵プール 監視カメラ制御架 (H11-P905)	水平	0.05以下
	鉛直	0.05以下

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

使用済燃料貯蔵プール監視カメラ制御架の構造強度評価は，Ⅴ-2-1-14「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

使用済燃料貯蔵プール監視カメラ制御架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

使用済燃料貯蔵プール監視カメラ制御架の許容応力は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4－2 のとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

使用済燃料貯蔵プール監視カメラ制御架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【使用済燃料貯蔵プール監視カメラ制御架（H11-P905）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	使用済燃料貯蔵プール監視カメラ制御架	常設／防止 常設／緩和	—*2	$D+P_D+M_D+S_s$ *3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS （V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

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

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4－2　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 4－3　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
基礎ボルト	SUS304	周囲環境温度	50	198	504	205

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

使用済燃料貯蔵プール監視カメラ制御架の電気的機能維持評価は，Ⅴ-2-1-14「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。

使用済燃料貯蔵プール監視カメラ制御架に設置される器具の機能確認済加速度は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，同形式の器具単体の正弦波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表5－1に示す。

表5－1　機能確認済加速度　　(×9.8m/s^2)

評価部位	方向	機能確認済加速度
使用済燃料貯蔵プール監視カメラ制御架 (H11-P905)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

使用済燃料貯蔵プール監視カメラ制御架の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【使用済燃料貯蔵プール監視カメラ制御架（H11-P905）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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
使用済燃料貯蔵プール監視カメラ制御架 (H11-P905)	常設／防止 常設／緩和	コントロール建屋 T.M.S.L.17.3 (T.M.S.L.24.1*)	0.05以下	0.05以下	―	―	C_H＝2.38	C_V＝1.46	50

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	$S_{yi}(RT)$ (MPa)
基礎ボルト (ｉ＝1)	[redacted]	380	16 (M16)	201.1	8	198	504	205

部材	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	ℓ_{3i}* (mm)	n_{fvi}*	n_{fHi}*	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト (ｉ＝1)	553	1120	540	2	4	―	246	―	側面方向
	553	1120	540	2	4				

注記＊：各ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト（ｉ＝1）	―	[redacted]	―	[redacted]

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト（ｉ＝1）	SUS304	引張り	―	―	$\sigma_{b1}=13$	$f_{ts1}=147^{*}$
		せん断	―	―	$\tau_{b2}=6$	$f_{sb2}=113$

すべて許容応力以下である。

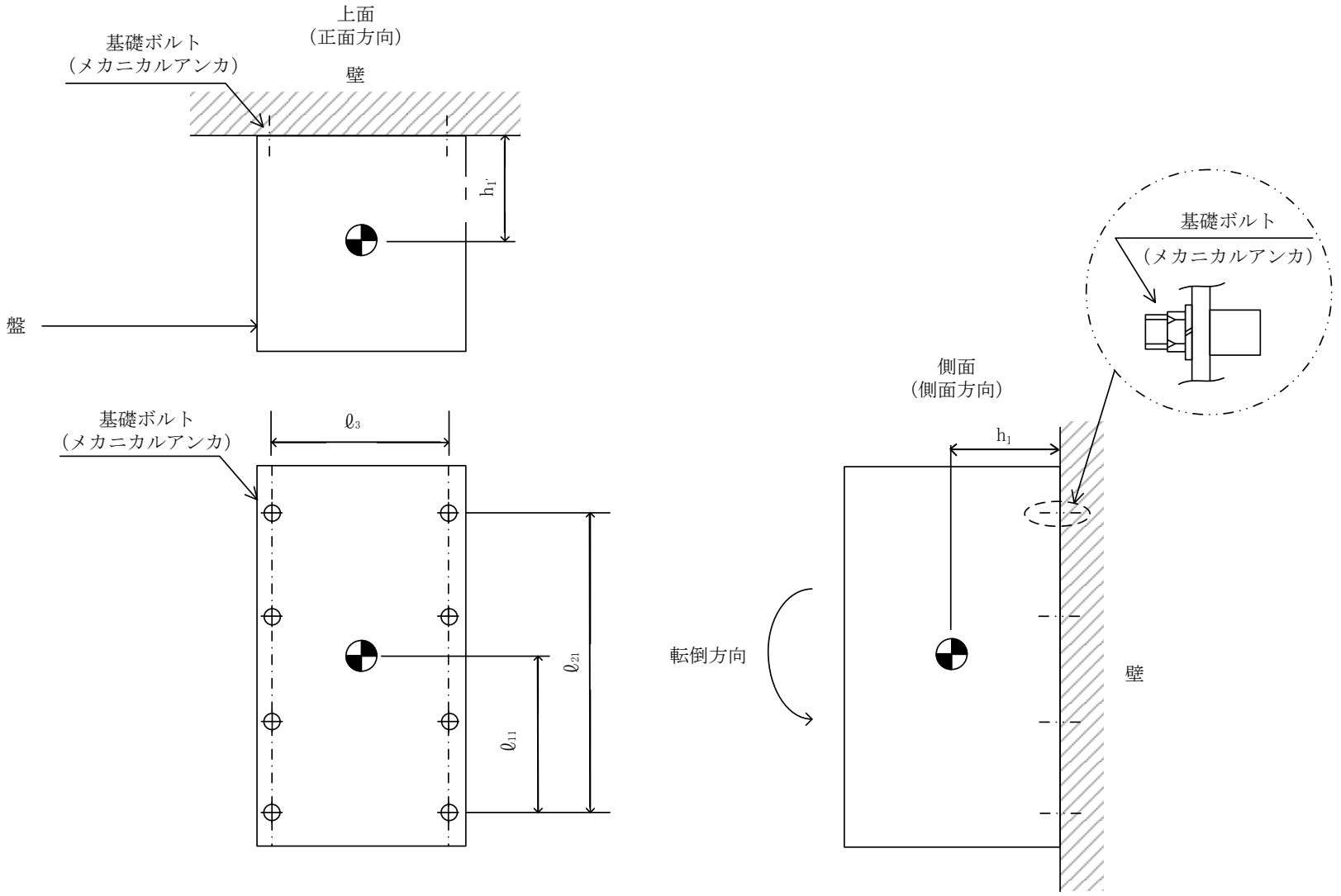
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

1.4.2 電気的機能の評価結果 ($\times 9.8\mathrm{m/s^2}$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
使用済燃料貯蔵プール監視カメラ制御架（H11-P905）	水平方向	1.98	[redacted]
	鉛直方向	1.23	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


上面
(正面方向)
基礎ボルト
(メカニカルアンカ)
壁
h_1
盤
基礎ボルト
(メカニカルアンカ)
ℓ_3
ℓ_{21}
ℓ_{11}
基礎ボルト
(メカニカルアンカ)
側面
(側面方向)
h_1
転倒方向
壁

Ⅴ-2-6-7-5　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

目　　次

1．概要　　・・・

1. 概要

安全パラメータ表示システム（SPDS）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，Ⅴ-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，安全パラメータ表示システム（SPDS）が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

本計算書は，以下の構成で安全パラメータ表示システム（SPDS）の評価結果を示す。

(1) データ伝送装置の耐震性についての計算書

(1)　データ伝送装置の耐震性についての計算書

目　　次

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

1. 概要

本計算書は，Ｖ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，データ伝送装置が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

データ伝送装置は，設計基準対象施設においてはＣクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設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。

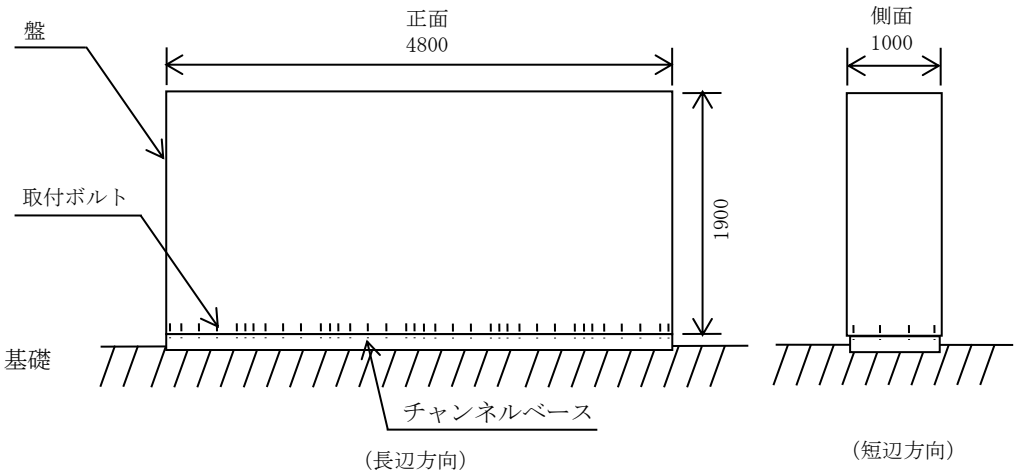
なお，データ伝送装置は，Ｖ-2-1-14「計算書作成の方法」に記載の直立形盤であるため，Ｖ-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-9　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

データ伝送装置の構造計画を表 2－1 に示す。

表 2－1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
データ伝送装置は，基礎に固定されたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。	直立形 （鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤）	【データ伝送装置】  （単位：mm）

3.　固有周期

3.1　固有周期の確認

プラスチックハンマ等により，当該装置に振動を与え自由減衰振動を固有振動数測定装置（圧電式加速度ピックアップ，振動計，分析器）により記録解析する。試験の結果，剛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）

データ伝送装置 (C91-P201-1～6)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

盤の構造強度評価は，Ⅴ-2-1-14「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

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

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

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

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【データ伝送装置（C91-P201-1～6）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	データ伝送装置	常設／緩和	—*2	D＋P_D＋M_D＋Ｓｓ*3	$Ⅳ_AS$
					D＋P_{SAD}＋M_{SAD}＋Ｓｓ	V_AS（V_ASとして，$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記＊1：「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表4－2　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 4－3　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		Ｓｙ (MPa)	Ｓｕ (MPa)	Ｓｙ（ＲＴ） (MPa)
取付ボルト	SS400 (16mm＜径≦40mm)	周囲環境温度	40	235	400	－

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

盤の電気的機能維持評価は，Ⅴ-2-1-14「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。

盤に設置される器具の機能確認済加速度は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，同形式の器具及び当該器具と類似の器具単体の正弦波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表5－1に示す。

表5－1　機能確認済加速度　　(×9.8m/s^2)

評価部位	方向	機能確認済加速度
データ伝送装置 (C91-P201-1～6)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

データ伝送装置の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【データ伝送装置（C91-P201-1～6）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
データ伝送装置 (C91-P201-1～6)	常設／緩和	コントロール建屋 T.M.S.L. 12.900 (T.M.S.L. 12.300*)	[redacted]	[redacted]	－	－	C_H＝1.95	Ｃｖ＝1.38	40

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)
取付ボルト (ｉ＝2)	[redacted]	1030	16 (M16)	201.1	72	235 (16mm＜径≦40mm)	400 (16mm＜径≦40mm)

部材	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	n_{fi}*	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
取付ボルト (ｉ＝2)	390	490	24	－	280	－	長辺方向
	2345	2385	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_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
取付ボルト (i=2)	－	[redacted]	－	[redacted]

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=64$	$f_{ts2}=210$*
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=6$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

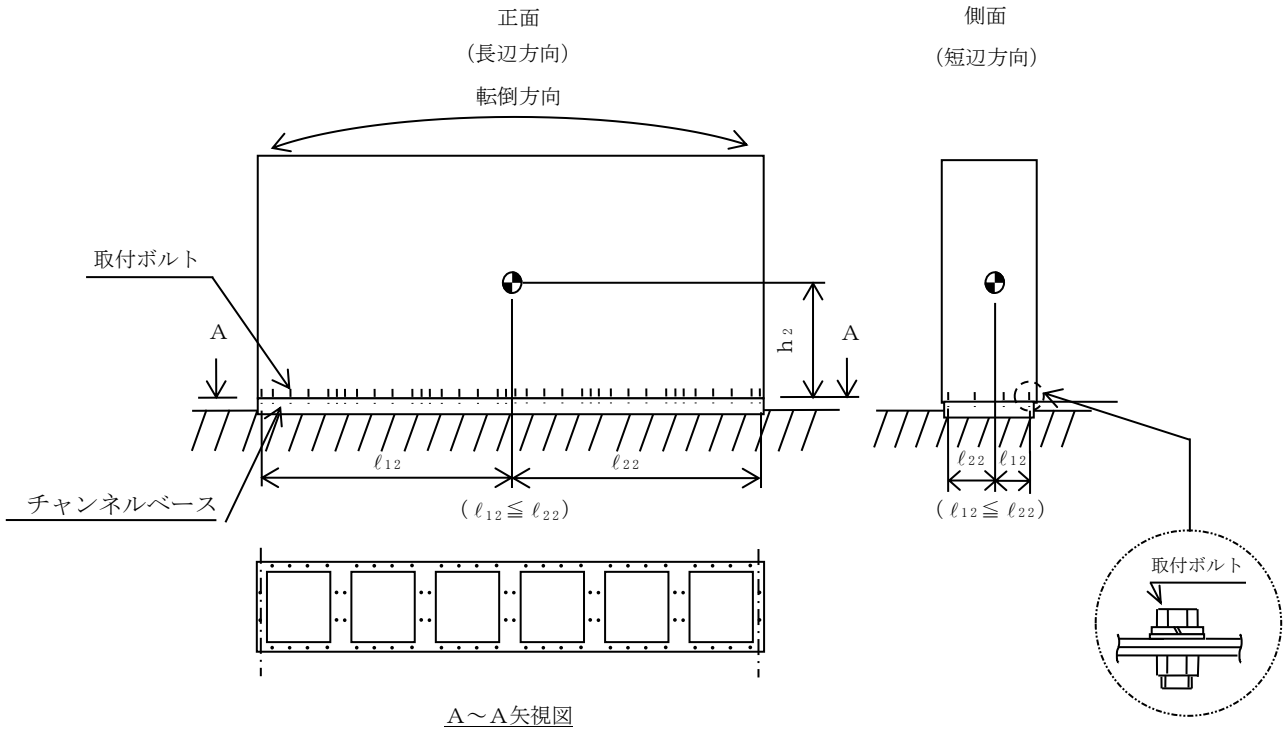
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

1.4.2 電気的機能の評価結果 ($\times 9.8\mathrm{m/s^2}$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
データ伝送装置 (C91-P201-1～6)	水平方向	1.63	[redacted]
	鉛直方向	1.15	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


正面
(長辺方向)
転倒方向
側面
(短辺方向)
取付ボルト
A
A
h2
ℓ12
ℓ22
(ℓ12≦ℓ22)
チャンネルベース
ℓ22
ℓ12
(ℓ12≦ℓ22)
取付ボルト

A～A矢視図

Ⅴ-2-6-7-6　安全パラメータ表示システム（SPDS）（6,7号機共用）の耐震性についての計算書

目　　次

1．概要　　・・・

1. 概要

安全パラメータ表示システム（SPDS）（6，7 号機共用）は，設計基準対象施設においてはＣクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設重大事故緩和設備に分類される。

以下，Ⅴ-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，安全パラメータ表示システム（SPDS）（6，7 号機共用）が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

本計算書は，以下の構成で安全パラメータ表示システム（SPDS）（6，7 号機共用）の評価結果を示す。

(1) 緊急時対策支援システム伝送装置の耐震性についての計算書
(2) SPDS 表示装置の耐震性についての計算書
(3) メッシュ型アンテナの耐震性についての計算書
(4) 通信装置収容架の耐震性についての計算書

(1)　緊急時対策支援システム伝送装置の耐震性についての計算書

目　　次

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

1. 概要

本計算書は，Ｖ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，緊急時対策支援システム伝送装置が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

緊急時対策支援システム伝送装置は，設計基準対象施設においてはＣクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

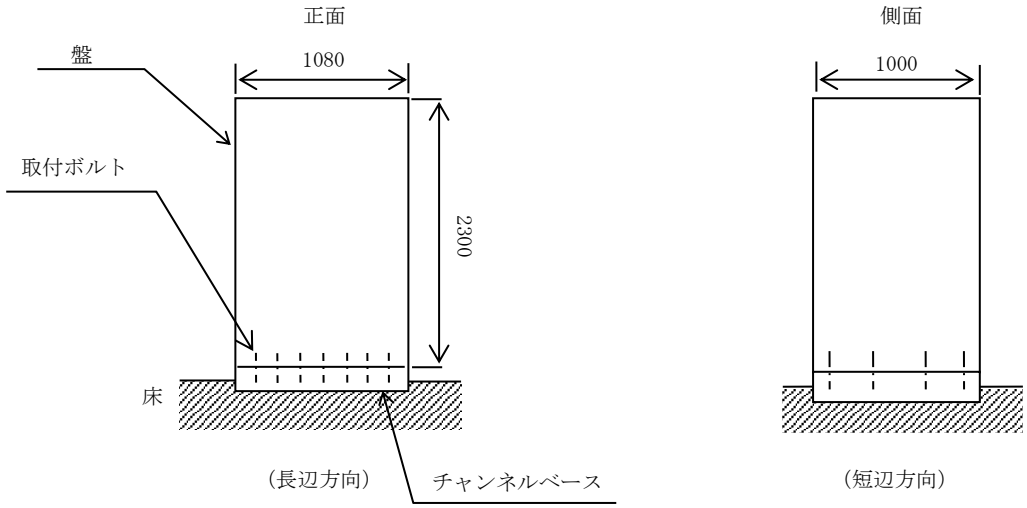
なお，緊急時対策支援システム伝送装置は，Ｖ-2-1-14「計算書作成の方法」に記載の直立形盤であるため，Ｖ-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-9　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

緊急時対策支援システム伝送装置の構造計画を表 2－1 に示す。

表 2－1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
緊急時対策支援システム伝送装置は，チャンネルベースに取付ボルトで設置する。	直立形 （鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤）	【緊急時対策支援システム伝送装置】  （単位：mm）

3.　固有周期

3.1　固有周期の確認

緊急時対策支援システム伝送装置の固有周期は，構造が同等であり，同様な振動特性を持つ盤に対する振動試験（自由振動試験）の結果確認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）

緊急時対策支援システム伝送装置 (C91-P730)	水平	0.05以下
	鉛直	0.05以下

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

緊急時対策支援システム伝送装置の構造強度評価は，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-9　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2　荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

緊急時対策支援システム伝送装置の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－1 に示す。

4.2.2　許容応力

緊急時対策支援システム伝送装置の許容応力は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4－2 のとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

緊急時対策支援システム伝送装置の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－3 に示す。

4.3　計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【緊急時対策支援システム伝送装置（C91-P730）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	緊急時対策支援システム伝送装置	常設／緩和	—*2	D＋P_D＋M_D＋Ｓｓ*3	$Ⅳ_AS$
					D＋P_{SAD}＋M_{SAD}＋Ｓｓ	V_AS（V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記＊1：「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4－2　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 4－3　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y(RT) (MPa)
取付ボルト	SS400 (40mm＜径)	周囲環境温度	40	215	400	―

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

緊急時対策支援システム伝送装置の電気的機能維持評価は，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

緊急時対策支援システム伝送装置に設置される器具の機能確認済加速度は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，同形式の器具単体の正弦波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表5－1に示す。

表5－1 機能確認済加速度 （×9.8m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
緊急時対策支援システム伝送装置 (C91-P730)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

緊急時対策支援システム伝送装置の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【緊急時対策支援システム伝送装置（C91-P730）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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
緊急時対策支援システム伝送装置 (C91-P730)	常設／緩和	緊急時対策所 T.M.S.L. 28.450 (T.M.S.L. 27.800*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C_H＝1.32	C_V＝1.13	40

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)
取付ボルト (ｉ＝2)	[redacted]	1101	16 (M16)	201.1	11	215 (40mm＜径)	400 (40mm＜径)

部材	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	n_{fi}*	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
取付ボルト (ｉ＝2)	390	520	3	—	258	—	長辺方向
	410	490	3				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
取付ボルト（ｉ＝2）	―	[redacted]	―	[redacted]

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト（ｉ＝2）	SS400	引張り	―	―	$\sigma_{b2}=28$	$f_{ts2}=193$*
		せん断	―	―	$\tau_{b2}=6$	$f_{sb2}=148$

すべて許容応力以下である。

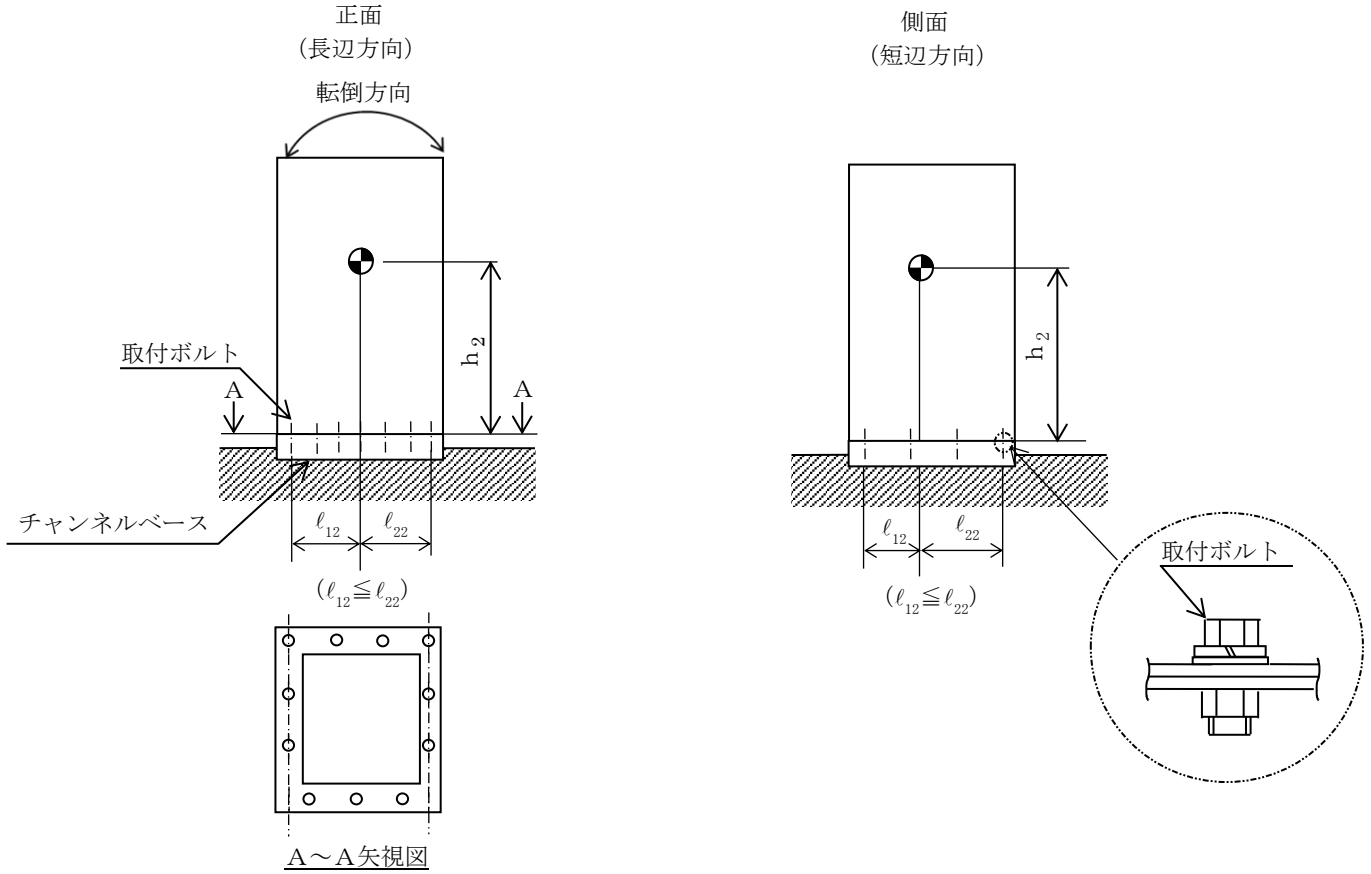
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

1.4.2 電気的機能の評価結果 (×9.8m/s^2)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
緊急時対策支援システム伝送装置（C91-P730）	水平方向	1.10	[redacted]
	鉛直方向	0.94	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


正面
(長辺方向)
転倒方向
取付ボルト
A
A
h2
チャンネルベース
ℓ12
ℓ22
(ℓ12≦ℓ22)
A～A矢視図
側面
(短辺方向)
h2
ℓ12
ℓ22
(ℓ12≦ℓ22)
取付ボルト

(2)　SPDS 表示装置の耐震性についての計算書

目　　次

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

1. 概要

本計算書は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，SPDS 表示装置が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

SPDS 表示装置は，設計基準対象施設においてはＣクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設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。

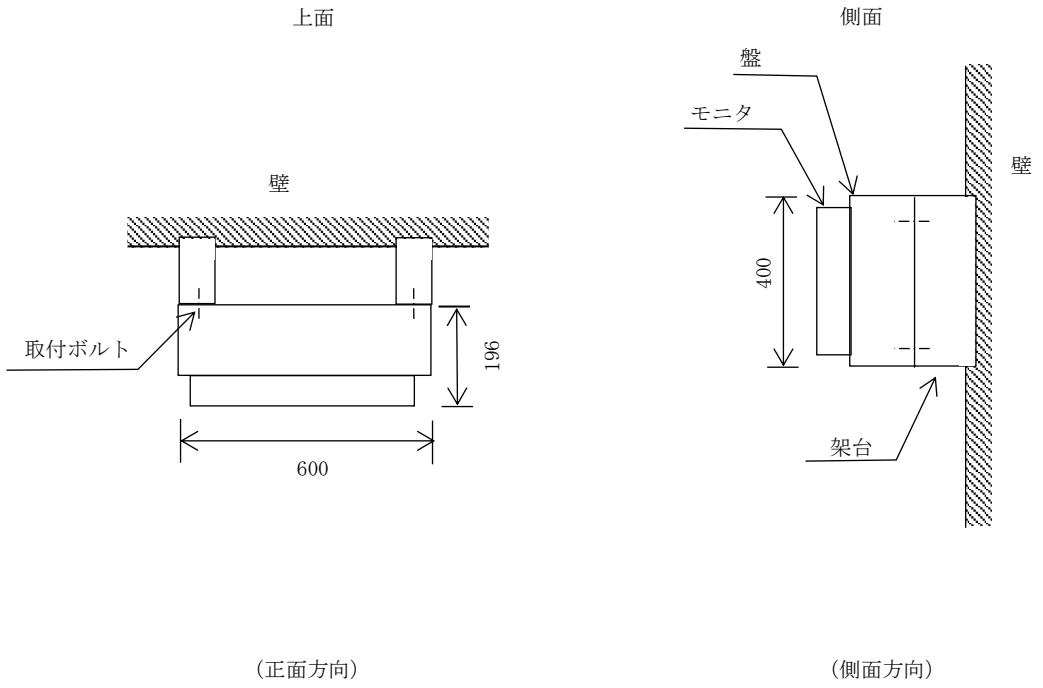
なお，SPDS 表示装置は，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法」に記載の壁掛形盤であるため，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-9　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

SPDS 表示装置の構造計画を表 2－1 に示す。

表 2－1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
SPDS 表示装置は，壁に固定された架台に取付ボルトで設置する。	壁掛形 （鋼材及び鋼板を組み合わせた壁掛型の盤）	【SPDS 表示装置】  （単位：mm）

3.　固有周期

3.1　固有周期の確認

振動試験装置により固有振動数を測定する。測定の結果，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。固有周期の確認結果を表 3－1 に示す。

表 3－1　固有周期　　（単位：s）

SPDS 表示装置	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

SPDS 表示装置の構造強度評価は，V-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-9　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2　荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

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

4.2.2　許容応力

SPDS 表示装置の許容応力は，V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4－2 のとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

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

4.3　計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【SPDS 表示装置の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

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 表示装置	常設／緩和	—*2	D＋P_D＋M_D＋S s *3	$Ⅳ_AS$
					D＋P_{SAD}＋M_{SAD}＋S s	V_AS（V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記＊1：「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4－2　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 4－3　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
取付ボルト	SS400 (40mm＜径)	周囲環境温度	40	215	400	―

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

SPDS 表示装置の電気的機能維持評価は，V-2-1-14「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。

SPDS 表示装置に設置される器具の機能確認済加速度は，V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，同形式の器具単体の正弦波加振試験において，電気的機能維持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^2)

評価部位	方向	機能確認済加速度
SPDS 表示装置	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]

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 表示装置の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【SPDS 表示装置の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
SPDS 表示装置	常設／緩和	緊急時対策所 T.M.S.L. 28.300 (T.M.S.L. 33.000*)	[redacted]	[redacted]	—	—	C_H=1.41	C_V=1.16	40

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)
取付ボルト (i＝2)	[redacted]	74	12 (M12)	113.1	4	215 (40mm＜径)	400 (40mm＜径)

部材	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	ℓ_{3i}* (mm)	n_{fVi}*	n_{fHi}*	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
取付ボルト (i＝2)	132	260	550	2	2	—	258	—	側面方向
	132	260	550	2	2				

注記＊：各ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
取付ボルト（ｉ＝2）	―	[redacted]	―	[redacted]

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト（ｉ＝2）	SS400	引張り	－	－	$\sigma_{b2}=3$	$f_{ts2}=193$*
		せん断	－	－	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=148$

すべて許容応力以下である。

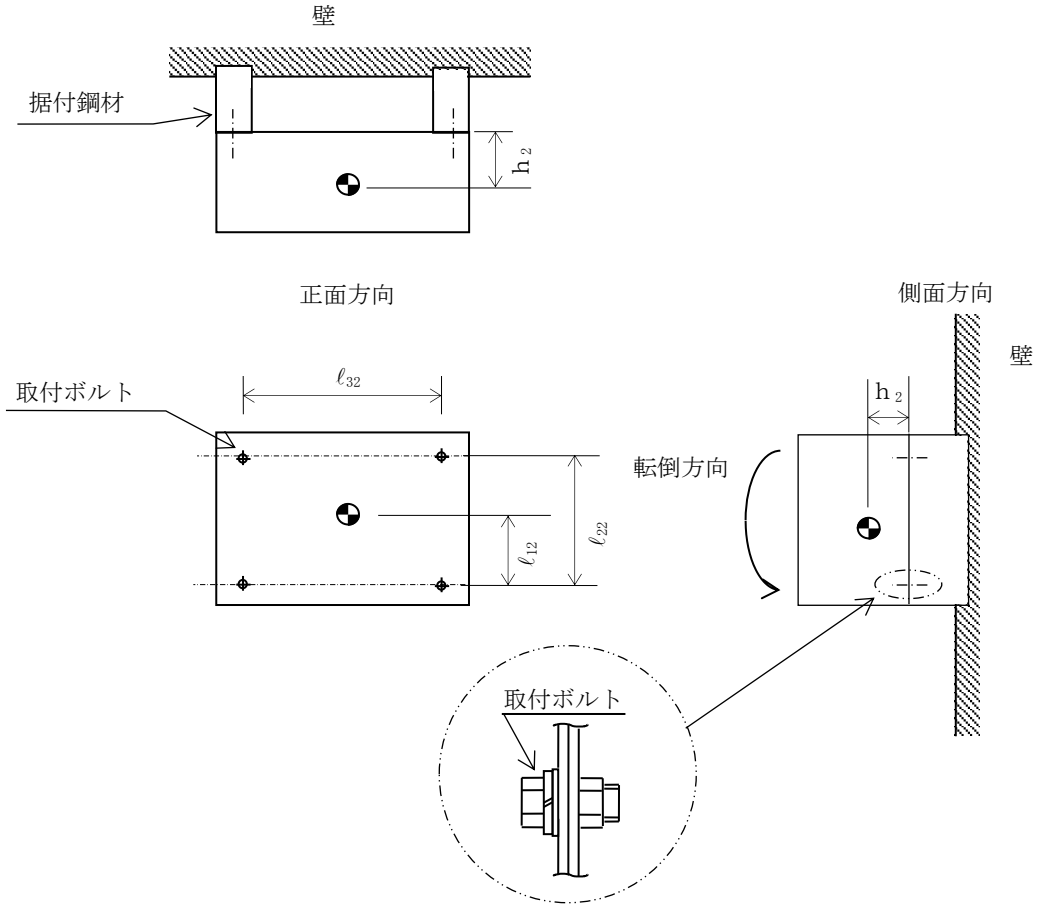
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

1.4.2 電気的機能の評価結果 ($\times 9.8\mathrm{m/s^2}$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
SPDS 表示装置	水平方向	1.18	[redacted]
	鉛直方向	0.97	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


壁
据付鋼材
h2
正面方向
側面方向
壁
取付ボルト
ℓ32
ℓ12
ℓ22
h2
転倒方向
取付ボルト

(3)　メッシュ型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 …… 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
5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態 …… 8
5.2.2 許容応力 …… 8
5.2.3 使用材料の許容応力評価条件 …… 8
5.3 設計用地震力 …… 12
5.4 計算方法 …… 13
5.4.1 応力の計算方法 …… 13
5.5 計算条件 …… 15
5.5.1 基礎ボルトの応力計算条件 …… 15
5.6 応力の評価 …… 16
5.6.1 ボルトの応力評価 …… 16
6. 機能維持評価 …… 17
6.1 電気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，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，安全パラメータ表示システム（SPDS）（6,7 号機共用）のうち，メッシュ型アンテナが設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

メッシュ型アンテナは,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。

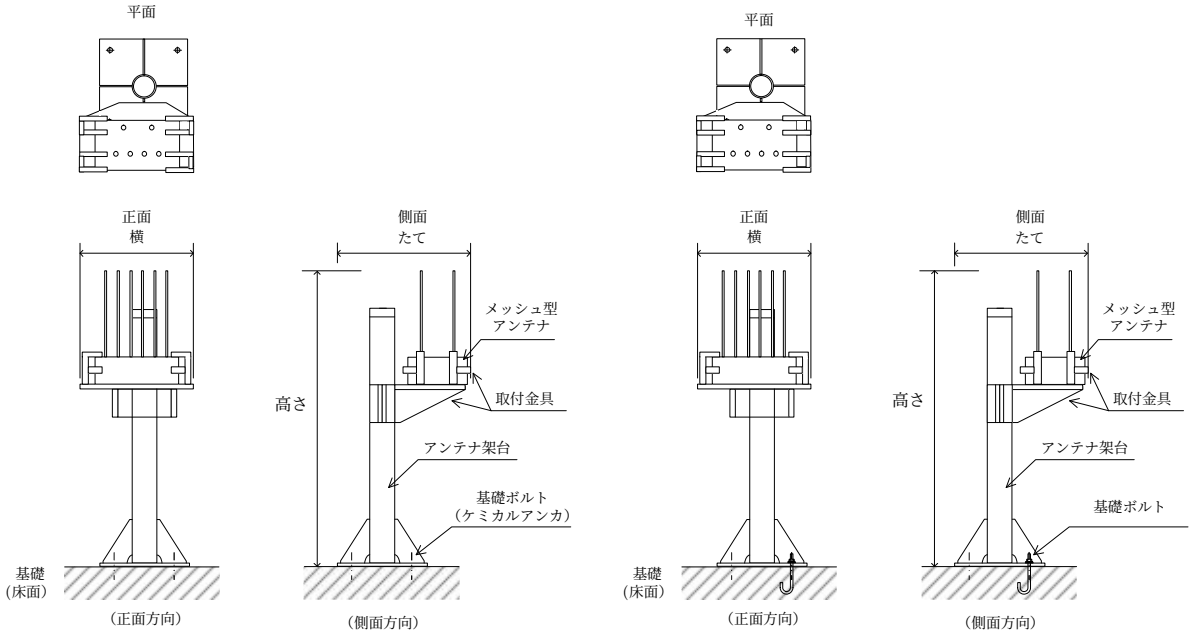
2. 一般事項

2.1 構造計画

メッシュ型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	
メッシュ型アンテナは取付金具を使用しアンテナ架台に取り付ける。 アンテナ架台は基礎ボルトを使用し基礎に固定する。	アンテナ架台	【メッシュ型アンテナ 1】　【メッシュ型アンテナ 2】



	メッシュ型アンテナ 1	メッシュ型アンテナ 2
たて	514	514
横	506	506
高さ	1583 以下	1583 以下

（単位：mm）

2.2　評価方針

メッシュ型アンテナの応力評価は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.1　構造計画」にて示すメッシュ型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」で確認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，メッシュ型アンテナの機能維持評価は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電気的機能維持の方針に基づき，地震時の応答加速度が電気的機能確認済加速度以下であることを，「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。

メッシュ型アンテナの耐震評価フローを図 2－1 に示す。

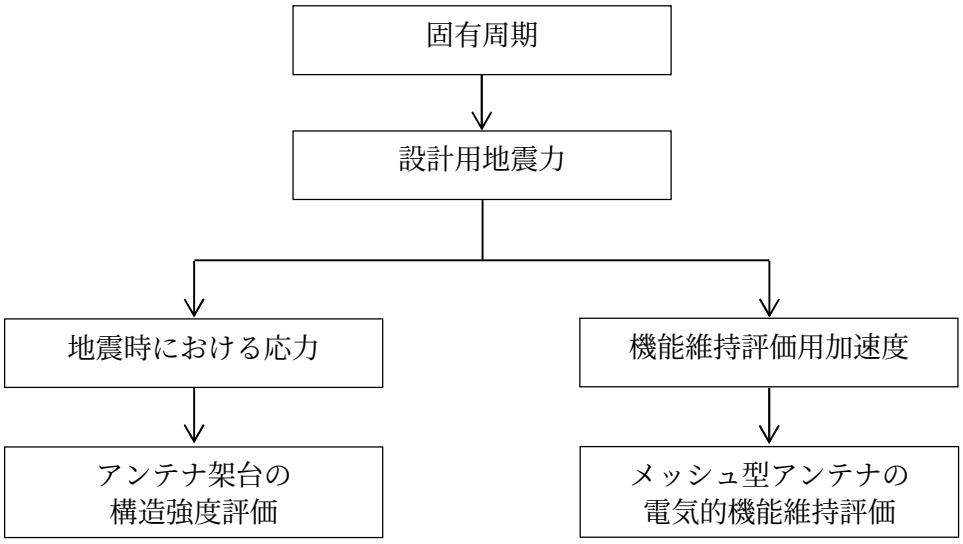


図 2－1　メッシュ型アンテナの耐震評価フロー

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ＪＥＡＧ４６０１･補-1984（(社）日本電気協会）
- 原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1987（(社）日本電気協会）
- 原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1991 追補版（(社）日本電気協会）
- 発電用原子力設備規格　設計･建設規格（(社）日本機械学会，2005/2007）（以下「設計･建設規格」という。）

2.4　記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_b	ボルトの軸断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d	ボルトの呼び径	mm
F^*	設計・建設規格　SSB-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	MPa
g	重力加速度（＝9.80665）	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	アンテナ及びアンテナ架台の質量	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℃における値	MPa
π	円周率	—
σ_b	ボルトに生じる引張応力	MPa
τ_b	ボルトに生じるせん断応力	MPa

注記＊：$\ell_1 \leqq \ell_2$

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 に示すとおりとする。

表 2−2　表示する数値の丸め方

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

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

＊2：絶対値が 1000 以上のときは，べき数表示とする。

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

3. 評価部位

メッシュ型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。

メッシュ型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 基本方針

メッシュ型アンテナの固有周期は，振動試験（加振試験）にて求める。

4.2 固有周期の確認方法

振動試験装置により固有振動数を測定する。メッシュ型アンテナの外形図を表 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。測定の結果，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。

表 4－1　固有周期　(単位：s)

名称	方向	固有周期
メッシュ型アンテナ 1	水平	0.031
	鉛直	0.05 以下
メッシュ型アンテナ 2	水平	0.031
	鉛直	0.05 以下

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

(1) アンテナ架台の質量は重心に集中しているものとする。

(2) 地震力はアンテナ架台に対して，水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。

(3) アンテナ架台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，正面方向及び側面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) アンテナ架台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アンテナ架台の最上端に重心位置を設定して耐震性の計算を行うものとする。

(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

メッシュ型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

メッシュ型アンテナの許容応力は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表5－2のとおりとする。

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

メッシュ型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。

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	メッシュ型アンテナ	常設／緩和	—*2	D＋P_D＋M_D＋Ｓｓ*3	$Ⅳ_AS$
					D＋P_{SAD}＋M_{SAD}＋Ｓｓ	V_AS（V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）
その他発電用原子炉の附属施設	緊急時対策所	メッシュ型アンテナ	常設／緩和	—*2	D＋P_D＋M_D＋Ｓｓ*3	$Ⅳ_AS$
					D＋P_{SAD}＋M_{SAD}＋Ｓｓ	V_AS（V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記＊1：「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

＊3：「D＋P_{SAD}＋M_{SAD}＋Ｓｓ」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	
	引張り	せん断
ⅣＡＳ	1.5・ｆｔ*	1.5・ｆｓ*
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 (℃)		Ｓｙ (MPa)	Ｓｕ (MPa)	Ｓｙ(ＲＴ) (MPa)
基礎ボルト＊1	SS400 (径＞40㎜)	周囲環境温度	40	215	400	―
基礎ボルト＊2	SS400 (径＞40㎜)	周囲環境温度	40	215	400	―

注記＊1：メッシュ型アンテナ１の基礎ボルトを示す。

＊2：メッシュ型アンテナ２の基礎ボルトを示す。

5.3　設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 5－4 に示す。

「基準地震動Ｓｓ」による地震力は，Ⅴ-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
		水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度
メッシュ型アンテナ 1	コントロール建屋 T.M.S.L.25.8 (T.M.S.L.24.1*)	0.031	0.05 以下	―	―	C_H=2.47	C_V=1.46
メッシュ型アンテナ 2	緊急時対策所 T.M.S.L.34.1 (T.M.S.L.33.0*)	0.031	0.05 以下	―	―	C_H=1.88	C_V=1.47

注記＊：基準床レベルを示す。

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。

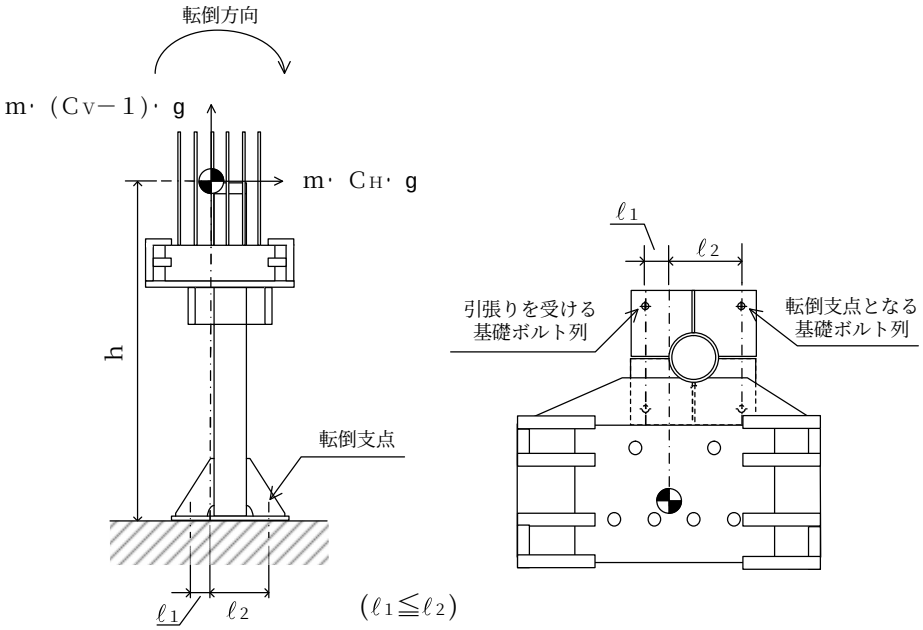


図5－1　計算モデル（正面方向転倒）

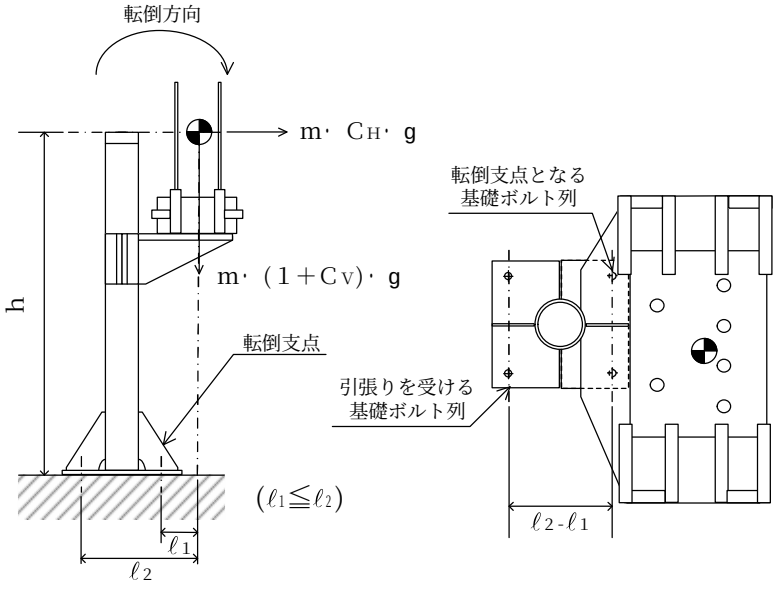


図5－2　計算モデル（側面方向転倒）

(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

計算モデル図5－1（正面方向転倒）の場合の引張力

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

計算モデル図5－2（側面方向転倒）の場合の引張力

$$F_b=\frac{m\cdot g\cdot C_H\cdot h+m\cdot g\cdot(1+C_V)\cdot \ell_1}{n_f\cdot(\ell_2-\ell_1)} \quad \cdots\cdots(5.4.1.1.2)$$

引張応力

$$\sigma_b=\frac{F_b}{A_b} \quad \cdots\cdots(5.4.1.1.3)$$

ここで，基礎ボルトの軸断面積A_bは次式により求める。

$$A_b=\frac{\pi}{4}\cdot d^2 \quad \cdots\cdots(5.4.1.1.4)$$

(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

$$Q_b=m\cdot g\cdot C_H \quad \cdots\cdots(5.4.1.1.5)$$

せん断応力

$$\tau_b=\frac{Q_b}{n\cdot A_b} \quad \cdots\cdots(5.4.1.1.6)$$

5.5 計算条件

5.5.1 基礎ボルトの応力計算条件

基礎ボルトの応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【メッシュ型アンテナ 1 の耐震性についての計算結果】及び【メッシュ型アンテナ 2 の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.6　応力の評価

5.6.1　ボルトの応力評価

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

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

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

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

6. 機能維持評価

6.1 電気的機能維持評価方法

メッシュ型アンテナの電気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Ⅴ-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき，基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度を設定する。

メッシュ型アンテナの機能確認済加速度は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，同形式の器具の正弦波加振試験において電気的機能の健全性を確認した評価部位の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^2)

評価部位	方向	機能確認済加速度
メッシュ型アンテナ1	水平	3.96
	鉛直	2.32
メッシュ型アンテナ2	水平	3.96
	鉛直	2.32

7. 評価結果

7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

メッシュ型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及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【メッシュ型アンテナ１の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
メッシュ型アンテナ１	常設／緩和	コントロール建屋 T.M.S.L.25.8 (T.M.S.L.24.1*)	0.031	0.05 以下	―	―	C_H=2.47	C_V=1.46	40

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m (kg)	h (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	n	S_y (MPa)	S_u (MPa)
基礎ボルト	52	1016*1	12 (M12)	113.1	4	215 (径＞40mm)	400 (径＞40mm)

部材	ℓ_1*2 (mm)	ℓ_2*2 (mm)	n_f*2	F* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	55*1	145*1	2	258	―	側面方向
	136*1	336*1	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正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	Fb		Qb	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	―	3.598×10^3	―	1.250×10^3

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	―	―	$\sigma_b=32$	$f_{ts}=154$*
		せん断	―	―	$\tau_b=3$	$f_{sb}=119$

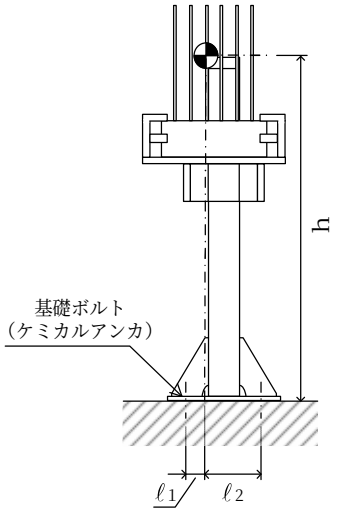
すべて許容応力以下である。

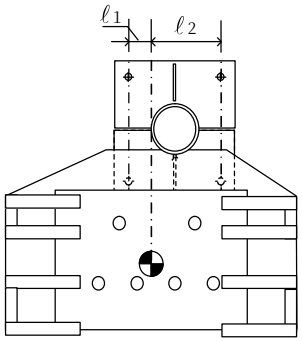
注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}]$

1.4.2 電気的機能の評価結果 ($\times9.8\mathrm{m/s^2}$)

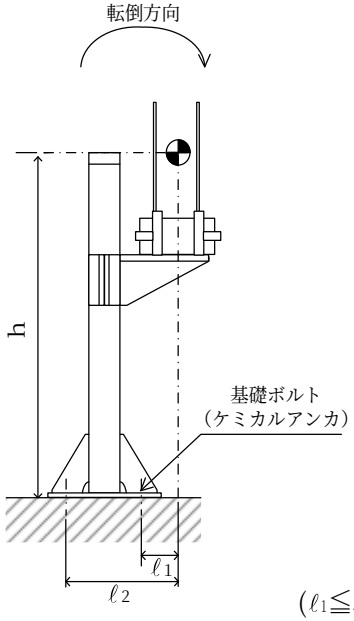
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
メッシュ型アンテナ１	水平方向	2.06	3.96
	鉛直方向	1.23	2.32

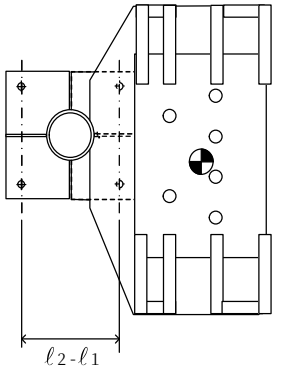
注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。
機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。





($\ell_1 \leqq \ell_2$)





($\ell_1 \leqq \ell_2$)

【メッシュ型アンテナ2の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
メッシュ型アンテナ2	常設／緩和	緊急時対策所 T.M.S.L.34.1 (T.M.S.L.33.0*)	0.031	0.05以下	―	―	C_H=1.88	C_V=1.47	40

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m (kg)	h*1 (mm)	d (mm)	Ab (mm^2)	n	Sy (MPa)	Su (MPa)
基礎ボルト	52	1016	12 (M12)	113.1	4	215 (径＞40mm)	400 (径＞40mm)

部材	ℓ_1*2 (mm)	ℓ_2*2 (mm)	n_f*2	F* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	55*1	145*1	2	258	―	側面方向
	136*1	336*1	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正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	Fb		Qb	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	―	2.841×10^{3}	―	951.3

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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	―	―	$\sigma_b=26$	$f_{ts}=193$*
		せん断	―	―	$\tau_b=3$	$f_{sb}=148$

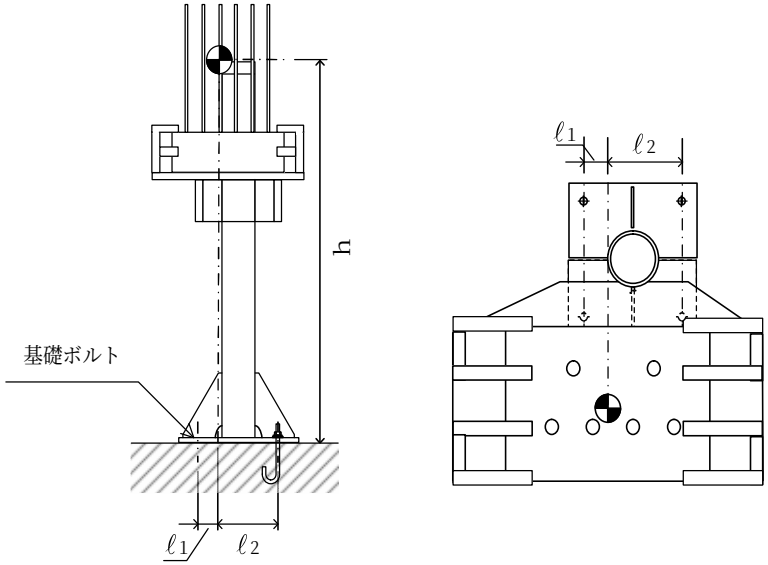
すべて許容応力以下である。

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

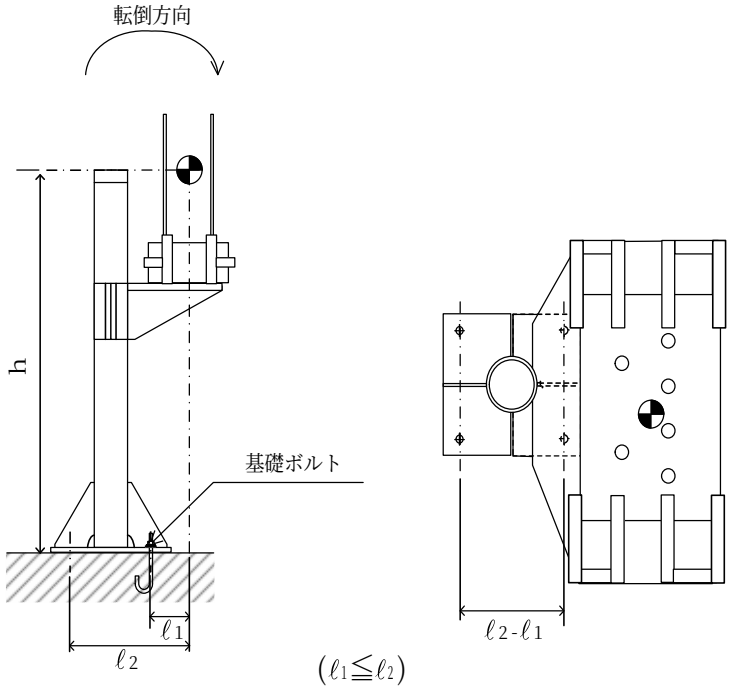
1.4.2 電気的機能の評価結果 ($\times9.8$m/s^2)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
メッシュ型アンテナ2	水平方向	1.56	3.96
	鉛直方向	1.23	2.32

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。
機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。



(ℓ1≦ℓ2)



(ℓ1≦ℓ2)

(4)　通信収容架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
4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 4
4.2.2　許容応力 ····· 4
4.2.3　使用材料の許容応力評価条件 ····· 4
4.3　計算条件 ····· 4
5.　機能維持評価 ····· 8
5.1　電気的機能維持評価方法 ····· 8
6.　評価結果 ····· 9
6.1　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 9

1. 概要

本計算書は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，安全パラメータ表示システム（SPDS）（6,7 号機共用）のうち，通信収容架が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

通信収容架は，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。

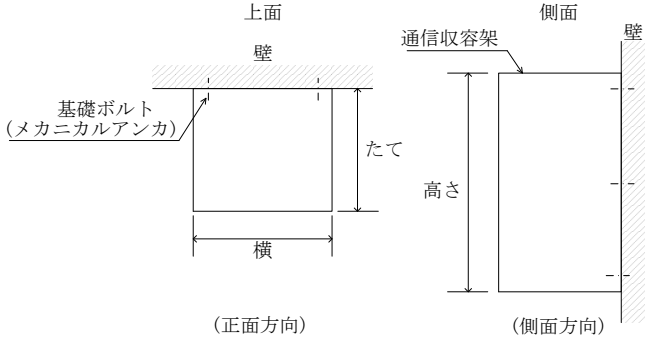
なお，通信収容架は，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法」に記載の壁掛形盤及び直立形盤であるため，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-9　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

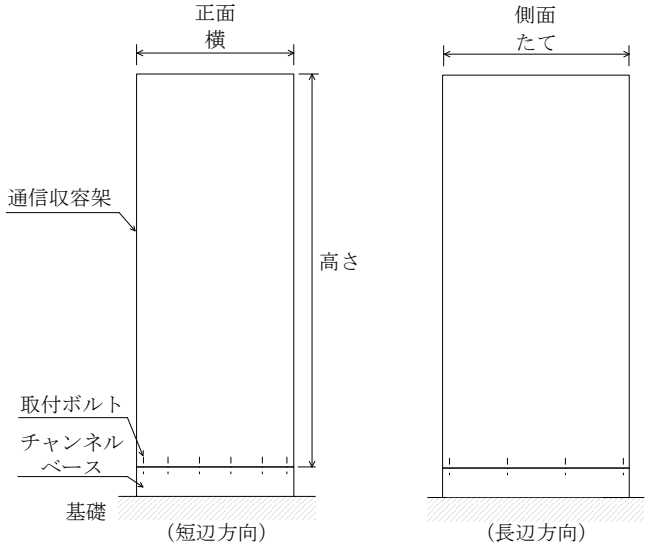
2. 一般事項

2.1 構造計画

通信収容架の構造計画を表 2－1 に示す。

表 2－1　構造計画

<table>
<tr><th colspan="2">計画の概要</th><th rowspan="2">概略構造図</th></tr>
<tr><th>基礎・支持構造</th><th>主体構造</th></tr>
<tr><td>通信収容架 1 は基礎ボルトにて壁に固定する。
通信収容架 2 は基礎に固定されたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。</td><td>通信収容架 1 壁掛形
（鋼材及び鋼板を組み合わせた壁掛形の盤）
通信収容架 2 直立形
（鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤）</td><td>【通信収容架 1】


【通信収容架 2】


<table>
<tr><th></th><th>通信収容架 1</th><th>通信収容架 2</th></tr>
<tr><td>たて</td><td>530</td><td>1000</td></tr>
<tr><td>横</td><td>600</td><td>800</td></tr>
<tr><td>高さ</td><td>940</td><td>2000</td></tr>
</table>
（単位：mm）</td></tr>
</table>

3.　固有周期

3.1　固有周期の確認

通信収容架の固有周期は，構造が同等であり，同様な振動特性を持つ盤に対する振動試験（自由振動試験）の結果確認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）

名称	方向	固有周期
通信収容架1	水平	0.05以下
	鉛直	0.05以下
通信収容架2	水平	0.05以下
	鉛直	0.05以下

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

通信収容架の構造強度評価は，Ⅴ-2-1-14「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

通信収容架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

通信収容架の許容応力は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4－2 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

通信収容架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【通信収容架 1 の耐震性についての計算結果】及び【通信収容架 2 の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御系統施設	その他の計測制御系統施設	通信収容架	常設／緩和	—*2	D＋P_D＋M_D＋Ｓｓ*3	ⅣＡＳ
					D＋P_{SAD}＋M_{SAD}＋Ｓｓ	ＶＡＳ（ＶＡＳとしてⅣＡＳの許容限界を用いる。）
その他発電用原子炉の附属施設	緊急時対策所	通信収容架	常設／緩和	—*2	D＋P_D＋M_D＋Ｓｓ*3	ⅣＡＳ
					D＋P_{SAD}＋M_{SAD}＋Ｓｓ	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}＋Ｓｓ」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4－2　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 4－3　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y(RT) (MPa)
基礎ボルト*1	SS400 (径＞40mm)	周囲環境温度	40	215	400	―
取付ボルト*2	SS400 (径＞40mm)	周囲環境温度	40	215	400	―

注記＊1：通信収容架 1 の基礎ボルトを示す。

＊2：通信収容架 2 の取付ボルトを示す。

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

通信収容架の電気的機能維持評価は，Ⅴ-2-1-14「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。

通信収容架に設置される器具の機能確認済加速度は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，同形式の器具単体の正弦波加振試験において電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表5－1に示す。

表5－1　機能確認済加速度　　(×9.8m/s^2)

評価部位	方向	機能確認済加速度
通信収容架1	水平	3.17
	鉛直	2.31
通信収容架2	水平	3.17
	鉛直	2.31

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

通信収容架の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【通信収容架１の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
通信収容架１	常設／緩和	コントロール建屋 T.M.S.L.17.3 (T.M.S.L.24.1*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C_H＝2.38	C_V＝1.46	40

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)
基礎ボルト (ｉ＝1)	220	530*1	16 (M16)	201.1	6	215 (径＞40mm)	400 (径＞40mm)

部材	ℓ_{1i}*2 (mm)	ℓ_{2i}*2 (mm)	ℓ_{3i}*2 (mm)	n_{fvi}*2	n_{fHi}*2	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト (ｉ＝1)	900*1	860	540	2	3	—	258	—	側面方向
	900*1	860	540	2	3				

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正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト（ｉ＝1）	―	4.322×10^3	―	7.385×10^3

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト（ｉ＝1）	SS400	引張り	―	―	$\sigma_{bi}=22$	$f_{tsi}=154$*
		せん断	―	―	$\tau_{bi}=7$	$f_{sbi}=119$

すべて許容応力以下である。

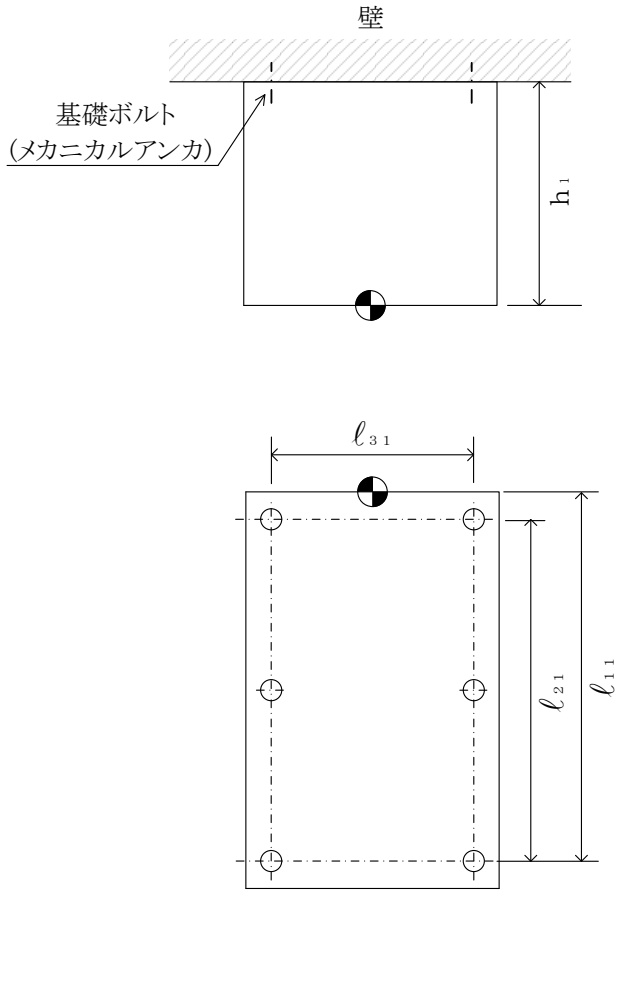
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

1.4.2 電気的機能の評価結果 ($\times9.8\mathrm{m/s^2}$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
通信収容架1	水平方向	1.98	3.17
	鉛直方向	1.23	2.31

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


壁
基礎ボルト
(メカニカルアンカ)
h1
ℓ31
ℓ21
ℓ11
転倒方向
壁
h1
基礎ボルト
(メカニカルアンカ)

【通信収容架2の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
通信収容架2	常設／緩和	緊急時対策所 T.M.S.L.28.45 (T.M.S.L.27.8*)	0.05以下	0.05以下	—	—	C_H＝1.67	C_V＝1.45	40

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)
取付ボルト (i＝2)	780	2000*1	16 (M16)	201.1	12	215 (径＞40mm)	400 (径＞40mm)

部材	ℓ_{1i}*2 (mm)	ℓ_{2i}*2 (mm)	n_{fv}*2	F_i (MPa)	F_i^* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
取付ボルト (i＝2)	[redacted]	[redacted]	2	—	258	—	短辺方向
	[redacted]	[redacted]	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_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
取付ボルト（ｉ＝2）	―	1.921×10^4	―	1.276×10^4

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト（ｉ＝2）	SS400	引張り	―	―	$\sigma_{bi}=96$	$f_{tsi}=193$*
		せん断	―	―	$\tau_{bi}=6$	$f_{sbi}=148$

すべて許容応力以下である。

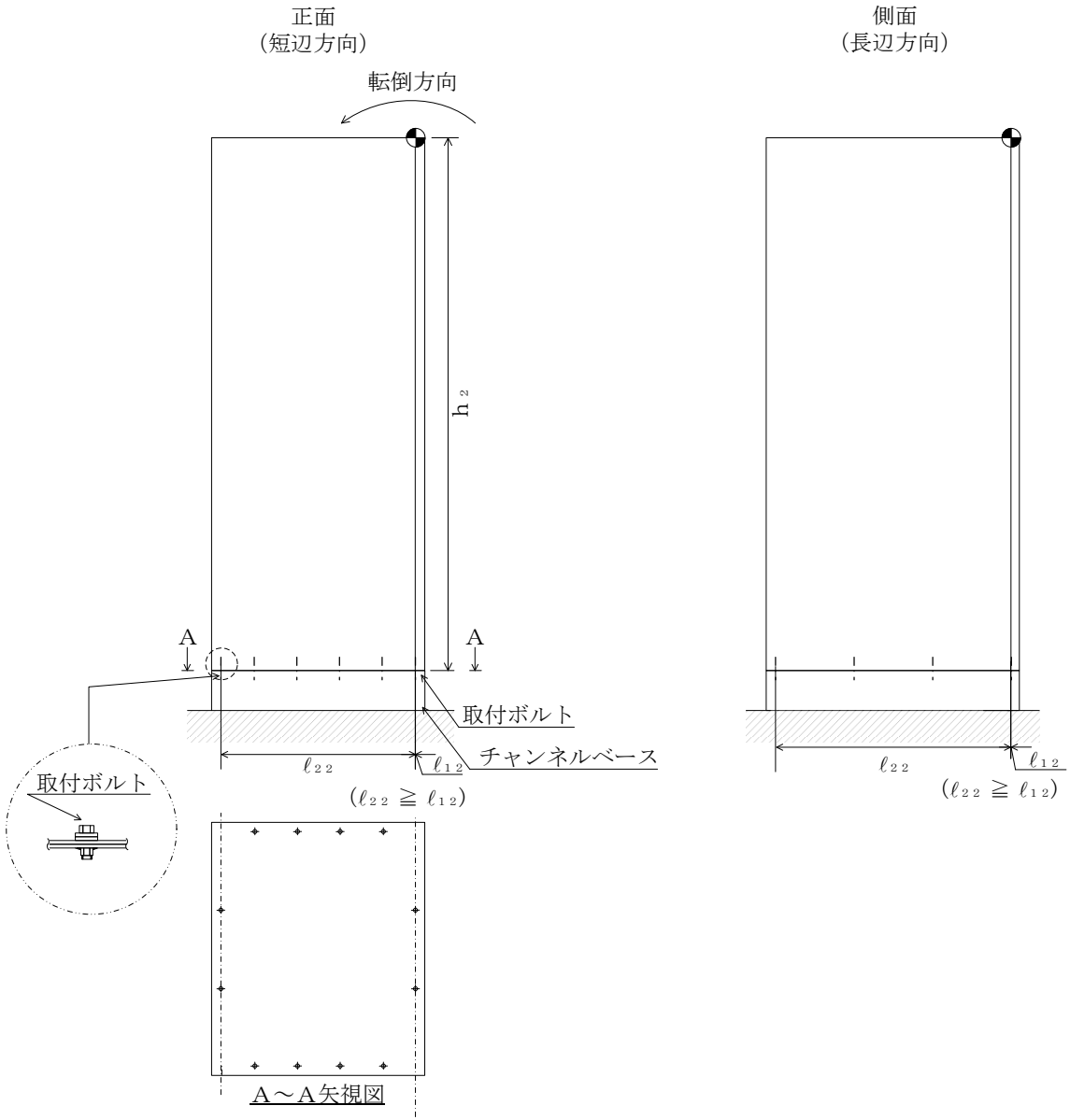
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot\tau_{bi},\ f_{toi}]$

1.4.2 電気的機能の評価結果 ($\times9.8\mathrm{m/s^2}$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
通信収容架2	水平方向	1.39	3.17
	鉛直方向	1.21	2.31

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


正面
（短辺方向）
転倒方向
h2
A
A
取付ボルト
チャンネルベース
ℓ22
ℓ12
(ℓ22 ≧ ℓ12)
取付ボルト
A～A矢視図
側面
（長辺方向）
ℓ22
ℓ12
(ℓ22 ≧ ℓ12)

Ⅴ-2-6-7-7　データ伝送設備の耐震性についての計算書

目　　次

1.　概要 ····· 1
2.　一般事項 ····· 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
4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 4
4.2.2　許容応力 ····· 4
4.2.3　使用材料の許容応力評価条件 ····· 4
4.3　計算条件 ····· 4
5.　機能維持評価 ····· 8
5.1　電気的機能維持評価方法 ····· 8
6.　評価結果 ····· 9
6.1　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 9

1. 概要

データ伝送設備は，設計基準対象施設においてはＣクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設重大事故等対処設備（防止でも緩和でもない設備）に分類される。データ伝送設備の評価においては，Ⅴ-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Ｓｓ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。

データ伝送設備は重大事故等対処設備として基準地震動Ｓｓによる機能維持が要求されることから本計算書は，Ⅴ-2-1-1「耐震設計の基本方針」の「5.　機能維持の基本方針」及びⅤ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針を準用し，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。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。

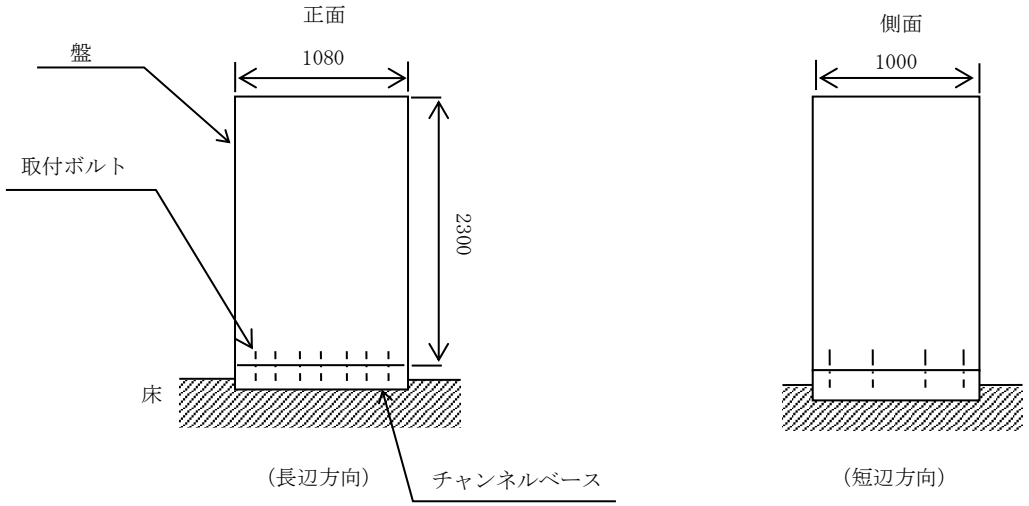
なお，データ伝送設備は，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法」に記載の直立形盤であるため，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-9　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

データ伝送設備の構造計画を表 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	
データ伝送設備は，チャンネルベースに取付ボルトで設置する。	直立形 （鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤）	【データ伝送設備】  （単位：mm）

3.　固有周期

3.1　固有周期の確認

データ伝送設備の固有周期は，構造が同等であり，同様な振動特性を持つ盤に対する振動試験（自由振動試験）の結果確認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）

データ伝送設備 (C91-P730)	水平	0.05以下
	鉛直	0.05以下

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

データ伝送設備の構造強度評価は，Ⅴ-2-1-14「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

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

4.2.2　許容応力

データ伝送設備の許容応力は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」を準用し，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

データ伝送設備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【データ伝送設備（C91-P730）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	データ伝送設備	常設／その他	—*2	D＋P_D＋M_D＋Ｓｓ*3	$Ⅳ_AS$
					D＋P_{SAD}＋M_{SAD}＋Ｓｓ	V_AS（V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）
その他発電用原子炉の附属施設	緊急時対策所	データ伝送設備	常設／その他	—*2	D＋P_D＋M_D＋Ｓｓ*3	$Ⅳ_AS$
				—*2	D＋P_{SAD}＋M_{SAD}＋Ｓｓ	V_AS（V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記＊1：「常設／その他」は常設重大事故等対処設備（防止でも緩和でもない設備）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準用する。

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

表 4－2　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 4－3　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
取付ボルト	SS400 (40mm＜径)	周囲環境温度	40	215	400	―

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

データ伝送設備の電気的機能維持評価は，V-2-1-14「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。

データ伝送設備に設置される器具の機能確認済加速度は，V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，同形式の器具単体の正弦波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表5－1に示す。

表5－1　機能確認済加速度　　(×9.8m/s^2)

評価部位	方向	機能確認済加速度
データ伝送設備 (C91-P730)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

データ伝送設備の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【データ伝送設備（C91-P730）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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
データ伝送設備（C91-P730）	常設／その他	緊急時対策所 T.M.S.L. 28.450 (T.M.S.L. 27.800*)	0.05以下	0.05以下	—	—	C_H＝1.32	C_V＝1.13	40

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)
取付ボルト （ｉ＝2）	[redacted]	1101	16 (M16)	201.1	11	215 (40mm＜径)	400 (40mm＜径)

部材	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	n_{fi}*	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
取付ボルト （ｉ＝2）	390	520	3	—	258	—	長辺方向
	410	490	3				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
取付ボルト（ｉ＝2）	―	[redacted]	―	[redacted]

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト（ｉ＝2）	SS400	引張り	―	―	$\sigma_{b2}=28$	$f_{ts2}=193$*
		せん断	―	―	$\tau_{b2}=6$	$f_{sb2}=148$

すべて許容応力以下である。

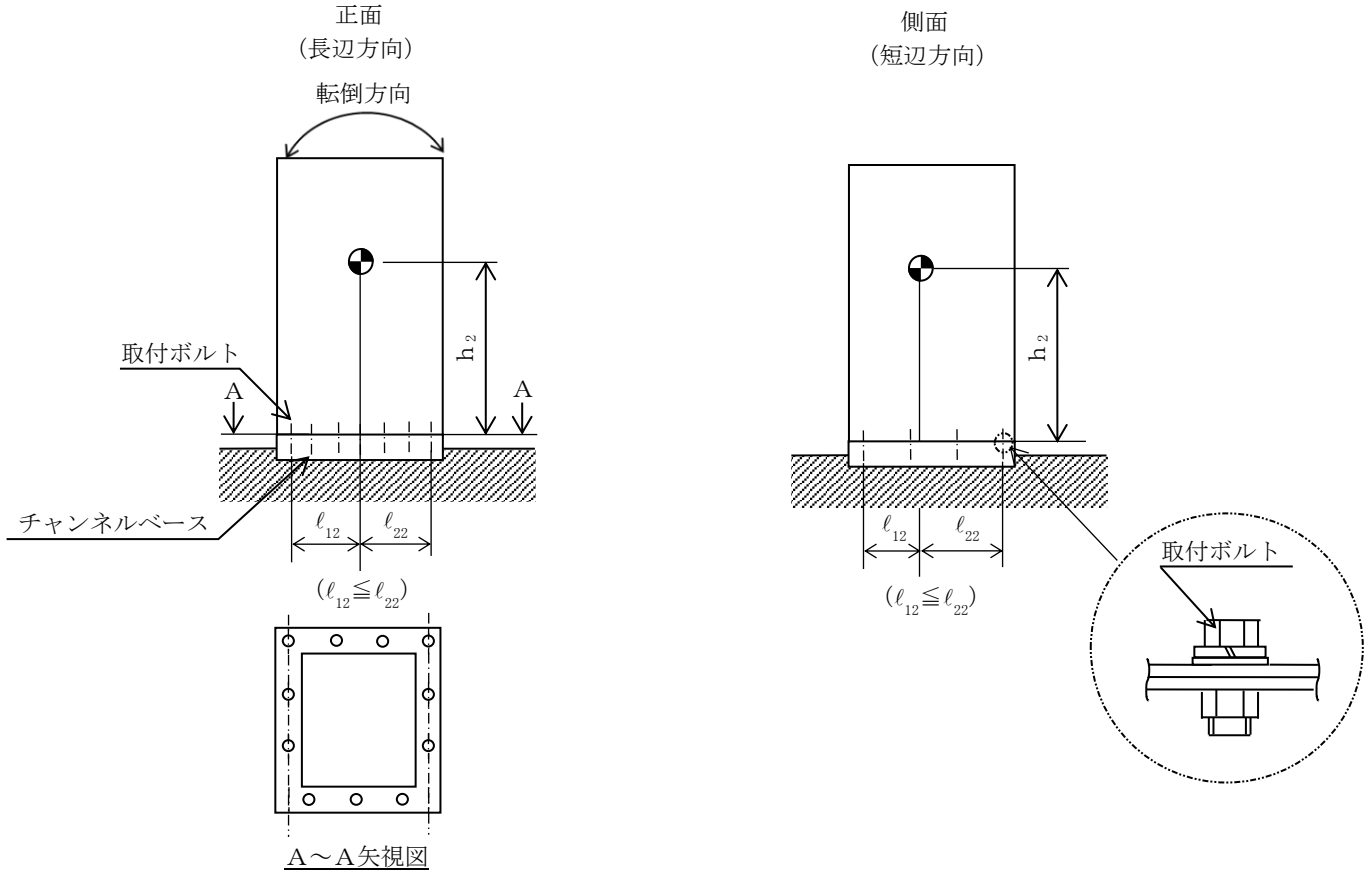
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

1.4.2 電気的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
データ伝送設備（C91-P730）	水平方向	1.10	[redacted]
	鉛直方向	0.94	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


正面
(長辺方向)
転倒方向
取付ボルト
A
A
h2
チャンネルベース
ℓ12
ℓ22
(ℓ12≦ℓ22)
A～A矢視図
側面
(短辺方向)
h2
ℓ12
ℓ22
(ℓ12≦ℓ22)
取付ボルト

Ⅴ-2-6-7-8　データ表示装置（中央制御室待避室）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
4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 4
4.2.2　許容応力 ····· 4
4.2.3　使用材料の許容応力評価条件 ····· 4
4.3　計算条件 ····· 4
5.　機能維持評価 ····· 8
5.1　電気的機能維持評価方法 ····· 8
6.　評価結果 ····· 9
6.1　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 9

1. 概要

データ表示装置（中央制御室待避室）は，重大事故等対処設備においては常設重大事故等対処設備（防止でも緩和でもない設備）に分類される。データ表示装置（中央制御室待避室）の評価においては，Ⅴ-1-5-4「中央制御室の機能に関する説明書」の「2. 基本方針」に基づき，基準地震動Ｓｓ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。

データ表示装置（中央制御室待避室）は重大事故等対処設備として基準地震動Ｓｓによる機能維持が要求されることから，本計算書はⅤ-2-1-1「耐震設計の基本方針」の「5. 機能維持の基本方針」及びⅤ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，データ表示装置（中央制御室待避室）が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。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。

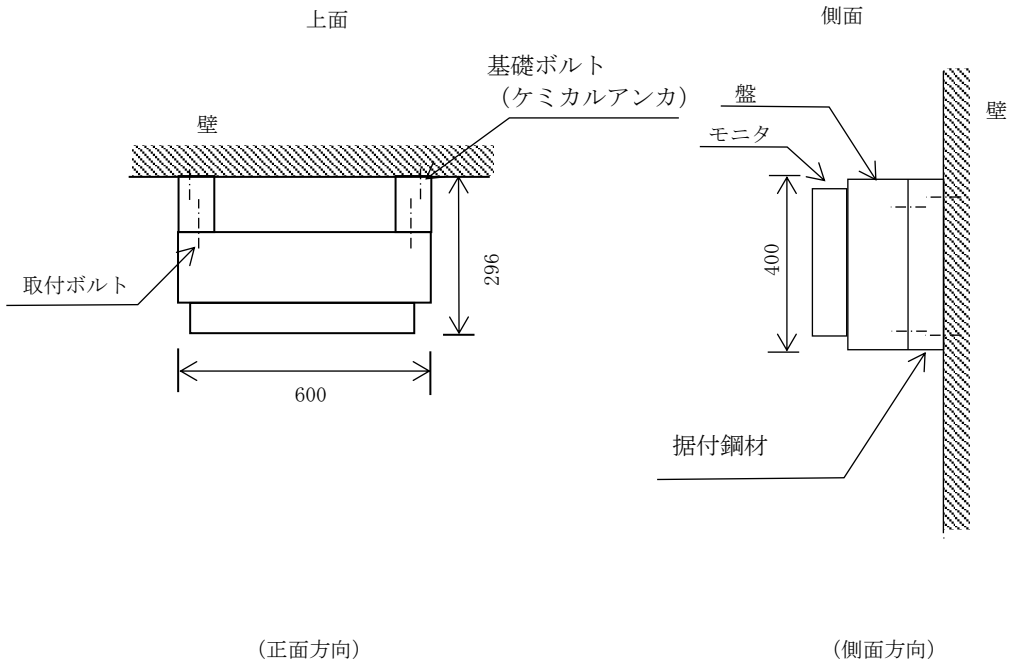
なお，データ表示装置（中央制御室待避室）は，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法」に記載の壁掛形盤であるため，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-9　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

データ表示装置（中央制御室待避室）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	
データ表示装置（中央制御室待避室）は，据付鋼材に取付ボルトで設置する。据付鋼材は，基礎ボルトにて壁に設置する。	壁掛形 （鋼材及び鋼板を組み合わせた壁掛型の盤）	【データ表示装置（中央制御室待避室）】  （単位：mm）

3.　固有周期

3.1　固有周期の確認

振動試験装置により固有振動数を測定する。測定の結果，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。固有周期の確認結果を表 3－1 に示す。

表 3－1　固有周期　（単位：s）

データ表示装置（中央制御室待避室）	水平	0.05 以下
	鉛直	0.05 以下

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

データ表示装置（中央制御室待避室）の構造強度評価は，Ⅴ-2-1-14「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

データ表示装置（中央制御室待避室）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

データ表示装置（中央制御室待避室）の許容応力は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4－2 のとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

データ表示装置（中央制御室待避室）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【データ表示装置（中央制御室待避室）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	データ表示装置（中央制御室待避室）	常設／その他	—*2	D＋P_D＋M_D＋Ｓｓ*3	$Ⅳ_AS$
					D＋P_{SAD}＋M_{SAD}＋Ｓｓ	V_AS（V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記＊1：「常設／その他」は常設重大事故等対処設備（防止でも緩和でもない設備）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}＋Ｓｓ」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4－2　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 4－3　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
基礎ボルト	SS400 (40mm＜径)	周囲環境温度	40	215	400	―
取付ボルト	SS400 (40mm＜径)	周囲環境温度	40	215	400	―

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

データ表示装置（中央制御室待避室）の電気的機能維持評価は，Ⅴ-2-1-14「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。

データ表示装置（中央制御室待避室）に設置される器具の機能確認済加速度は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，同形式の器具単体の正弦波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表5－1に示す。

表5－1　機能確認済加速度　（×9.8m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
データ表示装置（中央制御室待避室）	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

データ表示装置（中央制御室待避室）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及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【データ表示装置（中央制御室待避室）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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
データ表示装置（中央制御室待避室）	常設／その他	コントロール建屋 T.M.S.L. 17.300 (T.M.S.L. 24.100*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C_H＝2.38	C_V＝1.46	40

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)
基礎ボルト（ｉ＝1）	[redacted]	154	12 (M12)	113.1	4	215 (40mm＜径)	400 (40mm＜径)
取付ボルト（ｉ＝2）	[redacted]	74	12 (M12)	113.1	4	215 (40mm＜径)	400 (40mm＜径)

部材	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	ℓ_{3i}* (mm)	n_{fvi}*	n_{fHi}*	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト（ｉ＝1）	172	340	560	2	2	—	258	—	側面方向
	172	340	560	2	2				
取付ボルト（ｉ＝2）	132	260	550	2	2	—	258	—	側面方向
	132	260	550	2	2				

注記＊：各ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト（ｉ＝1）	―	[redacted]	―	[redacted]
取付ボルト（ｉ＝2）	―	[redacted]	―	[redacted]

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト（ｉ＝1）	SS400	引張り	―	―	σ_{b1}＝6	f_{ts1}＝154 *
		せん断	―	―	τ_{b1}＝5	f_{sb1}＝119
取付ボルト（ｉ＝2）	SS400	引張り	―	―	σ_{b2}＝5	f_{ts2}＝193 *
		せん断	―	―	τ_{b2}＝4	f_{sb2}＝148

すべて許容応力以下である。

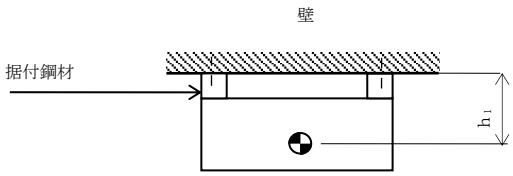
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

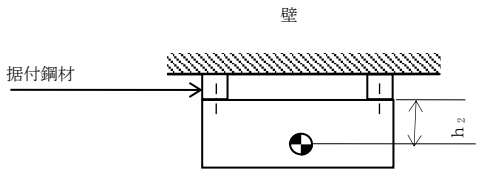
1.4.2 電気的機能の評価結果 ($\times 9.8\mathrm{m/s^2}$)

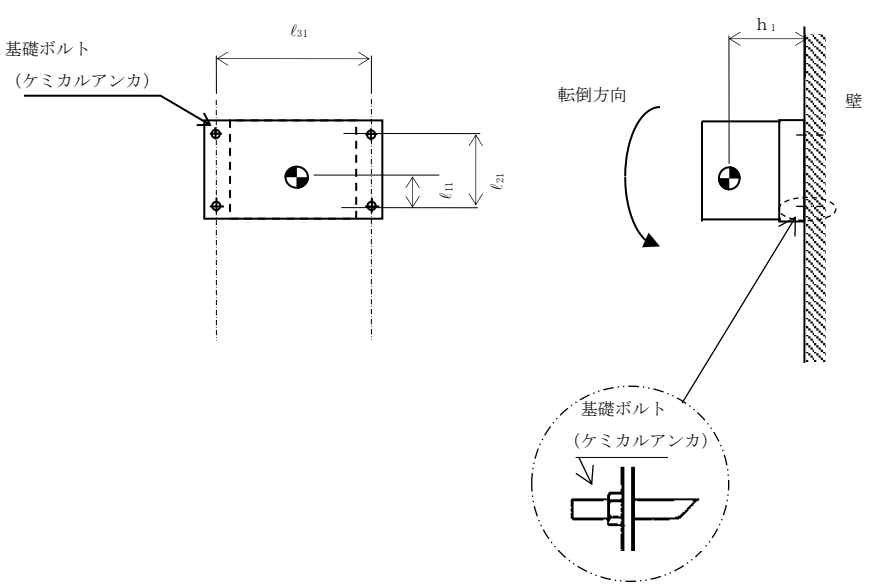
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
データ表示装置（中央制御室待避室）	水平方向	1.98	[redacted]
	鉛直方向	1.23	[redacted]

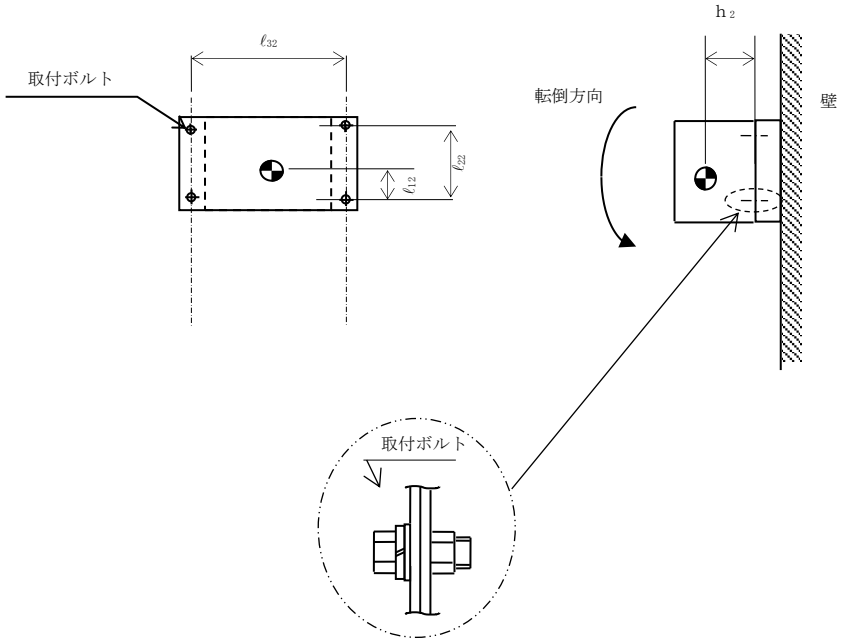
注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


壁
据付鋼材
h1


壁
据付鋼材
h2


基礎ボルト
（ケミカルアンカ）
ℓ31
ℓ11
ℓ21
転倒方向
h1
壁
基礎ボルト
（ケミカルアンカ）


取付ボルト
ℓ32
ℓ12
ℓ22
転倒方向
h2
壁
取付ボルト

Ⅴ-2-6-7-9　衛星電話設備（常設）の耐震性についての計算書

目　　次

1.　概要　・・・

1. 概要

衛星電話設備（常設）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，Ⅴ-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（常設）が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

本計算書は，以下の構成で衛星電話設備（常設）の評価結果を示す。

(1) アンテナの耐震性についての計算書

(2) 通信収容架の耐震性についての計算書

(1)　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 …… 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
5.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 …… 8
5.2.2　許容応力 …… 8
5.2.3　使用材料の許容応力評価条件 …… 8
5.3　設計用地震力 …… 12
5.4　計算方法 …… 13
5.4.1　応力の計算方法 …… 13
5.5　計算条件 …… 15
5.5.1　基礎ボルトの応力計算条件 …… 15
5.6　応力の評価 …… 16
5.6.1　ボルトの応力評価 …… 16
6.　機能維持評価 …… 17
6.1　電気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，Ｖ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，衛星電話設備（常設）のうち，アンテナが設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

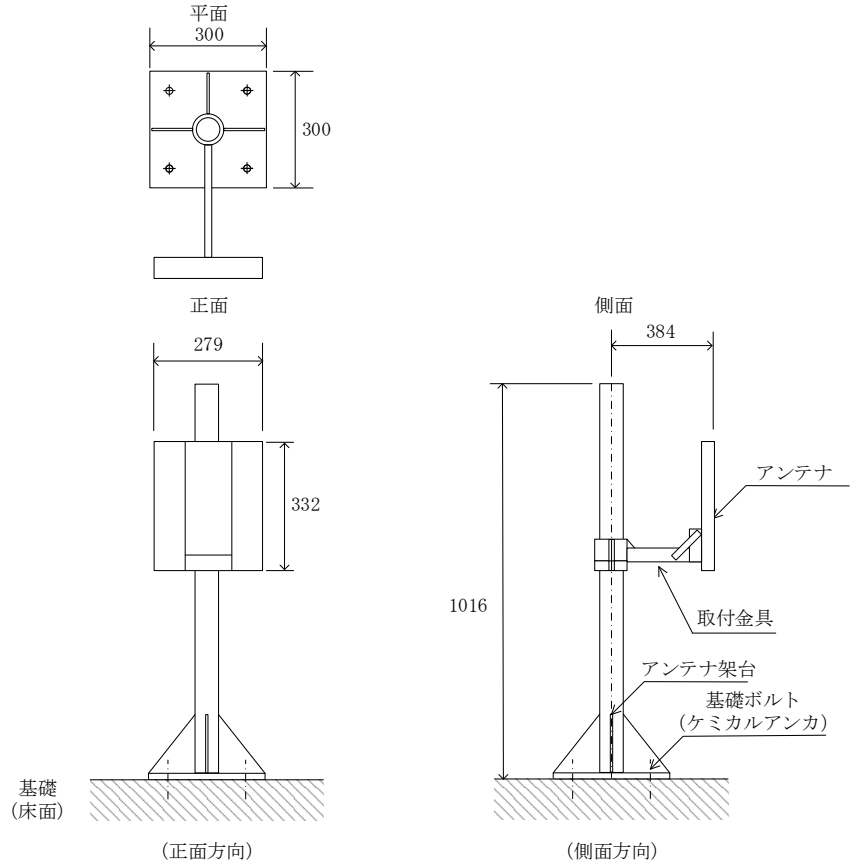
アンテナは，設計基準対象施設においてはＣクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

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	
アンテナは取付金具を使用しアンテナ架台に取り付ける。 アンテナ架台は基礎ボルトにて基礎に固定する。	アンテナ架台	【アンテナ】  (単位：mm)

2.2　評価方針

アンテナの応力評価は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.1　構造計画」にて示す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」で確認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，アンテナの機能維持評価は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電気的機能維持の方針に基づき，地震時の応答加速度が電気的機能確認済加速度以下であることを，「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。

アンテナの耐震評価フローを図2－1に示す。

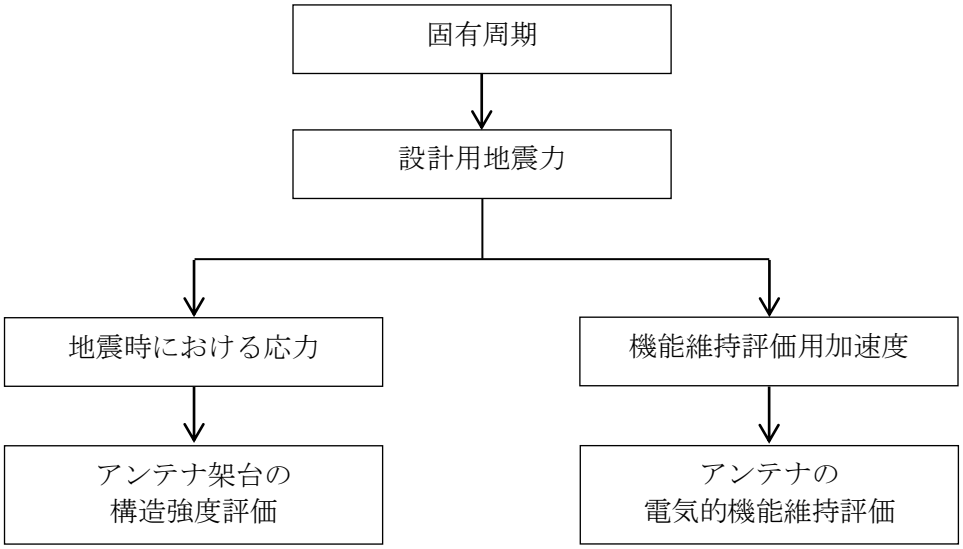


図2－1　アンテナの耐震評価フロー

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ＪＥＡＧ４６０１・補-1984（(社) 日本電気協会）

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

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

・発電用原子力設備規格　設計・建設規格（(社) 日本機械学会，2005/2007）（以下「設計・建設規格」という。）

2.4　記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_b	ボルトの軸断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	―
C_V	鉛直方向設計震度	―
d	ボルトの呼び径	mm
F *	設計・建設規格　SSB-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	MPa
g	重力加速度（＝9.80665）	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	アンテナ及びアンテナ架台の質量	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℃における値	MPa
π	円周率	―
σ_b	ボルトに生じる引張応力	MPa
τ_b	ボルトに生じるせん断応力	MPa

注記＊：$\ell_1 \leqq \ell_2$

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に示すとおりとする。

表2－2　表示する数値の丸め方

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

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

＊2：絶対値が1000以上のときは，べき数表示とする。

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

3. 評価部位

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。

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 基本方針

アンテナの固有周期は，振動試験（加振試験）にて求める。

4.2 固有周期の確認方法

振動試験装置により固有振動数を測定する。アンテナの外形図を表 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。測定の結果，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。

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) アンテナ架台の質量は重心に集中しているものとする。

(2) 地震力はアンテナ架台に対して，水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。

(3) アンテナ架台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，正面方向及び側面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) アンテナ架台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アンテナ架台の最上端に重心位置を設定して耐震性の計算を行うものとする。

(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

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

アンテナの許容応力は，V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 5－2 のとおりとする。

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

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。

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	アンテナ	常設／防止 常設／緩和	—*2	D＋P_D＋M_D＋Ｓｓ*3	$Ⅳ_AS$
					D＋P_{SAD}＋M_{SAD}＋Ｓｓ	V_AS （V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

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

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

＊3：「D＋P_{SAD}＋M_{SAD}＋Ｓｓ」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	
	引張り	せん断
ⅣＡＳ	1.5・ｆ$_t$*	1.5・ｆ$_s$*
ＶＡＳ （ＶＡＳとしてⅣＡＳの 許容限界を用いる。）		

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

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

表 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 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
基礎ボルト	SS400 (径＞40mm)	周囲環境温度	40	215	400	―

5.3　設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表5－4に示す。

「基準地震動Ｓｓ」による地震力は，Ⅴ-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

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Ｓｄ 又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
コントロール建屋 T.M.S.L.25.8 (T.M.S.L.24.1*)	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
	0.05以下	0.05以下	―	―	C_H=2.47	C_V=1.46

注記＊：基準床レベルを示す。

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。

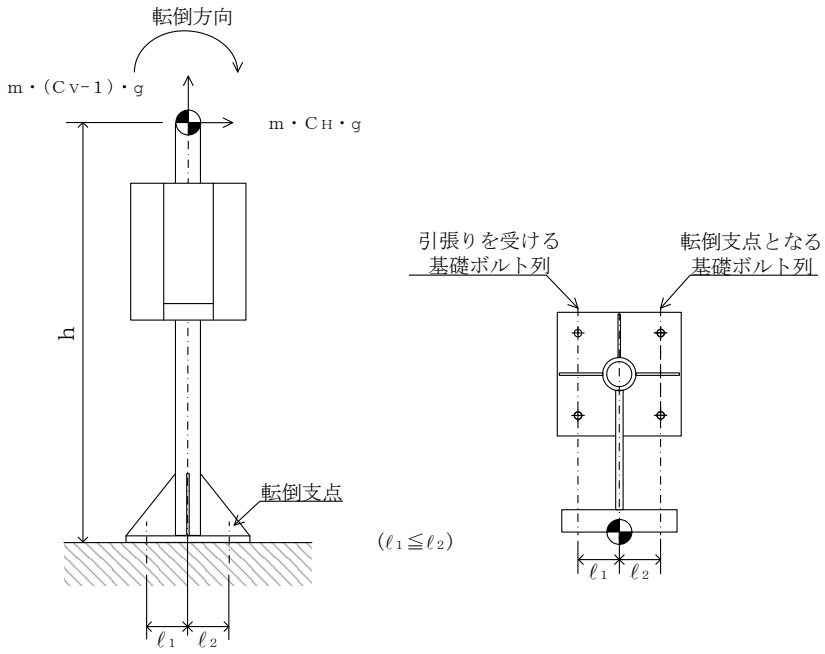


図5－1　計算モデル（正面方向転倒）

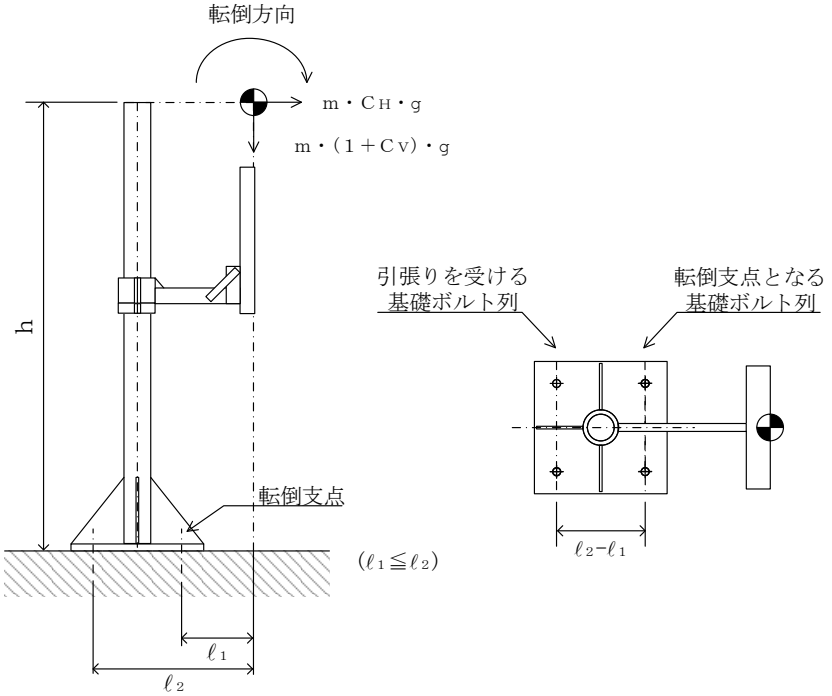


図5－2　計算モデル（側面方向転倒）

(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

計算モデル図5－1（正面方向転倒）の場合の引張力

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

計算モデル図5－2（側面方向転倒）の場合の引張力

$$F_b=\frac{m\cdot g\cdot C_H\cdot h\ +m\cdot g\cdot(1+C_V)\cdot \ell_1}{n_f\cdot(\ell_2-\ell_1)} \quad \cdots\cdots\cdots (5.4.1.1.2)$$

引張応力

$$\sigma_b=\frac{F_b}{A_b} \quad \cdots\cdots\cdots (5.4.1.1.3)$$

ここで，基礎ボルトの軸断面積A_bは次式により求める。

$$A_b=\frac{\pi}{4}\cdot d^2 \quad \cdots\cdots\cdots (5.4.1.1.4)$$

(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

$$Q_b=m\cdot g\cdot C_H \quad \cdots\cdots\cdots (5.4.1.1.5)$$

せん断応力

$$\tau_b=\frac{Q_b}{n\cdot A_b} \quad \cdots\cdots\cdots (5.4.1.1.6)$$

5.5 計算条件

5.5.1 基礎ボルトの応力計算条件

基礎ボルトの応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【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　ボルトの応力評価

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

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

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

	基準地震動Ｓｓ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 電気的機能維持評価方法

アンテナの電気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V-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき，基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度を設定する。

アンテナの機能確認済加速度は，V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，同形式の器具の正弦波加振試験において電気的機能の健全性を確認した評価部位の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^2)

評価部位	方向	機能確認済加速度
アンテナ	水平	4.35
	鉛直	2.24

7. 評価結果

7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

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及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
アンテナ	常設／防止 常設／緩和	コントロール建屋 T.M.S.L.25.8 (T.M.S.L.24.1*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C_H＝2.47	C_V＝1.46	40

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m (kg)	h (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	n	S_y (MPa)	S_u (MPa)
基礎ボルト	22	1016*1	12 (M12)	113.1	4	215 (径＞40mm)	400 (径＞40mm)

部材	ℓ_1*2 (mm)	ℓ_2*2 (mm)	n_f*2	F* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	100*1	100*1	2	258	—	側面方向
	284*1	484*1	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正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_b		Q_b	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	―	1.707×10^3	―	525.6

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	―	―	$\sigma_b=16$	$f_{ts}=154$*
		せん断	―	―	$\tau_b=2$	$f_{sb}=119$

すべて許容応力以下である。

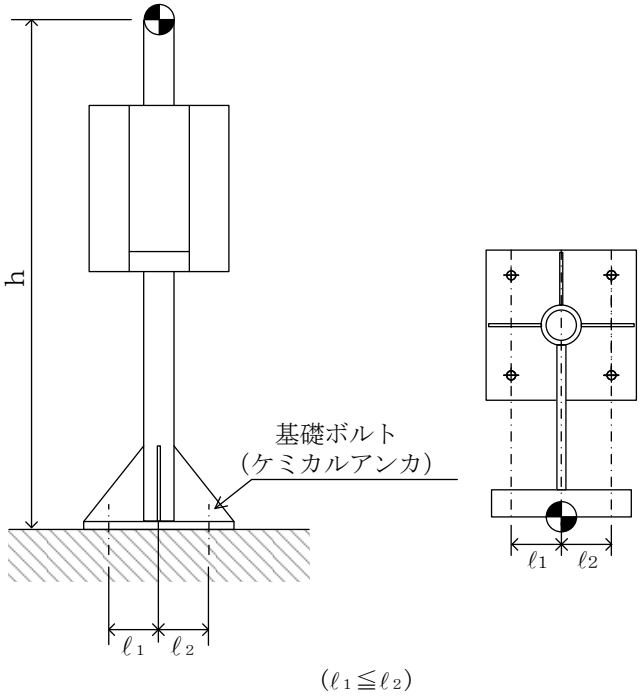
注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}]$

1.4.2 電気的機能の評価結果 ($\times9.8\mathrm{m/s^2}$)

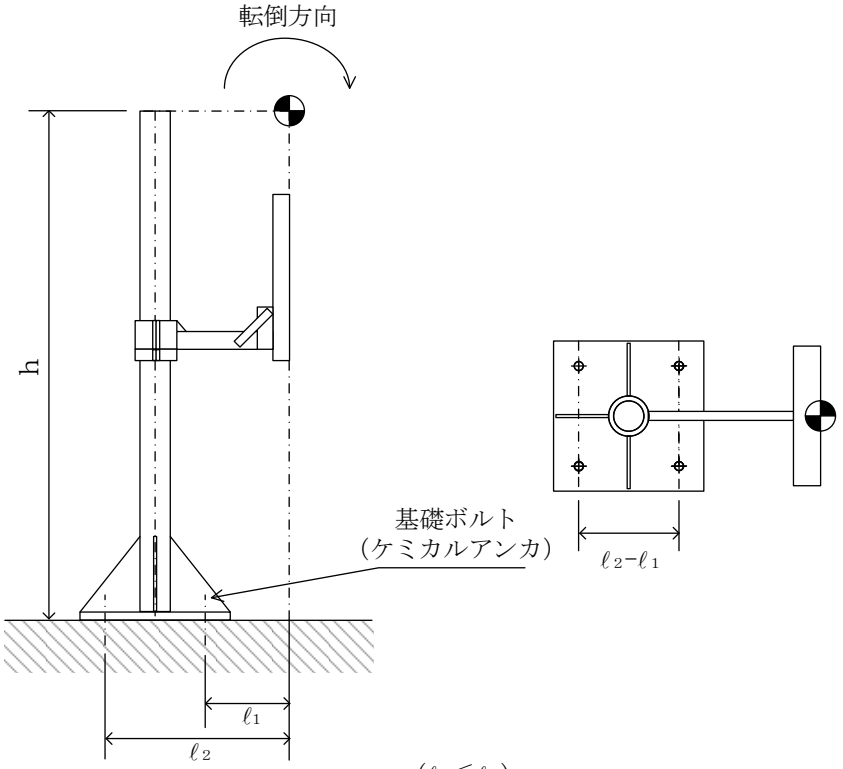
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
アンテナ	水平方向	2.06	4.35
	鉛直方向	1.23	2.24

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。



(ℓ1≦ℓ2)



(ℓ1≦ℓ2)

(2)　通信収容架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
4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 4
4.2.2　許容応力 ····· 4
4.2.3　使用材料の許容応力評価条件 ····· 4
4.3　計算条件 ····· 4
5.　機能維持評価 ····· 8
5.1　電気的機能維持評価方法 ····· 8
6.　評価結果 ····· 9
6.1　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 9

1. 概要

本計算書は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，衛星電話設備（常設）のうち，通信収容架が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

通信収容架は，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。

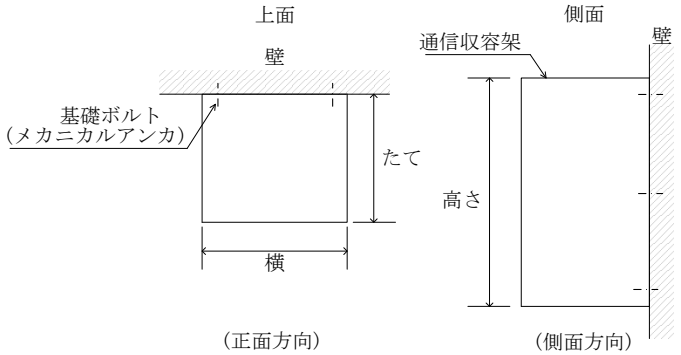
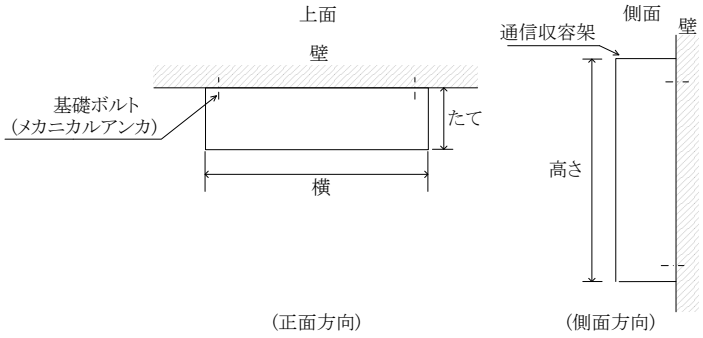
なお，通信収容架は，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法」に記載の壁掛形盤であるため，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-9　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

通信収容架の構造計画を表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	
通信収容架は基礎ボルトにて壁に固定する。	壁掛形 （鋼材及び鋼板を組み合わせた壁掛形の盤）	【通信収容架 1】  【通信収容架 2】 

	通信収容架 1	通信収容架 2
たて	530	182
横	600	605
高さ	940	630

（単位：mm）

3.　固有周期

3.1　固有周期の確認

通信収容架の固有周期は，構造が同等であり，同様な振動特性を持つ盤に対する振動試験（自由振動試験）の結果確認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）

名称	方向	固有周期
通信収容架1	水平	0.05以下
	鉛直	0.05以下
通信収容架2	水平	0.05以下
	鉛直	0.05以下

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

通信収容架の構造強度評価は，Ⅴ-2-1-14「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

通信収容架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

通信収容架の許容応力は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4－2 のとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

通信収容架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【通信収容架 1 の耐震性についての計算結果】及び【通信収容架 2 の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御系統施設	その他の計測制御系統施設	通信収容架	常設／防止 常設／緩和	—*2	D＋P_D＋M_D＋Ｓｓ*3	$Ⅳ_AS$
					D＋P_{SAD}＋M_{SAD}＋Ｓｓ	$Ⅴ_AS$ （$Ⅴ_AS$として$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

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

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4－2　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 4－3　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y(RT) (MPa)
基礎ボルト*1	SS400 (径＞40mm)	周囲環境温度	40	215	400	―
基礎ボルト*2	SS400 (径＞40mm)	周囲環境温度	50	211	394	―

注記＊1：通信収容架 1 の基礎ボルトを示す。

＊2：通信収容架 2 の基礎ボルトを示す。

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

通信収容架の電気的機能維持評価は，Ⅴ-2-1-14「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。

通信収容架に設置される器具の機能確認済加速度は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，同形式の器具単体の正弦波加振試験において電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表5－1に示す。

表5－1　機能確認済加速度　　(×9.8m/s^2)

評価部位	方向	機能確認済加速度
通信収容架1	水平	3.58
	鉛直	2.12
通信収容架2	水平	3.58
	鉛直	2.19

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

通信収容架の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【通信収容架1の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
通信収容架1	常設／防止 常設／緩和	コントロール建屋 T.M.S.L.17.3 (T.M.S.L.24.1*)	0.05以下	0.05以下	—	—	C_H=2.38	C_V=1.46	40

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)
基礎ボルト (i=1)	220	530*1	16 (M16)	201.1	6	215 (径＞40mm)	400 (径＞40mm)

部材	ℓ_{1i}*2 (mm)	ℓ_{2i}*2 (mm)	ℓ_{3i}*2 (mm)	n_{fvi}*2	n_{fHi}*2	F_i (MPa)	F_i^* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度	基準地震動 Ｓｓ
基礎ボルト (i=1)	900*1	860	540	2	3	—	258	—	側面方向
	900*1	860	540	2	3				

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正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト（ｉ＝1）	―	4.322×10^3	―	7.385×10^3

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト（ｉ＝1）	SS400	引張り	―	―	$\sigma_{bi}=22$	$f_{tsi}=154$*
		せん断	―	―	$\tau_{bi}=7$	$f_{sbi}=119$

すべて許容応力以下である。

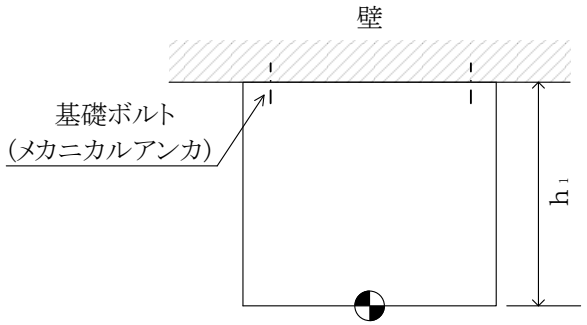
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

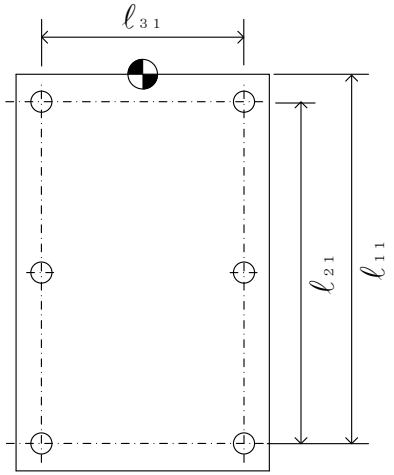
1.4.2 電気的機能の評価結果 ($\times 9.8\mathrm{m/s^2}$)

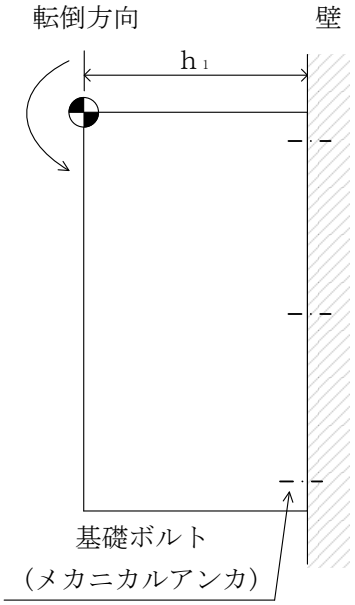
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
通信収容架１	水平方向	1.98	3.58
	鉛直方向	1.23	2.12

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


壁
基礎ボルト
(メカニカルアンカ)
h1


ℓ31
ℓ21
ℓ11


転倒方向
壁
h1
基礎ボルト
(メカニカルアンカ)

【通信収容架2の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
通信収容架2	常設／防止 常設／緩和	コントロール建屋 T.M.S.L.17.3 (T.M.S.L.24.1*)	0.05以下	0.05以下	—	—	C_H=2.38	C_V=1.46	50

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)
基礎ボルト (ｉ＝1)	25	182*1	12 (M12)	113.1	4	211 (径＞40mm)	394 (径＞40mm)

部材	ℓ_{1i}*2 (mm)	ℓ_{2i}*2 (mm)	ℓ_{3i}*2 (mm)	n_{fVi}*2	n_{fHi}*2	F_i (MPa)	F_i^* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト (ｉ＝1)	600*1	540	540	2	2	—	253	—	側面方向
	600*1	540	540	2	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正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3　計算数値

1.3.1　ボルトに作用する力　　(単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト（ｉ＝1）	―	425.8	―	839.2

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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト（ｉ＝1）	SS400	引張り	―	―	σ_{bi}＝4	f_{tsi}＝152*
		せん断	―	―	τ_{bi}＝2	f_{sbi}＝117

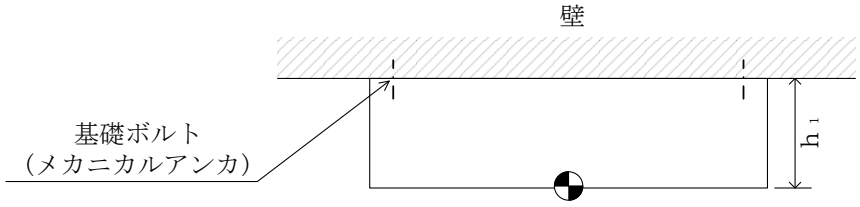
すべて許容応力以下である。　　注記＊：f_{tsi}＝Min[1.4・f_{toi}－1.6・τ_{bi}，f_{toi}]

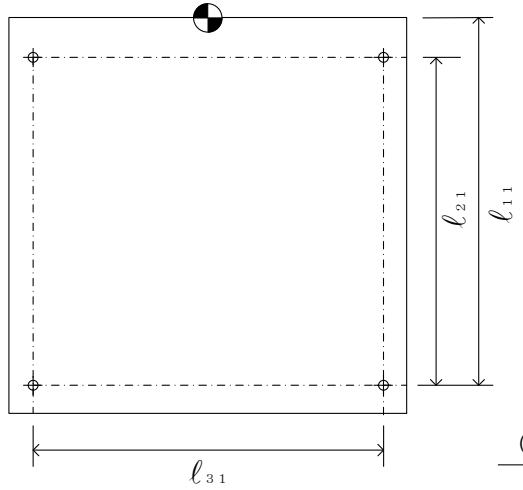
1.4.2　電気的機能の評価結果　　(×9.8m/s^2)

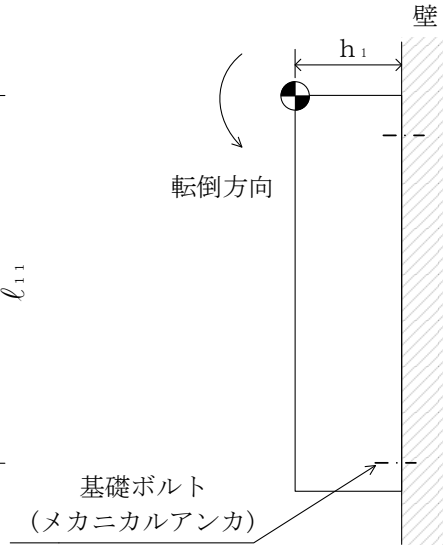
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
通信収容架2	水平方向	1.98	3.58
	鉛直方向	1.23	2.19

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


壁
基礎ボルト
（メカニカルアンカ）
h1


ℓ21
ℓ11
ℓ31


壁
h1
転倒方向
基礎ボルト
（メカニカルアンカ）

Ⅴ-2-6-7-10　衛星電話設備（常設）（中央制御室待避室）の耐震性についての計算書

目　　次

1. 概要 ····· 1

1. 概要

衛星電話設備（常設）（中央制御室待避室）は，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。

以下，V-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（常設）（中央制御室待避室）が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

本計算書は，以下の構成で衛星電話設備（常設）（中央制御室待避室）の評価結果を示す。

(1) アンテナの耐震性についての計算書

(2) 通信収容架の耐震性についての計算書

(1)　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 ····· 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
5.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 8
5.2.2　許容応力 ····· 8
5.2.3　使用材料の許容応力評価条件 ····· 8
5.3　設計用地震力 ····· 12
5.4　計算方法 ····· 13
5.4.1　応力の計算方法 ····· 13
5.5　計算条件 ····· 15
5.5.1　基礎ボルトの応力計算条件 ····· 15
5.6　応力の評価 ····· 16
5.6.1　ボルトの応力評価 ····· 16
6.　機能維持評価 ····· 17
6.1　電気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，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，衛星電話設備（常設）（中央制御室待避室）のうち，アンテナが設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

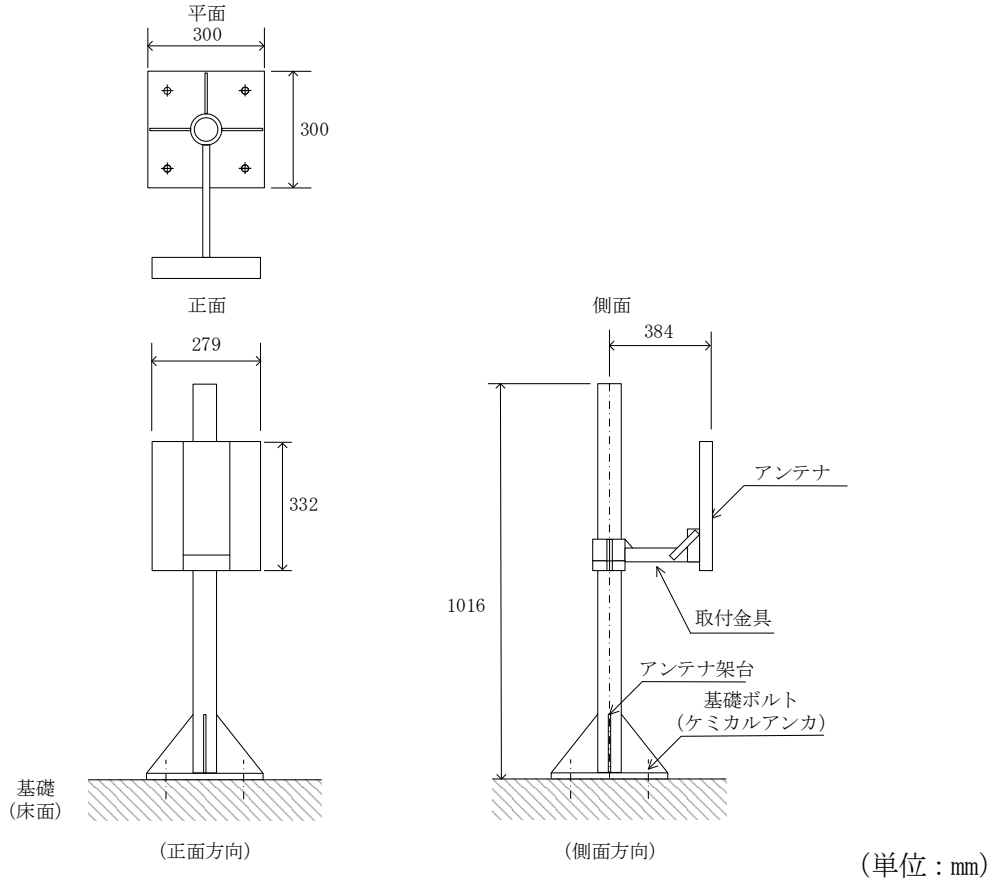
アンテナは，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

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	
アンテナは取付金具を使用しアンテナ架台に取り付ける。 アンテナ架台は基礎ボルトにて基礎に固定する。	アンテナ架台	【アンテナ】  (単位：mm)

2.2　評価方針

アンテナの応力評価は，Ｖ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.1　構造計画」にて示す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」で確認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，アンテナの機能維持評価は，Ｖ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電気的機能維持の方針に基づき，地震時の応答加速度が電気的機能確認済加速度以下であることを，「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。

アンテナの耐震評価フローを図 2－1 に示す。

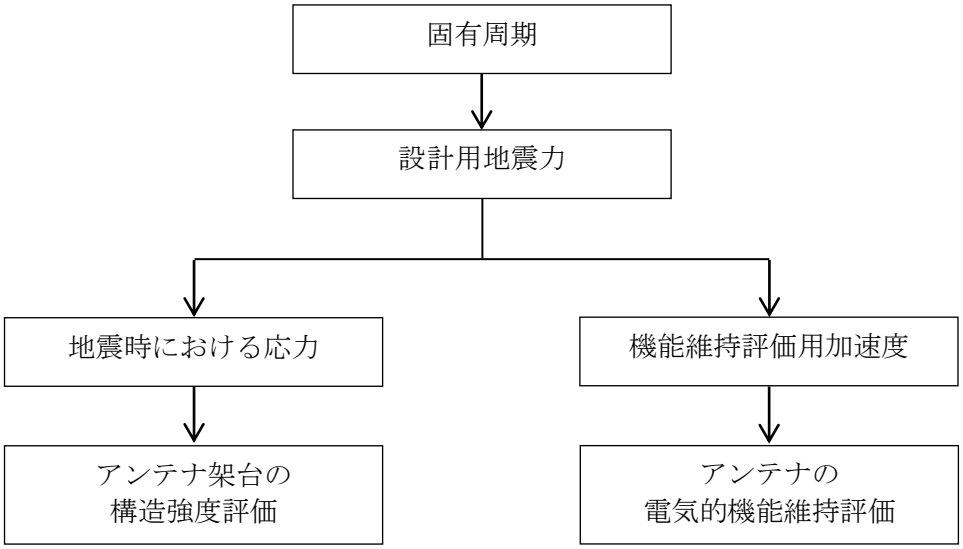


図 2－1　アンテナの耐震評価フロー

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ＪＥＡＧ４６０１・補-1984（(社) 日本電気協会）
- 原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1987（(社) 日本電気協会）
- 原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1991　追補版（(社) 日本電気協会）
- 発電用原子力設備規格　設計・建設規格（(社) 日本機械学会，2005/2007）（以下「設計・建設規格」という。）

2.4　記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_b	ボルトの軸断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	―
C_V	鉛直方向設計震度	―
d	ボルトの呼び径	mm
F *	設計・建設規格　SSB-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	MPa
g	重力加速度（＝9.80665）	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	アンテナ及びアンテナ架台の質量	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℃における値	MPa
π	円周率	―
σ_b	ボルトに生じる引張応力	MPa
τ_b	ボルトに生じるせん断応力	MPa

注記＊：$\ell_1 \leqq \ell_2$

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に示すとおりとする。

表2－2　表示する数値の丸め方

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

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

＊2：絶対値が1000以上のときは，べき数表示とする。

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

3. 評価部位

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。

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 基本方針

アンテナの固有周期は，振動試験（加振試験）にて求める。

4.2 固有周期の確認方法

振動試験装置により固有振動数を測定する。アンテナの外形図を表 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。測定の結果，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。

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) アンテナ架台の質量は重心に集中しているものとする。

(2) 地震力はアンテナ架台に対して，水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。

(3) アンテナ架台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，正面方向及び側面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) アンテナ架台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アンテナ架台の最上端に重心位置を設定して耐震性の計算を行うものとする。

(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

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

アンテナの許容応力は，V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表5－2のとおりとする。

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

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。

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	アンテナ	常設／防止 常設／緩和	—*2	D＋P_D＋M_D＋Ｓｓ*3	$Ⅳ_AS$
					D＋P_{SAD}＋M_{SAD}＋Ｓｓ	V_AS （V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

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

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

＊3：「D＋P_{SAD}＋M_{SAD}＋Ｓｓ」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	
	引張り	せん断
ⅣＡＳ	1.5・ｆ$_t$*	1.5・ｆ$_s$*
ＶＡＳ （ＶＡＳとしてⅣＡＳの 許容限界を用いる。）		

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

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

表 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 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
基礎ボルト	SS400 (径＞40mm)	周囲環境温度	40	215	400	―

5.3　設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表5－4に示す。

「基準地震動Ｓｓ」による地震力は，Ⅴ-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

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Ｓｄ 又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
コントロール建屋 T.M.S.L.25.8 (T.M.S.L.24.1*)	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
	0.05以下	0.05以下	―	―	C_H=2.47	C_V=1.46

注記＊：基準床レベルを示す。

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。

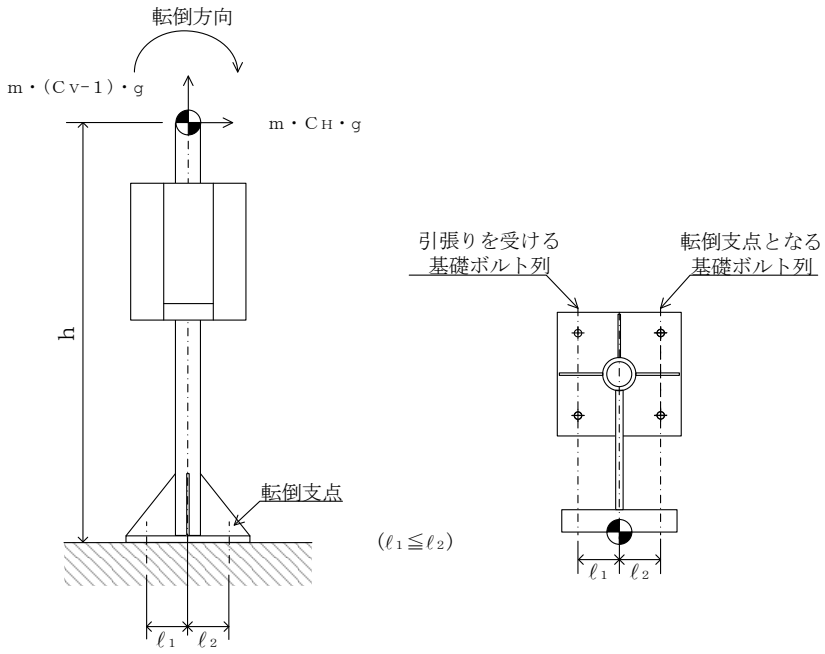


図5－1　計算モデル（正面方向転倒）

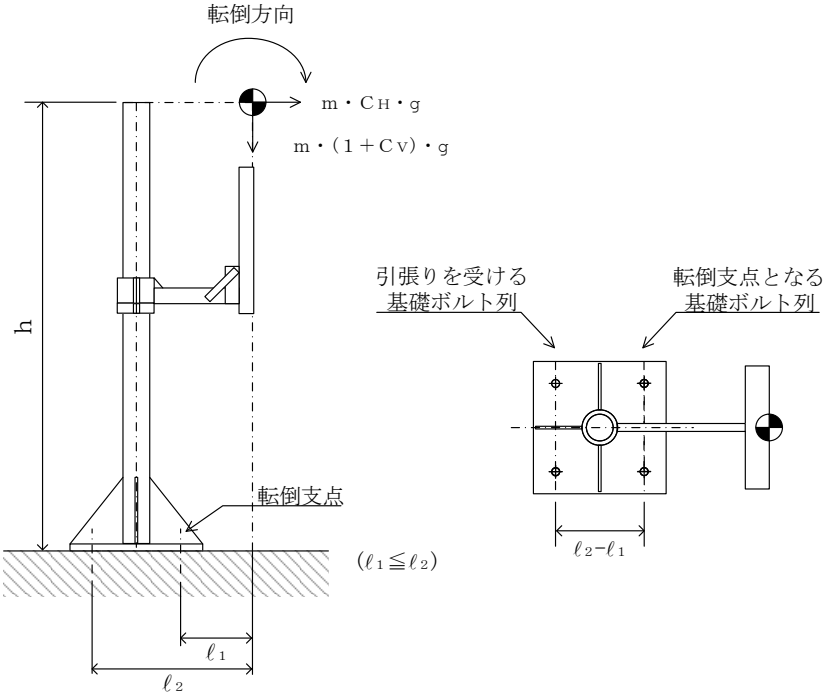


図5－2　計算モデル（側面方向転倒）

(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

計算モデル図5－1（正面方向転倒）の場合の引張力

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

計算モデル図5－2（側面方向転倒）の場合の引張力

$$F_b=\frac{m\cdot g\cdot C_H\cdot h\ +m\cdot g\cdot(1+C_V)\cdot \ell_1}{n_f\cdot(\ell_2-\ell_1)} \quad \cdots\cdots\cdots (5.4.1.1.2)$$

引張応力

$$\sigma_b=\frac{F_b}{A_b} \quad \cdots\cdots\cdots (5.4.1.1.3)$$

ここで，基礎ボルトの軸断面積A_bは次式により求める。

$$A_b=\frac{\pi}{4}\cdot d^2 \quad \cdots\cdots\cdots (5.4.1.1.4)$$

(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

$$Q_b=m\cdot g\cdot C_H \quad \cdots\cdots\cdots (5.4.1.1.5)$$

せん断応力

$$\tau_b=\frac{Q_b}{n\cdot A_b} \quad \cdots\cdots\cdots (5.4.1.1.6)$$

5.5 計算条件

5.5.1 基礎ボルトの応力計算条件

基礎ボルトの応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【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　ボルトの応力評価

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

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

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

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

6. 機能維持評価

6.1 電気的機能維持評価方法

アンテナの電気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Ⅴ-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき，基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度を設定する。

アンテナの機能確認済加速度は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，同形式の器具の正弦波加振試験において電気的機能の健全性を確認した評価部位の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^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
アンテナ	水平	4.35
	鉛直	2.24

7. 評価結果

7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

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及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
アンテナ	常設／防止 常設／緩和	コントロール建屋 T.M.S.L.25.8 (T.M.S.L.24.1*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C_H＝2.47	C_V＝1.46	40

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m (kg)	h (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	n	S_y (MPa)	S_u (MPa)
基礎ボルト	22	1016*1	12 (M12)	113.1	4	215 (径＞40mm)	400 (径＞40mm)

部材	ℓ_1*2 (mm)	ℓ_2*2 (mm)	n_f*2	F* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	100*1	100*1	2	258	—	側面方向
	284*1	484*1	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正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_b		Q_b	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	―	1.707×10^3	―	525.6

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	―	―	$\sigma_b=16$	$f_{ts}=154^*$
		せん断	―	―	$\tau_b=2$	$f_{sb}=119$

すべて許容応力以下である。

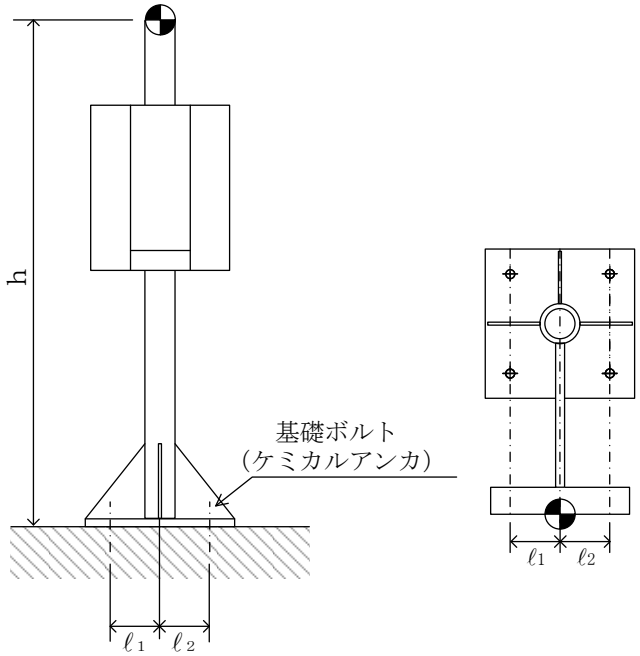
注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}]$

1.4.2 電気的機能の評価結果 ($\times 9.8\mathrm{m/s^2}$)

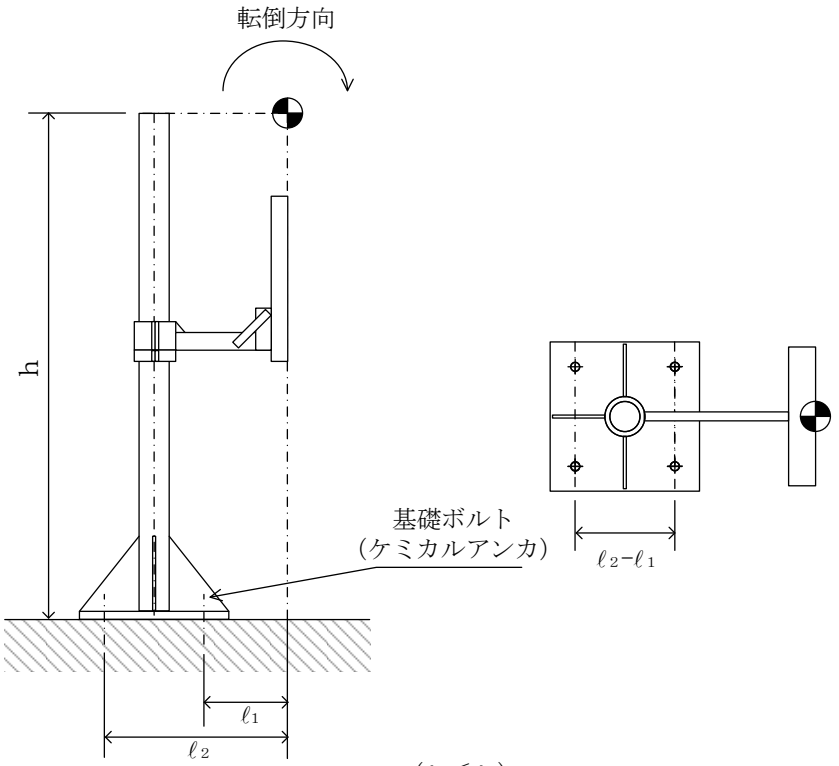
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
アンテナ	水平方向	2.06	4.35
	鉛直方向	1.23	2.24

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。



($\ell_1 \leqq \ell_2$)



($\ell_1 \leqq \ell_2$)

(2)　通信収容架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
4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 4
4.2.2　許容応力 ····· 4
4.2.3　使用材料の許容応力評価条件 ····· 4
4.3　計算条件 ····· 4
5.　機能維持評価 ····· 8
5.1　電気的機能維持評価方法 ····· 8
6.　評価結果 ····· 9
6.1　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 9

1. 概要

本計算書は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，衛星電話設備（常設）（中央制御室待避室）のうち，通信収容架が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

通信収容架は，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

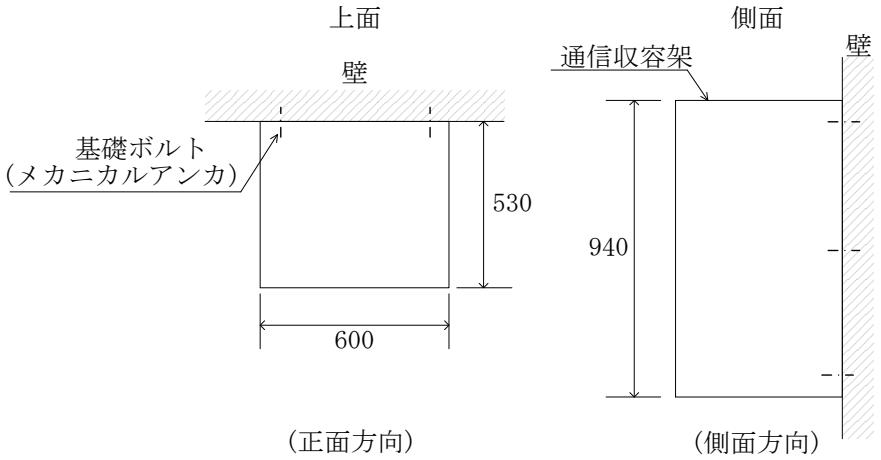
なお，通信収容架は，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法」に記載の壁掛形盤であるため，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-9　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

通信収容架の構造計画を表 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	
通信収容架は基礎ボルトにて壁に固定する。	壁掛形 （鋼材及び鋼板を組み合わせた壁掛形の盤）	【通信収容架】  （単位：mm）

3.　固有周期

3.1　固有周期の確認

通信収容架の固有周期は，構造が同等であり，同様な振動特性を持つ盤に対する振動試験（自由振動試験）の結果確認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）

水平	0.05以下
鉛直	0.05以下

表4－1　固有周期　（単位：s）

水平	0.05以下
鉛直	0.05以下

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

通信収容架の構造強度評価は，Ⅴ-2-1-14「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

通信収容架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

通信収容架の許容応力は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4－2 のとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

通信収容架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【通信収容架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	通信収容架	常設／防止 常設／緩和	—*2	D＋P_D＋M_D＋Ｓｓ*3	$Ⅳ_AS$
					D＋P_{SAD}＋M_{SAD}＋Ｓｓ	V_AS（V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

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

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4－2　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 4－3　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y(RT) (MPa)
基礎ボルト	SS400 (径＞40mm)	周囲環境温度	40	215	400	―

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

通信収容架の電気的機能維持評価は，Ⅴ-2-1-14「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。

通信収容架に設置される器具の機能確認済加速度は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，同形式の器具単体の正弦波加振試験において電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表5－1に示す。

表5－1　機能確認済加速度　　(×9.8m/s^2)

評価部位	方向	機能確認済加速度
通信収容架	水平	3.58
	鉛直	2.12

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

通信収容架の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【通信収容架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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
通信収容架	常設／防止 常設／緩和	コントロール建屋 T.M.S.L.17.3 (T.M.S.L.24.1*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C_H＝2.38	C_V＝1.46	40

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)
基礎ボルト (ｉ＝1)	220	530*1	16 (M16)	201.1	6	215 (径＞40mm)	400 (径＞40mm)

部材	ℓ_{1i}*2 (mm)	ℓ_{2i}*2 (mm)	ℓ_{3i}*2 (mm)	n_{fvi}*2	n_{fHi}*2	F_i (MPa)	F_i^* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト (ｉ＝1)	900*1	860	540	2	3	—	258	—	側面方向
	900*1	860	540	2	3				

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正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト（ｉ＝1）	―	4.322×10^3	―	7.385×10^3

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト（ｉ＝1）	SS400	引張り	―	―	$\sigma_{bi}=22$	$f_{tsi}=154$*
		せん断	―	―	$\tau_{bi}=7$	$f_{sbi}=119$

すべて許容応力以下である。

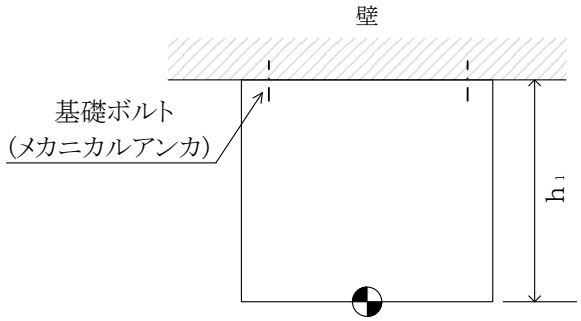
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

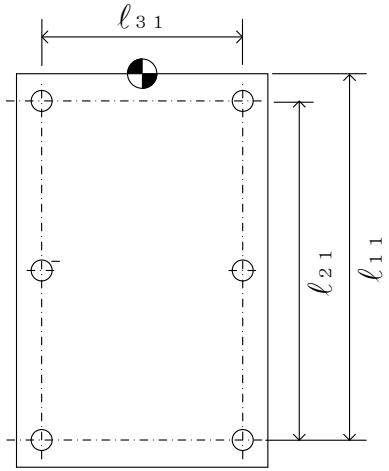
1.4.2 電気的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

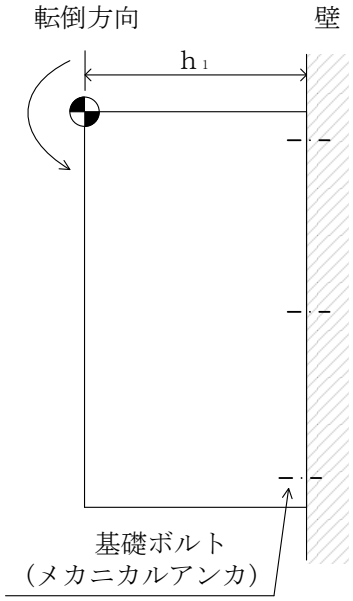
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
通信収容架	水平方向	1.98	3.58
	鉛直方向	1.23	2.12

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


壁
基礎ボルト
(メカニカルアンカ)
h1


ℓ31
ℓ21
ℓ11


転倒方向
壁
h1
基礎ボルト
(メカニカルアンカ)

Ⅴ-2-6-7-11　衛星電話設備（常設）（6,7 号機共用）の耐震性についての計算書

目　　次

1. 概要 ····· 1

1. 概要

衛星電話設備（常設）（6,7 号機共用）は，設計基準対象施設においてはＣクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備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，Ⅴ-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（常設）（6,7 号機共用）が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

本計算書は，以下の構成で衛星電話設備（常設）（6,7 号機共用）の評価結果を示す。

(1) アンテナの耐震性についての計算書

(2) 通信収容架の耐震性についての計算書

(1)　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 …… 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
5.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 …… 8
5.2.2　許容応力 …… 8
5.2.3　使用材料の許容応力評価条件 …… 8
5.3　設計用地震力 …… 12
5.4　計算方法 …… 13
5.4.1　応力の計算方法 …… 13
5.5　計算条件 …… 15
5.5.1　基礎ボルトの応力計算条件 …… 15
5.6　応力の評価 …… 16
5.6.1　ボルトの応力評価 …… 16
6.　機能維持評価 …… 17
6.1　電気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，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，衛星電話設備（常設）(6,7 号機共用）のうち，アンテナが設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

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。

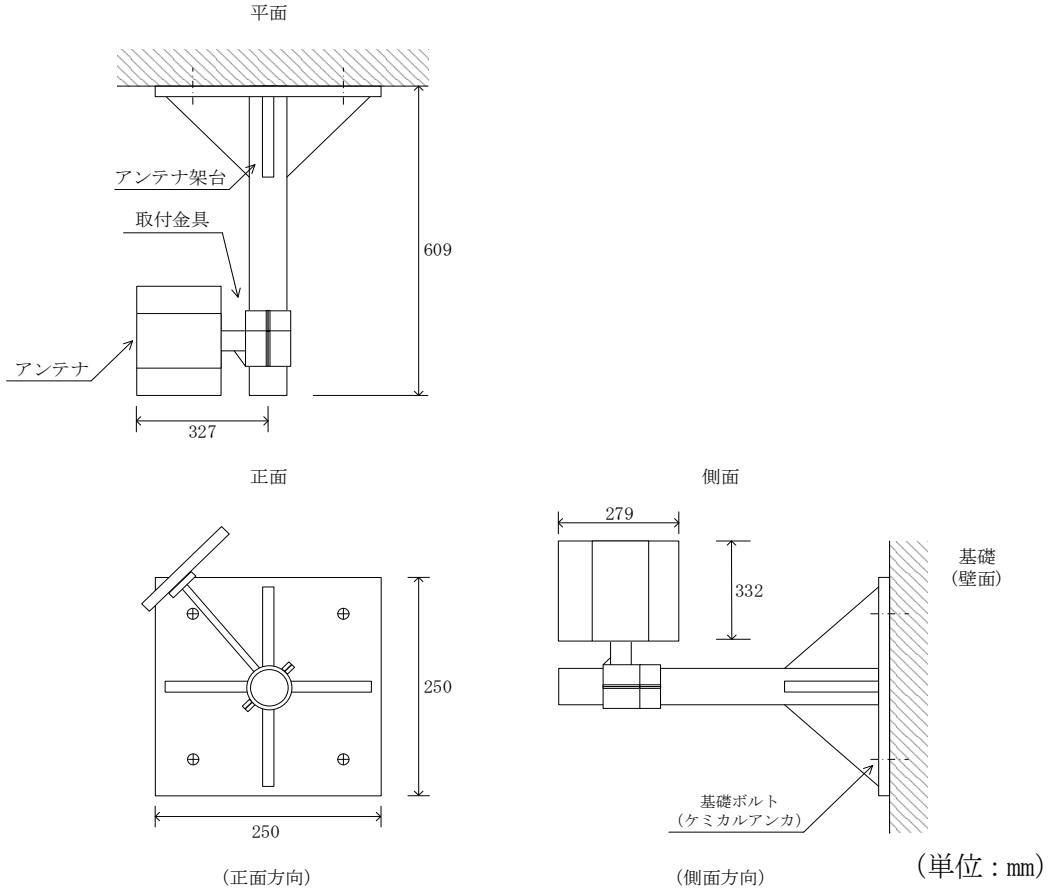
2. 一般事項

2.1 構造計画

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	
アンテナは取付金具を使用しアンテナ架台に取り付ける。 アンテナ架台は基礎ボルトにて基礎に固定する。	アンテナ架台	【アンテナ】



2.2　評価方針

アンテナの応力評価は，Ｖ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.1　構造計画」にて示す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」で確認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，アンテナの機能維持評価は，Ｖ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電気的機能維持の方針に基づき，地震時の応答加速度が電気的機能確認済加速度以下であることを，「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。

アンテナの耐震評価フローを図 2－1 に示す。

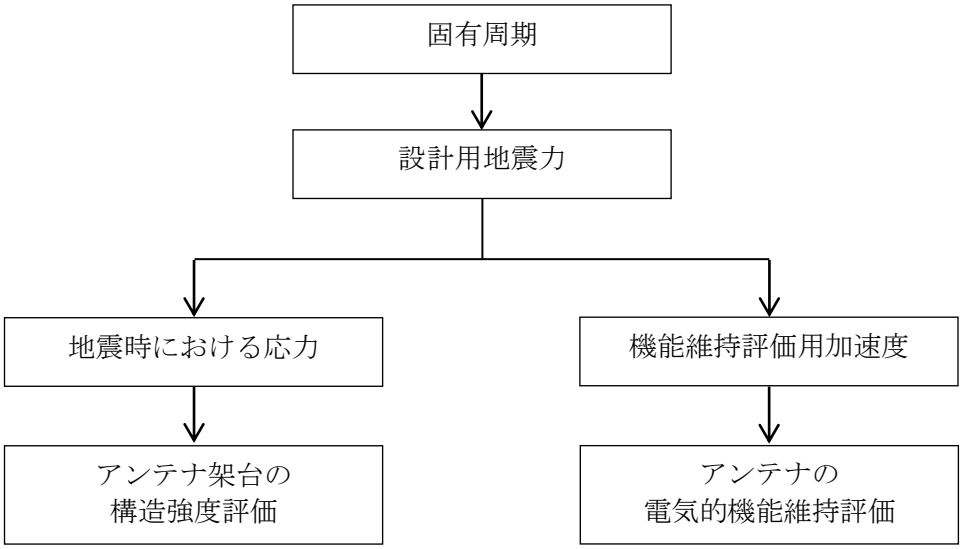


図 2－1　アンテナの耐震評価フロー

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ＪＥＡＧ４６０１・補-1984（(社) 日本電気協会）

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

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

・発電用原子力設備規格　設計・建設規格（(社) 日本機械学会，2005/2007）（以下「設計・建設規格」という。）

2.4　記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_b	ボルトの軸断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d	ボルトの呼び径	mm
F*	設計・建設規格　SSB-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	MPa
g	重力加速度（＝9.80665）	m/s^2
h	取付面から重心までの距離	mm
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	アンテナ及びアンテナ架台の質量	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（鉛直方向転倒）（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（水平方向転倒）（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℃における値	MPa
π	円周率	—
σ_b	ボルトに生じる引張応力	MPa
τ_b	ボルトに生じるせん断応力	MPa

2.5　計算精度と数値の丸め方

精度は，有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は，表2－2に示すとおりとする。

表2－2　表示する数値の丸め方

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

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

＊2：絶対値が1000以上のときは，べき数表示とする。

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

3. 評価部位

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。

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 基本方針

アンテナの固有周期は，振動試験（加振試験）にて求める。

4.2 固有周期の確認方法

振動試験装置により固有振動数を測定する。アンテナの外形図を表 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。測定の結果，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。

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) アンテナ架台の質量は重心に集中しているものとする。

(2) 地震力はアンテナ架台に対して，水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。

(3) アンテナ架台は基礎ボルトで壁面に固定されており，固定端とする。

(4) 転倒方向は，正面方向及び側面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) アンテナ架台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アンテナ架台の最先端に重心位置を設定して耐震性の計算を行うものとする。

(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

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

アンテナの許容応力は，V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表5－2のとおりとする。

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

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。

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	アンテナ	常設／防止 常設／緩和	—*2	$D+P_D+M_D+S_s$ *3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS （V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）
その他発電用原子炉の附属施設	緊急時対策所	アンテナ	常設／防止 常設／緩和	—*2	$D+P_D+M_D+S_s$ *3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS （V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

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

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表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	
	引張り	せん断
ⅣＡＳ	1.5・ｆｔ*	1.5・ｆｓ*
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 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
基礎ボルト	SS400 (径＞40mm)	周囲環境温度	40	215	400	―

5.3　設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表5－4に示す。

「基準地震動Ｓｓ」による地震力は，Ｖ-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

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Ｓｄ 又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
緊急時対策所 T.M.S.L.33.0 (T.M.S.L.39.5*)	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
	0.05以下	0.05以下	―	―	C_H=2.25	C_V=1.51

注記＊：基準床レベルを示す。

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。

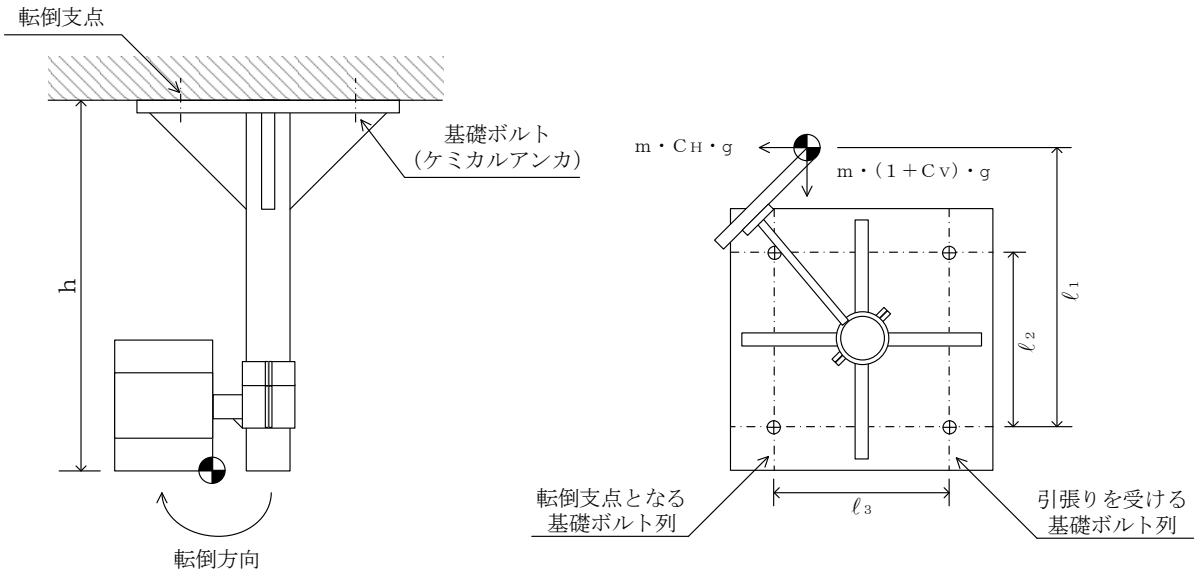


図5－1　計算モデル（正面方向転倒）

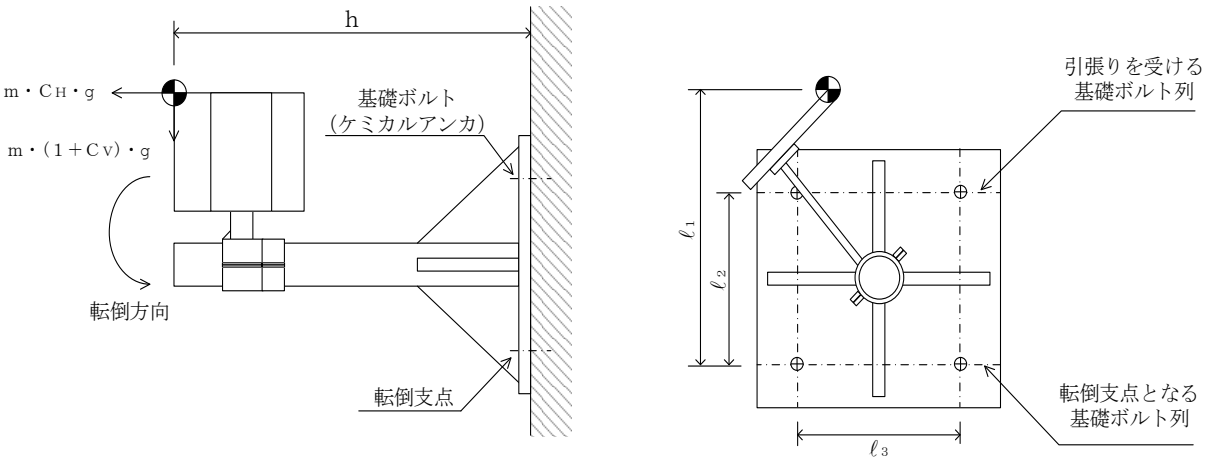


図5－2　計算モデル（側面方向転倒）

(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

$$F_{b1}=\frac{m\cdot(1+C_V)\cdot h\cdot g}{n_{fV}\cdot \ell_2}+\frac{m\cdot C_H\cdot h\cdot g}{n_{fH}\cdot \ell_3} \quad \cdots\cdots (5.4.1.1.1)$$

$$F_{b2}=\frac{m\cdot(1+C_V)\cdot h\cdot g+m\cdot C_H\cdot \ell_1\cdot g}{n_{fV}\cdot \ell_2} \quad \cdots\cdots (5.4.1.1.2)$$

$$F_b=Max\left(F_{b1},\ F_{b2}\right) \quad \cdots\cdots (5.4.1.1.3)$$

引張応力

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

ここで，基礎ボルトの軸断面積A_bは次式により求める。

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

(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

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

$$Q_{b2}=m\cdot(1+C_V)\cdot g \quad \cdots\cdots (5.4.1.1.7)$$

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

せん断応力

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

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【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　ボルトの応力評価

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

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

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

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

6. 機能維持評価

6.1 電気的機能維持評価方法

アンテナの電気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V-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき，基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度を設定する。

アンテナの機能確認済加速度は，V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，同形式の器具の正弦波加振試験において電気的機能の健全性を確認した評価部位の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^2)

評価部位	方向	機能確認済加速度
アンテナ	水平	4.38
	鉛直	2.16

7. 評価結果

7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

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及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
アンテナ	常設／防止 常設／緩和	緊急時対策所 T.M.S.L.33.0 (T.M.S.L.39.5*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C_H＝2.25	C_V＝1.51	40

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m (kg)	h (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	n	S_y (MPa)	S_u (MPa)
基礎ボルト	13	609*1	12 (M12)	113.1	4	215 (径＞40mm)	400 (径＞40mm)

部材	ℓ_1*2 (mm)	ℓ_2*2 (mm)	ℓ_3*2 (mm)	n_{fV}*2	n_{fH}*2	F* (MPa)	転倒方向	
							弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	551*1	200	200	2	2	258	—	正面方向
	551*1	200	200	2	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正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_b		Q_b	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	―	881.3	―	409.9

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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	―	―	$\sigma_b=8$	$f_{ts}=154^*$
		せん断	―	―	$\tau_b=1$	$f_{sb}=119$

すべて許容応力以下である。

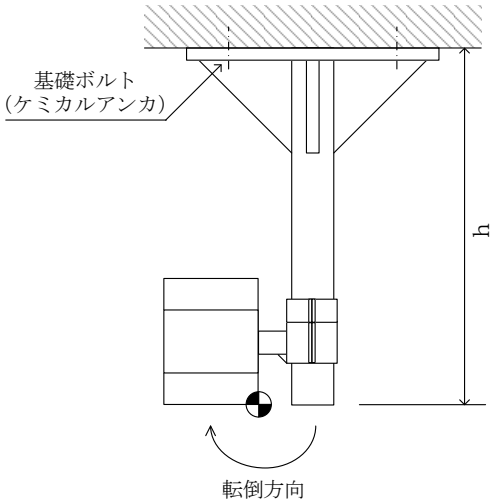
注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}]$

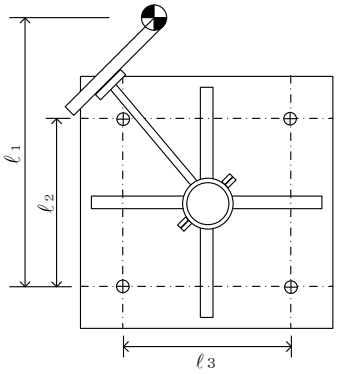
1.4.2 電気的機能の評価結果 ($\times 9.8\mathrm{m/s^2}$)

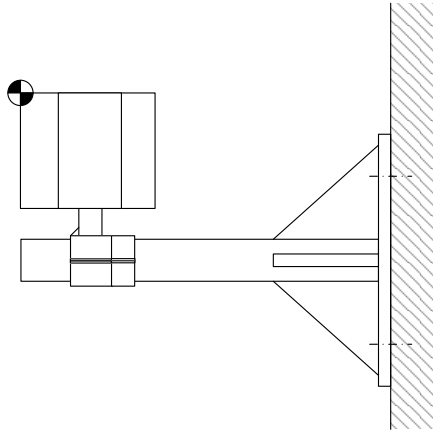
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
アンテナ	水平方向	1.87	4.38
	鉛直方向	1.27	2.16

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


基礎ボルト
(ケミカルアンカ)
h
転倒方向


ℓ1
ℓ2
ℓ3



(2)　通信収容架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
4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 4
4.2.2　許容応力 ····· 4
4.2.3　使用材料の許容応力評価条件 ····· 4
4.3　計算条件 ····· 4
5.　機能維持評価 ····· 8
5.1　電気的機能維持評価方法 ····· 8
6.　評価結果 ····· 9
6.1　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 9

1. 概要

本計算書は，Ｖ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，衛星電話設備（常設）(6,7 号機共用）のうち，通信収容架が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

通信収容架は，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。

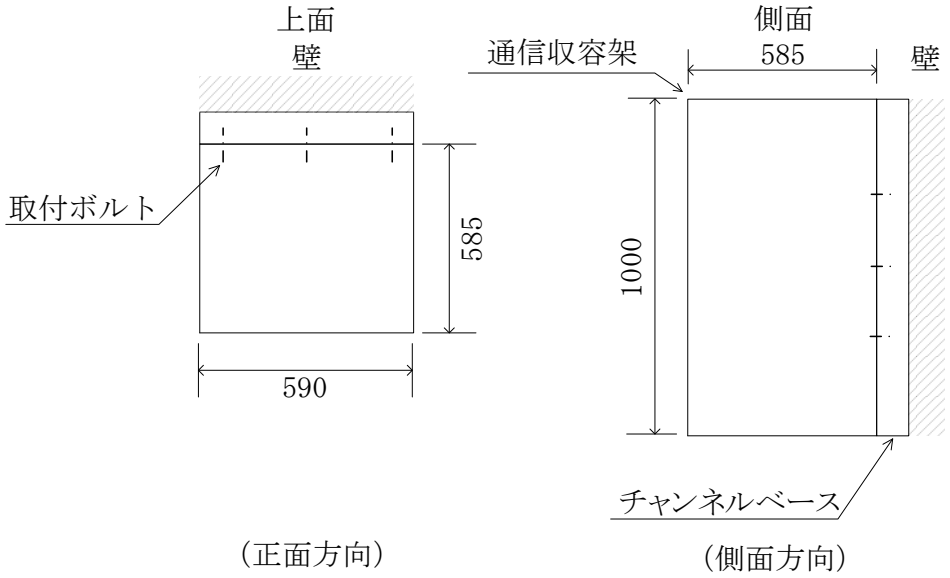
なお，通信収容架は，Ｖ-2-1-14「計算書作成の方法」に記載の壁掛形盤であるため，Ｖ-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-9　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

通信収容架の構造計画を表 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	
通信収容架は，壁に固定されたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。	壁掛形 （鋼材及び鋼板を組み合わせた壁掛形の盤）	【通信収容架】  （単位：mm）

3.　固有周期

3.1　固有周期の確認

通信収容架の固有周期は，構造が同等であり，同様な振動特性を持つ盤に対する振動試験（自由振動試験）の結果確認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）

水平	0.05以下
鉛直	0.05以下

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

通信収容架の構造強度評価は，Ⅴ-2-1-14「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

通信収容架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

通信収容架の許容応力は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4－2 のとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

通信収容架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【通信収容架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	通信収容架	常設／防止 常設／緩和	—*2	D＋P_D＋M_D＋Ｓｓ*3	$Ⅳ_AS$
					D＋P_{SAD}＋M_{SAD}＋Ｓｓ	$Ⅴ_AS$ （$Ⅴ_AS$として$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）
その他発電用原子炉の附属施設	緊急時対策所	通信収容架	常設／防止 常設／緩和	—*2	D＋P_D＋M_D＋Ｓｓ*3	$Ⅳ_AS$
					D＋P_{SAD}＋M_{SAD}＋Ｓｓ	$Ⅴ_AS$ （$Ⅴ_AS$として$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

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

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4－2　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 4－3　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
取付ボルト	SS400 (径＞40mm)	周囲環境温度	40	215	400	―

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

通信収容架の電気的機能維持評価は，Ⅴ-2-1-14「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。

通信収容架に設置される器具の機能確認済加速度は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，同形式の器具単体の正弦波加振試験において電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表5－1に示す。

表5－1　機能確認済加速度　　(×9.8m/s^2)

評価部位	方向	機能確認済加速度
通信収容架	水平	3.58
	鉛直	2.12

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

通信収容架の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【通信収容架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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
通信収容架	常設／防止 常設／緩和	緊急時対策所 T.M.S.L.27.8 (T.M.S.L.33.0*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C_H＝1.80	C_V＝1.47	40

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)
取付ボルト (ｉ＝2)	190	585*1	12 (M12)	113.1	12	215 (径＞40mm)	400 (径＞40mm)

部材	ℓ_{1i}*2 (mm)	ℓ_{2i}*2 (mm)	ℓ_{3i}*2 (mm)	n_{fvi}*2	n_{fHi}*2	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
取付ボルト (ｉ＝2)	978*1	956	546	3	3	—	258	—	正面方向
	978*1	956	546	3	3				

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正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3　計算数値

1.3.1　ボルトに作用する力　　(単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
取付ボルト（ｉ＝2）	―	2.137×10^3	―	5.695×10^3

1.4　結論

1.4.1　ボルトの応力　　(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト（ｉ＝2）	SS400	引張り	―	―	$\sigma_{bi}=19$	$f_{tsi}=193$*
		せん断	―	―	$\tau_{bi}=5$	$f_{sbi}=148$

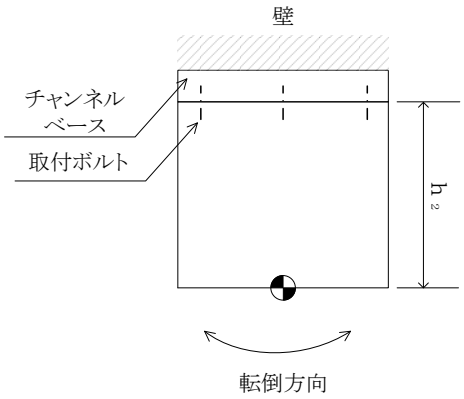
すべて許容応力以下である。　　注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot\tau_{bi},\ f_{toi}]$

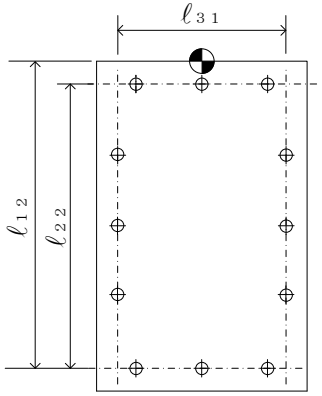
1.4.2　電気的機能の評価結果　　($\times9.8\mathrm{m/s^2}$)

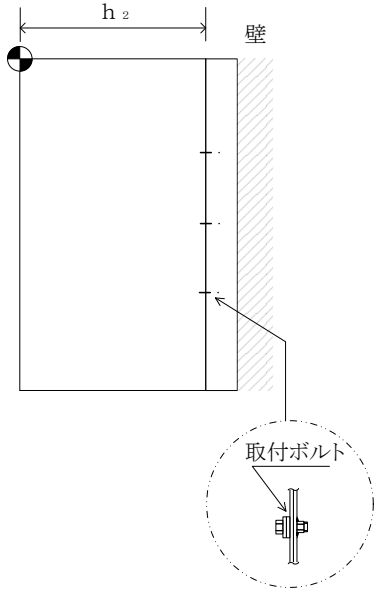
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
通信収容架	水平方向	1.50	3.58
	鉛直方向	1.23	2.12

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


壁
チャンネル
ベース
取付ボルト
h2
転倒方向


ℓ31
ℓ12
ℓ22


h2
壁
取付ボルト

Ⅴ-2-6-7-12　無線連絡設備（常設）の耐震性についての計算書

目　　次

1.　概要　・・・

1. 概要

無線連絡設備（常設）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，Ⅴ-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，無線連絡設備（常設）が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

本計算書は，以下の構成で無線連絡設備（常設）の評価結果を示す。

(1) アンテナの耐震性についての計算書

(2) 通信収容架の耐震性についての計算書

(1)　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 …… 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
5.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 …… 8
5.2.2　許容応力 …… 8
5.2.3　使用材料の許容応力評価条件 …… 8
5.3　設計用地震力 …… 12
5.4　計算方法 …… 13
5.4.1　応力の計算方法 …… 13
5.5　計算条件 …… 15
5.5.1　基礎ボルトの応力計算条件 …… 15
5.6　応力の評価 …… 16
5.6.1　ボルトの応力評価 …… 16
6.　機能維持評価 …… 17
6.1　電気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，Ｖ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，無線連絡設備（常設）のうち，アンテナが設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

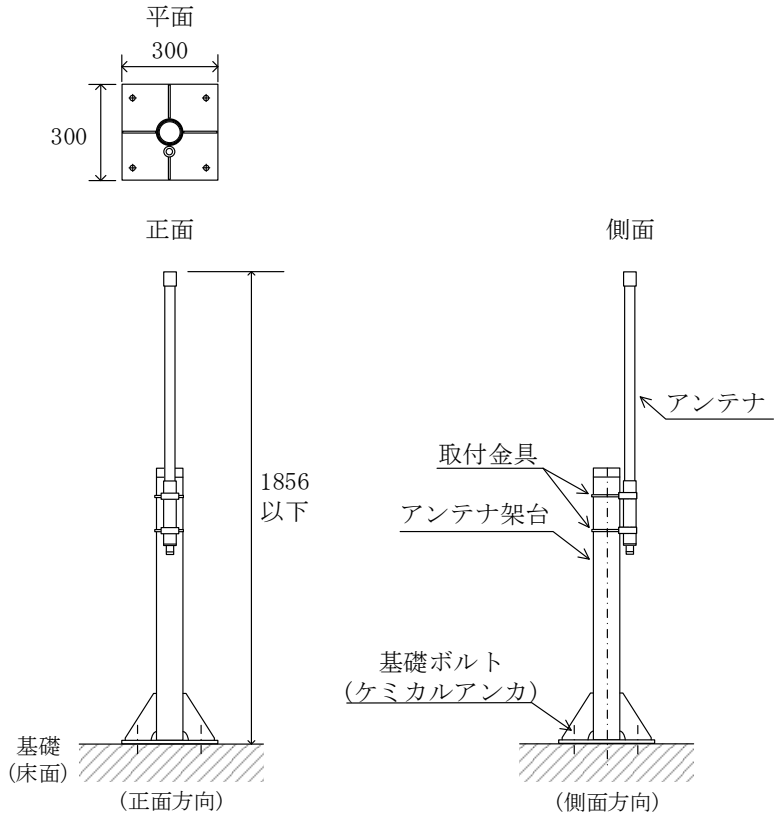
アンテナは，設計基準対象施設においてはＣクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

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	
アンテナは取付金具を使用しアンテナ架台に取り付ける。 アンテナ架台は基礎ボルトにて基礎に固定する。	アンテナ架台	【アンテナ】  (単位：mm)

2.2　評価方針

アンテナの応力評価は，Ｖ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.1　構造計画」にて示す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」で確認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，アンテナの機能維持評価は，Ｖ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電気的機能維持の方針に基づき，地震時の応答加速度が電気的機能確認済加速度以下であることを，「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。

アンテナの耐震評価フローを図 2－1 に示す。

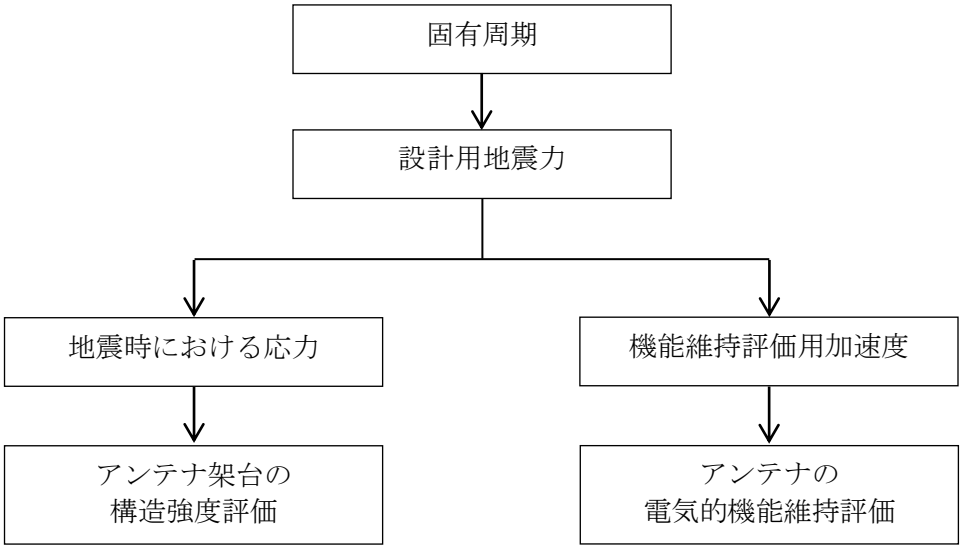


図 2－1　アンテナの耐震評価フロー

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ＪＥＡＧ４６０１・補-1984（(社) 日本電気協会）
- 原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1987（(社) 日本電気協会）
- 原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1991 追補版（(社) 日本電気協会）
- 発電用原子力設備規格　設計・建設規格（(社) 日本機械学会，2005/2007）（以下「設計・建設規格」という。）

2.4　記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_b	ボルトの軸断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	―
C_V	鉛直方向設計震度	―
d	ボルトの呼び径	mm
F *	設計・建設規格　SSB-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	MPa
g	重力加速度（＝9.80665）	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	アンテナ及びアンテナ架台の質量	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℃における値	MPa
π	円周率	―
σ_b	ボルトに生じる引張応力	MPa
τ_b	ボルトに生じるせん断応力	MPa

注記＊：$\ell_1 \leqq \ell_2$

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に示すとおりとする。

表2－2　表示する数値の丸め方

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

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

＊2：絶対値が1000以上のときは，べき数表示とする。

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

3. 評価部位

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。

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 基本方針

アンテナの固有周期は，振動試験（加振試験）にて求める。

4.2 固有周期の確認方法

振動試験装置により固有振動数を測定する。アンテナの外形図を表 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。測定の結果，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。

表 4－1 固有周期 （単位：s）

水平	0.042
鉛直	0.05 以下

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

(1) アンテナ架台の質量は重心に集中しているものとする。

(2) 地震力はアンテナ架台に対して，水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。

(3) アンテナ架台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，正面方向及び側面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) アンテナ架台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アンテナの最上端に重心位置を設定して耐震性の計算を行うものとする。

(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

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

アンテナの許容応力は，V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 5－2 のとおりとする。

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

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。

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	アンテナ	常設／防止 常設／緩和	—*2	D＋P_D＋M_D＋Ｓｓ*3	$Ⅳ_AS$
					D＋P_{SAD}＋M_{SAD}＋Ｓｓ	V_AS （V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

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

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

＊3：「D＋P_{SAD}＋M_{SAD}＋Ｓｓ」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	
	引張り	せん断
ⅣＡＳ	1.5・ｆ ｔ*	1.5・ｆ ｓ*
ＶＡＳ （ＶＡＳとしてⅣＡＳの 許容限界を用いる。）		

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

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

表 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 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
基礎ボルト	SS400 (径＞40mm)	周囲環境温度	40	215	400	―

5.3　設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表5－4に示す。

「基準地震動Ｓｓ」による地震力は，Ⅴ-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

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Ｓｄ 又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
コントロール建屋 T.M.S.L.25.8 (T.M.S.L.24.1*)	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
	0.042	0.05以下	―	―	C_H=2.47	C_V=1.46

注記＊：基準床レベルを示す。

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。

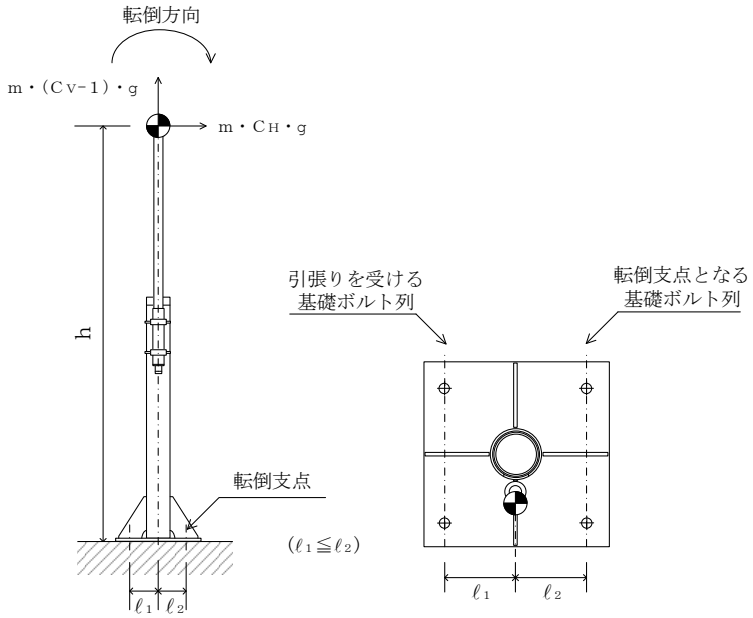


図5－1　計算モデル（正面方向転倒）

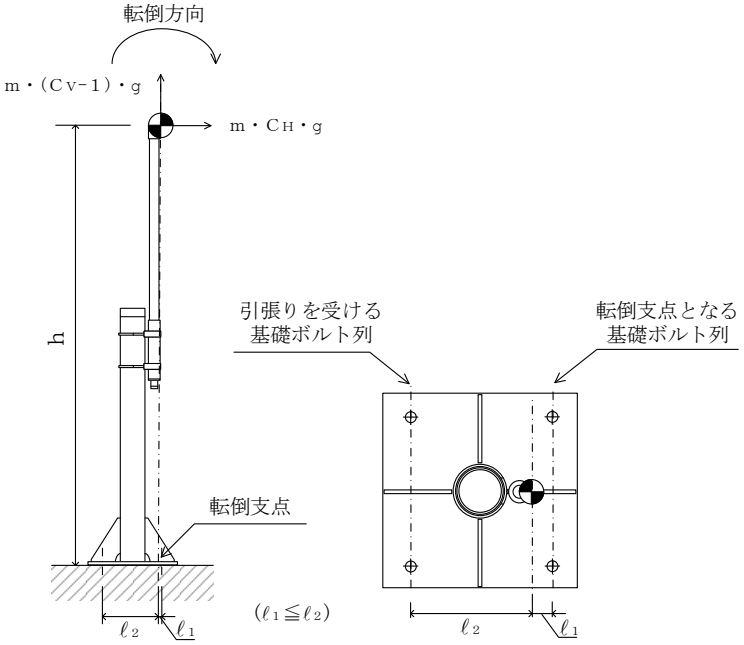


図5－2　計算モデル（側面方向転倒）

(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

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

引張応力

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

ここで，基礎ボルトの軸断面積A_bは次式により求める。

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

(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

$$Q_b=m\cdot g\cdot C_H \quad \cdots\cdots\cdots (5.4.1.1.4)$$

せん断応力

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

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【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　ボルトの応力評価

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

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

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

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

6. 機能維持評価

6.1 電気的機能維持評価方法

アンテナの電気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Ⅴ-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき，基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度を設定する。

アンテナの機能確認済加速度は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，同形式の器具の正弦波加振試験において電気的機能の健全性を確認した評価部位の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^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
アンテナ	水平	3.54
	鉛直	2.15

7. 評価結果

7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

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及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
アンテナ	常設／防止 常設／緩和	コントロール建屋 T.M.S.L.25.8 (T.M.S.L.24.1*)	0.042	0.05 以下	—	—	C_H＝2.47	C_V＝1.46	40

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m (kg)	h (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	n	S_y (MPa)	S_u (MPa)
基礎ボルト	19	1856*1	12 (M12)	113.1	4	215 (径＞40mm)	400 (径＞40mm)

部材	ℓ_1*2 (mm)	ℓ_2*2 (mm)	n_f*2	F* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	100*1	100*1	2	258	—	側面方向
	41*1	159*1	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正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_b		Q_b	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	―	2.104×10^3	―	446.4

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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	―	―	$\sigma_b=19$	$f_{ts}=154^*$
		せん断	―	―	$\tau_b=1$	$f_{sb}=119$

すべて許容応力以下である。

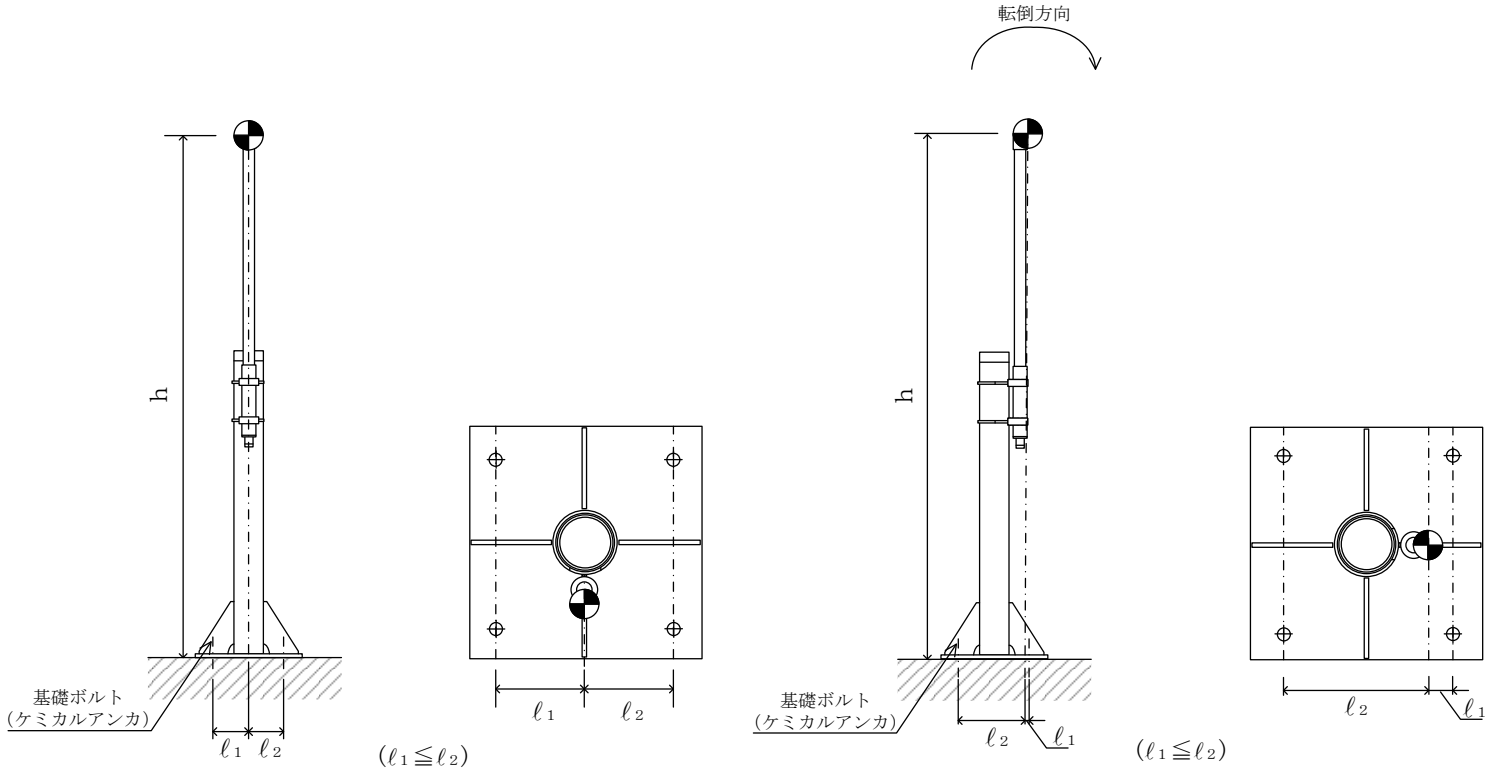
注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot\tau_b,\ f_{to}]$

1.4.2 電気的機能の評価結果 ($\times9.8\mathrm{m/s^2}$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
アンテナ	水平方向	2.06	3.54
	鉛直方向	1.23	2.15

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


転倒方向
h
基礎ボルト
(ケミカルアンカ)
ℓ1
ℓ2
(ℓ1≦ℓ2)
h
基礎ボルト
(ケミカルアンカ)
ℓ2
ℓ1
(ℓ1≦ℓ2)

(2)　通信収容架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
4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 4
4.2.2　許容応力 ····· 4
4.2.3　使用材料の許容応力評価条件 ····· 4
4.3　計算条件 ····· 4
5.　機能維持評価 ····· 8
5.1　電気的機能維持評価方法 ····· 8
6.　評価結果 ····· 9
6.1　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 9

1. 概要

本計算書は，Ｖ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，無線連絡設備（常設）のうち，通信収容架が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

通信収容架は，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。

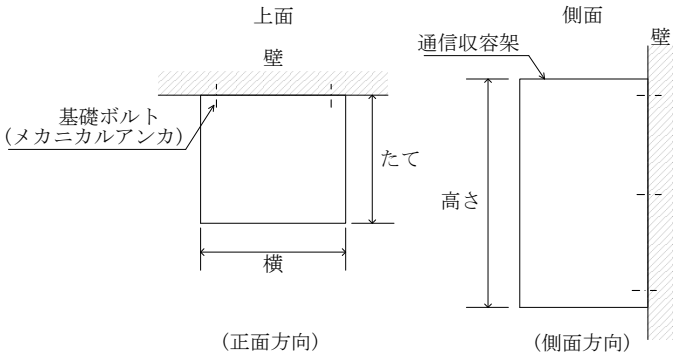
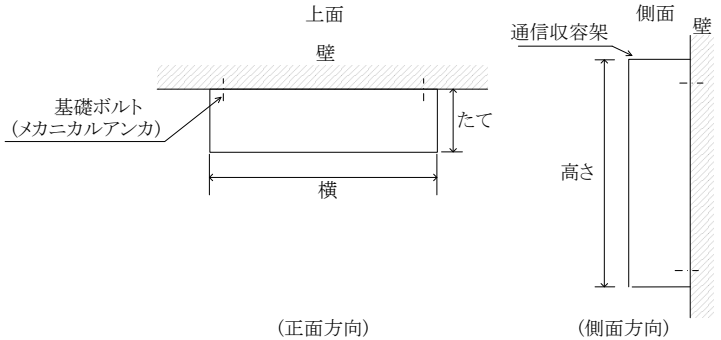
なお，通信収容架は，Ｖ-2-1-14「計算書作成の方法」に記載の壁掛形盤であるため，Ｖ-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-9　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

通信収容架の構造計画を表 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	
通信収容架は基礎ボルトにて壁に固定する。	壁掛形 （鋼材及び鋼板を組み合わせた壁掛形の盤）	【通信収容架 1】  【通信収容架 2】 

	通信収容架 1	通信収容架 2
たて	530	182
横	600	605
高さ	940	630

（単位：mm）

3.　固有周期

3.1　固有周期の確認

通信収容架の固有周期は，構造が同等であり，同様な振動特性を持つ盤に対する振動試験（自由振動試験）の結果確認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）

名称	方向	固有周期
通信収容架1	水平	0.05以下
	鉛直	0.05以下
通信収容架2	水平	0.05以下
	鉛直	0.05以下

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

通信収容架の構造強度評価は，Ⅴ-2-1-14「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

通信収容架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

通信収容架の許容応力は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4－2 のとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

通信収容架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【通信収容架 1 の耐震性についての計算結果】及び【通信収容架 2 の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御系統施設	その他の計測制御系統施設	通信収容架	常設／防止 常設／緩和	—*2	D＋P_D＋M_D＋Ｓｓ*3	$Ⅳ_AS$
					D＋P_{SAD}＋M_{SAD}＋Ｓｓ	$Ⅴ_AS$ （$Ⅴ_AS$として$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

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

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4－2　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 4－3　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
基礎ボルト*1	SS400 (径＞40mm)	周囲環境温度	40	215	400	―
基礎ボルト*2	SS400 (径＞40mm)	周囲環境温度	50	211	394	―

注記＊1：通信収容架 1 の基礎ボルトを示す。

＊2：通信収容架 2 の基礎ボルトを示す。

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

通信収容架の電気的機能維持評価は，V-2-1-14「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。

通信収容架に設置される器具の機能確認済加速度は，V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，同形式の器具単体の正弦波加振試験において電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表5－1に示す。

表5－1　機能確認済加速度　　(×9.8m/s^2)

評価部位	方向	機能確認済加速度
通信収容架1	水平	3.63
	鉛直	2.14
通信収容架2	水平	3.58
	鉛直	2.19

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

通信収容架の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【通信収容架1の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
通信収容架1	常設／防止 常設／緩和	コントロール建屋 T.M.S.L.17.3 (T.M.S.L.24.1*)	0.05以下	0.05以下	—	—	C_H=2.38	C_V=1.46	40

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)
基礎ボルト (i=1)	220	530*1	16 (M16)	201.1	6	215 (径＞40mm)	400 (径＞40mm)

部材	ℓ_{1i}*2 (mm)	ℓ_{2i}*2 (mm)	ℓ_{3i}*2 (mm)	n_{fvi}*2	n_{fHi}*2	F_i (MPa)	F_i^* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト (i=1)	900*1	860	540	2	3	—	258	—	側面方向
	900*1	860	540	2	3				

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正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3　計算数値

1.3.1　ボルトに作用する力　　(単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト（ｉ＝1）	―	4.322×10^{3}	―	7.385×10^{3}

1.4　結論

1.4.1　ボルトの応力　　(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト（ｉ＝1）	SS400	引張り	―	―	$\sigma_{bi}=22$	$f_{tsi}=154$*
		せん断	―	―	$\tau_{bi}=7$	$f_{sbi}=119$

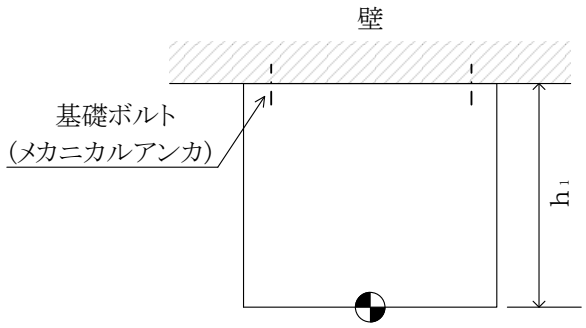
すべて許容応力以下である。　　注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

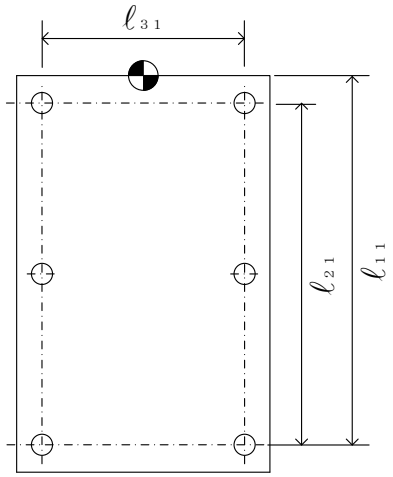
1.4.2　電気的機能の評価結果　　($\times9.8\mathrm{m/s^2}$)

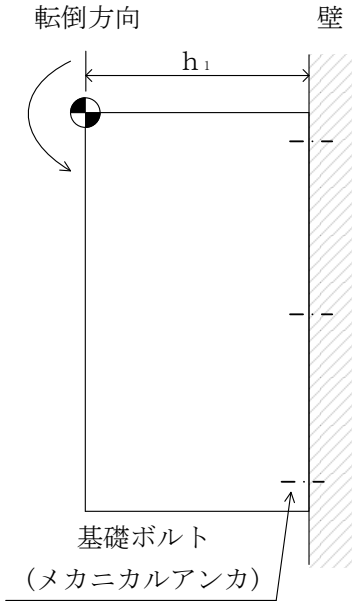
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
通信収容架１	水平方向	1.98	3.63
	鉛直方向	1.23	2.14

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


壁
基礎ボルト
(メカニカルアンカ)
h1


ℓ31
ℓ21
ℓ11


転倒方向
壁
h1
基礎ボルト
(メカニカルアンカ)

【通信収容架２の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
通信収容架２	常設／防止 常設／緩和	コントロール建屋 T.M.S.L.17.3 (T.M.S.L.24.1*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C_H＝2.38	C_V＝1.46	50

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)
基礎ボルト (ｉ＝1)	25	182*1	12 (M12)	113.1	4	211 (径＞40mm)	394 (径＞40mm)

部材	ℓ_{1i}*2 (mm)	ℓ_{2i}*2 (mm)	ℓ_{3i}*2 (mm)	n_{fVi}*2	n_{fHi}*2	F_i (MPa)	F_i^* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト (ｉ＝1)	600*1	540	540	2	2	—	253	—	側面方向
	600*1	540	540	2	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正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト（ｉ＝1）	―	425.8	―	839.2

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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト（ｉ＝1）	SS400	引張り	―	―	$\sigma_{bi}=4$	$f_{tsi}=152$*
		せん断	―	―	$\tau_{bi}=2$	$f_{sbi}=117$

すべて許容応力以下である。

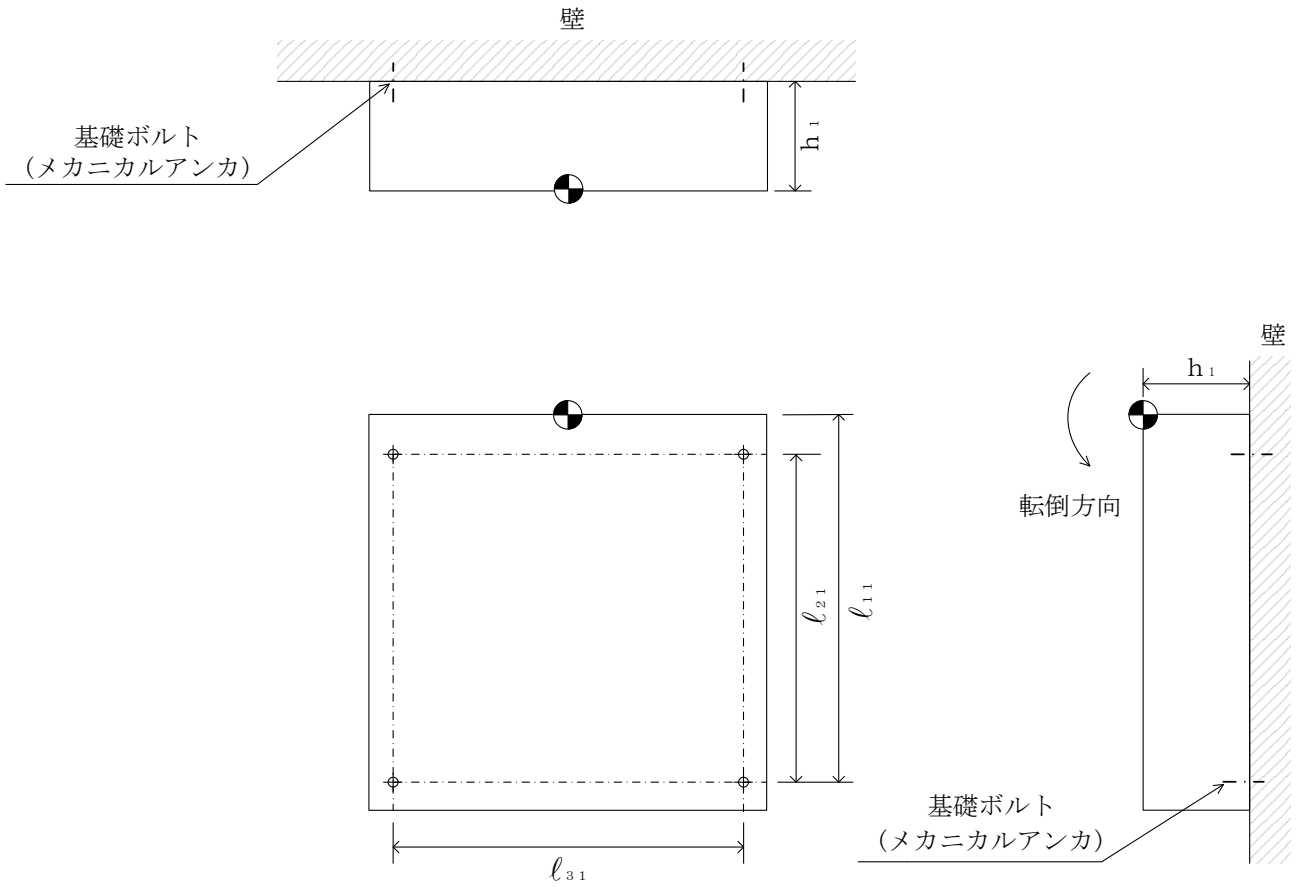
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

1.4.2 電気的機能の評価結果 ($\times 9.8\mathrm{m/s^2}$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
通信収容架2	水平方向	1.98	3.58
	鉛直方向	1.23	2.19

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


壁
基礎ボルト
（メカニカルアンカ）
h1
壁
h1
転倒方向
ℓ21
ℓ11
ℓ31
基礎ボルト
（メカニカルアンカ）

Ⅴ-2-6-7-13　無線連絡設備（常設）（中央制御室待避室）の耐震性についての計算書

目　　次

1.　概要　・・・

1. 概要

無線連絡設備（常設）（中央制御室待避室）は，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。

以下，V-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，無線連絡設備（常設）（中央制御室待避室）が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

本計算書は，以下の構成で無線連絡設備（常設）（中央制御室待避室）の評価結果を示す。

(1) アンテナの耐震性についての計算書

(2) 通信収容架の耐震性についての計算書

(1)　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 ····· 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
5.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 8
5.2.2　許容応力 ····· 8
5.2.3　使用材料の許容応力評価条件 ····· 8
5.3　設計用地震力 ····· 12
5.4　計算方法 ····· 13
5.4.1　応力の計算方法 ····· 13
5.5　計算条件 ····· 15
5.5.1　基礎ボルトの応力計算条件 ····· 15
5.6　応力の評価 ····· 16
5.6.1　ボルトの応力評価 ····· 16
6.　機能維持評価 ····· 17
6.1　電気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，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，無線連絡設備（常設）（中央制御室待避室）のうち，アンテナが設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

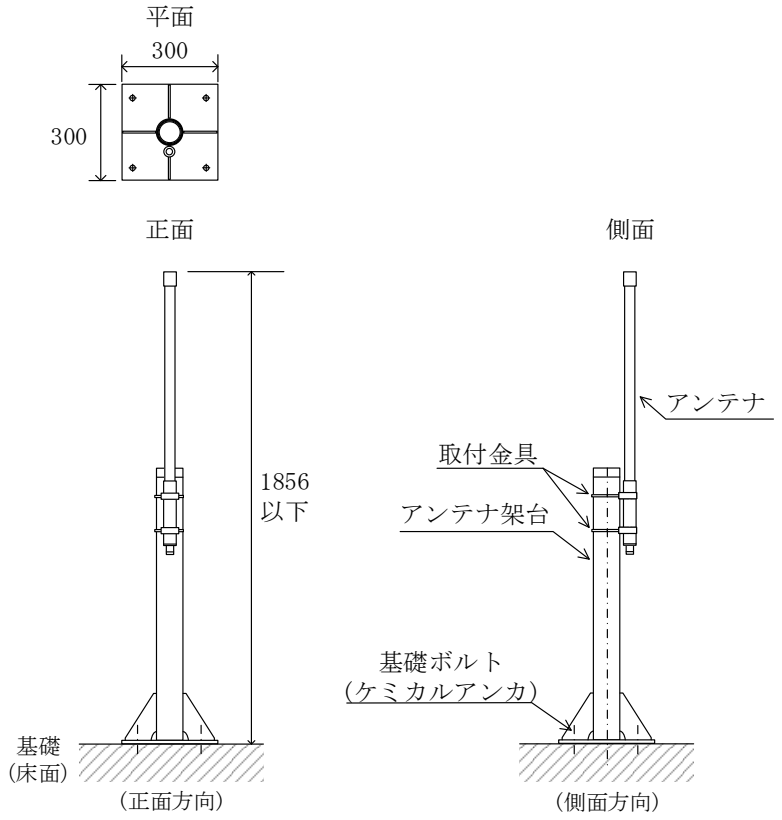
アンテナは，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

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	
アンテナは取付金具を使用しアンテナ架台に取り付ける。 アンテナ架台は基礎ボルトにて基礎に固定する。	アンテナ架台	【アンテナ】  (単位：mm)

2.2　評価方針

アンテナの応力評価は，Ｖ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.1　構造計画」にて示す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」で確認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，アンテナの機能維持評価は，Ｖ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電気的機能維持の方針に基づき，地震時の応答加速度が電気的機能確認済加速度以下であることを，「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。

アンテナの耐震評価フローを図 2－1 に示す。

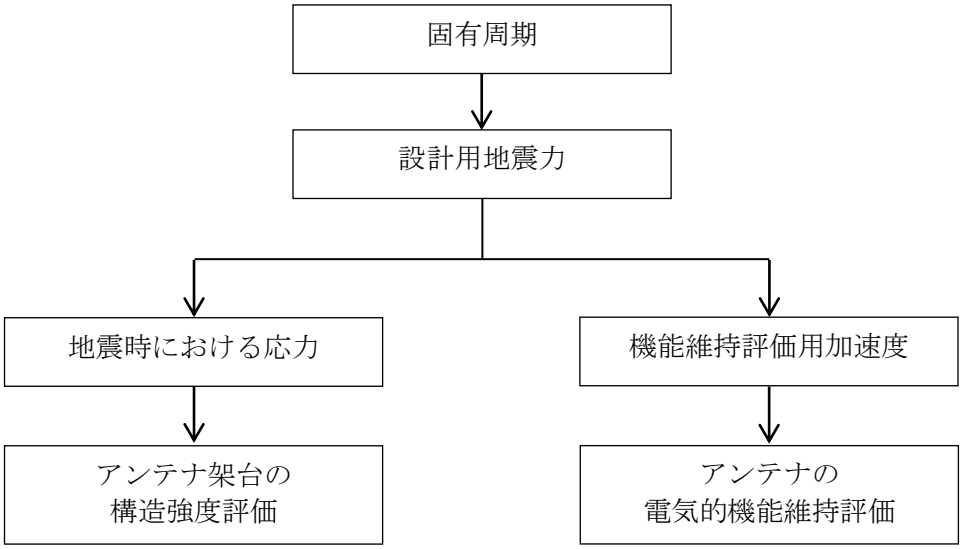


図 2－1　アンテナの耐震評価フロー

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ＪＥＡＧ４６０１・補-1984（(社) 日本電気協会）

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

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

・発電用原子力設備規格　設計・建設規格（(社) 日本機械学会，2005/2007）（以下「設計・建設規格」という。）

2.4　記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_b	ボルトの軸断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	―
C_V	鉛直方向設計震度	―
d	ボルトの呼び径	mm
F *	設計・建設規格　SSB-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	MPa
g	重力加速度（＝9.80665）	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	アンテナ及びアンテナ架台の質量	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℃における値	MPa
π	円周率	―
σ_b	ボルトに生じる引張応力	MPa
τ_b	ボルトに生じるせん断応力	MPa

注記＊：$\ell_1 \leqq \ell_2$

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に示すとおりとする。

表2－2　表示する数値の丸め方

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

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

＊2：絶対値が1000以上のときは，べき数表示とする。

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

3. 評価部位

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。

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 基本方針

アンテナの固有周期は，振動試験（加振試験）にて求める。

4.2 固有周期の確認方法

振動試験装置により固有振動数を測定する。アンテナの外形図を表 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。測定の結果，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。

表 4－1 固有周期 （単位：s）

水平	0.042
鉛直	0.05 以下

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

(1) アンテナ架台の質量は重心に集中しているものとする。

(2) 地震力はアンテナ架台に対して，水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。

(3) アンテナ架台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，正面方向及び側面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) アンテナ架台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アンテナの最上端に重心位置を設定して耐震性の計算を行うものとする。

(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

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

アンテナの許容応力は，V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 5－2 のとおりとする。

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

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。

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	アンテナ	常設／防止 常設／緩和	—*2	D＋P_D＋M_D＋Ｓｓ*3	$Ⅳ_AS$
					D＋P_{SAD}＋M_{SAD}＋Ｓｓ	V_AS （V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

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

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

＊3：「D＋P_{SAD}＋M_{SAD}＋Ｓｓ」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	
	引張り	せん断
ⅣＡＳ	1.5・ｆ ｔ*	1.5・ｆ ｓ*
ＶＡＳ （ＶＡＳとしてⅣＡＳの 許容限界を用いる。）		

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

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

表 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 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
基礎ボルト	SS400 (径＞40mm)	周囲環境温度	40	215	400	―

5.3　設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表5－4に示す。

「基準地震動Ｓｓ」による地震力は，Ⅴ-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

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Ｓｄ 又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
コントロール建屋 T.M.S.L.25.8 (T.M.S.L.24.1*)	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
	0.042	0.05以下	―	―	C_H=2.47	C_V=1.46

注記＊：基準床レベルを示す。

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。

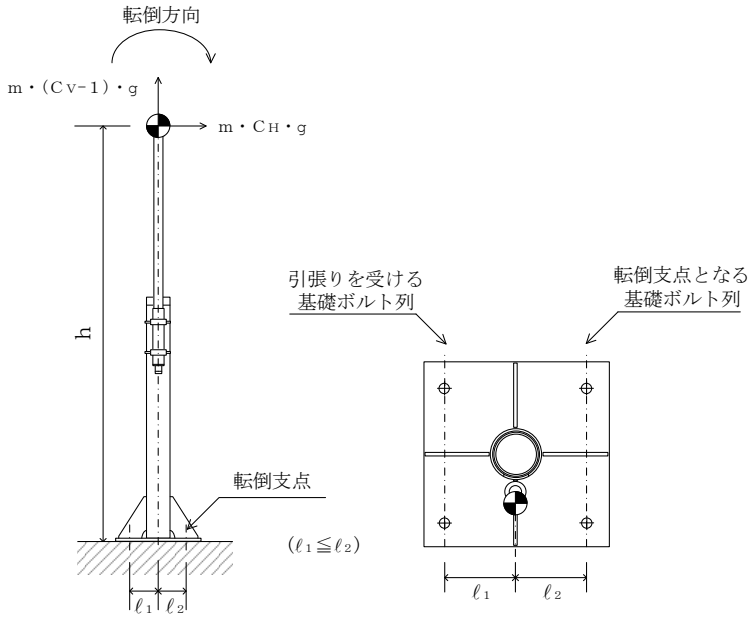


図5－1　計算モデル（正面方向転倒）

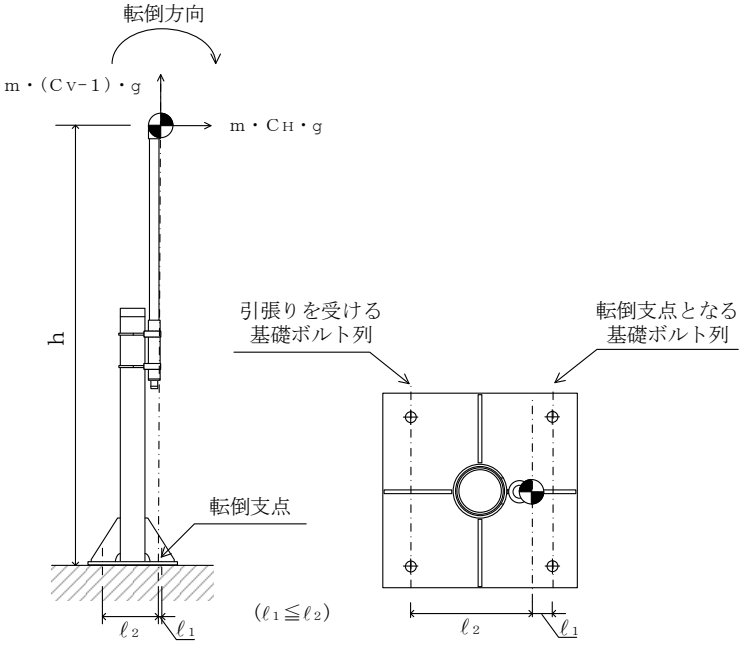


図5－2　計算モデル（側面方向転倒）

(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

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

引張応力

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

ここで，基礎ボルトの軸断面積A_bは次式により求める。

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

(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

$$Q_b=m\cdot g\cdot C_H \quad \cdots\cdots\cdots (5.4.1.1.4)$$

せん断応力

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

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【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　ボルトの応力評価

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

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

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

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

6. 機能維持評価

6.1 電気的機能維持評価方法

アンテナの電気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Ⅴ-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき，基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度を設定する。

アンテナの機能確認済加速度は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，同形式の器具の正弦波加振試験において電気的機能の健全性を確認した評価部位の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^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
アンテナ	水平	3.54
	鉛直	2.15

7. 評価結果

7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

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及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
アンテナ	常設／防止 常設／緩和	コントロール建屋 T.M.S.L.25.8 (T.M.S.L.24.1*)	0.042	0.05 以下	—	—	C_H＝2.47	C_V＝1.46	40

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m (kg)	h (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	n	S_y (MPa)	S_u (MPa)
基礎ボルト	19	1856*1	12 (M12)	113.1	4	215 (径＞40mm)	400 (径＞40mm)

部材	ℓ_1*2 (mm)	ℓ_2*2 (mm)	n_f*2	F* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	100*1	100*1	2	258	—	側面方向
	41*1	159*1	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正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3　計算数値

1.3.1　ボルトに作用する力　　(単位：N)

部材	F_b		Q_b	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	―	2.104×10^3	―	446.4

1.4　結論

1.4.1　ボルトの応力　　(単位：MPa)

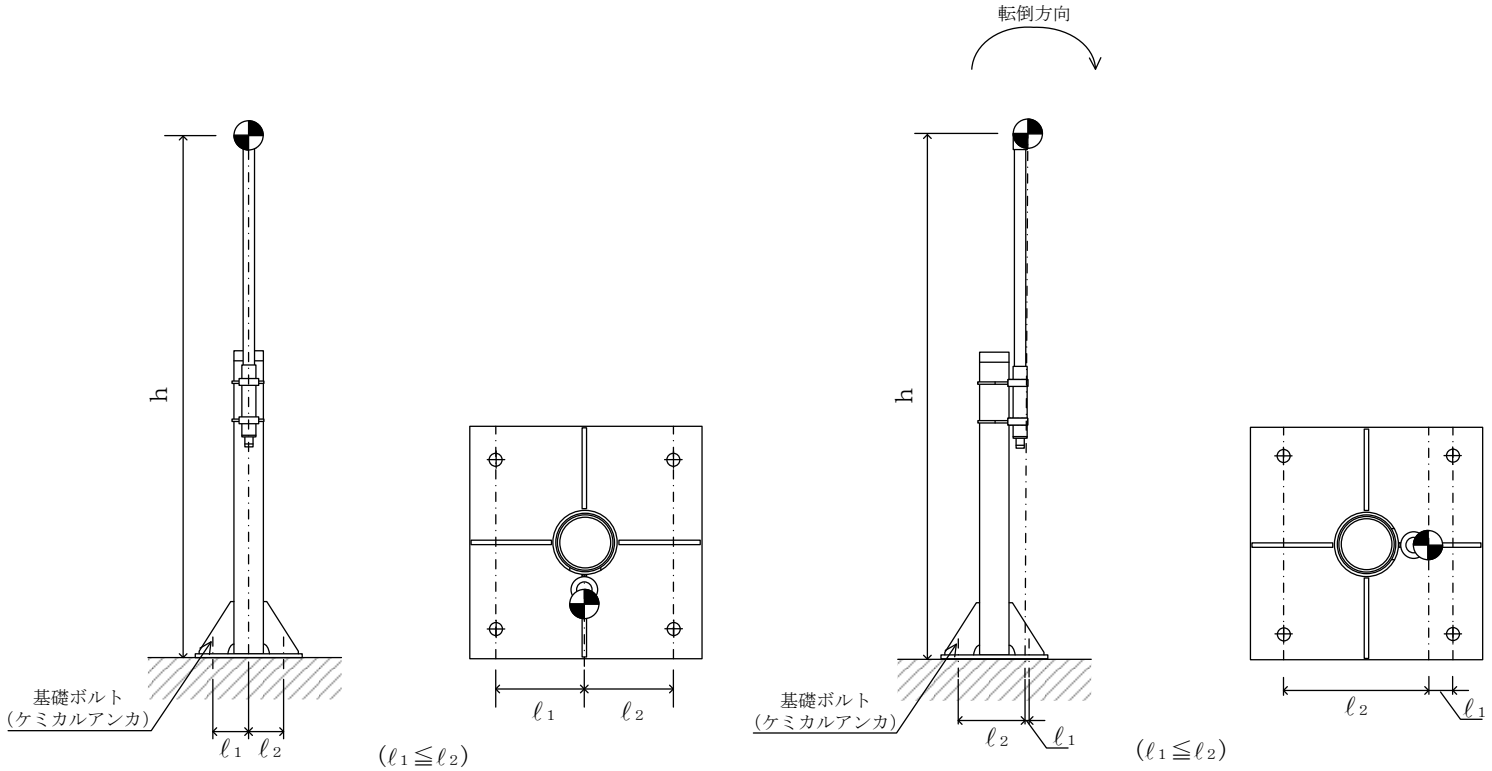
部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	―	―	$\sigma_b=19$	$f_{ts}=154$*
		せん断	―	―	$\tau_b=1$	$f_{sb}=119$

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

1.4.2　電気的機能の評価結果　　($\times9.8\mathrm{m/s^2}$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
アンテナ	水平方向	2.06	3.54
	鉛直方向	1.23	2.15

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。
機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


転倒方向
h
基礎ボルト
(ケミカルアンカ)
ℓ1
ℓ2
(ℓ1≦ℓ2)
h
基礎ボルト
(ケミカルアンカ)
ℓ2
ℓ1
(ℓ1≦ℓ2)

(2)　通信収容架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
4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 4
4.2.2　許容応力 ····· 4
4.2.3　使用材料の許容応力評価条件 ····· 4
4.3　計算条件 ····· 4
5.　機能維持評価 ····· 8
5.1　電気的機能維持評価方法 ····· 8
6.　評価結果 ····· 9
6.1　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 9

1. 概要

本計算書は，Ｖ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，無線連絡設備（常設）（中央制御室待避室）のうち，通信収容架が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

通信収容架は，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。

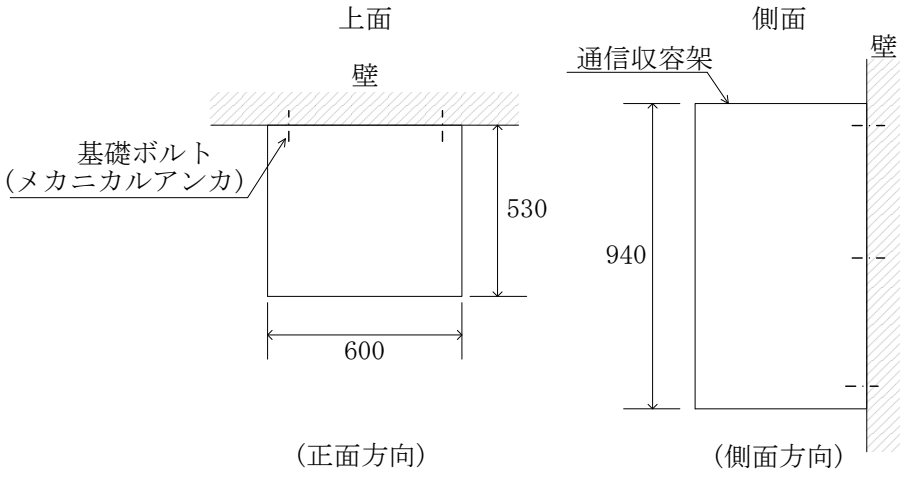
なお，通信収容架は，Ｖ-2-1-14「計算書作成の方法」に記載の壁掛形盤であるため，Ｖ-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-9　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

通信収容架の構造計画を表 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	
通信収容架は基礎ボルトにて壁に固定する。	壁掛形 （鋼材及び鋼板を組み合わせた壁掛形の盤）	【通信収容架】  （単位：mm）

3.　固有周期

3.1　固有周期の確認

通信収容架の固有周期は，構造が同等であり，同様な振動特性を持つ盤に対する振動試験（自由振動試験）の結果確認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）

水平	0.05以下
鉛直	0.05以下

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

通信収容架の構造強度評価は，Ⅴ-2-1-14「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

通信収容架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

通信収容架の許容応力は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4－2 のとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

通信収容架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【通信収容架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	通信収容架	常設／防止 常設／緩和	—*2	D＋P_D＋M_D＋Ｓｓ*3	$Ⅳ_AS$
					D＋P_{SAD}＋M_{SAD}＋Ｓｓ	$Ⅴ_AS$ （$Ⅴ_AS$として$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

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

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4－2　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 4－3　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
基礎ボルト	SS400 (径＞40mm)	周囲環境温度	40	215	400	―

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

通信収容架の電気的機能維持評価は，V-2-1-14「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。

通信収容架に設置される器具の機能確認済加速度は，V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，同形式の器具単体の正弦波加振試験において電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表5－1に示す。

表5－1　機能確認済加速度　　(×9.8m/s^2)

評価部位	方向	機能確認済加速度
通信収容架	水平	3.63
	鉛直	2.14

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

通信収容架の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【通信収容架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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
通信収容架	常設／防止 常設／緩和	コントロール建屋 T.M.S.L.17.3 (T.M.S.L.24.1*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C_H＝2.38	C_V＝1.46	40

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)
基礎ボルト (ｉ＝1)	220	530*1	16 (M16)	201.1	6	215 (径＞40mm)	400 (径＞40mm)

部材	ℓ_{1i}*2 (mm)	ℓ_{2i}*2 (mm)	ℓ_{3i}*2 (mm)	n_{fvi}*2	n_{fHi}*2	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト (ｉ＝1)	900*1	860	540	2	3	—	258	—	側面方向
	900*1	860	540	2	3				

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正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3　計算数値

1.3.1　ボルトに作用する力　　(単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト（ｉ＝1）	―	4.322×10^{3}	―	7.385×10^{3}

1.4　結論

1.4.1　ボルトの応力　　(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト（ｉ＝1）	SS400	引張り	―	―	$\sigma_{bi}=22$	$f_{tsi}=154$*
		せん断	―	―	$\tau_{bi}=7$	$f_{sbi}=119$

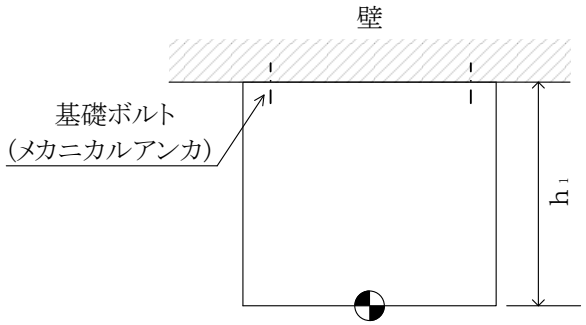
すべて許容応力以下である。　　注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

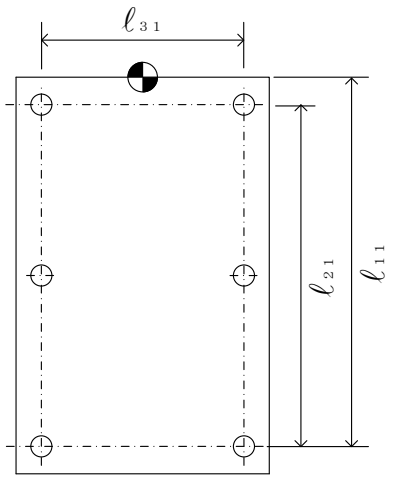
1.4.2　電気的機能の評価結果　　($\times9.8\mathrm{m/s^2}$)

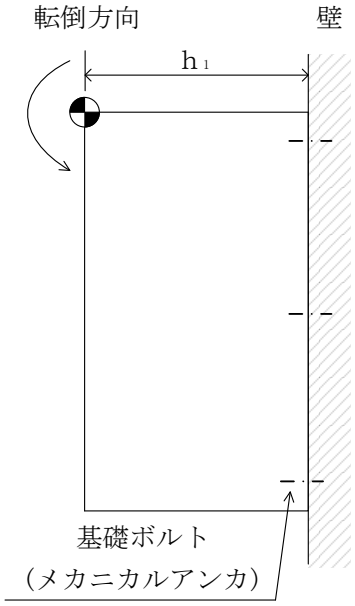
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
通信収容架	水平方向	1.98	3.63
	鉛直方向	1.23	2.14

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


壁
基礎ボルト
(メカニカルアンカ)
h1


ℓ31
ℓ21
ℓ11


転倒方向
壁
h1
基礎ボルト
(メカニカルアンカ)

Ⅴ-2-6-7-14　無線連絡設備（常設）（6,7 号機共用）の耐震性についての計算書

目　　次

1. 概要 ····· 1

1. 概要

無線連絡設備（常設）（6,7 号機共用）は，設計基準対象施設においてはＣクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備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，Ⅴ-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，無線連絡設備（常設）（6,7 号機共用）が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

本計算書は，以下の構成で無線連絡設備（常設）（6,7 号機共用）の評価結果を示す。

(1) アンテナの耐震性についての計算書

(2) 通信収容架の耐震性についての計算書

(1)　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 ····· 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
5.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 8
5.2.2　許容応力 ····· 8
5.2.3　使用材料の許容応力評価条件 ····· 8
5.3　設計用地震力 ····· 12
5.4　計算方法 ····· 13
5.4.1　応力の計算方法 ····· 13
5.5　計算条件 ····· 15
5.5.1　基礎ボルトの応力計算条件 ····· 15
5.6　応力の評価 ····· 16
5.6.1　ボルトの応力評価 ····· 16
6.　機能維持評価 ····· 17
6.1　電気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，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，無線連絡設備（常設）(6,7 号機共用）のうち，アンテナが設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

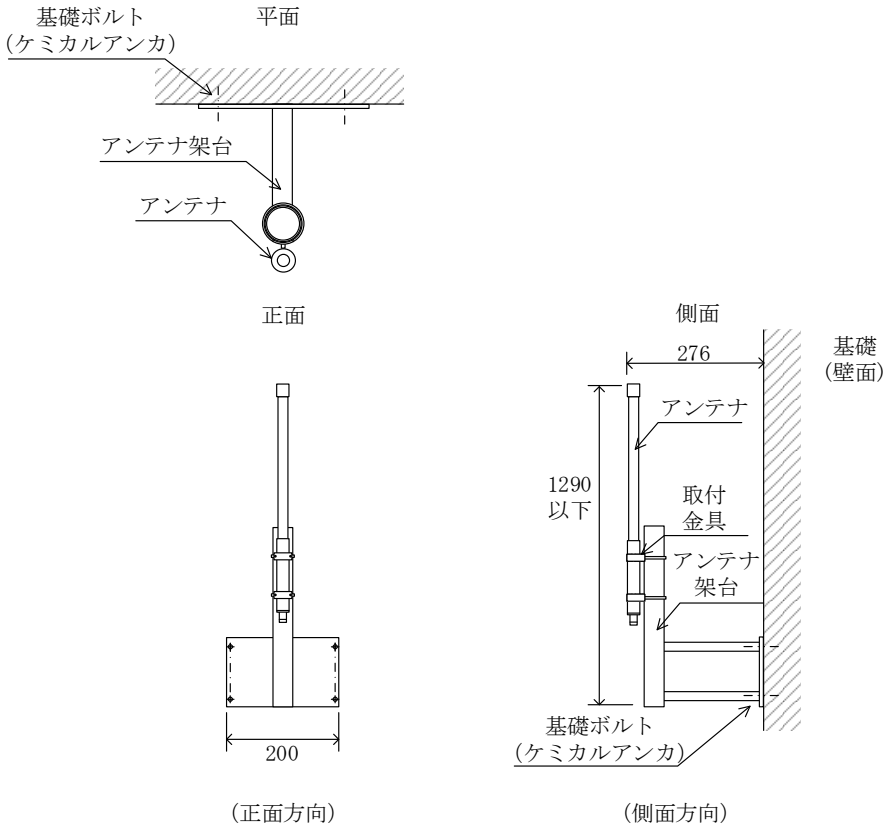
アンテナは，設計基準対象施設においてはＣクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

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	
アンテナは取付金具を使用しアンテナ架台に取り付ける。 アンテナ架台は基礎ボルトにて基礎に固定する。	アンテナ架台	【アンテナ】  (単位：mm)

2.2　評価方針

アンテナの応力評価は，Ｖ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.1　構造計画」にて示す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」で確認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，アンテナの機能維持評価は，Ｖ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電気的機能維持の方針に基づき，地震時の応答加速度が電気的機能確認済加速度以下であることを，「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。

アンテナの耐震評価フローを図 2－1 に示す。

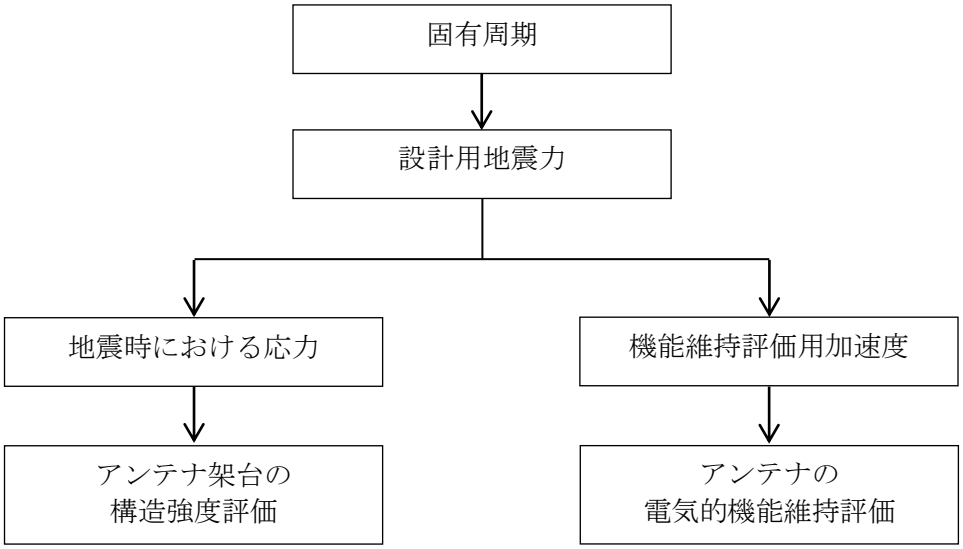


図 2－1　アンテナの耐震評価フロー

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ＪＥＡＧ４６０１・補-1984（(社) 日本電気協会）
- 原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1987（(社) 日本電気協会）
- 原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1991 追補版（(社) 日本電気協会）
- 発電用原子力設備規格　設計・建設規格（(社) 日本機械学会，2005/2007）（以下「設計・建設規格」という。）

2.4　記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_b	ボルトの軸断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d	ボルトの呼び径	mm
F*	設計・建設規格　SSB-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	MPa
g	重力加速度（＝9.80665）	m/s^2
h	取付面から重心までの距離（壁掛形）	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	アンテナ及びアンテナ架台の質量	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（鉛直方向転倒）（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（水平方向転倒）（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℃における値	MPa
π	円周率	—
σ_b	ボルトに生じる引張応力	MPa
τ_b	ボルトに生じるせん断応力	MPa

2.5　計算精度と数値の丸め方

精度は，有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は，表2－2に示すとおりとする。

表2－2　表示する数値の丸め方

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

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

＊2：絶対値が1000以上のときは，べき数表示とする。

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

3. 評価部位

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。

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 基本方針

アンテナの固有周期は，振動試験（加振試験）にて求める。

4.2 固有周期の確認方法

振動試験装置により固有振動数を測定する。アンテナの外形図を表 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。測定の結果，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。

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) アンテナ架台の質量は重心に集中しているものとする。

(2) 地震力はアンテナ架台に対して，水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。

(3) アンテナ架台は基礎ボルトで壁面に固定されており，固定端とする。

(4) 転倒方向は，正面方向及び側面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) アンテナ架台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アンテナの最上部に重心位置を設定して耐震性の計算を行うものとする。

(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

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

アンテナの許容応力は，V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表5－2のとおりとする。

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

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。

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	アンテナ	常設／防止 常設／緩和	—*2	$D+P_D+M_D+S_s$ *3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS （V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）
その他発電用原子炉の附属施設	緊急時対策所	アンテナ	常設／防止 常設／緩和	—*2	$D+P_D+M_D+S_s$ *3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS （V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

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

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表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	
	引張り	せん断
ⅣＡＳ	1.5・ｆ ｔ*	1.5・ｆ ｓ*
ＶＡＳ （ＶＡＳとしてⅣＡＳの 許容限界を用いる。）		

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

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

表 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 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
基礎ボルト	SS400 (径＞40mm)	周囲環境温度	40	215	400	―

5.3　設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表5－4に示す。

「基準地震動Ｓｓ」による地震力は，Ⅴ-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

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Ｓｄ 又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
緊急時対策所 T.M.S.L.33.0 (T.M.S.L.39.5*)	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
	0.05以下	0.05以下	―	―	C_H=2.25	C_V=1.51

注記＊：基準床レベルを示す。

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。

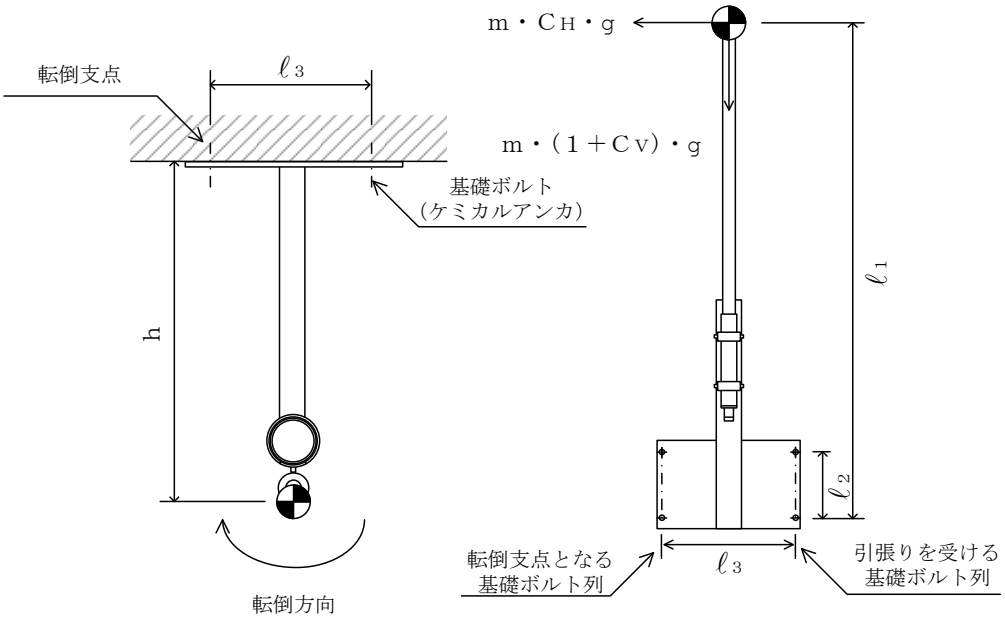


図5－1　計算モデル（正面方向転倒）

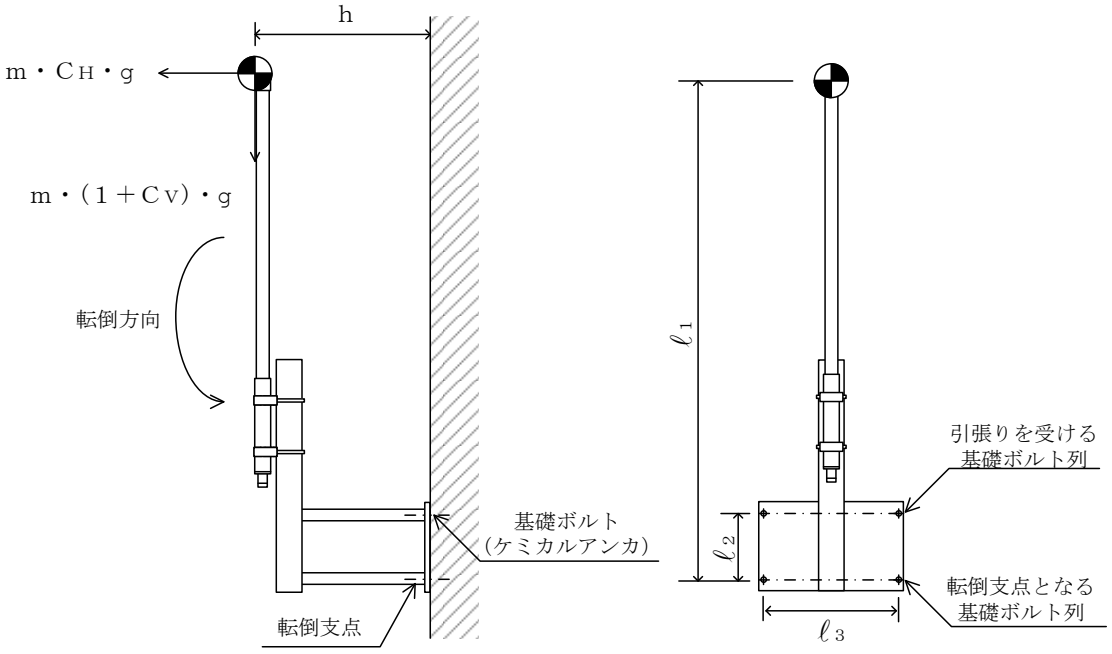


図5－2　計算モデル（側面方向転倒）

(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

$$F_{b1}=\frac{m\cdot(1+C_V)\cdot h\cdot g}{n_{fV}\cdot \ell_2}+\frac{m\cdot C_H\cdot h\cdot g}{n_{fH}\cdot \ell_3} \quad \cdots\cdots (5.4.1.1.1)$$

$$F_{b2}=\frac{m\cdot(1+C_V)\cdot h\cdot g+m\cdot C_H\cdot \ell_1\cdot g}{n_{fV}\cdot \ell_2} \quad \cdots\cdots (5.4.1.1.2)$$

$$F_b=Max\left(F_{b1},\ F_{b2}\right) \quad \cdots\cdots (5.4.1.1.3)$$

引張応力

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

ここで，基礎ボルトの軸断面積A_bは次式により求める。

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

(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

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

$$Q_{b2}=m\cdot(1+C_V)\cdot g \quad \cdots\cdots (5.4.1.1.7)$$

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

せん断応力

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

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【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　ボルトの応力評価

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

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

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

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

6. 機能維持評価

6.1 電気的機能維持評価方法

アンテナの電気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Ⅴ-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき，基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度を設定する。

アンテナの機能確認済加速度は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，同形式の器具の正弦波加振試験において電気的機能の健全性を確認した評価部位の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^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
アンテナ	水平	4.20
	鉛直	2.07

7. 評価結果

7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

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及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
アンテナ	常設／防止 常設／緩和	緊急時対策所 T.M.S.L.33.0 (T.M.S.L.39.5*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C_H＝2.25	C_V＝1.51	40

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m (kg)	h (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	n	S_y (MPa)	S_u (MPa)
基礎ボルト	5	276*1	8 (M8)	50.27	4	215 (径＞40mm)	400 (径＞40mm)

部材	ℓ_1*2 (mm)	ℓ_2*2 (mm)	ℓ_3*2 (mm)	n_{fV}*2	n_{fH}*2	F* (MPa)	転倒方向	
							弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	1270*1	90	162	2	2	258	—	側面方向
	1270*1	90	162	2	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正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_b		Q_b	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	―	889.5	―	152.1

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	―	―	$\sigma_b=18$	$f_{ts}=154^*$
		せん断	―	―	$\tau_b=1$	$f_{sb}=119$

すべて許容応力以下である。

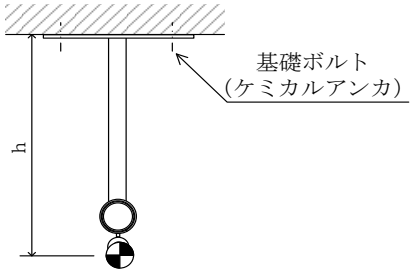
注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}]$

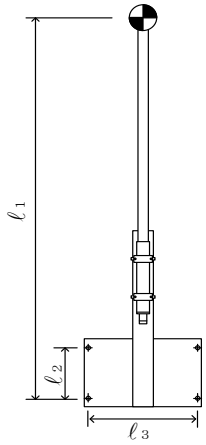
1.4.2 電気的機能の評価結果 ($\times 9.8\mathrm{m/s^2}$)

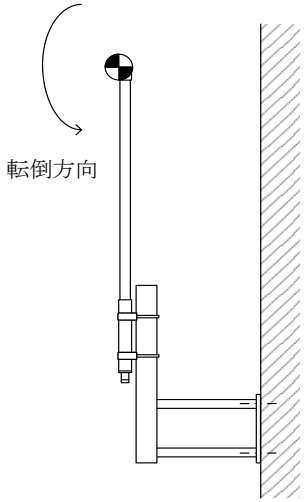
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
アンテナ	水平方向	1.87	4.20
	鉛直方向	1.27	2.07

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


基礎ボルト
(ケミカルアンカ)
h


ℓ_1
ℓ_2
ℓ_3


転倒方向

(2)　通信収容架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
4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 4
4.2.2　許容応力 ····· 4
4.2.3　使用材料の許容応力評価条件 ····· 4
4.3　計算条件 ····· 4
5.　機能維持評価 ····· 8
5.1　電気的機能維持評価方法 ····· 8
6.　評価結果 ····· 9
6.1　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 9

1. 概要

本計算書は，Ｖ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，無線連絡設備（常設）(6,7 号機共用）のうち，通信収容架が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

通信収容架は，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。

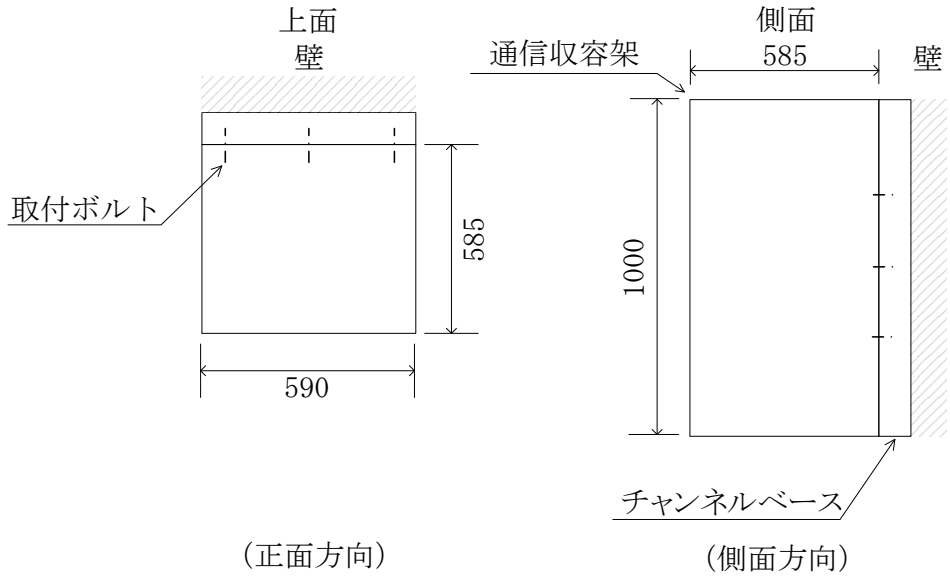
なお，通信収容架は，Ｖ-2-1-14「計算書作成の方法」に記載の壁掛形盤であるため，Ｖ-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-9　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

通信収容架の構造計画を表 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	
通信収容架は，壁に固定されたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。	壁掛形 （鋼材及び鋼板を組み合わせた壁掛形の盤）	【通信収容架】  （単位：mm）

3.　固有周期

3.1　固有周期の確認

通信収容架の固有周期は，構造が同等であり，同様な振動特性を持つ盤に対する振動試験（自由振動試験）の結果確認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）

水平	0.05以下
鉛直	0.05以下

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

通信収容架の構造強度評価は，Ⅴ-2-1-14「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

通信収容架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

通信収容架の許容応力は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4－2 のとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

通信収容架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【通信収容架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	通信収容架	常設／防止 常設／緩和	—*2	D＋P_D＋M_D＋Ｓｓ*3	$Ⅳ_AS$
					D＋P_{SAD}＋M_{SAD}＋Ｓｓ	$Ⅴ_AS$（$Ⅴ_AS$として$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）
その他発電用原子炉の附属施設	緊急時対策所	通信収容架	常設／防止 常設／緩和	—*2	D＋P_D＋M_D＋Ｓｓ*3	$Ⅳ_AS$
					D＋P_{SAD}＋M_{SAD}＋Ｓｓ	$Ⅴ_AS$（$Ⅴ_AS$として$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

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

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4－2　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 4－3　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
取付ボルト	SS400 (径＞40mm)	周囲環境温度	40	215	400	―

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

通信収容架の電気的機能維持評価は，V-2-1-14「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。

通信収容架に設置される器具の機能確認済加速度は，V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，同形式の器具単体の正弦波加振試験において電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表5－1に示す。

表5－1　機能確認済加速度　　(×9.8m/s^2)

評価部位	方向	機能確認済加速度
通信収容架	水平	3.63
	鉛直	2.14

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

通信収容架の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【通信収容架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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
通信収容架	常設／防止 常設／緩和	緊急時対策所 T.M.S.L.27.8 (T.M.S.L.33.0*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C_H＝1.80	C_V＝1.47	40

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)
取付ボルト (ｉ＝2)	185	585*1	12 (M12)	113.1	12	215 (径＞40mm)	400 (径＞40mm)

部材	ℓ_{1i}*2 (mm)	ℓ_{2i}*2 (mm)	ℓ_{3i}*2 (mm)	n_{fvi}*2	n_{fHi}*2	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
取付ボルト (ｉ＝2)	978*1	956	546	3	3	—	258	—	正面方向
	978*1	956	546	3	3				

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正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
取付ボルト（ｉ＝2）	―	2.080×10^{3}	―	5.545×10^{3}

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト（ｉ＝2）	SS400	引張り	―	―	$\sigma_{bi}=19$	$f_{tsi}=193$*
		せん断	―	―	$\tau_{bi}=4$	$f_{sbi}=148$

すべて許容応力以下である。

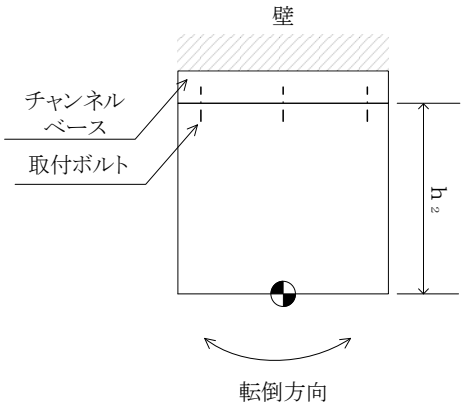
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

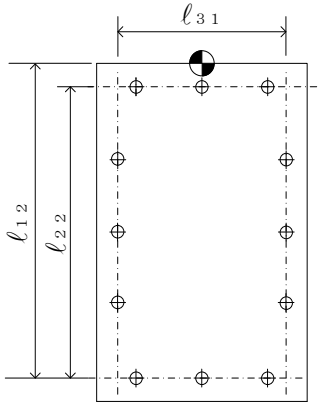
1.4.2 電気的機能の評価結果 ($\times 9.8\mathrm{m/s^2}$)

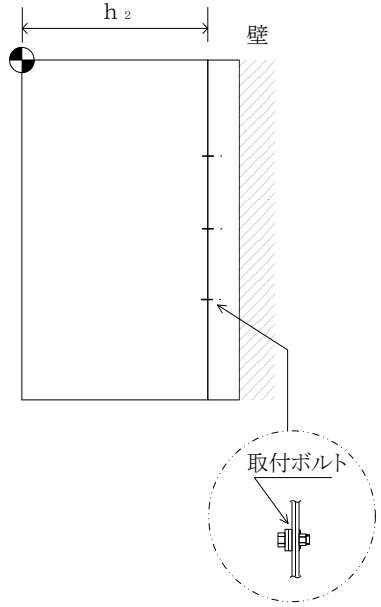
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
通信収容架	水平方向	1.50	3.63
	鉛直方向	1.23	2.14

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


壁
チャンネル
ベース
取付ボルト
h2
転倒方向


ℓ31
ℓ12
ℓ22


h2
壁
取付ボルト

Ⅴ-2-6-7-15　統合原子力防災ネットワークを用いた通信連絡設備（テレビ会議システム，IP-電話機及びIP-FAX）の耐震性についての計算書

目　　次

1.　概要　・・・

1. 概要

統合原子力防災ネットワークを用いた通信連絡設備（テレビ会議システム，IP-電話機及び IP-FAX）（6,7 号機共用）は，設計基準対象施設においてはＣクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設重大事故等対処設備（防止でも緩和でもない設備）に分類される。

以下，Ⅴ-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を用いた通信連絡設備（テレビ会議システム，IP-電話機及び IP-FAX）（6,7 号機共用）が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

本計算書は，以下の構成で統合原子力防災ネットワークを用いた通信連絡設備（テレビ会議システム，IP-電話機及び IP-FAX）（6,7 号機共用）の評価結果を示す。

(1) 衛星無線通信装置用アンテナの耐震性についての計算書
(2) テレビ会議システム用ディスプレイの耐震性についての計算書
(3) テレビ会議システム用カメラの耐震性についての計算書
(4) 通信収容架の耐震性についての計算書
(5) 通信端末収容台の耐震性についての計算書

(1)　衛星無線通信装置用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.　地震応答解析及び構造強度評価 …… 7
4.1　地震応答解析及び構造強度評価方法 …… 7
4.2　荷重の組合せ及び許容応力 …… 7
4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 …… 7
4.2.2　許容応力 …… 7
4.2.3　使用材料の許容応力評価条件 …… 7
4.3　解析モデル及び諸元 …… 11
4.4　固有周期 …… 12
4.5　設計用地震力 …… 13
4.6　計算方法 …… 14
4.6.1　応力の計算方法 …… 14
4.7　計算条件 …… 15
4.8　応力の評価 …… 15
4.8.1　基礎ボルトの応力評価 …… 15
5.　機能維持評価 …… 16
5.1　電気的機能維持評価方法 …… 16
6.　評価結果 …… 17
6.1　重大事故等対処設備としての評価結果 …… 17

1. 概要

統合原子力防災ネットワークを用いた通信連絡設備（テレビ会議システム，IP-電話機及びIP-FAX）(6,7 号機共用）のうち，衛星無線通信装置用アンテナは，設計基準対象施設においてはＣクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設重大事故等対処設備（防止でも緩和でもない設備）に分類される。衛星無線通信装置用アンテナの評価においては，Ⅴ-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Ｓｓ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。

衛星無線通信装置用アンテナは重大事故等対処設備として基準地震動Ｓｓによる機能維持が要求されることから本計算書は，Ⅴ-2-1-1「耐震設計の基本方針」の「5.　機能維持の基本方針」及びⅤ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針を準用し，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

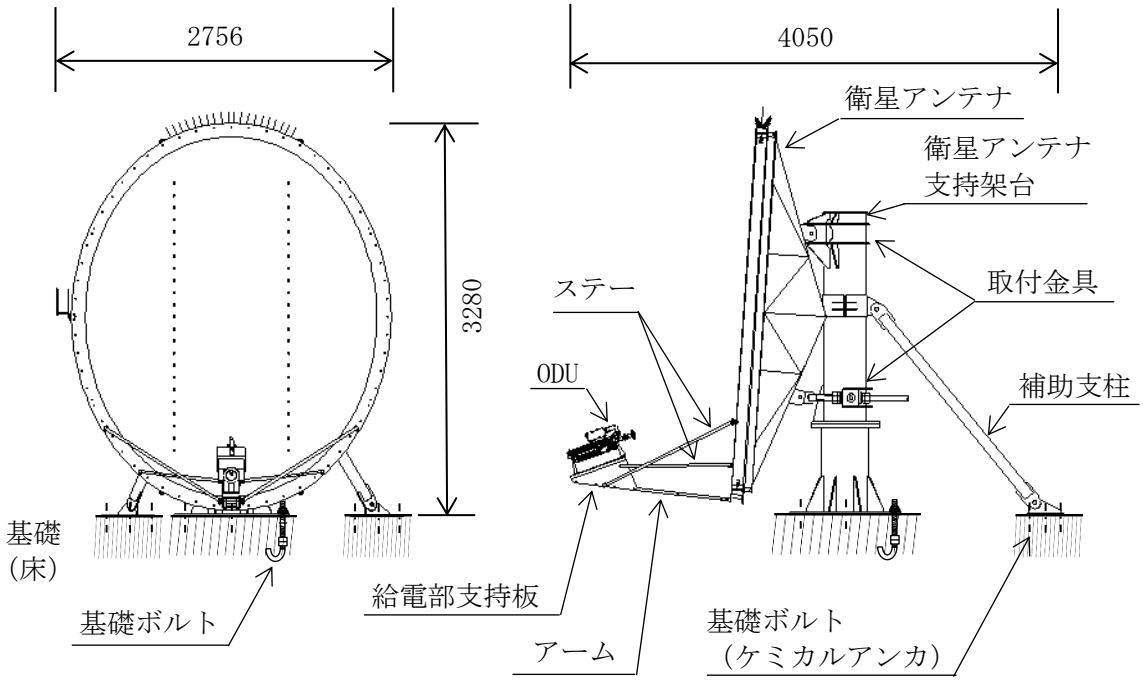
以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

衛星無線通信装置用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	
衛星アンテナは，取付金具にて衛星アンテナ支持架台に固定する。 衛星アンテナ支持架台，補助支柱は，基礎ボルトにて基礎に固定する。 ODU（給電部支持板含む）と衛星アンテナは，ステー及びアームにて連結する。	アンテナ	 （単位：mm）

2.2　評価方針

衛星無線通信装置用アンテナの応力評価は，V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.1　構造計画」にて示す衛星無線通信装置用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，「4.3　解析モデル及び諸元」及び「4.4　固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを，「4.　地震応答解析及び構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また，衛星無線通信装置用アンテナの機能維持評価は，V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電気的機能維持の方針に基づき，地震時の応答加速度が電気的機能確認済加速度以下であることを，「5.　機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「6.　評価結果」に示す。

衛星無線通信装置用アンテナの耐震評価フローを図2－1に示す。

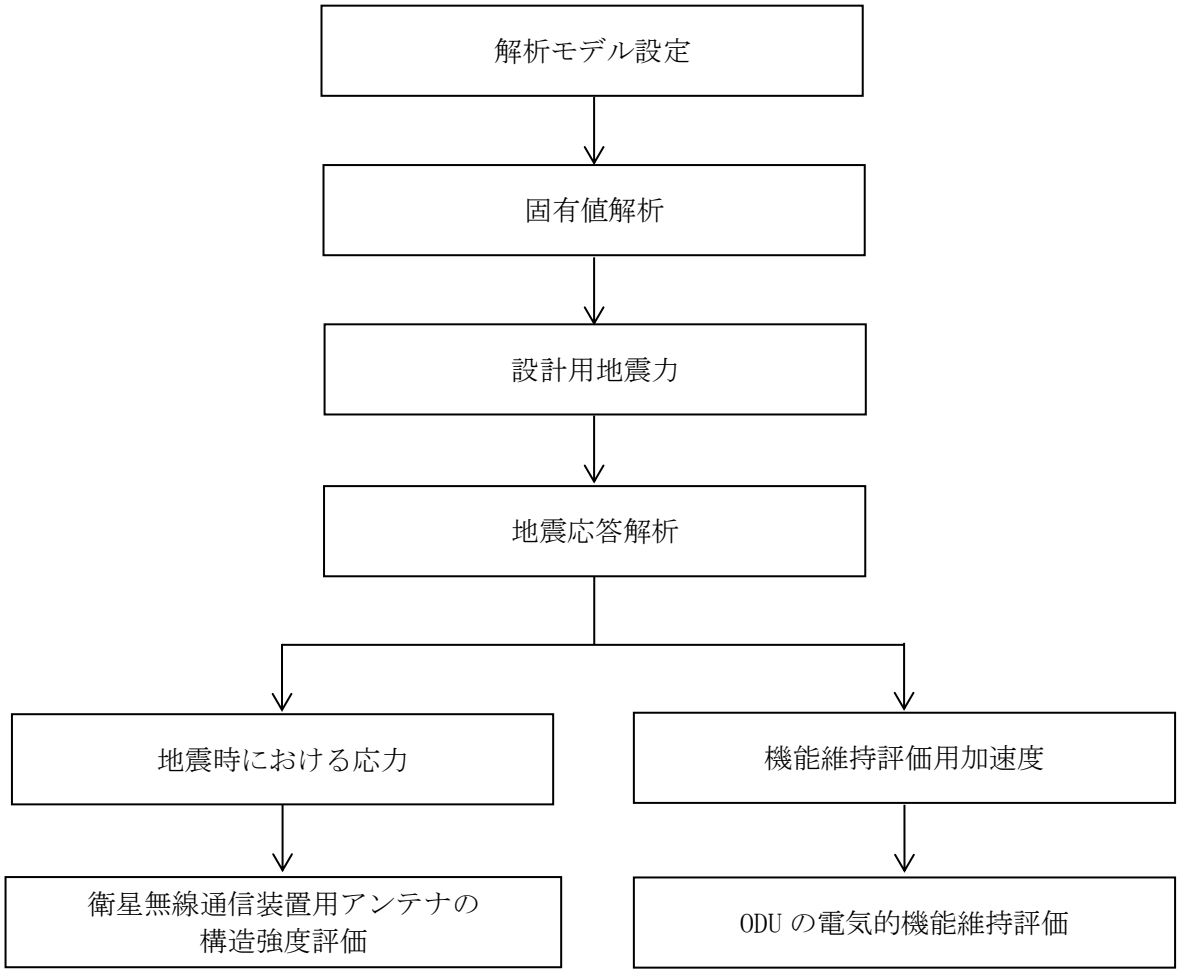


図2－1　衛星無線通信装置用アンテナの耐震評価フロー

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ＪＥＡＧ４６０１・補-1984（(社) 日本電気協会）

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

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

・発電用原子力設備規格　設計・建設規格（(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	基礎ボルトの軸断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d_o	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-3121.3又はSSB-3133に定める値	MPa
F_b	基礎ボルトに作用する引張力	N
f_{sb}	せん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力	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	MPa
ℓ	基礎ボルト間の距離	mm
m	衛星無線通信装置用アンテナの質量	kg
n	基礎ボルトの本数	—
Q_b	基礎ボルトに作用するせん断力	N
S	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表5に定める値	MPa
S_u	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表9に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表8に定める値	MPa
S_y（RT）	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表8に定める材料の40℃における値	MPa
ν	ポアソン比	—
π	円周率	—
σ_{tb}	基礎ボルトに生じる引張応力の最大値	MPa
τ_b	基礎ボルトに生じるせん断応力の最大値	MPa

2.5　計算精度と数値の丸め方

精度は，有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表2－2に示すとおりとする。

表2－2　表示する数値の丸め方

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

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

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

＊3：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。

＊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

衛星無線通信装置用アンテナの耐震評価は，「4.1　地震応答解析及び構造強度評価方法」に示す条件に基づき，耐震評価上厳しくなる基礎ボルトについて実施する。なお，衛星無線通信装置用アンテナは，構造物として十分な剛性を有しているため，基礎ボルトを評価対象とする。衛星無線通信装置用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.　地震応答解析及び構造強度評価

4.1　地震応答解析及び構造強度評価方法

(1)　衛星無線通信装置用アンテナは，十分剛な床に基礎ボルトにより固定されるものとする。

(2)　衛星無線通信装置用アンテナの質量には，アンテナ構成品の質量のほか，ODU の質量を考慮する。

(3)　地震力は，衛星無線通信装置用アンテナに対して水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。

(4)　耐震計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

4.2　荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

衛星無線通信装置用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 4－1 に示す。

4.2.2　許容応力

衛星無線通信装置用アンテナの許容応力は，Ⅴ-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

衛星無線通信装置用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 4－3 に示す。

表 4－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御系統施設	その他の計測制御系統施設	衛星無線通信装置用アンテナ	常設／その他	—*2	$D+P_D+M_D+S_s$ *3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS（V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）
その他発電用原子炉の附属施設	緊急時対策所	衛星無線通信装置用アンテナ	常設／その他	—*2	$D+P_D+M_D+S_s$ *3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS（V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記＊1：「常設／その他」は常設重大事故等対処設備（防止でも緩和でもない設備）を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4－2　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 4－3　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S (MPa)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
基礎ボルト (衛星アンテナ支持架台)	SS400 (径＞40mm)	周囲環境温度	40	―	215	400	―
基礎ボルト (補助支柱)	SS400 (径＞40mm)	周囲環境温度	40	―	215	400	―

4.3　解析モデル及び諸元

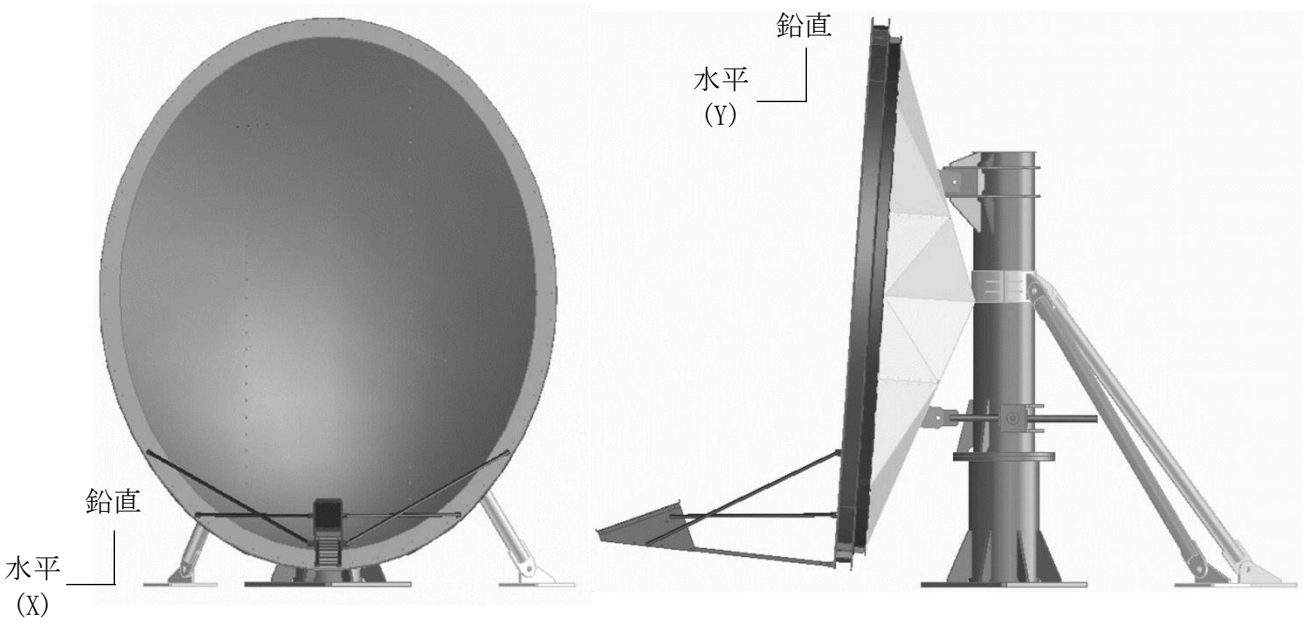
衛星無線通信装置用アンテナの解析モデルを図 4－1 に，解析モデルの概要を以下に示す。また，機器の諸元を本計算書の【衛星無線通信装置用アンテナの耐震性についての計算結果】の機器要目に示す。

(1)　衛星無線通信装置用アンテナ（ODU は除く）をソリッド要素でモデル化したＦＥＭモデルを用いる。

(2)　衛星無線通信装置用アンテナの質量は，実際の形状及び位置を考慮して付加する。

(3)　拘束条件として，基礎ボルト固定部を完全固定とする。なお，基礎ボルト部は剛体として評価する。

(4)　計算機コードは「ＡＮＳＹＳ」を使用し，固有値，応力及び荷重を求める。なお，評価に用いる計算機コードの検証及び妥当性確認等の概要については，別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。



正面図　　側面図

節点数：664211
要素数：321299
質量：950(kg)

図 4－1　衛星無線通信装置用アンテナ解析モデル

4.4　固有周期

固有値解析の結果を表 4－4 に示す。固有周期は，0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。

1 次モードにおいて最も影響を受ける部位はステーであり，水平方向（X方向）が卓越することを確認した。

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	水平	0.049	―	―	―
1 次	鉛直	0.049	―	―	―

4.5　設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 4－5 に示す。

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

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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
	水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度
緊急時対策所 T.M.S.L.33.85 (T.M.S.L.33.0*)	0.049	0.049	―	―	C_H＝1.86	C_V＝1.47

注記＊：基準床レベルを示す

4.6 計算方法

4.6.1 応力の計算方法

4.6.1.1 基礎ボルトの応力

基礎ボルトに生じる応力は，地震応答解析で得られる引張力及びせん断力から手計算により，地震による引張応力とせん断応力について計算する。

(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。

a. 引張応力

$$\sigma_{tb}=\frac{F_b}{A_b} \quad \cdots\cdots (4.6.1.1.1)$$

ここで，ボルトの軸断面積A_bは次式により求める。

$$A_b=\frac{\pi}{4}\cdot d_o^{\,2} \quad \cdots\cdots (4.6.1.1.2)$$

(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。

a. せん断応力

$$\tau_b=\frac{Q_b}{A_b} \quad \cdots\cdots (4.6.1.1.3)$$

ここで，ボルトの軸断面積A_bは，(4.6.1.1.2) 式による。

4.7　計算条件

応力解析に用いる荷重（地震荷重）は，本計算書の【衛星無線通信装置用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。

4.8　応力の評価

4.8.1　基礎ボルトの応力評価

4.6.1.1項で求めた基礎ボルトの引張応力σ_{tb}は，次式より求めた許容引張応力f_{ts}以下であること。ただし，f_{to}は下表による。

$$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}] \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.8.1.1)$$

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

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

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

衛星無線通信装置用アンテナの電気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，Ⅴ-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき，基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度を設定する。

衛星無線通信装置用アンテナに設置される ODU の機能確認済加速度は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，同形式の ODU 単体の正弦波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5－1 に示す。

表 5－1 機能確認済加速度 （×9.8m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
ODU	水平	8.02
	鉛直	9.95

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

衛星無線通信装置用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及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【衛星無線通信装置用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

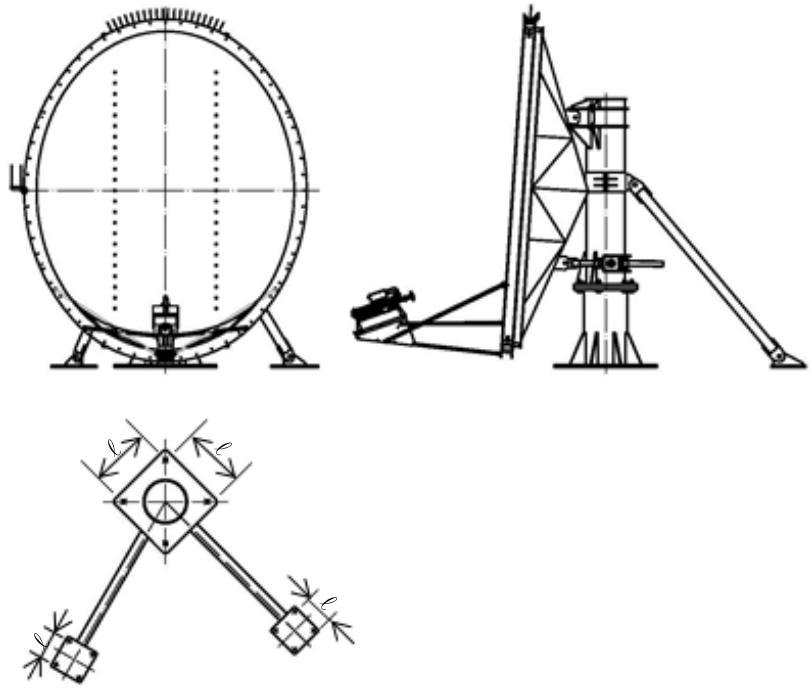
機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Sd又は静的震度		基準地震動Ss		最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度		
衛星無線通信装置用アンテナ	常設／その他	緊急時対策所 T.M.S.L.33.85 (T.M.S.L.33.0*)	0.049	0.049	—	—	C_H=1.86	C_V=1.47	—	40

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	ℓ (mm)	d_o (mm)	A_b (mm^2)	n	m (kg)
基礎ボルト（衛星アンテナ支持架台）	550	30 (M30)	706.9	4	950
基礎ボルト（補助支柱）	250	20 (M20)	314.2	8	

部材	材料	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
基礎ボルト（衛星アンテナ支持架台）	SS400	215 (径＞40mm)	400 (径＞40mm)	—	258
基礎ボルト（補助支柱）	SS400	215 (径＞40mm)	400 (径＞40mm)	—	258



材料	E (MPa)	ν	周囲環境温度 (℃)	使用部位
SUS304	1.94×10^{5}	0.3	40	衛星アンテナ ステー アーム
SS400	2.02×10^{5}	0.3		衛星アンテナ 衛星アンテナ支持架台 補助支柱
STK400	2.02×10^{5}	0.3		
A6063S-T5	7.00×10^{4}	0.33		衛星アンテナ アーム
A5052P-H34	7.00×10^{4}	0.33		衛星アンテナ 給電部支持板
A1100P-O	7.00×10^{4}	0.33		衛星アンテナ
A5052P-H112	7.00×10^{4}	0.33		
A6063TE-T5	7.00×10^{4}	0.33		
A5052P-O	7.00×10^{4}	0.33		

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_b		Q_b	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト（衛星アンテナ支持架台）	―	1.445×10^{4}	―	7.336×10^{3}
基礎ボルト（補助支柱）	―	1.803×10^{3}	―	2.437×10^{3}

1.4 結論

1.4.1 固有周期 (単位：s)

モード	卓越方向	固有周期
1次	水平	0.049
1次	鉛直	0.049

1.4.2　応力　　（単位：MPa）

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト（衛星アンテナ支持架台）	SS400	引張り	—	—	σ_{tb}＝21	f_{ts}＝193*
		せん断	—	—	τ_{b} ＝11	f_{sb}＝148
基礎ボルト（補助支柱）	SS400	引張り	—	—	σ_{tb}＝6	f_{ts}＝154*
		せん断	—	—	τ_{b} ＝8	f_{sb}＝119

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

1.4.3　電気的機能の評価結果　　（×9.8 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	1.55	8.02
	鉛直方向	1.23	9.95

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

(2)　テレビ会議システム用ディスプレイ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
4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 …… 4
4.2.2　許容応力 …… 4
4.2.3　使用材料の許容応力評価条件 …… 4
4.3　計算条件 …… 4
5.　機能維持評価 …… 8
5.1　電気的機能維持評価方法 …… 8
6.　評価結果 …… 9
6.1　重大事故等対処設備としての評価結果 …… 9

1. 概要

統合原子力防災ネットワークを用いた通信連絡設備（テレビ会議システム，IP-電話機及びIP-FAX）（6,7 号機共用）のうち，テレビ会議システム用ディスプレイは，設計基準対象施設においてはCクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設重大事故等対処設備（防止でも緩和でもない設備）に分類される。テレビ会議システム用ディスプレイの評価においては，V-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Ｓｓ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。

テレビ会議システム用ディスプレイは重大事故等対処設備として基準地震動Ｓｓによる機能維持が要求されることから本計算書は，V-2-1-1「耐震設計の基本方針」の「5.　機能維持の基本方針」及びV-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針を準用し，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

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。

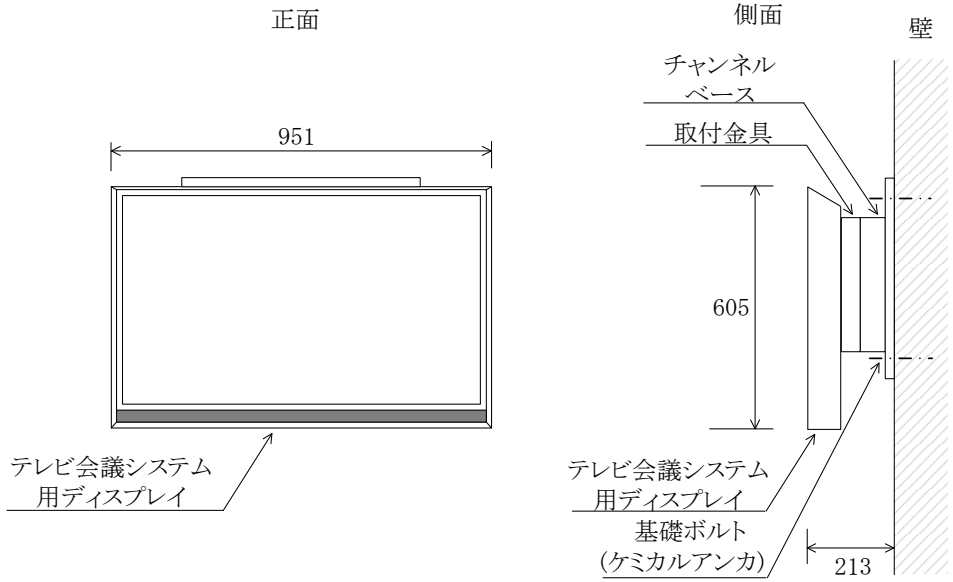
なお，テレビ会議システム用ディスプレイは，V-2-1-14「計算書作成の方法」に記載の壁掛形盤と同一評価方針及び評価方法にて耐震計算を行うため，V-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-9　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

テレビ会議システム用ディスプレイの構造計画を表 2－1 に示す。

表２－１　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
テレビ会議システム用ディスプレイは，取付金具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固定する。	テレビ会議システム用ディスプレイ	 （単位：mm）

3.　固有周期

3.1　固有周期の確認

振動試験装置により固有振動数を測定する。測定の結果，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。固有周期の確認結果を表 3－1 に示す。

表 3－1　固有周期　　（単位：s）

水平	0.05 以下
鉛直	0.05 以下

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

テレビ会議システム用ディスプレイの構造強度評価は，V-2-1-14「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

テレビ会議システム用ディスプレイ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

テレビ会議システム用ディスプレイの許容応力は，V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表4－2のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

テレビ会議システム用ディスプレイ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【テレビ会議システム用ディスプレイ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	テレビ会議システム用ディスプレイ	常設／その他	—*2	D＋P_D＋M_D＋Ｓｓ*3	ⅣＡＳ
					D＋P_{SAD}＋M_{SAD}＋Ｓｓ	ＶＡＳ（ＶＡＳとしてⅣＡＳの許容限界を用いる。）
その他発電用原子炉の附属施設	緊急時対策所	テレビ会議システム用ディスプレイ	常設／その他	—*2	D＋P_D＋M_D＋Ｓｓ*3	ⅣＡＳ
					D＋P_{SAD}＋M_{SAD}＋Ｓｓ	ＶＡＳ（ＶＡＳとしてⅣＡＳの許容限界を用いる。）

注記＊1：「常設／その他」は常設重大事故等対処設備（防止でも緩和でもない設備）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}＋Ｓｓ」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4－2　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 4－3　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
基礎ボルト	SS400 (径＞40mm)	周囲環境温度	40	215	400	―

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

テレビ会議システム用ディスプレイの電気的機能維持評価は，Ⅴ-2-1-14「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。

テレビ会議システム用ディスプレイの機能確認済加速度は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，同形式の器具の正弦波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した評価部位の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^2)

評価部位	方向	機能確認済加速度
テレビ会議システム用ディスプレイ	水平	4.74
	鉛直	2.77

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

テレビ会議システム用ディスプレイの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【テレビ会議システム用ディスプレイ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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
テレビ会議システム用 ディスプレイ	常設／その他	緊急時対策所 T.M.S.L.27.8 (T.M.S.L.33.0*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C_H＝1.80	C_V＝1.47	40

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)
基礎ボルト (ｉ＝1)	60	213*1	12 (M12)	113.1	4	215 (径＞40mm)	400 (径＞40mm)

部材	ℓ_{1i}*2 (mm)	ℓ_{2i}*2 (mm)	ℓ_{3i}*2 (mm)	n_{fvi}*2	n_{fHi}*2	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト (ｉ＝1)	465*1	430	430	2	2	—	258	—	側面方向
	465*1	430	430	2	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正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト（ｉ＝1）	―	932.6	―	1.798×10^{3}

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト（ｉ＝1）	SS400	引張り	―	―	$\sigma_{bi}=9$	$f_{tsi}=154$*
		せん断	―	―	$\tau_{bi}=4$	$f_{sbi}=119$

すべて許容応力以下である。

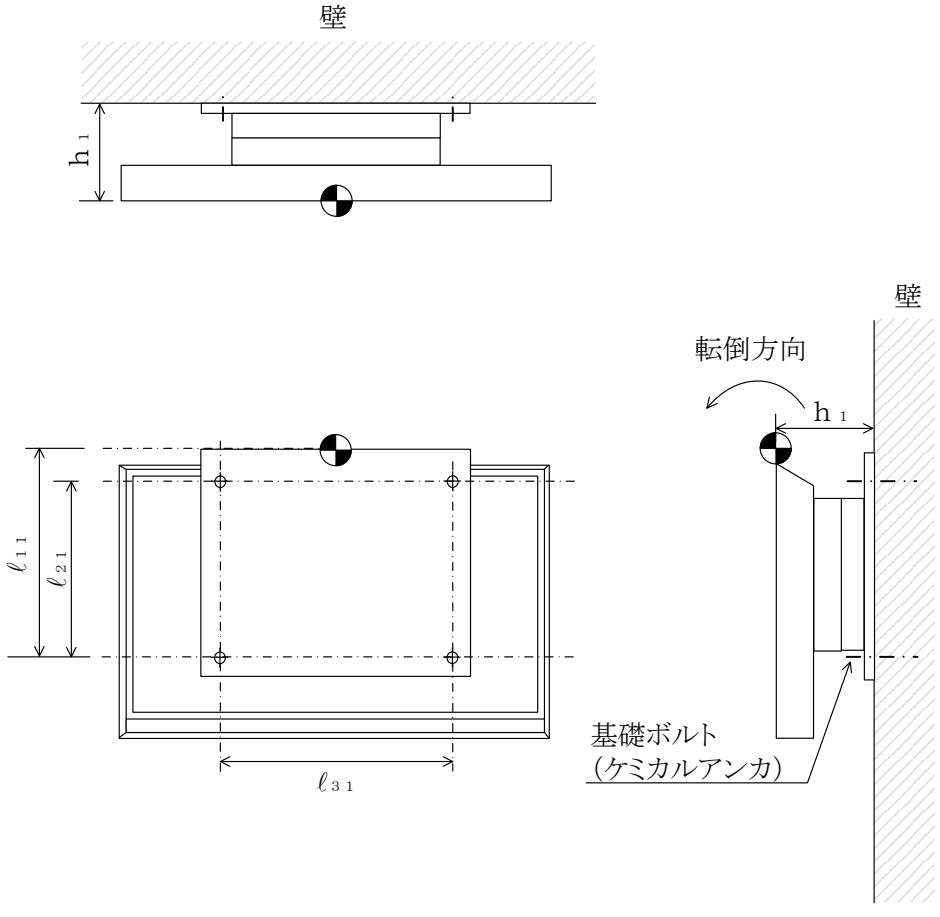
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

1.4.2 電気的機能の評価結果 ($\times9.8\mathrm{m/s^2}$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
テレビ会議システム用ディスプレイ	水平方向	1.50	4.74
	鉛直方向	1.23	2.77

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


壁
h 1
壁
転倒方向
h 1
ℓ 1 1
ℓ 2 1
ℓ 3 1
基礎ボルト
(ケミカルアンカ)

(3)　テレビ会議システム用カメラの耐震性についての計算書

目　　次

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

1. 概要

統合原子力防災ネットワークを用いた通信連絡設備（テレビ会議システム，IP-電話機及びIP-FAX）（6,7 号機共用）のうち，テレビ会議システム用カメラは，設計基準対象施設においてはＣクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設重大事故等対処設備（防止でも緩和でもない設備）に分類される。テレビ会議システム用カメラの評価においては，Ⅴ-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Ｓｓ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。

テレビ会議システム用カメラは重大事故等対処設備として基準地震動Ｓｓによる機能維持が要求されることから本計算書は，Ⅴ-2-1-1「耐震設計の基本方針」の「5.　機能維持の基本方針」及びⅤ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針を準用し，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

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。

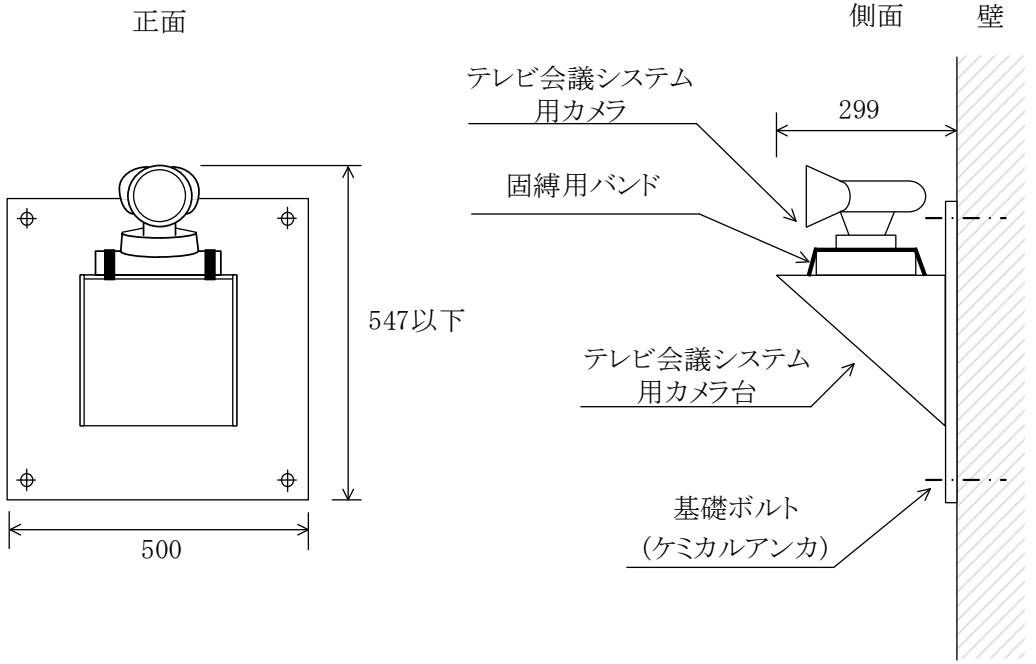
なお，テレビ会議システム用カメラは，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法」に記載の壁掛形盤と同一評価方針及び評価方法にて耐震計算を行うため，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-9　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

テレビ会議システム用カメラの構造計画を表 2－1 に示す。

表 2－1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
テレビ会議システム用カメラ台は，基礎ボルトにて壁に固定する。 テレビ会議システム用カメラは，固縛用バンドにてカメラ台に設置する。	テレビ会議システム用カメラ台	【テレビ会議システム用カメラ】  （単位：mm）

3.　固有周期

3.1　固有周期の確認

振動試験装置により固有振動数を測定する。測定の結果，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。固有周期の確認結果を表 3－1 に示す。

表 3－1　固有周期　　（単位：s）

水平	0.05 以下
鉛直	0.05 以下

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

テレビ会議システム用カメラの構造強度評価は，Ⅴ-2-1-14「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

テレビ会議システム用カメラの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4－1に示す。

4.2.2　許容応力

テレビ会議システム用カメラの許容応力は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表4－2のとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

テレビ会議システム用カメラの使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4－3に示す。

4.3　計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【テレビ会議システム用カメラ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	テレビ会議システム用カメラ	常設／その他	—*2	D＋P_D＋M_D＋Ｓｓ*3	$Ⅳ_AS$
					D＋P_{SAD}＋M_{SAD}＋Ｓｓ	V_AS（V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）
その他発電用原子炉の附属施設	緊急時対策所	テレビ会議システム用カメラ	常設／その他	—*2	D＋P_D＋M_D＋Ｓｓ*3	$Ⅳ_AS$
					D＋P_{SAD}＋M_{SAD}＋Ｓｓ	V_AS（V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記＊1：「常設／その他」は常設重大事故等対処設備（防止でも緩和でもない設備）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}＋Ｓｓ」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4－2　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 4－3　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
基礎ボルト	SS400 (径＞40mm)	周囲環境温度	40	215	400	―

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

テレビ会議システム用カメラの電気的機能維持評価は，V-2-1-14「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。

テレビ会議システム用カメラの機能確認済加速度は，V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，同形式の器具の正弦波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した評価部位の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^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
テレビ会議システム用カメラ	水平	4.64
	鉛直	2.16

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

テレビ会議システム用カメラの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【テレビ会議システム用カメラ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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
テレビ会議システム用カメラ	常設／その他	緊急時対策所 T.M.S.L.27.8 (T.M.S.L.33.0*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C_H＝1.80	C_V＝1.47	40

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)
基礎ボルト (ｉ＝1)	50	299*1	12 (M12)	113.1	4	215 (径＞40mm)	400 (径＞40mm)

部材	ℓ_{1i}*2 (mm)	ℓ_{2i}*2 (mm)	ℓ_{3i}*2 (mm)	n_{fVi}*2	n_{fHi}*2	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト (ｉ＝1)	512*1	430	430	2	2	—	258	—	側面方向
	512*1	430	430	2	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正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト（ｉ＝1）	―	946.5	―	1.499×10^{3}

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト（ｉ＝1）	SS400	引張り	―	―	$\sigma_{bi}=9$	$f_{tsi}=154$*
		せん断	―	―	$\tau_{bi}=4$	$f_{sbi}=119$

すべて許容応力以下である。

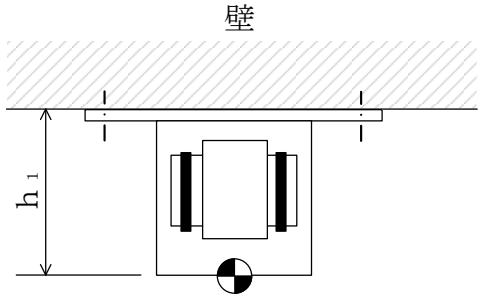
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

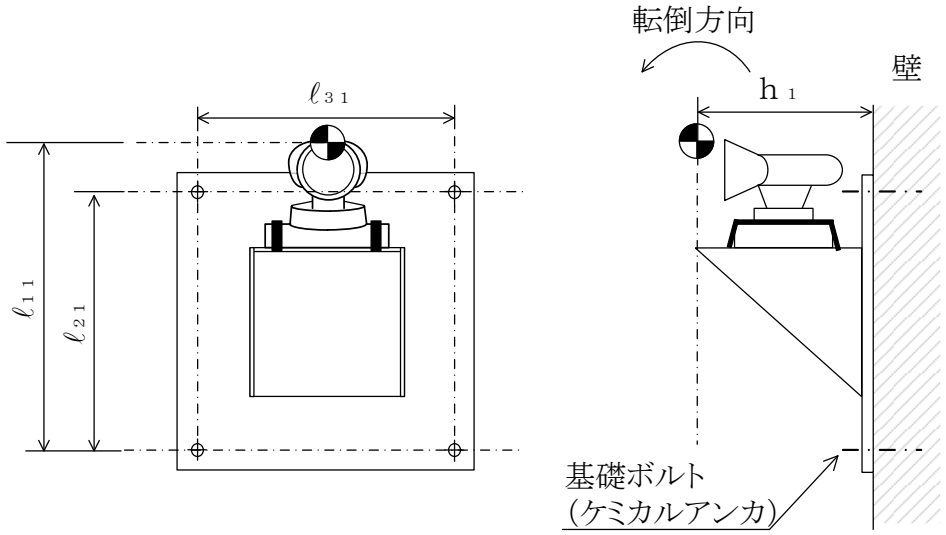
1.4.2 電気的機能の評価結果 ($\times9.8\mathrm{m/s^2}$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
テレビ会議システム用カメラ	水平方向	1.50	4.64
	鉛直方向	1.23	2.16

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


壁
h 1


ℓ 3 1
ℓ 1 1
ℓ 2 1
転倒方向
h 1
壁
基礎ボルト
(ケミカルアンカ)

(4)　通信収容架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
4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 4
4.2.2　許容応力 ····· 4
4.2.3　使用材料の許容応力評価条件 ····· 4
4.3　計算条件 ····· 4
5.　機能維持評価 ····· 8
5.1　電気的機能維持評価方法 ····· 8
6.　評価結果 ····· 9
6.1　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 9

1. 概要

統合原子力防災ネットワークを用いた通信連絡設備（テレビ会議システム，IP-電話機及びIP-FAX）（6,7 号機共用）のうち，通信収容架は，設計基準対象施設においてはＣクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設重大事故等対処設備（防止でも緩和でもない設備）に分類される。通信収容架の評価においては，Ⅴ-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Ｓｓ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。

通信収容架は重大事故等対処設備として基準地震動Ｓｓによる機能維持が要求されることから本計算書は，Ⅴ-2-1-1「耐震設計の基本方針」の「5.　機能維持の基本方針」及びⅤ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針を準用し，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

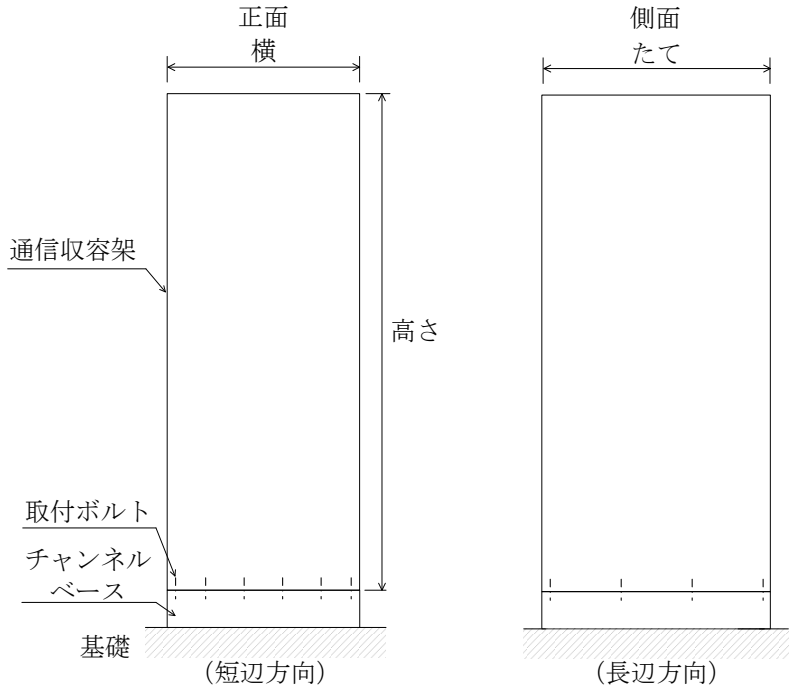
なお，通信収容架は，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法」に記載の直立形盤であるため，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-9　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

通信収容架の構造計画を表 2－1 に示す。

表 2－1　構造計画

<table>
<tr><th colspan="2">計画の概要</th><th rowspan="2">概略構造図</th></tr>
<tr><th>基礎・支持構造</th><th>主体構造</th></tr>
<tr><td>通信収容架は，基礎に固定されたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。</td><td>直立形
（鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤）</td><td>【通信収容架】


<table>
<tr><th></th><th>通信収容架 A</th><th>通信収容架 B</th></tr>
<tr><td>たて</td><td>1000</td><td>1000</td></tr>
<tr><td>横</td><td>800</td><td>800</td></tr>
<tr><td>高さ</td><td>2000</td><td>2000</td></tr>
</table>
（単位：mm）</td></tr>
</table>

3.　固有周期

3.1　固有周期の確認

通信収容架の固有周期は，構造が同等であり，同様な振動特性を持つ盤に対する振動試験（自由振動試験）の結果確認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）

名称	方向	固有周期
通信収容架A	水平	0.05以下
	鉛直	0.05以下
通信収容架B	水平	0.05以下
	鉛直	0.05以下

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

通信収容架の構造強度評価は，Ⅴ-2-1-14「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

通信収容架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

通信収容架の許容応力は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4－2 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

通信収容架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【通信収容架 A の耐震性についての計算結果】及び【通信収容架 B 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	通信収容架	常設／その他	—*2	D＋P_D＋M_D＋Ｓｓ*3	$Ⅳ_AS$
					D＋P_{SAD}＋M_{SAD}＋Ｓｓ	$Ⅴ_AS$（$Ⅴ_AS$として$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）
その他発電用原子炉の附属施設	緊急時対策所	通信収容架	常設／その他	—*2	D＋P_D＋M_D＋Ｓｓ*3	$Ⅳ_AS$
					D＋P_{SAD}＋M_{SAD}＋Ｓｓ	$Ⅴ_AS$（$Ⅴ_AS$として$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記＊1：「常設／その他」は常設重大事故等対処設備（防止でも緩和でもない設備）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}＋Ｓｓ」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4－2　許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 4－3　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
取付ボルト	SS400 (径＞40mm)	周囲環境温度	40	215	400	―

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

通信収容架の電気的機能維持評価は，Ⅴ-2-1-14「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。

通信収容架に設置される器具単体の機能確認済加速度は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，同形式の器具単体の正弦波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表5－1に示す。

表5－1　機能確認済加速度　　(×9.8m/s^2)

評価部位	方向	機能確認済加速度
通信収容架A	水平	3.04
	鉛直	2.03
通信収容架B	水平	3.05
	鉛直	2.03

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

通信収容架の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【通信収容架Aの耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
通信収容架A	常設／その他	緊急時対策所 T.M.S.L.28.45 (T.M.S.L.27.8*)	0.05以下	0.05以下	—	—	C_H＝1.67	C_V＝1.45	40

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)
取付ボルト (i＝2)	840	2000*1	16 (M16)	201.1	12	215 (径＞40mm)	400 (径＞40mm)

部材	ℓ_{1i}*2 (mm)	ℓ_{2i}*2 (mm)	n_{fi}*2	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
取付ボルト (i＝2)	[redacted]	[redacted]	2	—	258	—	短辺方向
	[redacted]	[redacted]	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_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
取付ボルト (ｉ＝2)	―	2.068×10^{4}	―	1.375×10^{4}

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (ｉ＝2)	SS400	引張り	―	―	$\sigma_{bi}=103$	$f_{tsi}=193$*
		せん断	―	―	$\tau_{bi}=6$	$f_{sbi}=148$

すべて許容応力以下である。

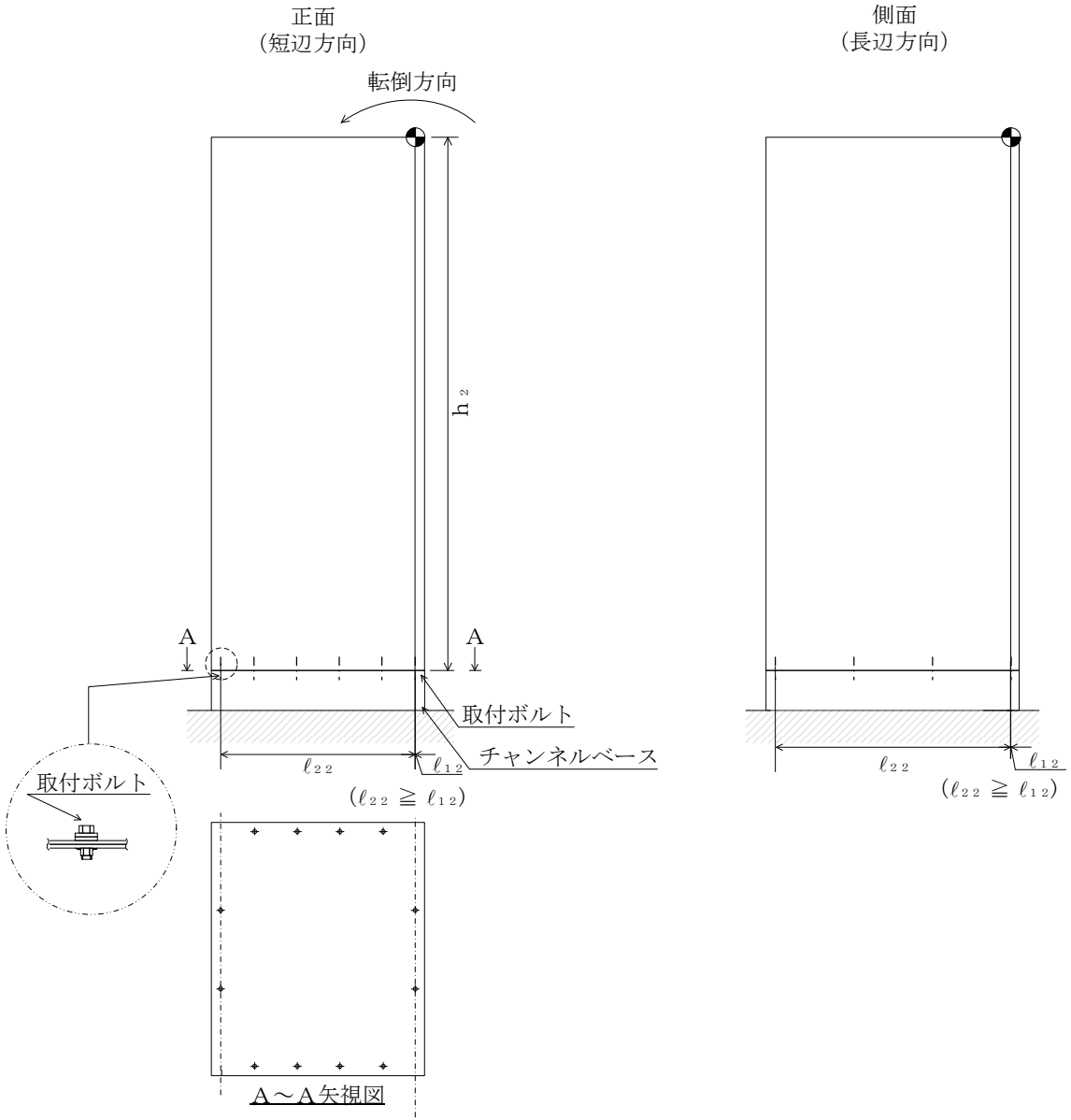
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

1.4.2 電気的機能の評価結果 ($\times9.8\mathrm{m/s^2}$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
通信収容架 A	水平方向	1.39	3.04
	鉛直方向	1.21	2.03

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


正面
（短辺方向）
転倒方向
h2
A
A
取付ボルト
チャンネルベース
ℓ22
ℓ12
(ℓ22 ≧ ℓ12)
取付ボルト
A～A矢視図
側面
（長辺方向）
ℓ22
ℓ12
(ℓ22 ≧ ℓ12)

【通信収容架Bの耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
通信収容架B	常設／その他	緊急時対策所 T.M.S.L.28.45 (T.M.S.L.27.8*)	0.05以下	0.05以下	—	—	C_H＝1.67	C_V＝1.45	40

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)
取付ボルト (i＝2)	780	2000*1	16 (M16)	201.1	12	215 (径＞40mm)	400 (径＞40mm)

部材	ℓ_{1i}*2 (mm)	ℓ_{2i}*2 (mm)	n_{fi}*2	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
取付ボルト (i＝2)	[redacted]	[redacted]	2	—	258	—	短辺方向
	[redacted]	[redacted]	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_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
取付ボルト（ｉ＝2）	―	1.921×10^4	―	1.276×10^4

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト（ｉ＝2）	SS400	引張り	―	―	$\sigma_{bi}=96$	$f_{tsi}=193$*
		せん断	―	―	$\tau_{bi}=6$	$f_{sbi}=148$

すべて許容応力以下である。

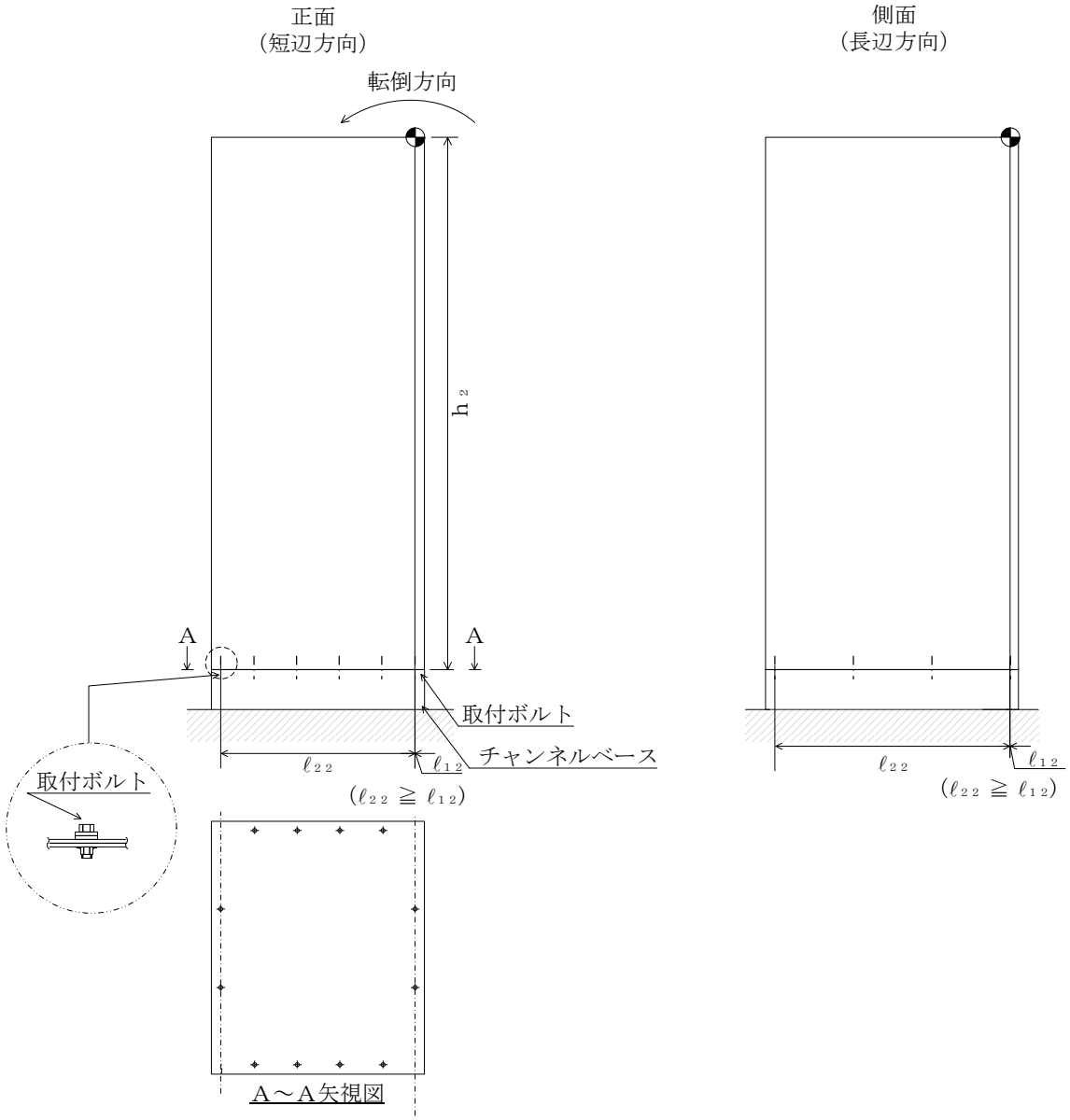
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

1.4.2 電気的機能の評価結果 ($\times9.8\mathrm{m/s^2}$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
通信収容架Ｂ	水平方向	1.39	3.05
	鉛直方向	1.21	2.03

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


正面
(短辺方向)
転倒方向
h2
A
A
取付ボルト
チャンネルベース
ℓ22
ℓ12
(ℓ22 ≧ ℓ12)
取付ボルト
A～A矢視図
側面
(長辺方向)
ℓ22
ℓ12
(ℓ22 ≧ ℓ12)

(5)　通信端末収容台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
4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 4
4.2.2　許容応力 ····· 4
4.2.3　使用材料の許容応力評価条件 ····· 4
4.3　計算条件 ····· 4
5.　機能維持評価 ····· 8
5.1　電気的機能維持評価方法 ····· 8
6.　評価結果 ····· 9
6.1　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 9

1. 概要

統合原子力防災ネットワークを用いた通信連絡設備（テレビ会議システム，IP-電話機及びIP-FAX）（6,7 号機共用）のうち，通信端末収容台は，設計基準対象施設においてはＣクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設重大事故等対処設備（防止でも緩和でもない設備）に分類される。通信端末収容台の評価においては，Ⅴ-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Ｓｓ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。

通信端末収容台は重大事故等対処設備として基準地震動Ｓｓによる機能維持が要求されることから本計算書は，Ⅴ-2-1-1「耐震設計の基本方針」の「5.　機能維持の基本方針」及びⅤ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針を準用し，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

なお，通信端末収容台は，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法」に記載の直立形盤であるため，Ⅴ-2-1-14「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。

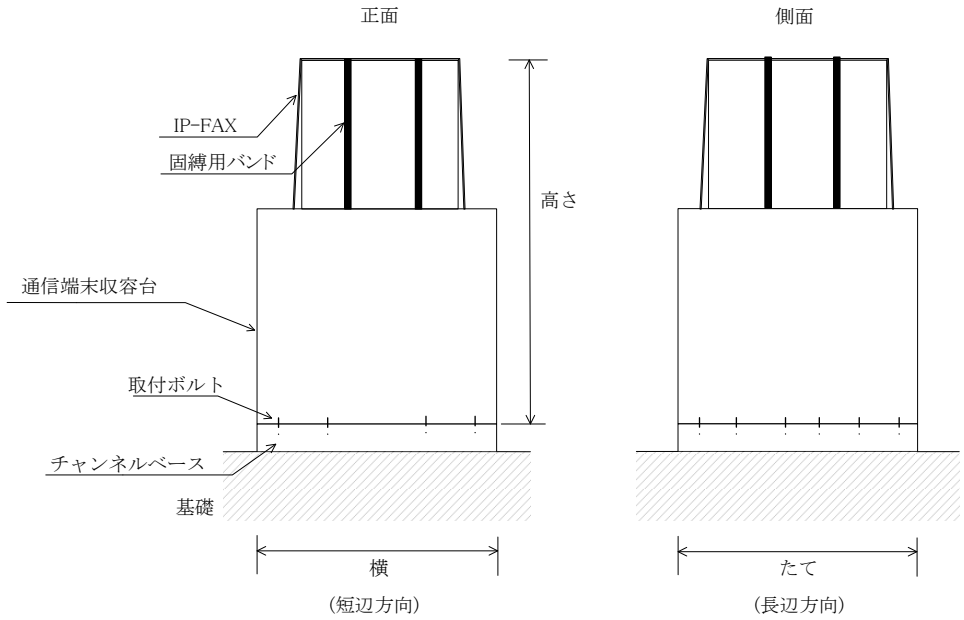
2. 一般事項

2.1 構造計画

通信端末収容台の構造計画を表 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	
通信端末収容台は，基礎に固定されたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。 IP-FAX は，固縛用バンドにて通信端末収容台に設置する。	直立形 （鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤）	【通信端末収容台】



	通信端末収容台①	通信端末収容台②
たて	840	840
横	780	780
高さ	1289	1289

（単位：mm）

3.　固有周期

3.1　固有周期の確認

通信端末収容台の固有周期は，構造が同等であり，同様な振動特性を持つ盤に対する振動試験（自由振動試験）の結果確認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）

名称	方向	固有周期
通信端末収容台①	水平	0.05 以下
	鉛直	0.05 以下
通信端末収容台②	水平	0.05 以下
	鉛直	0.05 以下

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

通信端末収容台の構造強度評価は，Ⅴ-2-1-14「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

通信端末収容台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

通信端末収容台の許容応力は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4－2 のとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

通信端末収容台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【通信端末収容台①の耐震性についての計算結果】及び【通信端末収容台②の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御系統施設	その他の計測制御系統施設	通信端末収容台	常設／その他	—*2	D＋P_D＋M_D＋Ｓｓ*3	$Ⅳ_AS$
					D＋P_{SAD}＋M_{SAD}＋Ｓｓ	$Ⅴ_AS$（$Ⅴ_AS$として$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）
その他発電用原子炉の附属施設	緊急時対策所	通信端末収容台	常設／その他	—*2	D＋P_D＋M_D＋Ｓｓ*3	$Ⅳ_AS$
					D＋P_{SAD}＋M_{SAD}＋Ｓｓ	$Ⅴ_AS$（$Ⅴ_AS$として$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記＊1：「常設／その他」は常設重大事故等対処設備（防止でも緩和でもない設備）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}＋Ｓｓ」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4－2　許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 4－3　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
取付ボルト	SS400 (径＞40mm)	周囲環境温度	40	215	400	―

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

通信端末収容台の電気的機能維持評価は，V-2-1-14「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。

通信端末収容台に設置される器具の機能確認済加速度は，V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，同形式の器具単体の正弦波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表5－1に示す。

表5－1　機能確認済加速度　　(×9.8m/s^2)

評価部位	方向	機能確認済加速度
通信端末収容台①	水平	3.01
	鉛直	2.10
通信端末収容台②	水平	3.01
	鉛直	2.31

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

通信端末収容台の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【通信端末収容台①の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
通信端末収容台①	常設／その他	緊急時対策所 T.M.S.L.28.45 (T.M.S.L.27.8*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C_H＝1.67	C_V＝1.45	40

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)
取付ボルト (ｉ＝2)	230	700*1	16 (M16)	201.1	16	215 (径＞40mm)	400 (径＞40mm)

部材	ℓ_{1i}*2 (mm)	ℓ_{2i}*2 (mm)	n_{fi}*2	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
取付ボルト (ｉ＝2)	0*1	640*1	6	—	258	—	長辺方向
	0*1	710*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_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
取付ボルト（ｉ＝2）	―	1.181×10^{3}	―	3.764×10^{3}

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト（ｉ＝2）	SS400	引張り	―	―	$\sigma_{bi}=6$	$f_{tsi}=193$*
		せん断	―	―	$\tau_{bi}=2$	$f_{sbi}=148$

すべて許容応力以下である。

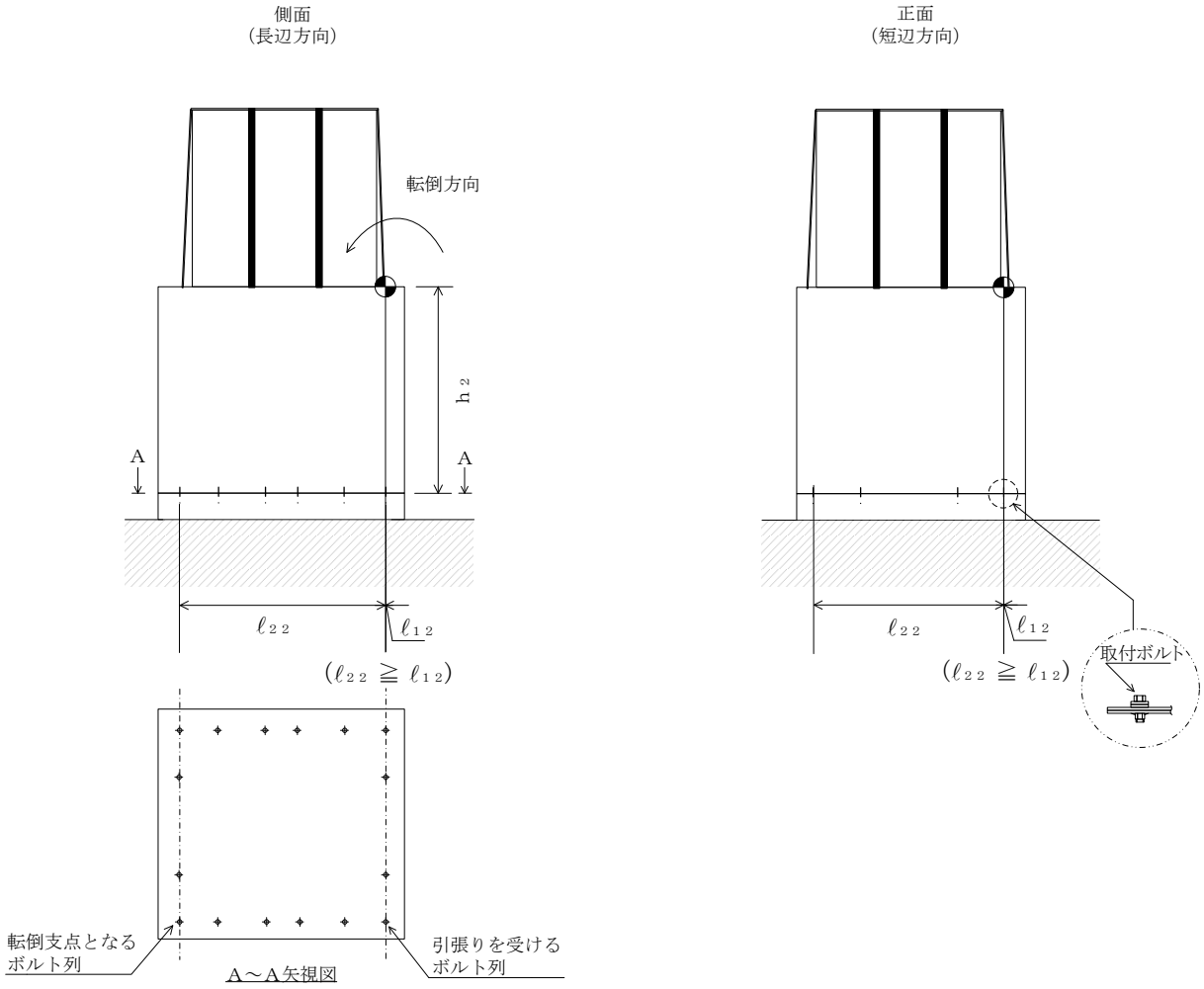
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

1.4.2 電気的機能の評価結果 ($\times9.8\mathrm{m/s^2}$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
通信端末収容台①	水平方向	1.39	3.01
	鉛直方向	1.21	2.10

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


側面
(長辺方向)
転倒方向
h2
A
A
ℓ22
ℓ12
(ℓ22 ≧ ℓ12)
転倒支点となる
ボルト列
引張りを受ける
ボルト列
A～A矢視図
正面
(短辺方向)
ℓ22
ℓ12
(ℓ22 ≧ ℓ12)
取付ボルト

【通信端末収容台②の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
通信端末収容台②	常設／その他	緊急時対策所 T.M.S.L.28.45 (T.M.S.L.27.8*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C_H＝1.67	C_V＝1.45	40

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)
取付ボルト (ｉ＝2)	190	700*1	16 (M16)	201.1	16	215 (径＞40mm)	400 (径＞40mm)

部材	ℓ_{1i}*2 (mm)	ℓ_{2i}*2 (mm)	n_{fi}*2	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
取付ボルト (ｉ＝2)	0*1	640*1	6	—	258	—	長辺方向
	0*1	710*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_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
取付ボルト（ｉ＝2）	―	976.0	―	3.109×10^{3}

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト（ｉ＝2）	SS400	引張り	―	―	$\sigma_{bi}=5$	$f_{tsi}=193$*
		せん断	―	―	$\tau_{bi}=1$	$f_{sbi}=148$

すべて許容応力以下である。

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

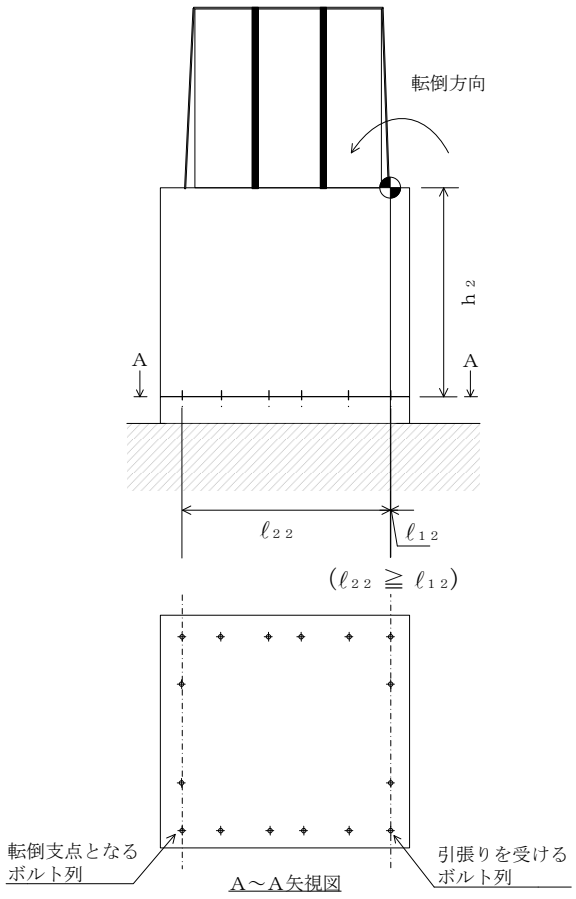
1.4.2 電気的機能の評価結果 ($\times 9.8\mathrm{m/s^2}$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
通信端末収容台②	水平方向	1.39	3.01
	鉛直方向	1.21	2.31

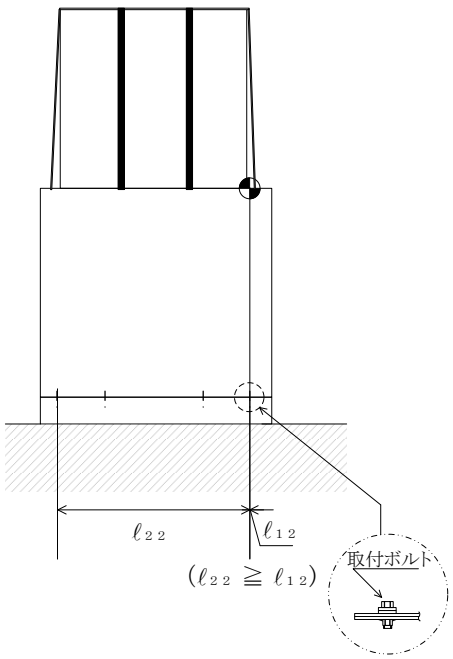
注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

側面
（長辺方向）



正面
（短辺方向）



Ⅴ-2-6-7-16　5 号機屋外緊急連絡用インターフォンの耐震性についての計算書

目　　次

1.　ＴＳＣ屋外緊急連絡用インターフォン ····· 1
1.1　概要 ····· 1
1.2　一般事項 ····· 1
1.2.1　構造計画 ····· 1
1.3　固有周期 ····· 3
1.3.1　固有周期の確認 ····· 3
1.4　構造強度評価 ····· 4
1.4.1　構造強度評価方法 ····· 4
1.4.2　荷重の組合せ及び許容応力 ····· 4
1.4.3　計算条件 ····· 4
1.5　機能維持評価 ····· 8
1.5.1　電気的機能維持評価方法 ····· 8
1.6　評価結果 ····· 9
1.6.1　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 9
2.　5号機ＴＳＣ屋外緊急連絡用インターフォン子機 ····· 22
2.1　概要 ····· 22
2.2　一般事項 ····· 22
2.2.1　構造計画 ····· 22
2.3　固有周期 ····· 24
2.3.1　固有周期の確認 ····· 24
2.4　構造強度評価 ····· 25
2.4.1　構造強度評価方法 ····· 25
2.4.2　荷重の組合せ及び許容応力 ····· 25
2.4.3　計算条件 ····· 25
2.5　機能維持評価 ····· 29
2.5.1　電気的機能維持評価方法 ····· 29
2.6　評価結果 ····· 30
2.6.1　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 30

1.　ＴＳＣ屋外緊急連絡用インターフォン

1.1　概要

本計算書は，Ｖ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，ＴＳＣ屋外緊急連絡用インターフォンが設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

ＴＳＣ屋外緊急連絡用インターフォンは，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。

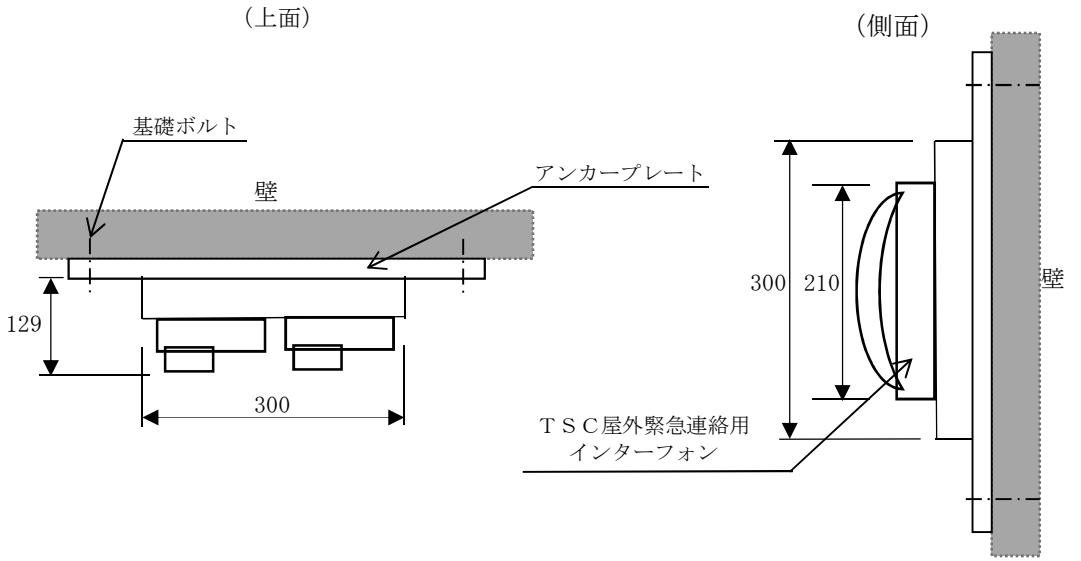
なお，ＴＳＣ屋外緊急連絡用インターフォンは，Ｖ-2-1-14「計算書作成の方法」に記載の壁掛形盤と同一評価方針及び評価方法にて耐震計算を行うため，Ｖ-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-9　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

1.2　一般事項

1.2.1　構造計画

ＴＳＣ屋外緊急連絡用インターフォンの構造計画を表 1－2－1 に示す。

表1－2－1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
ＴＳＣ屋外緊急連絡用インターフォンは，アンカープレートによって取り付けられ，アンカープレートは基礎ボルトで壁に固定する。	壁掛形 （受話器と本体からなるインターフォン）	【ＴＳＣ屋外緊急連絡用インターフォン】  （単位：mm）

1.3　固有周期

1.3.1　固有周期の確認

振動試験装置により固有振動数を測定する。測定の結果，固有周期は 0.05 秒以下であり剛であることを確認した。固有周期の確認結果を表 1－3－1 に示す。

表 1－3－1　固有周期　　（単位：s）

水平	0.05 以下
鉛直	0.05 以下

1.4　構造強度評価

1.4.1　構造強度評価方法

ＴＳＣ屋外緊急連絡用インターフォンの構造強度評価は，Ⅴ-2-1-14「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。

1.4.2　荷重の組合せ及び許容応力

1.4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

ＴＳＣ屋外緊急連絡用インターフォン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1－4－1に示す。

1.4.2.2　許容応力

ＴＳＣ屋外緊急連絡用インターフォンの許容応力は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表1－4－2のとおりとする。

1.4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

ＴＳＣ屋外緊急連絡用インターフォン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1－4－3に示す。

1.4.3　計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【ＴＳＣ屋外緊急連絡用インターフォン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1－4－1　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	ＴＳＣ屋外緊急連絡用インターフォン	常設／防止 常設／緩和	－*2	Ｄ＋P_D＋M_D＋Ｓｓ*3	ⅣＡＳ
					Ｄ＋P_{SAD}＋M_{SAD}＋Ｓｓ	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 1－4－2　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 1－4－3　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
基礎ボルト	SS400 (40mm＜径)	周囲環境温度	40	215	400	－

1.5　機能維持評価

1.5.1　電気的機能維持評価方法

ＴＳＣ屋外緊急連絡用インターフォンの電気的機能維持評価は，Ｖ-2-1-14「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。

ＴＳＣ屋外緊急連絡用インターフォンの機能確認済加速度は，Ｖ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，当該器具と同形式の器具単体の正弦波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 1－5－1 に示す。

表 1－5－1　機能確認済加速度　　（×9.8m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
ＴＳＣ屋外緊急連絡用インターフォン(A) (5 号機原子炉建屋内緊急時対策所 (対策本部・高気密室))	水平	
	鉛直	
ＴＳＣ屋外緊急連絡用インターフォン(B) (5 号機原子炉建屋内緊急時対策所 (対策本部・高気密室))	水平	
	鉛直	
ＴＳＣ屋外緊急連絡用インターフォン(A) (中央制御室)	水平	
	鉛直	
ＴＳＣ屋外緊急連絡用インターフォン(B) (中央制御室)	水平	
	鉛直	

1.6　評価結果

1.6.1　重大事故等対処設備としての評価結果

ＴＳＣ屋外緊急連絡用インターフォンの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1)　構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2)　機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【ＴＳＣ屋外緊急連絡用インターフォン(A)（5 号機原子炉建屋内緊急時対策所（対策本部・高気密室））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_d又は静的震度		基準地震動S_S		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
ＴＳＣ屋外緊急連絡用インターフォン(A) (5 号機原子炉建屋内 緊急時対策所 (対策本部・高気密室))	常設／防止 常設／緩和	緊急時対策所 T.M.S.L. 27.8 (T.M.S.L. 33.0*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C_H=1.80	C_V=1.47	40

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m (kg)	h (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	n	S_y (MPa)	S_u (MPa)
基礎ボルト	67	164	12 (M12)	113.1	4	215	400

部材	ℓ_1*2 (mm)	ℓ_2*2 (mm)	ℓ_3*2 (mm)	n_{fV}*2	n_{fH}*2	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	465*1	430*1	430	2	2	258	—	側面方向
	465*1	430*1	430	2	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：基礎ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 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	―	949.0	―	2.008×10^3

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_d又は静的震度		基準地震動S_S	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	―	―	$\sigma_b=9$	$f_{ts}=154$*
		せん断	―	―	$\tau_b=5$	$f_{sb}=119$

すべて許容応力以下である。

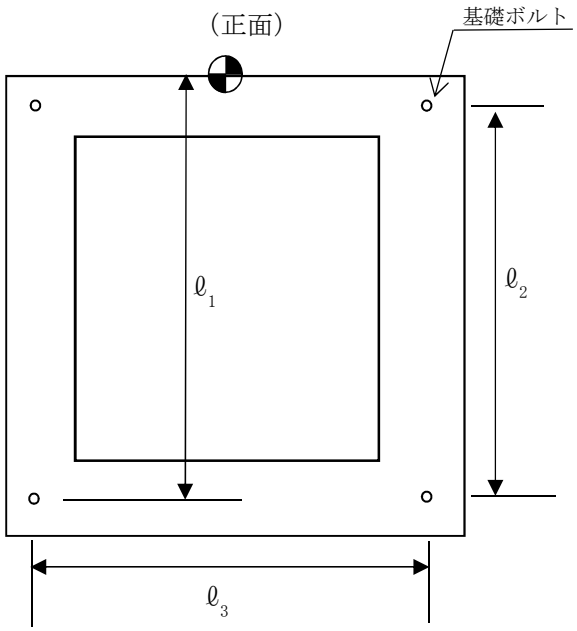
注記＊：$f_{ts}=Min[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}]$

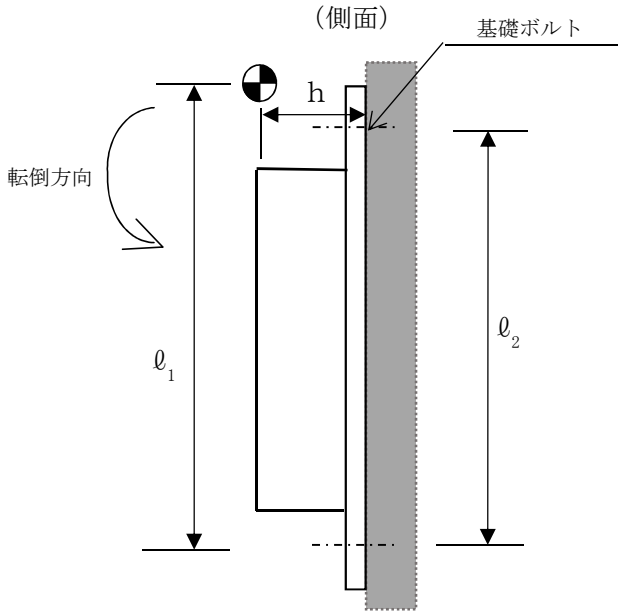
1.4.2 電気的機能の評価結果 ($\times9.8m/s^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
5号機屋外緊急連絡用インターフォン(A) (5号機原子炉建屋内緊急時対策所 (対策本部・高気密室))	水平方向	1.50	
	鉛直方向	1.23	

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


（正面）
基礎ボルト
ℓ1
ℓ2
ℓ3


（側面）
基礎ボルト
h
転倒方向
ℓ1
ℓ2

【ＴＳＣ屋外緊急連絡用インターフォン(B)（5号機原子炉建屋内緊急時対策所（対策本部・高気密室））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_d又は静的震度		基準地震動S_S		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
ＴＳＣ屋外緊急連絡用インターフォン(B)（5号機原子炉建屋内緊急時対策所（対策本部・高気密室））	常設／防止 常設／緩和	緊急時対策所 T.M.S.L. 27.8 (T.M.S.L. 33.0*)	0.05以下	0.05以下	—	—	C_H=1.80	C_V=1.47	40

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m (kg)	h (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	n	S_y (MPa)	S_u (MPa)
基礎ボルト	67	164	12 (M12)	113.1	4	215	400

部材	ℓ_1*2 (mm)	ℓ_2*2 (mm)	ℓ_3*2 (mm)	n_{fV}*2	n_{fH}*2	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	465*1	430*1	430	2	2	258	—	側面方向
	465*1	430*1	430	2	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：基礎ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 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	―	949.0	―	2.008×10^3

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_d又は静的震度		基準地震動S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	―	―	$\sigma_b=9$	$f_{ts}=154$*
		せん断	―	―	$\tau_b=5$	$f_{sb}=119$

すべて許容応力以下である。

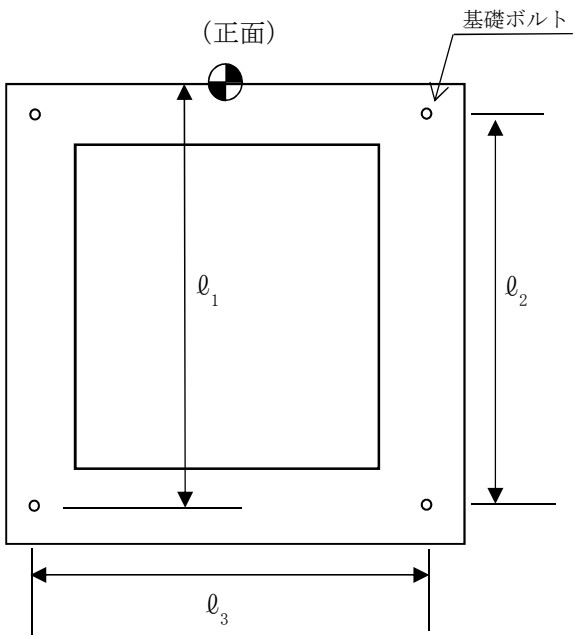
注記＊：$f_{ts}=Min[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}]$

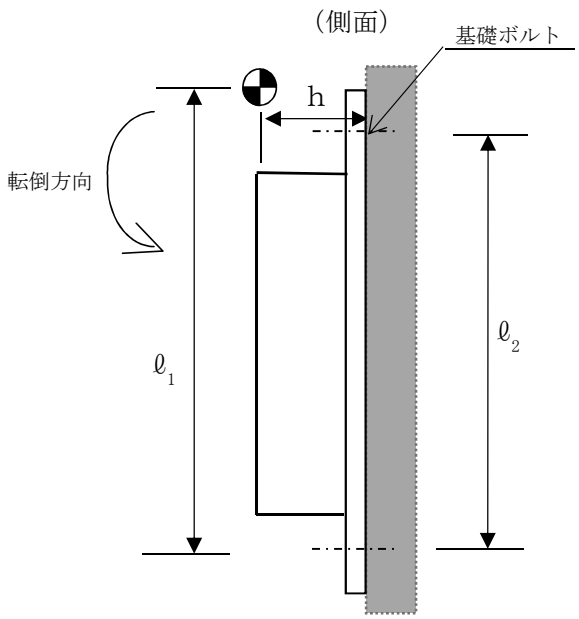
1.4.2 電気的機能の評価結果 ($\times9.8m/s^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
5号機屋外緊急連絡用インターフォン(B) (5号機原子炉建屋内緊急時対策所 (対策本部・高気密室))	水平方向	1.50	[redacted]
	鉛直方向	1.23	

注記＊：基準地震動S_sにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


（正面）
基礎ボルト
ℓ1
ℓ2
ℓ3


（側面）
基礎ボルト
h
転倒方向
ℓ1
ℓ2

【ＴＳＣ屋外緊急連絡用インターフォン(A)（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_d又は静的震度		基準地震動S_S		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
ＴＳＣ屋外緊急連絡用インターフォン(A)（中央制御室）	常設／防止 常設／緩和	緊急時対策所 T.M.S.L. 20.3 (T.M.S.L. 27.8) *	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C_H=1.65	C_V=1.45	40

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m (kg)	h (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	n	S_y (MPa)	S_u (MPa)
基礎ボルト	27	145	12 (M12)	113.1	4	215	400

部材	ℓ_1*2 (mm)	ℓ_2*2 (mm)	ℓ_3*2 (mm)	n_{fV}*2	n_{fH}*2	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	370*1	340*1	340	2	2	258	—	側面方向
	370*1	340*1	340	2	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：基礎ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 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	―	371.9	―	773.4

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_d又は静的震度		基準地震動S_S	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	―	―	$\sigma_b=4$	$f_{ts}=154$*
		せん断	―	―	$\tau_b=2$	$f_{sb}=119$

すべて許容応力以下である。

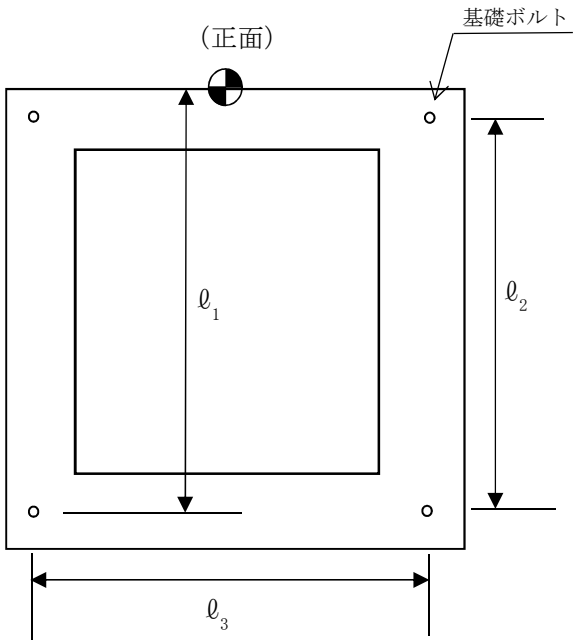
注記＊：$f_{ts}=Min[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}]$

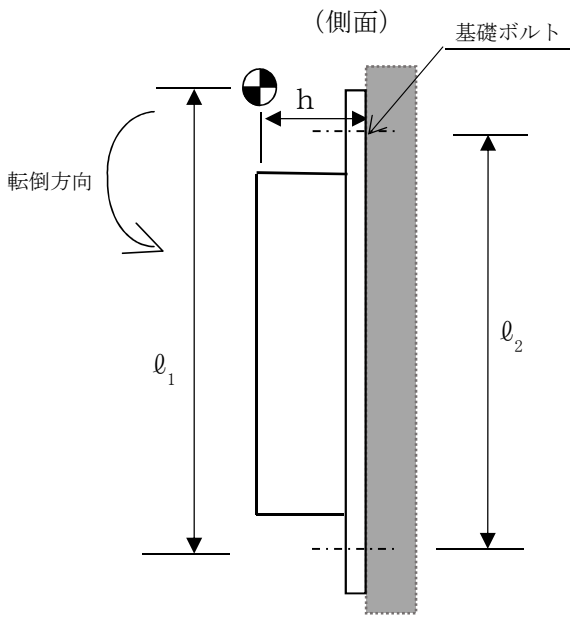
1.4.2 電気的機能の評価結果 ($\times 9.8 m/s^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
ＴＳＣ屋外緊急連絡用インターフォン(A)（中央制御室）	水平方向	1.37	
	鉛直方向	1.21	

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


（正面）
基礎ボルト
ℓ1
ℓ2
ℓ3


（側面）
基礎ボルト
h
転倒方向
ℓ1
ℓ2

【ＴＳＣ屋外緊急連絡用インターフォン(B)（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_d又は静的震度		基準地震動S_S		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
ＴＳＣ屋外緊急連絡用インターフォン(B)（中央制御室）	常設／防止 常設／緩和	緊急時対策所 T.M.S.L. 20.3 (T.M.S.L. 27.8) *	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C_H=1.65	C_V=1.45	40

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m (kg)	h (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	n	S_y (MPa)	S_u (MPa)
基礎ボルト	27	145	12 (M12)	113.1	4	215	400

部材	ℓ_1*2 (mm)	ℓ_2*2 (mm)	ℓ_3*2 (mm)	n_{fV}*2	n_{fH}*2	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	370*1	340*1	340	2	2	258	—	側面方向
	370*1	340*1	340	2	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：基礎ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 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	―	371.9	―	773.4

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_d又は静的震度		基準地震動S_S	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	―	―	$\sigma_b=4$	$f_{ts}=154$*
		せん断	―	―	$\tau_b=2$	$f_{sb}=119$

すべて許容応力以下である。

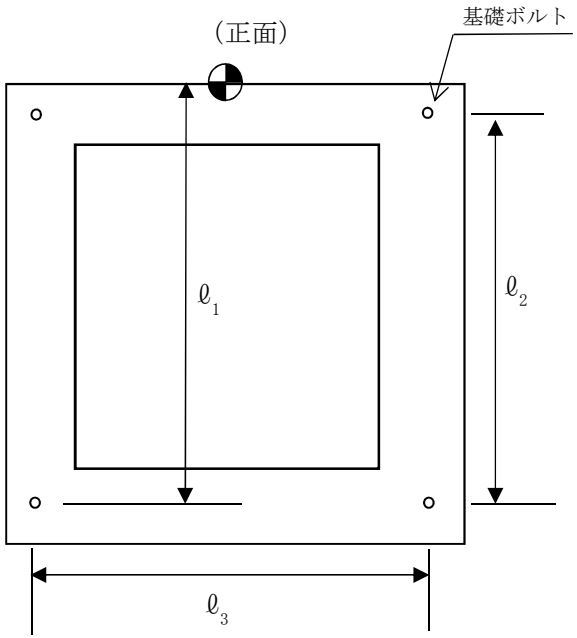
注記＊：$f_{ts}=Min[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}]$

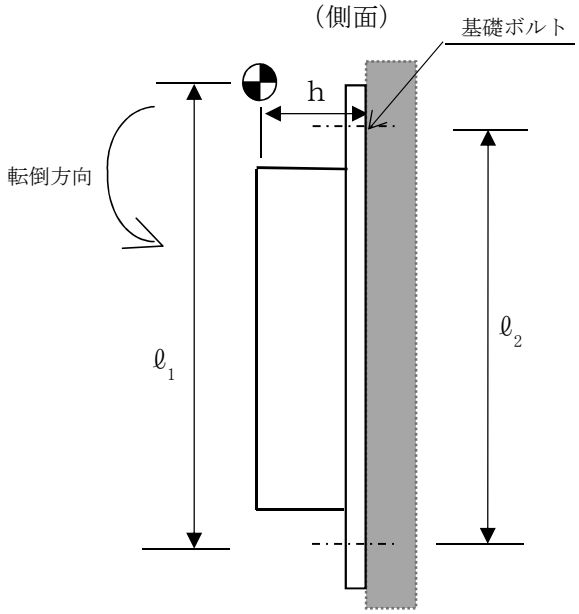
1.4.2 電気的機能の評価結果 ($\times 9.8 m/s^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
ＴＳＣ屋外緊急連絡用インターフォン(B)（中央制御室）	水平方向	1.37	[redacted]
	鉛直方向	1.21	

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


（正面）
基礎ボルト
ℓ1
ℓ2
ℓ3


（側面）
基礎ボルト
h
転倒方向
ℓ1
ℓ2

2.　5 号機ＴＳＣ屋外緊急連絡用インターフォン子機

2.1　概要

本計算書は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，5 号機ＴＳＣ屋外緊急連絡用インターフォン子機が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

5 号機ＴＳＣ屋外緊急連絡用インターフォン子機は，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。

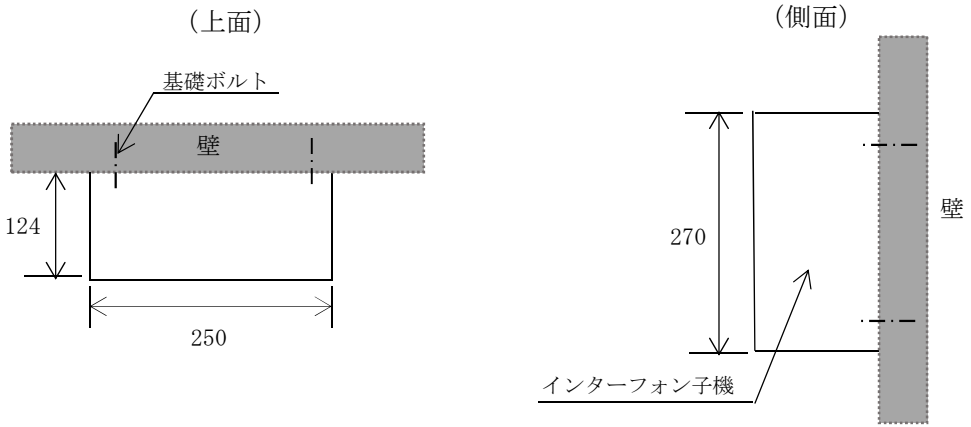
なお，5 号機ＴＳＣ屋外緊急連絡用インターフォン子機は，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法」に記載の壁掛形であるため，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-9　盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2.2　一般事項

2.2.1　構造計画

5 号機ＴＳＣ屋外緊急連絡用インターフォン子機の構造計画を表 2－2－1 に示す。

表 2－2－1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
5 号機ＴＳＣ屋外緊急連絡用インターフォン子機は，基礎ボルトで壁に固定する。	壁掛形 （鋼材及び鋼板を組み合わせた壁掛形の盤）	【5 号機ＴＳＣ屋外緊急連絡用インターフォン子機】  （単位：mm）

2.3　固有周期

2.3.1　固有周期の確認

振動試験装置により固有振動数を測定する。測定の結果，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。固有周期の確認結果を表 2－3－1 に示す。

表 2－3－1　固有周期　　（単位：s）

水平	0.05 以下
鉛直	0.05 以下

2.4　構造強度評価

2.4.1　構造強度評価方法

5 号機ＴＳＣ屋外緊急連絡用インターフォン子機の構造強度評価は，Ⅴ-2-1-14「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。

2.4.2　荷重の組合せ及び許容応力

2.4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

5 号機ＴＳＣ屋外緊急連絡用インターフォン子機の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 2－4－1 に示す。

2.4.2.2　許容応力

5 号機ＴＳＣ屋外緊急連絡用インターフォン子機の許容応力は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 2－4－2 のとおりとする。

2.4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

5 号機ＴＳＣ屋外緊急連絡用インターフォン子機の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 2－4－3 に示す。

2.4.3　計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【5 号機ＴＳＣ屋外緊急連絡用インターフォン子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2－4－1　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	5号機ＴＳＣ屋外緊急連絡用インターフォン子機	常設／防止 常設／緩和	－*2	$D+P_D+M_D+S_S$*3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_S$	V_AS （V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

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

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 2－4－2　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 2－4－3　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
基礎ボルト	SS400 (40mm＜径)	周囲環境温度	40	215	400	―

2.5　機能維持評価

2.5.1　電気的機能維持評価方法

5 号機ＴＳＣ屋外緊急連絡用インターフォン子機の電気的機能維持評価は，Ⅴ-2-1-14「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。

5 号機ＴＳＣ屋外緊急連絡用インターフォン子機の機能確認済加速度は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，当該器具と同形式の器具単体の正弦波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 2－5－1 に示す。

表 2－5－1　機能確認済加速度　　（×9.8m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
5 号機ＴＳＣ屋外緊急連絡用インターフォン子機（1A）	水平	
	鉛直	
5 号機ＴＳＣ屋外緊急連絡用インターフォン子機（1B）	水平	
	鉛直	
5 号機ＴＳＣ屋外緊急連絡用インターフォン子機（2A）	水平	
	鉛直	
5 号機ＴＳＣ屋外緊急連絡用インターフォン子機（2B）	水平	
	鉛直	
5 号機ＴＳＣ屋外緊急連絡用インターフォン子機（3A）	水平	
	鉛直	
5 号機ＴＳＣ屋外緊急連絡用インターフォン子機（3B）	水平	
	鉛直	

2.6　評価結果

2.6.1　重大事故等対処設備としての評価結果

5 号機ＴＳＣ屋外緊急連絡用インターフォン子機の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1)　構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2)　機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【5号機ＴＳＣ屋外緊急連絡用インターフォン子機(1A)の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
5号機ＴＳＣ 屋外緊急連絡用 インターフォン子機 (1A)	常設／防止 常設／緩和	緊急時対策所 T.M.S.L. 12.3 (T.M.S.L. 20.3) *	0.05以下	0.05以下	—	—	C_H=1.56	C_V=1.38	40

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m (kg)	h (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	n	S_y (MPa)	S_u (MPa)
基礎ボルト	20	124	10 (M10)	78.54	4	215	400

部材	ℓ_1*2 (mm)	ℓ_2*2 (mm)	ℓ_3*2 (mm)	n_{fV}*2	n_{fH}*2	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	210*1	110*1	220	2	2	258	—	側面方向
	210*1	110*1	220	2	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：基礎ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3　計算数値

1.3.1　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	―	541.9	―	544.8

1.4　結論

1.4.1　ボルトの応力　　(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_S	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	―	―	$\sigma_b=7$	$f_{ts}=154^*$
		せん断	―	―	$\tau_b=2$	$f_{sb}=119$

すべて許容応力以下である。

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

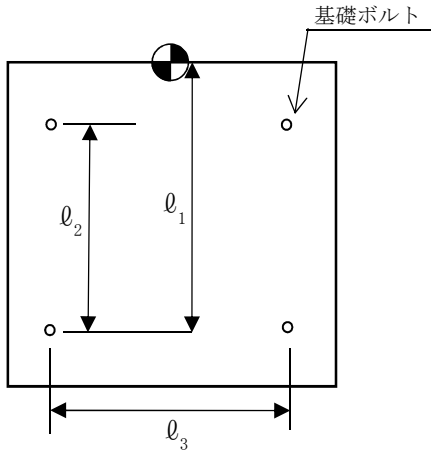
1.4.2　電気的機能の評価結果　　(×9.8m/s^2)

		機能維持評価用加速度＊	機能確認済加速度
5号機ＴＳＣ 屋外緊急連絡用 インターフォン子機 (1A)	水平方向	1.30	[redacted]
	鉛直方向	1.16	

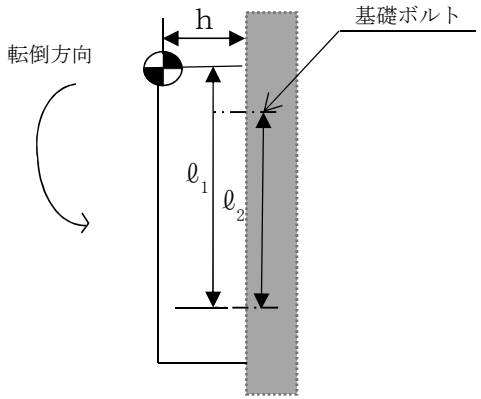
注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

（正面）



（側面）



【5号機ＴＳＣ屋外緊急連絡用インターフォン子機(1B)の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
5号機ＴＳＣ屋外緊急連絡用インターフォン子機 (1B)	常設／防止 常設／緩和	緊急時対策所 T.M.S.L. 12.3 (T.M.S.L. 20.3) *	0.05以下	0.05以下	—	—	C_H=1.56	C_V=1.38	40

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m (kg)	h (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	n	S_y (MPa)	S_u (MPa)
基礎ボルト	20	124	10 (M10)	78.54	4	215	400

部材	ℓ_1*2 (mm)	ℓ_2*2 (mm)	ℓ_3*2 (mm)	n_{fV}*2	n_{fH}*2	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	210*1	110*1	220	2	2	258	—	側面方向
	210*1	110*1	220	2	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：基礎ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3　計算数値

1.3.1　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	―	541.9	―	544.8

1.4　結論

1.4.1　ボルトの応力　　(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_S	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	―	―	$\sigma_b=7$	$f_{ts}=154^*$
		せん断	―	―	$\tau_b=2$	$f_{sb}=119$

すべて許容応力以下である。

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

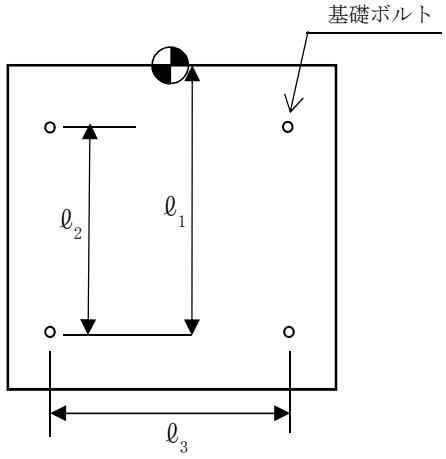
1.4.2　電気的機能の評価結果　　(×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
5号機ＴＳＣ 屋外緊急連絡用 インターフォン子機 (1B)	水平方向	1.30	[redacted]
	鉛直方向	1.16	

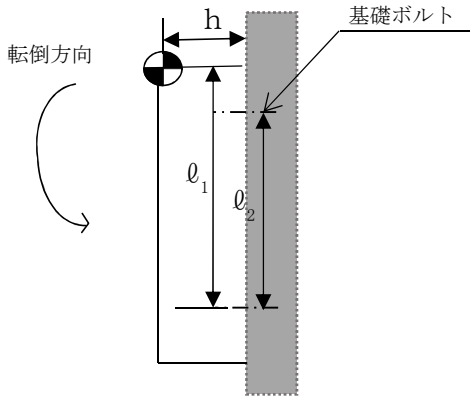
注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

（正面）



（側面）



【5号機ＴＳＣ屋外緊急連絡用インターフォン子機(2A)の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
5号機ＴＳＣ 屋外緊急連絡用 インターフォン子機 (2A)	常設／防止 常設／緩和	緊急時対策所 T.M.S.L. 12.3 (T.M.S.L. 20.3) *	0.05以下	0.05以下	—	—	C_H=1.56	C_V=1.38	40

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m (kg)	h (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	n	S_y (MPa)	S_u (MPa)
基礎ボルト	20	124	10 (M10)	78.54	4	215	400

部材	ℓ_1*2 (mm)	ℓ_2*2 (mm)	ℓ_3*2 (mm)	n_{fV}*2	n_{fH}*2	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	210*1	110*1	220	2	2	258	—	側面方向
	210*1	110*1	220	2	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：基礎ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3　計算数値

1.3.1　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	―	541.9	―	544.8

1.4　結論

1.4.1　ボルトの応力　　(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_S	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	―	―	$\sigma_b=7$	$f_{ts}=154^*$
		せん断	―	―	$\tau_b=2$	$f_{sb}=119$

すべて許容応力以下である。

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

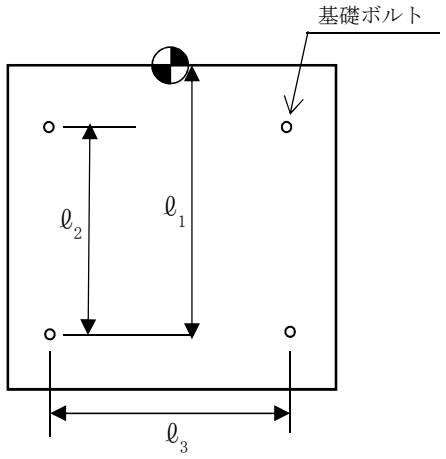
1.4.2　電気的機能の評価結果　　(×9.8m/s^2)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
5号機ＴＳＣ 屋外緊急連絡用 インターフォン子機 (2A)	水平方向	1.30	
	鉛直方向	1.16	

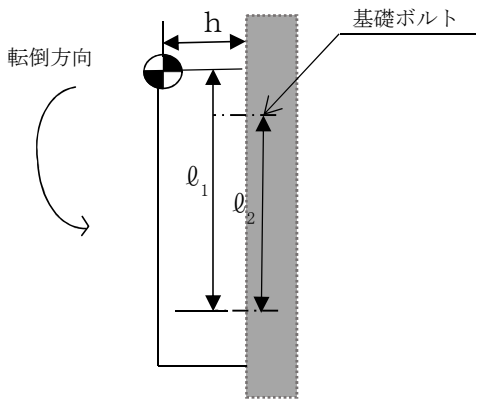
注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

（正面）



（側面）



【5号機ＴＳＣ屋外緊急連絡用インターフォン子機(2B)の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
5号機ＴＳＣ 屋外緊急連絡用 インターフォン子機 (2B)	常設／防止 常設／緩和	緊急時対策所 T.M.S.L. 12.3 (T.M.S.L. 20.3) *	0.05以下	0.05以下	—	—	C_H=1.56	C_V=1.38	40

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m (kg)	h (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	n	S_y (MPa)	S_u (MPa)
基礎ボルト	20	124	10 (M10)	78.54	4	215	400

部材	ℓ_1*2 (mm)	ℓ_2*2 (mm)	ℓ_3*2 (mm)	n_{fV}*2	n_{fH}*2	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	210*1	110*1	220	2	2	258	—	側面方向
	210*1	110*1	220	2	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：基礎ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 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	―	541.9	―	544.8

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_S	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	―	―	$\sigma_b=7$	$f_{ts}=154^*$
		せん断	―	―	$\tau_b=2$	$f_{sb}=119$

すべて許容応力以下である。

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

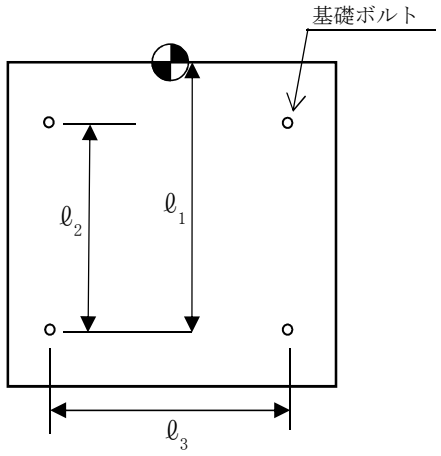
1.4.2 電気的機能の評価結果 ($\times 9.8m/s^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
5号機ＴＳＣ 屋外緊急連絡用 インターフォン子機 (2B)	水平方向	1.30	
	鉛直方向	1.16	

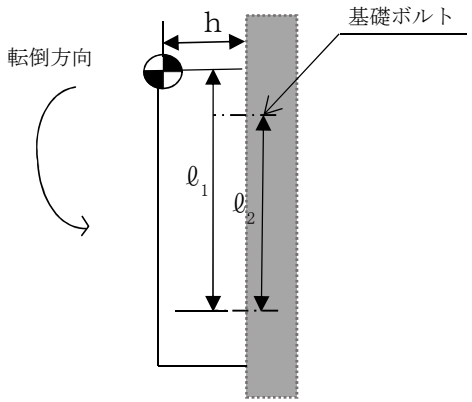
注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

（正面）



（側面）



【5号機ＴＳＣ屋外緊急連絡用インターフォン子機(3A)の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
5号機ＴＳＣ 屋外緊急連絡用 インターフォン子機 (3A)	常設／防止 常設／緩和	緊急時対策所 T.M.S.L. 12.3 (T.M.S.L. 20.3) *	0.05以下	0.05以下	—	—	C_H=1.56	C_V=1.38	40

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m (kg)	h (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	n	S_y (MPa)	S_u (MPa)
基礎ボルト	20	124	10 (M10)	78.54	4	215	400

部材	ℓ_1*2 (mm)	ℓ_2*2 (mm)	ℓ_3*2 (mm)	n_{fV}*2	n_{fH}*2	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	210*1	110*1	220	2	2	258	—	側面方向
	210*1	110*1	220	2	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：基礎ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3　計算数値

1.3.1　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	―	541.9	―	544.8

1.4　結論

1.4.1　ボルトの応力　　(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_S	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	―	―	$\sigma_b=7$	$f_{ts}=154^*$
		せん断	―	―	$\tau_b=2$	$f_{sb}=119$

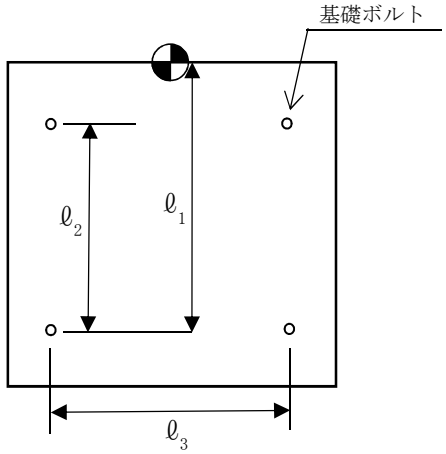
すべて許容応力以下である。　　注記＊：$f_{ts}=Min[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}]$

1.4.2　電気的機能の評価結果　　($\times 9.8 m/s^2$)

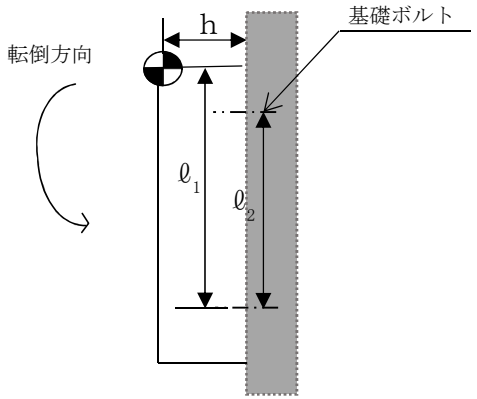
		機能維持評価用加速度＊	機能確認済加速度
5号機ＴＳＣ 屋外緊急連絡用 インターフォン子機 (3A)	水平方向	1.30	[redacted]
	鉛直方向	1.16	

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。
機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

（正面）



（側面）



【5号機ＴＳＣ屋外緊急連絡用インターフォン子機(3B)の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
5号機ＴＳＣ 屋外緊急連絡用 インターフォン子機 (3B)	常設／防止 常設／緩和	緊急時対策所 T.M.S.L. 12.3 (T.M.S.L. 20.3) *	0.05以下	0.05以下	—	—	C_H=1.56	C_V=1.38	40

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m (kg)	h (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	n	S_y (MPa)	S_u (MPa)
基礎ボルト	20	124	10 (M10)	78.54	4	215	400

部材	ℓ_1*2 (mm)	ℓ_2*2 (mm)	ℓ_3*2 (mm)	n_{fV}*2	n_{fH}*2	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	210*1	110*1	220	2	2	258	—	側面方向
	210*1	110*1	220	2	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：基礎ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3　計算数値

1.3.1　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	―	541.9	―	544.8

1.4　結論

1.4.1　ボルトの応力　　(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動S_d又は静的震度		基準地震動S_S	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	―	―	$\sigma_b=7$	$f_{ts}=154^*$
		せん断	―	―	$\tau_b=2$	$f_{sb}=119$

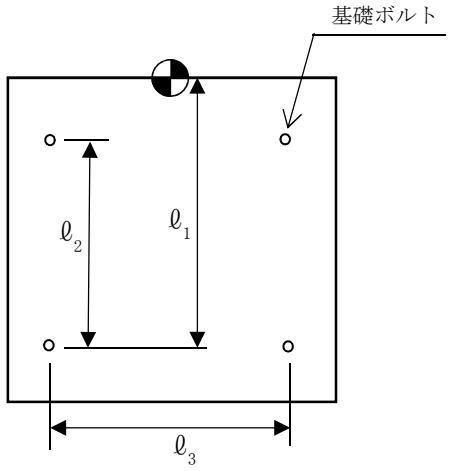
すべて許容応力以下である。　　注記＊：$f_{ts}=Min[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}]$

1.4.2　電気的機能の評価結果　　(×9.8m/s^2)

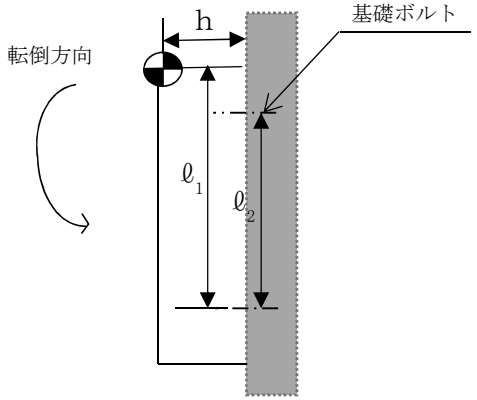
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
5号機ＴＳＣ 屋外緊急連絡用 インターフォン子機 (3B)	水平方向	1.30	[redacted]
	鉛直方向	1.16	

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。
機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

（正面）



（側面）



Ⅴ-2-6-7-17　原子炉圧力容器温度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，V-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，原子炉圧力容器温度が設計用地震力に対して十分な電気的機能を有していることを説明するものである。

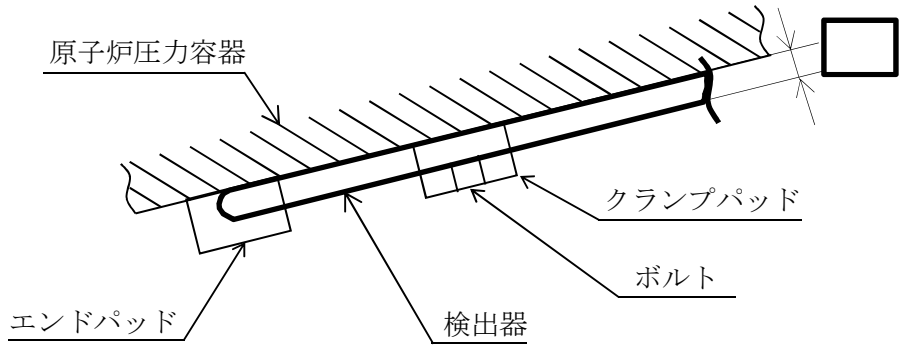
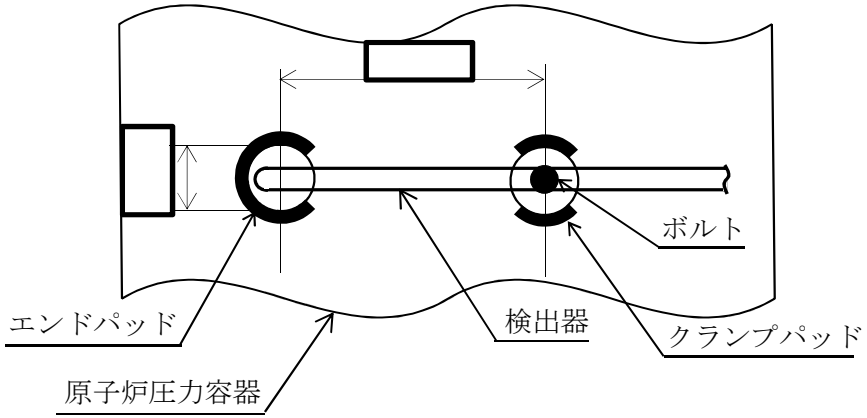
原子炉圧力容器温度は，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての電気的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

原子炉圧力容器温度の構造計画を表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，原子炉圧力容器に直接取り付けられたパッドにボルトを用いて固定する。	熱電対	【原子炉圧力容器温度】  （側面方向）  （正面方向） （単位：mm）

2.2　評価方針

原子炉圧力容器温度の機能維持評価は，Ｖ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電気的機能維持の方針に基づき，地震時の応答加速度が電気的機能確認済加速度以下であることを，「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。

原子炉圧力容器温度の耐震評価フローを図２－１に示す。

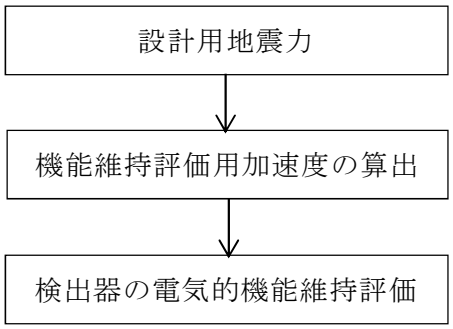


図２－１　原子炉圧力容器温度の耐震評価フロー

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　ＪＥＡＧ４６０１・補-1984（（社）日本電気協会）
・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1987（（社）日本電気協会）
・原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1991　追補版（（社）日本電気協会）

3.　評価部位

原子炉圧力容器温度は，原子炉圧力容器に直接取り付けられたパッドに挿入され固定されることから，原子炉圧力容器が支持している。原子炉圧力容器の構造強度評価はＶ-2-3-3「原子炉圧力容器の耐震性についての計算書」にて実施しているため，本計算書では，Ｖ-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき，基準地震動Ｓｓにより定まる設計用最大応答加速度を用いた原子炉圧力容器温度の電気的機能維持評価について示す。

4. 機能維持評価

原子炉圧力容器温度の電気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

原子炉圧力容器温度は原子炉圧力容器に直接取り付けられたパッドに挿入され固定されることから，機能維持評価用加速度は，Ｖ-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき，基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。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 （×9.8m/s^2）

評価部位	対象機器設置箇所 (m)	方向	機能維持評価用加速度
原子炉圧力容器温度 (B21-TE-022C)	原子炉格納容器内 T.M.S.L.5.951 (T.M.S.L.6.904*1,5.066*2)	水平	1.16
		鉛直	1.20
原子炉圧力容器温度 (B21-TE-023C)	原子炉格納容器内 T.M.S.L.5.117 (T.M.S.L.6.904*1,5.066*2)	水平	1.16
		鉛直	1.20

注記＊1：水平方向基準床レベルを示す。

＊2：鉛直方向基準床レベルを示す。

4.2　機能確認済加速度

原子炉圧力容器温度の機能確認済加速度には，Ｖ-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気的機能の健全性を確認した加速度を適用する。

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^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
原子炉圧力容器温度 (B21-TE-022C)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]
原子炉圧力容器温度 (B21-TE-023C)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]

5. 評価結果

5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

原子炉圧力容器温度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気的機能が維持されていることを確認した。

(1) 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。

【原子炉圧力容器温度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 電気的機能維持の評価結果

(×9.8m/s^2)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉圧力容器温度 (B21-TE-022C)	水平方向	1.16	[redacted]
	鉛直方向	1.20	[redacted]
原子炉圧力容器温度 (B21-TE-023C)	水平方向	1.16	[redacted]
	鉛直方向	1.20	[redacted]

注記＊：機能維持評価用加速度は，設計用最大応答加速度Ⅰ（1.0・ZPA）又は設計用最大応答加速度Ⅱ（1.0・ZPA）のいずれか大きい値とする。

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。

7

Ⅴ-2-6-7-18　フィルタ装置水位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
4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 4
4.2.2　許容応力 ····· 4
4.2.3　使用材料の許容応力 ····· 4
4.3　計算条件 ····· 4
5.　機能維持評価 ····· 8
5.1　電気的機能維持評価方法 ····· 8
6.　評価結果 ····· 9
6.1　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 9

1. 概要

本計算書は，V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，フィルタ装置水位が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

フィルタ装置水位は，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

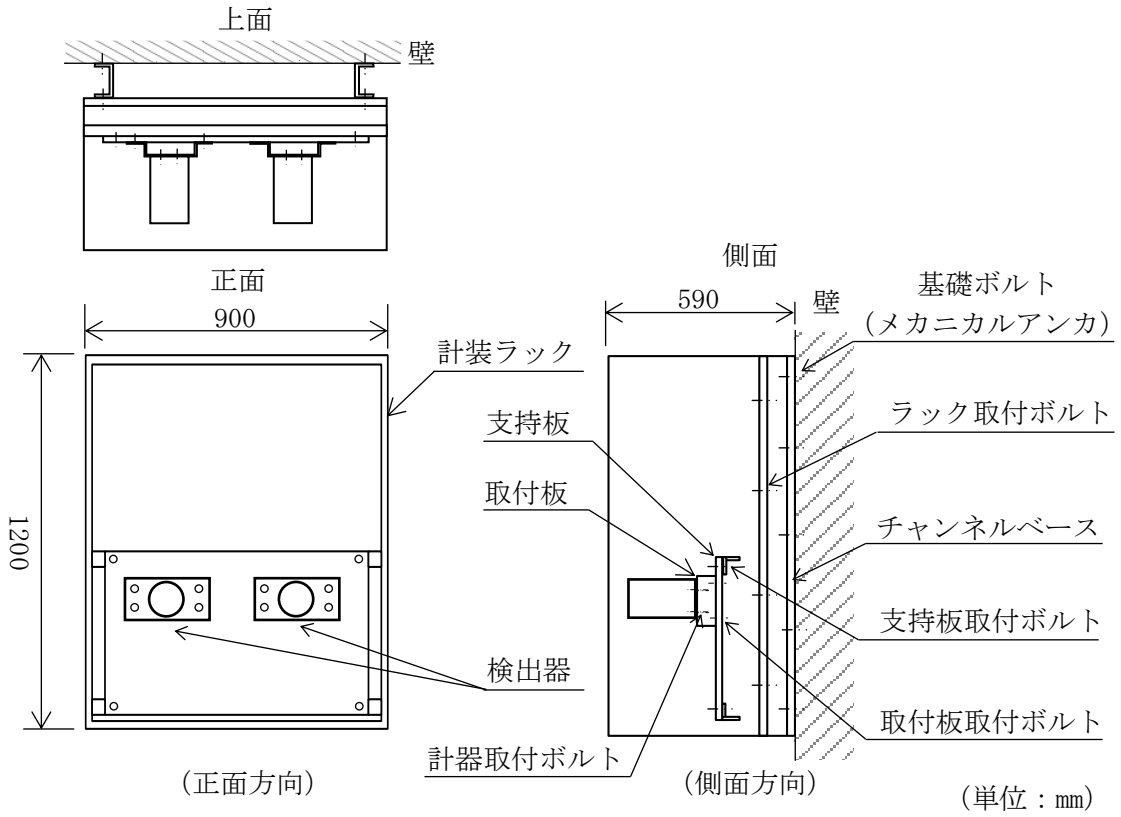
なお，フィルタ装置水位が設置される計装ラックは，V-2-1-14「計算書作成の方法」に記載の壁掛形であるため，V-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-7　計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

フィルタ装置水位の構造計画を表 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，計器取付ボルトにより取付板に固定され，取付板は，取付板取付ボルトにより支持板に固定され，支持板は，支持板取付ボルトにより計装ラックに固定される。 計装ラックは，チャンネルベースにラック取付ボルトで固定され，チャンネルベースは壁に基礎ボルトで設置する。	差圧式水位検出器	【フィルタ装置水位】 

3.　固有周期

3.1　固有周期の確認

プラスチックハンマ等により，当該装置に振動を与え自由減衰振動を固有振動数測定装置（圧電式加速度ピックアップ，振動計，分析器）により記録解析する。試験の結果，剛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）

フィルタ装置水位 (H22-P915)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

フィルタ装置水位の構造強度評価は，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-7　計装ラック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

フィルタ装置水位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

フィルタ装置水位の許容応力は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4－2 のとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力

フィルタ装置水位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【フィルタ装置水位（T61-LT-002A）の耐震性についての計算結果】及び【フィルタ装置水位（T61-LT-002B）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	フィルタ装置水位	常設耐震／防止 常設／緩和	－*2	D＋P_D＋M_D＋Ｓｓ*3	$Ⅳ_AS$
					D＋P_{SAD}＋M_{SAD}＋Ｓｓ	V_AS（V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

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

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表4－2　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 4－3　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
基礎ボルト	SUS304	周囲環境温度	40	205	520	205
ラック取付ボルト	SUS304	周囲環境温度	40	205	520	205

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

フィルタ装置水位の電気的機能維持評価は，V-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-7 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

計装ラックに設置される検出器の機能確認済加速度は，V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，同形式の機器単体の正弦波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した評価部位の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^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
フィルタ装置水位 (T61-LT-002A)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]
フィルタ装置水位 (T61-LT-002B)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

フィルタ装置水位の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【フィルタ装置水位（T61-LT-002A）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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
フィルタ装置水位 (T61-LT-002A)	常設耐震／防止 常設／緩和	格納容器圧力逃がし装置基礎 T.M.S.L. 12.000 (T.M.S.L. 26.300*)	[redacted]	[redacted]	—	—	C_H＝4.58	C_V＝1.76	40

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 フィルタ装置水位（H22-P915）

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	S_{yi}（ＲＴ） (MPa)
基礎ボルト (ｉ＝1)	[redacted]	294	12 (M12)	113.1	10	205	520	205
ラック取付ボルト (ｉ＝2)	[redacted]	194	12 (M12)	113.1	8	205	520	205

部材	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	ℓ_{3i}* (mm)	n_{fvi}*	n_{fHi}*	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト (ｉ＝1)	550	1100	840	2	5	—	246	—	側面方向
	550	1100	840	2	5				
ラック取付ボルト (ｉ＝2)	510	1020	840	2	4	—	246	—	側面方向
	510	1020	840	2	4				

注記＊：各ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト（ｉ＝1）	―	[redacted]	―	[redacted]
ラック取付ボルト（ｉ＝2）	―	[redacted]	―	[redacted]

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト（ｉ＝1）	SUS304	引張り	―	―	σ_{b1}＝37	f_{ts1}＝147*
		せん断	―	―	τ_{b1}＝13	f_{sb1}＝113
ラック取付ボルト（ｉ＝2）	SUS304	引張り	―	―	σ_{b2}＝29	f_{ts2}＝184*
		せん断	―	―	τ_{b2}＝14	f_{sb2}＝142

すべて許容応力以下である。

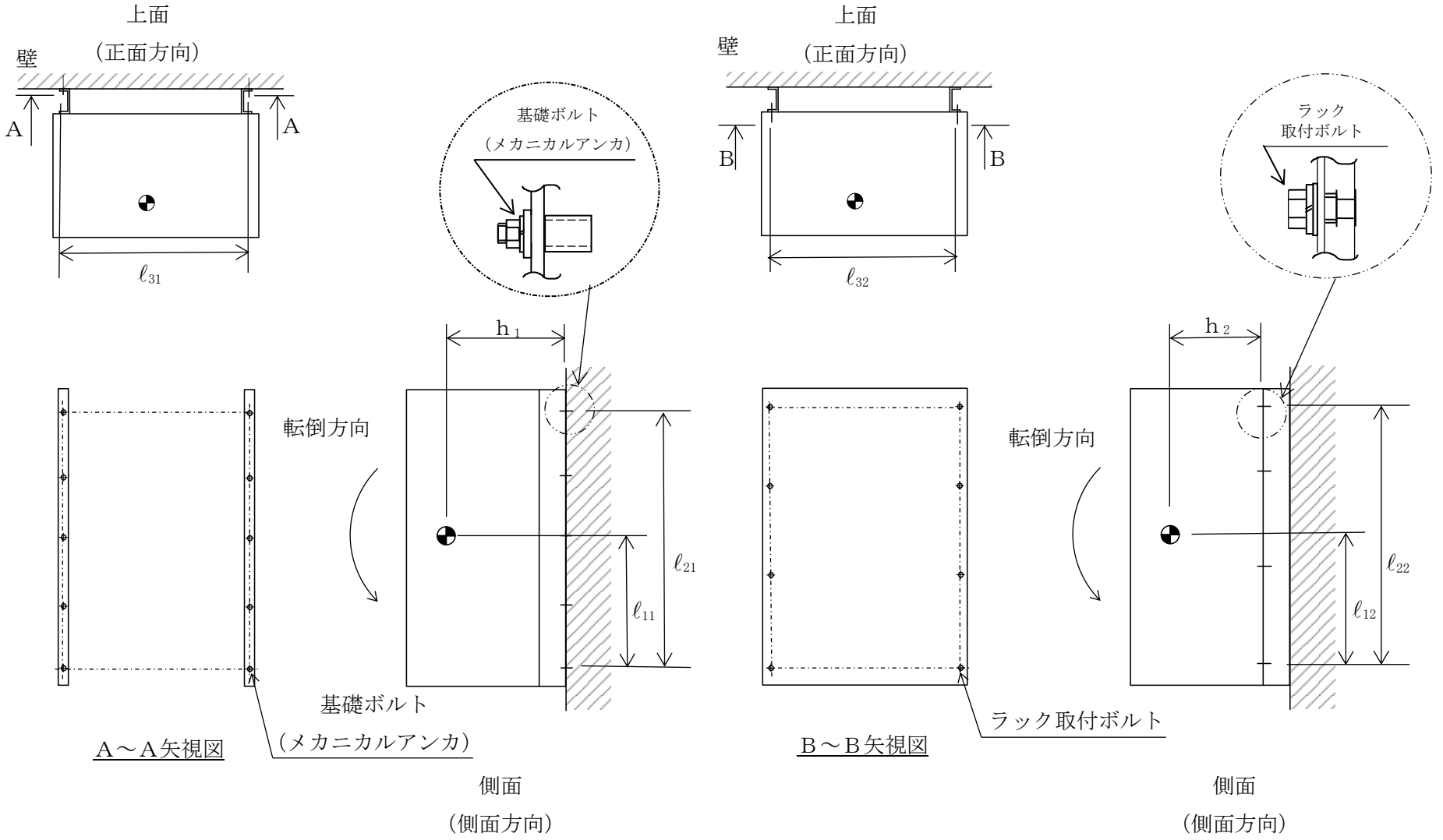
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

1.4.2 電気的機能の評価結果 ($\times 9.8 m/s^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
フィルタ装置水位 (T61-LT-002A)	水平方向	3.82	[redacted]
	鉛直方向	1.46	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


上面
（正面方向）
壁
A
A
ℓ_{31}
基礎ボルト
（メカニカルアンカ）
h_1
転倒方向
ℓ_{21}
ℓ_{11}
基礎ボルト
（メカニカルアンカ）
A～A矢視図
側面
（側面方向）
上面
（正面方向）
壁
B
B
ℓ_{32}
ラック
取付ボルト
h_2
転倒方向
ℓ_{22}
ℓ_{12}
ラック取付ボルト
B～B矢視図
側面
（側面方向）

【フィルタ装置水位（T61-LT-002B）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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
フィルタ装置水位 (T61-LT-002B)	常設耐震／防止 常設／緩和	格納容器圧力逃がし装置基礎 T.M.S.L. 12.000 (T.M.S.L. 26.300*)	[redacted]	[redacted]	—	—	C_H=4.58	C_V=1.76	40

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 フィルタ装置水位 (H22-P915)

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	S_{yi}（RT） (MPa)
基礎ボルト (i＝1)	[redacted]	294	12 (M12)	113.1	10	205	520	205
ラック取付ボルト (i＝2)	[redacted]	194	12 (M12)	113.1	8	205	520	205

部材	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	ℓ_{3i}* (mm)	n_{fvi}*	n_{fHi}*	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト (i＝1)	550	1100	840	2	5	—	246	—	側面方向
	550	1100	840	2	5				
ラック取付ボルト (i＝2)	510	1020	840	2	4	—	246	—	側面方向
	510	1020	840	2	4				

注記＊：各ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト（ｉ＝1）	―	[redacted]	―	[redacted]
ラック取付ボルト（ｉ＝2）	―	[redacted]	―	[redacted]

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト（ｉ＝1）	SUS304	引張り	―	―	σ_{b1}＝37	f_{ts1}＝147*
		せん断	―	―	τ_{b1}＝13	f_{sb1}＝113
ラック取付ボルト（ｉ＝2）	SUS304	引張り	―	―	σ_{b2}＝29	f_{ts2}＝184*
		せん断	―	―	τ_{b2}＝14	f_{sb2}＝142

すべて許容応力以下である。

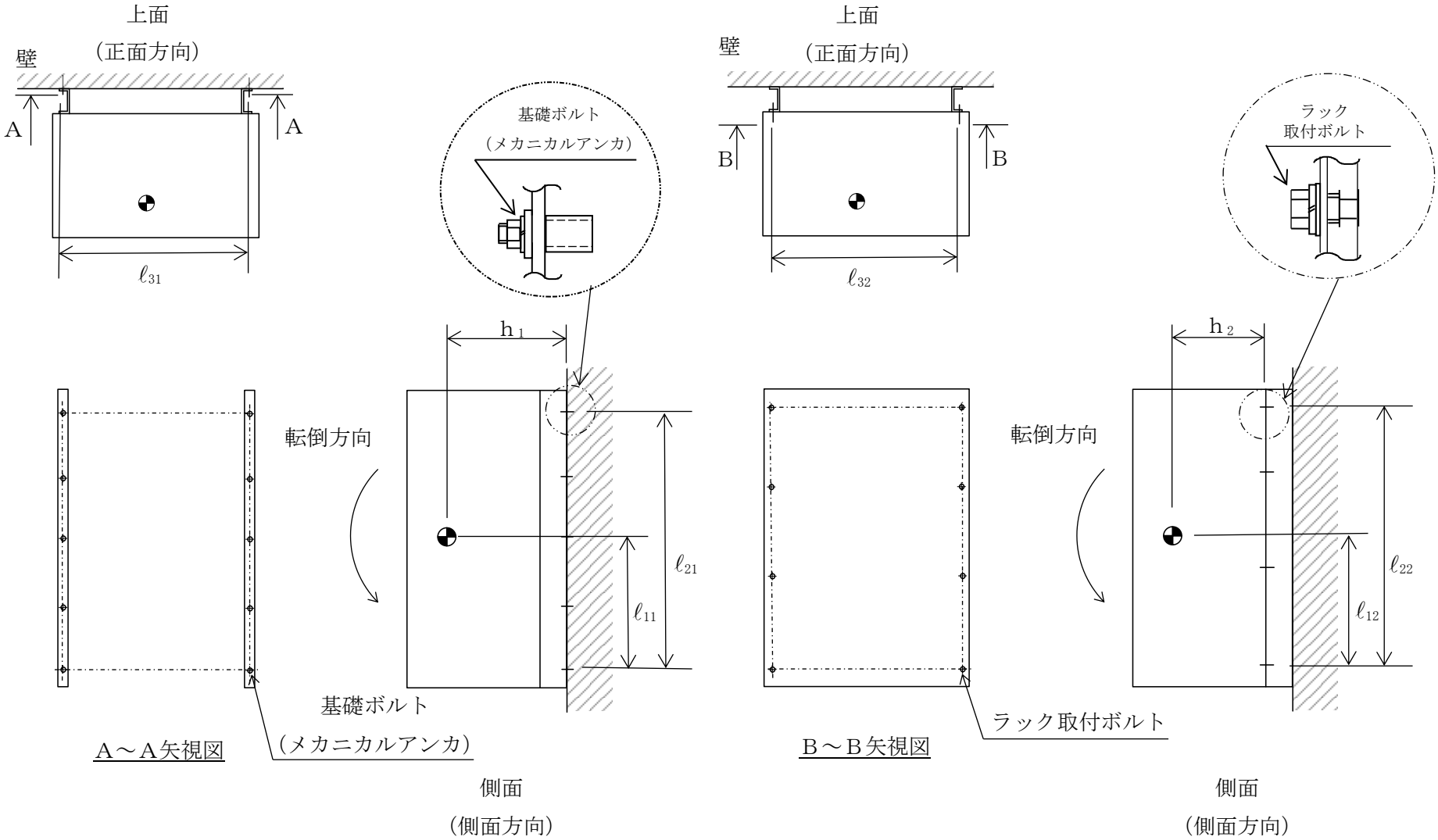
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

1.4.2 電気的機能の評価結果 ($\times 9.8 m/s^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
フィルタ装置水位 (T61-LT-002B)	水平方向	3.82	[redacted]
	鉛直方向	1.46	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


上面
（正面方向）
壁
A
A
ℓ_{31}
基礎ボルト
（メカニカルアンカ）
h_1
転倒方向
ℓ_{21}
ℓ_{11}
基礎ボルト
（メカニカルアンカ）
A～A矢視図
側面
（側面方向）
上面
（正面方向）
壁
B
B
ℓ_{32}
ラック
取付ボルト
h_2
転倒方向
ℓ_{22}
ℓ_{12}
ラック取付ボルト
B～B矢視図
側面
（側面方向）

Ⅴ-2-6-7-19　フィルタ装置入口圧力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
4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 4
4.2.2　許容応力 ····· 4
4.2.3　使用材料の許容応力評価条件 ····· 4
4.3　計算条件 ····· 4
5.　機能維持評価 ····· 8
5.1　電気的機能維持評価方法 ····· 8
6.　評価結果 ····· 9
6.1　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 9

1. 概要

本計算書は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，フィルタ装置入口圧力が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

フィルタ装置入口圧力は，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

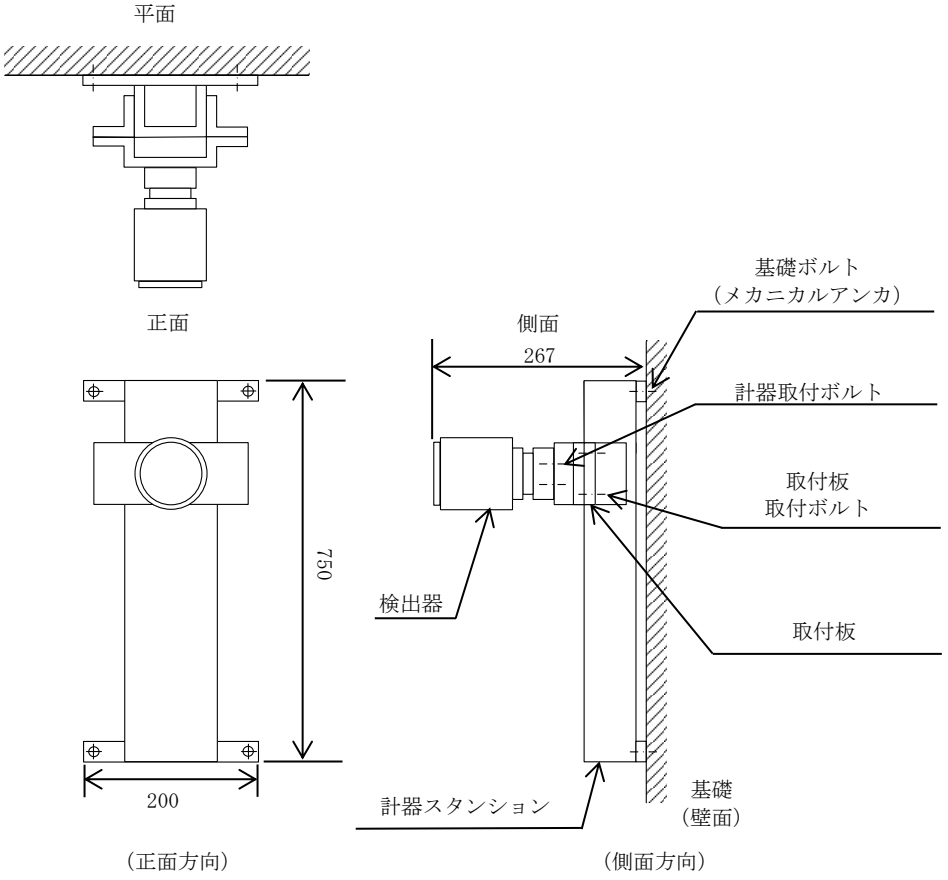
なお，フィルタ装置入口圧力は，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法」に記載の壁掛形であるため，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-8　計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

フィルタ装置入口圧力の構造計画を表 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，計器取付ボルトにより取付板に固定され，取付板は，取付板取付ボルトにより計器スタンションに固定される。計器スタンションは，基礎に基礎ボルトで固定する。	弾性圧力検出器	【フィルタ装置入口圧力】  （単位：mm）

3.　固有周期

3.1　固有周期の確認

プラスチックハンマ等により，当該装置に振動を与え自由減衰振動を固有振動数測定装置（圧電式加速度ピックアップ，振動計，分析器）により記録解析する。試験の結果，剛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）

フィルタ装置入口圧力 （T61-PT-001）	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

フィルタ装置入口圧力の構造強度評価は，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-8　計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

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

フィルタ装置入口圧力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

フィルタ装置入口圧力の許容応力は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4－2 のとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

フィルタ装置入口圧力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【フィルタ装置入口圧力（T61-PT-001）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	フィルタ装置入口圧力	常設耐震／防止 常設／緩和	－*2	$D+P_D+M_D+S_s$ *3	$\mathrm{IV_AS}$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	$\mathrm{V_AS}$ （$\mathrm{V_AS}$として$\mathrm{IV_AS}$の許容限界を用いる。）

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

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4－2　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 4－3　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
基礎ボルト	SS400 (40mm＜径)	周囲環境温度	40	215	400	―

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

フィルタ装置入口圧力の電気的機能維持評価は，V-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-8　計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

スタンションに設置される検出器の機能確認済加速度は，V-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^2)

評価部位	方向	機能確認済加速度
フィルタ装置入口圧力 (T61-PT-001)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

フィルタ装置入口圧力の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【フィルタ装置入口圧力（T61-PT-001）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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
フィルタ装置入口圧力 (T61-PT-001)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋 T.M.S.L. 27.200 (T.M.S.L. 31.700*)	[redacted]	[redacted]	—	—	C_H=1.71	C_V=1.41	40

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 フィルタ装置入口圧力

部材	m (kg)	h_2 (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	n	S_y (MPa)	S_u (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	81	12 (M12)	113.1	4	215 (40mm＜径)	400 (40mm＜径)

部材	ℓ_3* (mm)	ℓ_a* (mm)	ℓ_b* (mm)	n_{fV}*	n_{fH}*	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	331	160	700	2	2	—	258	—	正面方向
	331	160	700	2	2				

注記＊：各ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_b		Q_b	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	—	[redacted]	—	[redacted]

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	—	—	$\sigma_b=2$	$f_{ts}=154^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=2$	$f_{sb}=119$

すべて許容応力以下である。

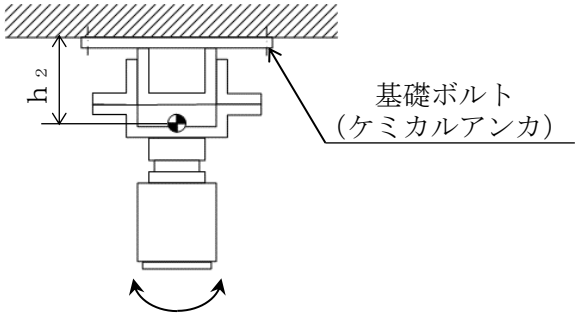
注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}]$

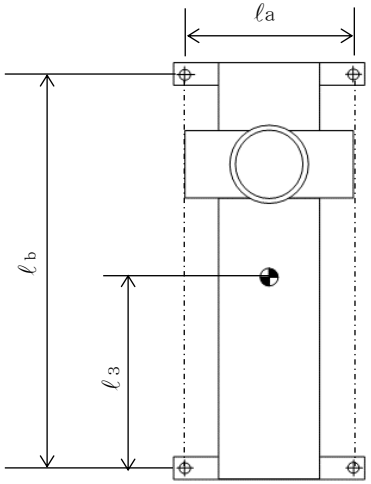
1.4.2 電気的機能の評価結果 ($\times 9.8\mathrm{m/s^2}$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
フィルタ装置入口圧力 (T61-PT-001)	水平方向	1.42	[redacted]
	鉛直方向	1.17	[redacted]

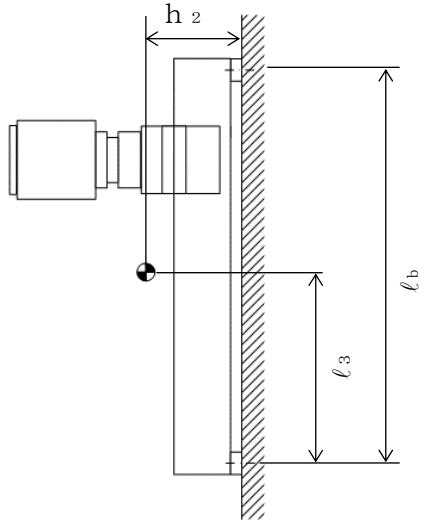
注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。





（正面方向）



（側面方向）

Ⅴ-2-6-7-20　フィルタ装置水素濃度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
4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 4
4.2.2　許容応力 ····· 4
4.2.3　使用材料の許容応力 ····· 4
4.3　計算条件 ····· 4
5.　機能維持評価 ····· 8
5.1　電気的機能維持評価方法 ····· 8
6.　評価結果 ····· 9
6.1　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 9

1. 概要

本計算書は，V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，フィルタ装置水素濃度が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

フィルタ装置水素濃度は，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

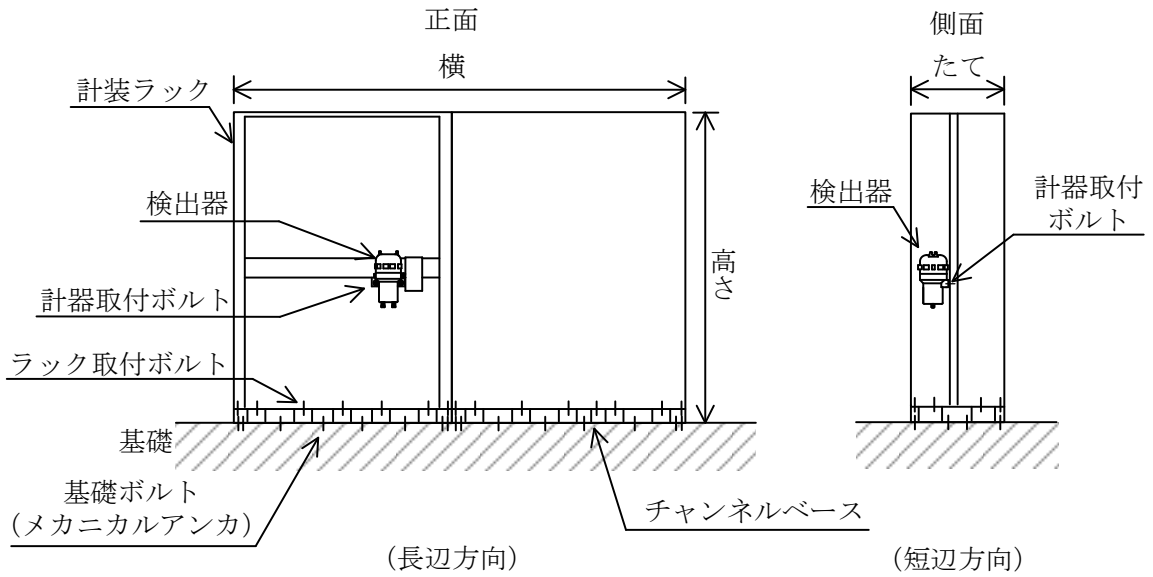
なお，フィルタ装置水素濃度が設置される計装ラックは，V-2-1-14「計算書作成の方法」に記載の直立形であるため，V-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-7　計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

フィルタ装置水素濃度の構造計画を表 2－1 に示す。

表２－１　構造計画

<table>
<tr><th colspan="2">計画の概要</th><th rowspan="2">概略構造図</th></tr>
<tr><th>基礎・支持構造</th><th>主体構造</th></tr>
<tr><td>検出器は，計器取付ボルトにより計装ラックに固定される。
計装ラックは，チャンネルベースにラック取付ボルトで固定され，チャンネルベースは基礎に基礎ボルトで設置する。</td><td>熱伝導式水素検出器</td><td>【フィルタ装置水素濃度】


<table>
<tr><th>機器名称</th><th>フィルタ装置水素濃度
(H22-P912)</th><th>フィルタ装置水素濃度
(H22-P913-1)</th></tr>
<tr><td>たて</td><td>600</td><td>600</td></tr>
<tr><td>横</td><td>2900</td><td>3500</td></tr>
<tr><td>高さ</td><td>2000</td><td>2000</td></tr>
</table>
(単位：mm)</td></tr>
</table>

3.　固有周期

3.1　固有周期の確認

プラスチックハンマ等により，当該装置に振動を与え自由減衰振動を固有振動数測定装置（圧電式加速度ピックアップ，振動計，分析器）により記録解析する。試験の結果，剛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)

フィルタ装置水素濃度 (H22-P912)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]
フィルタ装置水素濃度 (H22-P913-1)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

フィルタ装置水素濃度の構造強度評価は，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-7　計装ラック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

フィルタ装置水素濃度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

フィルタ装置水素濃度の許容応力は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4－2 のとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力

フィルタ装置水素濃度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【フィルタ装置水素濃度（T61-H2E-104）の耐震性についての計算結果】及び【フィルタ装置水素濃度（T61-H2E-134）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	フィルタ装置水素濃度	常設耐震／防止 常設／緩和	－*2	D＋P_D＋M_D＋Ｓｓ*3	$Ⅳ_AS$
					D＋P_{SAD}＋M_{SAD}＋Ｓｓ	V_AS（V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

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

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4－2　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 （ボルト等）	
	一次応力	
	引張り	せん断
ⅣＡＳ	1.5・ｆｔ*	1.5・ｆｓ*
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 (℃)		Ｓｙ (MPa)	Ｓｕ (MPa)	Ｓｙ（ＲＴ） (MPa)
基礎ボルト (H22-P912)	SS400 (40mm＜径)	周囲環境温度	50	211	394	―
ラック取付ボルト (H22-P912)	SS400 (40mm＜径)	周囲環境温度	50	211	394	―
基礎ボルト (H22-P913-1)	SS400 (40mm＜径)	周囲環境温度	50	211	394	―
ラック取付ボルト (H22-P913-1)	SS400 (40mm＜径)	周囲環境温度	50	211	394	―

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

フィルタ装置水素濃度の電気的機能維持評価は，V-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-7　計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

計装ラックに設置される検出器の機能確認済加速度は，V-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^2)

評価部位	方向	機能確認済加速度
フィルタ装置水素濃度 (T61-H2E-104)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]
フィルタ装置水素濃度 (T61-H2E-134)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

フィルタ装置水素濃度の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【フィルタ装置水素濃度（T61-H2E-104）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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
フィルタ装置水素濃度 (T61-H2E-104)	常設耐震／防止 常設／緩和	原子炉建屋 T.M.S.L. 23.500*	[redacted]	[redacted]	—	—	C_H＝1.51	C_V＝1.38	50

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 フィルタ装置水素濃度（H22-P912）

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)
基礎ボルト （ｉ＝1）	[redacted]	735	12 (M12)	113.1	30	211 (40mm＜径)	394 (40mm＜径)
ラック取付ボルト （ｉ＝2）	[redacted]	635	16 (M16)	201.1	38	211 (40mm＜径)	394 (40mm＜径)

部材	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	n_{fi}*	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト （ｉ＝1）	260	280	12	—	253	—	長辺方向
	1360	1480	2				
ラック取付ボルト （ｉ＝2）	265	285	15	—	253	—	長辺方向
	1365	1485	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_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト (ｉ＝1)	—	[redacted]	—	[redacted]
ラック取付ボルト (ｉ＝2)	—	[redacted]	—	[redacted]

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (ｉ＝1)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b1}=44$	$f_{ts1}=152^{*}$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=8$	$f_{sb1}=117$
ラック取付ボルト (ｉ＝2)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=11$	$f_{ts2}=190^{*}$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=146$

すべて許容応力以下である。

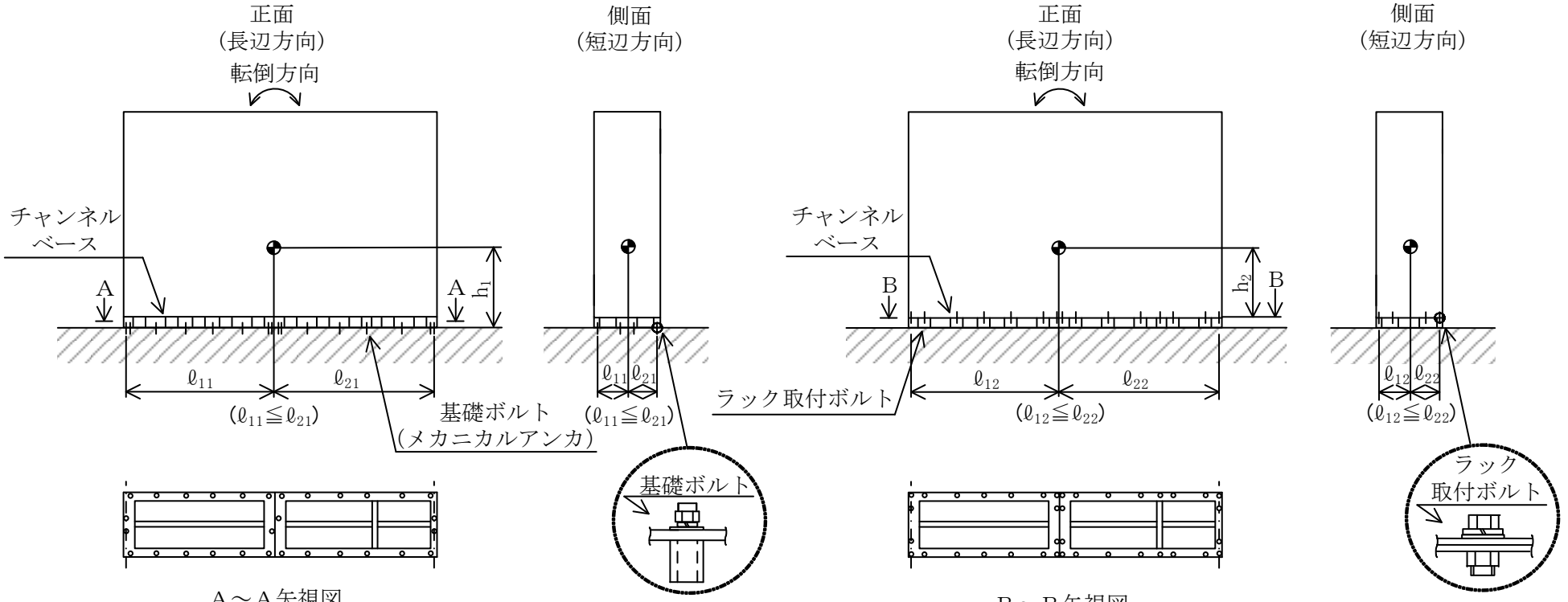
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

1.4.2 電気的機能の評価結果 ($\times 9.8\mathrm{m/s^2}$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
フィルタ装置水素濃度 (T61-H2E-104)	水平方向	1.27	[redacted]
	鉛直方向	1.15	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


正面
(長辺方向)
転倒方向
側面
(短辺方向)
チャンネル
ベース
A
A
h_1
ℓ_{11}
ℓ_{21}
($\ell_{11}\leqq\ell_{21}$)
基礎ボルト
(メカニカルアンカ)
基礎ボルト
A～A矢視図
正面
(長辺方向)
転倒方向
側面
(短辺方向)
チャンネル
ベース
B
B
h_2
ラック取付ボルト
ℓ_{12}
ℓ_{22}
($\ell_{12}\leqq\ell_{22}$)
ラック
取付ボルト
B～B矢視図

【フィルタ装置水素濃度（T61-H2E-134）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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
フィルタ装置水素濃度 (T61-H2E-134)	常設耐震／防止 常設／緩和	原子炉建屋 T.M.S.L. 23.500*	[redacted]	[redacted]	—	—	C_H＝1.51	C_V＝1.38	50

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 フィルタ装置水素濃度（H22-P913-1）

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)
基礎ボルト （ｉ＝1）	[redacted]	690	12 (M12)	113.1	36	211 (40mm＜径)	394 (40mm＜径)
ラック取付ボルト （ｉ＝2）	[redacted]	590	16 (M16)	201.1	42	211 (40mm＜径)	394 (40mm＜径)

部材	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	n_{fi}*	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト （ｉ＝1）	260	280	13	—	253	—	短辺方向
	1650	1790	4				
ラック取付ボルト （ｉ＝2）	265	285	17	—	253	—	長辺方向
	1655	1795	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_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト（ｉ＝1）	—	[redacted]	—	[redacted]
ラック取付ボルト（ｉ＝2）	—	[redacted]	—	[redacted]

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト（ｉ＝1）	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b1}=27$	$f_{ts1}=152^{*}$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=7$	$f_{sb1}=117$
ラック取付ボルト（ｉ＝2）	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=10$	$f_{ts2}=190^{*}$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=146$

すべて許容応力以下である。

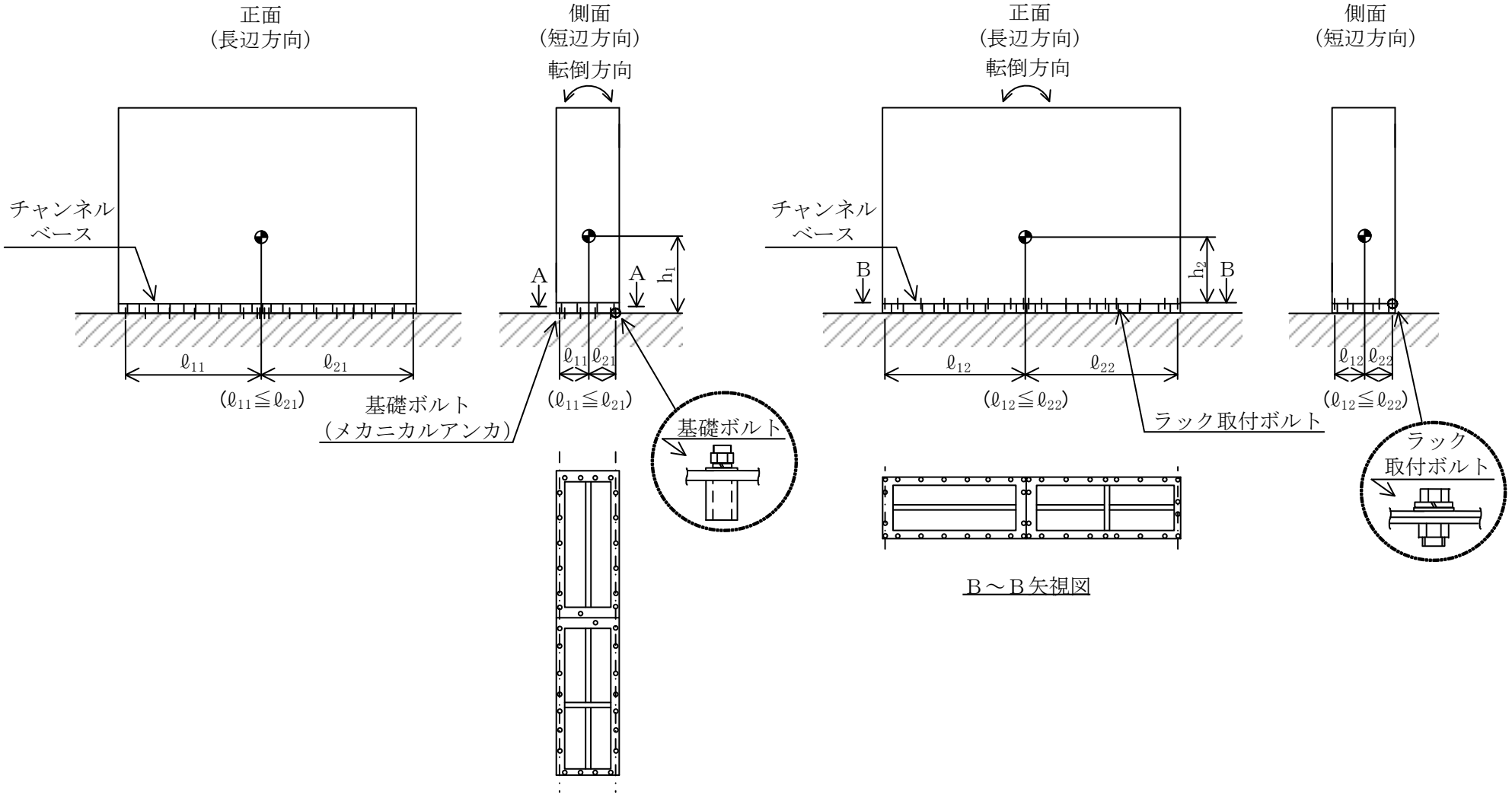
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

1.4.2 電気的機能の評価結果 ($\times 9.8\mathrm{m/s^2}$)

		機能維持評価用加速度＊	機能確認済加速度
フィルタ装置水素濃度（T61-H2E-134）	水平方向	1.27	[redacted]
	鉛直方向	1.15	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


正面
(長辺方向)
側面
(短辺方向)
転倒方向
チャンネル
ベース
A
A
h_1
ℓ_{11}
ℓ_{21}
($\ell_{11}\leqq\ell_{21}$)
基礎ボルト
(メカニカルアンカ)
基礎ボルト
A～A矢視図
正面
(長辺方向)
側面
(短辺方向)
転倒方向
チャンネル
ベース
B
B
h_2
ℓ_{12}
ℓ_{22}
($\ell_{12}\leqq\ell_{22}$)
ラック取付ボルト
ラック
取付ボルト
B～B矢視図

Ⅴ-2-6-7-21　フィルタ装置金属フィルタ差圧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
4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 …… 4
4.2.2　許容応力 …… 4
4.2.3　使用材料の許容応力 …… 4
4.3　計算条件 …… 4
5.　機能維持評価 …… 8
5.1　電気的機能維持評価方法 …… 8
6.　評価結果 …… 9
6.1　重大事故等対処設備としての評価結果 …… 9

1. 概要

本計算書は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，フィルタ装置金属フィルタ差圧が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

フィルタ装置金属フィルタ差圧は，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

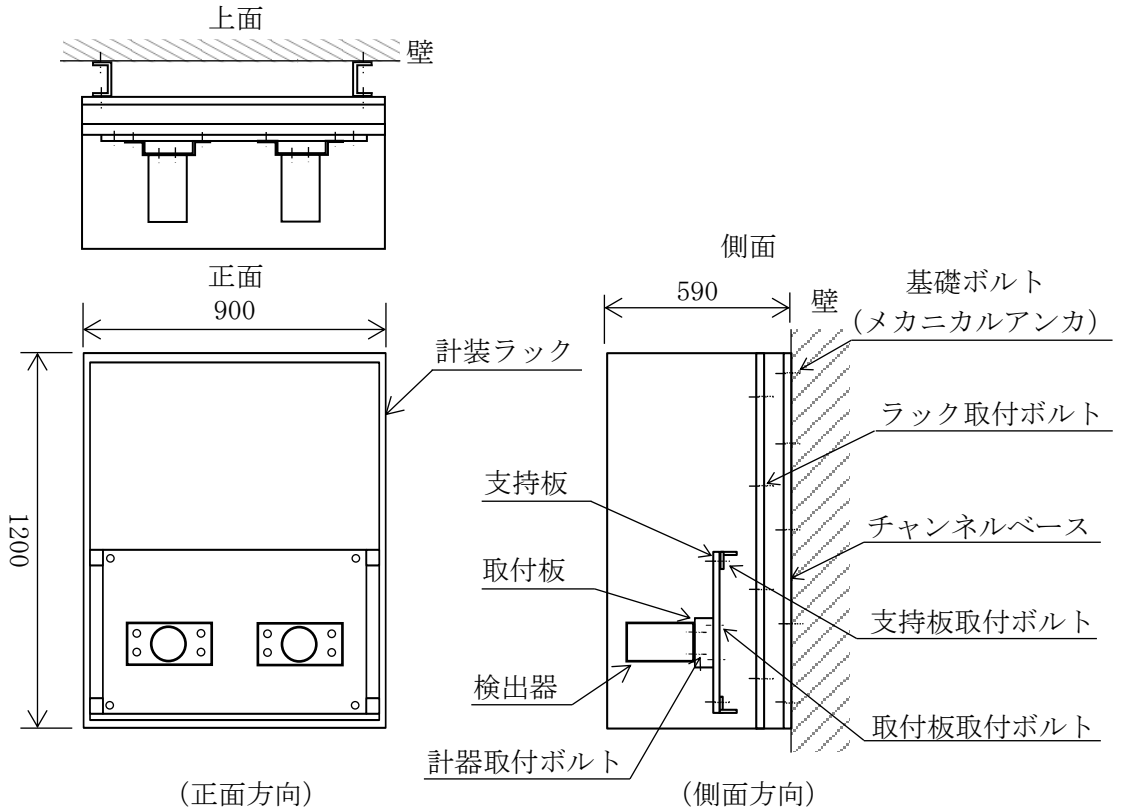
なお，フィルタ装置金属フィルタ差圧が設置される計装ラックは，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法」に記載の壁掛形であるため，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-7　計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

フィルタ装置金属フィルタ差圧の構造計画を表 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，計器取付ボルトにより取付板に固定され，取付板は，取付板取付ボルトにより支持板に固定され，支持板は，支持板取付ボルトにより計装ラックに固定される。 計装ラックは，チャンネルベースにラック取付ボルトで固定され，チャンネルベースは壁に基礎ボルトで設置する。	差圧式圧力検出器	【フィルタ装置金属フィルタ差圧】  （単位：mm）

3.　固有周期

3.1　固有周期の確認

プラスチックハンマ等により，当該装置に振動を与え自由減衰振動を固有振動数測定装置（圧電式加速度ピックアップ，振動計，分析器）により記録解析する。試験の結果，剛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）

フィルタ装置金属フィルタ差圧（H22-P915）	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

フィルタ装置金属フィルタ差圧の構造強度評価は，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-7　計装ラック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

フィルタ装置金属フィルタ差圧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

フィルタ装置金属フィルタ差圧の許容応力は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4－2 のとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力

フィルタ装置金属フィルタ差圧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【フィルタ装置金属フィルタ差圧（T61-DPT-005A）の耐震性についての計算結果】及び【フィルタ装置金属フィルタ差圧（T61-DPT-005B）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	フィルタ装置金属フィルタ差圧	常設耐震／防止 常設／緩和	－*2	D＋P_D＋M_D＋Ｓｓ*3	$Ⅳ_AS$
					D＋P_{SAD}＋M_{SAD}＋Ｓｓ	V_AS（V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

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

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表４－２　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 4－3　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
基礎ボルト	SUS304	周囲環境温度	40	205	520	205
ラック取付ボルト	SUS304	周囲環境温度	40	205	520	205

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

フィルタ装置金属フィルタ差圧の電気的機能維持評価は，V-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-7　計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

計装ラックに設置される検出器の機能確認済加速度は，V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，同形式の機器単体の正弦波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した評価部位の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^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
フィルタ装置金属フィルタ差圧 (T61-DPT-005A)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]
フィルタ装置金属フィルタ差圧 (T61-DPT-005B)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]

6.　評価結果

6.1　重大事故等対処設備としての評価結果

フィルタ装置金属フィルタ差圧の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1)　構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2)　機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【フィルタ装置金属フィルタ差圧（T61-DPT-005A）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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
フィルタ装置 金属フィルタ差圧 (T61-DPT-005A)	常設耐震／防止 常設／緩和	格納容器圧力 逃がし装置基礎 T.M.S.L. 12.000 (T.M.S.L. 26.300*)	[redacted]	[redacted]	—	—	C_H＝4.58	C_V＝1.76	40

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 フィルタ装置金属フィルタ差圧（H22-P915）

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	S_{yi}（ＲＴ） (MPa)
基礎ボルト （ｉ＝1）	[redacted]	294	12 (M12)	113.1	10	205	520	205
ラック取付ボルト （ｉ＝2）	[redacted]	194	12 (M12)	113.1	8	205	520	205

部材	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	ℓ_{3i}* (mm)	n_{fvi}*	n_{fHi}*	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト （ｉ＝1）	550	1100	840	2	5	—	246	—	側面方向
	550	1100	840	2	5				
ラック取付ボルト （ｉ＝2）	510	1020	840	2	4	—	246	—	側面方向
	510	1020	840	2	4				

注記＊：各ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 （単位：N）

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト（ｉ＝1）	—	[redacted]	—	[redacted]
ラック取付ボルト（ｉ＝2）	—	[redacted]	—	[redacted]

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 （単位：MPa）

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト（ｉ＝1）	SUS304	引張り	—	—	σ_{b1}＝37	f_{ts1}＝147*
		せん断	—	—	τ_{b1}＝13	f_{sb1}＝113
ラック取付ボルト（ｉ＝2）	SUS304	引張り	—	—	σ_{b2}＝29	f_{ts2}＝184*
		せん断	—	—	τ_{b2}＝14	f_{sb2}＝142

すべて許容応力以下である。

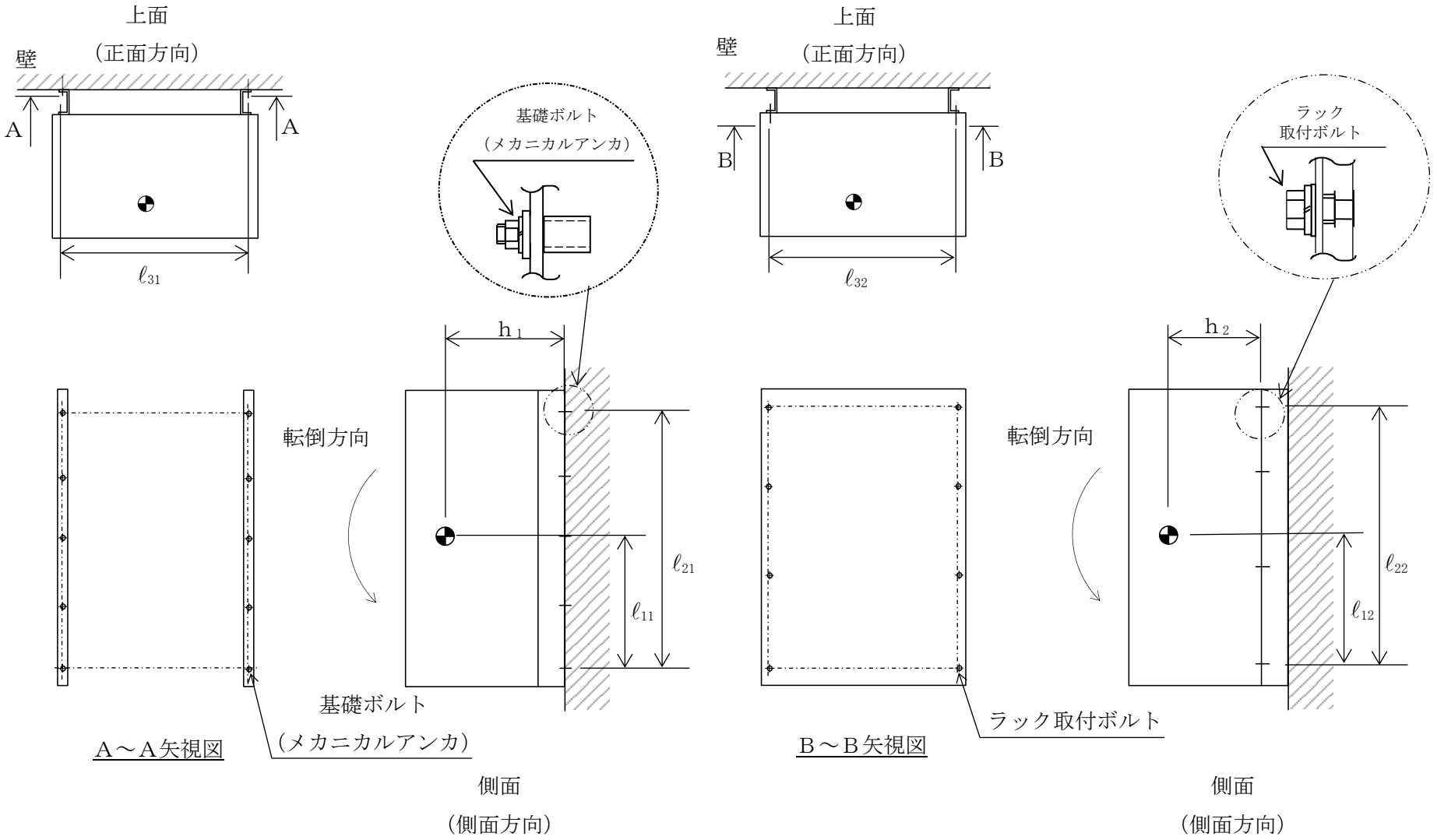
注記＊：f_{tsi}＝Min[1.4・f_{toi}－1.6・τ_{bi}，f_{toi}]

1.4.2 電気的機能の評価結果 （×9.8m/s^2）

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
フィルタ装置 金属フィルタ差圧 (T61-DPT-005A)	水平方向	3.82	[redacted]
	鉛直方向	1.46	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


上面
（正面方向）
壁
A
A
ℓ_{31}
基礎ボルト
（メカニカルアンカ）
h_1
転倒方向
ℓ_{21}
ℓ_{11}
基礎ボルト
（メカニカルアンカ）
A～A矢視図
側面
（側面方向）
上面
（正面方向）
壁
B
B
ℓ_{32}
ラック
取付ボルト
h_2
転倒方向
ℓ_{22}
ℓ_{12}
ラック取付ボルト
B～B矢視図
側面
（側面方向）

【フィルタ装置金属フィルタ差圧（T61-DPT-005B）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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
フィルタ装置 金属フィルタ差圧 (T61-DPT-005B)	常設耐震／防止 常設／緩和	格納容器圧力 逃がし装置基礎 T.M.S.L. 12.000 (T.M.S.L. 26.300*)	[redacted]	[redacted]	—	—	C_H＝4.58	C_V＝1.76	40

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 フィルタ装置金属フィルタ差圧（H22-P915）

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	S_{yi}（ＲＴ） (MPa)
基礎ボルト （ｉ＝1）	[redacted]	294	12 (M12)	113.1	10	205	520	205
ラック取付ボルト （ｉ＝2）	[redacted]	194	12 (M12)	113.1	8	205	520	205

部材	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	ℓ_{3i}* (mm)	n_{fvi}*	n_{fHi}*	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト （ｉ＝1）	550	1100	840	2	5	—	246	—	側面方向
	550	1100	840	2	5				
ラック取付ボルト （ｉ＝2）	510	1020	840	2	4	—	246	—	側面方向
	510	1020	840	2	4				

注記＊：各ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 （単位：N）

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト（ｉ＝1）	—	[redacted]	—	[redacted]
ラック取付ボルト（ｉ＝2）	—	[redacted]	—	[redacted]

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 （単位：MPa）

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト（ｉ＝1）	SUS304	引張り	—	—	σ_{b1}＝37	f_{ts1}＝147*
		せん断	—	—	τ_{b1}＝13	f_{sb1}＝113
ラック取付ボルト（ｉ＝2）	SUS304	引張り	—	—	σ_{b2}＝29	f_{ts2}＝184*
		せん断	—	—	τ_{b2}＝14	f_{sb2}＝142

すべて許容応力以下である。

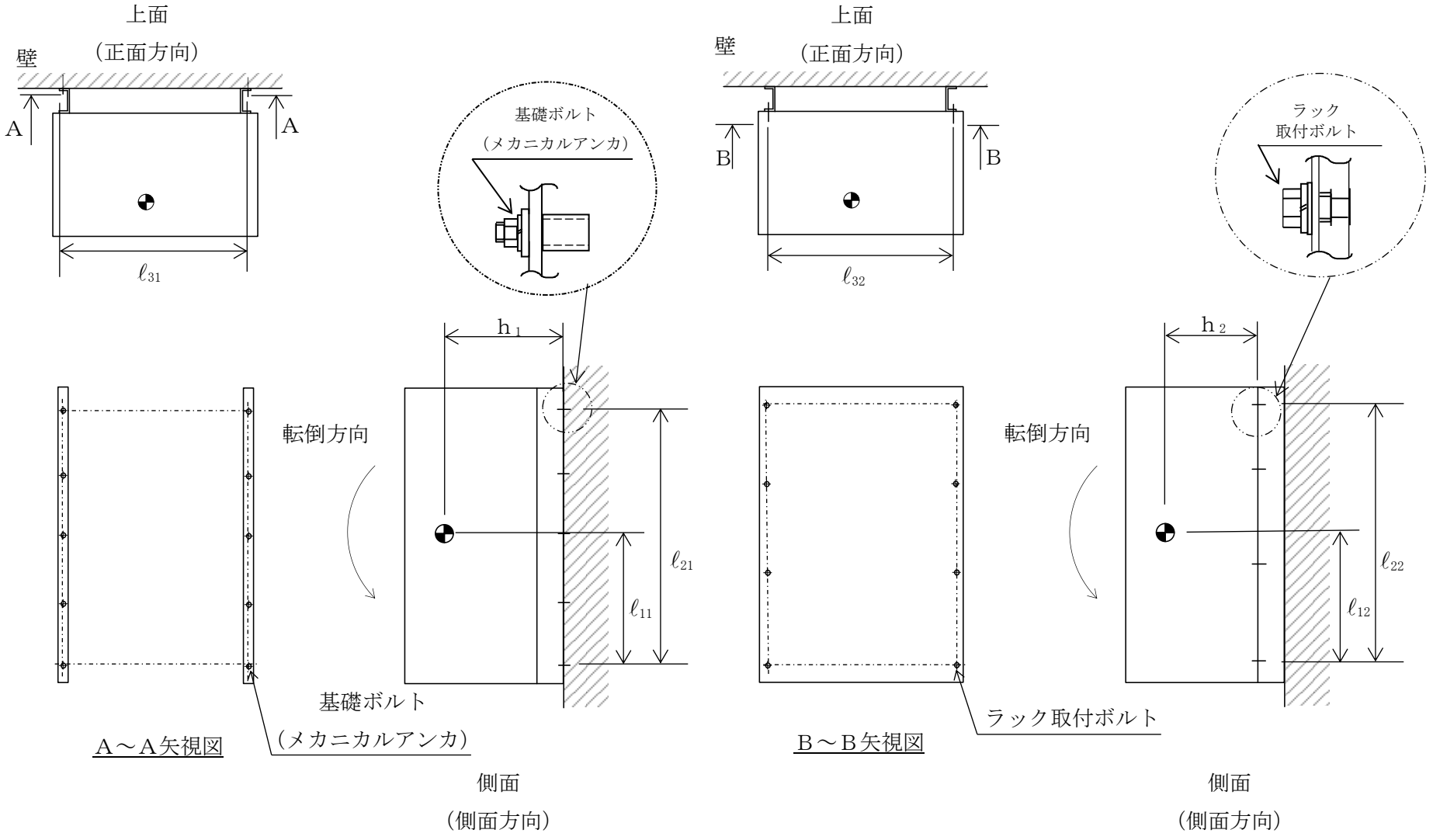
注記＊：f_{tsi}＝Min[1.4・f_{toi}－1.6・τ_{bi}，f_{toi}]

1.4.2 電気的機能の評価結果 （×9.8m/s^2）

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
フィルタ装置 金属フィルタ差圧 (T61-DPT-005B)	水平方向	3.82	[redacted]
	鉛直方向	1.46	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


上面
（正面方向）
壁
A
A
ℓ_{31}
基礎ボルト
（メカニカルアンカ）
h_1
転倒方向
ℓ_{21}
ℓ_{11}
基礎ボルト
（メカニカルアンカ）
A～A矢視図
側面
（側面方向）
上面
（正面方向）
壁
B
B
ℓ_{32}
ラック
取付ボルト
h_2
転倒方向
ℓ_{22}
ℓ_{12}
ラック取付ボルト
B～B矢視図
側面
（側面方向）

Ⅴ-2-6-7-22　フィルタ装置スクラバ水 pH 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
5.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 10
5.2.2　許容応力 ····· 10
5.2.3　使用材料の許容応力評価条件 ····· 10
5.3　設計用地震力 ····· 14
5.4　計算方法 ····· 15
5.4.1　応力の計算方法 ····· 15
5.5　計算条件 ····· 19
5.5.1　基礎ボルトの応力計算条件 ····· 19
5.5.2　ラック取付ボルトの応力計算条件 ····· 19
5.6　応力の評価 ····· 20
5.6.1　ボルトの応力評価 ····· 20
6.　機能維持評価 ····· 21
6.1　電気的機能維持評価方法 ····· 21
7.　評価結果 ····· 22
7.1　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 22

1. 概要

本計算書は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，フィルタ装置スクラバ水 pH が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

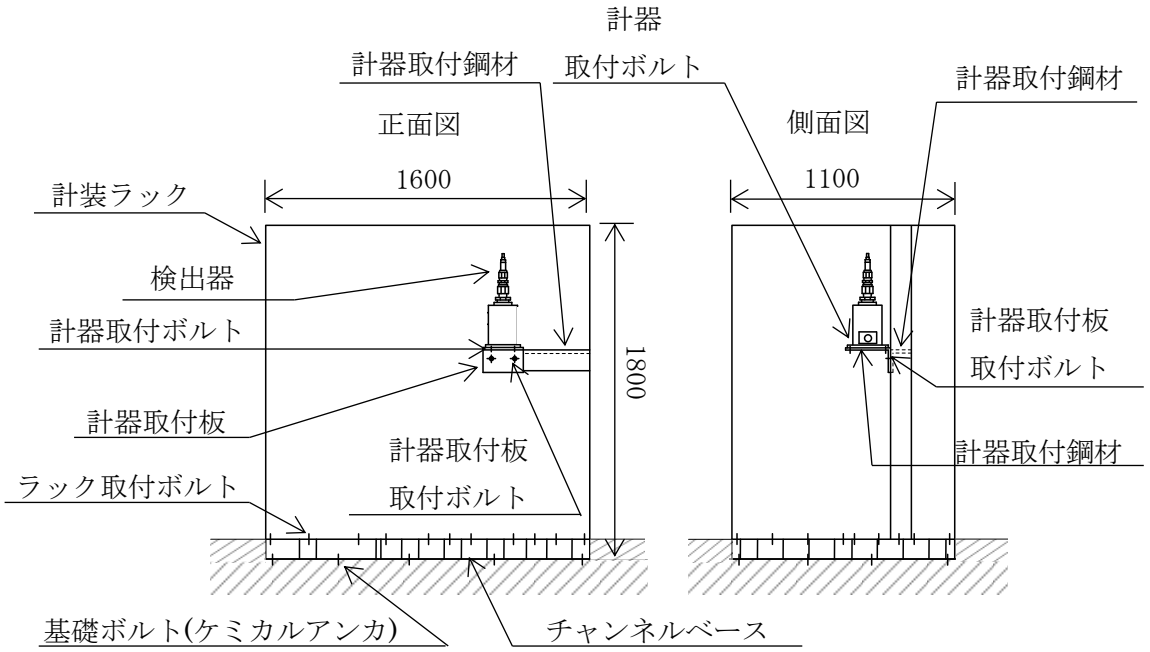
フィルタ装置スクラバ水 pH は，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

フィルタ装置スクラバ水 pH 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，計器取付ボルトにより計器取付板に固定され，計器取付板は，計器取付板取付ボルトにより計器取付鋼材に固定される。 計装ラックは，チャンネルベースにラック取付ボルトで設置する。 チャンネルベースは，基礎に基礎ボルトで設置する。	pH 検出器	【フィルタ装置スクラバ水 pH】  (単位：mm)

2.2　評価方針

フィルタ装置スクラバ水 pH の応力評価は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.1　構造計画」にて示すフィルタ装置スクラバ水 pH 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，フィルタ装置スクラバ水 pH の機能維持評価は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電気的機能維持の方針に基づき，地震時の応答加速度が電気的機能確認済加速度以下であることを，「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。

フィルタ装置スクラバ水 pH の耐震評価フローを図 2－1 に示す。

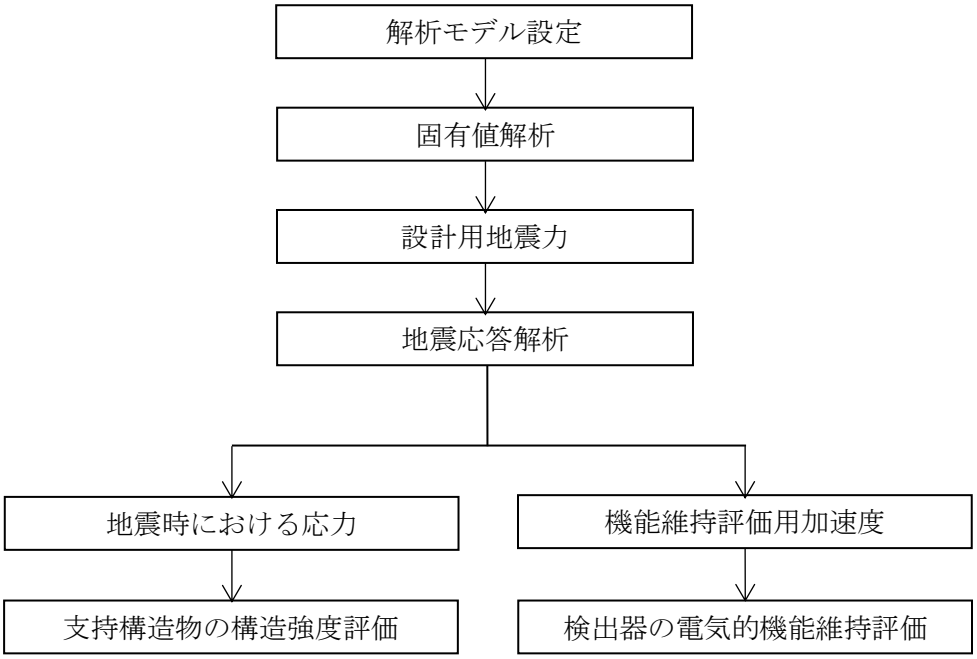


図 2－1　フィルタ装置スクラバ水 pH の耐震評価フロー

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　ＪＥＡＧ４６０１・補-1984（(社) 日本電気協会）

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

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

・発電用原子力設備規格　設計・建設規格（(社) 日本機械学会，2005/2007）（以下「設計・建設規格」という。）

2.4　記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_{bi}	ボルトの軸断面積*1	mm^2
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d_i	ボルトの呼び径*1	mm
F_i*	設計・建設規格　SSB-3133 に定める値*1	MPa
F_{bi}	ボルトに作用する引張力（1 本当たり）*1	N
f_{sbi}	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力*1	MPa
f_{toi}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力*1	MPa
f_{tsi}	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力*1	MPa
g	重力加速度（＝9.80665）	m/s^2
h_i	据付面又は取付面から重心までの距離*2	mm
ℓ_{1i}	重心とボルト間の水平方向距離*1, *3	mm
ℓ_{2i}	重心とボルト間の水平方向距離*1, *3	mm
m_i	計器スタンションの質量*2	kg
n_i	ボルトの本数*1	—
n_{fi}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数*1	—
Q_{bi}	ボルトに作用するせん断力*1	N
S_{ui}	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表 9 に定める値*1	MPa
S_{yi}	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表 8 に定める値*1	MPa
$S_{yi}(RT)$	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表 8 に定める材料の 40℃における値*1	MPa
π	円周率	—
σ_{bi}	ボルトに生じる引張応力*1	MPa
τ_{bi}	ボルトに生じるせん断応力*1	MPa

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

i＝1：基礎ボルト

i＝2：ラック取付ボルト

＊2：h_i及びm_i の添字 i の意味は，以下のとおりとする。

i＝1：据付面

i＝2：取付面

＊3：$\ell_{1i} \leqq \ell_{2i}$

2.5　計算精度と数値の丸め方

精度は，有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は，表2－2に示すとおりとする。

表2－2　表示する数値の丸め方

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

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

＊2：絶対値が1000以上のときは，べき数表示とする。

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

3. 評価部位

フィルタ装置スクラバ水 pH 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部及びラック取付ボルト部について実施する。フィルタ装置スクラバ水 pH 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

フィルタ装置スクラバ水 pH の固有値解析方法を以下に示す。

(1)　フィルタ装置スクラバ水 pH は，「4.2　解析モデル及び諸元」に示す三次元はりモデルとして考える。

4.2　解析モデル及び諸元

計装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【フィルタ装置スクラバ水 pH（T61-pHE-173）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)　フィルタ装置スクラバ水 pH の質量は，それぞれの重心に集中するものとする。

(2)　フィルタ装置スクラバ水 pH の重心位置については，計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定するものとする。

(3)　拘束条件として，基礎部の並進方向と，ボルト軸直角 2 方向の回転方向を固定する。なお，基礎ボルト部は剛体として評価する。

(4)　転倒方向は，フィルタ装置スクラバ水 pH を正面より見て左右に転倒する場合を「長辺方向転倒」，側面より見て左右に転倒する場合を「短辺方向転倒」という。

(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，別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

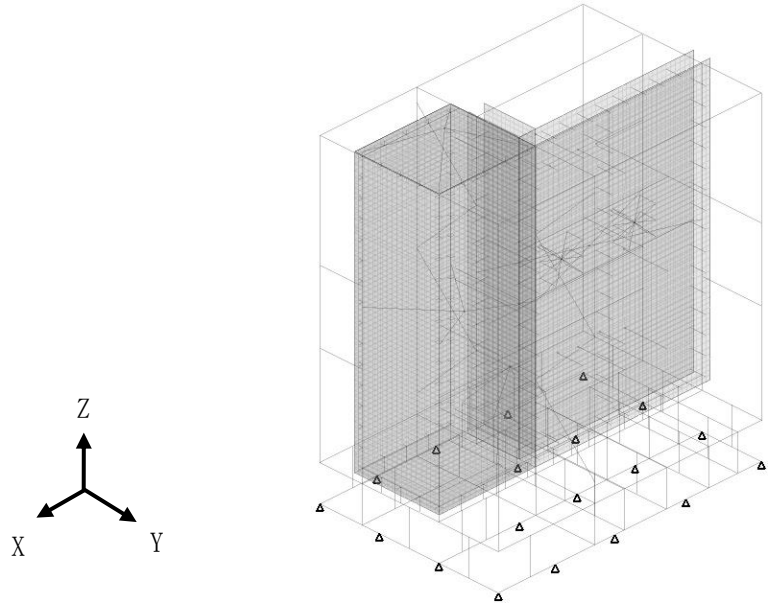


図 4－1　解析モデル

4.3　固有値解析結果

固有値解析結果を表 4－1 に示す。固有周期は,0.05 秒以下であり剛であることを確認した。

表 4－1　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	[redacted]	―	―	―

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

(1) 地震力はフィルタ装置スクラバ水 pH に対して，水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。

(2) フィルタ装置スクラバ水 pH はラック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。

(3) チャンネルベースは基礎ボルト又は埋込金物で基礎と固定されており，固定端とする。

5.2 荷重の組合せ及び許容応力

5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

フィルタ装置スクラバ水 pH 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

フィルタ装置スクラバ水 pH の許容応力は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 5－2 のとおりとする。

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

フィルタ装置スクラバ水 pH の使用材料の許容応力評価条件のうち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	フィルタ装置スクラバ水 pH	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	D＋P_D＋M_D＋Ｓｓ*3	$Ⅳ_AS$
					D＋P_{SAD}＋M_{SAD}＋Ｓｓ	V_AS（V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

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

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

＊3：「D＋P_{SAD}＋M_{SAD}＋Ｓｓ」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	
	引張り	せん断
ⅣＡＳ	1.5・ｆｔ*	1.5・ｆｓ*
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 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
基礎ボルト	SS400 (40mm＜径)	周囲環境温度	40	215	400	―
ラック取付ボルト	SNB7 (100mm＜径)	周囲環境温度	40	520	690	―

5.3　設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 5－4 に示す。

「基準地震動Ｓｓ」による地震力は，Ｖ-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
		水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度
フィルタ装置 スクラバ水 pH (T61-pHE-173)	格納容器圧力逃がし装置基礎 T.M.S.L.12.000	[redacted]	0.05 以下	―	―	C_H=3.75	C_V=1.70

注記＊：基準床レベルを示す。

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。

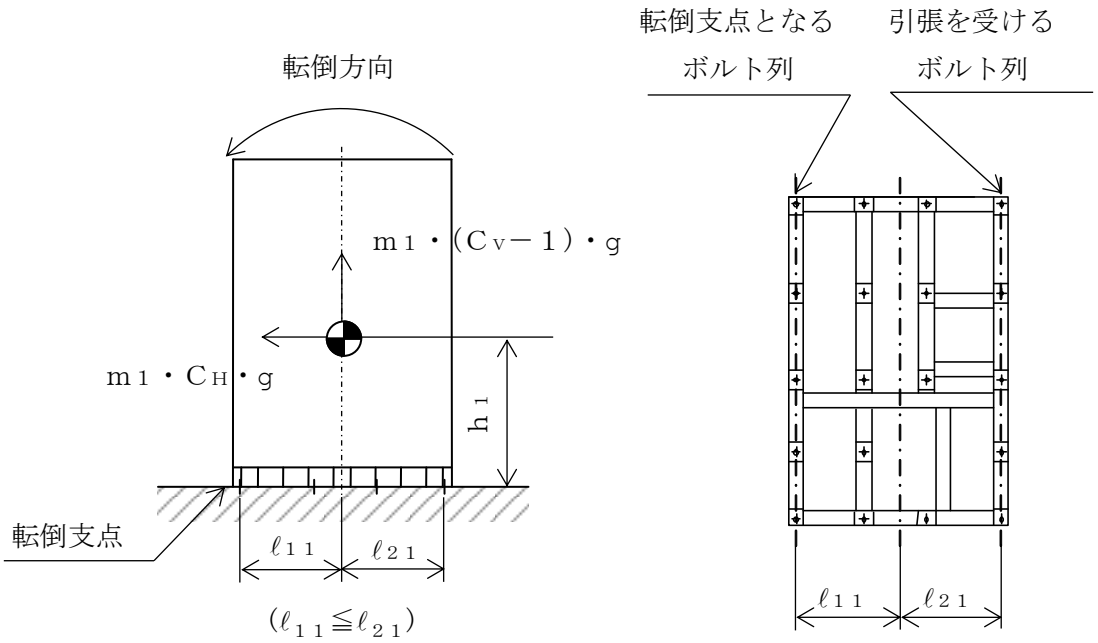


図 5－1　計算モデル（短辺方向転倒）

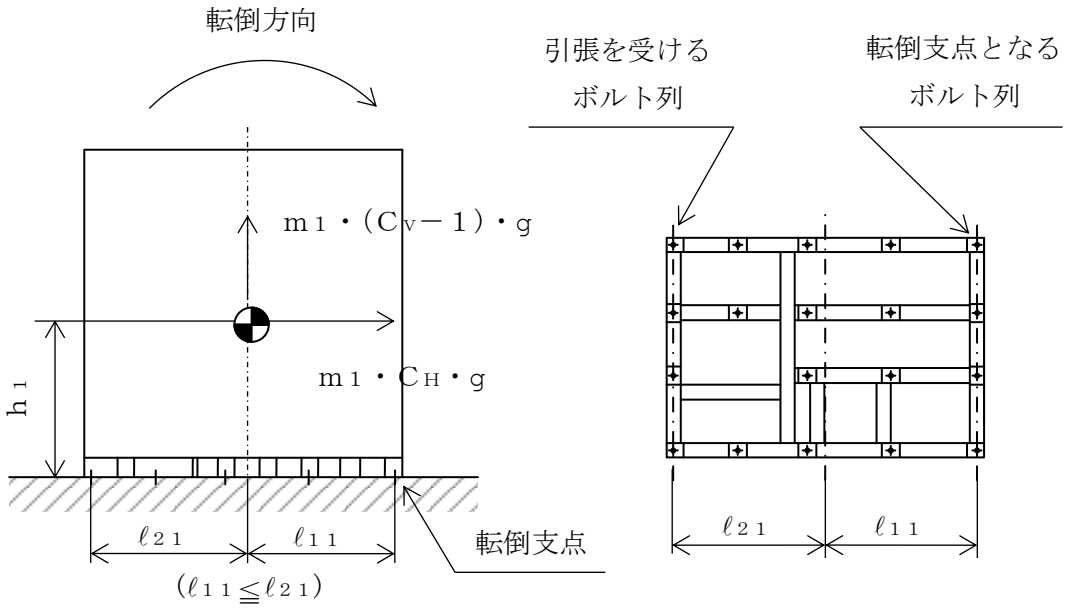


図 5－2　計算モデル（長辺方向転倒）

(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

$$F_{b1}=\frac{m_1 \cdot C_H \cdot h_1 \cdot g + m_1 \cdot (C_V-1) \cdot \ell_{21} \cdot g}{n_{f1} \cdot (\ell_{11}+\ell_{21})} \quad \cdots\cdots\cdots (5.4.1.1.1)$$

引張応力

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

ここで，基礎ボルトの軸断面積A_{b1}は次式により求める。

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

(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

$$Q_{b1} = m_1 \cdot C_H \cdot g \quad \cdots\cdots\cdots (5.4.1.1.4)$$

せん断応力

$$\tau_{b1}=\frac{Q_{b1}}{n_1 \cdot A_{b1}} \quad \cdots\cdots\cdots (5.4.1.1.5)$$

5.4.1.2　ラック取付ボルトの計算方法

ラック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。

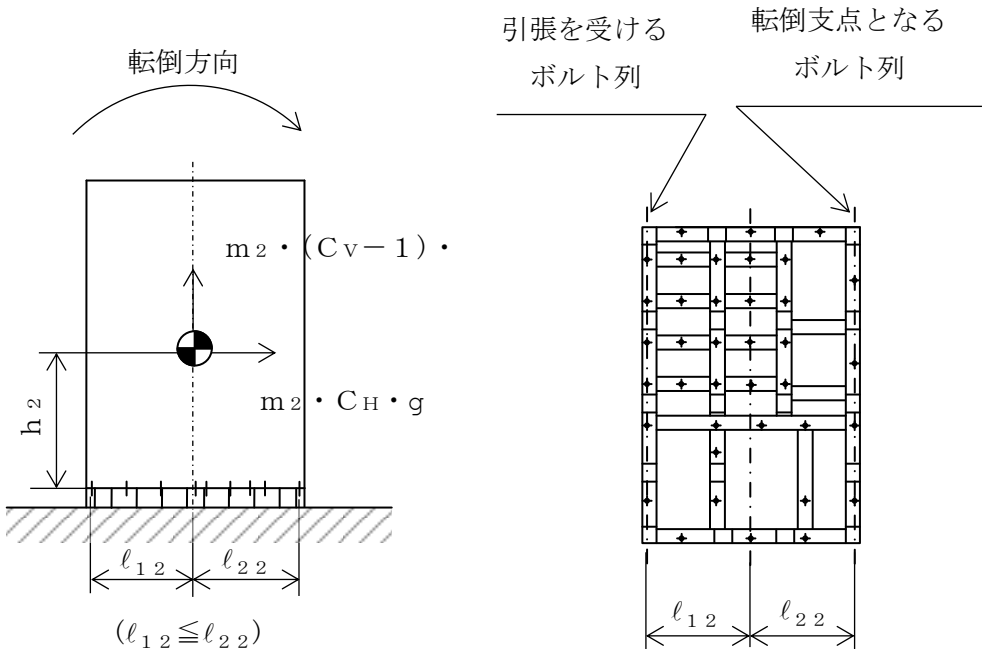


図 5－3　計算モデル（短辺方向転倒）

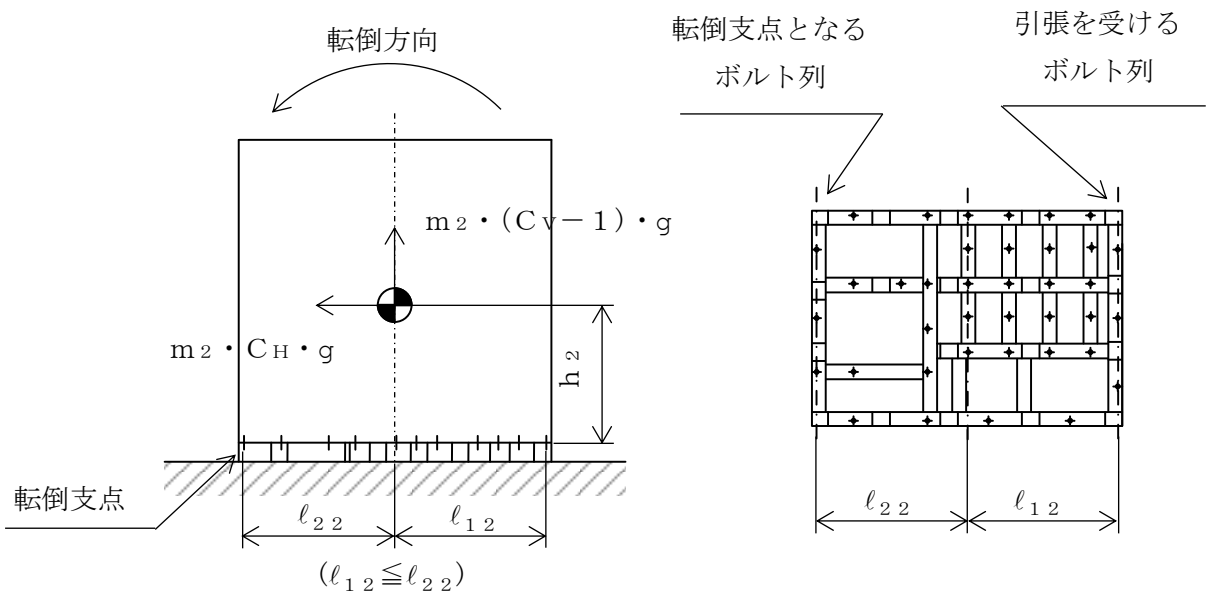


図 5－4　計算モデル（長辺方向転倒）

(1)　引張応力

ラック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

$$F_{b2}=\frac{m_2 \cdot C_H \cdot h_2 \cdot g + m_2 \cdot (C_V-1) \cdot \ell_{22} \cdot g}{n_{f2} \cdot (\ell_{12}+\ell_{22})} \cdots\cdots (5.4.1.2.1)$$

引張応力

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

ここで，ラック取付ボルトの軸断面積A_{b2}は次式により求める。

$$A_{b2}=\frac{\pi}{4} \cdot d_2^2 \quad \cdots\cdots (5.4.1.2.3)$$

(2)　せん断応力

ラック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

$$Q_{b2} = m_2 \cdot C_H \cdot g \quad \cdots\cdots (5.4.1.2.4)$$

せん断応力

$$\tau_{b2} = \frac{Q_{b2}}{n_2 \cdot A_{b2}} \quad \cdots\cdots (5.4.1.2.5)$$

5.5 計算条件

5.5.1 基礎ボルトの応力計算条件

基礎ボルトの応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【フィルタ装置スクラバ水pH（T61-pHE-173）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 ラック取付ボルトの応力計算条件

ラック取付ボルトの応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【フィルタ装置スクラバ水pH（T61-pHE-173）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.6　応力の評価

5.6.1　ボルトの応力評価

5.4.1項で求めたボルトの引張応力σ_{bi}は次式より求めた許容引張応力f_{tsi}以下であること。ただし，f_{toi}は下表による。

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

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

	基準地震動Ｓｓによる 荷重との組合せの場合
許容引張応力 f_{toi}	$\dfrac{F_i^*}{2}\cdot 1.5$
許容せん断応力 f_{sbi}	$\dfrac{F_i^*}{1.5\cdot\sqrt{3}}\cdot 1.5$

6. 機能維持評価

6.1 電気的機能維持評価方法

フィルタ装置スクラバ水 pH の電気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Ⅴ-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき，基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度を設定する。

フィルタ装置スクラバ水 pH の機能確認済加速度は，Ⅴ-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 6－1 に示す。

表 6－1 機能確認済加速度 （×9.8m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
フィルタ装置スクラバ水 pH (T61-pHE-173)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]

7. 評価結果

7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

フィルタ装置スクラバ水 pH の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【フィルタ装置スクラバ水 pH（T61-pHE-173）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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
フィルタ装置スクラバ水 pH (T61-pHE-173)	常設耐震／防止 常設／緩和	格納容器圧力 逃がし装置基礎 T.M.S.L. 12.000*	[redacted]	0.05 以下	—	—	C_H＝3.75	C_V＝1.70	40

注記 ＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)
基礎ボルト (ｉ＝1)	[redacted]	936	20	314.2	19	215	400
ラック取付ボルト (ｉ＝2)	[redacted]	786	16	201.1	38	520	690

部材	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	n_{fi}*	F_i* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト (ｉ＝1)	469	561	5	258	—	短辺方向
	679	851	4			
ラック取付ボルト (ｉ＝2)	479	571	4	483	—	短辺方向
	689	861	3			

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト (ｉ＝1)	—	[redacted]	—	[redacted]
ラック取付ボルト (ｉ＝2)	—	[redacted]	—	[redacted]

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (ｉ＝1)	SS400	引張り	—	—	σ_{b1}＝61	f_{ts1}＝154*
		せん断	—	—	τ_{b1}＝16	f_{sb1}＝119
ラック取付ボルト (ｉ＝2)	SNB7	引張り	—	—	σ_{b2}＝89	f_{ts2}＝362*
		せん断	—	—	τ_{b2}＝11	f_{sb2}＝278

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電気的機能の評価結果 (×9.8m/s^2)

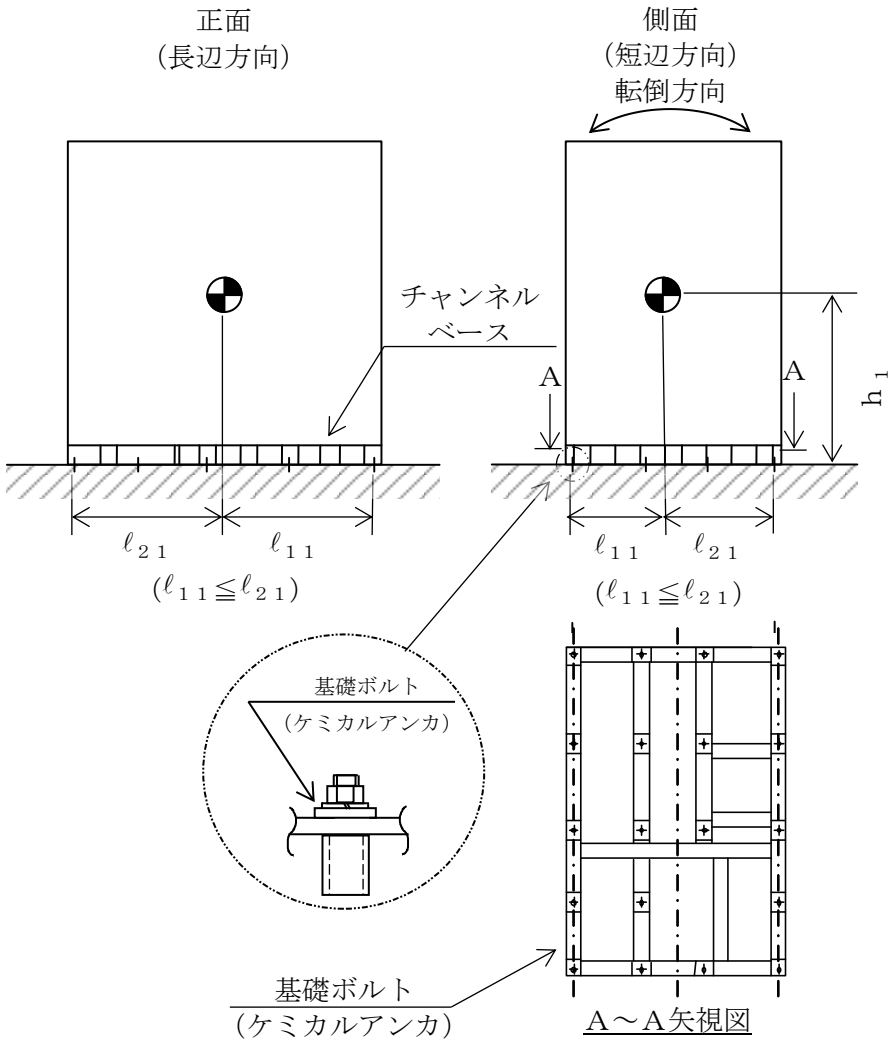
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
フィルタ装置スクラバ水 pH (T61-pHE-173)	水平方向	3.12	[redacted]
	鉛直方向	1.42	[redacted]

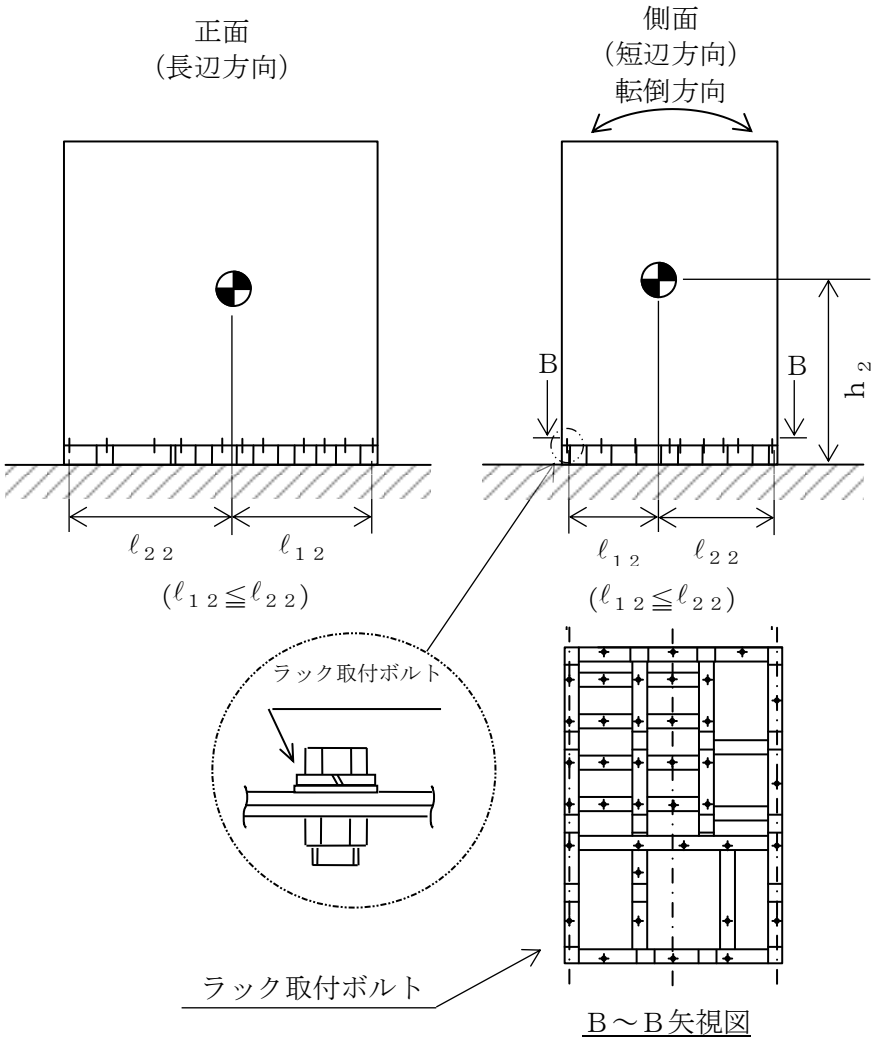
注記*：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

1.5　その他の機器要目

項目	記号	単位	入力値
材質	－	－	SS400
縦弾性係数	E	MPa	2.02×10^{5}
ポアソン比	ν	－	0.3


正面
（長辺方向）
側面
（短辺方向）
転倒方向
チャンネル
ベース
A
A
h1
ℓ21
ℓ11
（ℓ11≦ℓ21）
ℓ11
ℓ21
（ℓ11≦ℓ21）
基礎ボルト
（ケミカルアンカ）
基礎ボルト
（ケミカルアンカ）
A～A矢視図


正面
（長辺方向）
側面
（短辺方向）
転倒方向
B
B
h2
ℓ22
ℓ12
（ℓ12≦ℓ22）
ℓ12
ℓ22
（ℓ12≦ℓ22）
ラック取付ボルト
ラック取付ボルト
B～B矢視図

Ⅴ-2-6-7-23　原子炉補機冷却水系系統流量の耐震性についての計算書

目　　次

1.　原子炉補機冷却水系系統流量（P21-FT-009A）　1
1.1　概要　1
1.2　一般事項　1
1.2.1　構造計画　1
1.3　固有周期　3
1.3.1　固有周期の確認　3
1.4　構造強度評価　4
1.4.1　構造強度評価方法　4
1.4.2　荷重の組合せ及び許容応力　4
1.4.3　計算条件　4
1.5　機能維持評価　8
1.5.1　電気的機能維持評価方法　8
1.6　評価結果　9
1.6.1　重大事故等対処設備としての評価結果　9
2.　原子炉補機冷却水系系統流量（P21-FT-009B，P21-FT-009C）　13
2.1　概要　13
2.2　一般事項　13
2.2.1　構造計画　13
2.3　固有周期　15
2.3.1　固有周期の確認　15
2.4　構造強度評価　16
2.4.1　構造強度評価方法　16
2.4.2　荷重の組合せ及び許容応力　16
2.4.3　計算条件　16
2.5　機能維持評価　20
2.5.1　電気的機能維持評価方法　20
2.6　評価結果　21
2.6.1　重大事故等対処設備としての評価結果　21

1. 原子炉補機冷却水系系統流量（P21-FT-009A）

1.1 概要

本計算書は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，原子炉補機冷却水系系統流量が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

原子炉補機冷却水系系統流量は，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常設重大事故防止設備（設計基準拡張）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，原子炉補機冷却水系系統流量は，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法」に記載の直立形スタンションであるため，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-8　計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

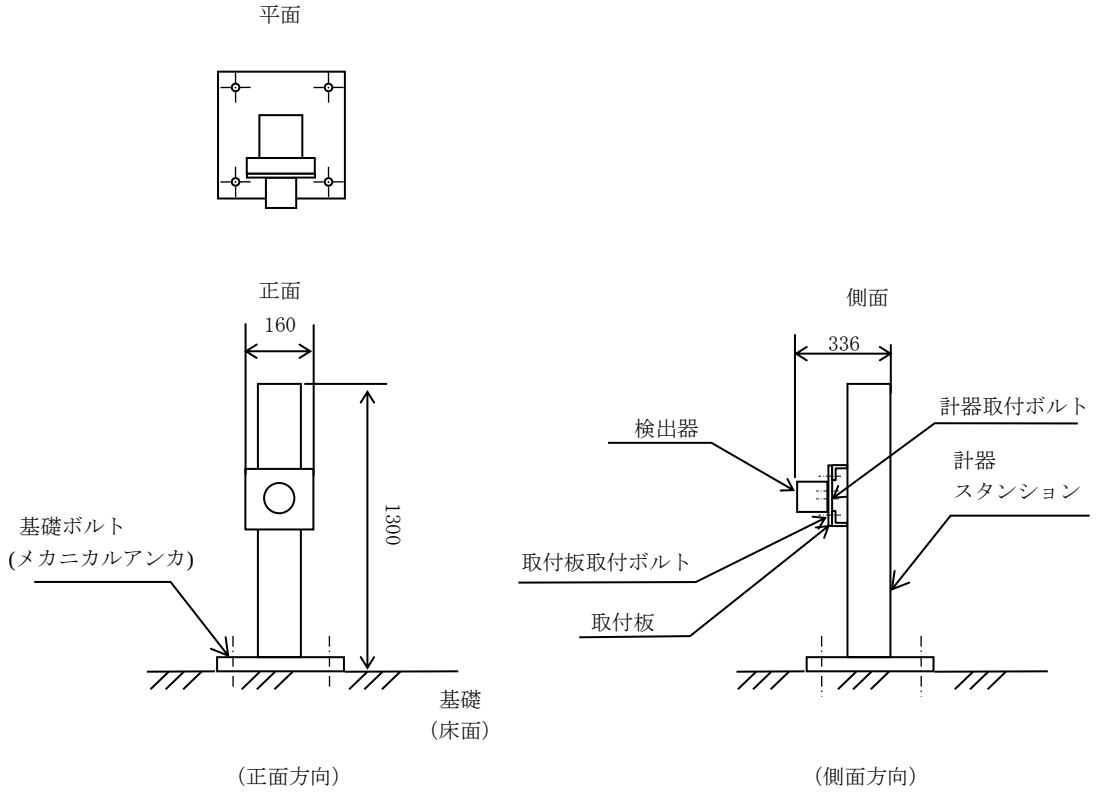
1.2 一般事項

1.2.1 構造計画

原子炉補機冷却水系系統流量の構造計画を表 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	
検出器は，計器取付ボルトにより取付板に固定され，取付板は，取付板取付ボルトにより計器スタンションに固定される。計器スタンションは，基礎に基礎ボルトで設置する。	差圧式流量検出器	【原子炉補機冷却水系系統流量】



(単位：mm)

1.3　固有周期

1.3.1　固有周期の確認

原子炉補機冷却水系系統流量の固有周期は，プラスチックハンマ等により，当該装置に振動を与え自由減衰振動を固有振動数測定装置（圧電式加速度ピックアップ，振動計，分析器）により記録解析する。試験の結果，剛であることを確認した。固有周期の確認結果を表1－2に示す。

表1－2　固有周期　（単位：s）

原子炉補機冷却水系系統流量 (P21-FT-009A)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]

1.4　構造強度評価

1.4.1　構造強度評価方法

原子炉補機冷却水系系統流量の構造強度評価は，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-8　計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

1.4.2　荷重の組合せ及び許容応力

1.4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉補機冷却水系系統流量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 1－3 に示す。

1.4.2.2　許容応力

原子炉補機冷却水系系統流量の許容応力は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 1－4 のとおりとする。

1.4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

原子炉補機冷却水系系統流量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 1－5 に示す。

1.4.3　計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【原子炉補機冷却水系系統流量（P21-FT-009A）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1－3　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御系統施設	その他の計測制御系統施設	原子炉補機冷却水系系統流量	常設／防止（DB拡張）	—*2	D＋P_D＋M_D＋Ｓｓ*3	$Ⅳ_AS$
					D＋P_{SAD}＋M_{SAD}＋Ｓｓ	V_AS（V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記＊1：「常設／防止（DB拡張）」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）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}＋Ｓｓ」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 1－4　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 （ボルト等）	
	一次応力	
	引張り	せん断
ⅣＡＳ	1.5・ｆｔ*	1.5・ｆｓ*
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1－5　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
基礎ボルト	SS400 (40mm＜径)	周囲環境温度	40	215	400	―

1.5　機能維持評価

1.5.1　電気的機能維持評価方法

原子炉補機冷却水系系統流量の電気的機能維持評価は，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-8　計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

スタンションに設置される検出器の機能確認済加速度は，Ⅴ-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1－6に示す。

表1－6　機能確認済加速度　　(×9.8m/s^2)

評価部位	方向	機能確認済加速度
原子炉補機冷却水系系統流量 (P21-FT-009A)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]

1.6　評価結果

1.6.1　重大事故等対処設備としての評価結果

原子炉補機冷却水系系統流量の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1)　構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2)　機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【原子炉補機冷却水系系統流量（P21-FT-009A）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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
原子炉補機冷却水系 系統流量 (P21-FT-009A)	常設／防止 (DB 拡張)	タービン建屋 T.M.S.L.4.900*	[redacted]	[redacted]	—	—	C_H＝1.47	C_V＝1.16	40

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 原子炉補機冷却水系系統流量

部材	m (kg)	h (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	n	S_y (MPa)	S_u (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	797	12 (M12)	113.1	4	215 (40mm＜径)	400 (40mm＜径)

部材	ℓ_1* (mm)	ℓ_2* (mm)	n_f*	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用 地震動Ｓｄ又は 静的震度	基準地震動 Ｓｓ
基礎ボルト	100	100	2	—	258	—	側面方向
	26	174	2				

注記＊：各ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	Ｆｂ		Ｑｂ	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	―	[redacted]	―	[redacted]

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	―	―	σ_b=14	f_{ts}=154*
		せん断	―	―	τ_b=2	f_{sb}=119

すべて許容応力以下である。

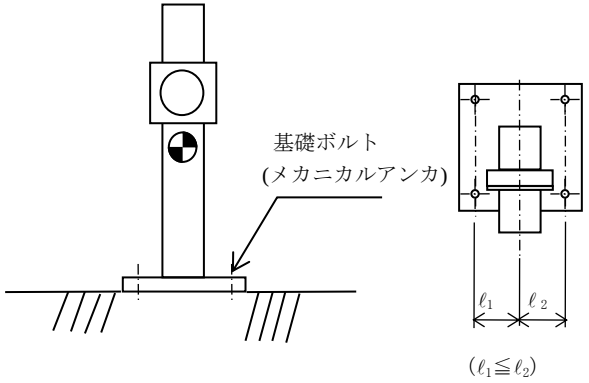
注記＊：f_{ts} =Min[1.4・f_{to}−1.6・τ_b, f_{to}]

1.4.2 電気的機能の評価結果 (×9.8m/s^2)

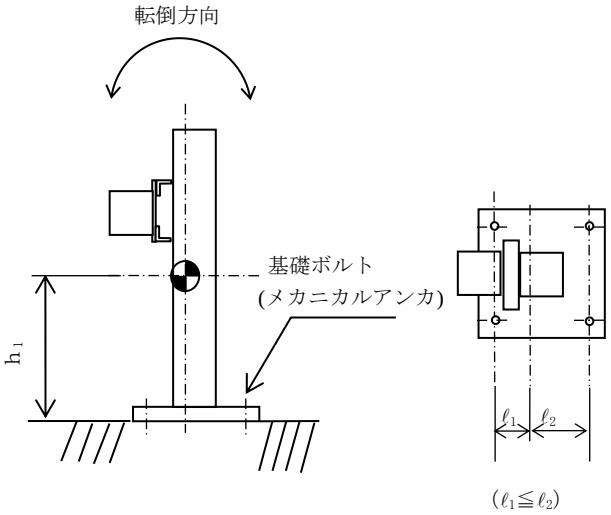
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉補機冷却水系系統流量(P21-FT-009A)	水平方向	1.24	[redacted]
	鉛直方向	0.97	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


基礎ボルト
(メカニカルアンカ)
ℓ_1
ℓ_2
($\ell_1 \leqq \ell_2$)

（正面方向）


転倒方向
基礎ボルト
(メカニカルアンカ)
h_1
ℓ_1
ℓ_2
($\ell_1 \leqq \ell_2$)

（側面方向）

2.　原子炉補機冷却水系系統流量（P21-FT-009B，P21-FT-009C）

2.1　概要

本計算書は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，原子炉補機冷却水系系統流量が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

原子炉補機冷却水系系統流量は，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（設計基準拡張）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，原子炉補機冷却水系系統流量は，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法」に記載の壁掛形スタンションであるため，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-8　計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

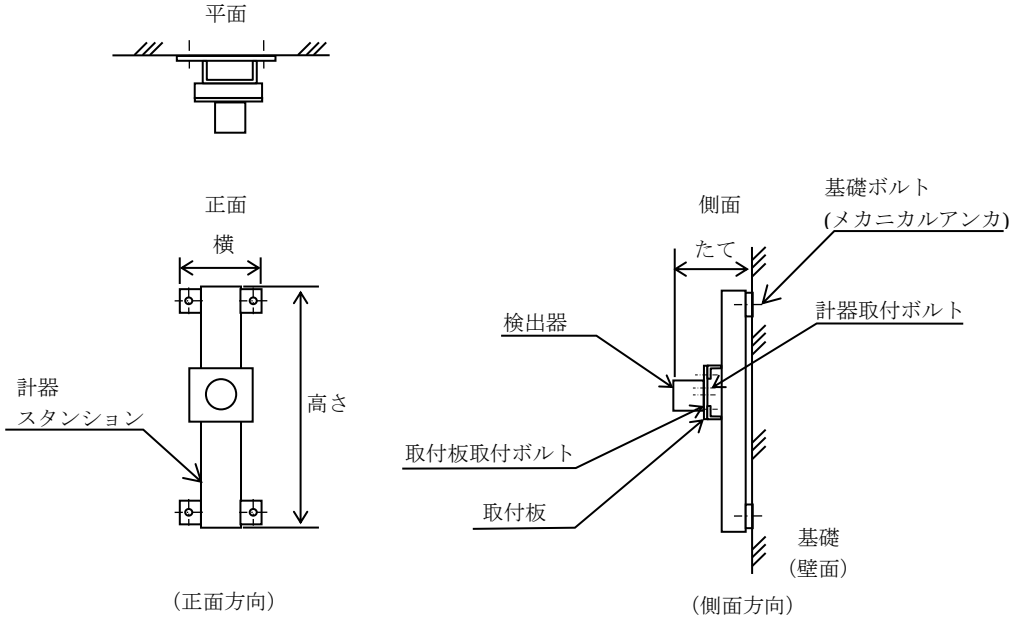
2.2　一般事項

2.2.1　構造計画

原子炉補機冷却水系系統流量の構造計画を表 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，計器取付ボルトにより取付板に固定され，取付板は，取付板取付ボルトにより計器スタンションに固定される。計器スタンションは，基礎に基礎ボルトで設置する。	差圧式流量検出器	【原子炉補機冷却水系系統流量】



機器名称	原子炉補機冷却水系系統流量 (P21-FT-009B)	原子炉補機冷却水系系統流量 (P21-FT-009C)
たて	336	336
横	200	200
高さ	1200	1200

（単位：mm）

2.3　固有周期

2.3.1　固有周期の確認

原子炉補機冷却水系系統流量の固有周期は，構造が同等であり，同様な振動特性を持つスタンションに対する振動試験（自由振動試験）の結果確認された固有周期を使用する。固有周期の確認結果を表 2－2 に示す。

表 2－2　固有周期　　（単位：s）

原子炉補機冷却水系系統流量 (P21-FT-009B)	水平	0.05 以下
	鉛直	0.05 以下
原子炉補機冷却水系系統流量 (P21-FT-009C)	水平	0.05 以下
	鉛直	0.05 以下

2.4　構造強度評価

2.4.1　構造強度評価方法

原子炉補機冷却水系系統流量の構造強度評価は，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-8　計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

2.4.2　荷重の組合せ及び許容応力

2.4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉補機冷却水系系統流量の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 2－3 に示す。

2.4.2.2　許容応力

原子炉補機冷却水系系統流量の許容応力は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 2－4 のとおりとする。

2.4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

原子炉補機冷却水系系統流量の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 2－5 に示す。

2.4.3　計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【原子炉補機冷却水系系統流量（P21-FT-009B）の耐震性についての計算結果】，【原子炉補機冷却水系系統流量（P21-FT-009C）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 2－3　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御系統施設	その他の計測制御系統施設	原子炉補機冷却水系系統流量	常設／防止（DB 拡張）	—*2	D＋P_D＋M_D＋Ｓｓ*3	$Ⅳ_AS$
					D＋P_{SAD}＋M_{SAD}＋Ｓｓ	V_AS（V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記＊1：「常設／防止(DB 拡張)」は常設重大事故防止設備(設計基準拡張)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}＋Ｓｓ」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表2－4　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1，*2 （ボルト等）	
	一次応力	
	引張り	せん断
ⅣＡＳ	1.5・ｆｔ*	1.5・ｆｓ*
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 2－5　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
基礎ボルト	SS400 (40mm＜径)	周囲環境温度	40	215	400	―

2.5　機能維持評価

2.5.1　電気的機能維持評価方法

原子炉補機冷却水系系統流量の電気的機能維持評価は，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-8　計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

スタンションに設置される検出器の機能確認済加速度は，Ⅴ-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 2－6 に示す。

表 2－6　機能確認済加速度　　(×9.8m/s^2)

評価部位	方向	機能確認済加速度
原子炉補機冷却水系系統流量 (P21-FT-009B)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]
原子炉補機冷却水系系統流量 (P21-FT-009C)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]

2.6　評価結果

2.6.1　重大事故等対処設備としての評価結果

原子炉補機冷却水系系統流量の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1)　構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2)　機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【原子炉補機冷却水系系統流量（P21-FT-009B）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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
原子炉補機冷却水系 系統流量 (P21-FT-009B)	常設／防止 (DB 拡張)	タービン建屋 T.M.S.L.4.900 (T.M.S.L.12.300*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C_H＝1.60	C_V＝1.23	40

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 原子炉補機冷却水系系統流量

部材	m (kg)	h_2 (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	n	S_y (MPa)	S_u (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	140	12 (M12)	113.1	4	215 (40mm＜径)	400 (40mm＜径)

部材	ℓ_3* (mm)	ℓ_a* (mm)	ℓ_b* (mm)	n_{fV}*	n_{fH}*	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用 地震動Ｓｄ又は 静的震度	基準地震動 Ｓｓ
基礎ボルト	713	160	1140	2	2	—	258	—	正面方向
	713	160	1140	2	2				

注記＊：各ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_b		Q_b	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	—	[redacted]	—	[redacted]

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	—	—	$\sigma_b=3$	$f_{ts}=154^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=3$	$f_{sb}=119$

すべて許容応力以下である。

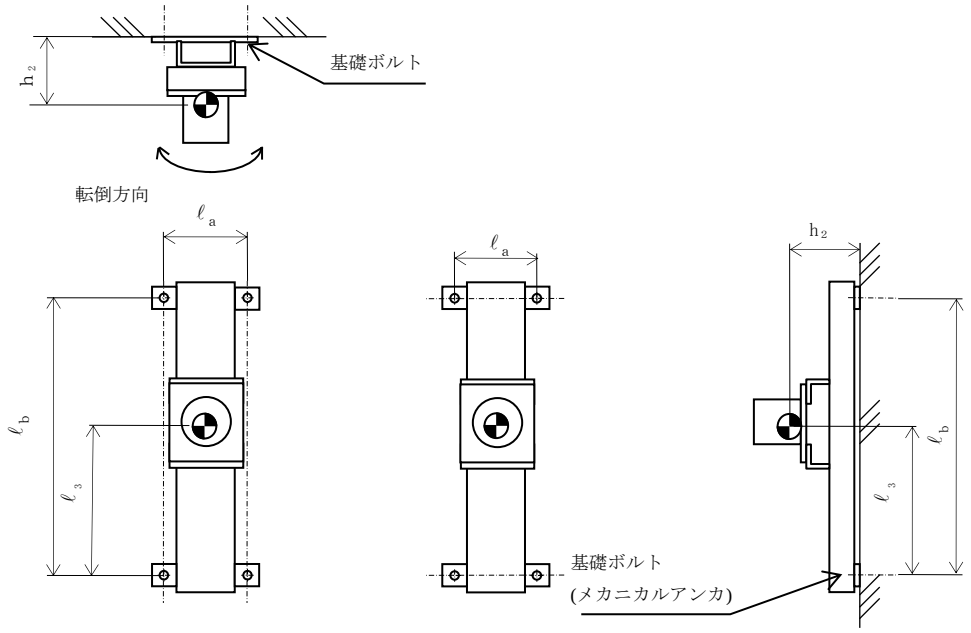
注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}]$

1.4.2 電気的機能の評価結果 ($\times 9.8\mathrm{m/s^2}$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉補機冷却水系系統流量(P21-FT-009B)	水平方向	1.33	[redacted]
	鉛直方向	1.02	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


基礎ボルト
h_2
転倒方向
ℓ_a
ℓ_b
ℓ_3
ℓ_a
h_2
ℓ_b
ℓ_3
基礎ボルト
(メカニカルアンカ)

（正面方向）　　（側面方向）

【原子炉補機冷却水系系統流量（P21-FT-009C）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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
原子炉補機冷却水系 系統流量 (P21-FT-009C)	常設／防止 (DB 拡張)	タービン建屋 T.M.S.L.-5.100 (T.M.S.L.-1.100*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C_H＝1.28	C_V＝1.12	40

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 原子炉補機冷却水系系統流量

部材	m (kg)	h_2 (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	n	S_y (MPa)	S_u (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	140	12 (M12)	113.1	4	215 (40mm＜径)	400 (40mm＜径)

部材	ℓ_3* (mm)	ℓ_a* (mm)	ℓ_b* (mm)	n_{fV}*	n_{fH}*	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	713	160	1140	2	2	—	258	—	正面方向
	713	160	1140	2	2				

注記＊：各ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_b		Q_b	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	—	[redacted]	—	[redacted]

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	—	—	$\sigma_b=3$	$f_{ts}=154^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=2$	$f_{sb}=119$

すべて許容応力以下である。

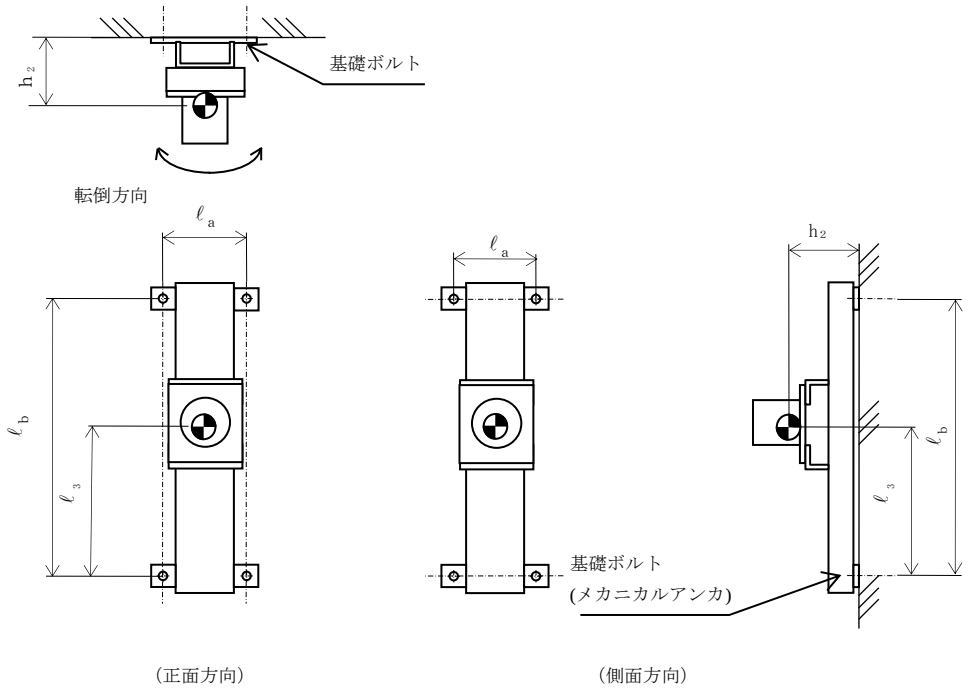
注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}]$

1.4.2 電気的機能の評価結果 ($\times 9.8 m/s^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉補機冷却水系系統流量 (P21-FT-009C)	水平方向	1.07	[redacted]
	鉛直方向	0.93	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


基礎ボルト
h_2
転倒方向
ℓ_a
ℓ_b
ℓ_3
ℓ_a
h_2
ℓ_b
ℓ_3
基礎ボルト
(メカニカルアンカ)

（正面方向）　　（側面方向）

Ⅴ-2-6-7-24　残留熱除去系熱交換器入口冷却水流量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
4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 4
4.2.2　許容応力 ····· 4
4.2.3　使用材料の許容応力評価条件 ····· 4
4.3　計算条件 ····· 4
5.　機能維持評価 ····· 8
5.1　電気的機能維持評価方法 ····· 8
6.　評価結果 ····· 9
6.1　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 9

1. 概要

本計算書は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，残留熱除去系熱交換器入口冷却水流量が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

残留熱除去系熱交換器入口冷却水流量は，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(設計基準拡張)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。

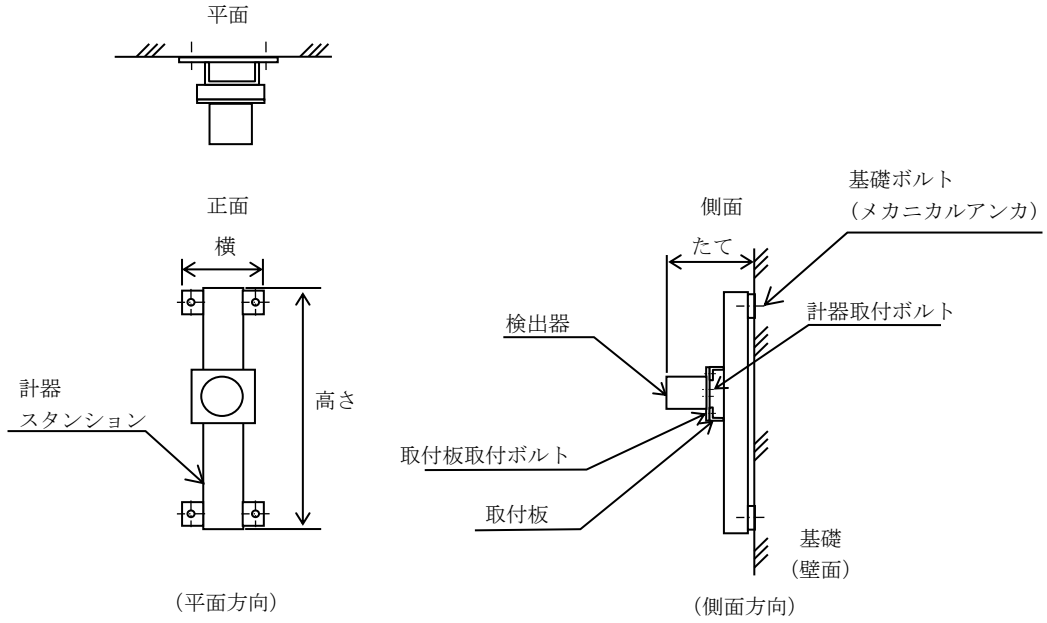
なお，残留熱除去系熱交換器入口冷却水流量は，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法」に記載の壁掛形スタンションであるため，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-8　計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

残留熱除去系熱交換器入口冷却水流量の構造計画を表2－1に示す。

表 2－1　構造計画

<table>
<tr><th colspan="2">計画の概要</th><th rowspan="2">概略構造図</th></tr>
<tr><th>基礎・支持構造</th><th>主体構造</th></tr>
<tr><td>検出器は，計器取付ボルトにより取付板に固定され，取付板は，取付板取付ボルトにより計器スタンションに固定される。計器スタンションは，基礎に基礎ボルトで設置する。</td><td>差圧式流量検出器</td><td>【残留熱除去系熱交換器入口冷却水流量】


<table>
<tr><th>機器名称</th><th>残留熱除去系熱交換器
入口冷却水流量
(P21-FT-010A)</th><th>残留熱除去系熱交換器
入口冷却水流量
(P21-FT-010B)</th><th>残留熱除去系熱交換器
入口冷却水流量
(P21-FT-010C)</th></tr>
<tr><td>たて</td><td>292</td><td>292</td><td>292</td></tr>
<tr><td>横</td><td>200</td><td>200</td><td>200</td></tr>
<tr><td>高さ</td><td>1200</td><td>1200</td><td>1200</td></tr>
</table>
（単位：mm）</td></tr>
</table>

3.　固有周期

3.1　固有周期の確認

残留熱除去系熱交換器入口冷却水流量の固有周期は，構造が同等であり，同様な振動特性を持つスタンションに対する振動試験（自由振動試験）の結果確認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）

残留熱除去系熱交換器入口冷却水流量 (P21-FT-010A)	水平	0.05以下
	鉛直	0.05以下
残留熱除去系熱交換器入口冷却水流量 (P21-FT-010B)	水平	0.05以下
	鉛直	0.05以下
残留熱除去系熱交換器入口冷却水流量 (P21-FT-010C)	水平	0.05以下
	鉛直	0.05以下

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

残留熱除去系熱交換器入口冷却水流量の構造強度評価は，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-8 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

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

残留熱除去系熱交換器入口冷却水流量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

残留熱除去系熱交換器入口冷却水流量の許容応力は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4－2 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

残留熱除去系熱交換器入口冷却水流量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【残留熱除去系熱交換器入口冷却水流量（P21-FT-010A）の耐震性についての計算結果】，【残留熱除去系熱交換器入口冷却水流量（P21-FT-010B）の耐震性についての計算結果】，【残留熱除去系熱交換器入口冷却水流量（P21-FT-010C）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	残留熱除去系熱交換器入口冷却水流量	常設／防止（DB 拡張）	—*2	D＋P_D＋M_D＋S_s *3	$Ⅳ_AS$
					D＋P_{SAD}＋M_{SAD}＋S_s	V_AS（V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

注記＊1：「常設／防止（DB 拡張）」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4－2　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 4－3　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
基礎ボルト	SS400 (40mm＜径)	周囲環境温度	66	206	385	―

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

残留熱除去系熱交換器入口冷却水流量の電気的機能維持評価は，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-8　計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

スタンションに設置される検出器の機能確認済加速度は，Ⅴ-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^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
残留熱除去系熱交換器入口冷却水流量 (P21-FT-010A)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]
残留熱除去系熱交換器入口冷却水流量 (P21-FT-010B)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]
残留熱除去系熱交換器入口冷却水流量 (P21-FT-010C)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

残留熱除去系熱交換器入口冷却水流量の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【残留熱除去系熱交換器入口冷却水流量（P21-FT-010A）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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
残留熱除去系熱交換器入口冷却水流量 (P21-FT-010A)	常設／防止 (DB 拡張)	原子炉建屋 T.M.S.L. -8.200 (T.M.S.L. -1.700*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C_H＝1.30	C_V＝1.27	66

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m (kg)	h_2 (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	n	S_y (MPa)	S_u (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	140	12 (M12)	113.1	4	206 (40mm＜径)	385 (40mm＜径)

部材	ℓ_3* (mm)	ℓ_a* (mm)	ℓ_b* (mm)	n_{fV}*	n_{fH}*	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	713	160	1140	2	2	—	247	—	正面方向
	713	160	1140	2	2				

注記＊：各ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_b		Q_b	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	—	[redacted]	—	[redacted]

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	—	—	$\sigma_b=3$	$f_{ts}=148^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=3$	$f_{sb}=114$

すべて許容応力以下である。

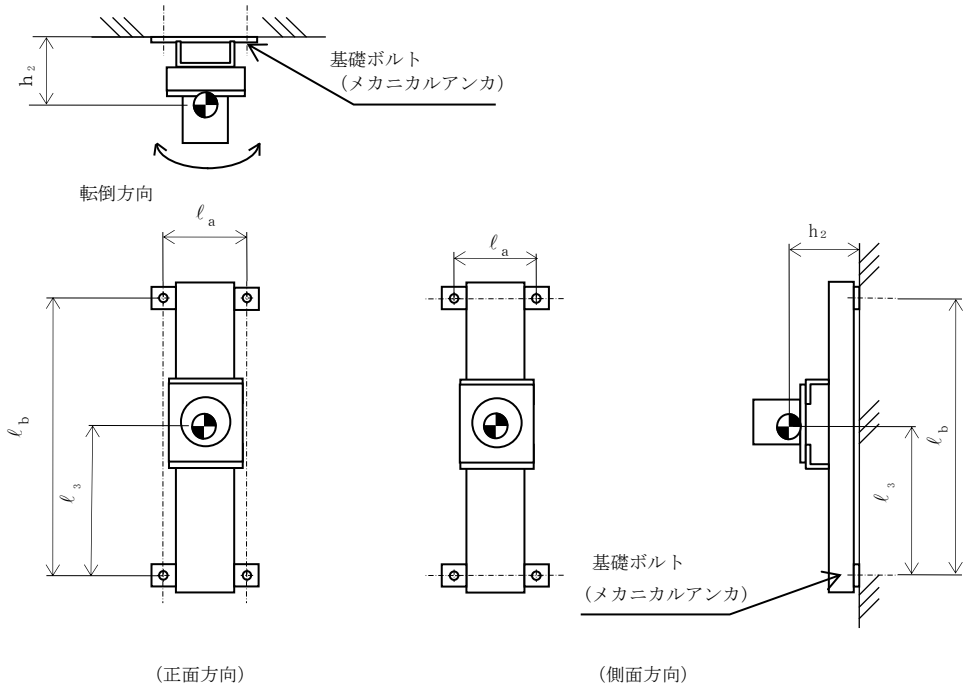
注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}]$

1.4.2 電気的機能の評価結果 (×9.8m/s^2)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
残留熱除去系熱交換器入口冷却水流量 (P21-FT-010A)	水平方向	1.08	[redacted]
	鉛直方向	1.06	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


基礎ボルト
（メカニカルアンカ）
h_2
転倒方向
ℓ_a
ℓ_b
ℓ_3
ℓ_a
h_2
ℓ_b
ℓ_3
基礎ボルト
（メカニカルアンカ）

（正面方向）　（側面方向）

【残留熱除去系熱交換器入口冷却水流量（P21-FT-010B）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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
残留熱除去系熱交換器入口冷却水流量 (P21-FT-010B)	常設/防止 (DB 拡張)	原子炉建屋 T.M.S.L. -8.200 (T.M.S.L. -1.700*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C_H＝1.30	C_V＝1.27	66

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m (kg)	h_2 (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	n	S_y (MPa)	S_u (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	140	12 (M12)	113.1	4	206 (40mm＜径)	385 (40mm＜径)

部材	ℓ_3* (mm)	ℓ_a* (mm)	ℓ_b* (mm)	n_{fV}*	n_{fH}*	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	713	160	1140	2	2	—	247	—	正面方向
	713	160	1140	2	2				

注記＊：各ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_b		Q_b	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	—	[redacted]	—	[redacted]

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	—	—	σ_b=3	f_{ts}=148*
		せん断	—	—	τ_b=3	f_{sb}=114

すべて許容応力以下である。

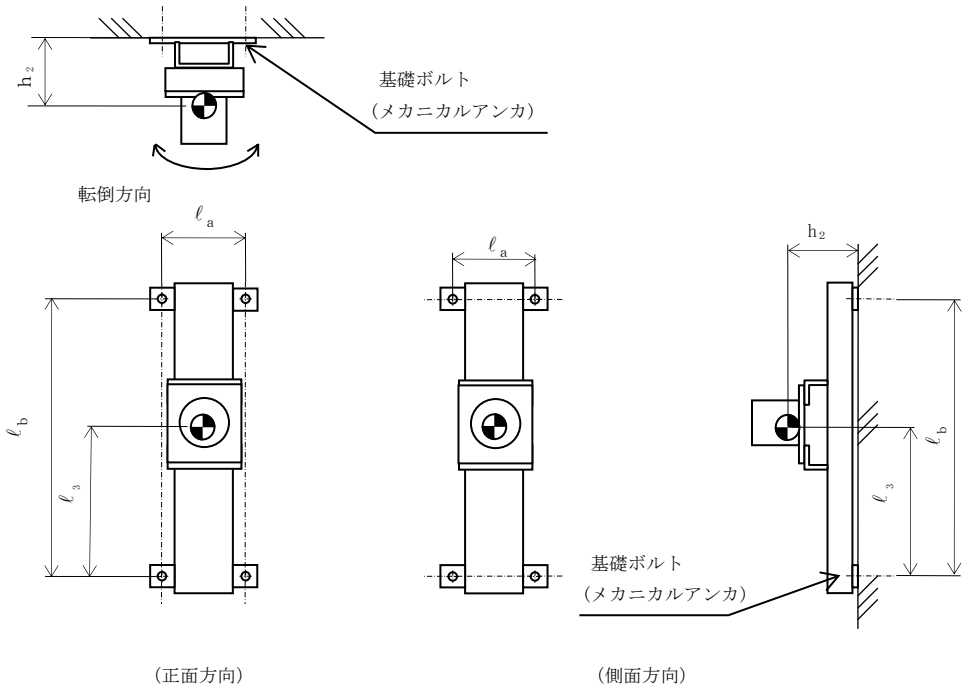
注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}]$

1.4.2 電気的機能の評価結果 (×9.8m/s^2)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
残留熱除去系熱交換器入口冷却水流量(P21-FT-010B)	水平方向	1.08	[redacted]
	鉛直方向	1.06	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。



（正面方向）　（側面方向）

【残留熱除去系熱交換器入口冷却水流量（P21-FT-010C）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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
残留熱除去系熱交換器入口冷却水流量 (P21-FT-010C)	常設/防止 (DB 拡張)	原子炉建屋 T.M.S.L. -8.200 (T.M.S.L. -1.700*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C_H＝1.30	C_V＝1.27	66

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m (kg)	h_2 (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	n	S_y (MPa)	S_u (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	140	12 (M12)	113.1	4	206 (40mm＜径)	385 (40mm＜径)

部材	ℓ_3* (mm)	ℓ_a* (mm)	ℓ_b* (mm)	n_{fV}*	n_{fH}*	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	713	160	1140	2	2	—	247	—	正面方向
	713	160	1140	2	2				

注記＊：各ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_b		Q_b	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	—	[redacted]	—	[redacted]

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	—	—	$\sigma_b=3$	$f_{ts}=148^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=3$	$f_{sb}=114$

すべて許容応力以下である。

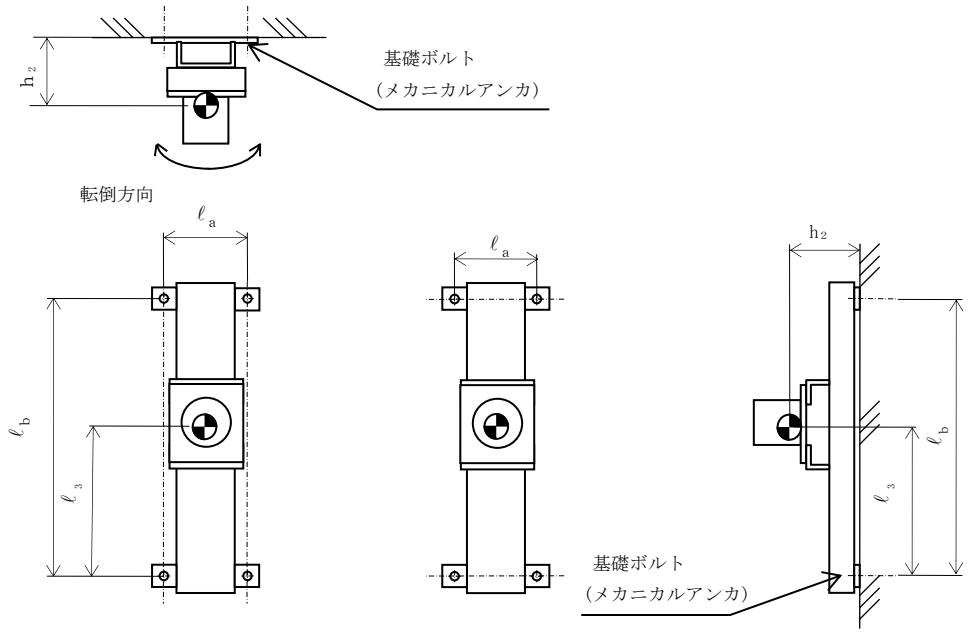
注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}]$

1.4.2 電気的機能の評価結果 (×9.8m/s^2)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
残留熱除去系熱交換器入口冷却水流量 (P21-FT-010C)	水平方向	1.08	[redacted]
	鉛直方向	1.06	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


基礎ボルト
（メカニカルアンカ）
h_2
転倒方向
ℓ_a
ℓ_b
ℓ_3
ℓ_a
h_2
ℓ_b
ℓ_3
基礎ボルト
（メカニカルアンカ）

（正面方向）　　（側面方向）

Ⅴ-2-6-7-25　復水移送ポンプ吐出圧力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
4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 4
4.2.2　許容応力 ····· 4
4.2.3　使用材料の許容応力評価条件 ····· 4
4.3　計算条件 ····· 4
5.　機能維持評価 ····· 8
5.1　電気的機能維持評価方法 ····· 8
6.　評価結果 ····· 9
6.1　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 9

1. 概要

本計算書は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，復水移送ポンプ吐出圧力が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

復水移送ポンプ吐出圧力は，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

なお，復水移送ポンプ吐出圧力は，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法」に記載の直立形スタンションであるため，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-8　計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

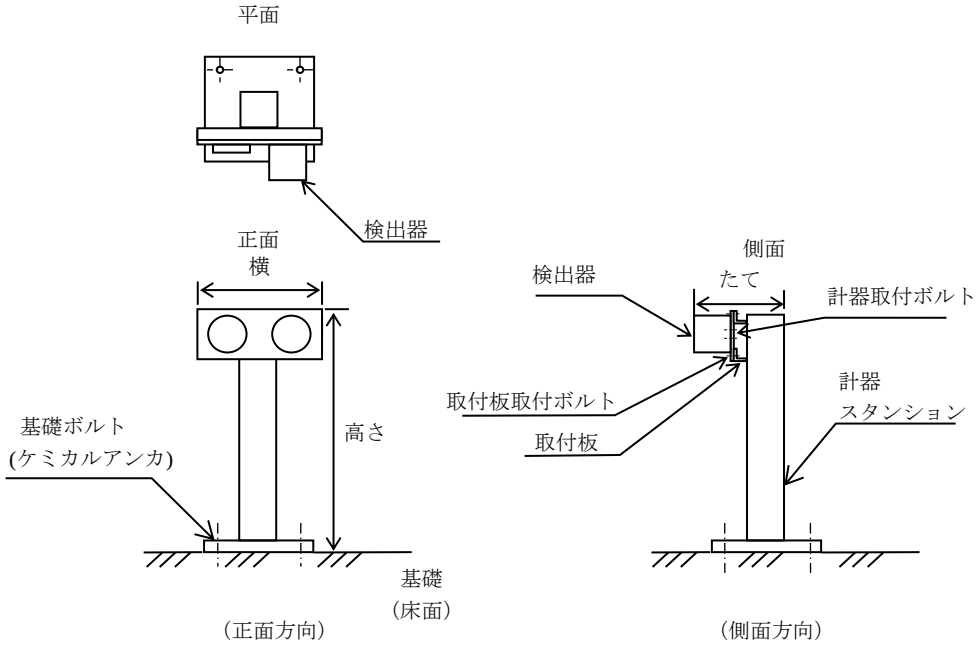
2. 一般事項

2.1 構造計画

復水移送ポンプ吐出圧力の構造計画を表 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，計器取付ボルトにより取付板に固定され，取付板は，取付板取付ボルトにより計器スタンションに固定される。計器スタンションは，基礎に基礎ボルトで設置する。	弾性圧力検出器	【復水移送ポンプ吐出圧力】



機器名称	復水移送ポンプ吐出圧力 (P13-PT-011A)	復水移送ポンプ吐出圧力 (P13-PT-011B)	復水移送ポンプ吐出圧力 (P13-PT-011C)
たて	335	335	335
横	390	390	390
高さ	1320	1320	1320

(単位：mm)

3. 固有周期

3.1 固有周期の確認

復水移送ポンプ吐出圧力（P13-PT-011B）の固有周期は，プラスチックハンマ等により，当該装置に振動を与え自由減衰振動を固有振動数測定装置（圧電式加速度ピックアップ，振動計，分析器）により記録解析する。試験の結果，剛であることを確認した。

復水移送ポンプ吐出圧力（P13-PT-011A）及び復水移送ポンプ吐出圧力（P13-PT-011C）の固有周期は，構造が同等であり，同様な振動耐性を持つスタンションに対する振動試験（自由振動試験）の結果確認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）

復水移送ポンプ吐出圧力 (P13-PT-011A)	水平	0.05以下
	鉛直	0.05以下
復水移送ポンプ吐出圧力 (P13-PT-011B)	水平	□
	鉛直	□
復水移送ポンプ吐出圧力 (P13-PT-011C)	水平	0.05以下
	鉛直	0.05以下

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

復水移送ポンプ吐出圧力の構造強度評価は，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-8 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

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

復水移送ポンプ吐出圧力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

復水移送ポンプ吐出圧力の許容応力は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4－2 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

復水移送ポンプ吐出圧力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【復水移送ポンプ吐出圧力（P13-PT-011A）の耐震性についての計算結果】，【復水移送ポンプ吐出圧力（P13-PT-011B）の耐震性についての計算結果】，【復水移送ポンプ吐出圧力（P13-PT-011C）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	復水移送ポンプ吐出圧力	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	D＋P_D＋M_D＋Ｓｓ*3	$Ⅳ_AS$
					D＋P_{SAD}＋M_{SAD}＋Ｓｓ	V_AS （V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

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

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4－2　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 4－3　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
基礎ボルト	SS400 (径≦16mm)	周囲環境温度	66	234	385	―

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

復水移送ポンプ吐出圧力の電気的機能維持評価は，V-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-8　計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

スタンションに設置される検出器の機能確認済加速度は，V-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^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
復水移送ポンプ吐出圧力 (P13-PT-011A)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]
復水移送ポンプ吐出圧力 (P13-PT-011B)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]
復水移送ポンプ吐出圧力 (P13-PT-011C)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

復水移送ポンプ吐出圧力の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【復水移送ポンプ吐出圧力（P13-PT-011A）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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
復水移送ポンプ吐出圧力 (P13-PT-011A)	常設耐震／防止 常設／緩和	廃棄物処理建屋 T.M.S.L.-6.100*	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C_H=1.38	C_V=1.25	66

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 復水移送ポンプ吐出圧力

部材	m (kg)	h_1 (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	n	S_y (MPa)	S_u (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	788	12 (M12)	113.1	4	234 (径≦16mm)	385 (径≦16mm)

部材	ℓ_1* (mm)	ℓ_2* (mm)	n_f*	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	100	100	2	—	270	—	側面方向
	46	154	2				

注記＊：各ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	Ｆｂ		Ｑｂ	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	―	[redacted]	―	[redacted]

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	―	―	$\sigma_b=13$	$f_{ts}=162^*$
		せん断	―	―	$\tau_b=2$	$f_{sb}=124$

すべて許容応力以下である。

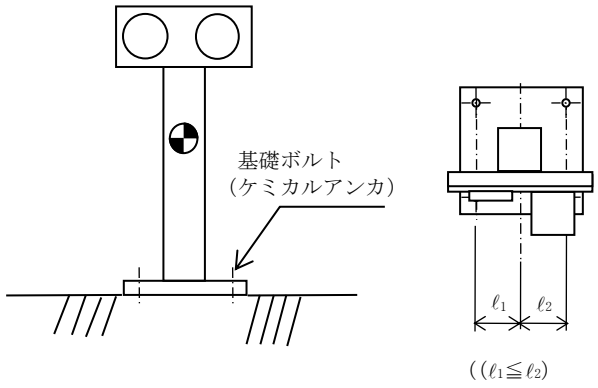
注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}]$

1.4.2 電気的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

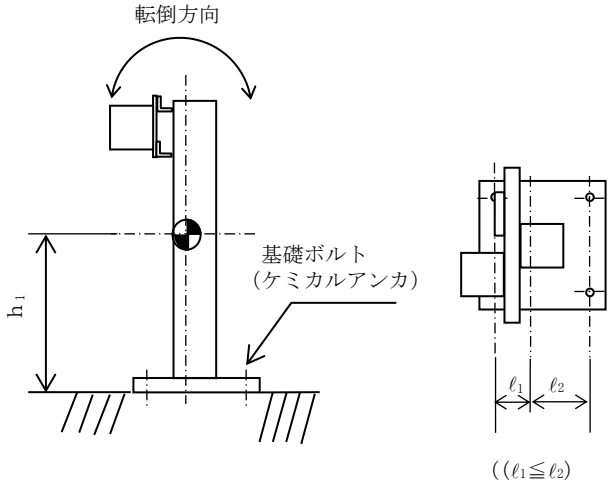
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
復水移送ポンプ吐出圧力 (P13-PT-011A)	水平方向	1.15	[redacted]
	鉛直方向	1.05	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


基礎ボルト
（ケミカルアンカ）
ℓ_1
ℓ_2
（$\ell_1 \leqq \ell_2$）

（正面方向）


転倒方向
h_1
基礎ボルト
（ケミカルアンカ）
ℓ_1
ℓ_2
（$\ell_1 \leqq \ell_2$）

（側面方向）

【復水移送ポンプ吐出圧力（P13-PT-011B）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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
復水移送ポンプ吐出圧力 (P13-PT-011B)	常設耐震／防止 常設／緩和	廃棄物処理建屋 T.M.S.L.-6.100*	[redacted]	[redacted]	—	—	C_H＝1.38	C_V＝1.25	66

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 復水移送ポンプ吐出圧力

部材	m (kg)	h_1 (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	n	S_y (MPa)	S_u (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	788	12 (M12)	113.1	4	234 (径≦16mm)	385 (径≦16mm)

部材	ℓ_1* (mm)	ℓ_2* (mm)	n_f*	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	100	100	2	—	270	—	側面方向
	46	154	2				

注記＊：各ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	Ｆｂ		Ｑｂ	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	―	[redacted]	―	[redacted]

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	―	―	$\sigma_b=13$	$f_{ts}=162^*$
		せん断	―	―	$\tau_b=2$	$f_{sb}=124$

すべて許容応力以下である。

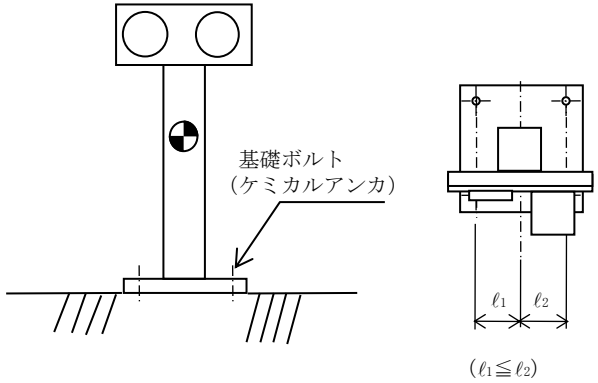
注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}]$

1.4.2 電気的機能の評価結果 (×9.8m/s^2)

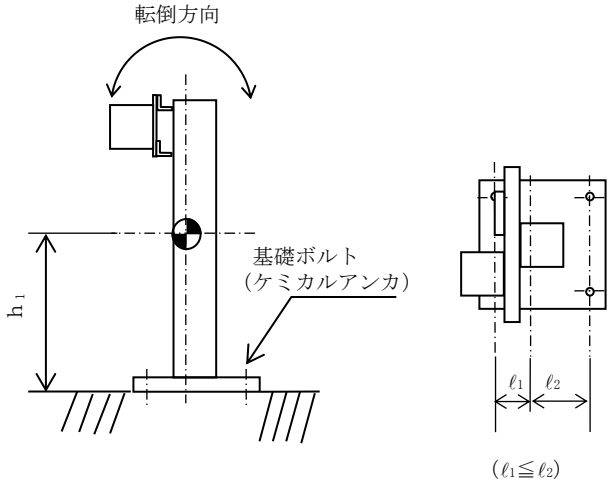
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
復水移送ポンプ吐出圧力 (P13-PT-011B)	水平方向	1.15	[redacted]
	鉛直方向	1.05	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


基礎ボルト
（ケミカルアンカ）
ℓ_1
ℓ_2
（$\ell_1 \leqq \ell_2$）

（正面方向）


転倒方向
h_1
基礎ボルト
（ケミカルアンカ）
ℓ_1
ℓ_2
（$\ell_1 \leqq \ell_2$）

（側面方向）

【復水移送ポンプ吐出圧力（P13-PT-011C）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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
復水移送ポンプ吐出圧力 (P13-PT-011C)	常設耐震／防止 常設／緩和	廃棄物処理建屋 T.M.S.L.-6.100*	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C_H＝1.38	C_V＝1.25	66

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 復水移送ポンプ吐出圧力

部材	m (kg)	h_1 (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	n	S_y (MPa)	S_u (MPa)
基礎ボルト	□	788	12 (M12)	113.1	4	234 (径≦16mm)	385 (径≦16mm)

部材	ℓ_1* (mm)	ℓ_2* (mm)	n_f*	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	100	100	2	—	270	—	側面方向
	46	154	2				

注記＊：各ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	Ｆｂ		Ｑｂ	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	―	[redacted]	―	[redacted]

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	―	―	σ_b=13	f_{ts}=162*
		せん断	―	―	τ_b=2	f_{sb}=124

すべて許容応力以下である。

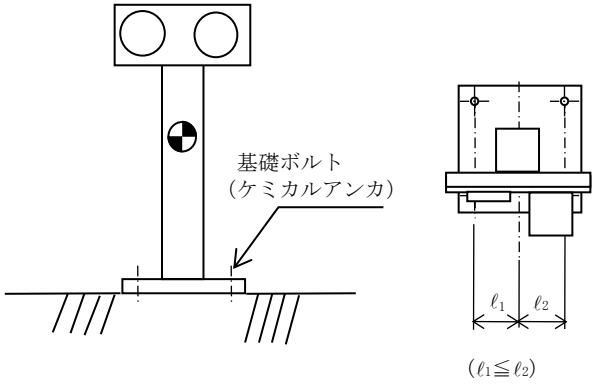
注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}]$

1.4.2 電気的機能の評価結果 (×9.8m/s^2)

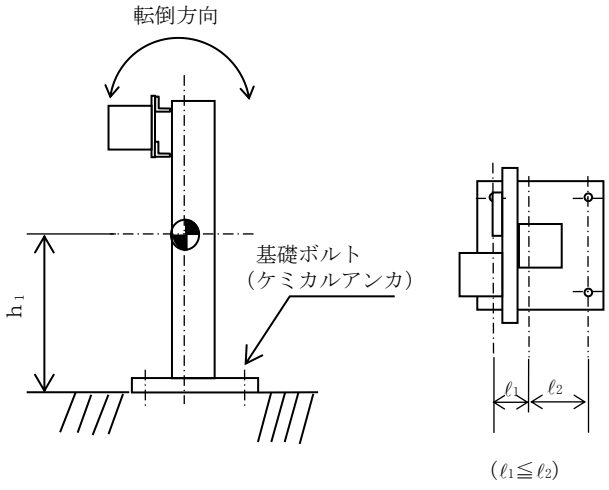
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
復水移送ポンプ吐出圧力 (P13-PT-011C)	水平方向	1.15	[redacted]
	鉛直方向	1.05	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


基礎ボルト
（ケミカルアンカ）
ℓ_1
ℓ_2
（$\ell_1 \leqq \ell_2$）

（正面方向）


転倒方向
h_1
基礎ボルト
（ケミカルアンカ）
ℓ_1
ℓ_2
（$\ell_1 \leqq \ell_2$）

（側面方向）

Ⅴ-2-6-7-26　静的触媒式水素再結合器動作監視装置の耐震性についての計算書

目　　次

1.　静的触媒式水素再結合器動作監視装置（T71-TE-001A,001B） ····· 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 ····· 8
1.4.1　固有値解析方法 ····· 8
1.4.2　解析モデル及び諸元 ····· 8
1.4.3　固有値解析結果 ····· 9
1.5　構造強度評価 ····· 10
1.5.1　構造強度評価方法 ····· 10
1.5.2　荷重の組合せ及び許容応力 ····· 10
1.5.3　設計用地震力 ····· 14
1.5.4　計算方法 ····· 15
1.5.5　計算条件 ····· 18
1.5.6　応力の評価 ····· 18
1.6　機能維持評価 ····· 19
1.6.1　電気的機能維持評価方法 ····· 19
1.7　評価結果 ····· 20
1.7.1　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 20
2.　静的触媒式水素再結合器動作監視装置（T71-TE-002A,002B） ····· 27
2.1　概要 ····· 27
2.2　一般事項 ····· 27
2.2.1　構造計画 ····· 27
2.2.2　評価方針 ····· 29
2.2.3　適用規格・基準等 ····· 30
2.2.4　記号の説明 ····· 31
2.2.5　計算精度と数値の丸め方 ····· 32
2.3　評価部位 ····· 33
2.4　固有周期 ····· 34
2.4.1　固有値解析方法 ····· 34
2.4.2　解析モデル及び諸元 ····· 34

2.4.3　固有値解析結果 ····· 35
2.5　構造強度評価 ····· 36
2.5.1　構造強度評価方法 ····· 36
2.5.2　荷重の組合せ及び許容応力 ····· 36
2.5.3　設計用地震力 ····· 40
2.5.4　計算方法 ····· 41
2.5.5　計算条件 ····· 44
2.5.6　応力の評価 ····· 44
2.6　機能維持評価 ····· 45
2.6.1　電気的機能維持評価方法 ····· 45
2.7　評価結果 ····· 46
2.7.1　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 46

1. 静的触媒式水素再結合器動作監視装置（T71-TE-001A,001B）

1.1 概要

本計算書は，V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，静的触媒式水素再結合器動作監視装置が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

静的触媒式水素再結合器動作監視装置は，重大事故等対処設備においては常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

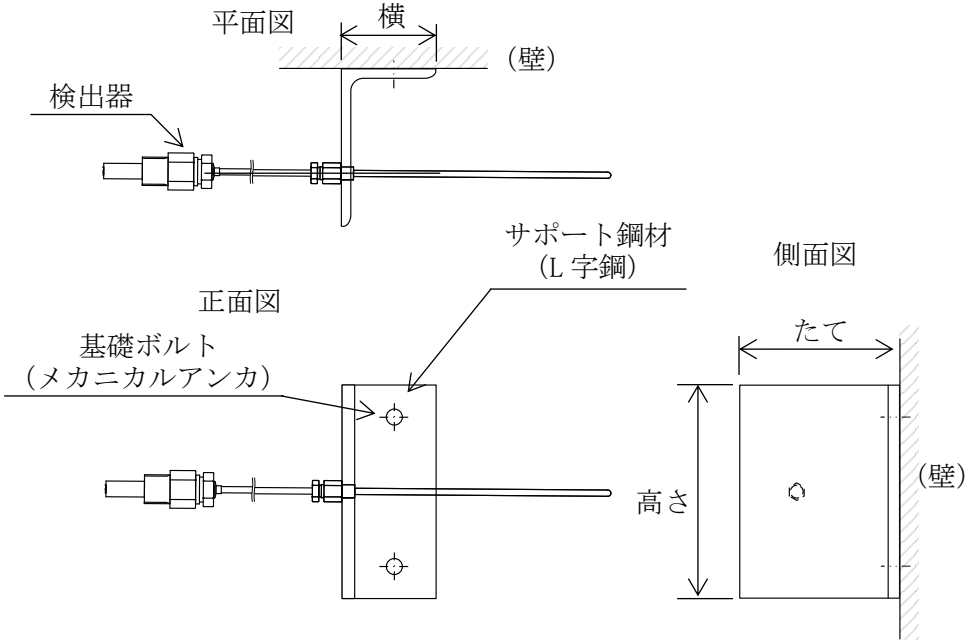
1.2 一般事項

1.2.1 構造計画

静的触媒式水素再結合器動作監視装置の構造計画を表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	
検出器は，サポート鋼材に固定し，サポート鋼材は，基礎ボルトにより壁面に設置する。	熱電対	【静的触媒式水素再結合器動作監視装置】



機器名称	静的触媒式水素再結合器動作監視装置 (T71-TE-001A)	静的触媒式水素再結合器動作監視装置 (T71-TE-001B)
たて	150	150
横	90	90
高さ	200	200

(単位：mm)

1.2.2　評価方針

静的触媒式水素再結合器動作監視装置の応力評価は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「1.2.1　構造計画」にて示す静的触媒式水素再結合器動作監視装置の部位を踏まえ「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，「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，静的触媒式水素再結合器動作監視装置の機能維持評価は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電気的機能維持の方針に基づき，地震時の応答加速度が電気的機能確認済加速度以下であることを，「1.6　機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「1.7　評価結果」に示す。

静的触媒式水素再結合器動作監視装置の耐震評価フローを図1－1に示す。

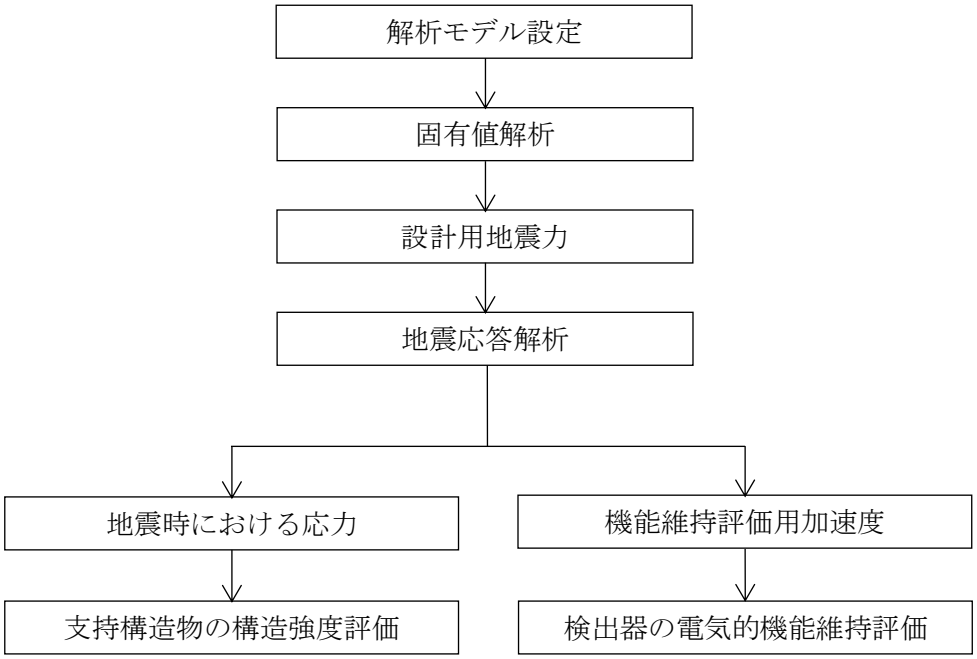


図1－1　静的触媒式水素再結合器動作監視装置の耐震評価フロー

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　ＪＥＡＧ４６０１・補-1984（(社) 日本電気協会）

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

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

・発電用原子力設備規格　設計・建設規格（(社) 日本機械学会，2005/2007）（以下「設計・建設規格」という。）

1.2.4　記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_b	基礎ボルトの軸断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d	基礎ボルトの呼び径	mm
F *	設計・建設規格　SSB-3131又はSSB-3133に定める値	MPa
F_b	基礎ボルトに作用する引張力	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	MPa
g	重力加速度（＝9.80665）	m/s^2
ℓ_1	ボルトの応力計算に用いる距離（水平方向）	mm
ℓ_2	ボルトの応力計算に用いる距離（鉛直方向）	mm
ℓ_3	ボルトの応力計算に用いる距離（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）	N･m
M_y	サポート基礎部に作用するモーメント（y軸周り）	N･m
M_z	サポート基礎部に作用するモーメント（z軸周り）	N･m
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	—
Q_b	基礎ボルトに作用するせん断力	MPa
S_u	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表9に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表8に定める値	MPa
S_y(RT)	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表8に定める材料の40℃における値	MPa
W	検出器の荷重	N
π	円周率	—
σ_b	基礎ボルトに生じる引張応力	MPa
τ_b	基礎ボルトに生じるせん断応力	MPa

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に示すとおりとする。

表1－2　表示する数値の丸め方

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

1.3　評価部位

静的触媒式水素再結合器動作監視装置の耐震評価は，「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部について実施する。静的触媒式水素再結合器動作監視装置の耐震評価部位については，表 1－1 の概略構造図に示す。

1.4　固有周期

1.4.1　固有値解析方法

静的触媒式水素再結合器動作監視装置の固有値解析方法を以下に示す。

(1)　静的触媒式水素再結合器動作監視装置は，「1.4.2　解析モデル及び諸元」に示す三次元はりモデルとして考える。

1.4.2　解析モデル及び諸元

静的触媒式水素再結合器動作監視装置モデルを図1－2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【静的触媒式水素再結合器動作監視装置の耐震性についての計算結果（T71-TE-001A)】，【静的触媒式水素再結合器動作監視装置の耐震性についての計算結果（T71-TE-001B)】のその他の機器要目に示す。

(1)　静的触媒式水素再結合器動作監視装置の検出器の質量は，それぞれの重心に集中するものとする。

(2)　静的触媒式水素再結合器動作監視装置の検出器の重心位置については，計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定するものとする。

(3)　拘束条件は，サポート基礎部の並進方向と，ボルト軸直角2方向の回転方向を固定する。なお，基礎ボルト部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，別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

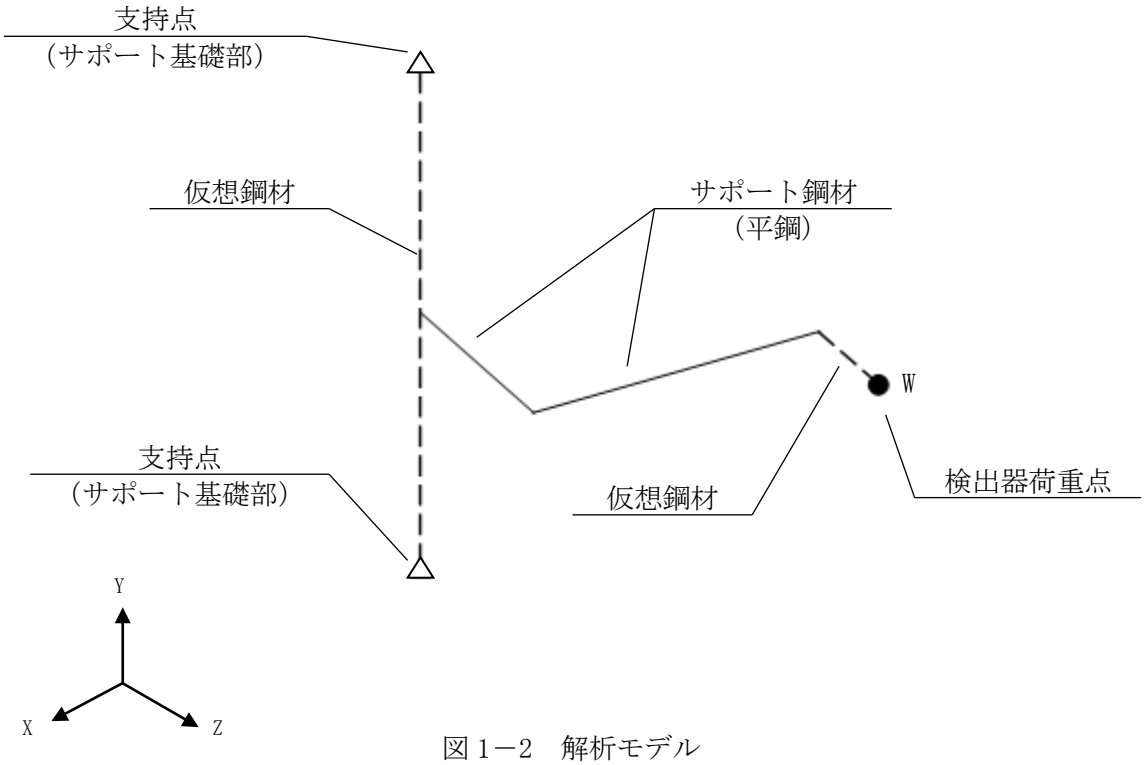


図1－2　解析モデル

1.4.3　固有値解析結果

固有値解析結果を表 1－3 に示す。固有周期は 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。

表 1－3　固有値解析結果

計器番号	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	Z方向	
T71-TE-001A	1 次	水平	[redacted]	—	—	—
T71-TE-001B	1 次	水平	[redacted]	—	—	—

1.5　構造強度評価

1.5.1　構造強度評価方法

1.4.2 項(1)～(5)のほか，次の条件で計算する。

(1)　地震力は，静的触媒式水素再結合器動作監視装置に対して，水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。

(2)　解析コードは，「ＭＳＣ　ＮＡＳＴＲＡＮ」を使用し，荷重を求める。

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

静的触媒式水素再結合器動作監視装置の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 1－4 に示す。

1.5.2.2　許容応力

静的触媒式水素再結合器動作監視装置の許容応力は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 1－5 のとおりとする。

1.5.2.3　使用材料の許容応力評価条件

静的触媒式水素再結合器動作監視装置の使用材料の許容応力評価条件のうちの評価に用いるものを表 1－6 に示す。

表1－4　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御系統施設	その他の計測制御系統施設	静的触媒式水素再結合器動作監視装置	常設／緩和	—*2	D＋P_D＋M_D＋Ｓｓ*3	ⅣＡＳ
					D＋P_{SAD}＋M_{SAD}＋Ｓｓ	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}＋Ｓｓ」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表1－5　許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 （ボルト等）	
	一次応力	
	引張り	せん断
ⅣＡＳ	1.5・ｆｔ*	1.5・ｆｓ*
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1－6　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
基礎ボルト	SS400 (40mm＜径)	周囲環境温度	77	202	380	―

1.5.3　設計用地震力

耐震評価に用いる設計用地震力を表 1－7 に示す。

「基準地震動Ｓｓ」による地震力は，Ｖ-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

表 1－7　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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
		水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度
静的触媒式水素再結合器動作監視装置 (T71-TE-001A)	原子炉建屋 T.M.S.L.31.700 (T.M.S.L.38.200*)	□	0.05以下	—	—	C_H=2.03	C_V=1.45
静的触媒式水素再結合器動作監視装置 (T71-TE-001B)	原子炉建屋 T.M.S.L.31.700 (T.M.S.L.38.200*)	□	0.05以下	—	—	C_H=2.03	C_V=1.45

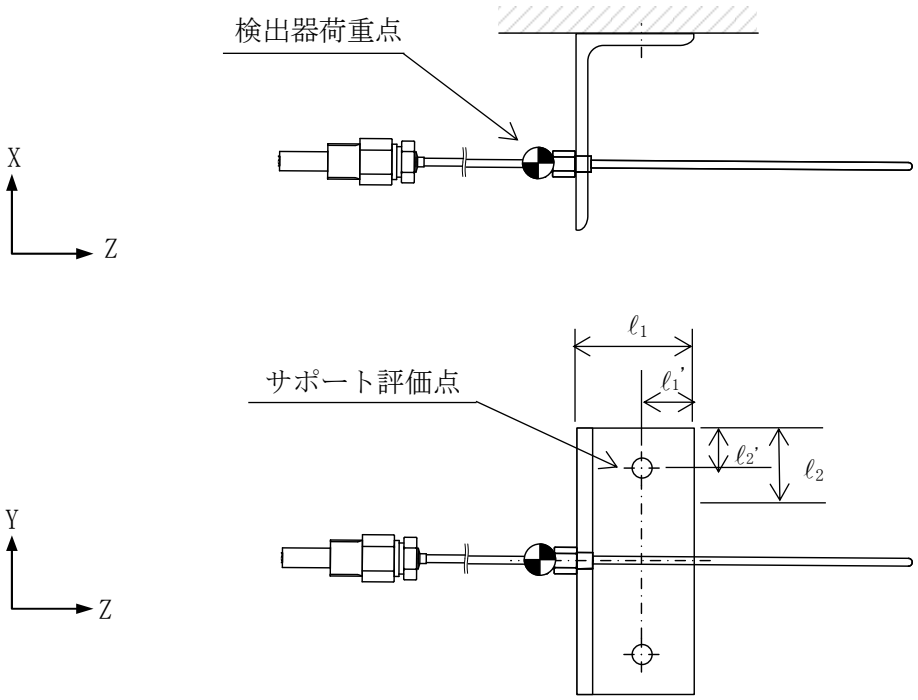
注記＊：基準床レベルを示す。

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，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。



ℓ_1：Z 方向における基礎ボルトから端部までの距離（ℓ_1’）の 2 倍とする。

ℓ_2：Y 方向における基礎ボルトから端部までの距離（ℓ_2’）の 2 倍とする。

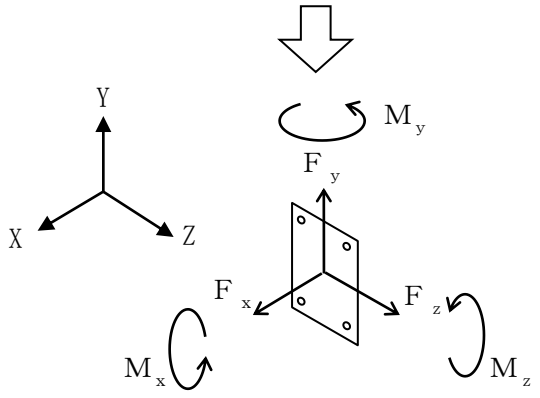


図 1－3　計算モデル（サポート基礎部，基礎ボルト）

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 1－8 に示す。

表1－8　サポート発生反力，モーメント

機器名称	反力(N)			モーメント(N･m)		
	F_x	F_y	F_z	M_x	M_y	M_z
静的触媒式 水素再結合器 動作監視装置 (T71-TE-001A)						
静的触媒式 水素再結合器 動作監視装置 (T71-TE-001B)						

注記*：ボルト軸直角2方向のみを拘束しているため，軸周りのモーメントは発生しない。

(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

$$F_b = \frac{F_x}{n} + \frac{M_y}{\ell_1 \cdot n_y} + \frac{M_z}{\ell_2 \cdot n_z} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (1.5.4.1.1.1)$$

引張応力

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

ここで，基礎ボルトの軸断面積A_bは次式により求める。

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

(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

$$Q_b = \frac{\sqrt{F_y^2 + F_z^2}}{n} + \frac{M_x}{\ell_3 \cdot n} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (1.5.4.1.1.4)$$

ここで，ボルトの応力計算に用いる距離ℓ_3は次式により求める。

$$\ell_3 = \mathrm{Min}(\ell_1, \ell_2) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (1.5.4.1.1.5)$$

せん断応力

$$\tau_b = \frac{Q_b}{A_b} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (1.5.4.1.1.6)$$

1.5.5　計算条件

1.5.5.1　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【静的触媒式水素再結合器動作監視装置（T71-TE-001A）の耐震性についての計算結果】，【静的触媒式水素再結合器動作監視装置（T71-TE-001B）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　基礎ボルトの応力評価

1.5.4.1項で求めたボルトの引張応力σ_bは次式より求めた許容引張応力f_{ts}以下であること。ただし，f_{to}は下表による。

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

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

	基準地震動Ｓｓ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　電気的機能維持評価方法

静的触媒式水素再結合器動作監視装置の電気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Ⅴ-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき，基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度を設定する。静的触媒式水素再結合器動作監視装置の機能確認済加速度は，Ⅴ-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1－9に示す。

表1－9　機能確認済加速度　（×9.8m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
静的触媒式水素再結合器動作監視装置 (T71-TE-001A)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]
静的触媒式水素再結合器動作監視装置 (T71-TE-001B)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]

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

静的触媒式水素再結合器動作監視装置の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1)　構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2)　機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【静的触媒式水素再結合器動作監視装置（T71-TE-001A）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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
静的触媒式水素再結合器 動作監視装置 (T71-TE-001A)	常設／緩和	原子炉建屋 T.M.S.L.31.700 (T.M.S.L.38.200*)	[redacted]	0.05 以下	—	—	C_H＝2.03	C_V＝1.45	77

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	W (N)	ℓ_1 (mm)	ℓ_2 (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	n	n_y	n_z	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F* (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	80	60	12 (M12)	113.1	1	1	1	202 (40 ㎜＜径)	380 (40 ㎜＜径)	242

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Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
サポート基礎部	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.3.2 サポート基礎部に作用するモーメント

(単位：N･m)

部材	M_x		M_y		M_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
サポート基礎部	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

注記*：ボルト軸直角2方向のみを拘束しているため，軸周りのモーメントは発生しない。

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Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	—	[redacted]	—	[redacted]

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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	—	—	$\sigma_b=3$	$f_{ts}=145^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=2$	$f_{sb}=111$

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電気的機能の評価結果

（×9.8m/s^2）

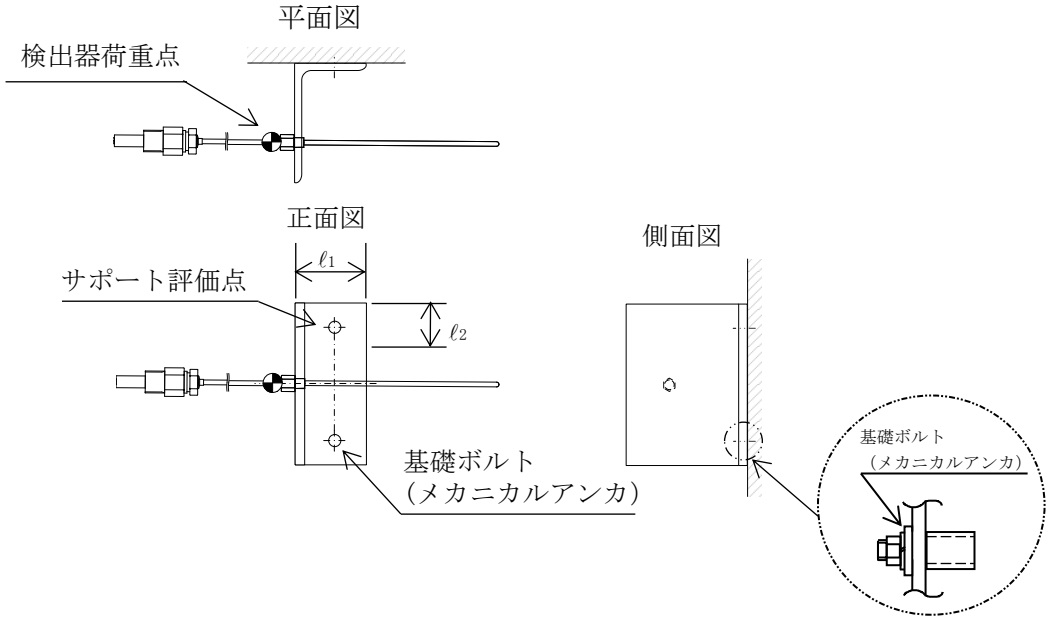
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
静的触媒式水素再結合器動作監視装置（T71-TE-001A）	水平方向	1.69	[redacted]
	鉛直方向	1.21	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

1.5 その他の機器要目

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	SS400
縦弾性係数	E	MPa	2.00×10^5
ポアソン比	ν	—	0.3



【静的触媒式水素再結合器動作監視装置（T71-TE-001B）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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
静的触媒式水素再結合器 動作監視装置 (T71-TE-001B)	常設／緩和	原子炉建屋 T.M.S.L.31.700 (T.M.S.L.38.200*)	[redacted]	0.05 以下	—	—	C_H=2.03	C_V=1.45	77

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	W (N)	ℓ_1 (mm)	ℓ_2 (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	n	n_y	n_z	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F* (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	80	60	12 (M12)	113.1	1	1	1	202 (40 ㎜＜径)	380 (40 ㎜＜径)	242

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Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
サポート基礎部	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.3.2 サポート基礎部に作用するモーメント

(単位：N･m)

部材	M_x		M_y		M_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
サポート基礎部	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

注記*：ボルト軸直角2方向のみを拘束しているため，軸周りのモーメントは発生しない。

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Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	—	[redacted]	—	[redacted]

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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	—	—	σ_b＝3	f_{ts}＝145*
		せん断	—	—	τ_b＝2	f_{sb}＝111

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電気的機能の評価結果

（×9.8m/s^2）

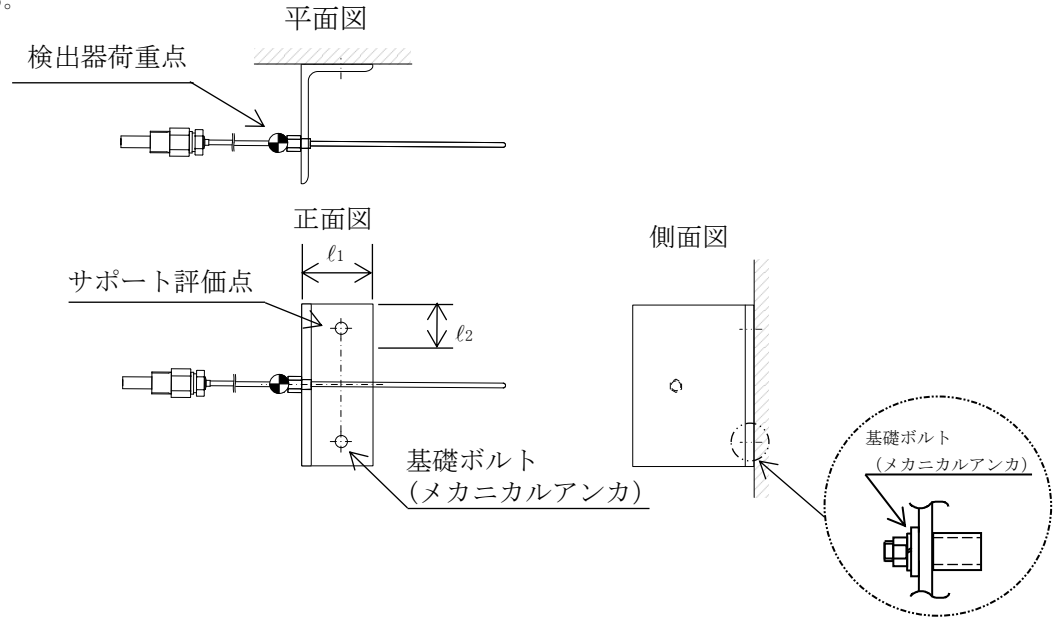
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
静的触媒式水素再結合器動作監視装置（T71-TE-001B）	水平方向	1.69	
	鉛直方向	1.21	

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

1.5 その他の機器要目

項目	記号	単位	入力値
材質	－	－	SS400
縦弾性係数	E	MPa	2.00×10^5
ポアソン比	ν	－	0.3



2.　静的触媒式水素再結合器動作監視装置（T71-TE-002A,002B）

2.1　概要

本計算書は，V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，静的触媒式水素再結合器動作監視装置が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

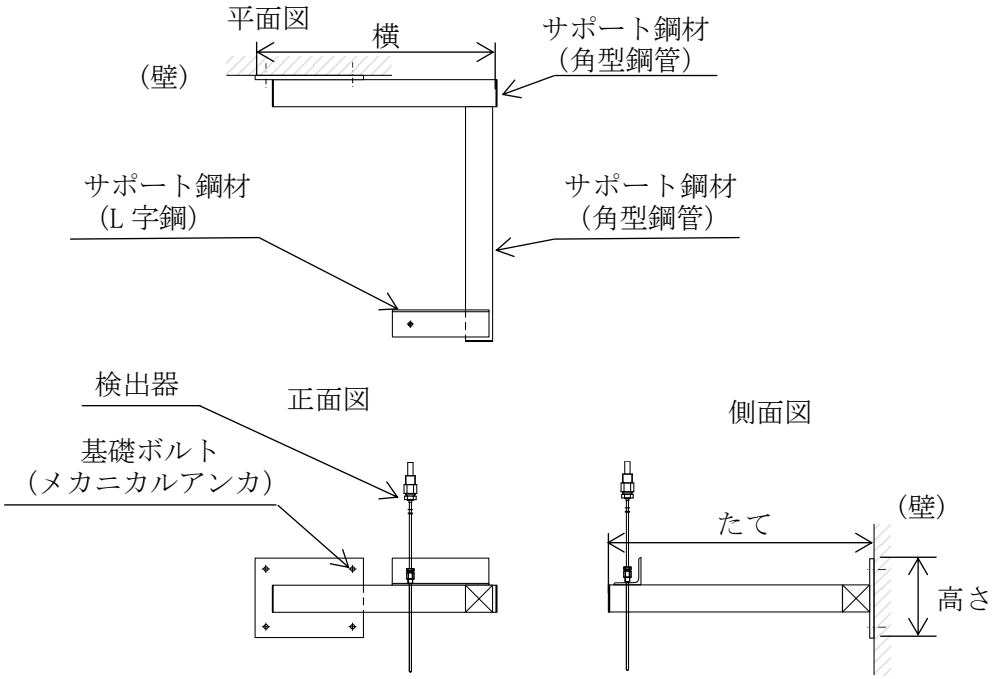
静的触媒式水素再結合器動作監視装置は，重大事故等対処設備においては常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

2.2　一般事項

2.2.1　構造計画

静的触媒式水素再結合器動作監視装置の構造計画を表2－1に示す。

表 2－1　構造計画

<table>
<tr><th colspan="2">計画の概要</th><th rowspan="2">概略構造図</th></tr>
<tr><th>基礎・支持構造</th><th>主体構造</th></tr>
<tr><td>検出器は，サポート鋼材に固定し，サポート鋼材は，基礎ボルトにより壁面に設置する。</td><td>熱電対</td><td>【静的触媒式水素再結合器動作監視装置】


<table>
<tr><th>機器名称</th><th>静的触媒式水素再結合器
動作監視装置
(T71-TE-002A)</th><th>静的触媒式水素再結合器
動作監視装置
(T71-TE-002B)</th></tr>
<tr><td>たて</td><td>735</td><td>735</td></tr>
<tr><td>横</td><td>668</td><td>668</td></tr>
<tr><td>高さ</td><td>220</td><td>220</td></tr>
</table>
(単位：mm)</td></tr>
</table>

2.2.2　評価方針

静的触媒式水素再結合器動作監視装置の応力評価は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.2.1　構造計画」にて示す静的触媒式水素再結合器動作監視装置の部位を踏まえ「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，静的触媒式水素再結合器動作監視装置の機能維持評価は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電気的機能維持の方針に基づき，地震時の応答加速度が電気的機能確認済加速度以下であることを，「2.6　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。

静的触媒式水素再結合器動作監視装置の耐震評価フローを図 2－1 に示す。

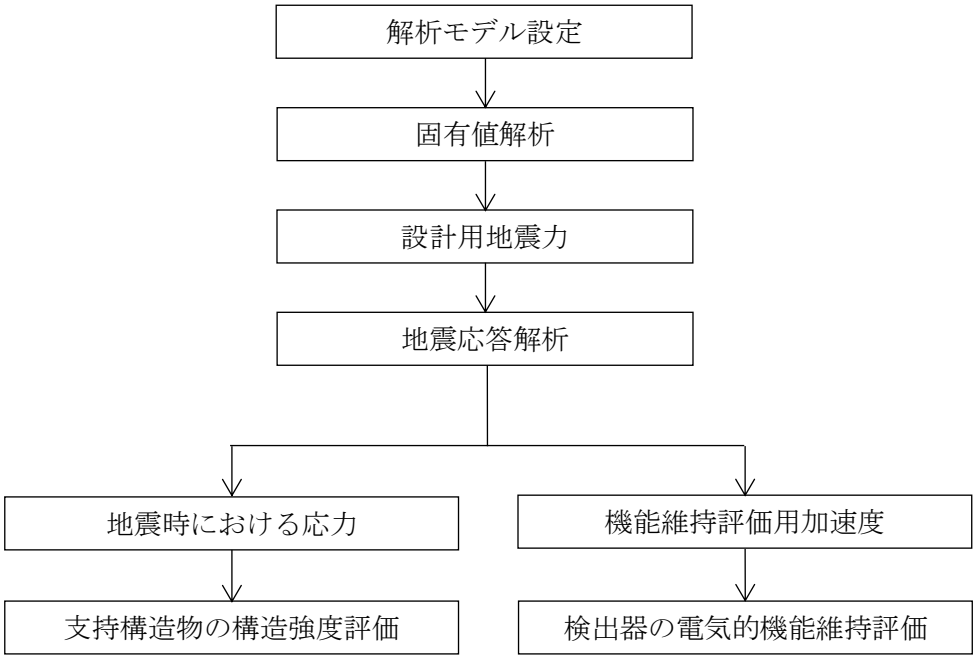


図 2－1　静的触媒式水素再結合器動作監視装置の耐震評価フロー

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　ＪＥＡＧ４６０１・補-1984（(社) 日本電気協会）
- 原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1987（(社) 日本電気協会）
- 原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1991　追補版（(社) 日本電気協会）
- 発電用原子力設備規格　設計・建設規格（(社) 日本機械学会，2005/2007）（以下「設計・建設規格」という。）

2.2.4　記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_b	基礎ボルトの軸断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d	基礎ボルトの呼び径	mm
F*	設計・建設規格　SSB-3131又はSSB-3133に定める値	MPa
F_b	基礎ボルトに作用する引張力	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	MPa
g	重力加速度（＝9.80665）	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）	N･m
M_y	サポート基礎部に作用するモーメント（y軸周り）	N･m
M_z	サポート基礎部に作用するモーメント（z軸周り）	N･m
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	—
Q_b	基礎ボルトに作用するせん断力	MPa
S_u	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表9に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表8に定める値	MPa
S_y（RT）	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表8に定める材料の40℃における値	MPa
W	検出器の荷重	N
π	円周率	—
σ_b	基礎ボルトに生じる引張応力	MPa
τ_b	基礎ボルトに生じるせん断応力	MPa

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に示すとおりとする。

表2－2　表示する数値の丸め方

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

2.3　評価部位

静的触媒式水素再結合器動作監視装置の耐震評価は，「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部について実施する。静的触媒式水素再結合器動作監視装置の耐震評価部位については，表 2－1 の概略構造図に示す。

2.4　固有周期

2.4.1　固有値解析方法

静的触媒式水素再結合器動作監視装置の固有値解析方法を以下に示す。

(1)　静的触媒式水素再結合器動作監視装置は，「2.4.2　解析モデル及び諸元」に示す三次元はりモデルとして考える。

2.4.2　解析モデル及び諸元

静的触媒式水素再結合器動作監視装置モデルを図 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【静的触媒式水素再結合器動作監視装置の耐震性についての計算結果（T71-TE-002A)】，【静的触媒式水素再結合器動作監視装置の耐震性についての計算結果（T71-TE-002B)】のその他の機器要目に示す。

(1)　静的触媒式水素再結合器動作監視装置の検出器の質量は，それぞれの重心に集中するものとする。

(2)　静的触媒式水素再結合器動作監視装置の検出器の重心位置については，計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定するものとする。

(3)　拘束条件は，サポート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。

(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，別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

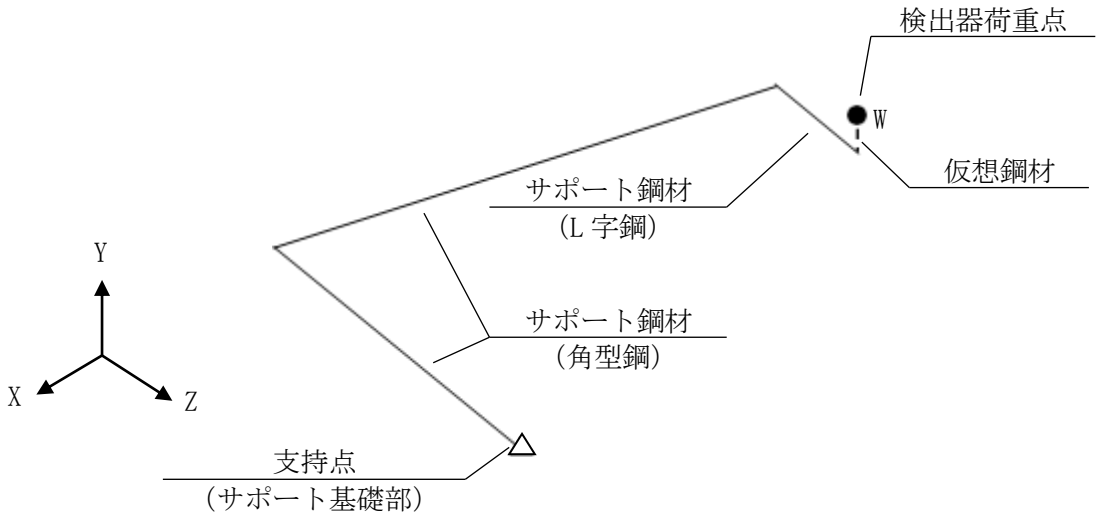


図 2－2　解析モデル

2.4.3　固有値解析結果

固有値解析結果を表 2－3 に示す。固有周期は 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。

表 2－3　固有値解析結果

計器番号	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	Z方向	
T71-TE-002A	1次	鉛直	[redacted]	—	—	—
T71-TE-002B	1次	鉛直	[redacted]	—	—	—

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，静的触媒式水素再結合器動作監視装置に対して，水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。

(2)　解析コードは，「ＭＳＣ　ＮＡＳＴＲＡＮ」を使用し，荷重を求める。

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

静的触媒式水素再結合器動作監視装置の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 2－4 に示す。

2.5.2.2　許容応力

静的触媒式水素再結合器動作監視装置の許容応力は，Ⅴ-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

静的触媒式水素再結合器動作監視装置の使用材料の許容応力評価条件のうちの評価に用いるものを表 2－6 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	静的触媒式水素再結合器動作監視装置	常設／緩和	—*2	Ｄ＋P_D＋M_D＋Ｓｓ*3	Ⅳ$_A$Ｓ
					Ｄ＋P_{SAD}＋M_{SAD}＋Ｓｓ	Ⅴ$_A$Ｓ（Ⅴ$_A$ＳとしてⅣ$_A$Ｓの許容限界を用いる。）

注記＊1：「常設／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}＋Ｓｓ」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	
	引張り	せん断
ⅣＡＳ	1.5・ｆｔ*	1.5・ｆｓ*
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 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
基礎ボルト	SS400 (40mm＜径)	周囲環境温度	77	202	380	―

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 2－7 に示す。

「基準地震動Ｓｓ」による地震力は，Ｖ-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

表 2－7　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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
		水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度
静的触媒式水素再結合器動作監視装置 (T71-TE-002A)	原子炉建屋 T.M.S.L.31.700 (T.M.S.L.38.200*)	0.05 以下	□	—	—	C_H=2.03	C_V=1.45
静的触媒式水素再結合器動作監視装置 (T71-TE-002B)	原子炉建屋 T.M.S.L.31.700 (T.M.S.L.38.200*)	0.05 以下	□	—	—	C_H=2.03	C_V=1.45

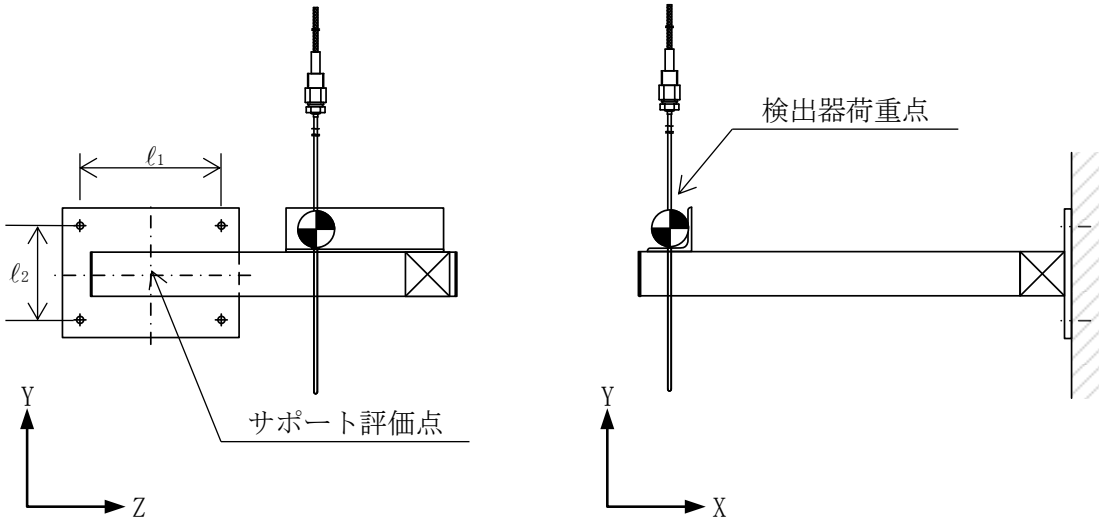
注記＊：基準床レベルを示す。

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。



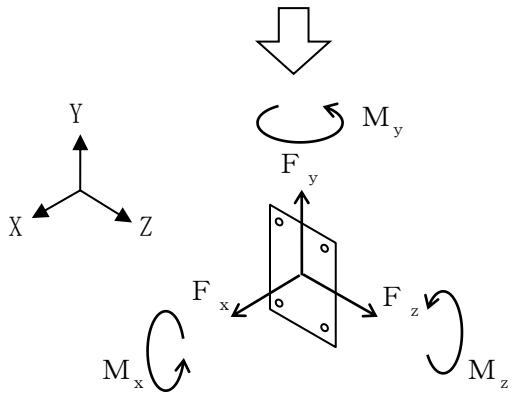


図 2－3　計算モデル（サポート基礎部，基礎ボルト）

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2－8に示す。

表2－8　サポート発生反力，モーメント

機器名称	反力(N)			モーメント(N･m)		
	F_x	F_y	F_z	M_x	M_y	M_z
静的触媒式水素再結合器動作監視装置(T71-TE-002A)						
静的触媒式水素再結合器動作監視装置(T71-TE-002B)						

(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

$$F_b = \frac{F_x}{n} + \frac{M_y}{\ell_1 \cdot n_y} + \frac{M_z}{\ell_2 \cdot n_z} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (2.5.4.1.1.1)$$

引張応力

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

ここで，基礎ボルトの軸断面積A_bは次式により求める。

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

(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

$$Q_b = \frac{\sqrt{F_y^2 + F_z^2}}{n} + \frac{M_x}{\ell_3 \cdot n} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (2.5.4.1.1.4)$$

ここで，ボルト間距離ℓ_3は次式により求める。

$$\ell_3 = \mathrm{Min}(\ell_1, \ell_2) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (2.5.4.1.1.5)$$

せん断応力

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

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【静的触媒式水素再結合器動作監視装置（T71-TE-002A）の耐震性についての計算結果】，【静的触媒式水素再結合器動作監視装置（T71-TE-002B）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σ_bは次式より求めた許容引張応力f_{ts}以下であること。ただし，f_{to}は下表による。

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

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

	基準地震動Ｓｓ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　電気的機能維持評価方法

静的触媒式水素再結合器動作監視装置の電気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Ⅴ-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき，基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度を設定する。

静的触媒式水素再結合器動作監視装置の機能確認済加速度は，Ⅴ-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2－9に示す。

表2－9　機能確認済加速度　（×9.8m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
静的触媒式水素再結合器動作監視装置 (T71-TE-002A)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]
静的触媒式水素再結合器動作監視装置 (T71-TE-002B)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]

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

静的触媒式水素再結合器動作監視装置の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1)　構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2)　機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【静的触媒式水素再結合器動作監視装置（T71-TE-002A）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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
静的触媒式水素再結合器動作監視装置 (T71-TE-002A)	常設／緩和	原子炉建屋 T.M.S.L.31.700 (T.M.S.L.38.200*)	0.05 以下	[redacted]	—	—	C_H＝2.03	C_V＝1.45	77

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	W (N)	ℓ_1 (mm)	ℓ_2 (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	n	n_y	n_z	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F * (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	240	160	12 (M12)	113.1	4	2	2	202 (40 mm＜径)	380 (40 mm＜径)	242

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Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
サポート基礎部	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.3.2 サポート基礎部に作用するモーメント

(単位：N･m)

部材	M_x		M_y		M_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
サポート基礎部	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

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Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	—	[redacted]	—	[redacted]

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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	—	—	$\sigma_b=8$	$f_{ts}=145^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=3$	$f_{sb}=111$

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電気的機能の評価結果

(×9.8m/s^2)

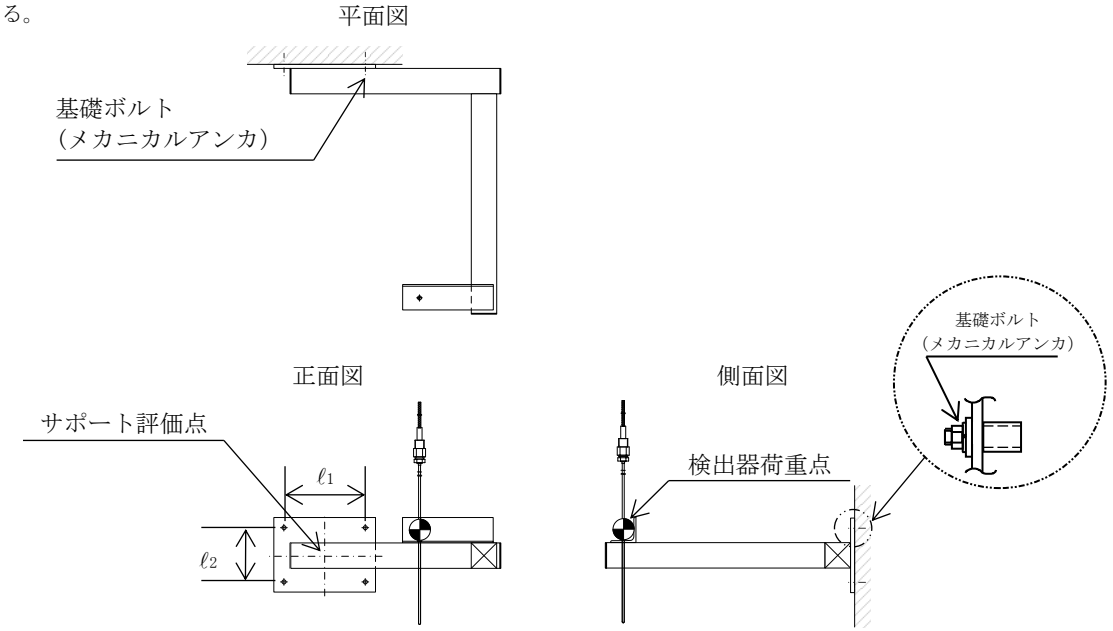
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
静的触媒式水素再結合器動作監視装置 (T71-TE-002A)	水平方向	1.69	
	鉛直方向	1.21	

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

1.5 その他の機器要目

項目	記号	単位	入力値
材質	－	－	SUS304
縦弾性係数	E	MPa	1.91×10^5
ポアソン比	ν	－	0.3



【静的触媒式水素再結合器動作監視装置（T71-TE-002B）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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
静的触媒式水素再結合器動作監視装置 (T71-TE-002B)	常設／緩和	原子炉建屋 T.M.S.L.31.700 (T.M.S.L.38.200*)	0.05 以下	[redacted]	—	—	C_H＝2.03	C_V＝1.45	77

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	W (N)	ℓ_1 (mm)	ℓ_2 (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	n	n_y	n_z	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F* (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	240	160	12 (M12)	113.1	4	2	2	202 (40 mm＜径)	380 (40 mm＜径)	242

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Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
サポート基礎部	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.3.2 サポート基礎部に作用するモーメント

(単位：N･m)

部材	M_x		M_y		M_z	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
サポート基礎部	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

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Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	—	[redacted]	—	[redacted]

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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	—	—	$\sigma_b=8$	$f_{ts}=145^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=3$	$f_{sb}=111$

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電気的機能の評価結果

（×9.8m/s²）

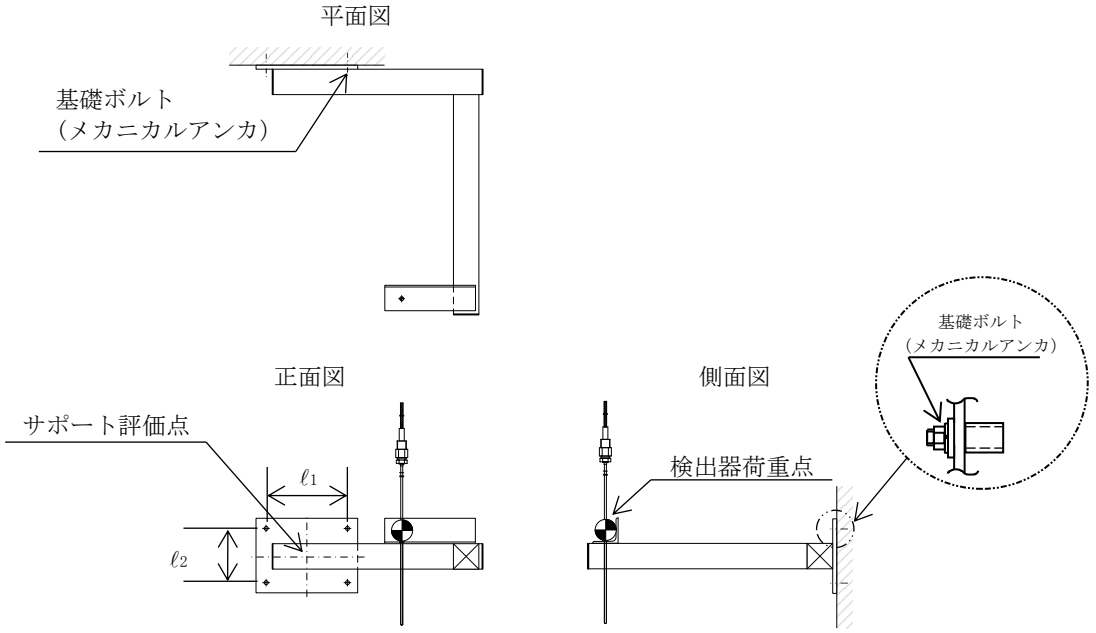
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
静的触媒式水素再結合器動作監視装置（T71-TE-002B）	水平方向	1.69	
	鉛直方向	1.21	

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

1.5 その他の機器要目

項目	記号	単位	入力値
材質	－	－	SUS304
縦弾性係数	E	MPa	1.91×10^5
ポアソン比	ν	－	0.3



Ⅴ-2-6-7-27　格納容器内ガスサンプリングポンプの耐震性についての計算書

目　　次

1.　概要 ····· 1
2.　一般事項 ····· 1
2.1　構造計画 ····· 1
3.　固有周期 ····· 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
4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 4
4.2.2　許容応力 ····· 4
4.2.3　使用材料の許容応力評価条件 ····· 4
4.3　計算条件 ····· 4
5.　機能維持評価 ····· 8
5.1　動的機能維持評価方法 ····· 8
6.　評価結果 ····· 9
6.1　設計基準対象施設としての評価結果 ····· 9
6.2　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 9

1. 概要

本計算書は，Ｖ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，格納容器内ガスサンプリングポンプが設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

格納容器内ガスサンプリングポンプは，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び動的機能維持評価を示す。

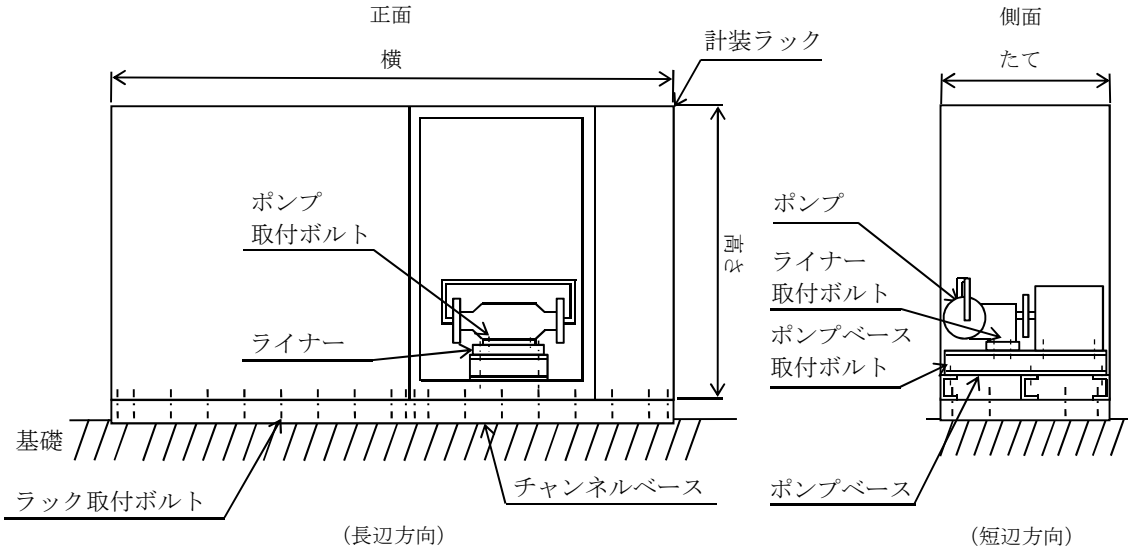
なお，格納容器内ガスサンプリングポンプが設置される計装ラックは，Ｖ-2-1-14「計算書作成の方法」に記載の直立形計装ラックであるため，Ｖ-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-7 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

格納容器内ガスサンプリングポンプの構造計画を表 2－1 に示す。

表2－1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
ポンプは，ポンプ取付ボルトによりライナーに固定される。 ライナーはライナー取付ボルトによりポンプベースに固定され，ポンプベースは，ポンプベース取付ボルトにより計装ラックに固定される。 計装ラックは，チャンネルベースにラック取付ボルトで設置する。	ポンプ	【格納容器内ガスサンプリングポンプ】 

機器名称	格納容器内 ガスサンプリングポンプ (H22-P390)	格納容器内 ガスサンプリングポンプ (H22-P391)
たて	600	600
横	4050	4050
高さ	2100	2100

（単位：mm）

3.　固有周期

3.1　固有周期の確認

格納容器内ガスサンプリングポンプが設置される計装ラックの固有周期は，構造が同等であり，同様な振動特性を持つ計装ラックに対する振動試験（自由振動試験）の結果確認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）

格納容器内ガスサンプリングポンプ (H22-P390)	水平	0.05以下
	鉛直	0.05以下
格納容器内ガスサンプリングポンプ (H22-P391)	水平	0.05以下
	鉛直	0.05以下

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

格納容器内ガスサンプリングポンプの構造強度評価は，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-7　計装ラック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

格納容器内ガスサンプリングポンプの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表4－1に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4－2に示す。

4.2.2　許容応力

格納容器内ガスサンプリングポンプの許容応力は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表4－3のとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

格納容器内ガスサンプリングポンプの使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表4－4に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4－5に示す。

4.3　計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【格納容器内ガスサンプリングポンプ（D23-C001A）の耐震性についての計算結果】，【格納容器内ガスサンプリングポンプ（D23-C001B）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御系統施設	その他の計測制御系統施設	格納容器内ガスサンプリングポンプ	S	—*	$D+P_D+M_D+S_d$ *	$Ⅲ_AS$
					$D+P_D+M_D+S_s$	$Ⅳ_AS$

注記＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4－2　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御系統施設	その他の計測制御系統施設	格納容器内ガスサンプリングポンプ	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D+P_D+M_D+S_s$ *3	$Ⅳ_AS$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS（V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

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

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4－3　許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 4－4　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		Ｓｙ (MPa)	Ｓｕ (MPa)	Ｓｙ（ＲＴ） (MPa)
ラック取付ボルト	SS400 (16mm＜径≦40mm)	周囲環境温度	40	235	400	―

表 4－5　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		Ｓｙ (MPa)	Ｓｕ (MPa)	Ｓｙ（ＲＴ） (MPa)
ラック取付ボルト	SS400 (16mm＜径≦40mm)	周囲環境温度	40	235	400	―

5. 機能維持評価

5.1 動的機能維持評価方法

格納容器内ガスサンプリングポンプの動的機能維持評価は，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-7 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

計装ラックに設置されるポンプの機能確認済加速度は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，同形式のポンプ単体の正弦波加振試験において，動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^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
格納容器内ガスサンプリングポンプ (D23-C001A)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]
格納容器内ガスサンプリングポンプ (D23-C001B)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

格納容器内ガスサンプリングポンプの設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(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。

6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

格納容器内ガスサンプリングポンプの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【格納容器内ガスサンプリングポンプ（D23-C001A）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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
格納容器内ガス サンプリングポンプ (D23-C001A)	S	原子炉建屋 T.M.S.L. 27.200 (T.M.S.L. 31.700*)	0.05 以下	0.05 以下	C_H＝0.88	C_V＝0.72	C_H＝1.71	C_V＝1.41	40

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 格納容器内ガスサンプリングポンプ（H22-P390）

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{b_i} (mm^2)	n_i	S_{y_i} (MPa)	S_{u_i} (MPa)
ラック取付ボルト （ｉ＝2）	[redacted]	1045	16 (M16)	201.1	38	235 (16mm＜径≦40mm)	400 (16mm＜径≦40mm)

部材	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	n_{fi}*	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
ラック取付ボルト （ｉ＝2）	205	335	15	235	280	短辺方向	長辺方向
	1610	2380	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_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
ラック取付ボルト（ｉ＝2）	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 （単位：MPa）

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ラック取付ボルト（ｉ＝2）	SS400	引張り	σ_{b2}＝15	f_{ts2}＝176*	σ_{b2}＝48	f_{ts2}＝210*
		せん断	τ_{b2}＝ 4	f_{sb2}＝135	τ_{b2}＝ 7	f_{sb2}＝161

すべて許容応力以下である。

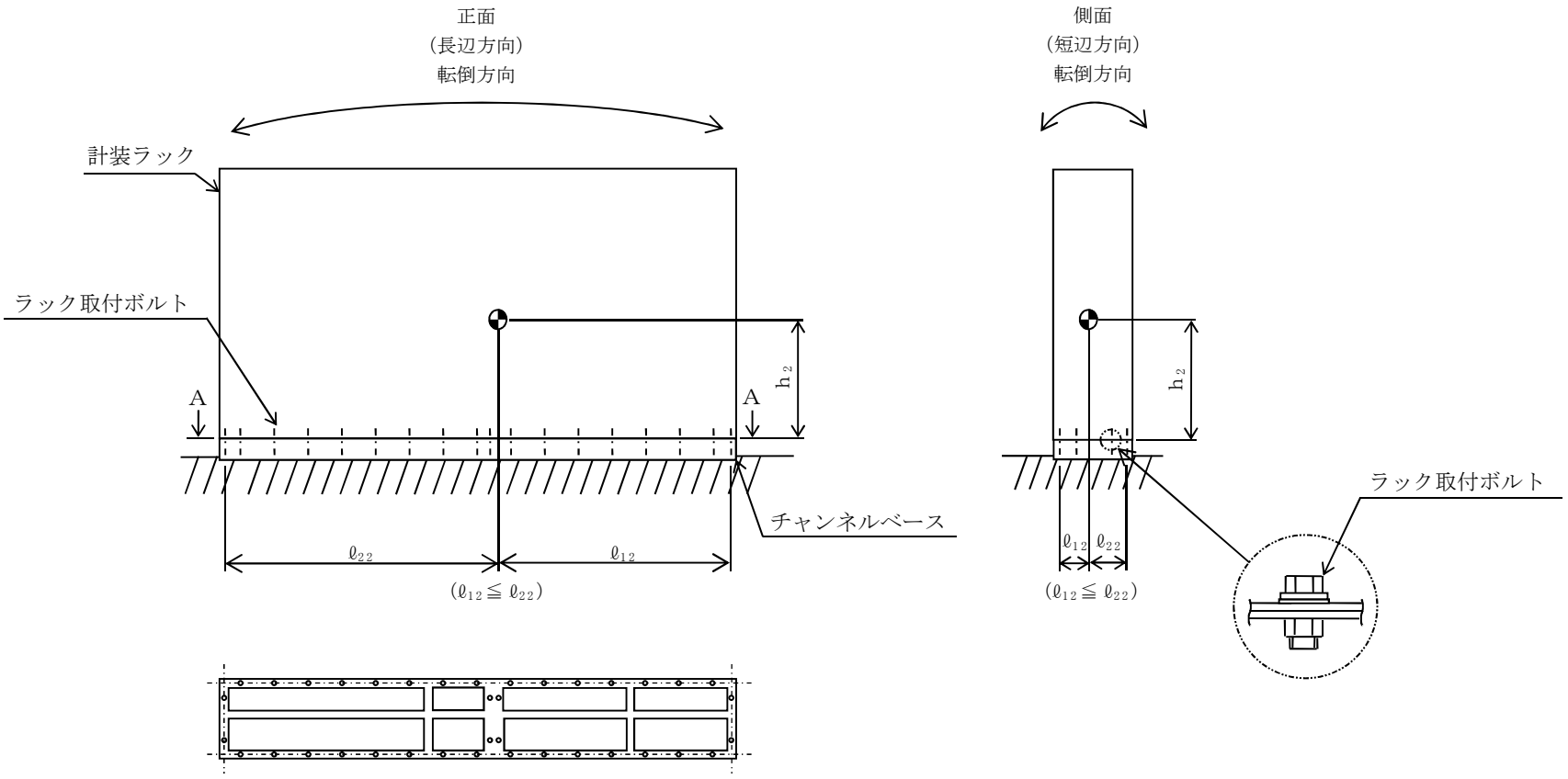
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

1.4.2 動的機能の評価結果 （×9.8m/s^2）

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
格納容器内ガス サンプリングポンプ (D23-C001A)	水平方向	1.42	[redacted]
	鉛直方向	1.17	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


正面
(長辺方向)
転倒方向
計装ラック
ラック取付ボルト
A
A
h_2
チャンネルベース
ℓ_{22}
ℓ_{12}
($\ell_{12} \leqq \ell_{22}$)
側面
(短辺方向)
転倒方向
h_2
ラック取付ボルト
ℓ_{12}
ℓ_{22}
($\ell_{12} \leqq \ell_{22}$)

A～A矢視図

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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
格納容器内ガス サンプリングポンプ (D23-C001A)	常設耐震／防止 常設／緩和	原子炉建屋 T.M.S.L. 27.200 (T.M.S.L. 31.700*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C_H＝1.71	C_V＝1.41	40

注記＊：基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

2.2.1 格納容器内ガスサンプリングポンプ (H22-P390)

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{b_i} (mm^2)	n_i	S_{y_i} (MPa)	S_{u_i} (MPa)
ラック取付ボルト (ｉ＝2)	[redacted]	1045	16 (M16)	201.1	38	235 (16mm＜径≦40mm)	400 (16mm＜径≦40mm)

部材	ℓ_{1_i}* (mm)	ℓ_{2_i}* (mm)	n_{f_i}*	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
ラック取付ボルト (ｉ＝2)	205	335	15	—	280	—	長辺方向
	1610	2380	2				

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

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
ラック取付ボルト（ｉ＝2）	―	[redacted]	―	[redacted]

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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ラック取付ボルト（ｉ＝2）	SS400	引張り	―	―	σ_{b2}＝48	f_{ts2}＝210*
		せん断	―	―	τ_{b2}＝ 7	f_{sb2}＝161

すべて許容応力以下である。

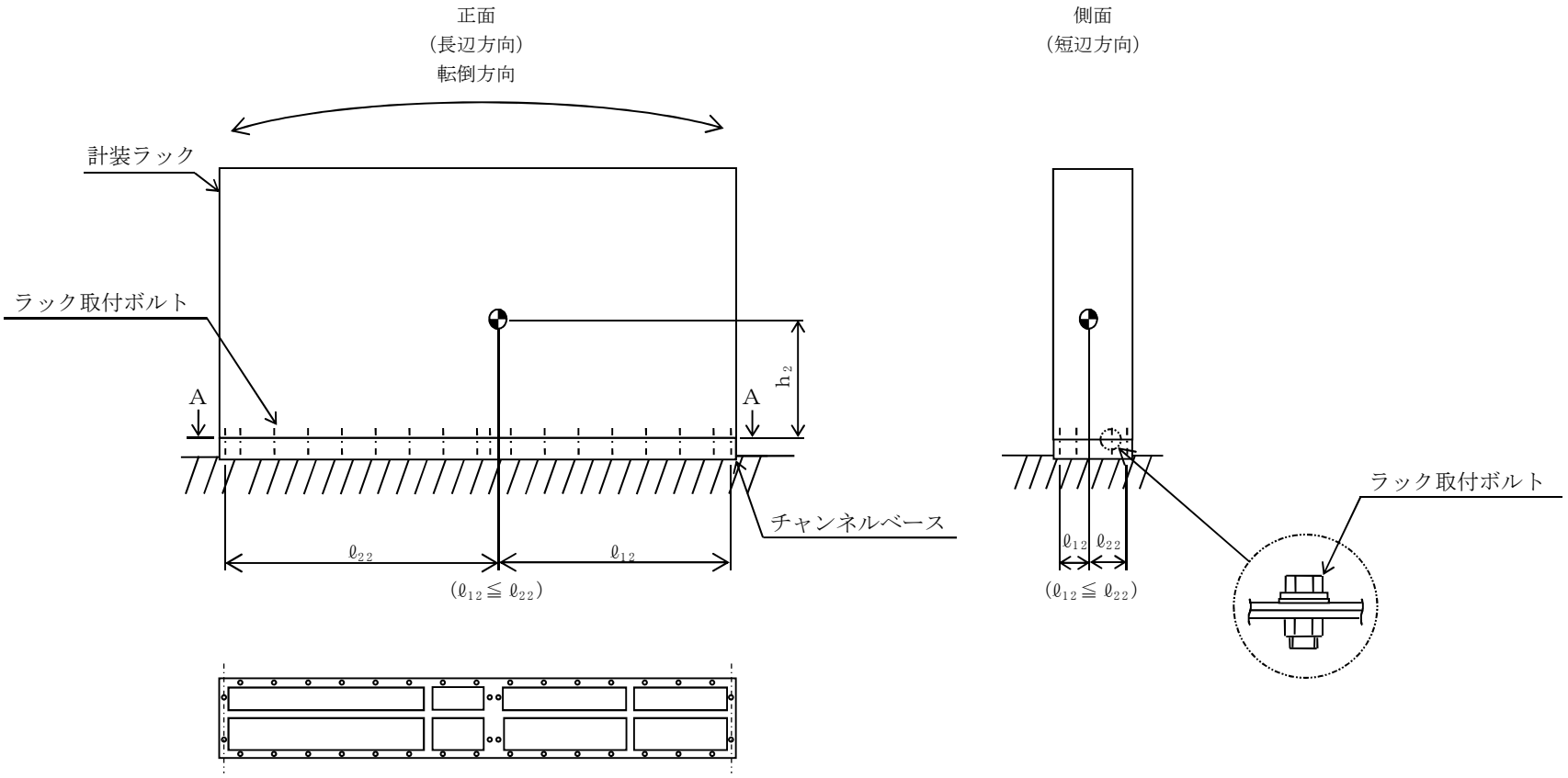
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

2.4.2 動的機能の評価結果 (×9.8m/s^2)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
格納容器内ガス サンプリングポンプ (D23-C001A)	水平方向	1.42	[redacted]
	鉛直方向	1.17	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


正面
(長辺方向)
転倒方向
計装ラック
ラック取付ボルト
A
A
h_2
チャンネルベース
ℓ_{22}
ℓ_{12}
($\ell_{12} \leqq \ell_{22}$)
側面
(短辺方向)
ラック取付ボルト
ℓ_{12} ℓ_{22}
($\ell_{12} \leqq \ell_{22}$)

A～A矢視図

【格納容器内ガスサンプリングポンプ（D23-C001B）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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
格納容器内ガス サンプリングポンプ (D23-C001B)	S	原子炉建屋 T.M.S.L. 27.200 (T.M.S.L. 31.700*)	0.05 以下	0.05 以下	C_H＝0.88	C_V＝0.72	C_H＝1.71	C_V＝1.41	40

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 格納容器内ガスサンプリングポンプ（H22-P391）

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{b_i} (mm^2)	n_i	S_{y_i} (MPa)	S_{u_i} (MPa)
ラック取付ボルト （ｉ＝2）	[redacted]	1045	16 (M16)	201.1	38	235 (16mm＜径≦40mm)	400 (16mm＜径≦40mm)

部材	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	n_{fi}*	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
ラック取付ボルト （ｉ＝2）	195	345	15	235	280	短辺方向	長辺方向
	1595	2395	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_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
ラック取付ボルト（ｉ＝2）	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ラック取付ボルト（ｉ＝2）	SS400	引張り	σ_{b2}＝15	f_{ts2}＝176*	σ_{b2}＝48	f_{ts2}＝210*
		せん断	τ_{b2}＝ 4	f_{sb2}＝135	τ_{b2}＝ 7	f_{sb2}＝161

すべて許容応力以下である。

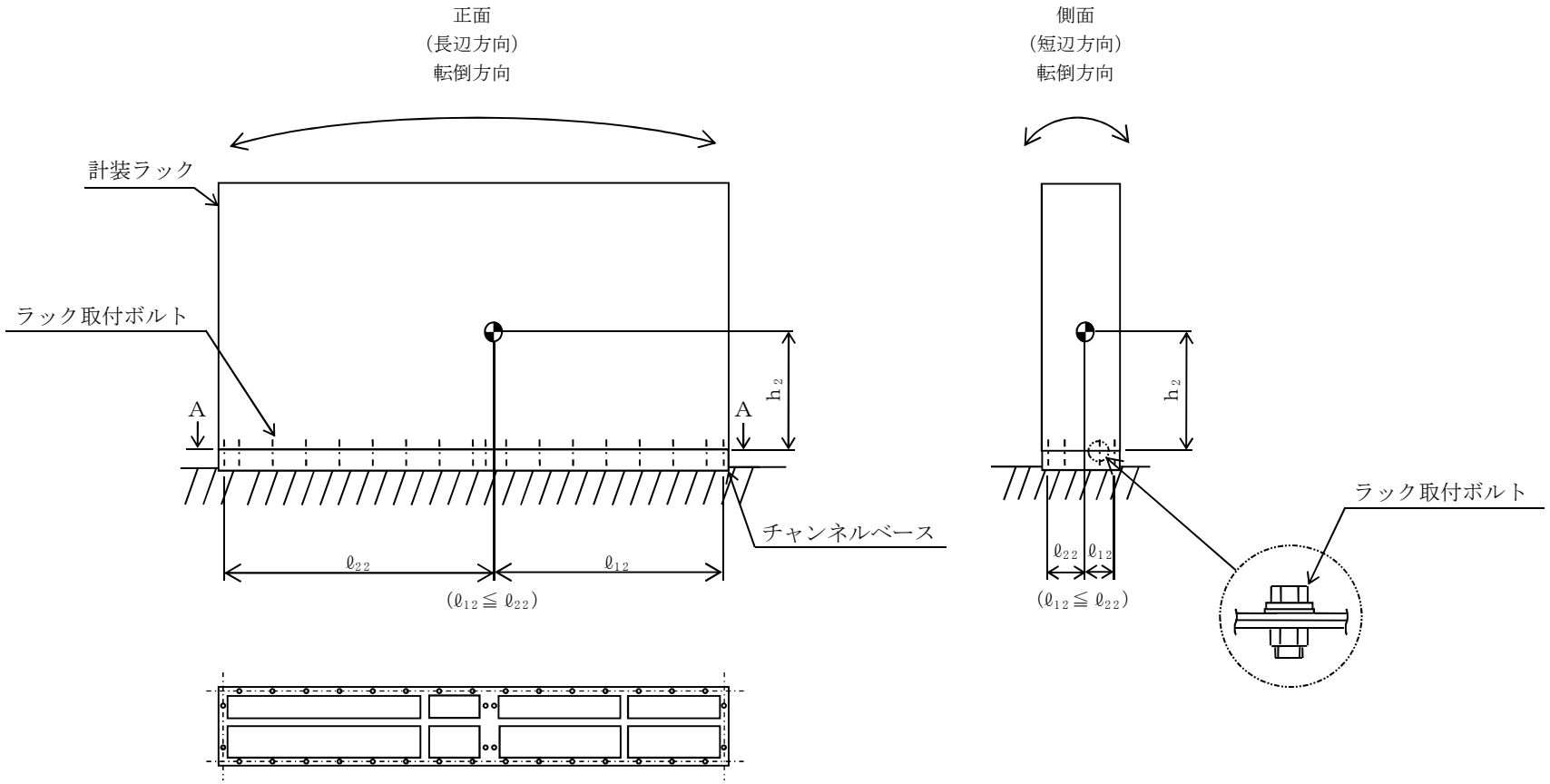
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

1.4.2 動的機能の評価結果 (×9.8m/s^2)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
格納容器内ガス サンプリングポンプ (D23-C001B)	水平方向	1.42	[redacted]
	鉛直方向	1.17	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


正面
(長辺方向)
転倒方向
側面
(短辺方向)
転倒方向
計装ラック
ラック取付ボルト
A
A
h_2
ℓ_{22}
ℓ_{12}
$(\ell_{12} \leqq \ell_{22})$
チャンネルベース
ラック取付ボルト

A～A矢視図

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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
格納容器内ガス サンプリングポンプ (D23-C001B)	常設耐震／防止 常設／緩和	原子炉建屋 T.M.S.L. 27.200 (T.M.S.L. 31.700*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C_H＝1.71	C_V＝1.41	40

注記＊：基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

2.2.1 格納容器内ガスサンプリングポンプ (H22-P391)

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{b_i} (mm^2)	n_i	S_{y_i} (MPa)	S_{u_i} (MPa)
ラック取付ボルト (ｉ＝2)	[redacted]	1045	16 (M16)	201.1	38	235 (16mm＜径≦40mm)	400 (16mm＜径≦40mm)

部材	ℓ_{1_i}* (mm)	ℓ_{2_i}* (mm)	n_{f_i}*	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
ラック取付ボルト (ｉ＝2)	195	345	15	—	280	—	長辺方向
	1595	2395	2				

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

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
ラック取付ボルト（ｉ＝2）	―	[redacted]	―	[redacted]

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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ラック取付ボルト（ｉ＝2）	SS400	引張り	―	―	σ_{b2}＝48	f_{ts2}＝210*
		せん断	―	―	τ_{b2}＝ 7	f_{sb2}＝161

すべて許容応力以下である。

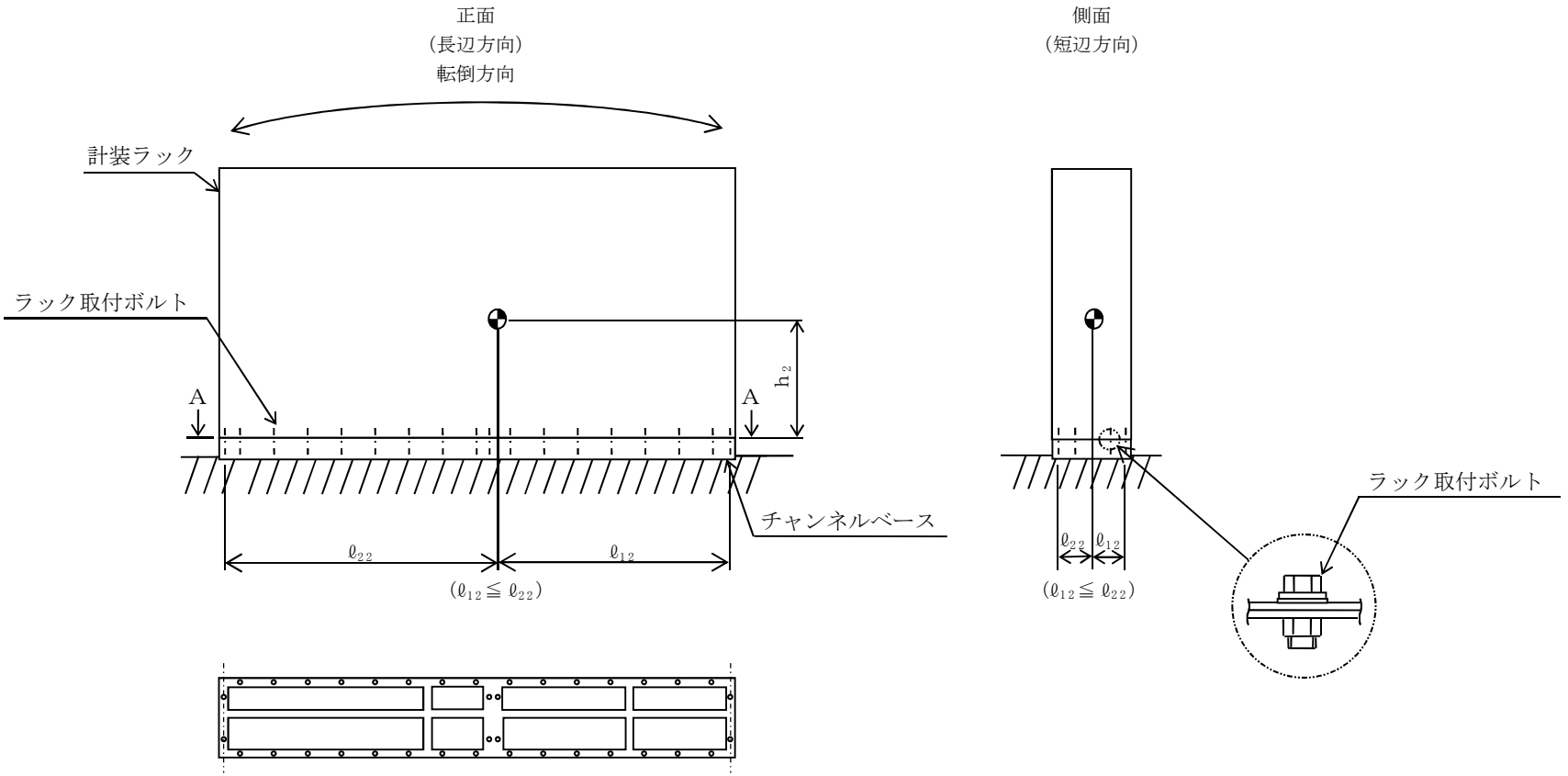
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

2.4.2 動的機能の評価結果 (×9.8m/s^2)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
格納容器内ガス サンプリングポンプ (D23-C001B)	水平方向	1.42	[redacted]
	鉛直方向	1.17	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


正面
(長辺方向)
転倒方向
側面
(短辺方向)
計装ラック
ラック取付ボルト
A
A
h_2
チャンネルベース
ℓ_{22}
ℓ_{12}
($\ell_{12} \leqq \ell_{22}$)
ℓ_{22}
ℓ_{12}
($\ell_{12} \leqq \ell_{22}$)
ラック取付ボルト

A～A矢視図

Ⅴ-2-6-7-28　格納容器内ガス冷却器の耐震性についての計算書

目　　次

1.　概要 ····· 1
2.　一般事項 ····· 1
2.1　構造計画 ····· 1
3.　固有周期 ····· 4
3.1　固有周期の確認 ····· 4
4.　構造強度評価 ····· 5
4.1　構造強度評価方法 ····· 5
4.2　荷重の組合せ及び許容応力 ····· 5
4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 5
4.2.2　許容応力 ····· 5
4.2.3　使用材料の許容応力評価条件 ····· 5
4.3　計算条件 ····· 5
5.　機能維持評価 ····· 9
6.　評価結果 ····· 9
6.1　設計基準対象施設としての評価結果 ····· 9
6.2　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 9

1. 概要

本計算書は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，格納容器内ガス冷却器が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

格納容器内ガス冷却器は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

なお，格納容器内ガス冷却器が設置される計装ラックは，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法」に記載の直立形計装ラックであるため，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-7　計装ラック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

格納容器内ガス冷却器の構造計画を表 2－1 及び表 2－2 に示す。

表 2－1　構造計画

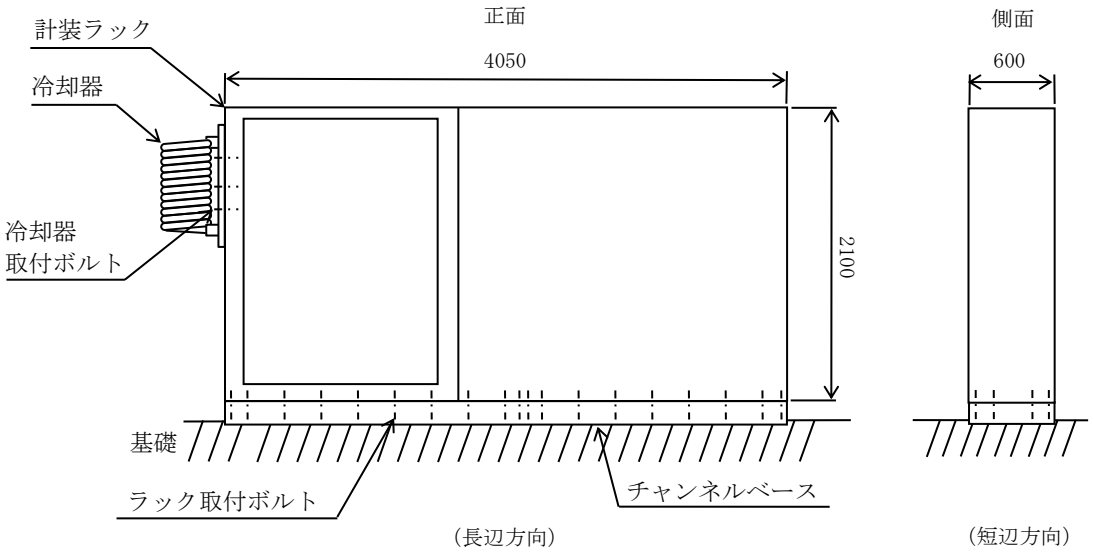
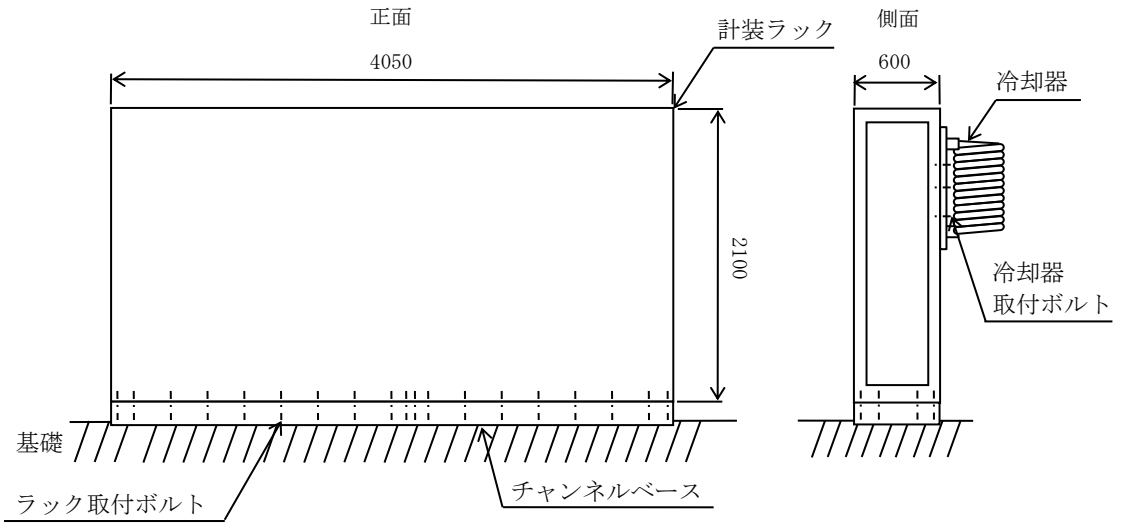
計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
冷却器は，冷却器取付ボルトにより計装ラックに固定される。 計装ラックは，チャンネルベースにラック取付ボルトで設置する。	冷却器	【格納容器内ガス冷却器（H22-P390）】  （単位：mm）

表 2－2　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
冷却器は，冷却器取付ボルトにより計装ラックに固定される。 計装ラックは，チャンネルベースにラック取付ボルトで設置する。	冷却器	【格納容器内ガス冷却器（H22-P391）】



（単位：mm）

3. 固有周期

3.1 固有周期の確認

格納容器内ガス冷却器が設置される計装ラックの固有周期は，構造が同等であり，同様な振動特性を持つ計装ラックに対する振動試験（自由振動試験）の結果確認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）

格納容器内ガス冷却器 (H22-P390)	水平	0.05以下
	鉛直	0.05以下
格納容器内ガス冷却器 (H22-P391)	水平	0.05以下
	鉛直	0.05以下

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

格納容器内ガス冷却器の構造強度評価は，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-7　計装ラック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

格納容器内ガス冷却器の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4－1 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－2 に示す。

4.2.2　許容応力

格納容器内ガス冷却器の許容応力は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4－3 のとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

格納容器内ガス冷却器の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4－4 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－5 に示す。

4.3　計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【格納容器内ガス冷却器（D23-SC-033A）の耐震性についての計算結果】及び【格納容器内ガス冷却器（D23-SC-033B）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御系統施設	その他の計測制御系統施設	格納容器内ガス冷却器	S	—*	$D+P_D+M_D+S_d$ *	III_AS
					$D+P_D+M_D+S_s$	IV_AS

注記＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4－2　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御系統施設	その他の計測制御系統施設	格納容器内ガス冷却器	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D+P_D+M_D+S_s$ *3	IV_AS
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	V_AS（V_ASとしてIV_ASの許容限界を用いる。）

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

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4－3　許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 4－4　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		Ｓｙ (MPa)	Ｓｕ (MPa)	Ｓｙ（ＲＴ） (MPa)
ラック取付ボルト	SS400 (16mm＜径≦40mm)	周囲環境温度	40	235	400	―

表 4－5　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		Ｓｙ (MPa)	Ｓｕ (MPa)	Ｓｙ（ＲＴ） (MPa)
ラック取付ボルト	SS400 (16mm＜径≦40mm)	周囲環境温度	40	235	400	―

5. 機能維持評価

格納容器内ガス冷却器は構造強度のみで機能維持が可能な構造のため，電気的機能維持評価は行わない。

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

格納容器内ガス冷却器の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し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

格納容器内ガス冷却器の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

【格納容器内ガス冷却器（D23-SC-033A）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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
格納容器内ガス冷却器 (D23-SC-033A)	S	原子炉建屋 T.M.S.L. 27.200 (T.M.S.L. 31.700*)	0.05 以下	0.05 以下	C_H＝0.88	C_V＝0.72	C_H＝1.71	C_V＝1.41	40

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 格納容器内ガス冷却器（H22-P390）

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{b_i} (mm^2)	n_i	S_{y_i} (MPa)	S_{u_i} (MPa)
ラック取付ボルト (i＝2)	[redacted]	1045	16 (M16)	201.1	38	235 (16mm＜径≦40mm)	400 (16mm＜径≦40mm)

部材	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	n_{fi}*	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
ラック取付ボルト (i＝2)	205	335	15	235	280	短辺方向	長辺方向
	1610	2380	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_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
ラック取付ボルト（ｉ＝2）	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]

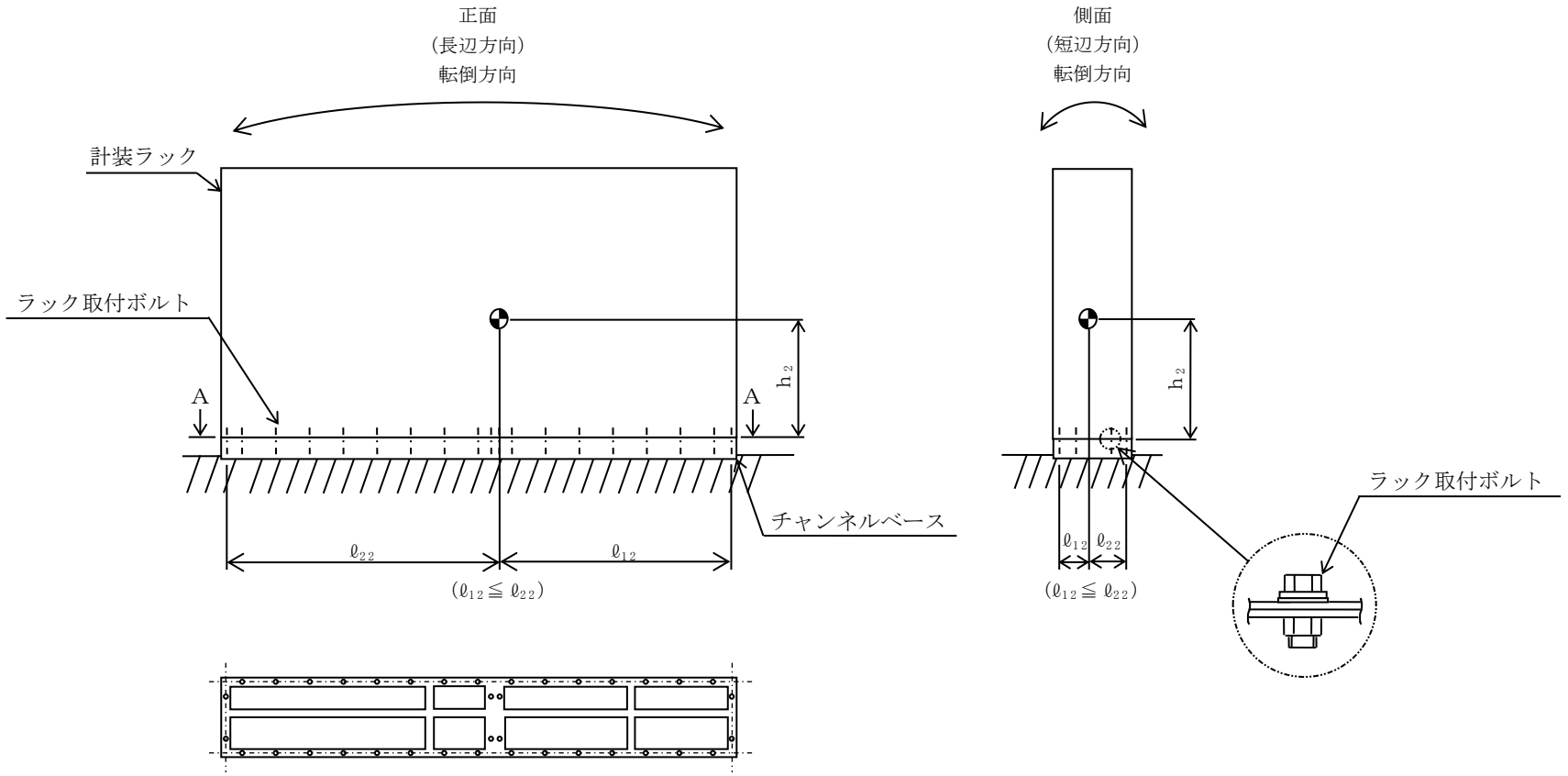
1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ラック取付ボルト（ｉ＝2）	SS400	引張り	σ_{b2}＝15	f_{ts2}＝176*	σ_{b2}＝48	f_{ts2}＝210*
		せん断	τ_{b2}＝ 4	f_{sb2}＝135	τ_{b2}＝ 7	f_{sb2}＝161

すべて許容応力以下である。

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


正面
(長辺方向)
転倒方向
側面
(短辺方向)
転倒方向
計装ラック
ラック取付ボルト
A
A
h2
チャンネルベース
ℓ22
ℓ12
(ℓ12≦ℓ22)
ラック取付ボルト
ℓ12
ℓ22
(ℓ12≦ℓ22)

A～A矢視図

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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
格納容器内ガス冷却器 (D23-SC-033A)	常設耐震／防止 常設／緩和	原子炉建屋 T.M.S.L. 27.200 (T.M.S.L. 31.700*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C_H＝1.71	C_V＝1.41	40

注記＊：基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

2.2.1 格納容器内ガス冷却器 (H22-P390)

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{b_i} (mm^2)	n_i	S_{y_i} (MPa)	S_{u_i} (MPa)
ラック取付ボルト (i＝2)	[redacted]	1045	16 (M16)	201.1	38	235 (16mm＜径≦40mm)	400 (16mm＜径≦40mm)

部材	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	n_{fi}*	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
ラック取付ボルト (i＝2)	205	335	15	—	280	—	長辺方向
	1610	2380	2				

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

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
ラック取付ボルト（ｉ＝2）	―	[redacted]	―	[redacted]

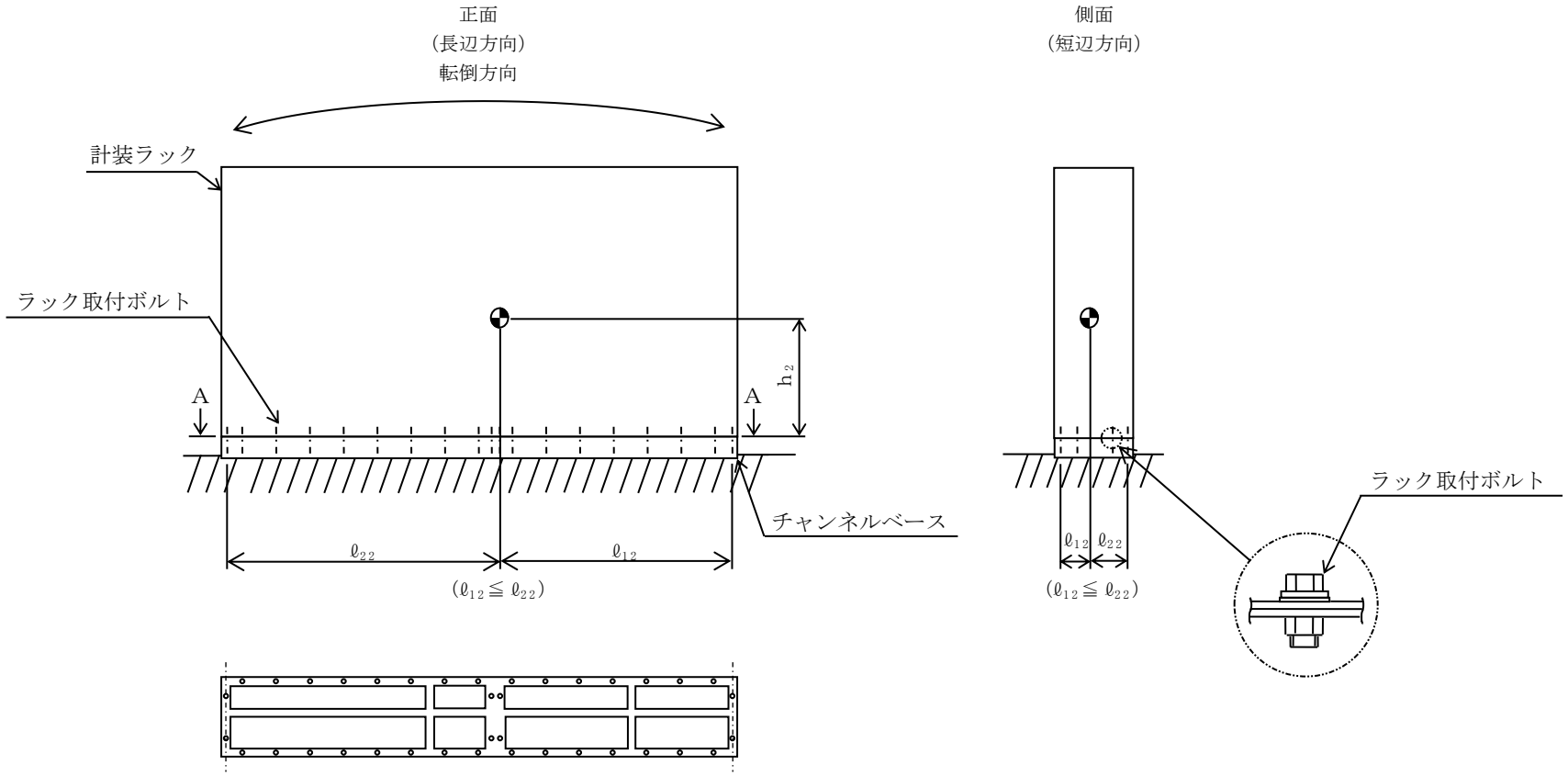
2.4 結論

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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ラック取付ボルト（ｉ＝2）	SS400	引張り	―	―	σ_{b2}＝48	f_{ts2}＝210*
		せん断	―	―	τ_{b2}＝ 7	f_{sb2}＝161

すべて許容応力以下である。

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


正面
(長辺方向)
転倒方向
計装ラック
ラック取付ボルト
A
A
h_2
ℓ_{22}
ℓ_{12}
($\ell_{12} \leqq \ell_{22}$)
チャンネルベース
側面
(短辺方向)
ラック取付ボルト
ℓ_{12} ℓ_{22}
($\ell_{12} \leqq \ell_{22}$)

A～A矢視図

【格納容器内ガス冷却器（D23-SC-033B）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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
格納容器内ガス冷却器 (D23-SC-033B)	S	原子炉建屋 T.M.S.L. 27.200 (T.M.S.L. 31.700*)	0.05 以下	0.05 以下	C_H＝0.88	C_V＝0.72	C_H＝1.71	C_V＝1.41	40

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 格納容器内ガス冷却器（H22-P391）

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{b_i} (mm^2)	n_i	S_{y_i} (MPa)	S_{u_i} (MPa)
ラック取付ボルト (ｉ＝2)	[redacted]	1045	16 (M16)	201.1	38	235 (16mm＜径≦40mm)	400 (16mm＜径≦40mm)

部材	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	n_{fi}*	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
ラック取付ボルト (ｉ＝2)	195	345	15	235	280	短辺方向	長辺方向
	1595	2395	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_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
ラック取付ボルト（ｉ＝2）	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]

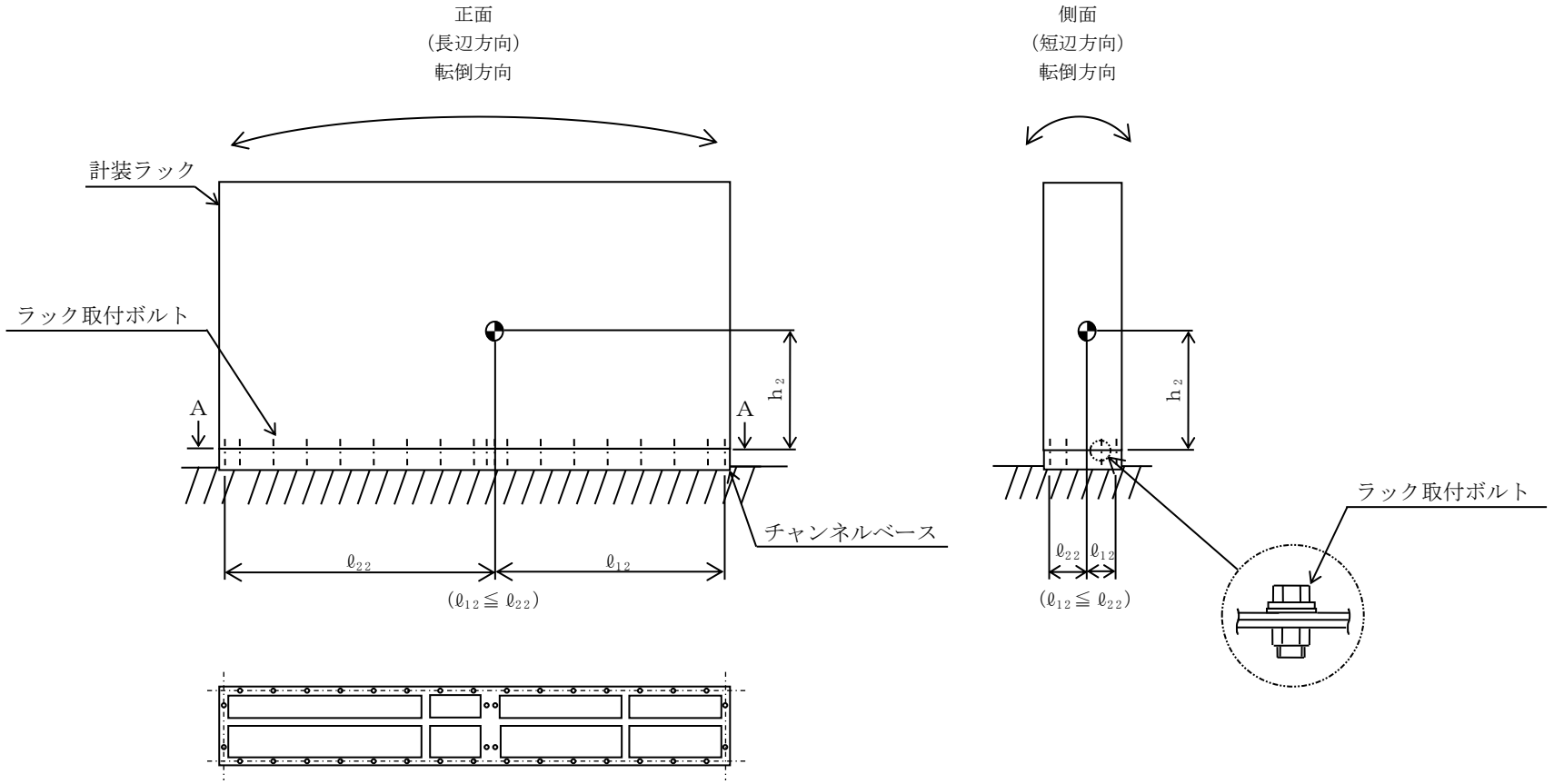
1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ラック取付ボルト（ｉ＝2）	SS400	引張り	σ_{b2}＝15	f_{ts2}＝176*	σ_{b2}＝48	f_{ts2}＝210*
		せん断	τ_{b2}＝ 4	f_{sb2}＝135	τ_{b2}＝ 7	f_{sb2}＝161

すべて許容応力以下である。

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


正面
(長辺方向)
転倒方向
側面
(短辺方向)
転倒方向
計装ラック
ラック取付ボルト
A
A
h2
チャンネルベース
ℓ22
ℓ12
(ℓ12≦ℓ22)
ラック取付ボルト
ℓ22
ℓ12
(ℓ12≦ℓ22)

A～A矢視図

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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
格納容器内ガス冷却器 (D23-SC-033B)	常設耐震／防止常設／緩和	原子炉建屋 T.M.S.L. 27.200 (T.M.S.L. 31.700*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C_H＝1.71	C_V＝1.41	40

注記＊：基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

2.2.1 格納容器内ガス冷却器 (H22-P391)

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	$A_{b\,i}$ (mm^2)	n_i	$S_{y\,i}$ (MPa)	$S_{u\,i}$ (MPa)
ラック取付ボルト (i ＝2)	[redacted]	1045	16 (M16)	201.1	38	235 (16mm＜径≦40mm)	400 (16mm＜径≦40mm)

部材	$\ell_{1\,i}$* (mm)	$\ell_{2\,i}$* (mm)	$n_{f\,i}$*	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
ラック取付ボルト (i ＝2)	195	345	15	—	280	—	長辺方向
	1595	2395	2				

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

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
ラック取付ボルト（ｉ＝2）	―	[redacted]	―	[redacted]

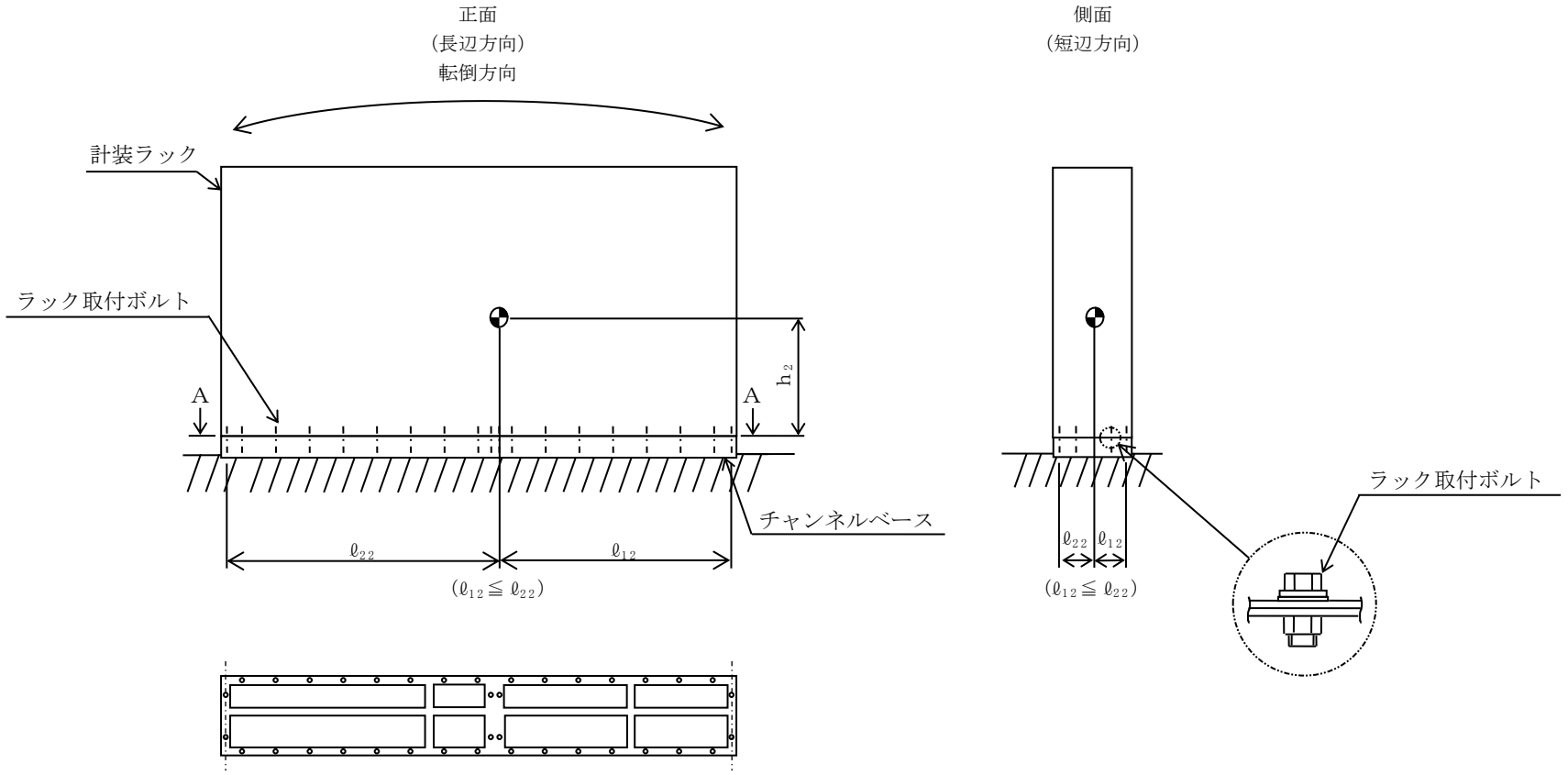
2.4 結論

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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ラック取付ボルト（ｉ＝2）	SS400	引張り	―	―	σ_{b2}＝48	f_{ts2}＝210*
		せん断	―	―	τ_{b2}＝ 7	f_{sb2}＝161

すべて許容応力以下である。

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


正面
(長辺方向)
転倒方向
計装ラック
ラック取付ボルト
A
A
h_2
チャンネルベース
ℓ_{22}
ℓ_{12}
($\ell_{12} \leqq \ell_{22}$)
側面
(短辺方向)
ラック取付ボルト
ℓ_{22}
ℓ_{12}
($\ell_{12} \leqq \ell_{22}$)

A～A矢視図

Ⅴ-2-7　放射性廃棄物の廃棄施設の耐震性に関する説明書

Ⅴ-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
3. 技術基準規則第5条の要求事項の変更に伴う評価対象設備の耐震計算 ····· 3
3.1 耐震計算の概要 ····· 3

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と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こととする。

表１　耐震評価条件整理一覧表（1/1）

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	放射性ドレン移送系	主要弁	S	無	Ⅴ-2-7-1	—	—	—
			主配管	S	有	Ⅴ-2-7-1	—	—	—
		主排気筒（内筒）		S	無	Ⅴ-2-7-2-1	—	—	—
		主排気筒（外筒）		C	有	Ⅴ-2-7-2-1	—	—	—

3.　技術基準規則第5条の要求事項の変更に伴う評価対象設備の耐震計算

3.1　耐震計算の概要

本章は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき，放射性廃棄物の廃棄施設のうち，技術基準規則第5条の要求事項の変更に伴う評価対象設備である放射性ドレン移送系主要弁，放射性ドレン移送系主配管が設計用地震力に対して十分な構造強度評価を有していることを説明するものである。放射性ドレン移送系主要弁，放射性ドレン移送系主配管の計算結果を次ページ以降に示す。

(1)　管の耐震性についての計算書（気体，液体又は固体廃棄物処理設備　放射性ドレン移送系）

設計基準対象施設

目　　次

1.　概要 ・・・

1. 概要

本計算書は，V-2-1-14 「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，管，支持構造物及び弁が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

評価結果記載方法は，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

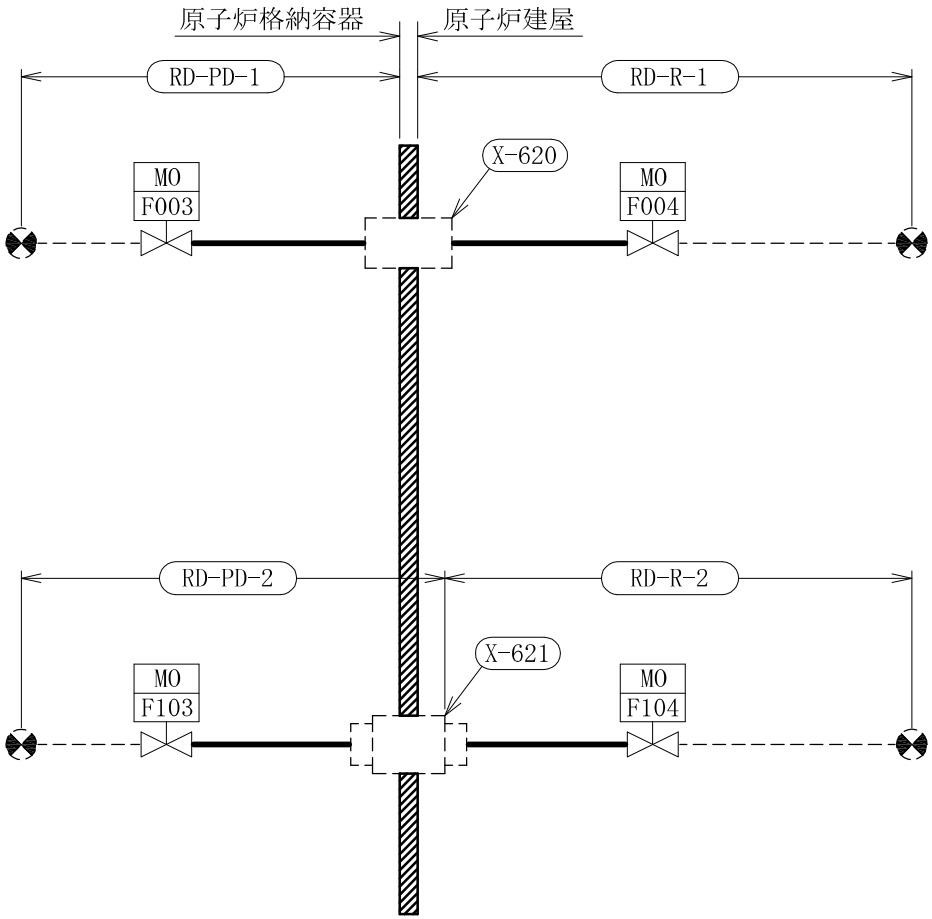
機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として評価結果を記載する。

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

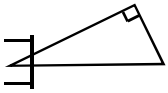
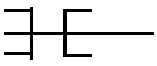
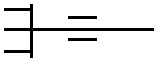
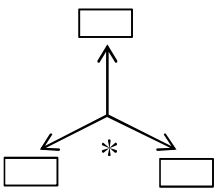
記号	内容
━━━━━（太線）	工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管
――――――（細線）	工事計画記載範囲の管のうち，本系統の管であって他計算書記載範囲の管
- - - - - - - - -（破線）	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち，他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管
○○-○-○○	鳥瞰図番号
	アンカ

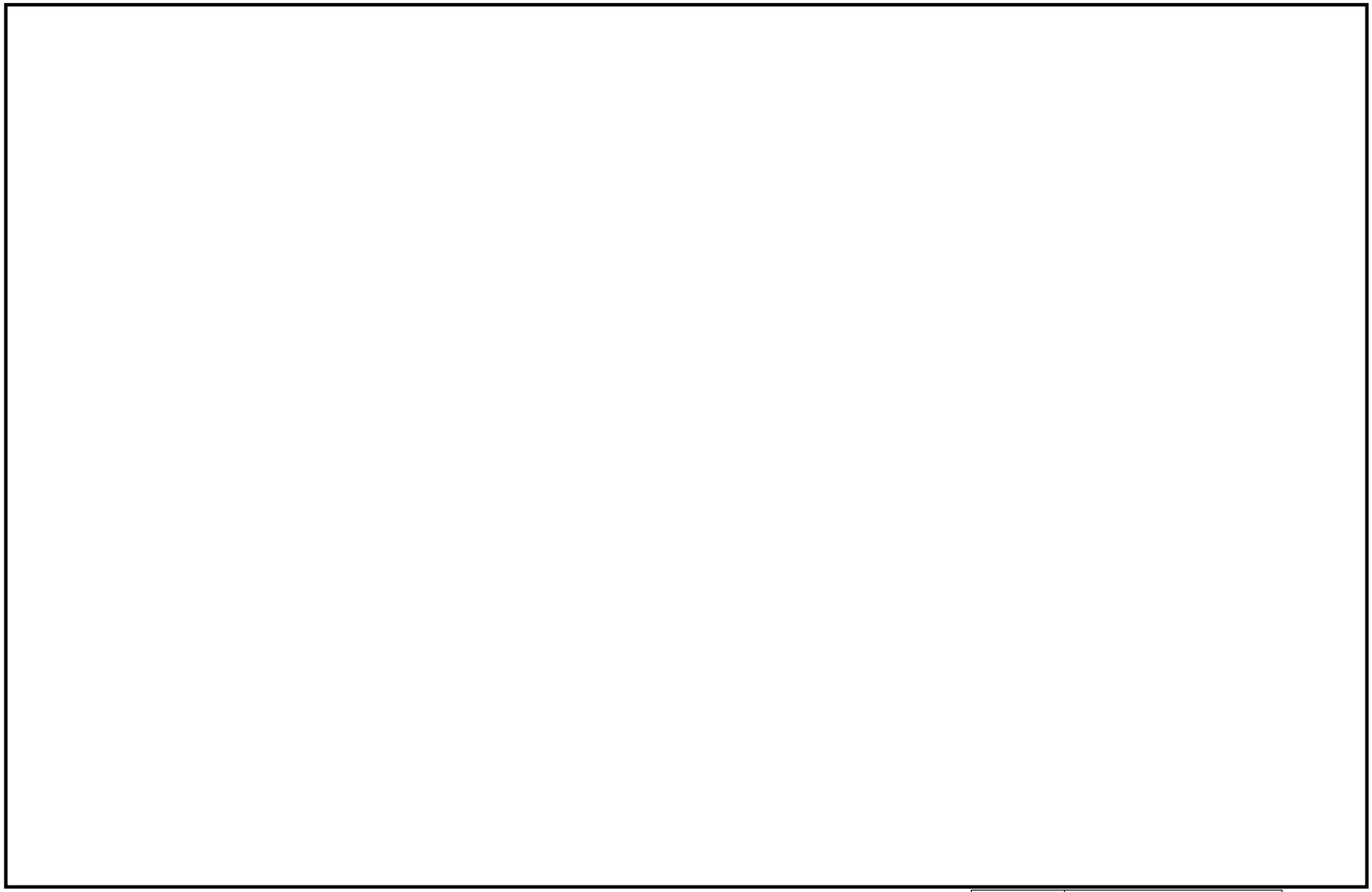


放射性ドレン移送系概略系統図

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
（細線）	工事計画記載範囲の管のうち，本系統の管であって他計算書記載範囲の管
（破線）	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち，他系統の管であって解析モデルの概略を示すために表記する管
	質点
	アンカ
	レストレイント （本図は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。スナッバについても同様とする。）
	スナッバ
	ハンガ
	リジットハンガ
	拘束点の地震による相対変位量(㎜) （＊は評価点番号，矢印は拘束方向を示す。また，□内に変位量を記載する。）
	注1：鳥瞰図中の寸法の単位は㎜である。



鳥瞰図	RD-PD-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，「ＨＩＳＡＰ」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，別紙「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*1	設備分類	機器等の区分	耐震重要度分類	荷重の組合せ*2,3	許容応力状態
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	放射性ドレン移送系	ＤＢ	―	クラス２管	Ｓ	I_L＋Ｓｄ	III_AＳ
							II_L＋Ｓｄ	
							I_L＋Ｓｓ	IV_AＳ
							II_L＋Ｓｓ	

注記＊1：ＤＢは設計基準対象施設，ＳＡは重大事故等対処設備を示す。

＊2：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　RD-PD-2

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	7～17	0.98	171	76.3	5.2	SUS316LTP	S	192440

配管の付加質量

鳥瞰図　RD-PD-2

質量	対応する評価点
[redacted]	7～13
[redacted]	13～17

弁部の寸法

鳥瞰図　RD-PD-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)
3～4				4～5			
5～500				500～6			
4～7							

弁部の質量

鳥瞰図　RD-PD-2

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
[redacted]	5	[redacted]	6

支持点及び貫通部ばね定数

鳥瞰図　RD-PD-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	Y	Z	X	Y	Z
500						
8						
14						
16						

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 (℃)	許容応力(MPa)			
		S_m	S_y	S_u	S_h
SUS316LTP	171	—	125	416	107

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曲線を下表に示す。なお，設計用床応答曲線はⅤ-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき策定したものを用いる。また，減衰定数はⅤ-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

鳥瞰図	建屋・構築物	標高	減衰定数(%)
RD-PD-2	原子炉本体基礎	[redacted]	[redacted]

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥瞰図 RD-PD-2

適用する地震動等		Ｓｄ及び静的震度			Ｓｓ		
モード	固有周期(s)	応答水平震度[*1]		応答鉛直震度[*1]	応答水平震度[*1]		応答鉛直震度[*1]
		Ｘ方向	Ｚ方向	Ｙ方向	Ｘ方向	Ｚ方向	Ｙ方向
1 次							
2 次							
3 次							
4 次							
5 次							
動的震度[*2]							
静的震度[*3]							

注記＊1：各モードの固有周期に対し，設計用床応答曲線より得られる震度を示す。

＊2：Ｓｄ又はＳｓ地震動に基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。

＊3：3.6C_I及び1.2C_Vより定めた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数

鳥瞰図　RD-PD-2

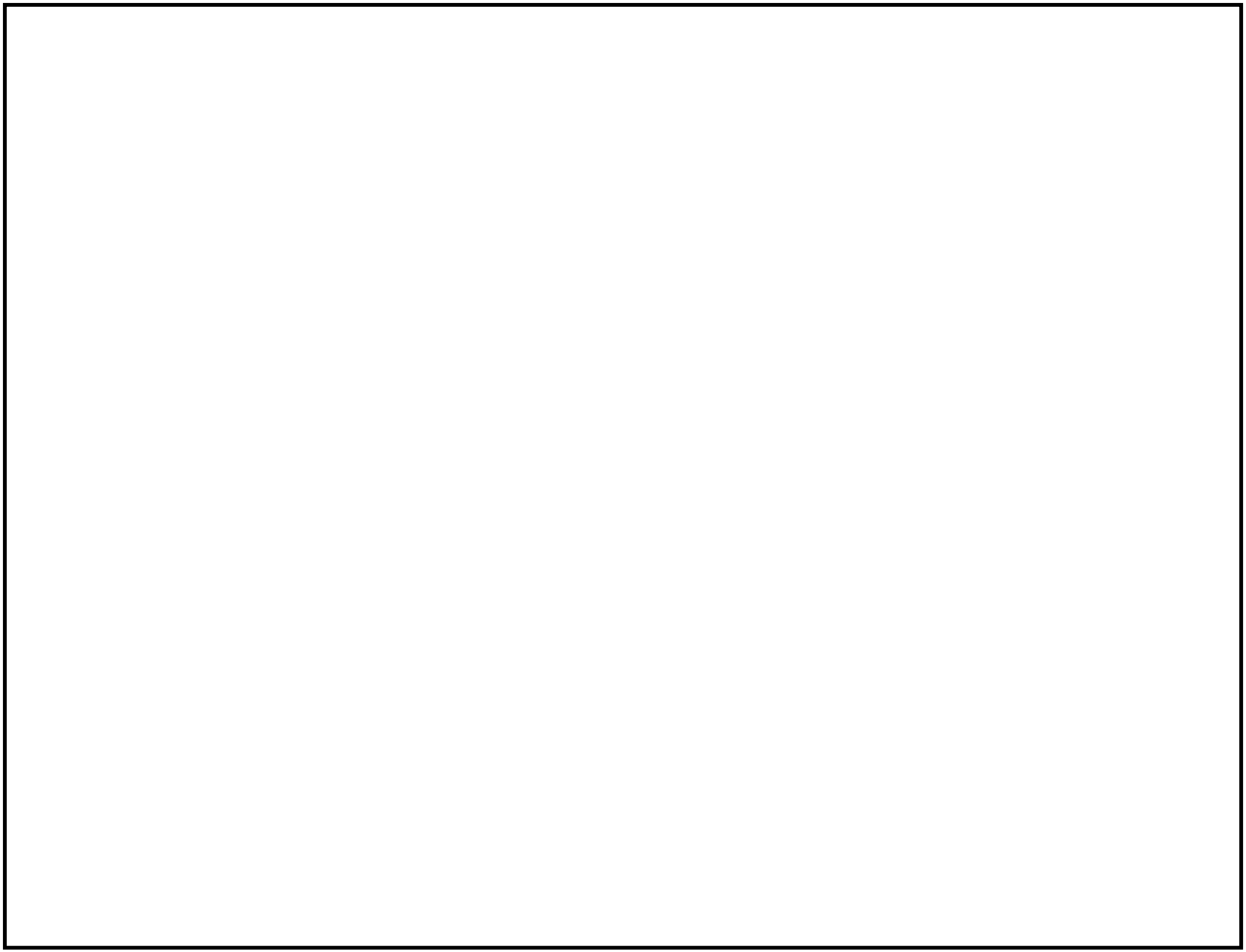
モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X方向	Y方向	Z方向
1 次				
2 次				
3 次				
4 次				

注記＊：刺激係数は，モード質量を正規化し，固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

代表的振動モード図

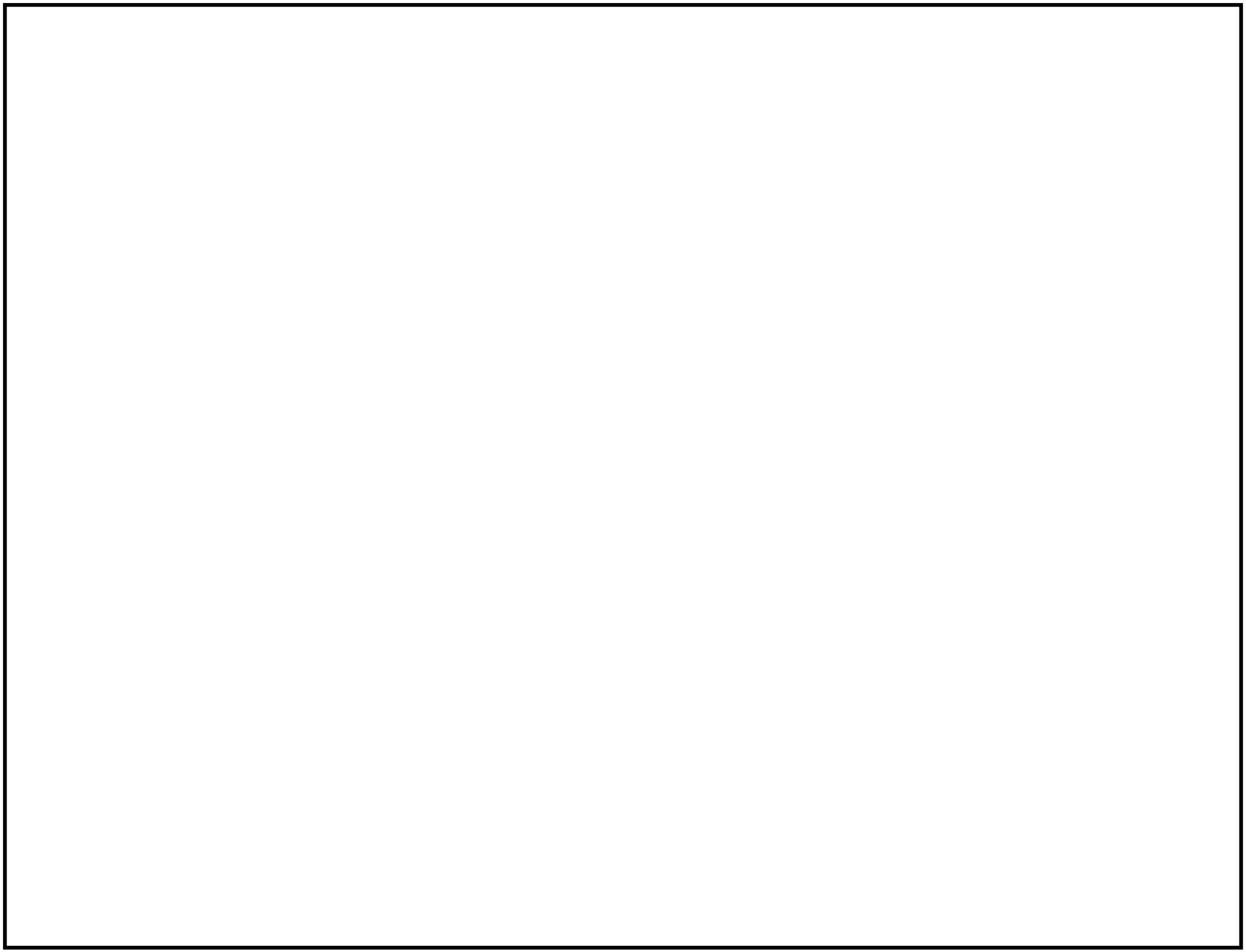
振動モード図は，３次モードまでを代表とし，各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し，次ページ以降に示す。

代表的振動モード図（1次）



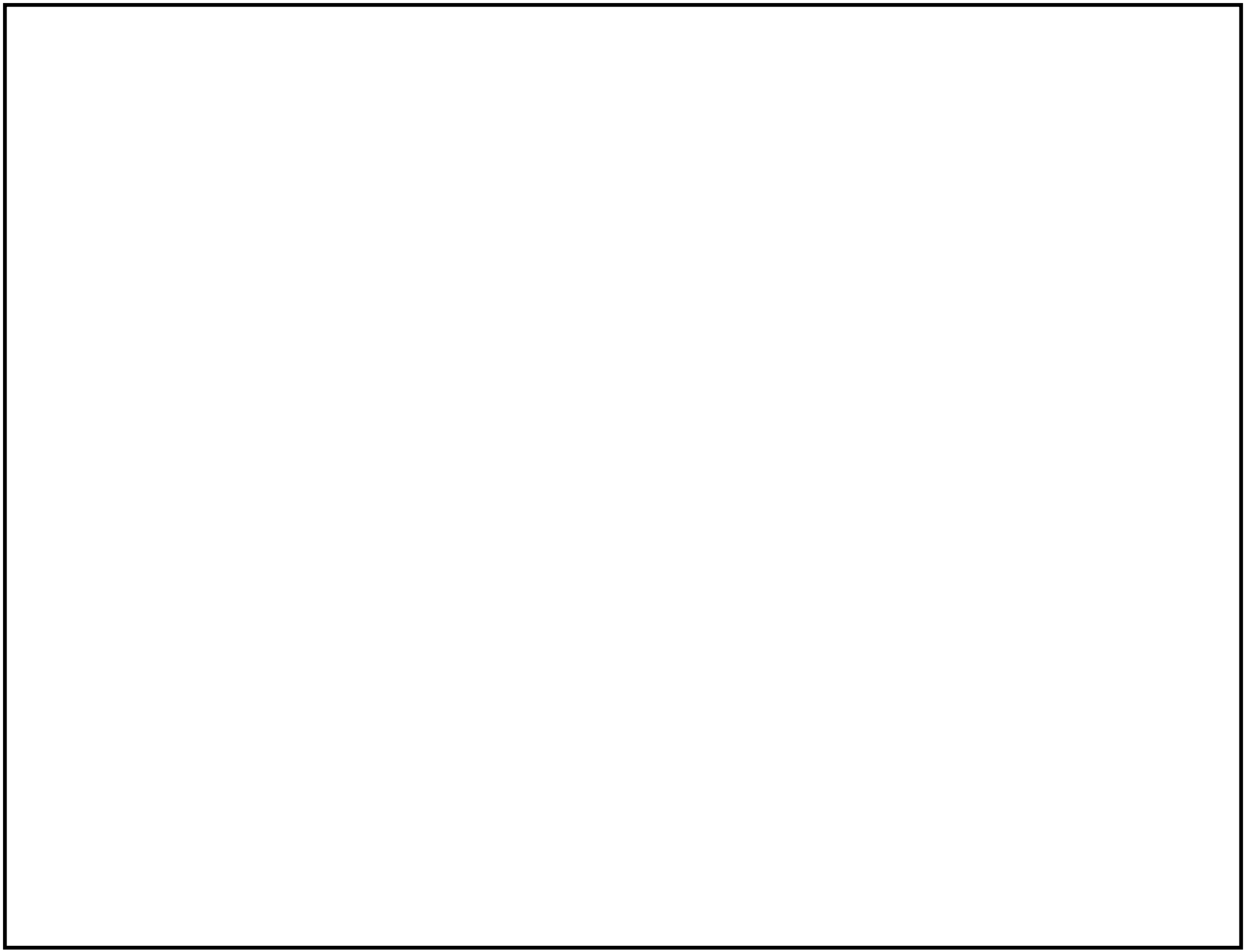
鳥瞰図	ＲＤ－ＰＤ－２

代表的振動モード図（2次）



鳥瞰図	ＲＤ－ＰＤ－２

代表的振動モード図（3次）



鳥瞰図	ＲＤ－ＰＤ－２

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

鳥瞰図	許容応力状態	最大応力評価点	最大応力区分	一次応力評価(MPa)		一次＋二次応力評価(MPa)		疲労評価
				計算応力 S_{prm}（Ｓｄ） S_{prm}（Ｓｓ）	許容応力 S_y* 0.9S_u	計算応力 S_n（Ｓｓ）	許容応力 2S_y	疲労累積係数 US_s
RD-PD-2	ⅢＡＳ	8	S_{prm}（Ｓｄ）	74	128	—	—	—
RD-PD-2	ⅣＡＳ	8	S_{prm}（Ｓｓ）	113	374	—	—	—
RD-PD-2	ⅣＡＳ	8	S_n（Ｓｓ）	—	—	168	250	—

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1.2S_hのうち大きい方の値とする。

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	材質	温度(℃)	評価結果	
					計算荷重(kN)	許容荷重(kN)
—	—	—	—	—	—	—

支持構造物評価結果（応力評価）

支持構造物番号	種類	型式	材質	温度(℃)	支持点荷重						評価結果		
					反力（kN）			モーメント（kN･m）			応力分類	計算応力(MPa)	許容応力(MPa)
					F_X	F_Y	F_Z	M_X	M_Y	M_Z			
RE-RD-P005	レストレイント	パイプバンド	SM400B SUS304	171	9	22	0	—	—	—	引張圧縮	62	115

4.2.3　弁の動的機能維持評価結果

下表に示すとおり機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下又は計算応力が許容応力以下である。

弁番号	形式	要求機能	機能維持評価用加速度 (×9.8m/s^2)		機能確認済加速度 (×9.8m/s^2)		構造強度評価結果 (MPa)	
			水平	鉛直	水平	鉛直	計算応力	許容応力
—	—	—	—	—	—	—	—	—

4.2.4　代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

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

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（クラス２以下の管）

No.	配管モデル	許容応力状態　ⅢＡＳ					許容応力状態　ⅣＡＳ													
		一次応力					一次応力					一次＋二次応力*					疲労評価			
		評価点	計算応力(MPa)	許容応力(MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力(MPa)	許容応力(MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力(MPa)	許容応力(MPa)	裕度	代表	評価点	疲労累積係数	代表
1	RD-PD-1	8001	54	211	3.90	—	8001	81	363	4.48	—	10	120	422	3.51	—	—	—	—
2	RD-PD-2	8	74	128	1.72	○	8	113	374	3.30	○	8	168	250	1.48	○	—	—	—
3	RD-R-1	9	71	211	2.97	—	9	104	363	3.49	—	9	134	422	3.14	—	—	—	—
4	RD-R-2	9	67	128	1.91	—	9	99	374	3.77	—	9	133	250	1.87	—	—	—	—

注記＊：ⅢＡＳの一次＋二次応力の許容値はⅣＡＳと同様であることから，地震荷重が大きいⅣＡＳの一次＋二次応力裕度最小を代表とする。

Ⅴ-2-7-2　気体，液体又は固体廃棄物処理設備の耐震性についての計算書

Ⅴ-2-7-2-1　主排気筒の耐震性についての計算書

（Ⅰ）　主排気筒の地震応答計算書

（Ⅱ）　主排気筒の耐震計算書

（Ⅰ）　主排気筒の地震応答計算書

目　　次

1.　構造及びモデル化 ····· 1
2.　解析方法 ····· 16
2.1　入力地震動 ····· 16
2.2　建屋応答の不確かさ等 ····· 33
3.　応答解析の結果 ····· 34
3.1　固有値解析結果 ····· 34
3.2　地震応答解析結果 ····· 34

1. 構造及びモデル化

本主排気筒は，原子炉建屋 $_{R}1$～$_{R}2$，$_{R}C$～$_{R}D$ 間の屋上（T.M.S.L.*1 38.2m）に位置し，内径 2.4m の鋼板製筒身（換気空調系用排気筒）を鋼管四角形鉄塔（制震装置付）で支えた鉄塔支持形排気筒である。

また，筒身内部には，非常用ガス処理系（以下「SGTS」という。）用排気筒が筒身に支持されている。

主排気筒の配置図を図 1－1 に，概要図を図 1－2 に，主要レベルの概略平面図を図 1－3 に，材料諸元を表 1－1 に示す。

構造概要

構造形状	四角鉄塔支持形鋼管構造（制震装置付）
主排気筒の高さ	46.8m（T.M.S.L.85.0m）
鉄塔高さ	41.8m（T.M.S.L.80.0m）
鉄塔幅	頂部　5.0m
	根開き　NS 方向 7.1m，EW 方向 8.0m
筒身支持点位置	T.M.S.L.48.0m，76.25m
基礎	T.M.S.L.38.2m 以高の鉄骨鉄筋コンクリート造*2 立上り部を基礎とする。

主排気筒の地震応答解析モデルは，原子炉建屋屋上（T.M.S.L.38.2m）より上部を対象とした立体フレームモデルとする。主排気筒の地震応答解析モデルを図 1－4 に，主要レベルのモデル図について図 1－5 に，部材諸元一覧を表 1－2 に示す。また，主排気筒の T.M.S.L.76.25m には 8 台の制震装置（オイルダンパー）が設置されている。制震装置（オイルダンパー）の概要を図 1－6 に，諸元を表 1－3 に示す。地震応答解析は時刻歴応答解析により行う。

なお，減衰は，剛性比例型減衰（鉄塔部の水平方向 1 次固有振動数に対し，鉄骨造は 2%，鉄筋コンクリート造（基礎）は 5%を設定）として評価する。

注記＊1 ：東京湾平均海面（以下「T.M.S.L.」という。）

＊2 ：基礎は鉄筋コンクリート造として評価する。

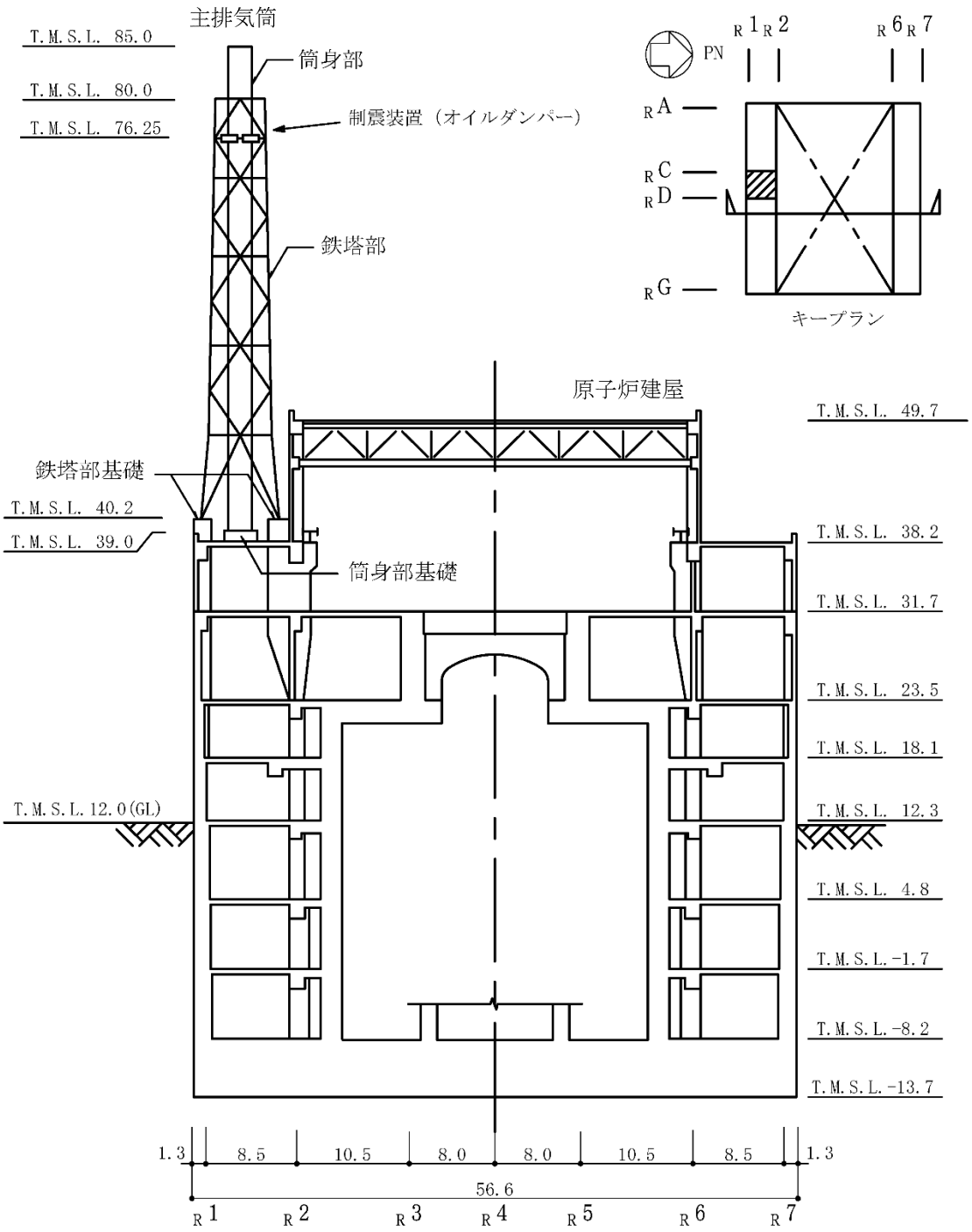
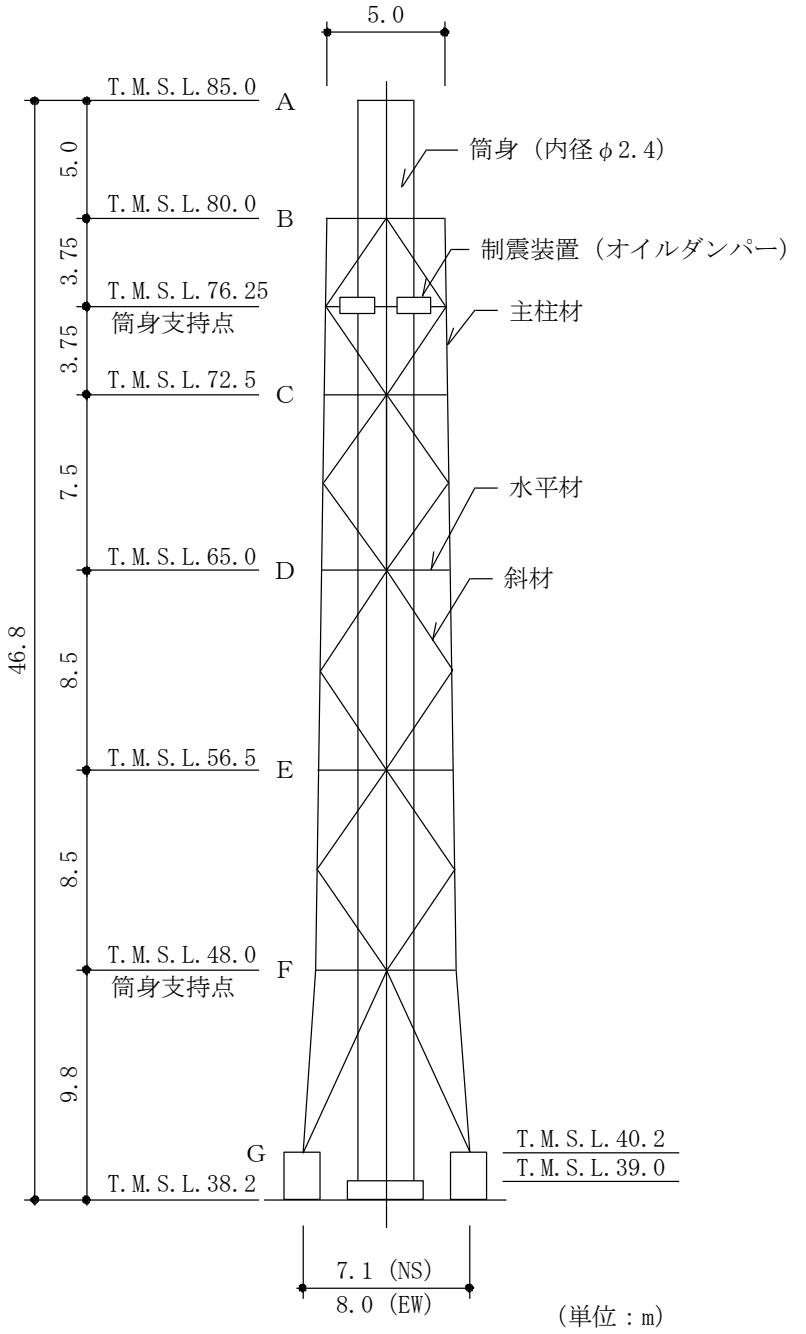


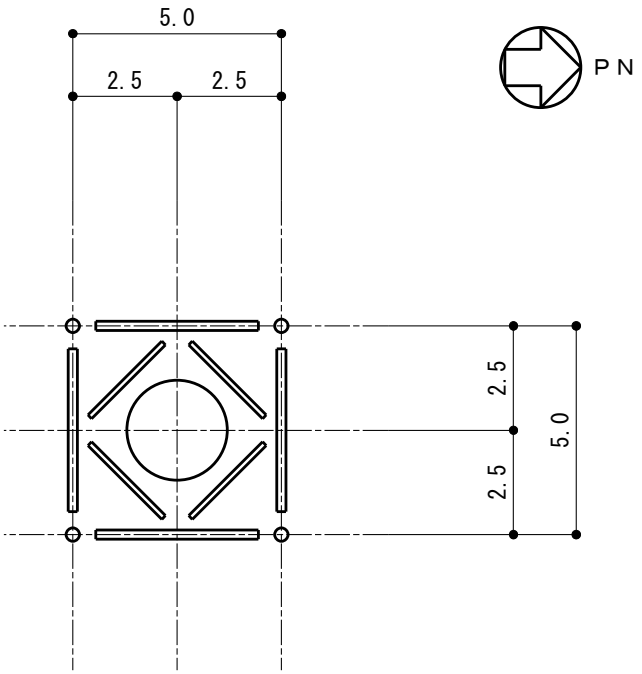
図 1－1　主排気筒配置図（単位：m）



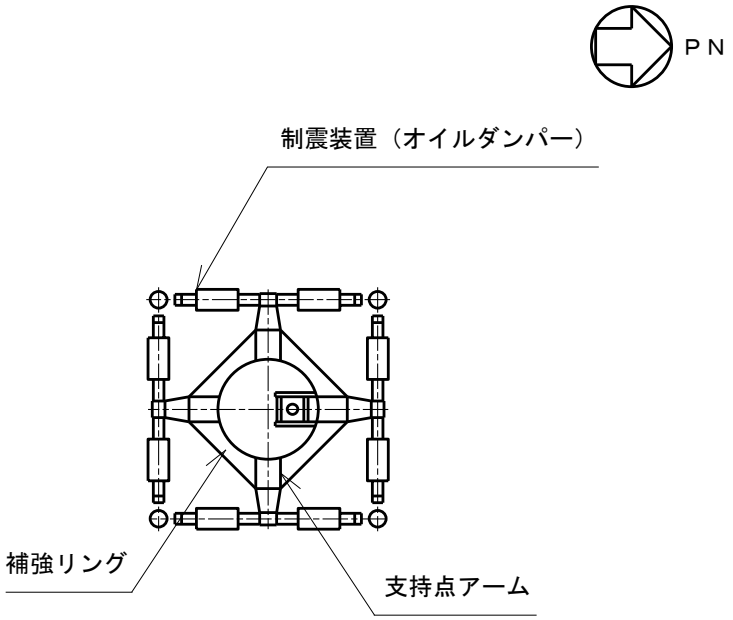
部材リスト（単位：mm）			
主柱材	STK490[STK50]*	φ711.2×19	φ609.6×16
			φ508.0×7.9
			φ406.4×6.4
			φ318.5×6
水平材	STK400[STK41]	φ406.4×6.4	φ318.5×6
			φ216.3×4.5
斜材	STK490[STK50]	φ558.8×16	φ406.4×12.7
			φ355.6×7.9
			φ267.4×6
			φ216.3×4.5
筒身板厚	SMA400A[SMA41A]	t＝12	t＝8
			t＝6

注記＊：［　］内は従来標記を示す。

図1－2　主排気筒概要図

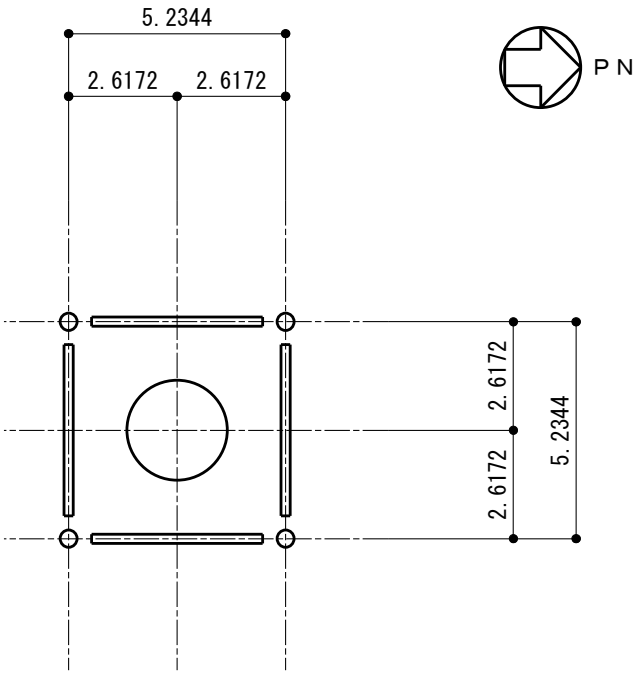


(a)　T.M.S.L. 80.0m

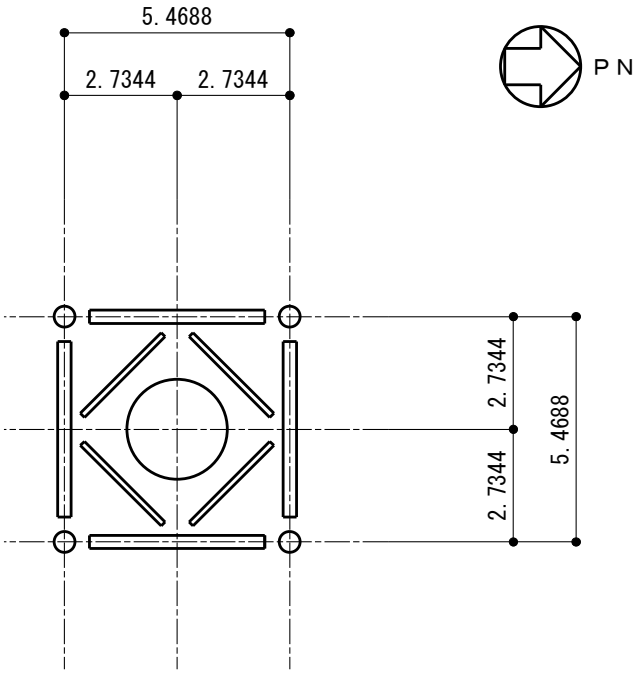


(b)　T.M.S.L. 76.25m（筒身支持点）

図 1－3　主要レベルの概略平面図（単位：m）(1/4)

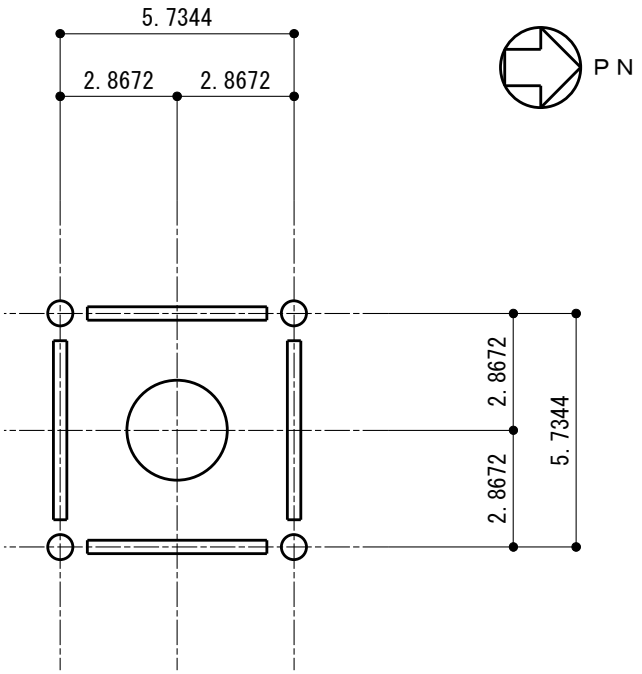


(c)　T.M.S.L.　72.5m

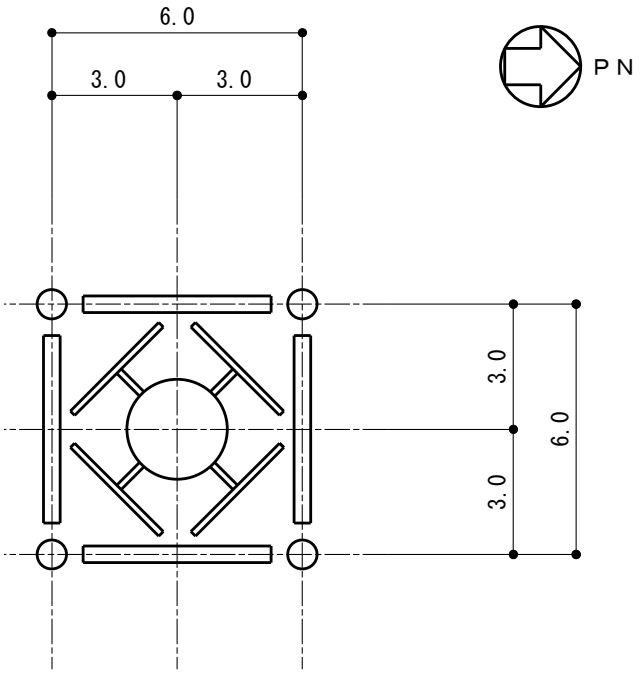


(d)　T.M.S.L.　65.0 m

図 1－3　主要レベルの概略平面図（単位：m）(2/4)

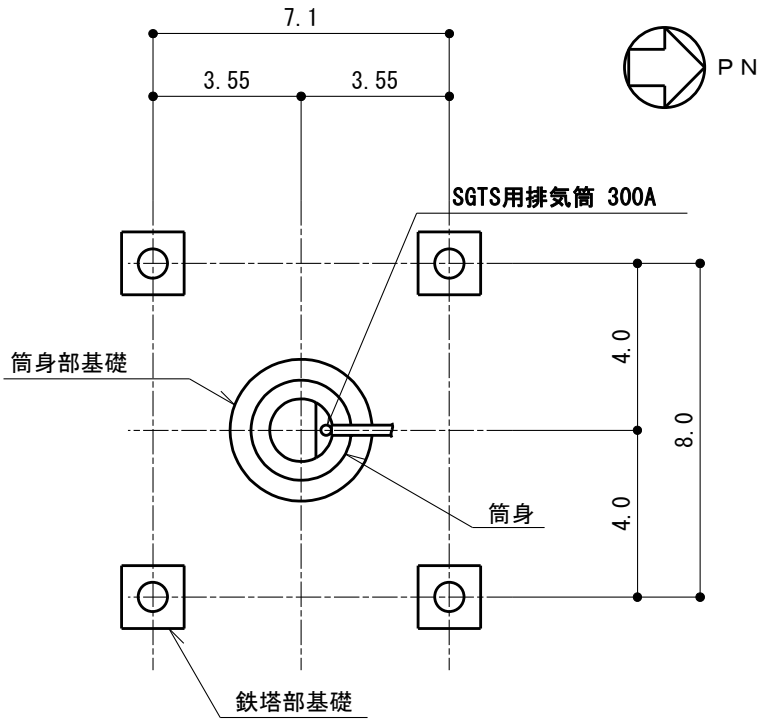


(e)　T.M.S.L. 56.5m



(f)　T.M.S.L. 48.0m（筒身支持点）

図 1－3　主要レベルの概略平面図（単位：m）(3/4)



(g) T.M.S.L. 38.2m（基礎）

図 1－3 主要レベルの概略平面図（単位：m）(4/4)

表 1－1　主排気筒材料諸元

部位	材料	ヤング係数 E (N/mm^2)	ポアソン比 ν	減衰定数 h (%)
鉄塔部 筒身部	鋼材	2.05×10^5	0.3	2
基礎	コンクリート*1： σ_C＝43.1(N/mm^2) 鉄筋：SD345[SD35] *2	2.88×10^4	0.2	5

注記＊1 ：実強度に基づくコンクリート強度。

＊2 ：［ ］内は従来標記を示す。

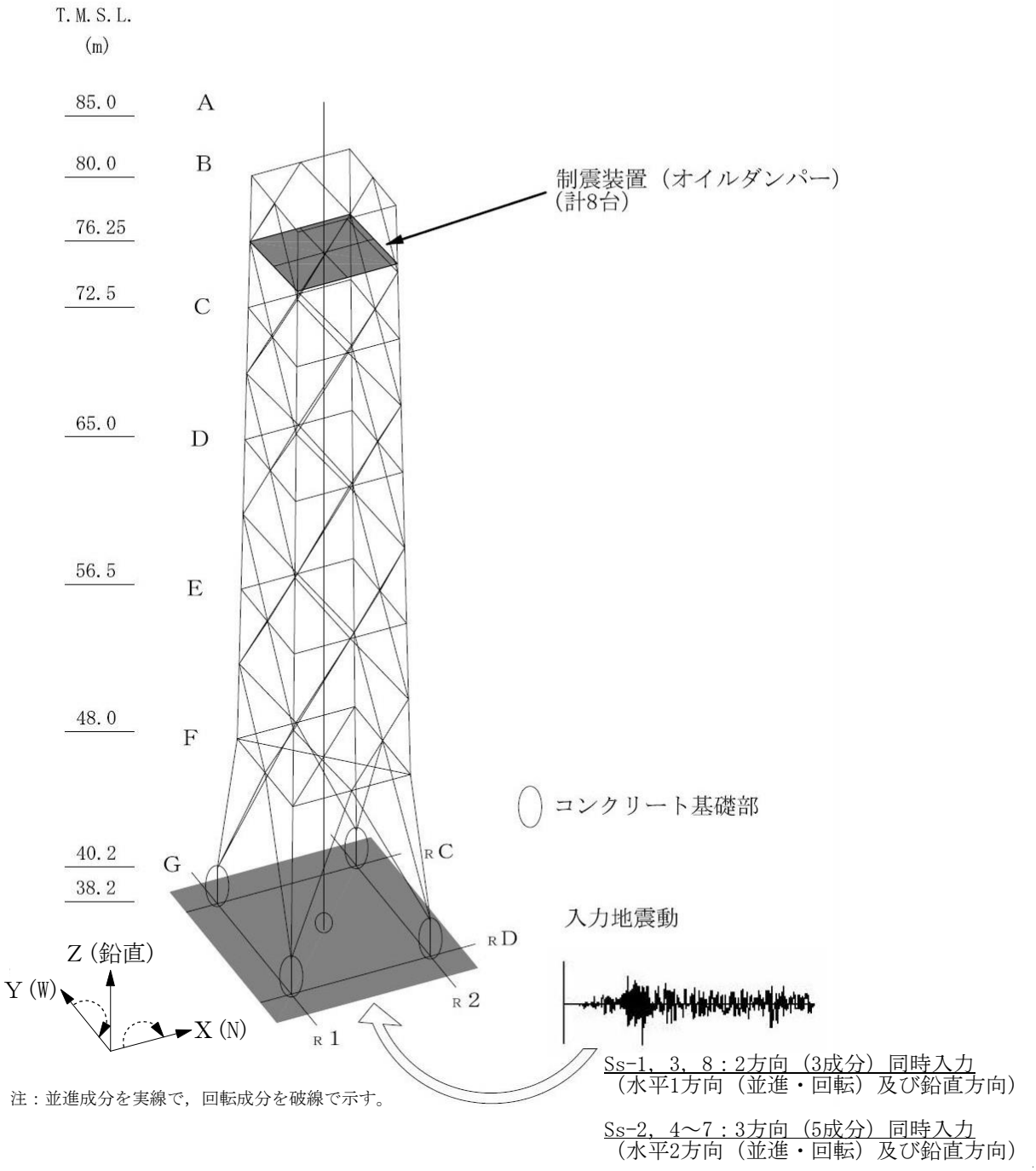
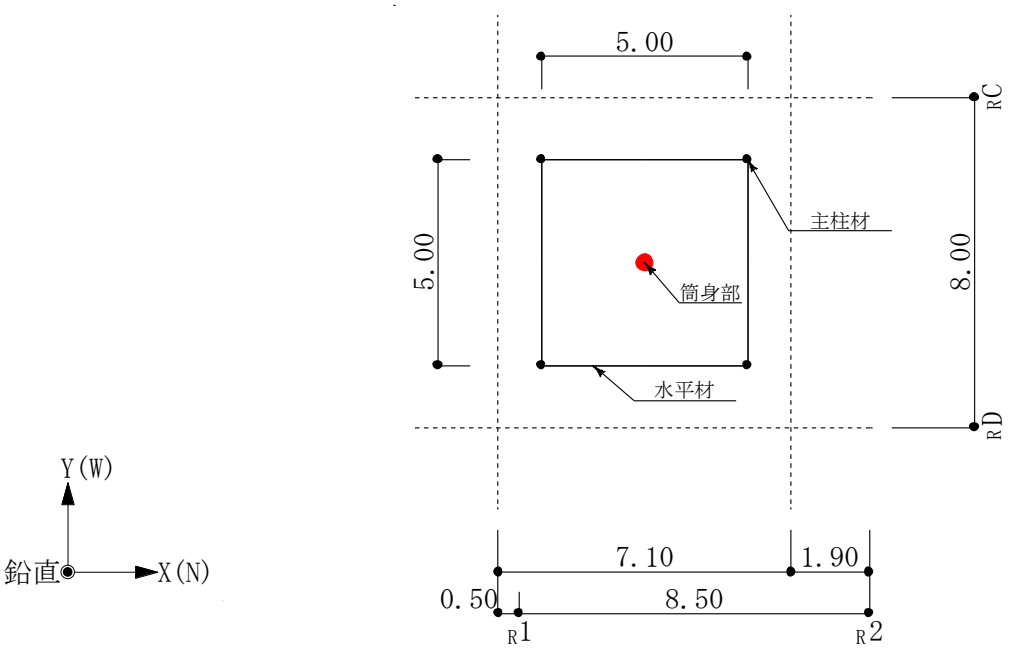


図 1－4　主排気筒の地震応答解析モデル



(a)　T.M.S.L.　80.0m

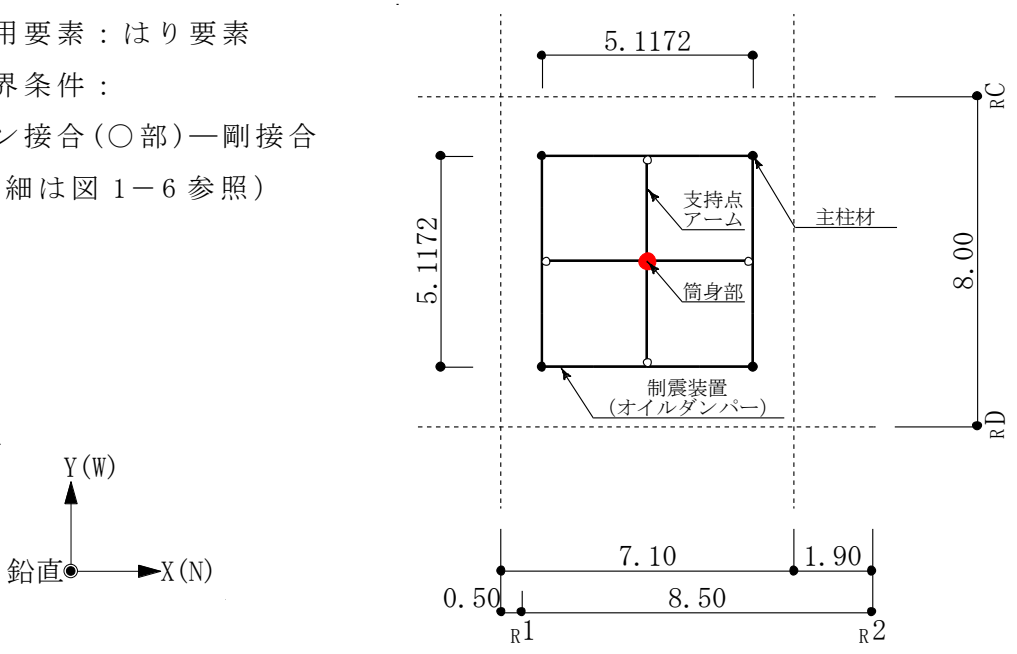
支持点アームについて

・使用要素：はり要素

・境界条件：

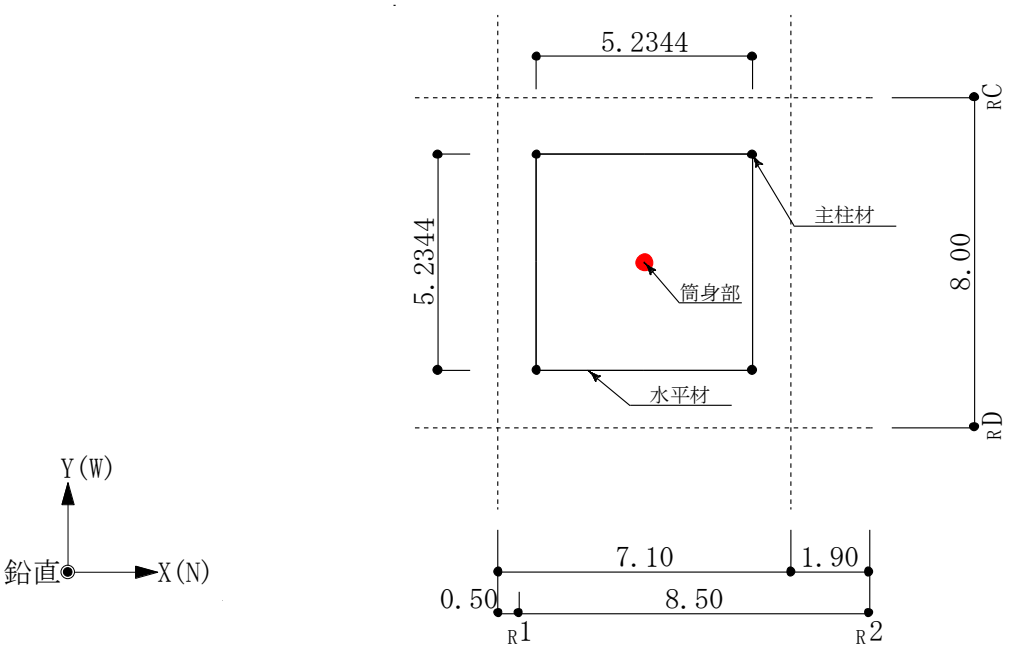
ピン接合(○部)―剛接合

(詳細は図 1－6 参照)

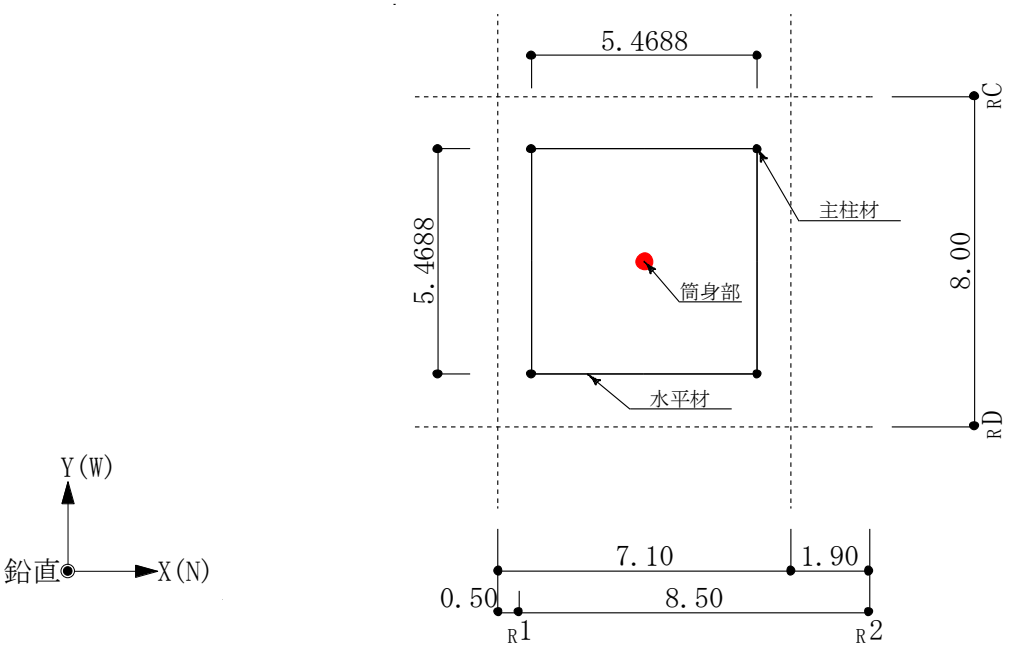


(b)　T.M.S.L.　76.25m（筒身支持点）

図 1－5　主要レベルのモデル図（単位：m）(1/4)

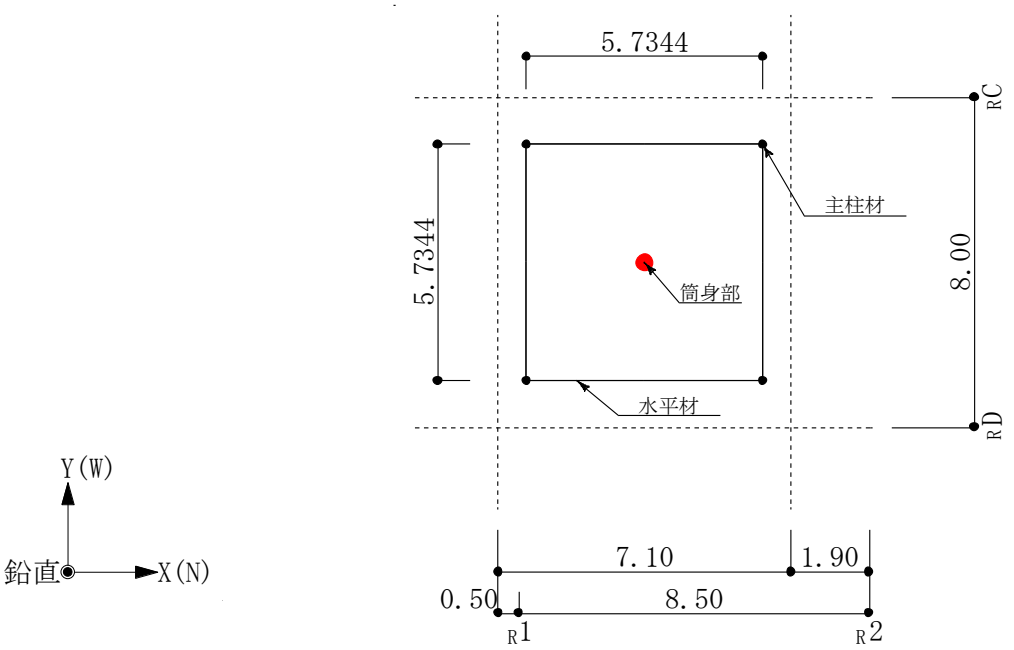


（c）　T.M.S.L.　72.5m



（d）　T.M.S.L.　65.0m

図 1－5　主要レベルのモデル図（単位：m）（2/4）

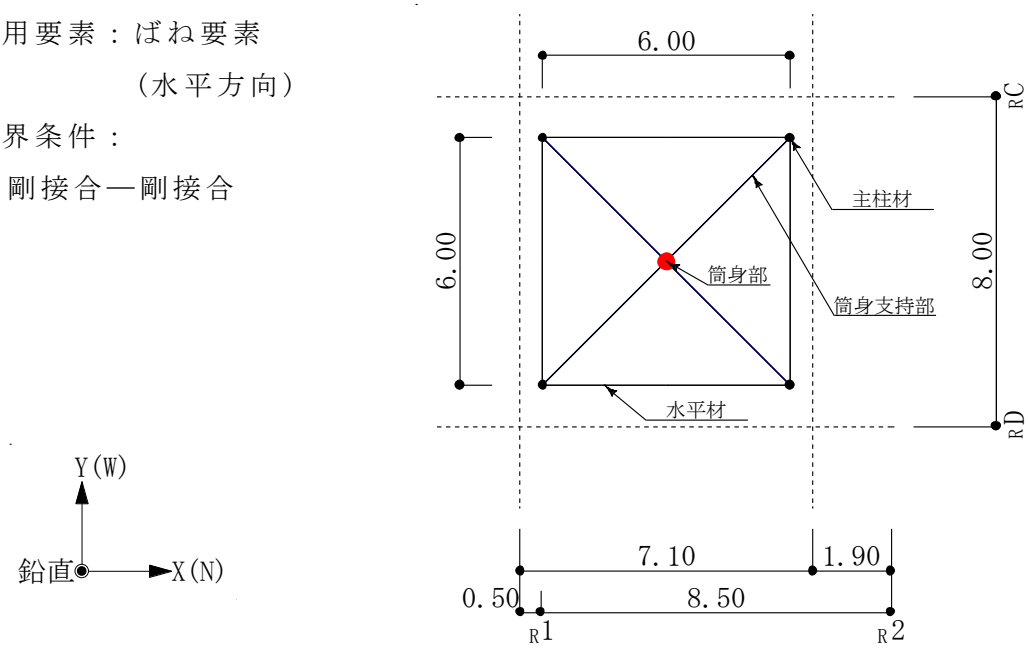


（e） T.M.S.L. 56.5m

筒身支持部について

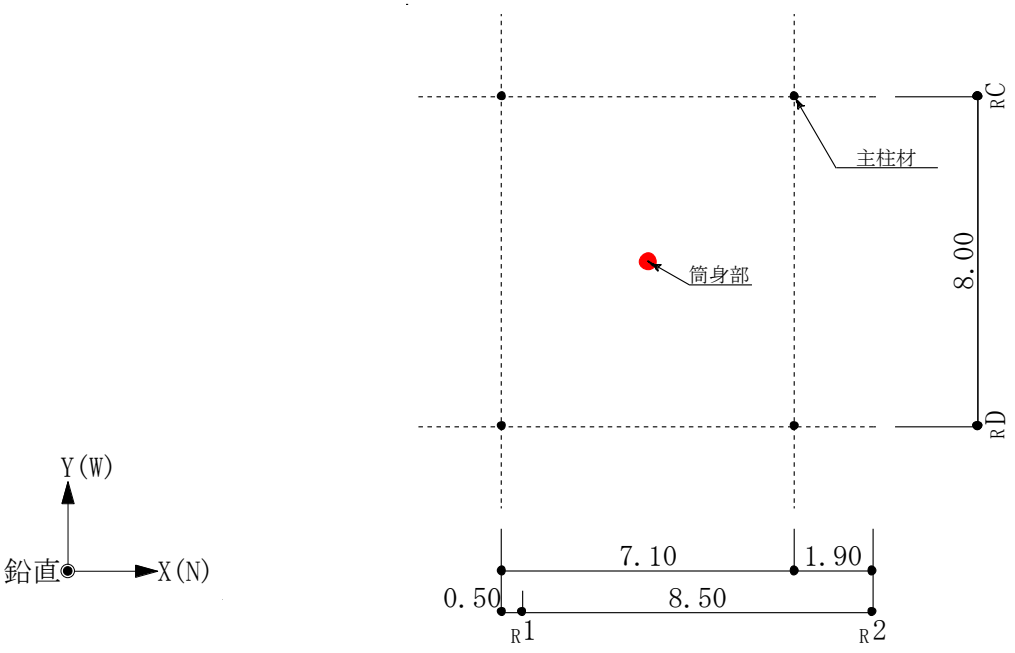
・使用要素：ばね要素
（水平方向）

・境界条件：
剛接合―剛接合



（f） T.M.S.L. 48.0m（筒身支持点）

図 1－5 主要レベルのモデル図（単位：m）（3/4）

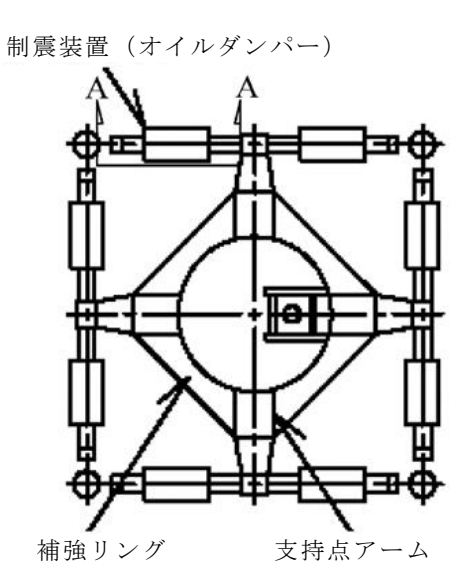


（g） T.M.S.L. 38.2m（基礎）

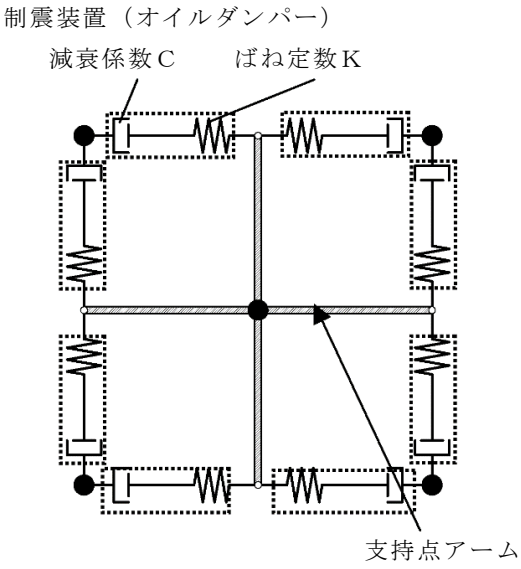
図 1－5 主要レベルのモデル図（単位：m）（4/4）

表 1－2　主排気筒の部材諸元一覧

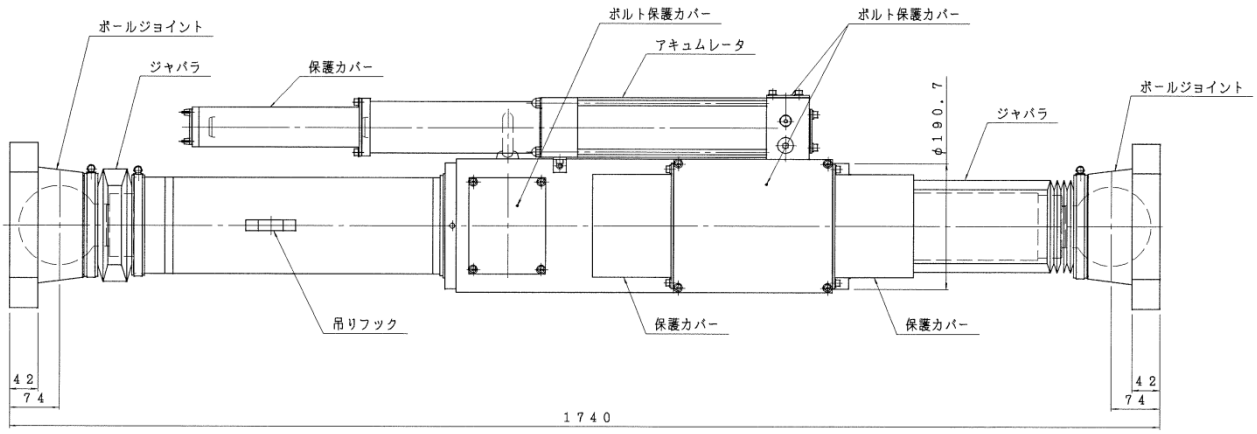
部位	部材間	寸法 (mm)	断面積 ($\times 10^2 mm^2$)	断面二次モーメント ($\times 10^4 mm^4$)	有効せん断断面積 ($\times 10^2 mm^2$)
主柱材	B-C	φ318.5×6	58.91	7190	29.46
	C-D	φ406.4×6.4	80.42	16100	40.21
	D-E	φ508.0×7.9	124.1	38800	62.05
	E-F	φ609.6×16	298.4	132000	149.2
	F-G	φ711.2×19	413.2	248000	206.6
斜材	B-C	φ216.3×4.5	29.94	1680	14.97
	C-D	φ267.4×6	49.27	4210	24.64
	D-E	φ355.6×7.9	86.29	13000	43.15
	E-F	φ406.4×12.7	157.1	30500	78.55
	F-G	φ558.8×16	272.8	101000	136.4
水平材	B	φ216.3×4.5	29.94	1680	14.97
	C	φ216.3×4.5	29.94	1680	14.97
	D	φ318.5×6	58.91	7190	29.46
	E	φ318.5×6	58.91	7190	29.46
	F	φ406.4×6.4	80.42	16100	40.21
筒身部	A-B	φ2412×6	454.0	3280000	227.0
	B-C	φ2412×6	454.0	3280000	227.0
	C-D	φ2412×6	454.0	3280000	227.0
	D-E	φ2416×8	605.0	4390000	303.0
	E-F	φ2416×8	605.0	4390000	303.0
	F-G	φ2424×12	909.0	6610000	455.0



(a)　平面図（T.M.S.L.76.25m）



(b)　モデル概要図



(c)　Ａ－Ａ制震装置（オイルダンパー）詳細図（単位：mm）

図 1－6　制震装置（オイルダンパー）の概要

表 1－3　制震装置（オイルダンパー）の諸元

重量	6.0（kN/台）
ばね定数K	0.3×10^{8}（N/m）
減衰係数C	1.2×10^{5}（N･s/m）

2.　解析方法

主排気筒の地震応答解析（直接積分法）には，解析コード「ＤＹＮＡ２Ｅ」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，別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

2.1　入力地震動

主排気筒の地震応答解析モデルへの入力地震動は，基準地震動 Ss-1～Ss-8 による原子炉建屋全体の地震応答解析から得られる屋上レベル（T.M.S.L.38.2m）における応答値を用いることとし，主排気筒の基礎脚部を固定として入力する。応答スペクトルに基づく地震動である Ss-1 及び Ss-3，震源を特定せず策定する地震動である Ss-8 については，2 方向（3 成分）（水平 1 方向（並進・回転）及び鉛直方向）の同時入力とする。一方で，断層モデルに基づく地震動である Ss-2 及び Ss-4～Ss-7 については，3 方向（5 成分）（水平 2 方向（並進・回転）及び鉛直方向）の同時入力とする。

また，原子炉建屋全体の地震応答解析では，接地率が 65%未満となるケースについては誘発上下動を考慮しており，主排気筒についても当該ケースについては誘発上下動を考慮した応答を用いるものとする。

代表して，入力地震動のうち，基準地震動 Ss-1～Ss-8 の基本ケースの加速度時刻歴波形を以下に示す。また，入力地震動の組合せを表 2－1 に示す。（建屋応答の不確かさを考慮する解析ケースの入力地震動の組合せについては，別紙 3「地震応答解析における原子炉建屋の材料物性の不確かさに関する検討」参照。）

NS 方向　並進成分　　図 2－1
EW 方向　並進成分　　図 2－2
鉛直方向　　図 2－3
NS 方向　回転成分　　図 2－4
EW 方向　回転成分　　図 2－5

基本ケースにおいて，原子炉建屋全体の地震応答解析では Ss-2 のみ接地率が 65%未満となるため誘発上下動を考慮しており，主排気筒についても図 2－3（b）に示す Ss-2 の鉛直方向の入力地震動では誘発上下動を考慮している。

表 2－1　入力地震動の組合せ（基本ケース）

入力地震動*1		水平方向*2				鉛直方向*2	備考*3
		NS 方向		EW 方向			
		並進	回転	並進	回転	並進	
Ss-1	NS＋鉛直	○	○	—	—	○	—
	EW＋鉛直	—	—	○	○	○	—
Ss-2	NS＋EW＋鉛直	○	○	○	○	○	誘発上下動考慮
Ss-3	NS＋鉛直	○	○	—	—	○	—
	EW＋鉛直	—	—	○	○	○	—
Ss-4	NS＋EW＋鉛直	○	○	○	○	○	—
Ss-5	NS＋EW＋鉛直	○	○	○	○	○	—
Ss-6	NS＋EW＋鉛直	○	○	○	○	○	—
Ss-7	NS＋EW＋鉛直	○	○	○	○	○	—
Ss-8	NS＋鉛直	○	○	—	—	○	—
	EW＋鉛直	—	—	○	○	○	—

注記＊1 ：入力地震動の詳細について以下に示す。

・方向性のある地震動

Ss-2，Ss-4～Ss-7…断層モデルに基づく地震動

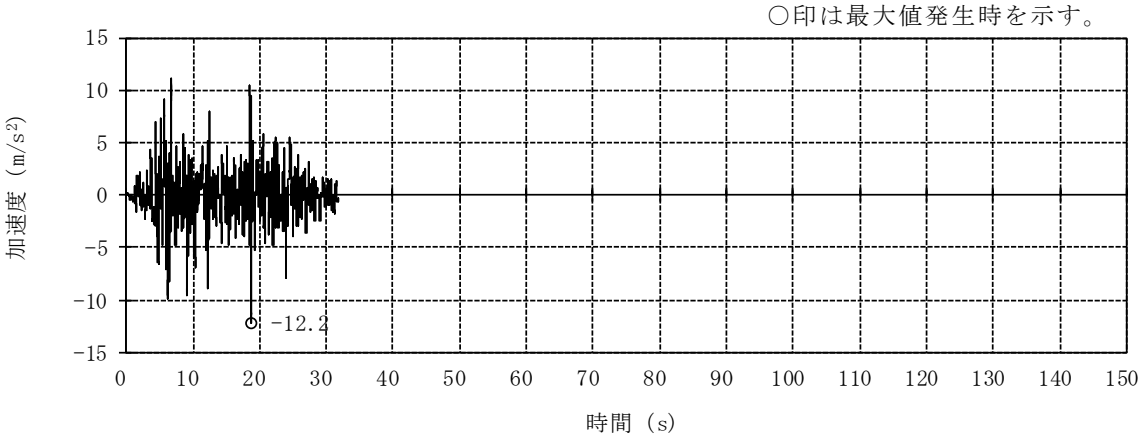
・方向性のない地震動

Ss-1，Ss-3…応答スペクトルに基づく地震動

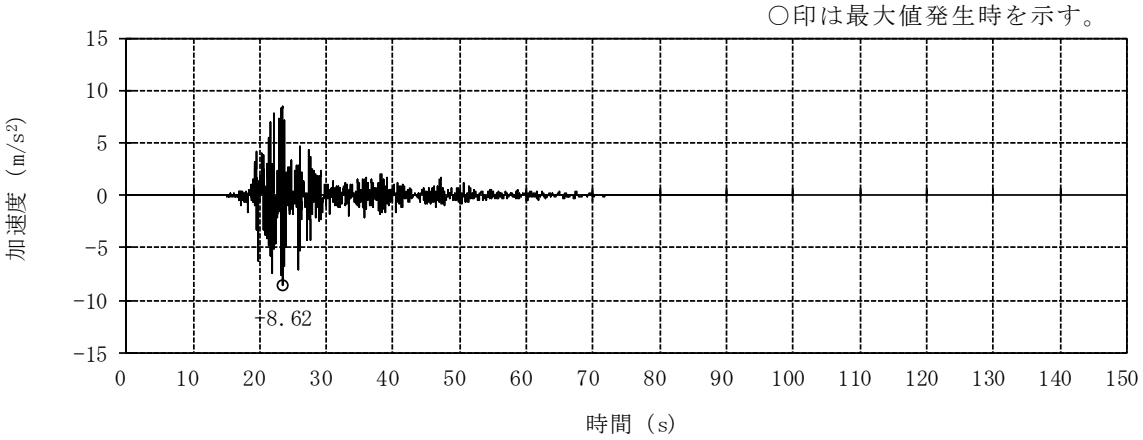
Ss-8…震源を特定せず策定する地震動

＊2 ：組み合わせる成分を「○」で，組み合わせない成分を「—」で示す。

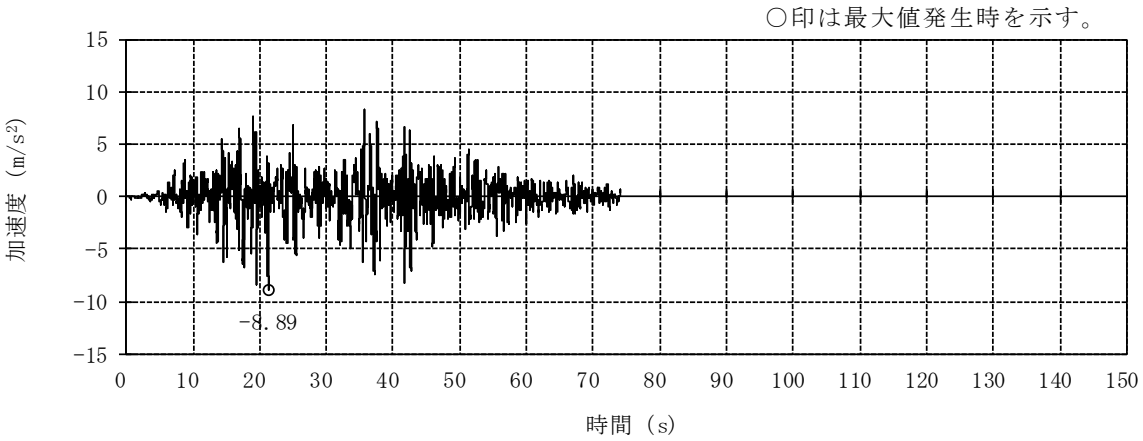
＊3 ：誘発上下動を考慮しない場合は「—」で示す。



(a)　Ss-1NS

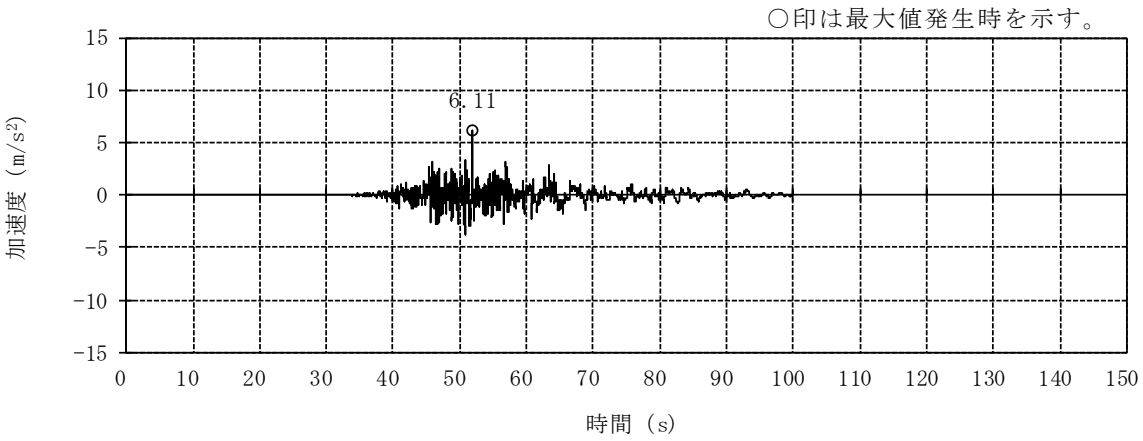


(b)　Ss-2NS

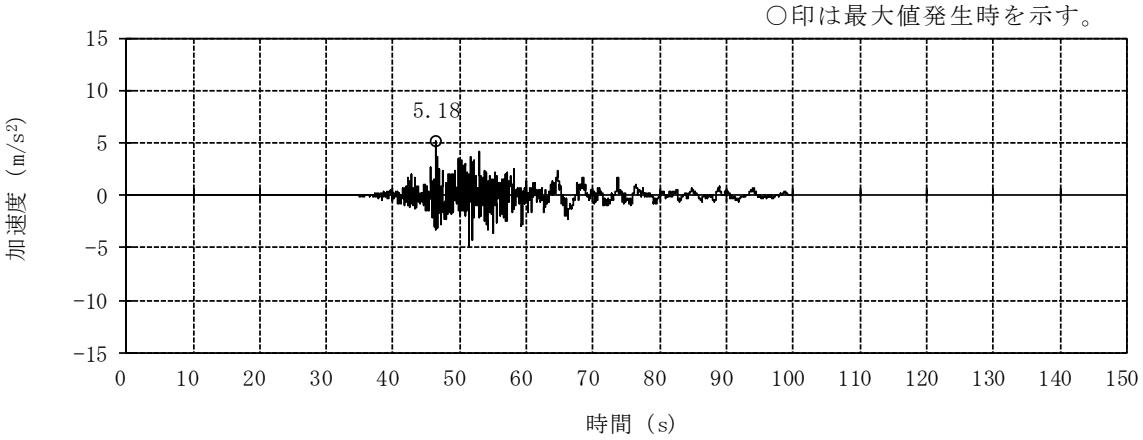


(c)　Ss-3NS

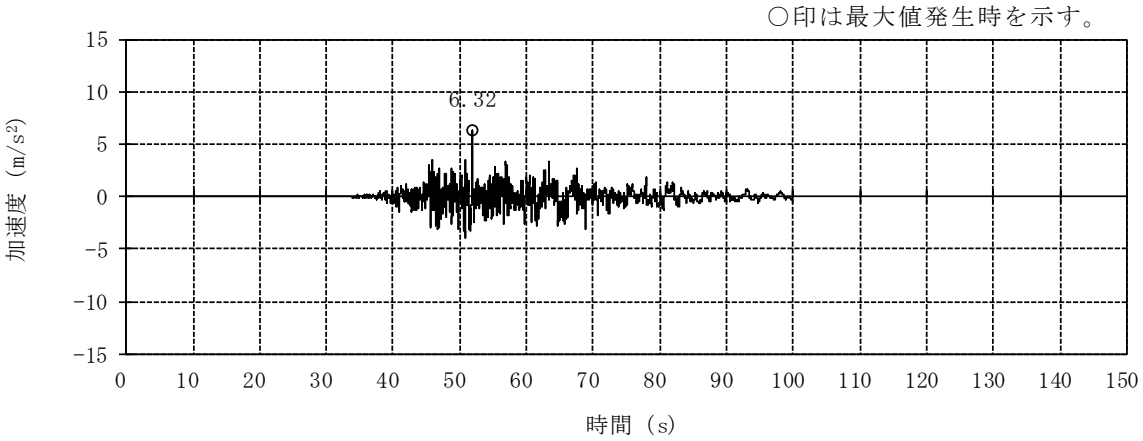
図 2－1　入力地震動の加速度時刻歴波形（基準地震動Ｓｓ，NS 方向並進成分）(1/3)



(d)　Ss-4NS

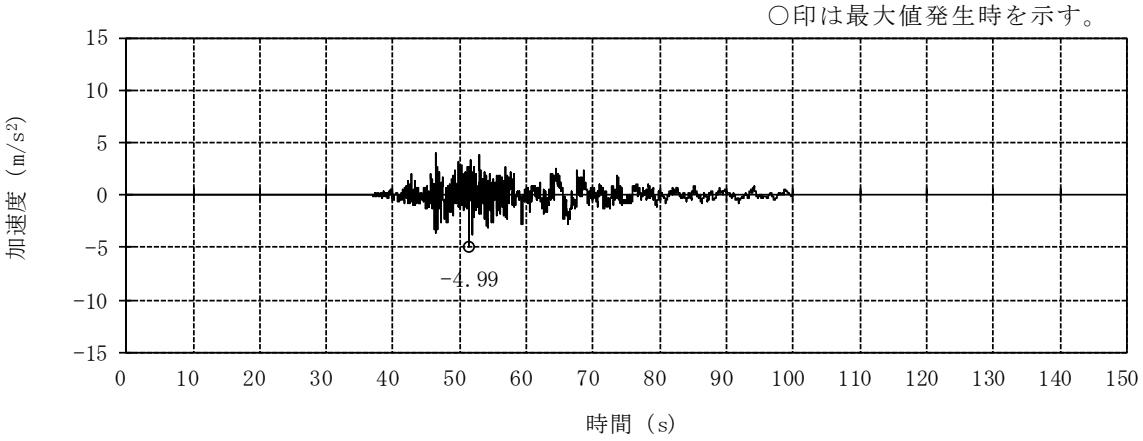


(e)　Ss-5NS

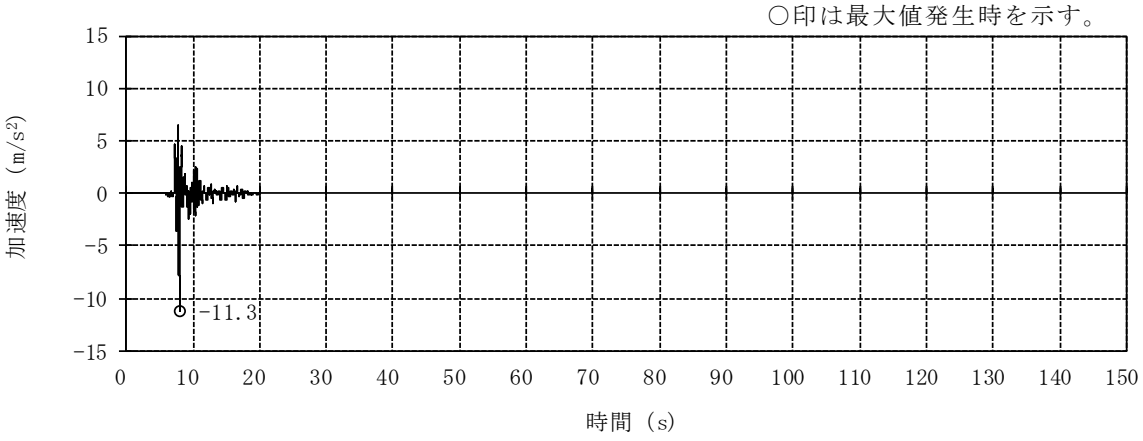


(f)　Ss-6NS

図 2－1　入力地震動の加速度時刻歴波形（基準地震動Ｓｓ，NS 方向並進成分）(2/3)

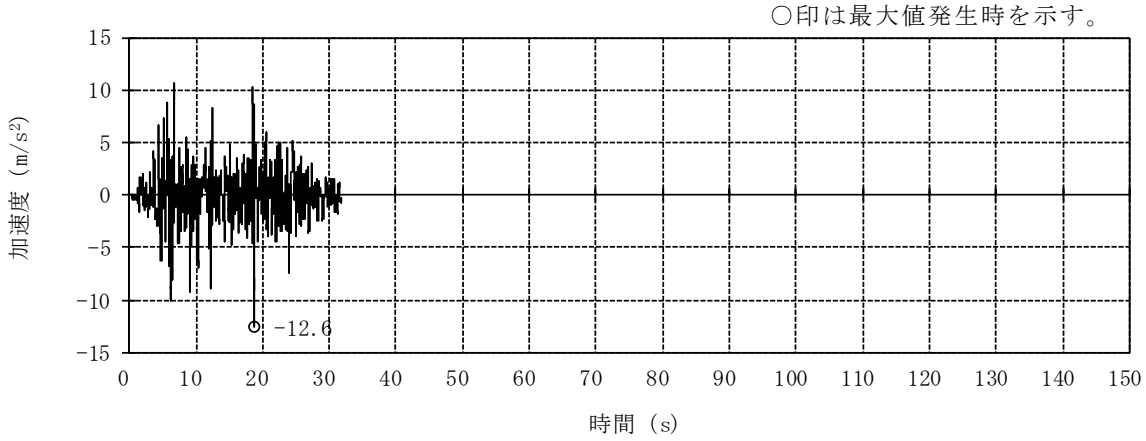


(g)　Ss-7NS

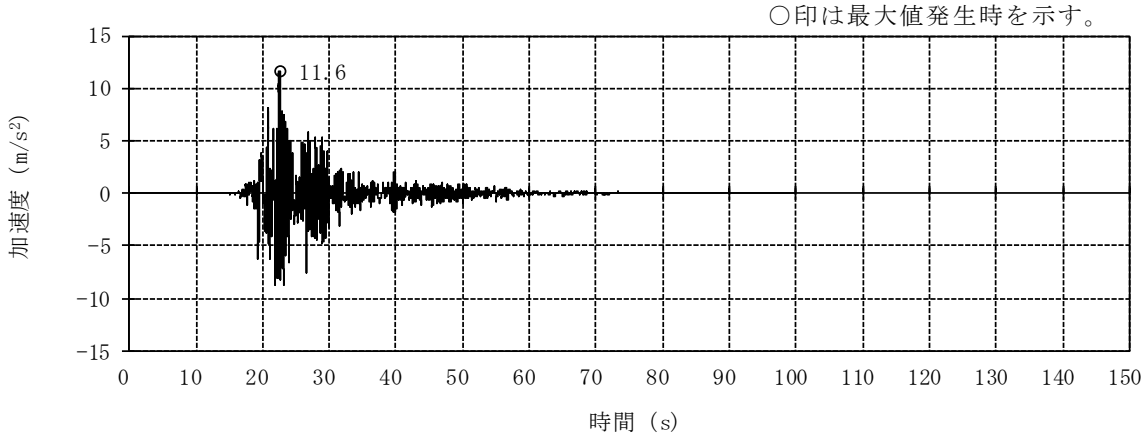


(h)　Ss-8NS

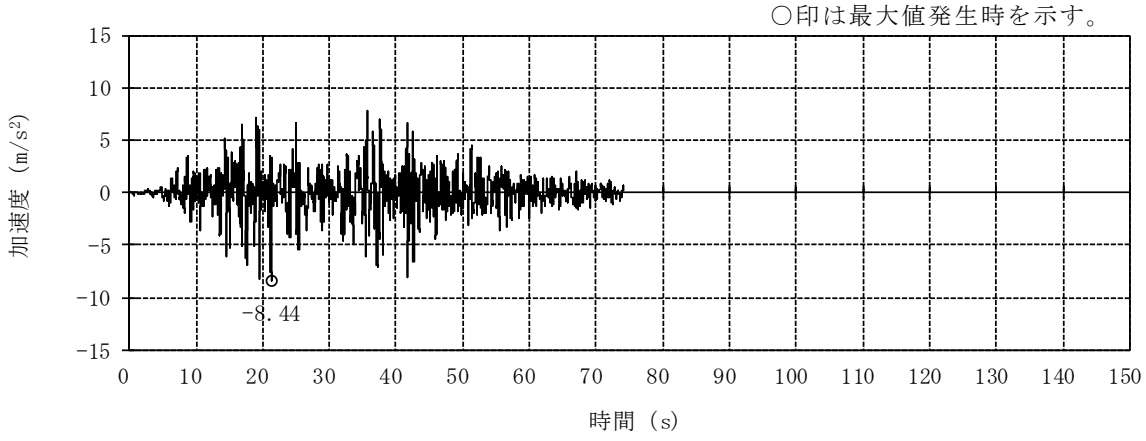
図 2－1　入力地震動の加速度時刻歴波形（基準地震動Ｓｓ，NS 方向並進成分）(3/3)



(a)　Ss-1EW

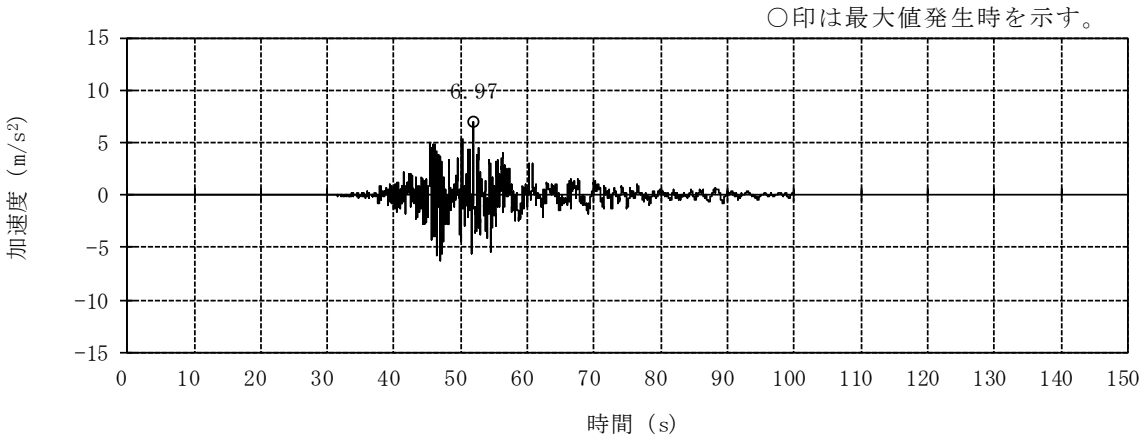


(b)　Ss-2EW

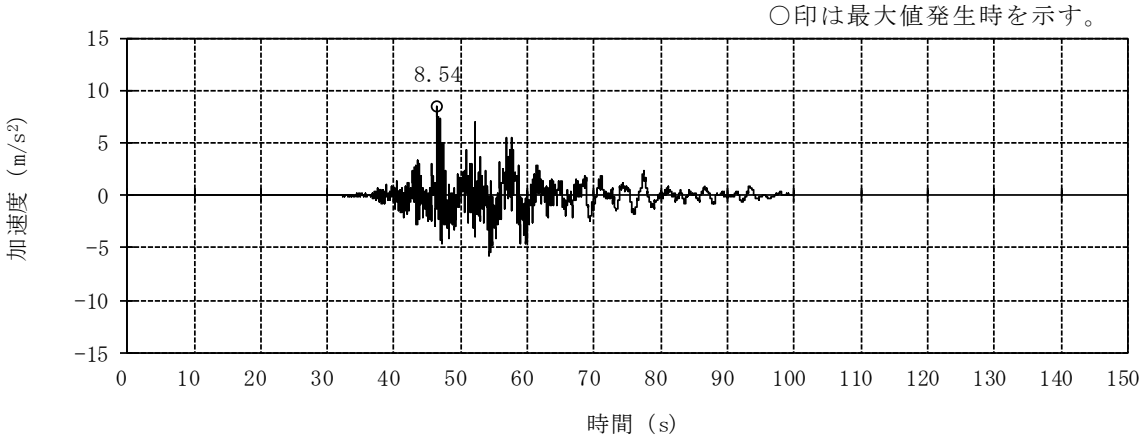


(c)　Ss-3EW

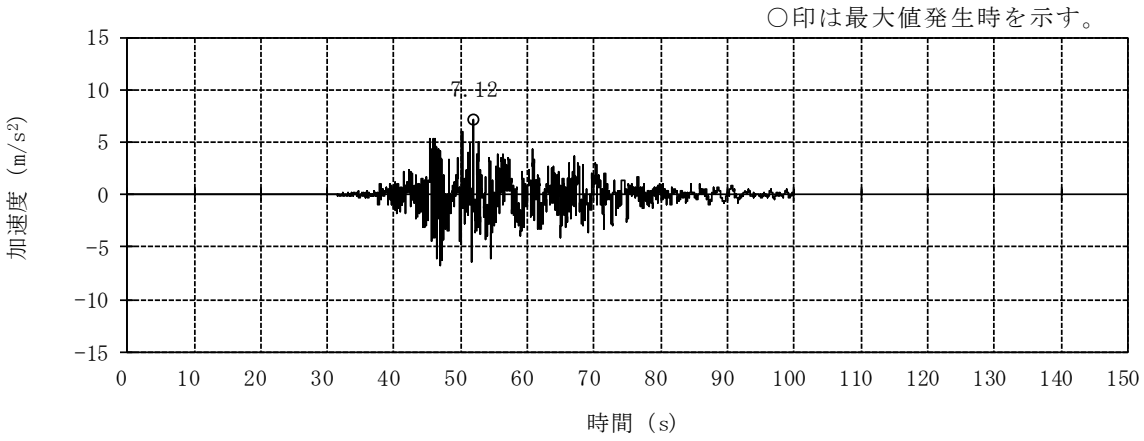
図 2－2　入力地震動の加速度時刻歴波形（基準地震動Ｓｓ，EW 方向並進成分）(1/3)



(d)　Ss-4EW

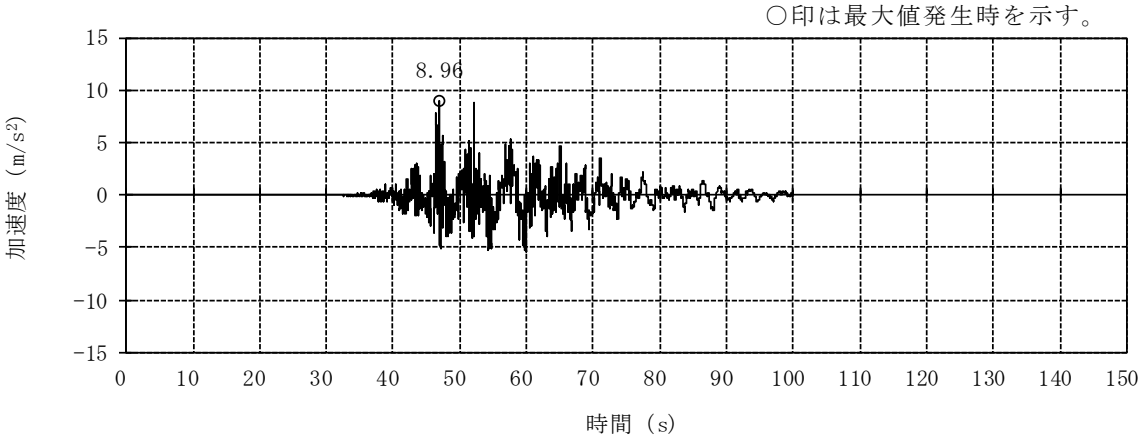


(e)　Ss-5EW

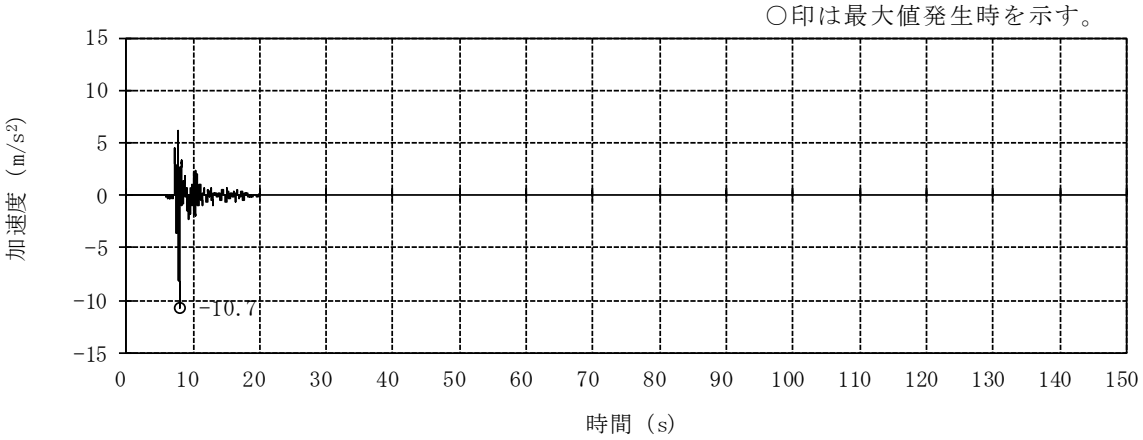


(f)　Ss-6EW

図 2－2　入力地震動の加速度時刻歴波形（基準地震動Ｓｓ，EW 方向並進成分）(2/3)

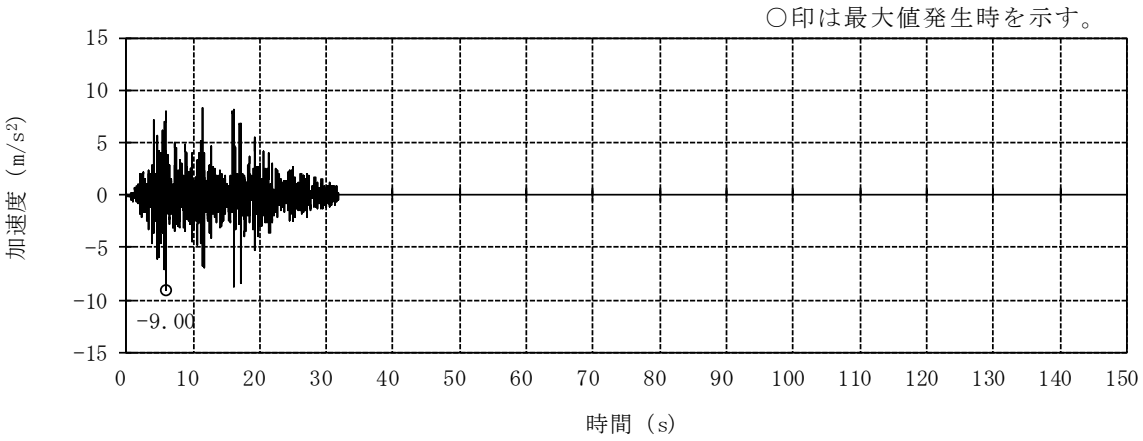


(g)　Ss-7EW

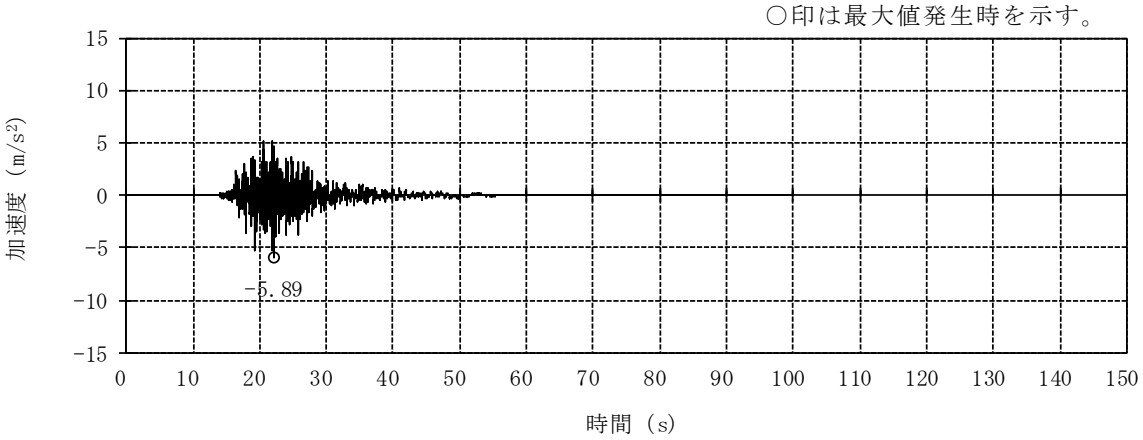


(h)　Ss-8EW

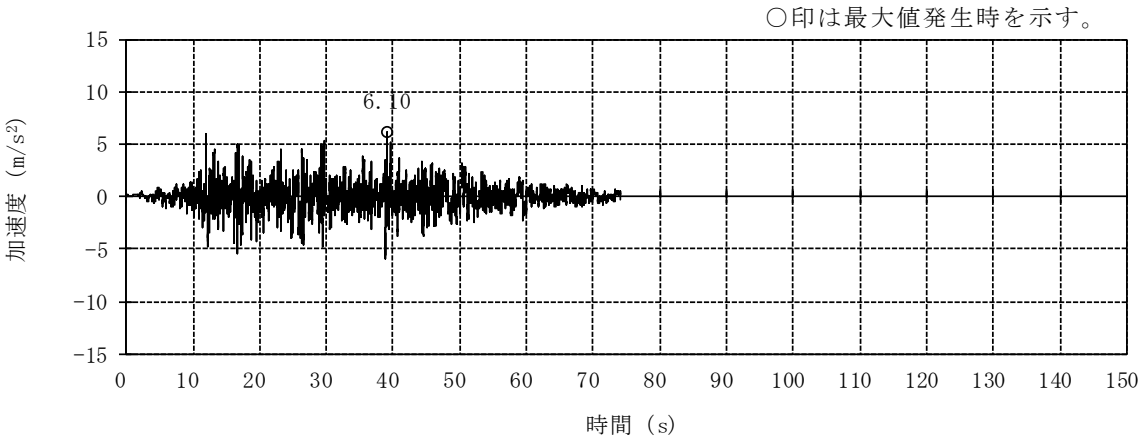
図 2－2　入力地震動の加速度時刻歴波形（基準地震動Ｓｓ，EW 方向並進成分）(3/3)



(a)　Ss-1UD

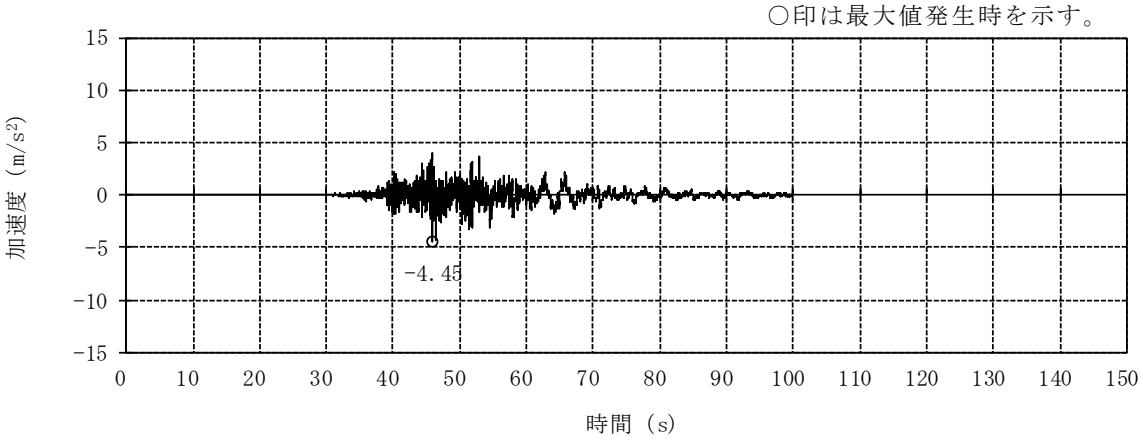


(b)　Ss-2UD（誘発上下動考慮）

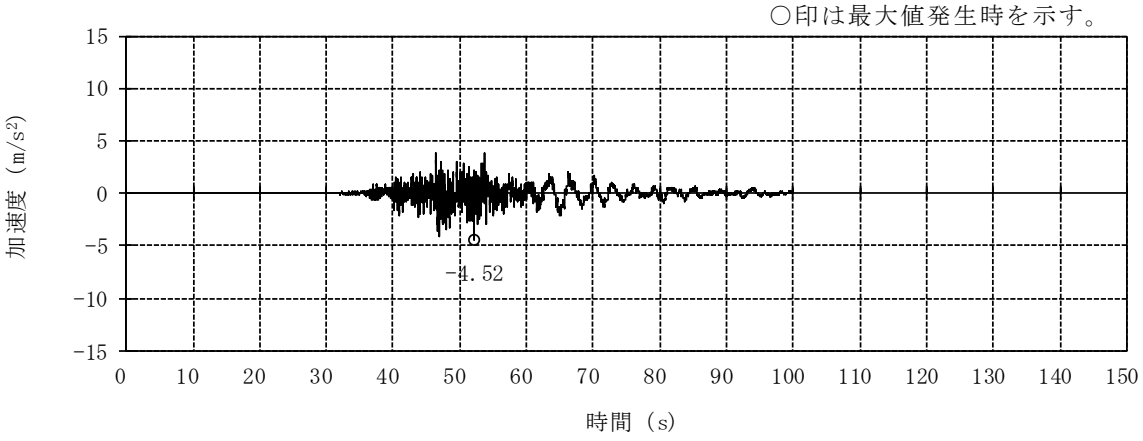


(c)　Ss-3UD

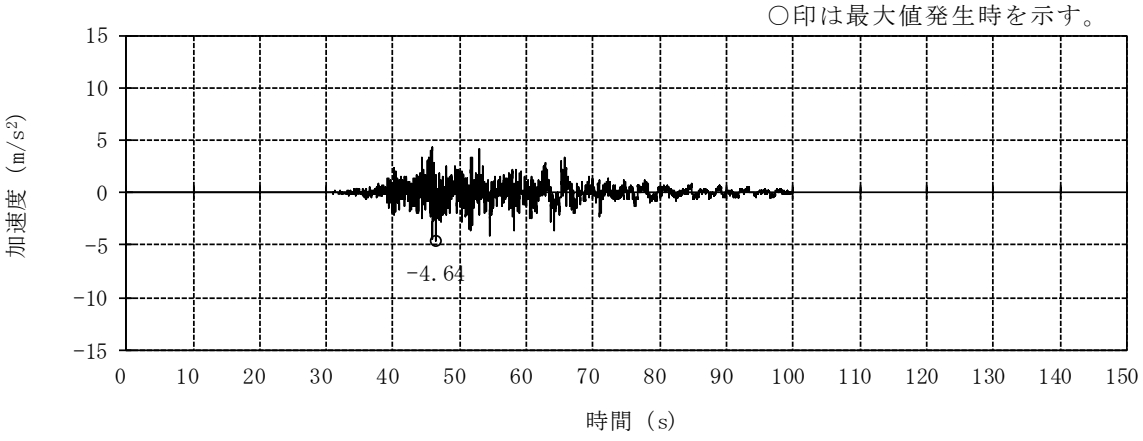
図 2－3　入力地震動の加速度時刻歴波形（基準地震動Ｓｓ，鉛直方向）(1/3)



(d)　Ss-4UD

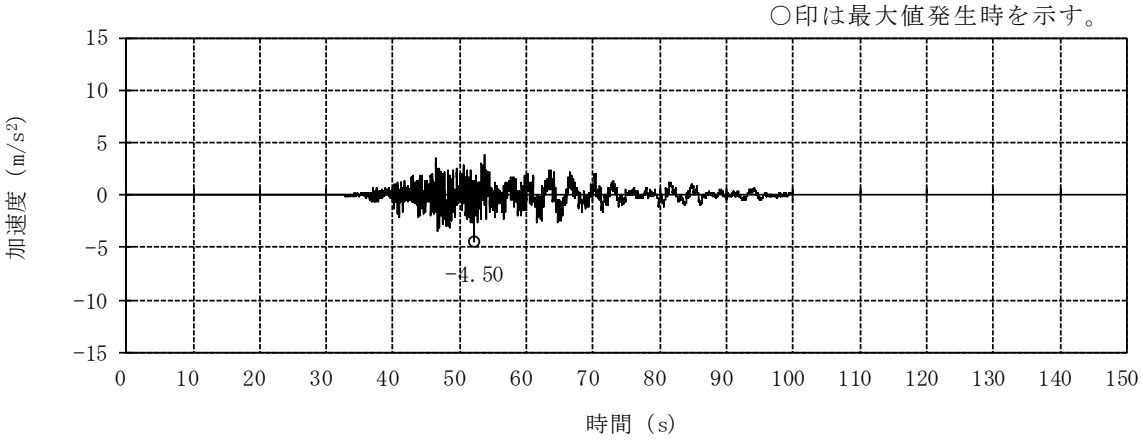


(e)　Ss-5UD

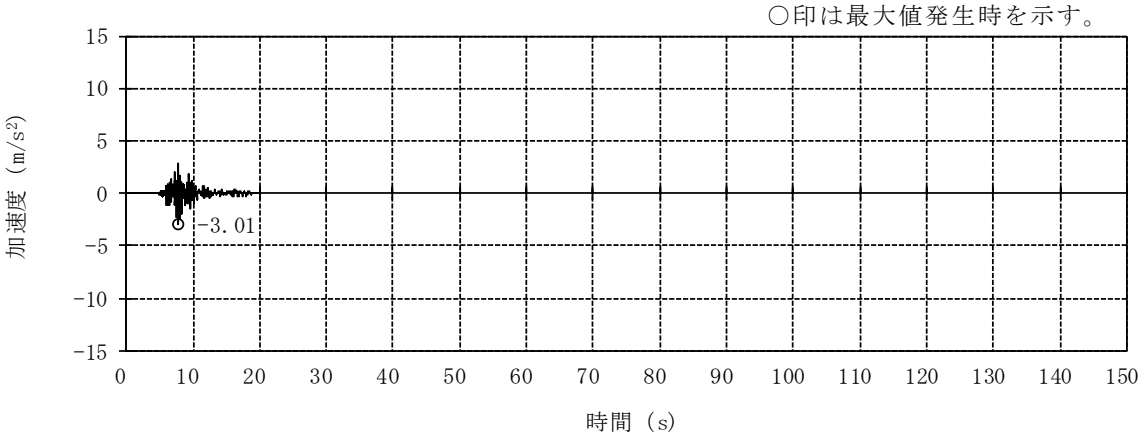


(f)　Ss-6UD

図 2－3　入力地震動の加速度時刻歴波形（基準地震動Ｓｓ，鉛直方向）(2/3)

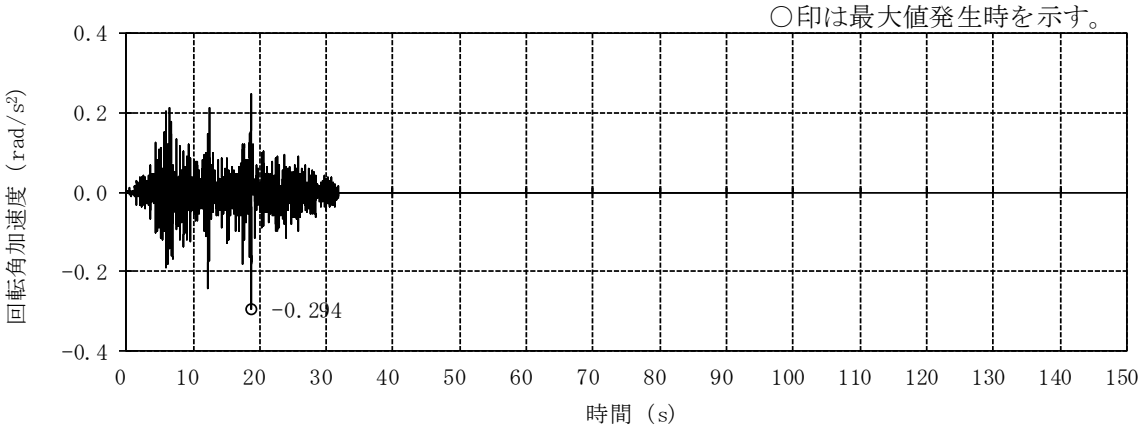


(g)　Ss-7UD

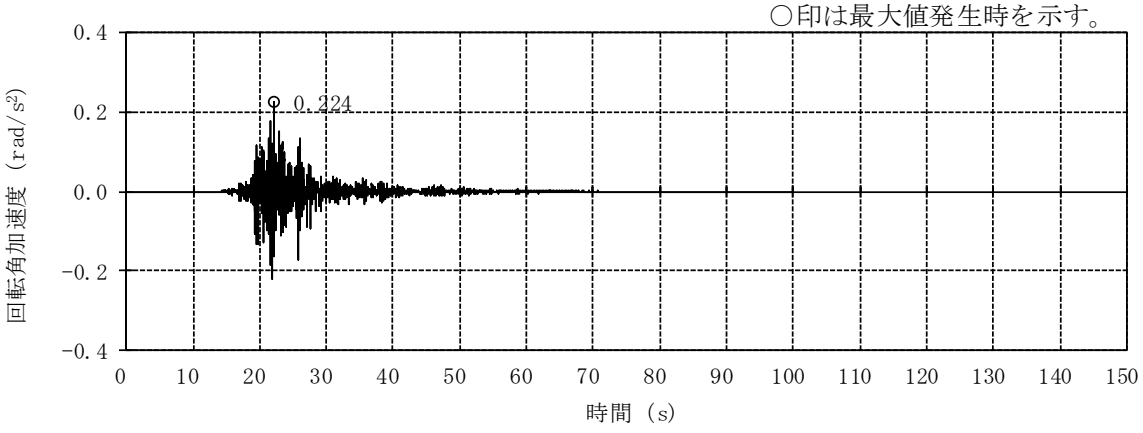


(h)　Ss-8UD

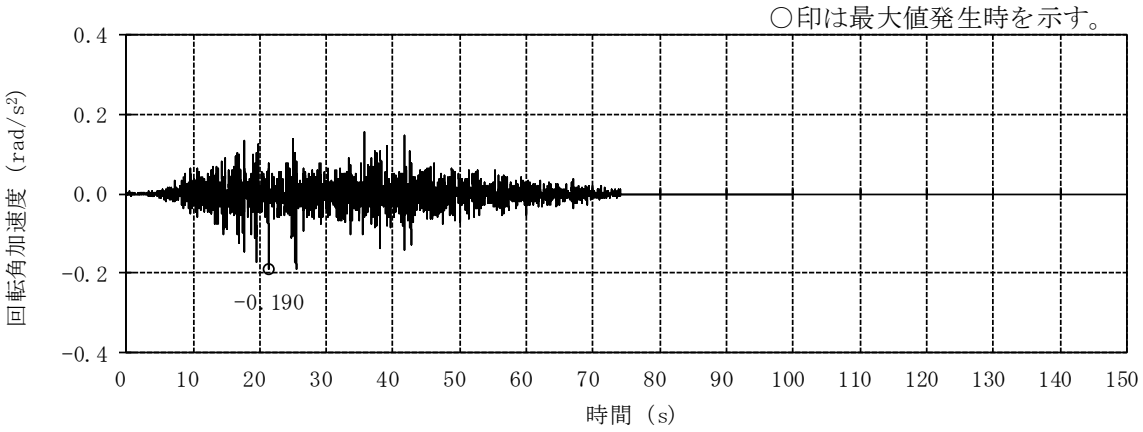
図 2－3　入力地震動の加速度時刻歴波形（基準地震動Ｓｓ，鉛直方向）(3/3)



(a)　Ss-1NS

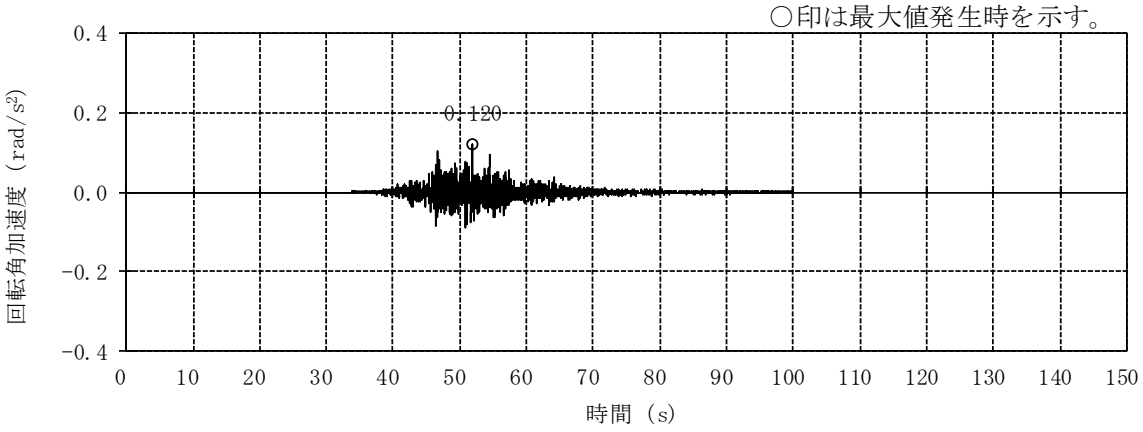


(b)　Ss-2NS

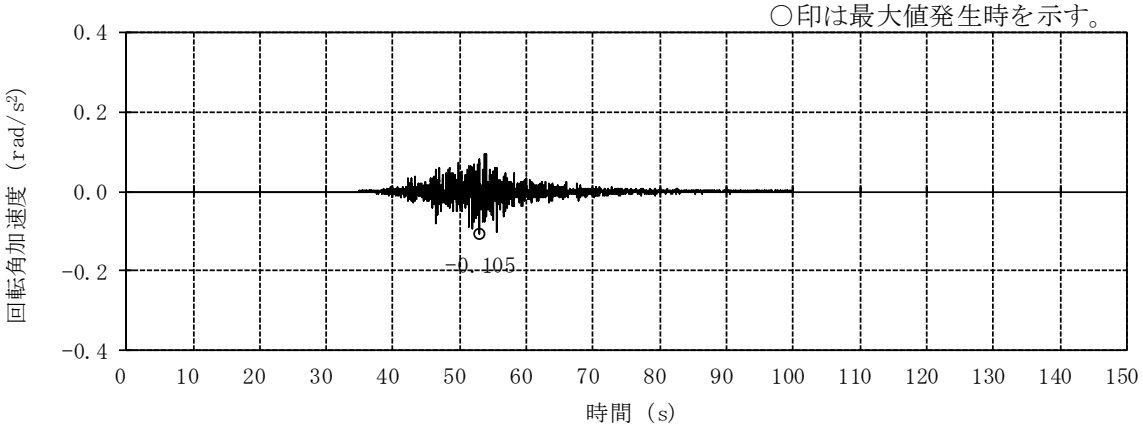


(c)　Ss-3NS

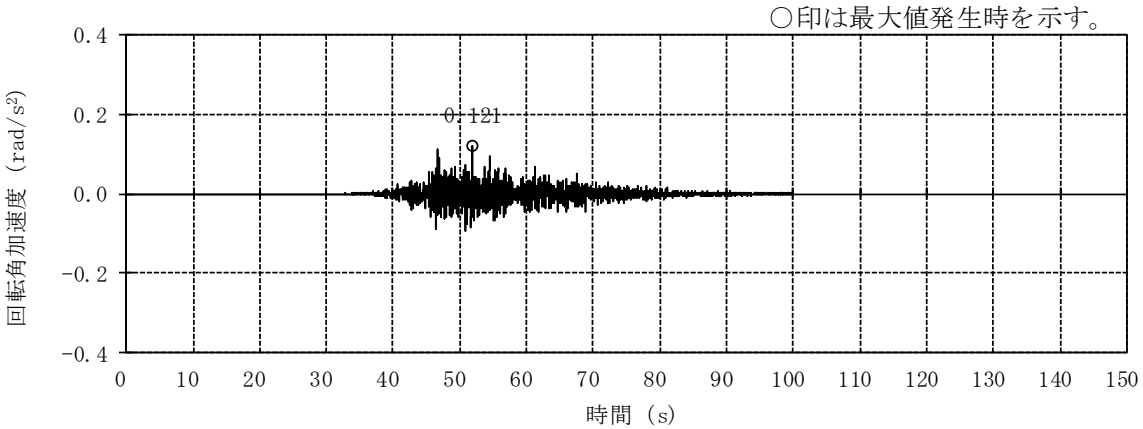
図 2－4　入力地震動の加速度時刻歴波形（基準地震動Ｓｓ，NS 方向回転成分）(1/3)



(d)　Ss-4NS

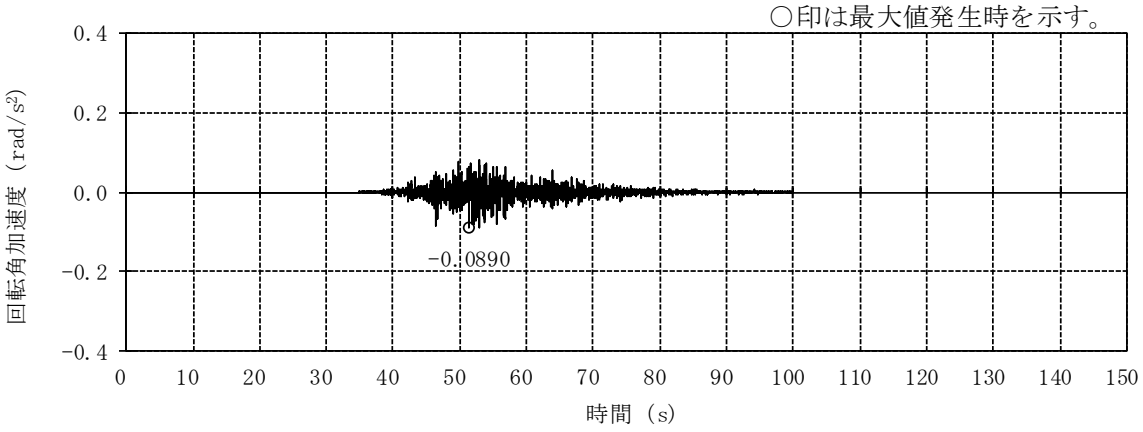


(e)　Ss-5NS

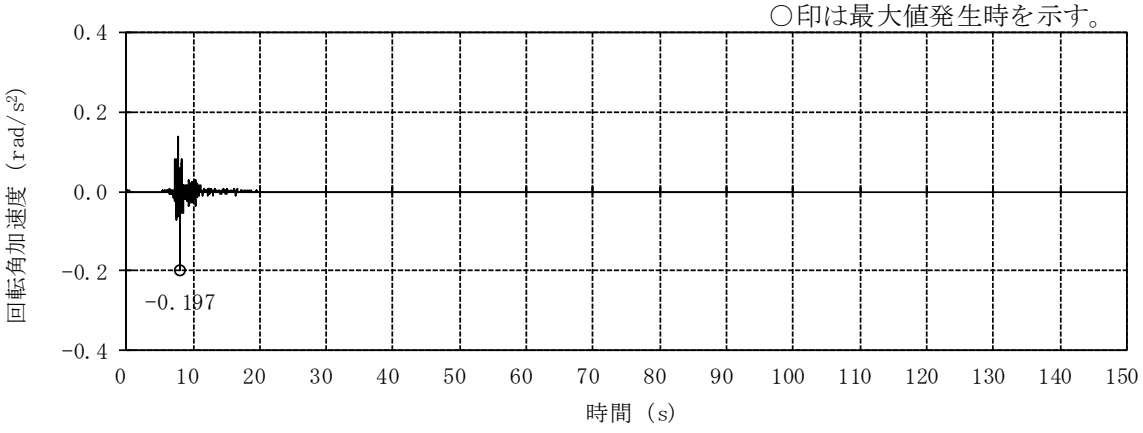


(f)　Ss-6NS

図 2－4　入力地震動の加速度時刻歴波形（基準地震動Ｓｓ，NS 方向回転成分）(2/3)

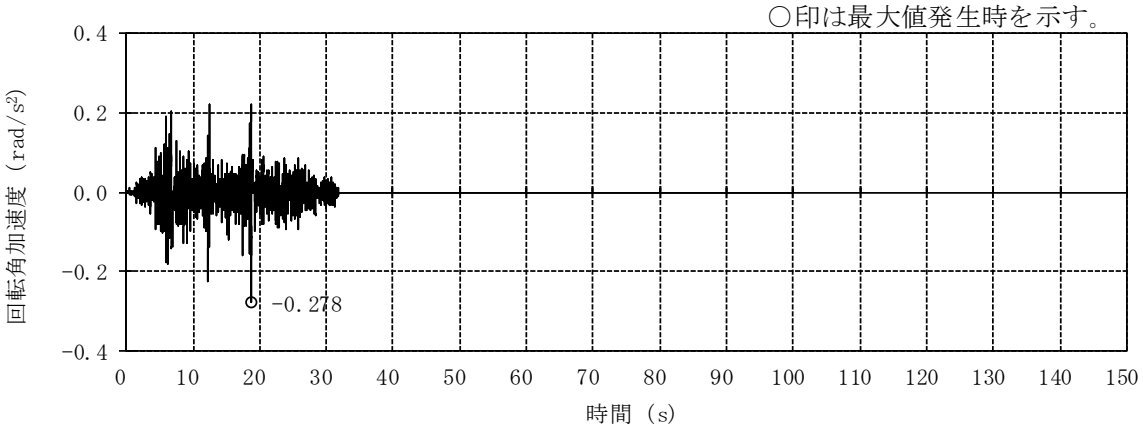


(g)　Ss-7NS

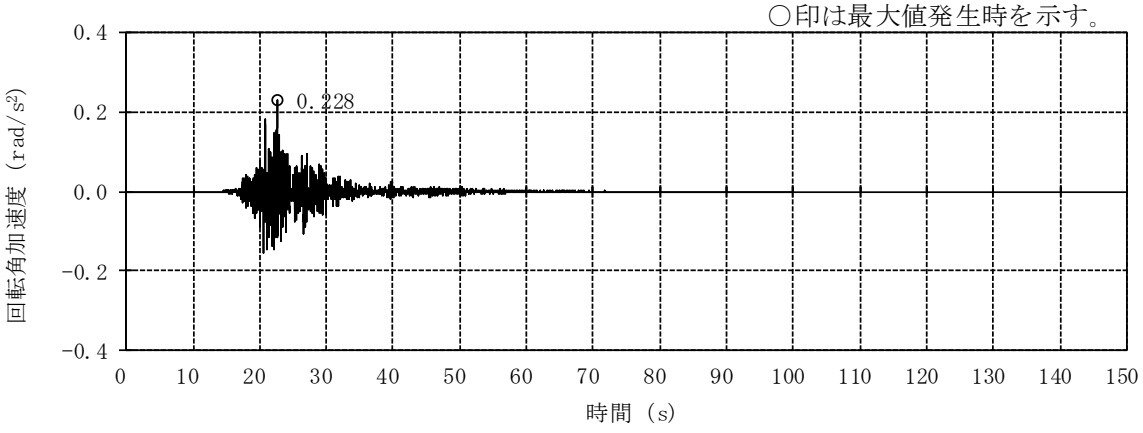


(h)　Ss-8NS

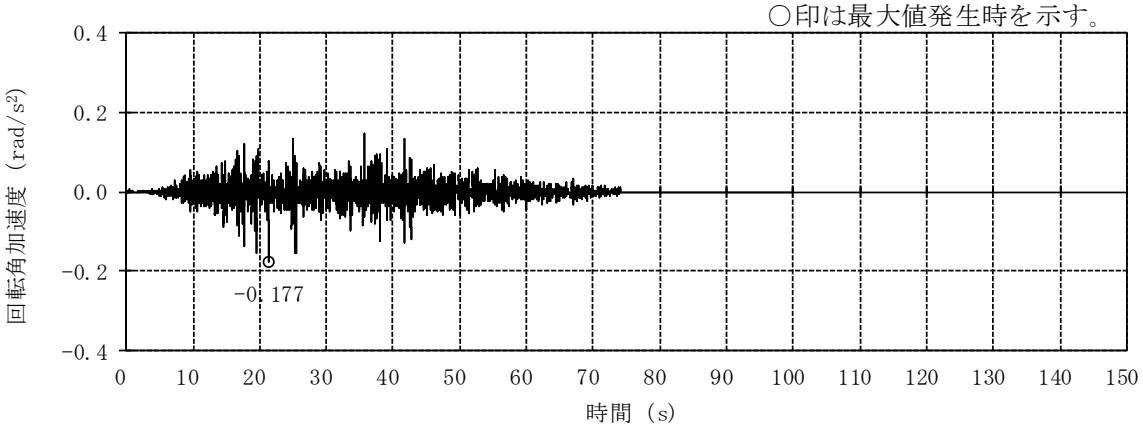
図２－４　入力地震動の加速度時刻歴波形（基準地震動Ｓｓ，NS 方向回転成分）(3/3)



(a)　Ss-1EW

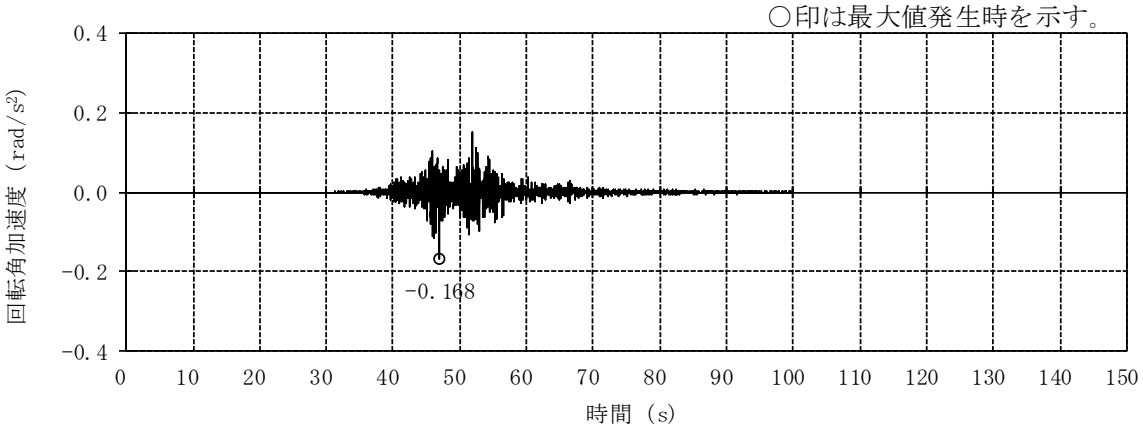


(b)　Ss-2EW

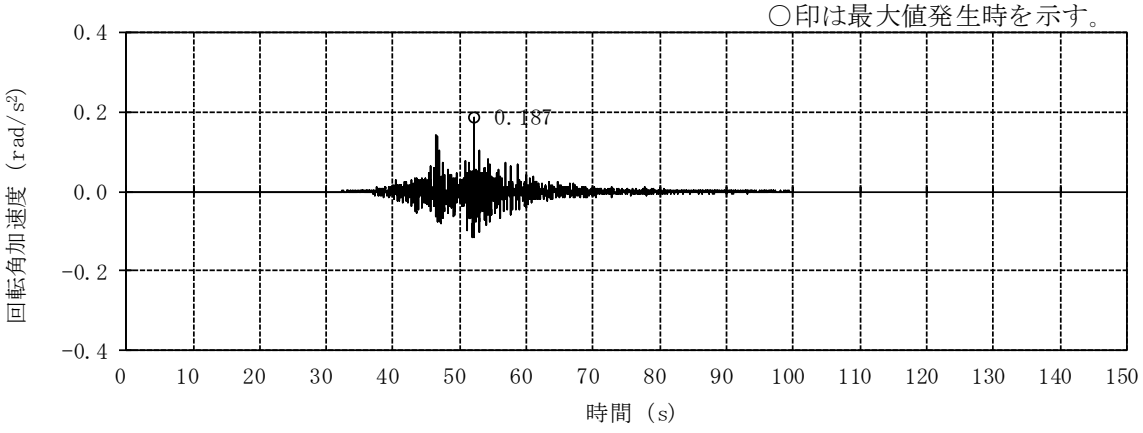


(c)　Ss-3EW

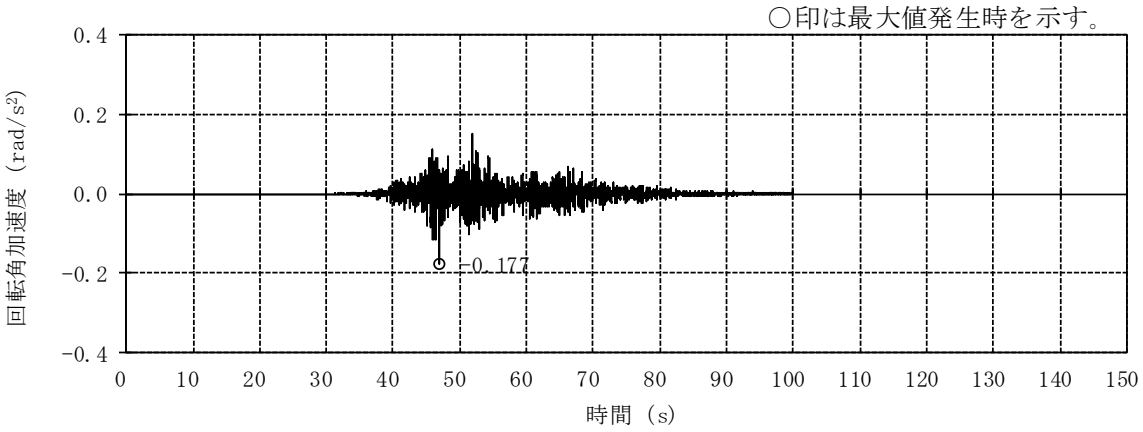
図 2－5　入力地震動の加速度時刻歴波形（基準地震動Ｓｓ，EW 方向回転成分）(1/3)



(d)　Ss-4EW

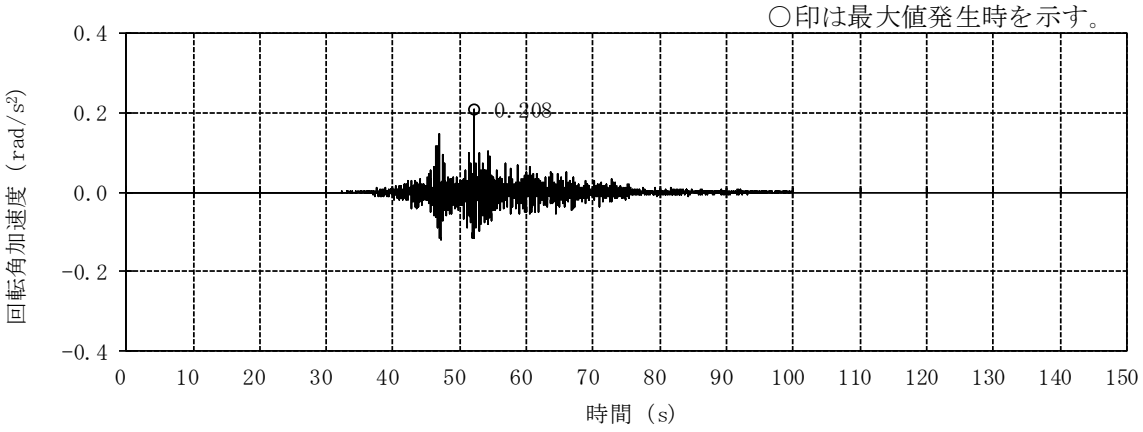


(e)　Ss-5EW

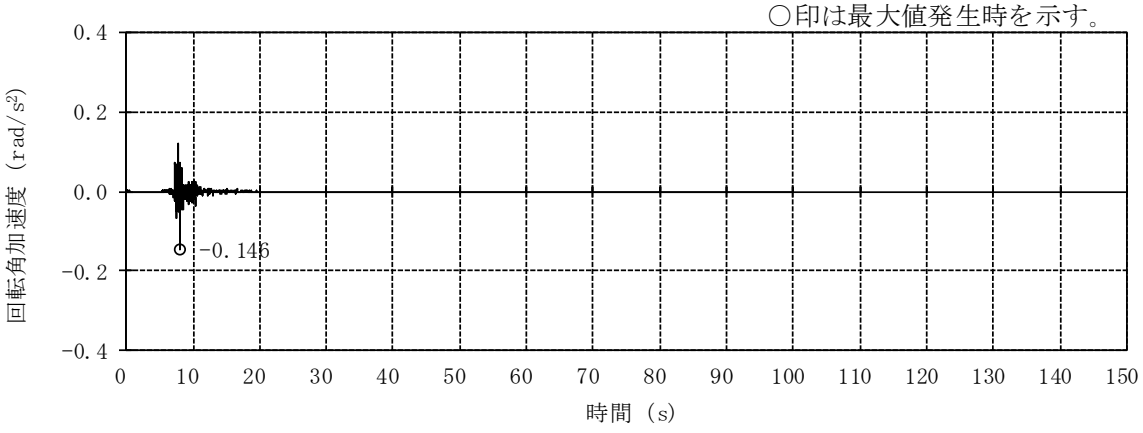


(f)　Ss-6EW

図 2－5　入力地震動の加速度時刻歴波形（基準地震動Ｓｓ，EW 方向回転成分）(2/3)



(g)　Ss-7EW



(h)　Ss-8EW

図 2－5　入力地震動の加速度時刻歴波形（基準地震動Ｓｓ，EW 方向回転成分）(3/3)

2.2　建屋応答の不確かさ等

原子炉建屋の地震応答解析における基本ケースの応答値を用いた解析を基本ケースとし，建屋応答の不確かさを考慮する。建屋応答の不確かさを考慮した地震応答解析は，主排気筒応答への影響の大きい地震動に対して実施することとし，基本ケースの地震応答解析の応答値のいずれかが最大となる基準地震動Ｓ$_s$に対して実施することとする。

建屋応答の不確かさを考慮する解析ケースを表 2－2 に示す。

表 2－2　建屋応答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	回転ばね定数	地盤剛性	備考
①ケース 1 （工認モデル）	実強度 （43.1N/mm^2）	100%	標準地盤	基本ケース
②ケース 2 （建屋剛性＋σ， 地盤剛性＋σ）	実強度＋σ （46.0N/mm^2）	100%	標準地盤＋σ （新期砂層＋13%， 古安田層＋25%， 西山層＋10%）	
③ケース 3 （建屋剛性－σ， 地盤剛性－σ）	実強度－σ （40.2N/mm^2）	100%	標準地盤－σ （新期砂層－13%， 古安田層－25%， 西山層－10%）	
④ケース 4 （建屋剛性コア平均）	実強度 （コア平均） （55.7N/mm^2）	100%	標準地盤	
⑤ケース 5 （建屋剛性－2σ）	実強度－2σ （37.2N/mm^2）	100%	標準地盤	
⑥ケース 6 （回転ばね低減）	実強度 （43.1N/mm^2）	50%	標準地盤	

3. 応答解析の結果

本資料においては，代表として基本ケースの地震応答解析結果を示す。

3.1 固有値解析結果

図 1－4 に示す解析モデルについて固有値解析を行い，その結果を表 3－1 に，固有モードを図 3－1 に示す。

3.2 地震応答解析結果

各質点位置での最大応答値を図 3－2～図 3－33 に示す。また，制震装置（オイルダンパー）の最大応答値及び許容値を表 3－2 に示す。

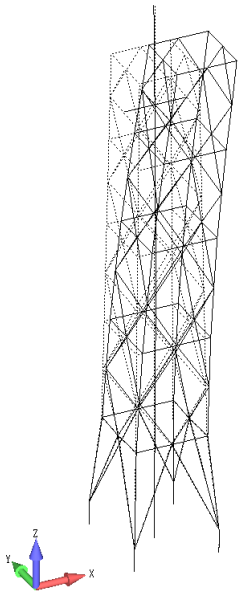
なお，地震応答解析結果のうち，制震装置（オイルダンパー）の最大応答値は仕様における許容値以下である。

表 3－1 固有値解析結果

方向	固有モード	固有振動数 (Hz)	固有周期 (s)	刺激係数		
				X (NS方向)	Y (EW方向)	Z (鉛直方向)
NS	筒身1次	0.98	1.021	1.528	0.000	0.000
	筒身2次	6.63	0.151	-1.201	0.000	0.000
	鉄塔1次	3.69	0.271	-1.616	0.000	0.000
	鉄塔2次	10.74	0.093	1.067	0.000	0.001
EW	筒身1次	0.98	1.018	0.000	1.511	0.000
	筒身2次	6.67	0.150	0.000	-1.186	0.000
	鉄塔1次	3.71	0.269	0.000	-1.538	0.000
	鉄塔2次	11.15	0.090	0.000	1.035	0.000
鉛直	筒身1次	19.06	0.052	0.000	0.000	1.251
	鉄塔1次	20.43	0.049	-0.001	0.000	1.615

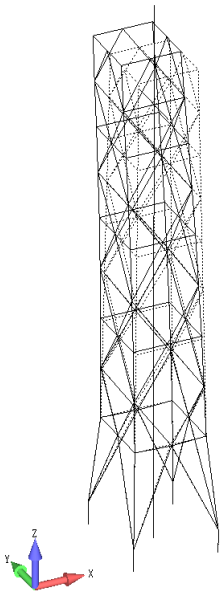
注：刺激係数は，モードごとに固有ベクトルの最大値を 1 に規準化して得られる値を示す。

固有周期　0.271 s
固有振動数　3.69 Hz
刺激係数　-1.616



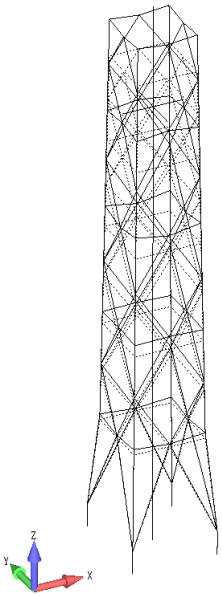
鉄塔 NS 方向 1 次

固有周期　0.269 s
固有振動数　3.71 Hz
刺激係数　-1.538



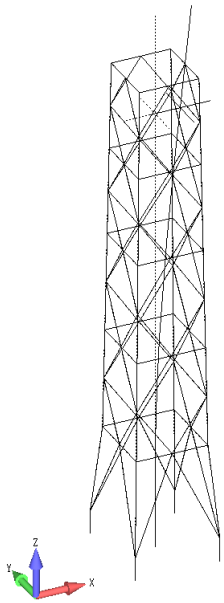
鉄塔 EW 方向 1 次

固有周期　0.049 s
固有振動数　20.43 Hz
刺激係数　1.615



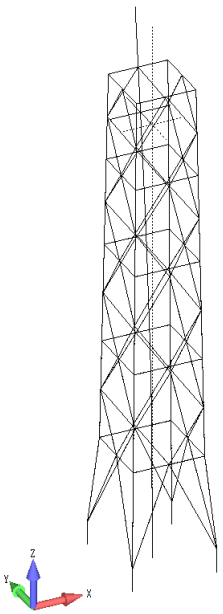
鉄塔鉛直方向 1 次

固有周期　1.021 s
固有振動数　0.98 Hz
刺激係数　1.528



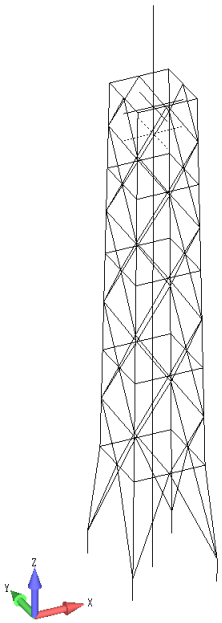
筒身 NS 方向 1 次

固有周期　1.018 s
固有振動数　0.98 Hz
刺激係数　1.511



筒身 EW 方向 1 次

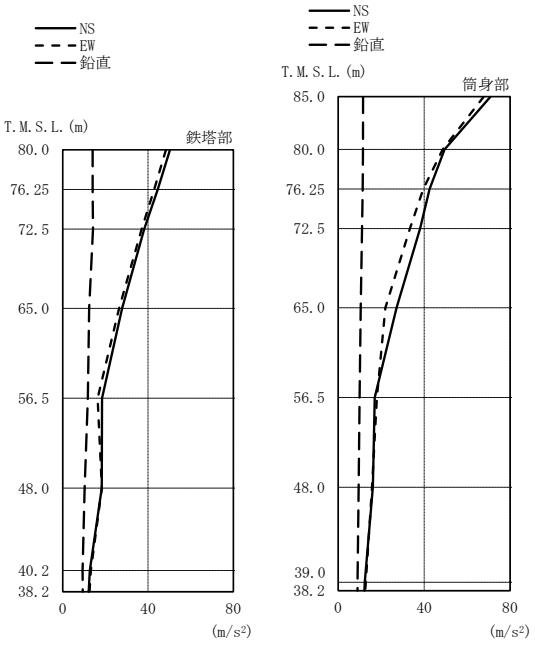
固有周期　0.052 s
固有振動数　19.06 Hz
刺激係数　1.251



筒身鉛直方向 1 次

注：刺激係数は各方向の値のみ記載する。

図 3－1　固有モード



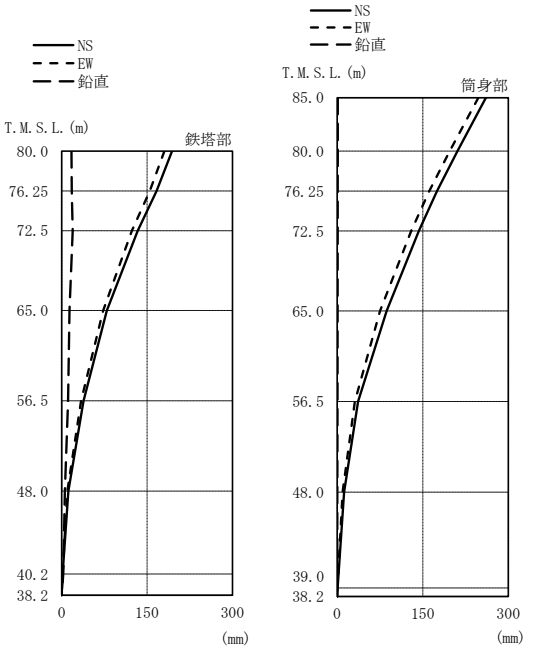
(m/s²)

T.M.S.L. (m)	鉄塔部		
	NS	EW	鉛直
80.0	50.3	48.4	14.0
76.25	44.6	42.9	14.0
72.5	38.2	37.0	14.2
65.0	27.8	26.4	12.4
56.5	18.5	16.4	11.8
48.0	18.3	18.4	10.3
40.2	12.7	13.2	9.34
38.2	12.2	12.6	9.40

(m/s²)

T.M.S.L. (m)	筒身部		
	NS	EW	鉛直
85.0	70.9	67.8	11.6
80.0	49.5	48.6	11.5
76.25	42.5	39.6	11.4
72.5	38.1	33.4	11.1
65.0	27.1	22.0	10.5
56.5	17.0	18.0	9.96
48.0	16.1	15.7	9.49
39.0	12.4	12.8	9.01
38.2	12.2	12.6	9.00

図 3－2　最大応答加速度（Ss-1）



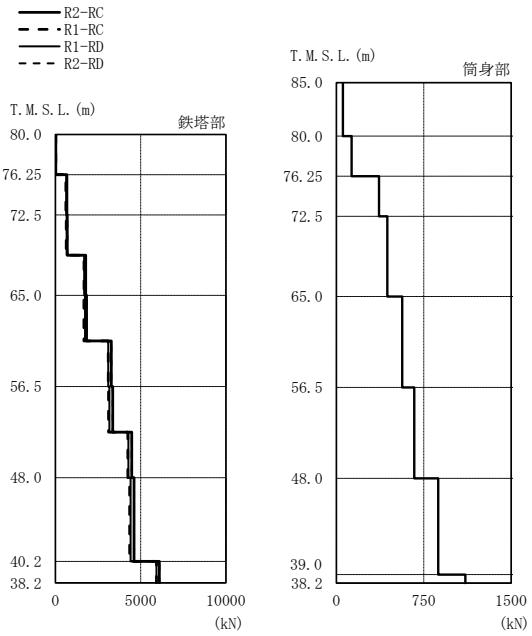
(mm)

T.M.S.L. (m)	鉄塔部		
	NS	EW	鉛直
80.0	194	180	17.1
76.25	167	155	17.6
72.5	133	123	19.3
65.0	79.4	72.9	13.6
56.5	38.4	34.0	11.2
48.0	11.7	9.89	5.58
40.2	1.62	1.51	2.78
38.2	0.00	0.00	0.00

(mm)

T.M.S.L. (m)	筒身部		
	NS	EW	鉛直
85.0	261	247	0.929
80.0	211	197	0.913
76.25	175	161	0.884
72.5	143	130	0.804
65.0	86.6	75.1	0.636
56.5	36.5	31.0	0.427
48.0	12.1	9.34	0.224
39.0	0.583	0.540	0.00
38.2	0.00	0.00	0.00

図 3－3　最大応答変位（Ss-1）



（kN）

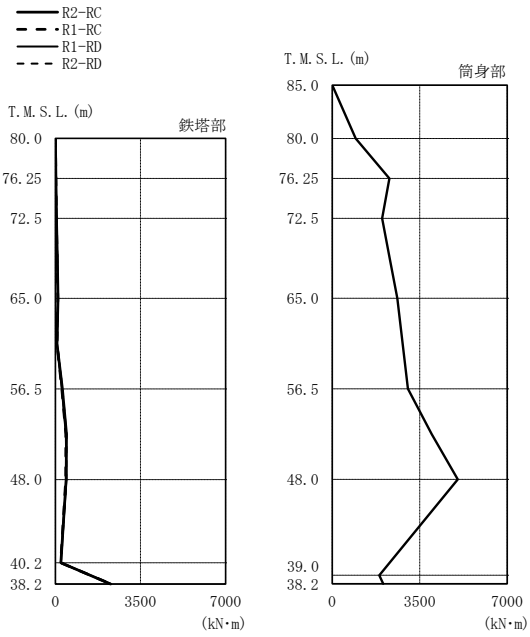
T.M.S.L.（m）	鉄塔部			
	R2-RC	R1-RC	R1-RD	R2-RD
80.0				
76.25	23.8	24.4	24.4	22.6
72.5	672	612	638	672
68.75	695	632	661	695
65.0	1780	1670	1690	1780
60.75	1820	1670	1730	1820
56.5	3280	3100	3100	3280
52.25	3360	3110	3160	3360
48.0	4480	4250	4280	4480
40.2	4610	4350	4410	4610
38.2	6090	5920	5920	6090

（kN）

T.M.S.L.（m）	筒身部
85.0	
80.0	55.7
76.25	130
72.5	366
65.0	437
56.5	565
48.0	668
39.0	874
38.2	1110

注：凡例の R1-RC とは，原子炉建屋の $_{R}1$ 通りと $_{R}C$ 通りの交点に位置する主柱材を示す。（他も同様）

図 3－4　最大応答軸力（Ss-1）



（kN・m）

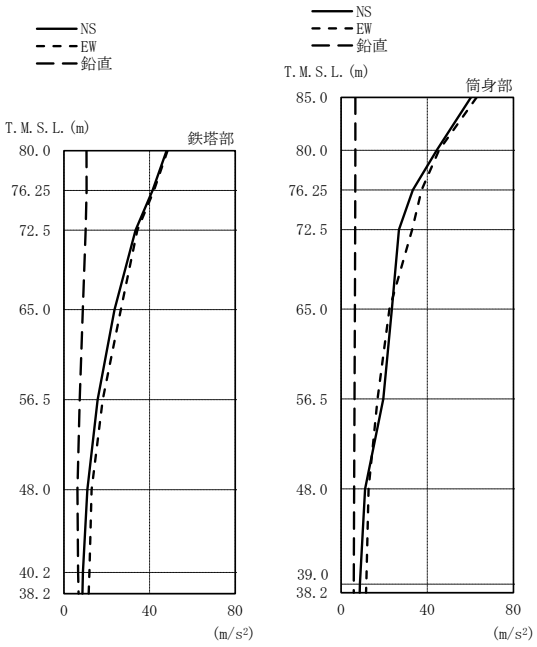
T.M.S.L.（m）	鉄塔部			
	R2-RC	R1-RC	R1-RD	R2-RD
80.0	0.00	0.00	0.00	0.00
76.25	19.0	18.6	18.6	19.0
72.5	42.2	38.4	39.8	42.2
68.75	79.2	72.9	72.9	79.2
65.0	106	97.2	103	106
60.75	62.4	62.3	67.2	67.2
56.5	285	263	264	285
52.25	455	428	428	455
48.0	442	423	450	449
40.2	224	218	224	224
38.2	2270	2290	2290	2270

（kN・m）

T.M.S.L.（m）	筒身部
85.0	0.00
80.0	939
76.25	2290
72.5	2000
65.0	2600
56.5	3030
48.0	5020
39.0	1890
38.2	2040

注：凡例の R1-RC とは，原子炉建屋の $_{R}1$ 通りと $_{R}C$ 通りの交点に位置する主柱材を示す。（他も同様）

図 3－5　最大応答曲げモーメント（Ss-1）



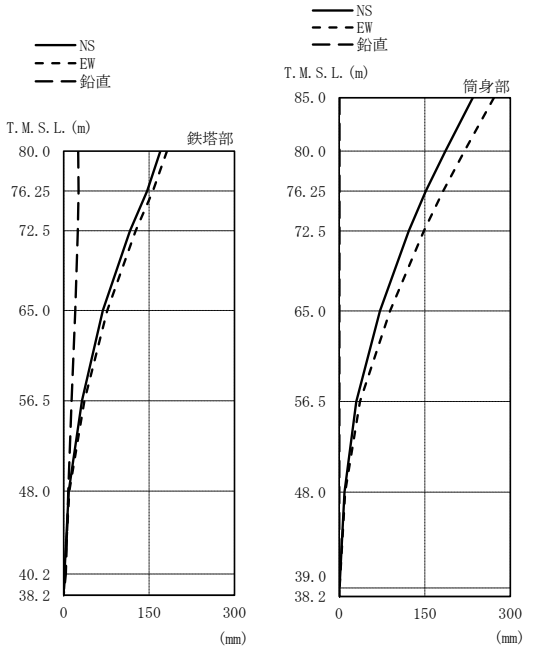
(m/s²)

T.M.S.L. (m)	鉄塔部 NS	鉄塔部 EW	鉄塔部 鉛直
80.0	47.9	48.4	10.5
76.25	41.4	42.1	10.6
72.5	33.5	34.3	10.1
65.0	23.6	26.6	8.83
56.5	15.7	18.1	7.37
48.0	10.9	12.9	6.31
40.2	8.85	11.9	6.60
38.2	8.62	11.6	6.83

(m/s²)

T.M.S.L. (m)	筒身部 NS	筒身部 EW	筒身部 鉛直
85.0	60.3	62.9	6.63
80.0	44.4	45.4	6.62
76.25	33.3	37.4	6.59
72.5	26.9	33.0	6.52
65.0	23.6	22.4	6.38
56.5	19.6	16.9	6.21
48.0	11.1	12.8	6.05
39.0	8.71	11.7	5.89
38.2	8.62	11.6	5.89

図 3－6　最大応答加速度（Ss-2）



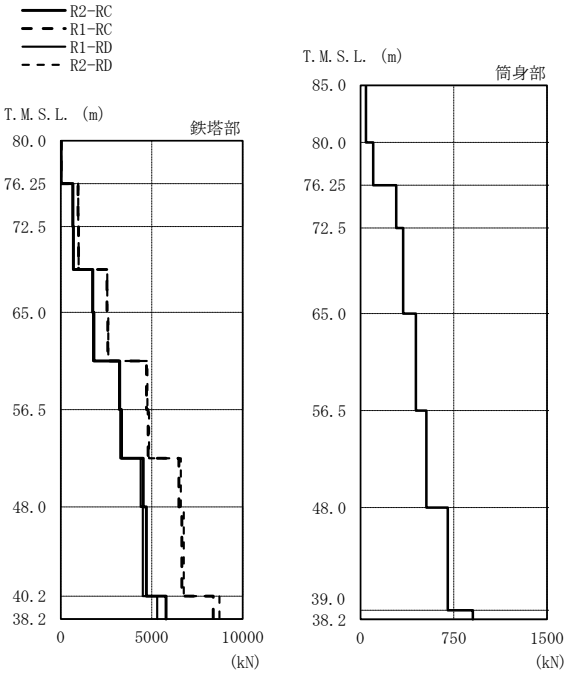
(mm)

T.M.S.L. (m)	鉄塔部 NS	鉄塔部 EW	鉄塔部 鉛直
80.0	170	181	25.5
76.25	147	157	26.1
72.5	116	126	24.8
65.0	68.7	76.4	20.3
56.5	32.1	36.3	13.8
48.0	8.95	9.85	8.02
40.2	1.24	1.67	3.69
38.2	0.00	0.00	0.00

(mm)

T.M.S.L. (m)	筒身部 NS	筒身部 EW	筒身部 鉛直
85.0	234	271	0.551
80.0	186	220	0.541
76.25	152	182	0.525
72.5	122	148	0.478
65.0	71.4	89.0	0.381
56.5	29.8	36.4	0.258
48.0	9.32	10.5	0.137
39.0	0.415	0.591	0.00
38.2	0.00	0.00	0.00

図 3－7　最大応答変位（Ss-2）



(kN)

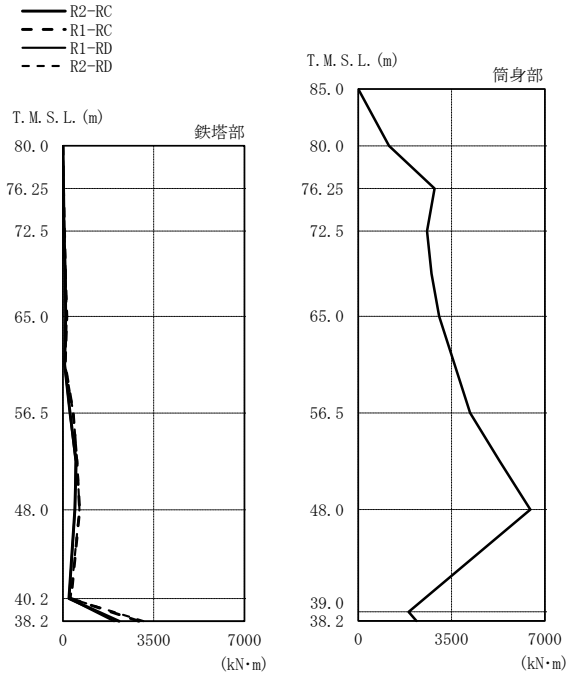
T.M.S.L. (m)	鉄塔部 R2-RC	鉄塔部 R1-RC	鉄塔部 R1-RD	鉄塔部 R2-RD
80.0				
76.25	19.1	20.9	19.9	18.9
72.5	670	947	652	956
68.75	696	972	671	982
65.0	1760	2540	1740	2560
60.75	1820	2580	1780	2610
56.5	3240	4710	3200	4760
52.25	3340	4800	3270	4850
48.0	4530	6490	4390	6600
40.2	4700	6650	4510	6760
38.2	5790	8380	5300	8720

(kN)

T.M.S.L. (m)	筒身部
85.0	
80.0	43.5
76.25	102
72.5	287
65.0	343
56.5	446
48.0	530
39.0	702
38.2	904

注：凡例の R1-RC とは，原子炉建屋の $_{R}$1 通りと $_{R}$C 通りの交点に位置する主柱材を示す。（他も同様）

図 3－8　最大応答軸力（Ss-2）



(kN·m)

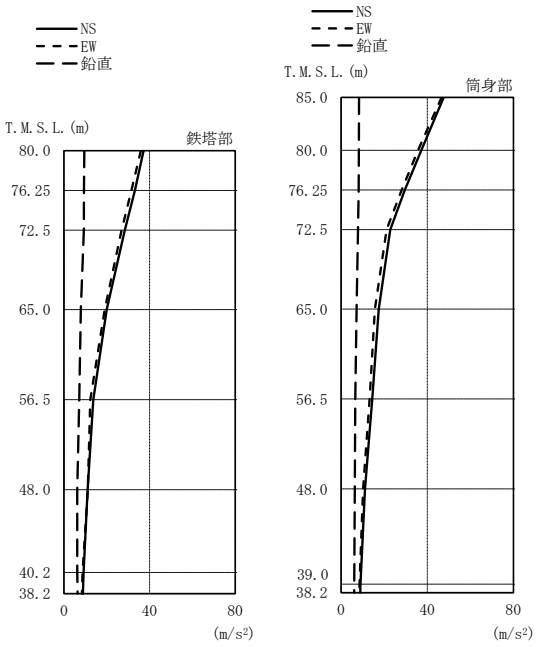
T.M.S.L. (m)	鉄塔部 R2-RC	鉄塔部 R1-RC	鉄塔部 R1-RD	鉄塔部 R2-RD
80.0	0.00	0.00	0.00	0.00
76.25	24.4	21.5	23.9	22.0
72.5	41.6	58.6	40.4	59.4
68.75	89.3	95.2	87.8	99.5
65.0	107	149	103	150
60.75	67.6	86.1	66.9	85.7
56.5	277	398	271	400
52.25	509	536	487	555
48.0	458	645	464	636
40.2	233	313	235	296
38.2	2160	2930	1970	3120

(kN·m)

T.M.S.L. (m)	筒身部
85.0	0.00
80.0	1150
76.25	2860
72.5	2580
65.0	3040
56.5	4200
48.0	6460
39.0	1890
38.2	2180

注　：凡例の R1-RC とは，原子炉建屋の $_{R}$1 通りと $_{R}$C 通りの交点に位置する主柱材を示す。（他も同様）

図 3－9　最大応答曲げモーメント（Ss-2）



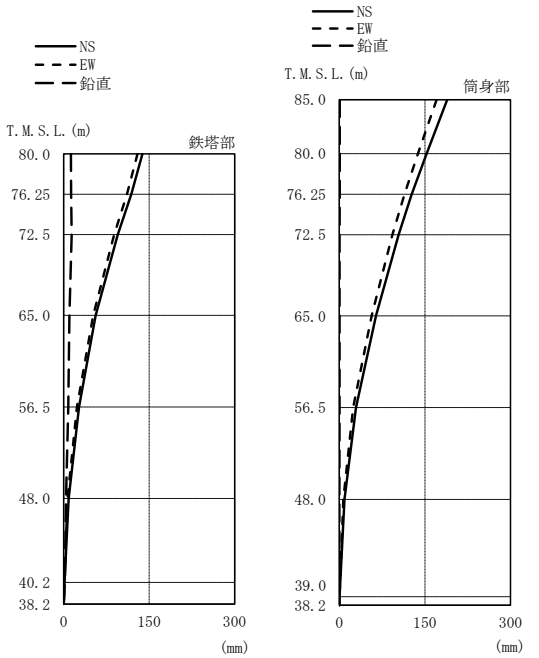
(m/s²)

T.M.S.L. (m)	鉄塔部		
	NS	EW	鉛直
80.0	37.2	35.9	9.54
76.25	33.1	31.5	9.35
72.5	28.4	26.9	9.33
65.0	20.0	19.0	7.88
56.5	13.7	12.3	7.15
48.0	11.1	11.1	6.24
40.2	9.17	8.68	6.20
38.2	8.89	8.44	6.40

(m/s²)

T.M.S.L. (m)	筒身部		
	NS	EW	鉛直
85.0	47.6	46.7	8.32
80.0	37.2	35.7	8.26
76.25	29.6	28.1	8.14
72.5	22.8	21.1	7.83
65.0	17.5	15.7	7.18
56.5	14.5	13.2	6.56
48.0	11.1	10.2	6.35
39.0	8.99	8.53	6.11
38.2	8.89	8.44	6.10

図 3－10　最大応答加速度（Ss-3）



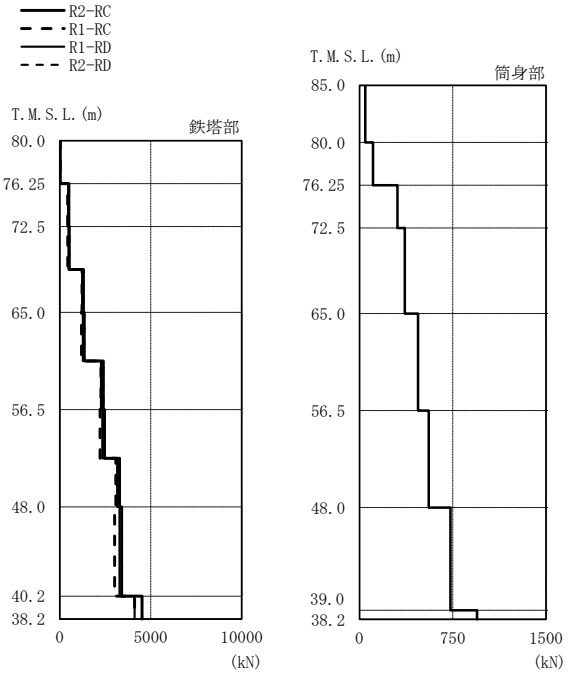
(mm)

T.M.S.L. (m)	鉄塔部		
	NS	EW	鉛直
80.0	138	130	12.5
76.25	119	111	12.8
72.5	94.9	88.4	14.0
65.0	56.0	51.6	9.82
56.5	26.9	23.3	7.94
48.0	8.67	6.80	3.88
40.2	1.19	1.06	1.95
38.2	0.00	0.00	0.00

(mm)

T.M.S.L. (m)	筒身部		
	NS	EW	鉛直
85.0	189	170	0.651
80.0	153	138	0.640
76.25	127	114	0.619
72.5	104	93.0	0.562
65.0	64.3	56.7	0.442
56.5	29.1	24.2	0.295
48.0	9.05	7.08	0.153
39.0	0.428	0.380	0.00
38.2	0.00	0.00	0.00

図 3－11　最大応答変位（Ss-3）



(kN)

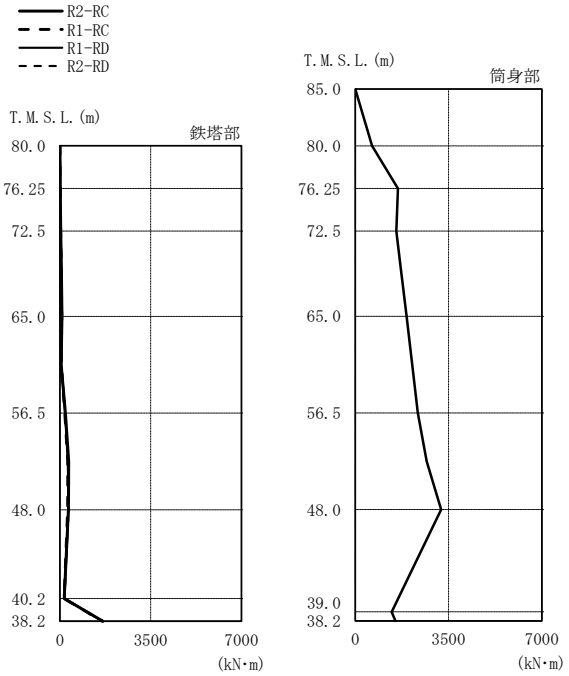
T.M.S.L. (m)	鉄塔部 R2-RC	鉄塔部 R1-RC	鉄塔部 R1-RD	鉄塔部 R2-RD
80.0				
76.25	20.3	20.3	19.9	19.3
72.5	498	433	466	498
68.75	519	438	484	519
65.0	1300	1220	1230	1300
60.75	1350	1200	1270	1350
56.5	2390	2260	2260	2390
52.25	2460	2210	2340	2460
48.0	3280	3080	3150	3280
40.2	3400	3010	3280	3400
38.2	4520	4110	4110	4520

(kN)

T.M.S.L. (m)	筒身部
85.0	
80.0	46.4
76.25	109
72.5	305
65.0	364
56.5	471
48.0	556
39.0	732
38.2	945

注：凡例の R1-RC とは，原子炉建屋の $_{R}$1 通りと $_{R}$C 通りの交点に位置する主柱材を示す。（他も同様）

図 3－12　最大応答軸力（Ss-3）



(kN･m)

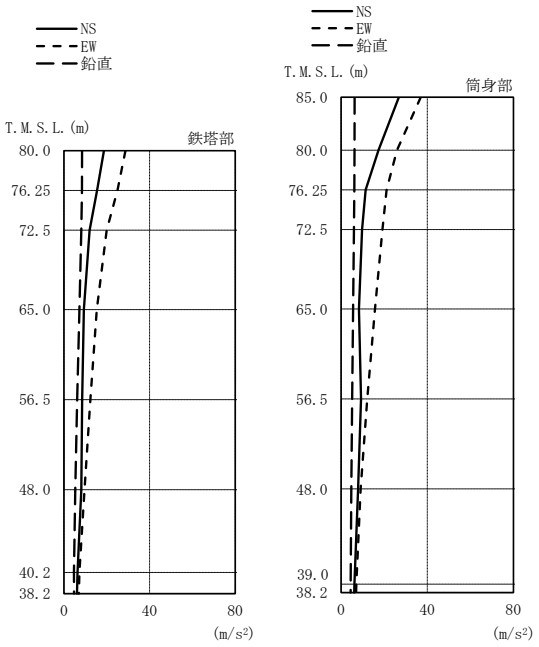
T.M.S.L. (m)	鉄塔部 R2-RC	鉄塔部 R1-RC	鉄塔部 R1-RD	鉄塔部 R2-RD
80.0	0.00	0.00	0.00	0.00
76.25	13.8	13.5	13.5	13.8
72.5	31.4	27.0	29.2	31.4
68.75	58.3	52.2	52.2	58.3
65.0	79.2	70.7	75.7	79.2
60.75	46.4	46.4	50.1	50.1
56.5	211	190	196	211
52.25	336	303	303	336
48.0	329	301	334	333
40.2	165	159	172	170
38.2	1660	1640	1640	1660

(kN･m)

T.M.S.L. (m)	筒身部
85.0	0.00
80.0	631
76.25	1600
72.5	1540
65.0	1920
56.5	2350
48.0	3220
39.0	1370
38.2	1510

注：凡例の R1-RC とは，原子炉建屋の $_{R}$1 通りと $_{R}$C 通りの交点に位置する主柱材を示す。（他も同様）

図 3－13　最大応答曲げモーメント（Ss-3）



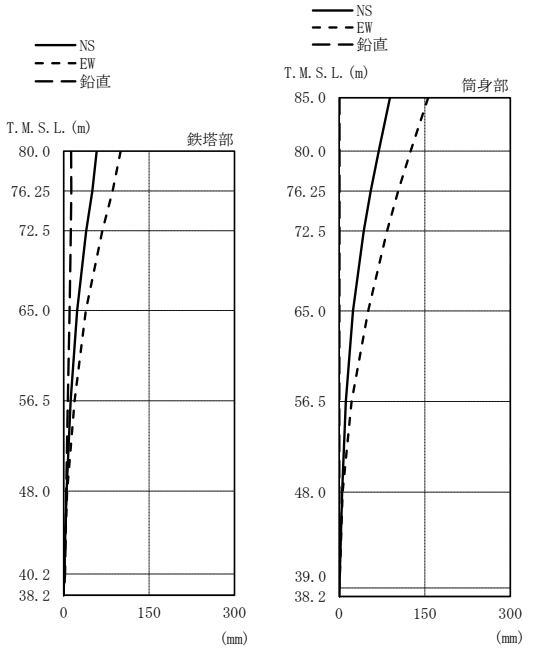
(m/s²)

T.M.S.L. (m)	鉄塔部		
	NS	EW	鉛直
80.0	18.7	28.7	8.48
76.25	15.5	25.0	8.44
72.5	12.0	20.0	8.11
65.0	9.29	15.3	7.22
56.5	8.53	12.3	6.16
48.0	8.12	9.62	5.30
40.2	6.36	7.24	4.69
38.2	6.11	6.97	4.71

(m/s²)

T.M.S.L. (m)	筒身部		
	NS	EW	鉛直
85.0	26.8	37.0	6.25
80.0	17.3	25.9	6.21
76.25	11.4	21.1	6.14
72.5	9.75	19.2	5.96
65.0	8.29	15.7	5.59
56.5	9.24	12.1	5.14
48.0	7.88	9.08	4.73
39.0	6.20	7.06	4.45
38.2	6.11	6.97	4.45

図 3－14　最大応答加速度（Ss-4）



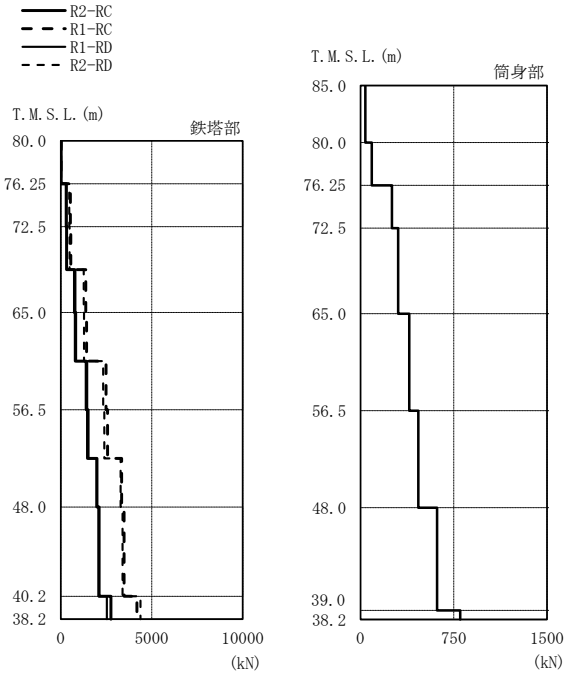
(mm)

T.M.S.L. (m)	鉄塔部		
	NS	EW	鉛直
80.0	58.0	100	13.0
76.25	50.2	86.0	13.3
72.5	39.6	67.8	12.6
65.0	23.7	38.9	10.3
56.5	12.2	19.2	7.27
48.0	5.00	5.98	4.47
40.2	0.747	0.947	2.48
38.2	0.00	0.00	0.00

(mm)

T.M.S.L. (m)	筒身部		
	NS	EW	鉛直
85.0	88.9	156	0.499
80.0	69.2	125	0.490
76.25	55.2	103	0.474
72.5	43.0	83.9	0.431
65.0	24.2	50.8	0.341
56.5	11.5	21.6	0.228
48.0	5.16	5.89	0.119
39.0	0.265	0.314	0.00
38.2	0.00	0.00	0.00

図 3－15　最大応答変位（Ss-4）



(kN)

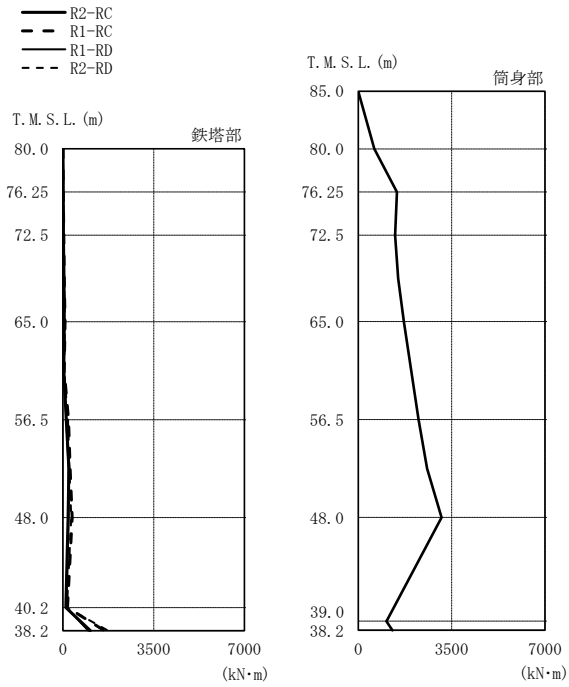
T.M.S.L. (m)	鉄塔部 R2-RC	鉄塔部 R1-RC	鉄塔部 R1-RD	鉄塔部 R2-RD
80.0				
76.25	17.7	17.6	16.3	16.5
72.5	297	528	315	467
68.75	318	551	333	482
65.0	748	1370	802	1260
60.75	796	1420	843	1280
56.5	1400	2490	1450	2330
52.25	1470	2570	1520	2390
48.0	1990	3340	1970	3290
40.2	2100	3480	2080	3390
38.2	2760	4180	2530	4380

(kN)

T.M.S.L. (m)	筒身部
85.0	
80.0	38.4
76.25	90.0
72.5	253
65.0	302
56.5	392
48.0	465
39.0	615
38.2	802

注：凡例の R1-RC とは，原子炉建屋の $_{R}1$ 通りと $_{R}C$ 通りの交点に位置する主柱材を示す。（他も同様）

図 3－16　最大応答軸力（Ss-4）



(kN･m)

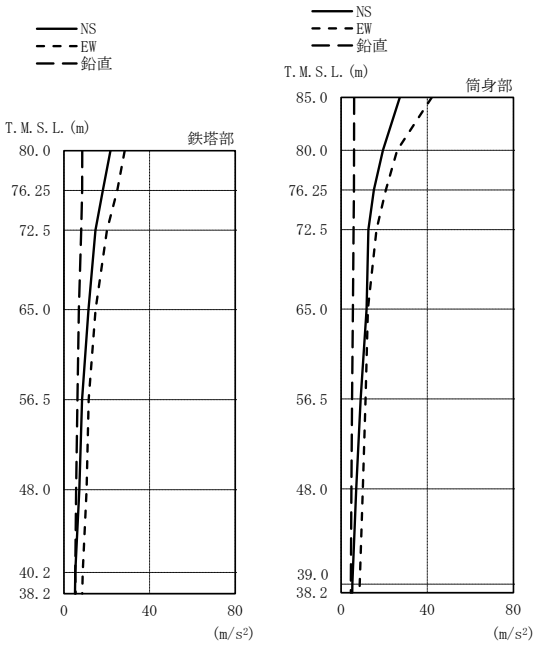
T.M.S.L. (m)	鉄塔部 R2-RC	鉄塔部 R1-RC	鉄塔部 R1-RD	鉄塔部 R2-RD
80.0	0.00	0.00	0.00	0.00
76.25	12.6	10.5	12.1	10.4
72.5	18.4	32.6	19.8	29.1
68.75	43.9	51.4	40.6	46.9
65.0	46.3	82.8	50.2	73.6
60.75	33.9	50.1	35.4	45.2
56.5	125	215	133	196
52.25	233	275	218	254
48.0	199	352	221	323
40.2	115	177	130	153
38.2	1050	1590	978	1740

(kN･m)

T.M.S.L. (m)	筒身部
85.0	0.00
80.0	605
76.25	1450
72.5	1380
65.0	1710
56.5	2260
48.0	3120
39.0	1060
38.2	1280

注：凡例の R1-RC とは，原子炉建屋の $_{R}1$ 通りと $_{R}C$ 通りの交点に位置する主柱材を示す。（他も同様）

図 3－17　最大応答曲げモーメント（Ss-4）



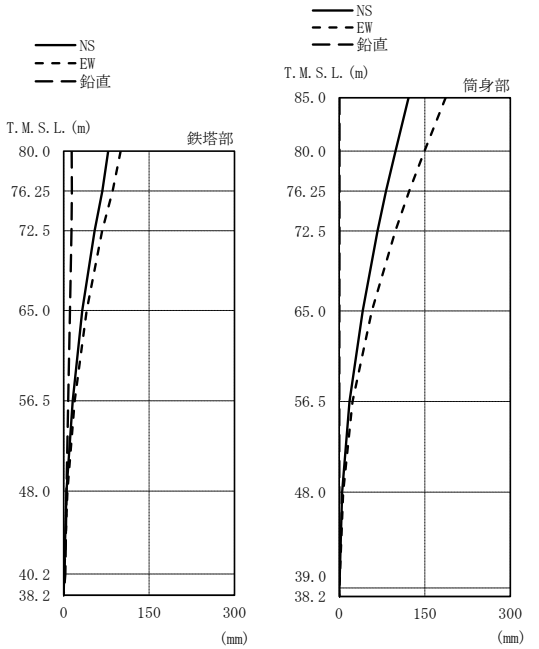
(m/s²)

T.M.S.L. (m)	鉄塔部		
	NS	EW	鉛直
80.0	21.7	28.4	8.56
76.25	18.2	24.9	8.50
72.5	14.7	20.1	8.08
65.0	11.4	14.8	6.98
56.5	8.49	11.5	6.31
48.0	7.18	10.6	5.68
40.2	5.29	8.78	5.30
38.2	5.18	8.54	5.48

(m/s²)

T.M.S.L. (m)	筒身部		
	NS	EW	鉛直
85.0	27.3	42.1	6.04
80.0	19.4	26.0	6.01
76.25	15.2	20.8	5.95
72.5	12.7	16.4	5.79
65.0	11.8	12.4	5.46
56.5	9.09	11.3	5.09
48.0	7.01	10.1	4.77
39.0	5.23	8.63	4.52
38.2	5.18	8.54	4.52

図 3－18　最大応答加速度（Ss-5）



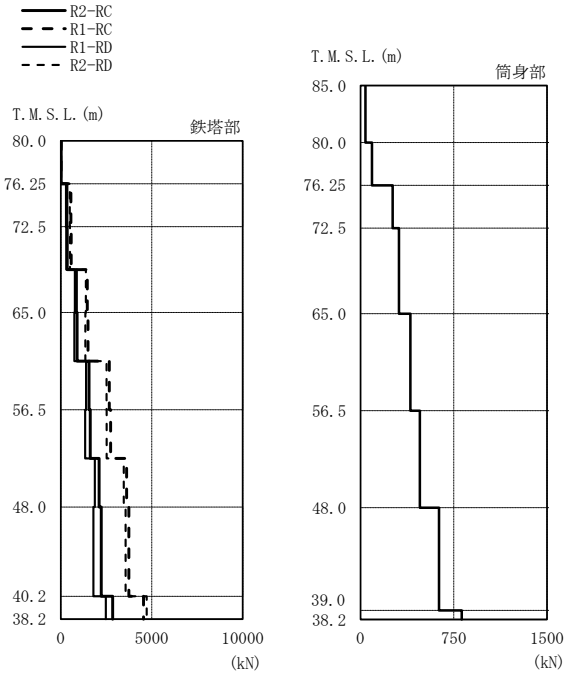
(mm)

T.M.S.L. (m)	鉄塔部		
	NS	EW	鉛直
80.0	78.2	100	14.0
76.25	67.9	85.9	14.4
72.5	54.2	67.6	13.6
65.0	32.6	40.4	11.1
56.5	15.8	19.3	7.85
48.0	4.89	6.59	4.92
40.2	0.706	1.12	2.98
38.2	0.00	0.00	0.00

(mm)

T.M.S.L. (m)	筒身部		
	NS	EW	鉛直
85.0	121	186	0.485
80.0	98.6	149	0.476
76.25	82.1	123	0.461
72.5	67.2	98.4	0.419
65.0	41.2	57.2	0.332
56.5	18.1	23.2	0.223
48.0	5.07	6.96	0.117
39.0	0.249	0.378	0.00
38.2	0.00	0.00	0.00

図 3－19　最大応答変位（Ss-5）



(kN)

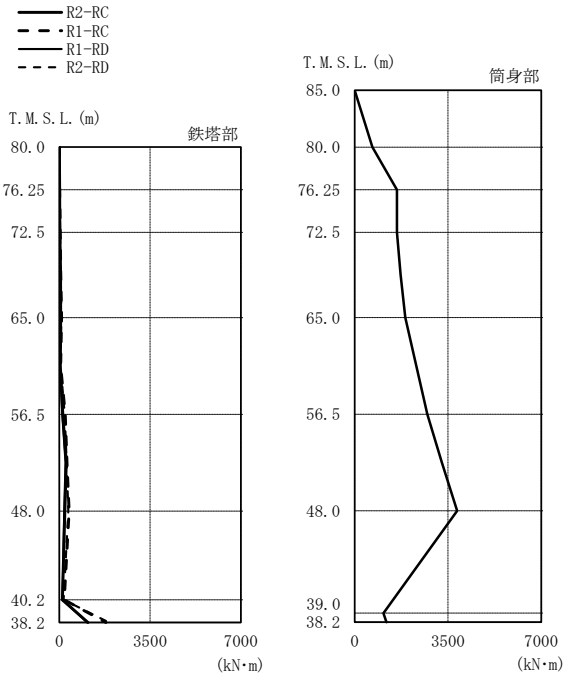
T.M.S.L. (m)	鉄塔部 R2-RC	鉄塔部 R1-RC	鉄塔部 R1-RD	鉄塔部 R2-RD
80.0				
76.25	16.4	17.6	17.9	17.3
72.5	334	552	283	491
68.75	351	571	305	505
65.0	857	1460	775	1380
60.75	896	1500	746	1350
56.5	1550	2670	1390	2510
52.25	1620	2740	1340	2520
48.0	2110	3620	1870	3460
40.2	2220	3740	1790	3560
38.2	2850	4550	2480	4720

(kN)

T.M.S.L. (m)	筒身部
85.0	
80.0	39.2
76.25	91.8
72.5	258
65.0	309
56.5	401
48.0	477
39.0	632
38.2	814

注：凡例の R1-RC とは，原子炉建屋の $_{R}1$ 通りと $_{R}C$ 通りの交点に位置する主柱材を示す。（他も同様）

図 3－20　最大応答軸力（Ss-5）



(kN･m)

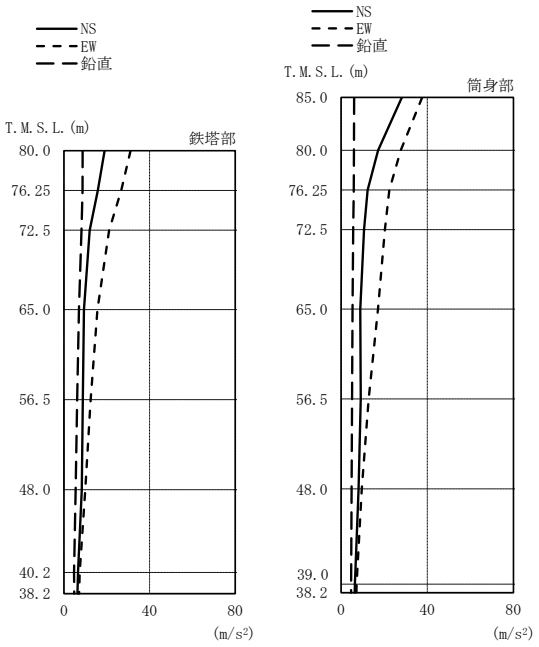
T.M.S.L. (m)	鉄塔部 R2-RC	鉄塔部 R1-RC	鉄塔部 R1-RD	鉄塔部 R2-RD
80.0	0.00	0.00	0.00	0.00
76.25	13.5	10.8	13.2	10.9
72.5	20.7	34.4	17.7	30.7
68.75	49.4	54.1	42.5	51.1
65.0	52.7	87.2	45.6	79.9
60.75	35.8	51.8	32.0	47.8
56.5	136	228	116	207
52.25	269	295	240	283
48.0	213	379	188	346
40.2	116	189	121	166
38.2	1100	1800	1080	1920

(kN･m)

T.M.S.L. (m)	筒身部
85.0	0.00
80.0	664
76.25	1590
72.5	1590
65.0	1900
56.5	2730
48.0	3850
39.0	1080
38.2	1190

注：凡例の R1-RC とは，原子炉建屋の $_{R}1$ 通りと $_{R}C$ 通りの交点に位置する主柱材を示す。（他も同様）

図 3－21　最大応答曲げモーメント（Ss-5）



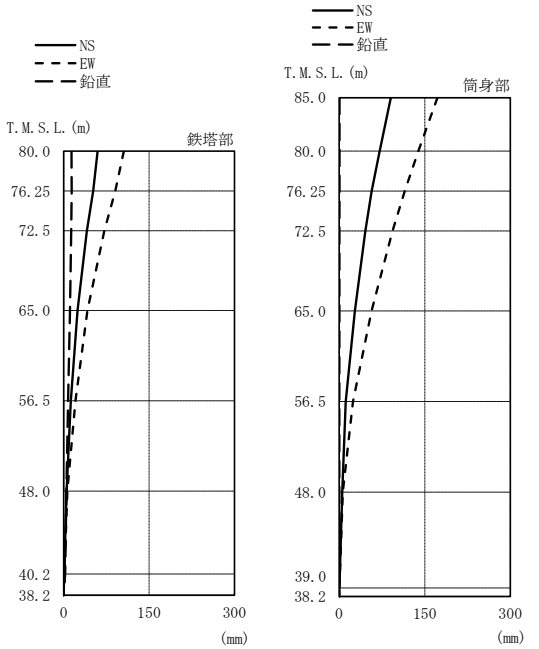
(m/s²)

T.M.S.L. (m)	鉄塔部		
	NS	EW	鉛直
80.0	19.0	31.1	8.72
76.25	15.8	26.7	8.71
72.5	12.1	21.1	8.22
65.0	9.34	15.6	6.99
56.5	8.80	12.5	6.19
48.0	8.35	9.96	5.49
40.2	6.58	7.38	4.74
38.2	6.32	7.12	4.80

(m/s²)

T.M.S.L. (m)	筒身部		
	NS	EW	鉛直
85.0	28.2	37.6	6.03
80.0	17.2	27.7	5.98
76.25	12.3	22.4	5.88
72.5	10.6	20.3	5.63
65.0	8.90	17.1	5.31
56.5	9.10	12.8	5.10
48.0	8.11	9.60	4.88
39.0	6.41	7.21	4.64
38.2	6.32	7.12	4.64

図 3－22　最大応答加速度（Ss-6）



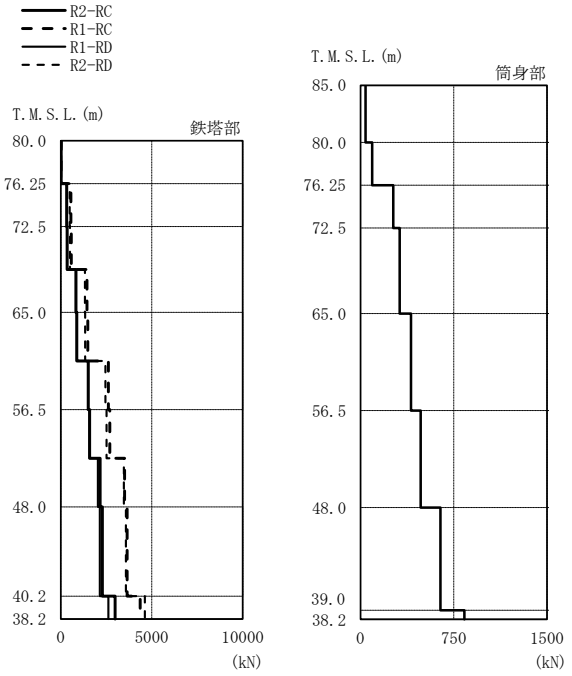
(mm)

T.M.S.L. (m)	鉄塔部		
	NS	EW	鉛直
80.0	59.7	106	13.6
76.25	51.8	90.6	13.9
72.5	40.8	71.3	13.2
65.0	24.3	41.7	11.0
56.5	12.4	20.6	7.74
48.0	5.11	6.33	4.80
40.2	0.777	1.01	2.65
38.2	0.00	0.00	0.00

(mm)

T.M.S.L. (m)	筒身部		
	NS	EW	鉛直
85.0	90.4	172	0.467
80.0	70.9	139	0.459
76.25	56.9	115	0.444
72.5	45.8	93.4	0.402
65.0	27.5	56.7	0.317
56.5	11.4	24.2	0.214
48.0	5.23	6.27	0.113
39.0	0.274	0.335	0.00
38.2	0.00	0.00	0.00

図 3－23　最大応答変位（Ss-6）



(kN)

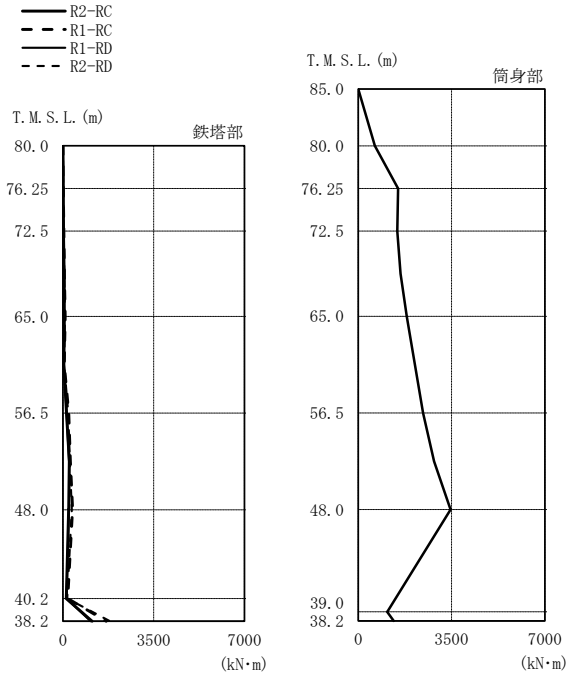
T.M.S.L. (m)	鉄塔部 R2-RC	鉄塔部 R1-RC	鉄塔部 R1-RD	鉄塔部 R2-RD
80.0				
76.25	18.7	19.3	16.3	16.3
72.5	328	552	329	487
68.75	348	575	346	502
65.0	831	1440	842	1330
60.75	878	1490	882	1340
56.5	1510	2610	1510	2450
52.25	1590	2700	1580	2510
48.0	2160	3510	2040	3470
40.2	2280	3650	2140	3580
38.2	2980	4360	2620	4620

(kN)

T.M.S.L. (m)	筒身部
85.0	
80.0	40.1
76.25	93.9
72.5	263
65.0	315
56.5	406
48.0	484
39.0	643
38.2	835

注：凡例の R1-RC とは，原子炉建屋の $_{R}$1 通りと $_{R}$C 通りの交点に位置する主柱材を示す。（他も同様）

図 3－24　最大応答軸力（Ss-6）



(kN·m)

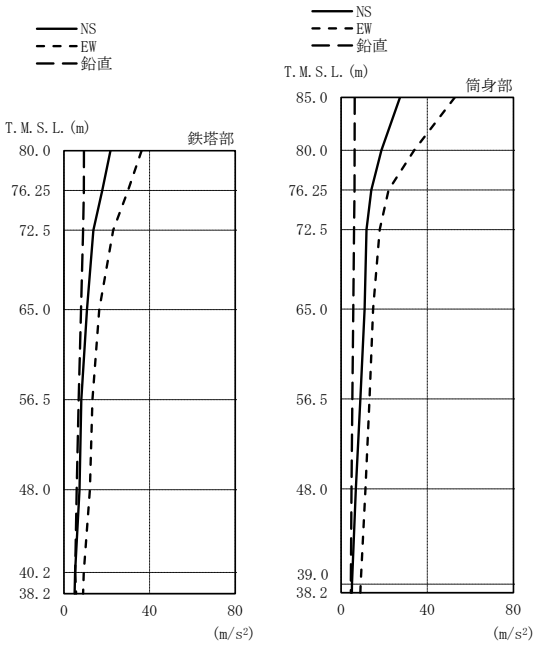
T.M.S.L. (m)	鉄塔部 R2-RC	鉄塔部 R1-RC	鉄塔部 R1-RD	鉄塔部 R2-RD
80.0	0.00	0.00	0.00	0.00
76.25	13.3	11.0	12.8	11.0
72.5	20.3	34.2	20.7	30.4
68.75	46.2	53.8	44.1	49.5
65.0	51.4	86.8	53.3	77.3
60.75	36.1	52.7	38.3	47.6
56.5	138	225	140	205
52.25	247	288	237	268
48.0	223	372	231	342
40.2	129	187	139	166
38.2	1120	1670	1070	1820

(kN·m)

T.M.S.L. (m)	筒身部
85.0	0.00
80.0	623
76.25	1490
72.5	1470
65.0	1820
56.5	2430
48.0	3460
39.0	1090
38.2	1330

注：凡例の R1-RC とは，原子炉建屋の $_{R}$1 通りと $_{R}$C 通りの交点に位置する主柱材を示す。（他も同様）

図 3－25　最大応答曲げモーメント（Ss-6）



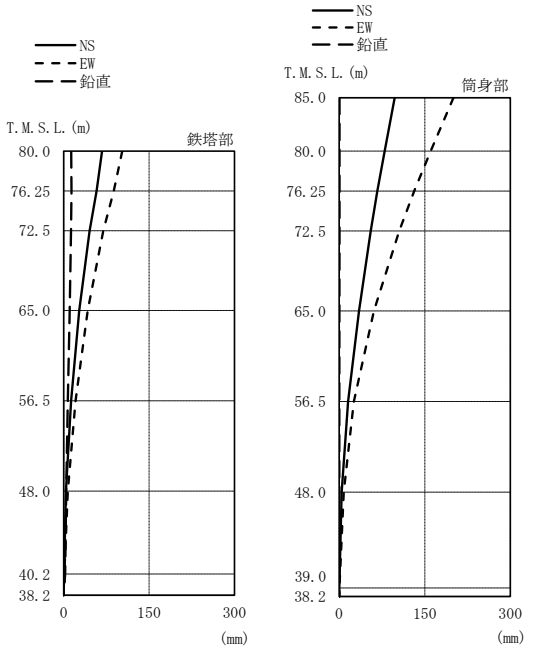
(m/s²)

T.M.S.L. (m)	鉄塔部		
	NS	EW	鉛直
80.0	21.7	36.3	9.34
76.25	17.9	29.9	9.31
72.5	13.8	23.0	8.95
65.0	10.8	16.5	8.00
56.5	8.11	13.3	6.87
48.0	7.28	12.1	5.94
40.2	5.19	9.27	5.27
38.2	4.99	8.96	5.68

(m/s²)

T.M.S.L. (m)	筒身部		
	NS	EW	鉛直
85.0	27.3	52.8	6.31
80.0	18.7	33.9	6.27
76.25	14.0	22.0	6.21
72.5	11.8	17.9	6.02
65.0	10.9	14.9	5.64
56.5	8.94	13.2	5.20
48.0	6.83	11.3	4.82
39.0	5.05	9.05	4.50
38.2	4.99	8.96	4.50

図 3－26　最大応答加速度（Ss-7）



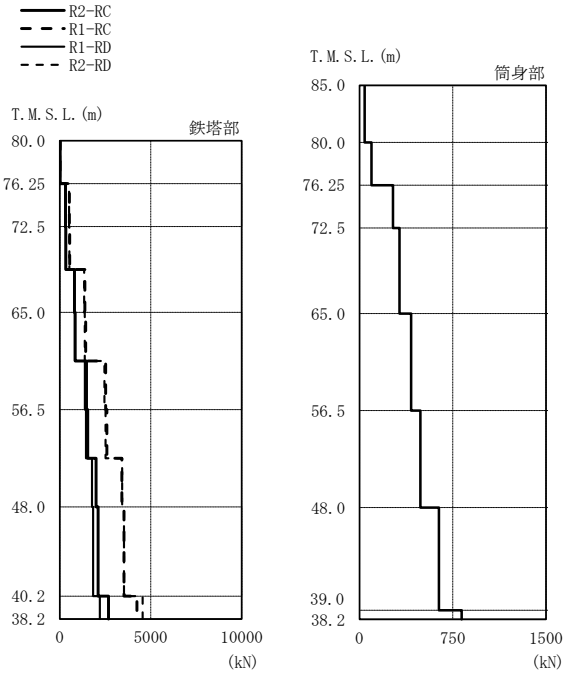
(mm)

T.M.S.L. (m)	鉄塔部		
	NS	EW	鉛直
80.0	67.4	103	13.3
76.25	57.8	88.0	13.6
72.5	45.5	69.6	12.9
65.0	27.3	42.2	10.5
56.5	13.0	20.9	7.27
48.0	3.98	7.16	4.35
40.2	0.612	1.16	2.51
38.2	0.00	0.00	0.00

(mm)

T.M.S.L. (m)	筒身部		
	NS	EW	鉛直
85.0	97.3	200	0.504
80.0	79.6	160	0.495
76.25	66.9	131	0.479
72.5	55.3	105	0.435
65.0	34.7	60.8	0.344
56.5	15.5	25.6	0.231
48.0	4.22	7.87	0.120
39.0	0.220	0.400	0.00
38.2	0.00	0.00	0.00

図 3－27　最大応答変位（Ss-7）



(kN)

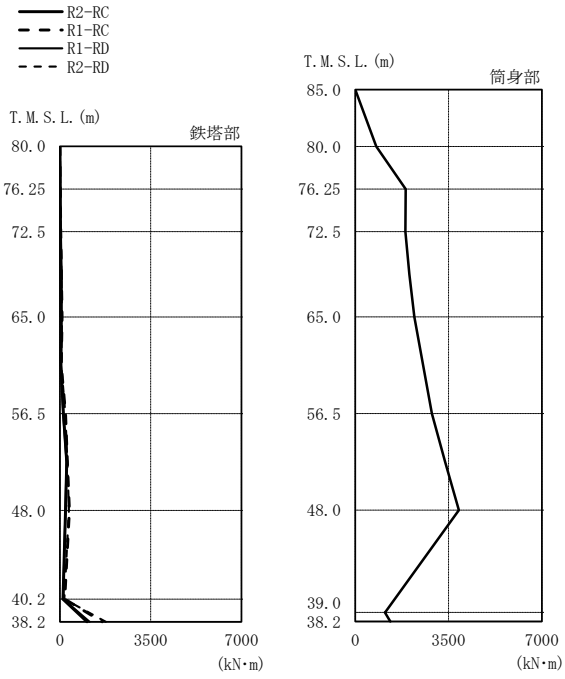
T.M.S.L. (m)	鉄塔部 R2-RC	鉄塔部 R1-RC	鉄塔部 R1-RD	鉄塔部 R2-RD
80.0				
76.25	16.2	17.8	18.3	17.0
72.5	315	526	315	508
68.75	333	546	331	526
65.0	808	1380	793	1340
60.75	847	1420	829	1370
56.5	1470	2520	1380	2460
52.25	1540	2590	1440	2510
48.0	2000	3410	1770	3430
40.2	2110	3530	1830	3530
38.2	2680	4240	2200	4550

(kN)

T.M.S.L. (m)	筒身部
85.0	
80.0	41.0
76.25	96.0
72.5	269
65.0	321
56.5	415
48.0	489
39.0	639
38.2	822

注：凡例の R1-RC とは，原子炉建屋の $_{R}$1 通りと $_{R}$C 通りの交点に位置する主柱材を示す。（他も同様）

図 3－28　最大応答軸力（Ss-7）



(kN･m)

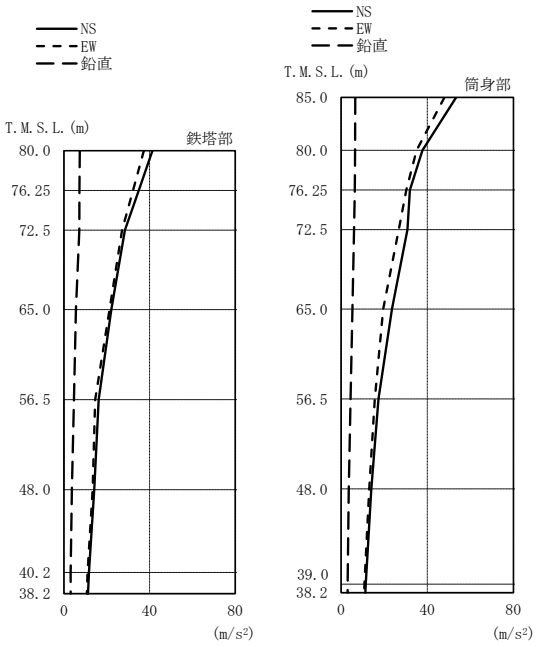
T.M.S.L. (m)	鉄塔部 R2-RC	鉄塔部 R1-RC	鉄塔部 R1-RD	鉄塔部 R2-RD
80.0	0.00	0.00	0.00	0.00
76.25	13.6	11.2	13.2	11.3
72.5	19.6	32.7	19.3	31.3
68.75	50.2	53.4	48.1	54.7
65.0	49.7	82.7	50.4	80.7
60.75	38.1	49.9	39.1	50.4
56.5	133	215	125	209
52.25	265	287	254	285
48.0	218	365	211	346
40.2	116	186	126	171
38.2	1040	1630	1140	1770

(kN･m)

T.M.S.L. (m)	筒身部
85.0	0.00
80.0	787
76.25	1890
72.5	1880
65.0	2220
56.5	2870
48.0	3890
39.0	1120
38.2	1320

注：凡例の R1-RC とは，原子炉建屋の $_{R}$1 通りと $_{R}$C 通りの交点に位置する主柱材を示す。（他も同様）

図 3－29　最大応答曲げモーメント（Ss-7）



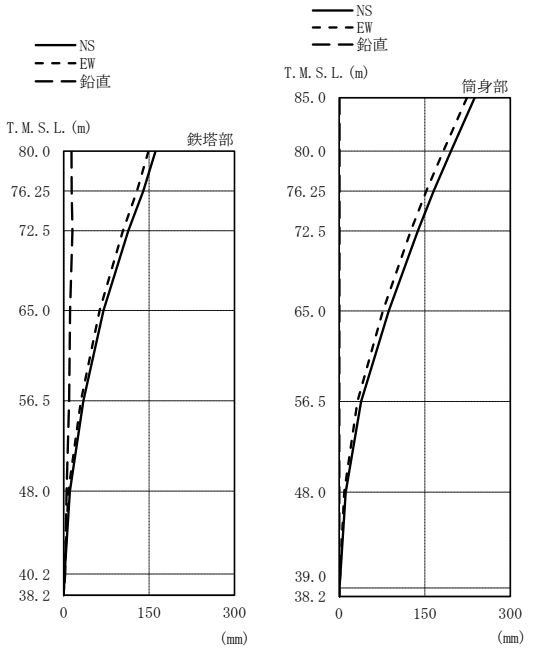
(m/s²)

T.M.S.L. (m)	鉄塔部		
	NS	EW	鉛直
80.0	41.3	37.3	7.40
76.25	34.9	32.3	7.23
72.5	28.5	27.1	7.17
65.0	22.1	21.3	5.59
56.5	16.2	14.6	4.67
48.0	14.1	13.4	3.72
40.2	11.7	11.0	3.14
38.2	11.3	10.7	3.13

(m/s²)

T.M.S.L. (m)	筒身部		
	NS	EW	鉛直
85.0	53.4	48.0	6.58
80.0	37.8	35.0	6.51
76.25	31.9	30.3	6.38
72.5	30.8	26.7	6.02
65.0	23.6	19.5	5.27
56.5	17.3	15.6	4.39
48.0	14.0	13.0	3.57
39.0	11.4	10.8	3.01
38.2	11.3	10.7	3.01

図 3－30　最大応答加速度（Ss-8）



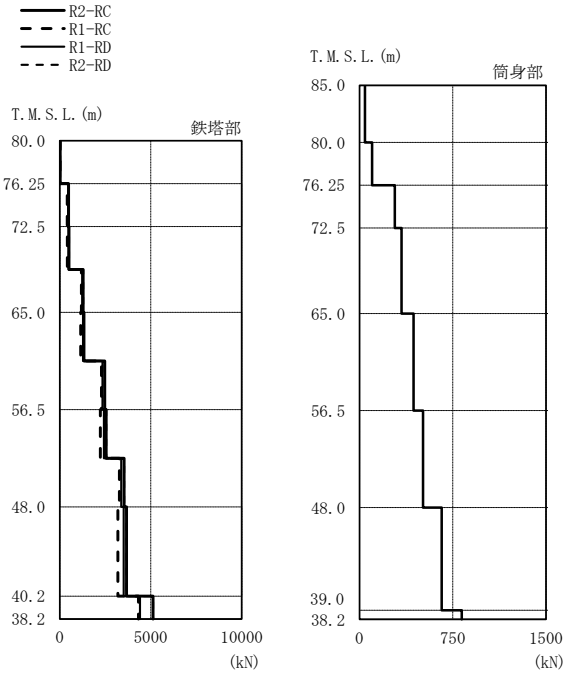
(mm)

T.M.S.L. (m)	鉄塔部		
	NS	EW	鉛直
80.0	161	149	13.7
76.25	140	129	14.0
72.5	114	104	15.4
65.0	69.9	63.1	11.2
56.5	34.6	30.2	9.48
48.0	10.9	8.29	5.06
40.2	1.54	1.43	2.64
38.2	0.00	0.00	0.00

(mm)

T.M.S.L. (m)	筒身部		
	NS	EW	鉛直
85.0	237	224	0.496
80.0	196	183	0.487
76.25	166	153	0.471
72.5	138	125	0.426
65.0	86.8	76.6	0.333
56.5	38.4	31.9	0.219
48.0	11.3	8.76	0.111
39.0	0.555	0.513	0.00
38.2	0.00	0.00	0.00

図 3－31　最大応答変位（Ss-8）



(kN)

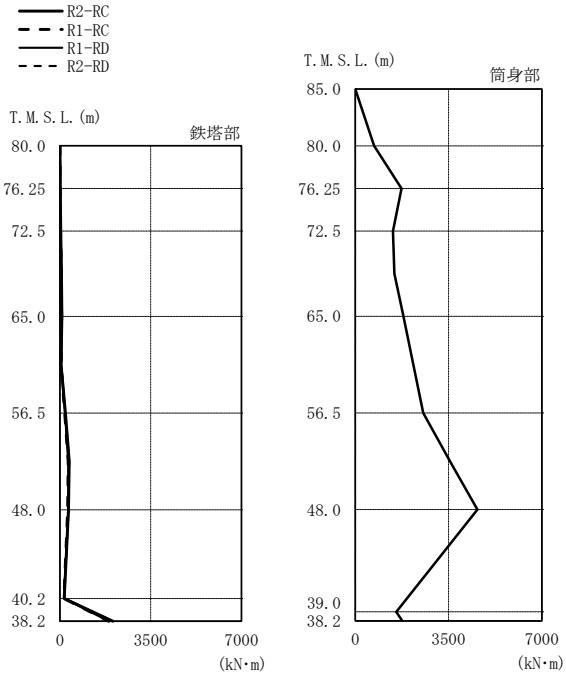
T.M.S.L.(m)	鉄塔部 R2-RC	鉄塔部 R1-RC	鉄塔部 R1-RD	鉄塔部 R2-RD
80.0				
76.25	18.1	18.1	18.1	16.9
72.5	484	412	463	484
68.75	503	417	482	503
65.0	1280	1190	1230	1280
60.75	1330	1150	1280	1330
56.5	2470	2290	2350	2470
52.25	2550	2230	2420	2550
48.0	3530	3280	3380	3530
40.2	3670	3190	3510	3670
38.2	5120	4320	4410	5120

(kN)

T.M.S.L.(m)	筒身部
85.0	
80.0	43.2
76.25	101
72.5	284
65.0	338
56.5	435
48.0	511
39.0	661
38.2	822

注：凡例の R1-RC とは，原子炉建屋の $_{R}$1 通りと $_{R}$C 通りの交点に位置する主柱材を示す。（他も同様）

図 3－32　最大応答軸力（Ss-8）



(kN･m)

T.M.S.L.(m)	鉄塔部 R2-RC	鉄塔部 R1-RC	鉄塔部 R1-RD	鉄塔部 R2-RD
80.0	0.00	0.00	0.00	0.00
76.25	13.9	13.5	13.5	13.9
72.5	30.5	25.9	29.0	30.5
68.75	58.9	51.5	53.2	58.9
65.0	73.9	65.5	73.5	73.9
60.75	41.9	41.9	46.6	46.6
56.5	211	187	197	211
52.25	358	318	318	358
48.0	331	298	331	331
40.2	166	153	153	166
38.2	2040	1890	1890	2040

(kN･m)

T.M.S.L.(m)	筒身部
85.0	0.00
80.0	707
76.25	1740
72.5	1410
65.0	1810
56.5	2550
48.0	4580
39.0	1540
38.2	1770

注：凡例の R1-RC とは，原子炉建屋の $_{R}$1 通りと $_{R}$C 通りの交点に位置する主柱材を示す。（他も同様）

図 3－33　最大応答曲げモーメント（Ss-8）

表 3－2　制震装置（オイルダンパー）の最大応答値及び許容値

	オイルダンパーの最大応答値								許容値
	Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	
速度 (m/s)	1.91	1.74	1.39	1.02	1.04	1.09	1.11	1.42	2.60
変位 (mm)	124	133	89.1	80.9	96.0	89.8	104	117	175

（Ⅱ）　主排気筒の耐震計算書

目　　次

1.　評価方針 ····· 1
1.1　耐風設計 ····· 4
1.2　耐震設計 ····· 6
2.　使用材料及び材料の許容応力度 ····· 7
3.　設計荷重 ····· 9
3.1　風荷重 ····· 9
3.2　地震荷重 ····· 11
4.　鉄塔部及び筒身部の応力評価 ····· 12
4.1　鉛直荷重 ····· 12
4.2　風荷重 ····· 12
4.3　静的地震荷重 ····· 12
4.4　動的地震荷重 ····· 12
4.5　荷重の組合せ ····· 13
5.　部材応力 ····· 15
6.　断面算定 ····· 20
6.1　概要 ····· 20
6.2　鉄塔部材断面算定 ····· 20
6.3　筒身部材断面算定 ····· 20
7.　制震装置（オイルダンパー）支持部の評価 ····· 25
8.　基礎の評価 ····· 29
8.1　基礎の概要 ····· 29
8.2　荷重及び荷重の組合せ ····· 31
8.3　基礎の評価 ····· 33
9.　SGTS用排気筒の評価 ····· 39
9.1　SGTS用排気筒部の評価 ····· 39
9.2　支持部の評価 ····· 45
10.　評価結果 ····· 48

別紙1　共振風速及び渦励振について

1. 評価方針

主排気筒の鉄塔及び筒身は設計基準対象施設において，「Ｓクラスの施設の間接支持構造物」に，重大事故等対処施設においては「常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備の間接支持構造物」に分類される。

主排気筒の鉄塔及び筒身の，設計基準対象施設及び重大事故等対処施設としての評価においては，風荷重及び基準地震動Ｓｓによる地震力に対する評価（以下「Ｓｓ地震時に対する評価」という。）を行うこととする。Ｓｓ地震時に対する評価は「（Ⅰ）主排気筒の地震応答計算書」の結果を踏まえたものとし，建屋応答の不確かさを考慮する。主排気筒の鉄塔及び筒身の評価は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，応力解析による評価において，最大部材応力に対して各部材断面を材料強度より算出した弾性限耐力による評価を行うことで，主排気筒の鉄塔及び筒身の地震時の構造強度及び機能維持の確認を行う。

主排気筒の非常用ガス処理系（以下「SGTS」という。）用排気筒はＳクラスの施設に該当し，設計基準対象施設において，「Ｓクラスの施設の主要設備」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。

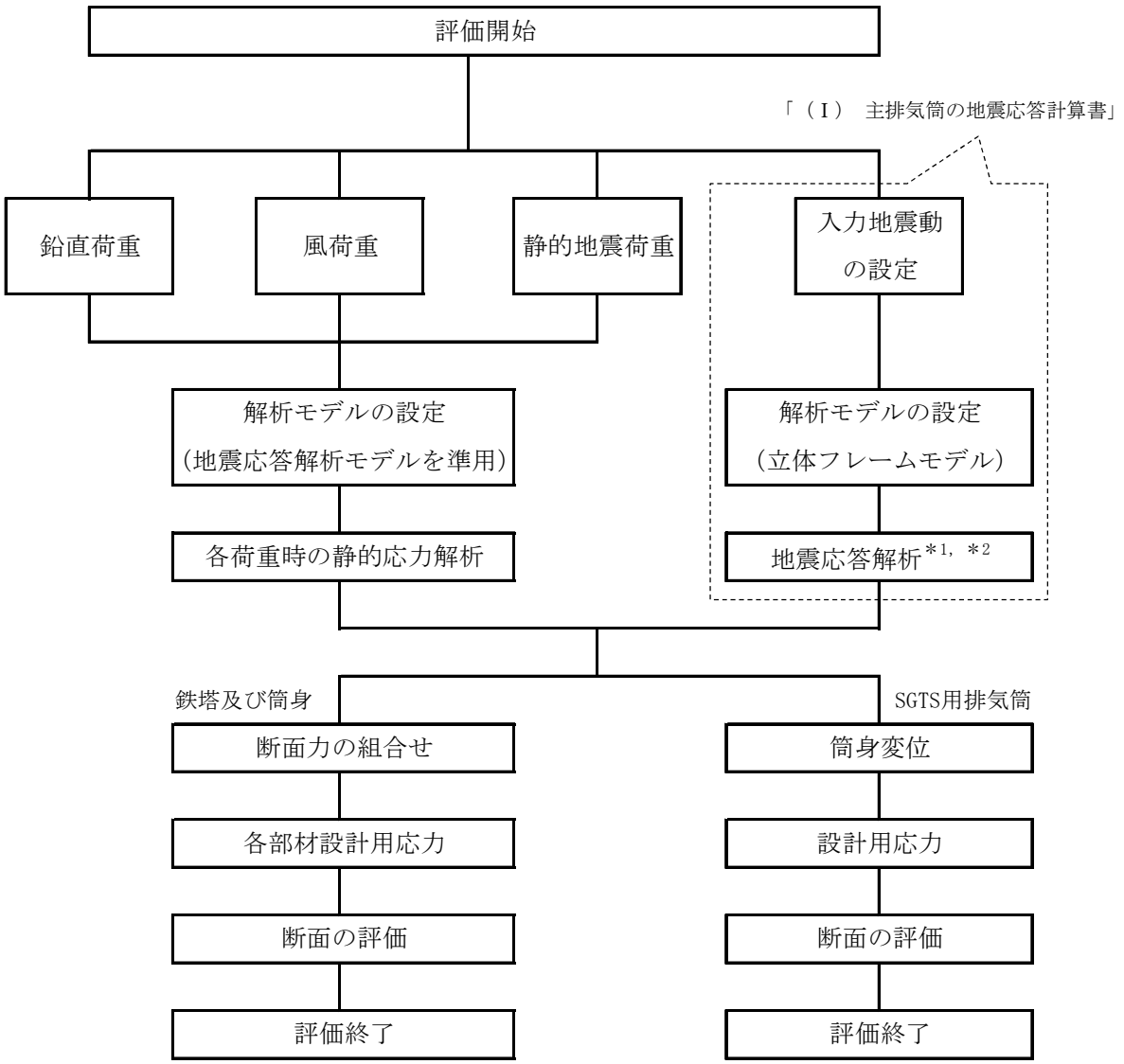
主排気筒の SGTS 用排気筒の設計基準対象施設としての評価においては，風荷重及びＳｓ地震時に対する評価を行うこととする。Ｓｓ地震時に対する評価は「（Ⅰ）主排気筒の地震応答計算書」の結果を踏まえたものとし，建屋応答の不確かさを考慮する。主排気筒の SGTS 用排気筒の評価は，主排気筒の鉄塔及び筒身と同様の評価とする。

図 1－1 に主排気筒及び SGTS 用排気筒の評価フローを示す。

評価に用いる関連法規，規準等は原則として下記のとおりである。

(1) 原子力発電所耐震設計技術指針重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１・補-1984（（社）日本電気協会）
(2) 原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1987（（社）日本電気協会）
(3) 原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１-1991 追補版（（社）日本電気協会）
(4) 鋼構造設計規準　－許容応力度設計法－（（社）日本建築学会，2005 年）
(5) 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説　－許容応力度設計法－（（社）日本建築学会，1999 年）
(6) 原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（（社）日本建築学会，2005 年）
(7) 塔状鋼構造設計指針・同解説（（社）日本建築学会，1980 年）
(8) 煙突構造設計指針（（社）日本建築学会，2007 年）
(9) 鋼構造座屈設計指針（（社）日本建築学会，1996 年）
(10) 建築基準法・同施行令
(11) 容器構造設計指針・同解説（（社）日本建築学会，2010 年）
(12) 日本工業規格（ＪＩＳ）
(13) 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）

なお，本計算書における使用計算機コードは「ＮＸ　ＮＡＳＴＲＡＮ」及び「ＤＹＮＡ２Ｅ」である。



注記＊1：鉛直荷重を考慮した応答値

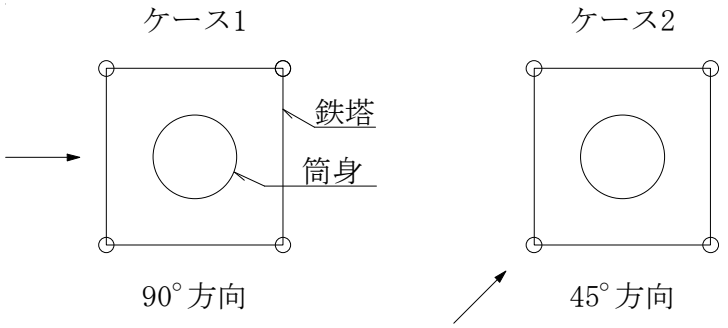
＊2：建屋応答の不確かさを考慮する

図 1－1　主排気筒及び SGTS 用排気筒の評価フロー

1.1　耐風設計

風荷重は，荷重方向として90°方向と45°方向の2ケースについて考慮する。

荷重方向：



矢印は荷重作用方向を示す。

風荷重(P)は，次式により算定する。

$$P = q \cdot C_f \cdot A \quad \cdots\cdots (1.1)$$

ここで，

P　　：風荷重（N）

q　　：速度圧（N/m^2）

C_f　：風力係数

A　　：鉄塔及び筒身の見付面積（m^2）

主要鉄塔部材及び筒身部の共振風速は15m/s以上とする。

主要鉄塔部材の共振風速は，次式により算定する。

$$V_r = D \cdot f / S \quad \cdots\cdots (1.2)$$

ここで，

V_r　：個材の共振風速（m/s）

D　　：個材の見付幅（m）

f　　：個材の1次固有振動数（Hz）

S　　：ストローハル数（円形断面につき0.18）

筒身部の共振風速は，次式により算定する。

$$U_r = 5 \cdot f_L \cdot D_m \quad \cdots\cdots (1.\ 3)$$

ここで，

U_r　：筒身部の共振風速（m/s）

f_L　：風直交方向振動の 1 次固有振動数（Hz）

D_m　：筒身部の高さの 2／3 における筒身部の外径（＝2.416m）

1.2　耐震設計

鉄塔及び筒身はＳクラスの施設の間接支持構造物であり，原子炉建屋屋上に設置されることから，地震荷重として，平成 12 年建設省告示第１３８９号（屋上から突出する水槽，煙突等の構造計算の基準を定める件）に定められた静的地震荷重及び「（Ⅰ）主排気筒の地震応答計算書」による動的地震荷重を考慮する。

また，SGTS 用排気筒は，Ｓクラスの施設の主要設備であり，静的地震荷重又は弾性設計用地震動Ｓｄによる動的地震荷重のいずれか大きい方の地震荷重に対する評価及びＳｓ地震時に対する評価を行う必要がある。しかし，SGTS 用排気筒の評価において地震荷重として加える筒身の弾性設計用地震動Ｓｄによる変位が，基準地震動Ｓｓによる変位に比べて十分小さいことを踏まえ，弾性設計用地震動Ｓｄに対する評価を行うことはせず，静的地震荷重又は基準地震動Ｓｓによる動的地震荷重のいずれか大きい方に対する評価とする。

耐震設計において考慮する地震力を図 1－2 に示す。ここで，動的地震荷重は建屋応答の不確かさを考慮する。

なお，鉛直方向の地震荷重については，Ⅴ-2-1-1「耐震設計の基本方針」に示す鉛直震度を考慮する。

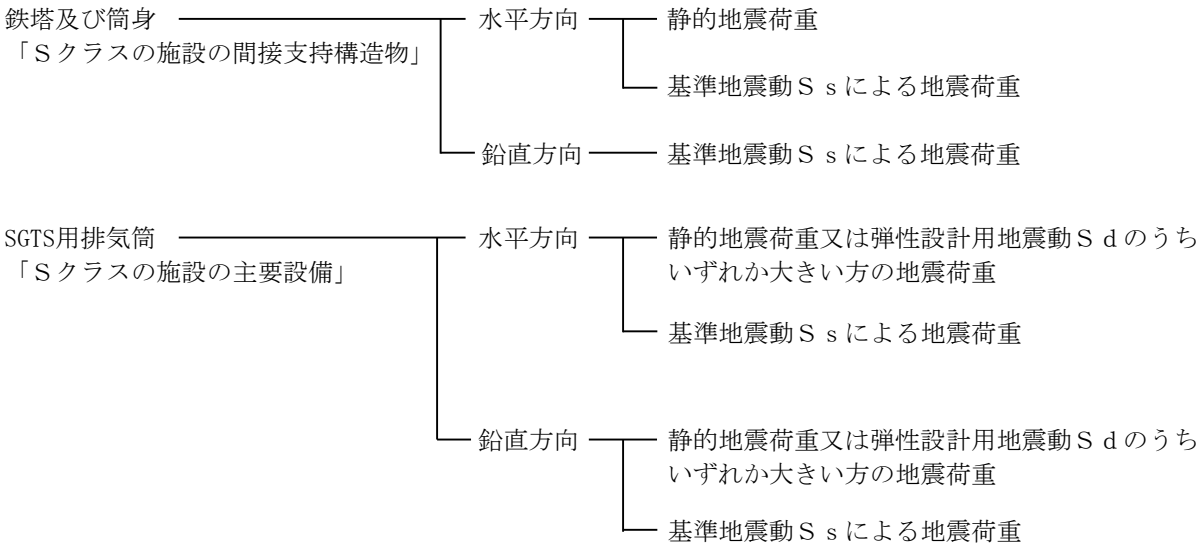


図 1－2　耐震設計において考慮する地震力

2. 使用材料及び材料の許容応力度

鋼材はＪＩＳ Ｇ ３１０１で規定される一般構造用圧延鋼材 SS400[SS41]*，ＪＩＳ Ｇ ３１０６で規定される溶接構造用圧延鋼材 SM400A[SM41A]，ＪＩＳ Ｇ ３１１４で規定される溶接構造用耐候性熱間圧延鋼材 SMA400AP[SMA41A]，ＪＩＳ Ｇ ３１３６で規定される建築構造用圧延鋼材 SN490B，ＪＩＳ Ｇ ３４４４で規定される一般構造用炭素鋼管 STK400[STK41]，STK490[STK50]，ＪＩＳ Ｇ ３４５６で規定される高温配管用炭素鋼管 STPT410[STPT42]を使用する。

なお，基礎に使用するコンクリートは普通コンクリートとし，設計基準強度Ｆ。は 32.3 N/mm^2，鉄筋は SD345[SD35]とする。各使用材料の許容応力度を表 2－1～表 2－4 に示す。

注記＊：［ ］内は従来標記を示す。

表 2－1 鋼材の許容応力度

板厚	材料	基準強度 Ｆ (N/mm^2)	許容応力度
t ≦40 mm	SN490B STK490[STK50]	325	「鋼構造設計規準」及び「煙突構造設計指針」に従って左記Ｆの値により求める。
	SS400[SS41] SM400A[SM41A] SMA400AP[SMA41A] STK400[STK41]	235	
	STPT410[STPT42]	245*	

注記＊：「鋼構造設計規準」に準拠して基準強度Ｆを設定した。

表 2－2 基礎ボルトの許容応力度

部位	材料	基準強度 Ｆ (N/mm^2)	許容応力度
基礎ボルト（M80） （鉄塔部）	SS400[SS41]	215	「鋼構造設計規準」に従って左記Ｆの値により求める。
基礎ボルト（M36） （筒身部）	SS400[SS41]	235	

表 2－3　コンクリートの許容応力度　　（単位：N/mm²）

	長　期			短　期		
	圧　縮	引張	せん断	圧　縮	引張	せん断
Ｆｃ＝32.3	10.7	―	0.81	21.5	―	1.21

表 2－4　鉄筋の許容応力度　　（単位：N/mm²）

		長　期		短　期	
SD345 [SD35]*	鉄筋径	引張 及び圧縮	せん断 補強	引張 及び圧縮	せん断 補強
	D25 以下	215	195	345	345
	D29 以上	195			

注記＊：［　］内は従来標記を示す。

3.　設計荷重

3.1　風荷重

(1)　風方向荷重

$$P = q \cdot C_f \cdot A \quad \cdots\cdots\cdots\

表 3－1　風荷重計算表

(a)　鉄塔部

標高 T.M.S.L. (m)	速度圧 q (kN/m^2)	90° 方向風荷重*			45° 方向風荷重		
		風力係数 C_f	見付面積 A (m^2)	風荷重 P (kN)	風力係数 C_f	見付面積 A (m^2)	風荷重 P (kN)
80.0	3.42	1.92	3.4	23	1.50	5.4	28
76.25	3.42	1.82	7.6	48	1.44	11.9	59
72.5	3.42	1.86	9.6	62	1.45	15.5	77
65.0	3.42	1.72	16.8	99	1.36	27.1	127
56.5	3.42	1.63	21.0	118	1.26	34.1	147
48.0	3.42	1.48	24.3	123	1.15	39.7	157
40.2	3.42	1.43	11.0	54	1.10	18.5	70

注記＊：NS方向，EW方向の包絡値を示す。

(b)　筒身部

標高 T.M.S.L. (m)	速度圧 q (kN/m^2)	90° 方向風荷重			45° 方向風荷重		
		風力係数 C_f	見付面積 A (m^2)	風荷重 P (kN)	風力係数 C_f	見付面積 A (m^2)	風荷重 P (kN)
85.0	3.49	0.90	6.0	19	0.90	6.0	19
80.0	3.49	0.89	10.6	33	0.89	10.6	33
76.25	3.49	0.88	9.0	28	0.88	9.0	28
72.5	3.49	0.86	13.6	41	0.86	13.6	41
65.0	3.49	0.83	19.3	56	0.83	19.3	56
56.5	3.49	0.79	20.5	57	0.79	20.5	57
48.0	3.49	0.74	21.2	55	0.74	21.2	55
39.0	3.49	0.68	10.9	26	0.68	10.9	26

(2)　風直交方向荷重

風直交方向荷重は別紙 1「共振風速及び渦励振について」による。

3.2　地震荷重

(1)　静的地震荷重

「1.　評価方針」に基づき，Ｓクラスの施設の間接支持構造物である主排気筒の鉄塔及び筒身の静的地震荷重は，平成 12 年建設省告示第１３８９号に定められた次式による。

$$P = k \cdot W \quad \cdots\cdots (3.\ 1)$$

ここで，

Ｐ：地震荷重　(kN)

ｋ：水平震度（k＝1.0）

Ｗ：当該質点位置での固定荷重と積載荷重との和 (kN)

以上より算定した静的地震荷重を表 3－2 に示す。

表 3－2　静的地震荷重計算表

(a)　鉄塔部

標高 T.M.S.L.(m)	W(kN)	k	P(kN)
80.0	42	1.0	42
76.25	103		103
72.5	56		56
65.0	148		148
56.5	257		257
48.0	394		394

(b)　筒身部

標高 T.M.S.L.(m)	W(kN)	k	P(kN)
85.0	26	1.0	26
80.0	35		35
76.25	111		111
72.5	34		34
65.0	63		63
56.5	53		53
48.0	110		110

(2)　動的地震荷重

動的地震荷重は「（Ⅰ）主排気筒の地震応答計算書」による。

4. 鉄塔部及び筒身部の応力評価

主排気筒の応力評価に用いる設計用荷重は，鉛直荷重，風荷重，静的地震荷重及び動的地震荷重を考慮する。

4.1 鉛直荷重

鉛直荷重に対する鉄塔部及び筒身部の分担応力の計算は，柏崎刈羽原子力発電所 7 号機『工事計画届出書』（総官発２０第１８０号　平成２０年８月２５日）（以下「中越沖地震に伴う補強時（届出）」という。）による。なお，風荷重及び動的地震荷重については，各荷重に対する解析時に鉛直荷重を考慮する。

4.2 風荷重

風荷重に対する鉄塔部及び筒身部の分担応力の計算は，表 3－1 に示す風方向荷重及び別紙 1「共振風速及び渦励振について」に示す風直交方向荷重を組み合わせて，図 4－1 に示す解析モデルに加えた静的応力解析により行う。

4.3 静的地震荷重

静的地震荷重に対する鉄塔部及び筒身部の分担応力の計算は，中越沖地震に伴う補強時（届出）による。

4.4 動的地震荷重

動的地震荷重に対する鉄塔部及び筒身部の分担応力の計算は，「（Ⅰ）主排気筒の地震応答計算書」の地震応答解析結果による。なお，各部材応力の算出に当たっては建屋応答の不確かさを考慮する。

4.5　荷重の組合せ

各部位の評価における荷重組合せを許容限界と併せて表 4－1 に示す。

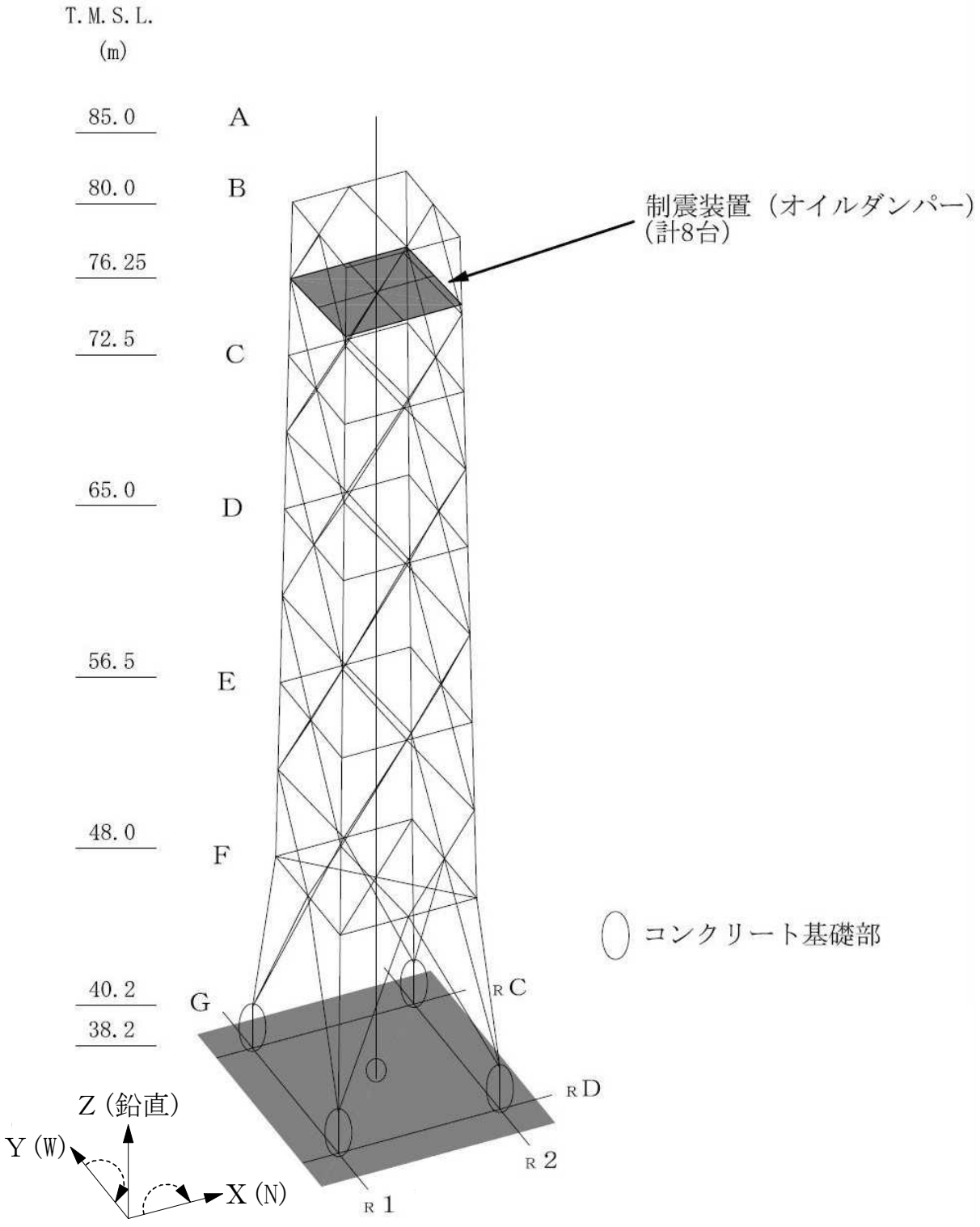
Ｓクラスの施設の間接支持構造物である鉄塔及び筒身の許容限界は「2015 年版建築物の構造関係技術基準解説書（国土交通省国土技術政策総合研究所・国立研究開発法人建築研究所）」（以下「技術基準解説書」という。）を参考にＦ値に 1.1 倍の割増しを考慮した弾性限強度とする。なお，弾性設計用地震動Ｓｄによる評価については，原子炉建屋の応答加速度が基準地震動Ｓｓの約 1/2 倍であり，許容限界が基準地震動Ｓｓの 1/1.1 倍であることから，基準地震動Ｓｓにより生じる各部材の断面の応力が弾性限強度を超えないことを確認することで，弾性設計用地震動Ｓｄによる評価は行わないこととする。

また，Ｓクラスの施設の主要設備である SGTS 用排気筒の許容限界は，短期許容応力度とし，基準地震動Ｓｓにより生じる応力が短期許容応力度を超えないことを確認することで，鉄塔及び筒身と同様に弾性設計用地震動Ｓｄによる評価は行わない。

表 4－1　各部位の評価における荷重組合せ

部位	荷重						許容限界
	鉛直荷重	風荷重	静的地震荷重		動的地震荷重		
			水平	鉛直	水平	鉛直	
鉄塔	○	○	—	—	—	—	弾性限強度
	○	—	○	—	—	—	
	○	—	—	—	○	○	
筒身	○	○	—	—	—	—	弾性限強度
	○	—	○	—	—	—	
	○	—	—	—	○	○	
SGTS 用排気筒	○	○	—	—	—	—	短期許容応力度
	○	—	○	○	—	—	
	○	—	—	—	○	○	

注：荷重の大きい組合せで評価するものとし，組み合わせる荷重を「○」で，組み合わせない荷重を「－」で示す。



注：並進成分を実線で，回転成分を破線で示す。

図 4－1　主排気筒の解析モデル

5. 部材応力

4章で示した解析より求まる各部材の評価用応力を表5－1～表5－4に示す。

鉄塔主柱材	表5－1
鉄塔斜材	表5－2
鉄塔水平材	表5－3
筒身	表5－4

なお，断面算定は，表 4－1 に示した荷重組合せのうち発生応力が最大となる組合せに対して実施するため，発生応力の最大値を評価用応力として表 5－1～表 5－4 に併せて示す。

ただし，動的地震荷重に対する応力については，基本ケース及び建屋応答の不確かさを考慮した解析ケース各々に対して，筒身部以外については最大発生応力に対する断面算定，筒身部については時刻歴を考慮した断面算定を実施し，応力度比が最大となる解析ケースの応力を記載している。

ここで，動的地震荷重の評価用応力は，Ss-2（ケース 3，ケース 6）及び Ss-1（ケース 6）のいずれかによるものであり，特に主柱材は全て Ss-2（ケース 6）による応力である。これは，入力地震動の大きさと組合せによる影響と考えられる。

入力地震動である原子炉建屋全体の地震応答解析から得られる屋上レベル（T.M.S.L. 38.2m）における各ケースの応答加速度は，Ss-1 及び Ss-2 のいずれかが最大となり，Ss-2 については，ケース 3 及びケース 6 の水平方向の応答加速度は基本ケースよりも大きい。また，Ss-1 は応答スペクトルに基づく地震動であるため，2 方向（3 成分）の同時入力であるが，Ss-2 は断層モデルに基づく地震動であるため，3 方向（5 成分）の同時入力であり，Ss-2 による影響が大きい傾向である。

表 5－1　主柱材応力

標　高 T.M.S.L. (m)	部材間	鉛直荷重		風荷重*				地震荷重					評価用応力*		
				90° 方向		45° 方向		静　的		動　的*					
		N (kN)	M (kN･m)	N (kN)	M (kN･m)	N (kN)	M (kN･m)	N (kN)	M (kN･m)	N (kN)	M (kN･m)	地震動 （ケース）	N (kN)	M (kN･m)	荷重
80.0															
	Ｂ－Ｃ	12.1	0.224	10.2	3.48	10.3	2.77	0.00	4.81	21.6	27.3	Ss-2 （ケース6）	21.6	27.3	動的 地震荷重
72.5															
	Ｃ－Ｄ	55.5	5.45	68.2	11.3	65.7	13.0	170	18.1	1100	110	Ss-2 （ケース6）	1100	110	動的 地震荷重
65.0															
	Ｄ－Ｅ	93.9	4.38	206	11.3	-255	13.0	508	24.6	2930	168	Ss-2 （ケース6）	2930	168	動的 地震荷重
56.5															
	Ｅ－Ｆ	172	30.6	423	72.1	-671	81.5	1090	130	5470	618	Ss-2 （ケース6）	5470	618	動的 地震荷重
48.0															
	Ｆ－Ｇ	248	22.0	730	94.8	-1180	119	1720	152	7630	729	Ss-2 （ケース6）	7630	729	動的 地震荷重
40.2															

注記＊：鉛直荷重を考慮した値。

注：下線部は断面算定に用いた値を示す。

記号の説明

Ｎ：軸力（圧縮を正とする。）

Ｍ：曲げモーメント

表 5－2　斜材応力

標　高 T.M.S.L. (m)	部材間	鉛直荷重	風荷重*1		地震荷重			評価用応力*1	
			90° 方向	45° 方向	静　的	動　的*1			
		N (kN)	N (kN)	N (kN)	N (kN)	N (kN)	地震動 （ケース）	N (kN)	荷重
80.0									
	B－C	1.80	49.0	47.9	122	699	Ss-1*2 （ケース6）	699	動的 地震荷重
72.5									
	C－D	1.70	74.8	82.6	167	807	Ss-1*2 （ケース6）	807	動的 地震荷重
65.0									
	D－E	4.40	-111	-146	258	995	Ss-2 （ケース3）	995	動的 地震荷重
56.5									
	E－F	2.00	176	-214	374	1190	Ss-2 （ケース3）	1190	動的 地震荷重
48.0									
	F－G	22.5	657	581	539	1360	Ss-2 （ケース6）	1360	動的 地震荷重
40.2									

注記＊1：鉛直荷重を考慮した値。
　　＊2：入力地震動の組合せはNS＋鉛直。
注：下線部は断面算定に用いた値を示す。

記号の説明
Ｎ：軸力（圧縮を正とする。）

表 5－3　水平材応力

標　高 T.M.S.L. (m)	部材位置	鉛直荷重	風荷重*1		地震荷重			評価用応力*1	
			90° 方向	45° 方向	静　的	動　的*1			
		N (kN)	N (kN)	N (kN)	N (kN)	N (kN)	地震動 （ケース）	N (kN)	荷重
80.0	B	0.200	12.6	10.4	13.2	65.3	Ss-1*2 （ケース6）	65.3	動的 地震荷重
72.5	C	-1.80	29.9	28.2	27.9	92.9	Ss-2 （ケース6）	92.9	動的 地震荷重
65.0	D	-2.20	46.4	48.1	-53.2	178	Ss-2 （ケース6）	178	動的 地震荷重
56.5	E	-9.10	50.9	70.5	-102	326	Ss-2 （ケース6）	326	動的 地震荷重
48.0	F	17.2	200	223	66.9	325	Ss-2 （ケース6）	325	動的 地震荷重

注記＊1：鉛直荷重を考慮した値。
　　＊2：入力地震動の組合せはNS＋鉛直。
注：下線部は断面算定に用いた値を示す。

記号の説明
Ｎ：軸力（圧縮を正とする。）

表 5－4　筒身応力

標高 T.M.S.L. (m)	部材間	鉛直荷重		風荷重*1				地震荷重					評価用応力*1		
				90° 方向		45° 方向		静　的		動　的*1, *2					
		N (kN)	M (kN･m)	N (kN)	M (kN･m)	N (kN)	M (kN･m)	N (kN)	M (kN･m)	N (kN)	M (kN･m)	地震動（ケース）	N (kN)	M (kN･m)	荷重
85.0															
	A－B	31.0	—	26.0	105	26.0	105	—	130	21.7	1090	Ss-2 (ケース6)	21.7	1090	動的地震荷重
80.0															
	B－C	200	—	172	649	172	649	—	479	152	2720	Ss-2 (ケース6)	152	2720	動的地震荷重
72.5															
	C－D	239	—	206	1640	206	1640	—	569	209	2530	Ss-1*3 (ケース6)	209	2530	動的地震荷重
65.0															
	D－E	269	—	269	3270	269	3270	—	1060	256	3630	Ss-2 (ケース6)	256	3630	動的地震荷重
56.5															
	E－F	322	—	322	5410	322	5410	—	1400	355	4660	Ss-2 (ケース3)	322	5410	風荷重
48.0															
	F－G	502	—	432	5410	432	5410	—	3620	477	5760	Ss-2 (ケース3)	477	5760	動的地震荷重
39.0															

注記＊1：鉛直荷重を考慮した値。
＊2：時刻歴評価に基づく応力を示す。
＊3：入力地震動の組合せはNS＋鉛直。
注：下線部は断面算定に用いた値を示す。

記号の説明
N：軸力（圧縮を正とする。）
M：曲げモーメント

6. 断面算定

6.1 概要

表 5－1～表 5－4 の評価用応力に対して各部材の断面算定を行う。

各部材は，「鋼構造設計規準」，「鋼構造座屈設計指針」及び「煙突構造設計指針」に準拠して算定する。

6.2 鉄塔部材断面算定

鉄塔部材の代表部材についての断面算定結果を以下に示す。

主柱材の断面算定　　表 6－1

斜材の断面算定　　表 6－2

水平材の断面算定　　表 6－3

なお，各表に記載した共振風速は個材振動の判定に用いるものであり，いずれの部材についても個材振動は発生しないことを確認している。（詳細は別紙 1「共振風速及び渦励振について」参照。）

6.3 筒身部材断面算定

筒身部材の断面算定結果を表 6－4 に示す。

なお，断面性能の算定には腐食代 2mm を考慮する。また，表 6－4 に記載した共振風速は渦励振の判定に用いており，渦励振による風直交方向荷重を考慮した断面算定を行う。（詳細は別紙 1「共振風速及び渦励振について」参照。）

表 6－1　主柱材の断面算定（STK490[STK50]）

標高 T.M.S.L. (m)	部材間	評価用応力			使用部材				ℓ_k	λ	f_c	f_b	σ_c	σ_b	$\frac{\sigma_c}{f_c}+\frac{\sigma_b}{f_b}$	共振風速 V_r*
		N (kN)	M (kN･m)	地震動（ケース）	寸法 (mm)	A ($\times10^2$mm^2)	Z ($\times10^3$mm^3)	i (mm)	(mm)		(N/mm^2)	(N/mm^2)	(N/mm^2)	(N/mm^2)		(m/s)
80.0																
	B－C	21.6	27.3	Ss-2（ケース6）	φ318.5× 6	58.91	452	111	3750	34	339	357	3.7	60.4	0.19	175
72.5																
	C－D	1100	110	Ss-2（ケース6）	φ406.4× 6.4	80.42	792	141	3750	27	345	357	136.8	138.9	0.79	414
65.0																
	D－E	2930	168	Ss-2（ケース6）	φ508.0× 7.9	124.1	1530	177	4250	24	348	357	236.1	109.9	0.99	504
56.5																
	E－F	5470	618	Ss-2（ケース6）	φ609.6×16	298.4	4320	210	4250	20	350	357	183.4	143.1	0.93	719
48.0																
	F－G	7630	729	Ss-2（ケース6）	φ711.2×19	413.2	6960	245	7880	32	341	357	184.7	104.8	0.84	284
40.2																

注記＊：式(1. 2)による検討を示す。

注：許容応力度は材料強度評価に基づく。

記号の説明

N：軸力	λ：細長比（ℓ_k / i）
M：曲げモーメント	f_c：圧縮応力度に対する許容値（建築基準法に基づく鋼材の材料強度（F値の1.1倍）による）
A：断面積	f_b：曲げ応力度に対する許容値（建築基準法に基づく鋼材の材料強度（F値の1.1倍）による）
Z：断面係数	σ_c：圧縮応力度（N/A，圧縮を正とする）
i：断面二次半径	σ_b：曲げ応力度（M/Z）
ℓ_k：座屈長さ	

表 6－2　斜材の断面算定（STK490[STK50]）

標高 T.M.S.L. (m)	部材間	評価用応力		使用部材			ℓ_k	λ	f_c	σ_c	$\frac{\sigma_c}{f_c}$	共振風速 V_r *1
		N (kN)	地震動（ケース）	寸法 (mm)	A ($\times 10^2 mm^2$)	i (mm)	(mm)		(N/mm^2)	(N/mm^2)		(m/s)
80.0												
	B－C	699	Ss-1*2（ケース6）	φ216.3× 4.5	29.94	74.9	4540	61	300	233.5	0.78	35
72.5												
	C－D	807	Ss-1*2（ケース6）	φ267.4× 6	49.27	92.4	4610	50	319	163.8	0.52	52
65.0												
	D－E	995	Ss-2（ケース3）	φ355.6× 7.9	86.29	123	5090	41	331	115.4	0.35	118
56.5												
	E－F	1190	Ss-2（ケース3）	φ406.4×12.7	157.1	139	5160	37	336	75.8	0.23	149
48.0												
	F－G	1360	Ss-2（ケース6）	φ558.8×16	272.8	192	8590	45	326	49.9	0.16	103
40.2												

注記＊1：式(1. 2)による検討を示す。

＊2：入力地震動の組合せはNS＋鉛直。

注：許容応力度は材料強度評価に基づく。

記号の説明

N：軸力　　λ：細長比（ℓ_k / i）

A：断面積　　f_c：圧縮応力度に対する許容値（建築基準法に基づく鋼材の材料強度（F値の1.1倍）による）

i：断面二次半径　　σ_c：圧縮応力度（N/A，圧縮を正とする）

ℓ_k：座屈長さ

表 6－3　水平材の断面算定（STK400[STK41]）

標高 T.M.S.L. (m)	部材位置	評価用応力		使用部材			ℓ_k (mm)	λ	f_c (N/mm^2)	σ_c (N/mm^2)	$\frac{\sigma_c}{f_c}$	共振風速 V_r *1 (m/s)
		N (kN)	地震動（ケース）	寸法 (mm)	A (×10^{2}mm^2)	i (mm)						
80.0	B	65.3	Ss-1*2（ケース6）	φ216.3×4.5	29.94	74.9	2500	33	249	21.9	0.09	29
72.5	C	92.9	Ss-2（ケース6）	φ216.3×4.5	29.94	74.9	5230	70	219	31.1	0.15	26
65.0	D	178	Ss-2（ケース6）	φ318.5×6	58.91	111	2730	25	253	30.3	0.12	53
56.5	E	326	Ss-2（ケース6）	φ318.5×6	58.91	111	5730	52	236	55.4	0.24	48
48.0	F	325	Ss-2（ケース6）	φ406.4×6.4	80.42	141	3000	21	254	40.5	0.16	112

注記＊1：式(1. 2)による検討を示す。

＊2：入力地震動の組合せはNS＋鉛直。

注：許容応力度は材料強度評価に基づく。

記号の説明

N：軸力　　λ：細長比（ℓ_k / i）

A：断面積　　f_c：圧縮応力度に対する許容値（建築基準法に基づく鋼材の材料強度（F値の1.1倍）による）

i：断面二次半径　　σ_c：圧縮応力度（N/A，圧縮を正とする）

ℓ_k：座屈長さ

表 6－4　筒身部の断面算定（SMA400AP[SMA41A]）

標高 T.M.S.L. (m)	部材間	評価用応力			使用部材			${}_cf_{cr}$ (N/mm^2)	${}_bf_{cr}$ (N/mm^2)	σ_c (N/mm^2)	σ_b (N/mm^2)	$\frac{\sigma_c}{{}_cf_{cr}}+\frac{\sigma_b}{{}_bf_{cr}}$	共振風速 U_r *2 (m/s)
		N (kN)	M (kN･m)	地震動（ケース）	寸法 (mm)	A *1 (×10^{2}mm^2)	Z *1 (×10^{3}mm^3)						
85.0	A－B	21.7	1090	Ss-2（ケース6）	φ2412× 6	302	18100	168	188	0.8	60.3	0.33	34
80.0	B－C	152	2720	Ss-2（ケース6）	φ2412× 6	302	18100	168	188	5.1	150.3	0.83	
72.5	C－D	209	2530	Ss-1 *3（ケース6）	φ2412× 6	302	18100	168	188	7.0	139.8	0.79	
65.0	D－E	256	3630	Ss-2（ケース6）	φ2416× 8	454	27200	197	211	5.7	133.5	0.67	
56.5	E－F	322	5410	風荷重	φ2416× 8	454	27200	197	211	7.1	198.9	0.98	
48.0	F－G	477	5760	Ss-2（ケース3）	φ2424×12	757	45400	226	234	6.4	126.9	0.58	
39.0													

注記＊1：腐食代2mmを考慮する。

＊2：式(1．3)による検討を示す。

＊3：入力地震動の組合せはNS＋鉛直。

注：時刻歴断面算定結果を示す（Ｅ－Ｆ除く）。

記号の説明

Ｎ：軸力　　${}_cf_{cr}$：局部座屈を考慮した圧縮応力度に対する許容値（建築基準法に基づく鋼材の材料強度（Ｆ値の1.1倍）による）

Ｍ：曲げモーメント　　${}_bf_{cr}$：局部座屈を考慮した曲げ応力度に対する許容値（建築基準法に基づく鋼材の材料強度（Ｆ値の1.1倍）による）

Ａ：断面積　　σ_c：圧縮応力度（N/A，圧縮を正とする）

Ｚ：断面係数　　σ_b：曲げ応力度（M/Z）

7. 制震装置（オイルダンパー）支持部の評価

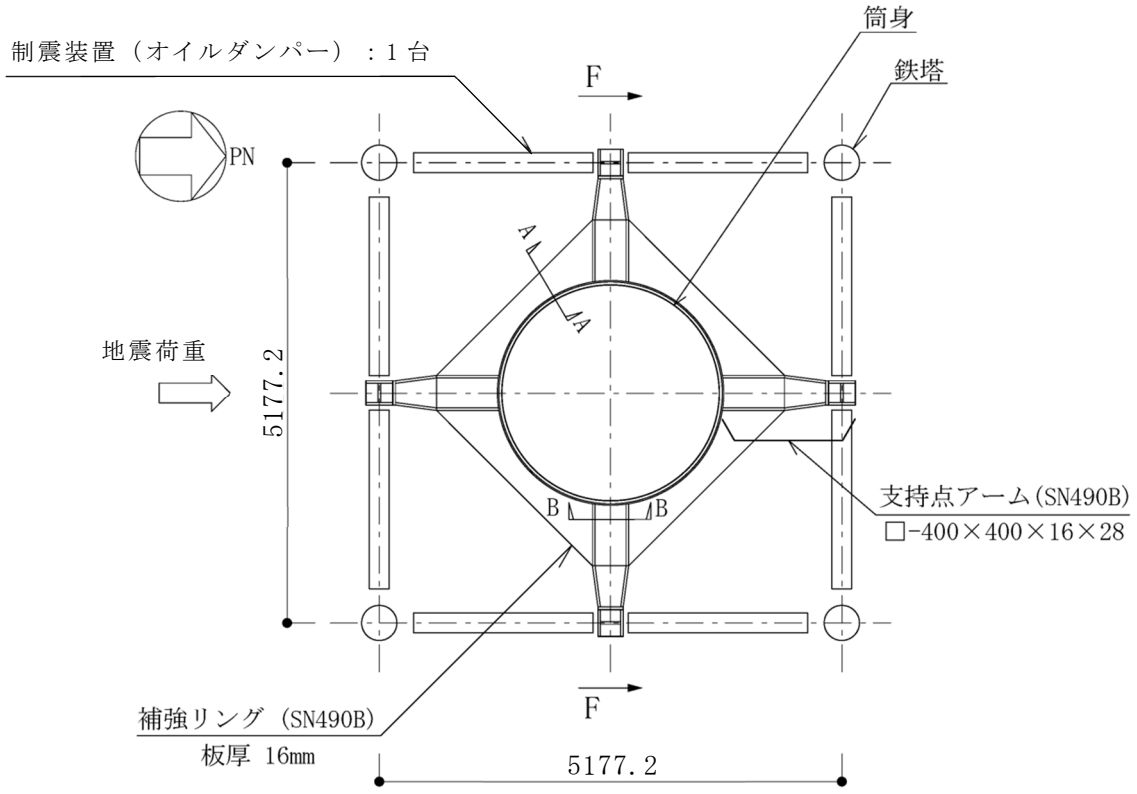
制震装置（オイルダンパー）支持部平面図及び支持点荷重を図 7－1 に示す。

制震装置（オイルダンパー）と筒身は，支持点アームの先端で接続しており，制震装置（オイルダンパー）の反力は支持点アームの先端に伝達し，筒身周囲に設けた補強リングによって抵抗させる。

制震装置（オイルダンパー）支持部の評価は，基準地震動Ｓｓによる地震荷重に対して行う。地震荷重として支持点アームに加わる荷重は，基準地震動Ｓｓによる主排気筒の地震応答解析より求まる制震装置（オイルダンパー）の反力から設定した値とする。

補強リング及び支持点アームの設計用応力は，補強リング及び支持点アームを線材置換した図 7－1 に示す 2 次元フレームモデルに，支持点荷重Ｆを作用させる静的解析に基づく最大発生応力とする。

補強リング及び支持点アームの設計用応力及び断面算定結果を表 7－1 及び表 7－2 に示す。



（単位：mm）

支持点レベル T.M.S.L.（m）	支持点荷重F （kN／箇所）	地震動[組合せ] （ケース）
76.25	482	Ss-1［NS＋鉛直］ （ケース 6）
解析モデルに対する支持点荷重Fの載荷方法		

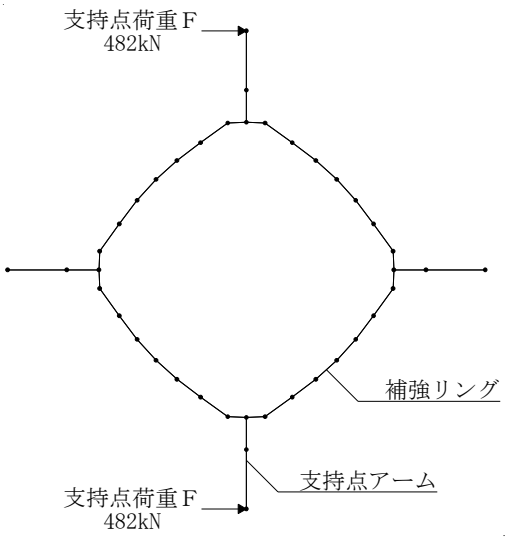
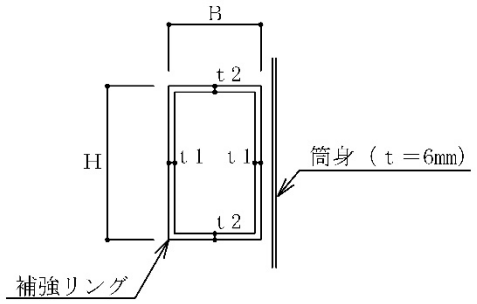


図 7－1　制震装置（オイルダンパー）部支持部平面図及び支持点荷重

表7－1　補強リングの断面算定（SN490B）

断面寸法				設計用応力（Ss-1[NS＋鉛直]（ケース6))			断面性能		
H (mm)	B (mm)	t1 (mm)	t2 (mm)	N (kN)	M (kN･m)	Q (kN)	A ($\times 10^2$ mm^2)	Z ($\times 10^3$ mm^3)	A_s ($\times 10^2$ mm^2)
400	238	16	16	344	133	172	194	1520	65.9

応力度			許容応力度			許容応力度比	
σ_c (N/mm^2)	σ_b (N/mm^2)	τ (N/mm^2)	f_c (N/mm^2)	f_b (N/mm^2)	f_s (N/mm^2)	$\frac{\sigma_c}{f_c}+\frac{\sigma_b}{f_b}$	$\frac{\tau}{f_s}$
17.8	87.5	26.2	325	325	187	0.33	0.15



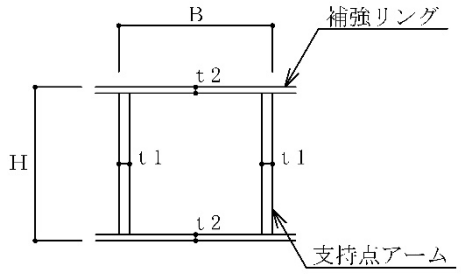
補強リング断面図（図7－1中 A-A断面）

記号の説明

H	：補強リング高さ
B	：補強リング幅
t1，t2	：補強リング板厚
N	：軸力
M	：曲げモーメント
Q	：せん断力
A	：断面積
Z	：断面係数
A_s	：せん断断面積
σ_c	：圧縮応力度
σ_b	：曲げ応力度
τ	：せん断応力度
f_c	：許容圧縮応力度
f_b	：許容曲げ応力度
f_s	：許容せん断応力度

表 7－2　支持点アームの断面算定（SN490B）

断面寸法				設計用応力（Ss-1[NS＋鉛直]（ケース 6)）		断面性能		応力度		許容応力度		許容応力度比	
H (mm)	B (mm)	t 1 (mm)	t 2 (mm)	M (kN･m)	Q (kN)	Z ($\times 10^3$ mm^3)	A_s ($\times 10^2$ mm^2)	σ_b (N/mm^2)	τ (N/mm^2)	f_b (N/mm^2)	f_s (N/mm^2)	$\frac{\sigma_b}{f_b}$	$\frac{\tau}{f_s}$
400	400	28	16	472	482	4420	110	107	43.9	325	187	0.33	0.24



支持点アーム断面図（図7－1中 B-B断面）

記号の説明

H	：支持点アーム高さ
B	：支持点アーム幅
t 1，t 2	：支持点アーム板厚
M	：曲げモーメント
Q	：せん断力
Z	：断面係数
A_s	：せん断断面積
σ_b	：曲げ応力度
τ	：せん断応力度
f_b	：許容曲げ応力度
f_s	：許容せん断応力度

8.　基礎の評価

8.1　基礎の概要

主排気筒の基礎は，原子炉建屋と一体となった鉄骨鉄筋コンクリート造の立上り部である。主排気筒の基礎の概要図を図 8－1 に，主排気筒の基礎の詳細図を図 8－2 に，筒身部基礎の詳細図を図 8－3 に示す。

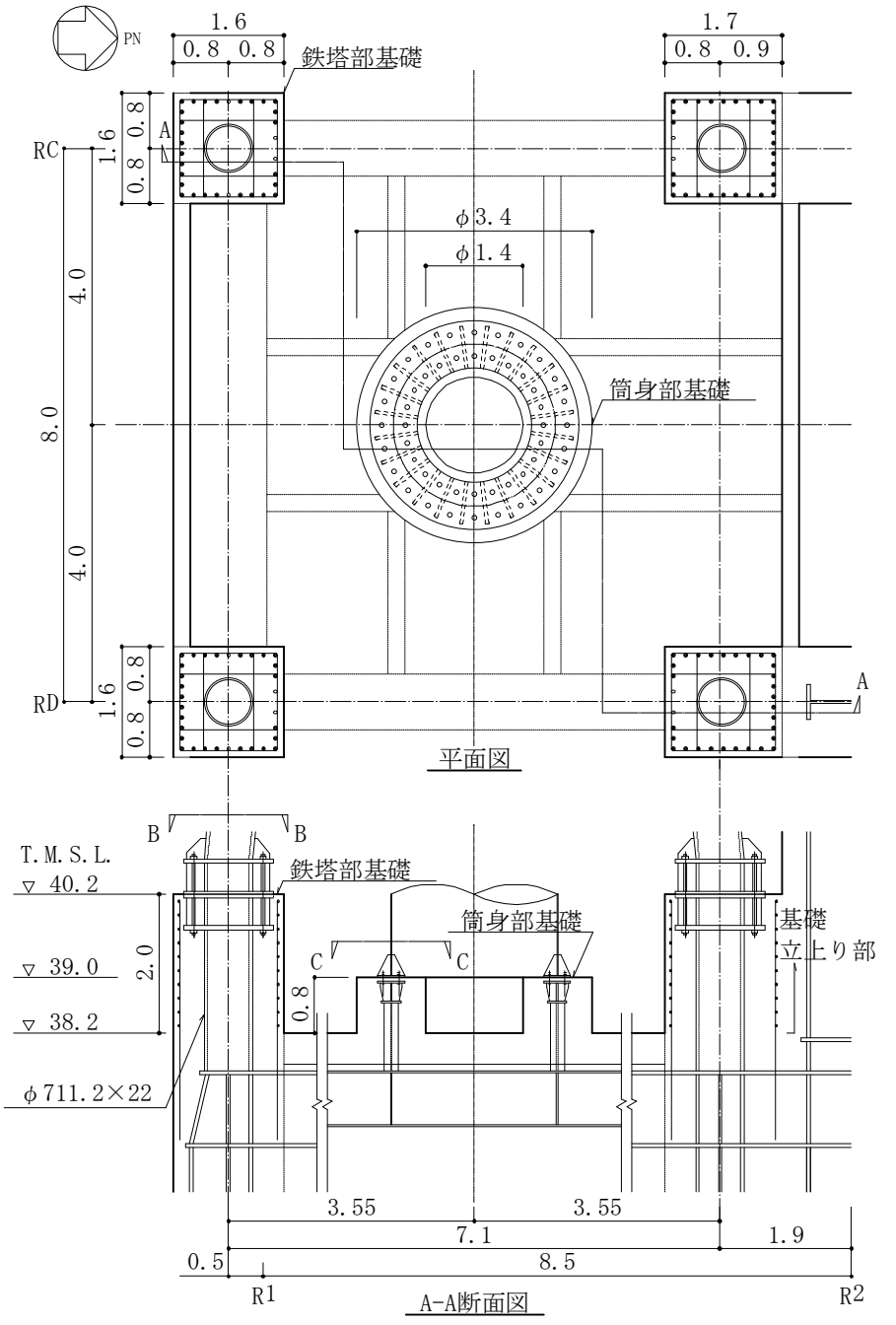


図 8－1　主排気筒の基礎の概要図（単位：m）

K7 ① V-2-7-2-1（Ⅱ）R1

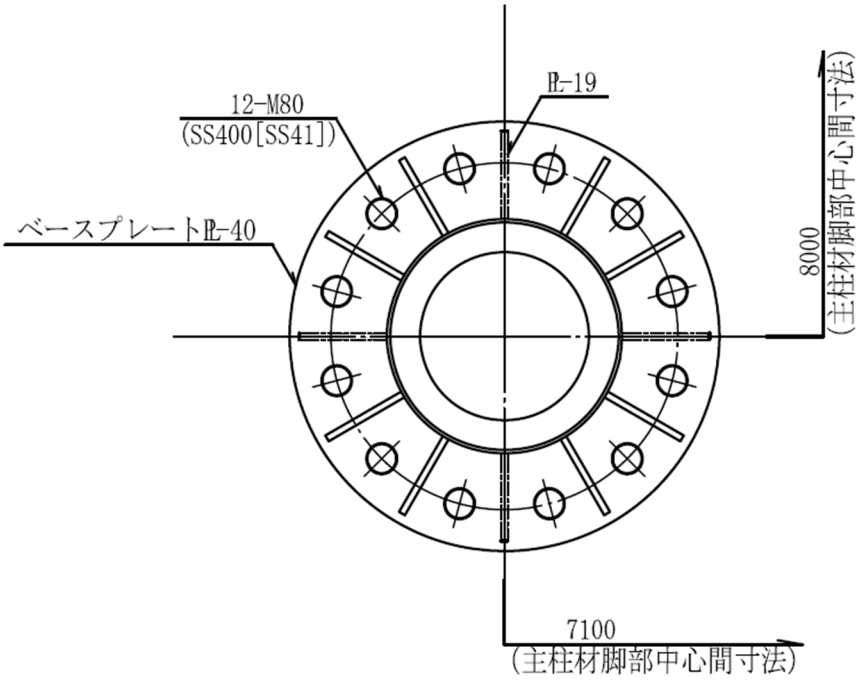


図 8－2　鉄塔部基礎の詳細図（Ｂ－Ｂ矢視，単位：mm）

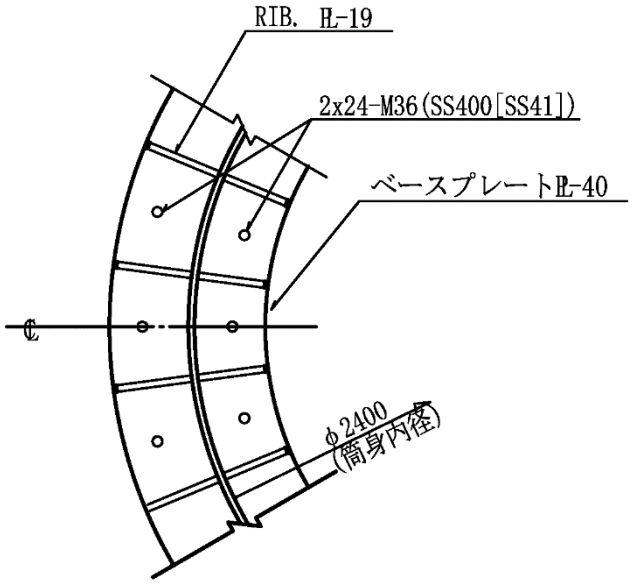


図 8－3　筒身部基礎の詳細図（Ｃ－Ｃ矢視，単位：mm）

8.2　荷重及び荷重の組合せ

主排気筒の基礎は，風荷重又は地震荷重の大きい方と主排気筒より受ける鉛直荷重を組合せたもののうち，最も不利な組合せを考慮する。基礎が主排気筒より受ける荷重を表 8－1 に示す。

表 8－1　基礎が主排気筒より受ける荷重

			鉛直荷重	水平荷重					評価用荷重*
				風荷重*		地震荷重			
				90° 方向	45° 方向	静的	動的*		
鉄塔部基礎	引張側軸力	(kN)	249	-756	-1850	-2440	-8940	Ss-2（ケース6）	-8940 (動的地震荷重)
	圧縮側軸力	(kN)	345	1490	1630	2440	9770		9770 (動的地震荷重)
	水平力	(kN)	50.8	387	551	522	1890		1890 (動的地震荷重)
	曲げモーメント	(kN･m)	14.2	84.4	98.9	46.3	346		346 (動的地震荷重)
筒身部基礎	圧縮側軸力	(kN)	407	568	568	—	904	Ss-2（ケース6）	904 (動的地震荷重)
	水平力	(kN)	—	507	487	208	892		892 (動的地震荷重)
	曲げモーメント	(kN･m)	—	431	399	3620	2040		2040 (動的地震荷重)

注記＊：鉛直荷重を考慮した値。
注1：軸力は圧縮を正とする。
　2：下線部は最大となる応力を示す。

8.3　基礎の評価

(1)　鉄塔部

a.　基礎ボルトの評価

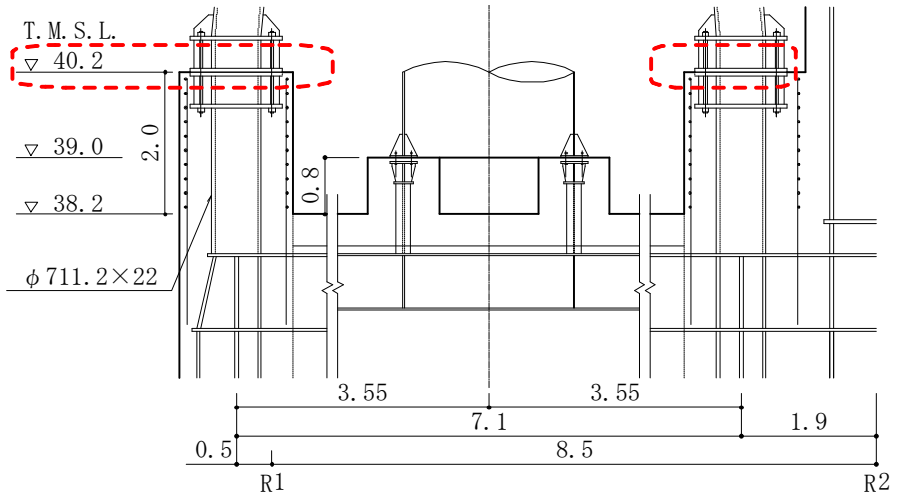
(a)　評価用応力

評価用応力を表 8－2 に示す。基礎ボルトの評価用応力は，地震応答解析の結果より設定する。

表 8－2　評価用応力

	軸力 N （kN）	曲げモーメント M （kN･m）	せん断力 Q （kN）	地震動 （ケース）
基準地震動Ｓｓ による地震力	-8940	346	1890	Ss-2 （ケース 6）

鉄塔部基礎ボルトの評価位置（T.M.S.L. 40.2，赤枠部）（単位：m）



注：軸力は圧縮を正とする。

(b)　評価結果

軸力，曲げモーメント及びせん断力を考慮する。なお，せん断力は各基礎ボルトに均等に作用するものとする。基礎ボルトの諸元を表 8－3 に，鉄塔の断面性能を表 8－4 に示す。

表 8－3　基礎ボルトの諸元

材料	基礎ボルト 本数 n	ねじ部 公称径 d_0 (mm)	ねじ部 有効断面積 A_0 ($\times 10^2$ mm^2)
ボルト (SS400[SS41])	12	80	43.40*

注記＊：細目ねじとする。（M80×6）

表 8－4　鉄塔の断面性能　（主柱材：φ711.2×19）

断面積 A （$\times 10^2$ mm^2）	断面係数 Z （$\times 10^3$ mm^3）
413.2	6960

（基準地震動Ｓｓによる地震力に対する評価）

・鉄塔の引張応力度

$$\sigma_t = \frac{M}{Z} - \frac{N}{A} = 266.07 \text{ N/mm}^2$$

・基礎ボルト 1 本当たりの引張力　　$T_a = \frac{\sigma_t \cdot A}{n} = 916.2 \text{ kN}$

・基礎ボルト 1 本当たりのせん断力　　$Q_a = \frac{Q}{n} = 157.5 \text{ kN}$

・引張応力度　　$\sigma = \frac{T_a}{A_0} = 212 \text{ N/mm}^2 < 236^* \text{ N/mm}^2$　可

・せん断応力度　　$\tau = \frac{Q_a}{A_0} = 36.3 \text{ N/mm}^2 < 236 \text{ N/mm}^2 \times \frac{1}{\sqrt{3}} = 136 \text{ N/mm}^2$　可

注記＊：許容引張応力度（f_{ts}）$= 1.4 f_{t0} - 1.6\tau = 1.4 \times 236 - 1.6 \times 36.3$

$= 272 \text{ N/mm}^2$ かつ 236 N/mm^2 以下

$\rightarrow f_{ts} = 236 \text{ N/mm}^2$

ここで,

T_a　：基礎ボルト 1 本当たりの引張力

Q_a　：基礎ボルト 1 本当たりのせん断力

σ　：引張応力度

τ　：せん断応力度

f_{ts}：せん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力度（鋼構造設計規準に基づく）

f_{t0}：ボルト（SS400[SS41]，M80）の許容引張応力度＝215×1.1＝236 N/mm^2（鋼構造設計規準に基づく）

b.　基礎立上り部の評価

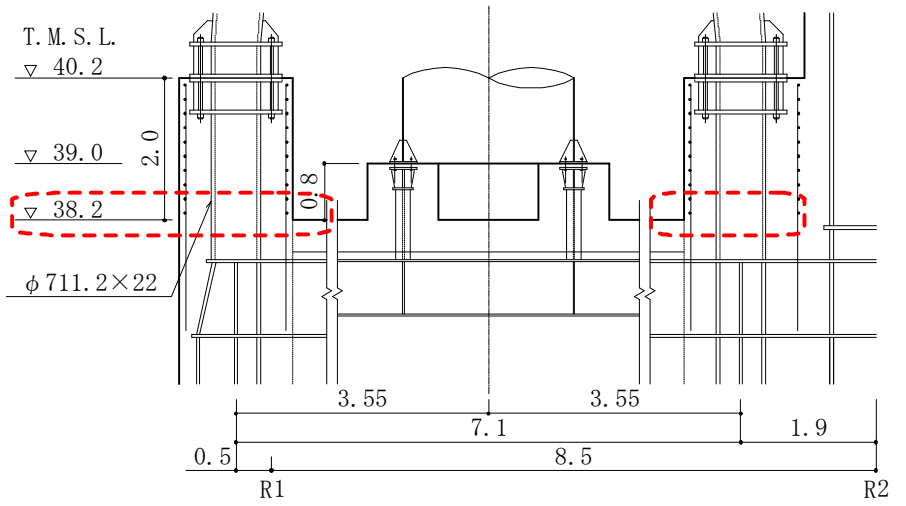
(a)　評価用応力

評価用応力を表 8－5 に示す。基礎立上り部の評価用応力は，地震応答解析の結果より設定する。

表 8－5　評価用応力

		軸力 N （kN）	曲げモーメント M （kN･m）	せん断力 Q （kN）	地震動 （ケース）
基準地震動Ｓｓによる地震力	引張側	-8940	3470	1890	Ss-2 （ケース 6）
	圧縮側	9770			

鉄塔部基礎立上り部の評価位置（T.M.S.L. 38.2，赤枠部）（単位：m）



注：軸力は圧縮を正とする。

(b) 評価結果

基礎は引張側より応力が支配的な圧縮側にて検討する。なお，曲げモーメント及びせん断力については鉄筋コンクリート部が負担し，軸力については鉄骨柱が負担するものと考える。

鉄骨柱の諸元を表 8－6 に，鉄塔部基礎の断面性能を表 8－7 に示す。基礎寸法は 2 種類（1.6m×1.6m 及び 1.6m×1.7m）あるが，ここでは断面性能の低い基礎（1.6m×1.6m）について評価を実施する。

表 8－6　鉄骨柱の諸元（φ711.2×22）

断面積 ${}_{s}A$ （$\times 10^2$ mm^2）	断面係数 ${}_{s}Z$ （$\times 10^3$ mm^3）
476.3	7960

表 8－7　鉄塔部基礎の断面性能

断面積 A （$\times 10^2$ mm^2）	断面係数 Z （$\times 10^3$ mm^3）
20860	10234.3

注：基礎寸法 1.6m×1.6m

（基準地震動Ｓｓによる地震力に対する評価）

・ 鉄筋コンクリート部主筋の応力度

$$\sigma_t = \frac{M}{Z} = 340 \text{ N/mm}^2 < 345 \times 1.1 = 379 \text{ N/mm}^2 \quad \text{可}$$

・ コンクリートのせん断応力度

$$\tau = \frac{Q}{A} = 0.907 \text{ N/mm}^2 < 1.21 \text{ N/mm}^2 \quad \text{可}$$

・ 鉄骨柱の応力度

$$\sigma_c = \frac{N}{{}_{s}A} = 206 \text{ N/mm}^2 < 325 \times 1.1 = 357 \text{ N/mm}^2 \quad \text{可}$$

ここで，

σ_t ：鉄筋コンクリート部主筋の応力度

τ ：コンクリートのせん断応力度

σ_c ：鉄骨柱の応力度

(2)　筒身部

a.　基礎ボルトの評価

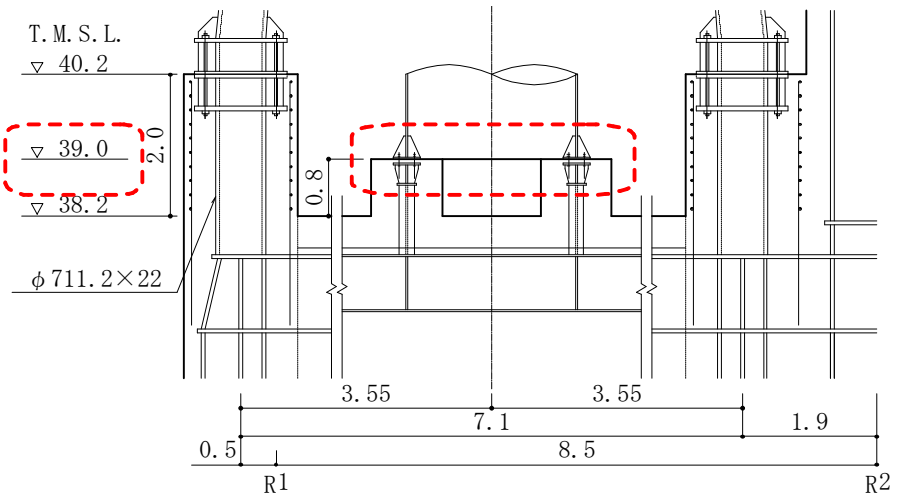
(a)　評価用応力

基礎ボルトの評価用応力を表 8－8 に示す。基礎ボルトの評価用応力は，地震応答解析の結果より設定する。

表 8－8　基礎ボルトの評価用応力

	軸力 N （kN）	曲げモーメント M （kN･m）	せん断力 Q （kN）	地震動 （ケース）
基準地震動Ｓｓ による地震力	-201	2040	892	Ss-2 （ケース 6）

筒身部基礎ボルトの評価位置（T.M.S.L. 39.0，赤枠部）（単位：m）



注：軸力は圧縮を正とする。

(b)　評価結果

軸力，曲げモーメント及びせん断力について考慮する。なお，せん断力は各基礎ボルトに均等に作用するものとする。基礎ボルトの諸元を表 8－9 に，筒身の断面性能を表 8－10 に示す。

表 8－9　基礎ボルトの諸元

材料	基礎ボルト 本数 n	ねじ部 公称径 d_0 （mm）	ねじ部 有効断面積 A_0 （$\times 10^2$ mm^2）
SS400[SS41]	2×24	36	8.17*

注記＊：並目ねじとする。（M36×4）

表 8－10　筒身の断面性能

断面積 A （$\times 10^2$ mm^2）	断面係数 Z （$\times 10^3$ mm^3）
757	45400

（基準地震動Ｓｓによる地震力に対する評価）

・筒身の引張応力度

$$\sigma_t = \frac{M}{Z} - \frac{N}{A} = 47.59 \text{ N/mm}^2$$

・基礎ボルト 1 本当たりの引張力　　$T_a = \frac{\sigma_t \cdot A}{n} = 75.1$ kN

・基礎ボルト 1 本当たりのせん断力　　$Q_a = \frac{Q}{n} = 18.6$ kN

・引張応力度　　$\sigma = \frac{T_a}{A_0} = 92 \text{ N/mm}^2 < 258^* \text{ N/mm}^2$　可

・せん断応力度　　$\tau = \frac{Q_a}{A_0} = 22.8 \text{ N/mm}^2 < 258 \text{ N/mm}^2 \times \frac{1}{\sqrt{3}} = 148 \text{ N/mm}^2$　可

注記＊：許容引張応力度（f_{ts}）$= 1.4 f_{t0} - 1.6\tau = 1.4 \times 258 - 1.6 \times 22.8$
$= 324$ N/mm^2 かつ 258 N/mm^2 以下
$\rightarrow f_{ts} = 258$ N/mm^2

ここで,

T_a　：基礎ボルト 1 本当たりの引張力

Q_a　：基礎ボルト 1 本当たりのせん断力

σ　：引張応力度

τ　：せん断応力度

f_{ts}：せん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力度（鋼構造設計規準に基づく）

f_{t0}：ボルト（SS400[SS41]）の短期許容引張応力度　$= 235 \times 1.1 = 258$N/mm^2（鋼構造設計規準に基づく）

9. SGTS 用排気筒の評価

9.1 SGTS 用排気筒部の評価

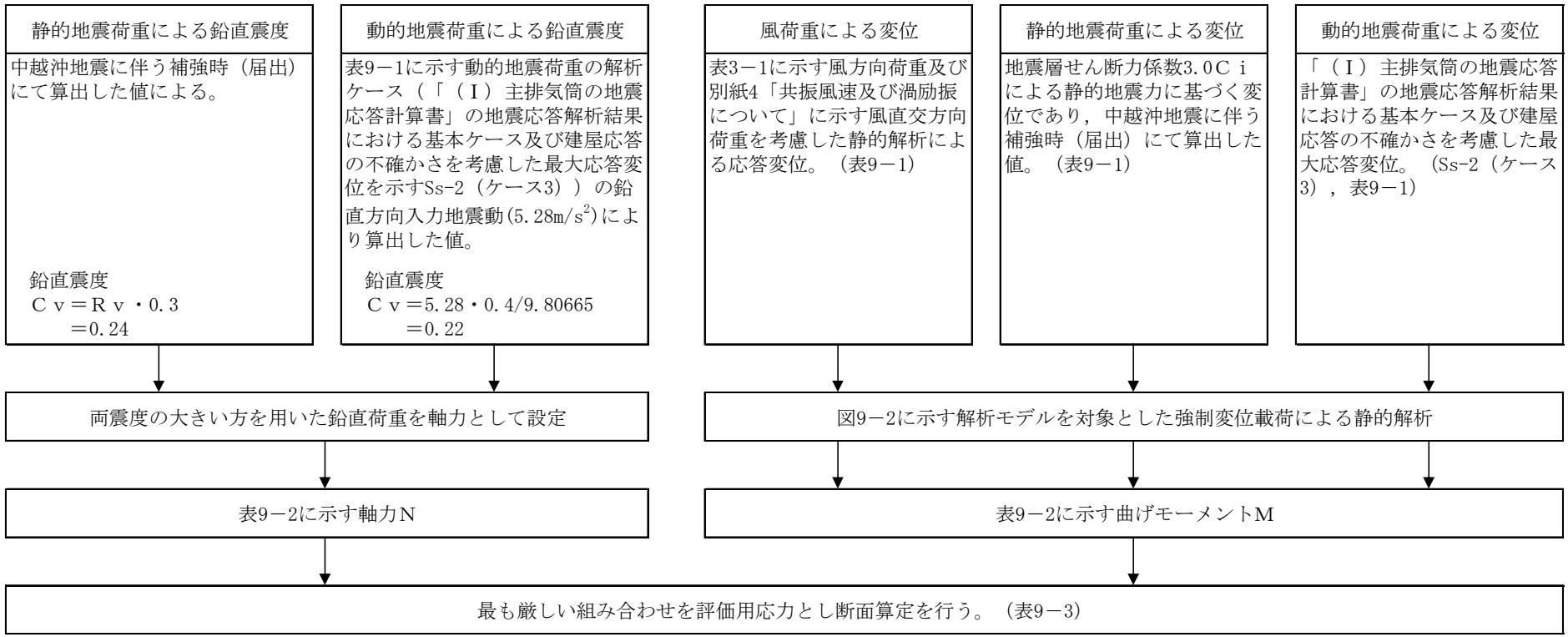
SGTS 用排気筒は，筒身に支持されている。SGTS 用排気筒の剛性は筒身の剛性に比べて小さいので，変形は筒身の変形に追従する。したがって，筒身の変位を SGTS 用排気筒に強制的に与えることにより応力を算出し，最大応力で断面の算定を行う。また，SGTS 用排気筒の各支持点間での 1 次固有振動数は高いので，筒身と共振することはない。

SGTS 用排気筒部の評価の概要を図 9－1 に示す。

SGTS 用排気筒部の評価用応力のうち，曲げモーメントについては，風荷重及び地震荷重による強制変位載荷により算出し，各部材間で最大となる応力を設定する。詳細には，表 9－1 に示す筒身脚部（T.M.S.L 38.2m）に対する相対変位を図 9－2 に示す解析モデルに対し強制載荷する。このとき，動的地震荷重による変位は，「（Ⅰ）主排気筒の地震応答計算書」の地震応答解析結果による基本ケース及び建屋応答の不確かさを考慮した最大応答変位である。また，静的地震荷重による変位は，地震層せん断力係数 3.0Ｃｉによる静的地震力に基づく変位であり，中越沖地震に伴う補強時（届出）にて算出した値を用いる。風荷重による変位は，表 3－1 に示す風方向荷重及び別紙 1「共振風速及び渦励振について」に示す風直交方向荷重を考慮した静的解析による応答変位である。

軸力については，地震荷重による鉛直震度により算出し，各部材間で最大となる応力を設定する。このとき，動的荷重による鉛直震度は，表 9－1 に示す動的地震荷重の解析ケース（Ss-2（ケース 3））における入力地震動（T.M.S.L. 38.2m における原子炉建屋の鉛直方向応答加速度）により算出する。静的地震荷重による震度は，鉛直震度 0.3 を基準とし，建物・構築物の振動特性，地盤の種類等を考慮して設定しており，中越沖地震に伴う補強時（届出）にて算出した値を用いる。

図 9－3 に筒身部及び SGTS 用排気筒概要を，表 9－2 に SGTS 用排気筒応力及び表 9－3 に断面算定の結果を示す。なお，断面性能の算定には，保守的に腐食代を筒身部内側に 2mm を考慮する。



注：Ｒｖ：鉛直方向振動特性係数（0.8）

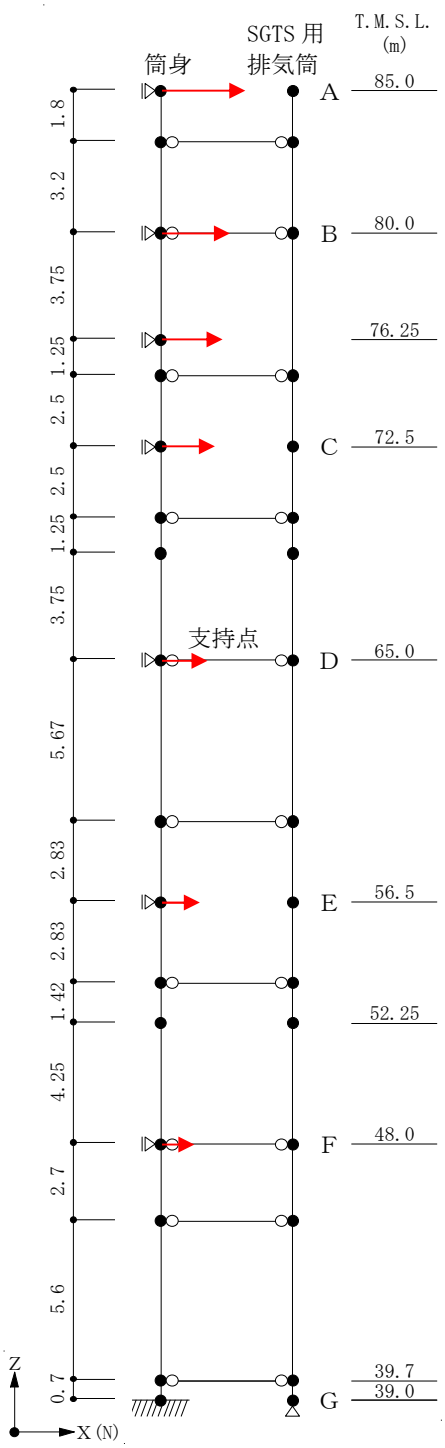
図 9－1　SGTS 用排気筒部の評価の概要

表 9－1　最大応答変位（SGTS 用）

（単位：mm）

支持点	標　高 T.M.S.L. (m)	風荷重		地震荷重	
		90° 方向*1	45° 方向	静　的	動　的*2
A	85.0	266	264	201	308
B	80.0	221	219	166	249
制震装置支持部	76.25	187	185	140	207
C	72.5	154	152	115	169
D	65.0	92.0	91.1	73.1	102
E	56.5	35.8	35.2	35.1	42.9
F	48.0	4.79	4.54	10.5	12.5

注記＊1：NS方向に対する風荷重載荷時の値を示す。
　　＊2：ケース3（Ss-2）の最大応答変位を示す。



注：強制変位の入力イメージを赤矢印で示す。

図 9－2　解析モデル

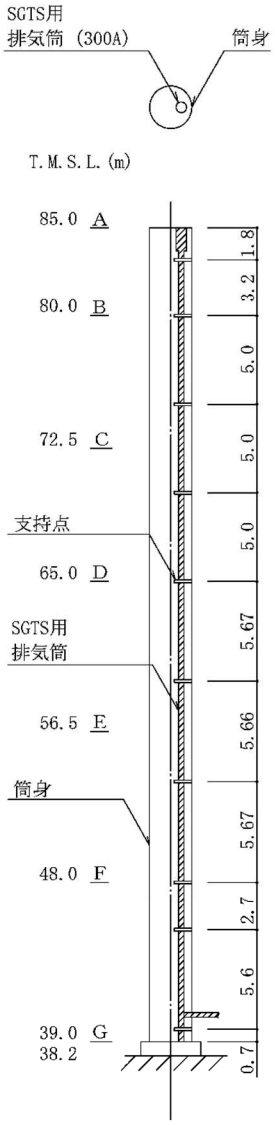


図 9－3　SGTS 用排気筒概要
（単位：m）

表 9－2　評価用応力

部材間	軸力N(kN)		曲げモーメント M (kN･m)			評価用応力	
	地震荷重		風荷重	地震荷重		N	M
	静的	動的		静的	動的*1,*2	(kN)	(kN･m)
A－B	7.17	7.06	0.898	1.16	4.38	7.17	4.38
B－C	14.9	14.7	2.90	3.55	6.90	14.9	6.90
C－D	22.6	22.3	4.72	3.92	6.03	22.6	6.03
D－E	31.2	30.7	8.69	4.70	10.5	31.2	10.5
E－F	39.9	39.2	11.2	5.14	10.6	39.9	11.2
F－G	51.4	50.6	11.2	6.73	7.99	51.4	11.2

注記＊1：鉛直荷重を考慮した値。
＊2：建屋応答の不確かさを考慮した値であり，Ss-2（ケース3）による。
注：下線部は断面算定に用いた値を示す。

表 9－3　SGTS 用排気筒の断面の算定結果（STPT410[STPT42]）

部材間	部材長 (m)	評価用応力		使用部材				ℓ_k (mm)	λ	f_c (N/mm^2)	f_b (N/mm^2)	σ_c (N/mm^2)	σ_b (N/mm^2)	$\frac{\sigma_c}{f_c}+\frac{\sigma_b}{f_b}$
		N (kN)	M (kN･m)	寸法 (mm)	A ($\times 10^2$mm^2)	Z ($\times 10^3$mm^3)	i (mm)							
A－B	3.20	7.17	4.38	300A×10.3	80.9	611	110.0	3200	29	232	245	0.9	7.2	0.04
B－C	5.00	14.9	6.90					5000	45	216	245	1.9	11.3	0.06
C－D	5.00	22.6	6.03					5000	45	216	245	2.8	9.9	0.06
D－E	5.67	31.2	10.5					5670	52	207	245	3.9	17.2	0.09
E－F	5.67	39.9	11.2					5670	52	207	245	5.0	18.4	0.10
F－G	5.60	51.4	11.2					5600	51	208	245	6.4	18.4	0.11

記号の説明

N：軸力　　λ：細長比（ℓ_k / i）

M：曲げモーメント　　f_c：圧縮応力度に対する許容値

A：断面積　　f_b：曲げ応力度に対する許容値

Z：断面係数　　σ_c：圧縮応力度（N/A，圧縮を正とする）

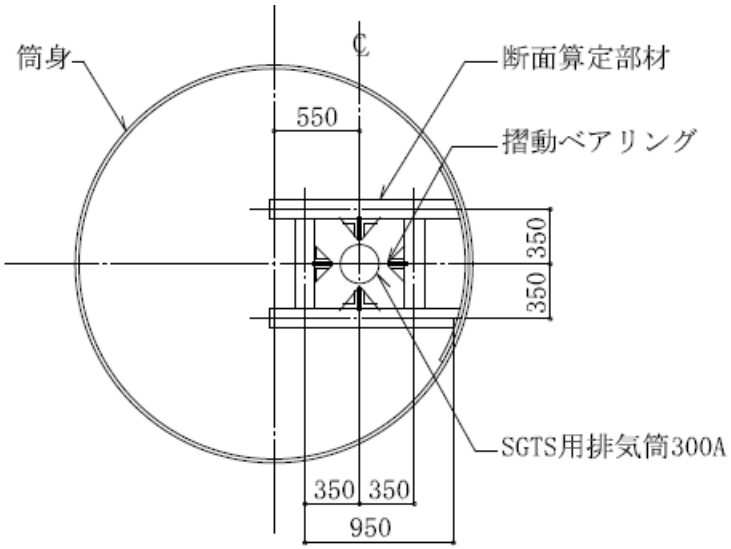
i：断面二次半径　　σ_b：曲げ応力度（M/Z）

ℓ_k：座屈長さ

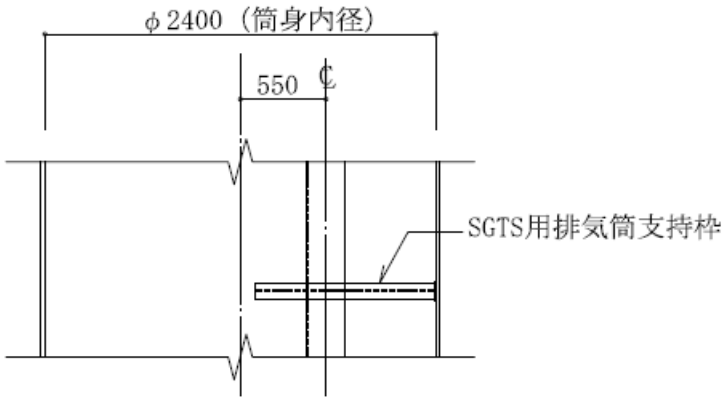
9.2　支持部の評価

SGTS 用排気筒の支持部は図 9－4 に示すとおり，筒身に SGTS 用排気筒を水平方向に支持する構造である。

支持部は筒身内面からの片持ち部材を主とする構造である。評価においては SGTS 用排気筒支持レベルにおける筒身の基準地震動Ｓｓに対する加速度応答を考慮する。断面算定は支持部を構成する部材について行っているが，ここでは支持部構成部材のうち，片持ち部材の材軸に対し直交方向に地震荷重が作用する場合について断面算定を行う。詳細には，表 9－4 に示す荷重を考慮した静的応力解析を行い，解析結果に基づく断面算定を行う。荷重の載荷方法を図 9－5 に，SGTS 用排気筒支持部断面の算定結果を表 9－5 に示す。



平面図



断面図

図 9－4　支持部の概要（単位：mm）

表 9－4　荷重

(a)　水平震度算定に用いた応答加速度

T.M.S.L. (m)	加速度 (m/s^2)	地震動[組合せ] (ケース)	備考
85.0	72.9	Ss-1[NS＋鉛直] (ケース 2)	当該レベルの 最大加速度応答
83.2	64.8	(線形補間結果)	荷重算定の際に 水平震度として考慮
80.0	50.2	Ss-1[NS＋鉛直] (ケース 6)	当該レベルの 最大加速度応答

(b)　荷重算定表

T.M.S.L. (m)	固定荷重 (t)	水平震度	固定荷重 ×水平震度(t)	評価用荷重F (kN)
83.2	0.45	6.61	3.00	29.42

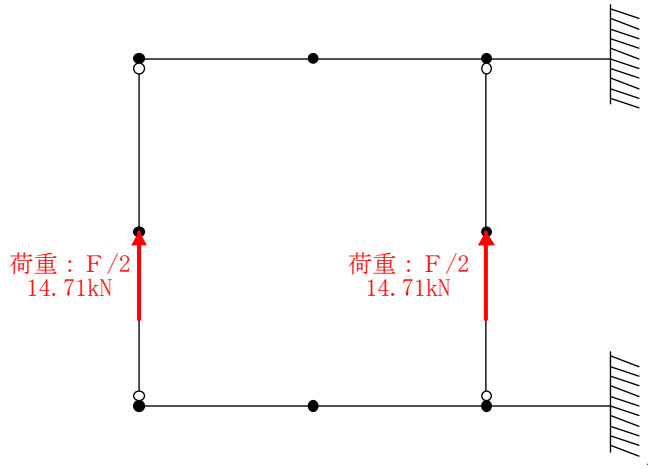


図 9－5　荷重の載荷方法

表 9－5　SGTS 用排気筒の支持部断面の算定結果（SS400[SS41]）

部材長 (m)	評価用応力		使用部材				ℓ_k (mm)	λ	f_c (N/mm^2)	f_b (N/mm^2)	σ_c (N/mm^2)	σ_b (N/mm^2)	$\frac{\sigma_c}{f_c}+\frac{\sigma_b}{f_b}$
	N (kN)	M (kN･m)	寸法 (mm)	A ($\times 10^2$mm^2)	Z ($\times 10^3$mm^3)	i (mm)							
0.95	0.0	8.83	H-125×125×6.5×9	22.1	102.2	22.2	1900	86	158	258	0.0	86.4	0.34

記号の説明

Ｎ：軸力　　λ：細長比（ℓ_k / i）

Ｍ：曲げモーメント　　f_c：圧縮応力度に対する許容値（建築基準法に基づく鋼材の材料強度（Ｆ値の1.1倍）による）

Ａ：断面積　　f_b：曲げ応力度に対する許容値（建築基準法に基づく鋼材の材料強度（Ｆ値の1.1倍）による）

Ｚ：断面係数　　σ_c：圧縮応力度（Ｎ/Ａ，圧縮を正とする）

ｉ：断面二次半径　　σ_b：曲げ応力度（Ｍ/Ｚ）

ℓ_k：座屈長さ

10. 評価結果

以上の評価結果より主排気筒は荷重に対し，発生応力が評価基準値以内となっており十分な安全余裕を有している。

別紙1　共振風速及び渦励振について

目　　次

1.　概要 ····· 別紙 1-1
2.　検討方針 ····· 別紙 1-2
3.　渦励振の発生の有無 ····· 別紙 1-4
3.1　鉄塔部（個材の渦励振の発生の有無） ····· 別紙 1-4
3.1.1　判定方法 ····· 別紙 1-4
3.1.2　判定結果 ····· 別紙 1-6
3.1.3　実状に応じた見直しを考慮した判定結果 ····· 別紙 1-7
3.2　筒身部 ····· 別紙 1-10
4.　渦励振を考慮した場合の解析 ····· 別紙 1-11
4.1　渦励振による風直交方向荷重 ····· 別紙 1-11
4.2　解析結果 ····· 別紙 1-13

1. 概要

本資料は，Ⅴ-2-7-2-1「主排気筒の耐震性についての計算書」（以下「今回工認」という。）における断面算定表について，記載されている共振風速の設計上の取扱いを説明し，渦励振の発生の有無の確認及び渦励振による風直交方向荷重による検討について示す資料である。

2. 検討方針

主排気筒のような煙突構造物では，カルマン渦の発生周波数と構造物の固有振動数が一致する風速で，風直交方向に大きな振動（渦励振）が発生するおそれがある。この風速を共振風速として，今回工認における断面算定表に記載している。記載した共振風速を表 2－1 に示す。

鉄塔部（主柱材，斜材及び水平材）における共振風速V_rは，次式により算定する。

$$V_r = D \cdot f_L / S_t \quad \cdots\cdots (2.\ 1)$$

ここで，

D ：円形断面個材の外径(m)

f_L：個材の曲げ振動の 1 次固有振動数(Hz)

S_t：ストローハル数（円形断面につき 0.18）

なお，表 2－1 に示した鉄塔部の共振風速は，柏崎刈羽原子力発電所 7 号機『柏崎刈羽原子力発電所第 7 号機の工事計画の認可について』(3 資庁第 6675 号　平成 3 年 8 月 23 日）（以下「建設時工認（認可)」という。）にて算出した値を用いている。

筒身部における共振風速U_rは，次式により算定する。

$$U_r = 5 \cdot f_L \cdot D_m \quad \cdots\cdots (2.\ 2)$$

ここで，

f_L：風直交方向振動の 1 次固有振動数(＝2.88Hz)

D_m：円形断面を有する煙突の高さ 2H／3 における外径（＝2.416m）

H ：煙突の基準高さ（＝73.0 m）

なお，表 2－1 に示した筒身部の共振風速は，柏崎刈羽原子力発電所 7 号機『工事計画届出書』(総官発 20 第 180 号　平成 20 年 8 月 25 日）（以下「中越沖地震に伴う補強時（届出)」という。）にて算出した値を用いている。

「煙突構造設計指針」((社）日本建築学会，2007 年）に基づき，鉄塔部の個材及び筒身部に対する渦励振について検討を行う。検討フローを図 2－1 に示す。

表 2－1　今回工認における共振風速

(a)　主柱材

主柱材	部材間	共振風速 V_r (m/s)
φ318.5× 6	B－C	175
φ406.4× 6.4	C－D	414
φ508.0× 7.9	D－E	504
φ609.6×16	E－F	719
φ711.2×19	F－G	284

(b)　斜材

斜材	部材間	共振風速 V_r (m/s)
φ216.3× 4.5	B－C	35
φ267.4× 6	C－D	52
φ355.6× 7.9	D－E	118
φ406.4×12.7	E－F	149
φ558.8×16	F－G	103

(c)　水平材

水平材	部材位置	共振風速 V_r (m/s)
φ216.3×4.5	B	29
φ216.3×4.5	C	26
φ318.5×6	D	53
φ318.5×6	E	48
φ406.4×6.4	F	112

(d)　筒身部

筒身部	部材間	共振風速 U_r (m/s)
φ2412× 6	A－B	34
φ2412× 6	B－C	
φ2412× 6	C－D	
φ2416× 8	D－E	
φ2416× 8	E－F	
φ2424×12	F－G	

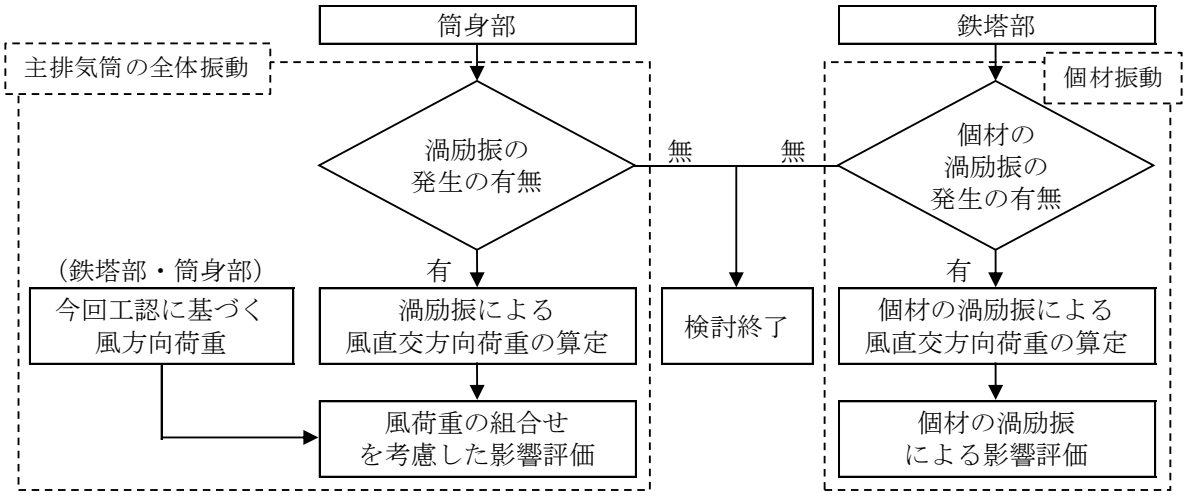


図 2－1　検討フロー

3.　渦励振の発生の有無

3.1　鉄塔部（個材の渦励振の発生の有無）

3.1.1　判定方法

鉄塔部について，個材の渦励振に関する判定フローを図 3－1 に示す。

「煙突構造設計指針」((社) 日本建築学会，2007 年）では，次式の条件を満たす個材に対して，渦励振を考慮するものとしている。

U_Z／（f_L・D）≧0.83／S_t　かつ，L／D≧15 ……(3．1)

ここで，

U_Z：個材の平均高さ Z における設計風速(m/s)，今回工認に示す基準風速(＝40.1m/s)とする。

f_L：個材の曲げ振動の 1 次固有振動数(Hz)

S_t：ストローハル数（円形断面につき 0.18）

L　：個材の長さ(m)

D　：円形断面個材の外径(m)

(3．1)式から，(3．2)式又は(3．3)式のいずれかを満たす場合は，渦励振を考慮しなくても良いと判断できる。

40.1／（f_L・D）＜0.83／S_t ……(3．2)

L／D＜15 ……(3．3)

ここで(3．2)式に(2．1)式を代入し，式変形させたものを(3．4)式に示す。

48.4＜V_r ……(3．4)

以上より，(3．3)式及び(3．4)式に基づき，個材の渦励振の発生の有無について判定する。

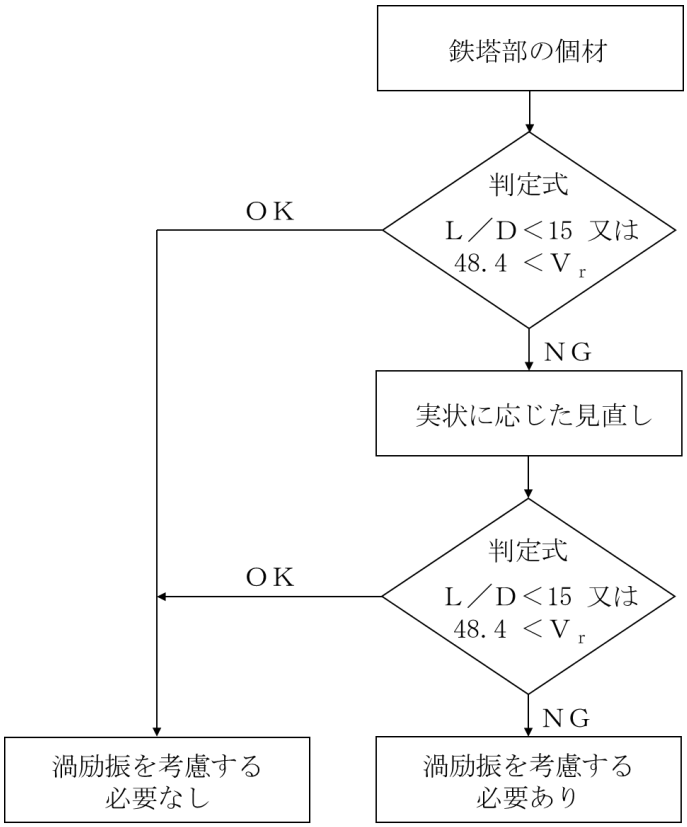


図 3－1　個材の渦励振に関する判定フロー

3.1.2　判定結果

判定結果を表 3－1 に示す。

判定の結果，一部の斜材及び水平材については，(3．3)式及び(3．4)式のいずれも満たさない。しかしながら，判定に用いた個材の長さＬや共振風速V_rは，建設時工認（認可）にて算出した保守的な値を用いている。よって，斜材及び水平材について実状に応じた見直しを行う。

表 3－1　個材の渦励振に関する判定結果

(a)　主柱材

主柱材	部材間	L (m)	D (m)	L／D	共振風速 V_r (m/s)	判定 (3．3)式 L／D＜15	判定 (3．4)式 48.4＜V_r	判定 渦励振の考慮
φ318.5× 6	B－C	3.75	0.3185	11.78	175	OK	OK	不要
φ406.4× 6.4	C－D	3.75	0.4064	9.23	414	OK	OK	不要
φ508.0× 7.9	D－E	4.25	0.5080	8.37	504	OK	OK	不要
φ609.6×16	E－F	4.25	0.6096	6.98	719	OK	OK	不要
φ711.2×19	F－G	7.88	0.7112	11.08	284	OK	OK	不要

(b)　斜材

斜材	部材間	L (m)	D (m)	L／D	共振風速 V_r (m/s)	判定 (3．3)式 L／D＜15	判定 (3．4)式 48.4＜V_r	判定 渦励振の考慮
φ216.3× 4.5	B－C	4.54	0.2163	20.99	35	NG	NG	要
φ267.4× 6	C－D	4.61	0.2674	17.25	52	NG	OK	不要
φ355.6× 7.9	D－E	5.09	0.3556	14.32	118	OK	OK	不要
φ406.4×12.7	E－F	5.16	0.4064	12.70	149	OK	OK	不要
φ558.8×16	F－G	8.59	0.5588	15.38	103	NG	OK	不要

(c)　水平材

水平材	部材位置	L (m)	D (m)	L／D	共振風速 V_r (m/s)	判定 (3．3)式 L／D＜15	判定 (3．4)式 48.4＜V_r	判定 渦励振の考慮
φ216.3×4.5	B	5.00	0.2163	23.12	29	NG	NG	要
φ216.3×4.5	C	5.23	0.2163	24.18	26	NG	NG	要
φ318.5×6	D	5.46	0.3185	17.15	53	NG	OK	不要
φ318.5×6	E	5.73	0.3185	18.00	48	NG	NG	要
φ406.4×6.4	F	6.00	0.4064	14.77	112	OK	OK	不要

3.1.3　実状に応じた見直しを考慮した判定結果

個材の長さＬの設定例を図 3－2 に示す。

建設時工認（認可）において，共振風速V_rの算定に用いた個材の長さＬには，接合部を無視した保守的な値を設定している。実際には，接合部間において個材の曲げ振動が発生し，1 次固有振動数f_Lに影響を及ぼすと考えられる。そのため，実状に応じた見直しとして，個材の長さＬを以下のような設定とする。

・水平材：ガセットの端部－継手のボルト中心間

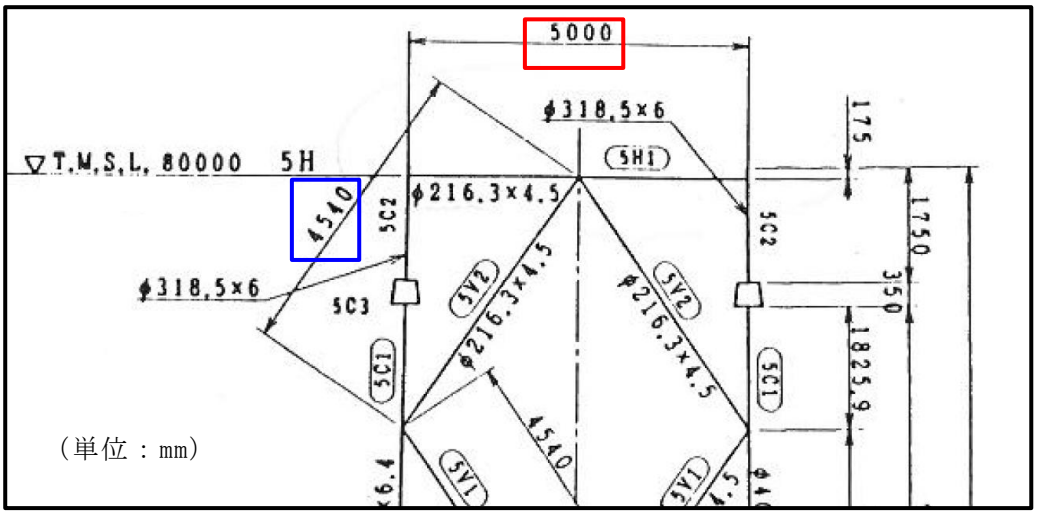
・斜　材：継手のボルト中心－継手のボルト中心間

なお，個材の曲げ振動の 1 次固有振動数f_Lを算定する際の境界条件は，保守的にピン接合－ピン接合とする。

実状に応じた見直しを考慮した判定結果を表 3－2 に示す。

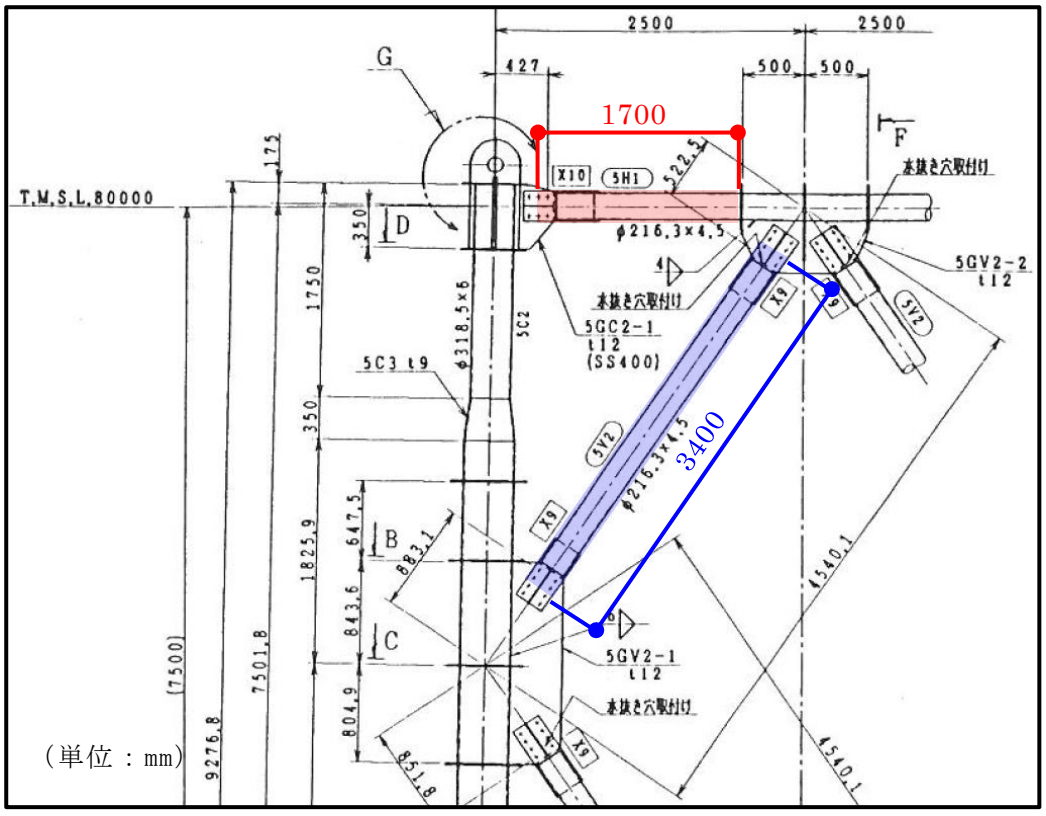
判定の結果，いずれの部材についても(3．3)式又は(3．4)式のいずれかを満たす。

以上より，鉄塔部における個材振動に関し，渦励振を考慮する必要は無いと判断した。



青枠：斜材（Ｂ－Ｃ間）の個材長さＬ，赤枠：水平材（Ｂ）の個材長さＬ

(a)　建設時工認における設定例（施工図*に対し加筆）



青：斜材（Ｂ－Ｃ間）の個材長さＬ，赤：水平材（Ｂ）の個材長さＬ

(b)　施工図*を参考とした実状に応じた見直し例

注記＊：柏崎刈羽原子力発電所７号機工事の内　発電所本館建物新設工事
原子炉建屋　施工図一覧表（１１／１６）　排気筒鉄骨工事

図 3－2　個材の長さＬの設定例

表 3－2　実状に応じた見直しを考慮した判定結果

(a)　斜材

斜材	部材間	L＊1 (m)	D (m)	L／D＊2	共振風速 V_r＊2 (m/s)	判定 (3. 3)式 L／D＜15	判定 (3. 4)式 48.4＜V_r	判定 渦励振の考慮
φ216.3× 4.5	B－C	3.40	0.2163	15.72	62	NG	OK	不要
φ267.4× 6	C－D	3.30	0.2674	12.35	101	OK	OK	不要
φ355.6× 7.9	D－E	3.60	0.3556	10.13	150	OK	OK	不要
φ406.4×12.7	E－F	3.60	0.4064	8.86	195	OK	OK	不要
φ558.8×16	F－G	5.50	0.5588	9.85	158	OK	OK	不要

注記＊1：実状に応じた個材の長さＬの見直し結果を示す。
　　＊2：実状に応じた見直しを考慮し再算定した結果を示す。

(b)　水平材

水平材	部材位置	L＊1 (m)	D (m)	L／D＊2	共振風速 V_r＊2 (m/s)	判定 (3. 3)式 L／D＜15	判定 (3. 4)式 48.4＜V_r	判定 渦励振の考慮
φ216.3×4.5	B	1.70	0.2163	7.86	250	OK	OK	不要
φ216.3×4.5	C	1.80	0.2163	8.33	223	OK	OK	不要
φ318.5×6	D	1.80	0.3185	5.66	484	OK	OK	不要
φ318.5×6	E	1.90	0.3185	5.97	435	OK	OK	不要
φ406.4×6.4	F	1.90	0.4064	4.68	710	OK	OK	不要

注記＊1：実状に応じた個材の長さＬの見直し結果を示す。
　　＊2：実状に応じた見直しを考慮し再算定した結果を示す。

3.2　筒身部

「煙突構造設計指針」((社) 日本建築学会，2007 年）では，次式の条件を満たす煙突に対しては，渦励振を考慮するものとしている。

$$U_H／（f_L・D_m）≧4.2 \cdots\cdots (3.\ 5)$$

ここで，

U_H：基準風速（＝40.1m/s）

f_L：風直交方向振動の 1 次固有振動数(＝2.88Hz)

D_m：円形断面を有する煙突の高さ 2H／3 における外径（＝2.416m）

H　：煙突の基準高さ（＝73.0 m）

以上を(3. 5)式に代入すると(3. 6)式となる。

$$40.1／(2.88・2.416)＝5.763≧4.2 \cdots\cdots (3.\ 6)$$

以上より，主排気筒は(3. 5)式の条件を満たすため，渦励振による風直交方向荷重を考慮する必要がある。

4.　渦励振を考慮した場合の解析

4.1　渦励振による風直交方向荷重

「煙突構造設計指針」((社) 日本建築学会，2007 年）より，風直交方向荷重の算定式を(4．1)式に示す。

$$W_r = 0.8 \cdot \rho \cdot U_r^2 \cdot C_r \cdot \frac{Z}{H} \cdot A_F \quad \cdots\cdots (4．1)$$

ここで，

W_r：地表面からの高さＺにおける渦励振による風直交方向荷重（N）

ρ　：空気密度（＝1.22kg/m^3）

U_r：共振風速（m/s）＝5・f_L・D_m（＝34.8 m/s*）

f_L：風直交方向振動の 1 次固有振動数（＝2.88 Hz）

D_m：円形断面を有する煙突の高さ 2H/3 における外径（＝2.416 m）

C_r：共振時風力係数＝$0.57/\sqrt{\zeta_L}$（＝1.22）

ζ_L：風直交方向振動の 1 次減衰定数(＝0.218)

Ｚ　：地表面からの高さ（m）

Ｈ　：煙突の基準高さ（＝73.0 m）

A_F：地表面からの高さＺにおける風向き 0° に直角な面に投影した煙突の投影面積（m^2）

注記＊：今回工認における筒身部の共振風速はU_r＝34m/s と示している。渦励振の有無の判定については，共振風速は小さい方が保守的であるため当該数値を記載しているが，荷重として考慮する場合は大きい方が保守的であるため，本評価では，U_r＝34.8m/s とする。

以上より算定した筒身部の風直交方向荷重を表 4－1 に示す。

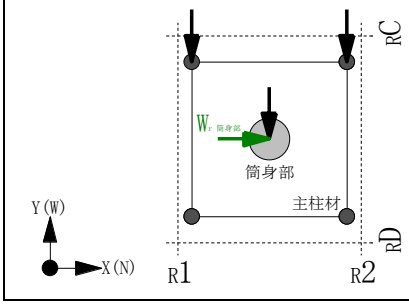
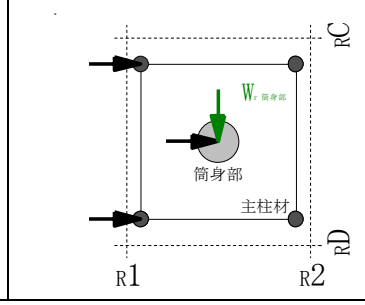
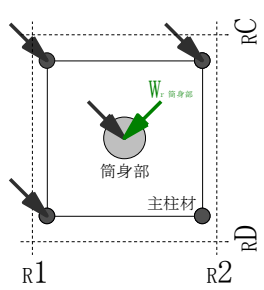
表 4－1　風直交方向荷重（共振風速 34.8m/s）

(a)　荷重表

標高 T.M.S.L. (m)	$\frac{0.8 \cdot \rho \cdot U_r^2 \cdot C_r \cdot Z}{H \cdot 1000}$ (kN/m^2)	見付面積 A_F (m^2)	風荷重 W_r (kN)
85.00	1.44	6.0	9
80.00	1.35	10.6	15
76.25	1.26	9.0	12
72.50	1.19	13.6	17
65.00	1.05	19.3	21
56.50	0.875	20.5	18
48.00	0.709	21.2	16
39.00	0.532	10.9	6

注：90° 方向及び45° 方向の風直交方向荷重の値は同一。

(b)　載荷方向

90° 方向風荷重（EW方向）	90° 方向風荷重（NS方向）	45° 方向風荷重
		

注：黒は風荷重（風方向荷重），緑は風直交方向荷重を示す。

4.2　解析結果

解析ケースを表 4－2 に，各ケースにおける荷重の載荷方向及び荷重図を表 4－3 に示す。また，各解析より求まる各部材の発生応力の最大値を表 4－4～表 4－7 に示す。なお，表 4－4～表 4－7 には比較のため，今回工認に基づく地震荷重による部材応力を示す。

表 4－4～表 4－7 より，主柱材，水平材及び斜材は渦励振を考慮することで多少応力は増加するものの，いずれも地震荷重による応力を下回る。一方で，筒身部Ｅ－Ｆ間は，地震荷重を上回る応力が発生している。

筒身部について断面算定結果を表 4－8 に示す。

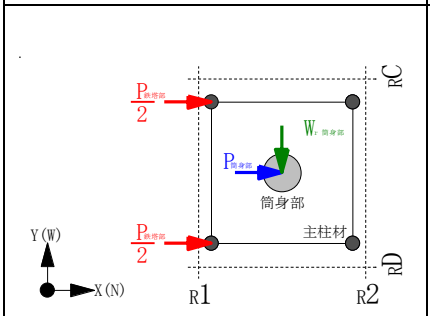
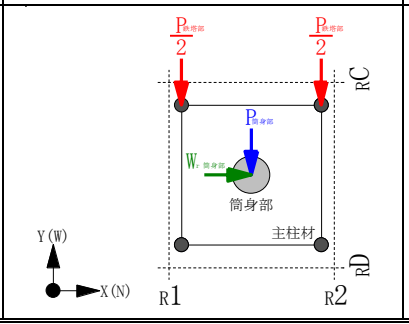
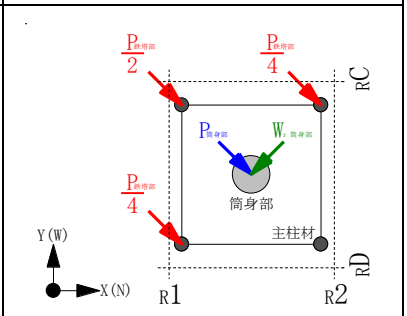
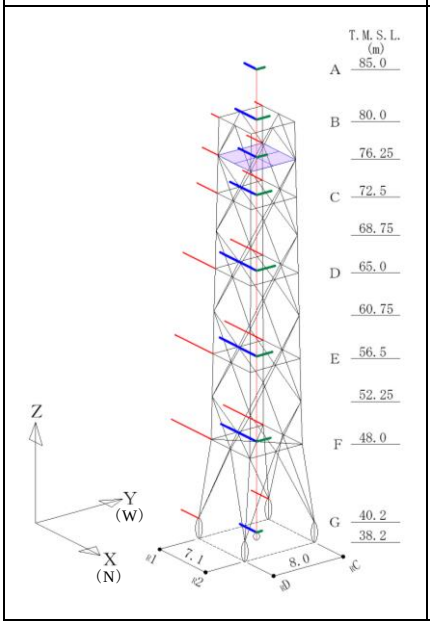
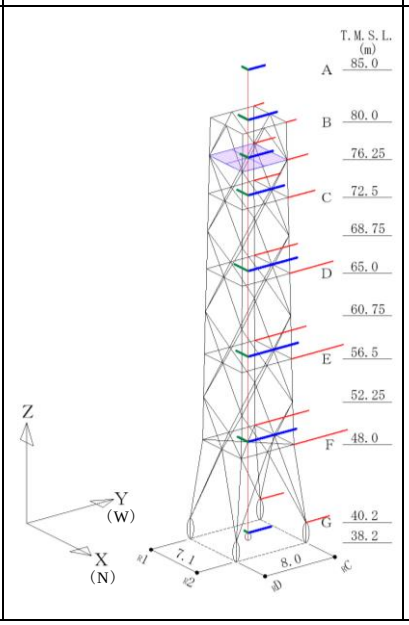
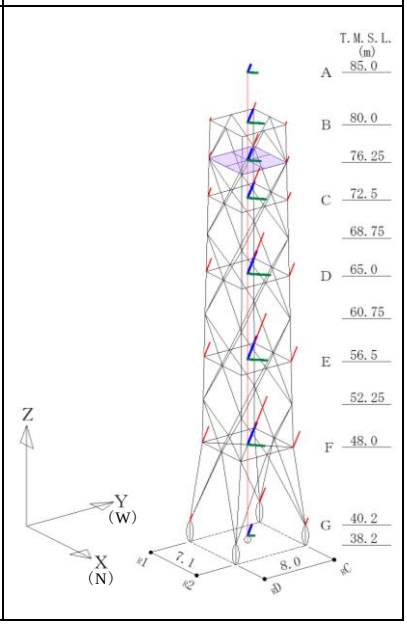
Ｆ値の割増しを考慮することで，いずれの部材についても許容値を下回る。

以上より，渦励振を考慮した場合でも主排気筒の発生応力は，評価基準以内となっており，十分な安全余裕を有していることを確認した。

表 4－2　解析ケース

検討ケース	解析ケース名	風荷重の組合せ			
		今回工認　風方向荷重		渦励振(風直交方向荷重)	
		風速	風方向	風速	風方向
① 風方向荷重単独解析 (今回工認)	①90NS	40.1m/s	90° 方向 (NS)	―	―
	①90EW	40.1m/s	90° 方向 (EW)	―	―
	①45	40.1m/s	45° 方向	―	―
② 風直交方向荷重を考慮した解析	②90NS+渦	40.1m/s	90° 方向 (NS)	共振風速 (34.8m/s)	90° 方向 (EW)
	②90EW+渦	40.1m/s	90° 方向 (EW)	共振風速 (34.8m/s)	90° 方向 (NS)
	②45+渦	40.1m/s	45° 方向	共振風速 (34.8m/s)	135° 方向

表 4－3　各ケースにおける荷重の載荷方向及び荷重図

<table>
<tr><td colspan="3">②風直交方向荷重を考慮した解析における荷重の載荷方向</td></tr>
<tr><td>②90NS+渦</td><td>②90EW+渦</td><td>②45+渦</td></tr>
<tr><td>
</td><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><td colspan="3">荷重図
—:鉄塔部
—:筒身部
:制震装置（オイルダンパー）（計8台）
:コンクリート基礎部
—:鉄塔部風方向荷重（40.1m/s）
—:筒身部風方向荷重（40.1m/s）
—:筒身部風直交方向荷重</td></tr>
<tr><td>②90NS+渦</td><td>②90EW+渦</td><td>②45+渦</td></tr>
<tr><td>
</td><td>
</td><td>
</td></tr>
</table>

注：各荷重線の長さは，荷重の大きさを示す。

表 4－4　主柱材　最大応答（軸力及び曲げモーメント）

標　高 T.M.S.L. (m)	部材間	風荷重*												地震荷重		
		①90NS		②90NS+渦		①90EW		②90EW+渦		①45		②45+渦		動　的*		
		N (kN)	M (kN･m)	N (kN)	M (kN･m)	N (kN)	M (kN･m)	N (kN)	M (kN･m)	N (kN)	M (kN･m)	N (kN)	M (kN･m)	N (kN)	M (kN･m)	地震動 (ケース)
80.0																
	B－C	10.2	3.40	10.2	3.42	10.2	3.46	10.2	3.48	10.3	2.77	10.3	2.77	21.6	27.3	Ss-2 (ケース6)
72.5																
	C－D	68.2	11.3	68.2	11.3	68.1	10.8	68.1	10.9	65.7	13.0	65.7	13.0	1100	110	Ss-2 (ケース6)
65.0																
	D－E	206	11.3	206	11.3	206	11.1	206	11.1	-255	13.0	-255	13.0	2930	168	Ss-2 (ケース6)
56.5																
	E－F	423	65.9	423	72.1	421	57.6	422	63.6	-671	78.5	-671	81.5	5470	618	Ss-2 (ケース6)
48.0																
	F－G	715	86.2	725	94.8	722	69.8	730	80.2	-1180	100	-1180	119	7630	729	Ss-2 (ケース6)
40.2																

注記＊：今回工認に基づく鉛直荷重を考慮した値。

注：下線部分は断面算定結果が最大となる値を示す。

記号の説明

Ｎ：軸力（圧縮を正とする。）

Ｍ：曲げモーメント

表 4－5　斜材　最大応答（軸力）

標　高 T.M.S.L. (m)	部材間	風荷重*1						地震荷重	
		①90NS	②90NS+渦	①90EW	②90EW+渦	①45	②45+渦	動　的*1	
		N (kN)	N (kN)	N (kN)	N (kN)	N (kN)	N (kN)	N (kN)	地震動 （ケース）
80.0									
	B－C	49.0	49.0	48.9	48.9	47.9	47.9	699	Ss-1*2 （ケース6）
72.5									
	C－D	74.8	74.8	74.7	74.8	82.6	82.6	807	Ss-1*2 （ケース6）
65.0									
	D－E	-111	-111	-111	-111	-146	-146	995	Ss-2 （ケース3）
56.5									
	E－F	175	176	174	175	-208	-214	1190	Ss-2 （ケース3）
48.0									
	F－G	656	657	555	556	-545	581	1360	Ss-2 （ケース6）
40.2									

注記＊1：今回工認に基づく鉛直荷重を考慮した値。
　　＊2：入力地震動の組合せはNS＋鉛直。
注：下線部は断面算定結果が最大となる値を示す。

記号の説明
N：軸力（圧縮を正とする。）

表4－6　水平材　最大応答（軸力）

標　高 T.M.S.L. (m)	部材位置	風荷重*1						地震荷重	
		①90NS	②90NS+渦	①90EW	②90EW+渦	①45	②45+渦	動　的*1	
		N (kN)	N (kN)	N (kN)	N (kN)	N (kN)	N (kN)	N (kN)	地震動 (ケース)
80.0	B	12.6	12.6	12.6	12.6	10.4	10.4	65.3	Ss-1*2 (ケース6)
72.5	C	29.9	29.9	29.9	29.9	28.2	28.2	92.9	Ss-2 (ケース6)
65.0	D	46.2	46.3	46.3	46.4	48.2	48.1	178	Ss-2 (ケース6)
56.5	E	50.8	50.9	50.7	50.9	70.7	70.5	326	Ss-2 (ケース6)
48.0	F	200	200	193	193	174	223	325	Ss-2 (ケース6)

注記＊1：今回工認に基づく鉛直荷重を考慮した値。
　　＊2：入力地震動の組合せはNS＋鉛直。
注：下線部は断面算定結果が最大となる値を示す。

記号の説明
N：軸力（圧縮を正とする。）

表 4－7　筒身部　最大応答（軸力及び曲げモーメント）

標　高 T.M.S.L. (m)	部材間	風荷重*1												地震荷重		
		①90NS		②90NS+渦		①90EW		②90EW+渦		①45		②45+渦		動　的*1, *2		
		N (kN)	M (kN･m)	N (kN)	M (kN･m)	N (kN)	M (kN･m)	N (kN)	M (kN･m)	N (kN)	M (kN･m)	N (kN)	M (kN･m)	N (kN)	M (kN･m)	地震動 (ケース)
85.0																
	A－B	26.0	95.0	26.0	105	26.0	95.0	26.0	105	26.0	95.0	26.0	105	21.7	1090	Ss-2 (ケース6)
80.0																
	B－C	172	590	172	649	172	590	172	649	172	590	172	649	152	2720	Ss-2 (ケース6)
72.5																
	C－D	206	1500	206	1640	206	1500	206	1640	206	1500	206	1640	209	2530	Ss-1*3 (ケース6)
65.0																
	D－E	269	3000	269	3270	269	3000	269	3270	269	3000	269	3270	256	3630	Ss-2 (ケース6)
56.5																
	E－F	322	4990	322	5410	322	4990	322	5410	322	4990	322	5410	355	4660	Ss-2 (ケース3)
48.0																
	F－G	432	4990	432	5410	432	4990	432	5410	432	4990	432	5410	477	5760	Ss-2 (ケース3)
39.0																

注記＊1：今回工認に基づく鉛直荷重を考慮した値。
＊2：時刻歴評価に基づく応力を示す。
＊3：入力地震動の組合せはNS＋鉛直。
注：下線部は断面算定結果が最大となる値を示す。

記号の説明
Ｎ：軸力（圧縮を正とする。）
Ｍ：曲げモーメント

表4－8　筒身部における評価用応力及び検定値（1/2）

(a)　風方向：90°方向

標高 T.M.S.L. (m)	部材間	②90NS+渦			①90NS			②90EW+渦			①90EW		
		評価用応力			評価用応力			評価用応力			評価用応力		
		N (kN)	M (kN・m)	$\frac{\sigma_c}{{}_cf_{cr}}+\frac{\sigma_b}{{}_bf_{cr}}$	N (kN)	M (kN・m)	$\frac{\sigma_c}{{}_cf_{cr}}+\frac{\sigma_b}{{}_bf_{cr}}$	N (kN)	M (kN・m)	$\frac{\sigma_c}{{}_cf_{cr}}+\frac{\sigma_b}{{}_bf_{cr}}$	N (kN)	M (kN・m)	$\frac{\sigma_c}{{}_cf_{cr}}+\frac{\sigma_b}{{}_bf_{cr}}$
85.0													
	A－B	26.0	105	0.04	26.0	95.0	0.04	26.0	105	0.04	26.0	95.0	0.04
80.0													
	B－C	172	649	0.23	172	590	0.21	172	649	0.23	172	590	0.21
72.5													
	C－D	206	1640	0.53	206	1500	0.49	206	1640	0.53	206	1500	0.49
65.0													
	D－E	269	3270	0.61	269	3000	0.56	269	3270	0.61	269	3000	0.56
56.5													
	E－F	322	5410	0.98	322	4990	0.91	322	5410	0.98	322	4990	0.91
48.0													
39.0	F－G	432	5410	0.54	432	4990	0.50	432	5410	0.54	432	4990	0.50

注：断面算定方法は，Ⅴ-2-7-2-1「主排気筒の耐震性についての計算書」に基づく。また，Ｆ値の割増しを行った結果を示す。

表 4－8　筒身部における評価用応力及び検定値（2/2）

(b)　風方向：45° 方向

標　高 T.M.S.L. (m)	部材間	②45+渦			①45		
		評価用応力		$\frac{\sigma_c}{{}_cf_{cr}}+\frac{\sigma_b}{{}_bf_{cr}}$	評価用応力		$\frac{\sigma_c}{{}_cf_{cr}}+\frac{\sigma_b}{{}_bf_{cr}}$
		N (kN)	M (kN･m)		N (kN)	M (kN･m)	
85.0							
	A－B	26.0	105	0.04	26.0	95.0	0.04
80.0							
	B－C	172	649	0.23	172	590	0.21
72.5							
	C－D	206	1640	0.53	206	1500	0.49
65.0							
	D－E	269	3270	0.61	269	3000	0.56
56.5							
	E－F	322	5410	0.98	322	4990	0.91
48.0							
	F－G	432	5410	0.54	432	4990	0.50
39.0							

注：断面算定方法は，Ⅴ-2-7-2-1「主排気筒の耐震性についての計算書」に基づく。
　　また，Ｆ値の割増しを行った結果を示す。

Ⅴ-2-8　放射線管理施設の耐震性に関する説明書

Ⅴ-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
3.　技術基準規則第5条の要求事項の変更に伴う評価対象設備の耐震計算 ····· 7
3.1　耐震計算の概要 ····· 7

1. 概要

本説明書は，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，既に許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処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。

放射線管理施設の耐震計算は表1に示す計算書に記載することとする。

表１　耐震評価条件整理一覧表（1/5）

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	新規制基準施工前に認可された実績との差異	耐震計算の記載箇所	設備分類*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	—*2	Ⅴ-2-8-1	—	—	—
		格納容器内雰囲気放射線モニタ（D/W）	S	—*2	Ⅴ-2-8-2-1-1	常設耐震／防止 常設／緩和	有	Ⅴ-2-8-2-1-1
		格納容器内雰囲気放射線モニタ（S/C）	S	—*2	Ⅴ-2-8-2-1-2	常設耐震／防止 常設／緩和	有	Ⅴ-2-8-2-1-2
		燃料取替エリア排気放射線モニタ	S	無	Ⅴ-2-8-1	—	—	—
		原子炉区域換気空調系排気放射線モニタ	S	—*2	Ⅴ-2-8-1	—	—	—
		フィルタ装置出口放射線モニタ	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	Ⅴ-2-8-2-1-3
		耐圧強化ベント系放射線モニタ	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	Ⅴ-2-8-2-1-4
		使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（低レンジ）	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	Ⅴ-2-8-2-2-1
		使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（高レンジ）	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	Ⅴ-2-8-2-2-2

表１　耐震評価条件整理一覧表（2/5）

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	新規制基準施工前に認可された実績との差異	耐震計算の記載箇所	設備分類*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	主配管	S	無	Ⅴ-2-8-3-1-1-1	—	—	—
		中央制御室送風機	S	無	Ⅴ-2-8-3-1-1-2	—	—	—
		中央制御室再循環送風機	S	無	Ⅴ-2-8-3-1-1-2	—	—	—
		中央制御室排風機	S	無	Ⅴ-2-8-3-1-1-2	—	—	—
		中央制御室再循環フィルタ装置	S	無	Ⅴ-2-8-3-1-1-3	—	—	—
		主配管	—	—*2	—	常設／緩和	—	Ⅴ-2-8-3-1-2-1
		主配管	—	—*2	—	常設／緩和	—	Ⅴ-2-8-3-2-1

表１　耐震評価条件整理一覧表（3/5）

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	新規制基準施工前に認可された実績との差異	耐震計算の記載箇所	設備分類*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	生体遮蔽装置	二次遮蔽壁	B	無	Ⅴ-2-8-4-1	常設／防止 常設／緩和	無	Ⅴ-2-8-4-1
		補助遮蔽	B	無	Ⅴ-2-8-4-2	常設／防止 常設／緩和	無	Ⅴ-2-8-4-2
		中央制御室遮蔽（6,7 号機共用）	S	無	Ⅴ-2-8-4-3	常設耐震／防止 常設／緩和	無	Ⅴ-2-8-4-3
		中央制御室待避室遮蔽（常設）（6,7 号機共用）	—	—*2	—	常設／緩和	—	Ⅴ-2-8-4-4
		5 号機原子炉建屋内緊急時対策所（対策本部）遮蔽（6,7 号機共用）	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	Ⅴ-2-8-4-5
		5 号機原子炉建屋内緊急時対策所（待機場所）遮蔽（6,7 号機共用）	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	Ⅴ-2-8-4-5
		5 号機原子炉建屋内緊急時対策所（待機場所）室内遮蔽（6,7 号機共用）	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	Ⅴ-2-8-4-5
		フィルタベント遮蔽壁	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	Ⅴ-2-8-4-6
		配管遮蔽	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	Ⅴ-2-8-4-7

表１　耐震評価条件整理一覧表（4/5）

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	新規制基準施工前に認可された実績との差異	耐震計算の記載箇所	設備分類*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	その他の放射線管理施設	中央制御室換気空調系（中央制御室外気取入ダクト）（6,7 号機共用）	S	—*2	Ⅴ-2-8-5-1	常設耐震／防止 常設／緩和	無	Ⅴ-2-8-5-1
		中央制御室換気空調系（中央制御室排気ダクト）（6,7 号機共用）	S	—*2	Ⅴ-2-8-5-1	常設耐震／防止 常設／緩和	無	Ⅴ-2-8-5-1
		U41-F001A,B　MCR 通常時外気取入隔離ダンパ(A),(B)（6,7 号機共用）	S	—*2	Ⅴ-2-8-5-1	常設耐震／防止 常設／緩和	無	Ⅴ-2-8-5-1
		U41-F002A,B　MCR 排気隔離ダンパ(A),(B)（6,7 号機共用）	S	—*2	Ⅴ-2-8-5-1	常設耐震／防止 常設／緩和	無	Ⅴ-2-8-5-1
		U41-F003A,B　MCR 非常時外気取入隔離ダンパ(A),(B)（6,7 号機共用）	S	—*2	Ⅴ-2-8-5-1	常設耐震／防止 常設／緩和	無	Ⅴ-2-8-5-1
		中央制御室換気空調系（中央制御室外気取入ダクト）（6 号機設備，6,7 号機共用）	S	—*2	Ⅴ-2-8-5-1	常設耐震／防止 常設／緩和	無	Ⅴ-2-8-5-1
		中央制御室換気空調系（中央制御室排気ダクト）（6 号機設備，6,7 号機共用）	S	—*2	Ⅴ-2-8-5-1	常設耐震／防止 常設／緩和	無	Ⅴ-2-8-5-1

表１　耐震評価条件整理一覧表（5/5）

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	新規制基準施工前に認可された実績との差異	耐震計算の記載箇所	設備分類*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	その他の放射線管理施設	U41-DAM601A,B　MCR 外気取入ダンパ(A),(B)（6 号機設備，6,7 号機共用）	S	—*2	Ⅴ-2-8-5-1	常設耐震／防止 常設／緩和	無	Ⅴ-2-8-5-1
		U41-DAM602A,B　MCR 非常用外気取入ダンパ(A),(B)（6 号機設備，6,7 号機共用）	S	—*2	Ⅴ-2-8-5-1	常設耐震／防止 常設／緩和	無	Ⅴ-2-8-5-1
		U41-DAM604A,B　MCR 排気ダンパ(A),(B)（6 号機設備，6,7 号機共用）	S	—*2	Ⅴ-2-8-5-1	常設耐震／防止 常設／緩和	無	Ⅴ-2-8-5-1

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

3.　技術基準規則第5条の要求事項の変更に伴う評価対象設備の耐震計算

3.1　耐震計算の概要

本章は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，放射線管理施設のうち，技術基準規則第5条の要求事項の変更に伴う評価対象設備である以下の設備について設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。計算結果を次ページ以降に示す。

(1)　主蒸気管放射線モニタの耐震性についての計算書
(2)　燃料取替エリア排気放射線モニタの耐震性についての計算書
(3)　原子炉区域換気空調系排気放射線モニタの耐震性についての計算書

(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
5.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 …… 8
5.2.2　許容応力 …… 8
5.2.3　使用材料の許容応力評価条件 …… 8
5.3　設計用地震力 …… 12
5.4　計算方法 …… 13
5.4.1　応力の計算方法 …… 13
5.5　計算条件 …… 15
5.5.1　取付ボルトの応力計算条件 …… 15
5.6　応力の評価 …… 16
5.6.1　ボルトの応力評価 …… 16
6.　機能維持評価 …… 17
6.1　電気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，Ｖ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，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及び電気的機能を有していることを説明するものである。

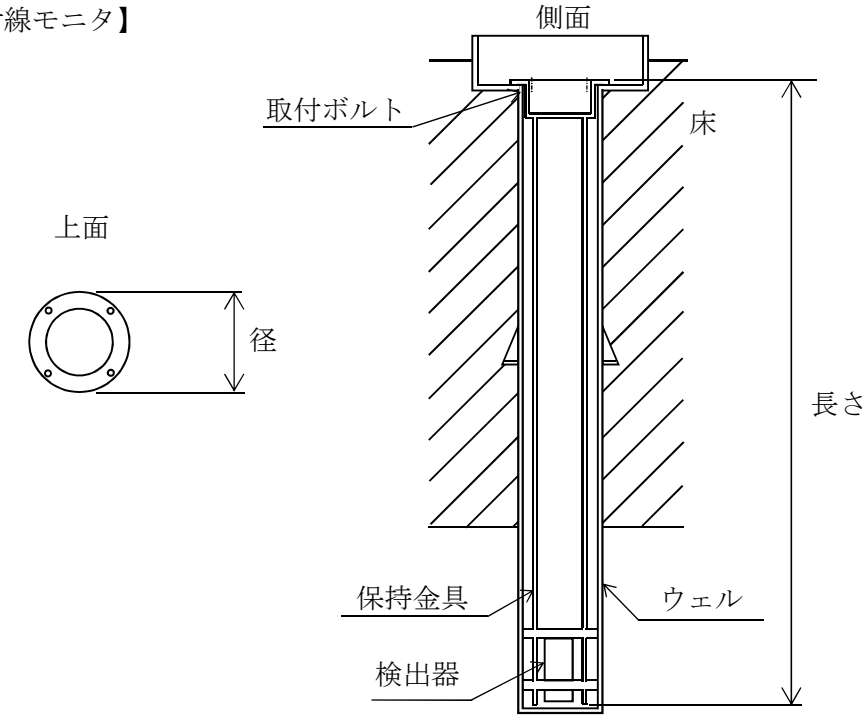
主蒸気管放射線モニタは，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に分類される。以下，設計基準対象施設としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

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

<table>
<tr><th colspan="2">計画の概要</th><th rowspan="2">概略構造図</th></tr>
<tr><th>基礎・支持構造</th><th>主体構造</th></tr>
<tr><td>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。</td><td>電離箱</td><td>【主蒸気管放射線モニタ】


<table>
<tr><th>機器名称</th><th>主蒸気管放射線モニタ
(D11-RE-070A)</th><th>主蒸気管放射線モニタ
(D11-RE-070B)</th><th>主蒸気管放射線モニタ
(D11-RE-070C)</th><th>主蒸気管放射線モニタ
(D11-RE-070D)</th></tr>
<tr><td>長さ</td><td>2029</td><td>2029</td><td>2029</td><td>2029</td></tr>
<tr><td>径</td><td>260</td><td>260</td><td>260</td><td>260</td></tr>
</table>
(単位：mm)</td></tr>
</table>

2.2　評価方針

主蒸気管放射線モニタの応力評価は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.1　構造計画」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」で確認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，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電気的機能維持の方針に基づき，地震時の応答加速度が電気的機能確認済加速度以下であることを，「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。

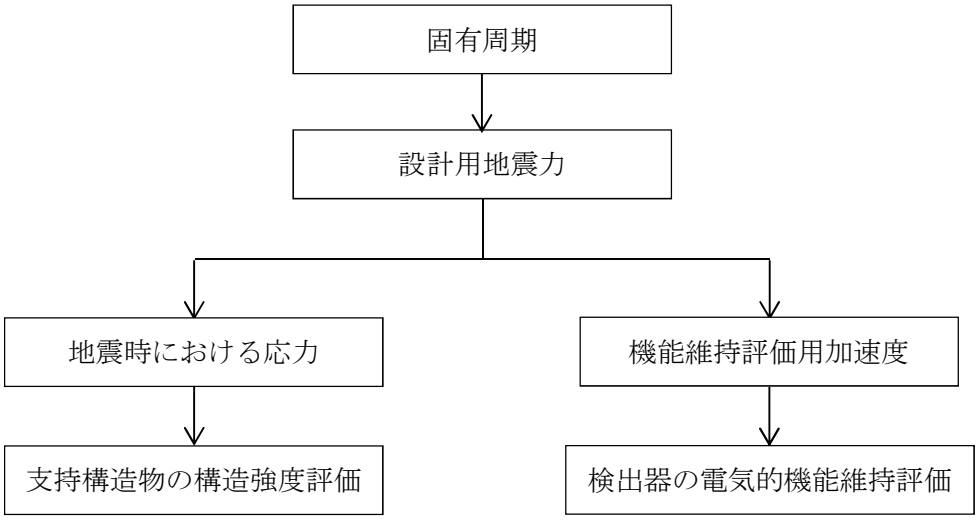


図2－1　主蒸気管放射線モニタの耐震評価フロー

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　ＪＥＡＧ４６０１・補-1984（(社) 日本電気協会）

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

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

・発電用原子力設備規格　設計・建設規格（(社) 日本機械学会，2005/2007）（以下「設計・建設規格」という。）

2.4　記号の説明

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

2.5　計算精度と数値の丸め方

精度は，有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は，表2－2に示すとおりとする。

表2－2　表示する数値の丸め方

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

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

＊2　：絶対値が1000以上のときは，べき数表示とする。

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

3. 評価部位

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

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

4. 固有周期

4.1 基本方針

主蒸気管放射線モニタの固有周期は，構造が同様な振動特性を持つ検出器に対する振動試験（加振試験）の結果算定された固有周期を使用する。

4.2 固有周期の確認方法

振動試験装置により固有振動数を測定する。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 (D11-RE-070A)	水平	0.05 以下
	鉛直	0.05 以下
主蒸気管放射線モニタ (D11-RE-070B)	水平	0.05 以下
	鉛直	0.05 以下
主蒸気管放射線モニタ (D11-RE-070C)	水平	0.05 以下
	鉛直	0.05 以下
主蒸気管放射線モニタ (D11-RE-070D)	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，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表5－2のとおりとする。

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	主蒸気管放射線モニタ		S	—*	$D+P_D+M_D+S_d$ *	III_AS
						$D+P_D+M_D+S_s$	IV_AS
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_AS
						$D+P_D+M_D+S_s$	IV_AS
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_AS
						$D+P_D+M_D+S_s$	IV_AS

注記＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表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	
	引張り	せん断
$\mathrm{III}_{\mathrm{A}}\mathrm{S}$	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
$\mathrm{IV}_{\mathrm{A}}\mathrm{S}$	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

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

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

表 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 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
取付ボルト	SS41* (40mm＜径)	周囲環境温度	55	209	391	―

注記＊：SS400 相当

5.3　設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表5－4に示す。

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

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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
		水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度
主蒸気管放射線モニタ(D11-RE-070A)	原子炉建屋 T.M.S.L.23.500*	0.05以下	0.05以下	C_H＝0.78	C_V＝0.71	C_H＝1.51	C_V＝1.38
主蒸気管放射線モニタ(D11-RE-070B)	原子炉建屋 T.M.S.L.23.500*	0.05以下	0.05以下	C_H＝0.78	C_V＝0.71	C_H＝1.51	C_V＝1.38
主蒸気管放射線モニタ(D11-RE-070C)	原子炉建屋 T.M.S.L.23.500*	0.05以下	0.05以下	C_H＝0.78	C_V＝0.71	C_H＝1.51	C_V＝1.38
主蒸気管放射線モニタ(D11-RE-070D)	原子炉建屋 T.M.S.L.23.500*	0.05以下	0.05以下	C_H＝0.78	C_V＝0.71	C_H＝1.51	C_V＝1.38

注記＊：基準床レベルを示す。

5.4　計算方法

5.4.1　応力の計算方法

5.4.1.1　取付ボルトの計算方法

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

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

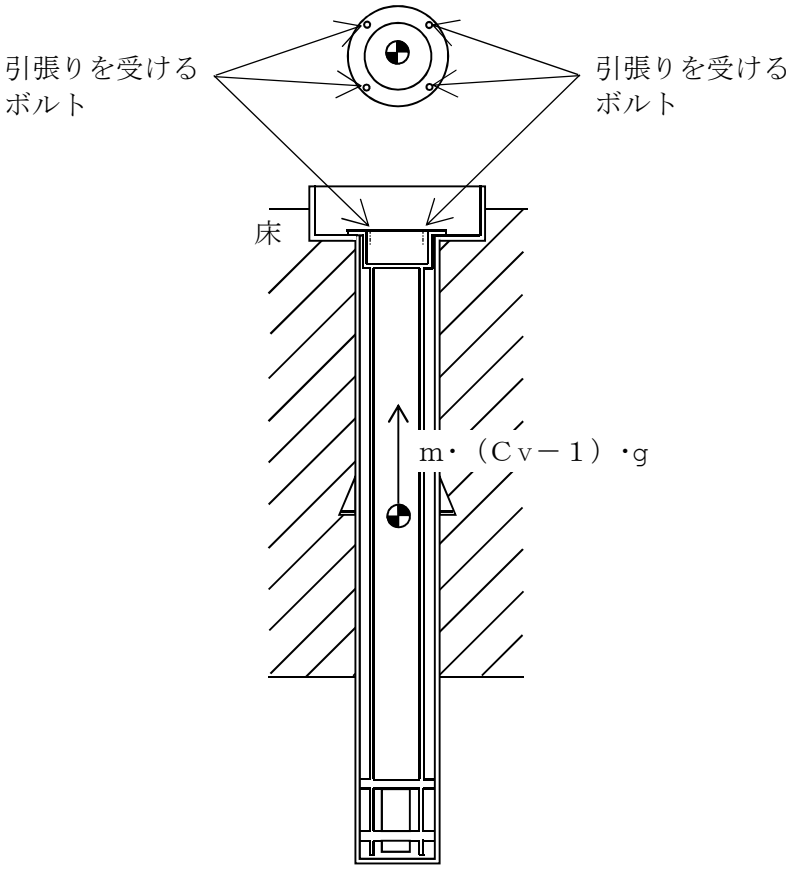


図5－1　計算モデル

(1)　引張応力

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

引張力

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

引張応力

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

ここで，取付ボルトの軸断面積A_bは次式により求める。

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

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（D11-RE-070A）の耐震性についての計算結果】，【主蒸気管放射線モニタ（D11-RE-070B）の耐震性についての計算結果】，【主蒸気管放射線モニタ（D11-RE-070C）の耐震性についての計算結果】，【主蒸気管放射線モニタ（D11-RE-070D）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.6　応力の評価

5.6.1　ボルトの応力評価

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

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

	弾性設計用地震動Ｓｄ 又は静的震度による 荷重との組合せの場合	基準地震動Ｓｓ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 電気的機能維持評価方法

主蒸気管放射線モニタの電気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Ⅴ-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき，基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度を設定する。

主蒸気管放射線モニタの機能確認済加速度は，Ⅴ-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6－1に示す。

表6－1 機能確認済加速度 （×9.8m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
主蒸気管放射線モニタ (D11-RE-070A)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]
主蒸気管放射線モニタ (D11-RE-070B)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]
主蒸気管放射線モニタ (D11-RE-070C)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]
主蒸気管放射線モニタ (D11-RE-070D)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]

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及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【主蒸気管放射線モニタ（D11-RE-070A）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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
主蒸気管放射線モニタ（D11-RE-070A）	S	原子炉建屋 T.M.S.L.23.500*	0.05以下	0.05以下	C_H＝0.78	C_V＝0.71	C_H＝1.51	C_V＝1.38	55

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m (kg)	d (mm)	A_b (mm^2)	n	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
取付ボルト	[redacted]	8 (M8)	50.27	4	209 (40mm＜径)	391 (40mm＜径)	209	251

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_b		Q_b	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
取付ボルト	―	[redacted]	―	―

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	SS41	引張り	―	f_{ts}＝157*	σ_b＝1	f_{ts}＝188*
		せん断	―	―	―	―

すべて許容応力以下である。

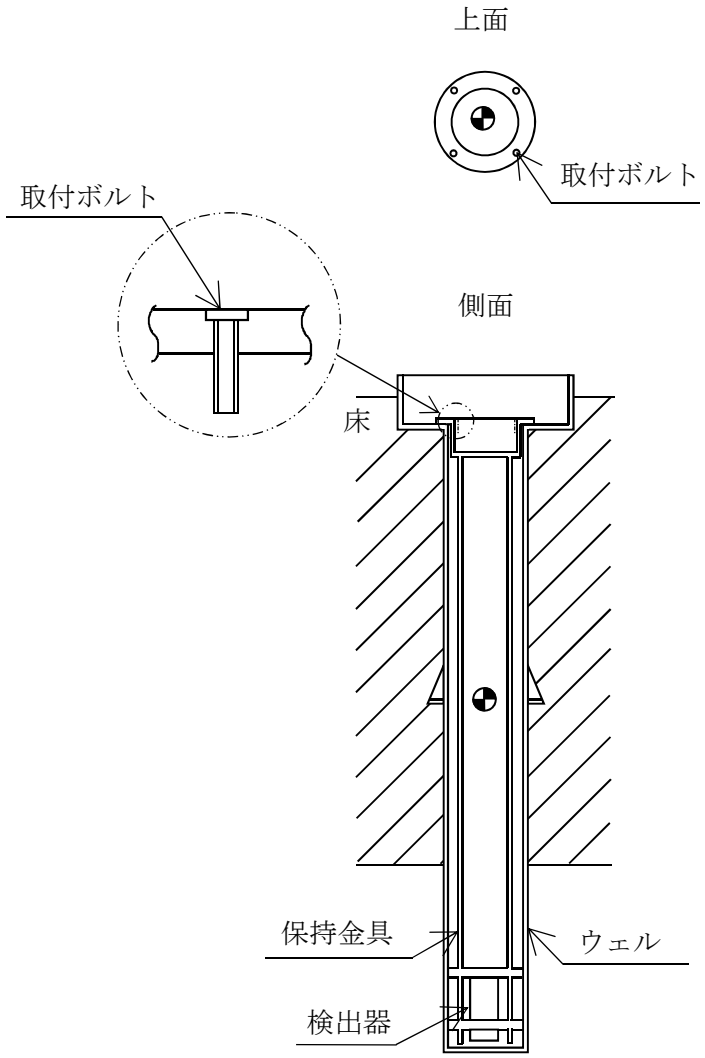
注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}]$

1.4.2 電気的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
主蒸気管放射線モニタ（D11-RE-070A）	水平方向	1.27	[redacted]
	鉛直方向	1.15	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


上面
取付ボルト
取付ボルト
側面
床
保持金具
ウェル
検出器

【主蒸気管放射線モニタ（D11-RE-070B）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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
主蒸気管放射線モニタ（D11-RE-070B）	S	原子炉建屋 T.M.S.L.23.500*	0.05以下	0.05以下	C_H＝0.78	C_V＝0.71	C_H＝1.51	C_V＝1.38	55

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m (kg)	d (mm)	A_b (mm^2)	n	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
取付ボルト	[redacted]	8 (M8)	50.27	4	209 (40mm＜径)	391 (40mm＜径)	209	251

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_b		Q_b	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
取付ボルト	―	[redacted]	―	―

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	SS41	引張り	―	f_{ts}=157*	σ_b=1	f_{ts}=188*
		せん断	―	―	―	―

すべて許容応力以下である。

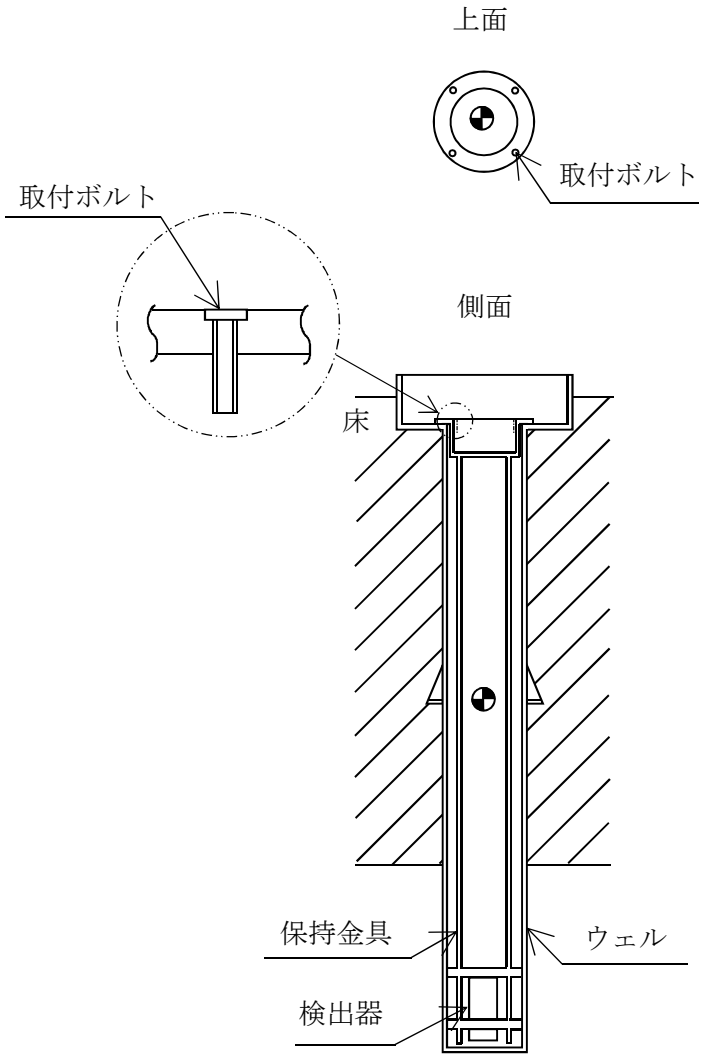
注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b, f_{to}]$

1.4.2 電気的機能の評価結果 ($\times 9.8 m/s^2$)

		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 (D11-RE-070B)	水平方向	1.27	[redacted]
	鉛直方向	1.15	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


上面
取付ボルト
取付ボルト
側面
床
保持金具
ウェル
検出器

【主蒸気管放射線モニタ（D11-RE-070C）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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
主蒸気管放射線モニタ（D11-RE-070C）	S	原子炉建屋 T.M.S.L.23.500*	0.05以下	0.05以下	C_H＝0.78	C_V＝0.71	C_H＝1.51	C_V＝1.38	55

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m (kg)	d (mm)	A_b (mm^2)	n	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F (MPa)	F＊ (MPa)
取付ボルト	[redacted]	8 (M8)	50.27	4	209 (40mm＜径)	391 (40mm＜径)	209	251

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_b		Q_b	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
取付ボルト	―	[redacted]	―	―

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	SS41	引張り	―	f_{ts}=157*	σ_b=1	f_{ts}=188*
		せん断	―	―	―	―

すべて許容応力以下である。

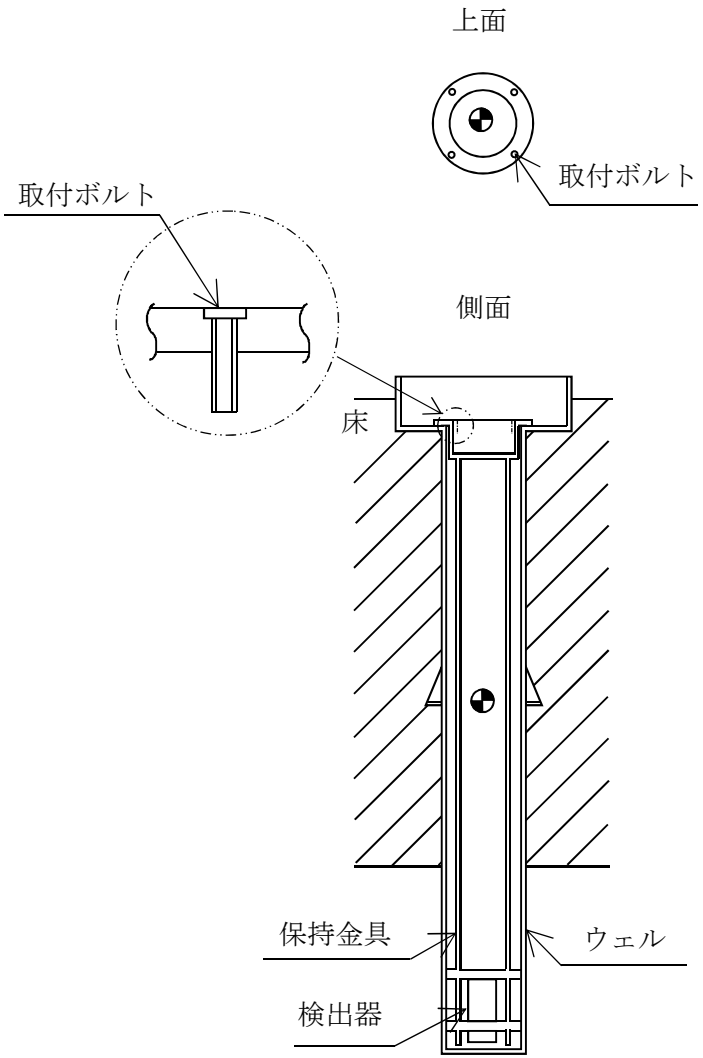
注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}]$

1.4.2 電気的機能の評価結果 ($\times 9.8\mathrm{m/s^2}$)

		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（D11-RE-070C）	水平方向	1.27	[redacted]
	鉛直方向	1.15	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


上面
取付ボルト
取付ボルト
側面
床
保持金具
ウェル
検出器

【主蒸気管放射線モニタ（D11-RE-070D）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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
主蒸気管放射線モニタ（D11-RE-070D）	S	原子炉建屋 T.M.S.L.23.500*	0.05以下	0.05以下	C_H＝0.78	C_V＝0.71	C_H＝1.51	C_V＝1.38	55

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m (kg)	d (mm)	A_b (mm^2)	n	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F (MPa)	F＊ (MPa)
取付ボルト	[redacted]	8 (M8)	50.27	4	209 (40mm＜径)	391 (40mm＜径)	209	251

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_b		Q_b	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
取付ボルト	―	[redacted]	―	―

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	SS41	引張り	―	f_{ts}=157*	σ_b=1	f_{ts}=188*
		せん断	―	―	―	―

すべて許容応力以下である。

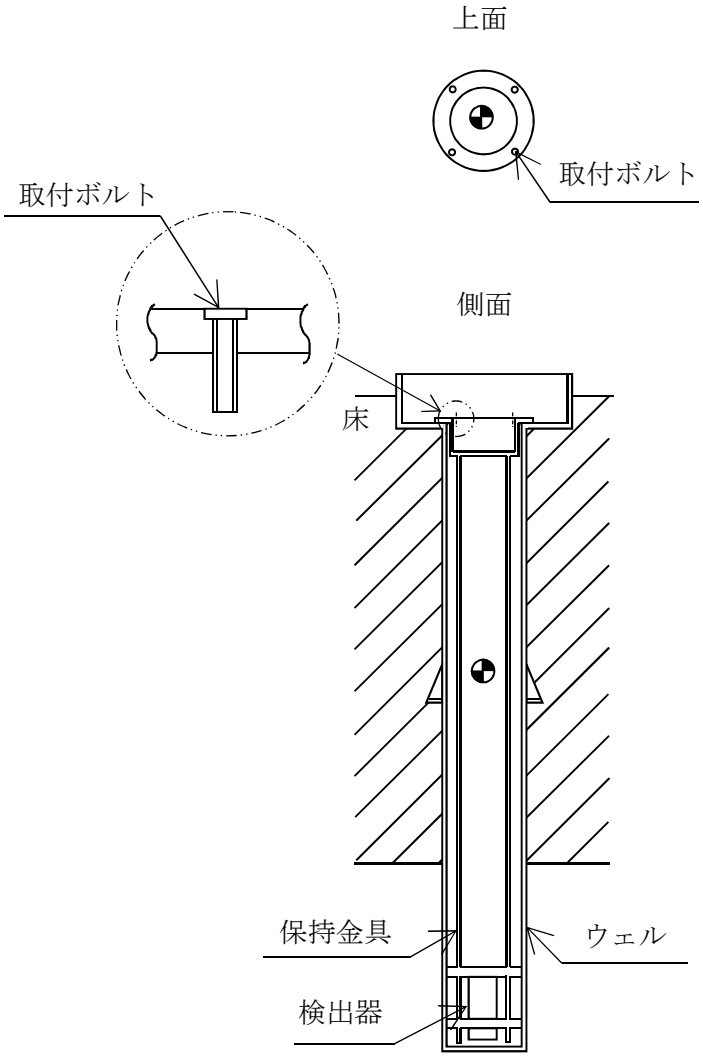
注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}]$

1.4.2 電気的機能の評価結果 ($\times 9.8 m/s^2$)

		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 (D11-RE-070D)	水平方向	1.27	[redacted]
	鉛直方向	1.15	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


上面
取付ボルト
取付ボルト
側面
床
保持金具
ウェル
検出器

(2)　燃料取替エリア排気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
5.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 …… 9
5.2.2　許容応力 …… 9
5.2.3　使用材料の許容応力評価条件 …… 9
5.3　設計用地震力 …… 13
5.4　計算方法 …… 14
5.4.1　応力の計算方法 …… 14
5.5　計算条件 …… 20
5.5.1　基礎ボルトの応力計算条件 …… 20
5.5.2　取付ボルトの応力計算条件 …… 20
5.6　応力の評価 …… 21
5.6.1　ボルトの応力評価 …… 21
6.　機能維持評価 …… 22
6.1　電気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，Ｖ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，燃料取替エリア排気放射線モニタが設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

燃料取替エリア排気放射線モニタは，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気的機能維持評価を示す。

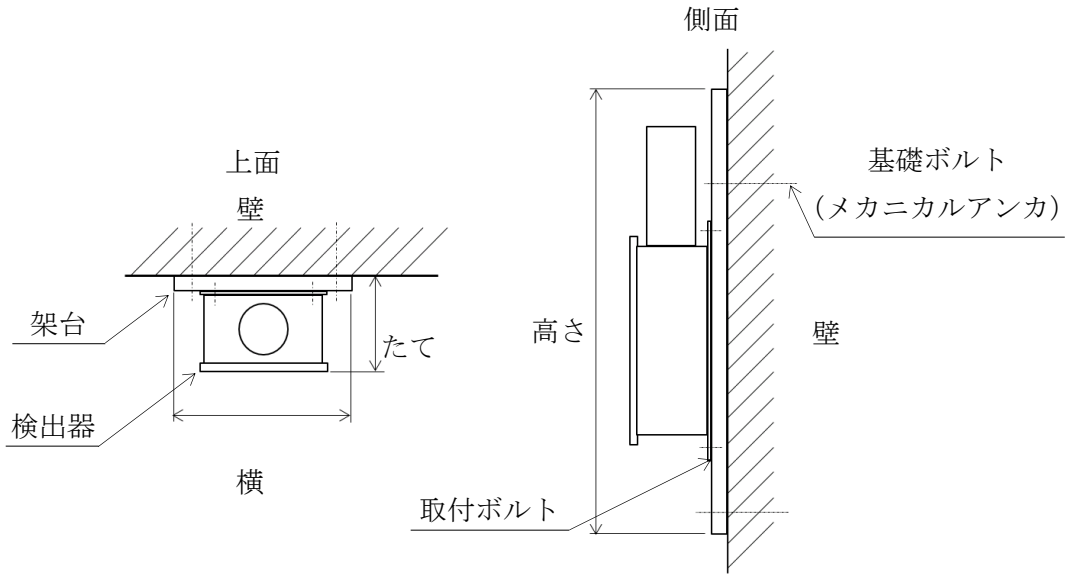
2. 一般事項

2.1 構造計画

燃料取替エリア排気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	【燃料取替エリア排気放射線モニタ】



機器名称	燃料取替エリア排気放射線モニタ (D11-RE-066A)	燃料取替エリア排気放射線モニタ (D11-RE-066B)	燃料取替エリア排気放射線モニタ (D11-RE-066C)	燃料取替エリア排気放射線モニタ (D11-RE-066D)
たて	120	120	120	120
横	210	210	210	210
高さ	535	535	535	535

(単位：mm)

2.2　評価方針

燃料取替エリア排気放射線モニタの応力評価は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.1　構造計画」にて示す燃料取替エリア排気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」で確認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，燃料取替エリア排気放射線モニタの機能維持評価は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電気的機能維持の方針に基づき，地震時の応答加速度が電気的機能確認済加速度以下であることを，「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。

燃料取替エリア排気放射線モニタの耐震評価フローを図2－1に示す。

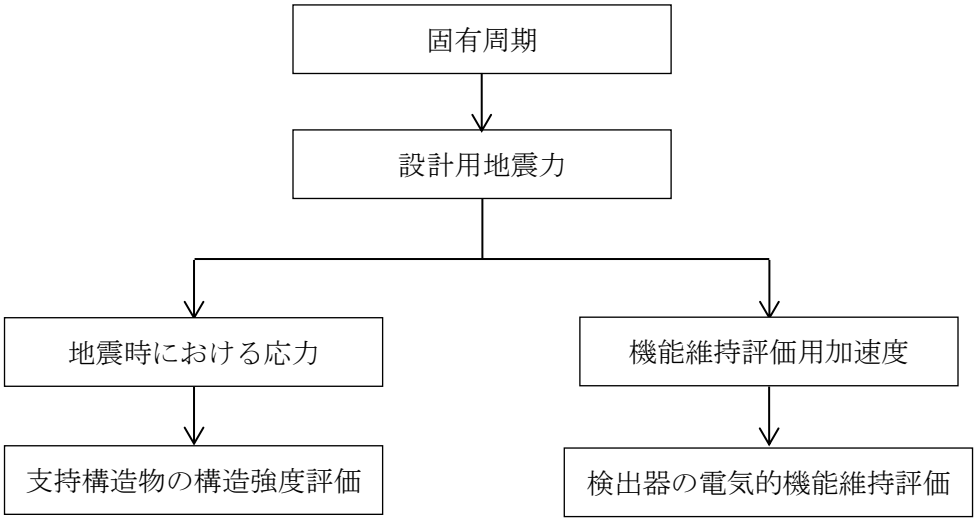


図2－1　燃料取替エリア排気放射線モニタの耐震評価フロー

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　ＪＥＡＧ４６０１・補-1984（(社) 日本電気協会）

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

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

・発電用原子力設備規格　設計・建設規格（(社) 日本電気協会，2005/2007）（以下「設計・建設規格」という。）

2.4　記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_{bi}	ボルトの軸断面積*1	mm^2
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d_i	ボルトの呼び径*1	mm
F_i	設計・建設規格　SSB-3121.1(1)に定める値*1	MPa
F_i^*	設計・建設規格　SSB-3133 に定める値*1	MPa
F_{bi}	ボルトに作用する引張力（1 本当たり）*1	N
F_{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）*1	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）*1	N
f_{sbi}	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力*1	MPa
f_{toi}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力*1	MPa
f_{tsi}	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力*1	MPa
g	重力加速度（＝9.80665）	m/s^2
h_i	据付面又は取付面から重心までの距離*2	mm
ℓ_{1i}	重心と下側ボルト間の鉛直方向距離（壁掛形）*1	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）*1	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）*1	mm
m_i	質量*2	kg
n_i	ボルトの本数*1	—
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（鉛直方向）（壁掛形）*1	—
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（水平方向）（壁掛形）*1	—
Q_{bi}	ボルトに作用するせん断力*1	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）*1	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）*1	N
S_{ui}	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表 9 に定める値*1	MPa
S_{yi}	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表 8 に定める値*1	MPa
S_{yi}（RT）	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表8に定める材料の40℃における値*1	MPa
π	円周率	—
σ_{bi}	ボルトに生じる引張応力*1	MPa
τ_{bi}	ボルトに生じるせん断応力*1	MPa

注記＊1：A_{bi}，d_i，F_i，F_i^*，F_{bi}，F_{b1i}，F_{b2i}，f_{sbi}，f_{toi}，f_{tsi}，ℓ_{1i}，ℓ_{2i}，ℓ_{3i}，n_i，n_{fi}，n_{fVi}，n_{fHi}，Q_{bi}，Q_{b1i}，Q_{b2i}，S_{ui}，S_{yi}，S_{yi}（RT），σ_{bi}及びτ_{bi}の添字iの意味は，以下のとおりとする。

i＝1：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

i＝2：検出器＋架台

2.5　計算精度と数値の丸め方

精度は，有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は，表2－2に示すとおりとする。

表2－2　表示する数値の丸め方

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

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

＊2：絶対値が1000以上のときは，べき数表示とする。

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

3. 評価部位

燃料取替エリア排気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。

燃料取替エリア排気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

燃料取替エリア排気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，当該装置に振動を与え自由減衰振動を固有振動数測定装置（圧電式加速度ピックアップ，振動計，分析器）により記録解析する。燃料取替エリア排気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，剛であることを確認した。

表 4－1 固有周期 （単位：s）

燃料取替エリア排気放射線モニタ (D11-RE-066A)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]
燃料取替エリア排気放射線モニタ (D11-RE-066B)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]
燃料取替エリア排気放射線モニタ (D11-RE-066C)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]
燃料取替エリア排気放射線モニタ (D11-RE-066D)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

(1) 燃料取替エリア排気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) 地震力は燃料取替エリア排気放射線モニタに対して，水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。

(3) 燃料取替エリア排気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，計算モデルにおける正面方向及び側面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) 燃料取替エリア排気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ものとする。

(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

燃料取替エリア排気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

燃料取替エリア排気放射線モニタの許容応力は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表5－2のとおりとする。

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

燃料取替エリア排気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	燃料取替エリア排気放射線モニタ		S	—*	D＋P_D＋M_D＋Ｓｄ *	ⅢＡＳ
						D＋P_D＋M_D＋Ｓｓ	ⅣＡＳ
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	燃料取替エリア排気放射能高	S	—*	D＋P_D＋M_D＋Ｓｄ *	ⅢＡＳ
						D＋P_D＋M_D＋Ｓｓ	ⅣＡＳ

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	
	引張り	せん断
$\mathrm{III}_{\mathrm{A}}\mathrm{S}$	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
$\mathrm{IV}_{\mathrm{A}}\mathrm{S}$	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

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

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

表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 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
基礎ボルト	SS400 (40mm＜径)	周囲環境温度	40	215	400	―
取付ボルト	SS400 (径≦16mm)	周囲環境温度	40	245	400	―

5.3　設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表5－4に示す。

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

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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
		水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度
燃料取替エリア排気放射線モニタ(D11-RE-066A)	原子炉建屋 T.M.S.L.31.700 (T.M.S.L.38.200*)	[redacted]	[redacted]	C_H＝1.06	C_V＝0.73	C_H＝2.03	C_V＝1.45
燃料取替エリア排気放射線モニタ(D11-RE-066B)	原子炉建屋 T.M.S.L.31.700 (T.M.S.L.38.200*)	[redacted]	[redacted]	C_H＝1.06	C_V＝0.73	C_H＝2.03	C_V＝1.45
燃料取替エリア排気放射線モニタ(D11-RE-066C)	原子炉建屋 T.M.S.L.31.700 (T.M.S.L.38.200*)	[redacted]	[redacted]	C_H＝1.06	C_V＝0.73	C_H＝2.03	C_V＝1.45
燃料取替エリア排気放射線モニタ(D11-RE-066D)	原子炉建屋 T.M.S.L.31.700 (T.M.S.L.38.200*)	[redacted]	[redacted]	C_H＝1.06	C_V＝0.73	C_H＝2.03	C_V＝1.45

注記＊：基準床レベルを示す。

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。

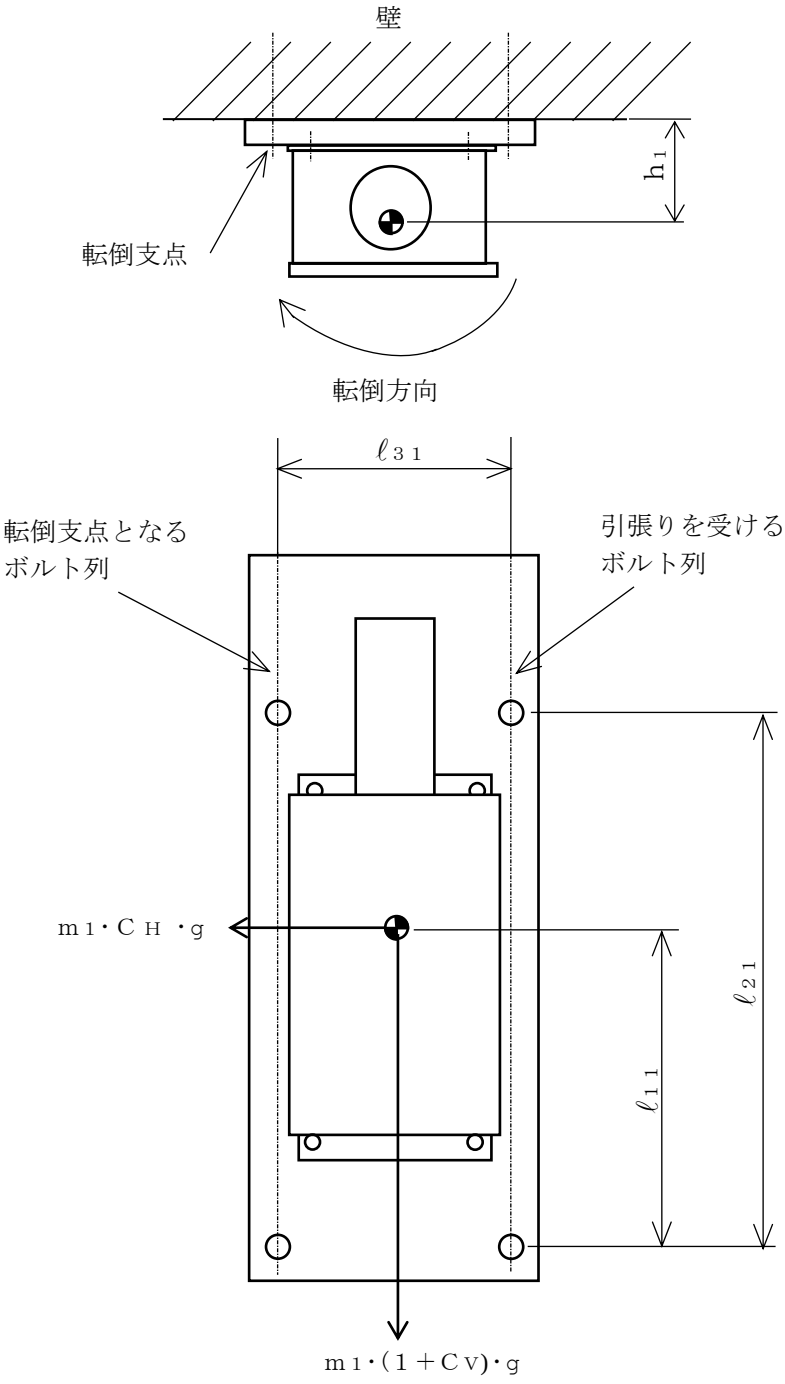


図5－1　計算モデル（壁掛形　正面方向転倒の場合）

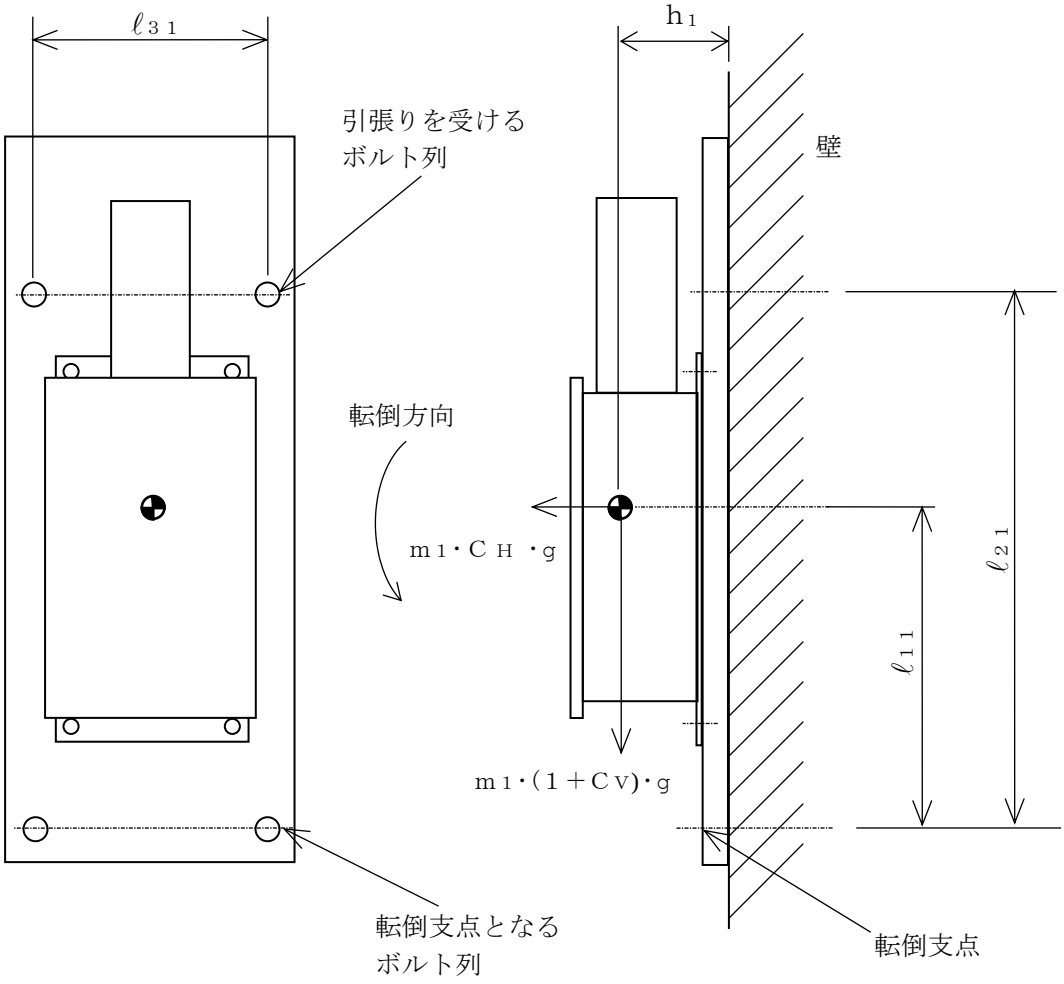


図5－2　計算モデル（壁掛形　側面方向転倒の場合）

(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

$$F_{b11}=\frac{m_1\cdot(1+C_V)\cdot h_1\cdot g}{n_{fV1}\cdot \ell_{21}}+\frac{m_1\cdot C_H\cdot h_1\cdot g}{n_{fH1}\cdot \ell_{31}} \quad \cdots\cdots\cdots (5.4.1.1.1)$$

$$F_{b21}=\frac{m_1\cdot(1+C_V)\cdot h_1\cdot g+m_1\cdot C_H\cdot \ell_{11}\cdot g}{n_{fV1}\cdot \ell_{21}} \quad \cdots\cdots\cdots (5.4.1.1.2)$$

$$F_b=\mathrm{Max}(F_{b11},\ F_{b21}) \quad \cdots\cdots\cdots (5.4.1.1.3)$$

引張応力

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

ここで，基礎ボルトの軸断面積A_{b1}は次式により求める。

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

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，基礎ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b11}=m_1\cdot C_H\cdot g \quad \cdots\cdots\cdots (5.4.1.1.6)$$

$$Q_{b21}=m_1\cdot(1+C_V)\cdot g \quad \cdots\cdots\cdots (5.4.1.1.7)$$

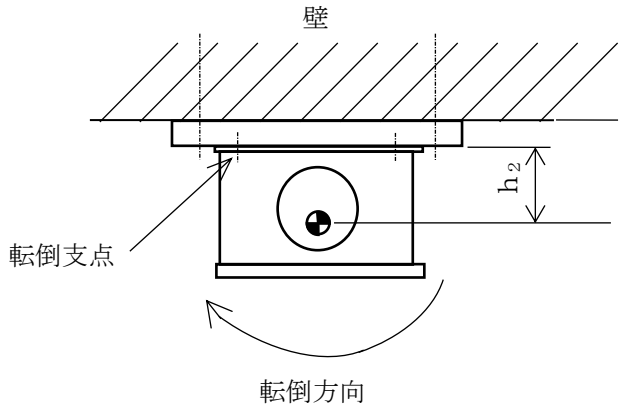
$$Q_{b1}=\sqrt{(Q_{b11})^2+(Q_{b21})^2} \quad \cdots\cdots\cdots (5.4.1.1.8)$$

せん断応力

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

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。



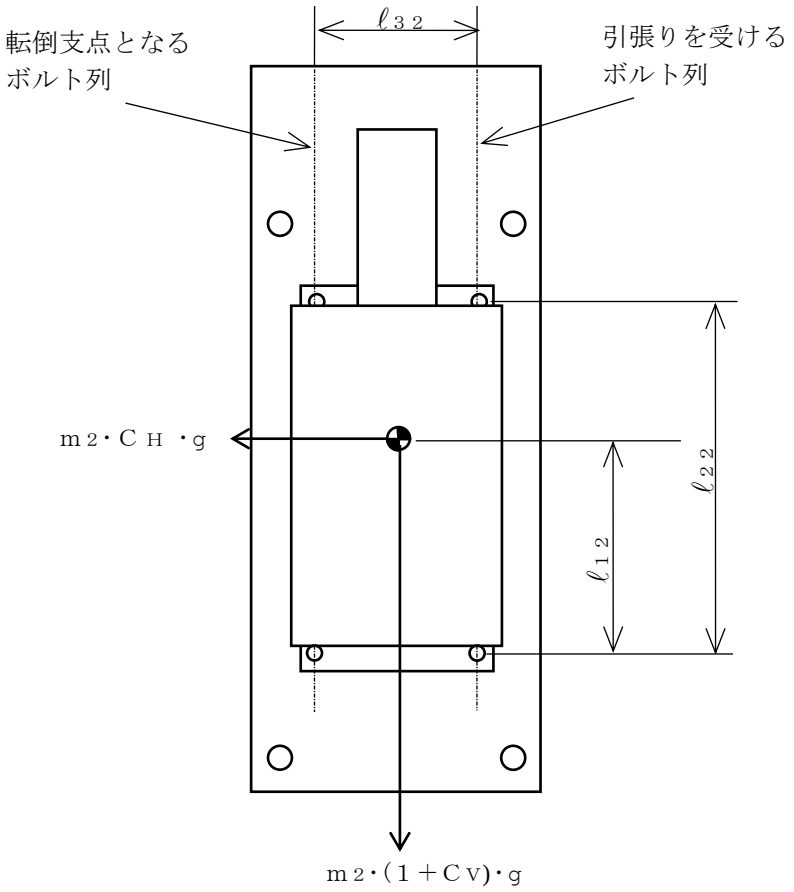


図5－3　計算モデル（壁掛形　正面方向転倒の場合）

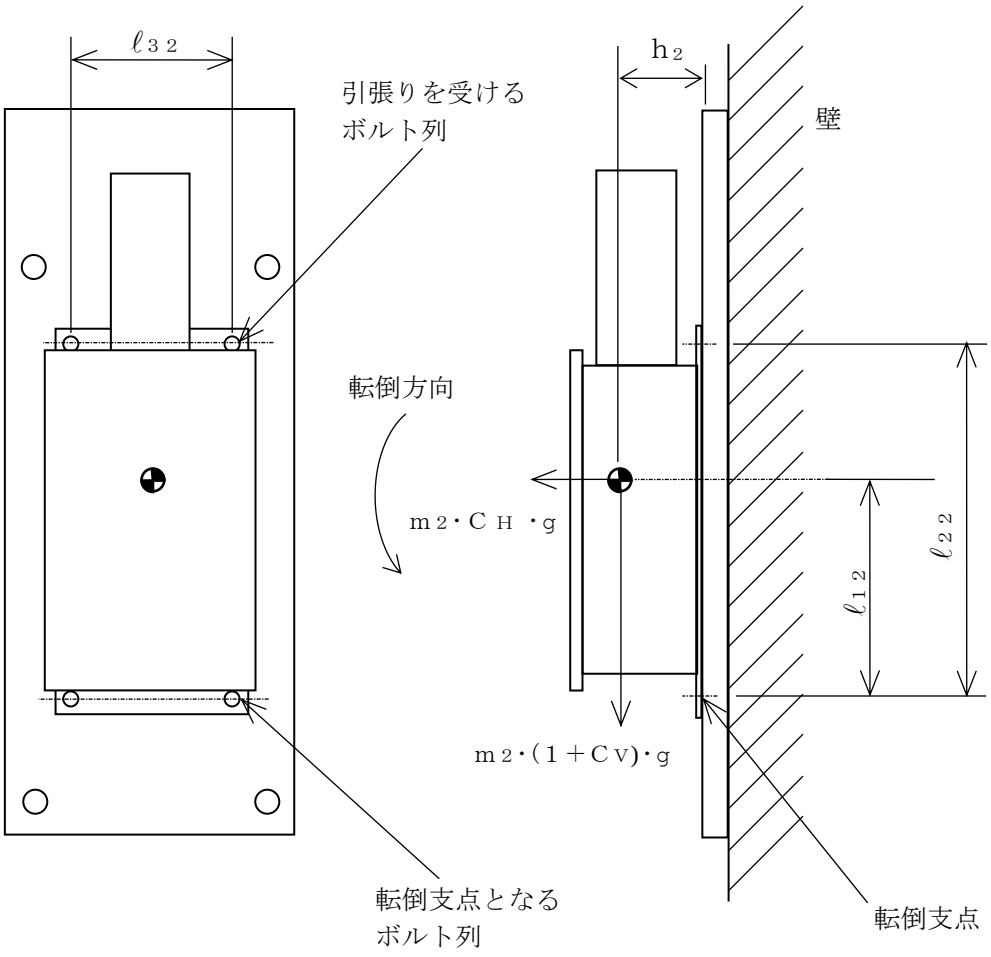


図5－4　計算モデル（壁掛形　側面方向転倒の場合）

(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

$$F_{b12}=\frac{m_2\cdot(1+C_V)\cdot h_2\cdot g}{n_{fv2}\cdot \ell_{22}}+\frac{m_2\cdot C_H\cdot h_2\cdot g}{n_{fH2}\cdot \ell_{32}} \quad \cdots (5.4.1.1.1)$$

$$F_{b22}=\frac{m_2\cdot(1+C_V)\cdot h_2\cdot g+m_2\cdot C_H\cdot \ell_{12}\cdot g}{n_{fv2}\cdot \ell_{22}} \quad \cdots\cdots (5.4.1.1.2)$$

$$F_b=\mathrm{Max}(F_{b12},\ F_{b22}) \quad \cdots\cdots (5.4.1.1.3)$$

引張応力

$$\sigma_{b2}=\frac{F_{b2}}{A_{b2}} \quad \cdots\cdots (5.4.1.1.4)$$

ここで，取付ボルトの軸断面積A_{b2}は次式により求める。

$$A_{b2}=\frac{\pi}{4}\cdot d_2{}^2 \quad \cdots\cdots (5.4.1.1.5)$$

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，取付ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b12}=m_2\cdot C_H\cdot g \quad \cdots\cdots (5.4.1.1.6)$$

$$Q_{b22}=m_2\cdot(1+C_V)\cdot g \quad \cdots\cdots (5.4.1.1.7)$$

$$Q_{b2}=\sqrt{(Q_{b12})^2+(Q_{b22})^2} \quad \cdots\cdots (5.4.1.1.8)$$

せん断応力

$$\tau_{b2}=\frac{Q_{b2}}{n_2\cdot A_{b2}} \quad \cdots\cdots (5.4.1.1.9)$$

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【燃料取替エリア排気放射線モニタ（D11-RE-066A）の耐震性についての計算結果】，【燃料取替エリア排気放射線モニタ（D11-RE-066B）の耐震性についての計算結果】，【燃料取替エリア排気放射線モニタ（D11-RE-066C）の耐震性についての計算結果】，【燃料取替エリア排気放射線モニタ（D11-RE-066D）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【燃料取替エリア排気放射線モニタ（D11-RE-066A）の耐震性についての計算結果】，【燃料取替エリア排気放射線モニタ（D11-RE-066B）の耐震性についての計算結果】，【燃料取替エリア排気放射線モニタ（D11-RE-066C）の耐震性についての計算結果】，【燃料取替エリア排気放射線モニタ（D11-RE-066D）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.6　応力の評価

5.6.1　ボルトの応力評価

5.4.1項で求めたボルトの引張応力σ_{bi}は次式より求めた許容引張応力f_{tsi}以下であること。ただし，f_{toi}は下表による。

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

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

	弾性設計用地震動Ｓｄ 又は静的震度による 荷重との組合せの場合	基準地震動Ｓｓ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 電気的機能維持評価方法

燃料取替エリア排気放射線モニタの電気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Ⅴ-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき，基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度を設定する。

燃料取替エリア排気放射線モニタの機能確認済加速度は，Ⅴ-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6－1に示す。

表6－1 機能確認済加速度 (×9.8m/s^2)

評価部位	方向	機能確認済加速度
燃料取替エリア排気放射線モニタ (D11-RE-066A)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]
燃料取替エリア排気放射線モニタ (D11-RE-066B)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]
燃料取替エリア排気放射線モニタ (D11-RE-066C)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]
燃料取替エリア排気放射線モニタ (D11-RE-066D)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]

7. 評価結果

7.1 設計基準対象施設としての評価結果

燃料取替エリア排気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及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【燃料取替エリア排気放射線モニタ（D11-RE-066A）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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
燃料取替エリア排気放射線モニタ (D11-RE-066A)	S	原子炉建屋 T.M.S.L.31.700 (T.M.S.L.38.200*)	[redacted]	[redacted]	C_H＝1.06	C_V＝0.73	C_H＝2.03	C_V＝1.45	40

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{b_i} (mm^2)	n_i	S_{y_i} (MPa)	S_{u_i} (MPa)
基礎ボルト (i＝1)	[redacted]	80	12 (M12)	113.1	4	215 (40mm＜径)	400 (40mm＜径)
取付ボルト (i＝2)	[redacted]	60	6 (M6)	28.27	4	245 (径≦16mm)	400 (径≦16mm)

部材	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	ℓ_{3i}* (mm)	n_{fvi}*	n_{fHi}*	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト (i＝1)	240	400	180	2	2	215	258	側面方向	側面方向
	240	400	180	2	2				
取付ボルト (i＝2)	148	265	125	2	2	245	280	側面方向	側面方向
	148	265	125	2	2				

注記＊：各ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト（ｉ＝1）	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]
取付ボルト（ｉ＝2）	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト（ｉ＝1）	SS400	引張り	$\sigma_{b1}=1$	$f_{ts1}=129$*	$\sigma_{b1}=1$	$f_{ts1}=154$*
		せん断	$\tau_{b1}=1$	$f_{sb1}=99$	$\tau_{b1}=1$	$f_{sb1}=119$
取付ボルト（ｉ＝2）	SS400	引張り	$\sigma_{b2}=1$	$f_{ts2}=183$*	$\sigma_{b2}=2$	$f_{ts2}=210$*
		せん断	$\tau_{b2}=1$	$f_{sb2}=141$	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

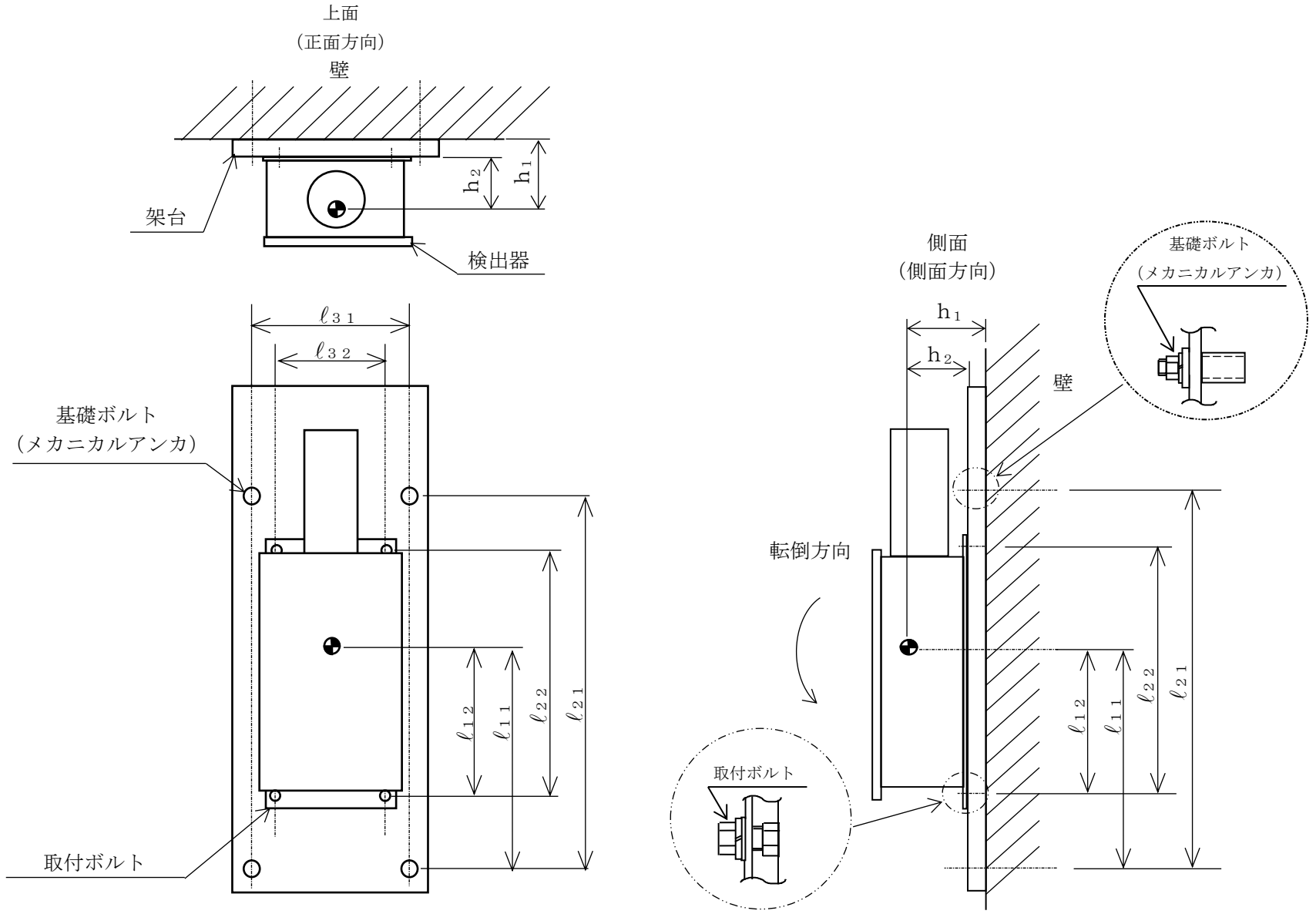
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

1.4.2 電気的機能の評価結果 ($\times 9.8\mathrm{m/s^2}$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
燃料取替エリア排気放射線モニタ（D11-RE-066A）	水平方向	1.69	[redacted]
	鉛直方向	1.21	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


上面
（正面方向）
壁
架台
検出器
h_2
h_1
ℓ_{31}
ℓ_{32}
基礎ボルト
（メカニカルアンカ）
取付ボルト
ℓ_{12}
ℓ_{11}
ℓ_{22}
ℓ_{21}
側面
（側面方向）
h_1
h_2
壁
基礎ボルト
（メカニカルアンカ）
転倒方向
取付ボルト
ℓ_{12}
ℓ_{11}
ℓ_{22}
ℓ_{21}

【燃料取替エリア排気放射線モニタ（D11-RE-066B）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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
燃料取替エリア排気放射線モニタ（D11-RE-066B）	S	原子炉建屋 T.M.S.L.31.700 (T.M.S.L.38.200*)	[redacted]	[redacted]	C_H＝1.06	C_V＝0.73	C_H＝2.03	C_V＝1.45	40

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)
基礎ボルト（i＝1）	[redacted]	80	12 (M12)	113.1	4	215 (40mm＜径)	400 (40mm＜径)
取付ボルト（i＝2）	[redacted]	60	6 (M6)	28.27	4	245 (径≦16mm)	400 (径≦16mm)

部材	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	ℓ_{3i}* (mm)	n_{fvi}*	n_{fHi}*	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト（i＝1）	240	400	180	2	2	215	258	側面方向	側面方向
	240	400	180	2	2				
取付ボルト（i＝2）	148	265	125	2	2	245	280	側面方向	側面方向
	148	265	125	2	2				

注記＊：各ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	Ｆｂｉ		Ｑｂｉ	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト（ｉ＝1）	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]
取付ボルト（ｉ＝2）	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト（ｉ＝1）	SS400	引張り	σ_{b1}＝1	f_{ts1}＝129*	σ_{b1}＝1	f_{ts1}＝154*
		せん断	τ_{b1}＝1	f_{sb1}＝ 99	τ_{b1}＝1	f_{sb1}＝119
取付ボルト（ｉ＝2）	SS400	引張り	σ_{b2}＝1	f_{ts2}＝183*	σ_{b2}＝2	f_{ts2}＝210*
		せん断	τ_{b2}＝1	f_{sb2}＝141	τ_{b2}＝2	f_{sb2}＝161

すべて許容応力以下である。

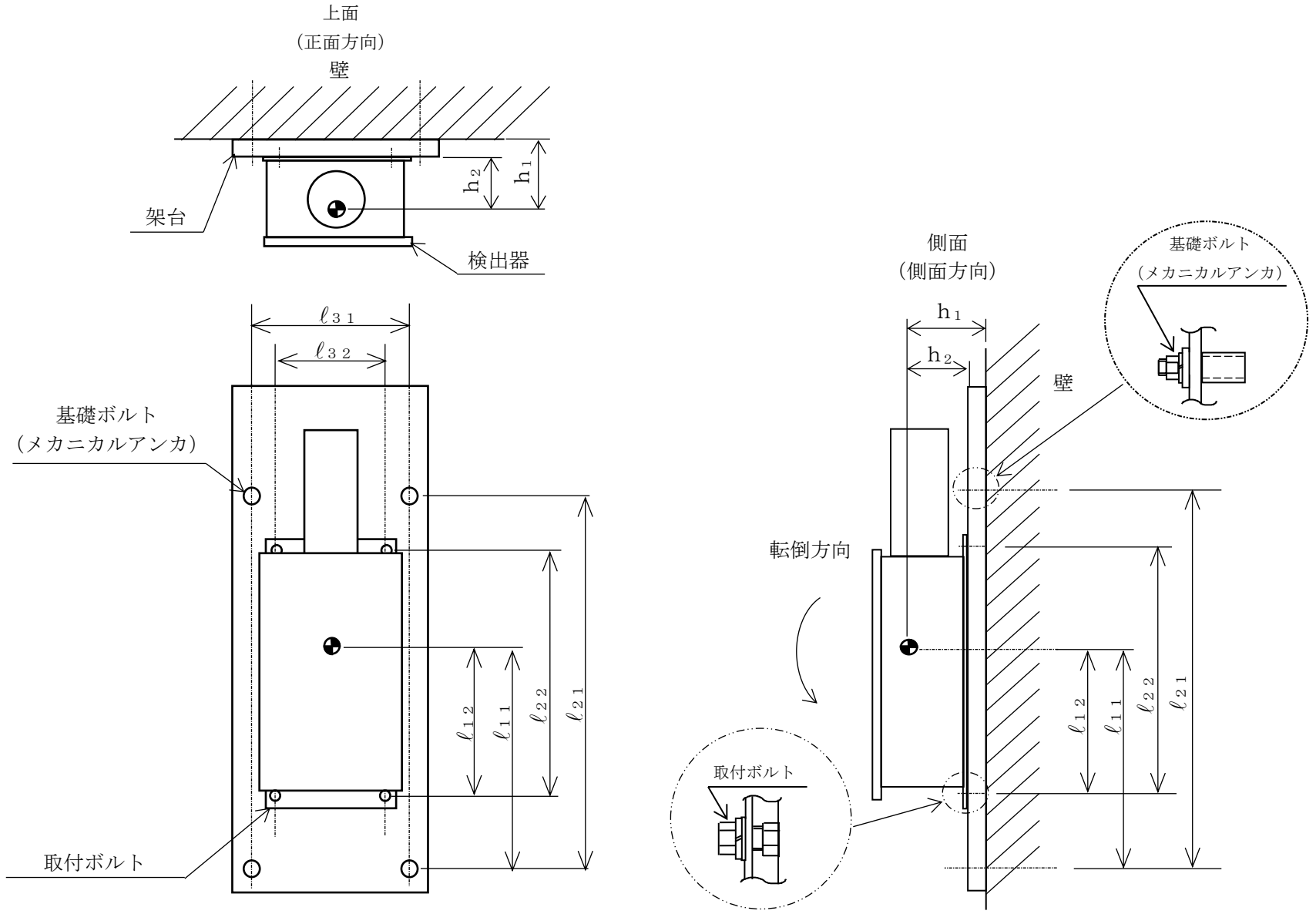
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

1.4.2 電気的機能の評価結果 ($\times 9.8\mathrm{m/s^2}$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
燃料取替エリア排気放射線モニタ（D11-RE-066B）	水平方向	1.69	[redacted]
	鉛直方向	1.21	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


上面
（正面方向）
壁
架台
検出器
h2
h1
ℓ31
ℓ32
基礎ボルト
（メカニカルアンカ）
取付ボルト
ℓ12
ℓ11
ℓ22
ℓ21
側面
（側面方向）
h1
h2
壁
基礎ボルト
（メカニカルアンカ）
転倒方向
取付ボルト
ℓ12
ℓ11
ℓ22
ℓ21

【燃料取替エリア排気放射線モニタ（D11-RE-066C）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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
燃料取替エリア排気放射線モニタ (D11-RE-066C)	S	原子炉建屋 T.M.S.L.31.700 (T.M.S.L.38.200*)	[redacted]	[redacted]	C_H＝1.06	C_V＝0.73	C_H＝2.03	C_V＝1.45	40

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)
基礎ボルト (i＝1)	[redacted]	80	12 (M12)	113.1	4	215 (40mm＜径)	400 (40mm＜径)
取付ボルト (i＝2)	[redacted]	60	6 (M6)	28.27	4	245 (径≦16mm)	400 (径≦16mm)

部材	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	ℓ_{3i}* (mm)	n_{fvi}*	n_{fHi}*	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト (i＝1)	240	400	180	2	2	215	258	側面方向	側面方向
	240	400	180	2	2				
取付ボルト (i＝2)	148	265	125	2	2	245	280	側面方向	側面方向
	148	265	125	2	2				

注記＊：各ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	Ｆｂｉ		Ｑｂｉ	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト（ｉ＝1）	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]
取付ボルト（ｉ＝2）	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト（ｉ＝1）	SS400	引張り	$\sigma_{b1}=1$	$f_{ts1}=129^*$	$\sigma_{b1}=1$	$f_{ts1}=154^*$
		せん断	$\tau_{b1}=1$	$f_{sb1}=99$	$\tau_{b1}=1$	$f_{sb1}=119$
取付ボルト（ｉ＝2）	SS400	引張り	$\sigma_{b2}=1$	$f_{ts2}=183^*$	$\sigma_{b2}=2$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	$\tau_{b2}=1$	$f_{sb2}=141$	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

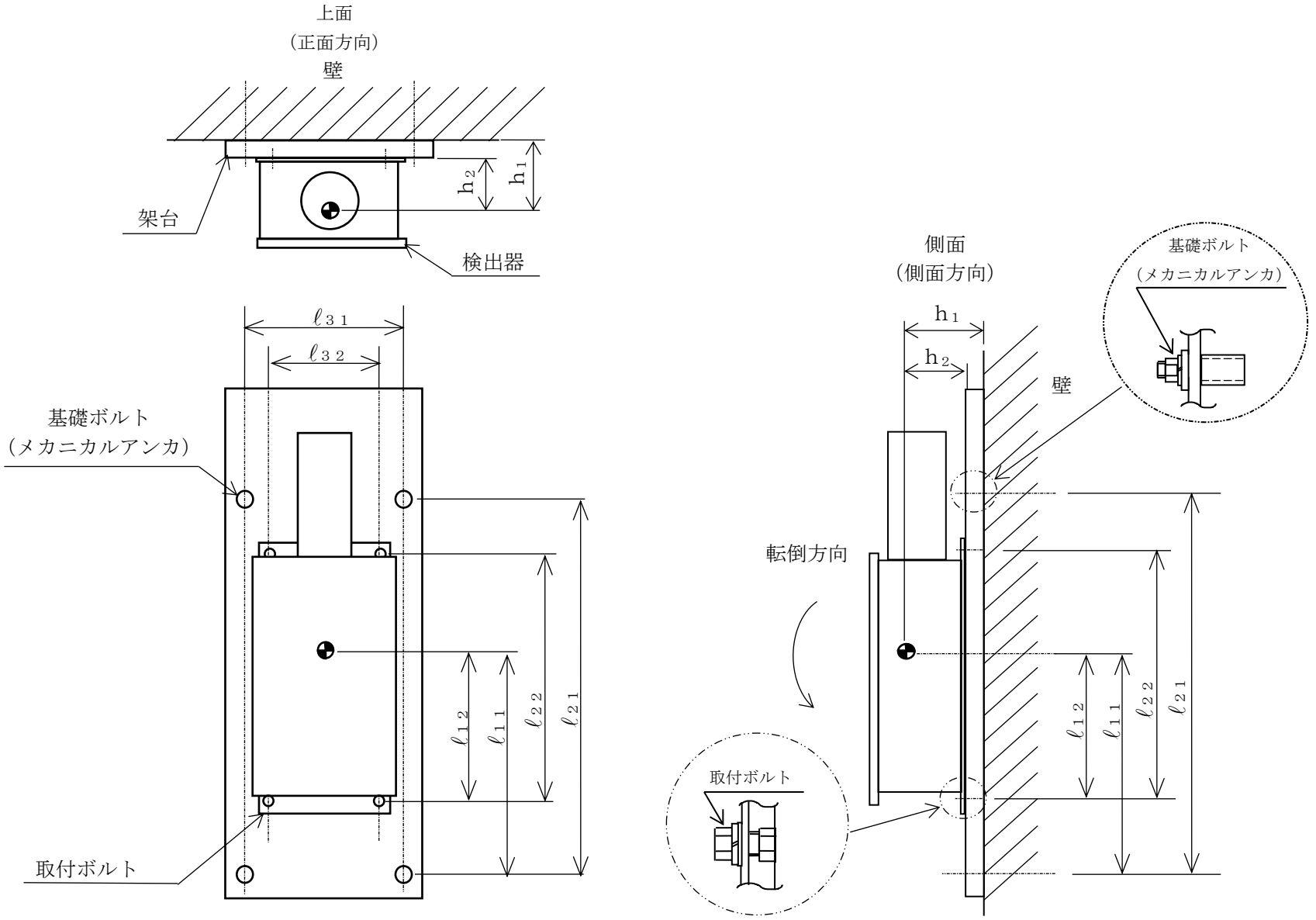
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

1.4.2 電気的機能の評価結果 ($\times 9.8\mathrm{m/s^2}$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
燃料取替エリア排気放射線モニタ（D11-RE-066C）	水平方向	1.69	[redacted]
	鉛直方向	1.21	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


上面
（正面方向）
壁
架台
検出器
h_2
h_1
ℓ_{31}
ℓ_{32}
基礎ボルト
（メカニカルアンカ）
取付ボルト
ℓ_{12}
ℓ_{11}
ℓ_{22}
ℓ_{21}
側面
（側面方向）
h_1
h_2
壁
基礎ボルト
（メカニカルアンカ）
転倒方向
取付ボルト
ℓ_{12}
ℓ_{11}
ℓ_{22}
ℓ_{21}

【燃料取替エリア排気放射線モニタ（D11-RE-066D）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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
燃料取替エリア排気放射線モニタ (D11-RE-066D)	S	原子炉建屋 T.M.S.L.31.700 (T.M.S.L.38.200*)	[redacted]	[redacted]	C_H＝1.06	C_V＝0.73	C_H＝2.03	C_V＝1.45	40

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)
基礎ボルト (i＝1)	[redacted]	80	12 (M12)	113.1	4	215 (40mm＜径)	400 (40mm＜径)
取付ボルト (i＝2)	[redacted]	60	6 (M6)	28.27	4	245 (径≦16mm)	400 (径≦16mm)

部材	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	ℓ_{3i}* (mm)	n_{fvi}*	n_{fHi}*	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト (i＝1)	240	400	180	2	2	215	258	側面方向	側面方向
	240	400	180	2	2				
取付ボルト (i＝2)	148	265	125	2	2	245	280	側面方向	側面方向
	148	265	125	2	2				

注記＊：各ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト（ｉ＝1）	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]
取付ボルト（ｉ＝2）	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト（ｉ＝1）	SS400	引張り	σ_{b1}＝1	f_{ts1}＝129*	σ_{b1}＝1	f_{ts1}＝154*
		せん断	τ_{b1}＝1	f_{sb1}＝ 99	τ_{b1}＝1	f_{sb1}＝119
取付ボルト（ｉ＝2）	SS400	引張り	σ_{b2}＝1	f_{ts2}＝183*	σ_{b2}＝2	f_{ts2}＝210*
		せん断	τ_{b2}＝1	f_{sb2}＝141	τ_{b2}＝2	f_{sb2}＝161

すべて許容応力以下である。

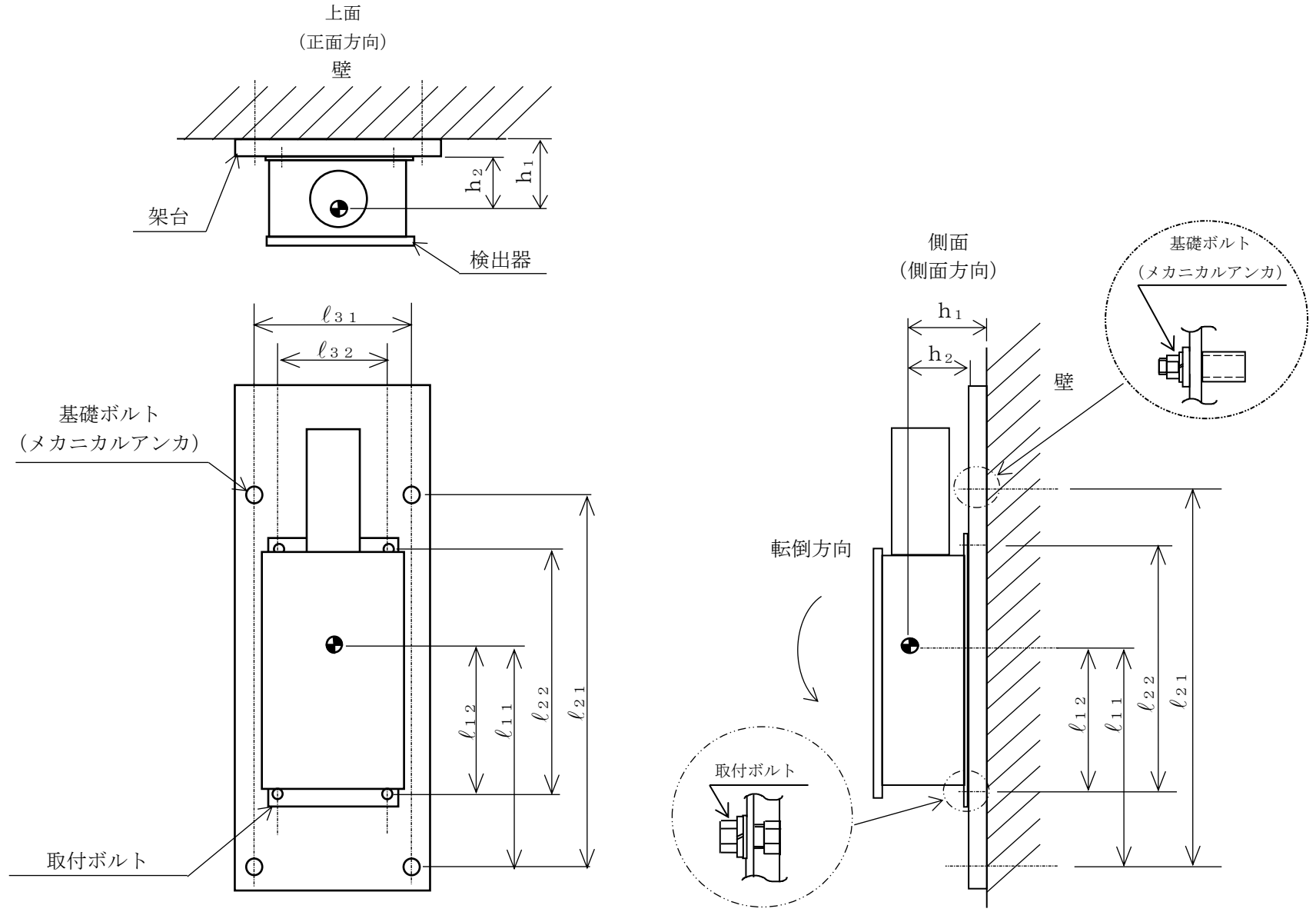
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

1.4.2 電気的機能の評価結果 ($\times 9.8\mathrm{m/s^2}$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
燃料取替エリア排気放射線モニタ（D11-RE-066D）	水平方向	1.69	[redacted]
	鉛直方向	1.21	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


上面
（正面方向）
壁
架台
検出器
h_2
h_1
ℓ_{31}
ℓ_{32}
基礎ボルト
（メカニカルアンカ）
取付ボルト
ℓ_{12}
ℓ_{11}
ℓ_{22}
ℓ_{21}
側面
（側面方向）
h_1
h_2
壁
基礎ボルト
（メカニカルアンカ）
転倒方向
取付ボルト
ℓ_{12}
ℓ_{11}
ℓ_{22}
ℓ_{21}

(3)　原子炉区域換気空調系排気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
5.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 9
5.2.2　許容応力 ····· 9
5.2.3　使用材料の許容応力評価条件 ····· 9
5.3　設計用地震力 ····· 13
5.4　計算方法 ····· 14
5.4.1　応力の計算方法 ····· 14
5.5　計算条件 ····· 20
5.5.1　基礎ボルトの応力計算条件 ····· 20
5.5.2　取付ボルトの応力計算条件 ····· 20
5.6　応力の評価 ····· 21
5.6.1　ボルトの応力評価 ····· 21
6.　機能維持評価 ····· 22
6.1　電気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，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，原子炉区域換気空調系排気放射線モニタが設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

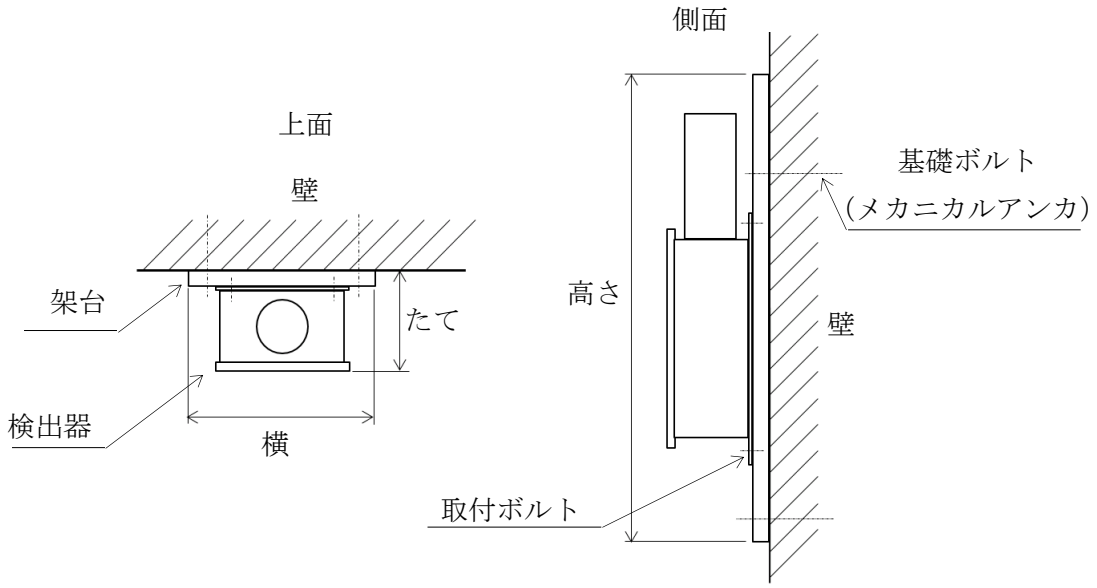
原子炉区域換気空調系排気放射線モニタは，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に分類される。以下，設計基準対象施設としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

原子炉区域換気空調系排気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

<table>
<tr><th colspan="2">計画の概要</th><th rowspan="2">概略構造図</th></tr>
<tr><th>基礎・支持構造</th><th>主体構造</th></tr>
<tr><td>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。</td><td>半導体式</td><td>【原子炉区域換気空調系排気放射線モニタ】


<table>
<tr><th>機器
名称</th><th>原子炉区域換気空調系
排気放射線モニタ
(D11-RE-067A)</th><th>原子炉区域換気空調系
排気放射線モニタ
(D11-RE-067B)</th><th>原子炉区域換気空調系
排気放射線モニタ
(D11-RE-067C)</th><th>原子炉区域換気空調系
排気放射線モニタ
(D11-RE-067D)</th></tr>
<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>
</table>
(単位：mm)</td></tr>
</table>

2.2　評価方針

原子炉区域換気空調系排気放射線モニタの応力評価は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.1　構造計画」にて示す原子炉区域換気空調系排気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」で確認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，原子炉区域換気空調系排気放射線モニタの機能維持評価は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電気的機能維持の方針に基づき，地震時の応答加速度が電気的機能確認済加速度以下であることを，「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。

原子炉区域換気空調系排気放射線モニタの耐震評価フローを図2－1に示す。

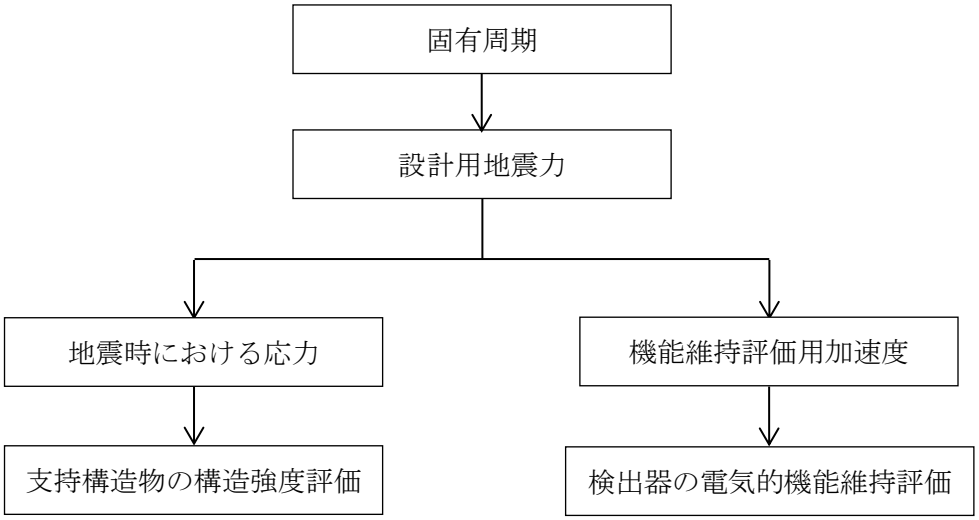


図2－1　原子炉区域換気空調系排気放射線モニタの耐震評価フロー

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　ＪＥＡＧ４６０１・補-1984（(社) 日本電気協会）

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

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

・発電用原子力設備規格　設計・建設規格（(社) 日本機械学会，2005/2007）（以下「設計・建設規格」という。）

2.4　記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_{bi}	ボルトの軸断面積*1	mm^2
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d_i	ボルトの呼び径*1	mm
F_i	設計・建設規格　SSB-3121.1(1)に定める値*1	MPa
F_i^*	設計・建設規格　SSB-3133 に定める値*1	MPa
F_{bi}	ボルトに作用する引張力（1 本当たり）*1	N
F_{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）*1	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）*1	N
f_{sbi}	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力*1	MPa
f_{toi}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力*1	MPa
f_{tsi}	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力*1	MPa
g	重力加速度（＝9.80665）	m/s^2
h_i	据付面又は取付面から重心までの距離*2	mm
ℓ_{1i}	重心と下側ボルト間の鉛直方向距離（壁掛形）*1	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）*1	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）*1	mm
m_i	質量*2	kg
n_i	ボルトの本数*1	—
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（鉛直方向）（壁掛形）*1	—
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（水平方向）（壁掛形）*1	—
Q_{bi}	ボルトに作用するせん断力*1	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）*1	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）*1	N
S_{ui}	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表 9 に定める値*1	MPa
S_{yi}	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表 8 に定める値*1	MPa
S_{yi}（RT）	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表8に定める材料の40℃における値*1	MPa
π	円周率	—
σ_{bi}	ボルトに生じる引張応力*1	MPa
τ_{bi}	ボルトに生じるせん断応力*1	MPa

注記＊1：A_{bi}，d_i，F_i，F_i^*，F_{bi}，F_{b1i}，F_{b2i}，f_{sbi}，f_{toi}，f_{tsi}，ℓ_{1i}，ℓ_{2i}，ℓ_{3i}，n_i，n_{fVi}，n_{fHi}，Q_{bi}，Q_{b1i}，Q_{b2i}，S_{ui}，S_{yi}，S_{yi}（RT），σ_{bi}及びτ_{bi}の添字iの意味は，以下のとおりとする。

i＝1：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に示すとおりとする。

表2－2　表示する数値の丸め方

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

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

＊2：絶対値が1000以上のときは，べき数表示とする。

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

3. 評価部位

原子炉区域換気空調系排気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。

原子炉区域換気空調系排気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

原子炉区域換気空調系排気放射線モニタ（D11-RE-067B及びD11-RE-067C）の水平方向及び原子炉区域換気空調系排気放射線モニタの鉛直方向の固有周期は振動試験（自由振動試験）にて求める。原子炉区域換気空調系排気放射線モニタ（D11-RE-067A及びD11-RE-067D）の水平方向の固有周期は，構造が同様な振動特性を持つ検出器に対する振動試験の結果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，当該装置に振動を与え自由減衰振動を固有振動数測定装置（圧電式加速度ピックアップ，振動計，分析器）により記録解析する。

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。

表4－1 固有周期 （単位：s）

原子炉区域換気空調系 排気放射線モニタ (D11-RE-067A)	水平	0.05以下
	鉛直	[redacted]
原子炉区域換気空調系 排気放射線モニタ (D11-RE-067B)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]
原子炉区域換気空調系 排気放射線モニタ (D11-RE-067C)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]
原子炉区域換気空調系 排気放射線モニタ (D11-RE-067D)	水平	0.05以下
	鉛直	[redacted]

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

(1) 原子炉区域換気空調系排気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) 地震力は原子炉区域換気空調系排気放射線モニタに対して，水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。

(3) 原子炉区域換気空調系排気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，正面方向及び側面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) 原子炉区域換気空調系排気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ものとする。

(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

原子炉区域換気空調系排気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

原子炉区域換気空調系排気放射線モニタの許容応力は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 5－2 のとおりとする。

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

原子炉区域換気空調系排気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	原子炉区域換気空調系排気放射線モニタ		S	—*	$D+P_D+M_D+S_d$ *	III_AS
						$D+P_D+M_D+S_s$	IV_AS
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	原子炉区域換気空調系排気放射能高	S	—*	$D+P_D+M_D+S_d$ *	III_AS
						$D+P_D+M_D+S_s$	IV_AS

注記＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表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	
	引張り	せん断
$\mathrm{III}_{\mathrm{A}}\mathrm{S}$	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
$\mathrm{IV}_{\mathrm{A}}\mathrm{S}$	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

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

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

表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 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
基礎ボルト	SS400 (40mm＜径)	周囲環境温度	40	215	400	―
取付ボルト	SS400 (径≦16mm)	周囲環境温度	40	245	400	―

5.3　設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表5－4に示す。

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

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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
		水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度
原子炉区域換気空調系排気放射線モニタ(D11-RE-067A)	原子炉建屋 T.M.S.L.23.500 (T.M.S.L.31.700*)	0.05以下	[redacted]	C_H＝0.88	C_V＝0.72	C_H＝1.71	C_V＝1.41
原子炉区域換気空調系排気放射線モニタ(D11-RE-067B)	原子炉建屋 T.M.S.L.23.500 (T.M.S.L.31.700*)	[redacted]	[redacted]	C_H＝0.88	C_V＝0.72	C_H＝1.71	C_V＝1.41
原子炉区域換気空調系排気放射線モニタ(D11-RE-067C)	原子炉建屋 T.M.S.L.23.500 (T.M.S.L.31.700*)	[redacted]	[redacted]	C_H＝0.88	C_V＝0.72	C_H＝1.71	C_V＝1.41
原子炉区域換気空調系排気放射線モニタ(D11-RE-067D)	原子炉建屋 T.M.S.L.23.500 (T.M.S.L.31.700*)	0.05以下	[redacted]	C_H＝0.88	C_V＝0.72	C_H＝1.71	C_V＝1.41

注記＊：基準床レベルを示す。

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。

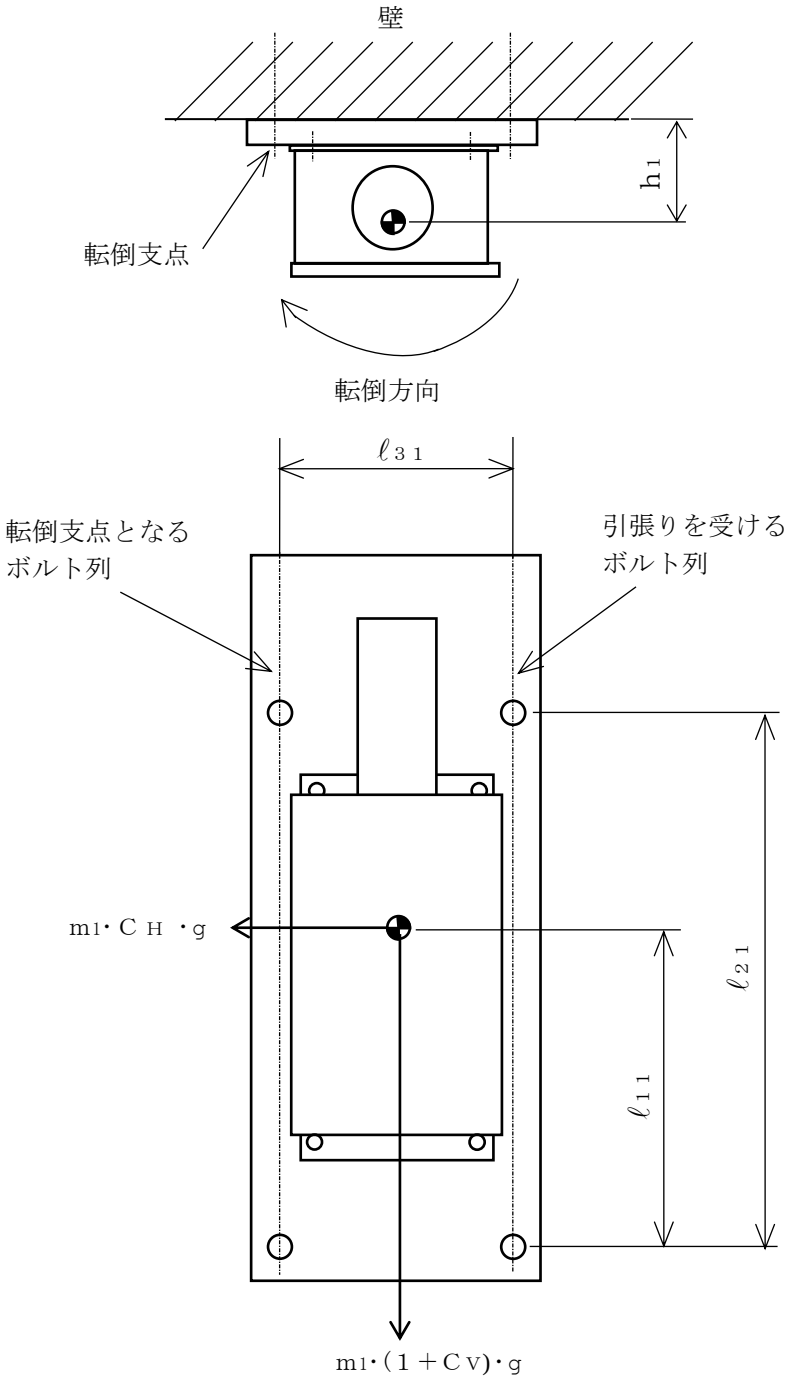


図5－1　計算モデル（壁掛形　正面方向転倒の場合）

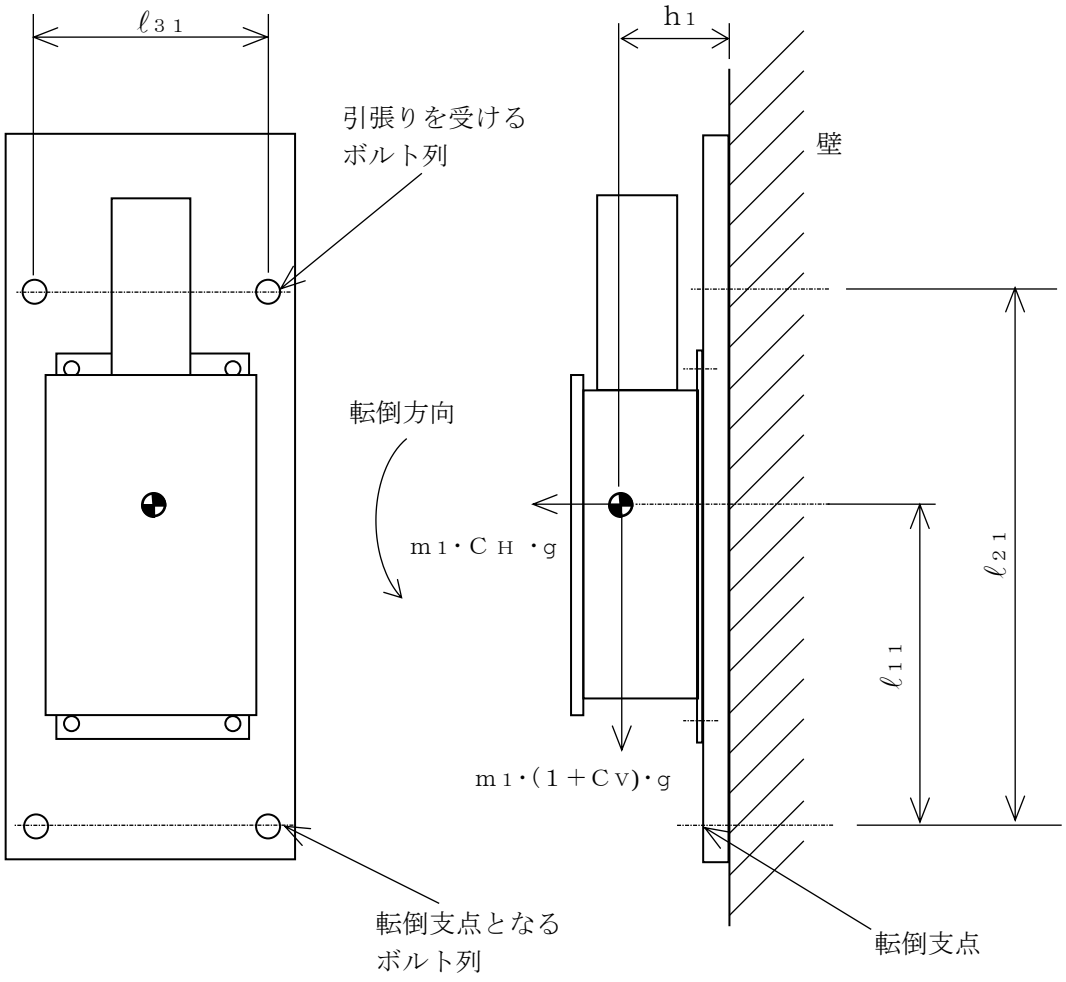


図5－2　計算モデル（壁掛形　側面方向転倒の場合）

(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

$$F_{b11}=\frac{m_1\cdot(1+C_V)\cdot h_1\cdot g}{n_{fV1}\cdot \ell_{11}}+\frac{m_1\cdot C_H\cdot h_1\cdot g}{n_{fH1}\cdot \ell_{31}} \quad \cdots (5.4.1.1.1)$$

$$F_{b21}=\frac{m_1\cdot(1+C_V)\cdot h_1\cdot g+m_1\cdot C_H\cdot \ell_{11}\cdot g}{n_{fV1}\cdot \ell_{21}} \quad \cdots\cdots (5.4.1.1.2)$$

$$F_b=\mathrm{Max}(F_{b11},\ F_{b21}) \quad \cdots\cdots (5.4.1.1.3)$$

引張応力

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

ここで，取付ボルトの軸断面積A_{b1}は次式により求める。

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

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,基礎ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b11}=m_1\cdot C_H\cdot g \quad \cdots\cdots (5.4.1.1.6)$$

$$Q_{b21}=m_1\cdot(1+C_V)\cdot g \quad \cdots\cdots (5.4.1.1.7)$$

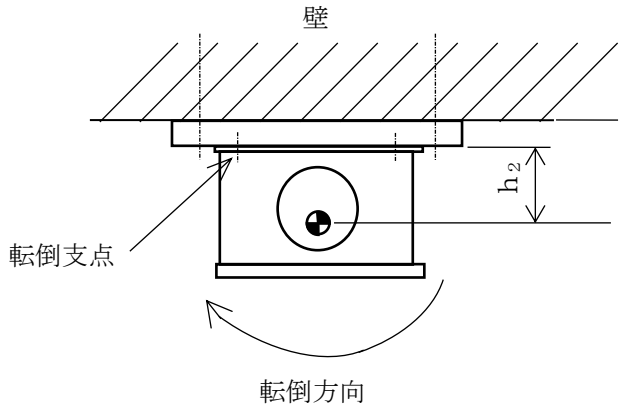
$$Q_{b1}=\sqrt{(Q_{b11})^2+(Q_{b21})^2} \quad \cdots\cdots (5.4.1.1.8)$$

せん断応力

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

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。



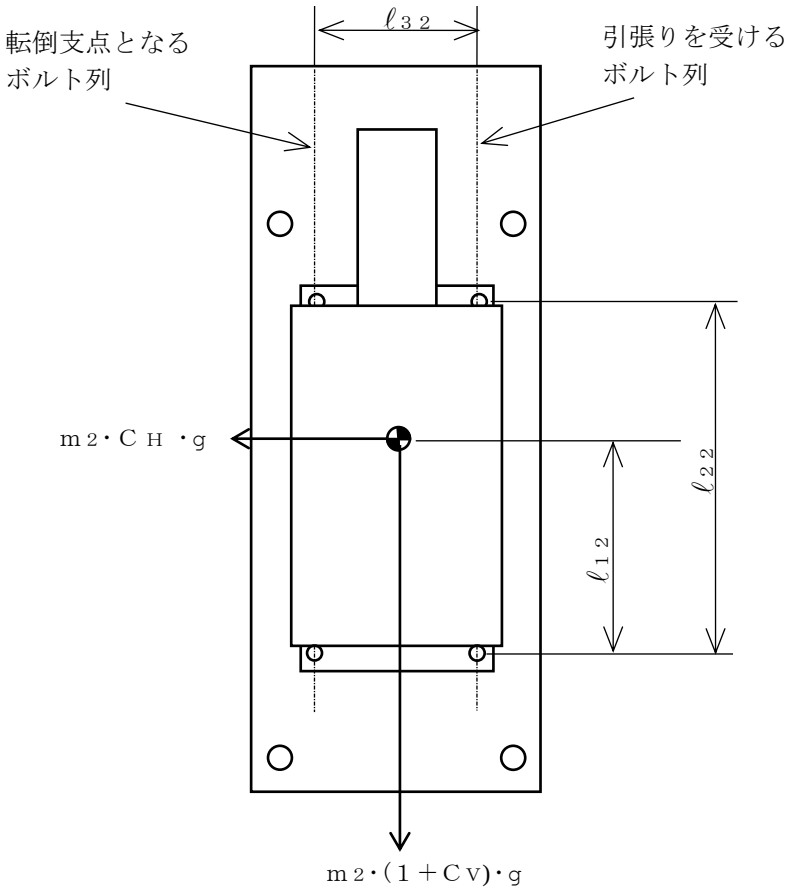


図5－3　計算モデル（壁掛形　正面方向転倒の場合）

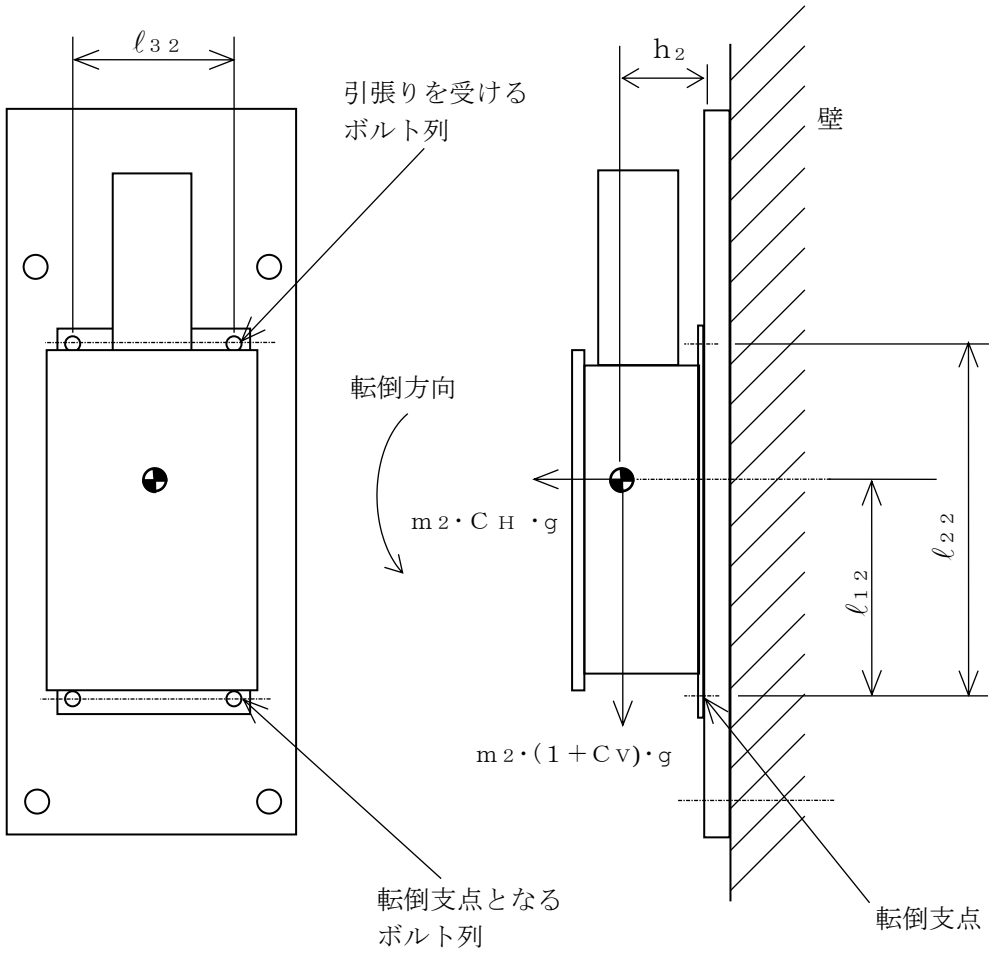


図5－4　計算モデル（壁掛形　側面方向転倒の場合）

(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

$$F_{b12}=\frac{m_2\cdot(1+C_V)\cdot h_2\cdot g}{n_{fV2}\cdot \ell_{12}}+\frac{m_2\cdot C_H\cdot h_2\cdot g}{n_{fH2}\cdot \ell_{32}} \quad \cdots (5.4.1.1.1)$$

$$F_{b22}=\frac{m_2\cdot(1+C_V)\cdot h_2\cdot g+m_2\cdot C_H\cdot \ell_{12}\cdot g}{n_{fV2}\cdot \ell_{22}} \quad \cdots\cdots (5.4.1.1.2)$$

$$F_b=\mathrm{Max}(F_{b12},\ F_{b22}) \quad \cdots\cdots (5.4.1.1.3)$$

引張応力

$$\sigma_{b2}=\frac{F_{b2}}{A_{b2}} \quad \cdots\cdots (5.4.1.1.4)$$

ここで，取付ボルトの軸断面積A_{b1}は次式により求める。

$$A_{b2}=\frac{\pi}{4}\cdot d_2^{\,2} \quad \cdots\cdots (5.4.1.1.5)$$

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,取付ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b12}=m_2\cdot C_H\cdot g \quad \cdots\cdots (5.4.1.1.6)$$

$$Q_{b22}=m_2\cdot(1+C_V)\cdot g \quad \cdots\cdots (5.4.1.1.7)$$

$$Q_{b2}=\sqrt{(Q_{b12})^2+(Q_{b22})^2} \quad \cdots\cdots (5.4.1.1.8)$$

せん断応力

$$\tau_{b2}=\frac{Q_{b2}}{n_2\cdot A_{b2}} \quad \cdots\cdots (5.4.1.1.9)$$

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【原子炉区域換気空調系排気放射線モニタ（D11-RE-067A）の耐震性についての計算結果】，【原子炉区域換気空調系排気放射線モニタ（D11-RE-067B）の耐震性についての計算結果】，【原子炉区域換気空調系排気放射線モニタ（D11-RE-067C）の耐震性についての計算結果】及び【原子炉区域換気空調系排気放射線モニタ（D11-RE-067D）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【原子炉区域換気空調系排気放射線モニタ（D11-RE-067A）の耐震性についての計算結果】，【原子炉区域換気空調系排気放射線モニタ（D11-RE-067B）の耐震性についての計算結果】，【原子炉区域換気空調系排気放射線モニタ（D11-RE-067C）の耐震性についての計算結果】及び【原子炉区域換気空調系排気放射線モニタ（D11-RE-067D）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.6　応力の評価

5.6.1　ボルトの応力評価

5.4.1項で求めたボルトの引張応力σ_{bi}は次式より求めた許容引張応力f_{tsi}以下であること。ただし，f_{toi}は下表による。

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

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

	弾性設計用地震動Ｓｄ 又は静的震度による 荷重との組合せの場合	基準地震動Ｓｓ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 電気的機能維持評価方法

原子炉区域換気空調系排気放射線モニタの電気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Ⅴ-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき，基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度を設定する。

原子炉区域換気空調系排気放射線モニタの機能確認済加速度は，Ⅴ-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6－1に示す。

表6－1 機能確認済加速度 （×9.8m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
原子炉区域換気空調系排気放射線モニタ (D11-RE-067A)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]
原子炉区域換気空調系排気放射線モニタ (D11-RE-067B)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]
原子炉区域換気空調系排気放射線モニタ (D11-RE-067C)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]
原子炉区域換気空調系排気放射線モニタ (D11-RE-067D)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]

7. 評価結果

7.1 設計基準対象施設としての評価結果

原子炉区域換気空調系排気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及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【原子炉区域換気空調系排気放射線モニタ（D11-RE-067A）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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
原子炉区域換気空調系排気放射線モニタ（D11-RE-067A）	S	原子炉建屋 T.M.S.L.23.500 (T.M.S.L.31.700*)	0.05以下	[redacted]	C_H＝0.88	C_V＝0.72	C_H＝1.71	C_V＝1.41	40

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)
基礎ボルト（i＝1）	[redacted]	80	12 (M12)	113.1	4	215 (40mm＜径)	400 (40mm＜径)
取付ボルト（i＝2）	[redacted]	60	6 (M6)	28.27	4	245 (径≦16mm)	400 (径≦16mm)

部材	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	ℓ_{3i}* (mm)	n_{fvi}*	n_{fHi}*	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト（i＝1）	240	400	180	2	2	215	258	側面方向	側面方向
	240	400	180	2	2				
取付ボルト（i＝2）	148	265	125	2	2	245	280	側面方向	側面方向
	148	265	125	2	2				

注記＊：各ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト（ｉ＝1）	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]
取付ボルト（ｉ＝2）	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト（ｉ＝1）	SS400	引張り	σ_{b1}＝1	f_{ts1}＝129*	σ_{b1}＝1	f_{ts1}＝154*
		せん断	τ_{b1}＝1	f_{sb1}＝ 99	τ_{b1}＝1	f_{sb1}＝119
取付ボルト（ｉ＝2）	SS400	引張り	σ_{b2}＝1	f_{ts2}＝183*	σ_{b2}＝2	f_{ts2}＝210*
		せん断	τ_{b2}＝1	f_{sb2}＝141	τ_{b2}＝2	f_{sb2}＝161

すべて許容応力以下である。

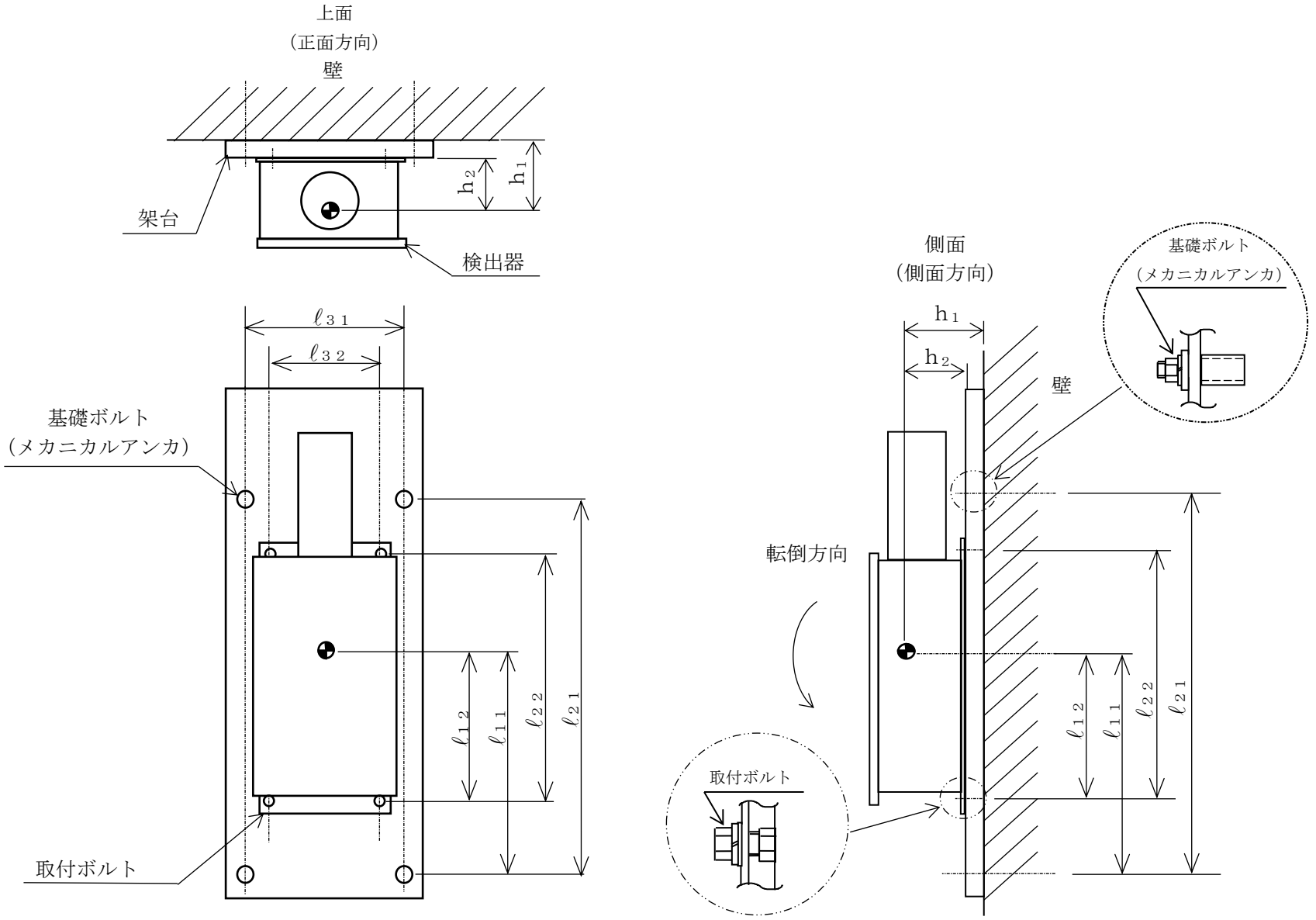
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

1.4.2 電気的機能の評価結果 ($\times 9.8\mathrm{m/s^2}$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉区域換気空調系排気放射線モニタ（D11-RE-067A）	水平方向	1.42	[redacted]
	鉛直方向	1.17	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


上面
（正面方向）
壁
架台
検出器
h2
h1
ℓ31
ℓ32
基礎ボルト
（メカニカルアンカ）
取付ボルト
ℓ12
ℓ11
ℓ22
ℓ21
側面
（側面方向）
h1
h2
壁
基礎ボルト
（メカニカルアンカ）
転倒方向
取付ボルト
ℓ12
ℓ11
ℓ22
ℓ21

【原子炉区域換気空調系排気放射線モニタ（D11-RE-067B）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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
原子炉区域換気空調系排気放射線モニタ（D11-RE-067B）	S	原子炉建屋 T.M.S.L.23.500 (T.M.S.L.31.700*)	[redacted]	[redacted]	C_H=0.88	C_V=0.72	C_H=1.71	C_V=1.41	40

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	mi (kg)	hi (mm)	di (mm)	A_{bi} (mm^2)	ni	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)
基礎ボルト（i＝1）	[redacted]	80	12 (M12)	113.1	4	215 (40mm＜径)	400 (40mm＜径)
取付ボルト（i＝2）	[redacted]	60	6 (M6)	28.27	4	245 (径≦16mm)	400 (径≦16mm)

部材	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	ℓ_{3i}* (mm)	nfv_i*	nfH_i*	Fi (MPa)	Fi* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト（i＝1）	240	400	180	2	2	215	258	側面方向	側面方向
	240	400	180	2	2				
取付ボルト（i＝2）	148	265	125	2	2	245	280	側面方向	側面方向
	148	265	125	2	2				

注記＊：各ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト（ｉ＝1）	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]
取付ボルト（ｉ＝2）	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト（ｉ＝1）	SS400	引張り	$\sigma_{b1}=1$	$f_{ts1}=129$*	$\sigma_{b1}=1$	$f_{ts1}=154$*
		せん断	$\tau_{b1}=1$	$f_{sb1}=99$	$\tau_{b1}=1$	$f_{sb1}=119$
取付ボルト（ｉ＝2）	SS400	引張り	$\sigma_{b2}=1$	$f_{ts2}=183$*	$\sigma_{b2}=2$	$f_{ts2}=210$*
		せん断	$\tau_{b2}=1$	$f_{sb2}=141$	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

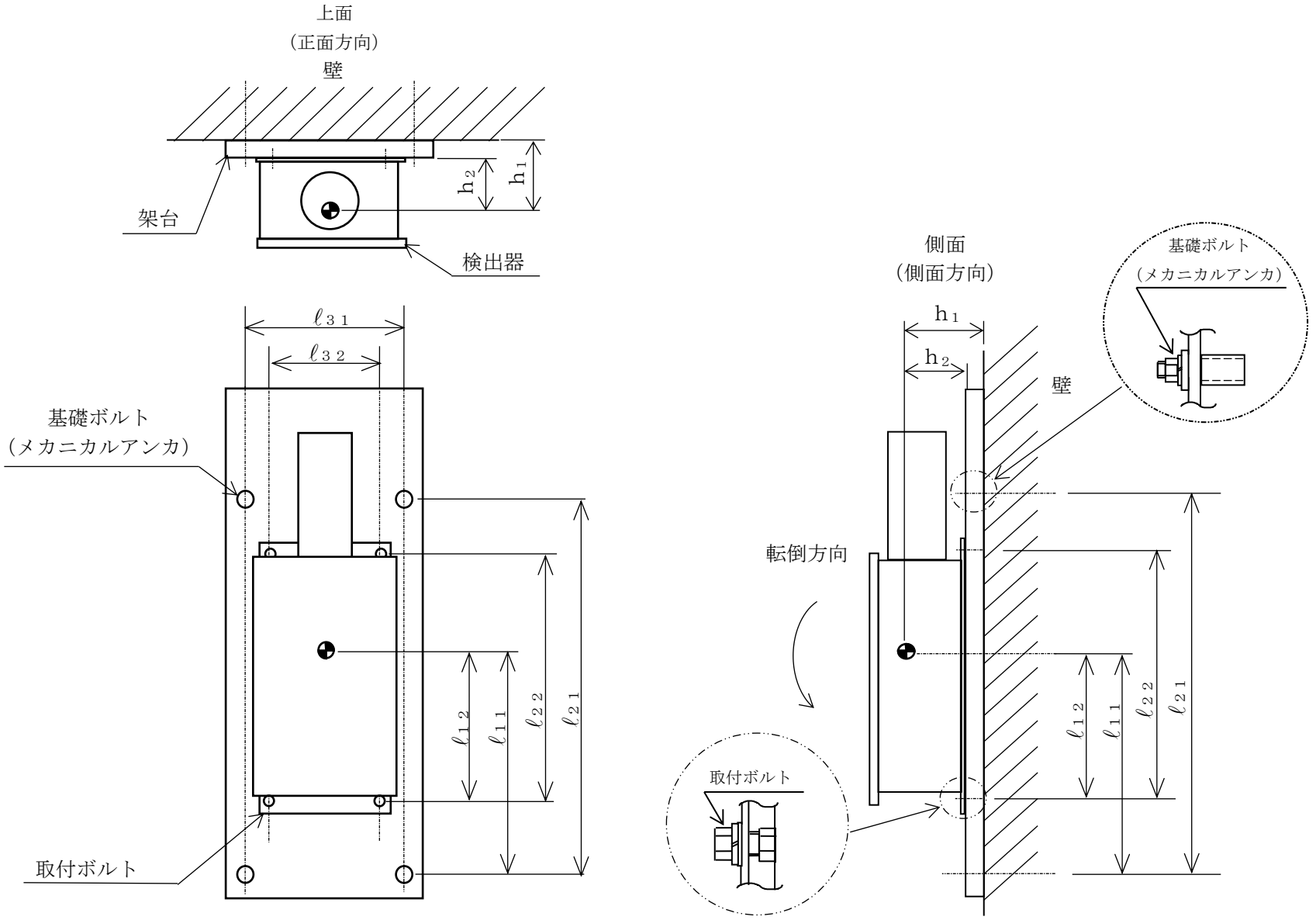
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

1.4.2 電気的機能の評価結果 ($\times 9.8\mathrm{m/s^2}$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉区域換気空調系排気放射線モニタ（D11-RE-067B）	水平方向	1.42	[redacted]
	鉛直方向	1.17	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


上面
（正面方向）
壁
架台
検出器
h_2
h_1
ℓ_{31}
ℓ_{32}
基礎ボルト
（メカニカルアンカ）
取付ボルト
ℓ_{12}
ℓ_{11}
ℓ_{22}
ℓ_{21}
側面
（側面方向）
h_1
h_2
壁
基礎ボルト
（メカニカルアンカ）
転倒方向
取付ボルト
ℓ_{12}
ℓ_{11}
ℓ_{22}
ℓ_{21}

【原子炉区域換気空調系排気放射線モニタ（D11-RE-067C）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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
原子炉区域換気空調系排気放射線モニタ（D11-RE-067C）	S	原子炉建屋 T.M.S.L.23.500 (T.M.S.L.31.700*)	[redacted]	[redacted]	C_H＝0.88	C_V＝0.72	C_H＝1.71	C_V＝1.41	40

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)
基礎ボルト（ｉ＝1）	[redacted]	80	12 (M12)	113.1	4	215 (40mm＜径)	400 (40mm＜径)
取付ボルト（ｉ＝2）	[redacted]	60	6 (M6)	28.27	4	245 (径≦16mm)	400 (径≦16mm)

部材	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	ℓ_{3i}* (mm)	n_{fvi}*	n_{fHi}*	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト（ｉ＝1）	240	400	180	2	2	215	258	側面方向	側面方向
	240	400	180	2	2				
取付ボルト（ｉ＝2）	148	265	125	2	2	245	280	側面方向	側面方向
	148	265	125	2	2				

注記＊：各ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト（ｉ＝1）	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]
取付ボルト（ｉ＝2）	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト（ｉ＝1）	SS400	引張り	$\sigma_{b1}=1$	$f_{ts1}=129^*$	$\sigma_{b1}=1$	$f_{ts1}=154^*$
		せん断	$\tau_{b1}=1$	$f_{sb1}=99$	$\tau_{b1}=1$	$f_{sb1}=119$
取付ボルト（ｉ＝2）	SS400	引張り	$\sigma_{b2}=1$	$f_{ts2}=183^*$	$\sigma_{b2}=2$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	$\tau_{b2}=1$	$f_{sb2}=141$	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

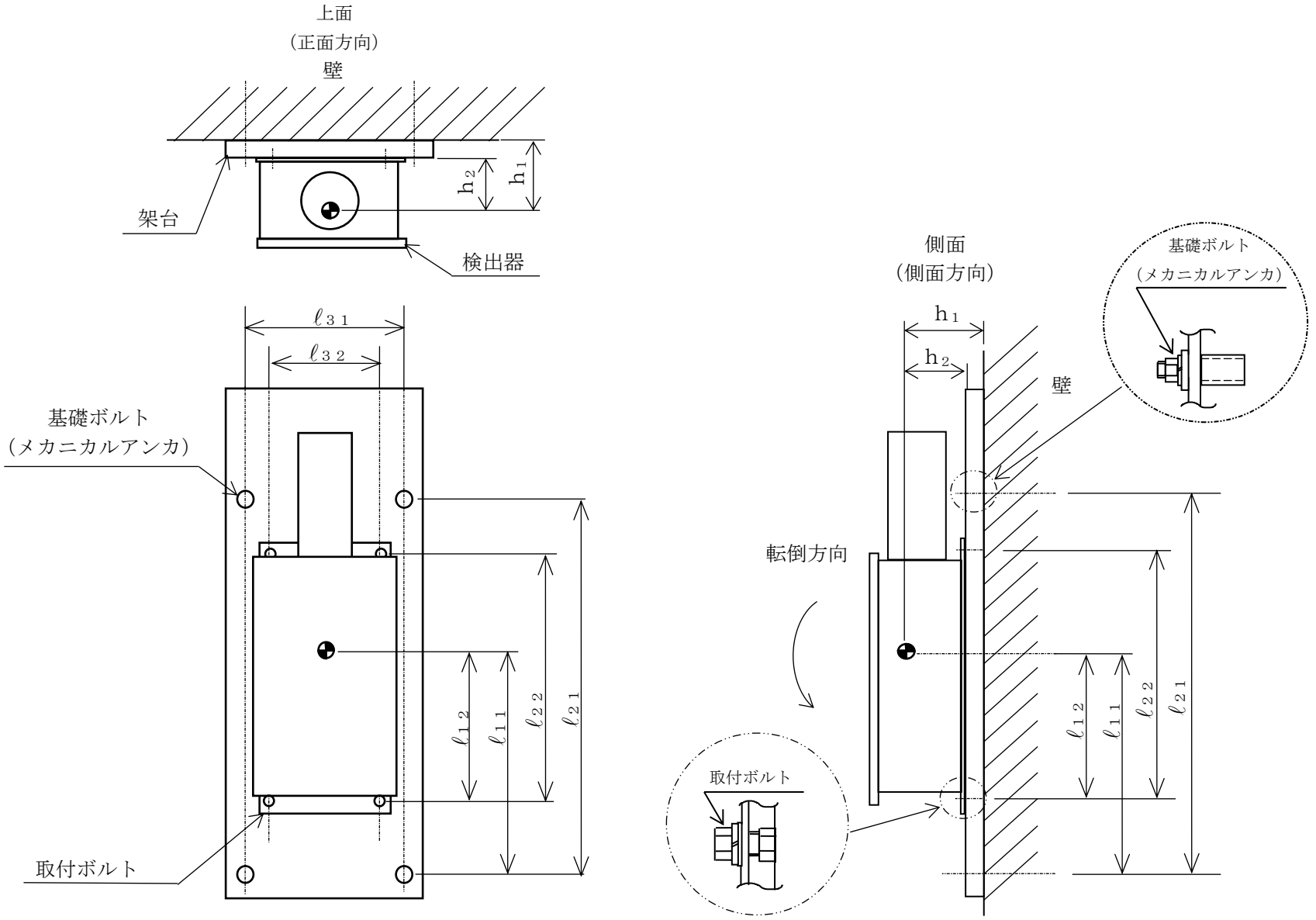
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

1.4.2 電気的機能の評価結果 ($\times 9.8\mathrm{m/s^2}$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉区域換気空調系排気放射線モニタ（D11-RE-067C）	水平方向	1.42	[redacted]
	鉛直方向	1.17	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


上面
（正面方向）
壁
架台
検出器
h_2
h_1
ℓ_{31}
ℓ_{32}
基礎ボルト
（メカニカルアンカ）
取付ボルト
ℓ_{12}
ℓ_{11}
ℓ_{22}
ℓ_{21}
側面
（側面方向）
h_1
h_2
壁
基礎ボルト
（メカニカルアンカ）
転倒方向
取付ボルト
ℓ_{12}
ℓ_{11}
ℓ_{22}
ℓ_{21}

【原子炉区域換気空調系排気放射線モニタ（D11-RE-067D）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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
原子炉区域換気空調系排気放射線モニタ（D11-RE-067D）	S	原子炉建屋 T.M.S.L.23.500 (T.M.S.L.31.700*)	0.05以下	[redacted]	C_H=0.88	C_V=0.72	C_H=1.71	C_V=1.41	40

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)
基礎ボルト（i=1）	[redacted]	80	12 (M12)	113.1	4	215 (40mm＜径)	400 (40mm＜径)
取付ボルト（i=2）	[redacted]	60	6 (M6)	28.27	4	245 (径≦16mm)	400 (径≦16mm)

部材	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	ℓ_{3i}* (mm)	n_{fvi}*	n_{fHi}*	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト（i=1）	240	400	180	2	2	215	258	側面方向	側面方向
	240	400	180	2	2				
取付ボルト（i=2）	148	265	125	2	2	245	280	側面方向	側面方向
	148	265	125	2	2				

注記＊：各ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト（ｉ＝1）	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]
取付ボルト（ｉ＝2）	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト（ｉ＝1）	SS400	引張り	$\sigma_{b1}=1$	$f_{ts1}=129$*	$\sigma_{b1}=1$	$f_{ts1}=154$*
		せん断	$\tau_{b1}=1$	$f_{sb1}=99$	$\tau_{b2}=1$	$f_{sb1}=119$
取付ボルト（ｉ＝2）	SS400	引張り	$\sigma_{b2}=1$	$f_{ts2}=183$*	$\sigma_{b2}=2$	$f_{ts2}=210$*
		せん断	$\tau_{b2}=1$	$f_{sb2}=141$	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

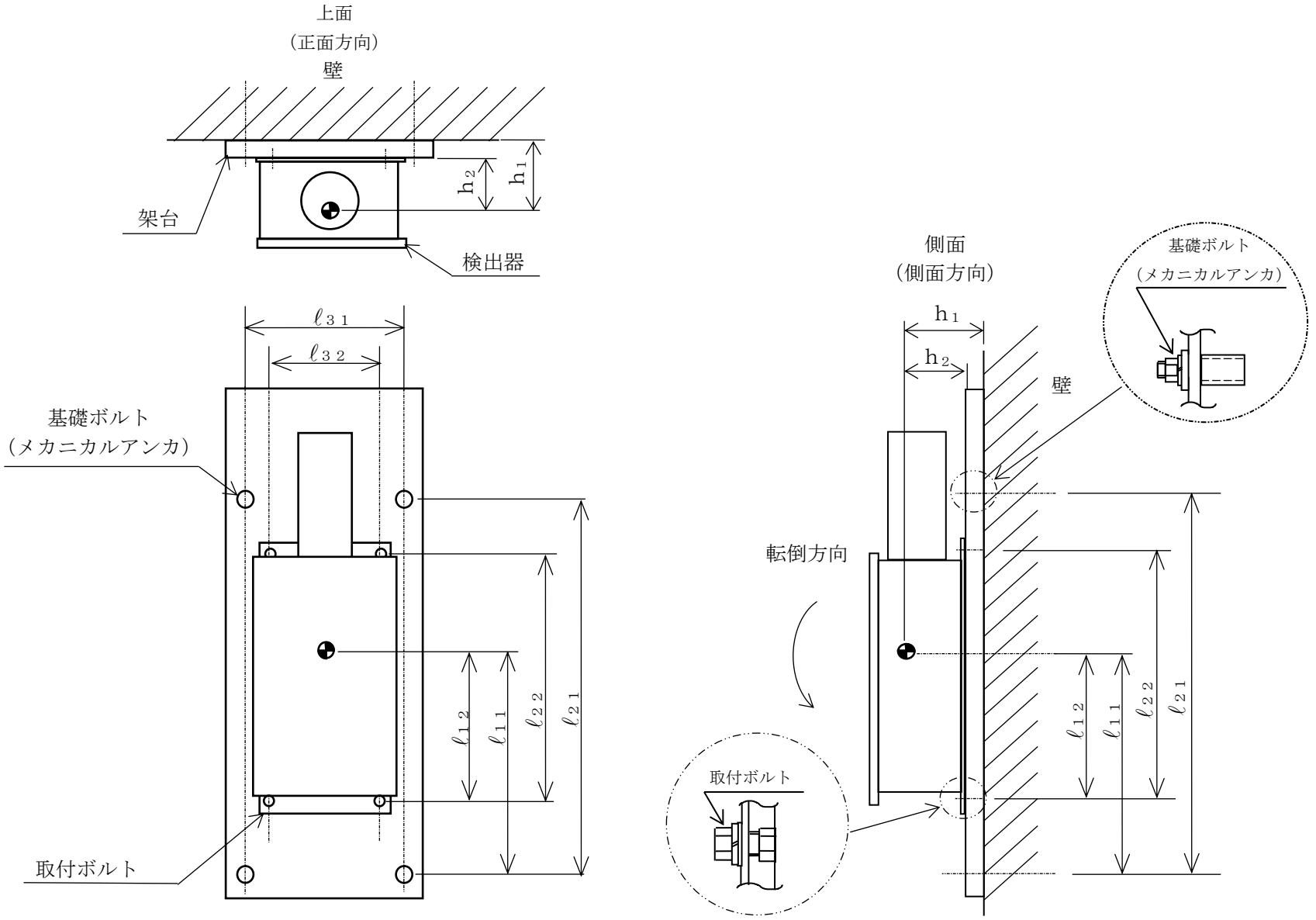
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

1.4.2 電気的機能の評価結果 ($\times 9.8\mathrm{m/s^2}$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉区域換気空調系排気放射線モニタ（D11-RE-067D）	水平方向	1.42	[redacted]
	鉛直方向	1.17	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


上面
（正面方向）
壁
架台
検出器
h_2
h_1
ℓ_{31}
ℓ_{32}
基礎ボルト
（メカニカルアンカ）
取付ボルト
ℓ_{12}
ℓ_{11}
ℓ_{22}
ℓ_{21}
側面
（側面方向）
h_1
h_2
壁
基礎ボルト
（メカニカルアンカ）
転倒方向
取付ボルト
ℓ_{12}
ℓ_{11}
ℓ_{22}
ℓ_{21}

Ⅴ-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

Ⅴ-2-8-2-1　プロセスモニタリング設備の耐震性についての計算書

Ⅴ-2-8-2-1-1　格納容器内雰囲気放射線モニタ（D/W）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
5.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 8
5.2.2　許容応力 ····· 8
5.2.3　使用材料の許容応力評価条件 ····· 8
5.3　設計用地震力 ····· 12
5.4　計算方法 ····· 13
5.4.1　応力の計算方法 ····· 13
5.5　計算条件 ····· 14
5.5.1　取付ボルトの応力計算条件 ····· 14
5.6　応力の評価 ····· 15
5.6.1　ボルトの応力評価 ····· 15
6.　機能維持評価 ····· 16
6.1　電気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，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，格納容器内雰囲気放射線モニタ（D/W）が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

格納容器内雰囲気放射線モニタ（D/W）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。

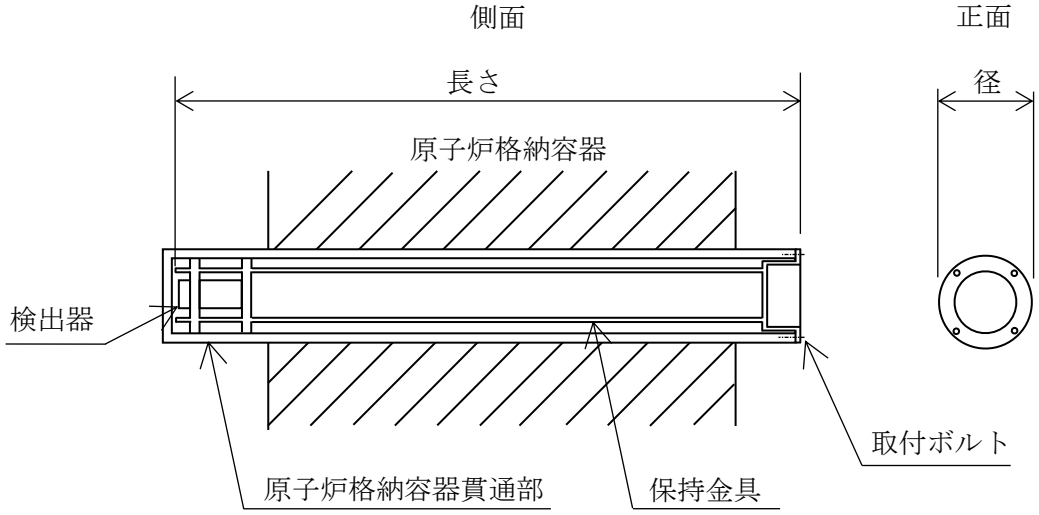
2. 一般事項

2.1 構造計画

格納容器内雰囲気放射線モニタ（D/W）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	【格納容器内雰囲気放射線モニタ（D/W)】



機器名称	格納容器内雰囲気放射線モニタ（D/W）(D23-RE-005A)	格納容器内雰囲気放射線モニタ（D/W）(D23-RE-005B)
長さ	2505	2485
径	270	270

（単位：mm）

2.2　評価方針

格納容器内雰囲気放射線モニタ（D/W）の応力評価は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.1　構造計画」にて示す格納容器内雰囲気放射線モニタ（D/W）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」で確認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，格納容器内雰囲気放射線モニタ（D/W）の機能維持評価は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電気的機能維持の方針に基づき，地震時の応答加速度が電気的機能確認済加速度以下であることを，「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。

格納容器内雰囲気放射線モニタ（D/W）の耐震評価フローを図2－1に示す。

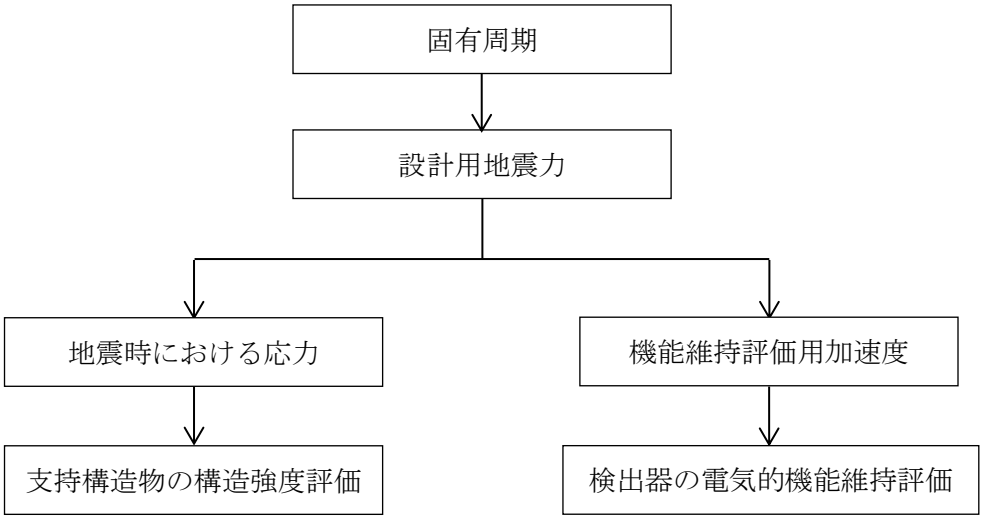


図2－1　格納容器内雰囲気放射線モニタ（D/W）の耐震評価フロー

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　ＪＥＡＧ４６０１・補-1984（(社) 日本電気協会）

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

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

・発電用原子力設備規格　設計・建設規格（(社) 日本機械学会，2005/2007）（以下「設計・建設規格」という。）

2.4　記号の説明

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

2.5　計算精度と数値の丸め方

精度は，有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は，表2－2に示すとおりとする。

表2－2　表示する数値の丸め方

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

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

＊2：絶対値が1000以上のときは，べき数表示とする。

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

3. 評価部位

格納容器内雰囲気放射線モニタ（D/W）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。

格納容器内雰囲気放射線モニタ（D/W）の耐震評価部位については，表2－1の概略構造図に示す。なお，原子炉格納容器貫通部については，Ⅴ-3-3-6-1-4-1「原子炉格納容器配管貫通部及び電気配線貫通部の基本板厚計算書」にて評価を実施するため，評価部位から除く。

4. 固有周期

4.1 基本方針

格納容器内雰囲気放射線モニタ（D/W）の固有周期は，構造が同様な振動特性を持つ保持金具付検出器に対する振動試験（加振試験）の結果算定された固有周期を使用する。

4.2 固有周期の確認方法

振動試験装置により固有振動数を測定する。格納容器内雰囲気放射線モニタ（D/W）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。

表4－1 固有周期 （単位：s）

格納容器内雰囲気放射線モニタ（D/W）（D23-RE-005A）	水平	0.05以下
	鉛直	0.05以下
格納容器内雰囲気放射線モニタ（D/W）（D23-RE-005B）	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) 格納容器内雰囲気放射線モニタ（D/W）の質量は重心に集中しているものとする。

(2) 格納容器内雰囲気放射線モニタ（D/W）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) 格納容器内雰囲気放射線モニタ（D/W）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

格納容器内雰囲気放射線モニタ（D/W）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

格納容器内雰囲気放射線モニタ（D/W）の許容応力は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表5－3のとおりとする。

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

格納容器内雰囲気放射線モニタ（D/W）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	格納容器内雰囲気放射線モニタ（D/W）	S	—*	D＋P_D＋M_D＋S d*	ⅢAS
					D＋P_D＋M_D＋S s	ⅣAS

注記＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 5－2　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
放射線管理施設	放射線管理用計測装置	格納容器内雰囲気放射線モニタ（D/W）	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5－3　許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 （ボルト等）	
	一次応力	
	引張り	せん断
ⅢAS	1.5・ｆｔ	1.5・ｆｓ
ⅣAS	1.5・ｆｔ*	1.5・ｆｓ*
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 5－4　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
取付ボルト	SS41* (40mm＜径)	周囲環境温度	171	176	373	―

注記＊：SS400 相当

表 5－5　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
取付ボルト	SS41* (40mm＜径)	周囲環境温度	200	170	373	―

注記＊：SS400 相当

5.3　設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表5－6及び表5－7に示す。

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

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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
		水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度
格納容器内雰囲気放射線モニタ(D/W)(D23-RE-005A)	原子炉建屋 T.M.S.L.12.300 (T.M.S.L.18.100*)	0.05以下	0.05以下	C_H＝0.74	C_V＝0.69	C_H＝1.45	C_V＝1.34
格納容器内雰囲気放射線モニタ(D/W)(D23-RE-005B)	原子炉建屋 T.M.S.L.12.300 (T.M.S.L.18.100*)	0.05以下	0.05以下	C_H＝0.74	C_V＝0.69	C_H＝1.45	C_V＝1.34

注記＊：基準床レベルを示す。

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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
		水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度
格納容器内雰囲気放射線モニタ(D/W)(D23-RE-005A)	原子炉建屋 T.M.S.L.12.300 (T.M.S.L.18.100*)	0.05以下	0.05以下	—	—	C_H＝1.45	C_V＝1.34
格納容器内雰囲気放射線モニタ(D/W)(D23-RE-005B)	原子炉建屋 T.M.S.L.12.300 (T.M.S.L.18.100*)	0.05以下	0.05以下	—	—	C_H＝1.45	C_V＝1.34

注記＊：基準床レベルを示す。

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。

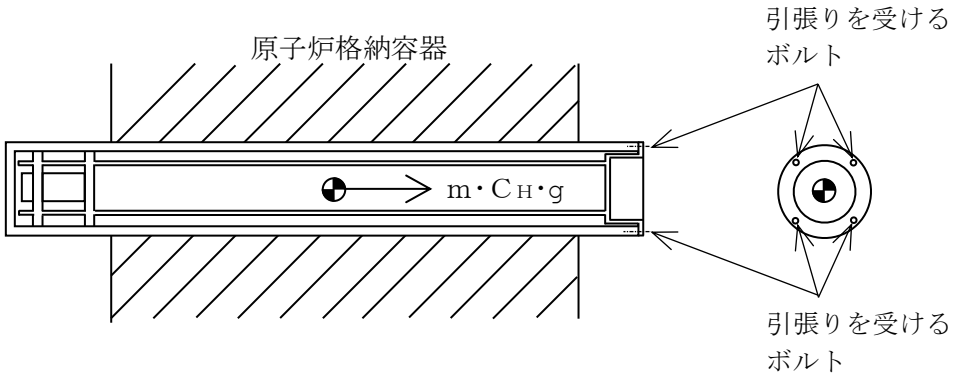


図5－1　計算モデル

(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

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

引張応力

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

ここで，取付ボルトの軸断面積A_bは次式により求める。

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

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【格納容器内雰囲気放射線モニタ（D/W）（D23-RE-005A）の耐震性についての計算結果】，【格納容器内雰囲気放射線モニタ（D/W）（D23-RE-005B）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.6　応力の評価

5.6.1　ボルトの応力評価

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

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

	弾性設計用地震動Ｓｄ 又は静的震度による 荷重との組合せの場合	基準地震動Ｓｓ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 電気的機能維持評価方法

格納容器内雰囲気放射線モニタ（D/W）の電気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Ⅴ-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき，基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度を設定する。

格納容器内雰囲気放射線モニタ（D/W）の機能確認済加速度は，Ⅴ-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6－1に示す。

表6－1 機能確認済加速度 （×9.8m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
格納容器内雰囲気放射線モニタ（D/W） (D23-RE-005A)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]
格納容器内雰囲気放射線モニタ（D/W） (D23-RE-005B)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]

7. 評価結果

7.1 設計基準対象施設としての評価結果

格納容器内雰囲気放射線モニタ（D/W）の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

7.2 重大事故等対処設備としての評価結果

格納容器内雰囲気放射線モニタ（D/W）の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【格納容器内雰囲気放射線モニタ（D/W）（D23-RE-005A）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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
格納容器内雰囲気放射線モニタ（D/W）（D23-RE-005A）	S	原子炉建屋 T.M.S.L.12.300 (T.M.S.L.18.100*)	0.05以下	0.05以下	C_H＝0.74	C_V＝0.69	C_H＝1.45	C_V＝1.34	171

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m (kg)	d (mm)	A_b (mm^2)	n	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F (MPa)	F^* (MPa)
取付ボルト	[redacted]	8 (M8)	50.27	4	176 (40mm＜径)	373 (40mm＜径)	176	211

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_b		Q_b	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
取付ボルト	[redacted]	[redacted]	—	—

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	SS41	引張り	σ_b＝2	f_{ts}＝132*	σ_b＝3	f_{ts}＝158*
		せん断	―	―	―	―

すべて許容応力以下である。

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

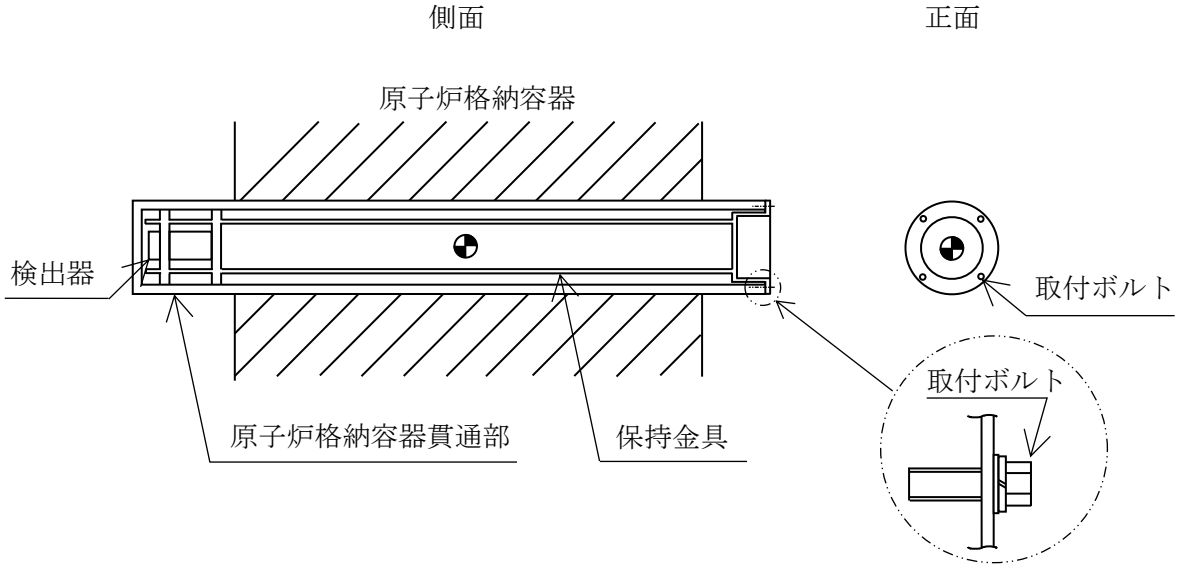
1.4.2 電気的機能の評価結果

(×9.8m/s^2)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
格納容器内雰囲気放射線モニタ（D/W）（D23-RE-005A）	水平方向	1.20	
	鉛直方向	1.12	

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。



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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
格納容器内雰囲気放射線モニタ（D/W）（D23-RE-005A）	常設耐震／防止常設／緩和	原子炉建屋 T.M.S.L.12.300 (T.M.S.L.18.100*)	0.05以下	0.05以下	—	—	C_H=1.45	C_V=1.34	200

注記＊：基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

部材	m (kg)	d (mm)	A_b (mm^2)	n	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
取付ボルト	[redacted]	8 (M8)	50.27	4	170 (40mm＜径)	373 (40mm＜径)	—	204

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_b		Q_b	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
取付ボルト	—	[redacted]	—	—

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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	SS41	引張り	—	—	σ_b=3	f_{ts}=153*
		せん断	—	—	—	—

すべて許容応力以下である。

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

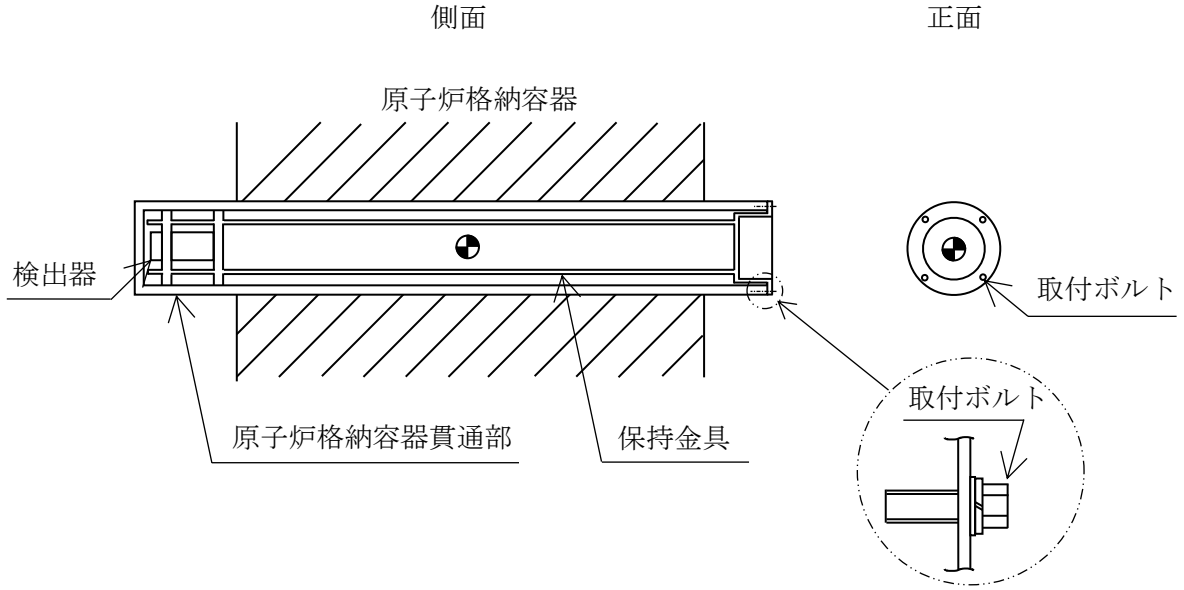
2.4.2 電気的機能の評価結果

（×9.8m/s^2）

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
格納容器内雰囲気放射線モニタ（D/W）（D23-RE-005A）	水平方向	1.20	
	鉛直方向	1.12	

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。



【格納容器内雰囲気放射線モニタ（D/W）（D23-RE-005B）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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
格納容器内雰囲気放射線モニタ（D/W）（D23-RE-005B）	S	原子炉建屋 T.M.S.L.12.300 (T.M.S.L.18.100*)	0.05以下	0.05以下	C_H＝0.74	C_V＝0.69	C_H＝1.45	C_V＝1.34	171

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m (kg)	d (mm)	A_b (mm^2)	n	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F (MPa)	F^* (MPa)
取付ボルト	[redacted]	8 (M8)	50.27	4	176 (40mm＜径)	373 (40mm＜径)	176	211

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 （単位：N）

部材	F_b		Q_b	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
取付ボルト	[redacted]	[redacted]	—	—

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

（単位：MPa）

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	SS41	引張り	σ_b＝2	f_{ts}＝132*	σ_b＝3	f_{ts}＝158*
		せん断	―	―	―	―

すべて許容応力以下である。

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

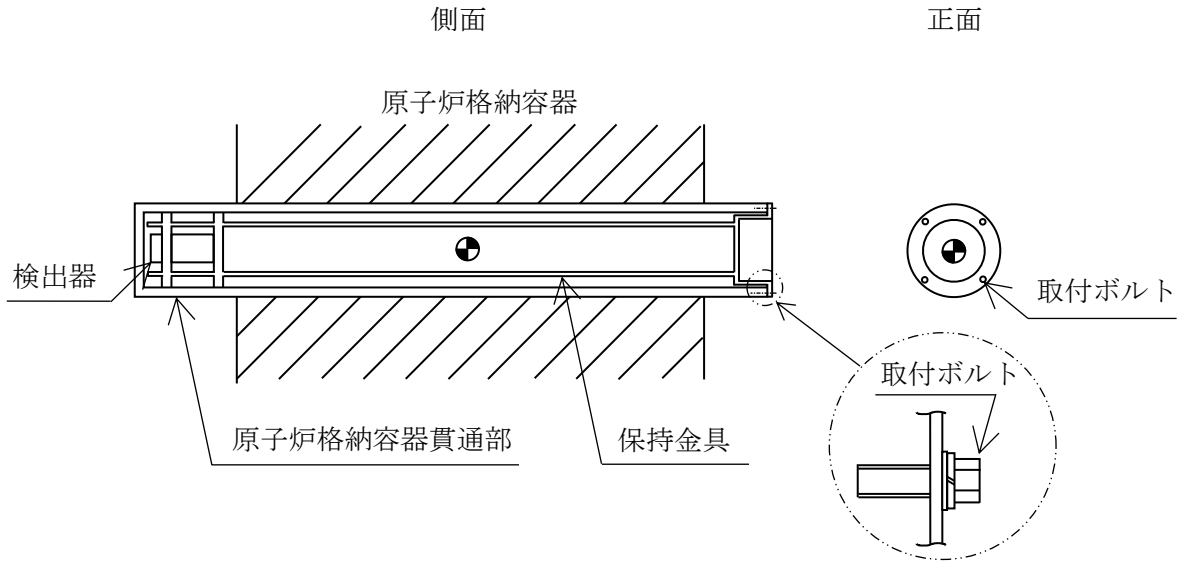
1.4.2 電気的機能の評価結果

（×9.8m/s^2）

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
格納容器内雰囲気放射線モニタ（D/W）（D23-RE-005B）	水平方向	1.20	
	鉛直方向	1.12	

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。



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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
格納容器内雰囲気放射線モニタ（D/W）（D23-RE-005B）	常設耐震／防止常設／緩和	原子炉建屋 T.M.S.L.12.300 (T.M.S.L.18.100*)	0.05以下	0.05以下	—	—	C_H=1.45	C_V=1.34	200

注記＊：基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

部材	m (kg)	d (mm)	A_b (mm^2)	n	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
取付ボルト	[redacted]	8 (M8)	50.27	4	170 (40mm＜径)	373 (40mm＜径)	—	204

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_b		Q_b	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
取付ボルト	—	[redacted]	—	—

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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	SS41	引張り	—	—	σ_b=3	f_{ts}=153*
		せん断	—	—	—	—

すべて許容応力以下である。

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

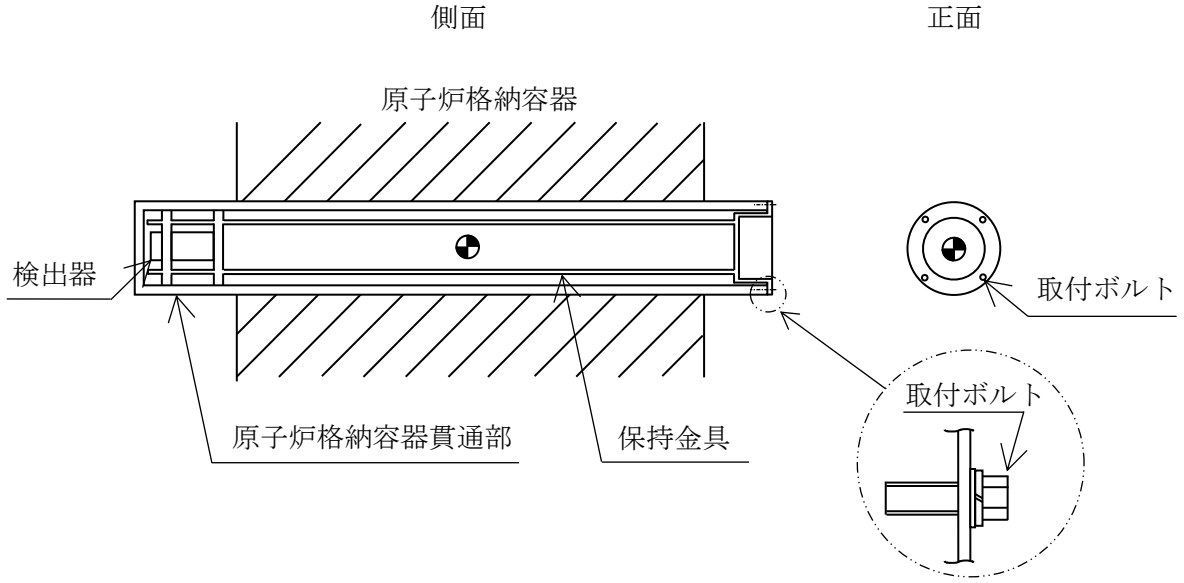
2.4.2 電気的機能の評価結果

（×9.8m/s^2）

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
格納容器内雰囲気放射線モニタ（D/W）（D23-RE-005B）	水平方向	1.20	
	鉛直方向	1.12	

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。



Ⅴ-2-8-2-1-2　格納容器内雰囲気放射線モニタ（S/C）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
5.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 8
5.2.2　許容応力 ····· 8
5.2.3　使用材料の許容応力評価条件 ····· 8
5.3　設計用地震力 ····· 12
5.4　計算方法 ····· 13
5.4.1　応力の計算方法 ····· 13
5.5　計算条件 ····· 14
5.5.1　取付ボルトの応力計算条件 ····· 14
5.6　応力の評価 ····· 15
5.6.1　ボルトの応力評価 ····· 15
6.　機能維持評価 ····· 16
6.1　電気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，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，格納容器内雰囲気放射線モニタ（S/C）が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

格納容器内雰囲気放射線モニタ（S/C）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。

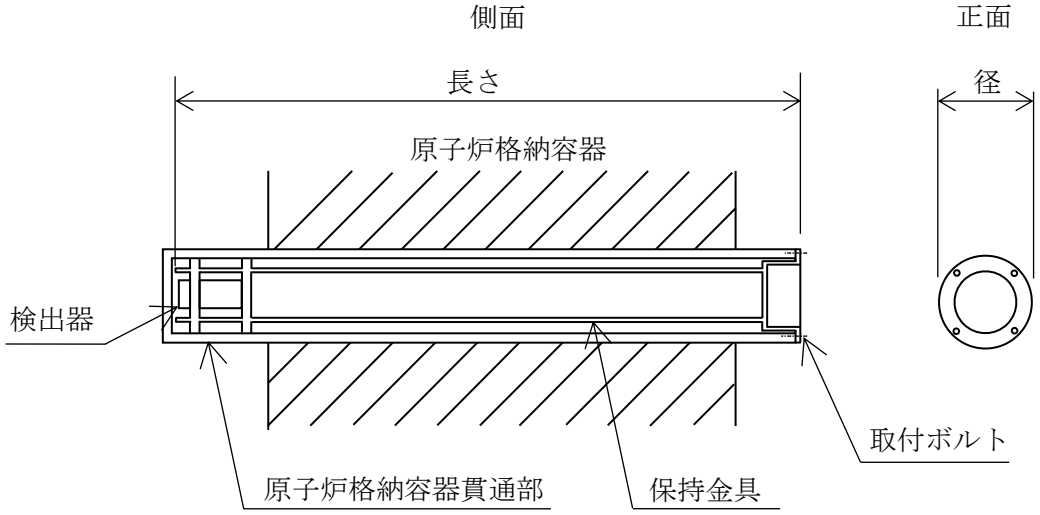
2. 一般事項

2.1 構造計画

格納容器内雰囲気放射線モニタ（S/C）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	【格納容器内雰囲気放射線モニタ（S/C)】



機器名称	格納容器内雰囲気放射線モニタ（S/C)（D23-RE-006A)	格納容器内雰囲気放射線モニタ（S/C)（D23-RE-006B)
長さ	2485	2485
径	270	270

（単位：mm）

2.2　評価方針

格納容器内雰囲気放射線モニタ（S/C）の応力評価は，V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.1　構造計画」にて示す格納容器内雰囲気放射線モニタ（S/C）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」で確認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，格納容器内雰囲気放射線モニタ（S/C）の機能維持評価は，V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電気的機能維持の方針に基づき，地震時の応答加速度が電気的機能確認済加速度以下であることを，「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。

格納容器内雰囲気放射線モニタ（S/C）の耐震評価フローを図2－1に示す。

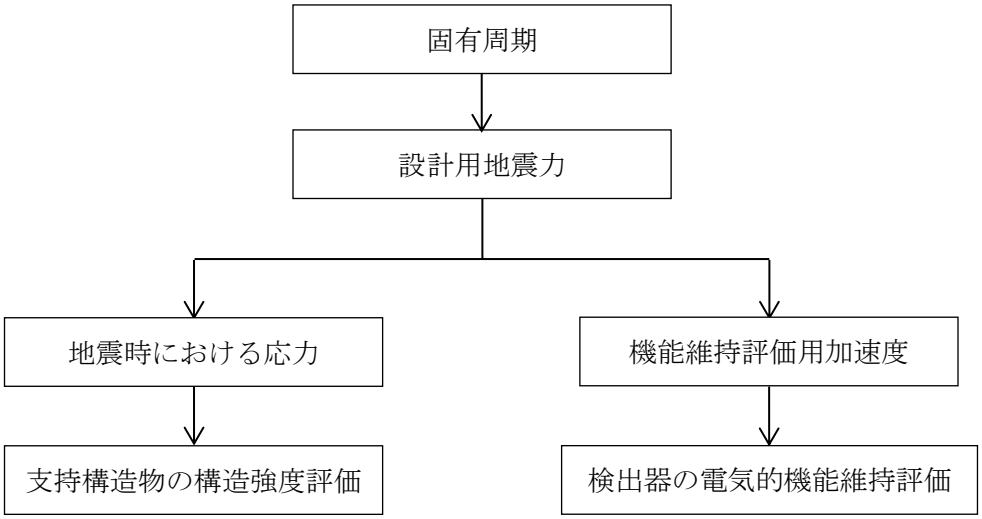


図2－1　格納容器内雰囲気放射線モニタ（S/C）の耐震評価フロー

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　ＪＥＡＧ４６０１・補-1984（(社) 日本電気協会）

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

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

・発電用原子力設備規格　設計・建設規格（(社) 日本機械学会，2005/2007）（以下「設計・建設規格」という。）

2.4　記号の説明

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

2.5　計算精度と数値の丸め方

精度は，有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は，表2－2に示すとおりとする。

表2－2　表示する数値の丸め方

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

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

＊2：絶対値が1000以上のときは，べき数表示とする。

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

3. 評価部位

格納容器内雰囲気放射線モニタ（S/C）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。

格納容器内雰囲気放射線モニタ（S/C）の耐震評価部位については，表2－1の概略構造図に示す。なお，原子炉格納容器貫通部についてはⅤ-3-3-6-1-4-1「原子炉格納容器配管貫通部及び電気配線貫通部の基本板厚計算書」にて評価を実施するため，評価部位から除く。

4. 固有周期

4.1 基本方針

格納容器内雰囲気放射線モニタ（S/C）の固有周期は，構造が同様な振動特性を持つ保持金具付検出器に対する振動試験（加振試験）の結果算定された固有周期を使用する。

4.2 固有周期の確認方法

振動試験装置により固有振動数を測定する。格納容器内雰囲気放射線モニタ（S/C）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。

表4－1 固有周期 （単位：s）

格納容器内雰囲気放射線モニタ（S/C）（D23-RE-006A）	水平	0.05以下
	鉛直	0.05以下
格納容器内雰囲気放射線モニタ（S/C）（D23-RE-006B）	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) 格納容器内雰囲気放射線モニタ（S/C）の質量は重心に集中しているものとする。

(2) 格納容器内雰囲気放射線モニタ（S/C）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) 格納容器内雰囲気放射線モニタ（S/C）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

格納容器内雰囲気放射線モニタ（S/C）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

格納容器内雰囲気放射線モニタ（S/C）の許容応力は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表5－3のとおりとする。

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

格納容器内雰囲気放射線モニタ（S/C）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	格納容器内雰囲気放射線モニタ（S/C）	S	—*	D＋P_D＋M_D＋S d*	ⅢAS
					D＋P_D＋M_D＋S s	ⅣAS

注記＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 5－2　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
放射線管理施設	放射線管理用計測装置	格納容器内雰囲気放射線モニタ（S/C）	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5－3　許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 （ボルト等）	
	一次応力	
	引張り	せん断
ⅢAS	1.5・ｆｔ	1.5・ｆｓ
ⅣAS	1.5・ｆｔ*	1.5・ｆｓ*
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 5－4　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
取付ボルト	SS41* (40mm＜径)	周囲環境温度	171	176	373	―

注記＊：SS400 相当

表 5－5　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
取付ボルト	SS41* (40mm＜径)	周囲環境温度	200	170	373	―

注記＊：SS400 相当

5.3　設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 5－6 及び表 5－7 に示す。

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

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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
		水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度
格納容器内雰囲気放射線モニタ (S/C) (D23-RE-006A)	原子炉建屋 T.M.S.L. 4.800 (T.M.S.L.12.300*)	0.05 以下	0.05 以下	C_H＝0.71	C_V＝0.67	C_H＝1.40	C_V＝1.33
格納容器内雰囲気放射線モニタ (S/C) (D23-RE-006B)	原子炉建屋 T.M.S.L. 4.800 (T.M.S.L.12.300*)	0.05 以下	0.05 以下	C_H＝0.71	C_V＝0.67	C_H＝1.40	C_V＝1.33

注記＊：基準床レベルを示す。

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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
		水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度
格納容器内雰囲気放射線モニタ (S/C) (D23-RE-006A)	原子炉建屋 T.M.S.L. 4.800 (T.M.S.L.12.300*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C_H＝1.40	C_V＝1.33
格納容器内雰囲気放射線モニタ (S/C) (D23-RE-006B)	原子炉建屋 T.M.S.L. 4.800 (T.M.S.L.12.300*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C_H＝1.40	C_V＝1.33

注記＊：基準床レベルを示す。

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。

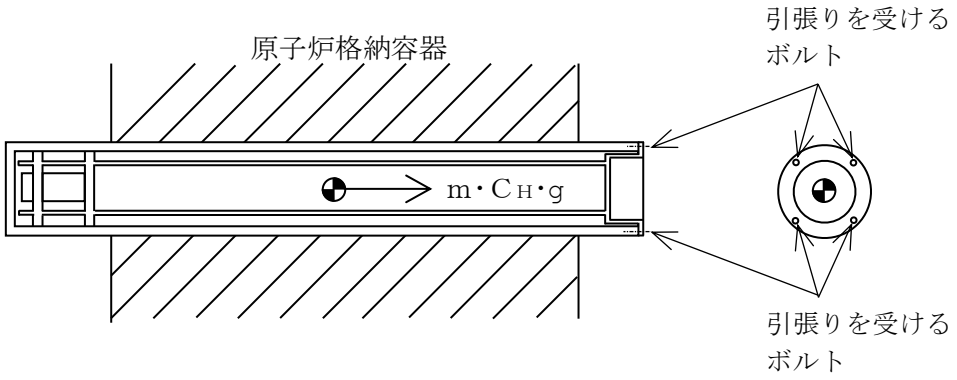


図5－1　計算モデル

(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

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

引張応力

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

ここで，取付ボルトの軸断面積A_bは次式により求める。

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

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【格納容器内雰囲気放射線モニタ（S/C）（D23-RE-006A）の耐震性についての計算結果】，【格納容器内雰囲気放射線モニタ（S/C）（D23-RE-006B）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.6　応力の評価

5.6.1　ボルトの応力評価

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

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

	弾性設計用地震動Ｓｄ 又は静的震度による 荷重との組合せの場合	基準地震動Ｓｓ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 電気的機能維持評価方法

格納容器内雰囲気放射線モニタ（S/C）の電気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Ⅴ-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき，基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度を設定する。

格納容器内雰囲気放射線モニタ（S/C）の機能確認済加速度は，Ⅴ-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 6－1 に示す。

表 6－1 機能確認済加速度 （×9.8m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
格納容器内雰囲気放射線モニタ（S/C）(D23-RE-006A)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]
格納容器内雰囲気放射線モニタ（S/C）(D23-RE-006B)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]

7. 評価結果

7.1 設計基準対象施設としての評価結果

格納容器内雰囲気放射線モニタ（S/C）の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

7.2 重大事故等対処設備としての評価結果

格納容器内雰囲気放射線モニタ（S/C）の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【格納容器内雰囲気放射線モニタ（S/C）（D23-RE-006A）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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
格納容器内雰囲気放射線モニタ（S/C）（D23-RE-006A）	S	原子炉建屋 T.M.S.L.4.800 (T.M.S.L.12.300*)	0.05以下	0.05以下	C_H＝0.71	C_V＝0.67	C_H＝1.40	C_V＝1.33	171

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m (kg)	d (mm)	A_b (mm^2)	n	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F (MPa)	F * (MPa)
取付ボルト	[redacted]	8 (M8)	50.27	4	176 (40mm＜径)	373 (40mm＜径)	176	211

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_b		Q_b	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
取付ボルト	[redacted]	[redacted]	—	—

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	SS41	引張り	σ_b＝2	f_{ts}＝132*	σ_b＝3	f_{ts}＝158*
		せん断	―	―	―	―

すべて許容応力以下である。

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

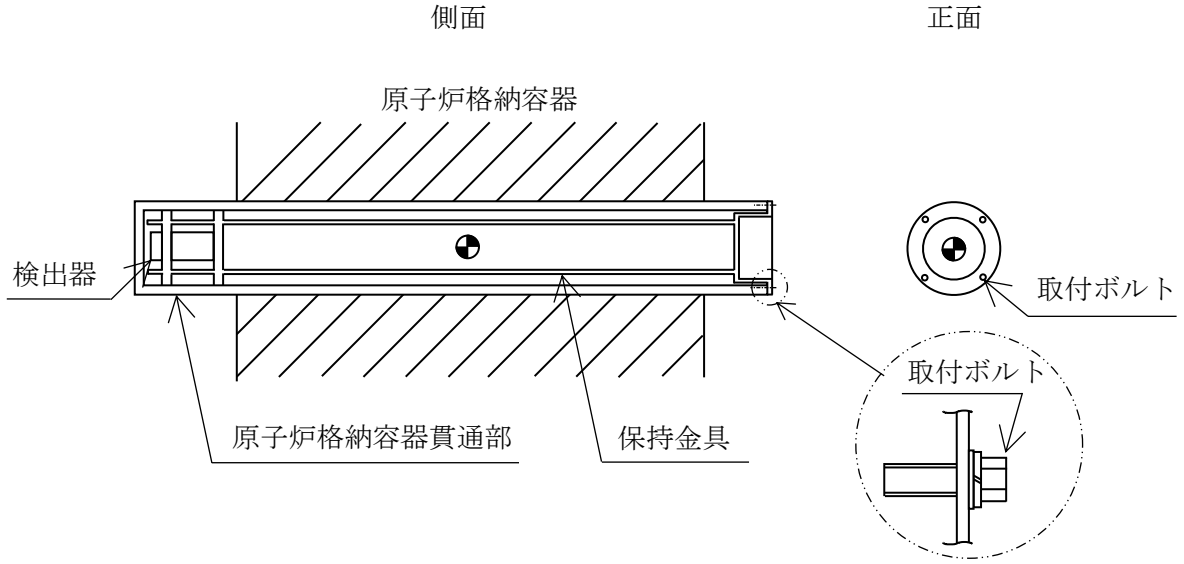
1.4.2 電気的機能の評価結果

(×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
格納容器内雰囲気放射線モニタ（S/C）（D23-RE-006A）	水平方向	1.16	
	鉛直方向	1.11	

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。



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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
格納容器内雰囲気放射線モニタ（S/C）（D23-RE-006A）	常設耐震／防止常設／緩和	原子炉建屋 T.M.S.L.4.800 (T.M.S.L.12.300*)	0.05以下	0.05以下	—	—	C_H=1.40	C_V=1.33	200

注記＊：基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

部材	m (kg)	d (mm)	A_b (mm^2)	n	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F (MPa)	F * (MPa)
取付ボルト	[redacted]	8 (M8)	50.27	4	170 (40mm＜径)	373 (40mm＜径)	—	204

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_b		Q_b	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
取付ボルト	—	[redacted]	—	—

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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	SS41	引張り	—	—	σ_b=3	f_{ts}=153*
		せん断	—	—	—	—

すべて許容応力以下である。

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

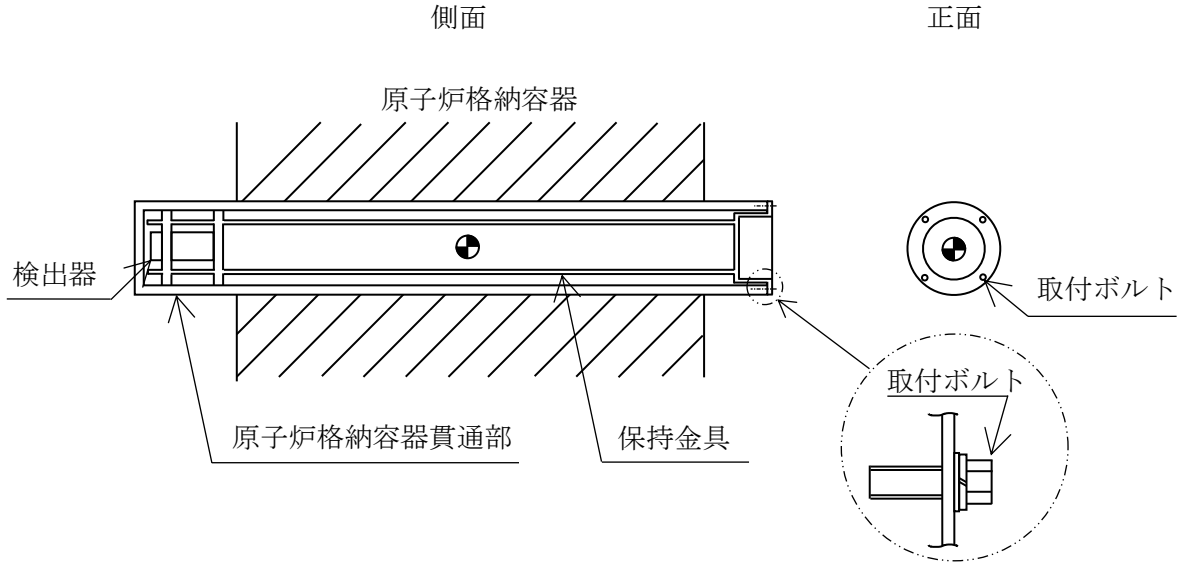
2.4.2 電気的機能の評価結果

(×9.8m/s^2)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
格納容器内雰囲気放射線モニタ（S/C）（D23-RE-006A）	水平方向	1.16	
	鉛直方向	1.11	

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。



【格納容器内雰囲気放射線モニタ（S/C）（D23-RE-006B）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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
格納容器内雰囲気放射線モニタ（S/C）（D23-RE-006B）	S	原子炉建屋 T.M.S.L.4.800 (T.M.S.L.12.300*)	0.05以下	0.05以下	C_H＝0.71	C_V＝0.67	C_H＝1.40	C_V＝1.33	171

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m (kg)	d (mm)	A_b (mm^2)	n	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F (MPa)	F * (MPa)
取付ボルト	[redacted]	8 (M8)	50.27	4	176 (40mm＜径)	373 (40mm＜径)	176	211

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_b		Q_b	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
取付ボルト	[redacted]	[redacted]	—	—

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	SS41	引張り	σ_b＝2	f_{ts}＝132*	σ_b＝3	f_{ts}＝158*
		せん断	―	―	―	―

すべて許容応力以下である。

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

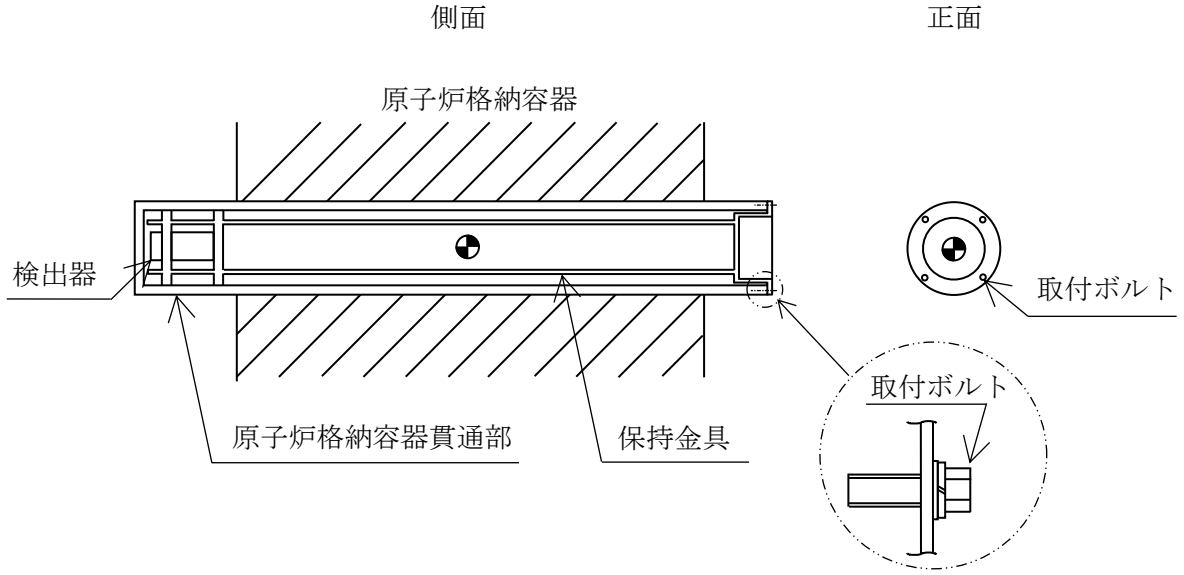
1.4.2 電気的機能の評価結果

(×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
格納容器内雰囲気放射線モニタ（S/C）（D23-RE-006B）	水平方向	1.16	[redacted]
	鉛直方向	1.11	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。



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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
格納容器内雰囲気放射線モニタ（S/C）（D23-RE-006B）	常設耐震／防止常設／緩和	原子炉建屋 T.M.S.L.4.800 (T.M.S.L.12.300*)	0.05以下	0.05以下	—	—	C_H＝1.40	C_V＝1.33	200

注記＊：基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

部材	m (kg)	d (mm)	A_b (mm^2)	n	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F (MPa)	F * (MPa)
取付ボルト	[redacted]	8 (M8)	50.27	4	170 (40mm＜径)	373 (40mm＜径)	—	204

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_b		Q_b	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
取付ボルト	—	[redacted]	—	—

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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	SS41	引張り	—	—	σ_b=3	f_{ts}=153*
		せん断	—	—	—	—

すべて許容応力以下である。

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

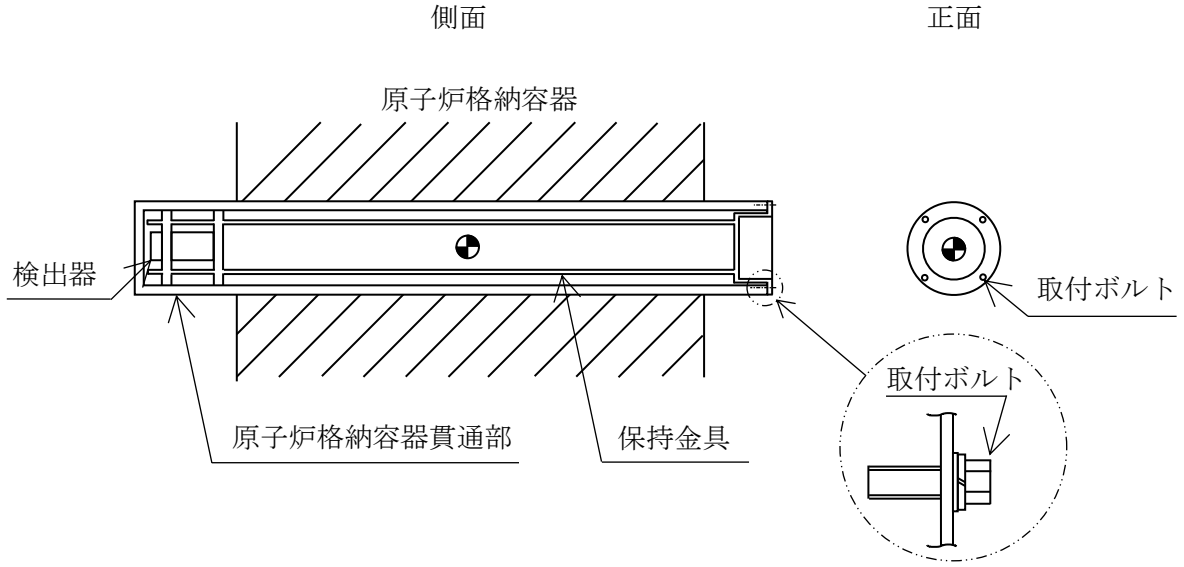
2.4.2 電気的機能の評価結果

（×9.8m/s²）

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
格納容器内雰囲気放射線モニタ（S/C）（D23-RE-006B）	水平方向	1.16	
	鉛直方向	1.11	

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。



Ⅴ-2-8-2-1-3　フィルタ装置出口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 ····· 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
5.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 10
5.2.2　許容応力 ····· 10
5.2.3　使用材料の許容応力評価条件 ····· 10
5.3　設計用地震力 ····· 14
5.4　計算方法 ····· 15
5.4.1　応力の計算方法 ····· 15
5.5　計算条件 ····· 19
5.5.1　基礎ボルトの応力計算条件 ····· 19
5.5.2　取付ボルトの応力計算条件 ····· 19
5.6　応力の評価 ····· 20
5.6.1　ボルトの応力評価 ····· 20
6.　機能維持評価 ····· 21
6.1　電気的機能維持評価方法 ····· 21
7.　評価結果 ····· 22
7.1　重大事故等対処設備として評価結果 ····· 22

1. 概要

本計算書は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，フィルタ装置出口放射線モニタが設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

フィルタ装置出口放射線モニタは，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故対処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。

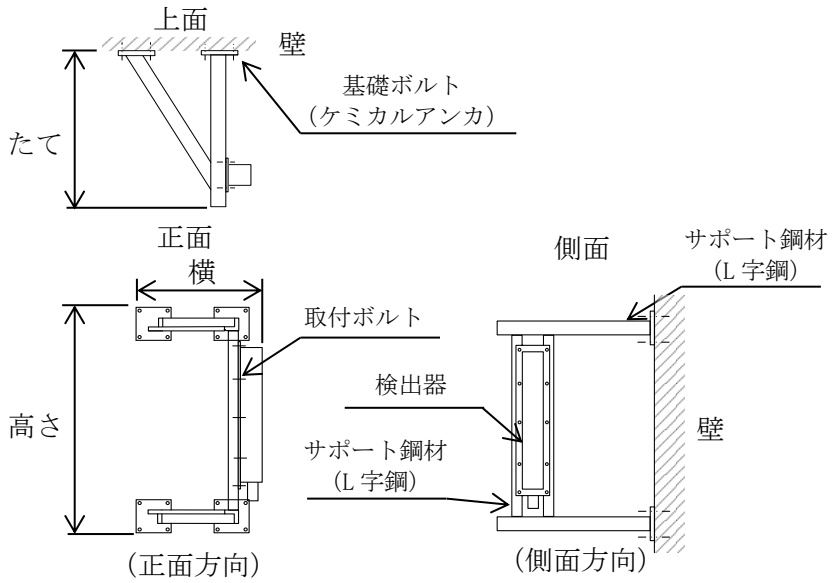
2. 一般事項

2.1 構造計画

フィルタ装置出口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，取付ボルトによりサポート鋼材に固定される。 サポート鋼材は，基礎ボルトにより壁に設置する。	電離箱	【フィルタ装置出口放射線モニタ】



機器名称	フィルタ装置出口放射線モニタ (H21-P913)	フィルタ装置出口放射線モニタ (H21-P916)
たて	769	769
横	624	624
高さ	1235	1235

（単位：mm）

2.2　評価方針

フィルタ装置出口放射線モニタの応力評価は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.1　構造計画」にて示すフィルタ装置出口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，フィルタ装置出口放射線モニタの機能維持評価は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電気的機能維持の方針に基づき，地震時の応答加速度が電気的機能確認済加速度以下であることを，「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。

フィルタ装置出口放射線モニタの耐震評価フローを図2－1に示す。

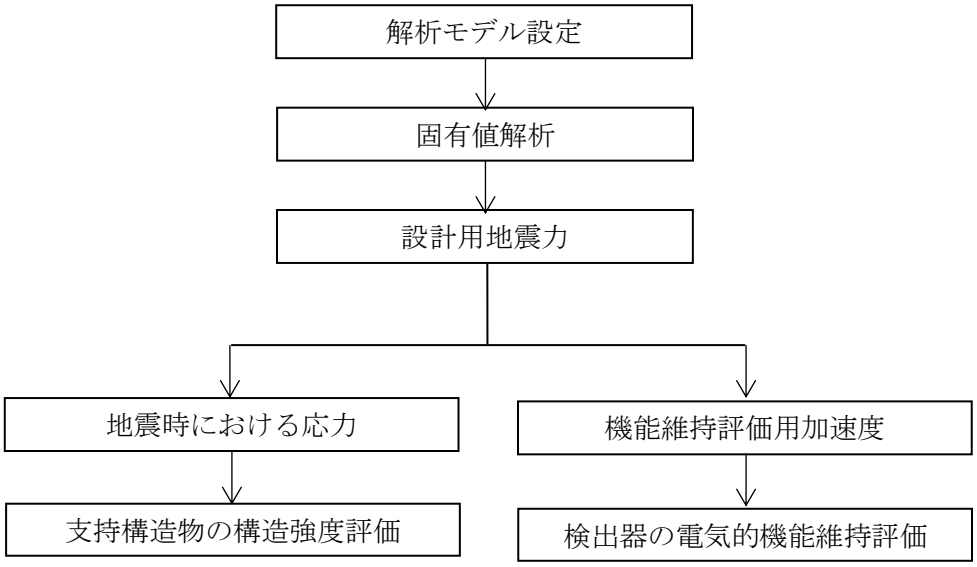


図2－1　フィルタ装置出口放射線モニタの耐震評価フロー

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　ＪＥＡＧ４６０１・補-1984（(社) 日本電気協会）

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

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

・発電用原子力設備規格　設計・建設規格（(社) 日本機械学会，2005/2007）（以下「設計・建設規格」という。）

2.4　記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_{bi}	ボルトの軸断面積*1	mm^2
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d_i	ボルトの呼び径*1	mm
F_i*	設計・建設規格　SSB-3133に定める値*1	MPa
F_{bi}	ボルトに作用する引張力(１本当たり)*1	N
F_{b1i}	鉛直方向地震及び壁掛盤取付面に対して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) *1	N
F_{b2i}	鉛直方向地震及び壁掛盤取付面に対して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) *1	N
f_{sbi}	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力*1	MPa
f_{toi}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力	MPa
f_{tsi}	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力	MPa
g	重力加速度（＝9.80665)	m/s^2
h_i	据付面又は取付面から重心までの距離*2	mm
ℓ_{1i}	重心と下側ボルト間の鉛直方向距離(壁掛形)*1	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)*1	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)*1	mm
m_i	盤の質量*2	kg
n_i	ボルトの本数*1	—
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(鉛直方向)(壁掛形) *1	—
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(水平方向)(壁掛形) *1	—
Q_{bi}	ボルトに作用するせん断力*1	N
Q_{b1i}	水平方向地震によりボルトに作用するせん断力(壁掛型) *1	N
Q_{b2i}	鉛直方向地震によりボルトに作用するせん断力(壁掛型) *1	N
S_{ui}	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表9に定める値*1	MPa
S_{yi}	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表8に定める値*1	MPa
$S_{yi}(RT)$	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表8に定める材料の40℃における値*1	MPa
π	円周率	—
σ_{bi}	基礎ボルトに生じる引張応力*1	MPa
τ_{bi}	基礎ボルトに生じるせん断応力*1	MPa

注記＊1 ：A_{bi}，d_i，F_i^*，F_{bi}，F_{b1i}，F_{b2i}，f_{sbi}，f_{toi}，f_{tsi}，ℓ_{1i}，ℓ_{2i}，ℓ_{3i}，n_i，n_{fVi}，n_{fHi}，Q_{bi}，Q_{b1i}，Q_{b2i}，S_{ui}，S_{yi}，$S_{yi}(RT)$，σ_{bi}及びτ_{bi}の添字ｉの意味は，以下のとおりとする。

ｉ＝1：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に示すとおりとする。

表2－2 表示する数値の丸め方

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

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

＊2：絶対値が1000以上のときは，べき数表示とする。

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

3. 評価部位

フィルタ装置出口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。フィルタ装置出口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　固有値解析方法

フィルタ装置出口放射線モニタの固有値解析方法を以下に示す。

(1)　フィルタ装置出口放射線モニタは，「4.2　解析モデル及び諸元」に示す三次元はりモデルとして考える。

4.2　解析モデル及び諸元

フィルタ装置出口放射線モニタの解析モデルを図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【フィルタ装置出口放射線モニタ（D11-RE-099A）の耐震性についての計算結果】及び【フィルタ装置出口放射線モニタ（D11-RE-099B）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)　フィルタ装置出口放射線モニタの計器の質量は，それぞれの計器荷重点（取付ボルト）に分散させるものとする。

(2)　拘束条件は，サポート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。

(3)　転倒方向は，フィルタ装置出口放射線モニタを正面より見て左右に転倒する場合を「正面方向転倒」，前方に転倒する場合を「側面方向転倒」という。

(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，「ＮＡＰＦ」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，別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

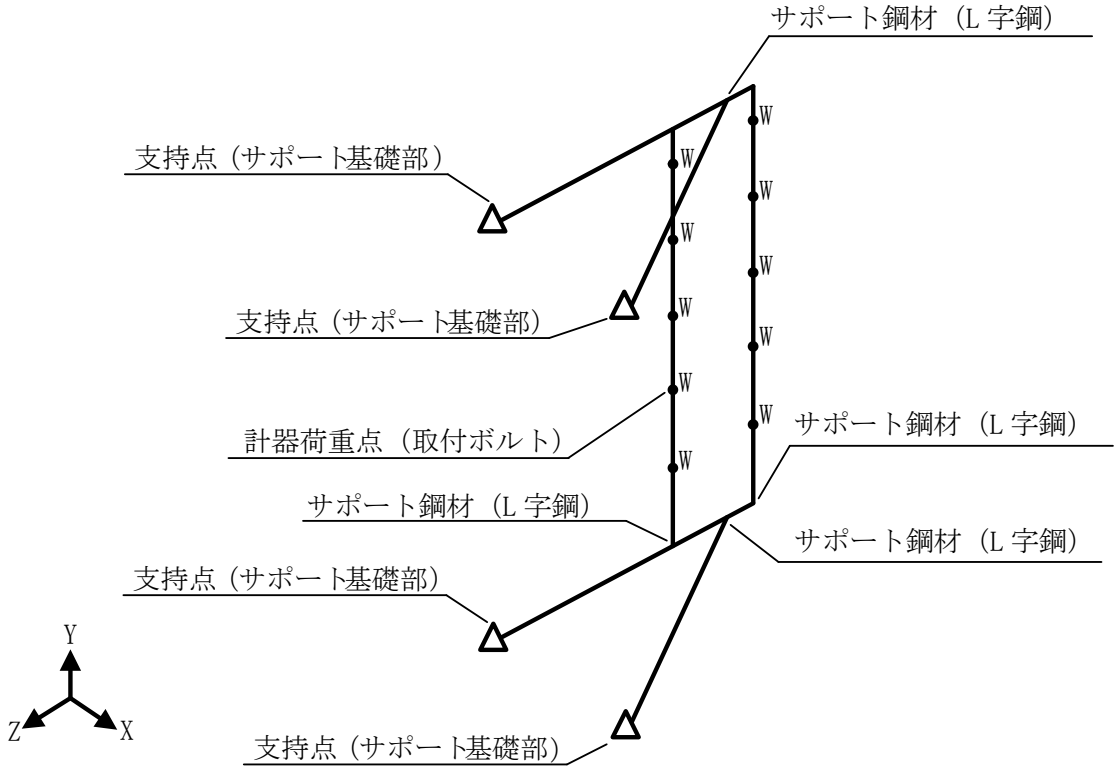


図4－1　解析モデル

4.3　固有値解析結果

固有値解析結果を表 4－1 に示す。固有周期は，0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。

表 4－1　固有値解析結果

対象計器	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	Z方向	
D11-RE-099A	1 次	水平	[redacted]	—	—	—
D11-RE-099B	1 次	水平	[redacted]	—	—	—

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，フィルタ装置出口放射線モニタに対して，水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。

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

フィルタ装置出口放射線モニタの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5－1 に示す。

5.2.2　許容応力

フィルタ装置出口放射線モニタの許容応力は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 5－2 のとおりとする。

5.2.3　使用材料の許容応力評価条件

フィルタ装置出口放射線モニタの使用材料の許容応力評価条件のうち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	フィルタ装置出口放射線モニタ	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	D＋P_D＋M_D＋Ｓｓ*3	$Ⅳ_AS$
					D＋P_{SAD}＋M_{SAD}＋Ｓｓ	V_AS（V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

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

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

＊3：「D＋P_{SAD}＋M_{SAD}＋Ｓｓ」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	
	引張り	せん断
ⅣＡＳ	1.5・ｆｔ*	1.5・ｆｓ*
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 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
基礎ボルト	SS400 (40mm＜径)	周囲環境温度	40	215	400	―
取付ボルト	SUS304	周囲環境温度	40	205	520	205

5.3　設計用地震力

耐震評価に用いる設計用地震力を表5－4に示す。

「基準地震動Ｓｓ」による地震力は，Ⅴ-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
		水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度
フィルタ装置出口放射線モニタ (H21-P913)	原子炉建屋 T.M.S.L.38.200 (T.M.S.L.49.700*)	[redacted]	0.05以下	―	―	C_H=2.73	C_V=1.50
フィルタ装置出口放射線モニタ (H21-P916)	原子炉建屋 T.M.S.L.38.200 (T.M.S.L.49.700*)	[redacted]	0.05以下	―	―	C_H=2.73	C_V=1.50

注記＊：基準床レベルを示す。

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。

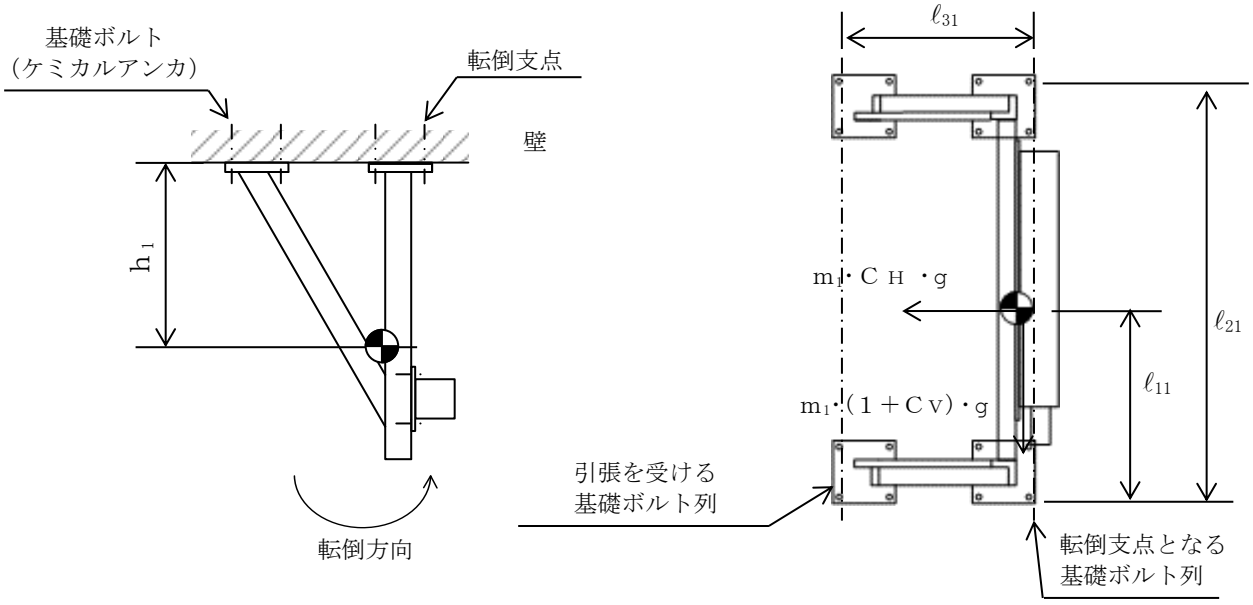


図5－1　計算モデル（正面方向転倒）

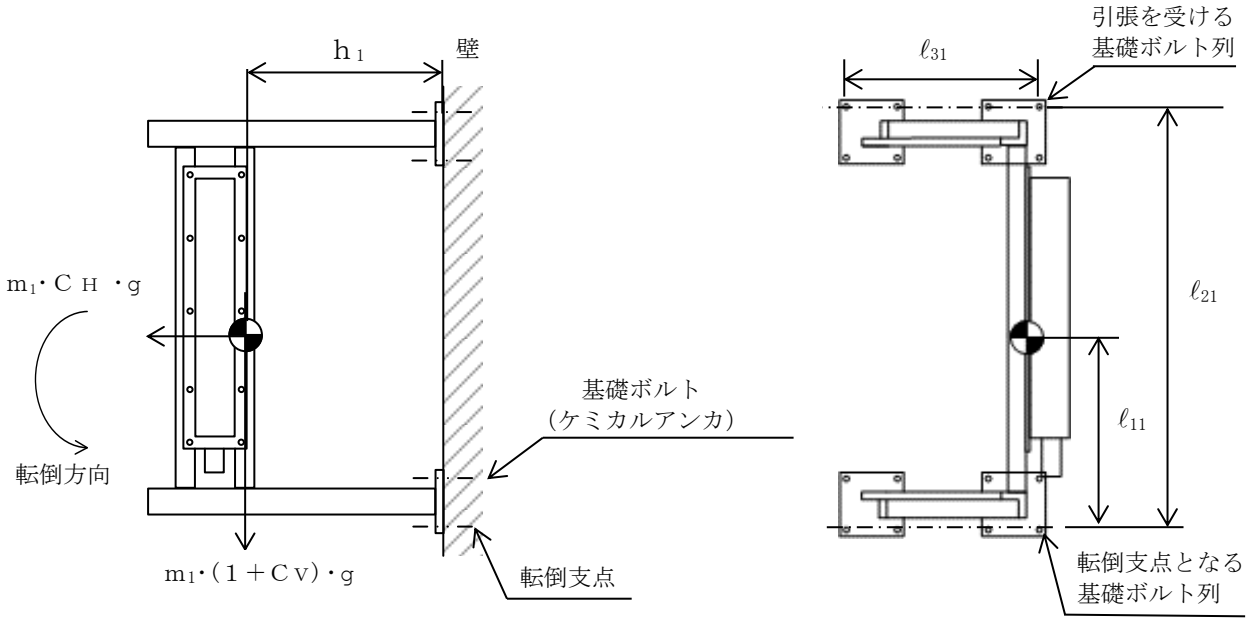


図5－2　計算モデル（側面方向転倒）

(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

$$F_{b11}=\frac{m_1\cdot(1+C_V)\cdot h_1\cdot g}{n_{fV1}\cdot \ell_{21}} + \frac{m_1\cdot C_H\cdot h_1\cdot g}{n_{fH1}\cdot \ell_{31}} \quad \cdots \quad (5.4.1.1.1)$$

$$F_{b21}=\frac{m_1\cdot(1+C_V)\cdot h_1\cdot g + m_1\cdot C_H\cdot \ell_{11}\cdot g}{n_{fV1}\cdot \ell_{21}} \quad \cdots\cdots \quad (5.4.1.1.2)$$

$$F_{b1}=\mathrm{Max}(F_{b11},\ F_{b21}) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.4.1.1.3)$$

引張応力

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

ここで，基礎ボルトの軸断面積A_{b1}は次式により求める。

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

(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

$$Q_{b11}=m_1\cdot C_H\cdot g \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.4.1.1.6)$$

$$Q_{b21}=m_1\cdot(1+C_V)\cdot g \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.4.1.1.7)$$

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

せん断応力

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

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。

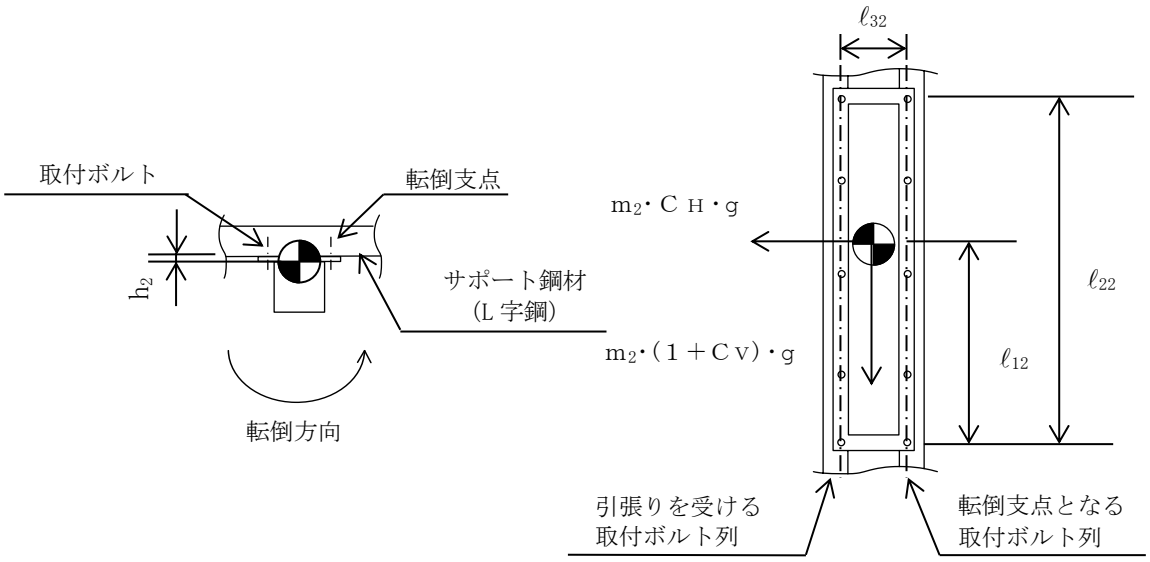


図5－3　計算モデル（正面方向転倒）

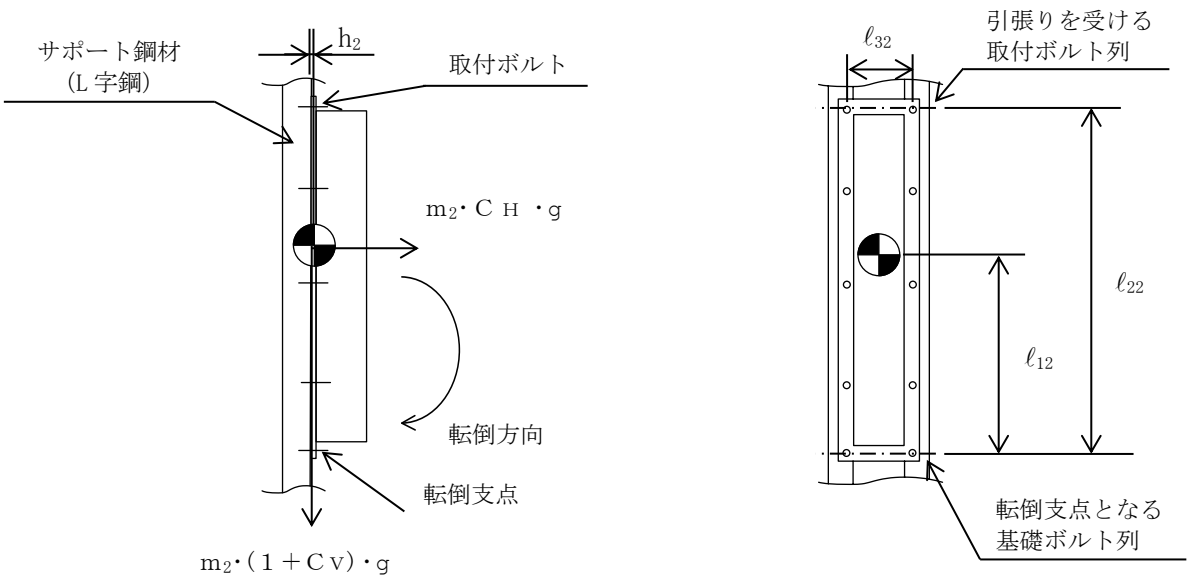


図5－4　計算モデル（側面方向転倒）

(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

$$F_{b12}=\frac{m_2\cdot(1+C_V)\cdot h_2\cdot g}{n_{fV2}\cdot \ell_{22}}+\frac{m_2\cdot C_H\cdot h_2\cdot g}{n_{fH2}\cdot \ell_{32}} \quad \cdots\cdots \quad (5.4.1.2.1)$$

$$F_{b22}=\frac{m_2\cdot(1+C_V)\cdot h_2\cdot g+m_2\cdot C_H\cdot \ell_{12}\cdot g}{n_{fV2}\cdot \ell_{22}} \quad \cdots\cdots\cdots \quad (5.4.1.2.2)$$

$$F_{b2}=\mathrm{Max}(F_{b12},\ F_{b22}) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.4.1.2.3)$$

引張応力

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

ここで，基礎ボルトの軸断面積A_{b2}は次式により求める。

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

(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

$$Q_{b12}=m_2\cdot C_H\cdot g \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.4.1.2.6)$$

$$Q_{b22}=m_2\cdot(1+C_V)\cdot g \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.4.1.2.7)$$

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

せん断応力

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

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【フィルタ装置出口放射線モニタ（D11-RE-099A）の耐震性についての計算結果】及び【フィルタ装置出口放射線モニタ（D11-RE-099B）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【フィルタ装置出口放射線モニタ（D11-RE-099A）の耐震性についての計算結果】及び【フィルタ装置出口放射線モニタ（D11-RE-099B）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.6　応力の評価

5.6.1　ボルトの応力評価

5.4.1項で求めたボルトの引張応力σ_{bi}は次式より求めた許容引張応力f_{tsi}以下であること。ただし，f_{toi}は下表による。

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

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

	基準地震動Ｓｓによる 荷重との組合せの場合
許容引張応力 f_{toi}	$\dfrac{F_i^*}{2}\cdot 1.5$
許容せん断応力 f_{sbi}	$\dfrac{F_i^*}{1.5\cdot\sqrt{3}}\cdot 1.5$

6. 機能維持評価

6.1 電気的機能維持評価方法

フィルタ装置出口放射線モニタの電気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Ⅴ-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき，基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度を設定する。

フィルタ装置出口放射線モニタの機能確認済加速度は，Ⅴ-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6－1に示す。

表6－1 機能確認済加速度 （×9.8m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
フィルタ装置出口放射線モニタ (D11-RE-099A)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]
フィルタ装置出口放射線モニタ (D11-RE-099B)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]

7. 評価結果

7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

フィルタ装置出口放射線モニタの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【フィルタ装置出口放射線モニタ（D11-RE-099A）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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
フィルタ装置出口 放射線モニタ (D11-RE-099A)	常設耐震／防止 常設／緩和	原子炉建屋 T.M.S.L.38.200 (T.M.S.L.49.700*)	[redacted]	0.05 以下	—	—	C_H＝2.73	C_V＝1.50	40

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 フィルタ装置出口放射線モニタ（H21-P913）

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	Ｓｙ（ＲＴ） (MPa)
基礎ボルト （ｉ＝１）	[redacted]	432	16 (M16)	201.1	16	215 (40mm＜径)	400 (40mm＜径)	—
取付ボルト （ｉ＝２）	[redacted]	13	8 (M8)	50.27	10	205	520	205

部材	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	ℓ_{3i}* (mm)	n_{fvi}*	n_{fHi}*	F_i* (MPa)	転倒方向	
							弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト （ｉ＝１）	604.5	1175	545	4	4	258	—	正面方向
	604.5	1175	545	4	4			
取付ボルト （ｉ＝２）	387	720	220	2	5	246	—	側面方向
	387	720	220	2	5			

注記＊：各ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト（ｉ＝1）	—	[redacted]	—	[redacted]
取付ボルト（ｉ＝2）	—	[redacted]	—	[redacted]

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト（ｉ＝1）	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b1}=5$	$f_{ts1}=154^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=2$	$f_{sb1}=119$
取付ボルト（ｉ＝2）	SUS304	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=3$	$f_{ts2}=184^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2}=142$

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電気的機能の評価結果 ($\times 9.8\mathrm{m/s^2}$)

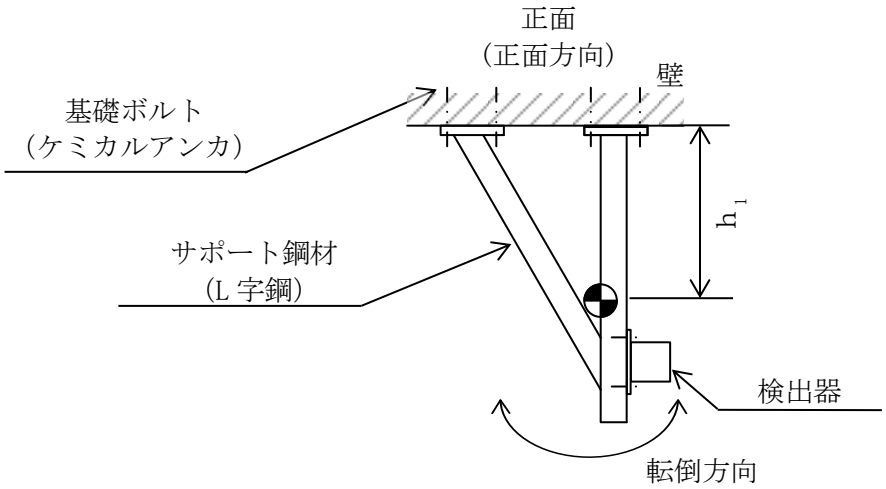
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
フィルタ装置出口放射線モニタ (D11-RE-099A)	水平方向	2.28	[redacted]
	鉛直方向	1.25	[redacted]

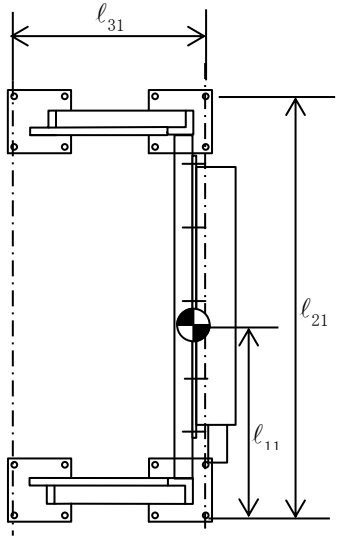
注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

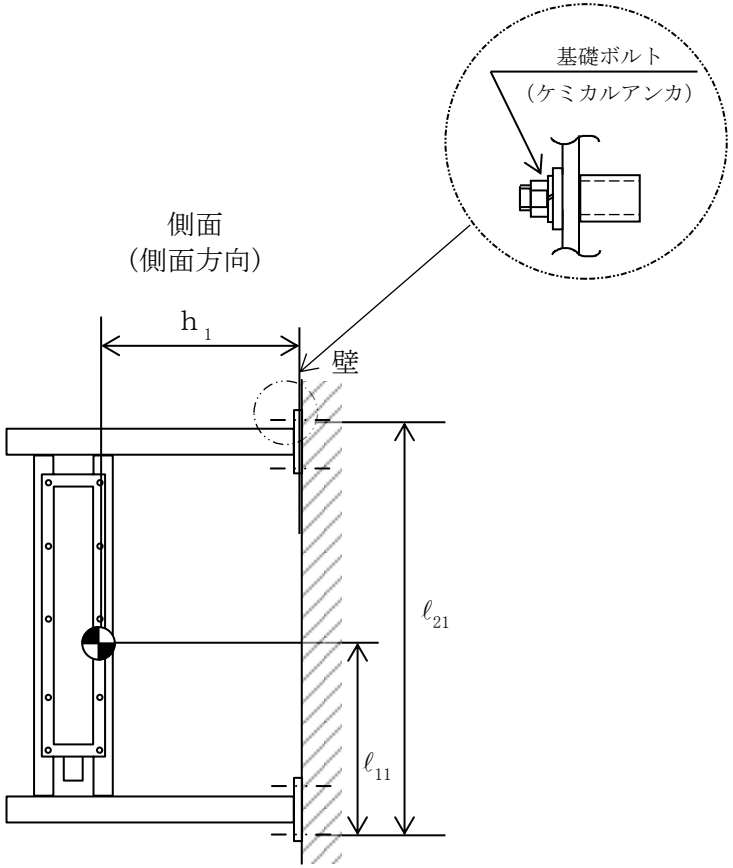
機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

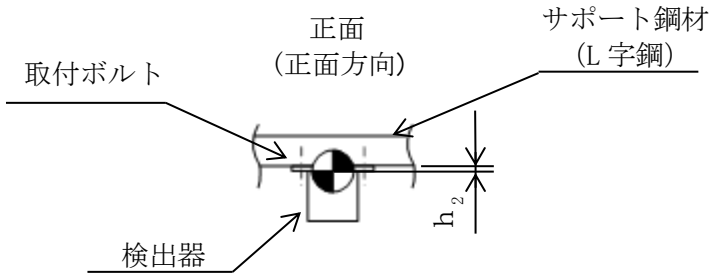
1.5　その他の機器要目

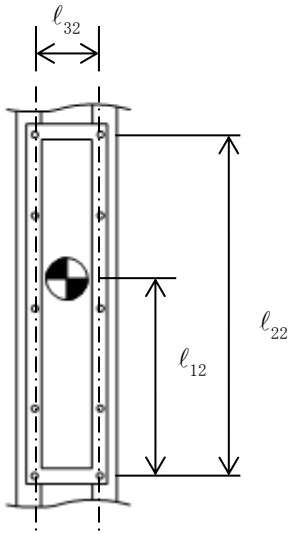
項目	記号	単位	入力値
材質	－	－	SS400
縦弾性係数	E	MPa	202000
ポアソン比	ν	－	0.3

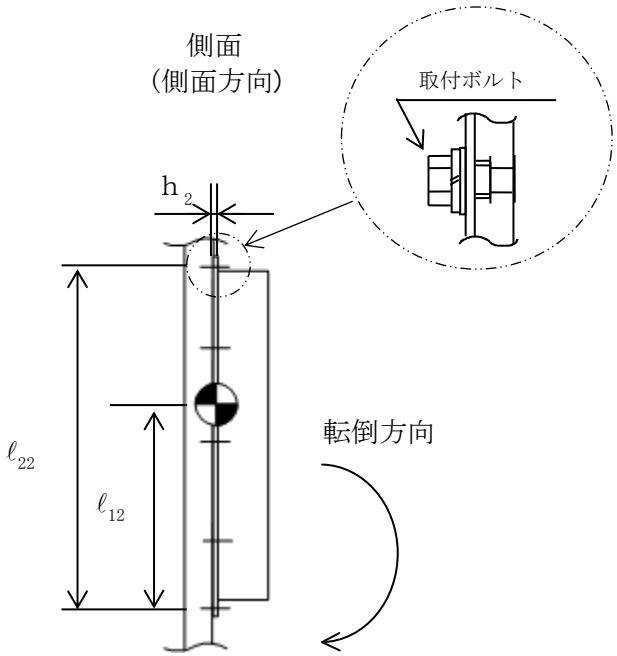

正面
（正面方向）
壁
基礎ボルト
（ケミカルアンカ）
サポート鋼材
（L 字鋼）
h_1
検出器
転倒方向


ℓ_{31}
ℓ_{21}
ℓ_{11}


基礎ボルト
（ケミカルアンカ）
側面
（側面方向）
h_1
壁
ℓ_{21}
ℓ_{11}


正面
(正面方向)
サポート鋼材
(L 字鋼)
取付ボルト
検出器
h2


ℓ32
ℓ22
ℓ12


側面
(側面方向)
取付ボルト
h2
ℓ22
ℓ12
転倒方向

【フィルタ装置出口放射線モニタ（D11-RE-099B）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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
フィルタ装置出口 放射線モニタ (D11-RE-099B)	常設耐震／防止 常設／緩和	原子炉建屋 T.M.S.L.38.200 (T.M.S.L.49.700*)	[redacted]	0.05 以下	—	—	C_H＝2.73	C_V＝1.50	40

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 フィルタ装置出口放射線モニタ（H21-P916）

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	Ｓｙ（ＲＴ） (MPa)
基礎ボルト （ｉ＝１）	[redacted]	432	16 (M16)	201.1	16	215 (40mm＜径)	400 (40mm＜径)	—
取付ボルト （ｉ＝２）	[redacted]	13	8 (M8)	50.27	10	205	520	205

部材	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	ℓ_{3i}* (mm)	n_{fvi}*	n_{fHi}*	F_i* (MPa)	転倒方向	
							弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト （ｉ＝１）	604.5	1175	545	4	4	258	—	正面方向
	604.5	1175	545	4	4			
取付ボルト （ｉ＝２）	387	720	220	2	5	246	—	側面方向
	387	720	220	2	5			

注記＊：各ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト（ｉ＝1）	—	[redacted]	—	[redacted]
取付ボルト（ｉ＝2）	—	[redacted]	—	[redacted]

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト（ｉ＝1）	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b1}=5$	$f_{ts1}=154^{*}$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=2$	$f_{sb1}=119$
取付ボルト（ｉ＝2）	SUS304	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=3$	$f_{ts2}=184^{*}$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2}=142$

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電気的機能の評価結果 ($\times 9.8\mathrm{m/s^2}$)

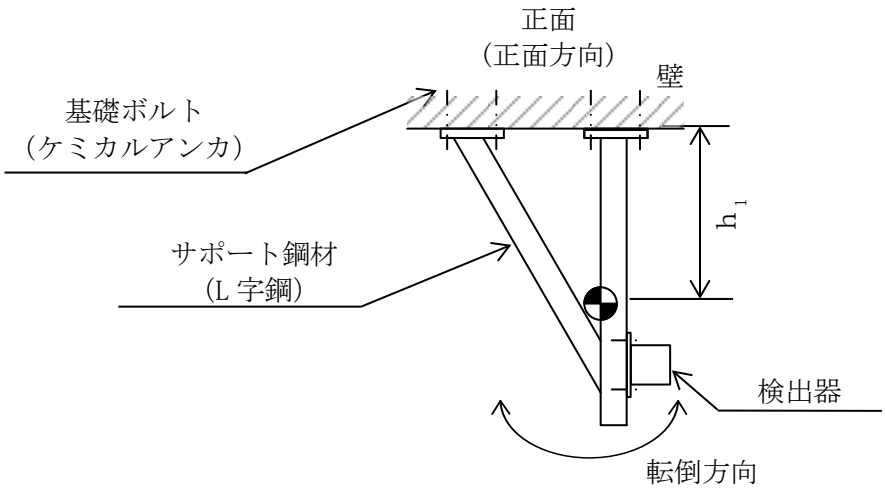
		機能維持評価用加速度＊	機能確認済加速度
フィルタ装置出口放射線モニタ (D11-RE-099B)	水平方向	2.28	[redacted]
	鉛直方向	1.25	[redacted]

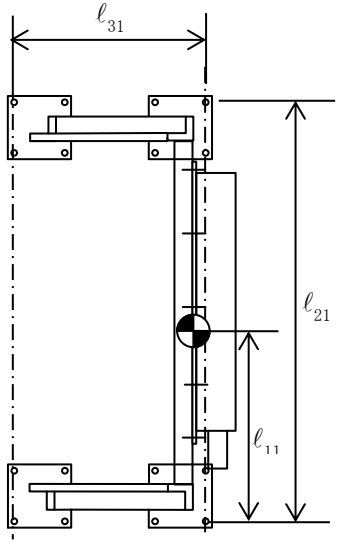
注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

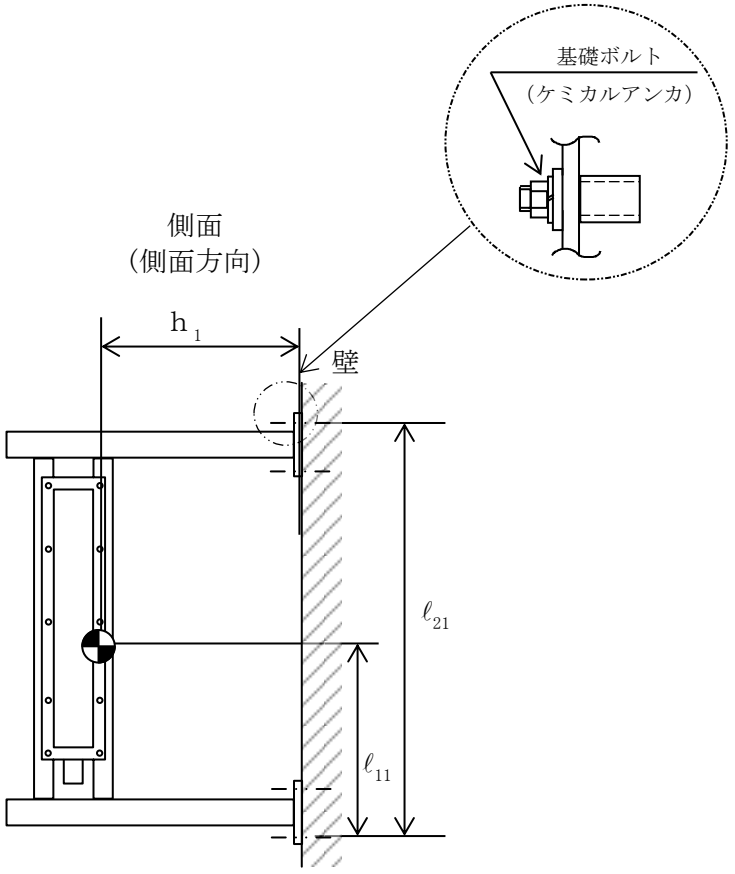
機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

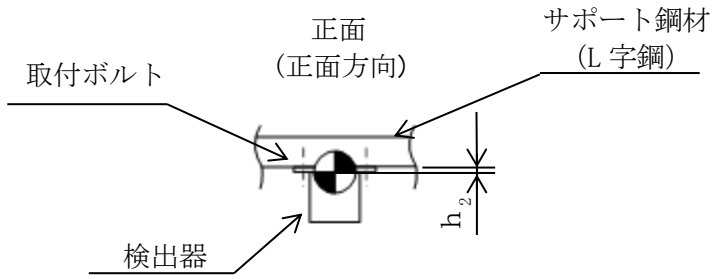
1.5　その他の機器要目

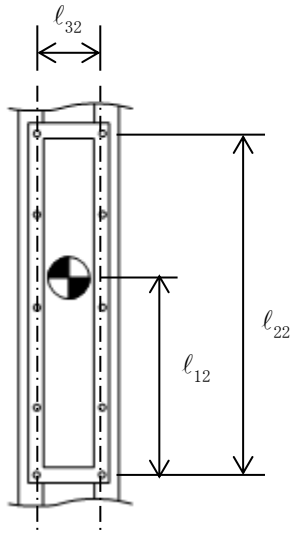
項目	記号	単位	入力値
材質	－	－	SS400
縦弾性係数	E	MPa	202000
ポアソン比	ν	－	0.3

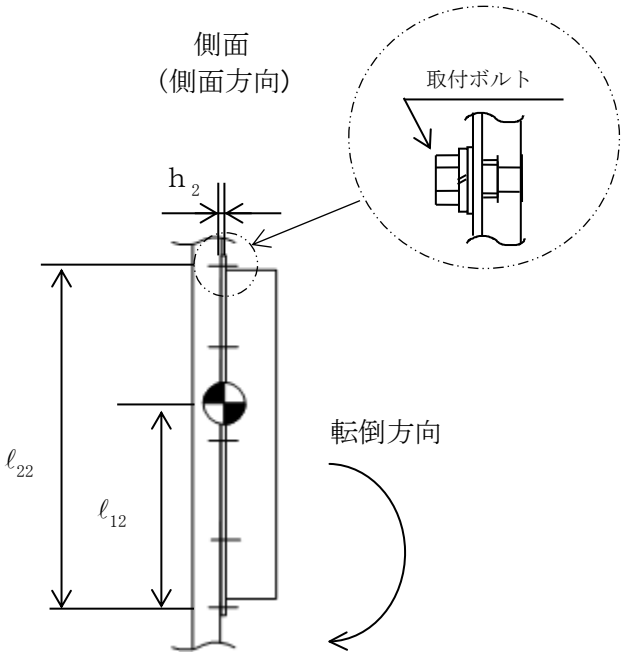

正面
（正面方向）
壁
基礎ボルト
（ケミカルアンカ）
サポート鋼材
（L 字鋼）
h_1
検出器
転倒方向


ℓ_{31}
ℓ_{21}
ℓ_{11}


基礎ボルト
（ケミカルアンカ）
側面
（側面方向）
h_1
壁
ℓ_{21}
ℓ_{11}


正面
(正面方向)
サポート鋼材
(L 字鋼)
取付ボルト
検出器
h2


ℓ32
ℓ22
ℓ12


側面
(側面方向)
取付ボルト
h2
ℓ22
ℓ12
転倒方向

Ⅴ-2-8-2-1-4　耐圧強化ベント系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 ····· 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
5.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 10
5.2.2　許容応力 ····· 10
5.2.3　使用材料の許容応力評価条件 ····· 10
5.3　設計用地震力 ····· 14
5.4　計算方法 ····· 15
5.4.1　応力の計算方法 ····· 15
5.5　計算条件 ····· 17
5.6　応力の評価 ····· 18
5.6.1　ボルトの応力評価 ····· 18
6.　機能維持評価 ····· 19
6.1　電気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，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，耐圧強化ベント系放射線モニタが設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

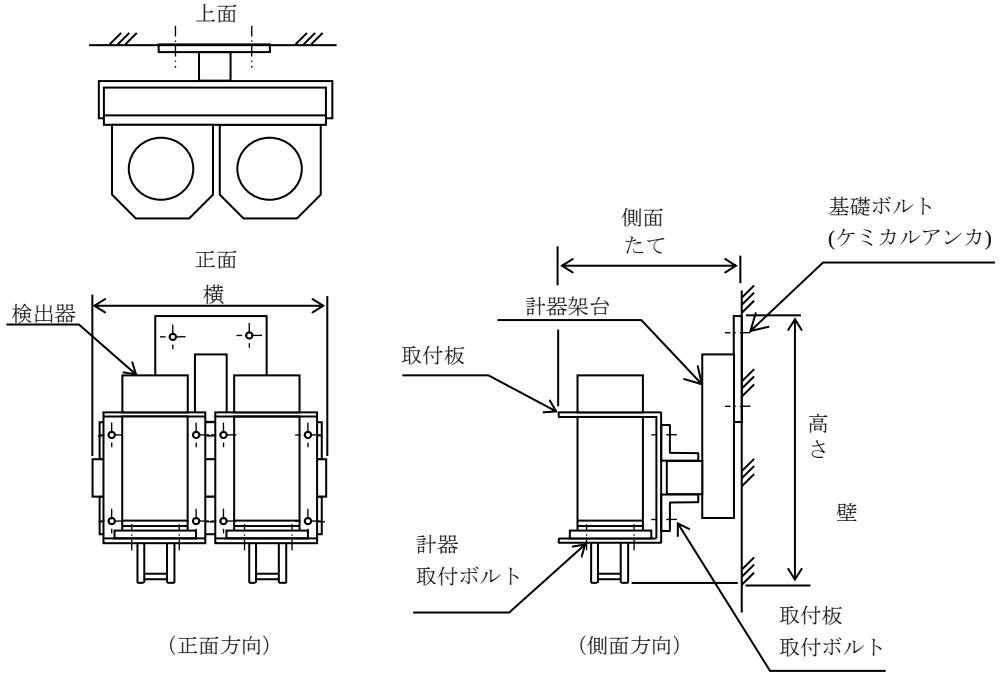
耐圧強化ベント系放射線モニタは，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

耐圧強化ベント系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

<table>
<tr><th colspan="2">計画の概要</th><th rowspan="2">概略構造図</th></tr>
<tr><th>基礎・支持構造</th><th>主体構造</th></tr>
<tr><td>検出器は，計器取付ボルトにより取付板に固定され，計器取付板は，取付板取付ボルトにより計器架台に固定される。
計器架台は，壁に基礎ボルトで設置する。</td><td>電離箱</td><td>【耐圧強化ベント系放射線モニタ】


<table>
<tr><th>機器名称</th><th>耐圧強化ベント系放射線モニタ
(D11-RE-091A)</th><th>耐圧強化ベント系放射線モニタ
(D11-RE-091B)</th></tr>
<tr><td>たて</td><td colspan="2">382</td></tr>
<tr><td>横</td><td colspan="2">540</td></tr>
<tr><td>高さ</td><td colspan="2">555</td></tr>
</table>
（単位：mm）</td></tr>
</table>

2.2　評価方針

耐圧強化ベント系放射線モニタの応力評価は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.1　構造計画」にて示す耐圧強化ベント系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，耐圧強化ベント系放射線モニタの機能維持評価は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電気的機能維持の方針に基づき，地震時の応答加速度が電気的機能確認済加速度以下であることを，「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。

耐圧強化ベント系放射線モニタの耐震評価フローを図2－1に示す。

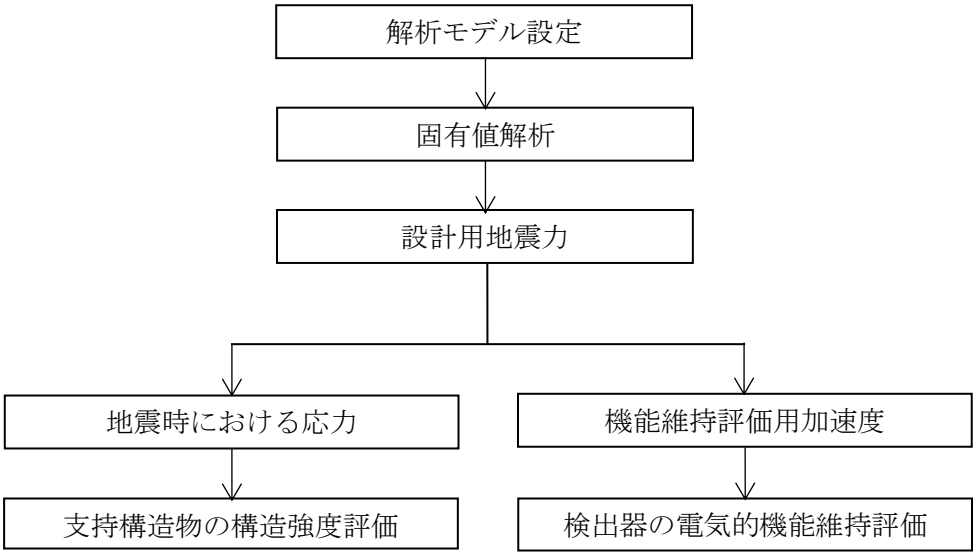


図2－1　耐圧強化ベント系放射線モニタの耐震評価フロー

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　ＪＥＡＧ４６０１・補-1984（(社) 日本電気協会）

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

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

・発電用原子力設備規格　設計・建設規格（(社) 日本機械学会，2005/2007）（以下「設計・建設規格」という。）

2.4　記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_b	ボルトの軸断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	－
C_V	鉛直方向設計震度	－
d	ボルトの呼び径	mm
F	設計・建設規格　SSB-3121.1(1) に定める値	MPa
F*	設計・建設規格　SSB-3133 に定める値	MPa
F_b	ボルトに作用する引張力（１本当たり）	N
F_{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	MPa
g	重力加速度（＝9.80665）	m/s^2
h_1	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_a	側面(左右)ボルト間の水平方向距離（壁掛形）	mm
ℓ_b	上下ボルト間の距離（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(鉛直方向)（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(水平方向)（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℃における値	MPa
π	円周率	－
σ_b	ボルトに生じる引張応力	MPa
τ_b	ボルトに生じるせん断応力	MPa

2.5　計算精度と数値の丸め方

精度は，有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は，表2－2に示すとおりとする。

表2－2　表示する数値の丸め方

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

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

＊2　：絶対値が1000以上のときは，べき数表示とする。

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

3. 評価部位

耐圧強化ベント系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。耐圧強化ベント系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　固有値解析方法

耐圧強化ベント系放射線モニタの固有値解析方法を以下に示す。

(1)　耐圧強化ベント系放射線モニタは，「4.2　解析モデル及び諸元」に示す三次元はりモデルとして考える。

4.2　解析モデル及び諸元

耐圧強化ベント系放射線モニタの解析モデルを図4－1に，解析モデルの概要を以下に示す。

(1)　耐圧強化ベント系放射線モニタの検出器の質量は，重心に集中するものとする。

(2)　耐圧強化ベント系放射線モニタの検出器の重心位置については，計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定するものとする。

(3)　拘束条件は，基礎部を完全拘束とする。なお，基礎ボルト部は剛体として評価する。

(4)　転倒方向は，耐圧強化ベント系放射線モニタを正面より見て左右に転倒する場合を「正面方向転倒」，前方に転倒する場合を「側面方向転倒」という。

(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，「ＮＳＡＦＥ」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，別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

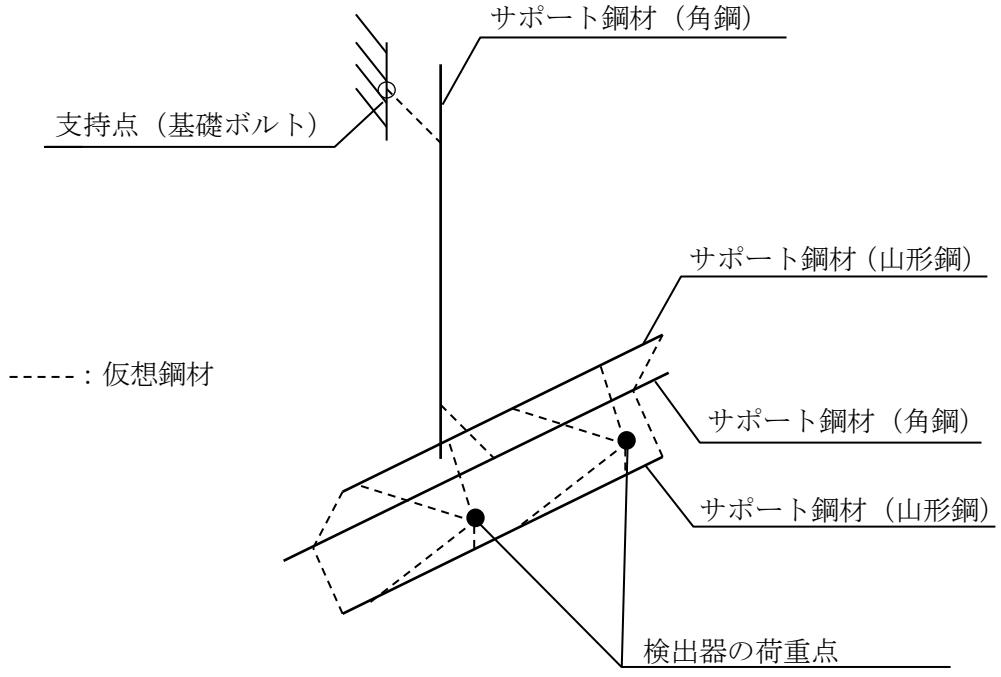


図4－1　解析モデル

4.3　固有値解析結果

固有値解析結果を表 4－2 に示す。固有周期は，0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。

表 4－2　固有値解析結果

計器番号	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	
D11-RE-091A D11-RE-091B	1 次	水平	[redacted]	—	—	—

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，耐圧強化ベント系放射線モニタに対して，水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。

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

耐圧強化ベント系放射線モニタの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5－1 に示す。

5.2.2　許容応力

耐圧強化ベント系放射線モニタの許容応力は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 5－2 のとおりとする。

5.2.3　使用材料の許容応力評価条件

耐圧強化ベント系放射線モニタの使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備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	耐圧強化ベント系放射線モニタ	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	Ｄ＋P_D＋M_D＋Ｓｓ*3	$Ⅳ_AS$
					Ｄ＋P_{SAD}＋M_{SAD}＋Ｓｓ	V_AS （V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

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

＊2　：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

＊3　：「Ｄ＋P_{SAD}＋M_{SAD}＋Ｓｓ」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	
	引張り	せん断
ⅣＡＳ	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
ＶＡＳ （ＶＡＳとしてⅣＡＳの許容限界を用いる。）		

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

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

表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 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
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

耐震評価に用いる設計用地震力を表5－4に示す。

「基準地震動Ｓｓ」による地震力は，Ｖ-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
		水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度
耐圧強化ベント系放射線モニタ (D11-RE-091A)	原子炉建屋 T.M.S.L.31.700 (T.M.S.L.38.200*)	[redacted]	0.05以下	―	―	C_H=2.03	C_V=1.45
耐圧強化ベント系放射線モニタ (D11-RE-091B)	原子炉建屋 T.M.S.L.31.700 (T.M.S.L.38.200*)	[redacted]	0.05以下	―	―	C_H=2.03	C_V=1.45

注記＊：基準床レベルを示す。

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。

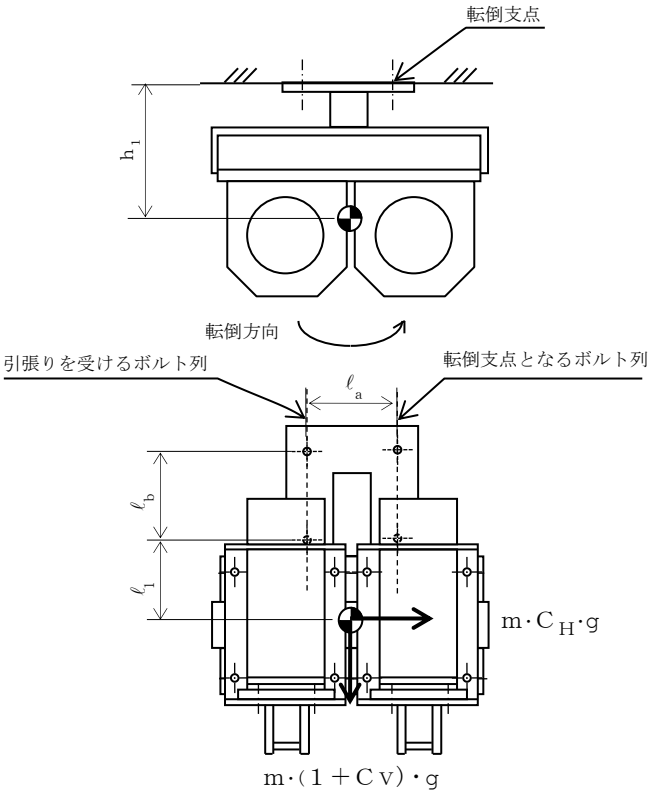


図 5－1　計算モデル（壁掛型　正面方向転倒の場合）

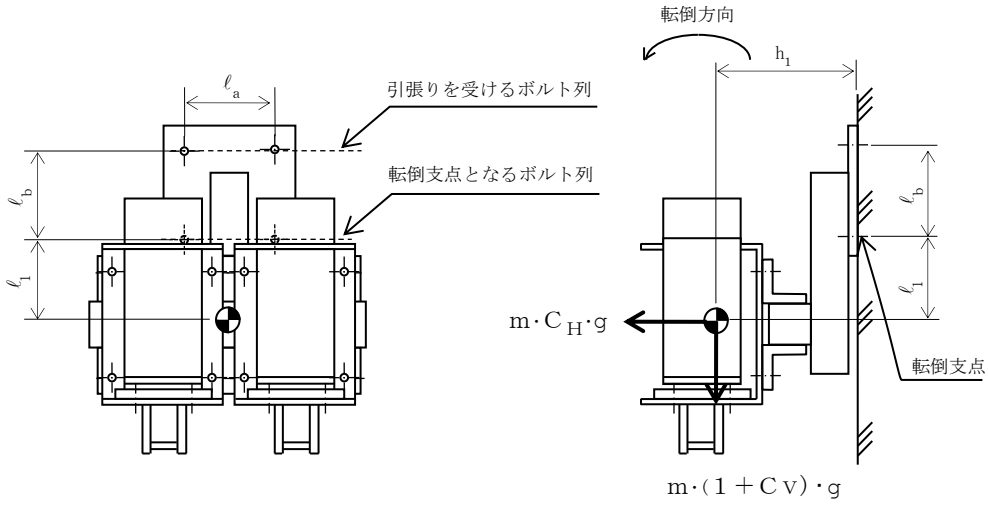


図 5－2　計算モデル（壁掛型　側面方向転倒の場合）

(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

$$F_{b1}=\frac{m\cdot(1+C_V)\cdot h_1\cdot g}{n_{fV}\cdot \ell_b}+\frac{m\cdot C_H\cdot h_1\cdot g}{n_{fH}\cdot \ell_a} \quad \cdots (5.4.1.1.1)$$

$$F_{b2}=\frac{m\cdot(1+C_V)\cdot h_1\cdot g+m\cdot C_H\cdot \ell_1\cdot g}{n_{fV}\cdot \ell_b} \quad \cdots\cdots (5.4.1.1.2)$$

$$F_b=\mathrm{Max}(F_{b1},\ F_{b2}) \quad \cdots\cdots (5.4.1.1.3)$$

引張応力

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

ここで，基礎ボルトの軸断面積A_bは次式により求める。

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

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

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

$$Q_{b2}=m\cdot(1+C_V)\cdot g \quad \cdots\cdots (5.4.1.1.7)$$

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

せん断応力

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

5.5　計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【耐圧強化ベント系放射線モニタ（D11-RE-091A）の耐震性についての計算結果】，【耐圧強化ベント系放射線モニタ（D11-RE-091B)の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.6　応力の評価

5.6.1　ボルトの応力評価

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

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

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

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

6. 機能維持評価

6.1 電気的機能維持評価方法

耐圧強化ベント系放射線モニタの電気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Ⅴ-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき，基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度を設定する。

耐圧強化ベント系放射線モニタの機能確認済加速度は，Ⅴ-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 6－1 に示す。

表 6－1 機能確認済加速度 （×9.8m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
耐圧強化ベント系放射線モニタ (D11-RE-091A)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]
耐圧強化ベント系放射線モニタ (D11-RE-091B)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]

7. 評価結果

7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

耐圧強化ベント系放射線モニタの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【耐圧強化ベント系放射線モニタ（D11-RE-091A）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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
耐圧強化ベント系 放射線モニタ (D11-RE-091A)	常設耐震／防止 常設／緩和	原子炉建屋 T.M.S.L.31.700 (T.M.S.L.38.200*)	[redacted]	0.05 以下	—	—	C_H＝2.03	C_V＝1.45	100

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 耐圧強化ベント系放射線モニタ

部材	m (kg)	h_1 (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	n	S_y (MPa)	S_u (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	234	12 (M12)	113.1	4	221 (径≦16mm)	373 (径≦16mm)

部材	ℓ_1* (mm)	ℓ_a* (mm)	ℓ_b* (mm)	n_{fv}*	n_{fH}*	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	125	180	180	2	2	—	261	—	正面方向
	125	180	180	2	2				

注記＊：各ボルトの機器要目における上段は正面方向に対する評価時の要目を示し，
下段は側面方向に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_b		Q_b	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	—	[redacted]	—	[redacted]

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	—	—	$\sigma_b=16$	$f_{ts}=156$*
		せん断	—	—	$\tau_b=5$	$f_{sb}=120$

すべて許容応力以下である。

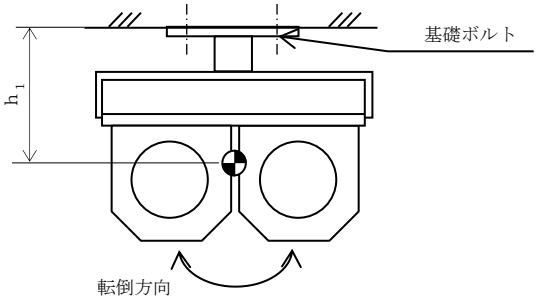
注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}]$

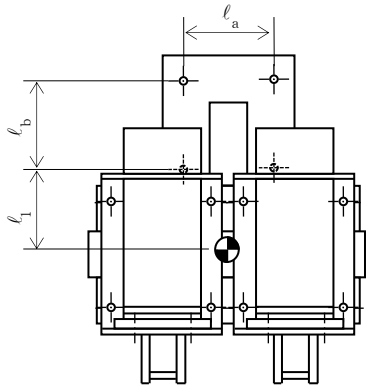
1.4.2 電気的機能の評価結果 ($\times 9.8\mathrm{m/s^2}$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
耐圧強化ベント系放射線モニタ (D11-RE-091A)	水平方向	1.69	[redacted]
	鉛直方向	1.21	[redacted]

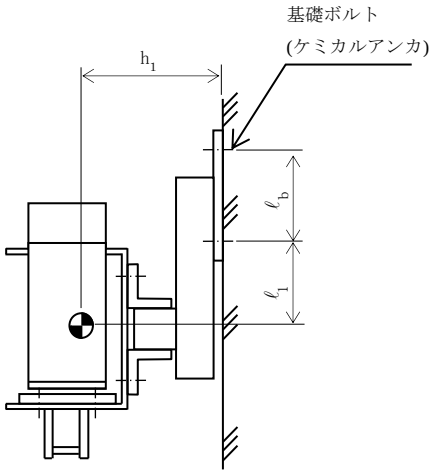
注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。





（正面方向）



（側面方向）

【耐圧強化ベント系放射線モニタ（D11-RE-091B）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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
耐圧強化ベント系 放射線モニタ (D11-RE-091B)	常設耐震／防止 常設／緩和	原子炉建屋 T.M.S.L.31.700 (T.M.S.L.38.200*)	[redacted]	0.05 以下	—	—	C_H＝2.03	C_V＝1.45	100

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 耐圧強化ベント系放射線モニタ

部材	m (kg)	h_1 (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	n	S_y (MPa)	S_u (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	234	12 (M12)	113.1	4	221 (径≦16mm)	373 (径≦16mm)

部材	ℓ_1* (mm)	ℓ_a* (mm)	ℓ_b* (mm)	n_{fv}*	n_{fH}*	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	125	180	180	2	2	—	261	—	正面方向
	125	180	180	2	2				

注記＊：各ボルトの機器要目における上段は正面方向に対する評価時の要目を示し，
下段は側面方向に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_b		Q_b	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	―	[redacted]	―	[redacted]

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	―	―	σ_b=16	f_{ts}=156*
		せん断	―	―	τ_b=5	f_{sb}=120

すべて許容応力以下である。

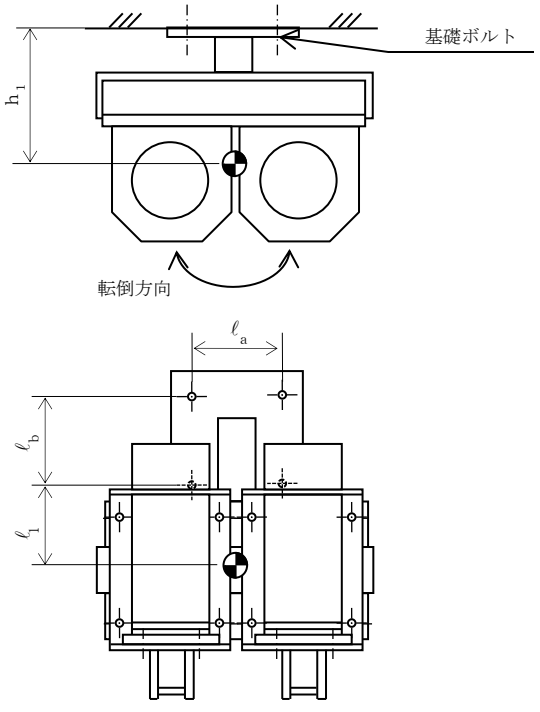
注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}]$

1.4.2 電気的機能の評価結果 (×9.8m/s^2)

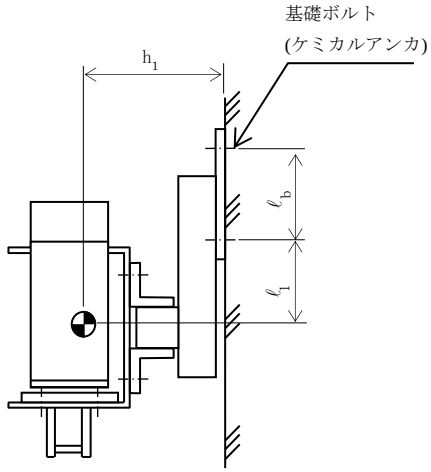
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
耐圧強化ベント系放射線モニタ (D11-RE-091B)	水平方向	1.69	[redacted]
	鉛直方向	1.21	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。



（正面方向）



（側面方向）

Ⅴ-2-8-2-2　エリアモニタリング設備の耐震性についての計算書

Ⅴ-2-8-2-2-1　使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（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 …… 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
5.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 …… 8
5.2.2　許容応力 …… 8
5.2.3　使用材料の許容応力評価条件 …… 8
5.3　設計用地震力 …… 12
5.4　計算方法 …… 13
5.4.1　応力の計算方法 …… 13
5.5　計算条件 …… 16
5.5.1　基礎ボルトの応力計算条件 …… 16
5.6　応力の評価 …… 17
5.6.1　ボルトの応力評価 …… 17
6.　機能維持評価 …… 18
6.1　電気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，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（低レンジ）が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（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気的機能維持評価を示す。

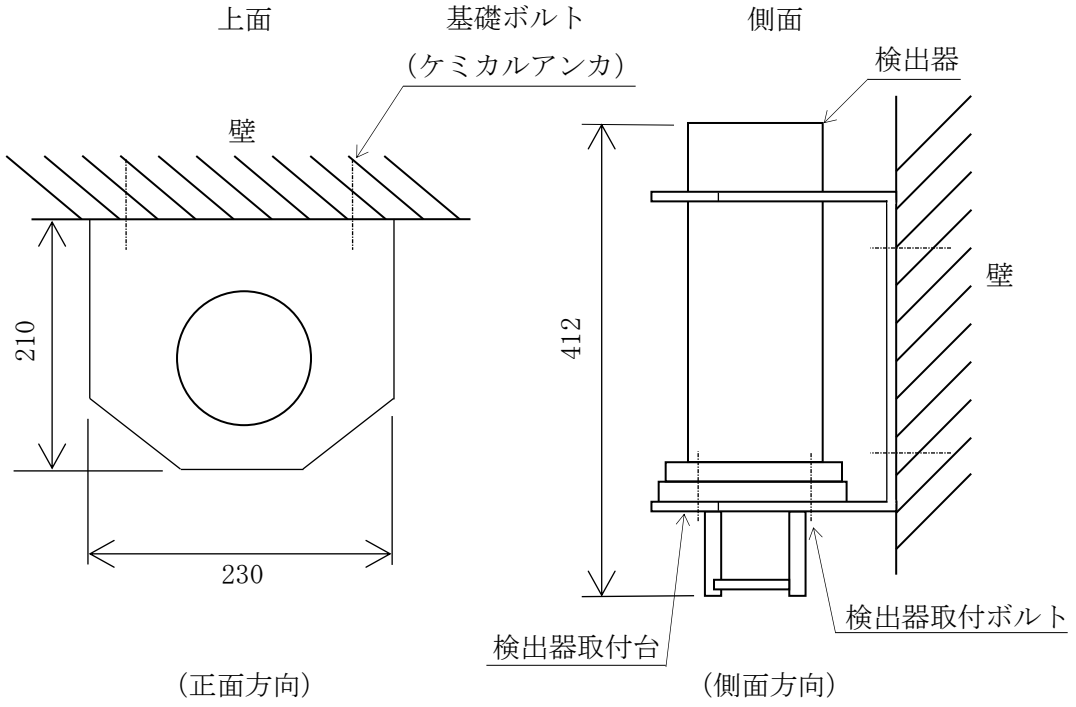
2. 一般事項

2.1 構造計画

使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（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	
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。 検出器取付台は，壁に基礎ボルトで設置される。	電離箱	【使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（低レンジ）】



（単位：mm）

2.2　評価方針

使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（低レンジ）の応力評価は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.1　構造計画」にて示す使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（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」で確認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，使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（低レンジ）の機能維持評価は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電気的機能維持の方針に基づき，地震時の応答加速度が電気的機能確認済加速度以下であることを，「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。

使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（低レンジ）の耐震評価フローを図2－1に示す。

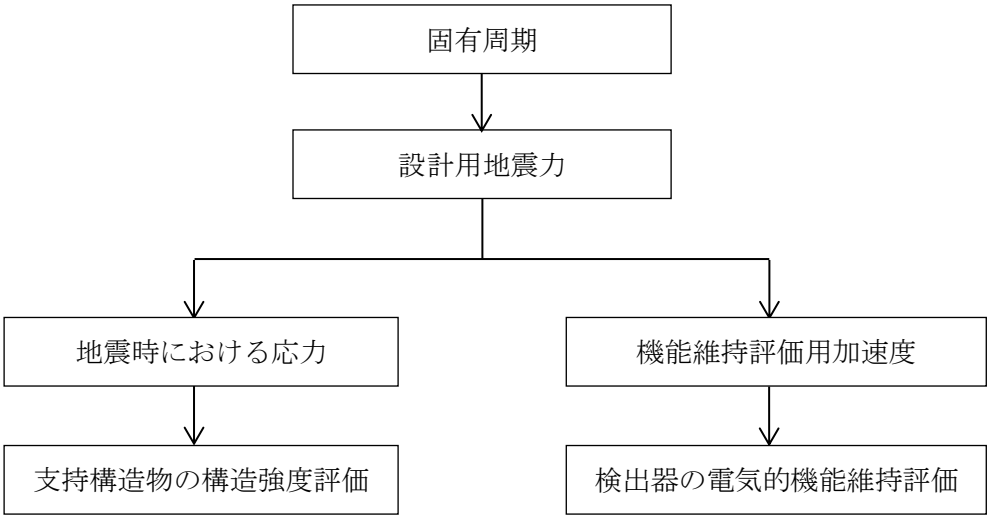


図2－1　使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（低レンジ）の耐震評価フロー

2.3　適用規格・基準等

適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　ＪＥＡＧ４６０１・補-1984（(社) 日本電気協会）

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

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

・発電用原子力設備規格　設計・建設規格（(社) 日本機械学会，2005/2007）（以下「設計・建設規格」という。）

2.4　記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_b	ボルトの軸断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d	ボルトの呼び径	mm
F	設計・建設規格　SSB-3121.1(1)に定める値	MPa
F^*	設計・建設規格　SSB-3133 に定める値	MPa
F_b	ボルトに作用する引張力（1 本当たり）	N
F_{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	MPa
g	重力加速度（＝9.80665）	m/s^2
h	据付面又は取付面から重心までの距離	mm
ℓ_1	重心と下側ボルト間の鉛直方向距離	mm
ℓ_2	上側ボルトと下側ボルト間の鉛直方向距離	mm
ℓ_3	左側ボルトと右側ボルト間の水平方向距離	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（鉛直方向）	—
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（水平方向）	—
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℃における値	MPa
π	円周率	—
σ_b	ボルトに生じる引張応力	MPa
τ_b	ボルトに生じるせん断応力	MPa

2.5　計算精度と数値の丸め方

精度は，有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は，表2－2に示すとおりとする。

表2－2　表示する数値の丸め方

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

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

＊2：絶対値が1000以上のときは，べき数表示とする。

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

3.　評価部位

使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（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について実施する。

使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（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

使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（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，当該装置に振動を与え自由減衰振動を固有振動数測定装置（圧電式加速度ピックアップ，振動計，分析器）により記録解析する。使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（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，剛であることを確認した。

表 4－1　固有周期　　（単位：s）

使用済燃料貯蔵プール 放射線モニタ（低レンジ） (D21-RE-035)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

(1) 使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（低レンジ）の質量は重心に集中しているものとする。

(2) 地震力は使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（低レンジ）に対して，水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。

(3) 使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（低レンジ）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，計算モデルにおける正面方向及び側面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) 使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（低レンジ）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ものとする。

(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

使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（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

使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（低レンジ）の許容応力は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表5－2のとおりとする。

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（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。

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	使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（低レンジ）	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D+P_D+M_D+S_s$ *3	$\mathrm{IV_AS}$
					$D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$	$\mathrm{V_AS}$（$\mathrm{V_AS}$として$\mathrm{IV_AS}$の許容限界を用いる。）

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

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表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	
	引張り	せん断
ⅣＡＳ	1.5・ｆｔ*	1.5・ｆｓ*
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 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
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

評価に用いる設計用地震力を表 5－4 に示す。

「基準地震動Ｓｓ」による地震力は，Ｖ-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
		水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度
使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（低レンジ）	原子炉建屋 T.M.S.L.31.700 (T.M.S.L.38.200*)	[redacted]	[redacted]	—	—	C_H＝2.03	C_V＝1.45

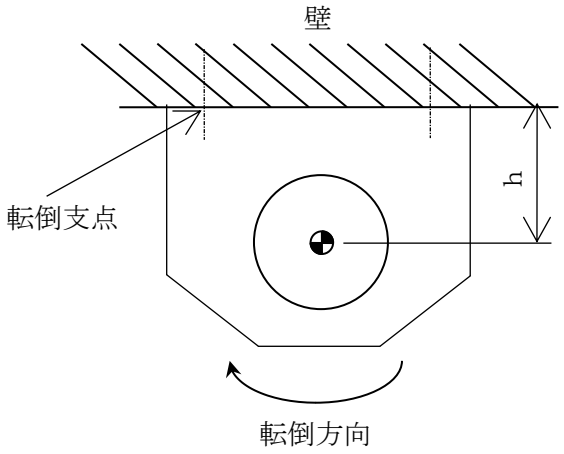
注記＊：基準床レベルを示す。

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。



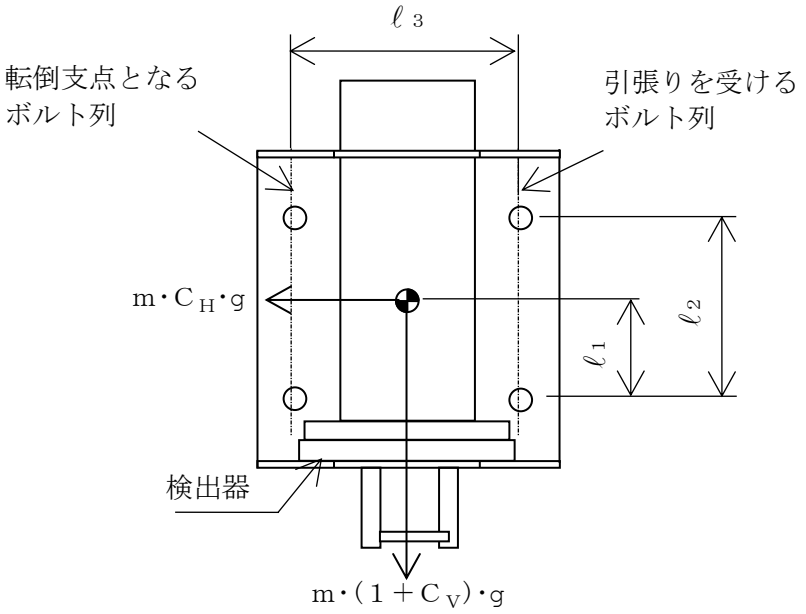


図5－1　計算モデル（壁掛形　正面方向転倒の場合）

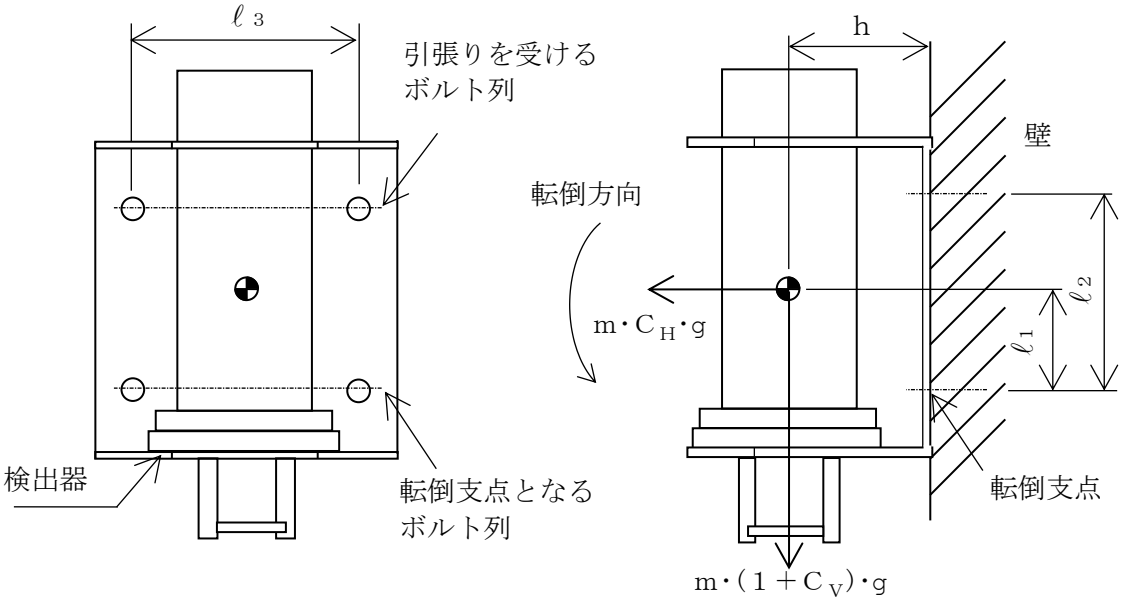


図5－2　計算モデル（壁掛形　側面方向転倒の場合）

(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

$$F_{b1}=\frac{m\cdot(1+C_V)\cdot h\cdot g}{n_{fv}\cdot \ell_2}+\frac{m\cdot C_H\cdot h\cdot g}{n_{fH}\cdot \ell_3} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (5.4.1.1.1)$$

$$F_{b2}=\frac{m\cdot(1+C_V)\cdot h\cdot g+m\cdot C_H\cdot \ell_1\cdot g}{n_{fv}\cdot \ell_2} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (5.4.1.1.2)$$

$$F_b=\mathrm{Max}(F_{b1},\ F_{b2}) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (5.4.1.1.3)$$

引張応力

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

ここで，基礎ボルトの軸断面積A_bは次式により求める。

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

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

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

$$Q_{b2}=m\cdot(1+C_V)\cdot g \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (5.4.1.1.7)$$

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

せん断応力

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

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【使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（低レンジ）(D21-RE-035）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.6　応力の評価

5.6.1　ボルトの応力評価

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

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

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

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

6. 機能維持評価

6.1 電気的機能維持評価方法

使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（低レンジ）の電気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Ⅴ-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき，基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度を設定する。

使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（低レンジ）の機能確認済加速度は，Ⅴ-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6－1に示す。

表6－1　機能確認済加速度　（×9.8m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（低レンジ）	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]

7. 評価結果

7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（低レンジ）の重大事故等対処設備としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（低レンジ）（D21-RE-035）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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（低レンジ）（D21-RE-035）	常設耐震／防止常設／緩和	原子炉建屋 T.M.S.L.31.700 (T.M.S.L.38.200*)	[redacted]	[redacted]	—	—	C_H＝2.03	C_V＝1.45	100

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m (kg)	h (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	n	S_y (MPa)	S_u (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	110	12 (M12)	113.1	4	221 (径≦16mm)	373 (径≦16mm)

部材	ℓ_1* (mm)	ℓ_2* (mm)	ℓ_3* (mm)	n_{fV}*	n_{fH}*	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	85	160	200	2	2	—	261	—	正面方向
	85	160	200	2	2				

注記＊：各ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_b		Q_b	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	―	[redacted]	―	[redacted]

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	―	―	$\sigma_b=2$	$f_{ts}=156^*$
		せん断	―	―	$\tau_b=2$	$f_{sb}=120$

すべて許容応力以下である。

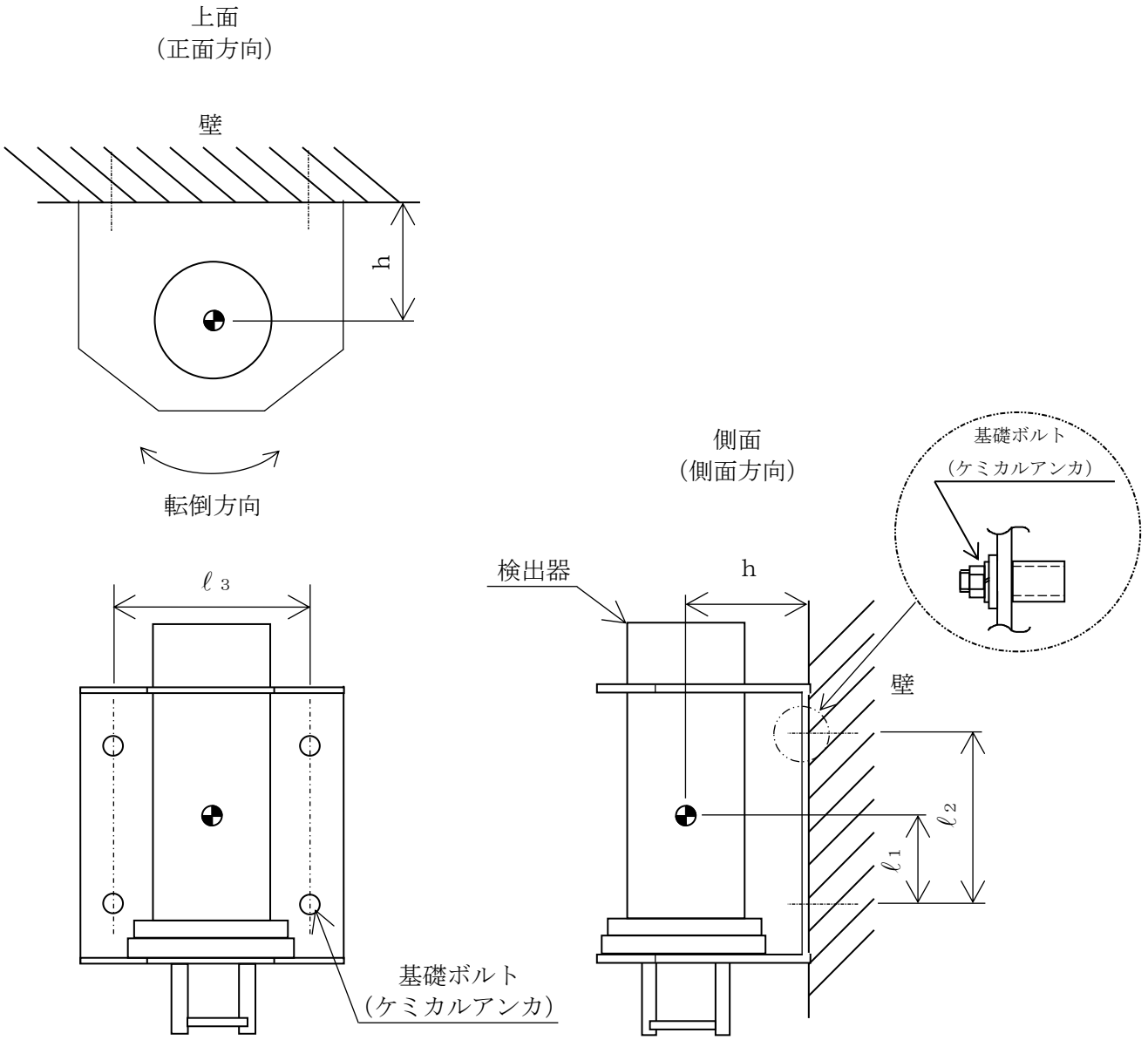
注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}]$

1.4.2 電気的機能の評価結果 ($\times 9.8\mathrm{m/s^2}$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（低レンジ）（D21-RE-035）	水平方向	1.69	[redacted]
	鉛直方向	1.21	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


上面
（正面方向）
壁
h
転倒方向
側面
（側面方向）
基礎ボルト
（ケミカルアンカ）
検出器
h
壁
ℓ 3
ℓ 2
ℓ 1
基礎ボルト
（ケミカルアンカ）

Ⅴ-2-8-2-2-2　使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（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
5.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 …… 8
5.2.2　許容応力 …… 8
5.2.3　使用材料の許容応力評価条件 …… 8
5.3　設計用地震力 …… 12
5.4　計算方法 …… 13
5.4.1　応力の計算方法 …… 13
5.5　計算条件 …… 16
5.5.1　基礎ボルトの応力計算条件 …… 16
5.6　応力の評価 …… 17
5.6.1　ボルトの応力評価 …… 17
6.　機能維持評価 …… 18
6.1　電気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，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（高レンジ）が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（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気的機能維持評価を示す。

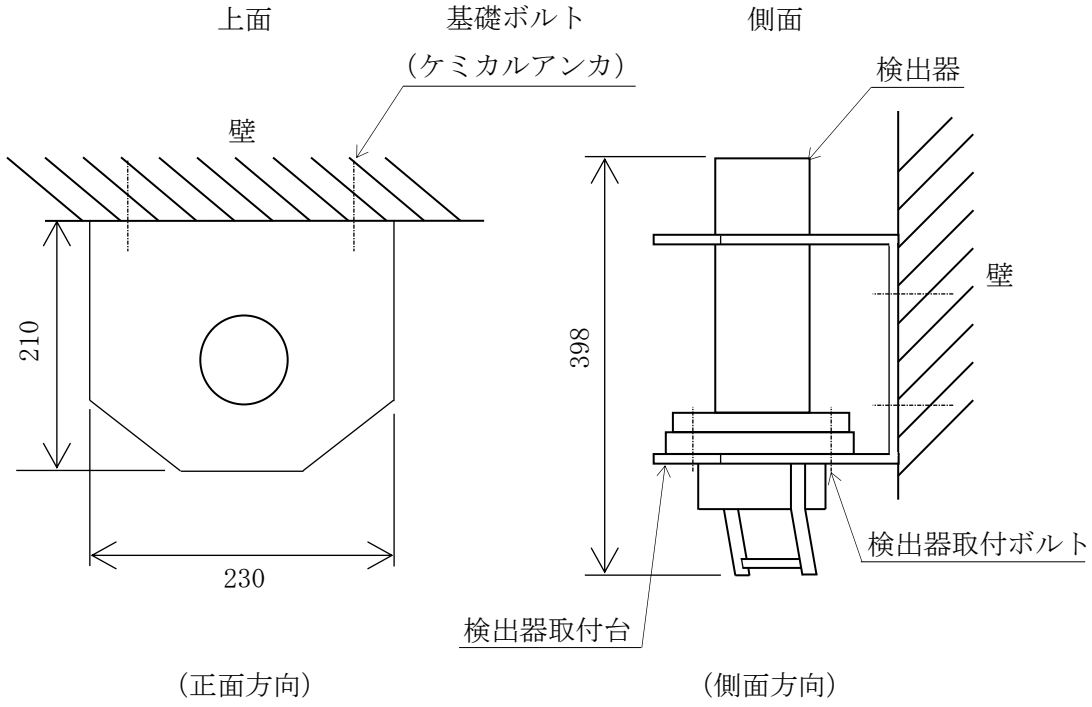
2. 一般事項

2.1 構造計画

使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（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	
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。 検出器取付台は，壁に基礎ボルトで設置される。	電離箱	【使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（高レンジ）】



（単位：mm）

2.2　評価方針

使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（高レンジ）の応力評価は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.1　構造計画」にて示す使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（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」で確認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，使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（高レンジ）の機能維持評価は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電気的機能維持の方針に基づき，地震時の応答加速度が電気的機能確認済加速度以下であることを，「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。

使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（高レンジ）の耐震評価フローを図2－1に示す。

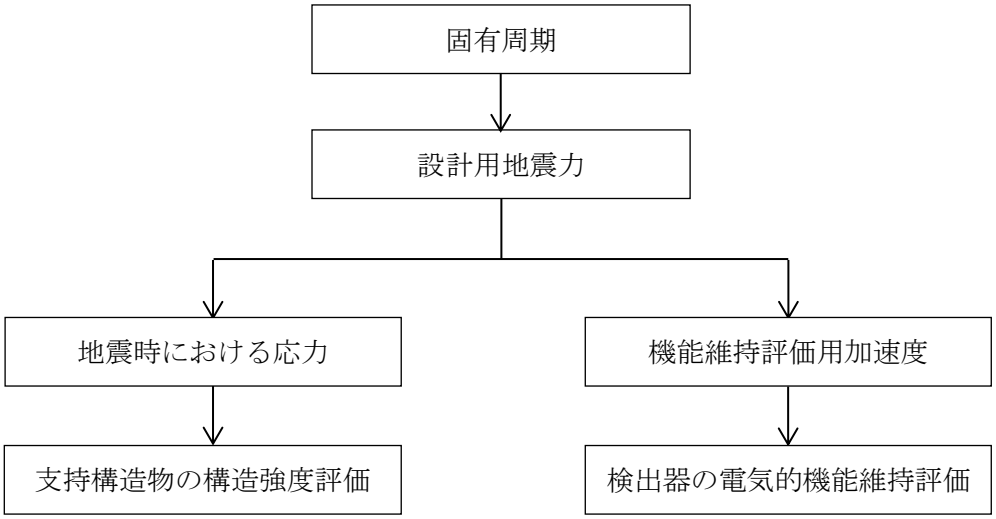


図2－1　使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（高レンジ）の耐震評価フロー

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　ＪＥＡＧ４６０１・補-1984（(社) 日本電気協会）

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

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

・発電用原子力設備規格　設計・建設規格（(社) 日本機械学会，2005/2007）（以下「設計・建設規格」という。）

2.4　記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_b	ボルトの軸断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d	ボルトの呼び径	mm
F	設計・建設規格　SSB-3121.1(1)に定める値	MPa
F^*	設計・建設規格　SSB-3133 に定める値	MPa
F_b	ボルトに作用する引張力（1 本当たり）	N
F_{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	MPa
g	重力加速度（＝9.80665）	m/s^2
h	据付面又は取付面から重心までの距離	mm
ℓ_1	重心と下側ボルト間の鉛直方向距離	mm
ℓ_2	上側ボルトと下側ボルト間の鉛直方向距離	mm
ℓ_3	左側ボルトと右側ボルト間の水平方向距離	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（鉛直方向）	—
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（水平方向）	—
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℃における値	MPa
π	円周率	—
σ_b	ボルトに生じる引張応力	MPa
τ_b	ボルトに生じるせん断応力	MPa

2.5　計算精度と数値の丸め方

精度は，有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は，表2－2に示すとおりとする。

表2－2　表示する数値の丸め方

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

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

＊2：絶対値が1000以上のときは，べき数表示とする。

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

3.　評価部位

使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（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基礎ボルトについて実施する。

使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（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

使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（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，当該装置に振動を与え自由減衰振動を固有振動数測定装置（圧電式加速度ピックアップ，振動計，分析器）により記録解析する。使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（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，剛であることを確認した。

表 4－1　固有周期　（単位：s）

使用済燃料貯蔵プール 放射線モニタ（高レンジ） (D21-RE-036)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

(1) 使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（高レンジ）の質量は重心に集中しているものとする。

(2) 地震力は使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（高レンジ）に対して，水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。

(3) 使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（高レンジ）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，計算モデルにおける正面方向及び側面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) 使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（高レンジ）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ものとする。

(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

使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（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

使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（高レンジ）の許容応力は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表5－2のとおりとする。

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（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	使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（高レンジ）	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	D＋P_D＋M_D＋Ｓｓ*3	$Ⅳ_AS$
					D＋P_{SAD}＋M_{SAD}＋Ｓｓ	V_AS（V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

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

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

＊3：「D＋P_{SAD}＋M_{SAD}＋Ｓｓ」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	
	引張り	せん断
ⅣＡＳ	1.5・ｆｔ*	1.5・ｆｓ*
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 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
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

評価に用いる設計用地震力を表5－4に示す。

「基準地震動Ｓｓ」による地震力は，Ⅴ-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
		水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度
使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（高レンジ）	原子炉建屋 T.M.S.L.31.700 (T.M.S.L.38.200*)	[redacted]	[redacted]	—	—	C_H＝2.03	C_V＝1.45

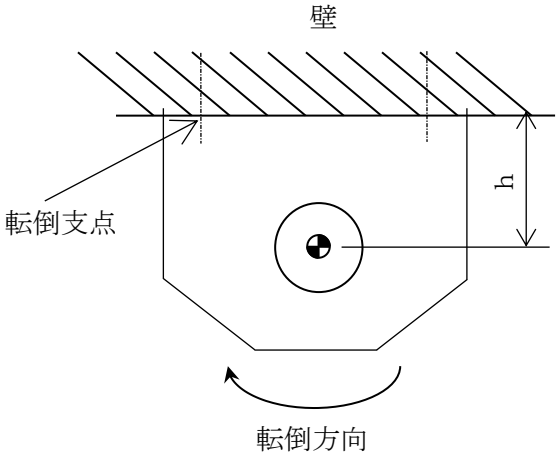
注記＊：基準床レベルを示す。

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。



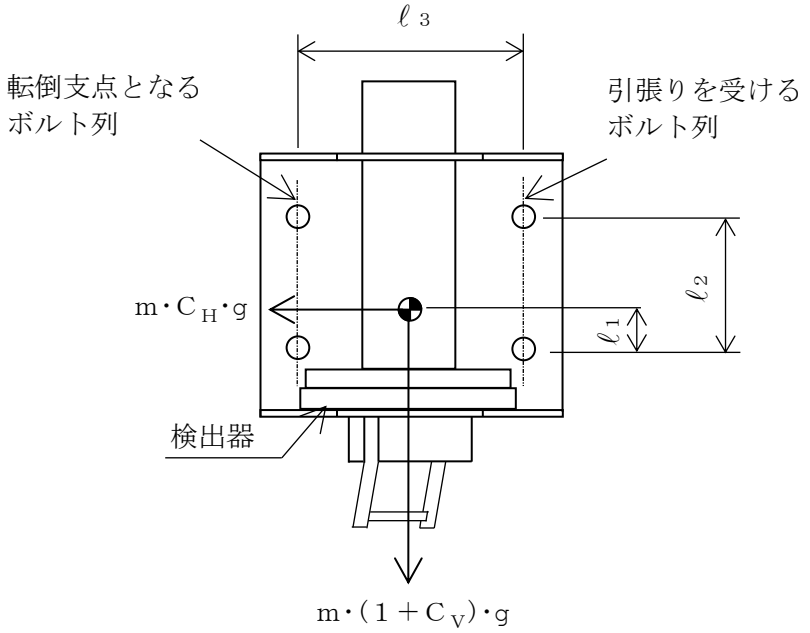


図5－1　計算モデル（壁掛形　正面方向転倒の場合）

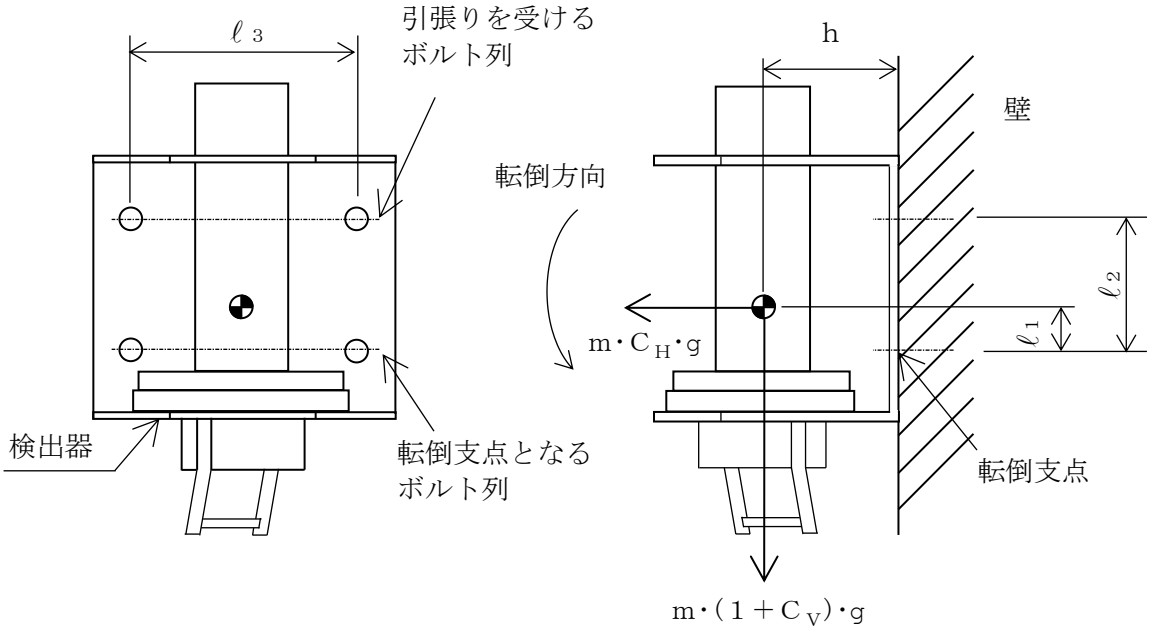


図5－2　計算モデル（壁掛形　側面方向転倒の場合）

(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

$$F_{b1}=\frac{m\cdot(1+C_V)\cdot h\cdot g}{n_{fV}\cdot \ell_2}+\frac{m\cdot C_H\cdot h\cdot g}{n_{fH}\cdot \ell_3} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (5.4.1.1.1)$$

$$F_{b2}=\frac{m\cdot(1+C_V)\cdot h\cdot g+m\cdot C_H\cdot \ell_1\cdot g}{n_{fV}\cdot \ell_2} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (5.4.1.1.2)$$

$$F_b=\mathrm{Max}(F_{b1},\ F_{b2}) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (5.4.1.1.3)$$

引張応力

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

ここで，基礎ボルトの軸断面積A_bは次式により求める。

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

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

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

$$Q_{b2}=m\cdot(1+C_V)\cdot g \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (5.4.1.1.7)$$

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

せん断応力

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

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【使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（高レンジ）(D21-RE-036）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.6　応力の評価

5.6.1　ボルトの応力評価

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

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

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

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

6. 機能維持評価

6.1 電気的機能維持評価方法

使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（高レンジ）の電気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Ⅴ-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき，基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度を設定する。

使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（高レンジ）の機能確認済加速度は，Ⅴ-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 6－1 に示す。

表 6－1 機能確認済加速度 （×9.8m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（高レンジ）	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]

7. 評価結果

7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（高レンジ）の重大事故等対処設備としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（高レンジ）（D21-RE-036）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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		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	
使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（高レンジ）（D21-RE-036）	常設耐震／防止常設／緩和	原子炉建屋 T.M.S.L.31.700 (T.M.S.L.38.200*)	[redacted]	[redacted]	—	—	C_H＝2.03	C_V＝1.45	100

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m (kg)	h (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	n	S_y (MPa)	S_u (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	110	12 (M12)	113.1	4	221 (径≦16mm)	373 (径≦16mm)

部材	ℓ_1* (mm)	ℓ_2* (mm)	ℓ_3* (mm)	n_{fV}*	n_{fH}*	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	28	100	200	2	2	—	261	—	正面方向
	28	100	200	2	2				

注記＊：各ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，
下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_b		Q_b	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	―	[redacted]	―	[redacted]

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	―	―	$\sigma_b=2$	$f_{ts}=156^*$
		せん断	―	―	$\tau_b=1$	$f_{sb}=120$

すべて許容応力以下である。

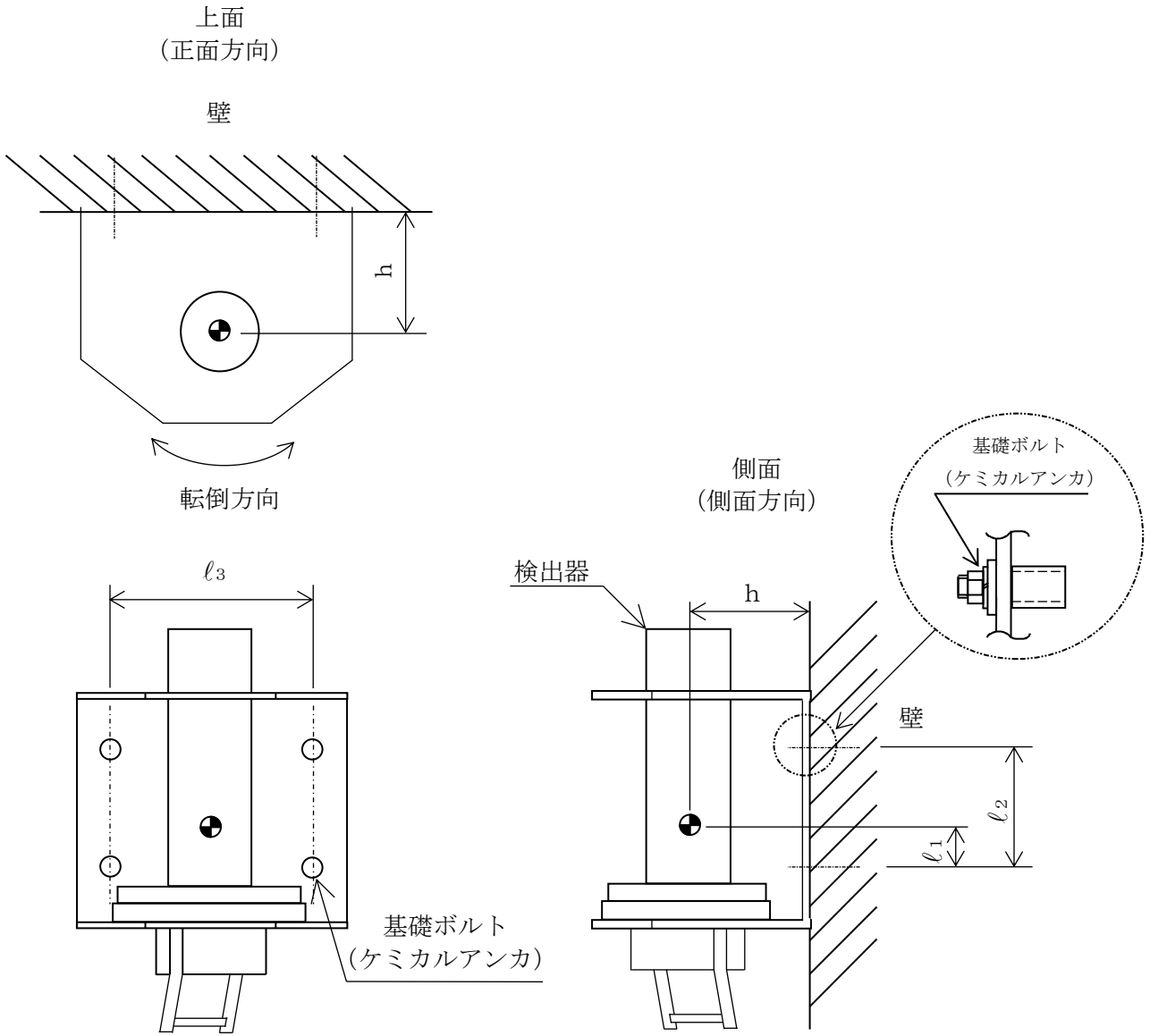
注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}]$

1.4.2 電気的機能の評価結果 ($\times 9.8\mathrm{m/s^2}$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ（高レンジ）（D21-RE-036）	水平方向	1.69	[redacted]
	鉛直方向	1.21	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


上面
（正面方向）
壁
h
転倒方向
側面
（側面方向）
基礎ボルト
（ケミカルアンカ）
検出器
h
壁
ℓ_2
ℓ_1
ℓ_3
基礎ボルト
（ケミカルアンカ）

Ⅴ-2-8-3　換気設備の耐震性についての計算書

Ⅴ-2-8-3-1　中央制御室換気空調系

Ⅴ-2-8-3-1-1　中央制御室換気空調系

Ⅴ-2-8-3-1-1-1　管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　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　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 ····· 4
2.2.6　支持方法 ····· 5
2.3　適用規格・基準等 ····· 6
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
2.5　計算精度と数値の丸め方 ····· 8
3.　評価部位 ····· 8
4.　固有振動数の計算方法 ····· 8
4.1　計算モデル ····· 8
4.2　固有振動数計算方法 ····· 9
4.2.1　矩形ダクトの固有振動数計算方法 ····· 9
4.2.2　円形ダクトの固有振動数計算方法 ····· 9
5.　構造強度評価 ····· 10
5.1　構造強度評価方法 ····· 10
5.1.1　矩形ダクトの構造強度評価方法 ····· 10
5.1.2　円形ダクトの構造強度評価方法 ····· 10
5.2　荷重の組合せ及び許容応力 ····· 11
5.3　設計用地震力 ····· 14
6.　耐震支持間隔算定結果 ····· 14
7.　支持構造物設計の基本方針 ····· 15
7.1　支持構造物の構造及び種類 ····· 15
7.2　支持構造物の考慮事項 ····· 18
7.3　支持構造物の耐震性確認 ····· 18

1. 概要

本計算書は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している設計方針に基づき，中央制御室換気空調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。

中央制御室換気空調系ダクトは，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に分類される。以下，設計基準対象施設としての構造強度評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

中央制御室換気空調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

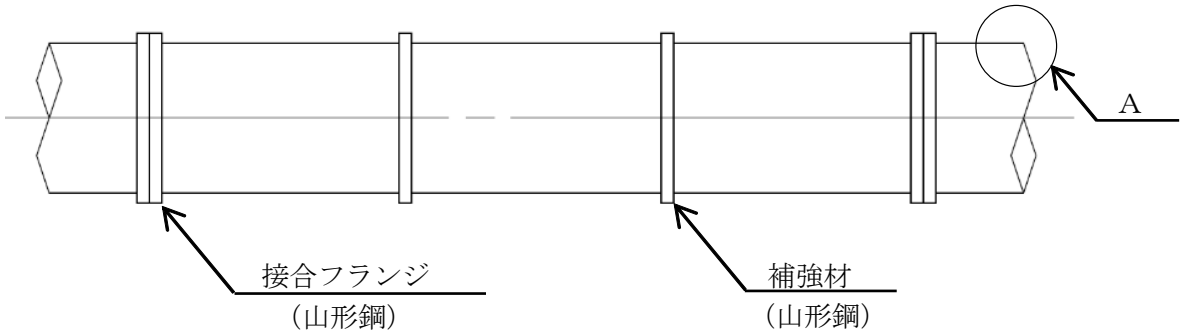
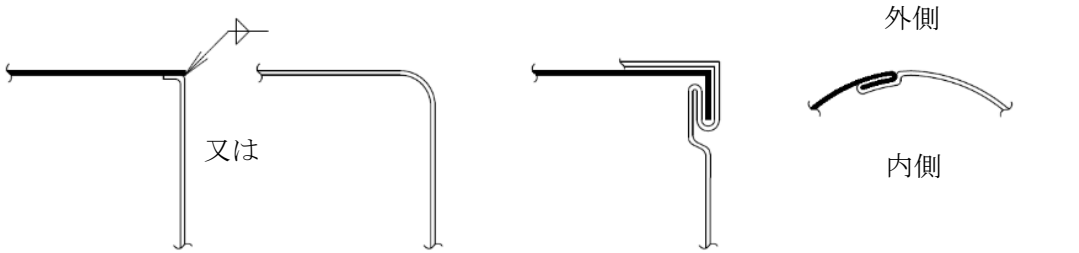
ダクト及びその支持構造物は，耐震重要度分類に応じた地震力に対して十分な強度を有するように設計する。

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，建屋の形状，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	
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	  溶接ダクト（矩形）　ハゼ折ダクト（矩形）　ハゼ折ダクト（円形） ダクト継目部（図中A）

2.2.3　重要度別による設計方針

ダクトは，耐震重要度分類に応じてクラス分類し，表 2－2 に示す設計方針とする。

表 2－2　重要度分類と設計方針

分類	耐震設重要度分類	機器等の区分	設計方針
設計基準対象施設	S	Non	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。）

2.2.4　設計用地震力

ダクトについては，Ⅴ-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 1.2ZPA を使用する。

また，手法 2 はダクトの固有周期が 0.05 秒よりも長周期側で，かつ設計用床応答曲線のピーク周期の 1／√2 倍よりも短周期側となる領域で設計することから，設計用床応答曲線の震度を使用する。減衰は，Ⅴ-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

なお，この際に使用する設計用床応答曲線の震度は，図 2－1 に示すように谷埋め／ピーク保持を行い，右肩上がりの領域で設計することで保守性を担保する。

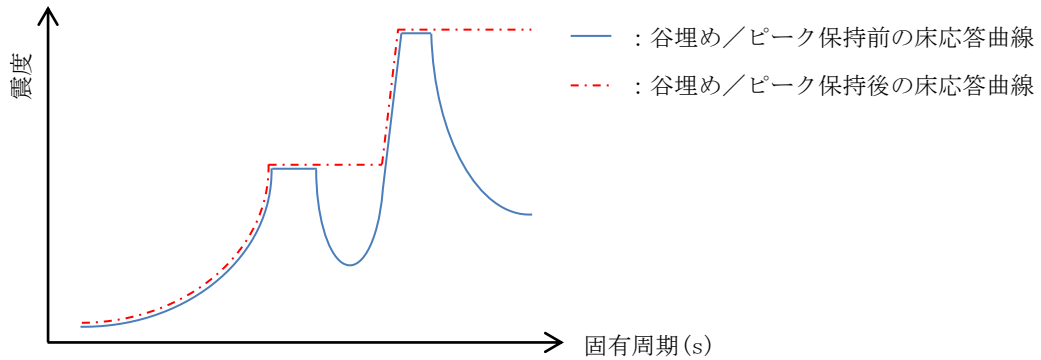


図 2－1　床応答曲線の谷埋め／ピーク保持の例

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。

支持間隔の算定は，ダクトの固有振動数が十分剛（20Hz 以上）となるよう算定する手法とダクトの固有振動数に応じた地震力で算定する手法が有り，このうち前者を手法 1，後者を手法 2 と呼び，この 2 つの手法を用いて支持間隔を決定する。

ダクトの支持点は，まず手法 1 の支持間隔で計画し，施工性及びダクトの周囲条件等を考慮して手法 1 の支持間隔以内に収まらない場合は手法 2 の支持間隔で計画する。

手法 1，手法 2 による支持点設計手順を図 2－2 に示す。

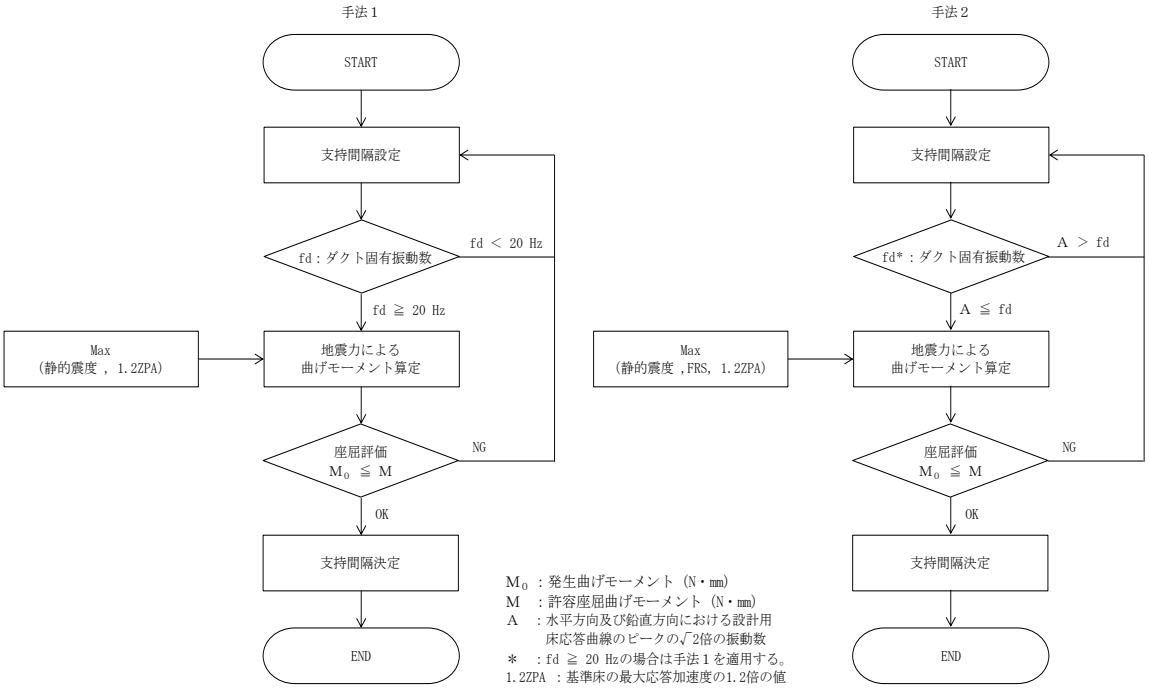


図 2－2　ダクト支持点設計手順

(1)　手法 1 の支持間隔算定法

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 1.2ZPA 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。

(2)　手法 2 の支持間隔算定法

静的震度，1.2ZPA 及び設計用床応答曲線から地震力を算定し，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支持間隔を算定する。

ただし，支持間隔はダクトの固有振動数が設計用床応答曲線のピーク振動数の$\sqrt{2}$倍以上となるように定めるものとし，固有振動数から定まる支持間隔と許容座屈曲げモーメントから定まる支持間隔のうち，いずれか小さい方とする。設計領域の例を図 2－3 に示す。

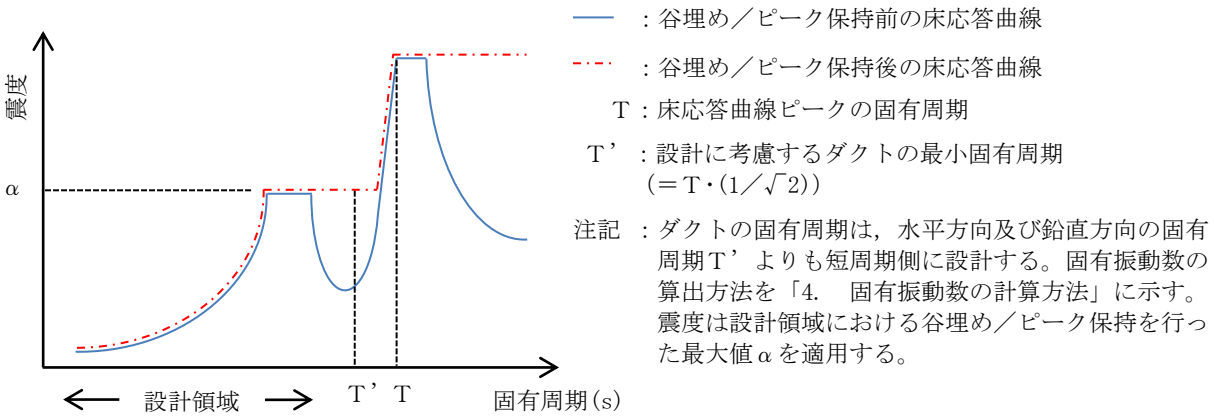


図 2－3　手法 2 設計領域の例

2.2.6　支持方法

(1)　直管部

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ものとする。

(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が取り付く場合は，重量物自体又は近傍を支持するものとする。なお，近傍を支持する場合においては「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　ＪＥＡＧ４６０１・補-1984（（社）日本電気協会）

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

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

・発電用原子力設備規格　設計・建設規格（（社）日本機械学会，2005/2007）（以下「設計・建設規格」という。）

・ＪＩＳ　Ｇ　３３０２(1994)「溶融亜鉛めっき鋼板及び鋼帯」

・ＪＩＳ　Ｇ　３３２１(2005)「溶融 55%アルミニウム―亜鉛合金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
π	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^2
I	断面二次モーメント	mm^4
w	ダクト単位長さ重量	N/mm
β	断面二次モーメントの安全係数*	―
	[redacted]	
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_0	発生曲げモーメント	N･mm
α	設計震度（水平震度また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*（=[redacted]）	―
M_T	座屈限界曲げモーメント	N･mm
λ	座屈限界曲げモーメントの補正係数*	―
ν	ポアソン比（=0.3）	―
σ_y	降伏点（＝S_y）	MPa
γ	座屈限界曲げモーメントの安全係数*（=[redacted]）	―

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
π	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^2
I	断面二次モーメント	mm^4
Z	断面係数	mm^3
w	ダクト単位長さ重量	N/mm
β	弾性座屈曲げモーメントの補正係数（＝ [redacted]	—
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
α	設計震度（水平震度及び鉛直震度のベクトル和）	—
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（＝ [redacted]	—
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
ν	ポアソン比（＝0.3）	—
σ_{cr}	弾性座屈応力	MPa
σ_y	降伏点（＝S_y）	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	小数点第4位	四捨五入	小数点以下第3位
震度	―	小数点第3位	切上げ	小数点以下第2位
温度	℃	小数点第1位	四捨五入	整数位
外径	mm	小数点第2位	四捨五入	小数点第1位
厚さ	mm	小数点第2位	四捨五入	小数点第1位
支持間隔	mm	十の位	切捨て	整数位
力	kN	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁
モーメント	kN･m	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁
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

注記＊：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梁にモデル化する。

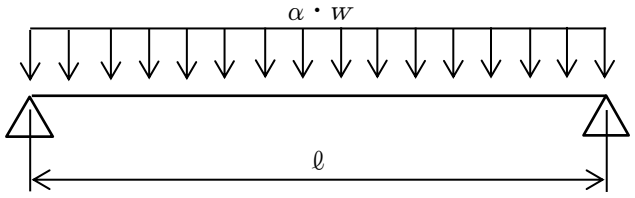


図4－1　両端単純支持梁

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。

$$f = \frac{\pi}{2 \cdot \ell^2} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I \cdot g}{W}} \quad \cdots\cdots (4.1)$$

ここで，

$$I = \left(\frac{t \cdot be^3}{6} + ae \cdot t \cdot \frac{be^2}{2} \right) \cdot \beta \quad \cdots\cdots (4.2)$$

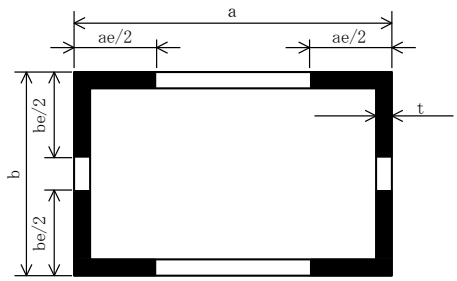


図 4－2　矩形ダクトの断面図

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。

$$f = \frac{\pi}{2 \cdot \ell^2} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I \cdot g}{w}} \quad \cdots\cdots (4.3)$$

ここで，

$$I = \frac{\pi}{64} \cdot \left(d_2^{\,4} - d_1^{\,4} \right) \quad \cdots\cdots (4.4)$$

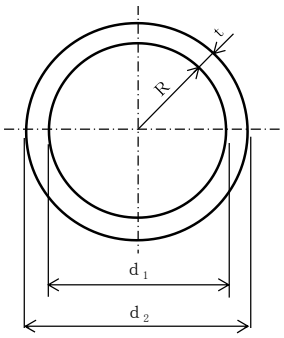


図 4－3　円形ダクトの断面図

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矩形ダクトに生じる曲げモーメントは次式で与えられる。

$$M_0=\frac{\alpha \cdot w \cdot \ell^2}{8} \quad \cdots\cdots (5.1)$$

ここで,設計震度αは水平震度また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，矩形ダクトの座屈による大変形を防ぐために矩形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。

$$M_0 \leqq M \quad \cdots\cdots (5.2)$$

(5.1)，(5.2)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。

$$\ell=\sqrt{\frac{8 \cdot M}{w \cdot \alpha}} \quad \cdots\cdots (5.3)$$

ここで,

$$M=S \cdot M_T \quad \cdots\cdots (5.4)$$

$$M_T=\lambda \cdot \frac{\pi \cdot t \cdot I}{\sqrt{1-\nu^2} \cdot b^2} \cdot \sqrt{E \cdot \sigma_y} \cdot \gamma \quad \cdots\cdots (5.5)$$

$$I=\frac{t \cdot b^3}{6}+ae \cdot t \cdot \frac{b^2}{2} \quad \cdots\cdots (5.6)$$

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円形ダクトに生じる曲げモーメントは次式で与えられる。

$$M_0=\frac{\alpha \cdot w \cdot \ell^2}{8} \quad \cdots\cdots (5.7)$$

ここで，設計震度αは水平震度と鉛直震度をベクトル和で組合せ，自重も考慮する。また，円形ダクトの座屈による大変形を防ぐために円形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。

$$M_0 \leqq M \quad \cdots\cdots (5.8)$$

(5.7)，(5.8)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。

$$\ell = \sqrt{\frac{8 \cdot M}{w \cdot \alpha}} \quad \cdots\cdots (5.9)$$

ここで，

$$M = S \cdot M_T \quad \cdots\cdots (5.10)$$

$$M_T = \min(\sigma_{cr}, \sigma_y) \cdot Z \quad \cdots\cdots (5.11)$$

$$\sigma_{cr} = \frac{M_{cr}}{Z} \quad \cdots\cdots (5.12)$$

$$M_{cr} = \frac{\beta \cdot E \cdot R \cdot t^2}{(1-\nu^2)} \quad \cdots\cdots (5.13)$$

$$Z = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{d_2^4 - d_1^4}{d_2} \quad \cdots\cdots (5.14)$$

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に示す。

(2)　許容限界

ダクトの許容限界は，V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表5－2に示す。

(3)　使用材料の許容応力評価条件

ダクトの許容応力のうち，設計基準対象施設の評価に用いるものを表5－3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	換気設備	中央制御室換気空調系主配管	S	Non*1	$D+P_D+M_D+S_d^*$ *2	ⅢAS
					$D+P_D+M_D+S_s$	ⅣAS

注記＊1：クラス４管の許容応力状態を適用する。

＊2：「$D+P_D+M_D+S_s$」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　許容限界

許容応力状態	許容限界
$\mathrm{III}_{\mathrm{A}}\mathrm{S}$	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。）
$\mathrm{IV}_{\mathrm{A}}\mathrm{S}$	

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	最高使用温度 (℃)	許容応力*1 (MPa)			
			S_m	S_y	S_u	S_h
ダクト	SGCC	40	—	[redacted]	—	—
ダクト	SGLCC	40	—	[redacted]	—	—
ダクト	SS400	40	—	245	—	—

注記＊1：評価に使用しない許容応力については「—」と記載する。

＊2：[redacted]

5.3　設計用地震力

本計算書において，評価に用いる「Ｓｄ又は静的震度」及び「基準地震動Ｓｓ」による地震力は，Ｖ-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。計算に考慮する設計用床応答曲線を表 5-4 に示す。なお減衰定数はＶ-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

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Ｓｓ評価と弾性設計用地震動Ｓｄ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，弾性設計用地震動Ｓｄは基準地震動Ｓｓに包絡されるため，弾性設計用地震動Ｓｄに対する評価結果の記載は省略する。基準地震動Ｓｓと弾性設計用地震動Ｓｄの比較結果を表 5－5 に示す。

表 5－4　計算に考慮する設計用床応答曲線

建屋・構築物	標高(T.M.S.L.)(m)	減衰定数(%)

表 5－5　基準地震動Ｓｓと弾性設計用地震動Ｓｄの比較結果

建屋・構築物	設計用地震力	標高 (T.M.S.L.) (m)	震度				
			静的震度及び 1.2ZPA*1		設計用床応答曲線*2		
			水平	鉛直	固有周期 (s)	水平	鉛直
	基準地震動Ｓｓ		1.88	1.15		4.85	3.65
	弾性設計用地震動Ｓｄ		0.97	0.58		2.60	1.81

注記＊1：静的震度又は 1.2ZPA のうち，大きな値を示す。（1.2ZPA：基準床の設計用最大応答加速度の 1.2 倍の値）

＊2：ダクトの固有振動数が設計用床応答曲線のピーク振動数の√2 倍以上となる固有周期を示し，水平，鉛直震度はそれぞれ当該固有周期よりも短周期側における最大応答値を示す。

6.　耐震支持間隔算定結果

中央制御室換気空調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 又は手法 2 から定めており，設計基準対象施設としての各手法による支持間隔を表 6－1 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　中央制御室換気空調系ダクトの耐震支持間隔（設計基準対象施設としての算定結果）

（単位：mm）

ダクト 種別*1	ダクト		板厚	手法 1 より定まる 支持間隔 (fd≧20 Hz)	手法 2 より定まる 支持間隔*2 (fd＜20 Hz)
	長辺	短辺			
亜鉛めっき鋼板 ハゼ折ダクト（SGCC）	600	500	0.8		
	800	600	0.8		
	900	300	0.8		
	1300	750	1.0		
	1300	900	1.0		
	1500	1300	1.0		
	1500	1300	1.2		
	1500	1500	1.0		
	1600	1000	1.0		
	1600	1000	1.2		
	2000	1000	1.2		
	2800	1500	1.2		
	φ700		0.8		
	φ1500		1.0		
ガルバリウム鋼板 ハゼ折ダクト（SGLCC）	600	500	0.8		
鋼板 溶接ダクト（SS400）	600	500	3.2		
	900	300	3.2		
	1300	900	3.2		
	2000	1000	3.2		

注記＊1：全て保温有り。

＊2：算定した支持間隔が 20Hz 以上の場合は，「―」とする。

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

支持構造物の種類は，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

図 7－1 から図 7－4 に支持構造物の代表例を示す。

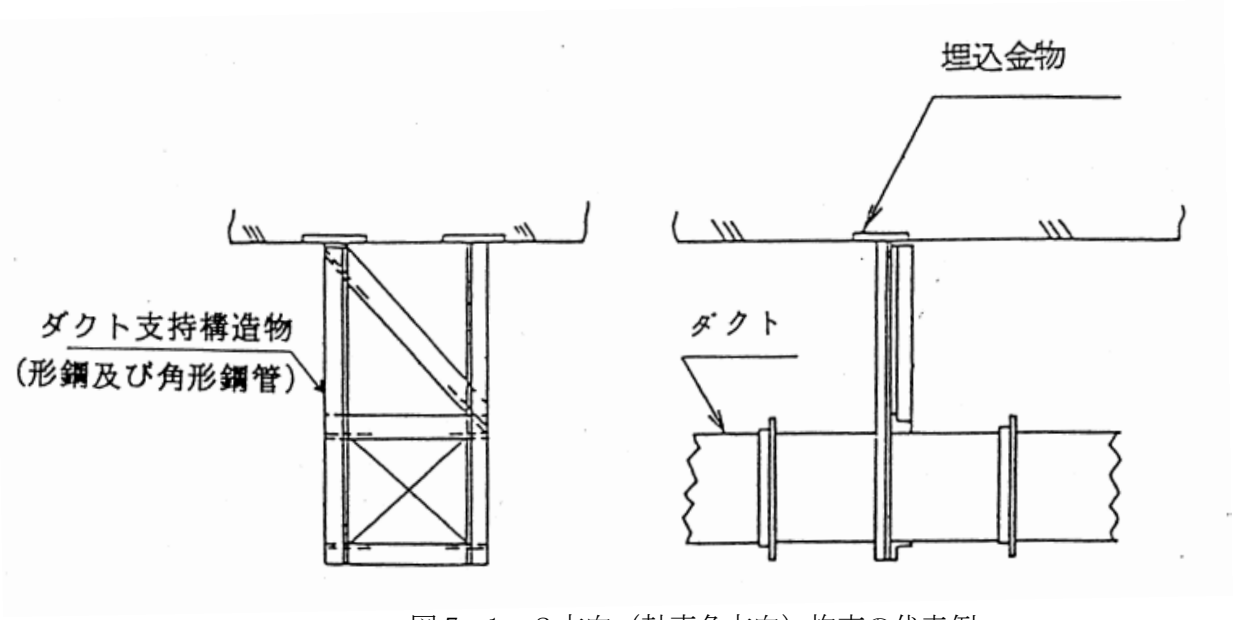


図 7－1　２方向（軸直角方向）拘束の代表例

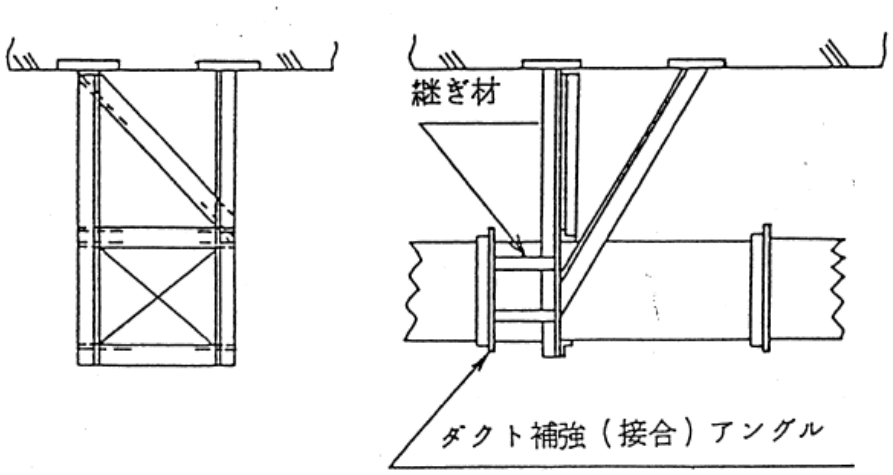


図 7－2　３方向（軸方向及び軸直角方向）拘束の代表例

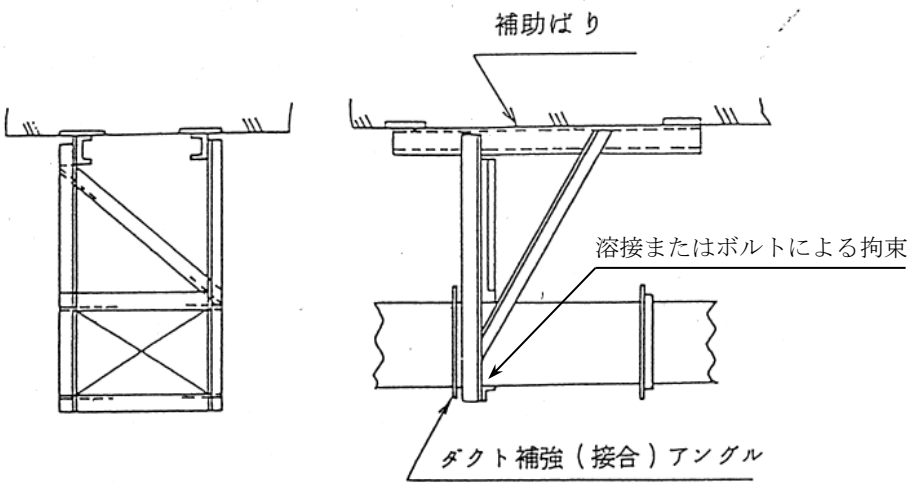


図 7－3　３方向（軸方向及び軸直角方向）並びにモーメント拘束の代表例

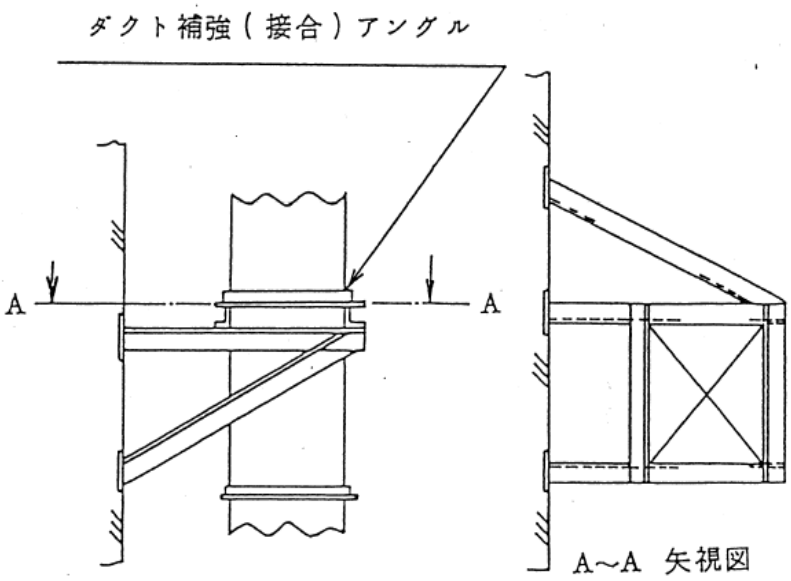


図 7－4　垂直ダクトの支持の代表例

7.2　支持構造物の考慮事項

支持構造物の構造は，ダクトより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，別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

表 7－1　ダクト支持構造物の耐震性確認結果（設計基準対象施設としての評価結果）

支持構造物番号	種類	型式*	材質	温度(℃)	支持点荷重						評価結果		
					反力(kN)			モーメント(kN･m)			応力分類	計算応力(MPa)	許容応力(MPa)
					F_x	F_Y	F_Z	M_x	M_Y	M_Z			
C2F11-AS-029	レストレイント	２ＲＥ	STKR400	50	27.54	15.67	10.12	—	—	—	一次応力	167	276
C2F11-AS-027	レストレイント	３ＲＥ	STKR400	50	13.23	11.69	8.850	—	—	—	一次応力	11	159
C2F11-AS-030	アンカ	ＡＮ	SS400	50	16.82	18.46	53.54	6.176	6.102	0.000	一次応力	35	159

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」はダクトの全方向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

Ⅴ-2-8-3-1-1-2　中央制御室送風機，中央制御室排風機及び中央制御室再循環送風機の耐震性についての計算書

まえがき

本書は，工事計画認可申請書に添付する中央制御室送風機，中央制御室排風機及び中央制御室再循環送風機の耐震計算について説明するものである。

本書は，以下により構成される。

(1)　中央制御室送風機の耐震性についての計算書
(2)　中央制御室排風機の耐震性についての計算書
(3)　中央制御室再循環送風機の耐震性についての計算書

(1)　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
3.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態　…… 3
3.2.2　許容応力　…… 3
3.2.3　使用材料の許容応力評価条件　…… 3
3.3　計算条件　…… 3
4.　機能維持評価　…… 6
4.1　動的機能維持評価方法　…… 6
5.　評価結果　…… 7
5.1　設計基準対象施設としての評価結果　…… 7

1. 概要

本計算書は，Ｖ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，中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及び動的機能を有してい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動的機能維持評価を示す。

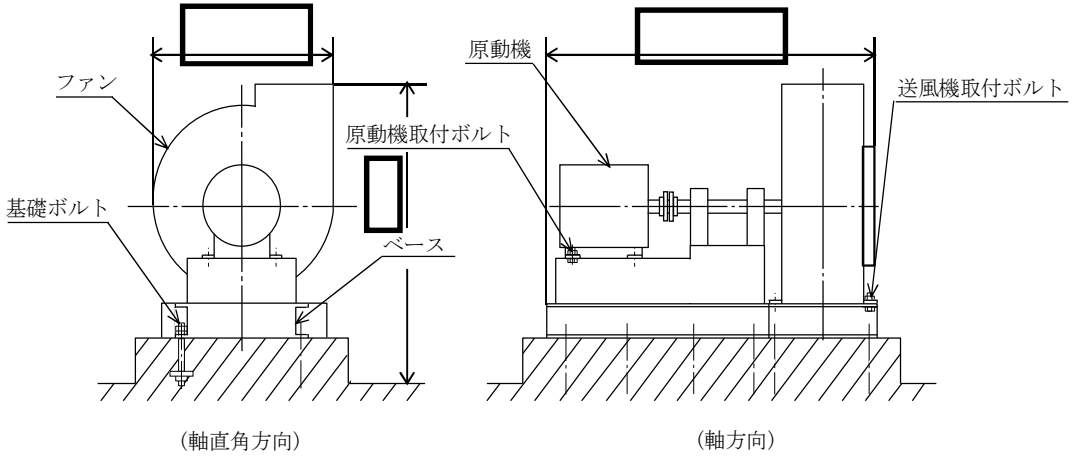
なお，中央制御室送風機は，Ｖ-2-1-14「計算書作成の方法」に記載の横軸ポンプと類似の構造であるため，Ｖ-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-1　横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

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	
ファンはベースに固定され，ベースは基礎ボルトで基礎に据え付ける。	遠心式 （遠心直結型ファン）	

（単位：mm）

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，V-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-1　横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

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に示す。

3.2.2　許容応力

中央制御室送風機の許容応力は，V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表3－2のとおりとする。

3.2.3　使用材料の許容応力評価条件

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3－3に示す。

3.3　計算条件

応力計算に用いる計算条件は,本計算書の【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	Non*	D＋PD＋MD＋S d*	ⅢAS
					D＋PD＋MD＋S s	ⅣAS

注記＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 3－2　許容応力（その他支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1，*2 （ボルト等）	
	一次応力	
	引張り	せん断
ⅢAS	1.5・f t	1.5・f s
ⅣAS	1.5・f t*	1.5・f s*

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

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

表3－3　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
基礎ボルト	SS400 (16mm＜径≦40mm)	周囲環境温度	50	231	394	―
送風機取付ボルト	SS400 (40mm＜径)	周囲環境温度	50	211	394	―
原動機取付ボルト	SS400 (40mm＜径)	周囲環境温度	50	211	394	―

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，V-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-1　横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

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，V-2-1-9「機能維持の基本方針」に記載の機能確認済加速度を適用する。機能確認済加速度を表4－1に示す。

表4－1　機能確認済加速度　　(×9.8 m/s^2)

評価部位	形式	方向	機能確認済加速度
ファン	遠心直結型ファン	水平	2.3
		鉛直	1.0
電動機	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及び動的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		送風機振動による震度	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度			
中央制御室送風機	S	コントロール建屋 T.M.S.L. 17.3*1	—*2	—*2	C_H＝0.87	C_V＝0.56	C_H＝1.65	C_V＝1.12		—	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。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	n_{fi}*
基礎ボルト (i＝1)							13	6
								2
送風機取付ボルト (i＝2)							5	2
								2
原動機取付ボルト (i＝3)							4	2
								2

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向		M_p (N・mm)
					弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	
基礎ボルト (i＝1)	231 (16mm＜径≦40mm)	394	231	276	軸直角	軸	—
送風機取付ボルト (i＝2)	211 (40mm＜径)	394	211	253	軸	軸	—
原動機取付ボルト (i＝3)	211 (40mm＜径)	394	211	253	軸直角	軸	

H_p (μm)	N (rpm)

注記＊：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。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト（ｉ＝1）				
送風機取付ボルト（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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト（ｉ＝1）	SS400	引張り	σ_{b1}＝19	f_{ts1}＝173*	σ_{b1}＝53	f_{ts1}＝207*
		せん断	τ_{b1}＝10	f_{sb1}＝133	τ_{b1}＝19	f_{sb1}＝159
送風機取付ボルト（ｉ＝2）	SS400	引張り	σ_{b2}＝19	f_{ts2}＝158*	σ_{b2}＝44	f_{ts2}＝190*
		せん断	τ_{b2}＝ 8	f_{sb2}＝122	τ_{b2}＝14	f_{sb2}＝146
原動機取付ボルト（ｉ＝3）	SS400	引張り	σ_{b3}＝ 9	f_{ts3}＝158*	σ_{b3}＝23	f_{ts3}＝190*
		せん断	τ_{b3}＝ 9	f_{sb3}＝122	τ_{b3}＝16	f_{sb3}＝146

すべて許容応力以下である。

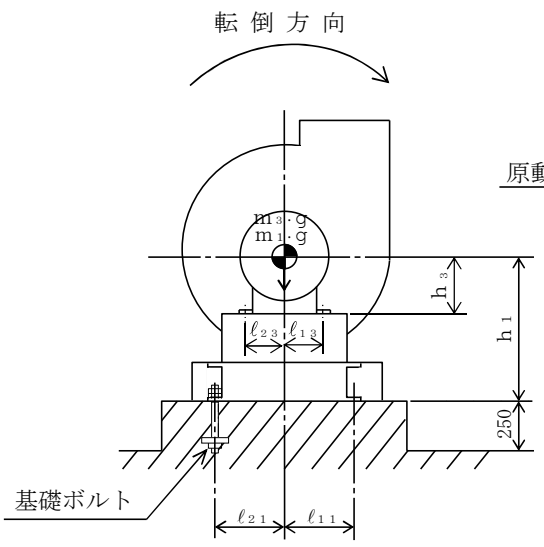
注記＊：f_{tsi}＝Min[1.4・f_{toi}－1.6・τ_{bi}，f_{toi}]

1.4.2 動的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
ファン	水平方向	1.37	2.3
	鉛直方向	0.93	1.0
原動機	水平方向	1.37	4.7
	鉛直方向	0.93	1.0

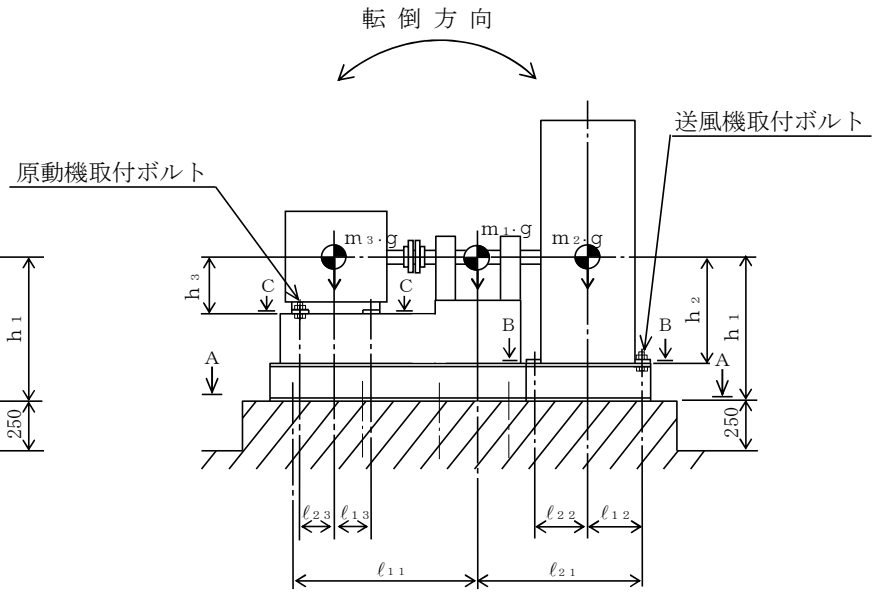
注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

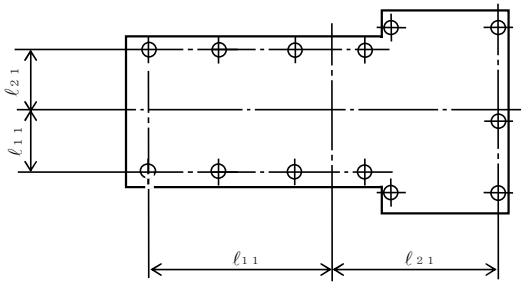


（軸直角方向転倒）

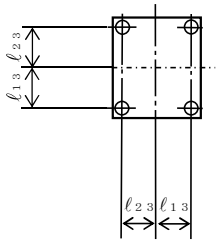
（$\ell_{1i} \leqq \ell_{2i}$）



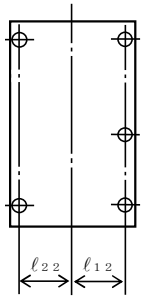
（軸方向転倒）



A～A矢視図
（基礎ボルト）



C～C矢視図
（原動機取付ボルト）



B～B矢視図
（送風機取付ボルト）

(2)　中央制御室排風機の耐震性についての計算書

目　　次

1.　概要　…… 1
2.　一般事項　…… 1
2.1　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
3.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態　…… 3
3.2.2　許容応力　…… 3
3.2.3　使用材料の許容応力評価条件　…… 3
3.3　計算条件　…… 3
4.　機能維持評価　…… 6
4.1　動的機能維持評価方法　…… 6
5.　評価結果　…… 7
5.1　設計基準対象施設としての評価結果　…… 7

1. 概要

本計算書は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，中央制御室排風機が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

中央制御室排風機は，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動的機能維持評価を示す。

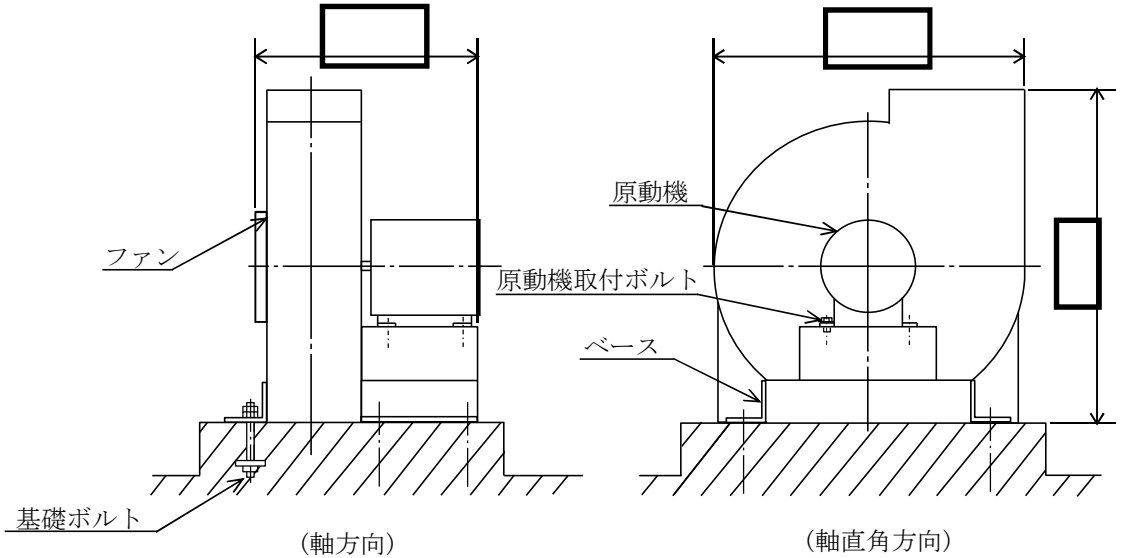
なお，中央制御室排風機は，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法」に記載の横軸ポンプと類似の構造であるため，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-1　横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

中央制御室排風機の構造計画を表 2－1 に示す。

表２－１　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
ファンは基礎ボルトで基礎に据え付ける。	遠心式 （遠心直動型ファン）	 （単位：mm）

3.　構造強度評価

3.1　構造強度評価方法

中央制御室排風機の構造強度評価は，V-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-1　横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

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

中央制御室排風機の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表3－1に示す。

3.2.2　許容応力

中央制御室排風機の許容応力は，V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表3－2のとおりとする。

3.2.3　使用材料の許容応力評価条件

中央制御室排風機の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表3－3に示す。

3.3　計算条件

応力計算に用いる計算条件は,本計算書の【中央制御室排風機の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 3－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
放射線管理施設	換気設備	中央制御室排風機	S	Non*	D＋P_D＋M_D＋S d *	ⅢAS
					D＋P_D＋M_D＋S s	ⅣAS

注記＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 3－2　許容応力（その他支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 （ボルト等）	
	一次応力	
	引張り	せん断
ⅢAS	1.5・f t	1.5・f s
ⅣAS	1.5・f t*	1.5・f s*

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

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

表 3－3　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
基礎ボルト	SS400 (16mm＜径≦40mm)	周囲環境温度	50	231	394	―
原動機取付ボルト	SS400 (16mm＜径≦40mm)	周囲環境温度	50	231	394	―

4. 機能維持評価

4.1 動的機能維持評価方法

中央制御室排風機の動的機能維持評価は，V-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-1　横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

中央制御室排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，V-2-1-9「機能維持の基本方針」に記載の機能確認済加速度を適用する。機能確認済加速度を表4－1に示す。

表4－1　機能確認済加速度　　(×9.8 m/s^2)

評価部位	形式	方向	機能確認済加速度
ファン	遠心直動型ファン	水平	2.6
		鉛直	1.0
電動機	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

中央制御室排風機の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【中央制御室排風機の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		排風機振動による震度	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度			
中央制御室排風機	S	コントロール建屋 T.M.S.L. 17.3*1	—*2	—*2	C_H＝0.87	C_V＝0.56	C_H＝1.65	C_V＝1.12		—	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。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	n_{fi}*
基礎ボルト (i＝1)							6	3
								2
原動機取付ボルト (i＝2)							4	2
								2

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向		M_p (N・mm)
					弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	
基礎ボルト (i＝1)	231 (16mm＜径≦40mm)	394	231	276	軸	軸	—
原動機取付ボルト (i＝2)	231 (16mm＜径≦40mm)	394	231	276	軸	軸	—

H_p (μm)	N (rpm)

注記＊：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。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト（ｉ＝1）				
原動機取付ボルト（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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト（ｉ＝1）	SS400	引張り	$\sigma_{b1}=4$	$f_{ts1}=173$*	$\sigma_{b1}=9$	$f_{ts1}=207$*
		せん断	$\tau_{b1}=2$	$f_{sb1}=133$	$\tau_{b1}=4$	$f_{sb1}=159$
原動機取付ボルト（ｉ＝2）	SS400	引張り	$\sigma_{b2}=4$	$f_{ts2}=173$*	$\sigma_{b2}=6$	$f_{ts2}=207$*
		せん断	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2}=133$	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=159$

すべて許容応力以下である。

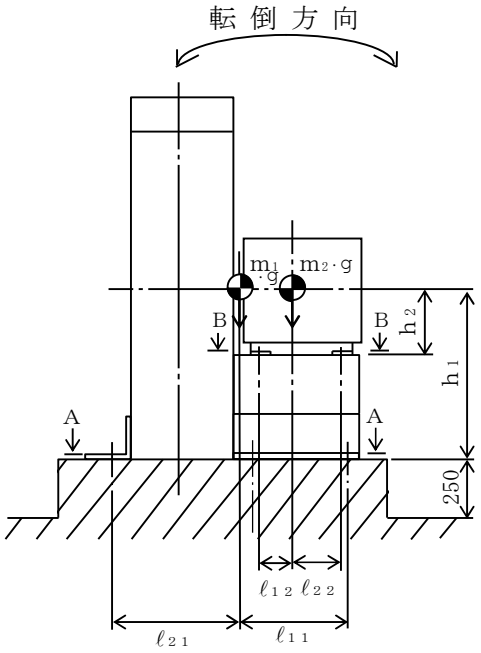
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

1.4.2 動的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

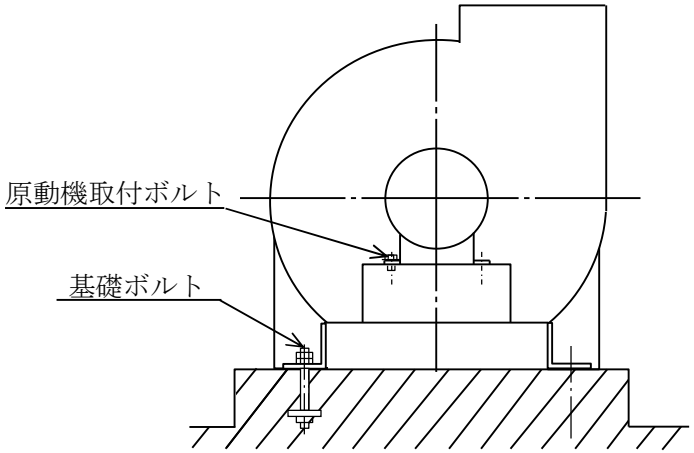
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
ファン	水平方向	1.37	2.6
	鉛直方向	0.93	1.0
原動機	水平方向	1.37	4.7
	鉛直方向	0.93	1.0

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

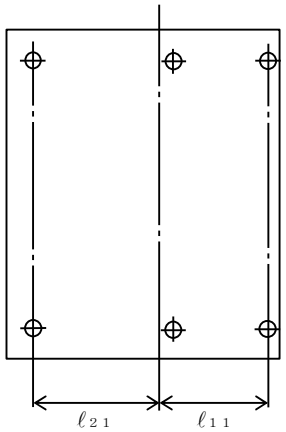


(軸方向転倒)

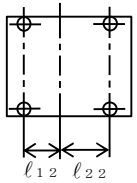


(軸直角方向転倒)

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



A～A矢視図
(基礎ボルト)



B～B矢視図
(原動機取付ボルト)

(3)　中央制御室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
3.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態　…… 3
3.2.2　許容応力　…… 3
3.2.3　使用材料の許容応力評価条件　…… 3
3.3　計算条件　…… 3
4.　機能維持評価　…… 6
4.1　動的機能維持評価方法　…… 6
5.　評価結果　…… 7
5.1　設計基準対象施設としての評価結果　…… 7

1. 概要

本計算書は，Ｖ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，中央制御室再循環送風機が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

中央制御室再循環送風機は，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動的機能維持評価を示す。

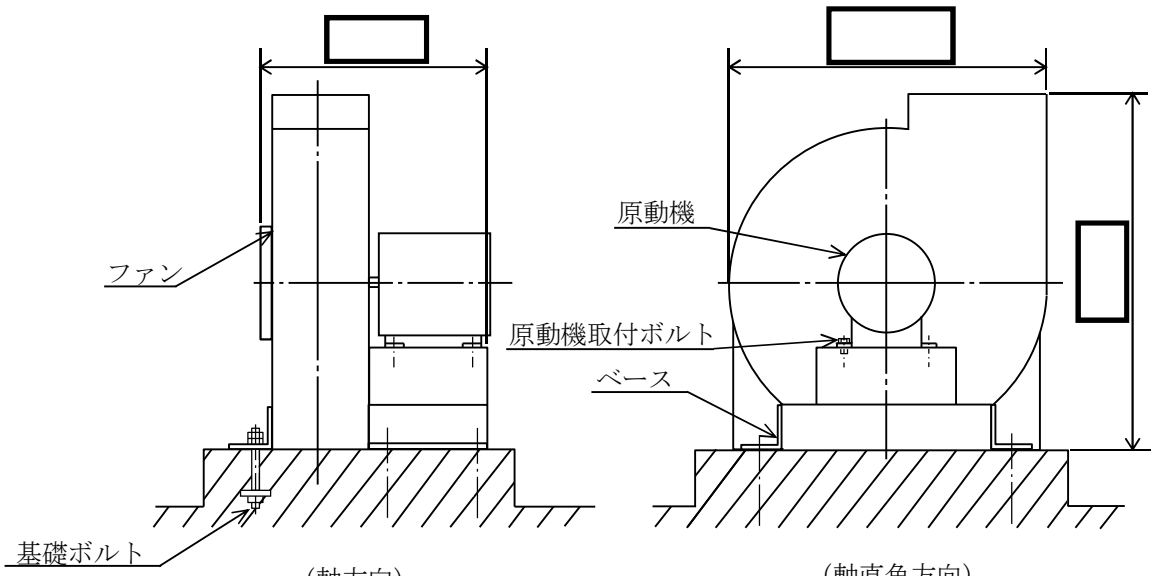
なお，中央制御室再循環送風機は，Ｖ-2-1-14「計算書作成の方法」に記載の横軸ポンプと類似の構造であるため，Ｖ-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-1　横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

中央制御室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	
ファンは基礎ボルトで基礎に据え付ける。	遠心式 （遠心直動型ファン）	 （単位：mm）

3.　構造強度評価

3.1　構造強度評価方法

中央制御室再循環送風機の構造強度評価は，V-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-1　横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

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に示す。

3.2.2　許容応力

中央制御室再循環送風機の許容応力は，V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表3－2のとおりとする。

3.2.3　使用材料の許容応力評価条件

中央制御室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3－3に示す。

3.3　計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【中央制御室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	中央制御室再循環送風機	S	Non*	D＋P_D＋M_D＋S d*	ⅢAS
					D＋P_D＋M_D＋S s	ⅣAS

注記＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 3－2　許容応力（その他支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1，*2（ボルト等）	
	一次応力	
	引張り	せん断
ⅢAS	1.5・f t	1.5・f s
ⅣAS	1.5・f t*	1.5・f s*

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

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

表 3－3　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
基礎ボルト	SS400 (16mm＜径≦40mm)	周囲環境温度	50	231	394	―
原動機取付ボルト	SS400 (16mm＜径≦40mm)	周囲環境温度	50	231	394	―

4. 機能維持評価

4.1 動的機能維持評価方法

中央制御室再循環送風機の動的機能維持評価は，V-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-1 横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

中央制御室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，V-2-1-9「機能維持の基本方針」に記載の機能確認済加速度を適用する。機能確認済加速度を表4－1に示す。

表4－1 機能確認済加速度 （×9.8 m/s^2）

評価部位	形式	方向	機能確認済加速度
ファン	遠心直動型ファン	水平	2.6
		鉛直	1.0
電動機	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及び動的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【中央制御室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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		送風機振動による震度	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度			
中央制御室再循環送風機	S	コントロール建屋 T.M.S.L. 12.3*1	—*2	—*2	C_H＝0.80	C_V＝0.54	C_H＝1.53	C_V＝1.09		—	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。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	n_{fi}*
基礎ボルト (i＝1)							6	2
								2
原動機取付ボルト (i＝2)							4	2
								2

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向		M_p (N・mm)
					弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	
基礎ボルト (i＝1)	231 (16mm＜径≦40mm)	394	231	276	軸直角	軸直角	—
原動機取付ボルト (i＝2)	231 (16mm＜径≦40mm)	394	231	276	軸	軸	—

H_p (μm)	N (rpm)

注記＊：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。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト（ｉ＝1）				
原動機取付ボルト（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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト（ｉ＝1）	SS400	引張り	σ_{b1}＝14	f_{ts1}＝173*	σ_{b1}＝32	f_{ts1}＝207*
		せん断	τ_{b1}＝ 6	f_{sb1}＝133	τ_{b1}＝10	f_{sb1}＝159
原動機取付ボルト（ｉ＝2）	SS400	引張り	σ_{b2}＝ 8	f_{ts2}＝173*	σ_{b2}＝16	f_{ts2}＝207*
		せん断	τ_{b2}＝ 6	f_{sb2}＝133	τ_{b2}＝10	f_{sb2}＝159

すべて許容応力以下である。

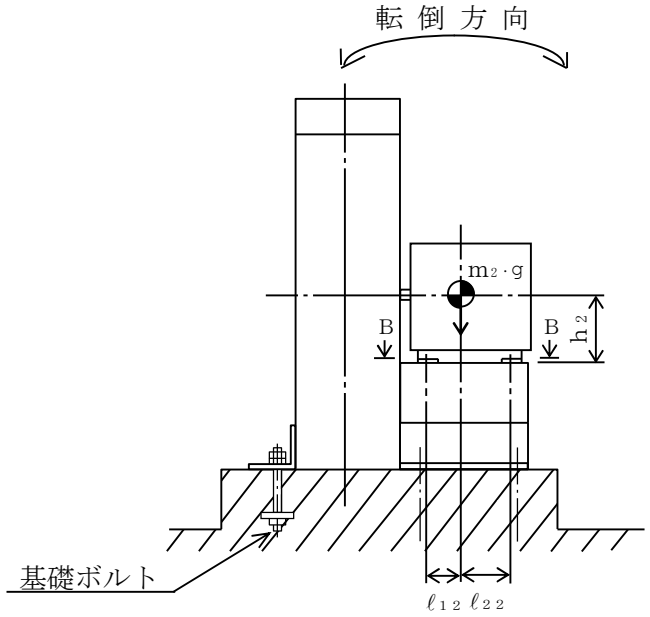
注記＊：f_{tsi}＝Min[1.4・f_{toi}－1.6・τ_{bi}, f_{toi}]

1.4.2 動的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
ファン	水平方向	1.27	2.6
	鉛直方向	0.91	1.0
原動機	水平方向	1.27	4.7
	鉛直方向	0.91	1.0

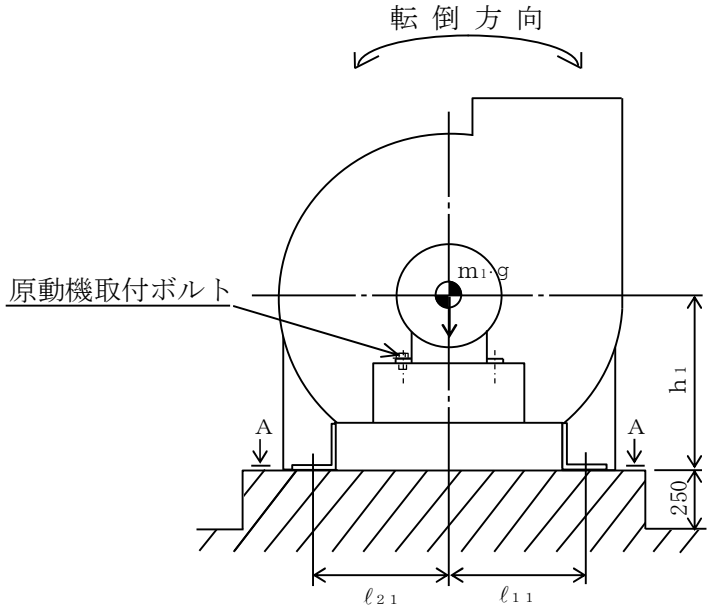
注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

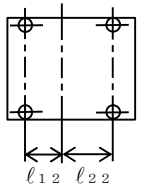


（軸方向転倒）

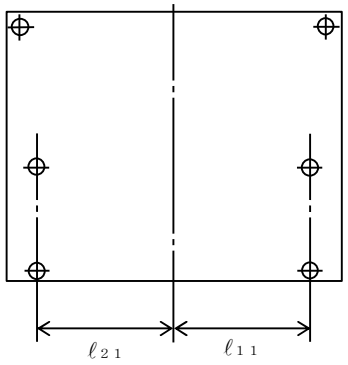
（$\ell_{1i} \leqq \ell_{2i}$）



（軸直角方向転倒）



B～B矢視図
（原動機取付ボルト）



A～A矢視図
（基礎ボルト）

Ⅴ-2-8-3-1-1-3　中央制御室再循環フィルタ装置の耐震性についての計算書

目　　次

1.　概要 ····· 1
2.　一般事項 ····· 1
2.1　構造計画 ····· 1
2.2　評価方針 ····· 3
2.3　適用規格・基準等 ····· 4
2.4　記号の説明 ····· 5
2.5　計算精度と数値の丸め方 ····· 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
5.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 10
5.2.2　許容応力 ····· 10
5.2.3　使用材料の許容応力評価条件 ····· 10
5.3　設計用地震力 ····· 14
5.4　計算方法 ····· 15
5.4.1　応力の計算方法 ····· 15
5.5　計算条件 ····· 18
5.5.1　基礎ボルトの応力計算条件 ····· 18
5.6　応力の評価 ····· 18
5.6.1　ボルトの応力評価 ····· 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

1. 概要

本計算書は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき，中央制御室再循環フィルタ装置が設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

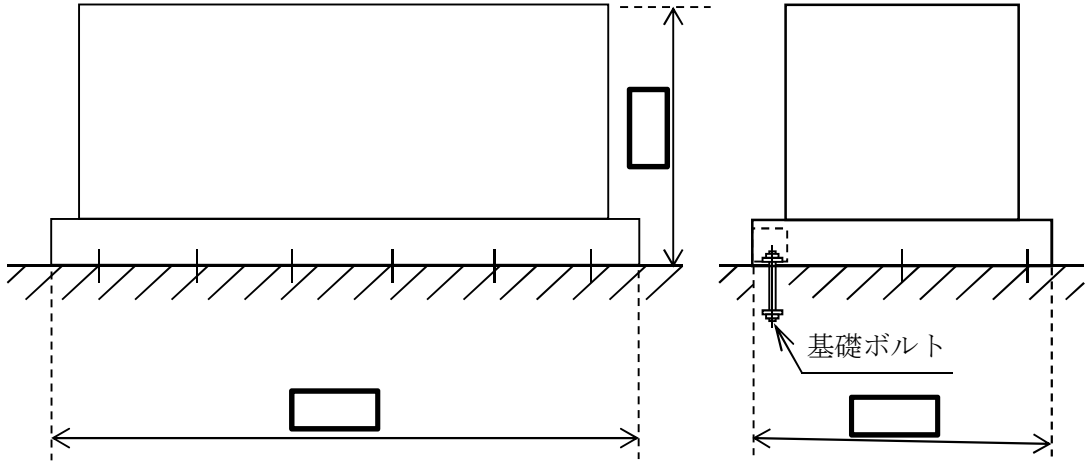
中央制御室再循環フィルタ装置は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に分類される。以下，設計基準対象施設としての構造強度評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

中央制御室再循環フィルタ装置の構造計画を表 2－1 に示す。

表２－１　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
中央制御室再循環フィルタ装置は基礎ボルトで基礎に据え付ける。	形鋼骨組及び鋼板外板による溶接構造	 （単位：mm）

2.2　評価方針

中央制御室再循環フィルタ装置の応力評価は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.1　構造計画」にて示す中央制御室再循環フィルタ装置の部位を踏まえ「3.　評価部位」にて設定する箇所において，「4.　固有周期」にて算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを，「5.構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「6.　評価結果」に示す。

中央制御室再循環フィルタ装置の耐震評価フローを図2－1に示す。

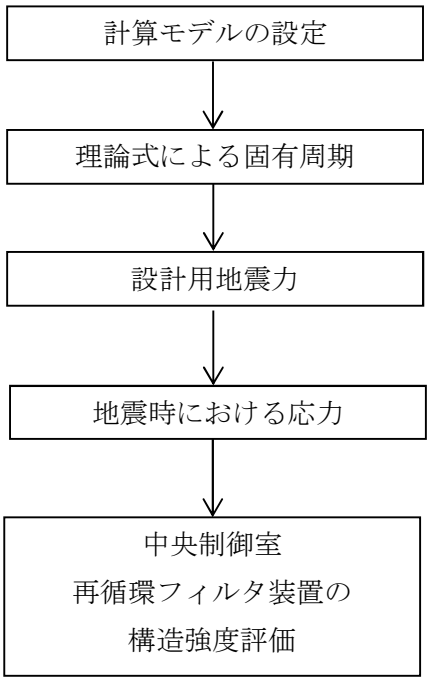


図2－1　中央制御室再循環フィルタ装置の耐震評価フロー

2.3　適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

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

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

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

・発電用原子力設備規格　設計・建設規格（(社) 日本機械学会，2005/2007）（以下「設計・建設規格」という。）

2.4　記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_b	ボルトの軸断面積	mm^2
A_e	有効せん断断面積	mm^2
A	断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	―
C_V	鉛直方向設計震度	―
d	ボルトの呼び径	mm
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_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	MPa
G	せん断弾性係数	MPa
g	重力加速度（＝9.80665）	m/s^2
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^4
K_H	水平方向ばね定数	N/m
K_V	鉛直方向ばね定数	N/m
ℓ_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	運転時質量	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℃における値	MPa
T_H	水平方向固有周期	s
T_V	鉛直方向固有周期	s
π	円周率	―
σ_b	ボルトに生じる引張応力	MPa
τ_b	ボルトに生じるせん断応力	MPa

注記＊：$\ell_1 \leqq \ell_2$

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に示すとおりとする。

表2－2　表示する数値の丸め方

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

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

＊2：絶対値が1000以上のときはべき数表示とする。

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

3. 評価部位

中央制御室再循環フィルタ装置の耐震評価は,「5.1　構造強度評価方法」に示す条件に基づき，耐震評価上厳しくなる基礎ボルトについて実施する。中央制御室再循環フィルタ装置の耐震評価部位については，表2－1の概略構造図に示す。

4.　固有周期

4.1　固有周期の計算方法

中央制御室再循環フィルタ装置の固有周期の計算方法を以下に示す。

(1)　計算モデル

a. 中央制御室再循環フィルタ装置の質量は重心に集中するものとする。

b. 中央制御室再循環フィルタ装置は基礎ボルトで基礎に固定されており，固定端とする。

c. 中央制御室再循環フィルタ装置をはりと考え，変形モードは曲げ及びせん断変形を考慮する。

d. 耐震計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

中央制御室再循環フィルタ装置は，図4－1に示す下端固定の1質点系振動モデルとして考える。

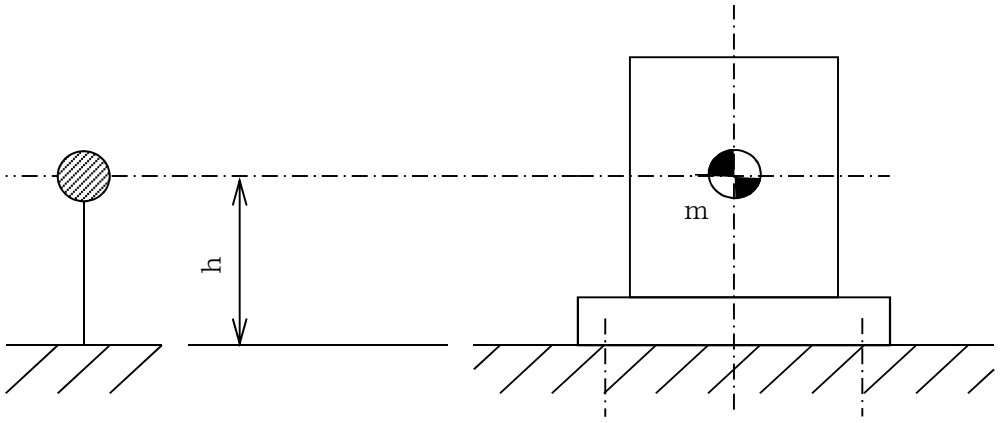


図 4－1　固有周期の計算モデル

(2) 水平方向固有周期

曲げ及びせん断変形によるばね定数K_Hは次式で求める。

$$K_H = \frac{1000}{\frac{h^3}{3 \cdot E \cdot I} + \frac{h}{G \cdot Ae}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (4.1.1)$$

したがって，固有周期T_Hは次式で求める。

$$T_H = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{K_H}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (4.1.2)$$

(3) 鉛直方向固有周期

軸方向変形によるばね定数Ｋｖは次式で求める。

$$K_V = \frac{1000}{\frac{h}{E \cdot A}} \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (4.1.3)$$

したがって，固有周期Ｔｖは次式で求める。

$$T_V = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{K_V}} \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (4.1.4)$$

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【中央制御室再循環フィルタ装置の耐震性についての計算結果】の機器要目に示す。

4.3　固有周期の計算結果

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再循環フィルタ装置に対して水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。

(2)転倒方向は図5－1，図5－2における長辺方向及び短辺方向について検討し，計算書には計算結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。

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

中央制御室再循環フィルタ装置の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表5－1に示す。

5.2.2 許容応力

中央制御室再循環フィルタ装置の許容応力は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表5－2のとおりとする。

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

中央制御室再循環フィルタ装置の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表5－3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	換気設備	中央制御室再循環フィルタ装置	S	Non*	D＋P_D＋M_D＋S d*	ⅢAS
					D＋P_D＋M_D＋S s	ⅣAS

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	
	引張り	せん断
ⅢAS	1.5・f_t	1.5・f_s
ⅣAS	1.5・f_t*	1.5・f_s*

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

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

表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 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
基礎ボルト	SS400 (16mm＜径≦40mm)	周囲環境温度	50	231	394	―

5.3　設計用地震力

耐震評価に用いる設計用地震力を表5－4に示す。

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

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Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
	水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度
コントロール建屋 T.M.S.L. 12.3*			C_H＝0.92	C_V＝0.71	C_H＝1.94	C_V＝1.38

注記＊：基準床レベルを示す。

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。

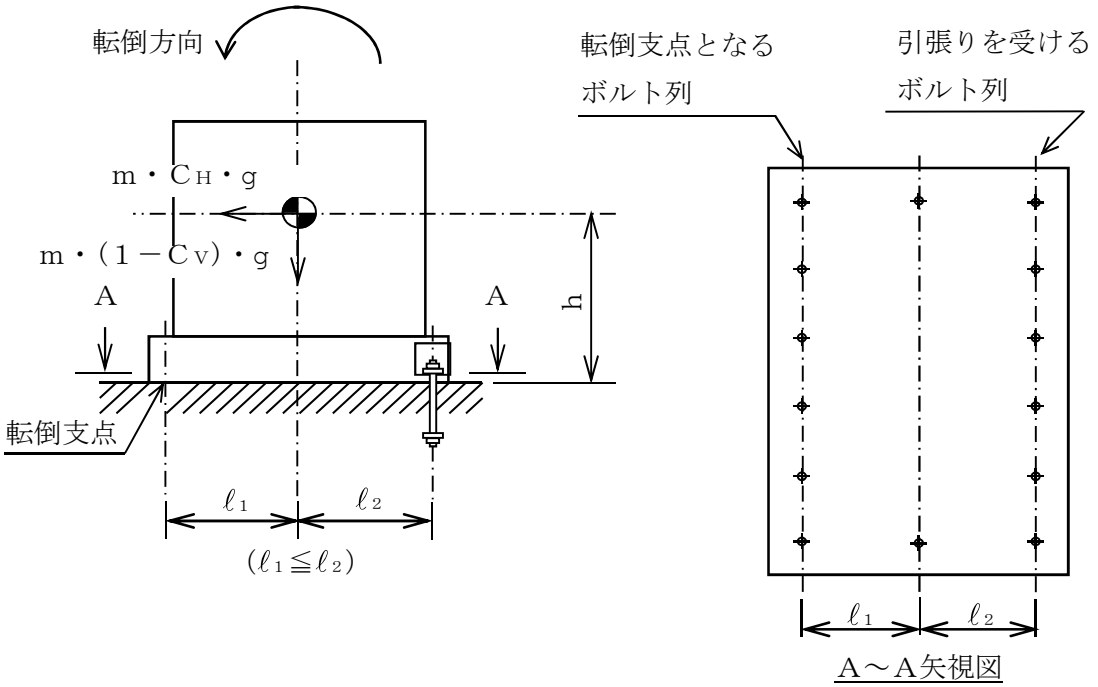


図5－1(1)　計算モデル（短辺方向転倒－1（1－CV）≧0の場合）

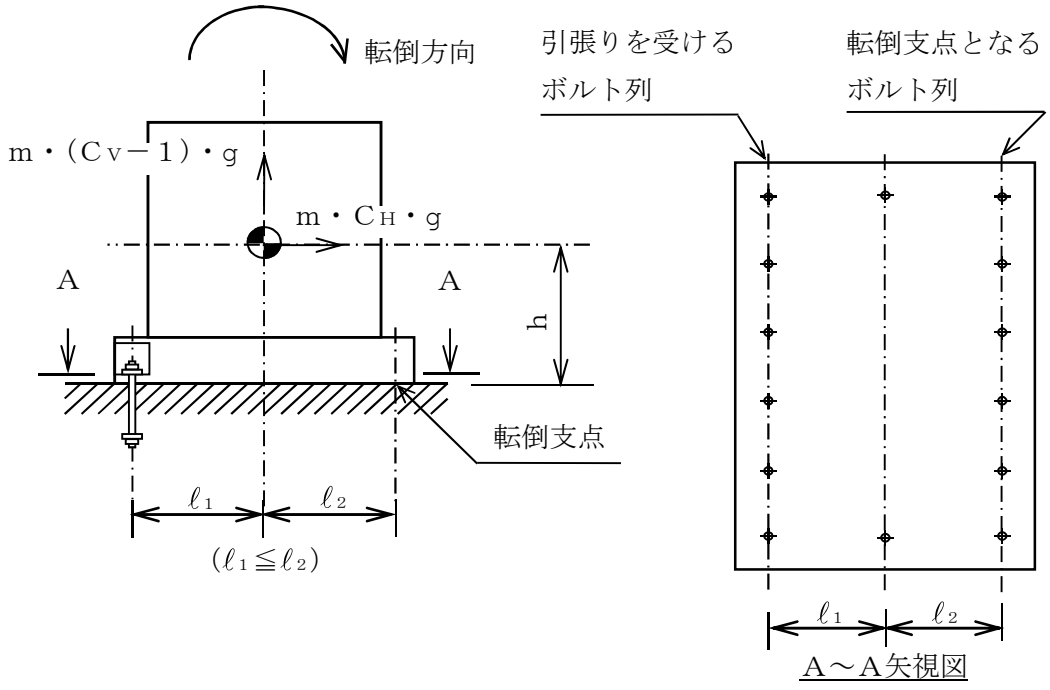


図5－1(2)　計算モデル（短辺方向転倒－2（1－CV）＜0の場合）

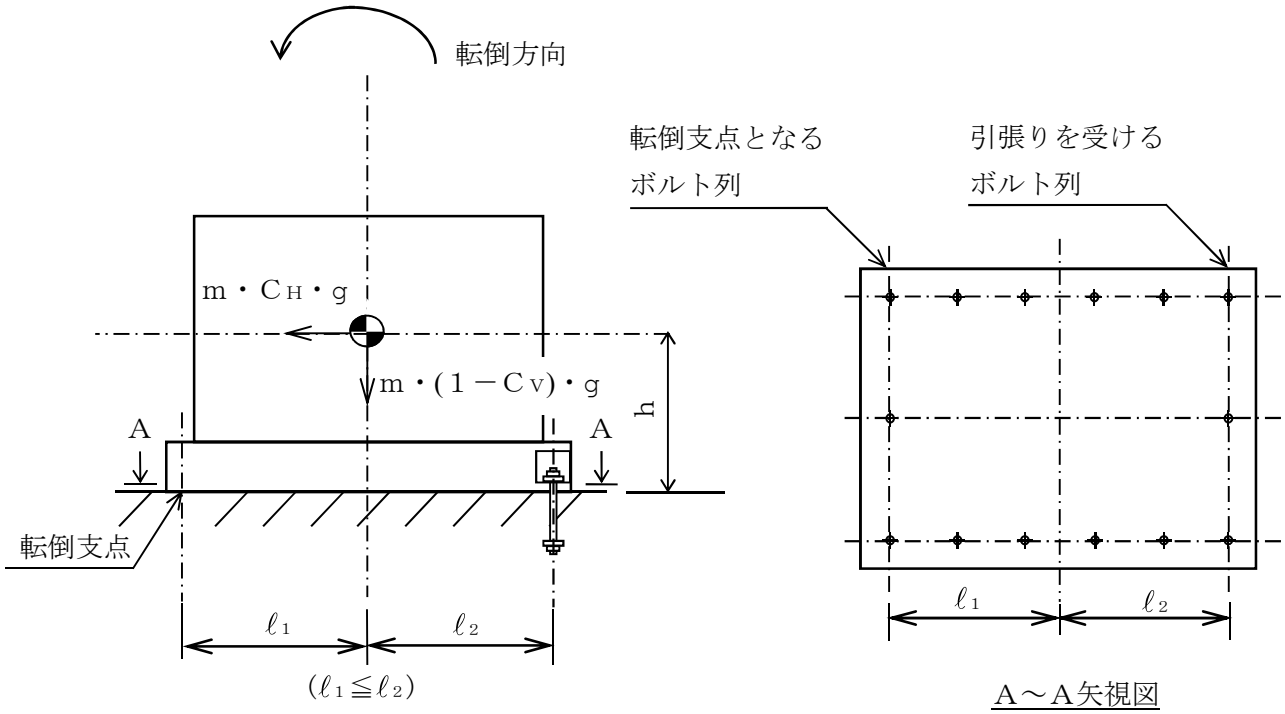


図 5－2(1)　計算モデル（長辺方向転倒－1（1－CV）≧0 の場合）

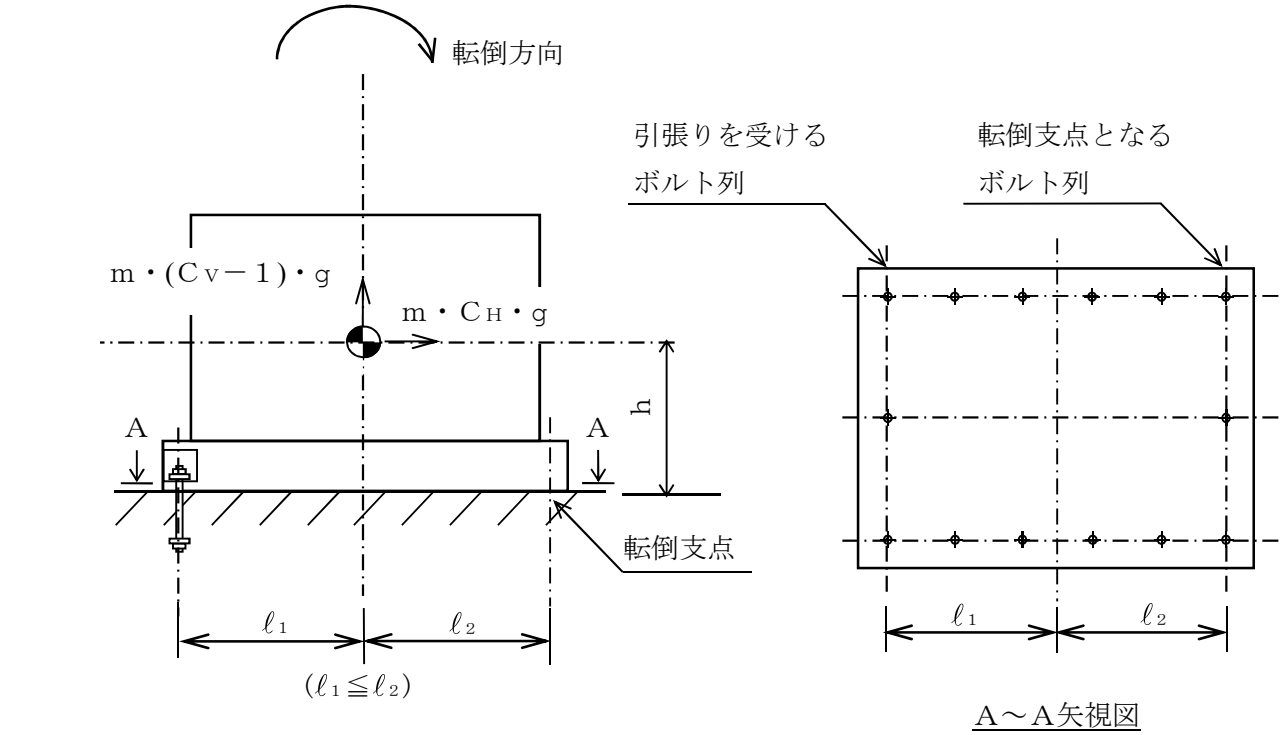


図 5－2(2)　計算モデル（長辺方向転倒－2（1－CV）＜0 の場合）

(1) 引張応力

基礎ボルトに対する引張力は最も厳しい条件として，図 5－1 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基礎ボルトで受けるものとして計算する。

引張力

計算モデル図 5－1(1)及び 5－2(1)の場合の引張力

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

計算モデル図 5－1(2)及び 5－2(2)の場合の引張力

$$F_b = \frac{C_H \cdot m \cdot g \cdot h - (1 - C_V) \cdot m \cdot g \cdot \ell_2}{n_f \cdot (\ell_1 + \ell_2)} \quad \cdots\cdots (5.4.1.1.2)$$

引張応力

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b} \quad \cdots\cdots (5.4.1.1.3)$$

ここで，基礎ボルトの軸断面積A_bは次式により求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \quad \cdots\cdots (5.4.1.1.4)$$

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

(2) せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は基礎ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_b = C_H \cdot m \cdot g \quad \cdots\cdots (5.4.1.1.5)$$

せん断応力

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n \cdot A_b} \quad \cdots\cdots (5.4.1.1.6)$$

5.5　計算条件

5.5.1　基礎ボルトの応力計算条件

基礎ボルトの応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【中央制御室再循環フィルタ装置の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.6　応力の評価

5.6.1　ボルトの応力評価

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

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

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

	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度による荷重との組合せの場合	基準地震動Ｓｓ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

中央制御室再循環フィルタ装置の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し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。

【中央制御室再循環フィルタ装置の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ(m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		最高使用温度(℃)	周囲環境温度(℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度		
中央制御室再循環フィルタ装置	S	コントロール建屋 T.M.S.L. 12.3*			C_H＝0.92	C_v＝0.71	C_H＝1.94	C_v＝1.38	—	50

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m (kg)	h (mm)	d (mm)	ℓ_1* (mm)	ℓ_2* (mm)	n	n_f*
基礎ボルト						14	6 3

部材	A_b (mm^2)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト		231 (16mm＜径≦40mm)	394 (16mm＜径≦40mm)	231	276	短辺	短辺

E (MPa)	G (MPa)	I (mm^4)	A_e (mm^2)	A (mm^2)

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_b		Q_b	
	弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度	基準地震動 Ｓｓ	弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度	基準地震動 Ｓｓ
基礎ボルト				

1.4 結論

1.4.1 固有周期 (単位： s)

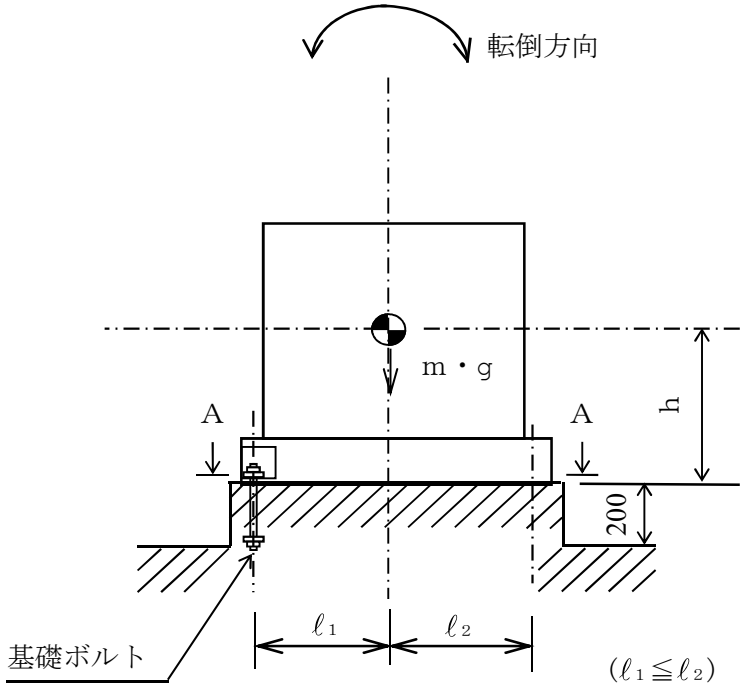
方向	固有周期
水平方向	
鉛直方向	

1.4.2 ボルトの応力 (単位：MPa)

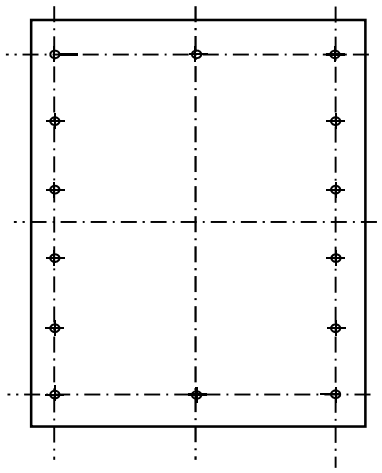
部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	σ_b=21	f_{ts}=173*	σ_b=63	f_{ts}=207*
		せん断	τ_b=17	f_{sb}=133	τ_b=35	f_{sb}=159

すべて許容応力以下である。

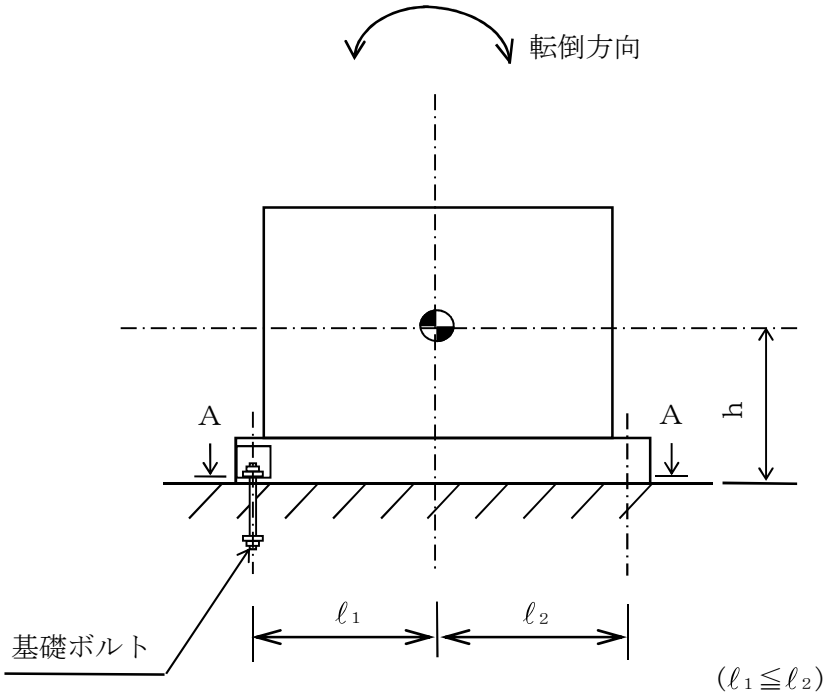
注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}]$



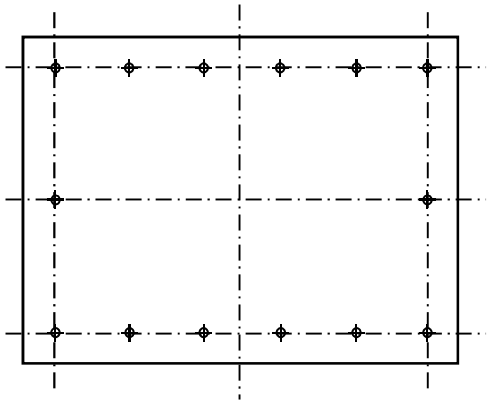
(短辺方向転倒)



A～A矢視図



(長辺方向転倒)



A～A矢視図

Ⅴ-2-8-3-1-2　中央制御室待避室陽圧化換気空調系

Ⅴ-2-8-3-1-2-1　管の耐震性についての計算書

重大事故等対処設備

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 ····· 5
3.　計算条件 ····· 7
3.1　計算方法 ····· 7
3.2　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 8
3.3　設計条件 ····· 9
3.4　材料及び許容応力 ····· 15
3.5　設計用地震力 ····· 16
4.　解析結果及び評価 ····· 17
4.1　固有周期及び設計震度 ····· 17
4.2　評価結果 ····· 23
4.2.1　管の応力評価結果 ····· 23
4.2.2　支持構造物評価結果 ····· 24
4.2.3　弁の動的機能維持評価結果 ····· 26
4.2.4　代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果 ····· 27

1. 概要

本計算書は，V-2-1-14「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，管，支持構造物及び弁が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

評価結果記載方法は，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評価結果を解析モデル単位に記載する。また，全16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

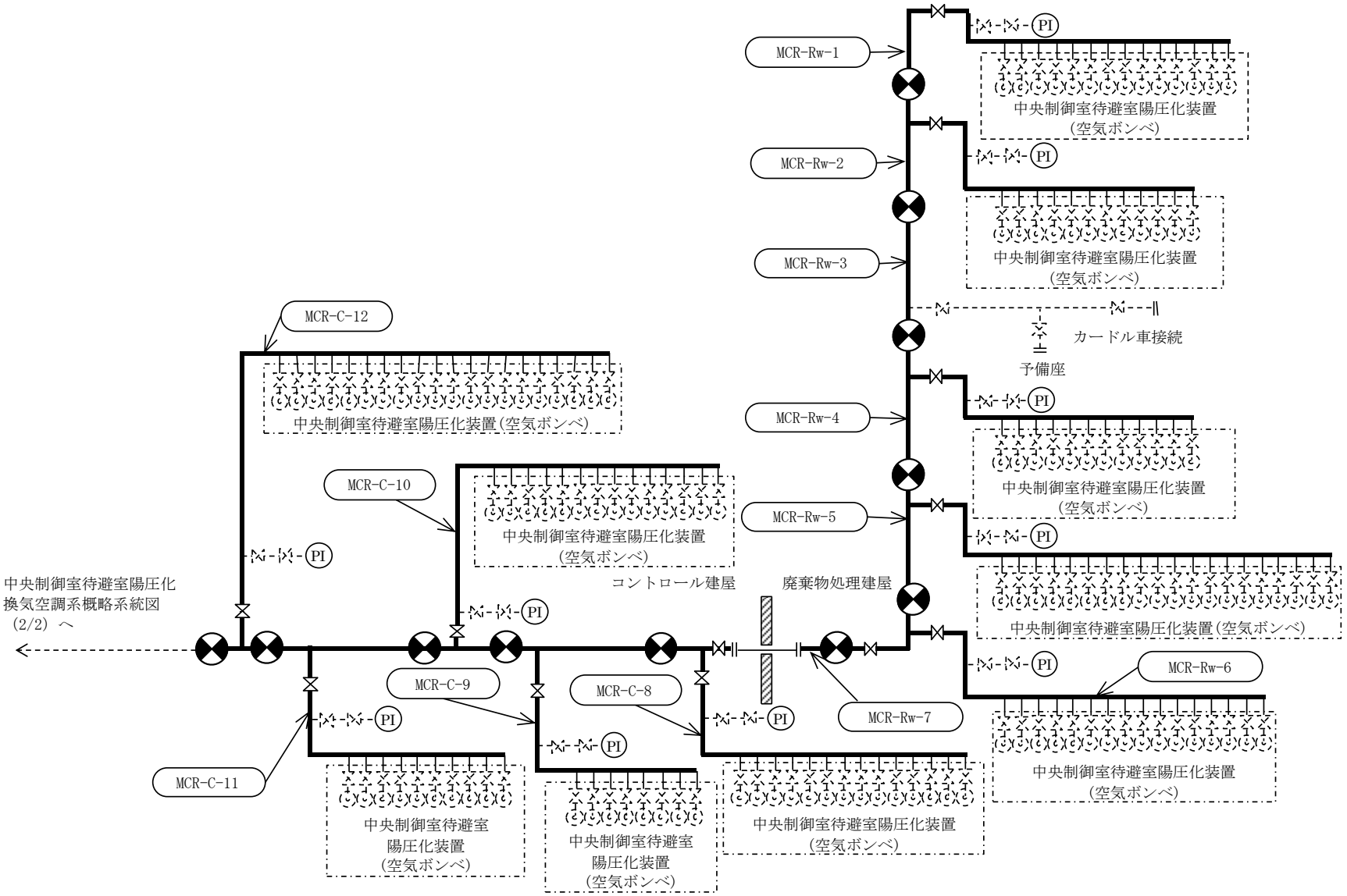
機能確認済加速度の応答加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として評価結果を記載する。

2.　概略系統図及び鳥瞰図

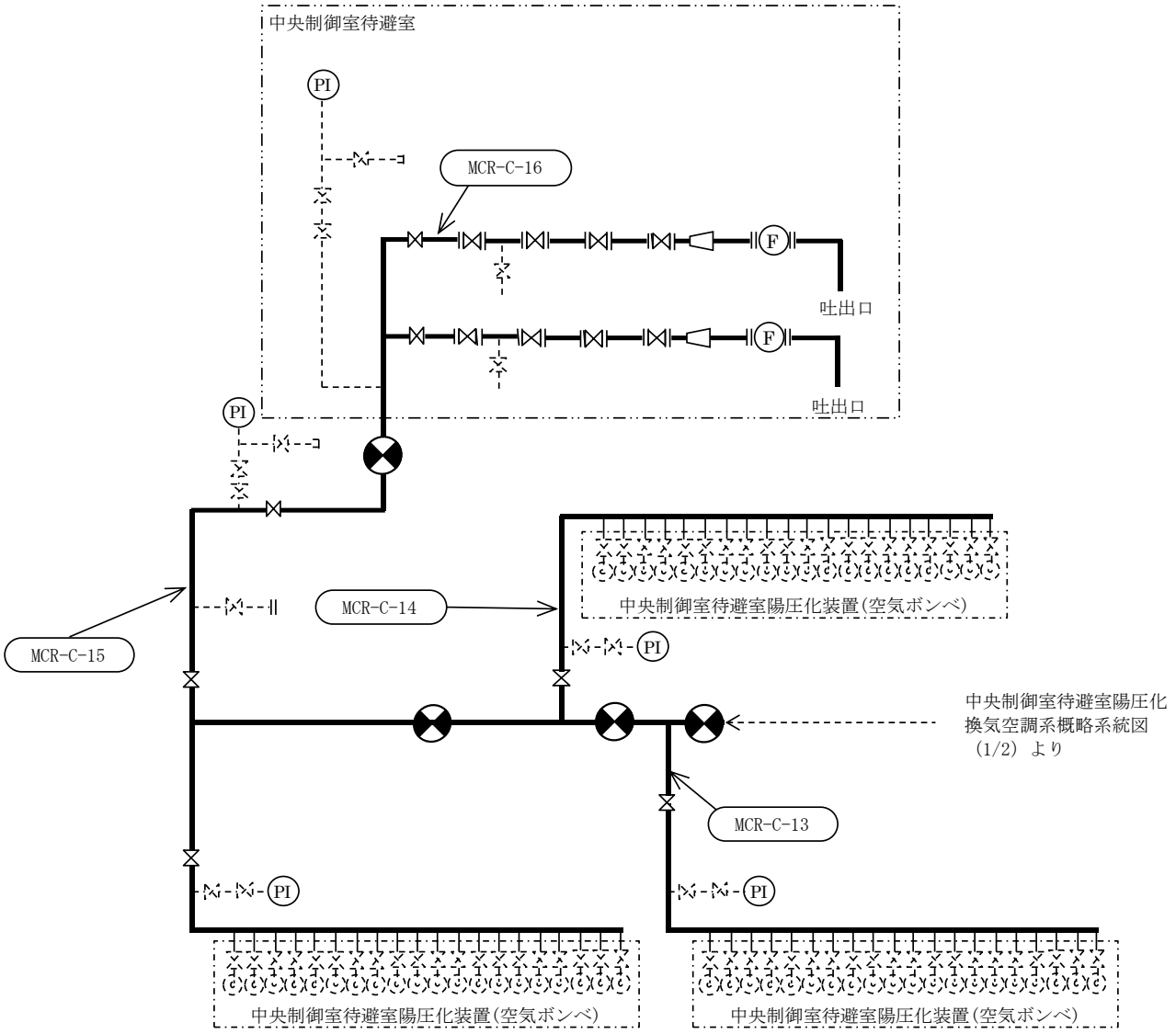
2.1　概略系統図

概略系統図記号凡例

記号	内容
━━━━━(太線)	工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管
――――――(細線)	工事計画記載範囲の管のうち，本系統の管であって他計算書記載範囲の管
----------(破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち，他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管
○○-○-○○	鳥瞰図番号
	アンカ



中央制御室待避室陽圧化換気空調系概略系統図 (1/2)



中央制御室待避室陽圧化換気空調系概略系統図 (2/2)

2.2　鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

記号	内容
━━━━━（太線）	工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管
----------（破線）	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち，他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管
●	質点
⊗	アンカ
⊣⊢	レストレイント
	注：鳥瞰図の寸法の単位は mm である。

鳥瞰図	MCR-C-16

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，「ＮｕＰＩＡＳ」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，別紙「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*1	設備分類	機器等の区分	耐震重要度分類	荷重の組合せ*2,3	許容応力状態*4
放射線管理施設	換気設備	中央制御室待避室陽圧化換気空調系	ＳＡ	常設／緩和	重大事故等クラス２管	―	V_L+S_s	V_AS

注記＊1　：ＤＢは設計基準対象施設，ＳＡは重大事故等対処設備を示す。

＊2　：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。

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

3.3　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　MCR-C-16

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震重要度 分類	縦弾性係数 (MPa)
1	1～15,17～19,11～64, 66～68	15.00	40	21.7	2.8	SUS304TP	—	193667
2	21～24,70～73	0.50	40	34.0	3.4	SUS304TP	—	193667
3	26～29,31～33,35～36, 75～78,80～82,84～85	0.02	40	48.6	3.7	SUS304TP	—	193667
4	36～38,40～43,85～87, 89～92	0.02	40	60.5	3.9	SUS304TP	—	193667

配管の付加質量

鳥瞰図　MCR-C-16

質量	対応する評価点
[redacted]	39,88
[redacted]	20,69
[redacted]	25,74

フランジ部の質量

鳥瞰図　MCR-C-16

質量	対応する評価点
[redacted]	21, 24, 26, 29, 31, 33, 35, 70, 73, 75, 78, 80, 82, 84
[redacted]	38, 40, 87, 89
[redacted]	19, 68

弁部の寸法

鳥瞰図　MCR-C-16

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
15～16				16～17			
64～65				65～66			
29～30				30～31			
78～79				79～80			
33～34				34～35			
82～83				83～84			

弁部の質量

鳥瞰図　MCR-C-16

質量	対応する評価点
[redacted]	16,65
[redacted]	30,79
[redacted]	34,83

支持点及び貫通部ばね定数

鳥瞰図　MCR-C-16

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1						
3						
5						
7						
9						
12						
14						
18						
20						
23						
25						
28						
32						
37						
41						
63						
67						
69						
72						
74						
77						
81						
86						
90						

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 (℃)	許容応力 (MPa)			
		S_m	S_y	S_u	S_h
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曲線を下表に示す。

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

鳥瞰図	建屋・構築物	標高	減衰定数(%)
MCR-C-16	コントロール建屋	T.M.S.L.　24.1m	[redacted]
		T.M.S.L.　17.3m	
		T.M.S.L.　12.3m	

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥瞰図 MCR-C-16

適用する地震動等		Ｓｓ		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度*1		応答鉛直震度*1
		Ｘ方向	Ｚ方向	Ｙ方向
1 次				
2 次				
3 次				
動的震度*2				

注記＊1 ：各モードの固有周期に対し，設計用床応答曲線より得られる震度を示す。

＊2 ：Ｓｄ又はＳｓ地震動に基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数

鳥瞰図　MCR-C-16

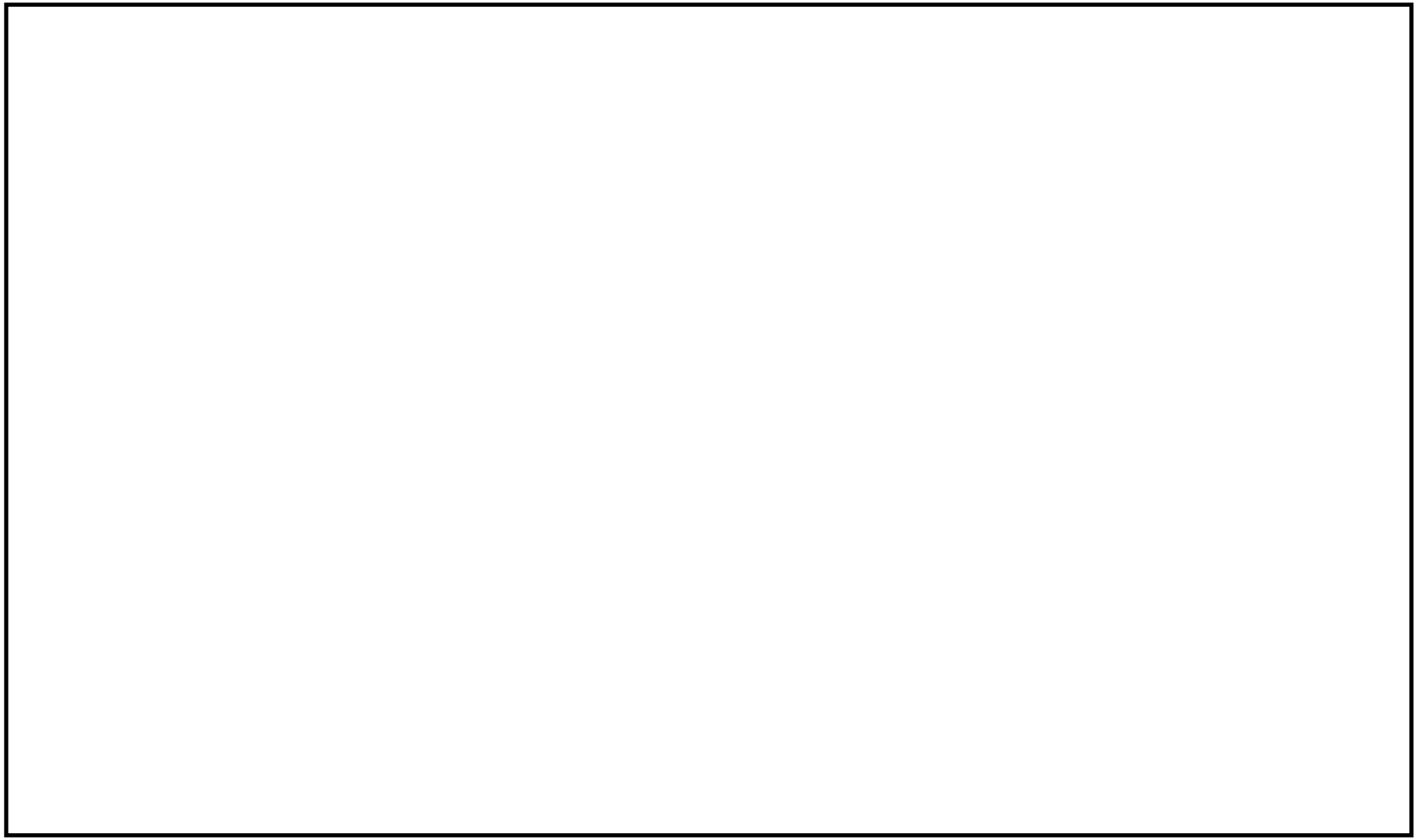
モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X方向	Y方向	Z方向
1 次				
2 次				

注記＊：刺激係数は，モード質量を正規化し，固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

代表的振動モード図

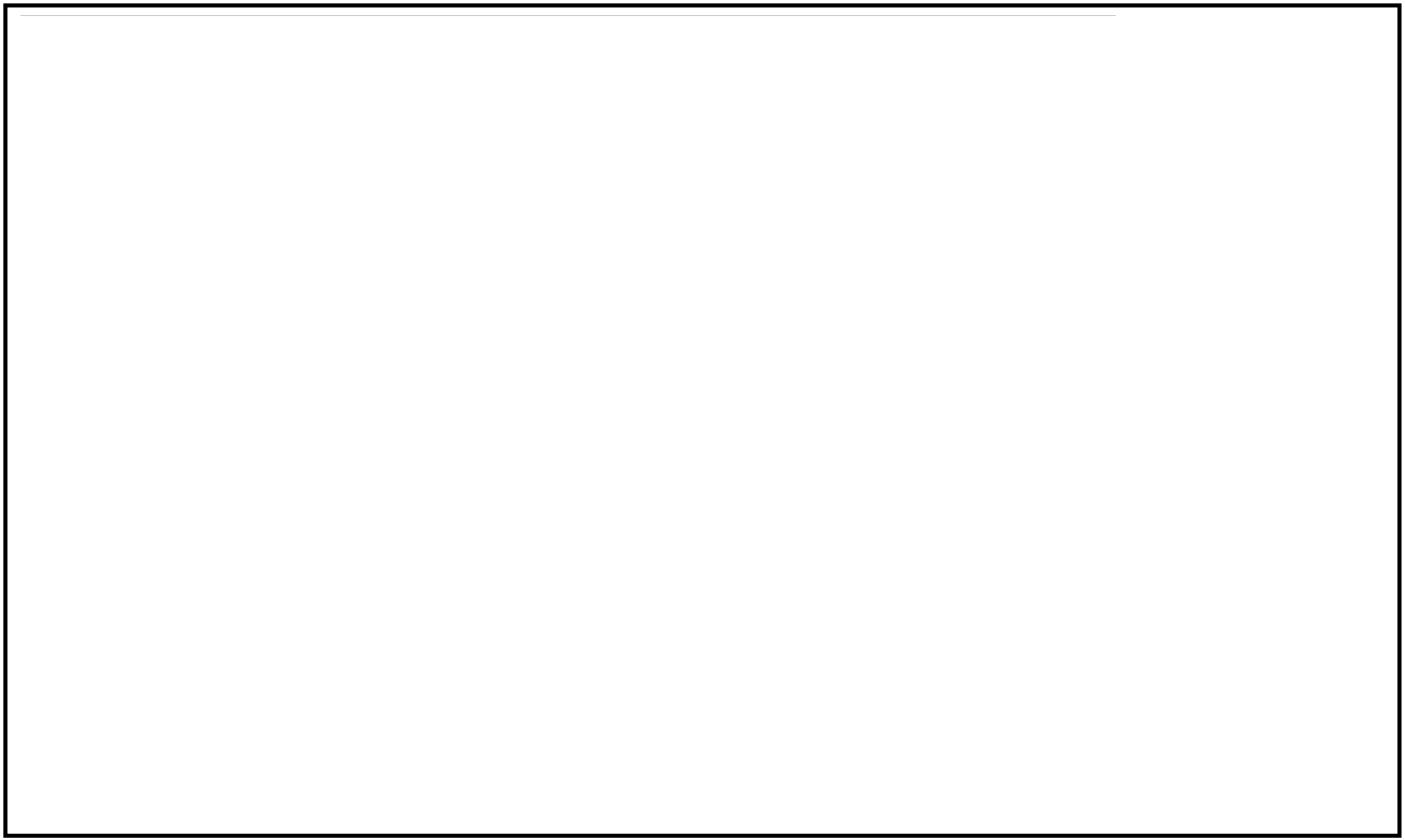
振動モード図は，3 次モードまでを代表とし，各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し，次ページ以降に示す。

代表的振動モード図（1 次）



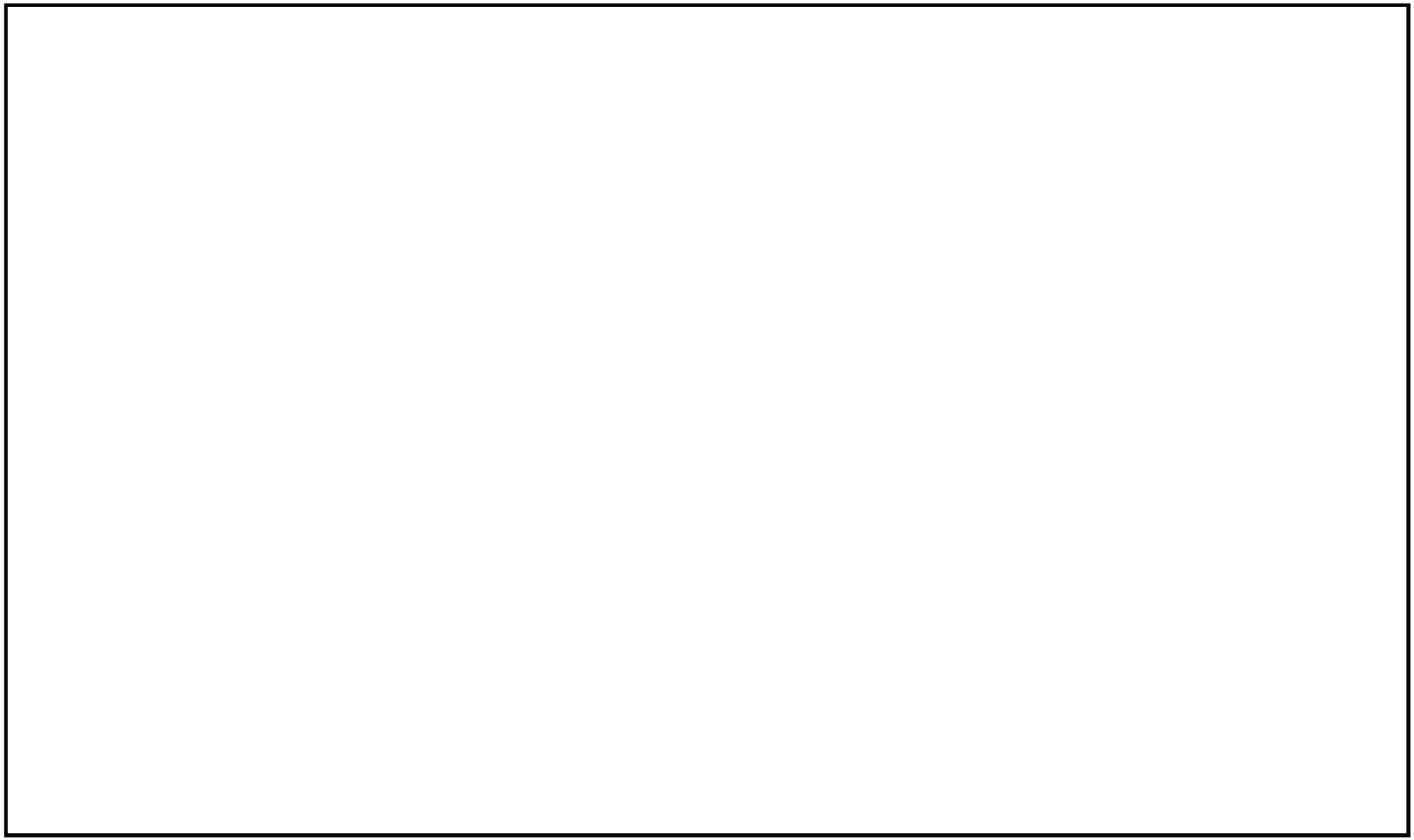
鳥瞰図	MCR-C-16

代表的振動モード図（2 次）



鳥瞰図	MCR-C-16

代表的振動モード図（3 次）



鳥瞰図	MCR-C-16

4.2　評価結果

4.2.1　管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス２管であってクラス２以下の管

鳥瞰図	許容応力状態	最大応力評価点	最大応力区分	一次応力評価（MPa）		一次＋二次応力評価（MPa）		疲労評価
				計算応力 S_{prm}（Ｓｓ）	許容応力 $0.9S_u$	計算応力 S_n（Ｓｓ）	許容応力 $2S_y$	疲労累積係数 US_s
MCR-C-16	V_AS	76	S_{prm}（Ｓｓ）	138	468	—	—	—
MCR-C-16	V_AS	76	S_n（Ｓｓ）	—	—	274	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	材質	温度(℃)	評価結果	
					計算荷重(kN)	許容荷重(kN)
—	—	—	—	—	—	—

支持構造物評価結果（応力評価）(1/2)

支持構造物番号	種類	型式	材質	温度(℃)	支持点荷重						評価結果		
					反力（kN）			モーメント（kN・m）			応力分類	計算応力(MPa)	許容応力(MPa)
					F_X	F_Y	F_Z	M_X	M_Y	M_Z			
PS-101A*	レストレイント	架構	STKR400	40	0	1	0	—	—	—	垂直＋せん断	95	141
PS-102A*	レストレイント				1	0	1	—	—	—			
PS-103A*	レストレイント				0	1	0	—	—	—			
PS-104A*	レストレイント				0	0	1	—	—	—			
PS-105A*	レストレイント				0	2	0	—	—	—			
PS-111A*	レストレイント				0	1	0	—	—	—			
PS-112A*	レストレイント				0	1	0	—	—	—			
PS-113A*	レストレイント				1	1	0	—	—	—			

支持構造物評価結果（応力評価）(2/2)

支持構造物番号	種類	型式	材質	温度(℃)	支持点荷重						評価結果		
					反力（kN）			モーメント（kN・m）			応力分類	計算応力(MPa)	許容応力(MPa)
					F_X	F_Y	F_Z	M_X	M_Y	M_Z			
PS-114A*	レストレイント	架構	STKR400	40	1	1	0	—	—	—	垂直＋せん断	95	141
PS-115A*	レストレイント				1	0	0	—	—	—			
PS-116A*	レストレイント				1	1	0	—	—	—			
PS-117A*	レストレイント				3	1	0	—	—	—			
PS-118A*	レストレイント				3	1	0	—	—	—			
PS-119A*	レストレイント				0	1	3	—	—	—			
PS-120A*	レストレイント				0	1	3	—	—	—			
PS-121A*	レストレイント				0	1	3	—	—	—			
PS-122A*	レストレイント				0	1	2	—	—	—			
PS-123A*	レストレイント				0	1	1	—	—	—			
PS-124A*	レストレイント				0	1	1	—	—	—			
PS-125A*	レストレイント				0	1	1	—	—	—			
PS-126A*	レストレイント				0	1	1	—	—	—			
PS-501	アンカ	ラグ	SUS304	40	1	0	0	0	0	0	組合せ	39	118

注記＊：共有サポートを示す。

4.2.3　弁の動的機能維持評価結果

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

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

4.2.4　代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

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

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

No.	配管モデル	許容応力状態　V_AS												
		一次応力					一次＋二次応力					疲労評価		
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労累積係数	代表
1	MCR-Rw-1	13	55	468	8.50	—	13	44	410	9.31	—	—	—	—
2	MCR-Rw-2	59	92	468	5.08	—	59	118	410	3.47	—	—	—	—
3	MCR-Rw-3	13	126	468	3.71	—	13	182	410	2.25	—	—	—	—
4	MCR-Rw-4	19	122	468	3.83	—	19	176	410	2.32	—	—	—	—
5	MCR-Rw-5	44	57	468	8.21	—	44	48	410	8.54	—	—	—	—
6	MCR-Rw-6	67	58	468	8.06	—	67	48	410	8.54	—	—	—	—
7	MCR-Rw-7	1	80	468	5.85	—	1	68	410	6.02	—	—	—	—
8	MCR-C-8	4	88	468	5.31	—	21	98	410	4.18	—	—	—	—
9	MCR-C-9	35	135	468	3.46	—	35	204	410	2.00	—	—	—	—
10	MCR-C-10	11	50	468	9.36	—	7	32	410	12.81	—	—	—	—
11	MCR-C-11	7	71	468	6.59	—	7	76	410	5.39	—	—	—	—
12	MCR-C-12	64	67	468	6.98	—	64	68	410	6.02	—	—	—	—

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果　（重大事故等クラス２管）(2/2)

No.	配管モデル	許容応力状態　V_AS												
		一次応力					一次＋二次応力					疲労評価		
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労累積係数	代表
13	MCR-C-13	50	66	468	7.09	—	50	64	410	6.40	—	—	—	—
14	MCR-C-14	1	62	468	7.54	—	1	54	410	7.59	—	—	—	—
15	MCR-C-15	13	95	468	4.92	—	13	102	410	4.01	—	—	—	—
16	MCR-C-16	76	138	468	3.39	○	76	274	410	1.49	○	—	—	—

Ⅴ-2-8-3-2　緊急時対策所換気空調系

Ⅴ-2-8-3-2-1　管の耐震性についての計算書

重大事故等対処設備

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 ····· 7
3.1　計算方法 ····· 7
3.2　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 8
3.3　設計条件 ····· 9
3.4　材料及び許容応力 ····· 15
3.5　設計用地震力 ····· 16
4.　解析結果及び評価 ····· 17
4.1　固有周期及び設計震度 ····· 17
4.2　評価結果 ····· 23
4.2.1　管の応力評価結果 ····· 23
4.2.2　支持構造物評価結果 ····· 24
4.2.3　弁の動的機能維持評価結果 ····· 25
4.2.4　代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果 ····· 26

1. 概要

本計算書は，V-2-1-14「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，管，支持構造物及び弁が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

評価結果記載方法は，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評価結果を解析モデル単位に記載する。また，全6モデルのうち，各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（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

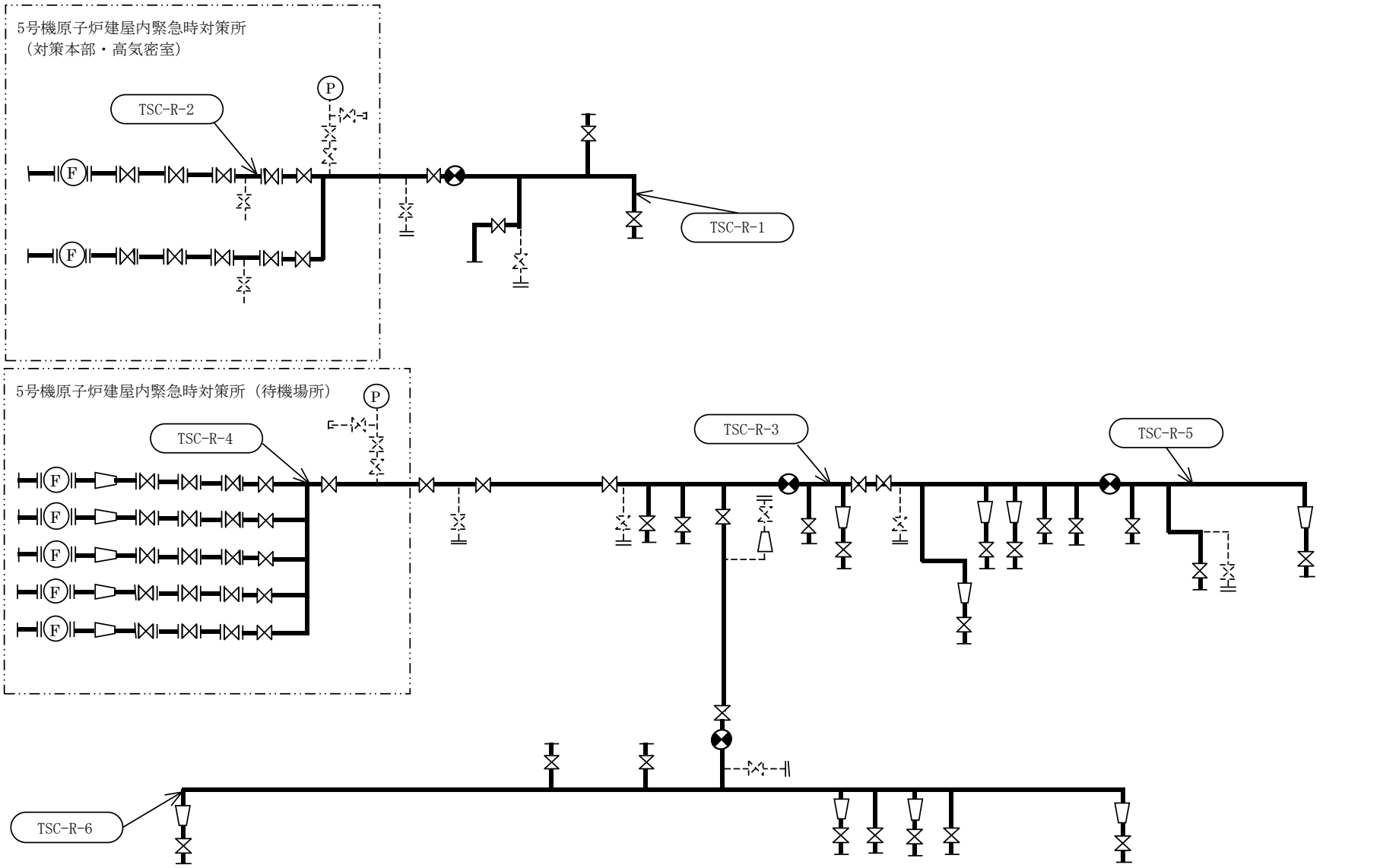
機能確認済加速度の応答加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として評価結果を記載する。

2.　概略系統図及び鳥瞰図

2.1　概略系統図

概略系統図記号凡例

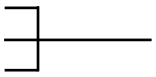
記号	内容
―――――（太線）	工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管
----------（破線）	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち，他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管
○○－○－○○	鳥瞰図番号
	アンカ

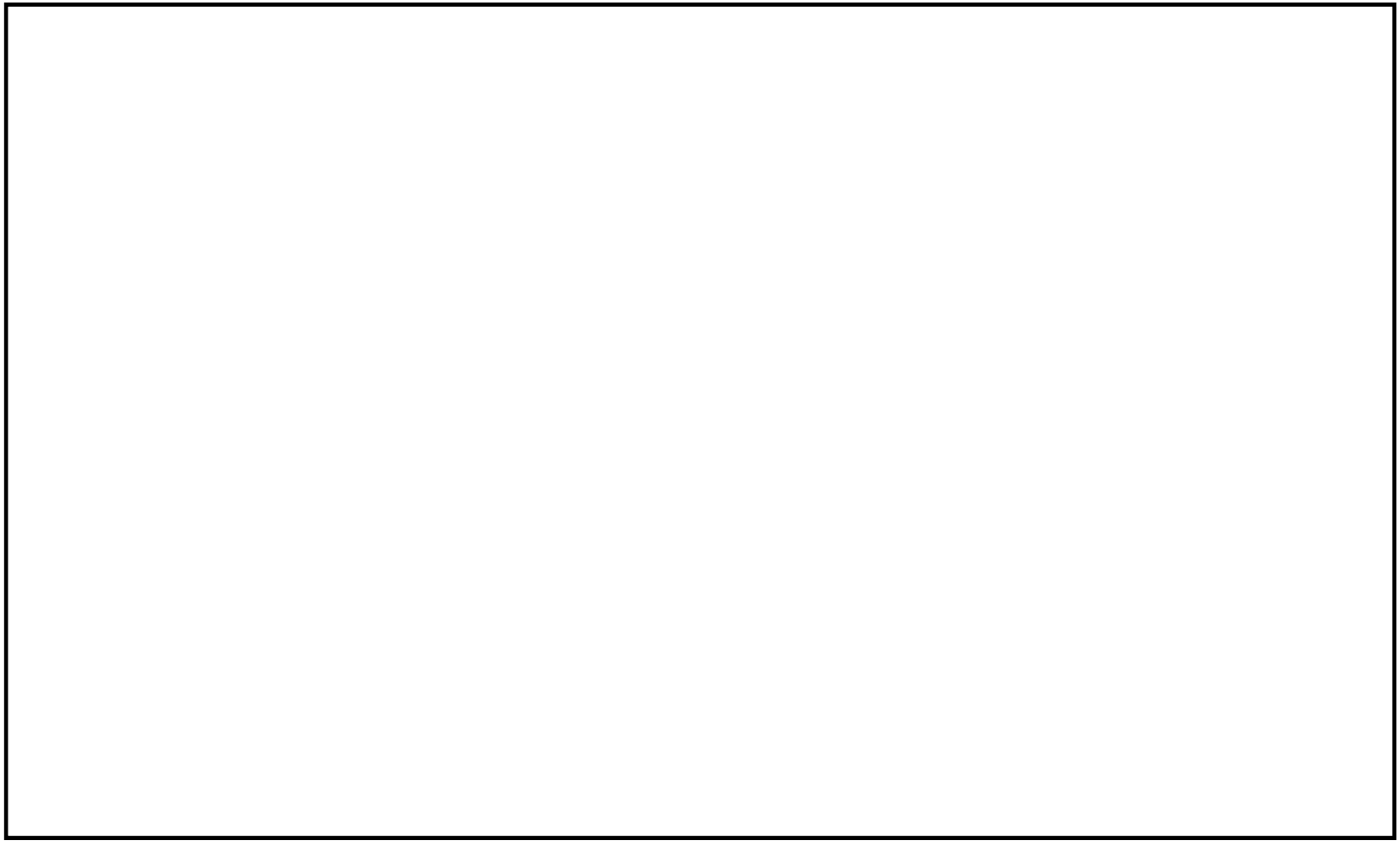


緊急時対策所換気空調系概略系統図

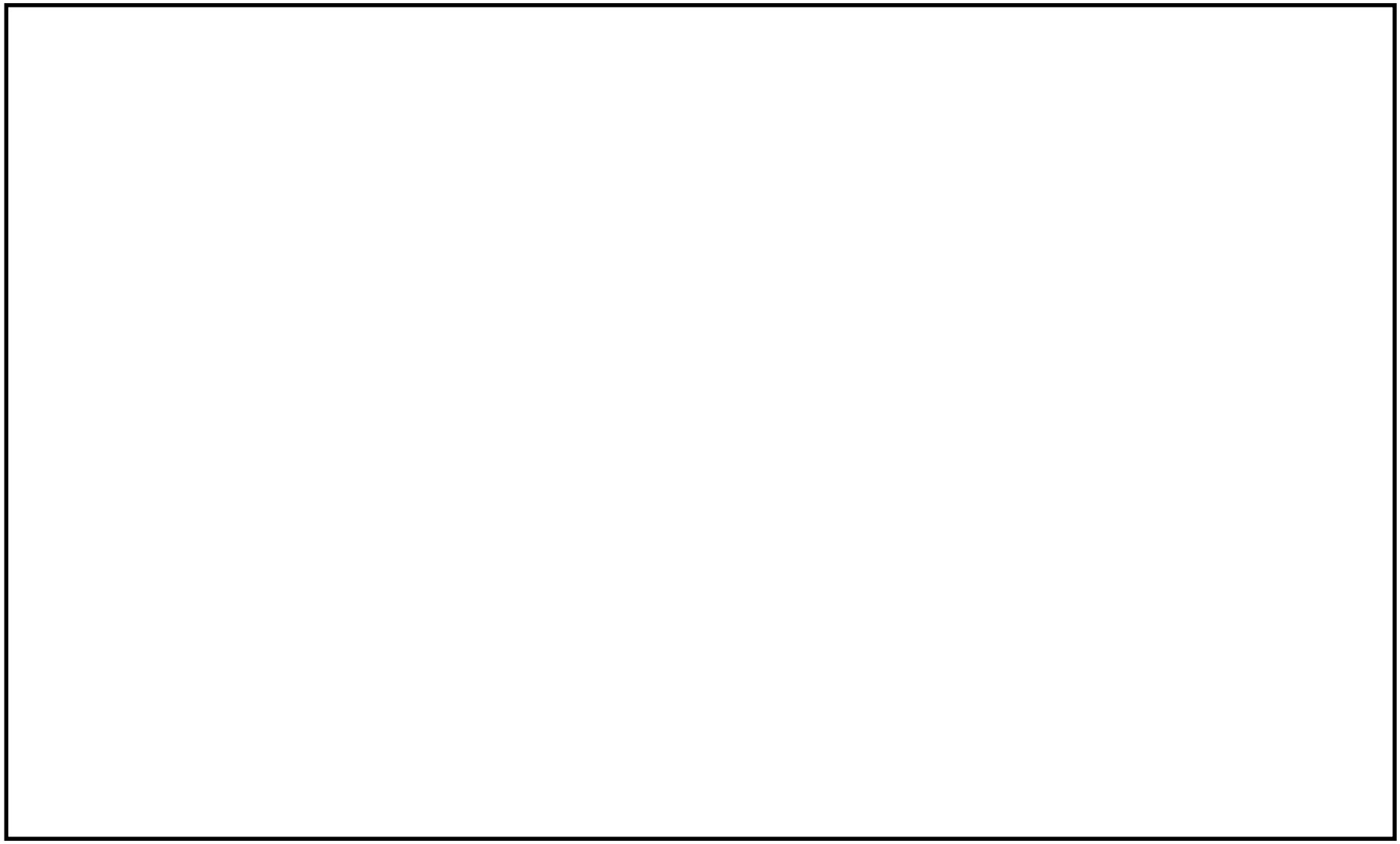
2.2　鳥瞰図

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
----------（破線）	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち，他系統の管であって解析モデルの概略を示すために表記する管
●	質点
	アンカ
	レストレイント
	注： 鳥瞰図中の寸法の単位は mm である。



鳥瞰図 TSC-R-6(1/2)



鳥瞰図	TSC-R-6(2/2)

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，「ＮｕＰＩＡＳ」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，別紙「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*1	設備分類	機器等の区分	耐震重要度分類	荷重の組合せ*2,3	許容応力状態*4
放射線管理施設	換気設備	緊急時対策所換気空調系	ＳＡ	常設／緩和	重大事故等クラス２管	―	V_L＋Ｓｓ	V_AS

注記＊1 ：ＤＢは設計基準対象施設，ＳＡは重大事故等対処設備を示す。

＊2 ：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。

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

3.3　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　TSC-R-6

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	1,2,4,5,32,33,35,36,37,39,40,56,57,59,60,61,63,64,97,98,100,101,102,104,105,106,108,109	15.00	40	21.7	2.8	SUS304TP	—	193667
2	5～32,41～56,65～75,81～97	15.00	40	48.6	3.7	SUS304TP	—	193667

配管の付加質量

鳥瞰図　TSC-R-6

質量	対応する評価点
[redacted]	1, 36, 40, 60, 64, 101, 105, 109

フランジ部の質量

鳥瞰図　TSC-R-6

質量	対応する評価点
[redacted]	1, 36, 40, 60, 64, 101, 105, 109

弁部の寸法

鳥瞰図　TSC-R-6

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
2～3				3～4			
33～34				34～35			
37～38				38～39			
57～58				58～59			
61～62				62～63			
98～99				99～100			
102～103				103～104			
106～107				107～108			

弁部の質量

鳥瞰図　TSC-R-6

質量	対応する評価点
[redacted]	3, 34, 38, 58, 62, 99, 103, 107

支持点及び貫通部ばね定数

鳥瞰図　TSC-R-6

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1						
7						
10						
13						
15						
17						
19						
21						
24						
27						
30						
36						
41						
44						
48						
50						
54						
60						
66						
70						
72						
75						
82						
86						
89						
91						
93						
95						
101						
105						
109						

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(℃)	許容応力(MPa)			
		S_m	S_y	S_u	S_h
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曲線を下表に示す。

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

鳥瞰図	建屋・構築物	標高	減衰定数(%)
TSC-R-6	緊急時対策所	T.M.S.L.　27.8m	[redacted]
		T.M.S.L.　20.3m	

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥瞰図 TSC-R-6

適用する地震動等		Ｓｓ		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度*1		応答鉛直震度*1
		Ｘ方向	Ｚ方向	Ｙ方向
1次				
2次				
3次				
4次				
5次				
6次				
7次				
動的震度*2				

注記＊1 ：各モードの固有周期に対し，設計用床応答曲線より得られる震度を示す。

＊2 ：Ｓｄ又はＳｓ地震動に基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数

鳥瞰図　TSC-R-6

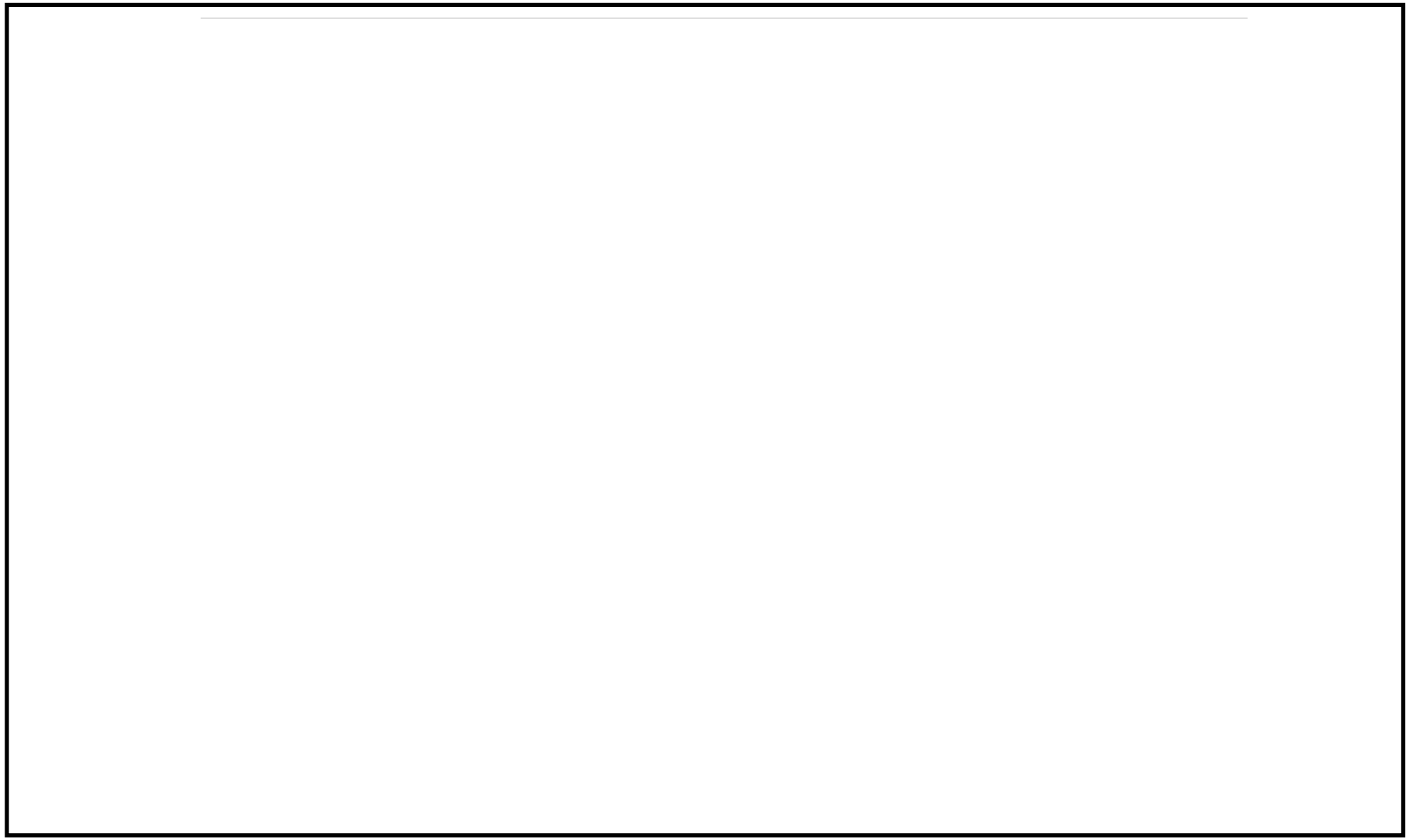
モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X方向	Y方向	Z方向
1次				
2次				
3次				
4次				
5次				
6次				

注記＊：刺激係数は，モード質量を正規化し，固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

代表的振動モード図

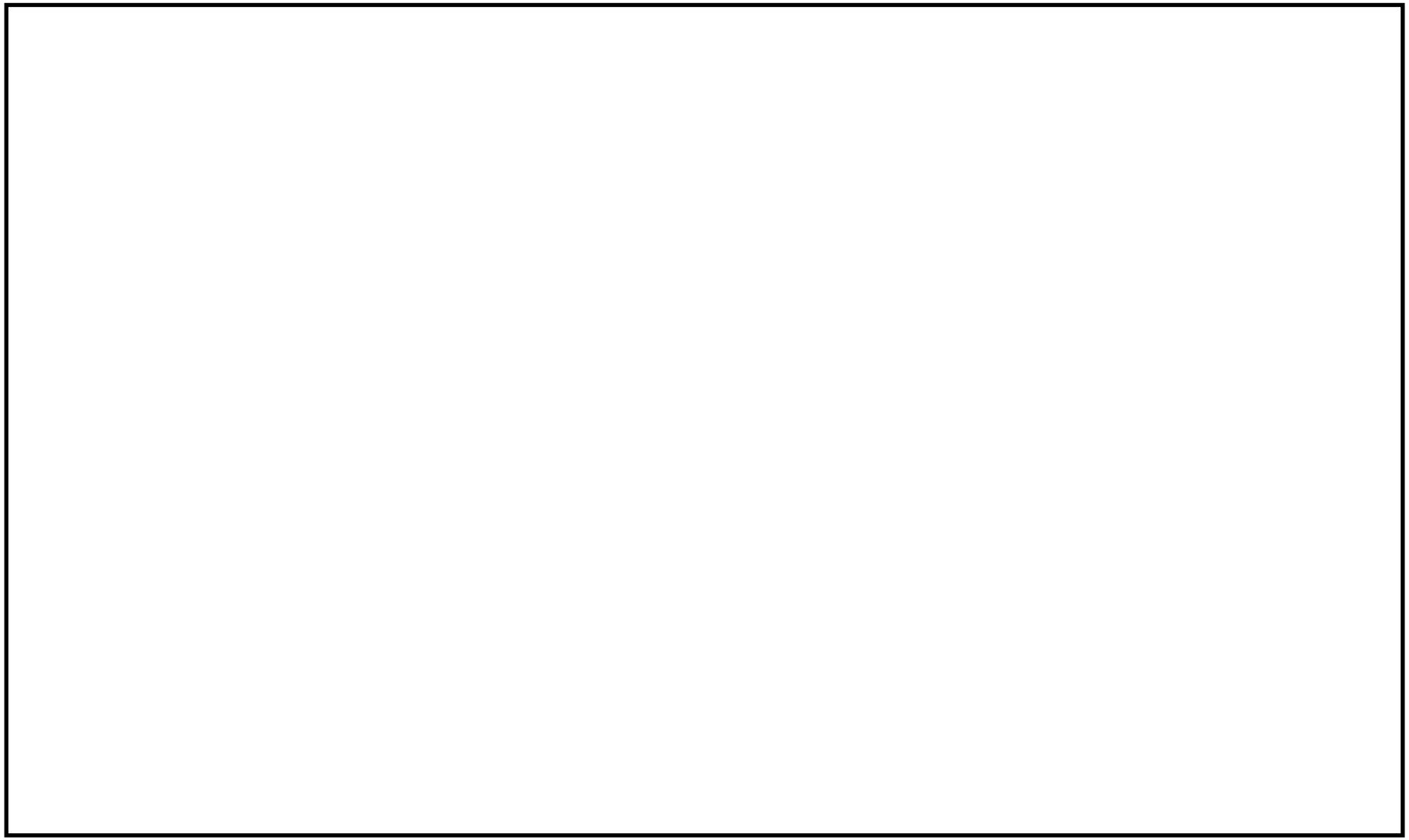
振動モード図は，3 次モードまでを代表とし，各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し，次ページ以降に示す。

代表的振動モード図（1 次）



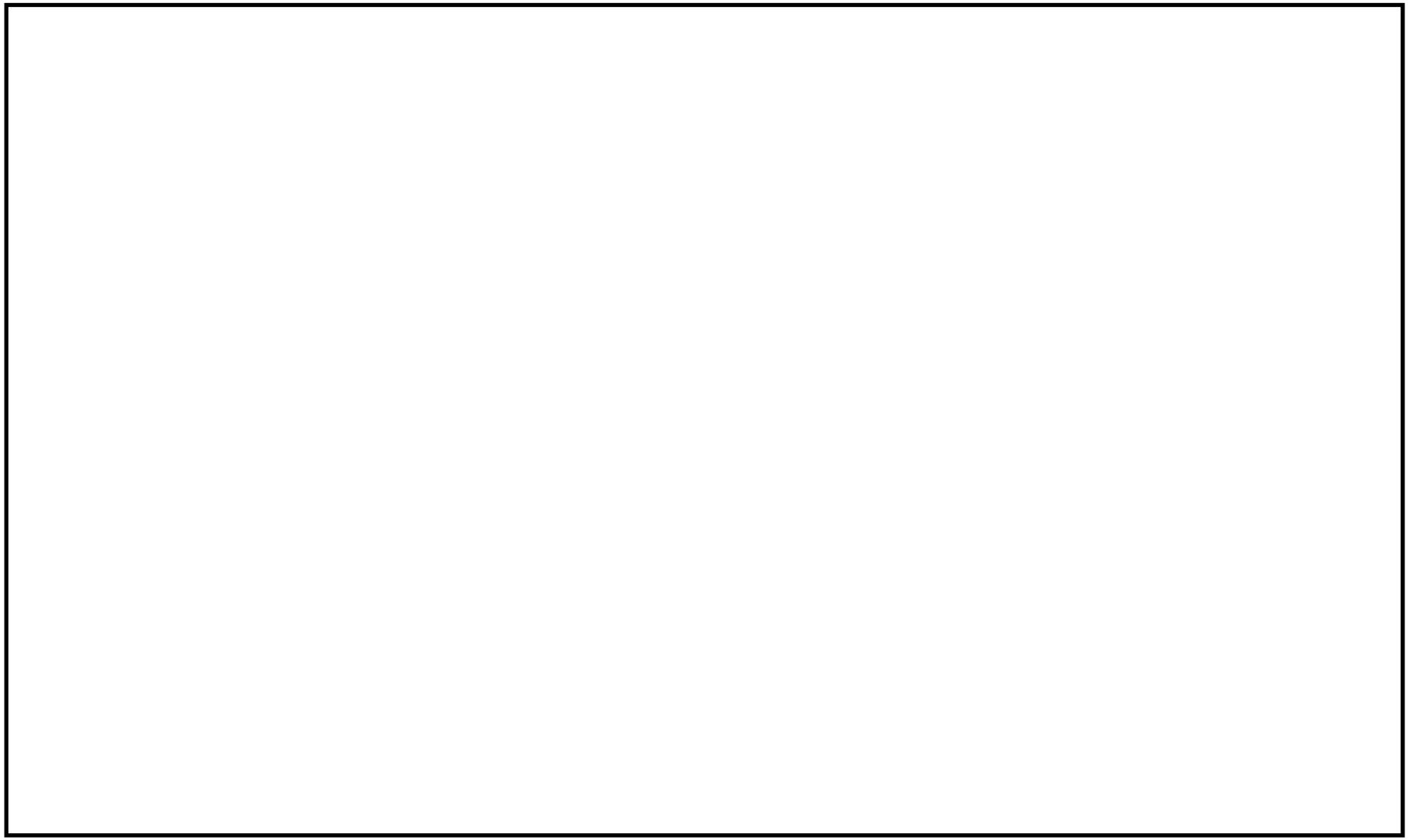
鳥瞰図	TSC-R-6

代表的振動モード図（2 次）



鳥瞰図	TSC-R-6

代表的振動モード図（3 次）



鳥瞰図	TSC-R-6

4.2　評価結果

4.2.1　管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス２管であってクラス２以下の管

鳥瞰図	許容応力状態	最大応力評価点	最大応力区分	一次応力評価(MPa)		一次＋二次応力評価(MPa)		疲労評価
				計算応力 Sprm(Ｓｓ)	許容応力 0.9Ｓｕ	計算応力 Ｓｎ(Ｓｓ)	許容応力 2Ｓｙ	疲労累積係数 ＵＳｓ
TSC-R-6	ＶＡＳ	14	Sprm(Ｓｓ)	216	468	—	—	—
TSC-R-6	ＶＡＳ	14	Ｓｎ(Ｓｓ)	—	—	368	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	材質	温度(℃)	評価結果	
					計算荷重(kN)	許容荷重(kN)
—	—	—	—	—	—	—

支持構造物評価結果（応力評価）

支持構造物番号	種類	型式	材質	温度(℃)	支持点荷重						評価結果		
					反力（kN）			モーメント（kN・m）			応力分類	計算応力(MPa)	許容応力(MPa)
					F_X	F_Y	F_Z	M_X	M_Y	M_Z			
PS-0619	レストレイント	架構	SS400	40	5	1	0	—	—	—	座屈	102	245
PS-1622	アンカ	架構	SS400	40	1	3	1	1	0	1	圧縮+曲げ	0.894	1

4.2.3　弁の動的機能維持評価結果

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

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

4.2.4　代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

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

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果　（重大事故等クラス２管）

No.	配管モデル	許容応力状態　V_AS												
		一次応力					一次＋二次応力					疲労評価		
		評価点	計算応力(MPa)	許容応力(MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力(MPa)	許容応力(MPa)	裕度	代表	評価点	疲労累積係数	代表
1	TSC-R-1	80	191	468	2.45	—	80	282	410	1.45	—	—	—	—
2	TSC-R-2	24	105	453	4.31	—	24	104	396	3.80	—	—	—	—
3	TSC-R-3	6	208	468	2.25	—	6	346	410	1.18	—	—	—	—
4	TSC-R-4	82	206	468	2.27	—	28	346	410	1.18	—	—	—	—
5	TSC-R-5	35	96	468	4.87	—	49	114	410	3.59	—	—	—	—
6	TSC-R-6	14	216	468	2.16	○	14	368	410	1.11	○	—	—	—