

VI-2-6-5 計測装置の耐震性についての計算書

VI-2-6-5-1 起動領域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	9
4.1 固有値解析方法	9
4.2 解析モデル及び諸元	9
4.3 固有値解析結果	11
5. 地震応答解析及び構造強度評価	12
5.1 地震応答解析方法	12
5.2 構造強度評価方法	14
5.3 荷重の組合せ及び許容応力	14
5.3.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	14
5.3.2 許容応力	14
5.3.3 使用材料の許容応力評価条件	14
5.3.4 溶接部の継手効率	14
5.4 設計用地震力	19
5.5 計算方法	21
5.5.1 応力の計算方法	21
5.6 計算条件	26
5.6.1 起動領域モニタの応力計算条件	26
5.7 応力の評価方法	26
5.7.1 パイプの応力評価	26
6. 評価結果	27
6.1 設計基準対象施設としての評価結果	27
6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	27
7. 引用文献	27
8. 参照図書	27

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき、起動領域モニタが設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

起動領域モニタは、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

起動領域モニタの構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、起動領域モニタドライチューブに内包され、炉心領域に設置される。</p> <p>起動領域モニタドライチューブは、上端を上部格子板の穴に挿入し、プランジャ（ばね）により支持され、下端部は中性子束計測案内管に炉心支持板位置でリングにより支持される。</p> <p>炉心支持板より下方では、中性子束計測案内管及び中性子束計測ハウジングでガイドされ、中性子束計測ハウジング下端に取り付けられたフランジに固定される。</p>	<p>核分裂電離箱</p> <p>（起動領域モニタドライチューブは外径 の長尺円筒形の炉内構造物である。）</p>	<p>【起動領域モニタ】</p> <p style="text-align: right;">(単位：mm)</p>

2.2 評価方針

起動領域モニタの応力評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示す起動領域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、死荷重及び外圧による応力が許容限界内に収まることを、「5. 地震応答解析及び構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「6. 評価結果」に示す。

起動領域モニタの耐震評価フローを図2-1に示す。

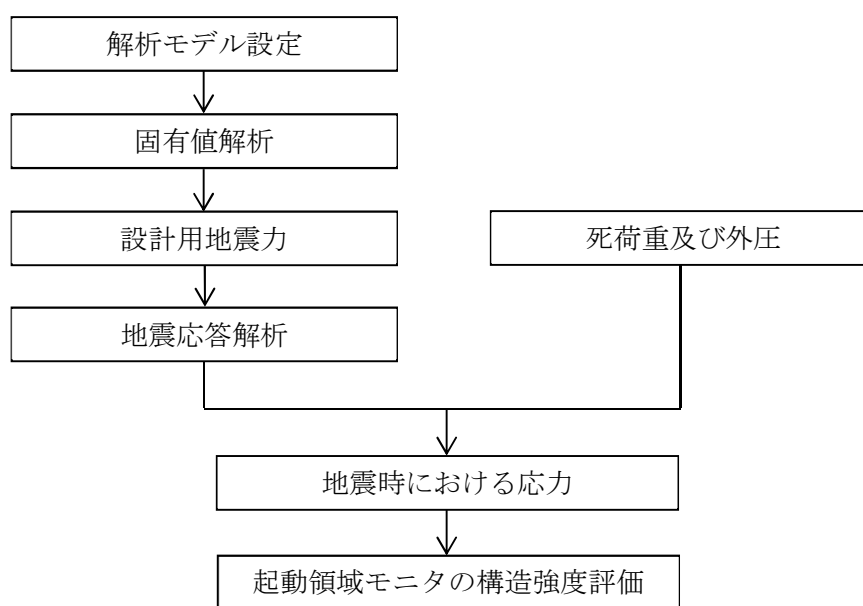


図2-1 起動領域モニタの耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

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

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A	断面積	mm ²
C _H	水平方向設計震度	—
C _V	鉛直方向設計震度	—
D _i	内径	mm
D _o	外径	mm
E	縦弾性係数	MPa
F _E	応力評価点のせん断力	N
H	水平力	N
I	断面二次モーメント	mm ⁴
L	解析モデル上のリングからプランジャ先端までの長さ	mm
ℓ	リングからチャンネルボックスに接触する点までの距離	mm
ℓ'	リングから応力評価点までの距離	mm
M _E	応力評価点の曲げモーメント	N・mm
P _B	チャンネルボックスからの支持反力	N
P _o	外圧	MPa
S ₁₂	主応力差 $\sigma_1 - \sigma_2$	MPa
S ₂₃	主応力差 $\sigma_2 - \sigma_3$	MPa
S ₃₁	主応力差 $\sigma_3 - \sigma_1$	MPa
S _m	設計応力強さ 設計・建設規格 付録材料図表 Part 5 表 1 に定める値	MPa
S _u	設計引張強さ 設計・建設規格 付録材料図表 Part 5 表 9 に定める値	MPa
V _D	死荷重による鉛直力	N
V _S	地震荷重による鉛直力	N
w	等分布荷重	N/mm
Y	外径と内径の比	—
δ _D	設計たわみ量	mm
η	溶接部の継手効率	—
ν	ポアソン比	—
σ ₁	主応力	MPa
σ ₂	主応力	MPa
σ ₃	主応力	MPa
σ _ℓ	軸方向応力	MPa
σ _r	半径方向応力	MPa
σ _t	周方向応力	MPa
τ _{ℓr}	せん断応力	MPa
τ _{rt}	せん断応力	MPa
τ _{tℓ}	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
長さ	mm	—	—	整数位* ¹
面積	mm ²	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁* ²
断面二次モーメント	mm ⁴	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁* ²
モーメント	N・mm	有効数字4桁目	切上げ	有効数字3桁* ²
力	N	有効数字4桁目	切上げ	有効数字3桁* ²
応力強さ	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位* ³

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。

なお、計算過程に用いる値の場合は、小数点以下第1位を四捨五入、整数位までの値とする。

*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設計応力強さ及び設計引張強さは、比例法により補間した値の小数点以下第1位を切捨て、整数位までの値とする。

3. 評価部位

起動領域モニタの耐震評価は、「5.2 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パイプについて実施する。起動領域モニタの耐震評価部位を図3-1に示す。

なお、応力評価点は構造の不連続を考慮して、応力評価上最も厳しい箇所を選び、応力評価点を含む断面を、応力評価面と呼ぶ。

また、地震荷重による応力が極大となる方位の応力評価点は(P01)と表し、極小となる方位の応力評価点にはプライム(')を付けて(P01')と表す。

一次応力の評価は、内外面の応力評価点を含む断面(応力評価面)について行う。

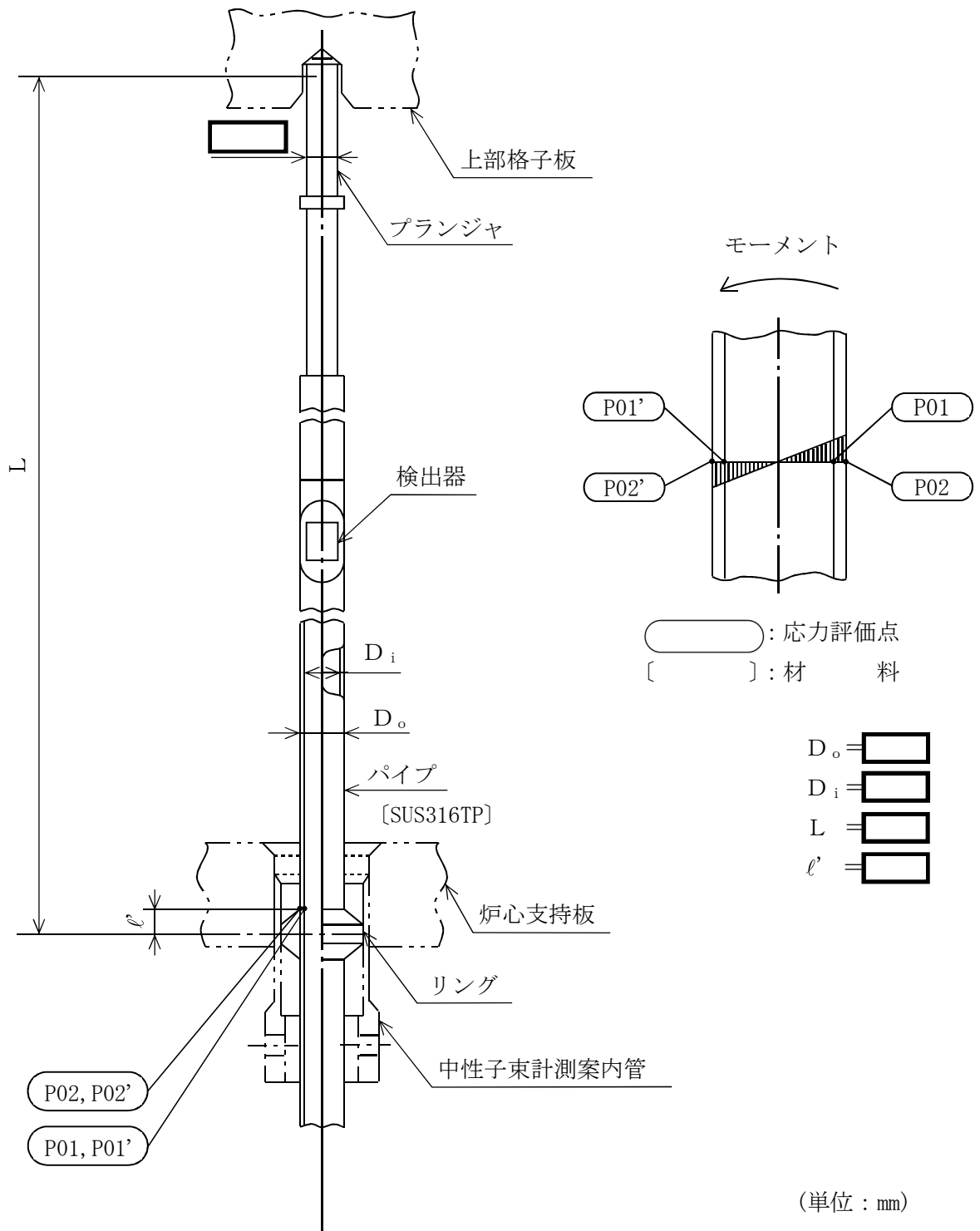


図 3-1 形状・寸法・材料・応力評価点

4. 固有周期

4.1 固有値解析方法

起動領域モニタの固有値解析方法を以下に示す。

- (1) 起動領域モニタは、「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

起動領域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【起動領域モニタ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) 強度上重要で、耐震上の条件が最も厳しくなる炉心支持板と上部格子板間の起動領域モニタドライチューブをモデル化する。

(2)

(3)

- (4) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

- (5) 計算機コードは、「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評価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。

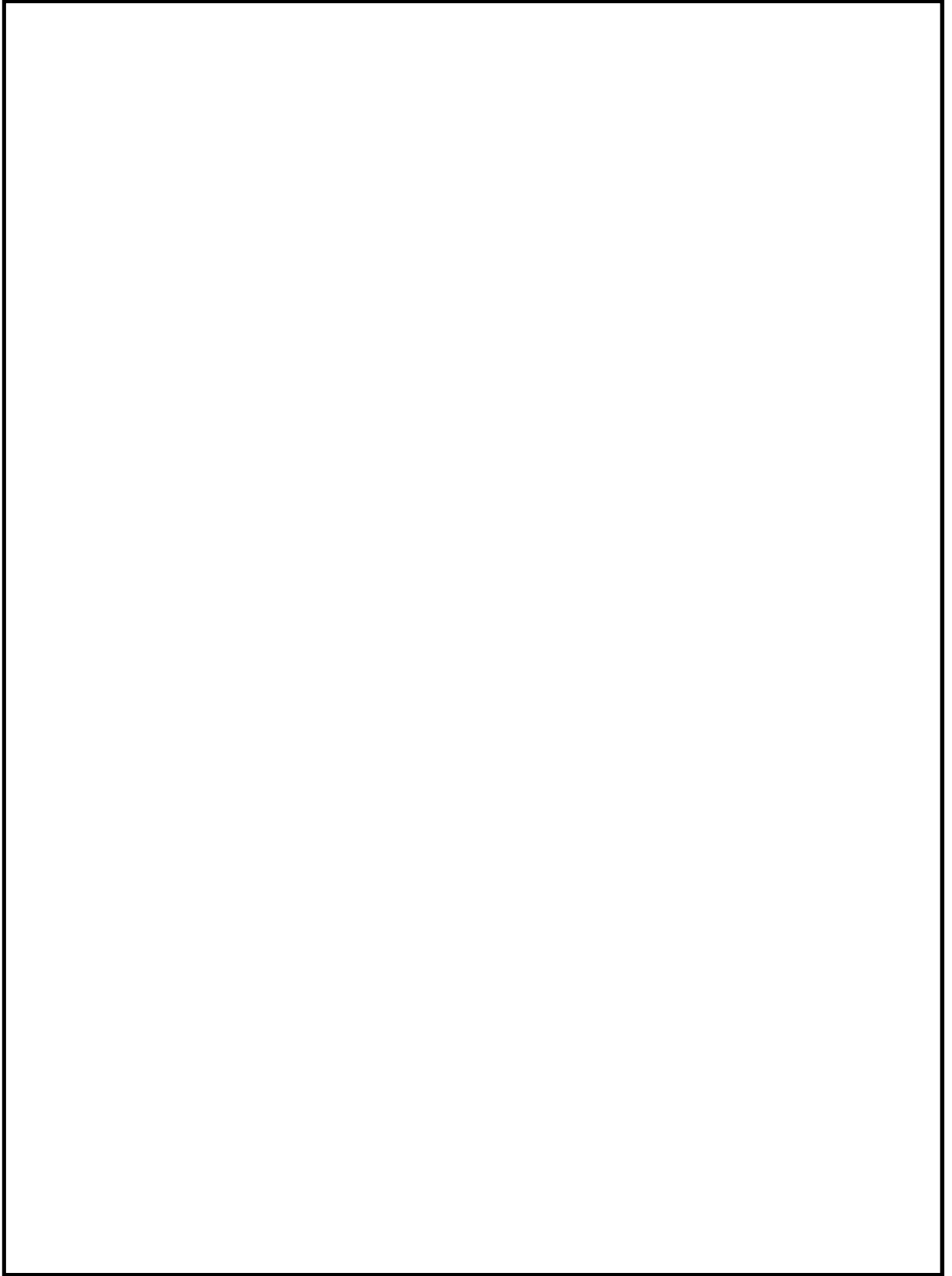


図 4-1 解析モデル

4.3 固有値解析結果

固有値解析結果を表 4-1 に、振動モード図を図 4-2 に示す。

また、鉛直方向の固有周期は 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)	刺激係数*1	
			水平方向*2	鉛直方向
1 次	水平			—
2 次	水平			—
3 次	水平		—	—

注記*1：固有値解析より得られる各次数の刺激係数に振動モードの最大値を乗じて求めた刺激関数を示す。

*2：X方向とZ方向は同一である。



図 4-2 振動モード図 (刺激関数モード)

5. 地震応答解析及び構造強度評価

5.1 地震応答解析方法

4.2 項(1)～(5)のほか、次の条件で計算する。

動的応答加速度は、スペクトルモーダル法により求めた応答加速度に、保守的に支持点の加速度（動的加速度と静的加速度の包絡値）を加えて求める。起動領域モニタの動的応答加速度分布図を図5-1及び図5-2に示す。

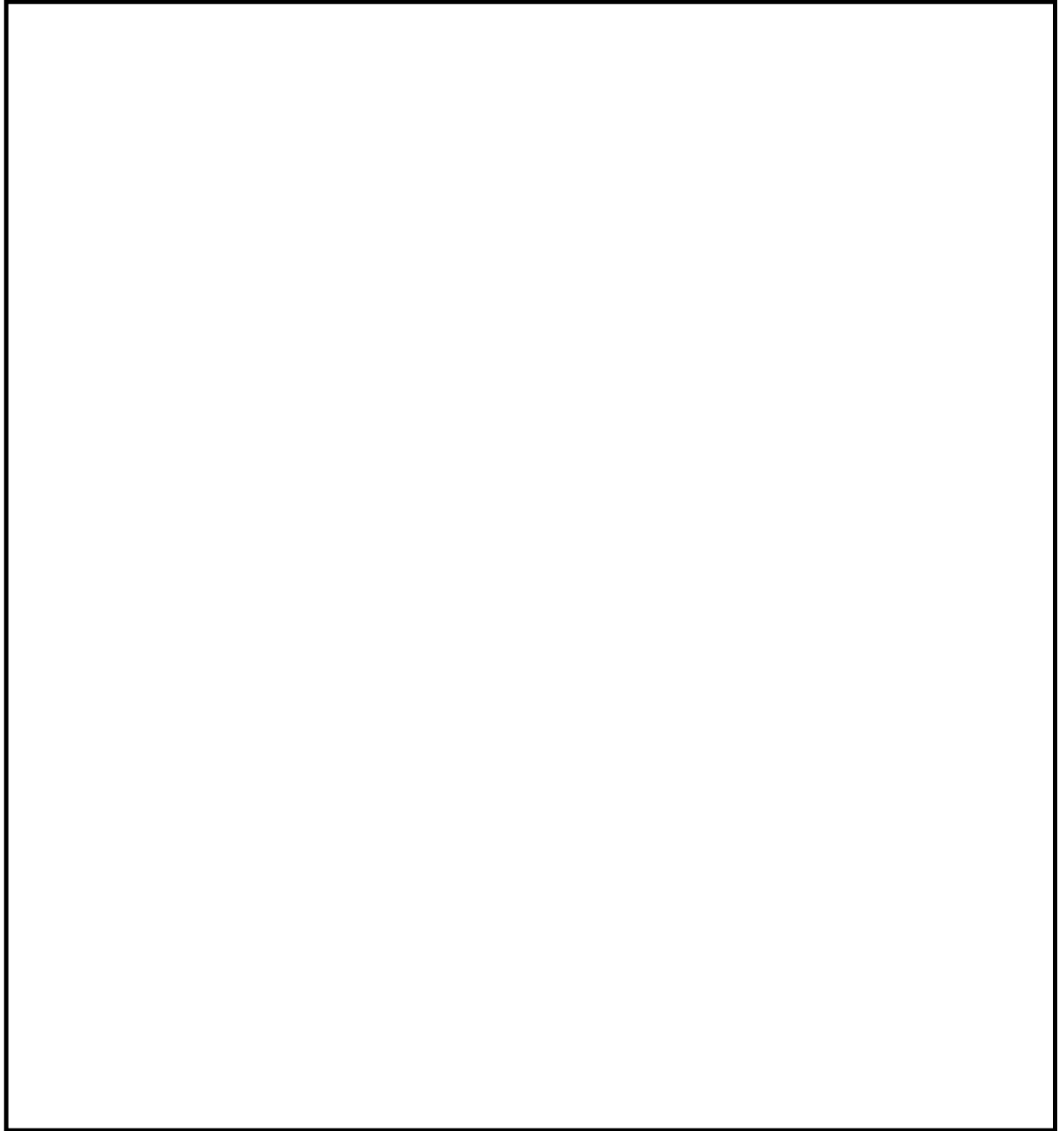


図5-1 動的応答加速度分布図（弾性設計用地震動S_d）

K6 ① VI-2-6-5-1 R0

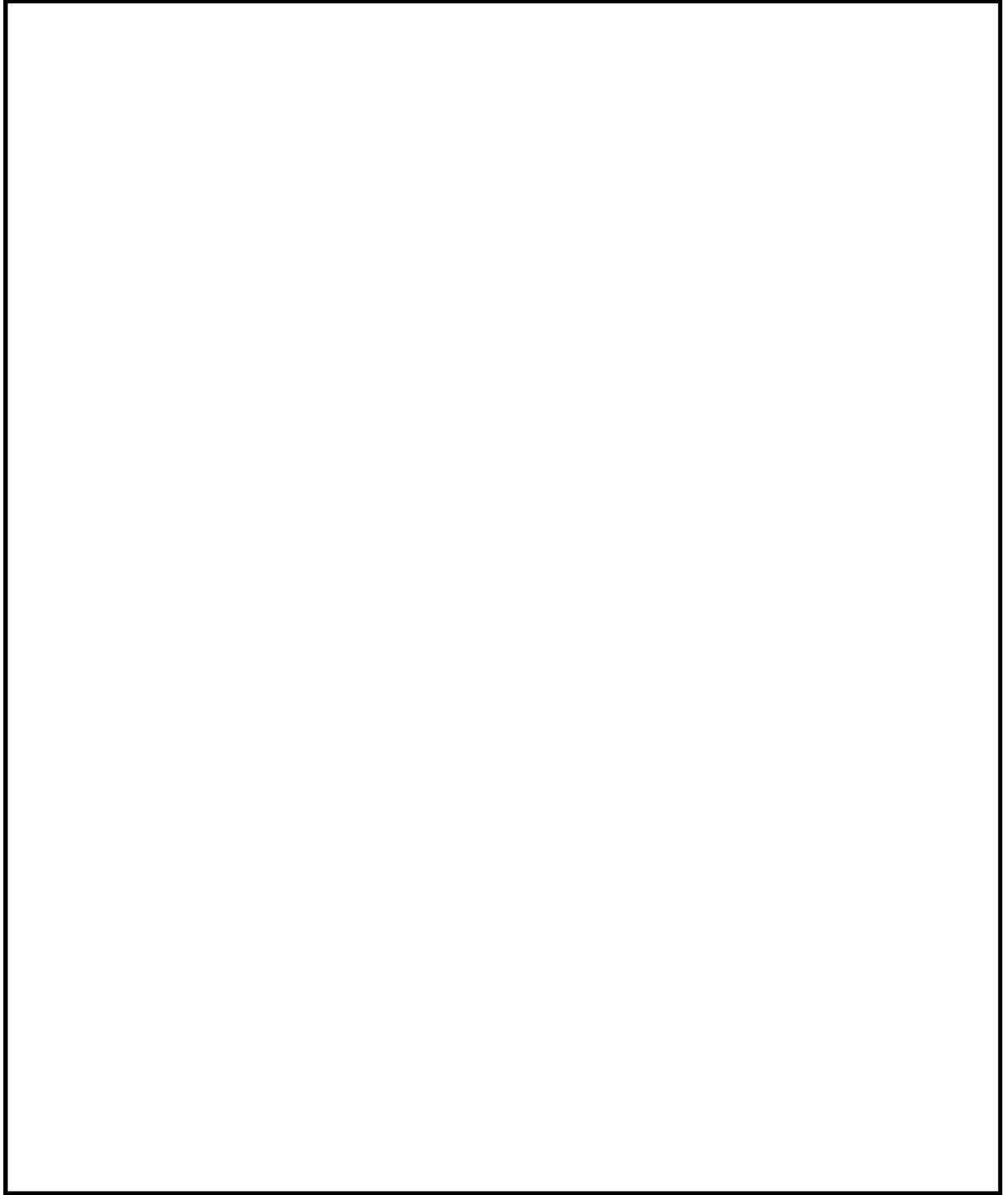


图 5-2 動的応答加速度分布図（基準地震動 S_s ）

5.2 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，起動領域モニタに対して，水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。

5.3 荷重の組合せ及び許容応力

5.3.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

起動領域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，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。

5.3.2 許容応力

起動領域モニタの許容応力は，VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 5-3 に示す。

5.3.3 使用材料の許容応力評価条件

起動領域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 5-4 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。

5.3.4 溶接部の継手効率

応力評価点は，溶接部でないため $\eta = 1.00$ を用いる。

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
計測制御 系統施設	計測 装置	起動領域モニタ	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	ⅢA S
					$D + P_D + M_D + S_s$	ⅣA S
計測制御 系統施設	原子炉非常 停止信号	原子炉周期 (ペリオド) 短	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	ⅢA S
					$D + P_D + M_D + S_s$	ⅣA S
計測制御 系統施設	原子炉非常 停止信号	中性子束計装動作不能	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	ⅢA S
					$D + P_D + M_D + S_s$	ⅣA S

注記*：原子炉圧力容器内部に位置するため、炉内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
計測制御 系統施設	計測 装置	起動領域モニタ	常設耐震／防止	—*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を示す。

*2：原子炉圧力容器内部に位置するため、炉内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 (炉内構造物)

許容応力状態	許容限界* (ボルト等以外)	
	一次一般膜応力	一次一般膜+一次曲げ応力
ⅢAS	$1.5 \cdot S_m$	左欄の 1.5 倍の値
ⅣAS	$\frac{2}{3} \cdot S_u$	左欄の 1.5 倍の値
ⅤAS (ⅤASとしてⅣAS の許容限界を用いる。)	ただし、オーステナイト系 ステンレス鋼及び高ニッケル 合金については $\frac{2}{3} \cdot S_u$ と $2.4 \cdot S_m$ の小さい方。	

注記*：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）

評価部位	材料	温度条件 (°C)		S _m (MPa)	S _u (MPa)
パイプ	SUS316TP	流体の最高温度	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

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）

評価部位	材料	温度条件 (°C)		S _m (MPa)	S _u (MPa)
パイプ	SUS316TP	流体の最高温度	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

5.4 設計用地震力

耐震評価に用いる設計用地震力を表 5-6 及び表 5-7 に示す。

「弾性設計用地震動 S d 又は静的震度」及び「基準地震動 S s」による地震力は、VI-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。また、減衰定数は、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

表 5-6 設計用地震力（設計基準対象施設）

据付場所及び床面高さ (m)		原子炉格納容器 T.M.S.L. 14. 379* ¹					
固有周期 (s) * ²		水平：□ 鉛直：0.05 以下					
減衰定数 (%)		水平：1.0 鉛直：—					
地震力		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度			基準地震動 S s		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度* ³		応答鉛直震度* ³	応答水平震度* ⁴		応答鉛直震度* ⁴
		NS 方向	EW 方向		NS 方向	EW 方向	
1 次	□	2.11	2.11	—	4.76	4.76	—
2 次	□	1.47	1.47	—	2.95	2.95	—
3 次	□	—	—	—	—	—	—
動的地震力* ⁵		0.59	0.59	0.53	1.30	1.30	1.06
静的地震力* ⁶		0.74	0.74	0.29	—	—	—

注記*1：炉心シュラウド内の高さ

*2：1 次固有周期について記載

*3：各モードの固有周期に対し，設計用床応答曲線（S d）より得られる震度を示す。

*4：各モードの固有周期に対し，設計用床応答曲線（S s）より得られる震度を示す。

*5：S s 又は S d に基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。

*6：静的震度（ $3.6 \cdot C_i$ 及び $1.2 \cdot C_v$ ）を示す。

表 5-7 設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所及び 床面高さ(m)		原子炉格納容器 T. M. S. L. 14. 379* ¹					
固有周期(s) * ²		水平：□ □ □ □ 鉛直：0.05 以下					
減衰定数(%)		水平：1.0 鉛直：—					
地震力		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度			基準地震動 S _s		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度		応答鉛直 震度	応答水平震度* ³		応答鉛直 震度* ³
		NS 方向	EW 方向		NS 方向	EW 方向	
1 次	□ □ □ □	—	—	—	4.76	4.76	—
2 次	□ □ □ □	—	—	—	2.95	2.95	—
3 次	□ □ □ □	—	—	—	—	—	—
動的地震力* ⁴		—	—	—	1.30	1.30	1.06
静的地震力		—	—	—	—	—	—

注記*1：炉心シュラウド内の高さ

*2：1 次固有周期について記載

*3：各モードの固有周期に対し，設計用床応答曲線（S_s）より得られる震度を示す。

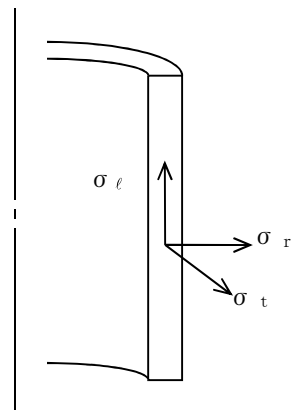
*4：S_sに基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。

5.5 計算方法

5.5.1 応力の計算方法

起動領域モニタの応力計算における，応力の記号とその方向は，以下のとおりとする。

- σ_t : 周方向応力
- σ_ℓ : 軸方向応力
- σ_r : 半径方向応力
- $\tau_{t\ell}$: せん断応力



起動領域モニタに作用する外圧を表 5-8，死荷重を表 5-9 及び地震荷重を表 5-10 に示す。

以下，外圧，死荷重及び地震荷重による応力をそれぞれ求める。

表 5-8 起動領域モニタに作用する外圧

許容応力状態	外圧
	P_0 (MPa)
Ⅲ A S	
Ⅳ A S	
Ⅴ A S	

表 5-9 起動領域モニタに作用する死荷重

荷重名称	鉛直力*
	V_D (N)
死荷重	□

注記*：検出器質量及びばねによる荷重を考慮する。

表 5-10 起動領域モニタに作用する地震荷重

荷重名称	鉛直力* ¹	水平力* ¹ , * ²	地震時 起動領域モニタ 設計たわみ量* ³
	V_s (N)	H (N)	δ_D (mm)
弾性設計用地震動 S _d 又は静的地震力	□	□	□
基準地震動 S _s	□	□	□

注記*¹：検出器質量を考慮する。

*²：水平力Hは質量と動的応答加速度の積であり起動領域モニタに一樣に加わる。

*³：燃料集合体の相対変位（地震時たわみ量）及び水平移動量と起動領域モニタの移動量の合計。燃料集合体の相対変位はVI-2-3-1「炉心，原子炉圧力容器及び圧力容器内部構造物の地震応答計算書」に基づき設定する。



5.5.1.1 外圧による応力

(1) 一次一般膜応力

外圧 P_o による一次一般膜応力は、下式により計算する。

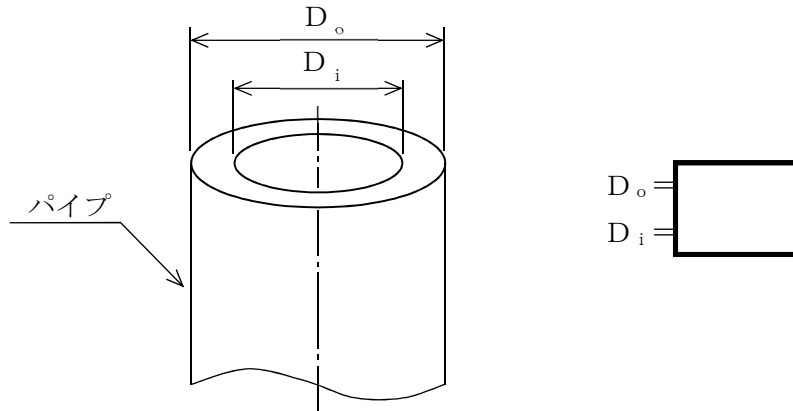
$$\sigma_t = -\frac{Y}{Y-1} \cdot P_o \quad \dots\dots\dots (5.5.1.1.1)$$

$$\sigma_\ell = -\frac{Y^2}{Y^2-1} \cdot P_o \quad \dots\dots\dots (5.5.1.1.2)$$

$$\sigma_r = -\frac{Y}{Y+1} \cdot P_o \quad \dots\dots\dots (5.5.1.1.3)$$

ここで、外径と内径の比 Y は、次式により求める。

$$Y = \frac{D_o}{D_i} \quad \dots\dots\dots (5.5.1.1.4)$$



(2) 一次一般膜+一次曲げ応力

外圧 P_o による一次曲げ応力は、存在しない。したがって、一次一般膜+一次曲げ応力は、一次一般膜応力と同じである。

5.5.1.2 死荷重による応力

死荷重による応力は、下式により計算する。

$$\sigma_\ell = -\frac{V_D}{A} \quad \dots\dots\dots (5.5.1.2.1)$$

5.5.1.3 地震荷重による応力

(1) 水平方向地震荷重による応力



応力計算モデルを，図 5-3 に示す。



応力評価点の曲げモーメント M_E ，せん断力 F_E は下式により求める。

$$M_E = P_B \cdot (\ell - \ell') - \frac{1}{2} \cdot w \cdot (\ell - \ell')^2 \dots\dots\dots (5.5.1.3.1)$$

$$F_E = w \cdot (\ell - \ell') - P_B \dots\dots\dots (5.5.1.3.2)$$

ここで， P_B ， w ， ℓ は，下式により求める。

$$P_B = \frac{w \cdot \ell}{3} \dots\dots\dots (5.5.1.3.3)$$

$$w = \frac{H}{L} \dots\dots\dots (5.5.1.3.4)$$

$$\ell = \left(\frac{72 \cdot \delta_D \cdot E \cdot I}{w} \right)^{\frac{1}{4}} \dots\dots\dots (5.5.1.3.5)$$

したがって，応力評価点に生じる一次曲げ応力は，次式により計算する。

$$\sigma_{\ell} = \pm \frac{M_E}{I} \cdot \frac{D_o}{2} \dots\dots\dots (5.5.1.3.6)$$

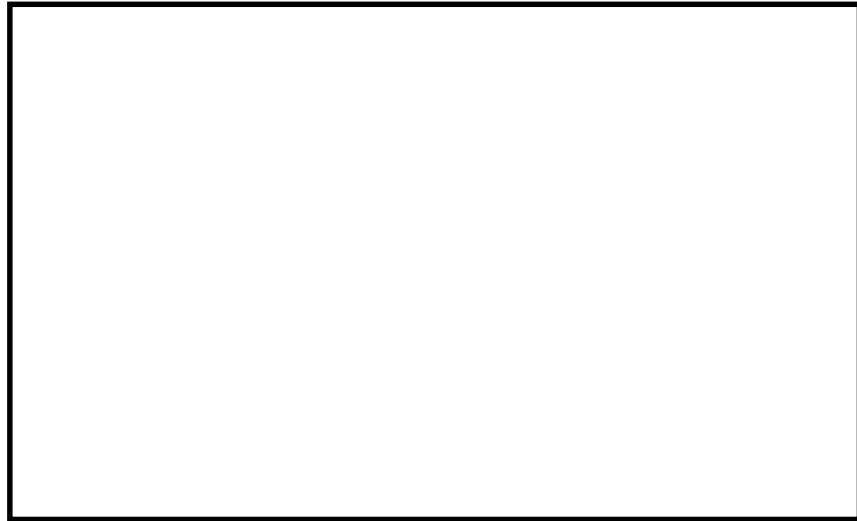
また，応力評価点に生じる一次一般膜応力は，次式により計算する。

$$\tau_{t\ell} = \pm \frac{F_E}{A} \dots\dots\dots (5.5.1.3.7)$$

(2) 鉛直方向地震荷重による応力

鉛直方向地震荷重による応力は、次式により計算する。

$$\sigma_{\ell} = -\frac{V_s}{A} \dots\dots\dots (5.5.1.3.8)$$



(単位：mm)

図5-3 水平方向地震荷重による応力の計算モデル

5.5.1.4 主応力及び応力強さ

(1) 主応力

計算した応力は、応力の分類ごとに重ね合わせ、組合せ応力を求める。

組合せ応力は、一般に $\sigma_t, \sigma_{\ell}, \sigma_r, \tau_{t\ell}, \tau_{\ell r}, \tau_{rt}$ の6成分を持つが、主応力 σ は、「7. 引用文献」(1)の1・3・6項により、次式を満足する3根 $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ として計算する。

$$\begin{aligned} &\sigma^3 - (\sigma_t + \sigma_{\ell} + \sigma_r) \cdot \sigma^2 + (\sigma_t \cdot \sigma_{\ell} + \sigma_{\ell} \cdot \sigma_r + \sigma_r \cdot \sigma_t - \tau_{t\ell}^2 \\ &- \tau_{\ell r}^2 - \tau_{rt}^2) \cdot \sigma - \sigma_t \cdot \sigma_{\ell} \cdot \sigma_r + \sigma_t \cdot \tau_{\ell r}^2 + \sigma_{\ell} \cdot \tau_{rt}^2 \\ &+ \sigma_r \cdot \tau_{t\ell}^2 - 2 \cdot \tau_{t\ell} \cdot \tau_{\ell r} \cdot \tau_{rt} = 0 \dots\dots\dots (5.5.1.4.1) \end{aligned}$$

(2) 応力強さ

以下の3つの主応力差の絶対値で最大のものを応力強さとする。

$$S_{12} = \sigma_1 - \sigma_2 \dots\dots\dots (5.5.1.4.2)$$

$$S_{23} = \sigma_2 - \sigma_3 \dots\dots\dots (5.5.1.4.3)$$

$$S_{31} = \sigma_3 - \sigma_1 \dots\dots\dots (5.5.1.4.4)$$

5.6 計算条件

5.6.1 起動領域モニタの応力計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【起動領域モニタの耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.7 応力の評価方法

5.7.1 パイプの応力評価

5.5.1項で求めたパイプの各応力強さが下表で定めた許容応力以下であること。

	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度による荷重との組合せの場合	基準地震動 S_s による荷重との組合せの場合
一次一般膜応力の許容応力	$1.5 \cdot S_m$	$\frac{2}{3} \cdot S_u$ ただし、オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については $\frac{2}{3} \cdot S_u$ と $2.4 \cdot S_m$ の小さい方。
一次一般膜＋一次曲げ応力の許容応力	上欄の1.5倍の値	上欄の1.5倍の値

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

起動領域モニタの設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。

発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し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

起動領域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。

7. 引用文献

- (1) 機械工学便覧 基礎編 α3 (日本機械学会)

8. 参照図書

- (1) 柏崎刈羽原子力発電所第6号機 第5回工事計画認可申請書 添付書類
 - a. IV-2-3-2-1 起動領域モニタドライチューブの耐震性についての計算書

【起動領域モニタの耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度 分類	据付場所及び 床面高さ(m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		流体の最高温度 (°C)		外圧(MPa)	
			水平 方向	鉛直 方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	ⅢA S	ⅣA S	ⅢA S	ⅣA S
起動領域モニタ	S	原子炉格納容器 T.M.S.L. 1.658 (T.M.S.L. 14.379* ¹)	□	0.05 以下	C _H =0.74 又は* ²	C _V =0.53	C _H =1.30 又 は* ³	C _V =1.06	□	□	□	□

注記*1: 基準床レベルを示す。

*2: 弾性設計用地震動 S_dに基づく設計用床応答曲線から得られる値。

*3: 基準地震動 S_sに基づく設計用床応答曲線から得られる値。

1.2 機器要目

部材	V _D (N)	D _o (mm)	D _i (mm)	A (mm ²)	I (mm ⁴)	E (MPa)	L (mm)	ℓ' (mm)	S _m (MPa)	S _u (MPa)
パイプ	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□

1.3 計算数値

部材	V _s (N)		H (N)		δ _D (mm)		w (N/mm)	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
パイプ	□	□	□	□	□	□	□	□

部材	ℓ (mm)		P _B (N)		F _E (N)		M _E (N・mm)	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
パイプ	□	□	□	□	□	□	□	□

1.4 結論

1.4.1 パイプの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	応力評価面	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
パイプ	SUS316TP	一次一般膜応力強さ	P01-P02	34	178	34	284
			P01'-P02'	34	178	34	284
		一次一般膜＋一次曲げ 応力強さ	P01-P02	120	268	202	427
			P01'-P02'	123	268	205	427

すべて許容応力以下である。

1.5 その他の機器要目

(1) 材料物性値

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	SUS316TP
縦弾性係数	E	MPa	<input type="text"/>
ポアソン比	ν	—	0.3
要素数	—	個	10
節点数	—	個	11
継手効率	η	—	1.00

(2) 要素の断面性状

要素番号	断面積 (mm^2)	断面二次 モーメント (mm^4)
1	<input type="text"/>	<input type="text"/>
2	<input type="text"/>	<input type="text"/>
3	<input type="text"/>	<input type="text"/>
4	<input type="text"/>	<input type="text"/>
5	<input type="text"/>	<input type="text"/>
6	<input type="text"/>	<input type="text"/>
7	<input type="text"/>	<input type="text"/>
8	<input type="text"/>	<input type="text"/>
9	<input type="text"/>	<input type="text"/>
10	<input type="text"/>	<input type="text"/>

(3) 節点の座標及び質量

節点番号	座標 (mm)	節点質量 (t)
1	<input type="text"/>	<input type="text"/>
2	<input type="text"/>	<input type="text"/>
3	<input type="text"/>	<input type="text"/>
4	<input type="text"/>	<input type="text"/>
5	<input type="text"/>	<input type="text"/>
6	<input type="text"/>	<input type="text"/>
7	<input type="text"/>	<input type="text"/>
8	<input type="text"/>	<input type="text"/>
9	<input type="text"/>	<input type="text"/>
10	<input type="text"/>	<input type="text"/>
11	<input type="text"/>	<input type="text"/>

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び 床面高さ(m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		流体の最高温度 (°C)	外圧(MPa)
			水平 方向	鉛直 方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	V _A S	V _A S
起動領域モニタ	常設耐震 /防止	原子炉格納容器 T.M.S.L. 1.658 (T.M.S.L. 14.379* ¹)	□	0.05 以下	—	—	C _H =1.30 又は*2	C _V =1.06	□	□

注記*1: 基準床レベルを示す。

*2: 基準地震動 S_s に基づく設計用床応答曲線から得られる値。

2.2 機器要目

部材	V _D (N)	D _o (mm)	D _i (mm)	A (mm ²)	I (mm ⁴)	E (MPa)	L (mm)	ℓ' (mm)	S _m (MPa)	S _u (MPa)
パイプ	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□

2.3 計算数値

部材	V _s (N)		H (N)		δ _D (mm)		w (N/mm)	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
パイプ	□	□	□	□	□	□	□	□

部材	ℓ (mm)		P _B (N)		F _E (N)		M _E (N・mm)	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
パイプ	□	□	□	□	□	□	□	□

2.4 結論

2.4.1 パイプの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	応力評価面	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
パイプ	SUS316TP	一次一般膜応力強さ	P01-P02	—	—	39	284
			P01'-P02'	—	—	39	284
		一次一般膜＋一次曲げ 応力強さ	P01-P02	—	—	204	426
			P01'-P02'	—	—	207	426

すべて許容応力以下である。

2.5 その他の機器要目

(1) 材料物性値

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	SUS316TP
縦弾性係数	E	MPa	<input type="text"/>
ポアソン比	ν	—	0.3
要素数	—	個	10
節点数	—	個	11
継手効率	η	—	1.00

(2) 要素の断面性状

要素番号	断面積 (mm ²)	断面二次 モーメント (mm ⁴)
1	<input type="text"/>	<input type="text"/>
2	<input type="text"/>	<input type="text"/>
3	<input type="text"/>	<input type="text"/>
4	<input type="text"/>	<input type="text"/>
5	<input type="text"/>	<input type="text"/>
6	<input type="text"/>	<input type="text"/>
7	<input type="text"/>	<input type="text"/>
8	<input type="text"/>	<input type="text"/>
9	<input type="text"/>	<input type="text"/>
10	<input type="text"/>	<input type="text"/>

(3) 節点の座標及び質量

節点番号	座標 (mm)	節点質量 (t)
1	<input type="text"/>	<input type="text"/>
2	<input type="text"/>	<input type="text"/>
3	<input type="text"/>	<input type="text"/>
4	<input type="text"/>	<input type="text"/>
5	<input type="text"/>	<input type="text"/>
6	<input type="text"/>	<input type="text"/>
7	<input type="text"/>	<input type="text"/>
8	<input type="text"/>	<input type="text"/>
9	<input type="text"/>	<input type="text"/>
10	<input type="text"/>	<input type="text"/>
11	<input type="text"/>	<input type="text"/>

VI-2-6-5-2 出力領域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	9
4.1 固有値解析方法	9
4.2 解析モデル及び諸元	9
4.3 固有値解析結果	11
5. 地震応答解析及び構造強度評価	12
5.1 地震応答解析方法	12
5.2 構造強度評価方法	14
5.3 荷重の組合せ及び許容応力	14
5.3.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	14
5.3.2 許容応力	14
5.3.3 使用材料の許容応力評価条件	14
5.3.4 溶接部の継手効率	14
5.4 設計用地震力	20
5.5 計算方法	22
5.5.1 応力の計算方法	22
5.6 計算条件	27
5.6.1 出力領域モニタの応力計算条件	27
5.7 応力の評価方法	27
5.7.1 出力領域モニタの応力評価	27
6. 評価結果	28
6.1 設計基準対象施設としての評価結果	28
6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	28
7. 引用文献	28
8. 参照図書	28

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき、出力領域モニタが設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

出力領域モニタは、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

出力領域モニタの構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、カバーチューブに内包され、炉心領域に設置される。</p> <p>カバーチューブは、上端を上部格子板の穴に挿入し、プランジャ（ばね）により支持され、下端部は中性子束計測案内管に炉心支持板位置でリングにより支持される。</p> <p>炉心支持板より下方では、中性子束計測案内管及び中性子束計測ハウジングでガイドされ、中性子束計測ハウジング下端に取り付けられたフランジに固定される。</p>	<p>核分裂電離箱</p> <p>（出力領域モニタのカバーチューブは、外形を上部格子板の穴に挿入し、の長尺円筒形の炉内構造物である。</p> <p>校正用導管はカバーチューブに内蔵された外形の長尺円筒形構造物である。）</p>	<p>【出力領域モニタ】</p> <p style="text-align: right;">(単位：mm)</p>

2.2 評価方針

出力領域モニタの応力評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示す出力領域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、死荷重及び外圧による応力が許容限界内に収まることを、「5. 地震応答解析及び構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「6. 評価結果」に示す。

出力領域モニタの耐震評価フローを図2-1に示す。

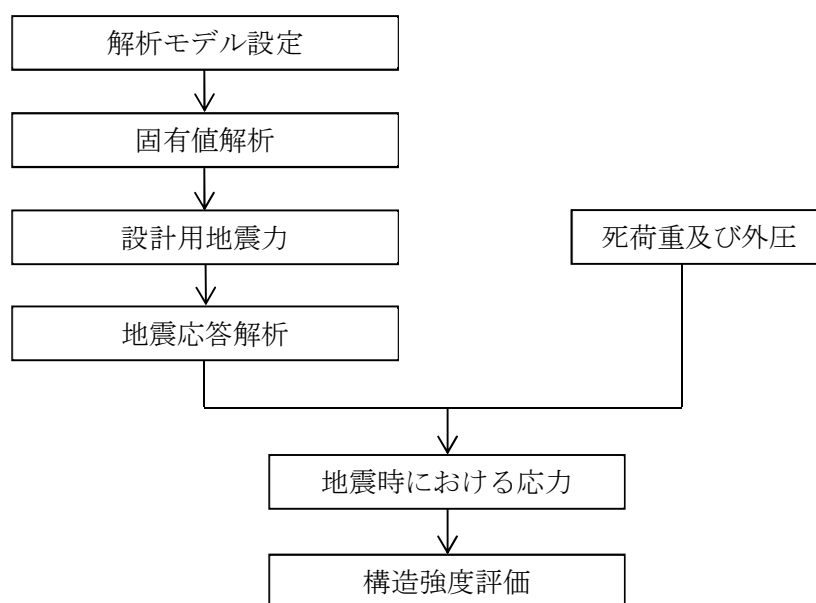


図2-1 出力領域モニタの耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

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

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A	断面積	mm ²
C _H	水平方向設計震度	—
C _V	鉛直方向設計震度	—
D _i	内径	mm
D _o	外径	mm
E	縦弾性係数	MPa
F _E	応力評価点のせん断力	N
H	水平力	N
I	断面二次モーメント	mm ⁴
L	解析モデル上のリングからプランジヤ先端までの長さ	mm
ℓ	リングからチャンネルボックスに接触する点までの距離	mm
ℓ'	リングから応力評価点までの距離	mm
M _E	応力評価点の曲げモーメント	N・mm
P _B	チャンネルボックスからの支持反力	N
P _O	外圧	MPa
S ₁₂	主応力差 $\sigma_1 - \sigma_2$	MPa
S ₂₃	主応力差 $\sigma_2 - \sigma_3$	MPa
S ₃₁	主応力差 $\sigma_3 - \sigma_1$	MPa
S _m	設計応力強さ 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表1 に定める値	MPa
S _u	設計引張強さ 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9 に定める値	MPa
V _D	死荷重による鉛直力	N
V _S	地震荷重による鉛直力	N
w	等分布荷重	N/mm
Y	外径と内径の比	—
δ _D	設計たわみ量	mm
η	溶接部の継手効率	—
ν	ポアソン比	—
σ ₁	主応力	MPa
σ ₂	主応力	MPa
σ ₃	主応力	MPa
σ _ℓ	軸方向応力	MPa
σ _r	半径方向応力	MPa
σ _t	周方向応力	MPa
τ _{ℓr}	せん断応力	MPa
τ _{rt}	せん断応力	MPa
τ _{tℓ}	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
長さ	mm	—	—	整数位*1
面積	mm ²	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁*2
断面二次モーメント	mm ⁴	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁*2
モーメント	N・mm	有効数字 4 桁目	切上げ	有効数字 3 桁*2
力	N	有効数字 4 桁目	切上げ	有効数字 3 桁*2
応力強さ	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間における設計応力強さ及び設計引張強さは、比例法により補間した値の小数点以下第 1 位を切捨て、整数位までの値とする。

3. 評価部位

出力領域モニタの耐震評価は、「5.2 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カバーチューブと校正用導管について実施する。出力領域モニタの耐震評価部位を図 3-1 に示す。

なお、応力評価点は構造の不連続を考慮して、応力評価上最も厳しい箇所を選び、応力評価点を含む断面を、応力評価面と呼ぶ。

また、地震荷重による応力が極大となる方位の応力評価点は (P01, P03) と表し、極小となる方位の応力評価点にはプライム (') を付けて (P01', P03') と表す。

一次応力の評価は、内外面の応力評価点を含む断面 (応力評価面) について行う。

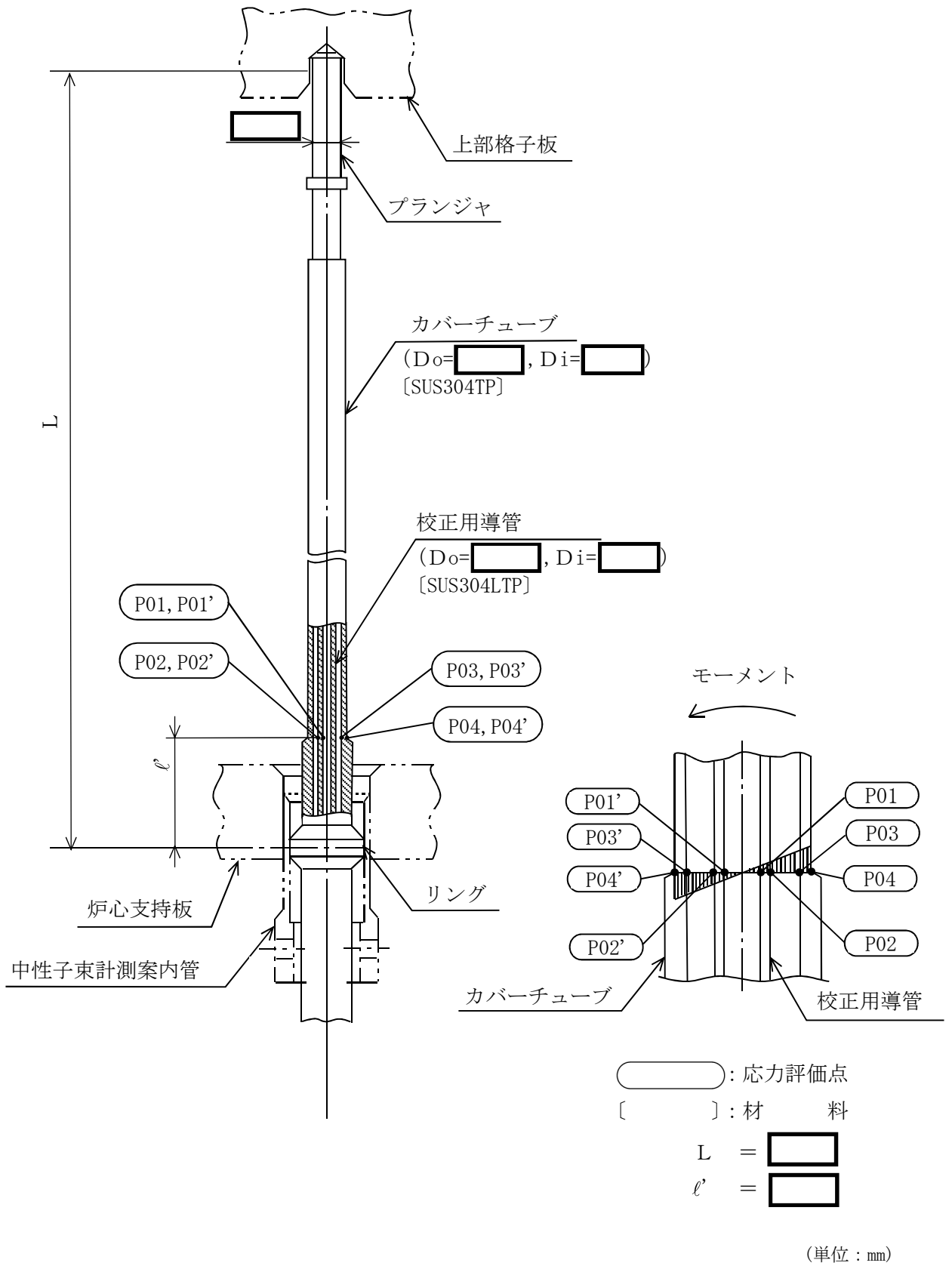


図 3-1 形状・寸法・材料・応力評価点

4. 固有周期

4.1 固有値解析方法

出力領域モニタの固有値解析方法を以下に示す。

- (1) 出力領域モニタは、「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

出力領域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【出力領域モニタ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) 強度上重要で、耐震上の条件が最も厳しくなる炉心支持板と上部格子板間の出力領域モニタをモデル化する。

(2)

- (3) 校正用導管は、カバーチューブに内蔵されており、炉心支持板と上部格子板間でカバーチューブと一定の間隔が維持される構造となっている。地震時には、カバーチューブと校正用導管は一体で振動する。

(4)

- (5) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
- (6) 計算機コードは、「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。

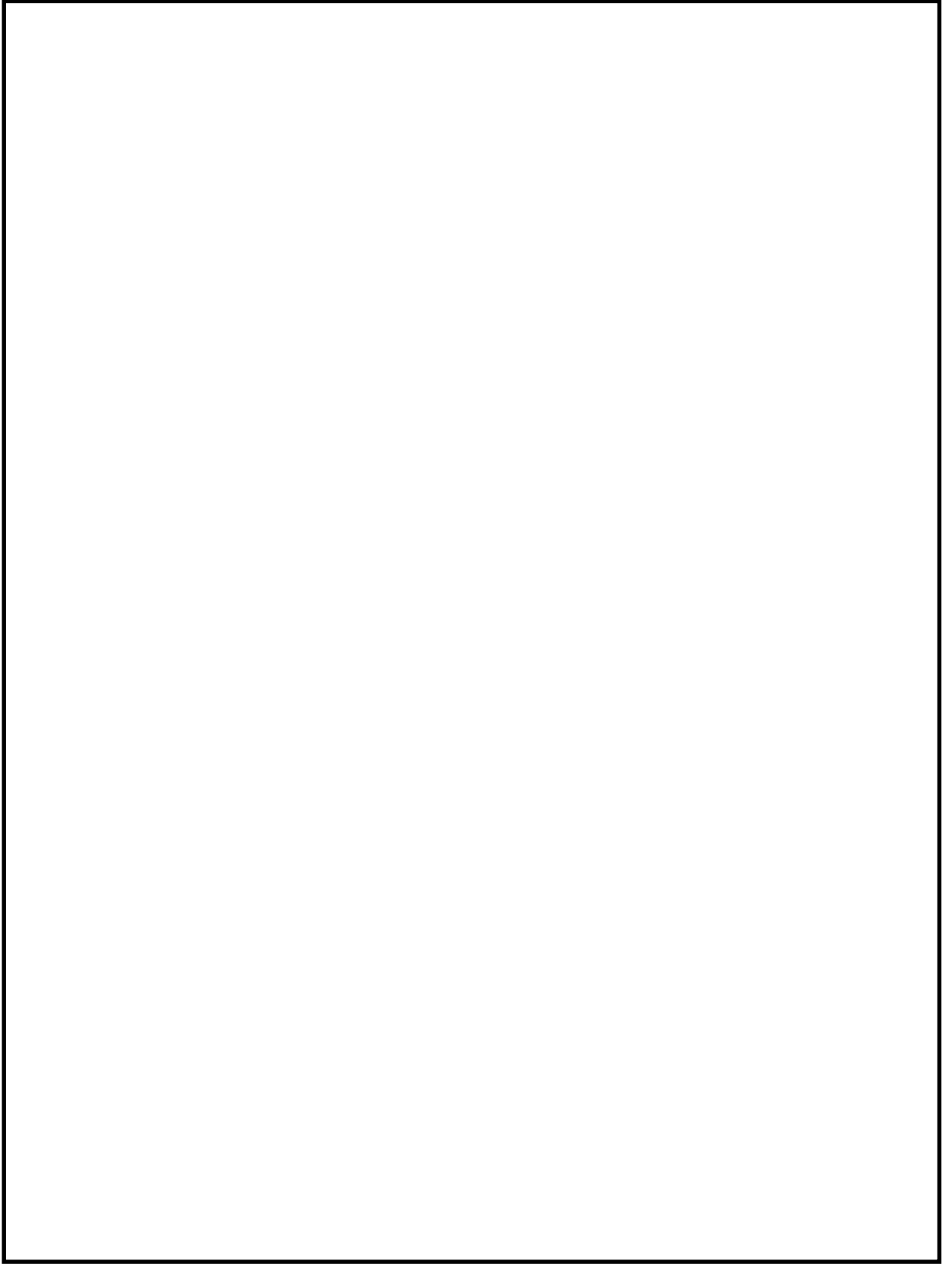


図 4-1 解析モデル

4.3 固有値解析結果

固有値解析の結果を表 4-1 に、振動モード図を図 4-2 に示す。

また、鉛直方向の固有周期は 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)	刺激係数*1	
			水平方向*2	鉛直方向
1 次	水平			—
2 次	水平			—
3 次	水平		—	—

注記*1：固有値解析より得られる各次数の刺激係数に振動モードの最大値を乗じて求めた刺激関数を示す。

*2：X方向とZ方向は同一である。

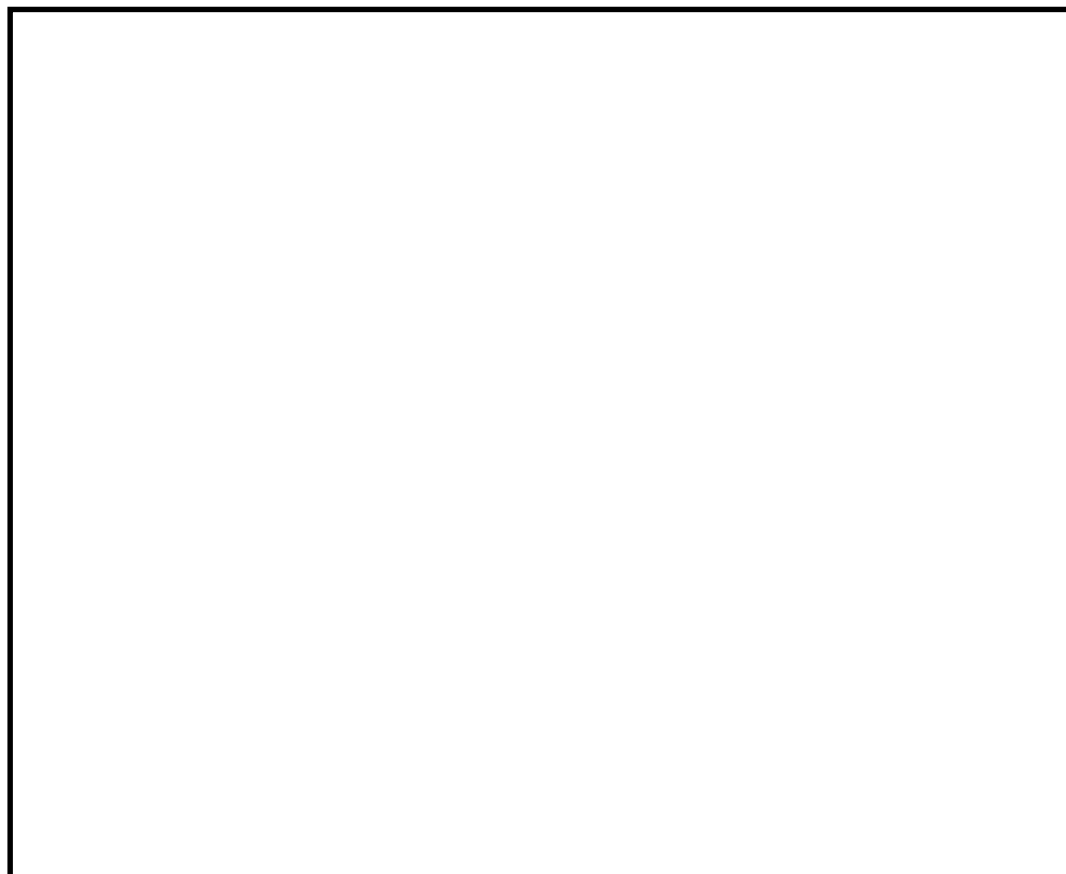


図 4-2 振動モード図 (刺激関数モード)

5. 地震応答解析及び構造強度評価

5.1 地震応答解析方法

4.2 項(1)～(6)のほか、次の条件で計算する。

動的応答加速度は、スペクトルモーダル法により求めた応答加速度に、保守的に支持点の加速度（動的加速度と静的加速度の包絡値）を加えて求める。出力領域モニタの動的応答加速度分布図を図5-1及び図5-2に示す。

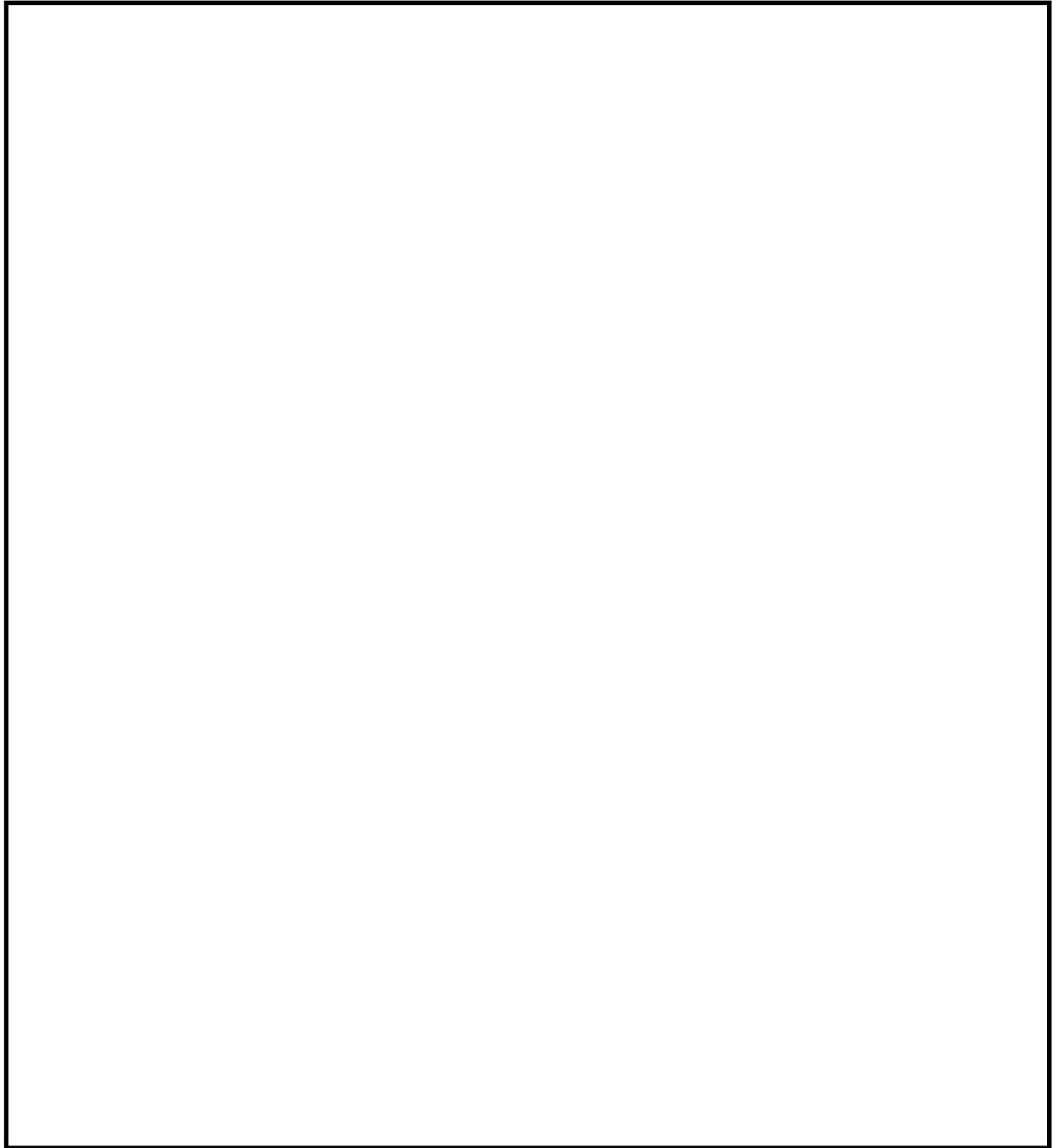


図5-1 動的応答加速度分布図（弾性設計用地震動S d）

K6 ① VI-2-6-5-2 R0

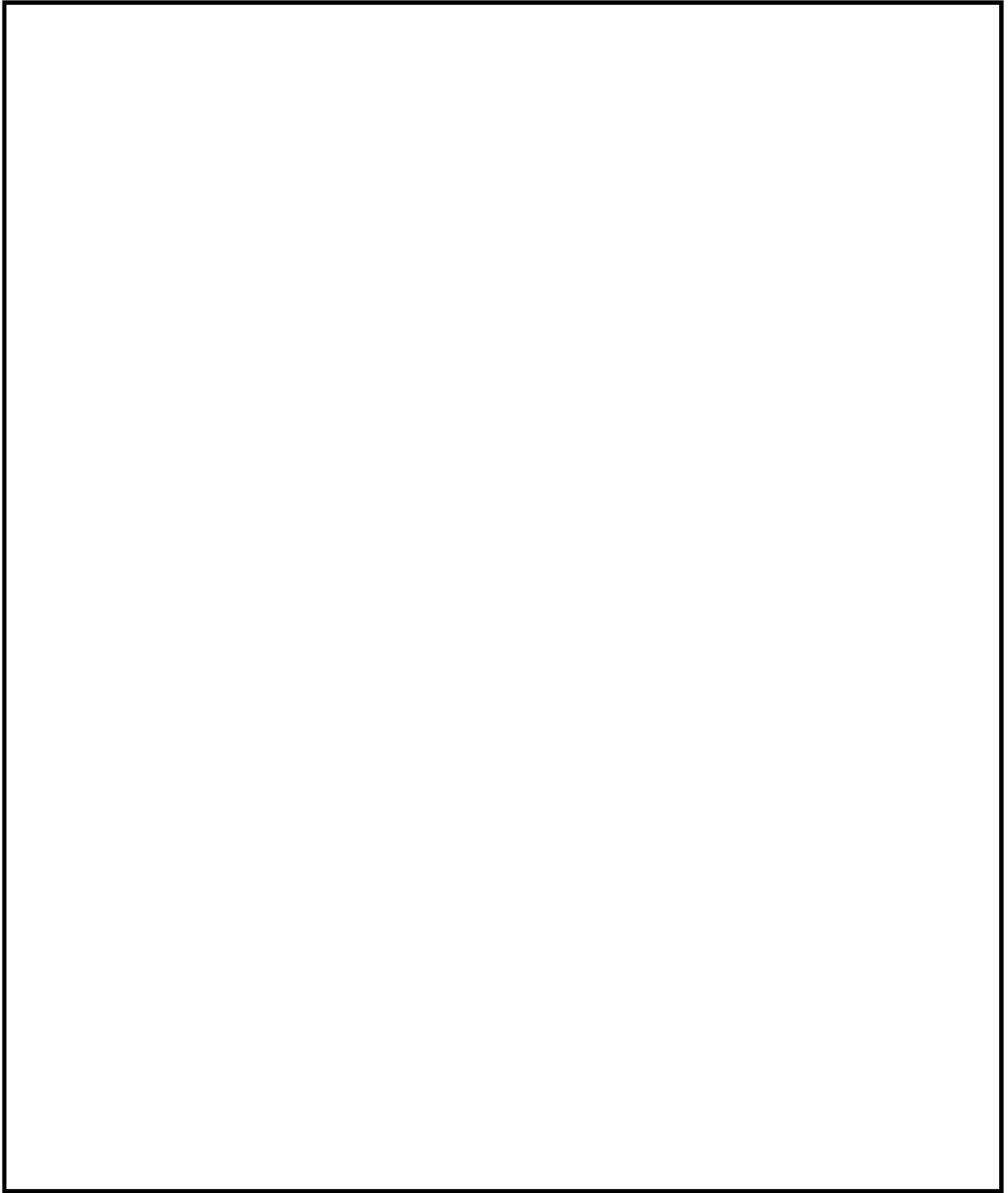


图 5-2 動的応答加速度分布図 (基準地震動 S_s)

5.2 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、出力領域モニタに対して、水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。

5.3 荷重の組合せ及び許容応力

5.3.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

出力領域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、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。

5.3.2 許容応力

出力領域モニタの許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 5-3 に示す。

5.3.3 使用材料の許容応力評価条件

出力領域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 5-4 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。

5.3.4 溶接部の継手効率

応力評価点における溶接部の継手効率は、継手の種類及び適用する検査の種類により設計・建設規格 CSS-3150 に従って定め、表 5-6 に示すとおりとする。

溶接部でない応力評価点では、 $\eta = 1.00$ を用いる。

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
計測制御 系統施設	計測 装置	出力領域モニタ	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	ⅢA S
					$D + P_D + M_D + S_s$	ⅣA S
計測制御 系統施設	原子炉非常 停止信号	中性子束高	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	ⅢA S
					$D + P_D + M_D + S_s$	ⅣA S
計測制御 系統施設	原子炉非常 停止信号	中性子束計装動作不能	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	ⅢA S
					$D + P_D + M_D + S_s$	ⅣA S

注記*：原子炉压力容器内部に位置するため、炉内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
計測制御 系統施設	計測 装置	出力領域モニタ	常設耐震／防止	—*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を示す。

*2：原子炉圧力容器内部に位置するため、炉内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 (炉内構造物)

許容応力状態	許容限界* (ボルト等以外)	
	一次一般膜応力	一次一般膜+一次曲げ応力
ⅢA S	$1.5 \cdot S_m$	左欄の 1.5 倍の値
ⅣA S	$\frac{2}{3} \cdot S_u$	左欄の 1.5 倍の値
ⅤA S (ⅤA SとしてⅣA Sの 許容限界を用いる。)	ただし、オーステナイト系 ステンレス鋼及び高ニッケル 合金については $\frac{2}{3} \cdot S_u$ と $2.4 \cdot S_m$ の小さい方。	

注記* : 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）

評価部位	材料	温度条件 (°C)		S _m (MPa)	S _u (MPa)
校正用導管	SUS304LTP	流体の最高温度	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
カバーチューブ	SUS304TP	流体の最高温度	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

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）

評価部位	材料	温度条件 (°C)		S _m (MPa)	S _u (MPa)
校正用導管	SUS304LTP	流体の最高温度	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
カバーチューブ	SUS304TP	流体の最高温度	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

表 5-6 溶接部の継手効率

継手の分類	対応する応力評価面	継手の種類	検査の種類*	継手効率
管と管の周継手				

注記*：検査の種類を示す記号は次のとおりである。

P T : 設計・建設規格 CSS-3150 に規定するEの検査

5.4 設計用地震力

耐震評価に用いる設計用地震力を表 5-7 及び表 5-8 に示す。

「弾性設計用地震動 S d 又は静的震度」及び「基準地震動 S s」による地震力は、VI-2-1-7 「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。また、減衰定数は、VI-2-1-6 「地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

表 5-7 設計用地震力（設計基準対象施設）

据付場所及び 床面高さ(m)		原子炉格納容器 T.M.S.L. 14. 379* ¹					
固有周期(s) * ²		水平：□□□□ 鉛直：0.05 以下					
減衰定数(%)		水平：1.0 鉛直：—					
地震力		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度			基準地震動 S s		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度* ³		応答鉛直 震度* ³	応答水平震度* ⁴		応答鉛直 震度* ⁴
		NS 方向	EW 方向		NS 方向	EW 方向	
1 次	□□□□	1.85	1.85	—	3.94	3.94	—
2 次	□□□□	1.76	1.76	—	3.37	3.37	—
3 次	□□□□	—	—	—	—	—	—
動的地震力* ⁵		0.59	0.59	0.53	1.30	1.30	1.06
静的地震力* ⁶		0.74	0.74	0.29	—	—	—

注記*1：炉心シュラウド内の高さ

*2：1 次固有周期について記載

*3：各モードの固有周期に対し、設計用床応答曲線（S d）より得られる震度を示す。

*4：各モードの固有周期に対し、設計用床応答曲線（S s）より得られる震度を示す。

*5：S s 又は S d に基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。

*6：静的震度（ $3.6 \cdot C_i$ 及び $1.2 \cdot C_v$ ）を示す。

表 5-8 設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所及び 床面高さ(m)		原子炉格納容器 T.M.S.L. 14. 379* ¹					
固有周期(s) * ²		水平： <input type="text"/> 鉛直：0.05 以下					
減衰定数(%)		水平：1.0 鉛直：—					
地震力		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度			基準地震動 S _s		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度		応答鉛直 震度	応答水平震度* ³		応答鉛直 震度* ³
		NS 方向	EW 方向		NS 方向	EW 方向	
1 次	<input type="text"/>	—	—	—	3.94	3.94	—
2 次	<input type="text"/>	—	—	—	3.37	3.37	—
3 次	<input type="text"/>	—	—	—	—	—	—
動的地震力* ⁴		—	—	—	1.30	1.30	1.06
静的地震力		—	—	—	—	—	—

注記*1：炉心シュラウド内の高さ

*2：1 次固有周期について記載

*3：各モードの固有周期に対し，設計用床応答曲線（S_s）より得られる震度を示す。

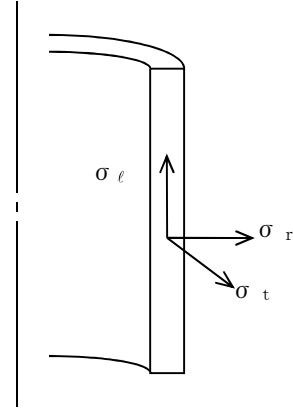
*4：S_sに基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。

5.5 計算方法

5.5.1 応力の計算方法

出力領域モニタの応力計算における，応力の記号とその方向は，以下のとおりとする。

- σ_t : 周方向応力
- σ_l : 軸方向応力
- σ_r : 半径方向応力
- $\tau_{t\ell}$: せん断応力



出力領域モニタに作用する外圧を表 5-9 に，死荷重を表 5-10 及び地震荷重を表 5-11 に示す。

以下，外圧，死荷重及び地震荷重による応力をそれぞれ求める。

表 5-9 出力領域モニタに作用する外圧

許容応力状態	外圧
	P_o (MPa)
ⅢA S	
ⅣA S	
ⅤA S	

表 5-10 出力領域モニタに作用する死荷重

荷重名称	鉛直力	
	V_D (N)	
	校正用導管*1	カバーチューブ*2
死荷重		

注記*1：検出器質量を考慮する。

*2：ばねによる荷重を考慮する。

表 5-11 出力領域モニタに作用する地震荷重

荷重名称	鉛直力		水平力*1, *2	地震時 出力領域モニタ 設計たわみ量*3
	V _s (N)			
	校正用導管*1	カバー チューブ	H (N)	δ _D (mm)
弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	□	□	□	□
基準地震動 S _s	□	□	□	□

注記*1：検出器質量を考慮する。

*2：水平力Hは、質量と動的応答加速度の積であり出力領域モニタに一樣に加わる。

*3：燃料集合体の相対変位（地震時たわみ量）及び水平移動量と出力領域モニタの移動量の合計。
燃料集合体の相対変位はVI-2-3-1「炉心，原子炉圧力容器及び圧力容器内部構造物の地震応答計算書」に基づき設定する。



5.5.1.1 外圧による応力

(1) 一次一般膜応力

外圧 P_o による一次一般膜応力は、下式により計算する。

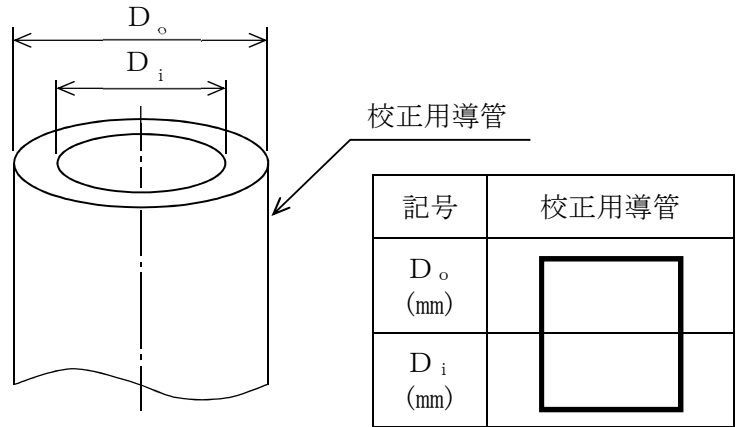
$$\sigma_t = -\frac{Y}{Y-1} \cdot P_o \quad \dots\dots\dots (5.5.1.1.1)$$

$$\sigma_\ell = -\frac{Y^2}{Y^2-1} \cdot P_o \quad \dots\dots\dots (5.5.1.1.2)$$

$$\sigma_r = -\frac{Y}{Y+1} \cdot P_o \quad \dots\dots\dots (5.5.1.1.3)$$

ここで、外径と内径の比 Y は次式により求める。

$$Y = \frac{D_o}{D_i} \quad \dots\dots\dots (5.5.1.1.4)$$



(2) 一次一般膜+一次曲げ応力

外圧 P_o による一次曲げ応力は、存在しない。したがって、一次一般膜+一次曲げ応力は、一次一般膜応力と同じである。

5.5.1.2 死荷重による応力

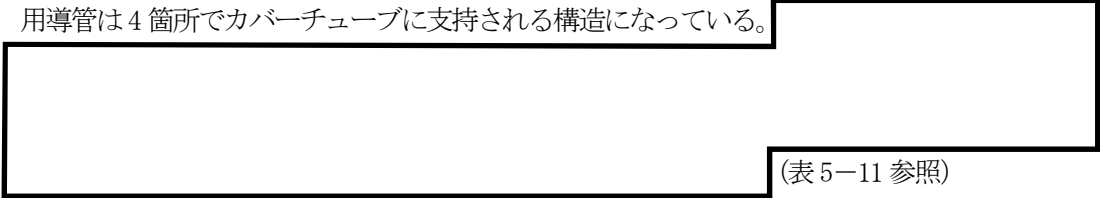
死荷重による応力は、下式により計算する。

$$\sigma_\ell = -\frac{V_D}{A} \quad \dots\dots\dots (5.5.1.2.1)$$

5.5.1.3 地震荷重による応力

(1) 水平方向地震荷重による応力

出力領域モニタは、カバーチューブと校正用導管の間に4個の検出器を収納し、これらの検出器は、鉛直方向に一定の間隔で校正用導管を取り囲むように設置されている。さらに、校正用導管は4箇所のカバーチューブに支持される構造になっている。



(表5-11 参照)

応力計算モデルを、図5-3に示す。



応力評価点の曲げモーメント M_E 、せん断力 F_E は下式により求める。

$$M_E = P_B \cdot (\ell - \ell') - \frac{1}{2} \cdot w \cdot (\ell - \ell')^2 \dots\dots\dots (5.5.1.3.1)$$

$$F_E = w \cdot (\ell - \ell') - P_B \dots\dots\dots (5.5.1.3.2)$$

ここで、 P_B 、 w 、 ℓ は下式により求める。

$$P_B = \frac{w \cdot \ell}{3} \dots\dots\dots (5.5.1.3.3)$$

$$w = \frac{H}{L} \dots\dots\dots (5.5.1.3.4)$$

$$\ell = \left(\frac{72 \cdot \delta_D \cdot E \cdot I}{w} \right)^{\frac{1}{4}} \dots\dots\dots (5.5.1.3.5)$$

したがって、応力評価点に生じる一次曲げ応力は、次式により計算する。

$$\sigma_{\ell} = \pm \frac{M_E}{I} \cdot \frac{D_o}{2} \dots\dots\dots (5.5.1.3.6)$$

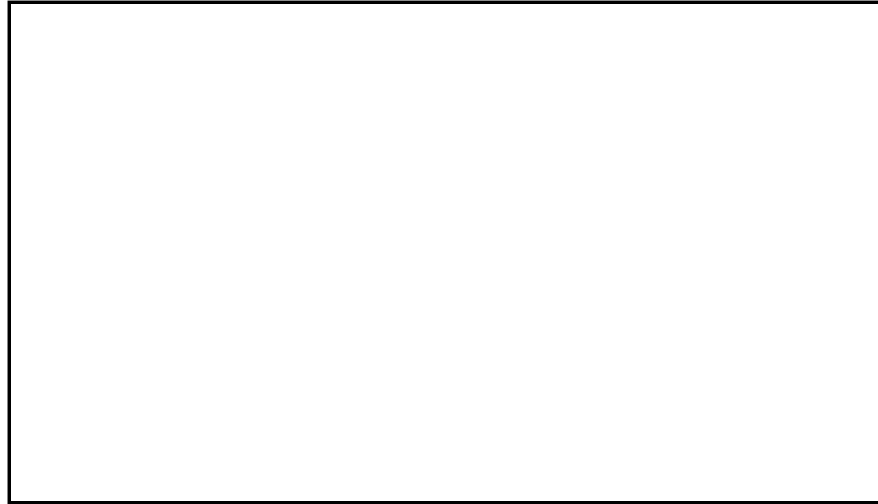
また、応力評価点に生じる一次一般膜応力は、次式により計算する。

$$\tau_{t\ell} = \pm \frac{F_E}{A} \dots\dots\dots (5.5.1.3.7)$$

(2) 鉛直方向地震荷重による応力

鉛直方向地震による応力は、次式により計算する。

$$\sigma_{\ell} = -\frac{V_s}{A} \dots\dots\dots (5.5.1.3.8)$$



(単位：mm)

図5-3 地震荷重による応力の計算モデル

5.5.1.4 主応力及び応力強さ

(1) 主応力

計算した応力は、応力の分類ごとに重ね合わせ、組合せ応力を求める。

組合せ応力は、一般に $\sigma_t, \sigma_{\ell}, \sigma_r, \tau_{t\ell}, \tau_{\ell r}, \tau_{rt}$ の6成分を持つが、主応力 σ は、引用文献(1)の1・3・6項により、次式を満足する3根 $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ として計算する。

$$\begin{aligned} &\sigma^3 - (\sigma_t + \sigma_{\ell} + \sigma_r) \cdot \sigma^2 + (\sigma_t \cdot \sigma_{\ell} + \sigma_{\ell} \cdot \sigma_r + \sigma_r \cdot \sigma_t - \tau_{t\ell}^2 \\ &- \tau_{\ell r}^2 - \tau_{rt}^2) \cdot \sigma - \sigma_t \cdot \sigma_{\ell} \cdot \sigma_r + \sigma_t \cdot \tau_{\ell r}^2 + \sigma_{\ell} \cdot \tau_{rt}^2 \\ &+ \sigma_r \cdot \tau_{t\ell}^2 - 2 \cdot \tau_{t\ell} \cdot \tau_{\ell r} \cdot \tau_{rt} = 0 \dots\dots\dots (5.5.1.4.1) \end{aligned}$$

(2) 応力強さ

以下の3つの主応力差の絶対値で最大のものを応力強さとする。

$$S_{12} = \sigma_1 - \sigma_2 \dots\dots\dots (5.5.1.4.2)$$

$$S_{23} = \sigma_2 - \sigma_3 \dots\dots\dots (5.5.1.4.3)$$

$$S_{31} = \sigma_3 - \sigma_1 \dots\dots\dots (5.5.1.4.4)$$

5.6 計算条件

5.6.1 出力領域モニタの応力計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【出力領域モニタの耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.7 応力の評価方法

5.7.1 出力領域モニタの応力評価

5.5.1 項で求めた出力領域モニタの各応力強さが下表で定めた許容応力以下であること。

	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度による荷重との組合せの場合	基準地震動 S_s による荷重との組合せの場合
一次一般膜応力の許容応力	$1.5 \cdot S_m$	$\frac{2}{3} \cdot S_u$ ただし、オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については $\frac{2}{3} \cdot S_u$ と $2.4 \cdot S_m$ の小さい方。
一次一般膜＋一次曲げ応力の許容応力	上欄の1.5倍の値	上欄の1.5倍の値

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

出力領域モニタの設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。

発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し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紙以降の表に示す。

6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

出力領域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紙以降の表に示す。

7. 引用文献

- (1) 機械工学便覧 基礎編 α3 (日本機械学会)

8. 参照図書

- (1) 柏崎刈羽原子力発電所第6号機 第5回工事計画認可申請書 添付書類
 - a. IV-2-3-2-2 局部出力領域モニタ検出器集合体の耐震性についての計算書

【出力領域モニタの耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度 分類	据付場所及び 床面高さ(m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		流体の最高温度 (°C)		外圧(MPa)	
			水平 方向	鉛直 方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	Ⅲ A S	Ⅳ A S	Ⅲ A S	Ⅳ A S
出力領域モニタ	S	原子炉格納容器 T. M. S. L. 1. 658 (T. M. S. L. 14. 379* ¹)		0.05 以下	C _H =0.74 又は*2	C _V =0.53	C _H =1.30 又は*3	C _V =1.06				

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度に基づく設計用床応答曲線から得られる値。

*3：基準地震動 S_s に基づく設計用床応答曲線から得られる値。

1.2 機器要目

部材	V _D (N)	D _o (mm)	D _i (mm)	A (mm ²)	I (mm ⁴)	E (MPa)	L (mm)	ℓ' (mm)	S _m (MPa)	S _u (MPa)
校正用導管										
カバーチューブ										

1.3 計算数値

部材	V_s (N)		H (N)		δ_D (mm)		w (N/mm)	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
校正用導管								
カバーチューブ								

部材	ℓ (mm)		P_B (N)		F_E (N)		M_E (N・mm)	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
校正用導管								
カバーチューブ								

1.4 結論

1.4.1 出力領域モニタの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	応力評価面	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
校正用導管	SUS304LTP	一次一般膜応力強さ	P01, P02	29	145	30	233
			P01', P02'	29	145	30	233
		一次一般膜＋一次曲げ 応力強さ	P01, P02	49	218	78	349
			P01', P02'	50	218	79	349
カバーチューブ	SUS304TP	一次一般膜応力強さ	P03, P04	4	112	6	169
			P03', P04'	4	112	7	169
		一次一般膜＋一次曲げ 応力強さ	P03, P04	88	168	163	254
			P03', P04'	94	168	169	254

すべて許容応力以下である。

1.5 その他の機器要目

(1) 材料物性値

項目		記号	単位	入力値
材質	校正用導管	—	—	SUS304LTP
	カバーチューブ	—	—	SUS304TP
縦弾性係数		E	MPa	<input type="text"/>
ポアソン比		ν	—	0.3
要素数		—	個	11
節点数		—	個	12
継手効率	校正用導管	η	—	1.00
	カバーチューブ	η	—	<input type="text"/>

(2) 要素の断面性状

要素番号	断面積 (mm ²)	断面二次 モーメント (mm ⁴)
1	<input type="text"/>	<input type="text"/>
2	<input type="text"/>	<input type="text"/>
3	<input type="text"/>	<input type="text"/>
4	<input type="text"/>	<input type="text"/>
5	<input type="text"/>	<input type="text"/>
6	<input type="text"/>	<input type="text"/>
7	<input type="text"/>	<input type="text"/>
8	<input type="text"/>	<input type="text"/>
9	<input type="text"/>	<input type="text"/>
10	<input type="text"/>	<input type="text"/>
11	<input type="text"/>	<input type="text"/>

(3) 節点の座標及び質量

節点番号	座標 (mm)	節点質量 (t)
1	<input type="text"/>	<input type="text"/>
2	<input type="text"/>	<input type="text"/>
3	<input type="text"/>	<input type="text"/>
4	<input type="text"/>	<input type="text"/>
5	<input type="text"/>	<input type="text"/>
6	<input type="text"/>	<input type="text"/>
7	<input type="text"/>	<input type="text"/>
8	<input type="text"/>	<input type="text"/>
9	<input type="text"/>	<input type="text"/>
10	<input type="text"/>	<input type="text"/>
11	<input type="text"/>	<input type="text"/>
12	<input type="text"/>	<input type="text"/>

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び 床面高さ(m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		流体の最高温度 (°C)	外圧(MPa)
			水平 方向	鉛直 方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	V _A S	V _A S
出力領域モニタ	常設耐震 ／防止	原子炉格納容器 T. M. S. L. 1. 658 (T. M. S. L. 14. 379* ¹)	□	0.05 以下	—	—	C _H =1.30 又は*2	C _V =1.06	□	□

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：基準地震動 S_s に基づく設計用床応答曲線から得られる値。

2.2 機器要目

部材	V _D (N)	D _o (mm)	D _i (mm)	A (mm ²)	I (mm ⁴)	E (MPa)	L (mm)	ℓ' (mm)	S _m (MPa)	S _u (MPa)
校正用導管	□									
カバーチューブ	□									

2.3 計算数値

部材	V_s (N)		H (N)		δ_D (mm)		w (N/mm)	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
校正用導管	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>
カバーチューブ	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

部材	ℓ (mm)		P_B (N)		F_E (N)		M_E (N・mm)	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
校正用導管	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>
カバーチューブ	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

2.4 結論

2.4.1 出力領域モニタの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	応力評価面	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
校正用導管	SUS304LTP	一次一般膜応力強さ	P01, P02	—	—	33	231
			P01', P02'	—	—	33	231
		一次一般膜＋一次曲げ 応力強さ	P01, P02	—	—	80	346
			P01', P02'	—	—	81	346
カバーチューブ	SUS304TP	一次一般膜応力強さ	P03, P04	—	—	6	169
			P03', P04'	—	—	7	169
		一次一般膜＋一次曲げ 応力強さ	P03, P04	—	—	163	254
			P03', P04'	—	—	168	254

すべて許容応力以下である。

2.5 その他の機器要目

(1) 材料物性値

項目		記号	単位	入力値
材質	校正用導管	—	—	SUS304LTP
	カバーチューブ	—	—	SUS304TP
縦弾性係数		E	MPa	<input type="text"/>
ポアソン比		ν	—	0.3
要素数		—	個	11
節点数		—	個	12
継手効率	校正用導管	η	—	1.00
	カバーチューブ	η	—	<input type="text"/>

(2) 要素の断面性状

要素番号	断面積 (mm ²)	断面二次 モーメント (mm ⁴)
1	<input type="text"/>	<input type="text"/>
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		

(3) 節点の座標及び質量

節点番号	座標 (mm)	節点質量 (t)
1	<input type="text"/>	<input type="text"/>
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		

VI-2-6-5-3 高圧炉心注水系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 電氣的機能維持評価方法	8
6. 評価結果	9
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	9

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、高圧炉心注水系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。

高圧炉心注水系ポンプ吐出圧力は、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、高圧炉心注水系ポンプ吐出圧力が設置される計装ラックは、VI-2-1-14「計算書作成の方法」に記載の壁掛形であるため、VI-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

高圧炉心注水系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													
<p>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装ラックに固定される。</p> <p>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。</p>	<p>弾性圧力検出器</p>	<p>【高圧炉心注水系ポンプ吐出圧力】</p> <p>(正面方向)</p> <p>(側面方向)</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>機器名称</th> <th>高圧炉心注水系ポンプ吐出圧力 (H22-P033)</th> <th>高圧炉心注水系ポンプ吐出圧力 (H22-P034)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>たて</td> <td>500</td> <td>500</td> </tr> <tr> <td>横</td> <td>750</td> <td>750</td> </tr> <tr> <td>高さ</td> <td>1700</td> <td>1700</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: right;">(単位：mm)</p>	機器名称	高圧炉心注水系ポンプ吐出圧力 (H22-P033)	高圧炉心注水系ポンプ吐出圧力 (H22-P034)	たて	500	500	横	750	750	高さ	1700	1700
機器名称	高圧炉心注水系ポンプ吐出圧力 (H22-P033)	高圧炉心注水系ポンプ吐出圧力 (H22-P034)												
たて	500	500												
横	750	750												
高さ	1700	1700												

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)

高圧炉心注水系ポンプ吐出圧力 (H22-P033)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>
高圧炉心注水系ポンプ吐出圧力 (H22-P034)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

高圧炉心注水系ポンプ吐出圧力の構造強度評価は、VI-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

高圧炉心注水系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

高圧炉心注水系ポンプ吐出圧力の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

高圧炉心注水系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【高圧炉心注水系ポンプ吐出圧力 (E22-PT006B) の耐震性についての計算結果】、【高圧炉心注水系ポンプ吐出圧力 (E22-PT006C) 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	計測装置	高圧炉心注水系ポンプ 吐出圧力	常設／防止 (DB 拡張)	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IVAS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS (VASとして IVASの許容限 界を用いる。)

注記*1：「常設／防止（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
IV _A S	1.5・f _t *	1.5・f _s *
V _A S (V _A SとしてIV _A Sの許容限界を用いる。)		

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

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

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件 (重大事故等対処設備)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
ラック取付ボルト	SS400 (16mm<径≤40mm)	周囲環境温度	120	206	373	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

高圧炉心注水系ポンプ吐出圧力の電氣的機能維持評価は、VI-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、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
高圧炉心注水系ポンプ吐出圧力 (E22-PT006B)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>
高圧炉心注水系ポンプ吐出圧力 (E22-PT006C)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

高圧炉心注水系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氣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

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【高圧炉心注水系ポンプ吐出圧力（E22-PT006B）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
高圧炉心注水系ポンプ 吐出圧力 (E22-PT006B)	常設/防止 (DB 拡張)	原子炉建屋 T. M. S. L. -8. 200 (T. M. S. L. -1. 700*)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	—	—	C _H =1. 36	C _V =1. 27	120

注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 高圧炉心注水系ポンプ吐出圧力 (H22-P033)

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)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	16 (M16)	201. 1	14	206 (16mm<径≤40mm)	373 (16mm<径≤40mm)

部材	ℓ _{1 i} (mm)	ℓ _{2 i} (mm)	ℓ _{3 i} (mm)	n _{f v i}	n _{f H i}	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度	基準地震動 S _s
ラック取付ボルト (i=2)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	3	4	—	247	—	側面方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

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

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ラック取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=7$	$f_{ts2}=185^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=142$

すべて許容応力以下である。

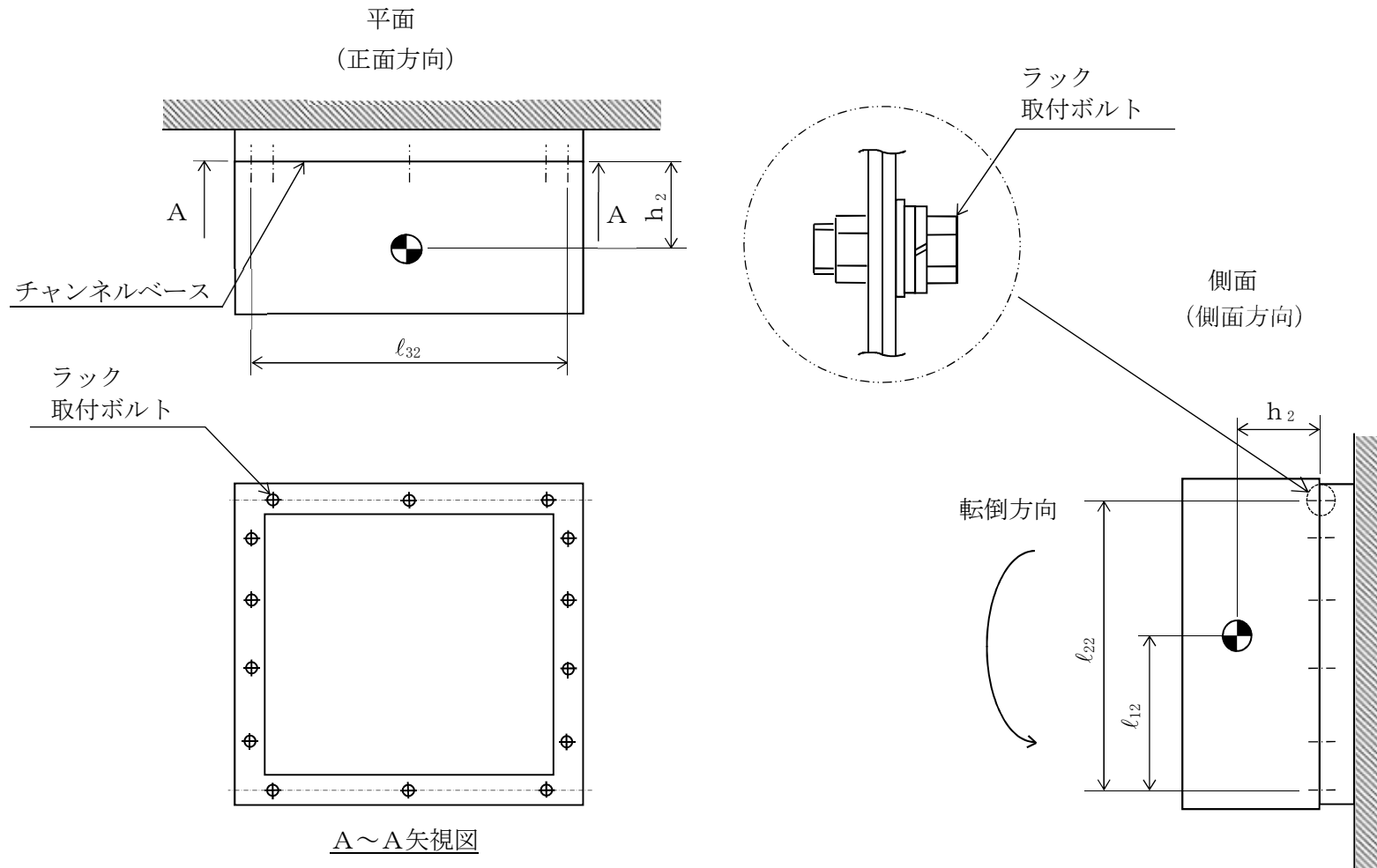
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

1.4.2 電氣的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
高圧炉心注水系ポンプ 吐出圧力 (E22-PT006B)	水平方向	1.12	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.06	<input type="text"/>

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。



【高圧炉心注水系ポンプ吐出圧力（E22-PT006C）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
高圧炉心注水系ポンプ 吐出圧力 (E22-PT006C)	常設/防止 (DB 拡張)	原子炉建屋 T. M. S. L. -8. 200 (T. M. S. L. -1. 700*)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	—	—	C _H =1.36	C _V =1.27	120

注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 高圧炉心注水系ポンプ吐出圧力 (H22-P034)

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)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	16 (M16)	201.1	14	206 (16mm<径≤40mm)	373 (16mm<径≤40mm)

部材	ℓ _{1 i} (mm)	ℓ _{2 i} (mm)	ℓ _{3 i} (mm)	n _{f v i}	n _{f H i}	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度	基準地震動 S _s
ラック取付ボルト (i=2)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	3	4	—	247	—	側面方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

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

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ラック取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=7$	$f_{ts2}=185^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=142$

すべて許容応力以下である。

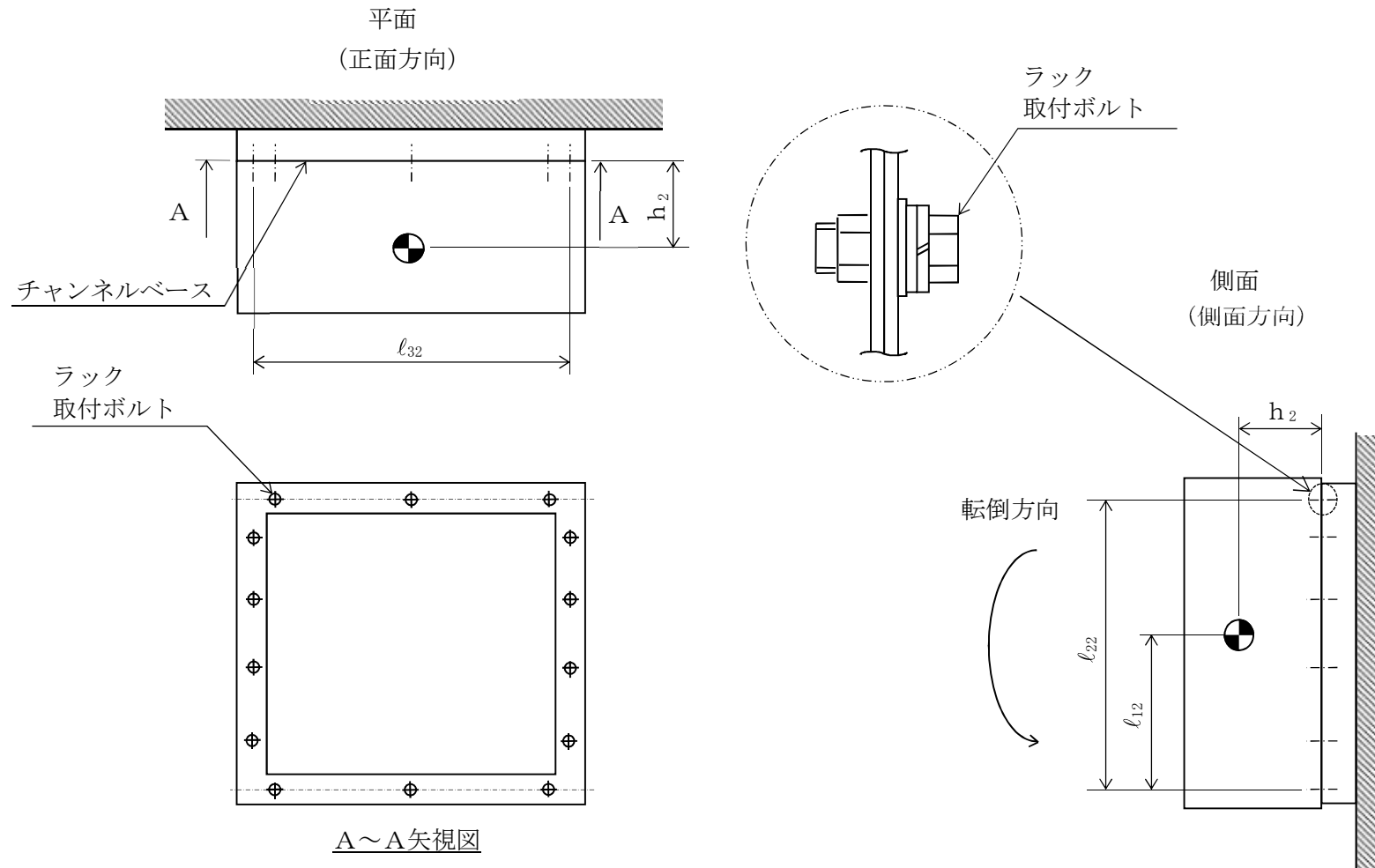
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

1.4.2 電氣的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
高圧炉心注水系ポンプ 吐出圧力 (E22-PT006C)	水平方向	1.12	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.06	<input type="text"/>

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。



VI-2-6-5-4 残留熱除去系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 電氣的機能維持評価方法	8
6. 評価結果	9
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	9

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、残留熱除去系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。

残留熱除去系ポンプ吐出圧力は、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、残留熱除去系ポンプ吐出圧力が設置される計装ラックは、VI-2-1-14「計算書作成の方法」に記載の壁掛形であるため、VI-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

残留熱除去系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																	
<p>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。</p>	<p>弾性圧力検出器</p>	<p>【残留熱除去系ポンプ吐出圧力】</p> <p>(正面方向) (側面方向)</p> <table border="1" data-bbox="940 1117 1877 1348"> <thead> <tr> <th>機器名称</th> <th>残留熱除去系 ポンプ吐出圧力 (H22-P030)</th> <th>残留熱除去系 ポンプ吐出圧力 (H22-P031)</th> <th>残留熱除去系 ポンプ吐出圧力 (H22-P032)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>たて</td> <td>500</td> <td>500</td> <td>500</td> </tr> <tr> <td>横</td> <td>1000</td> <td>1000</td> <td>1000</td> </tr> <tr> <td>高さ</td> <td>1700</td> <td>1700</td> <td>1700</td> </tr> </tbody> </table>	機器名称	残留熱除去系 ポンプ吐出圧力 (H22-P030)	残留熱除去系 ポンプ吐出圧力 (H22-P031)	残留熱除去系 ポンプ吐出圧力 (H22-P032)	たて	500	500	500	横	1000	1000	1000	高さ	1700	1700	1700
機器名称	残留熱除去系 ポンプ吐出圧力 (H22-P030)	残留熱除去系 ポンプ吐出圧力 (H22-P031)	残留熱除去系 ポンプ吐出圧力 (H22-P032)															
たて	500	500	500															
横	1000	1000	1000															
高さ	1700	1700	1700															

(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)

残留熱除去系ポンプ吐出圧力 (H22-P030)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>
残留熱除去系ポンプ吐出圧力 (H22-P031)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>
残留熱除去系ポンプ吐出圧力 (H22-P032)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

残留熱除去系ポンプ吐出圧力の構造強度評価は、VI-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

残留熱除去系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

残留熱除去系ポンプ吐出圧力の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

残留熱除去系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【残留熱除去系ポンプ吐出圧力 (E11-PT005A) の耐震性についての計算結果】、【残留熱除去系ポンプ吐出圧力 (E11-PT005B) の耐震性についての計算結果】、【残留熱除去系ポンプ吐出圧力 (E11-PT005C) 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	計測装置	残留熱除去系ポンプ吐出圧力	常設／防止 (DB 拡張)	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IVAS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS (VASとして IVASの許容限 界を用いる。)

注記*1：「常設／防止（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
IV _A S	1.5・f _t * (V _A SとしてIV _A Sの許容限界を用いる。)	1.5・f _s *
V _A S		

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

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

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件 (重大事故等対処設備)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
ラック取付ボルト (H22-P030)	SS400 (16mm<径≤40mm)	周囲環境温度	100	212	373	—
ラック取付ボルト (H22-P031, P032)	SS400 (16mm<径≤40mm)	周囲環境温度	66	225	385	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

残留熱除去系ポンプ吐出圧力の電氣的機能維持評価は、VI-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、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
残留熱除去系ポンプ吐出圧力 (E11-PT005A)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>
残留熱除去系ポンプ吐出圧力 (E11-PT005B)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>
残留熱除去系ポンプ吐出圧力 (E11-PT005C)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

残留熱除去系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氣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

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【残留熱除去系ポンプ吐出圧力 (E11-PT005A) の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
残留熱除去系ポンプ 吐出圧力 (E11-PT005A)	常設/防止 (DB 拡張)	原子炉建屋 T. M. S. L. -8. 200 (T. M. S. L. -1. 700*)	□	□	—	—	C _H =1. 36	C _V =1. 27	100

注記 * : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 残留熱除去系ポンプ吐出圧力 (H22-P030)

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)	□	□	16 (M16)	201. 1	14	212 (16mm < 径 ≤ 40mm)	373 (16mm < 径 ≤ 40mm)

部材	l _{1 i} (mm)	l _{2 i} (mm)	l _{3 i} (mm)	n _{f v i}	n _{f H i}	F _i (MPa)	F _i [*] (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度	基準地震動 S _s
ラック取付ボルト (i = 2)	□	□	□	3	4	—	254	—	側面方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

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

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ラック取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=9$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=146$

すべて許容応力以下である。

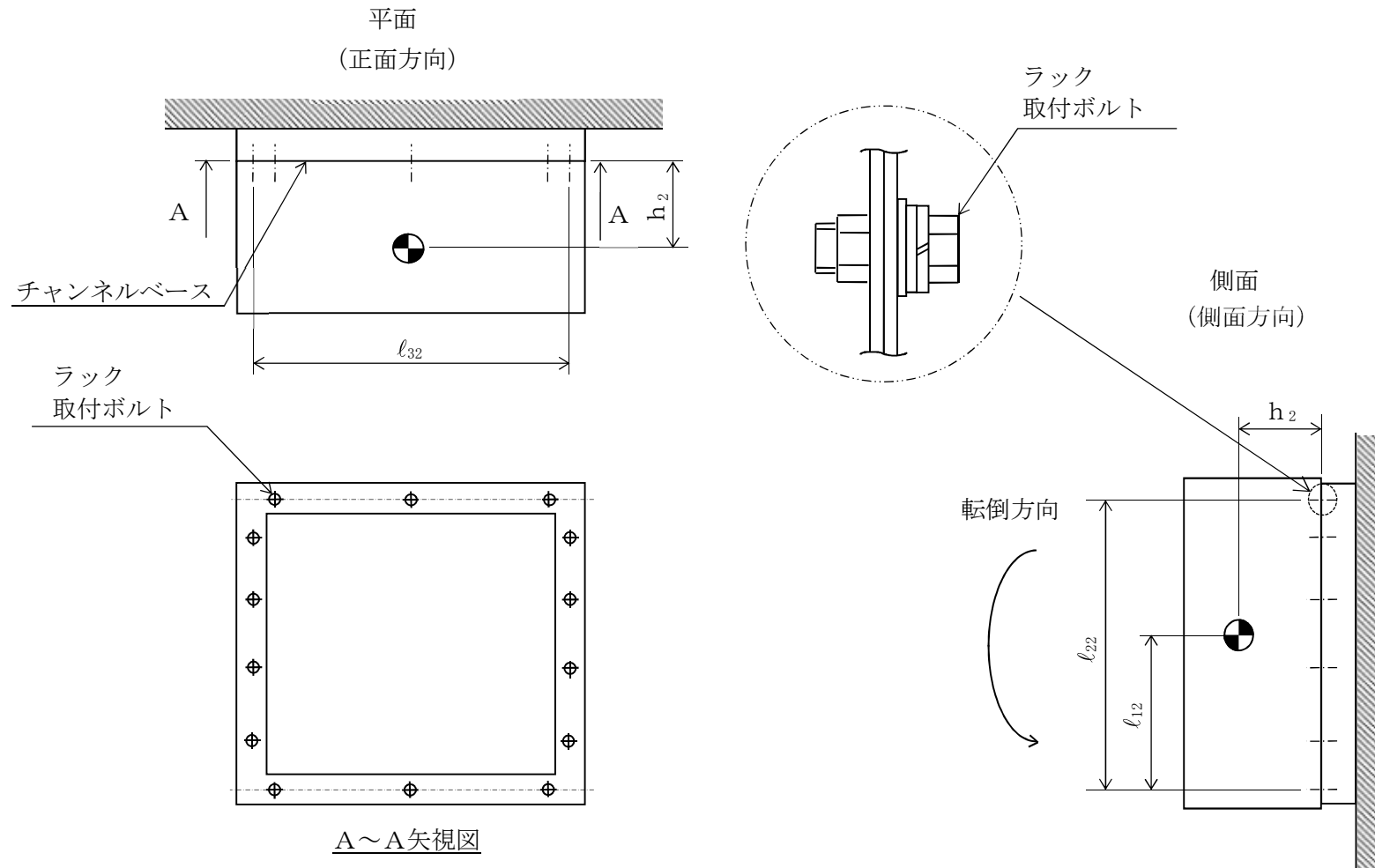
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

1.4.2 電氣的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
残留熱除去系ポンプ 吐出圧力 (E11-PT005A)	水平方向	1.12	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.06	<input type="text"/>

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。



【残留熱除去系ポンプ吐出圧力 (E11-PT005B) の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
残留熱除去系ポンプ 吐出圧力 (E11-PT005B)	常設/防止 (DB 拡張)	原子炉建屋 T. M. S. L. -8. 200 (T. M. S. L. -1. 700*)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	—	—	C _H =1. 36	C _V =1. 27	66

注記 * : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 残留熱除去系ポンプ吐出圧力 (H22-P031)

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)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	16 (M16)	201. 1	14	225 (16mm<径≤40mm)	385 (16mm<径≤40mm)

部材	l _{1 i} (mm)	l _{2 i} (mm)	l _{3 i} (mm)	n _{f v i}	n _{f H i}	F _i (MPa)	F _i [*] (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度	基準地震動 S _s
ラック取付ボルト (i=2)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	3	4	—	270	—	側面方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

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

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ラック取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=9$	$f_{ts2}=202^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=155$

すべて許容応力以下である。

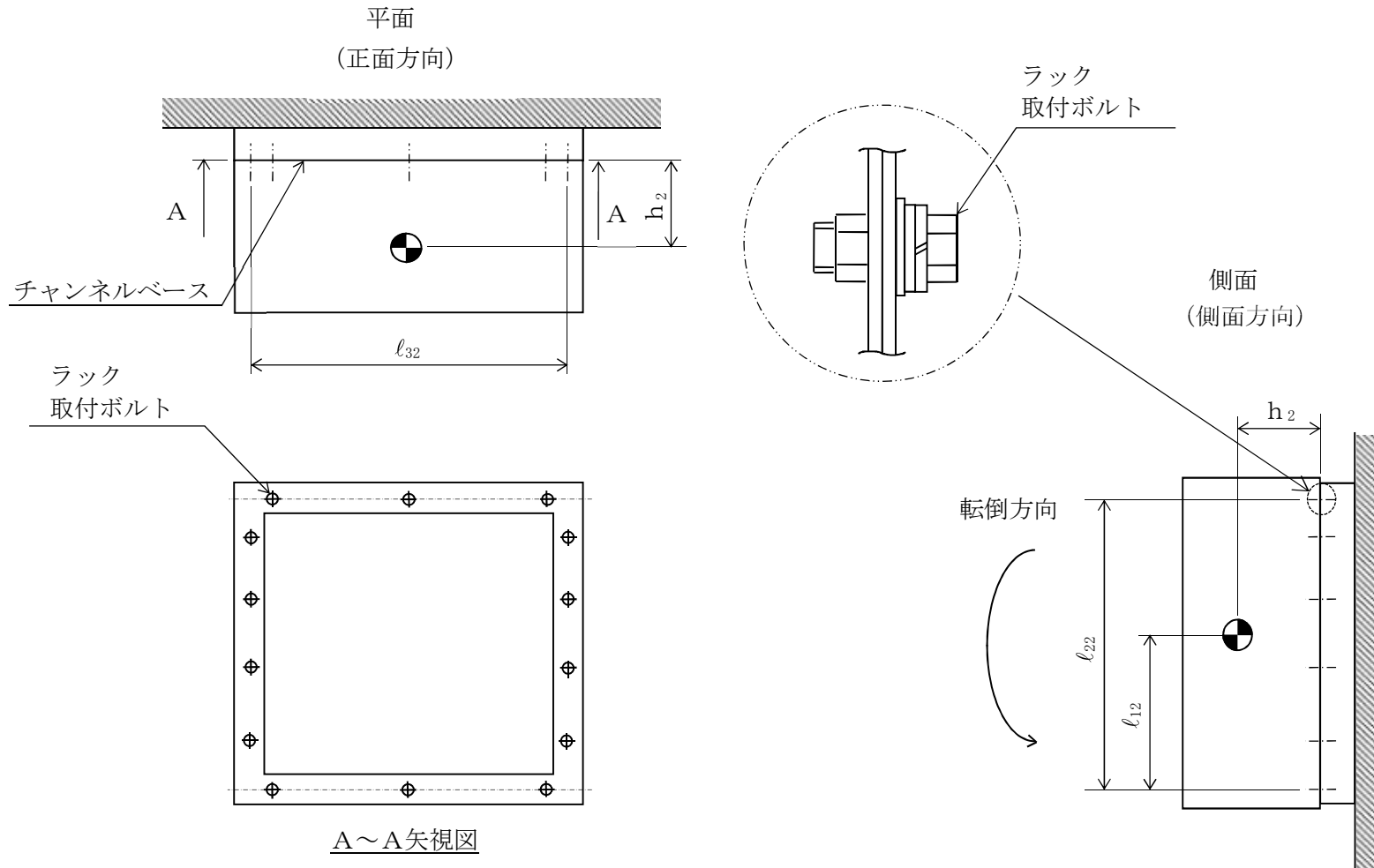
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

1.4.2 電氣的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
残留熱除去系ポンプ 吐出圧力 (E11-PT005B)	水平方向	1.12	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.06	<input type="text"/>

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。



【残留熱除去系ポンプ吐出圧力 (E11-PT005C) の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
残留熱除去系ポンプ 吐出圧力 (E11-PT005C)	常設/防止 (DB 拡張)	原子炉建屋 T. M. S. L. -8. 200 (T. M. S. L. -1. 700*)	□	□	—	—	C _H =1. 36	C _V =1. 27	66

注記 * : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 残留熱除去系ポンプ吐出圧力 (H22-P032)

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)	□	□	16 (M16)	201. 1	14	225 (16mm<径≤40mm)	385 (16mm<径≤40mm)

部材	l _{1 i} (mm)	l _{2 i} (mm)	l _{3 i} (mm)	n _{f v i}	n _{f H i}	F _i (MPa)	F _i [*] (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度	基準地震動 S _s
ラック取付ボルト (i=2)	□	□	□	3	4	—	270	—	側面方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

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

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ラック取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=9$	$f_{ts2}=202^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=155$

すべて許容応力以下である。

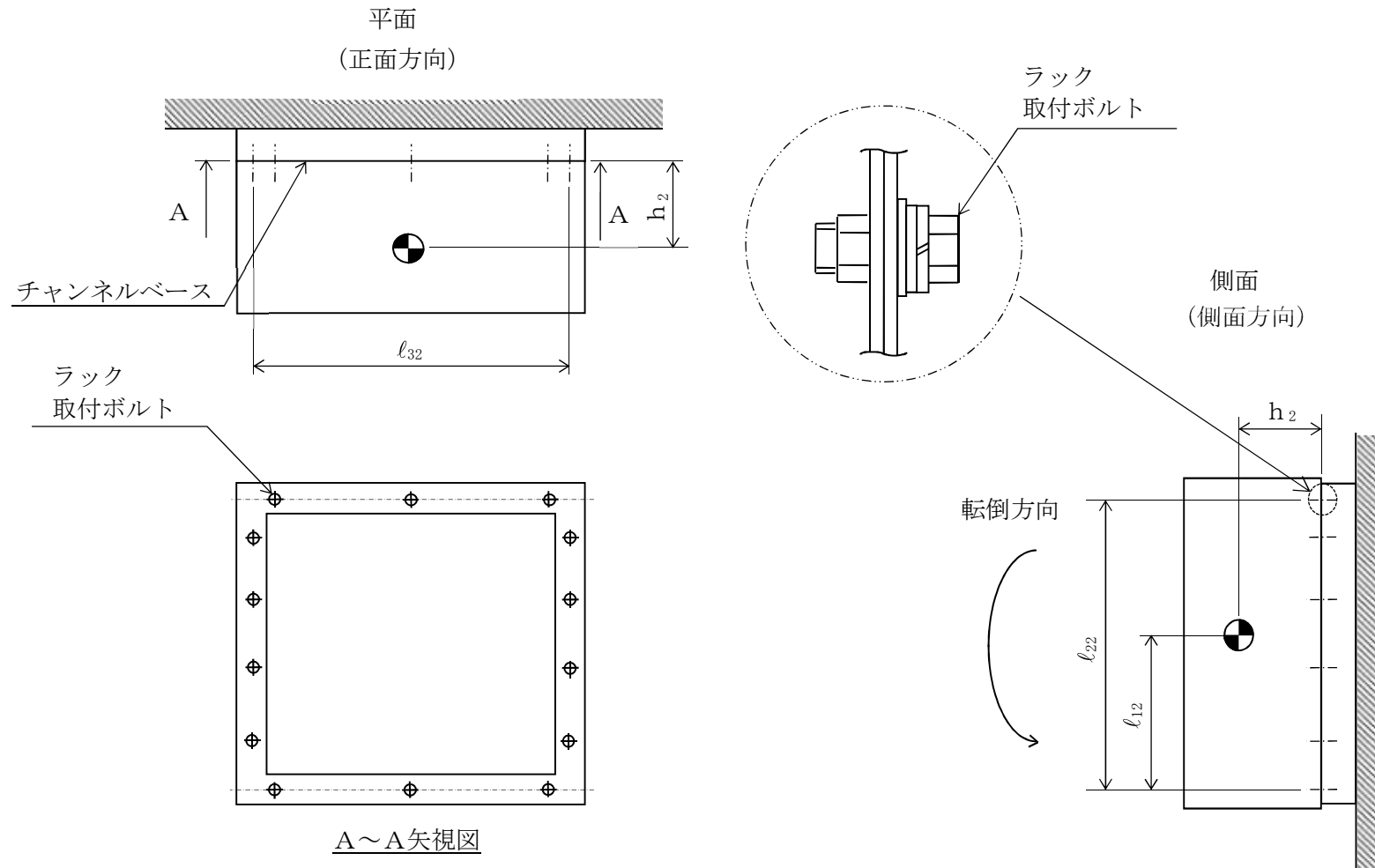
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

1.4.2 電氣的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
残留熱除去系ポンプ 吐出圧力 (E11-PT005C)	水平方向	1.12	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.06	<input type="text"/>

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。



VI-2-6-5-5 残留熱除去系熱交換器入口温度
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、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している機能維持の設計方針に基づき、残留熱除去系熱交換器入口温度が設計用地震力に対して十分な電氣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温度は、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電氣的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

残留熱除去系熱交換器入口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、残留熱除去系管に溶接された保護管に固定する。	熱電対	<p>【残留熱除去系熱交換器入口温度】</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>機器名称</th> <th>残留熱除去系熱交換器入口温度 (E11-TE006A)</th> <th>残留熱除去系熱交換器入口温度 (E11-TE006B)</th> <th>残留熱除去系熱交換器入口温度 (E11-TE006C)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>径</td> <td>φ 42</td> <td>φ 42</td> <td>φ 42</td> </tr> <tr> <td>高さ</td> <td>70</td> <td>70</td> <td>70</td> </tr> </tbody> </table> <p>(単位：mm)</p>	機器名称	残留熱除去系熱交換器入口温度 (E11-TE006A)	残留熱除去系熱交換器入口温度 (E11-TE006B)	残留熱除去系熱交換器入口温度 (E11-TE006C)	径	φ 42	φ 42	φ 42	高さ	70	70	70
機器名称	残留熱除去系熱交換器入口温度 (E11-TE006A)	残留熱除去系熱交換器入口温度 (E11-TE006B)	残留熱除去系熱交換器入口温度 (E11-TE006C)											
径	φ 42	φ 42	φ 42											
高さ	70	70	70											

2.2 評価方針

残留熱除去系熱交換器入口温度の機能維持評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣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。

残留熱除去系熱交換器入口温度の耐震評価フローを図2-1に示す。

なお、残留熱除去系熱交換器入口温度は、小型で軽量であることから十分に剛であるとみなせるため、固有周期の計算は省略し、設置位置の最大応答加速度を適用する。

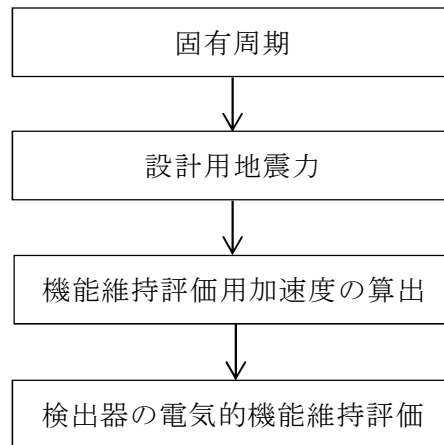


図2-1 残留熱除去系熱交換器入口温度の耐震評価フロー

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 JEAG 4601・補-1984 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG 4601-1987 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG 4601-1991 追補版 ((社) 日本電気協会)

3. 評価部位

残留熱除去系熱交換器入口温度は、残留熱除去系管に直接取り付けられた保護管に挿入され固定されることから、残留熱除去系管が支持している。残留熱除去系管の構造強度評価はVI-2-5-3-1-5「管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、残留熱除去系管の地震応答解析結果を用いた残留熱除去系熱交換器入口温度の電氣的機能維持評価について示す。

4. 機能維持評価

残留熱除去系熱交換器入口温度の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

4.1 機能維持評価用加速度

残留熱除去系熱交換器入口温度は残留熱除去系管に直接取り付けられた保護管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、VI-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 S_s により定まる応答加速度又はVI-2-5-3-1-5「管の耐震性についての計算書」に示す重大事故等対処設備の地震応答解析で評価した残留熱除去系熱交換器入口温度取付部の配管に生じる応答加速度のいずれか大きい値とする。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/s²)

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*1
残留熱除去系 熱交換器入口温度 (E11-TE006A)	残留熱除去系管 (RHR-008) T. M. S. L. -8.200	水平	1.02
		鉛直	1.02
残留熱除去系 熱交換器入口温度 (E11-TE006B)	残留熱除去系管 (RHR-013) T. M. S. L. -8.200	水平	1.05*2
		鉛直	1.02
残留熱除去系 熱交換器入口温度 (E11-TE006C)	残留熱除去系管 (RHR-019) T. M. S. L. -8.200	水平	1.10*2
		鉛直	1.02

注記*1：基準地震動 S_s により定まる評価部位における応答加速度又は $1.2 \cdot ZPA$ のいずれか大きい値とする。

*2：取付部の配管に生じる応答加速度を示す。打ち切り振動数を 30Hz として計算した結果を示す。

4.2 機能確認済加速度

残留熱除去系熱交換器入口温度の機能確認済加速度には、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、当該検出器と類似の検出器単体の正弦波加振試験において電氣的機能の健全性を確認した加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 4-2 に示す。

表 4-2 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

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温度 (E11-TE006A)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>
残留熱除去系熱交換器入口温度 (E11-TE006B)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>
残留熱除去系熱交換器入口温度 (E11-TE006C)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

5. 評価結果

5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

残留熱除去系熱交換器入口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氣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

電氣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温度 (E11-TE006A) の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
残留熱除去系熱交換器入口温度 (E11-TE006A)	水平方向	1.02	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.02	<input type="text"/>

注記*：基準地震動 S_s により定まる評価部位における応答加速度又は $1.2 \cdot ZPA$ 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。

【残留熱除去系熱交換器入口温度（E11-TE006B）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*1	機能確認済加速度
残留熱除去系熱交換器入口温度 (E11-TE006B)	水平方向	1.05*2	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.02	<input type="text"/>

注記*1：基準地震動 S_s により定まる評価部位における応答加速度又は $1.2 \cdot ZPA$ のいずれか大きい値とする。

*2：機能維持評価用加速度は、打ち切り振動数を 30Hz として計算した結果を示す。

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。

【残留熱除去系熱交換器入口温度 (E11-TE006C) の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*1	機能確認済加速度
残留熱除去系熱交換器入口温度 (E11-TE006C)	水平方向	1.10*2	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.02	<input type="text"/>

注記*1：基準地震動 S_s により定まる評価部位における応答加速度又は $1.2 \cdot ZPA$ のいずれか大きい値とする。

*2：機能維持評価用加速度は、打ち切り振動数を 30Hz として計算した結果を示す。

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

VI-2-6-5-6 残留熱除去系熱交換器出口温度
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、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している機能維持の設計方針に基づき、残留熱除去系熱交換器出口温度が設計用地震力に対して十分な電氣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出口温度は、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電氣的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

残留熱除去系熱交換器出口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、残留熱除去系管に溶接された保護管に固定する。	熱電対	<p>【残留熱除去系熱交換器出口温度】</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>機器名称</th> <th>残留熱除去系熱交換器出口温度 (E11-TE007A)</th> <th>残留熱除去系熱交換器出口温度 (E11-TE007B)</th> <th>残留熱除去系熱交換器出口温度 (E11-TE007C)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>径</td> <td>φ 42</td> <td>φ 42</td> <td>φ 42</td> </tr> <tr> <td>高さ</td> <td>70</td> <td>70</td> <td>70</td> </tr> </tbody> </table> <p>(単位：mm)</p>	機器名称	残留熱除去系熱交換器出口温度 (E11-TE007A)	残留熱除去系熱交換器出口温度 (E11-TE007B)	残留熱除去系熱交換器出口温度 (E11-TE007C)	径	φ 42	φ 42	φ 42	高さ	70	70	70
機器名称	残留熱除去系熱交換器出口温度 (E11-TE007A)	残留熱除去系熱交換器出口温度 (E11-TE007B)	残留熱除去系熱交換器出口温度 (E11-TE007C)											
径	φ 42	φ 42	φ 42											
高さ	70	70	70											

2.2 評価方針

残留熱除去系熱交換器出口温度の機能維持評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣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。

残留熱除去系熱交換器出口温度の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

なお、残留熱除去系熱交換器出口温度は、小型で軽量であることから十分に剛であるとみなせるため、固有周期の計算は省略し、設置位置の最大応答加速度を適用する。

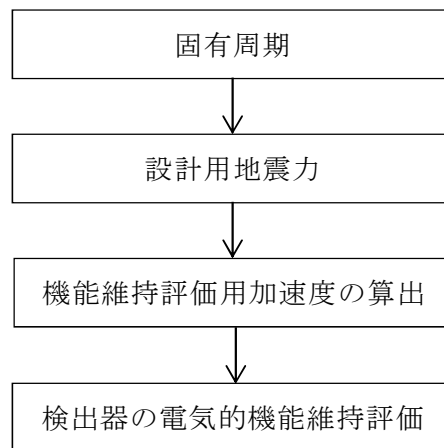


図 2-1 残留熱除去系熱交換器出口温度の耐震評価フロー

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 JEAG 4601・補-1984 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG 4601-1987 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG 4601-1991 追補版 ((社) 日本電気協会)

3. 評価部位

残留熱除去系熱交換器出口温度は、残留熱除去系管に直接取り付けられた保護管に挿入され固定されることから、残留熱除去系管が支持している。残留熱除去系管の構造強度評価はVI-2-5-3-1-5「管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、残留熱除去系管の地震応答解析結果を用いた残留熱除去系熱交換器出口温度の電氣的機能維持評価について示す。

4. 機能維持評価

残留熱除去系熱交換器出口温度の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

4.1 機能維持評価用加速度

残留熱除去系熱交換器出口温度は残留熱除去系管に直接取り付けられた保護管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、VI-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 S_s により定まる応答加速度又はVI-2-5-3-1-5「管の耐震性についての計算書」に示す重大事故等対処設備の地震応答解析で評価した残留熱除去系熱交換器出口温度取付部の配管に生じる応答加速度のいずれか大きい値とする。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/s²)

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*1
残留熱除去系 熱交換器出口温度 (E11-TE007A)	残留熱除去系管 (RHR-008) T. M. S. L. -1.700	水平	1.02
		鉛直	1.01
残留熱除去系 熱交換器出口温度 (E11-TE007B)	残留熱除去系管 (RHR-013) T. M. S. L. -1.700	水平	1.02
		鉛直	1.10*2
残留熱除去系 熱交換器出口温度 (E11-TE007C)	残留熱除去系管 (RHR-019) T. M. S. L. -1.700	水平	1.02
		鉛直	1.07*2

注記*1：基準地震動 S_s により定まる評価部位における応答加速度又は $1.2 \cdot ZPA$ のいずれか大きい値とする。

*2：取付部の配管に生じる応答加速度を示す。打ち切り振動数を 30Hz として計算した結果を示す。

4.2 機能確認済加速度

残留熱除去系熱交換器出口温度の機能確認済加速度には、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、当該検出器と類似の検出器単体の正弦波加振試験において電氣的機能の健全性を確認した加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 4-2 に示す。

表 4-2 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
残留熱除去系熱交換器出口温度 (E11-TE007A)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>
残留熱除去系熱交換器出口温度 (E11-TE007B)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>
残留熱除去系熱交換器出口温度 (E11-TE007C)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

5. 評価結果

5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

残留熱除去系熱交換器出口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氣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

電氣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出口温度 (E11-TE007A) の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 電氣的機能維持の評価結果

(×9.8m/s²)

		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出口温度 (E11-TE007A)	水平方向	1.02	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.01	<input type="text"/>

注記*：基準地震動 S_s により定まる評価部位における応答加速度又は 1.2・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。

【残留熱除去系熱交換器出口温度 (E11-TE007B) の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 電氣的機能維持の評価結果

(×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度* ¹	機能確認済加速度
残留熱除去系熱交換器出口温度 (E11-TE007B)	水平方向	1.02	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.10* ²	<input type="text"/>

注記*1：基準地震動S_sにより定まる評価部位における応答加速度又は1.2・ZPAのいずれか大きい値とする。

*2：機能維持評価用加速度は、打ち切り振動数を30Hzとして計算した結果を示す。

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。

【残留熱除去系熱交換器出口温度 (E11-TE007C) の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 電氣的機能維持の評価結果

(×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*1	機能確認済加速度
残留熱除去系熱交換器出口温度 (E11-TE007C)	水平方向	1.02	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.07*2	<input type="text"/>

注記*1：基準地震動S_sにより定まる評価部位における応答加速度又は1.2・ZPAのいずれか大きい値とする。

*2：機能維持評価用加速度は、打ち切り振動数を30Hzとして計算した結果を示す。

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

VI-2-6-5-7 復水補給水系温度（代替循環冷却）
の耐震性についての計算書

目 次

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

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している機能維持の設計方針に基づき、復水補給水系温度（代替循環冷却）が設計用地震力に対して十分な電氣的機能を有していることを説明するものである。

復水補給水系温度（代替循環冷却）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電氣的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

復水補給水系温度（代替循環冷却）の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、残留熱除去系管に溶接された保護管に固定する。</p>	<p>熱電対</p>	<p>【復水補給水系温度（代替循環冷却）】</p> <p style="text-align: right;">(単位：mm)</p>

2.2 評価方針

復水補給水系温度（代替循環冷却）の機能維持評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣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。

復水補給水系温度（代替循環冷却）の耐震評価フローを図2-1に示す。

なお、復水補給水系温度（代替循環冷却）は、小型で軽量であることから十分に剛であるとみなせるため、固有周期の計算は省略し、設置位置の最大応答加速度を適用する。

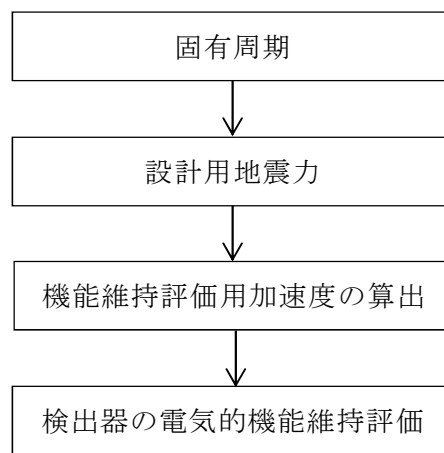


図2-1 復水補給水系温度（代替循環冷却）の耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

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

3. 評価部位

復水補給水系温度（代替循環冷却）は、残留熱除去系管に直接取り付けられた保護管に挿入され固定されることから、残留熱除去系管が支持している。残留熱除去系管の構造強度評価はVI-2-5-3-1-5「管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、残留熱除去系管の地震応答解析結果を用いた復水補給水系温度（代替循環冷却）の電氣的機能維持評価について示す。

4. 機能維持評価

復水補給水系温度（代替循環冷却）の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

4.1 機能維持評価用加速度

復水補給水系温度（代替循環冷却）は残留熱除去系管に直接取り付けられた保護管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、VI-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 S_s により定まる応答加速度又はVI-2-5-3-1-5「管の耐震性についての計算書」に示す重大事故等対処設備の地震応答解析で評価した復水補給水系温度（代替循環冷却）取付部の配管に生じる応答加速度のいずれか大きい値とする。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 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)

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*1
復水補給水系温度 (代替循環冷却) (E11-TE016)	残留熱除去系管 (KRHR-254) T. M. S. L. -8. 200	水平	1. 20*2
		鉛直	1. 44*2

注記*1：基準地震動 S_s により定まる評価部位における応答加速度又は $1.2 \cdot ZPA$ のいずれか大きい値とする。

*2：取付部の配管に生じる応答加速度を示す。打ち切り振動数を 30Hz として計算した結果を示す。

4.2 機能確認済加速度

復水補給水系温度（代替循環冷却）の機能確認済加速度には，VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，当該検出器と類似の検出器単体の正弦波加振試験において電氣的機能の健全性を確認した加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 4-2 に示す。

表 4-2 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
復水補給水系温度（代替循環冷却） (E11-TE016)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

5. 評価結果

5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

復水補給水系温度（代替循環冷却）の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。機能維持評価用加速度は機能確認済加速度以下であり，設計用地震力に対して電氣的機能が維持されていることを確認した。

(1) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【復水補給水系温度（代替循環冷却）（E11-TE016）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 電氣的機能維持の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*1	機能確認済加速度
復水補給水系温度（代替循環冷却） （E11-TE016）	水平方向	1.20*2	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.44*2	<input type="text"/>

注記*1：基準地震動 S_s により定まる評価部位における応答加速度又は $1.2 \cdot ZPA$ のいずれか大きい値とする。

*2：機能維持評価用加速度は、打ち切り振動数を 30Hz として計算した結果を示す。

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

VI-2-6-5-8 残留熱除去系系統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 電氣的機能維持評価方法	8
6. 評価結果	9
6.1 設計基準対象施設としての評価結果	9
6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	9

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、残留熱除去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。

残留熱除去系系統流量は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

なお、残留熱除去系系統流量が設置される計装ラックは、VI-2-1-14「計算書作成の方法」に記載の壁掛形であるため、VI-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

残留熱除去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																	
<p>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。</p>	<p>差圧式流量検出器</p>	<p>【残留熱除去系系統流量】</p> <p>(正面方向)</p> <p>(側面方向)</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>機器名称</th> <th>残留熱除去系 系統流量 (H22-P030)</th> <th>残留熱除去系 系統流量 (H22-P031)</th> <th>残留熱除去系 系統流量 (H22-P032)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>たて</td> <td>500</td> <td>500</td> <td>500</td> </tr> <tr> <td>横</td> <td>1000</td> <td>1000</td> <td>1000</td> </tr> <tr> <td>高さ</td> <td>1700</td> <td>1700</td> <td>1700</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: right;">(単位：mm)</p>	機器名称	残留熱除去系 系統流量 (H22-P030)	残留熱除去系 系統流量 (H22-P031)	残留熱除去系 系統流量 (H22-P032)	たて	500	500	500	横	1000	1000	1000	高さ	1700	1700	1700
機器名称	残留熱除去系 系統流量 (H22-P030)	残留熱除去系 系統流量 (H22-P031)	残留熱除去系 系統流量 (H22-P032)															
たて	500	500	500															
横	1000	1000	1000															
高さ	1700	1700	1700															

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)

残留熱除去系系統流量 (H22-P030)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>
残留熱除去系系統流量 (H22-P031)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>
残留熱除去系系統流量 (H22-P032)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

残留熱除去系系統流量の構造強度評価は、VI-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

残留熱除去系系統流量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

残留熱除去系系統流量の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4-3 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

残留熱除去系系統流量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【残留熱除去系系統流量 (E11-FT008A) の耐震性についての計算結果】、【残留熱除去系系統流量 (E11-FT008B) の耐震性についての計算結果】、【残留熱除去系系統流量 (E11-FT008C) 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	計測装置	残留熱除去系系統流量	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S

注記*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類* ¹	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	残留熱除去系系統流量	常設／防止 (DB 拡張)	—* ²	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	Ⅳ _A S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _A S (V _A Sとして Ⅳ _A Sの許容限 界を用いる。)

注記*1：「常設／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 4-3 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
Ⅲ _A S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
Ⅳ _A S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
V _A S (V _A SとしてⅣ _A Sの許容限界を用いる。)		

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

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

表 4-4 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度	100			
ラック取付ボルト	SS400 (16mm<径≤40mm)	周囲環境温度	100	212	373	—

表 4-5 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度	100			
ラック取付ボルト	SS400 (16mm<径≤40mm)	周囲環境温度	100	212	373	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

残留熱除去系系統流量の電氣的機能維持評価は、VI-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、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
残留熱除去系系統流量 (E11-FT008A)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>
残留熱除去系系統流量 (E11-FT008B)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>
残留熱除去系系統流量 (E11-FT008C)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

残留熱除去系系統流量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氣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

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

残留熱除去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氣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

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【残留熱除去系系統流量 (E11-FT008A) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
残留熱除去系系統流量 (E11-FT008A)	S	原子炉建屋 T. M. S. L. -8. 200 (T. M. S. L. -1. 700*)			C _H =0. 59	C _V =0. 63	C _H =1. 36	C _V =1. 27	100

注記 * : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 残留熱除去系系統流量 (H22-P030)

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)			16 (M16)	201. 1	14	212 (16mm < 径 ≤ 40mm)	373 (16mm < 径 ≤ 40mm)

部材	l _{1 i} (mm)	l _{2 i} (mm)	l _{3 i} (mm)	n _{f v i}	n _{f H i}	F _i (MPa)	F _i [*] (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度	基準地震動 S _s
ラック取付ボルト (i = 2)				3	4	212	254	側面方向	側面方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

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

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ラック取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	$\sigma_{b2}=5$	$f_{ts2}=159^*$	$\sigma_{b2}=9$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=122$	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=146$

すべて許容応力以下である。

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

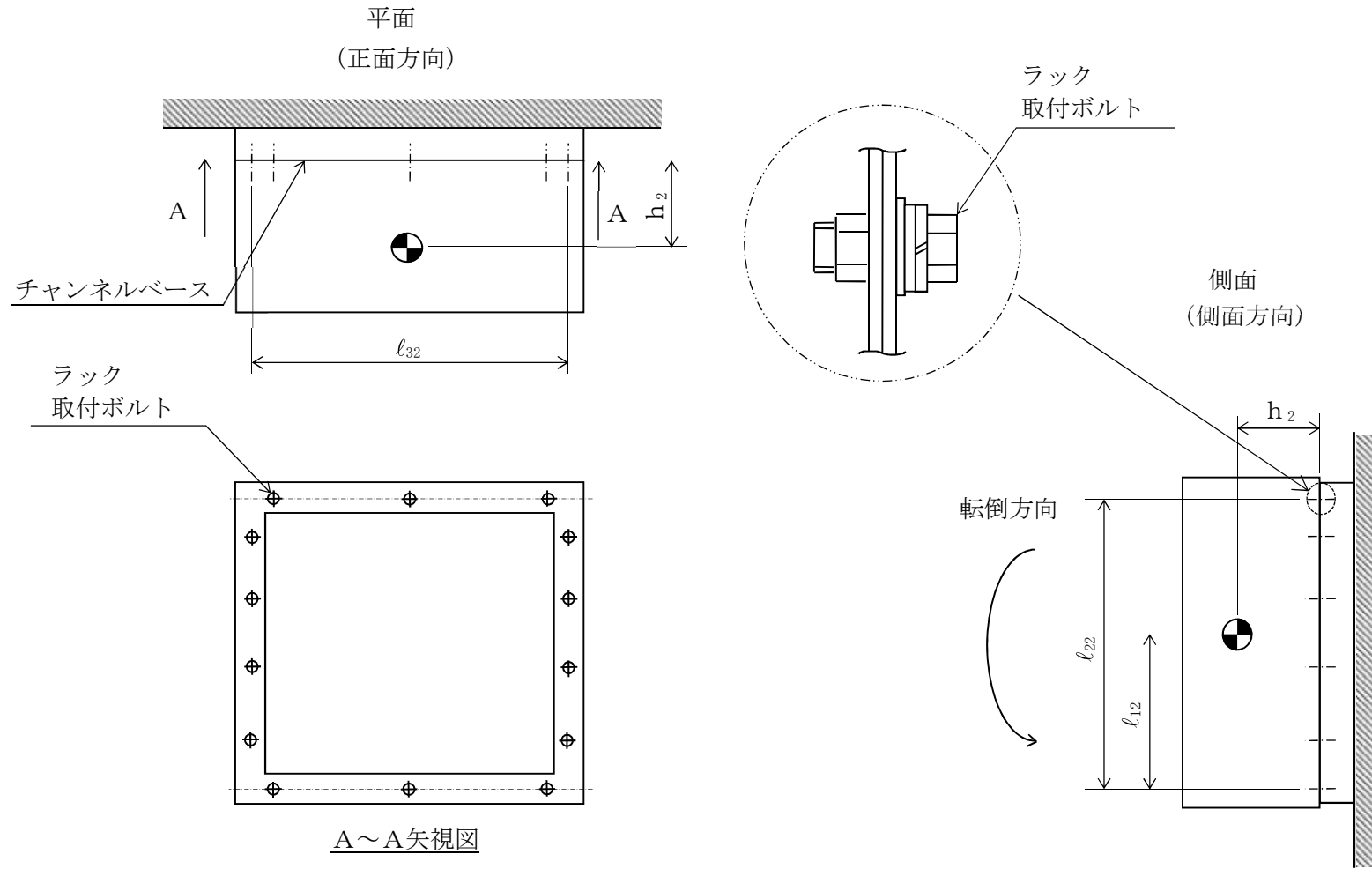
1.4.2 電氣的機能の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
残留熱除去系系統流量 (E11-FT008A)	水平方向	1.12	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.06	<input type="text"/>

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。



2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
残留熱除去系系統流量 (E11-FT008A)	常設/防止 (DB 拡張)	原子炉建屋 T. M. S. L. -8. 200 (T. M. S. L. -1. 700*)			—	—	C _H =1. 36	C _V =1. 27	100

注記 * : 基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

2.2.1 残留熱除去系系統流量 (H22-P030)

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)			16 (M16)	201. 1	14	212 (16mm<径≤40mm)	373 (16mm<径≤40mm)

部材	l _{1 i} (mm)	l _{2 i} (mm)	l _{3 i} (mm)	n _{f v i}	n _{f H i}	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度	基準地震動 S _s
ラック取付ボルト (i=2)				3	4	—	254	—	側面方向

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

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

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ラック取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=9$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=146$

すべて許容応力以下である。

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

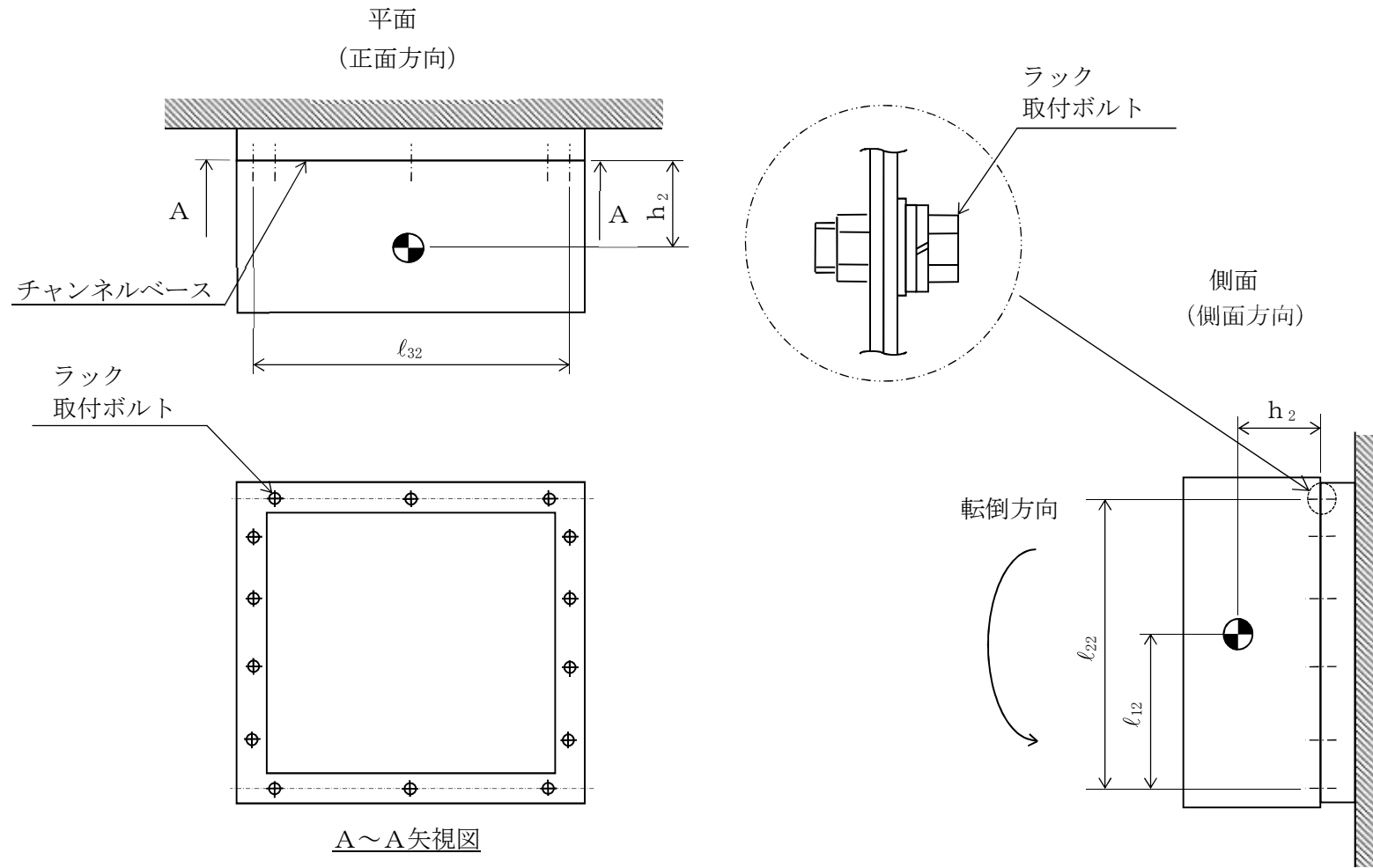
2.4.2 電氣的機能の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
残留熱除去系系統流量 (E11-FT008A)	水平方向	1.12	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.06	<input type="text"/>

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。



【残留熱除去系系統流量 (E11-FT008B) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
残留熱除去系系統流量 (E11-FT008B)	S	原子炉建屋 T. M. S. L. -8. 200 (T. M. S. L. -1. 700*)			C _H =0. 59	C _V =0. 63	C _H =1. 36	C _V =1. 27	100

注記 * : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 残留熱除去系系統流量 (H22-P031)

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)			16 (M16)	201. 1	14	212 (16mm < 径 ≤ 40mm)	373 (16mm < 径 ≤ 40mm)

部材	l _{1 i} (mm)	l _{2 i} (mm)	l _{3 i} (mm)	n _{f v i}	n _{f H i}	F _i (MPa)	F _i [*] (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度	基準地震動 S _s
ラック取付ボルト (i = 2)				3	4	212	254	側面方向	側面方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

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

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ラック取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	$\sigma_{b2}=5$	$f_{ts2}=159^*$	$\sigma_{b2}=9$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=122$	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=146$

すべて許容応力以下である。

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

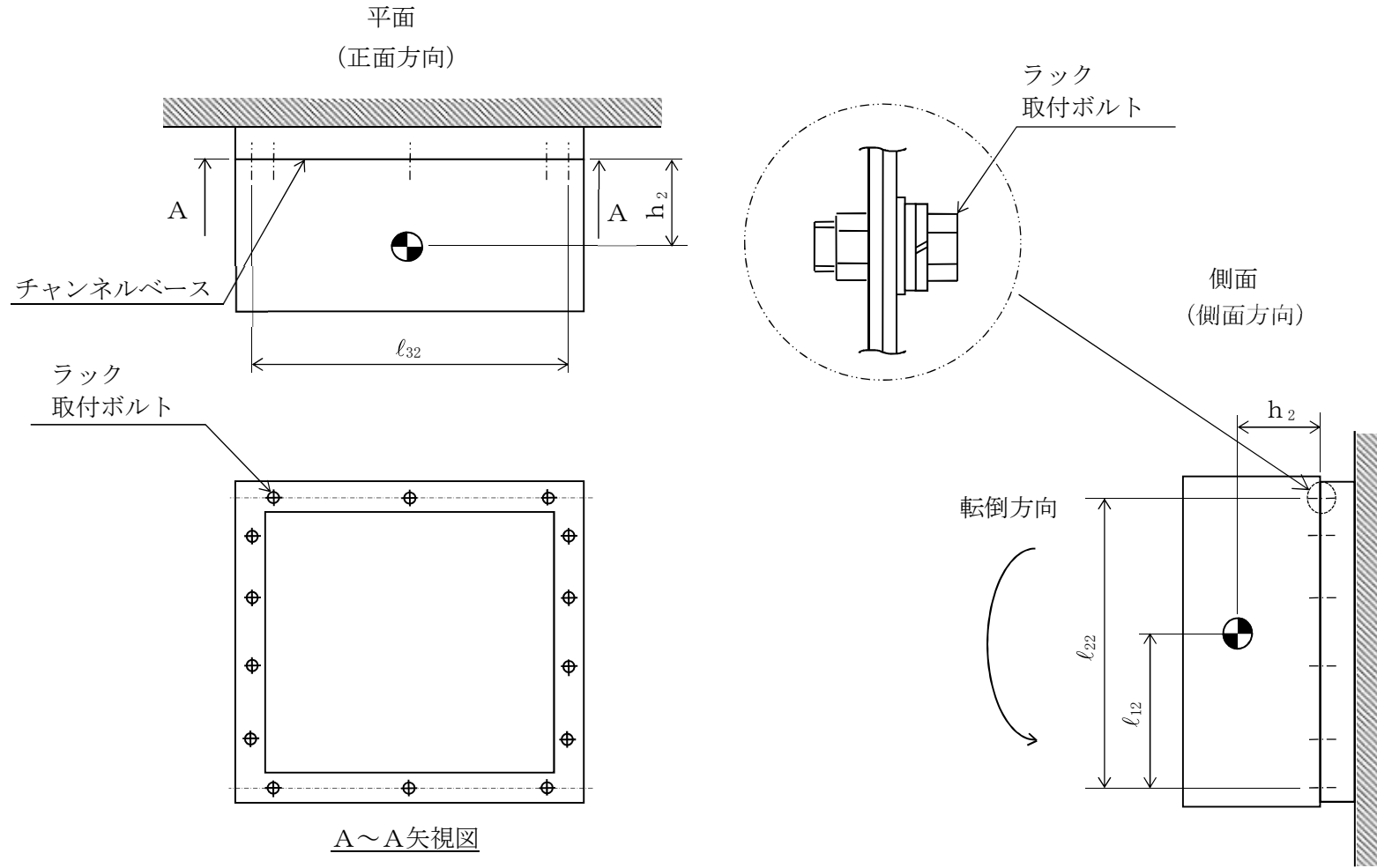
1.4.2 電氣的機能の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
残留熱除去系系統流量 (E11-FT008B)	水平方向	1.12	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.06	<input type="text"/>

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。



2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
残留熱除去系系統流量 (E11-FT008B)	常設/防止 (DB 拡張)	原子炉建屋 T. M. S. L. -8. 200 (T. M. S. L. -1. 700*)			—	—	C _H =1. 36	C _V =1. 27	100

注記 * : 基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

2.2.1 残留熱除去系系統流量 (H22-P031)

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)			16 (M16)	201. 1	14	212 (16mm<径≤40mm)	373 (16mm<径≤40mm)

部材	l _{1 i} (mm)	l _{2 i} (mm)	l _{3 i} (mm)	n _{f v i}	n _{f H i}	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度	基準地震動 S _s
ラック取付ボルト (i=2)				3	4	—	254	—	側面方向

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

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

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ラック取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=9$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=146$

すべて許容応力以下である。

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

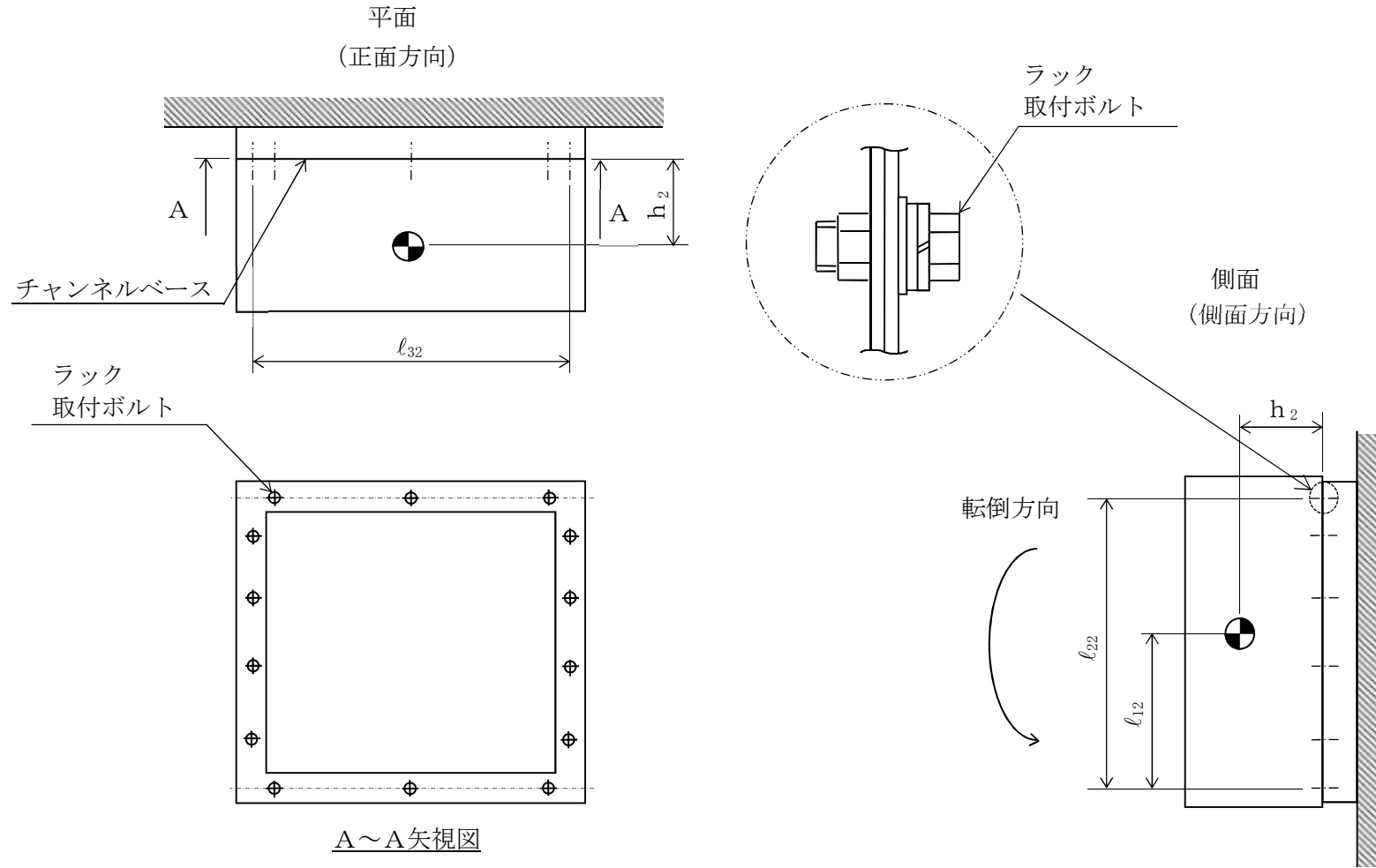
2.4.2 電氣的機能の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
残留熱除去系系統流量 (E11-FT008B)	水平方向	1.12	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.06	<input type="text"/>

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。



【残留熱除去系系統流量 (E11-FT008C) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
残留熱除去系系統流量 (E11-FT008C)	S	原子炉建屋 T. M. S. L. -8. 200 (T. M. S. L. -1. 700*)			C _H =0. 59	C _V =0. 63	C _H =1. 36	C _V =1. 27	100

注記 * : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 残留熱除去系系統流量 (H22-P032)

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)			16 (M16)	201. 1	14	212 (16mm<径≦40mm)	373 (16mm<径≦40mm)

部材	l _{1 i} (mm)	l _{2 i} (mm)	l _{3 i} (mm)	n _{f v i}	n _{f H i}	F _i (MPa)	F _i [*] (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度	基準地震動 S _s
ラック取付ボルト (i=2)				3	4	212	254	側面方向	側面方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

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

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ラック取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	$\sigma_{b2}=5$	$f_{ts2}=159^*$	$\sigma_{b2}=9$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=122$	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=146$

すべて許容応力以下である。

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

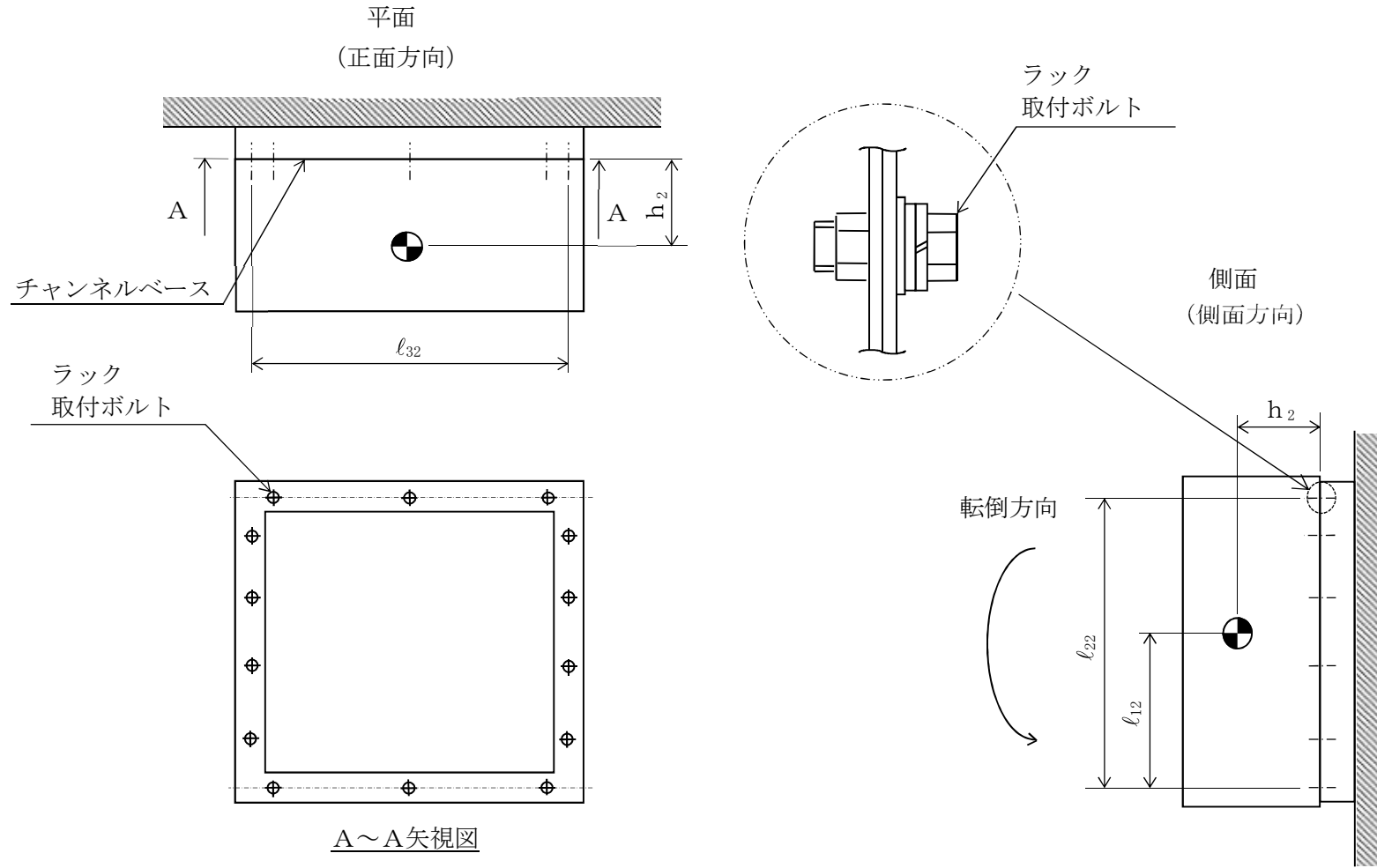
1.4.2 電氣的機能の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
残留熱除去系系統流量 (E11-FT008C)	水平方向	1.12	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.06	<input type="text"/>

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。



2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
残留熱除去系系統流量 (E11-FT008C)	常設/防止 (DB 拡張)	原子炉建屋 T. M. S. L. -8. 200 (T. M. S. L. -1. 700*)			—	—	C _H =1. 36	C _V =1. 27	100

注記 * : 基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

2.2.1 残留熱除去系系統流量 (H22-P032)

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)			16 (M16)	201. 1	14	212 (16mm<径≤40mm)	373 (16mm<径≤40mm)

部材	l _{1 i} (mm)	l _{2 i} (mm)	l _{3 i} (mm)	n _{f v i}	n _{f H i}	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度	基準地震動 S _s
ラック取付ボルト (i=2)				3	4	—	254	—	側面方向

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

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

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ラック取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=9$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=146$

すべて許容応力以下である。

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

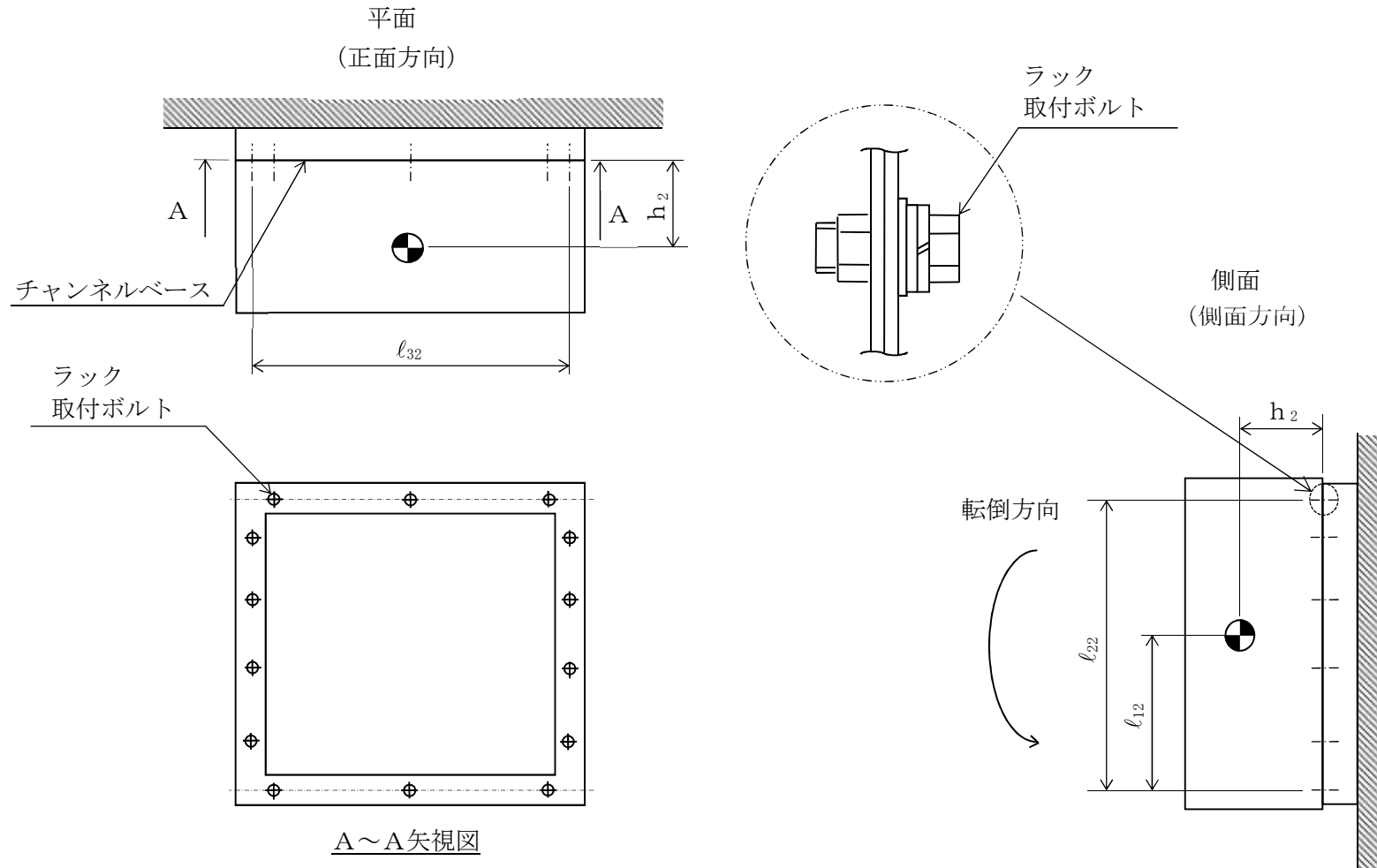
2.4.2 電氣的機能の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
残留熱除去系系統流量 (E11-FT008C)	水平方向	1.12	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.06	<input type="text"/>

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。



VI-2-6-5-9 原子炉隔離時冷却系系統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 電氣的機能維持評価方法	8
6. 評価結果	9
6.1 設計基準対象施設としての評価結果	9
6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	9

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、原子炉隔離時冷却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。

原子炉隔離時冷却系系統流量は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価および電気的機能維持評価を示す。

なお、原子炉隔離時冷却系系統流量が設置される計装ラックは、VI-2-1-14「計算書作成の方法」に記載の壁掛形であるため、VI-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

原子炉隔離時冷却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	
<p>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。</p>	<p>差圧式流量検出器</p>	<p>【原子炉隔離時冷却系系統流量】</p> <p>(正面方向)</p> <p>(側面方向)</p> <p>(単位：mm)</p>

3. 固有周期

3.1 固有周期の確認

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)

原子炉隔離時冷却系系統流量 (H22-P035)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

原子炉隔離時冷却系系統流量の構造強度評価は、VI-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

原子炉隔離時冷却系系統流量の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-1 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-2 に示す。

4.2.2 許容応力

原子炉隔離時冷却系系統流量の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4-3 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

原子炉隔離時冷却系系統流量の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-4 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-5 に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【原子炉隔離時冷却系系統流量 (E51-FT007) 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	計測装置	原子炉隔離時冷却系 系統流量	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S

注記*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	原子炉隔離時冷却系 系統流量	常設／防止 (DB 拡張)	—*2	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	Ⅳ _A S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _A S (V _A Sとして Ⅳ _A Sの許容限 界を用いる。)

注記*1：「常設／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 4-3 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
Ⅲ _A S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
Ⅳ _A S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
V _A S (V _A SとしてⅣ _A Sの許容限界を用いる。)		

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

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

表 4-4 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度	100			
ラック取付ボルト	SS400 (16mm<径≤40mm)	周囲環境温度	100	212	373	—

表 4-5 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度	100			
ラック取付ボルト	SS400 (16mm<径≤40mm)	周囲環境温度	100	212	373	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

原子炉隔離時冷却系系統流量の電氣的機能維持評価は、VI-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、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
原子炉隔離時冷却系系統流量 (E51-FT007)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

原子炉隔離時冷却系系統流量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氣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

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

原子炉隔離時冷却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氣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

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【原子炉隔離時冷却系系統流量（E51-FT007）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉隔離時冷却系 系統流量 (E51-FT007)	S	原子炉建屋 T.M.S.L. -8.200 (T.M.S.L. -1.700*)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	C _H =0.59	C _V =0.63	C _H =1.36	C _V =1.27	100

注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 原子炉隔離時冷却系系統流量（H22-P035）

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)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	16 (M16)	201.1	16	212 (16mm<径≤40mm)	373 (16mm<径≤40mm)

部材	l _{1 i} (mm)	l _{2 i} (mm)	l _{3 i} (mm)	n _{f v i}	n _{f H i}	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用 地震動 S d 又は 静的震度	基準地震動 S s
ラック取付ボルト (i=2)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	4	4	212	254	側面方向	側面方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

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

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ラック取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	$\sigma_{b2}=5$	$f_{ts2}=159^*$	$\sigma_{b2}=9$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=122$	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=146$

すべて許容応力以下である。

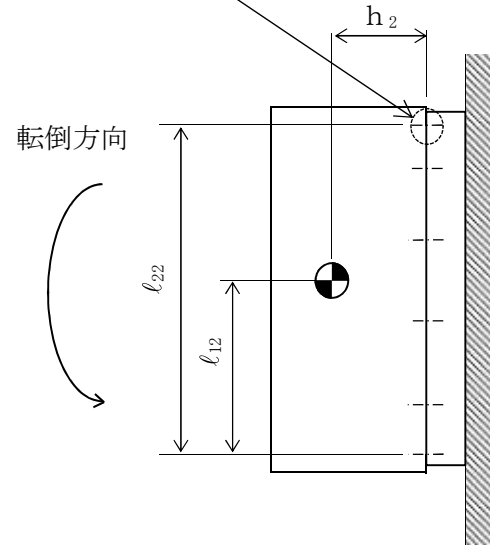
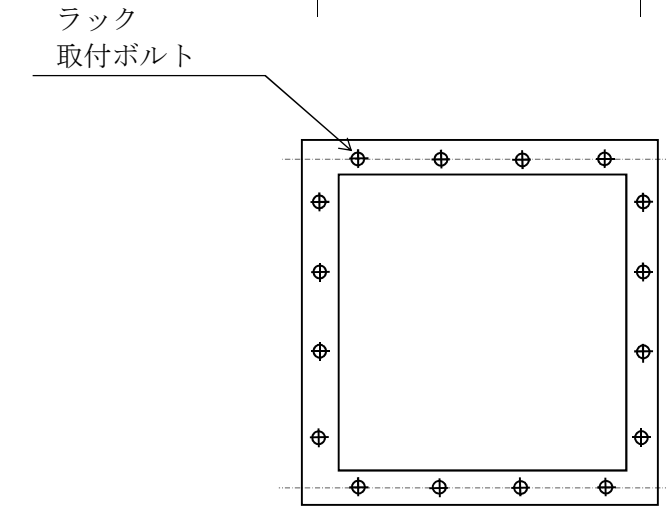
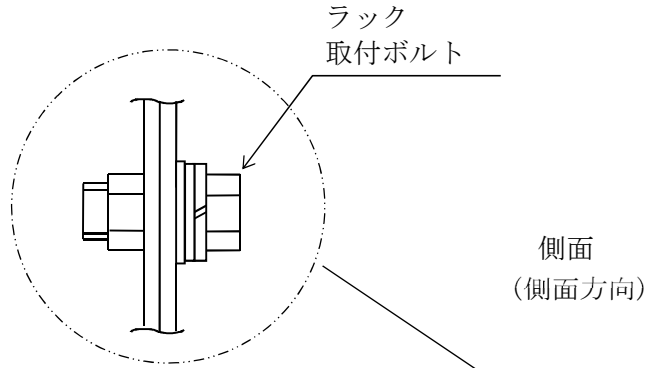
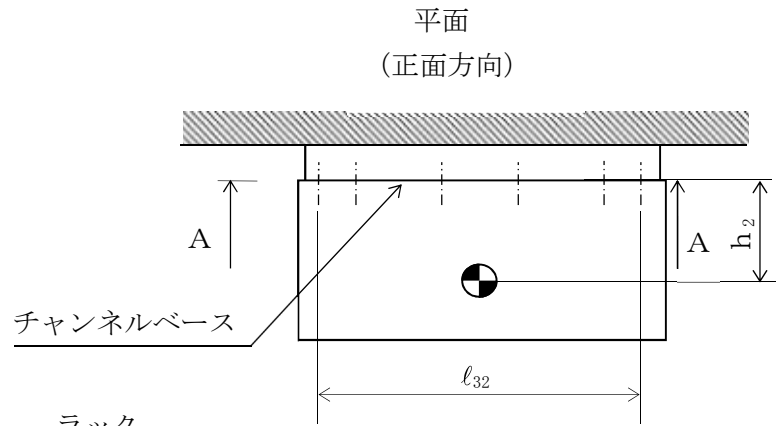
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

1.4.2 電氣的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉隔離時冷却系 系統流量 (E51-FT007)	水平方向	1.12	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.06	<input type="text"/>

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。



2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉隔離時冷却系 系統流量 (E51-FT007)	常設/防止 (DB 拡張)	原子炉建屋 T. M. S. L. -8. 200 (T. M. S. L. -1. 700*)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	—	—	C _H =1. 36	C _V =1. 27	100

注記* : 基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

2.2.1 原子炉隔離時冷却系系統流量 (H22-P035)

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)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	16 (M16)	201. 1	16	212 (16mm<径≤40mm)	373 (16mm<径≤40mm)

部材	l _{1 i} (mm)	l _{2 i} (mm)	l _{3 i} (mm)	n _{f v i}	n _{f H i}	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度	基準地震動 S _s
ラック取付ボルト (i=2)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	4	4	—	254	—	側面方向

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

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

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ラック取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=9$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=146$

すべて許容応力以下である。

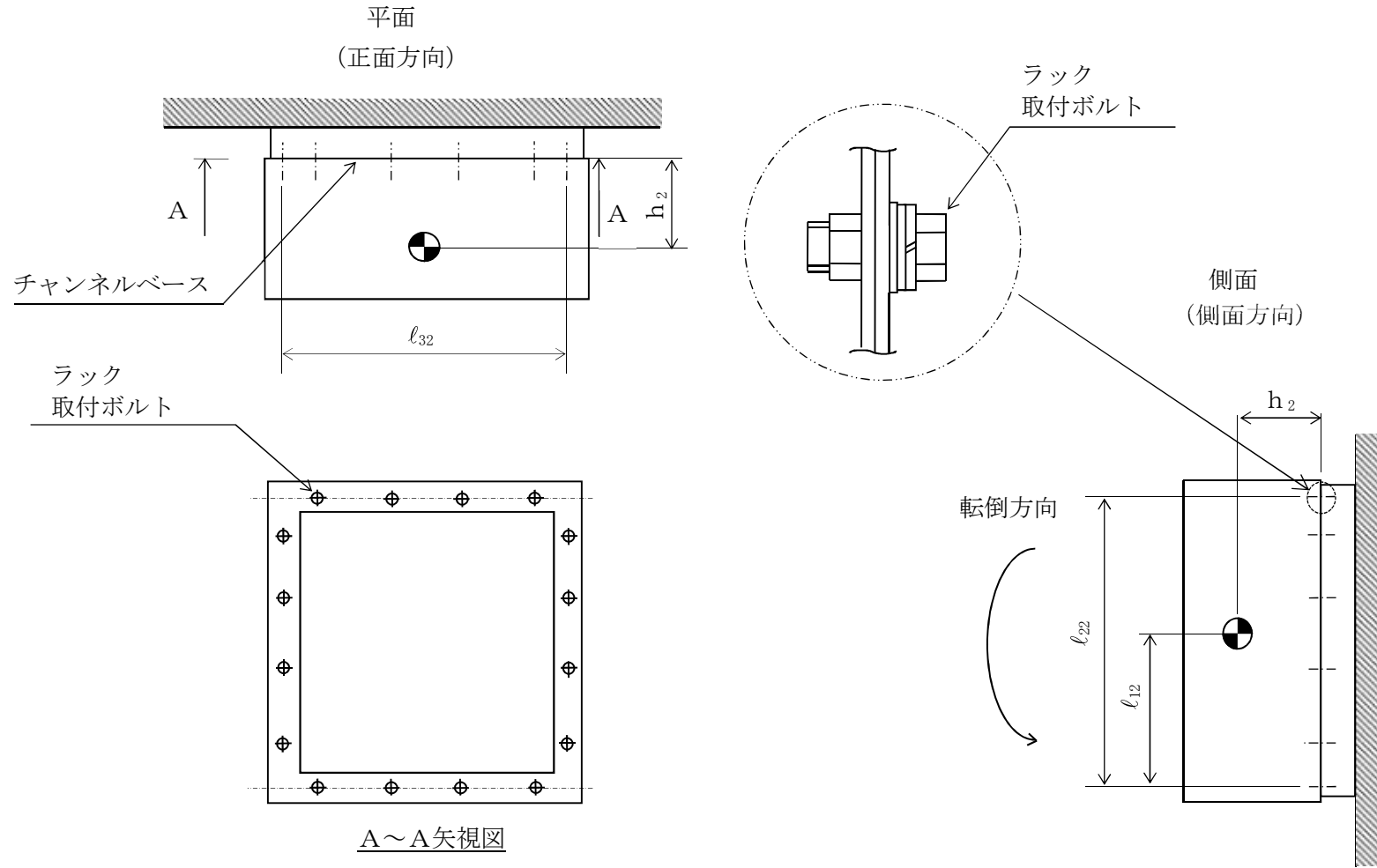
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

2.4.2 電氣的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉隔離時冷却系 系統流量 (E51-FT007)	水平方向	1.12	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.06	<input type="text"/>

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。



VI-2-6-5-10 高圧炉心注水系系統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 電氣的機能維持評価方法	8
6. 評価結果	9
6.1 設計基準対象施設としての評価結果	9
6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	9

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、高圧炉心注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。

高圧炉心注水系系統流量は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

なお、高圧炉心注水系系統流量が設置される計装ラックは、VI-2-1-14「計算書作成の方法」に記載の直立形であるため、VI-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

高圧炉心注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													
<p>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。</p>	<p>差圧式流量検出器</p>	<p>【高圧炉心注水系系統流量】</p> <p>(正面方向)</p> <p>(側面方向)</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>機器名称</th> <th>高圧炉心注水系系統流量 (H22-P033)</th> <th>高圧炉心注水系系統流量 (H22-P034)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>たて</td> <td>500</td> <td>500</td> </tr> <tr> <td>横</td> <td>750</td> <td>750</td> </tr> <tr> <td>高さ</td> <td>1700</td> <td>1700</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: right;">(単位：mm)</p>	機器名称	高圧炉心注水系系統流量 (H22-P033)	高圧炉心注水系系統流量 (H22-P034)	たて	500	500	横	750	750	高さ	1700	1700
機器名称	高圧炉心注水系系統流量 (H22-P033)	高圧炉心注水系系統流量 (H22-P034)												
たて	500	500												
横	750	750												
高さ	1700	1700												

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)

高圧炉心注水系系統流量 (H22-P033)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>
高圧炉心注水系系統流量 (H22-P034)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

高圧炉心注水系系統流量の構造強度評価は、VI-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

高圧炉心注水系系統流量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

高圧炉心注水系系統流量の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4-3 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

高圧炉心注水系系統流量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【高圧炉心注水系系統流量(E22-FT008B-1)の耐震性についての計算結果】、【高圧炉心注水系系統流量(E22-FT008C-1)の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	高圧炉心注水系系統流量	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S

注記*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	高圧炉心注水系系統流量	常設／防止 (DB 拡張)	—*2	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	Ⅳ _A S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _A S (V _A Sとして Ⅳ _A Sの許容限 界を用いる。)

注記*1：「常設／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 4-3 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
Ⅲ _A S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
Ⅳ _A S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
V _A S (V _A SとしてⅣ _A Sの許容限界を用いる。)		

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

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

表 4-4 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度	100			
ラック取付ボルト	SS400 (16mm<径≤40mm)	周囲環境温度	100	212	373	—

表 4-5 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度	100			
ラック取付ボルト	SS400 (16mm<径≤40mm)	周囲環境温度	100	212	373	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

高圧炉心注水系系統流量の電氣的機能維持評価は、VI-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、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度

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

評価部位	方向	機能確認済加速度
高圧炉心注水系系統流量 (E22-FT008B-1)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>
高圧炉心注水系系統流量 (E22-FT008C-1)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

高圧炉心注水系系統流量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氣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

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

高圧炉心注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氣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

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【高圧炉心注水系系統流量(E22-FT008B-1)の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S _d 又は静的震度		基準地震動S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
高圧炉心注水系系統流量 (E22-FT008B-1)	S	原子炉建屋 T. M. S. L. -8. 200 (T. M. S. L. -1. 700*)			C _H =0. 59	C _V =0. 63	C _H =1. 36	C _V =1. 27	100

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 高圧炉心注水系系統流量 (H22-P033)

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)			16 (M16)	201. 1	14	212 (16mm<径≤40mm)	373 (16mm<径≤40mm)

部材	ℓ _{1 i} (mm)	ℓ _{2 i} (mm)	ℓ _{3 i} (mm)	n _{f v i}	n _{f H i}	F _i (MPa)	F _i [*] (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用 地震動S _d 又は 静的震度	基準地震動S _s
ラック取付ボルト (i=2)				3	4	212	254	側面方向	側面方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

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

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ラック取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	$\sigma_{b2}=4$	$f_{ts2}=159^*$	$\sigma_{b2}=7$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=122$	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=146$

すべて許容応力以下である。

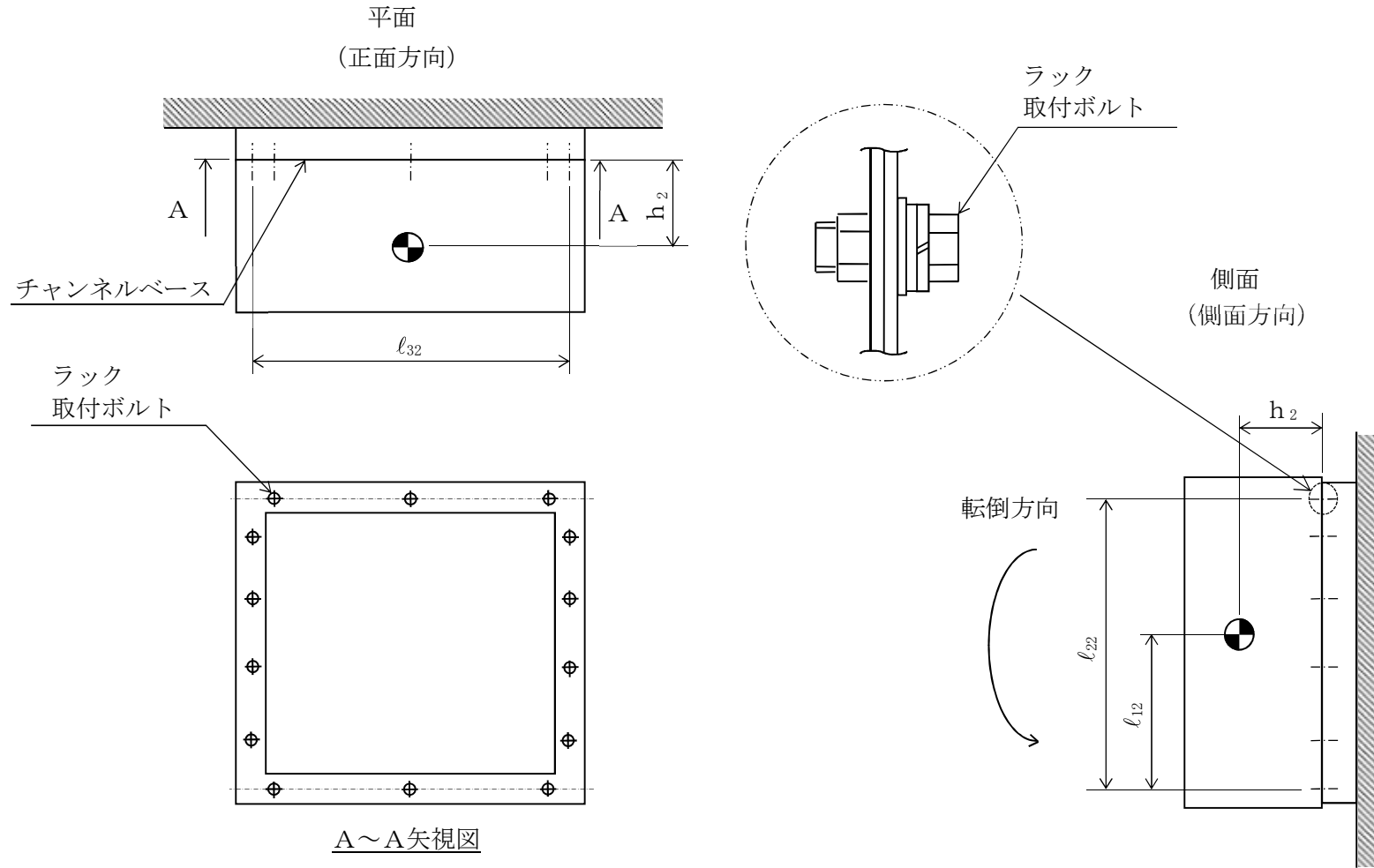
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

1.4.2 電氣的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
高圧炉心注水系 系統流量 (E22-FT008B-1)	水平方向	1.12	□
	鉛直方向	1.06	□

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。



2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
高压炉心注水系系統流量 (E22-FT008B-1)	常設/防止 (DB 拡張)	原子炉建屋 T. M. S. L. -8. 200 (T. M. S. L. -1. 700*)			—	—	C _H =1. 36	C _V =1. 27	100

注記* : 基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

2.2.1 高压炉心注水系系統流量 (H22-P033)

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)			16 (M16)	201. 1	14	212 (16mm<径≦40mm)	373 (16mm<径≦40mm)

部材	ℓ _{1 i} (mm)	ℓ _{2 i} (mm)	ℓ _{3 i} (mm)	n _{f v i}	n _{f H i}	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用 地震動 S d 又は 静的震度	基準地震動 S s
ラック取付ボルト (i=2)				3	4	—	254	—	側面方向

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

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

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ラック取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=7$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=146$

すべて許容応力以下である。

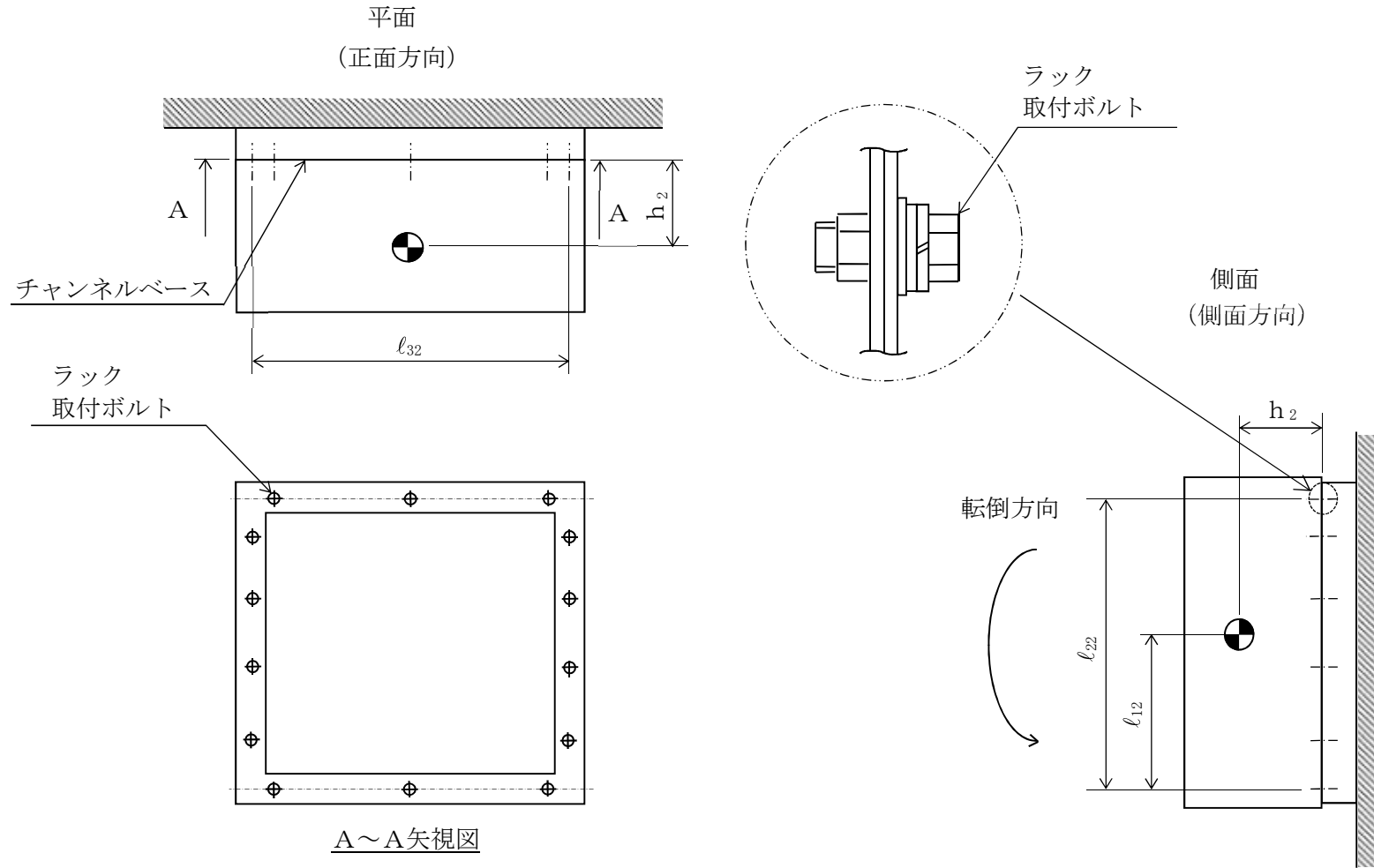
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

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
高圧炉心注水系 系統流量 (E22-FT008B-1)	水平方向	1.12	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.06	<input type="text"/>

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。



【高圧炉心注水系系統流量(E22-FT008C-1)の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S _d 又は静的震度		基準地震動S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
高圧炉心注水系系統流量 (E22-FT008C-1)	S	原子炉建屋 T. M. S. L. -8. 200 (T. M. S. L. -1. 700*)			C _H =0. 59	C _V =0. 63	C _H =1. 36	C _V =1. 27	100

注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 高圧炉心注水系系統流量 (H22-P034)

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)			16 (M16)	201. 1	14	212 (16mm<径≤40mm)	373 (16mm<径≤40mm)

部材	ℓ _{1 i} (mm)	ℓ _{2 i} (mm)	ℓ _{3 i} (mm)	n _{f v i}	n _{f H i}	F _i (MPa)	F _i [*] (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用 地震動S _d 又は 静的震度	基準地震動S _s
ラック取付ボルト (i=2)				3	4	212	254	側面方向	側面方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

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

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ラック取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	$\sigma_{b2}=4$	$f_{ts2}=159^*$	$\sigma_{b2}=7$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=122$	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=146$

すべて許容応力以下である。

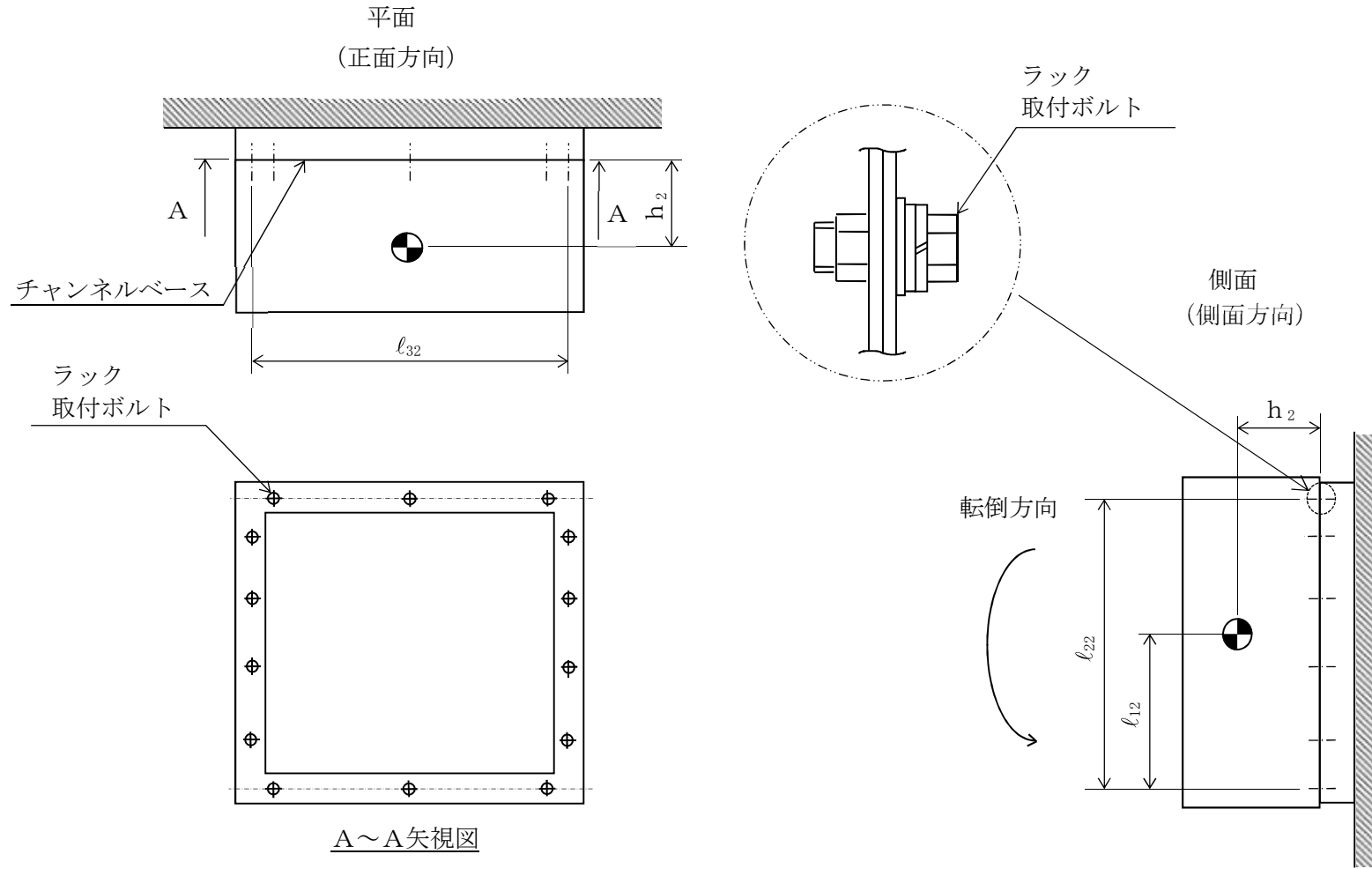
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

1.4.2 電氣的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
高圧炉心注水系 系統流量 (E22-FT008C-1)	水平方向	1.12	□
	鉛直方向	1.06	□

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。



2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
高压炉心注水系系統流量 (E22-FT008C-1)	常設/防止 (DB 拡張)	原子炉建屋 T. M. S. L. -8. 200 (T. M. S. L. -1. 700*)			—	—	C _H =1. 36	C _V =1. 27	100

注記*：基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

2.2.1 高压炉心注水系系統流量 (H22-P034)

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)			16 (M16)	201. 1	14	212 (16mm<径≦40mm)	373 (16mm<径≦40mm)

部材	ℓ _{1 i} (mm)	ℓ _{2 i} (mm)	ℓ _{3 i} (mm)	n _{f v i}	n _{f H i}	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度	基準地震動 S _s
ラック取付ボルト (i=2)				3	4	—	254	—	側面方向

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

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

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ラック取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=7$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=146$

すべて許容応力以下である。

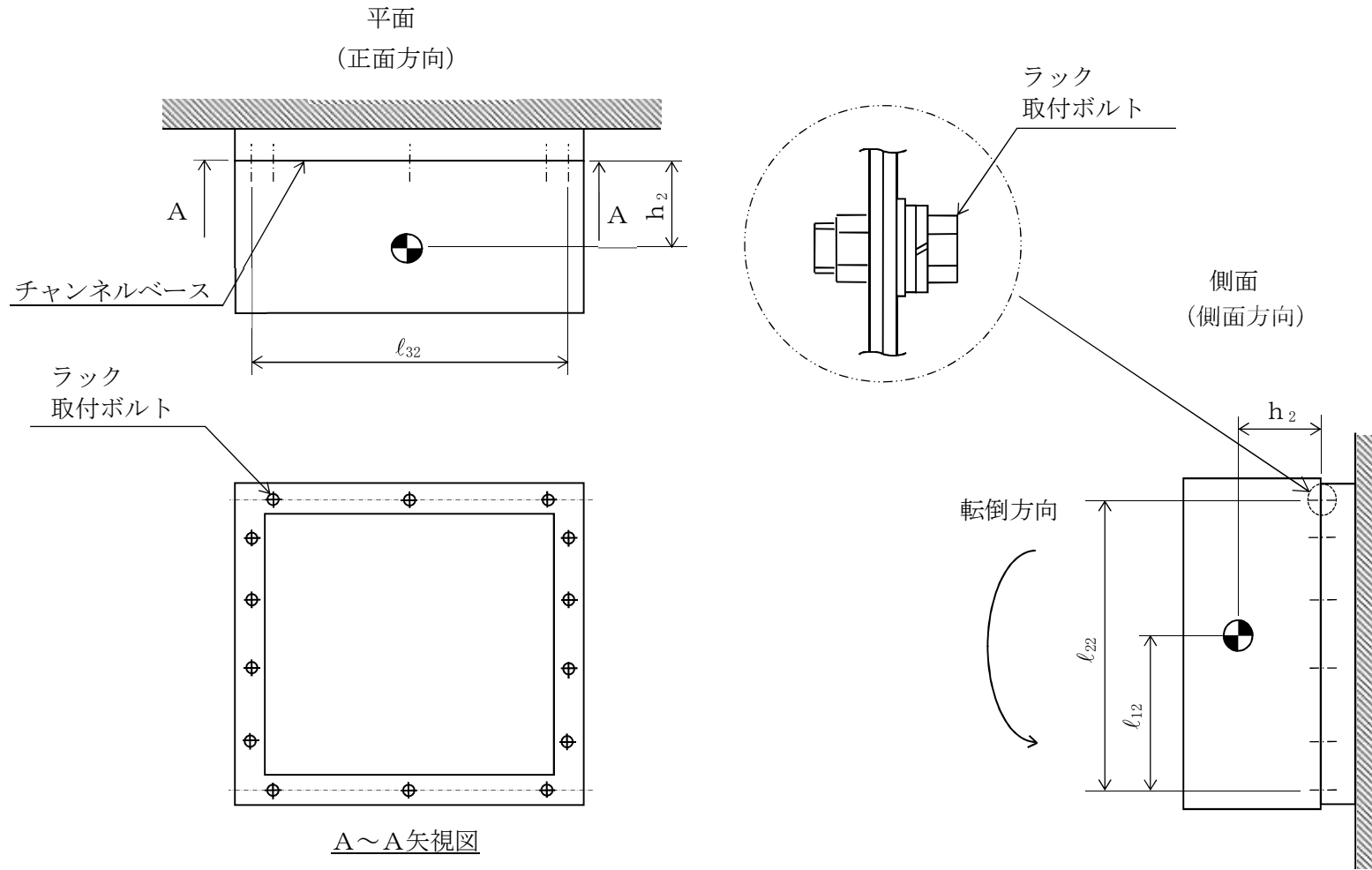
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

2.4.2 電氣的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
高圧炉心注水系 系統流量 (E22-FT008C-1)	水平方向	1.12	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.06	<input type="text"/>

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。



VI-2-6-5-11 高圧代替注水系系統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 電氣的機能維持評価方法	8
6. 評価結果	9
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	9

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、高圧代替注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。

高圧代替注水系系統流量は、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、高圧代替注水系系統流量は、VI-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、VI-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

高圧代替注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	
<p>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ーションに固定される。計器スターションは、基礎に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>差圧式流量検出器</p>	<p>【高压代替注水系系統流量】</p> <p>(平面)</p> <p>基礎 (壁面)</p> <p>正面</p> <p>350</p> <p>計器スターション</p> <p>850</p> <p>(正面方向)</p> <p>側面</p> <p>基礎ボルト (ケミカルアンカ)</p> <p>385</p> <p>検出器</p> <p>取付板取付ボルト</p> <p>取付板</p> <p>計器取付ボルト</p> <p>基礎 (壁面)</p> <p>(側面方向)</p> <p>(単位：mm)</p>

3. 固有周期

3.1 固有周期の確認

高圧代替注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 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期

(単位：s)

高圧代替注水系系統流量 (E61-FT005)	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

高圧代替注水系系統流量の構造強度評価は、VI-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

高圧代替注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 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

高圧代替注水系系統流量の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

高圧代替注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 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【高圧代替注水系系統流量 (E61-FT005) 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	計測装置	高圧代替注水系系統流量	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IVAS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS (VASとして IVASの許容限 界を用いる。)

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

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件 (重大事故等対処設備)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度	66	206	385	—
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 電氣的機能維持評価方法

高圧代替注水系系統流量の電氣的機能維持評価は、VI-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、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
高圧代替注水系系統流量 (E61-FT005)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

高圧代替注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。

【高圧代替注水系系統流量 (E61-FT005) の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
高圧代替注水系系統流量 (E61-FT005)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋 T. M. S. L. -1.700* ¹ (T. M. S. L. 4.800* ²)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =1.36	C _V =1.31	66

注記*1：水平方向の基準床レベルを示す。

*2：鉛直方向の基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 高圧代替注水系系統流量

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	<input type="text"/>	<input type="text"/>	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 S _d 又は 静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	2	2	—	247	—	側面方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F _b		Q _b	
	弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

1.4 結論

1.4.1 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	—	—	$\sigma_b = 3$	$f_{ts} = 148^*$
		せん断	—	—	$\tau_b = 3$	$f_{sb} = 114$

二

すべて許容応力以下である。

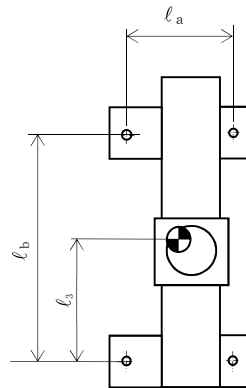
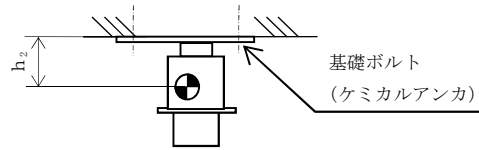
注記*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$

1.4.2 電氣的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

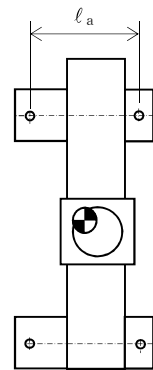
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
高圧代替注水系系統流量 (E61-FT005)	水平方向	1.12	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.08	<input type="text"/>

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

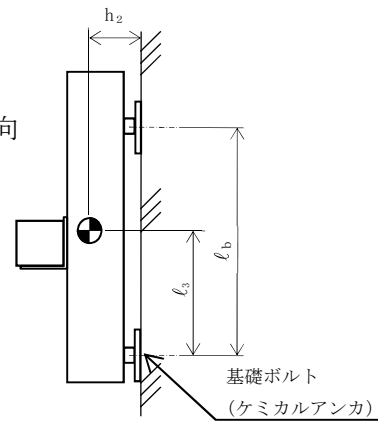
機能維持評価用加速度 (1.0・ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



(正面方向)



転倒方向



(側面方向)

VI-2-6-5-12 復水補給水系流量（RHR A系代替注水流量）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
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	16
5.5.1 溶接部の応力計算条件	16
5.6 応力の評価	16
5.6.1 溶接部の応力評価	16
6. 機能維持評価	17
6.1 電氣的機能維持評価方法	17
7. 評価結果	18
7.1 重大事故等対処設備としての評価結果	18

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、復水補給水系流量（RHR A系代替注水流量）が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

復水補給水系流量（RHR A系代替注水流量）は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

復水補給水系流量（RHR A系代替注水流量）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	
<p>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ーションに固定される。計器スターションは、溶接により基礎に埋め込まれた埋込金物に設置する。</p>	<p>差圧式流量検出器</p>	<p>【復水補給水系流量（RHR A 系代替注水流量）】</p> <p>(単位：mm)</p>

2.2 評価方針

復水補給水系流量（RHR A系代替注水流量）の応力評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示す復水補給水系流量（RHR A系代替注水流量）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、復水補給水系流量（RHR A系代替注水流量）の機能維持評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣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。

復水補給水系流量（RHR A系代替注水流量）の耐震評価フローを図2-1に示す。

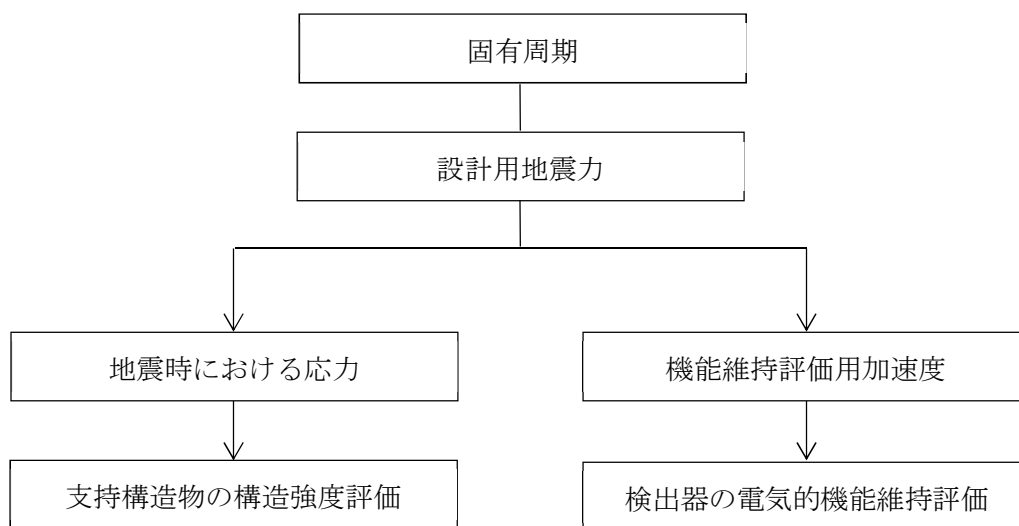


図2-1 復水補給水系流量（RHR A系代替注水流量）の耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

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

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
a	溶接部の有効のど厚	mm
A_w	溶接部の有効断面積	mm ²
A_{w1}	壁掛形計器スタンションの据付面に対し左右方向の水平方向地震により作用する応力に対する溶接部の有効断面積	mm ²
A_{w2}	鉛直方向地震により作用する応力に対する溶接部の有効断面積	mm ²
b ₁ , b ₂	溶接の有効長さ	mm
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
F	設計・建設規格 SSB-3121.1(1) に定める値	MPa
F [*]	設計・建設規格 SSB-3121.3 に定める値	MPa
F_w	溶接部に作用する引張力	N
F_{w1}	鉛直方向地震及び壁掛形計器スタンションの据付面に対し左右方向の水平方向地震により溶接部に作用する引張力	N
F_{w2}	鉛直方向地震及び壁掛形計器スタンションの据付面に対し前後方向の水平方向地震により溶接部に作用する引張力	N
f_{sw}	溶接部の許容せん断応力	MPa
f_{tw}	溶接部の許容引張応力	MPa
f_w	溶接部の許容組合せ応力	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s ²
h ₂	据付面から重心までの距離	mm
l ₃	重心と下側溶接部端部との距離	mm
l _a	側面（左右）溶接部間の距離	mm
l _b	下側溶接部端部と上側溶接部端部との距離	mm
m	計器スタンションの質量	kg
n	溶接箇所数	—
n _{fH}	評価上引張力を受けるとして期待する溶接箇所数（正面方向転倒）	—
n _{fV}	評価上引張力を受けるとして期待する溶接箇所数（側面方向転倒）	—
Q_w	溶接部に作用するせん断力	N
Q_{w1}	水平方向地震により溶接部に作用するせん断力	N
Q_{w2}	鉛直方向地震により溶接部に作用するせん断力	N
s	溶接脚長	mm

記号	記号の説明	単位
S_u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa
$S_y(RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料の 40°Cにおける値	MPa
σ_t	溶接部に生じる引張応力	MPa
σ_w	溶接部に生じる組合せ応力	MPa
τ	溶接部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

復水補給水系流量（RHR A系代替注水流量）の耐震評価は「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる溶接部について評価を実施する。

復水補給水系流量（RHR A系代替注水流量）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

復水補給水系流量（RHR A系代替注水流量）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。復水補給水系流量（RHR A系代替注水流量）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)

復水補給水系流量 (RHR A系代替注水流量) (E11-FT015A)	水平	□
	鉛直	□

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

- (1) 計器スタンションの質量は重心に集中しているものとする。
- (2) 地震力は計器スタンションに対して、水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
- (3) 計器スタンションは溶接により基礎に埋め込まれた埋込金物に設置されており、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) 計器スタンション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

復水補給水系流量（RHR A 系代替注水流量）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 5-1 に示す。

5.2.2 許容応力

復水補給水系流量（RHR A 系代替注水流量）の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 5-2 のとおりとする。

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

復水補給水系流量（RHR A 系代替注水流量）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 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	計測装置	復水補給水系流量 (RHR A系代替注水流量)	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IVAS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS (VASとして IVASの許容限 界を用いる。)

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

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 5-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界 ^{*1, *2, *3} (ボルト等以外)	
	一次応力	
	引張り	せん断
IV _A S	1.5・f _t [*]	1.5・f _s [*]
V _A S (V _A SとしてIV _A Sの許容限界を用いる。)		

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

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

*3：すみ肉溶接部の許容応力は母材の許容せん断応力とする。

表 5-3 使用材料の許容応力評価条件 (重大事故等対処設備)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度	66	216	385	—
溶接部	STKR400	周囲環境温度	66	216	385	—

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 S_s 」による地震力は、VI-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 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
		水平 方向	鉛直 方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
復水補給水系流量 (RHR A 系代替注 水流量) (E11-FT015A)	原子炉建屋 T. M. S. L. 4.800 (T. M. S. L. 12.300*)	□	□	—	—	$C_H=1.38$	$C_V=1.33$

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 溶接部の応力

溶接部の応力は、図5-1及び図5-2で示す溶接部端部を支点とする転倒を考え、これを片側の溶接部で受けるものとして計算する。

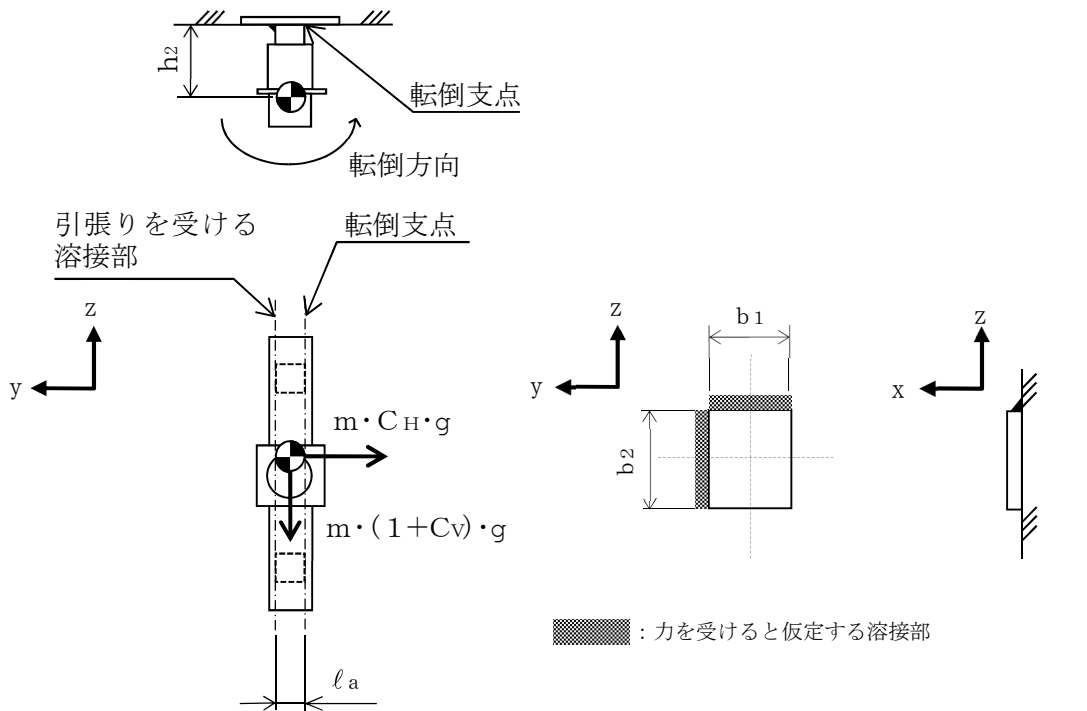


図5-1 計算モデル（正面方向）

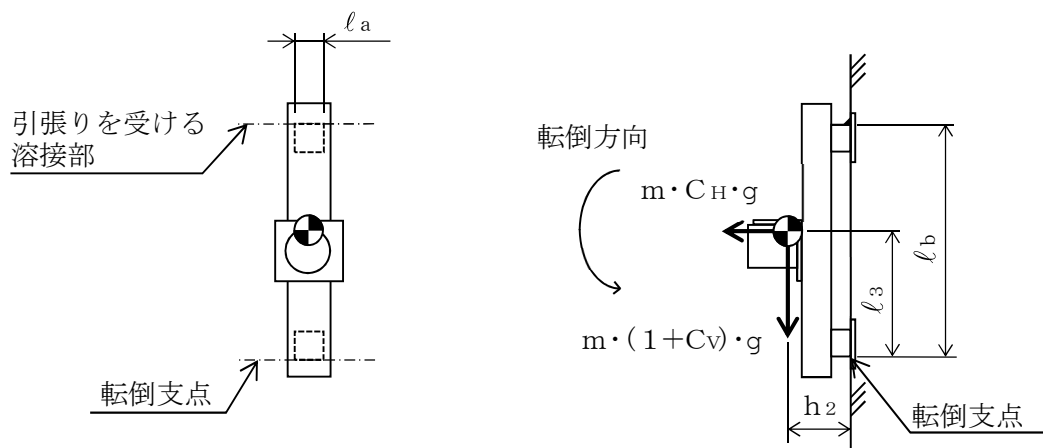


図5-2 計算モデル（側面方向）

(1) 引張応力

溶接部に対する引張力は、図5-1及び図5-2それぞれの溶接部を支点とする転倒を考え、これを全溶接断面積で受けるものとして計算する。

引張力

計算モデル図5-1の場合の引張力

$$F_{w1} = m \cdot g \cdot \left(\frac{C_H \cdot h_2}{n_{fH} \cdot \ell_a} + \frac{(1 + C_V) \cdot h_2}{n_{fV} \cdot \ell_b} \right) \dots\dots\dots (5.4.1.1.1)$$

計算モデル図5-2の場合の引張力

$$F_{w2} = m \cdot g \cdot \left(\frac{C_H \cdot \ell_3 + (1 + C_V) \cdot h_2}{n_{fV} \cdot \ell_b} \right) \dots\dots\dots (5.4.1.1.2)$$

$$F_w = \text{Max} (F_{w1}, F_{w2}) \dots\dots\dots (5.4.1.1.3)$$

引張応力

$$\sigma_t = \frac{F_w}{A_w} \dots\dots\dots (5.4.1.1.4)$$

ここで、溶接部の有効断面積 A_w は、次式により求める。

$$A_w = a \cdot (b_1 + b_2) \dots\dots\dots (5.4.1.1.5)$$

ただし、溶接部の有効のど厚 a は、次式により求める。

$$a = 0.7 \cdot s \dots\dots\dots (5.4.1.1.6)$$

(2) せん断応力

溶接部に対するせん断応力は、各方向の有効せん断面積で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{w1} = m \cdot g \cdot C_H \dots\dots\dots (5.4.1.1.7)$$

$$Q_{w2} = m \cdot g \cdot (1 + C_V) \dots\dots\dots (5.4.1.1.8)$$

$$Q_w = \sqrt{(Q_{w1})^2 + (Q_{w2})^2} \dots\dots\dots (5.4.1.1.9)$$

せん断応力

$$\tau = \sqrt{\left(\frac{Q_{w1}}{n \cdot A_{w1}}\right)^2 + \left(\frac{Q_{w2}}{n \cdot A_{w2}}\right)^2} \dots\dots\dots (5.4.1.1.10)$$

ここで、せん断力を受ける溶接部の有効断面積 A_{w1} 及び A_{w2} は、次式により求める。

$$A_{w1} = a \cdot b_1 \dots\dots\dots (5.4.1.1.11)$$

$$A_{w2} = a \cdot b_2 \dots\dots\dots (5.4.1.1.12)$$

(3) 組合せ応力

溶接に対する組合せ応力は、各応力を足し合わせたものとして計算する。

$$\sigma_w = \sqrt{(\sigma_t)^2 + \tau^2} \dots\dots\dots (5.4.1.1.13)$$

5.5 計算条件

5.5.1 溶接部の応力計算条件

溶接部の応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【復水補給水系流量（RHR A系代替注水流量）（E11-FT015A）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 溶接部の応力評価

5.4.1 項で求めた溶接部の各応力は以下の表に示す許容応力以下であること。

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

6. 機能維持評価

6.1 電氣的機能維持評価方法

復水補給水系流量（RHR A系代替注水流量）の電氣的機能維持評価については以下に示す。

なお、機能維持評価用加速度はVI-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき、基準地震動 S_s により定まる応答加速度を設定する。

復水補給水系流量（RHR A系代替注水流量）の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 6-1 に示す。

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

評価部位	方向	機能確認済加速度
復水補給水系流量（RHR A系代替注水流量） (E11-FT015A)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

7. 評価結果

7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

復水補給水系流量（RHR A系代替注水流量）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氣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

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【復水補給水系流量（RHR A系代替注水流量）（E11-FT015A）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
復水補給水系流量（RHR A系代替注水流量） （E11-FT015A）	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*)	□	□	—	—	C _H =1. 38	C _V =1. 33	66

注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 復水補給水系流量（RHR A系代替注水流量）

部材	m (kg)	h ₂ (mm)	s (mm)	a (mm)	A _w (mm ²)	A _{w1} (mm ²)	A _{w2} (mm ²)	n	b ₁ (mm)	b ₂ (mm)	l ₃ (mm)	l _a (mm)	l _b (mm)	n _{fV}	n _{fH}	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
																				弾性設計用 地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
溶接部	□	□	3. 2	2. 2	182. 8	91. 39	91. 39	2	40. 8	40. 8	□	□	□	1	2	216	385	—	260	—	正面方向

1.3 計算数値

1.3.1 溶接部に作用する力 (単位：N)

部材	F _w		Q _w	
	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
溶接部	—		—	

1.4 結論

1.4.1 溶接部の応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _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
溶接部	STKR400	引張り	—	—	$\sigma_t = 5$	$f_{tw} = 150^*$
		せん断	—	—	$\tau = 5$	$f_{sw} = 150^*$
		組合せ	—	—	$\sigma_w = 7$	$f_w = 150^*$

すべて許容応力以下である。

注記*：すみ肉溶接部の許容応力は母材の許容せん断応力とする。

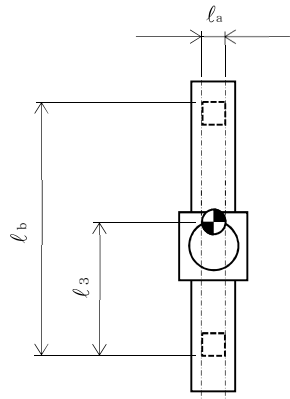
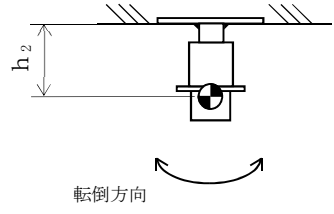
20

1.4.2 電氣的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

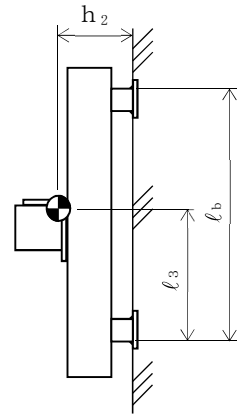
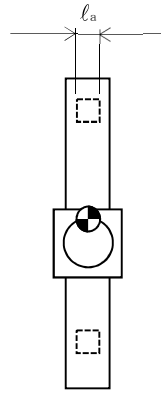
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
復水補給水系流量 (RHR A系代替注水流量) (E11-FT015A)	水平方向	1.15	
	鉛直方向	1.11	

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。



(正面方向)



(側面方向)

VI-2-6-5-13 復水補給水系流量（RHR B系代替注水流量）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
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	16
5.5.1 溶接部の応力計算条件	16
5.6 応力の評価	16
5.6.1 溶接部の応力評価	16
6. 機能維持評価	17
6.1 電氣的機能維持評価方法	17
7. 評価結果	18
7.1 重大事故等対処設備としての評価結果	18

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、復水補給水系流量（RHR B系代替注水流量）が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

復水補給水系流量（RHR B系代替注水流量）は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

復水補給水系流量（RHR B系代替注水流量）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	
<p>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ーションに固定される。計器スターションは、溶接により基礎に埋め込まれた埋込金物に設置する。</p>	<p>差圧式流量検出器</p>	<p>【復水補給水系流量（RHR B系代替注水流量）】</p> <p>(正面方向)</p> <p>(側面方向)</p> <p>(単位：mm)</p>

2.2 評価方針

復水補給水系流量（RHR B系代替注水流量）の応力評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示す復水補給水系流量（RHR B系代替注水流量）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、復水補給水系流量（RHR B系代替注水流量）の機能維持評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣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。

復水補給水系流量（RHR B系代替注水流量）の耐震評価フローを図2-1に示す。

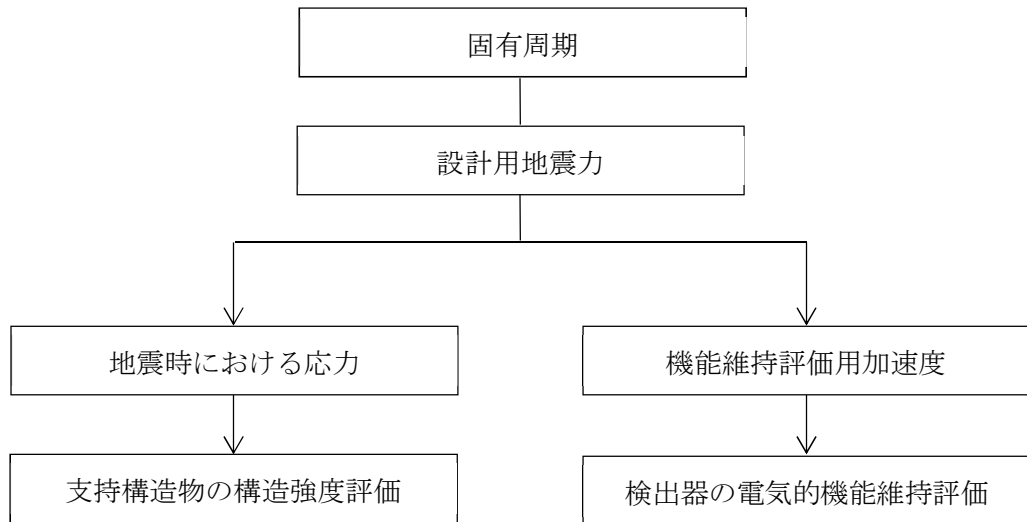


図2-1 復水補給水系流量（RHR B系代替注水流量）の耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

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

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
a	溶接部の有効のど厚	mm
A_w	溶接部の有効断面積	mm ²
A_{w1}	壁掛形計器スタンションの据付面に対し左右方向の水平方向地震により作用する応力に対する溶接部の有効断面積	mm ²
A_{w2}	鉛直方向地震により作用する応力に対する溶接部の有効断面積	mm ²
b ₁ , b ₂	溶接の有効長さ	mm
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
F	設計・建設規格 SSB-3121.1(1) に定める値	MPa
F*	設計・建設規格 SSB-3121.3 に定める値	MPa
F_w	溶接部に作用する引張力	N
F_{w1}	鉛直方向地震及び壁掛形計器スタンションの据付面に対し左右方向の水平方向地震により溶接部に作用する引張力	N
F_{w2}	鉛直方向地震及び壁掛形計器スタンションの据付面に対し前後方向の水平方向地震により溶接部に作用する引張力	N
f_{sw}	溶接部の許容せん断応力	MPa
f_{tw}	溶接部の許容引張応力	MPa
f_w	溶接部の許容組合せ応力	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s ²
h ₂	据付面から重心までの距離	mm
l ₃	重心と下側溶接部端部との距離	mm
l _a	側面（左右）溶接部間の距離	mm
l _b	下側溶接部端部と上側溶接部端部との距離	mm
m	計器スタンションの質量	kg
n	溶接箇所数	—
n _{fH}	評価上引張力を受けるとして期待する溶接箇所数（正面方向転倒）	—
n _{fV}	評価上引張力を受けるとして期待する溶接箇所数（側面方向転倒）	—
Q_w	溶接部に作用するせん断力	N
Q_{w1}	水平方向地震により溶接部に作用するせん断力	N
Q_{w2}	鉛直方向地震により溶接部に作用するせん断力	N
s	溶接脚長	mm

記号	記号の説明	単位
S_u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa
$S_y(RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料の 40°Cにおける値	MPa
σ_t	溶接部に生じる引張応力	MPa
σ_w	溶接部に生じる組合せ応力	MPa
τ	溶接部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

復水補給水系流量（RHR B系代替注水流量）の耐震評価は「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる溶接部について評価を実施する。

復水補給水系流量（RHR B系代替注水流量）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

復水補給水系流量（RHR B系代替注水流量）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。復水補給水系流量（RHR B系代替注水流量）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)

復水補給水系流量 (RHR B系代替注水流量) (E11-FT015B)	水平	
	鉛直	0.05 以下

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

- (1) 計器スタンションの質量は重心に集中しているものとする。
- (2) 地震力は計器スタンションに対して、水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
- (3) 計器スタンションは溶接により基礎に埋め込まれた埋込金物に設置されており、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) 計器スタンション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

復水補給水系流量（RHR B系代替注水流量）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5-1に示す。

5.2.2 許容応力

復水補給水系流量（RHR B系代替注水流量）の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表5-2のとおりとする。

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

復水補給水系流量（RHR B系代替注水流量）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	計測装置	復水補給水系流量 (RHR B系代替注水流量)	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IVAS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS (VASとして IVASの許容限 界を用いる。)

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

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 5-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界 ^{*1, *2, *3} (ボルト等以外)	
	一次応力	
	引張り	せん断
IV _A S	1.5・f _t [*]	1.5・f _s [*]
V _A S (V _A SとしてIV _A Sの許容限界を用いる。)		

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

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

*3：すみ肉溶接部の許容応力は母材の許容せん断応力とする。

表 5-3 使用材料の許容応力評価条件 (重大事故等対処設備)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度	100	196	373	—
溶接部	STKR400	周囲環境温度	100	196	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 S_s 」による地震力は、VI-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 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
		水平 方向	鉛直 方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
復水補給水系流量 (RHR B 系代替注 水流量) (E11-FT015B)	原子炉建屋 T. M. S. L. 4.800 (T. M. S. L. 12.300*)		0.05 以下	—	—	$C_H=1.38$	$C_V=1.33$

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 溶接部の応力

溶接部の応力は、図5-1及び図5-2で示す溶接部端部を支点とする転倒を考え、これを片側の溶接部で受けるものとして計算する。

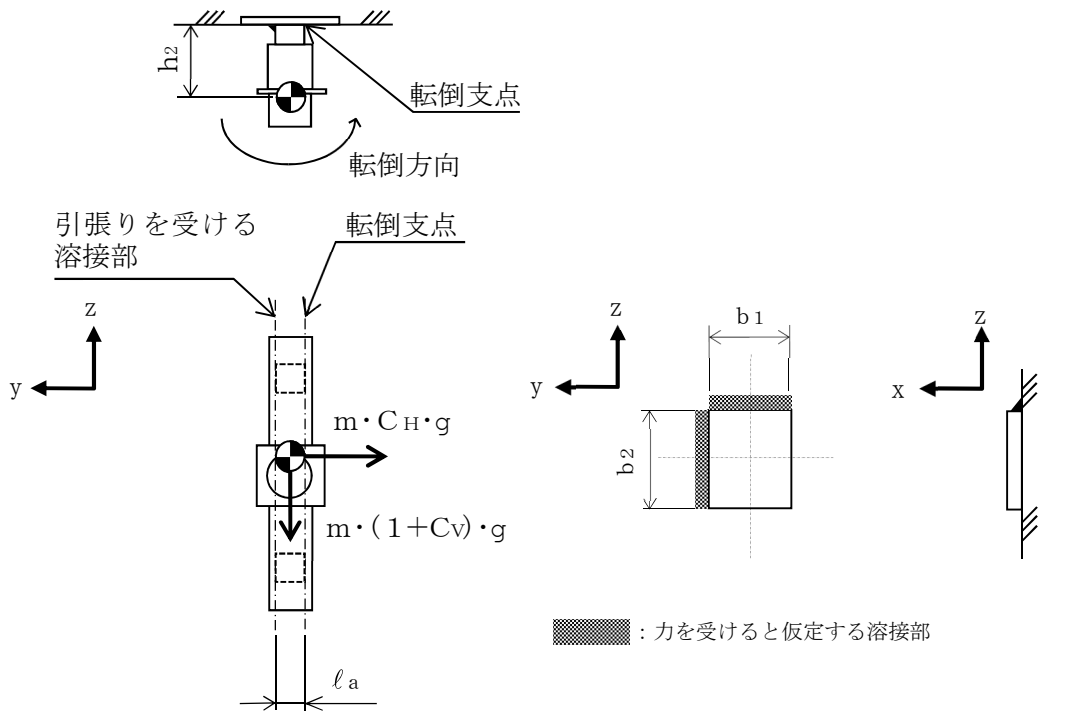


図5-1 計算モデル（正面方向）

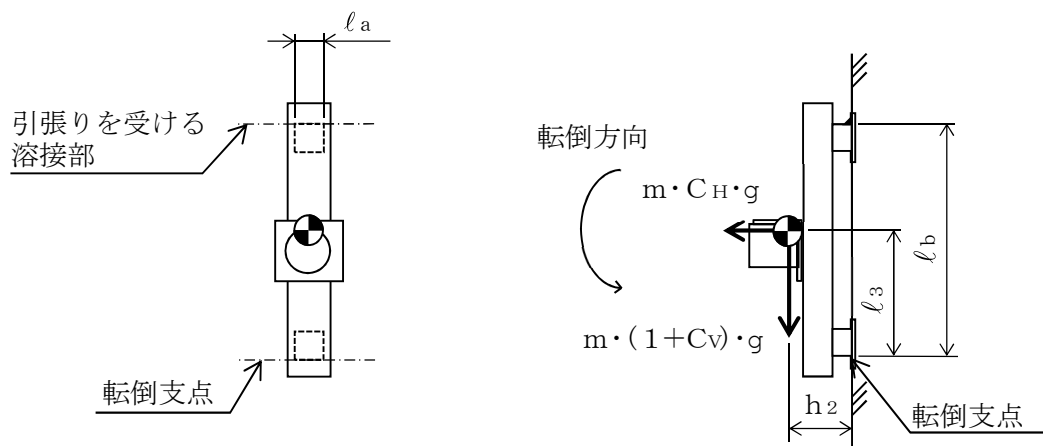


図5-2 計算モデル（側面方向）

(1) 引張応力

溶接部に対する引張力は、図5-1及び図5-2それぞれの溶接部を支点とする転倒を考え、これを全溶接断面積で受けるものとして計算する。

引張力

計算モデル図5-1の場合の引張力

$$F_{w1} = m \cdot g \cdot \left(\frac{C_H \cdot h_2}{n_{fH} \cdot l_a} + \frac{(1 + C_V) \cdot h_2}{n_{fV} \cdot l_b} \right) \dots\dots\dots (5.4.1.1.1)$$

計算モデル図5-2の場合の引張力

$$F_{w2} = m \cdot g \cdot \left(\frac{C_H \cdot l_3 + (1 + C_V) \cdot h_2}{n_{fV} \cdot l_b} \right) \dots\dots\dots (5.4.1.1.2)$$

$$F_w = \text{Max} (F_{w1}, F_{w2}) \dots\dots\dots (5.4.1.1.3)$$

引張応力

$$\sigma_t = \frac{F_w}{A_w} \dots\dots\dots (5.4.1.1.4)$$

ここで、溶接部の有効断面積 A_w は、次式により求める。

$$A_w = a \cdot (b_1 + b_2) \dots\dots\dots (5.4.1.1.5)$$

ただし、溶接部の有効のど厚 a は、次式により求める。

$$a = 0.7 \cdot s \dots\dots\dots (5.4.1.1.6)$$

(2) せん断応力

溶接部に対するせん断応力は、各方向の有効せん断面積で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{w1} = m \cdot g \cdot C_H \dots\dots\dots (5.4.1.1.7)$$

$$Q_{w2} = m \cdot g \cdot (1 + C_V) \dots\dots\dots (5.4.1.1.8)$$

$$Q_w = \sqrt{(Q_{w1})^2 + (Q_{w2})^2} \dots\dots\dots (5.4.1.1.9)$$

せん断応力

$$\tau = \sqrt{\left(\frac{Q_{w1}}{n \cdot A_{w1}}\right)^2 + \left(\frac{Q_{w2}}{n \cdot A_{w2}}\right)^2} \dots\dots\dots (5.4.1.1.10)$$

ここで、せん断力を受ける溶接部の有効断面積 A_{w1} 及び A_{w2} は、次式により求める。

$$A_{w1} = a \cdot b_1 \dots\dots\dots (5.4.1.1.11)$$

$$A_{w2} = a \cdot b_2 \dots\dots\dots (5.4.1.1.12)$$

(3) 組合せ応力

溶接に対する組合せ応力は、各応力を足し合わせたものとして計算する。

$$\sigma_w = \sqrt{(\sigma_t)^2 + \tau^2} \dots\dots\dots (5.4.1.1.13)$$

5.5 計算条件

5.5.1 溶接部の応力計算条件

溶接部の応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【復水補給水系流量 (RHR B系代替注水流量) (E11-FT015B) 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 溶接部の応力評価

5.4.1 項で求めた溶接部の各応力は以下の表に示す許容応力以下であること。

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

6. 機能維持評価

6.1 電氣的機能維持評価方法

復水補給水系流量（RHR B系代替注水流量）の電氣的機能維持評価については以下に示す。

なお、機能維持評価用加速度はVI-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき、基準地震動 S_s により定まる応答加速度を設定する。

復水補給水系流量（RHR B系代替注水流量）の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 6-1 に示す。

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

評価部位	方向	機能確認済加速度
復水補給水系流量（RHR B系代替注水流量） (E11-FT015B)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

7. 評価結果

7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

復水補給水系流量（RHR B系代替注水流量）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氣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

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【復水補給水系流量（RHR B系代替注水流量）（E11-FT015B）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
復水補給水系流量（RHR B系代替注水流量） （E11-FT015B）	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	—	—	C _H =1. 38	C _V =1. 33	100

注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 復水補給水系流量（RHR B系代替注水流量）

部材	m (kg)	h ₂ (mm)	s (mm)	a (mm)	A _w (mm ²)	A _{w1} (mm ²)	A _{w2} (mm ²)	n	b ₁ (mm)	b ₂ (mm)	l ₃ (mm)	l _a (mm)	l _b (mm)	n _{fV}	n _{fH}	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
																				弾性設計用 地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
溶接部	□	□	3. 2	2. 2	182. 8	91. 39	91. 39	2	40. 8	40. 8	□	□	□	1	2	196	373	—	235	—	正面方向

1.3 計算数値

1.3.1 溶接部に作用する力 (単位：N)

部材	F _w		Q _w	
	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
溶接部	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

1.4 結論

1.4.1 溶接部の応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _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
溶接部	STKR400	引張り	—	—	$\sigma_t = 5$	$f_{tw} = 135^*$
		せん断	—	—	$\tau = 5$	$f_{sw} = 135^*$
		組合せ	—	—	$\sigma_w = 7$	$f_w = 135^*$

すべて許容応力以下である。

注記*：すみ肉溶接部の許容応力は母材の許容せん断応力とする。

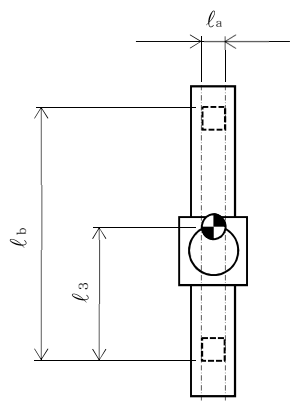
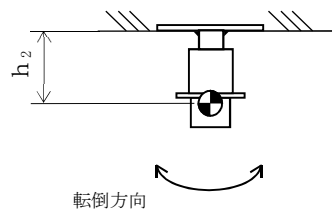
20

1.4.2 電氣的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

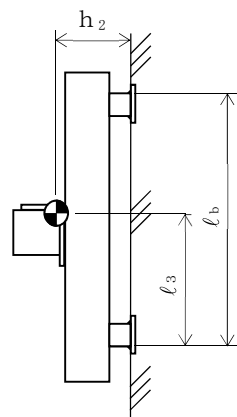
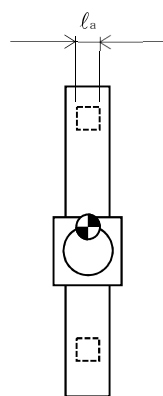
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
復水補給水系流量 (RHR B系代替注水流量) (E11-FT015B)	水平方向	1.15	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.11	<input type="text"/>

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。



(正面方向)



(側面方向)

VI-2-6-5-14 原子炉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 電氣的機能維持評価方法	8
6. 評価結果	9
6.1 設計基準対象施設としての評価結果	9
6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	9

1. 概要

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

原子炉圧力は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、原子炉圧力が設置される計装ラックは、VI-2-1-14「計算書作成の方法」に記載の直立形であるため、VI-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

原子炉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																	
<p>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。</p>	<p>弾性圧力検出器</p>	<p>【原子炉圧力】</p> <p>(長辺方向) (短辺方向)</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>機器名称</th> <th>原子炉圧力 (H22-P001)</th> <th>原子炉圧力 (H22-P002)</th> <th>原子炉圧力 (H22-P003)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>たて</td> <td>600</td> <td>600</td> <td>600</td> </tr> <tr> <td>横</td> <td>1750</td> <td>1750</td> <td>1500</td> </tr> <tr> <td>高さ</td> <td>1900</td> <td>1900</td> <td>1900</td> </tr> </tbody> </table>	機器名称	原子炉圧力 (H22-P001)	原子炉圧力 (H22-P002)	原子炉圧力 (H22-P003)	たて	600	600	600	横	1750	1750	1500	高さ	1900	1900	1900
機器名称	原子炉圧力 (H22-P001)	原子炉圧力 (H22-P002)	原子炉圧力 (H22-P003)															
たて	600	600	600															
横	1750	1750	1500															
高さ	1900	1900	1900															

(単位：mm)

3. 固有周期

3.1 固有周期の確認

原子炉圧力が設置される計装ラックの水平方向の固有周期は、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。原子炉圧力が設置される計装ラックの鉛直方向の固有周期は、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)

原子炉圧力 (H22-P001)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	0.05 以下
原子炉圧力 (H22-P002)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	0.05 以下
原子炉圧力 (H22-P003)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	0.05 以下

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

原子炉圧力の構造強度評価は、VI-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

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

4.2.2 許容応力

原子炉圧力の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4-3 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

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

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【原子炉圧力 (B21-PT007A) の耐震性についての計算結果】、【原子炉圧力 (B21-PT007B) の耐震性についての計算結果】、【原子炉圧力 (B21-PT007C) 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	計測装置	原子炉圧力	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S
計測制御 系統施設	原子炉非常 停止信号	原子炉圧力高	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S

注記*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 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	計測装置	原子炉圧力	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	Ⅳ _A S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _A S (V _A Sとして Ⅳ _A Sの許容限 界を用いる。)

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

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4-3 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 4-4 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度	100			
ラック取付ボルト	SS400 (16mm<径≤40mm)	周囲環境温度	100	212	373	—

表 4-5 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度	100			
ラック取付ボルト	SS400 (16mm<径≤40mm)	周囲環境温度	100	212	373	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

原子炉圧力の電氣的機能維持評価は、VI-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、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
原子炉圧力 (B21-PT007A)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>
原子炉圧力 (B21-PT007B)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>
原子炉圧力 (B21-PT007C)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

原子炉圧力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氣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

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

原子炉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氣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

電氣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 (B21-PT007A) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉圧力 (B21-PT007A)	S	原子炉建屋 T. M. S. L. 4. 800*	<input type="text"/>	0.05 以下	C _H =0.66	C _V =0.64	C _H =1.29	C _V =1.31	100

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 原子炉圧力 (H22-P001)

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)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	16 (M16)	201.1	16	212 (16mm<径≤40mm)	373 (16mm<径≤40mm)

部材	l _{1 i} * (mm)	l _{2 i} * (mm)	n _{f i} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度	基準地震動 S _s
ラック取付ボルト (i=2)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	7	212	254	長辺方向	長辺方向
	<input type="text"/>	<input type="text"/>	1				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

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

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ラック取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	$\sigma_{b2}=7$	$f_{ts2}=159^*$	$\sigma_{b2}=30$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2}=122$	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=146$

すべて許容応力以下である。

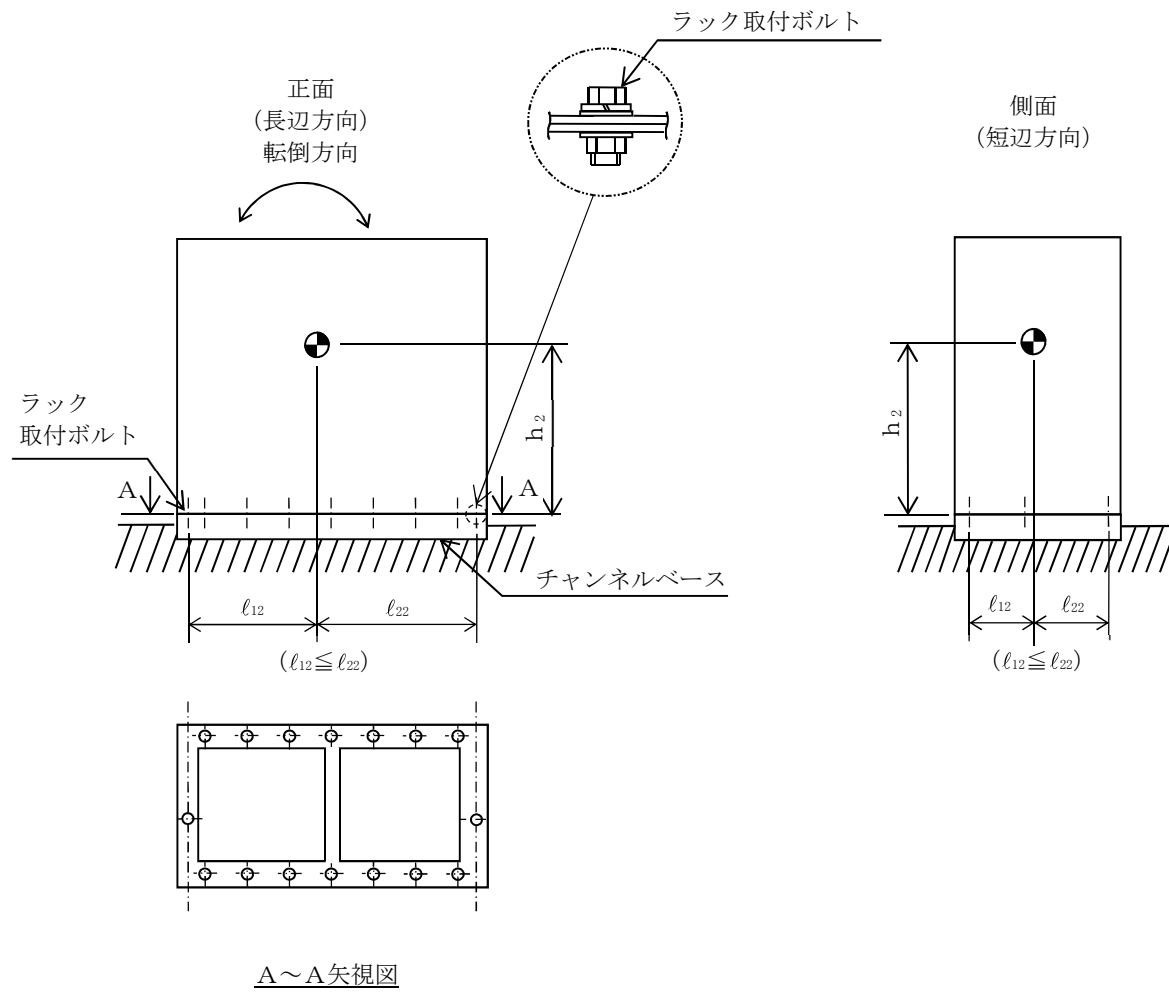
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

1.4.2 電氣的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉圧力 (B21-PT007A)	水平方向	1.08	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.08	<input type="text"/>

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。



2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉圧力 (B21-PT007A)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋 T.M.S.L.4.800*	<input type="text"/>	0.05 以下	—	—	C _H =1.29	C _V =1.31	100

注記*：基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

2.2.1 原子炉圧力 (H22-P001)

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)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	16 (M16)	201.1	16	212 (16mm<径≦40mm)	373 (16mm<径≦40mm)

部材	l _{1 i} * (mm)	l _{2 i} * (mm)	n _{f i} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度	基準地震動 S _s
ラック取付ボルト (i=2)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	7	—	254	—	長辺方向
	<input type="text"/>	<input type="text"/>	1				

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

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

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

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ラック取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=30$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=146$

すべて許容応力以下である。

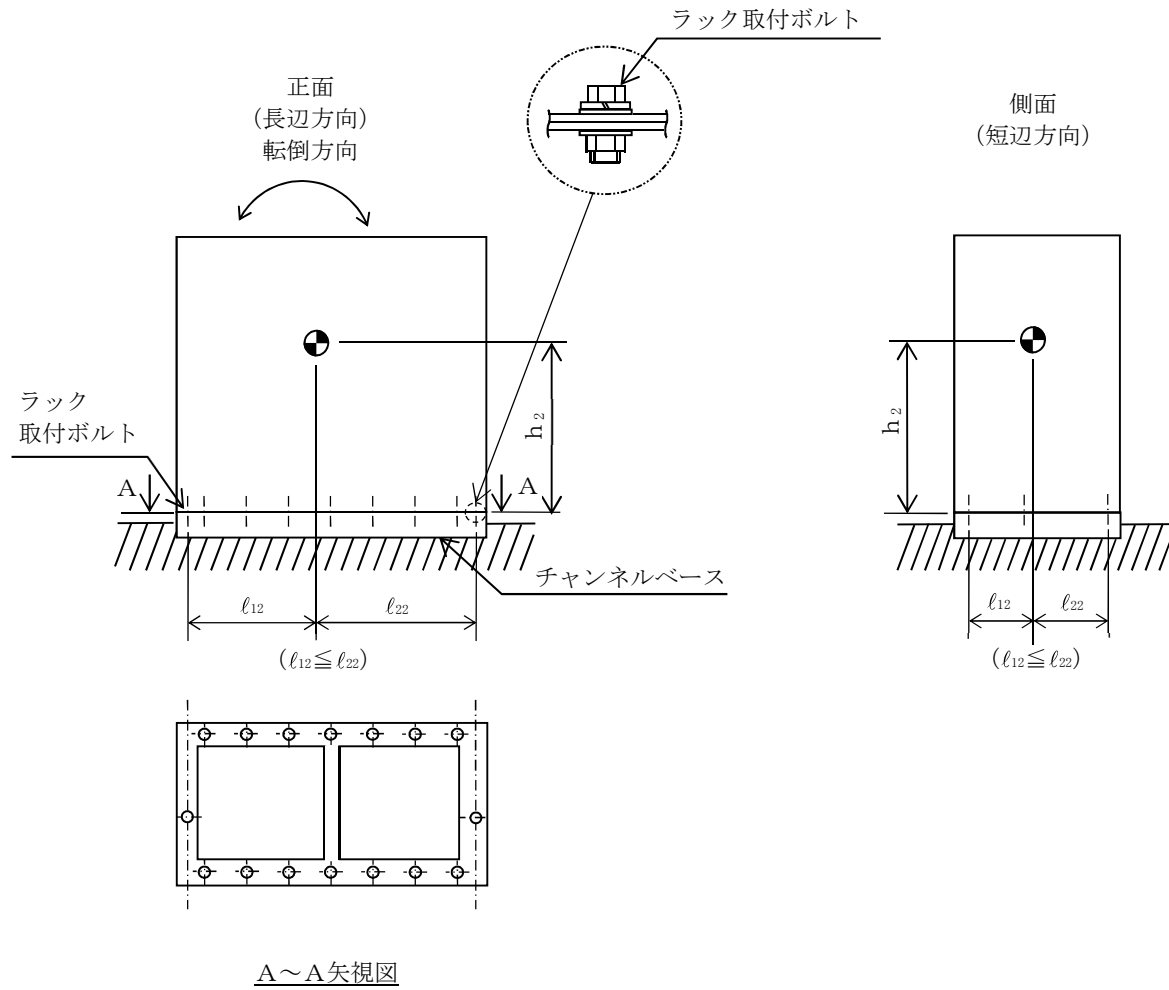
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

2.4.2 電氣的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉圧力 (B21-PT007A)	水平方向	1.08	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.08	<input type="text"/>

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。



【原子炉圧力 (B21-PT007B) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉圧力 (B21-PT007B)	S	原子炉建屋 T. M. S. L. 4. 800*		0.05 以下	C _H =0.66	C _V =0.64	C _H =1.29	C _V =1.31	100

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 原子炉圧力 (H22-P002)

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)			16 (M16)	201.1	16	212 (16mm<径≤40mm)	373 (16mm<径≤40mm)

部材	l _{1 i} * (mm)	l _{2 i} * (mm)	n _{f i} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度	基準地震動 S _s
ラック取付ボルト (i=2)			7	212	254	長辺方向	長辺方向
			1				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

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

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ラック取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	$\sigma_{b2}=7$	$f_{ts2}=159^*$	$\sigma_{b2}=30$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2}=122$	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=146$

すべて許容応力以下である。

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

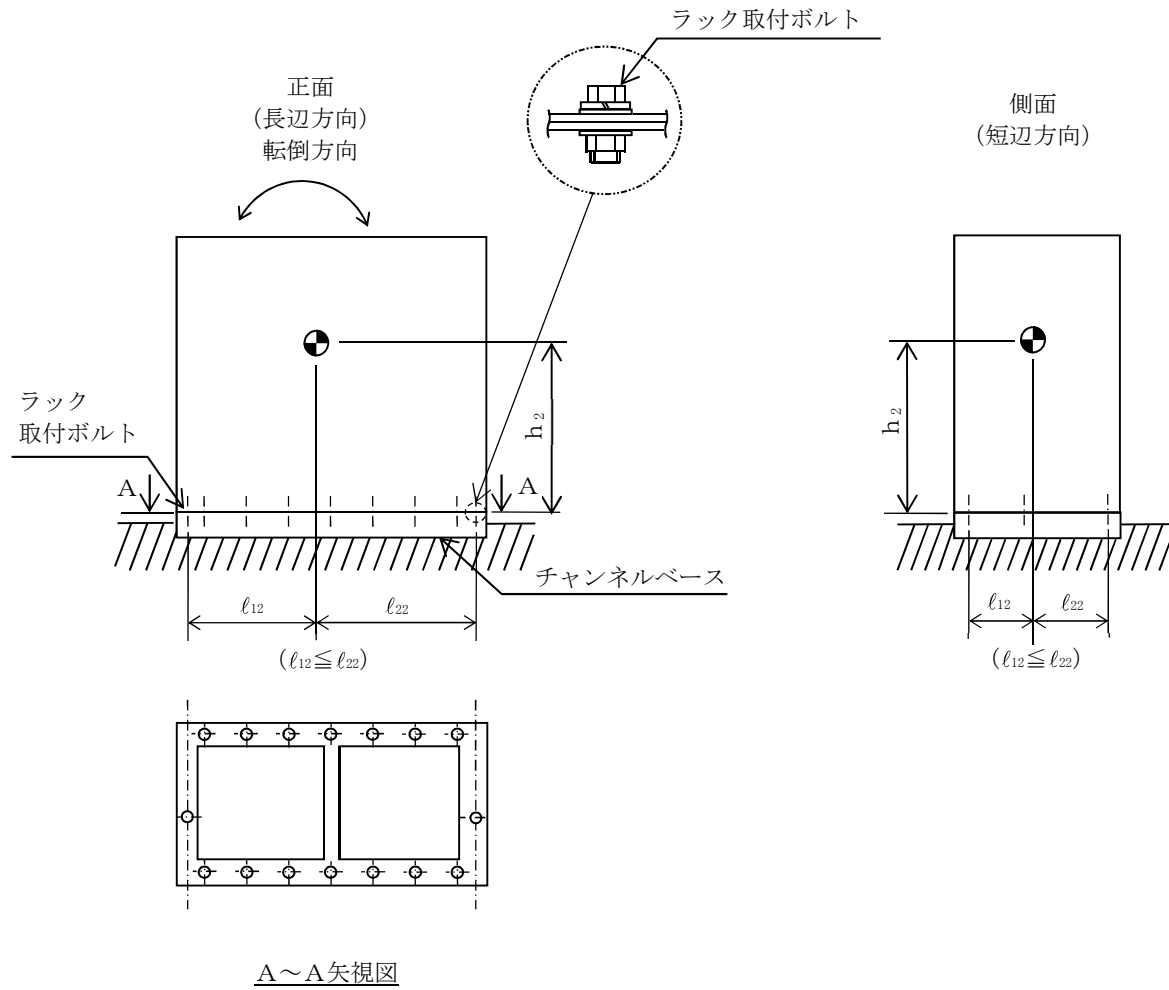
1.4.2 電氣的機能の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉圧力 (B21-PT007B)	水平方向	1.08	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.08	<input type="text"/>

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。



2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉圧力 (B21-PT007B)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋 T.M.S.L.4.800*	□	0.05 以下	—	—	C _H =1.29	C _V =1.31	100

注記*：基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

2.2.1 原子炉圧力 (H22-P002)

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)	□	□	16 (M16)	201.1	16	212 (16mm<径≦40mm)	373 (16mm<径≦40mm)

部材	l _{1 i} * (mm)	l _{2 i} * (mm)	n _{f i} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度	基準地震動 S _s
ラック取付ボルト (i=2)	□	□	7	—	254	—	長辺方向
	□	□	1				

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

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

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

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ラック取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=30$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=146$

すべて許容応力以下である。

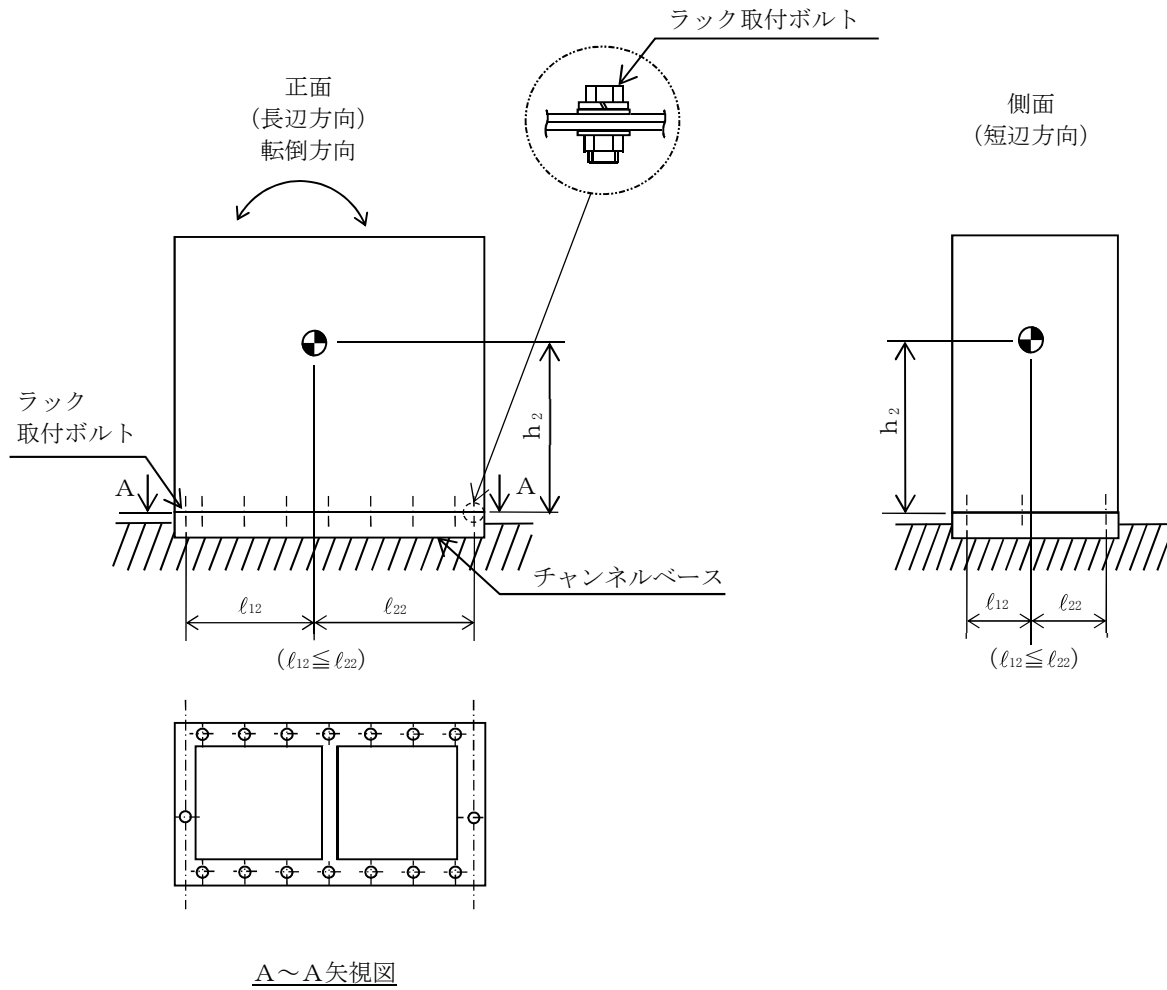
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

2.4.2 電氣的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉圧力 (B21-PT007B)	水平方向	1.08	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.08	<input type="text"/>

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。



【原子炉圧力 (B21-PT007C) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉圧力 (B21-PT007C)	S	原子炉建屋 T. M. S. L. 4. 800*	<input type="text"/>	0.05 以下	C _H =0.66	C _V =0.64	C _H =1.29	C _V =1.31	100

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 原子炉圧力 (H22-P003)

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)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	16 (M16)	201.1	14	212 (16mm<径≤40mm)	373 (16mm<径≤40mm)

部材	l _{1 i} * (mm)	l _{2 i} * (mm)	n _{f i} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度	基準地震動 S _s
ラック取付ボルト (i=2)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	6	212	254	長辺方向	長辺方向
	<input type="text"/>	<input type="text"/>	1				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

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

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ラック取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	$\sigma_{b2}=8$	$f_{ts2}=159^*$	$\sigma_{b2}=31$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2}=122$	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=146$

すべて許容応力以下である。

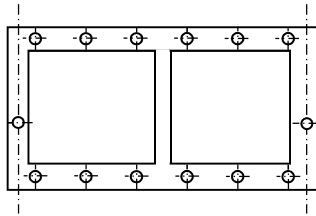
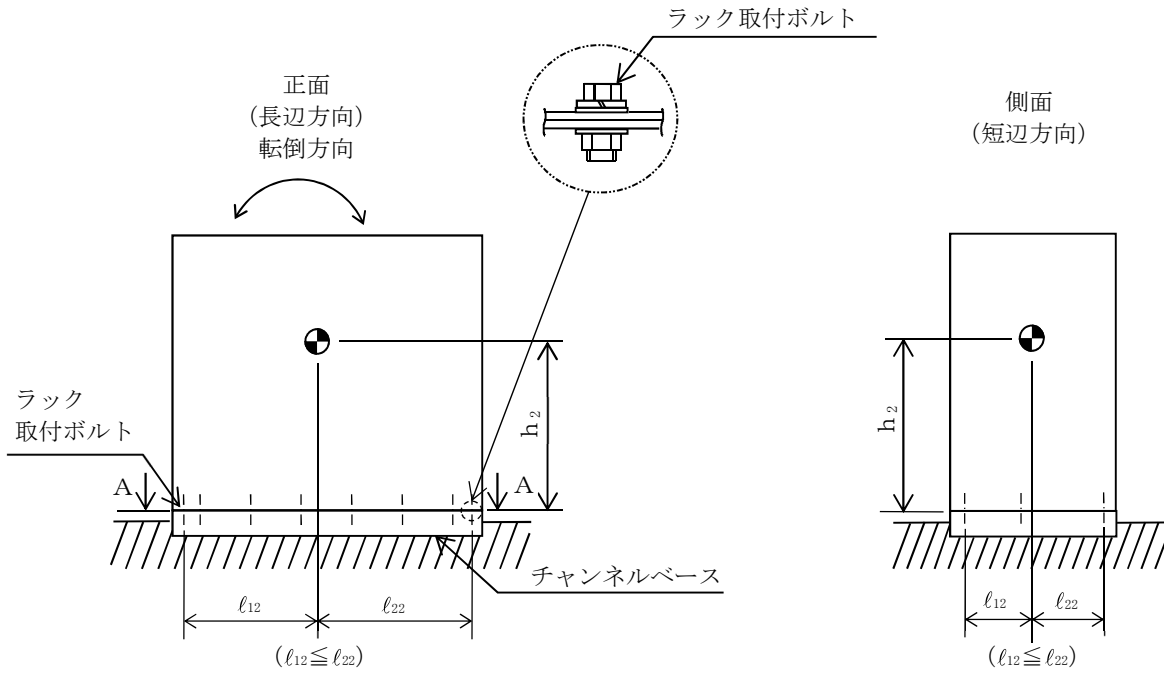
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

1.4.2 電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
原子炉圧力 (B21-PT007C)	水平方向	1.08	□
	鉛直方向	1.08	□

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。



A~A矢视图

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉圧力 (B21-PT007C)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋 T.M.S.L.4.800*	<input type="text"/>	0.05 以下	—	—	C _H =1.29	C _V =1.31	100

注記*：基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

2.2.1 原子炉圧力 (H22-P003)

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)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	16 (M16)	201.1	14	212 (16mm<径≦40mm)	373 (16mm<径≦40mm)

部材	l _{1 i} * (mm)	l _{2 i} * (mm)	n _{f i} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度	基準地震動 S _s
ラック取付ボルト (i=2)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	6	—	254	—	長辺方向
	<input type="text"/>	<input type="text"/>	1				

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

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

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

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ラック取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=31$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=146$

すべて許容応力以下である。

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

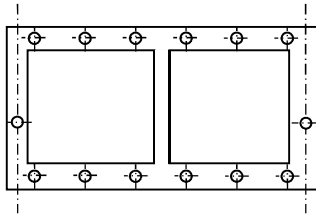
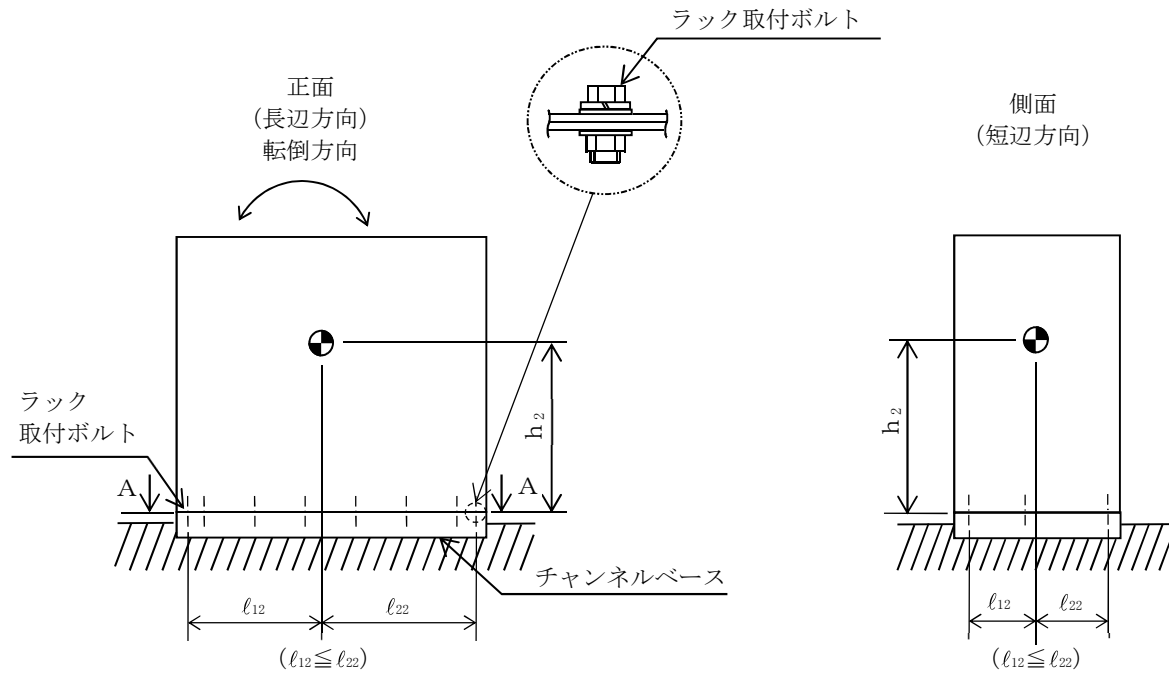
2.4.2 電氣的機能の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉圧力 (B21-PT007C)	水平方向	1.08	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.08	<input type="text"/>

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。



A~A矢视图

VI-2-6-5-15 原子炉圧力 (SA) の耐震性についての計算書

目 次

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

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、原子炉圧力（SA）が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣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（SA）は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、原子炉圧力（SA）は、VI-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、VI-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

原子炉圧力（SA）の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、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ーションに固定される。計器スターションは、基礎に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>弾性圧力検出器</p>	<p>【原子炉圧力 (SA)】</p> <p>(単位: mm)</p>

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)

原子炉圧力 (SA) (B21-PT041A)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	0.05 以下

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

原子炉圧力 (SA) の構造強度評価は、VI-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

原子炉圧力 (SA) の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

原子炉圧力 (SA) の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

原子炉圧力 (SA) の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 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【原子炉圧力 (SA) (B21-PT041A) 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	計測装置	原子炉圧力 (SA)		常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IVAS
						$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS (VASとして IVASの許容限 界を用いる。)
計測制御 系統施設	工学的安全 施設等の 起動信号	代替制御棒 挿入	原子炉圧力高	常設耐震／防止	—*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。)
計測制御 系統施設	工学的安全 施設等の 起動信号	代替冷却材再 循環ポンプ・ トリップ(1)	原子炉圧力高	常設耐震／防止	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IVAS
						$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS (VASとして IVASの許容限 界を用いる。)

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

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件 (重大事故等対処設備)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
		周囲環境温度	100	194	373	—
基礎ボルト	SS400 (40mm<径)	周囲環境温度	100	194	373	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

原子炉圧力 (SA) の電氣的機能維持評価は、VI-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、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、当該検出器と類似の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
原子炉圧力 (SA) (B21-PT041A)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

原子炉圧力（SA）の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣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

電氣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 (SA) (B21-PT041A) の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉圧力 (SA) (B21-PT041A)	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	—	—	C _H =1.38	C _V =1.33	100

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 原子炉圧力 (SA)

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	□	□	12 (M12)	113.1	4	194 (40mm<径)	373 (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 S _d 又は 静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	□	□	□	2	2	—	232	—	正面方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F _b		Q _b	
	弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

1.4 結論

1.4.1 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	—	—	$\sigma_b=2$	$f_{ts}=139^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=2$	$f_{sb}=107$

二

すべて許容応力以下である。

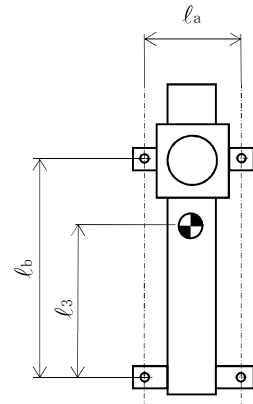
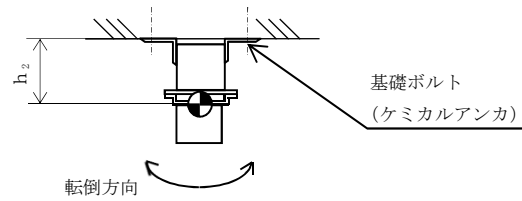
注記*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$

1.4.2 電氣的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

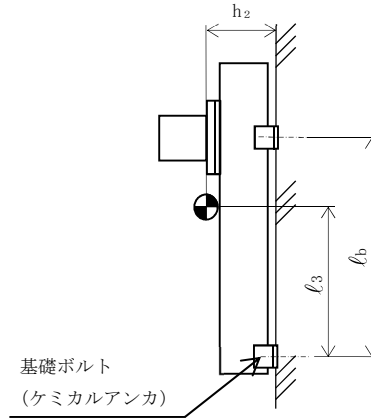
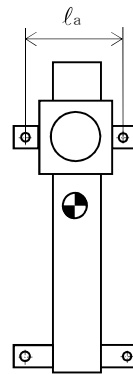
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉圧力 (SA) (B21-PT041A)	水平方向	1.15	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.11	<input type="text"/>

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。



(正面方向)



(側面方向)

VI-2-6-5-16 原子炉水位（広帯域）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	10
5.1 電氣的機能維持評価方法	10
6. 評価結果	11
6.1 設計基準対象施設としての評価結果	11
6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	11

1. 概要

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

原子炉水位（広帯域）は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、原子炉水位（広帯域）が設置される計装ラックは、VI-2-1-14「計算書作成の方法」に記載の直立形であるため、VI-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

原子炉水位（広帯域）の構造計画を表2-1に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図																		
基礎・支持構造	主体構造																			
<p>検出器は、計器取付ボルトにより取付板に固定され、取付板は、取付板取付ボルトにより計装ラックに固定される。</p> <p>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。</p>	<p>差圧式水位検出器</p>	<p>【原子炉水位（広帯域）】</p> <p>(長辺方向) (短辺方向)</p>																		
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>機器名称</th> <th>原子炉水位 (広帯域) (H22-P001)</th> <th>原子炉水位 (広帯域) (H22-P003)</th> <th>原子炉水位 (広帯域) (H22-P002)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>たて</td> <td>600</td> <td>600</td> <td>600</td> </tr> <tr> <td>横</td> <td>1750</td> <td>1500</td> <td>1750</td> </tr> <tr> <td>高さ</td> <td>1900</td> <td>1900</td> <td>1900</td> </tr> </tbody> </table>	機器名称	原子炉水位 (広帯域) (H22-P001)	原子炉水位 (広帯域) (H22-P003)	原子炉水位 (広帯域) (H22-P002)	たて	600	600	600	横	1750	1500	1750	高さ	1900	1900	1900		
機器名称	原子炉水位 (広帯域) (H22-P001)	原子炉水位 (広帯域) (H22-P003)	原子炉水位 (広帯域) (H22-P002)																	
たて	600	600	600																	
横	1750	1500	1750																	
高さ	1900	1900	1900																	

(単位：mm)

3. 固有周期

3.1 固有周期の確認

原子炉水位（広帯域）が設置される計装ラックの水平方向の固有周期は、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。原子炉水位（広帯域）が設置される計装ラックの鉛直方向の固有周期は、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)

原子炉水位（広帯域） (H22-P001)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	0.05 以下
原子炉水位（広帯域） (H22-P003)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	0.05 以下
原子炉水位（広帯域） (H22-P002)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	0.05 以下

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

原子炉水位（広帯域）の構造強度評価は、VI-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

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

4.2.2 許容応力

原子炉水位（広帯域）の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4-3 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

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

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【原子炉水位（広帯域）(B21-LT003A)の耐震性についての計算結果】、【原子炉水位（広帯域）(B21-LT003C)の耐震性についての計算結果】、【原子炉水位（広帯域）(B21-LT003F)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）（1/2）

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	計測装置	原子炉水位（広帯域）		S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
						$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S
計測制御 系統施設	工学的安全 施設等の起 動信号	主蒸気隔離弁	原子炉水位低 （レベル 1.5）	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
						$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S
計測制御 系統施設	工学的安全 施設等の起 動信号	その他の原子 炉格納容器隔 離弁(3)	原子炉水位低 （レベル2）	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
						$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S
計測制御 系統施設	工学的安全 施設等の起 動信号	原子炉隔離時 冷却系	原子炉水位低 （レベル 1.5）	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
						$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S
計測制御 系統施設	工学的安全 施設等の起 動信号	高压炉心注水 系	原子炉水位低 （レベル 1.5）	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
						$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）（2/2）

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	工学的安全 施設等の起 動信号	残留熱除去系 低圧注水系	原子炉水位低 (レベル1)	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
						$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S
計測制御 系統施設	工学的安全 施設等の起 動信号	自動減圧系	原子炉水位低 (レベル1)	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
						$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S

注記*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称		設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	原子炉水位（広帯域）		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。)
計測制御 系統施設	工学的安全 施設等の起 動信号	代替自動減圧	原子炉水位低 (レベル1)	常設耐震／防止	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IVAS
						$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS (VASとして IVASの許容限 界を用いる。)

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

*2 : その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4-3 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
Ⅲ _A S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
Ⅳ _A S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
V _A S (V _A SとしてⅣ _A Sの許容限界を用いる。)		

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

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

表 4-4 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度	100			
ラック取付ボルト	SS400 (16mm<径≤40mm)	周囲環境温度	100	212	373	—

表 4-5 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度	100			
ラック取付ボルト	SS400 (16mm<径≤40mm)	周囲環境温度	100	212	373	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

原子炉水位（広帯域）の電氣的機能維持評価は、VI-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、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
原子炉水位（広帯域） (B21-LT003A)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>
原子炉水位（広帯域） (B21-LT003C)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>
原子炉水位（広帯域） (B21-LT003F)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

原子炉水位（広帯域）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氣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

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

原子炉水位（広帯域）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氣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

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【原子炉水位（広帯域）（B21-LT003A）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉水位（広帯域） (B21-LT003A)	S	原子炉建屋 T. M. S. L. 4. 800*		0.05 以下	C _H =0.66	C _V =0.64	C _H =1.29	C _V =1.31	100

注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 原子炉水位（広帯域）（H22-P001）

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)			16 (M16)	201.1	16	212 (16mm<径≤40mm)	373 (16mm<径≤40mm)

部材	l _{1 i} * (mm)	l _{2 i} * (mm)	n _{f i} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度	基準地震動 S _s
ラック取付ボルト (i=2)			7	212	254	長辺方向	長辺方向
			1				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

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

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ラック取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	$\sigma_{b2}=7$	$f_{ts2}=159^*$	$\sigma_{b2}=30$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2}=122$	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=146$

すべて許容応力以下である。

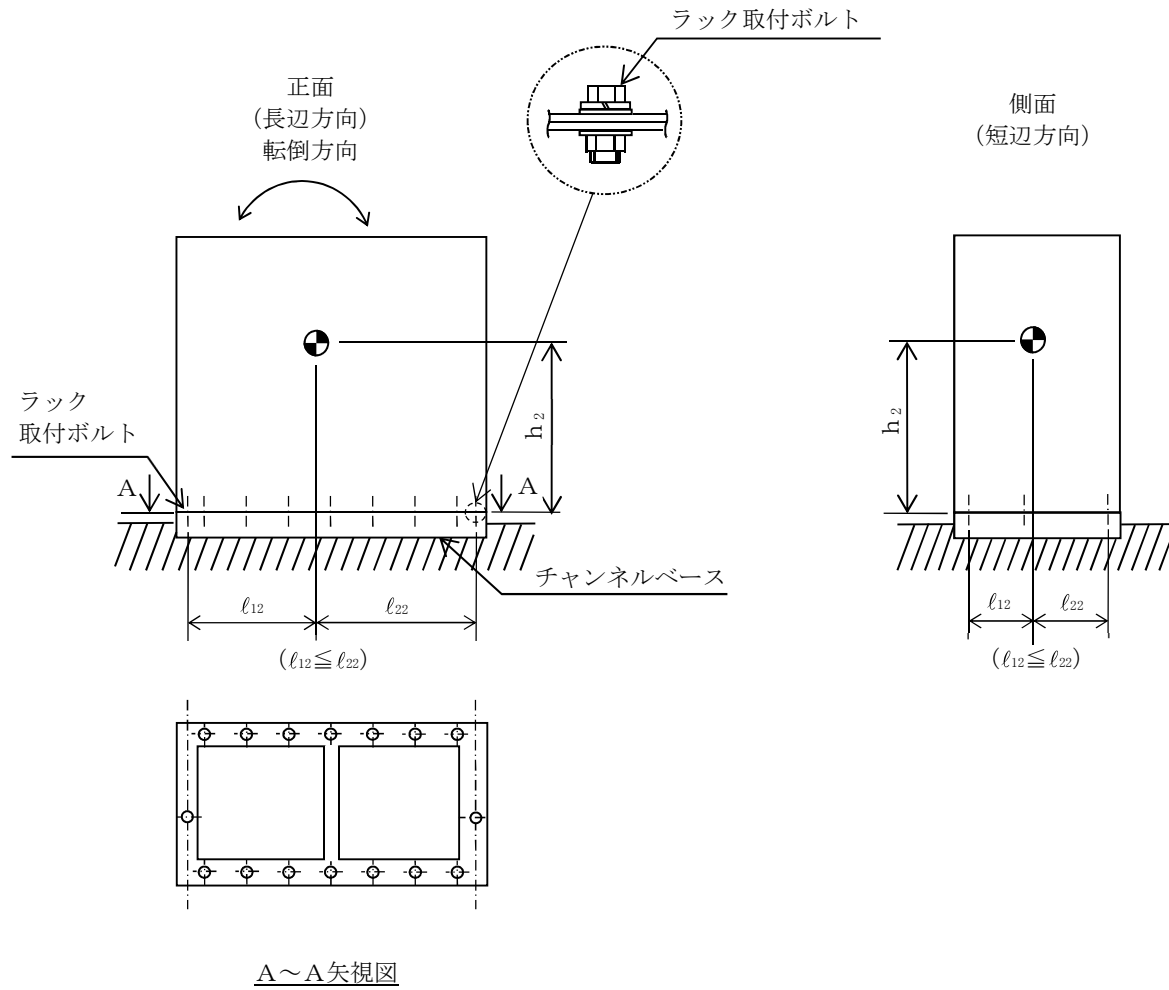
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

1.4.2 電氣的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉水位 (広帯域) (B21-LT003A)	水平方向	1.08	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.08	<input type="text"/>

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。



2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉水位 (広帯域) (B21-LT003A)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋 T.M.S.L.4.800*	□	0.05 以下	—	—	C _H =1.29	C _V =1.31	100

注記* : 基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

2.2.1 原子炉水位 (広帯域) (H22-P001)

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)	□	□	16 (M16)	201.1	16	212 (16mm<径≤40mm)	373 (16mm<径≤40mm)

部材	l _{1 i} * (mm)	l _{2 i} * (mm)	n _{f i} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度	基準地震動 S _s
ラック取付ボルト (i=2)	□	□	7	—	254	—	長辺方向
	□	□	1				

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

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

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

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ラック取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=30$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=146$

すべて許容応力以下である。

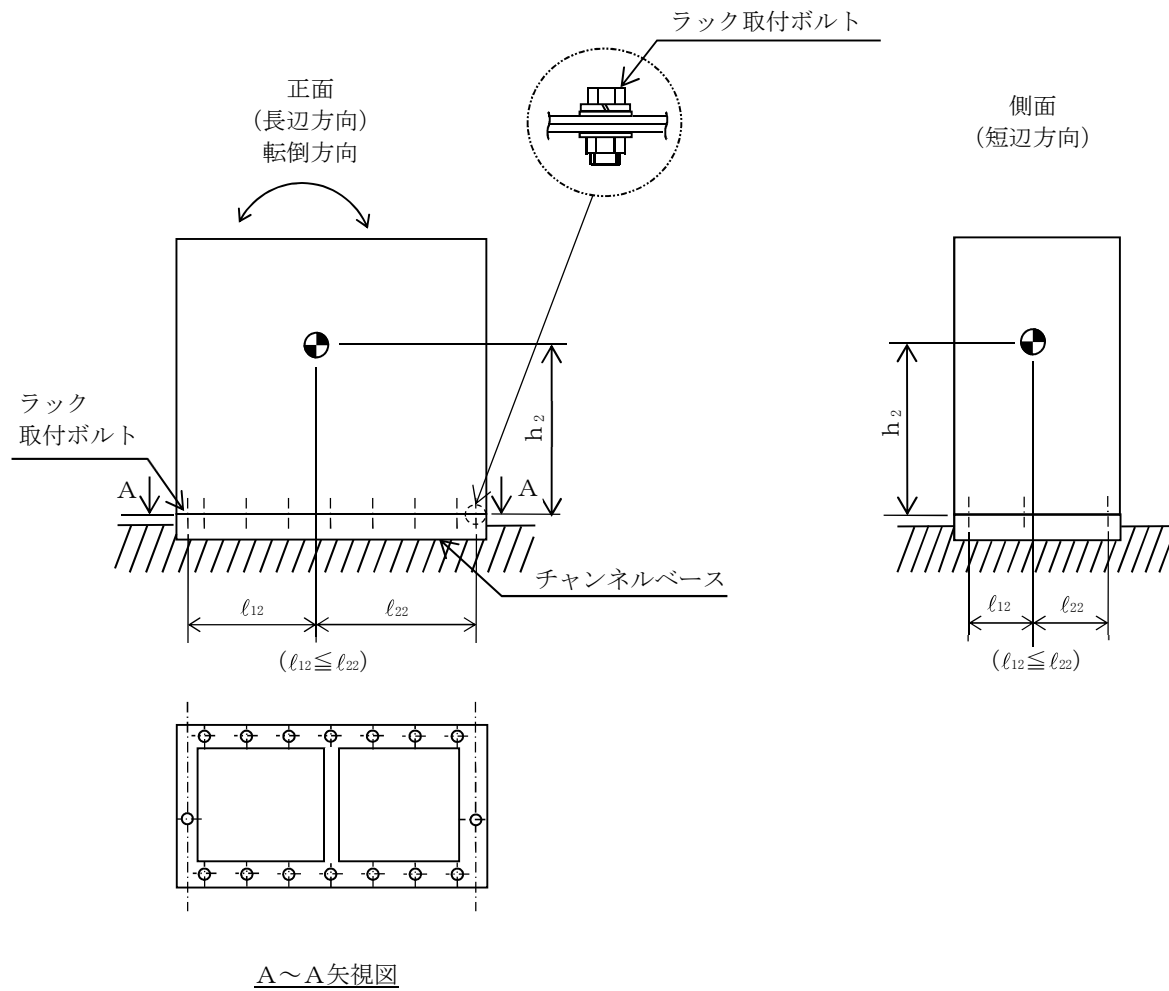
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

2.4.2 電氣的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉水位 (広帯域) (B21-LT003A)	水平方向	1.08	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.08	<input type="text"/>

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。



【原子炉水位（広帯域）（B21-LT003C）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉水位（広帯域） (B21-LT003C)	S	原子炉建屋 T. M. S. L. 4. 800*		0.05 以下	C _H =0.66	C _V =0.64	C _H =1.29	C _V =1.31	100

注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 原子炉水位（広帯域）（H22-P003）

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)			16 (M16)	201.1	14	212 (16mm<径≤40mm)	373 (16mm<径≤40mm)

部材	l _{1 i} * (mm)	l _{2 i} * (mm)	n _{f i} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度	基準地震動 S _s
ラック取付ボルト (i=2)			6	212	254	長辺方向	長辺方向
			1				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

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

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ラック取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	$\sigma_{b2}=8$	$f_{ts2}=159^*$	$\sigma_{b2}=31$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2}=122$	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=146$

すべて許容応力以下である。

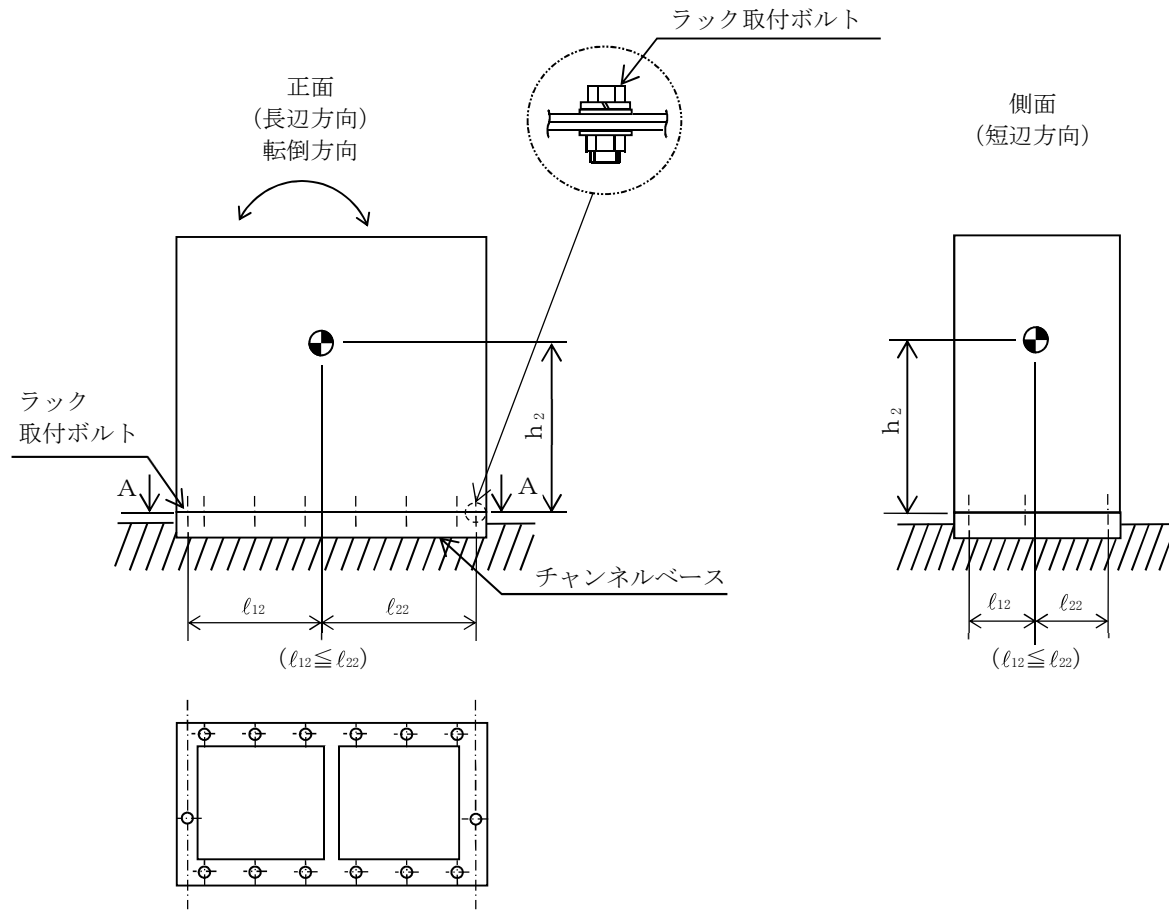
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

1.4.2 電氣的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉水位 (広帯域) (B21-LT003C)	水平方向	1.08	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.08	<input type="text"/>

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。



A~A矢视图

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉水位 (広帯域) (B21-LT003C)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋 T.M.S.L. 4. 800*	□	0.05 以下	—	—	C _H =1.29	C _V =1.31	100

注記* : 基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

2.2.1 原子炉水位 (広帯域) (H22-P003)

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)	□	□	16 (M16)	201.1	14	212 (16mm<径≤40mm)	373 (16mm<径≤40mm)

部材	l _{1 i} * (mm)	l _{2 i} * (mm)	n _{f i} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用 地震動 S d 又は 静的震度	基準地震動 S s
ラック取付ボルト (i=2)	□	□	6	—	254	—	長辺方向
	□	□	1				

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

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

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

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ラック取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=31$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=146$

すべて許容応力以下である。

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

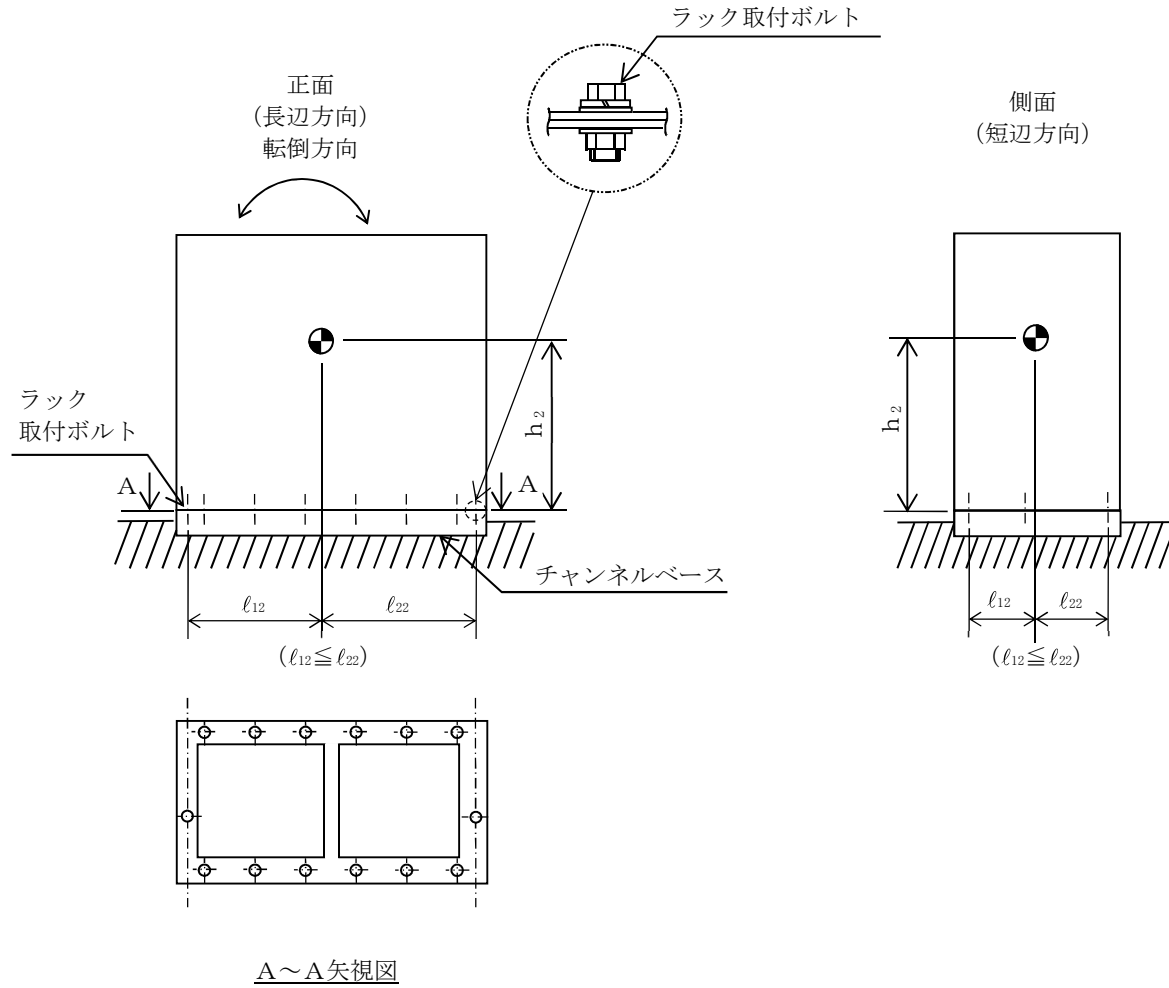
2.4.2 電氣的機能の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉水位 (広帯域) (B21-LT003C)	水平方向	1.08	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.08	<input type="text"/>

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。



【原子炉水位（広帯域）（B21-LT003F）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉水位（広帯域） (B21-LT003F)	S	原子炉建屋 T. M. S. L. 4. 800*		0.05 以下	C _H =0.66	C _V =0.64	C _H =1.29	C _V =1.31	100

注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 原子炉水位（広帯域）（H22-P002）

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)			16 (M16)	201.1	16	212 (16mm<径≤40mm)	373 (16mm<径≤40mm)

部材	l _{1 i} * (mm)	l _{2 i} * (mm)	n _{f i} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度	基準地震動 S _s
ラック取付ボルト (i=2)			7	212	254	長辺方向	長辺方向
			1				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

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

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ラック取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	$\sigma_{b2}=7$	$f_{ts2}=159^*$	$\sigma_{b2}=30$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2}=122$	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=146$

すべて許容応力以下である。

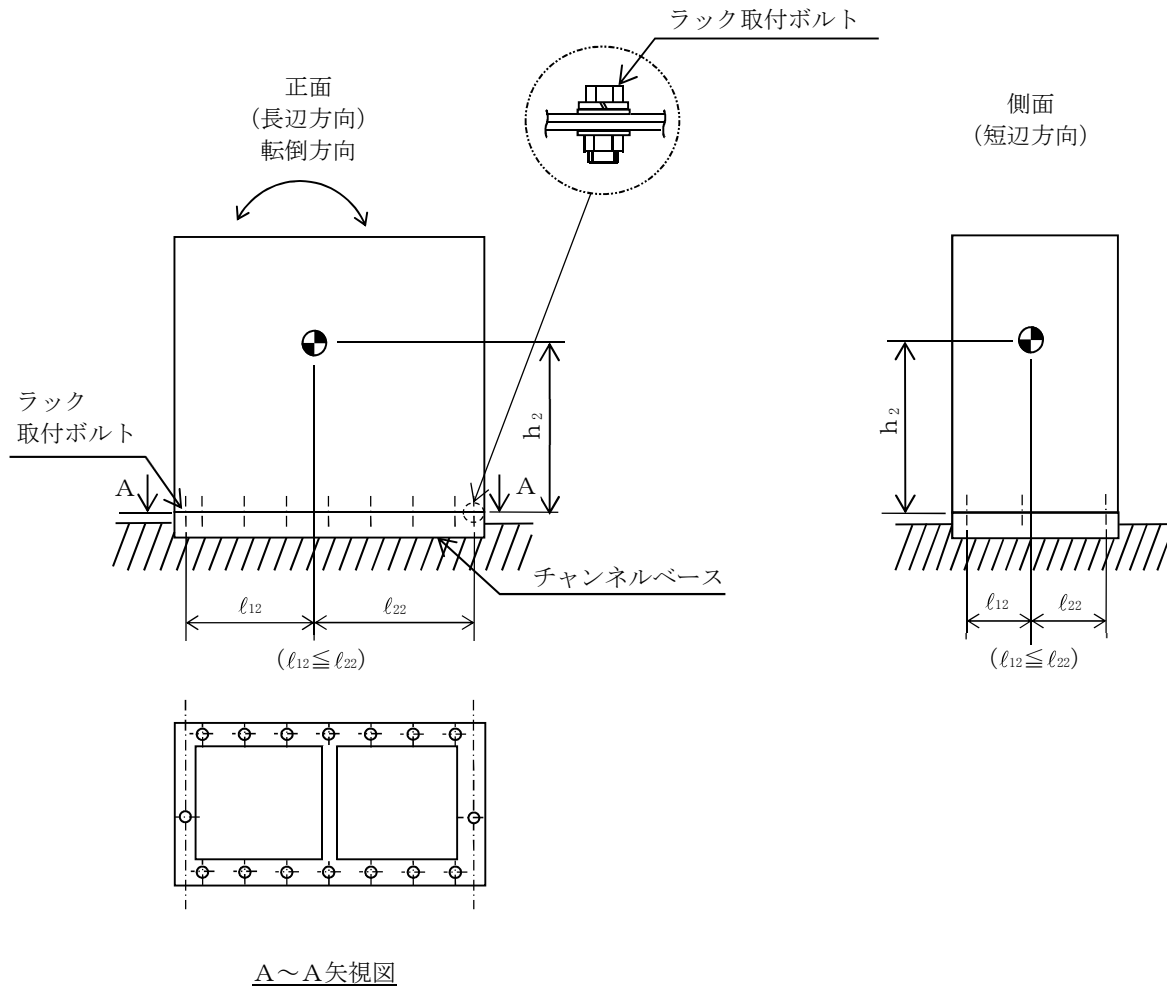
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

1.4.2 電氣的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉水位 (広帯域) (B21-LT003F)	水平方向	1.08	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.08	<input type="text"/>

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。



2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉水位 (広帯域) (B21-LT003F)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋 T.M.S.L.4.800*	<input type="text"/>	0.05 以下	—	—	C _H =1.29	C _V =1.31	100

注記* : 基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

2.2.1 原子炉水位 (広帯域) (H22-P002)

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)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	16 (M16)	201.1	16	212 (16mm<径≤40mm)	373 (16mm<径≤40mm)

部材	l _{1 i} * (mm)	l _{2 i} * (mm)	n _{f i} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用 地震動 S d 又は 静的震度	基準地震動 S s
ラック取付ボルト (i=2)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	7	—	254	—	長辺方向
	<input type="text"/>	<input type="text"/>	1				

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

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

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

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ラック取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=30$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=146$

すべて許容応力以下である。

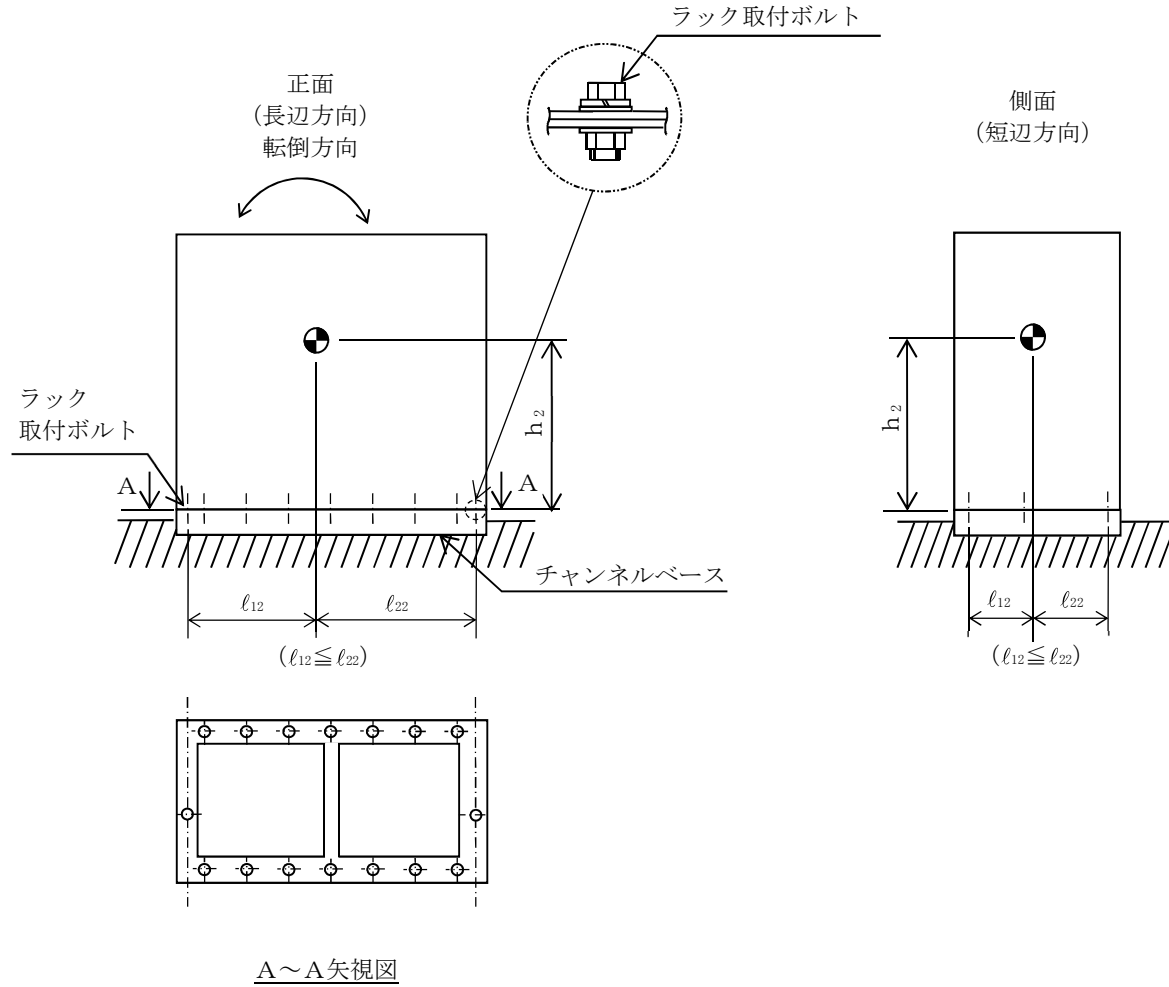
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

2.4.2 電氣的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉水位 (広帯域) (B21-LT003F)	水平方向	1.08	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.08	<input type="text"/>

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。



VI-2-6-5-17 原子炉水位（燃料域）の耐震性についての計算書

目 次

1. 原子炉水位（燃料域）（B21-LT006A）	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 電氣的機能維持評価方法	8
1.6 評価結果	9
1.6.1 設計基準対象施設としての評価結果	9
1.6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	9
2. 原子炉水位（燃料域）（B21-LT006B）	16
2.1 概要	16
2.2 一般事項	16
2.2.1 構造計画	16
2.3 固有周期	18
2.3.1 固有周期の確認	18
2.4 構造強度評価	19
2.4.1 構造強度評価方法	19
2.4.2 荷重の組合せ及び許容応力	19
2.4.3 計算条件	19
2.5 機能維持評価	23
2.5.1 電氣的機能維持評価方法	23
2.6 評価結果	24
2.6.1 設計基準対象施設としての評価結果	24
2.6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	24

1. 原子炉水位（燃料域）（B21-LT006A）

1.1 概要

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

原子炉水位（燃料域）は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、原子炉水位（燃料域）が設置される計装ラックは、VI-2-1-14「計算書作成の方法」に記載の壁掛形であるため、VI-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。

1.2 一般事項

1.2.1 構造計画

原子炉水位（燃料域）の構造計画を表1-1に示す。

表 1-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>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。</p>	<p>差圧式水位検出器</p>	<p>【原子炉水位（燃料域）】</p> <p>(正面方向)</p> <p>(側面方向)</p> <p>(単位：mm)</p>

1.3 固有周期

1.3.1 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 1-2 に示す。

表 1-2 固有周期

(単位：s)

原子炉水位（燃料域） (H22-P005)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

1.4 構造強度評価

1.4.1 構造強度評価方法

原子炉水位（燃料域）の構造強度評価は、VI-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。

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

原子炉水位（燃料域）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 1-3 に、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。

1.4.2.2 許容応力

原子炉水位（燃料域）の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 1-5 のとおりとする。

1.4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

原子炉水位（燃料域）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 1-6 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 1-7 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【原子炉水位（燃料域）（B21-LT006A）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（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	計測装置	原子炉水位（燃料域）	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S

注記*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 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	計測装置	原子炉水位（燃料域）	常設耐震／防止 常設／緩和	—* ²	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	Ⅳ _A S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _A S （V _A Sとして Ⅳ _A Sの許容限 界を用いる。）

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

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 1-5 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

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
Ⅲ _A S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
Ⅳ _A S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
V _A S (V _A SとしてⅣ _A Sの許容限界を用いる。)		

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

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

表 1-6 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
ラック取付ボルト	SS400 (16mm<径≤40mm)	周囲環境温度	100	212	373	—

表 1-7 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
ラック取付ボルト	SS400 (16mm<径≤40mm)	周囲環境温度	100	212	373	—

1.5 機能維持評価

1.5.1 電氣的機能維持評価方法

原子炉水位（燃料域）の電氣的機能維持評価は、VI-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、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 1-8 に示す。

表 1-8 機能確認済加速度

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

評価部位	方向	機能確認済加速度
原子炉水位（燃料域） (B21-LT006A)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

1.6 評価結果

1.6.1 設計基準対象施設としての評価結果

原子炉水位（燃料域）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氣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

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

1.6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

原子炉水位（燃料域）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氣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

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【原子炉水位（燃料域）(B21-LT006A) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉水位（燃料域） (B21-LT006A)	S	原子炉建屋 T. M. S. L. -8. 200 (T. M. S. L. -1. 700*)			C _H =0. 59	C _V =0. 63	C _H =1. 36	C _V =1. 27	100

注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 原子炉水位（燃料域）(H22-P005)

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)			16 (M16)	201. 1	14	212 (16mm<径≤40mm)	373 (16mm<径≤40mm)

部材	l _{1 i} (mm)	l _{2 i} (mm)	l _{3 i} (mm)	n _{f v i}	n _{f H i}	F _i (MPa)	F _i [*] (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度	基準地震動 S _s
ラック取付ボルト (i=2)				3	4	212	254	側面方向	側面方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

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

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ラック取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	$\sigma_{b2}=4$	$f_{ts2}=159^*$	$\sigma_{b2}=7$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=122$	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=146$

すべて許容応力以下である。

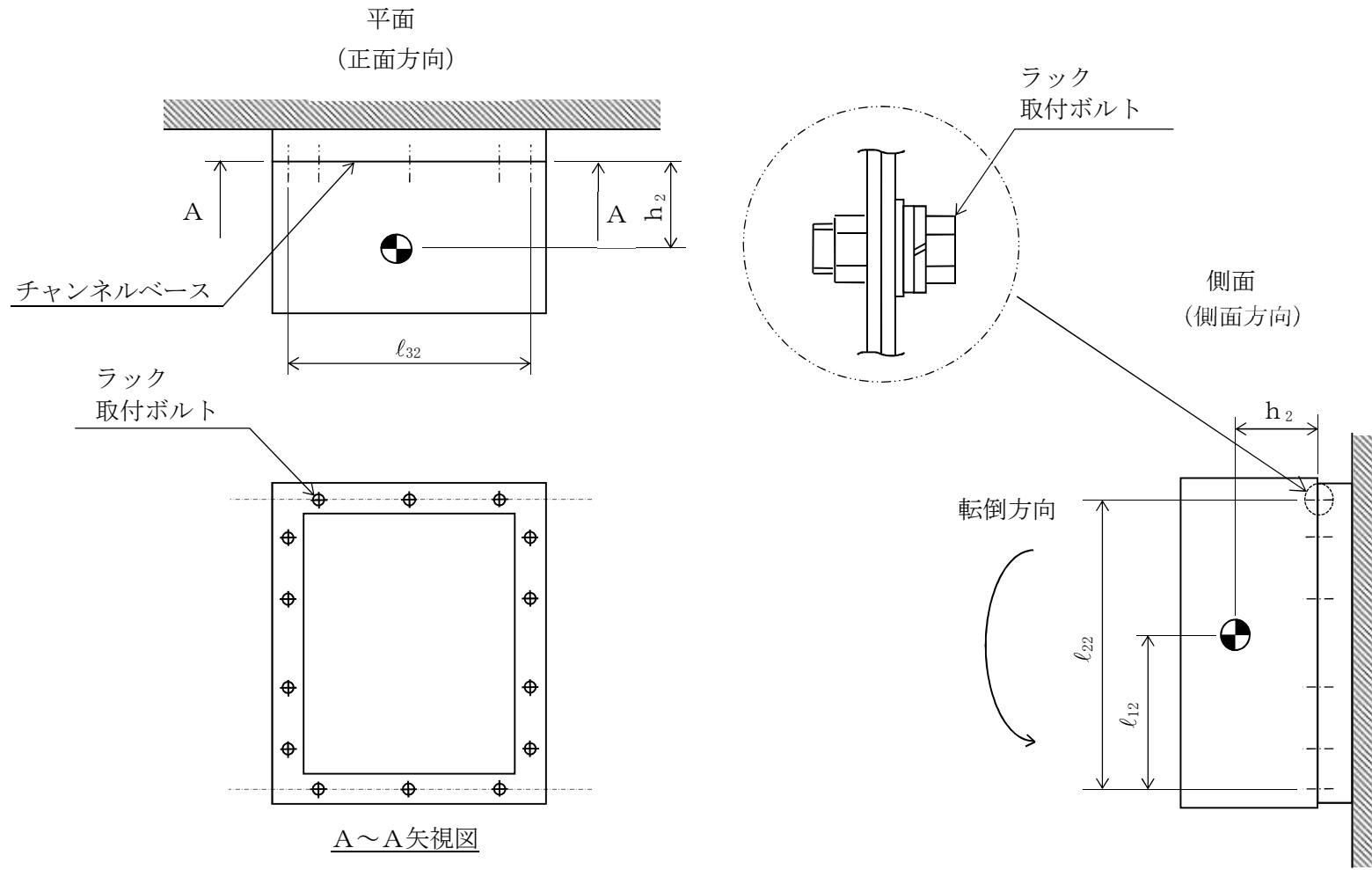
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

1.4.2 電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
原子炉水位 (燃料域) (B21-LT006A)	水平方向	1.12	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.06	<input type="text"/>

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。



2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉水位 (燃料域) (B21-LT006A)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋 T. M. S. L. -8.200 (T. M. S. L. -1.700*)			—	—	C _H =1.36	C _V =1.27	100

注記* : 基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

2.2.1 原子炉水位 (燃料域) (H22-P005)

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)			16 (M16)	201.1	14	212 (16mm<径≤40mm)	373 (16mm<径≤40mm)

部材	l _{1 i} (mm)	l _{2 i} (mm)	l _{3 i} (mm)	n _{f v i}	n _{f H i}	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度	基準地震動 S _s
ラック取付ボルト (i=2)				3	4	—	254	—	側面方向

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

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

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ラック取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=7$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=146$

すべて許容応力以下である。

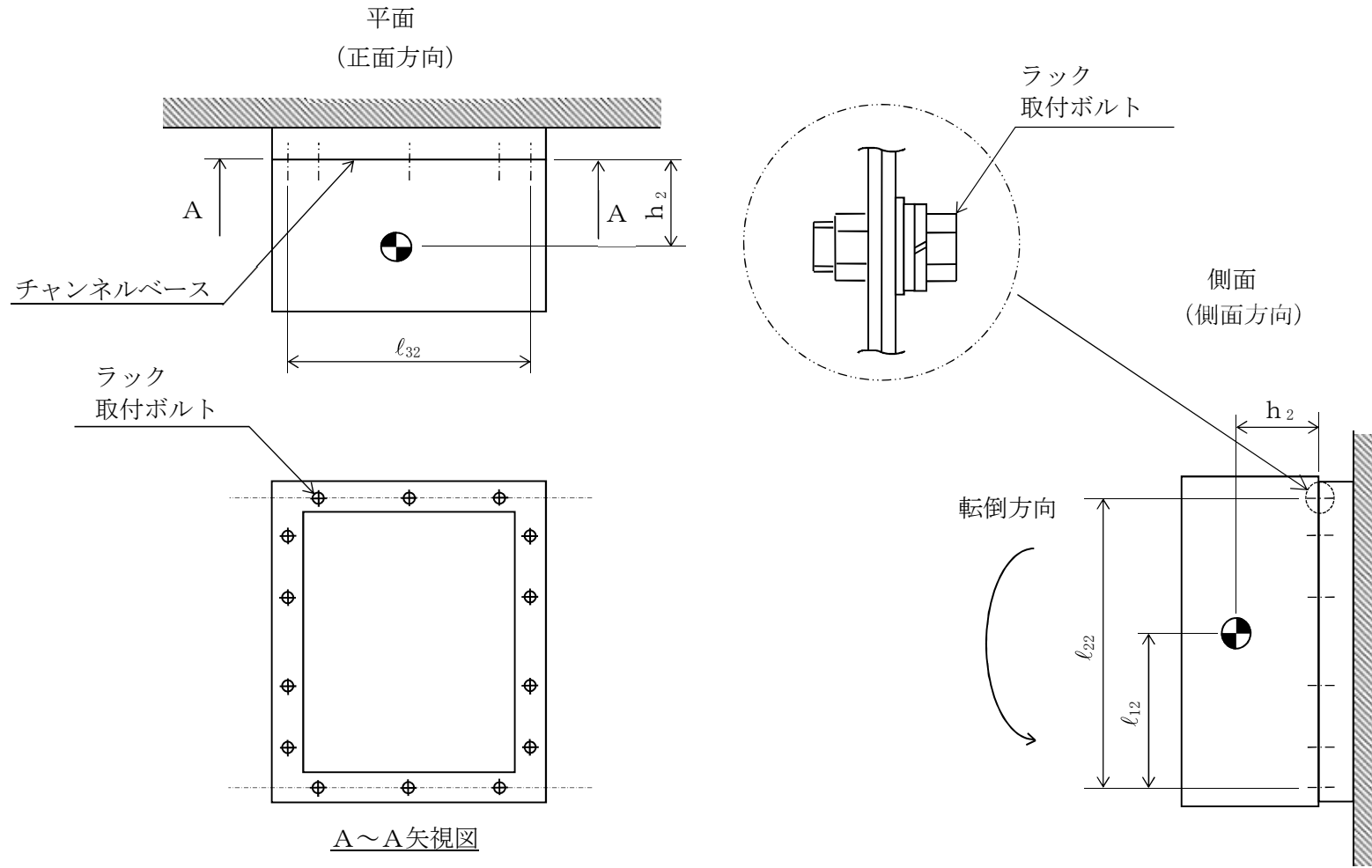
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

2.4.2 電氣的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉水位 (燃料域) (B21-LT006A)	水平方向	1.12	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.06	<input type="text"/>

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。



2. 原子炉水位（燃料域）（B21-LT006B）

2.1 概要

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

原子炉水位（燃料域）は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、原子炉水位（燃料域）が設置される計装ラックは、VI-2-1-14「計算書作成の方法」に記載の直立形であるため、VI-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。

2.2 一般事項

2.2.1 構造計画

原子炉水位（燃料域）の構造計画を表2-1に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより取付板に固定され、取付板は、取付板取付ボルトにより計装ラックに固定される。</p> <p>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。</p>	<p>差圧式水位検出器</p>	<p>【原子炉水位（燃料域）】</p> <p>(単位：mm)</p>

2.3 固有周期

2.3.1 固有周期の確認

原子炉水位（燃料域）が設置される計装ラックの水平方向の固有周期は、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。原子炉水位（燃料域）が設置される計装ラックの鉛直方向の固有周期は、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 2-2 に示す。

表 2-2 固有周期 (単位：s)

原子炉水位（燃料域） (H22-P006)	水平	<input type="text"/>
	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

原子炉水位（燃料域）の構造強度評価は、VI-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。

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

原子炉水位（燃料域）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 2-3 に、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。

2.4.2.2 許容応力

原子炉水位（燃料域）の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 2-5 のとおりとする。

2.4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

原子炉水位（燃料域）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 2-6 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 2-7 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【原子炉水位（燃料域）（B21-LT006B）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（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	計測装置	原子炉水位（燃料域）	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S

注記*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 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	計測装置	原子炉水位（燃料域）	常設耐震／防止 常設／緩和	—* ²	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	Ⅳ _A S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _A S (V _A Sとして Ⅳ _A Sの許容限 界を用いる。)

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

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 2-5 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

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
Ⅲ _A S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
Ⅳ _A S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
V _A S (V _A SとしてⅣ _A Sの許容限界を用いる。)		

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

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

表 2-6 使用材料の許容応力評価条件 (設計基準対象施設)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
ラック取付ボルト	SS400 (16mm<径≤40mm)	周囲環境温度	100	212	373	—

表 2-7 使用材料の許容応力評価条件 (重大事故等対処設備)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
ラック取付ボルト	SS400 (16mm<径≤40mm)	周囲環境温度	100	212	373	—

2.5 機能維持評価

2.5.1 電氣的機能維持評価方法

原子炉水位（燃料域）の電氣的機能維持評価は、VI-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、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 2-8 に示す。

表 2-8 機能確認済加速度

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

評価部位	方向	機能確認済加速度
原子炉水位（燃料域） (B21-LT006B)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

2.6 評価結果

2.6.1 設計基準対象施設としての評価結果

原子炉水位（燃料域）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氣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

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

2.6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

原子炉水位（燃料域）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氣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

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【原子炉水位（燃料域）(B21-LT006B) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉水位（燃料域） (B21-LT006B)	S	原子炉建屋 T. M. S. L. -8. 200*		0.05 以下	C _H =0.58	C _V =0.62	C _H =1.18	C _V =1.24	100

注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 原子炉水位（燃料域）(H22-P006)

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)			16 (M16)	201.1	12	212 (16mm<径≤40mm)	373 (16mm<径≤40mm)

部材	ℓ _{1 i} * (mm)	ℓ _{2 i} * (mm)	n _{f i} * (mm)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度	基準地震動 S _s
ラック取付ボルト (i=2)			5	212	254	長辺方向	長辺方向
			1				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

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

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ラック取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	$\sigma_{b2}=7$	$f_{ts2}=159^*$	$\sigma_{b2}=26$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2}=122$	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=146$

すべて許容応力以下である。

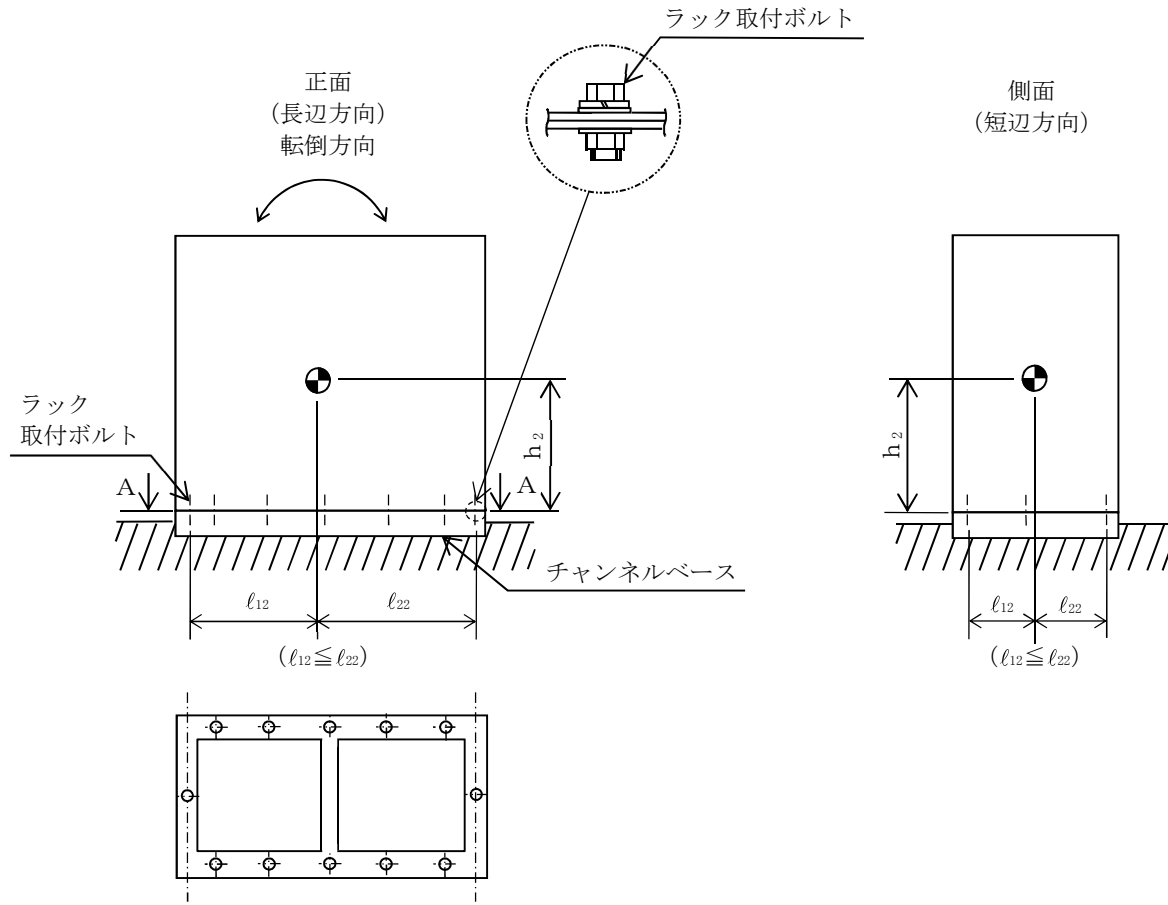
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

1.4.2 電氣的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉水位 (燃料域) (B21-LT006B)	水平方向	0.98	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.05	<input type="text"/>

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。



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 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉水位 (燃料域) (B21-LT006B)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋 T. M. S. L. -8.200*		0.05 以下	—	—	C _H =1.18	C _V =1.24	100

注記* : 基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

2.2.1 原子炉水位 (燃料域) (H22-P006)

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)			16 (M16)	201.1	12	212 (16mm<径≤40mm)	373 (16mm<径≤40mm)

部材	l _{1 i} * (mm)	l _{2 i} * (mm)	n _{f i} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度	基準地震動 S _s
ラック取付ボルト (i=2)			5	—	254	—	長辺方向
			1				

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

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

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

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ラック取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=26$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=146$

すべて許容応力以下である。

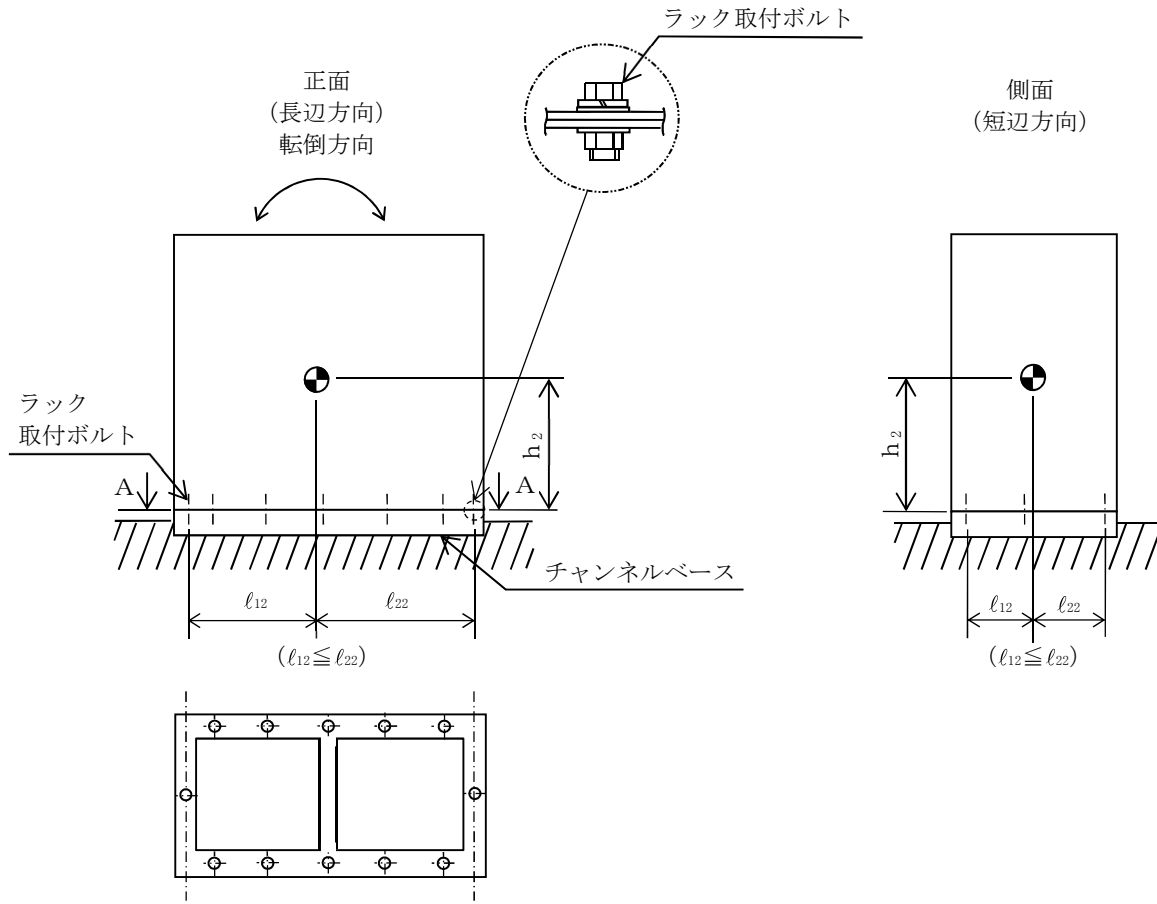
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

2.4.2 電氣的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉水位 (燃料域) (B21-LT006B)	水平方向	0.98	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.05	<input type="text"/>

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。



A~A矢視図

VI-2-6-5-18 原子炉水位 (SA) の耐震性についての計算書

目 次

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

1. 概要

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

原子炉水位（SA）は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、原子炉水位（SA）は、VI-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、VI-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

原子炉水位（SA）の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図												
基礎・支持構造	主体構造													
<p>検出器は、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ーションに固定される。計器スターションは、基礎に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>差圧式水位検出器</p>	<p>【原子炉水位 (SA)】</p> <p>(正面方向)</p> <p>(側面方向)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>機器名称</th> <th>原子炉水位 (SA) (B21-LT090)</th> <th>原子炉水位 (SA) (B21-LT091)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>たて</td> <td>385</td> <td>385</td> </tr> <tr> <td>横</td> <td>250</td> <td>250</td> </tr> <tr> <td>高さ</td> <td>850</td> <td>850</td> </tr> </tbody> </table> <p>(単位 : mm)</p>	機器名称	原子炉水位 (SA) (B21-LT090)	原子炉水位 (SA) (B21-LT091)	たて	385	385	横	250	250	高さ	850	850
機器名称	原子炉水位 (SA) (B21-LT090)	原子炉水位 (SA) (B21-LT091)												
たて	385	385												
横	250	250												
高さ	850	850												

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)

原子炉水位 (SA) (B21-LT090)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>
原子炉水位 (SA) (B21-LT091)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

原子炉水位 (SA) の構造強度評価は、VI-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

原子炉水位 (SA) の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

原子炉水位 (SA) の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

原子炉水位 (SA) の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 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【原子炉水位 (SA) (B21-LT090) の耐震性についての計算結果】，【原子炉水位 (SA) (B21-LT091) 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	計測装置	原子炉水位（SA）	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IVAS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS （VASとして IVASの許容限 界を用いる。）

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

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

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

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

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

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件 (重大事故等対処設備)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
		周囲環境温度	100	194	373	—
基礎ボルト	SS400 (40mm<径)	周囲環境温度	100	194	373	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

原子炉水位 (SA) の電氣的機能維持評価は、VI-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、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
原子炉水位 (SA) (B21-LT090)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>
原子炉水位 (SA) (B21-LT091)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

原子炉水位（SA）の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣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

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【原子炉水位 (SA) (B21-LT090) の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉水位 (SA) (B21-LT090)	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*)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	—	—	C _H =1. 38	C _V =1. 33	100

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 原子炉水位 (SA)

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	<input type="text"/>	<input type="text"/>	12 (M12)	113. 1	4	194 (40mm<径)	373 (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 S _d 又は 静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	2	2	—	232	—	正面方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F _b		Q _b	
	弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

1.4 結論

1.4.1 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	—	—	$\sigma_b=3$	$f_{ts}=139^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=3$	$f_{sb}=107$

二

すべて許容応力以下である。

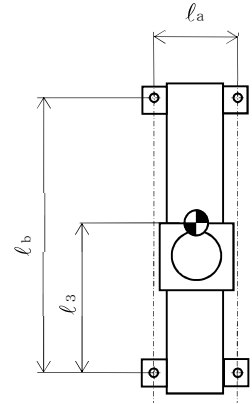
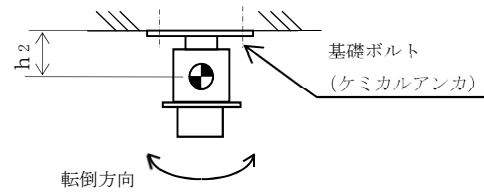
注記*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$

1.4.2 電氣的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

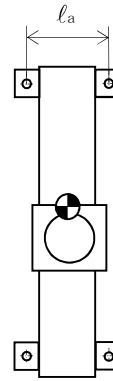
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉水位 (SA) (B21-LT090)	水平方向	1.15	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.11	<input type="text"/>

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

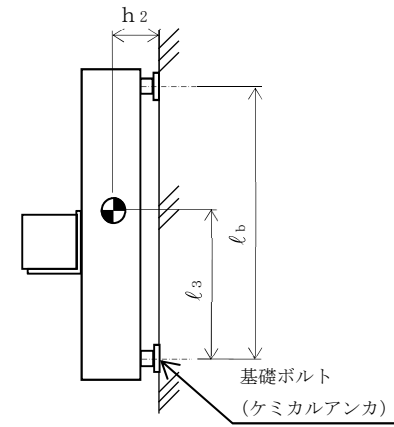
機能維持評価用加速度 (1.0・ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



(正面方向)



(側面方向)



【原子炉水位 (SA) (B21-LT091) の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉水位 (SA) (B21-LT091)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋 T. M. S. L. -8.200 (T. M. S. L. -1.700*)	□	□	—	—	C _H =1.36	C _V =1.27	100

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 原子炉水位 (SA)

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	□	□	12 (M12)	113.1	4	194 (40mm<径)	373 (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 S _d 又は 静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	□	□	□	2	2	—	232	—	正面方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F _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	—		—	

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	—	—	$\sigma_b = 3$	$f_{ts} = 139^*$
		せん断	—	—	$\tau_b = 3$	$f_{sb} = 107$

すべて許容応力以下である。

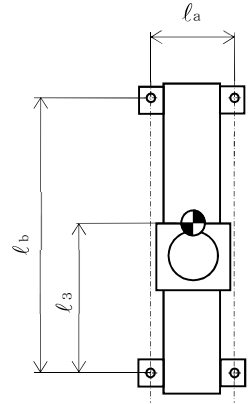
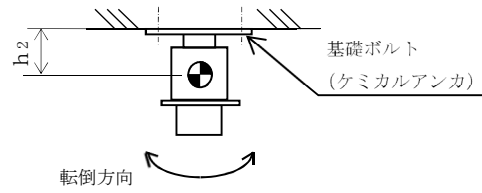
注記*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$

1.4.2 電氣的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

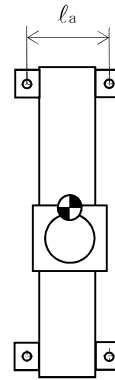
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉水位 (SA) (B21-LT091)	水平方向	1.12	
	鉛直方向	1.06	

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

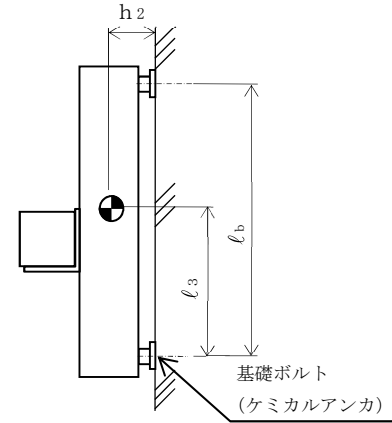
機能維持評価用加速度 (1.0・ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



(正面方向)



(側面方向)



VI-2-6-5-19 格納容器内圧力 (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
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 電氣的機能維持評価方法	8
6. 評価結果	9
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	9

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、格納容器内圧力（D/W）が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

格納容器内圧力（D/W）は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、格納容器内圧力（D/W）が設置される計装ラックは、VI-2-1-14「計算書作成の方法」に記載の壁掛形であるため、VI-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

格納容器内圧力（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	
<p>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装ラックに固定される。</p> <p>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。</p>	<p>弾性圧力検出器</p>	<p>【格納容器内圧力 (D/W)】</p> <p>(正面方向)</p> <p>(側面方向)</p> <p>(単位：mm)</p>

3. 固有周期

3.1 固有周期の確認

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)

格納容器内圧力 (D/W) (H22-P740)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

格納容器内圧力 (D/W) の構造強度評価は、VI-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

格納容器内圧力 (D/W) 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

格納容器内圧力 (D/W) の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

格納容器内圧力 (D/W) 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【格納容器内圧力 (D/W) (T31-PT026) 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	計測装置	格納容器内圧力 (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 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 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
		周囲環境温度	50	211	394	—
ラック取付ボルト	SS400 (40mm<径)	周囲環境温度	50	211	394	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

格納容器内圧力 (D/W) の電氣的機能維持評価は、VI-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、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
格納容器内圧力 (D/W) (T31-PT026)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

格納容器内圧力 (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氣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

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【格納容器内圧力 (D/W) (T31-PT026) の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
格納容器内圧力 (D/W) (T31-PT026)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋 T. M. S. L. 27.000 (T. M. S. L. 31.700*)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	—	—	C _H =1.75	C _V =1.45	50

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 格納容器内圧力 (D/W) (H22-P740)

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)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	12 (M12)	113.1	18	211 (40mm<径)	394 (40mm<径)

部材	ℓ _{1 i} (mm)	ℓ _{2 i} (mm)	ℓ _{3 i} (mm)	n _{f v i}	n _{f H i}	F _i (MPa)	F _i [*] (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度	基準地震動 S _s
ラック取付ボルト (i=2)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	5	4	—	253	—	側面方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

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

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ラック取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=5$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=146$

二

すべて許容応力以下である。

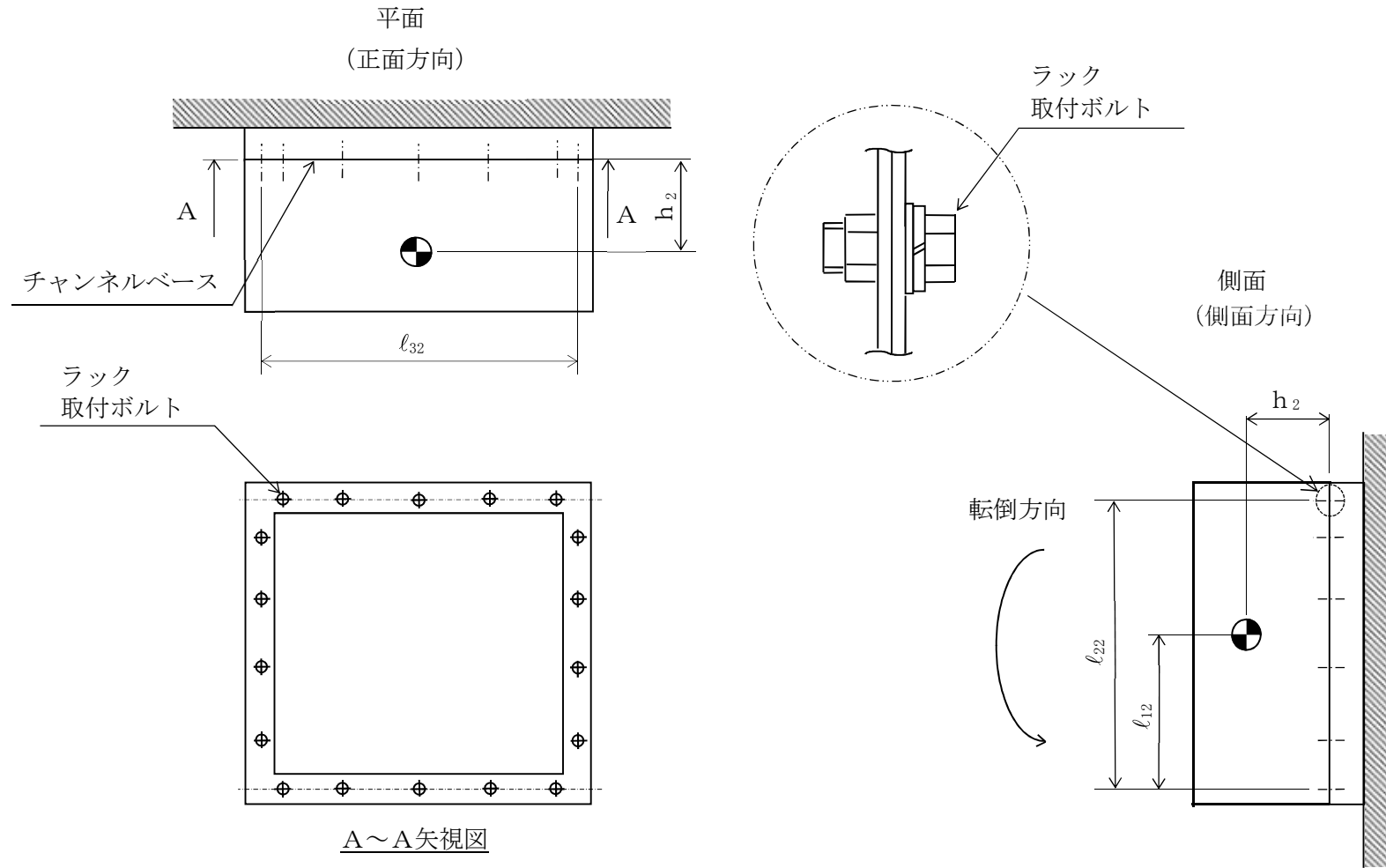
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

1.4.2 電氣的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
格納容器内圧力 (D/W) (T31-PT026)	水平方向	1.46	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.20	<input type="text"/>

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。



VI-2-6-5-20 格納容器内圧力 (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	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	17
5.5.1 溶接部の応力計算条件	17
5.6 応力の評価	17
5.6.1 溶接部の応力評価	17
6. 機能維持評価	18
6.1 電氣的機能維持評価方法	18
7. 評価結果	19
7.1 重大事故等対処設備としての評価結果	19

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、格納容器内圧力（S/C）が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

格納容器内圧力（S/C）は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

格納容器内圧力（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	
<p>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ーションに固定される。計器スターションは、溶接により基礎に埋め込まれた埋込金物に設置する。</p>	<p>弾性圧力検出器</p>	<p>【格納容器内圧力 (S/C)】</p> <p>(正面方向)</p> <p>(側面方向)</p> <p>(単位：mm)</p>

2.2 評価方針

格納容器内圧力 (S/C) の応力評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示す格納容器内圧力 (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、格納容器内圧力 (S/C) の機能維持評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣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。

格納容器内圧力 (S/C) の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

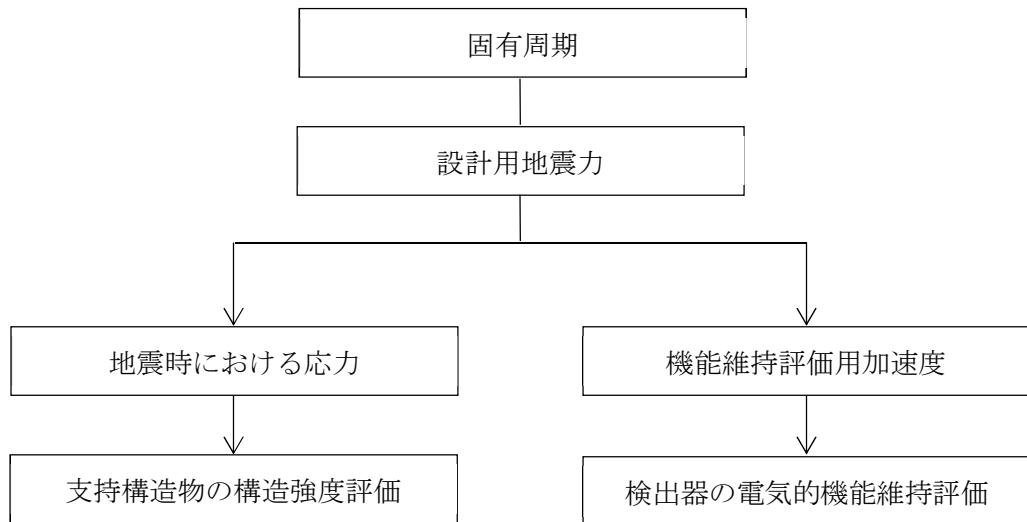


図 2-1 格納容器内圧力 (S/C) の耐震評価フロー

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

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
a	溶接部の有効のど厚	mm
A_w	溶接部の有効断面積	mm ²
A_{w1}	鉛直方向地震及び直立形計器スタンションの据付面に対し左右方向の水平方向地震により作用する応力に対する溶接部の有効断面積	mm ²
A_{w2}	鉛直方向地震及び直立形計器スタンションの据付面に対し前後方向の水平方向地震により作用する応力に対する溶接部の有効断面積	mm ²
b_1, b_2	溶接の有効長さ	mm
b_3	b_1, b_2 の溶接部における溶接長さの短い方の値	mm
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
F	設計・建設規格 SSB-3121.1(1) に定める値	MPa
F^*	設計・建設規格 SSB-3121.3 に定める値	MPa
F_{w1}	鉛直方向地震及び直立形計器スタンションの据付面に対し左右方向の水平方向地震により溶接部に作用する引張力	N
F_{w2}	鉛直方向地震及び直立形計器スタンションの据付面に対し前後方向の水平方向地震により溶接部に作用する引張力	N
f_{sw}	溶接部の許容せん断応力	MPa
f_{tw}	溶接部の許容引張応力	MPa
f_w	溶接部の許容組合せ応力	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	重心と溶接部端部との距離*	mm
l_2	重心と溶接部端部との距離*	mm
m	計器スタンションの質量	kg
n	溶接箇所数	—
Q_w	溶接部に作用するせん断力	N
s	溶接脚長	mm

記号	記号の説明	単位
S_u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa
$S_y(RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料の 40°Cにおける値	MPa
σ_t	溶接部に生じる引張応力	MPa
σ_w	溶接部に生じる組合せ応力	MPa
τ	溶接部に生じるせん断応力	MPa

注記* : $l_1 \leq l_2$

2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は、表2-2に示すとおりとする。

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

格納容器内圧力 (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溶接部について評価を実施する。

格納容器内圧力 (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。

4. 固有周期

4.1 基本方針

格納容器内圧力 (S/C) の水平方向の固有周期は、振動試験（自由振動試験）にて求める。
格納容器内圧力 (S/C) の鉛直方向の固有周期は、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。

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。格納容器内圧力 (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。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)

格納容器内圧力 (S/C) (T31-PT027)	水平	□
	鉛直	0.05 以下

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

- (1) 計器スタンションの質量は重心に集中しているものとする。
- (2) 地震力は計器スタンションに対して、水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
- (3) 計器スタンションは溶接により基礎に埋め込まれた埋込金物に設置されており、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) 計器スタンション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

格納容器内圧力 (S/C) 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

格納容器内圧力 (S/C) の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 5-2 のとおりとする。

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

格納容器内圧力 (S/C) 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	計測装置	格納容器内圧力 (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 5-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界**1, *2, *3 (ボルト等以外)	
	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。

*3：すみ肉溶接部の許容応力は母材の許容せん断応力とする。

表 5-3 使用材料の許容応力評価条件 (重大事故等対処設備)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度	100	196	373	—
溶接部	STKR400	周囲環境温度	100	196	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 S_s 」による地震力は、VI-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 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
		水平 方向	鉛直 方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
格納容器内圧力 (S/C) (T31-PT027)	原子炉建屋 T. M. S. L. 12. 300*	□	0.05 以下	—	—	$C_H=1.38$	$C_V=1.33$

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 溶接部の応力

溶接部の応力は、図5-1及び図5-2で示す溶接部端部を支点とする転倒を考え、これを片側の溶接部で受けるものとして計算する。

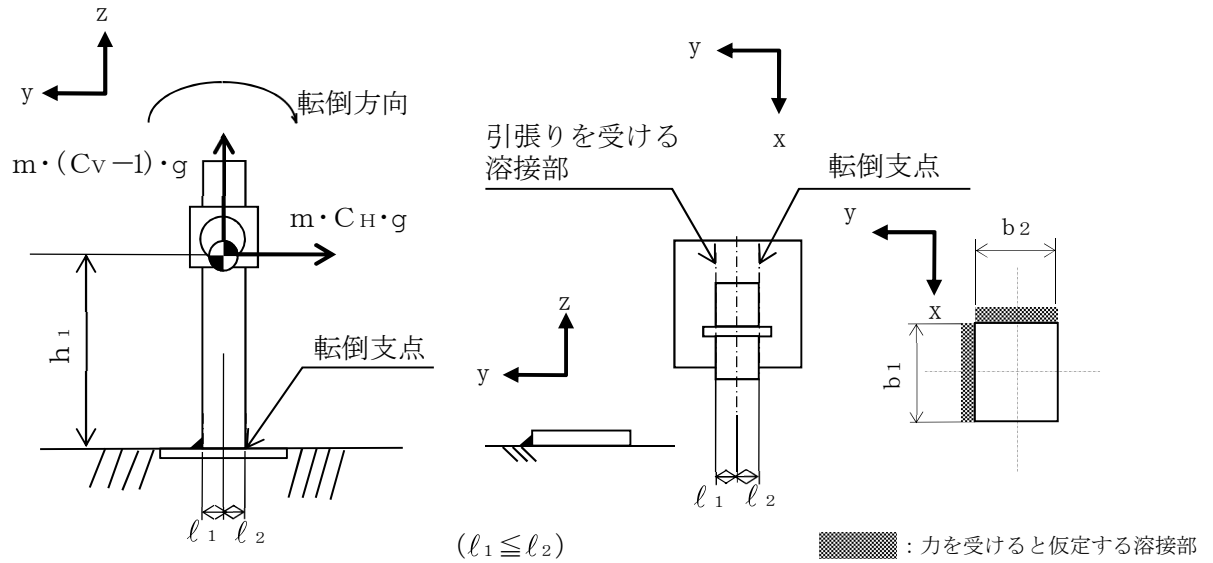


図5-1 計算モデル（正面方向）

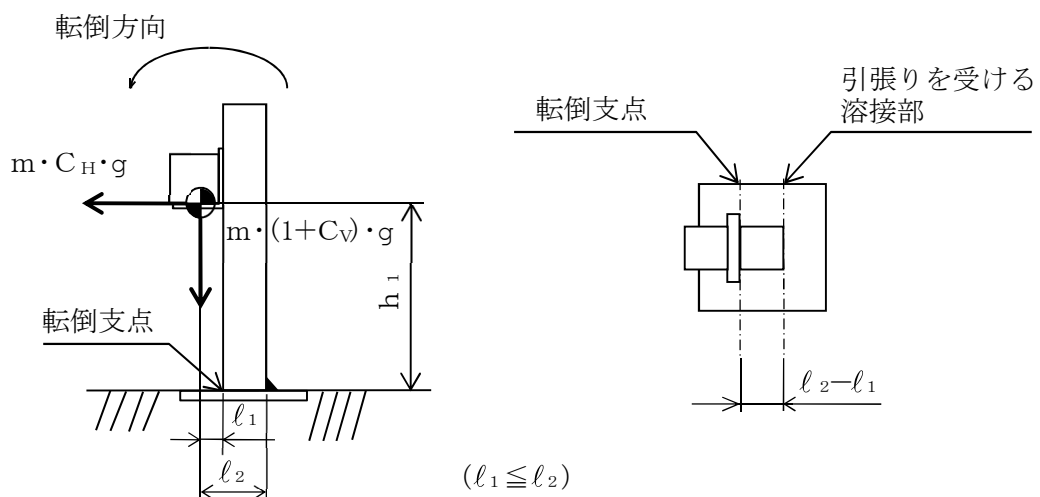


図5-2 計算モデル（側面方向）

(1) 引張応力

溶接部に対する引張力は、図5-1及び図5-2それぞれの溶接部を支点とする転倒を考え、これを片側の溶接断面積で受けるものとして計算する。

引張力

計算モデル図5-1の場合の引張力

$$F_{w1} = \frac{m \cdot g \cdot C_H \cdot h_1 - m \cdot g \cdot (1 - C_V) \cdot \ell_2}{n \cdot (\ell_1 + \ell_2)} \dots\dots\dots (5.4.1.1.1)$$

計算モデル図5-2の場合の引張力

$$F_{w2} = \frac{m \cdot g \cdot C_H \cdot h_1 + m \cdot g \cdot (1 + C_V) \cdot \ell_1}{n \cdot (\ell_2 - \ell_1)} \dots\dots\dots (5.4.1.1.2)$$

引張応力

$$\sigma_t = \frac{F_{w1}}{A_{w1}} \dots\dots\dots (5.4.1.1.3)$$

$$\sigma_t = \frac{F_{w2}}{A_{w2}} \dots\dots\dots (5.4.1.1.4)$$

ここで、溶接部の有効断面積 A_{w1} 及び A_{w2} は、次式により求める。

$$A_{w1} = a \cdot b_1 \dots\dots\dots (5.4.1.1.5)$$

$$A_{w2} = a \cdot b_2 \dots\dots\dots (5.4.1.1.6)$$

ただし、溶接部の有効のど厚 a は、次式により求める。

$$a = 0.7 \cdot s \dots\dots\dots (5.4.1.1.7)$$

(2) せん断応力

溶接部に対するせん断応力は、各方向の有効せん断面積で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_w = m \cdot g \cdot C_H \dots\dots\dots (5.4.1.1.8)$$

せん断応力

$$\tau = \frac{Q_w}{n \cdot A_w} \dots\dots\dots (5.4.1.1.9)$$

ここで、せん断力を受ける溶接部の有効断面積 A_w は、次式により求める。

$$A_w = a \cdot b_3 \dots\dots\dots (5.4.1.1.10)$$

ただし、 b_3 は b_1 、 b_2 の溶接部における溶接長さの短い方とする。

(3) 組合せ応力

溶接に対する組合せ応力は、各応力を足し合わせたものとして計算する。

$$\sigma_w = \sqrt{(\sigma_t)^2 + \tau^2} \dots\dots\dots (5.4.1.1.11)$$

5.5 計算条件

5.5.1 溶接部の応力計算条件

溶接部の応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【格納容器内圧力 (S/C) (T31-PT027) 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 溶接部の応力評価

5.4.1 項で求めた溶接部の各応力は以下の表に示す許容応力以下であること。

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

6. 機能維持評価

6.1 電氣的機能維持評価方法

格納容器内圧力 (S/C) の電氣的機能維持評価については以下に示す。

なお、機能維持評価用加速度はVI-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき、基準地震動 S_s により定まる応答加速度を設定する。

格納容器内圧力 (S/C) の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 6-1 に示す。

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

評価部位	方向	機能確認済加速度
格納容器内圧力 (S/C) (T31-PT027)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

7. 評価結果

7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

格納容器内圧力（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氣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

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【格納容器内圧力 (S/C) (T31-PT027) の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
格納容器内圧力 (S/C) (T31-PT027)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋 T.M.S.L. 12. 300*	□	0.05 以下	—	—	C _H =1.38	C _V =1.33	100

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 格納容器内圧力 (S/C)

部材	m (kg)	h ₁ (mm)	s (mm)	a (mm)	A _{w1} (mm ²)	A _{w2} (mm ²)	b ₁ (mm)	b ₂ (mm)	l ₁ (mm)	l ₂ (mm)	n	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
																弾性設計用 地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
溶接部	□	□	3.2	2.2	181.0	181.0	80.8	80.8	□	□	1	196	373	—	235	—	側面方向
									□	□							

注記* : 各溶接部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 溶接部に作用する力 (単位：N)

部材	F _w		Q _w	
	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
溶接部	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

1.4 結論

1.4.1 溶接部の応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _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
溶接部	STKR400	引張り	—	—	$\sigma_t = 14$	$f_{tw} = 135^*$
		せん断	—	—	$\tau = 2$	$f_{sw} = 135^*$
		組合せ	—	—	$\sigma_w = 14$	$f_w = 135^*$

すべて許容応力以下である。

注記*：すみ肉溶接部の許容応力は母材の許容せん断応力とする。

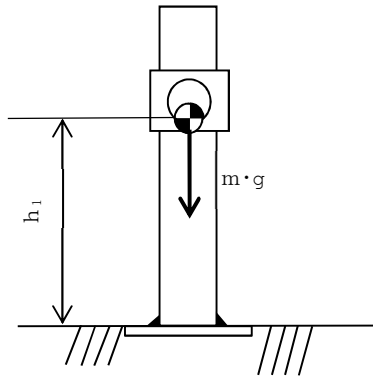
21

1.4.2 電氣的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

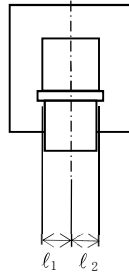
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
格納容器内圧力 (S/C) (T31-PT027)	水平方向	1.15	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.11	<input type="text"/>

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

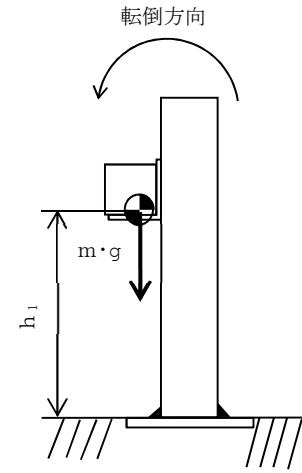
機能維持評価用加速度 (1.0・ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



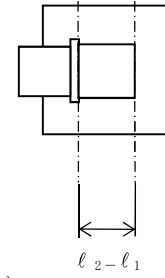
(正面方向)



($l_1 \leq l_2$)



(側面方向)



($l_1 \leq l_2$)

VI-2-6-5-21 ドライウェル雰囲気温度の耐震性についての計算書

目 次

1.	ドライウエル雰囲気温度 (T31-TE028A)	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	17
1.5.6	応力の評価	17
1.6	機能維持評価	18
1.6.1	電氣的機能維持評価方法	18
1.7	評価結果	19
1.7.1	重大事故等対処設備としての評価結果	19
2.	ドライウエル雰囲気温度 (T31-TE028K)	23
2.1	概要	23
2.2	一般事項	23
2.2.1	構造計画	23
2.2.2	評価方針	25
2.2.3	適用規格・基準等	26
2.2.4	記号の説明	27
2.2.5	計算精度と数値の丸め方	28
2.3	評価部位	29
2.4	固有周期	30
2.4.1	固有値解析方法	30

2.4.2	解析モデル及び諸元	30
2.4.3	固有値解析結果	31
2.5	構造強度評価	32
2.5.1	構造強度評価方法	32
2.5.2	荷重の組合せ及び許容応力	32
2.5.3	設計用地震力	36
2.5.4	計算方法	37
2.5.5	計算条件	39
2.5.6	応力の評価	39
2.6	機能維持評価	40
2.6.1	電氣的機能維持評価方法	40
2.7	評価結果	41
2.7.1	重大事故等対処設備としての評価結果	41

1. ドライウェル雰囲気温度 (T31-TE028A)

1.1 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、ドライウェル雰囲気温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。

ドライウェル雰囲気温度は、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

ドライウェル雰囲気温度の構造計画を表 1-1 に示す。

表 1-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器はサポート鋼材に固定される。サポート鋼材は溶接によりサポートスチールに設置する。</p>	<p>熱電対</p>	<p>【ドライウェル雰囲気温度】</p> <p>正面</p> <p>側面</p> <p>検出器</p> <p>サポート鋼材 (平鋼)</p> <p>溶接部</p> <p>サポートスチール</p> <p>40</p> <p>185</p> <p>190</p> <p>(正面方向)</p> <p>(側面方向)</p> <p>(単位：mm)</p>

1.2.2 評価方針

ドライウェル雰囲気温度の応力評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「1.2.1 構造計画」にて示すドライウェル雰囲気温度の部位を踏まえ「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、ドライウェル雰囲気温度の機能維持評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣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。

ドライウェル雰囲気温度の耐震評価フローを図1-1に示す。

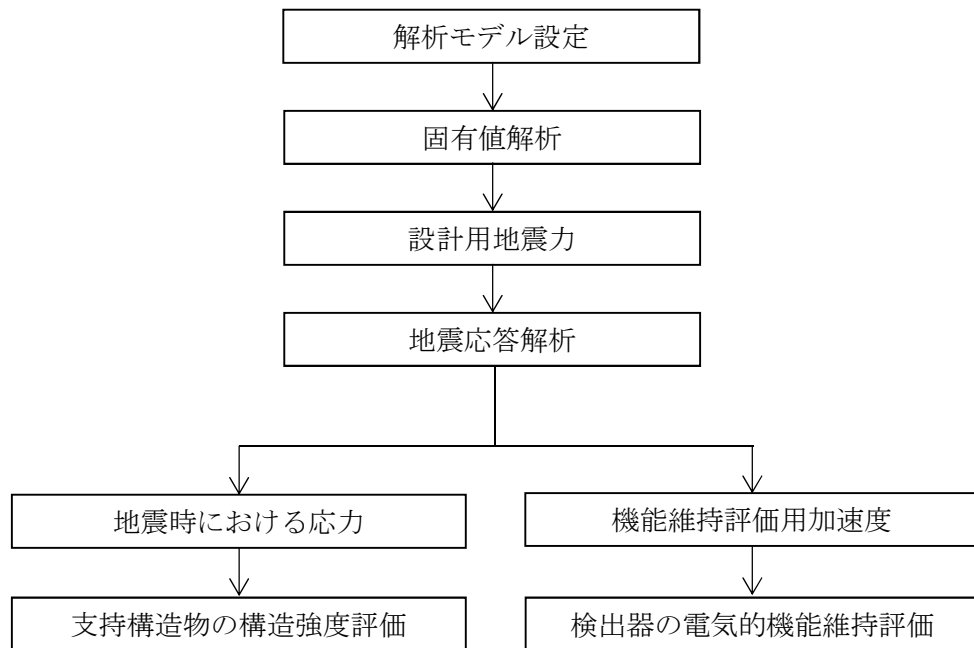


図1-1 ドライウェル雰囲気温度の耐震評価フロー

1.2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

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

1.2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
a	溶接部の有効のど厚	mm
A_w	溶接部の有効断面積	mm ²
A_{wy}	溶接部の F_y に対する有効断面積	mm ²
A_{wz}	溶接部の F_z に対する有効断面積	mm ²
b_1, b_2	溶接の有効長さ (z 方向)	mm
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
E	縦弾性係数	MPa
F^*	設計・建設規格 SSB-3121.3に定める値	MPa
F_x	溶接部に作用する力 (x 方向)	N
F_y	溶接部に作用する力 (y 方向)	N
F_z	溶接部に作用する力 (z 方向)	N
f_t	溶接部の許容引張応力	MPa
f_s	溶接部の許容せん断応力	MPa
f_b	溶接部の許容曲げ応力	MPa
f_w	溶接部の許容組合せ応力	MPa
h_1, h_2	溶接の有効長さ (y 方向)	mm
M_x	溶接部に作用するモーメント (x 軸周り)	N・m
M_y	溶接部に作用するモーメント (y 軸周り)	N・m
M_z	溶接部に作用するモーメント (z 軸周り)	N・m
s	溶接脚長	mm
S_u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa
$S_y (RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料の 40℃における値	MPa
W	検出器の荷重	N
Z_y	溶接断面積における y 軸方向の断面係数	mm ³
Z_z	溶接断面積における z 軸方向の断面係数	mm ³
Z_p	溶接断面積におけるねじり断面係数	mm ³
ν	ポアソン比	—
σ_b	溶接部に生じる曲げ応力	MPa
σ_t	溶接部に生じる引張応力	MPa
σ_w	溶接部に生じる組合せ応力	MPa
τ	溶接部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	°C	—	—	整数位
質量	kg	—	—	整数位
長さ	mm	—	—	整数位 ^{*1}
面積	mm ²	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*2}
モーメント	N・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

ドライウェル雰囲気温度の耐震評価は、「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溶接部について実施する。ドライウェル雰囲気温度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

ドライウエル雰囲気温度の固有値解析方法を以下に示す。

- (1) ドライウエル雰囲気温度は、「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

ドライウエル雰囲気温度の解析モデルを図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【ドライウエル雰囲気温度 (T31-TE028A) 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) ドライウエル雰囲気温度の質量は、重心に集中するものとする。
- (2) ドライウエル雰囲気温度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、溶接部を完全拘束とする。
- (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、「NX 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。

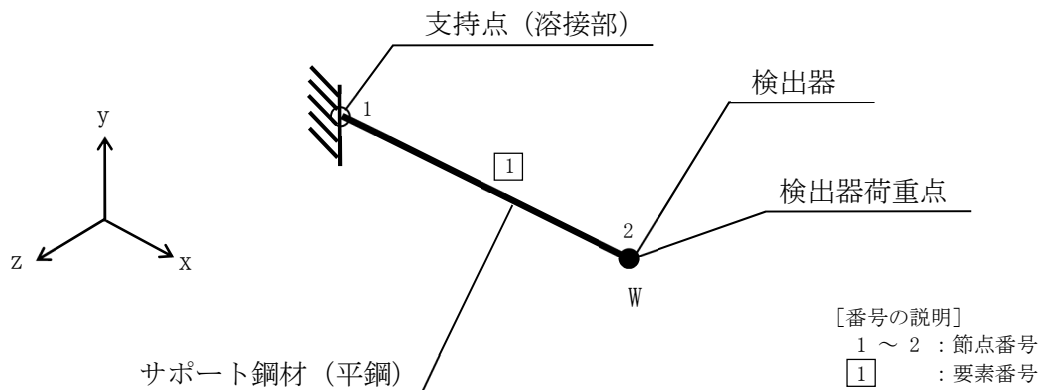


図1-2 解析モデル

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

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	
T31-TE028A	1次	鉛直		—	—	—

1.5 構造強度評価

1.5.1 構造強度評価方法

1.4.2 項(1)～(4)のほか、次の条件で計算する。

- (1) 地震力は、ドライウェル雰囲気温度に対して、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、「NX 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

ドライウェル雰囲気温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 1-4 に示す。

1.5.2.2 許容応力

ドライウェル雰囲気温度の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 1-5 のとおりとする。

1.5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

ドライウェル雰囲気温度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	計測装置	ドライウエル雰囲気温度	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 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, *3} (ボルト等以外)		
	一次応力		
	引張り	せん断	曲げ
IV _{AS}	$1.5 \cdot f_t^*$ ^{*4}	$1.5 \cdot f_s^*$ ^{*4}	$1.5 \cdot f_b^*$ ^{*4}
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。

*3：すみ肉溶接部の許容応力は母材の許容せん断応力とする。

*4：その他の支持構造物においては S_y を $1.2 \cdot S_y$ と読み替える。ただし，オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については，本読み替えを行わない。

表 1-6 使用材料の許容応力評価条件 (重大事故等対処設備)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
溶接部	SUS316	周囲環境温度	200	149	440	205

1.5.3 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 1-7 に示す。

「基準地震動 S_s」による地震力は、VI-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」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 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
		水平 方向	鉛直 方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
ドライウエル 雰囲気温度 (T31-TE028A)	原子炉格納容器 T. M. S. L. 24. 400 (T. M. S. L. 26. 013*)	0.05 以下		—	—	C _H =2. 58	C _V =1. 41

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 溶接部の計算方法

溶接部の応力は、三次元はりモデルによる解析から溶接部の内力を求めて、その結果を用いて手計算にて計算する。

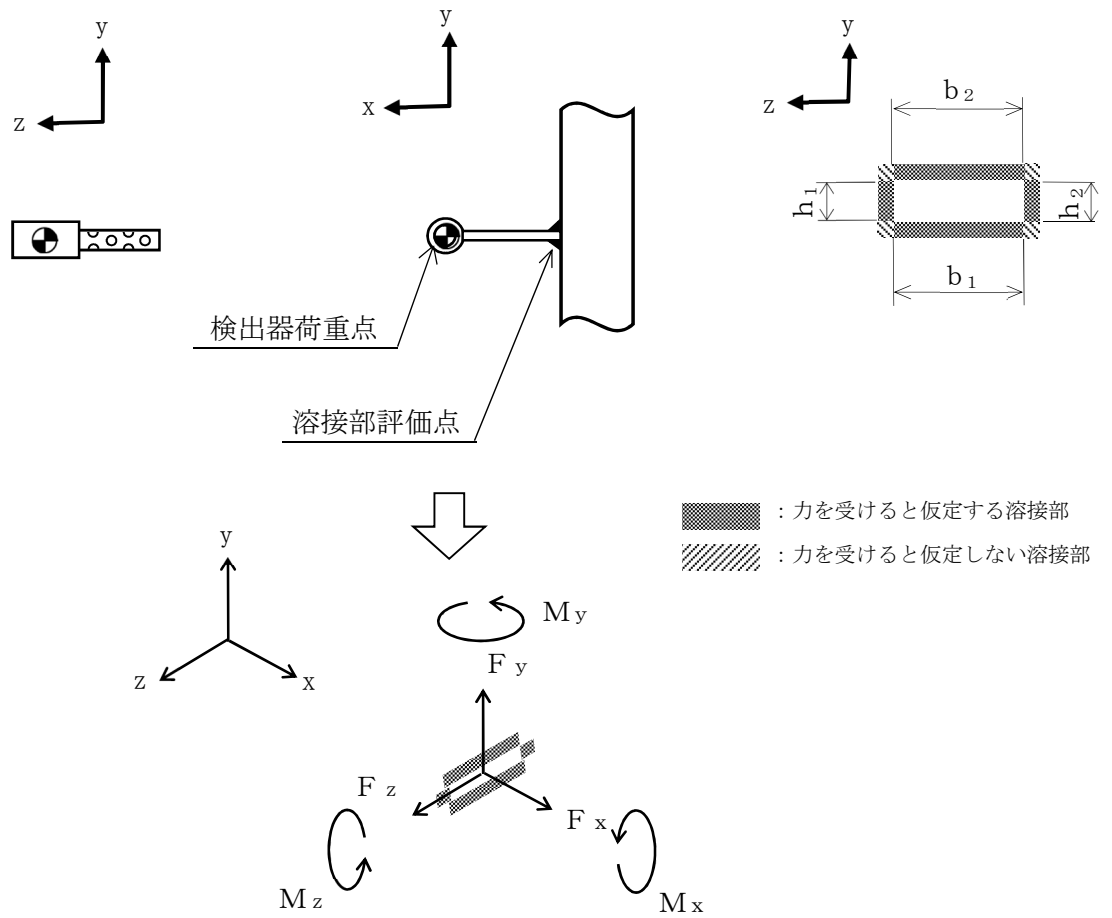


図1-3 計算モデル (溶接部)

解析によって得られた溶接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 溶接部発生反力, モーメント

対象計器	反力(N)			モーメント(N・m)		
	F_x	F_y	F_z	M_x	M_y	M_z
T31-TE028A						

(1) 引張応力

溶接部に対する引張応力は、全溶接断面積で受けるものとして計算する。

$$\sigma_t = \frac{F_x}{A_w} \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.1)$$

ここで、引張り力を受ける溶接部の有効断面積 A_w は、次式により求める。

$$A_w = a \cdot (h_1 + h_2 + b_1 + b_2) \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.2)$$

ただし、 h_1 、 h_2 、 b_1 、 b_2 は各溶接部における溶接長さを示し、溶接部の有効のど厚 a は、次式により求める。

$$a = 0.7 \cdot s \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.3)$$

(2) せん断応力

溶接部に対するせん断応力は、各方向の有効せん断面積で受けるものとして計算する。

$$\tau = \sqrt{\left(\frac{F_y}{A_{wy}} + \frac{M_x}{Z_p}\right)^2 + \left(\frac{F_z}{A_{wz}} + \frac{M_x}{Z_p}\right)^2} \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.4)$$

ここで、 A_{wy} 、 A_{wz} はせん断力を受ける各方向の有効断面積、 Z_p は溶接断面におけるねじり断面係数を示す。

A_{wy} 、 A_{wz} は、次式により求める。

$$A_{wy} = a \cdot (h_1 + h_2) \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.5)$$

$$A_{wz} = a \cdot (b_1 + b_2) \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.6)$$

(3) 曲げ応力

溶接部に対する曲げモーメントは、図1-3で y 軸方向、 z 軸方向に対する曲げモーメントを最も外側の溶接部で受けるものとして計算する。

$$\sigma_b = \frac{M_y}{Z_y} + \frac{M_z}{Z_z} \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.7)$$

Z_y 、 Z_z は溶接断面の y 軸及び z 軸に関する断面係数を示す。

(4) 組合せ応力

溶接部に対する組合せ応力は、各応力を足し合わせたものとして計算する。

$$\sigma_w = \sqrt{(\sigma_t + \sigma_b)^2 + \tau^2} \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.8)$$

1.5.5 計算条件

1.5.5.1 溶接部の応力計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【ドライウェル雰囲気温度 (T31-TE028A) 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 溶接部の応力評価

1.5.4.1 項で求めた溶接部に発生する各応力が下表で定めた許容応力以下であること。

	基準地震動 S_s による荷重との組合せの場合
許容引張応力 f_t	$\frac{F^*}{1.5} \cdot 1.5$
許容せん断応力 f_s	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$
許容曲げ応力 f_b	$\frac{F^*}{1.5} \cdot 1.5$

1.6 機能維持評価

1.6.1 電氣的機能維持評価方法

ドライウエル雰囲気温度の電氣的機能維持評価について以下に示す。

なお、機能維持評価用加速度はVI-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき、基準地震動 S_s により定まる応答加速度を設定する。

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

機能確認済加速度を表 1-9 に示す。

表 1-9 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
ドライウエル雰囲気温度 (T31-TE028A)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

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

ドライウェル雰囲気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。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。

【ドライウエル雰囲気温度 (T31-TE028A) の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
ドライウエル雰囲気温度 (T31-TE028A)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉格納容器 T. M. S. L. 24. 400 (T. M. S. L. 26. 013*)	0.05 以下	<input type="text"/>	—	—	C _H =2.58	C _V =1.41	200

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	W (N)	s (mm)	a (mm)	h ₁ (mm)	h ₂ (mm)	b ₁ (mm)	b ₂ (mm)	A _w (mm ²)	A _{wy} (mm ²)	A _{wz} (mm ²)	Z _y (mm ³)	Z _z (mm ³)	Z _p (mm ³)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)	F* (MPa)
溶接部	<input type="text"/>	6	4.2	6	6	34	34	336.0	50.40	285.6	723.2	1.585 ×10 ³	1.726 ×10 ³	149	440	205	201

1.3 計算数値

1.3.1 溶接部に作用する力

(単位 : N)

部材	F _x		F _y		F _z	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
溶接部	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

1.3.2 溶接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 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
溶接部	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

1.4 結論

1.4.1 溶接部の応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _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
溶接部	SUS316	引張り	—	—	$\sigma_t = 0$	$f_t = 116^*$
		せん断	—	—	$\tau = 1$	$f_s = 116^*$
		曲げ	—	—	$\sigma_b = 10$	$f_b = 116^*$
		組合せ	—	—	$\sigma_w = 10$	$f_w = 116^*$

すべて許容応力以下である。

注記*：すみ肉溶接部の許容応力は母材の許容せん断応力とする。

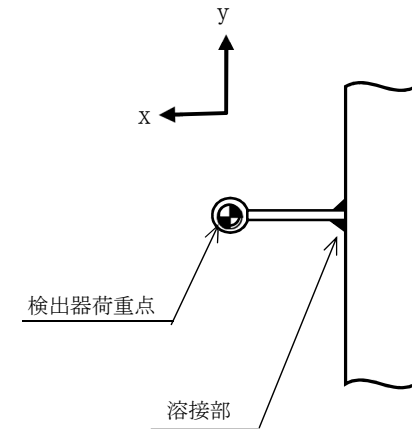
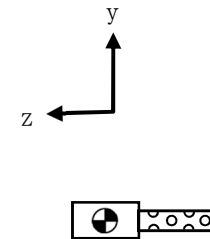
1.4.2 電気的機能の評価結果

($\times 9.8m/s^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
ドライウェル雰囲気温度 (T31-TE028A)	水平方向	2.15	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.18	<input type="text"/>

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。



1.5 その他の機器要目

(1) 機器要目

項目		記号	単位	入力値
材質	1	—	—	SUS316
縦弾性係数	1	E	MPa	183000
ポアソン比	1	ν	—	0.3
節点数		—	—	2
要素数		—	—	1

(2) 要素の断面性状

要素番号	材質番号	断面積 (mm ²)	断面二次 モーメント (mm ⁴)	断面二次 モーメント (mm ⁴)
1	1	204.0	612.0	1.965×10^4

2. ドライウェル雰囲気温度 (T31-TE028K)

2.1 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、ドライウェル雰囲気温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。

ドライウェル雰囲気温度は、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

ドライウェル雰囲気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	
<p>検出器はサポート鋼材に固定される。サポート鋼材は溶接により原子炉本体基礎に設置する。</p>	<p>熱電対</p>	<p>【ドライウェル雰囲気温度】</p> <p>正面</p> <p>側面</p> <p>検出器</p> <p>140</p> <p>185</p> <p>40</p> <p>サポート鋼材 (平鋼)</p> <p>溶接部</p> <p>原子炉本体基礎</p> <p>(正面方向)</p> <p>(側面方向)</p> <p>(単位：mm)</p>

2.2.2 評価方針

ドライウエル雰囲気温度の応力評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.2.1 構造計画」にて示すドライウエル雰囲気温度の部位を踏まえ「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、ドライウエル雰囲気温度の機能維持評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣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。

ドライウエル雰囲気温度の耐震評価フローを図2-1に示す。

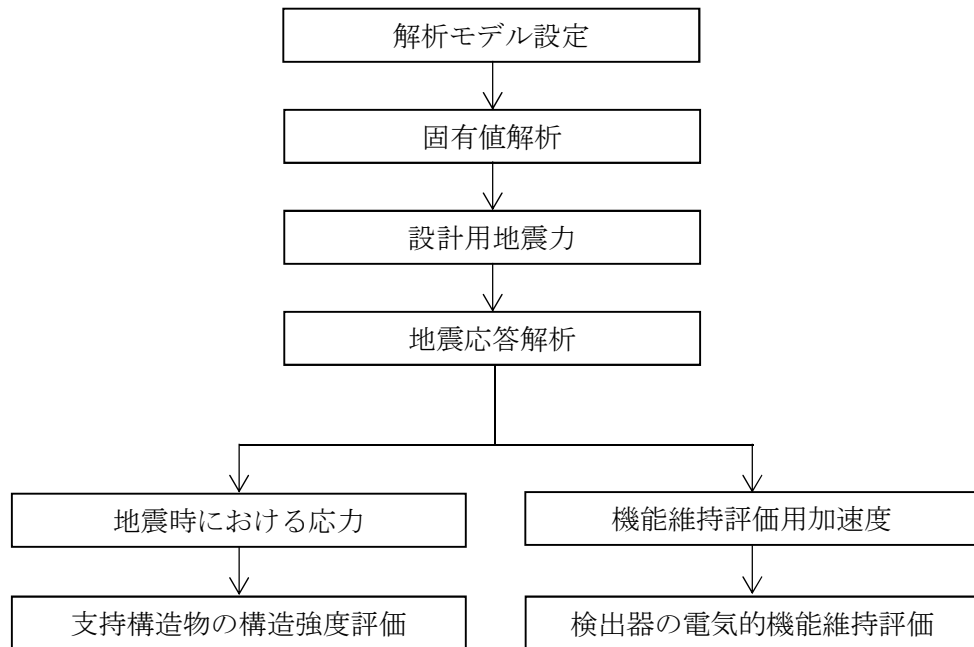


図2-1 ドライウエル雰囲気温度の耐震評価フロー

2.2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

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

2.2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
a	溶接部の有効のど厚	mm
A_w	溶接部の有効断面積	mm ²
A_{wy}	溶接部の F_y に対する有効断面積	mm ²
A_{wz}	溶接部の F_z に対する有効断面積	mm ²
b_1, b_2	溶接の有効長さ (z 方向)	mm
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
E	縦弾性係数	MPa
F^*	設計・建設規格 SSB-3121.3に定める値	MPa
F_x	溶接部に作用する力 (x 方向)	N
F_y	溶接部に作用する力 (y 方向)	N
F_z	溶接部に作用する力 (z 方向)	N
f_t	溶接部の許容引張応力	MPa
f_s	溶接部の許容せん断応力	MPa
f_b	溶接部の許容曲げ応力	MPa
f_w	溶接部の許容組合せ応力	MPa
h_1, h_2	溶接の有効長さ (y 方向)	mm
M_x	溶接部に作用するモーメント (x 軸周り)	N・m
M_y	溶接部に作用するモーメント (y 軸周り)	N・m
M_z	溶接部に作用するモーメント (z 軸周り)	N・m
s	溶接脚長	mm
S_u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa
$S_y (RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料の 40℃における値	MPa
W	検出器の荷重	N
Z_y	溶接断面積における y 軸方向の断面係数	mm ³
Z_z	溶接断面積における z 軸方向の断面係数	mm ³
Z_p	溶接断面積におけるねじり断面係数	mm ³
ν	ポアソン比	—
σ_b	溶接部に生じる曲げ応力	MPa
σ_t	溶接部に生じる引張応力	MPa
σ_w	溶接部に生じる組合せ応力	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	°C	—	—	整数位
質量	kg	—	—	整数位
長さ	mm	—	—	整数位 ^{*1}
面積	mm ²	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*2}
モーメント	N・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

ドライウェル雰囲気温度の耐震評価は、「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溶接部について実施する。ドライウェル雰囲気温度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

ドライウエル雰囲気温度の固有値解析方法を以下に示す。

- (1) ドライウエル雰囲気温度は、「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

ドライウエル雰囲気温度の解析モデルを図2-2に、解析モデルの概要を以下に示す。

また、機器の諸元を本計算書の【ドライウエル雰囲気温度 (T31-TE028K) 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) ドライウエル雰囲気温度の質量は、重心に集中するものとする。
- (2) ドライウエル雰囲気温度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、溶接部を完全拘束とする。
- (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、「NX 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。

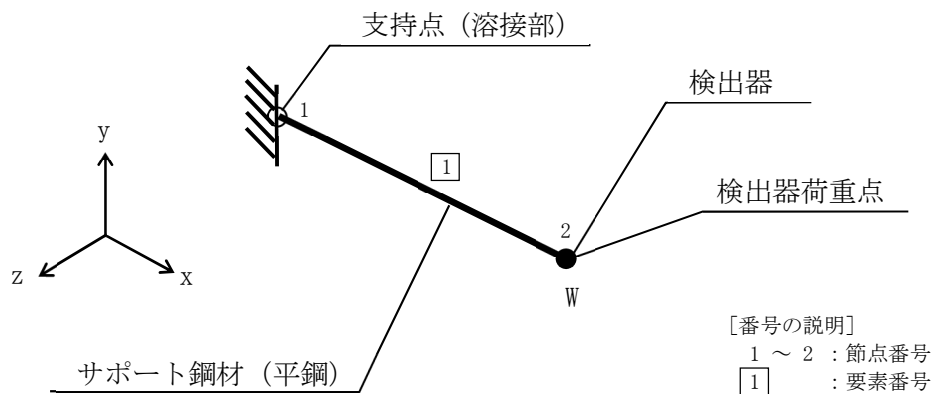


図2-2 解析モデル

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

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	
T31-TE028K	1次	水平		—	—	—

2.5 構造強度評価

2.5.1 構造強度評価方法

2.4.2 項(1)～(4)のほか、次の条件で計算する。

- (1) 地震力は、ドライウェル雰囲気温度に対して、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、「NX 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

ドライウェル雰囲気温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 2-4 に示す。

2.5.2.2 許容応力

ドライウェル雰囲気温度の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 2-5 のとおりとする。

2.5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

ドライウェル雰囲気温度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	計測装置	ドライウエル雰囲気温度	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 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, *3 (ボルト等以外)		
	一次応力		
	引張り	せん断	曲げ
IV _A S	1.5・f _t * *4	1.5・f _s * *4	1.5・f _b * *4
V _A S (V _A SとしてIV _A Sの 許容限界を用いる。)			

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

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

*3：すみ肉溶接部の許容応力は母材の許容せん断応力とする。

*4：その他の支持構造物においてはS_yを1.2・S_yと読み替える。ただし，オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については，本読み替えを行わない。

表 2-6 使用材料の許容応力評価条件 (重大事故等対処設備)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
		溶接部	SUS316	周囲環境温度	200	149

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 S_s 」による地震力は、VI-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 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
		水平 方向	鉛直 方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
ドライウエル 雰囲気温度 (T31-TE028K)	原子炉格納容器 T. M. S. L. 1. 300 (T. M. S. L. 1. 700*)		0.05 以下	—	—	$C_H=1.31$	$C_V=1.28$

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 溶接部の計算方法

溶接部の応力は、三次元はりモデルによる解析から溶接部の内力を求めて、その結果を用いて手計算にて計算する。

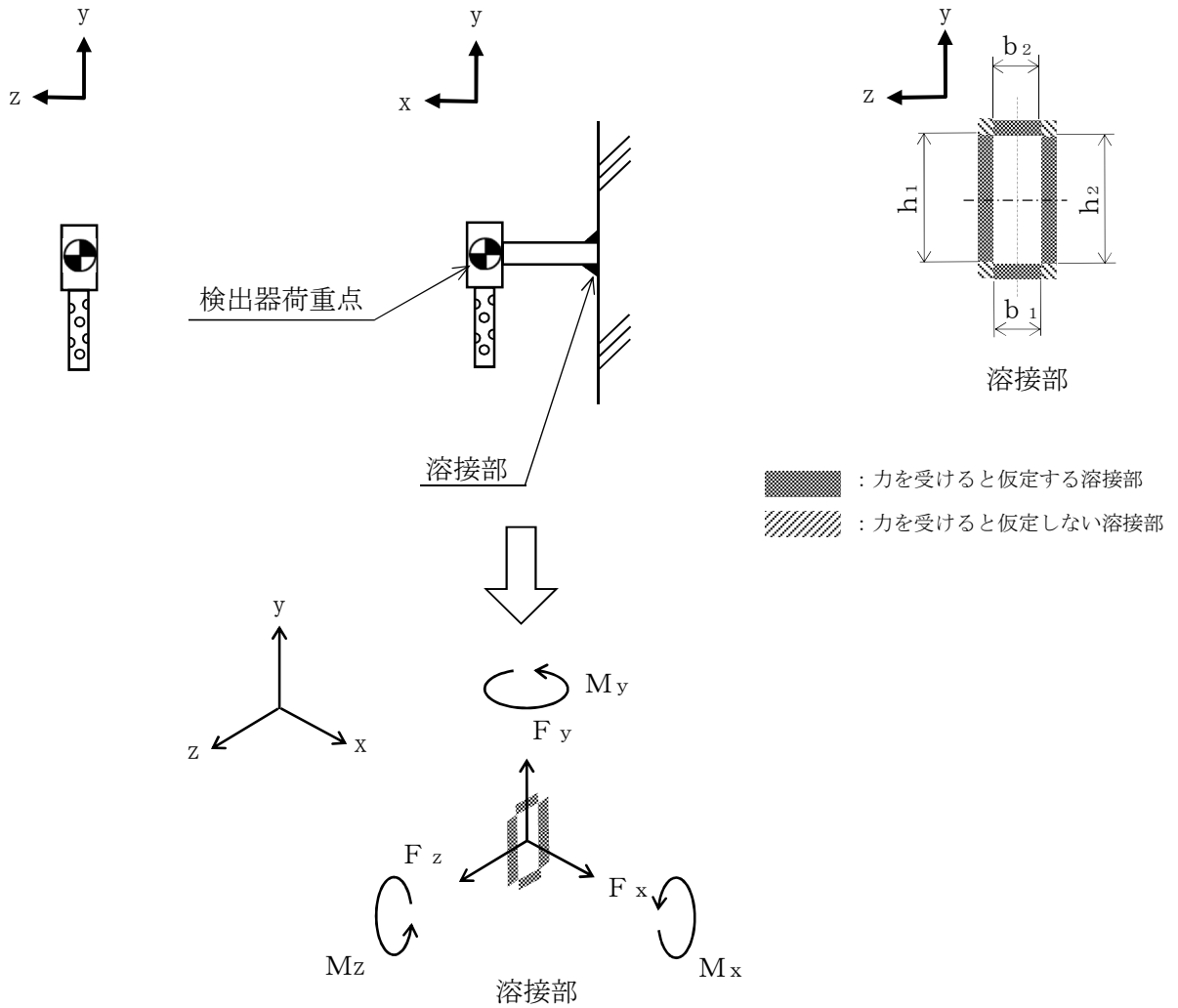


図 2-3 計算モデル (溶接部)

解析によって得られた溶接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 溶接部発生反力, モーメント

対象計器	反力(N)			モーメント(N・m)		
	F_x	F_y	F_z	M_x	M_y	M_z
T31-TE028K						

(1) 引張応力

溶接部に対する引張応力は、全溶接断面積で受けるものとして計算する。

$$\sigma_t = \frac{F_x}{A_w} \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.1)$$

ここで、引張り力を受ける溶接部の有効断面積 A_w は、次式により求める。

$$A_w = a \cdot (h_1 + h_2 + b_1 + b_2) \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.2)$$

ただし、 h_1 、 h_2 、 b_1 、 b_2 は各溶接部における溶接長さを示し、溶接部の有効のど厚 a は、次式により求める。

$$a = 0.7 \cdot s \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.3)$$

(2) せん断応力

溶接部に対するせん断応力は、各方向の有効せん断面積で受けるものとして計算する。

$$\tau = \sqrt{\left(\frac{F_y}{A_{wy}} + \frac{M_x}{Z_p}\right)^2 + \left(\frac{F_z}{A_{wz}} + \frac{M_x}{Z_p}\right)^2} \dots\dots (2.5.4.1.1.4)$$

ここで、 A_{wy} 、 A_{wz} はせん断力を受ける各方向の有効断面積、 Z_p は溶接断面におけるねじり断面係数を示す。

A_{wy} 、 A_{wz} は、次式により求める。

$$A_{wy} = a \cdot (h_1 + h_2) \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.5)$$

$$A_{wz} = a \cdot (b_1 + b_2) \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.6)$$

(3) 曲げ応力

溶接部に対する曲げモーメントは、図2-3で y 軸方向、 z 軸方向に対する曲げモーメントを最も外側の溶接部で受けるものとして計算する。

$$\sigma_b = \frac{M_y}{Z_y} + \frac{M_z}{Z_z} \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.7)$$

Z_y 、 Z_z は溶接断面の y 軸及び z 軸に関する断面係数を示す。

(4) 組合せ応力

溶接部に対する組合せ応力は、各応力を足し合わせたものとして計算する。

$$\sigma_w = \sqrt{(\sigma_t + \sigma_b)^2 + \tau^2} \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.8)$$

2.5.5 計算条件

2.5.5.1 溶接部の応力計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【ドライウェル雰囲気温度 (T31-TE028K) 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 溶接部の応力評価

2.5.4.1 項で求めた溶接部に発生する各応力が下表で定めた許容応力以下であること。

	基準地震動 S_s による荷重との組合せの場合
許容引張応力 f_t	$\frac{F^*}{1.5} \cdot 1.5$
許容せん断応力 f_s	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$
許容曲げ応力 f_b	$\frac{F^*}{1.5} \cdot 1.5$

2.6 機能維持評価

2.6.1 電氣的機能維持評価方法

ドライウエル雰囲気温度の電氣的機能維持評価について以下に示す。

なお、機能維持評価用加速度はVI-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき、基準地震動 S_s により定まる応答加速度を設定する。

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

機能確認済加速度を表 2-9 に示す。

表 2-9 機能確認済加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)

評価部位	方向	機能確認済加速度
ドライウエル雰囲気温度 (T31-TE028K)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

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

ドライウェル雰囲気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。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。

【ドライウエル雰囲気温度 (T31-TE028K) の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
ドライウエル雰囲気温度 (T31-TE028K)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子格納容器 T.M.S.L. 1.300 (T.M.S.L. 1.700*)		0.05 以下	—	—	C _H =1.31	C _V =1.28	200

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	W (N)	s (mm)	a (mm)	h ₁ (mm)	h ₂ (mm)	b ₁ (mm)	b ₂ (mm)	A _w (mm ²)	A _{wy} (mm ²)	A _{wz} (mm ²)	Z _y (mm ³)	Z _z (mm ³)	Z _p (mm ³)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)	F* (MPa)
溶接部		6	4.2	34	34	6	6	336.0	285.6	50.40	1.585 ×10 ³	723.2	1.726 ×10 ³	149	440	205	201

1.3 計算数値

1.3.1 溶接部に作用する力

(単位 : N)

部材	F _x		F _y		F _z	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
溶接部	—		—		—	

1.3.2 溶接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 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
溶接部	—		—		—	

1.4 結論

1.4.1 溶接部の応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S 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
溶接部	SUS316	引張り	—	—	$\sigma_t = 0$	$f_t = 116^*$
		せん断	—	—	$\tau = 1$	$f_s = 116^*$
		曲げ	—	—	$\sigma_b = 6$	$f_b = 116^*$
		組合せ	—	—	$\sigma_w = 6$	$f_w = 116^*$

すべて許容応力以下である。

注記*：すみ肉溶接部の許容応力は母材の許容せん断応力とする。

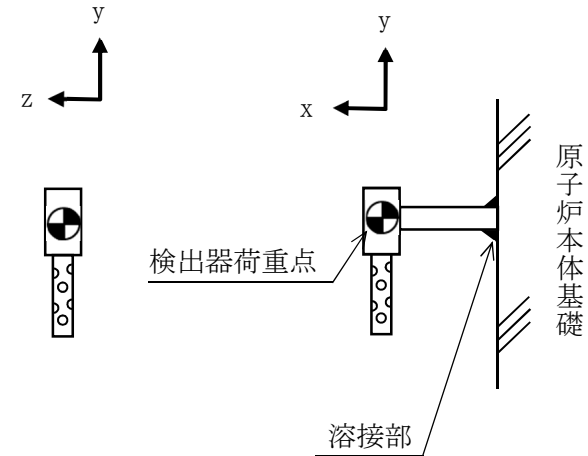
1.4.2 電気的機能の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
ドライウェル雰囲気温度 (T31-TE028K)	水平方向	1.08	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.07	<input type="text"/>

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。



1.5 その他の機器要目

(1) 機器要目

項目		記号	単位	入力値
材質	1	—	—	SUS316
縦弾性係数	1	E	MPa	183000
ポアソン比	1	ν	—	0.3
節点数		—	—	2
要素数		—	—	1

(2) 要素の断面性状

要素番号	材質番号	断面積 (mm ²)	断面二次 モーメント (mm ⁴)	断面二次 モーメント (mm ⁴)
1	1	204.0	1.965×10^4	612.0

VI-2-6-5-22 サプレッションチェンバ気体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	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
5.5.1 溶接部の応力計算条件	17
5.6 応力の評価	17
5.6.1 溶接部の応力評価	17
6. 機能維持評価	18
6.1 電氣的機能維持評価方法	18
7. 評価結果	19
7.1 重大事故等対処設備としての評価結果	19

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、サプレッションチェンバ気体温度が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

サプレッションチェンバ気体温度は、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構造強度評価および電氣的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

サプレッションチェンバ気体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	
<p>検出器はサポート鋼材に固定される。サポート鋼材は溶接により原子炉格納容器に設置する。</p>	<p>熱電対</p>	<p>【サブプレッションチェンバ気体温度】</p> <p>(側面方向)</p> <p>(正面方向)</p> <p>(単位: mm)</p>

2.2 評価方針

サプレッションチェンバ気体温度の応力評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示すサプレッションチェンバ気体温度の部位を踏まえ「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、サプレッションチェンバ気体温度の機能維持評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣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。

サプレッションチェンバ気体温度の耐震評価フローを図2-1に示す。

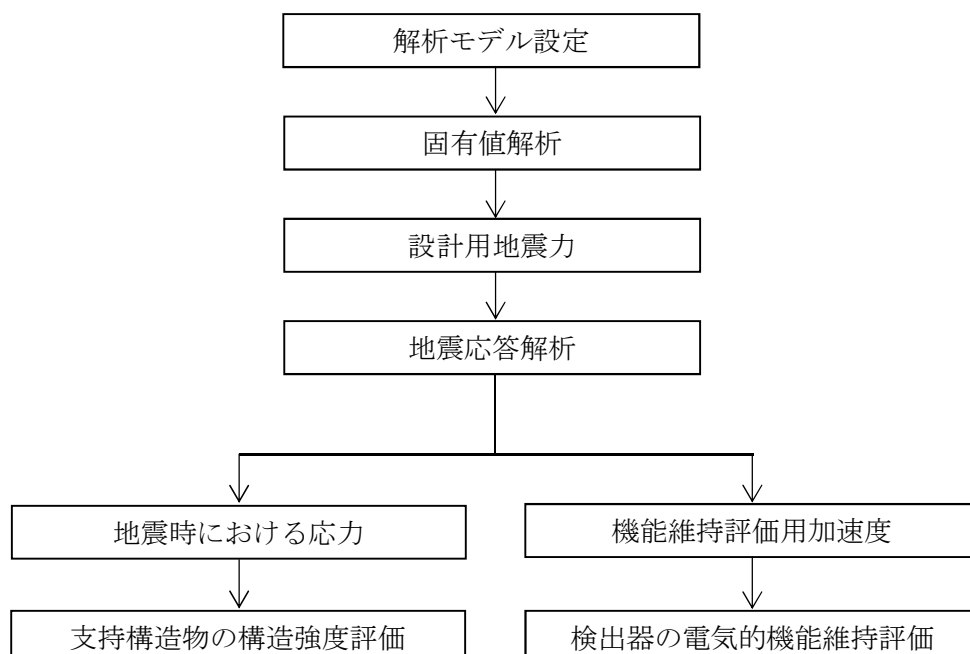


図2-1 サプレッションチェンバ気体温度の耐震評価フロー

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

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
a	溶接部の有効のど厚	mm
A_w	溶接部の有効断面積	mm ²
A_{wy}	溶接部の F_y に対する有効断面積	mm ²
A_{wz}	溶接部の F_z に対する有効断面積	mm ²
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
E	縦弾性係数	MPa
F^*	設計・建設規格 SSB-3121.3に定める値	MPa
F_x	溶接部に作用する力 (x 方向)	N
F_y	溶接部に作用する力 (y 方向)	N
F_z	溶接部に作用する力 (z 方向)	N
f_t	溶接部の許容引張応力	MPa
f_s	溶接部の許容せん断応力	MPa
f_b	溶接部の許容曲げ応力	MPa
f_w	溶接部の許容組合せ応力	MPa
h_1, h_2	溶接の有効長さ (y 方向)	mm
M_x	溶接部に作用するモーメント (x 軸周り)	N・m
M_y	溶接部に作用するモーメント (y 軸周り)	N・m
M_z	溶接部に作用するモーメント (z 軸周り)	N・m
s	溶接脚長	mm
S_u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa
$S_y (RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料の 40°Cにおける値	MPa
W	検出器の荷重	N
Z_y	溶接断面積における y 軸方向の断面係数	mm ³
Z_z	溶接断面積における z 軸方向の断面係数	mm ³
Z_p	溶接断面積におけるねじり断面係数	mm ³
ν	ポアソン比	—
σ_t	溶接部に生じる引張応力	MPa
σ_b	溶接部に生じる曲げ応力	MPa
σ_w	溶接部に生じる組合せ応力	MPa
τ	溶接部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	°C	—	—	整数位
質量	kg	—	—	整数位
長さ	mm	—	—	整数位 ^{*1}
面積	mm ²	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*2}
モーメント	N・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

サプレッションチェンバ気体温度の耐震評価は、「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる溶接部について実施する。サプレッションチェンバ気体温度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

サプレッションチェンバ気体温度の固有値解析方法を以下に示す。

- (1) サプレッションチェンバ気体温度は、「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

サプレッションチェンバ気体温度の解析モデルを図 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【サプレッションチェンバ気体温度 (T31-TE014D) 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) サプレッションチェンバ気体温度の質量は、重心に集中するものとする。
- (2) サプレッションチェンバ気体温度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、溶接部を完全拘束とする。
- (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、「NX 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。

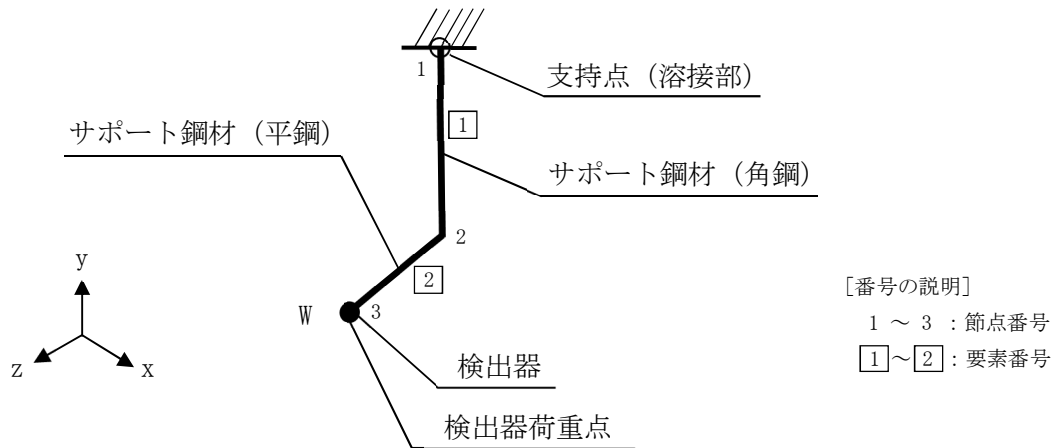


図 4-1 解析モデル

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

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	
T31-TE014D	1次	水平		—	—	—

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、サプレッションチェンバ気体温度に対して、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、「NX NASTRAN」を使用し、荷重を求める。

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

サプレッションチェンバ気体温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 5-1 に示す。

5.2.2 許容応力

サプレッションチェンバ気体温度の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 5-2 のとおりとする。

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

サプレッションチェンバ気体温度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
計測制御 系統施設	計測装置	サプレッションチェンバ 気体温度	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IVAS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS (VASとして IVASの許容限 界を用いる。)

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

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 5-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界 *1, *2, *3 (ボルト等以外)		
	一次応力		
	引張り	せん断	曲げ
IVAS	$1.5 \cdot f_t^* *4$	$1.5 \cdot f_s^* *4$	$1.5 \cdot f_b^* *4$
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。

*3：すみ肉溶接部の許容応力は母材の許容せん断応力とする。

*4：その他の支持構造物においては S_y を $1.2 \cdot S_y$ と読み替える。ただし，オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については，本読み替えを行わない。

表 5-3 使用材料の許容応力評価条件 (重大事故等対処設備)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		溶接部	SUS304	周囲環境温度	200	144

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 S_s 」による地震力は、VI-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 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
		水平 方向	鉛直 方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
サプレッション チェンバ気体温度 (T31-TE014D)	原子炉格納容器 T. M. S. L. 6. 040 (T. M. S. L. 12. 300*)		0.05 以下	—	—	$C_H=1.38$	$C_V=1.33$

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 溶接部の計算方法

溶接部の応力は、三次元はりモデルによる解析から溶接部の内力を求めて、その結果を用いて手計算にて計算する。

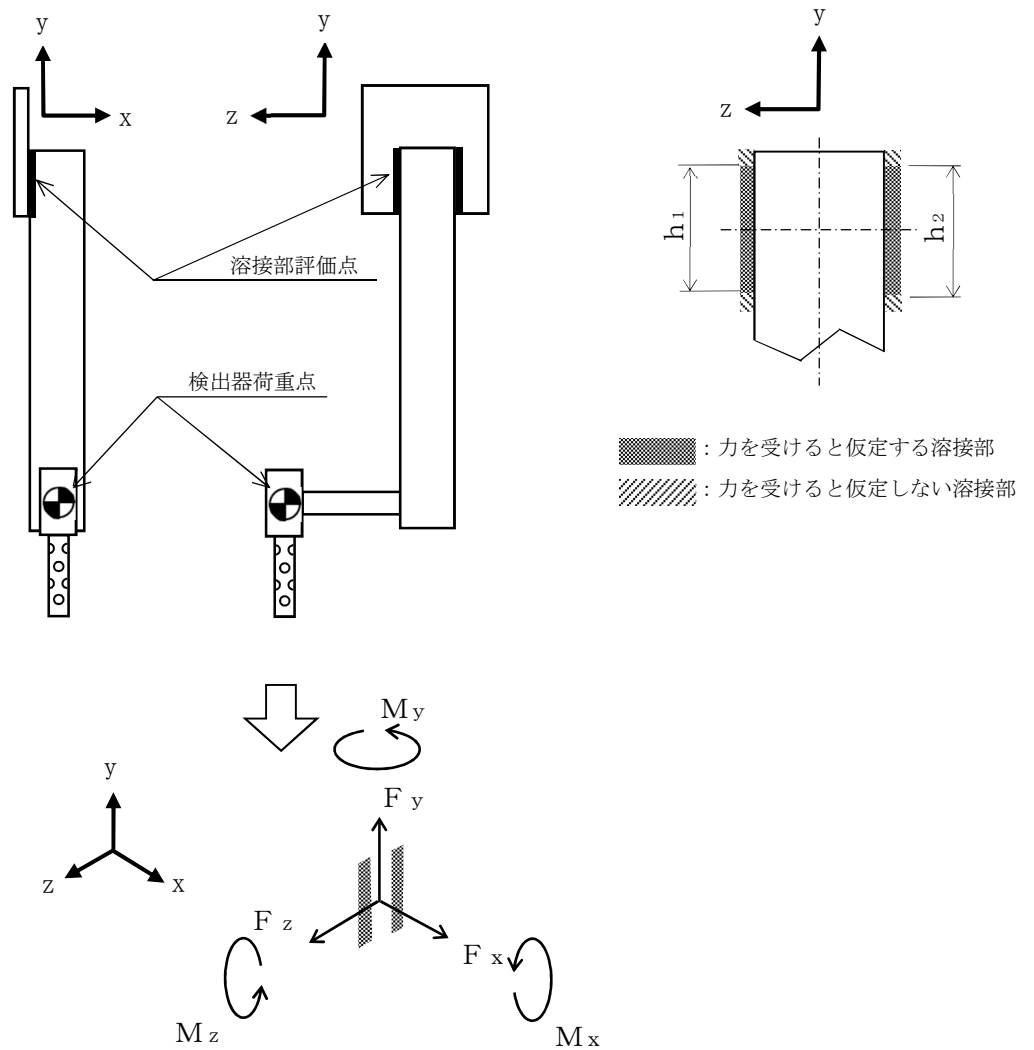


図 5-1 計算モデル (溶接部)

解析によって得られた溶接部の評価点の最大反力とモーメントを表 5-5 に示す。

表5-5 溶接部発生反力, モーメント

対象計器	反力 (N)			モーメント (N・m)		
	F_x	F_y	F_z	M_x	M_y	M_z
T31-TE014D	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

(1) 引張応力

溶接部に対する引張応力は、全溶接断面積で受けるものとして計算する。

$$\sigma_t = \frac{F_x}{A_w} \dots\dots\dots (5.4.1.1.1)$$

ここで、引張り力を受ける溶接部の有効断面積 A_w は、次式により求める。

$$A_w = a \cdot (h_1 + h_2) \dots\dots\dots (5.4.1.1.2)$$

ただし、 h_1 、 h_2 は各溶接部における溶接長さを示し、溶接部の有効のど厚 a は、次式により求める。

$$a = 0.7 \cdot s \dots\dots\dots (5.4.1.1.3)$$

(2) せん断応力

溶接部に対するせん断応力は、全溶接断面積で受けるものとして計算する。

$$\tau = \sqrt{\left(\frac{F_y}{A_{wy}} + \frac{M_x}{Z_p}\right)^2 + \left(\frac{F_z}{A_{wz}} + \frac{M_x}{Z_p}\right)^2} \dots\dots (5.4.1.1.4)$$

ここで、 A_{wy} 、 A_{wz} はせん断力を受ける各方向の有効断面積、 Z_p は溶接断面におけるねじり断面係数を示す。

A_{wy} 、 A_{wz} は、次式により求める。

$$A_{wy} = A_{wz} = a \cdot (h_1 + h_2) \dots\dots\dots (5.4.1.1.5)$$

(3) 曲げ応力

溶接部に対する曲げモーメントは、図 5-1 で y 軸方向、 z 軸方向に対する曲げモーメントを最も外側の溶接部で受けるものとして計算する。

$$\sigma_b = \frac{M_y}{Z_y} + \frac{M_z}{Z_z} \dots\dots\dots (5.4.1.1.6)$$

Z_y 、 Z_z は溶接断面の y 軸及び z 軸に関する断面係数を示す。

(4) 組合せ応力

溶接部に対する組合せ応力は、各応力を足し合わせたものとして計算する。

$$\sigma_w = \sqrt{(\sigma_t + \sigma_b)^2 + \tau^2} \dots\dots\dots (5.4.1.1.7)$$

5.5 計算条件

5.5.1 溶接部の応力計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【サプレッションチェンバ気体温度 (T31-TE014D) 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 溶接部の応力評価

5.4.1項で求めた溶接部に発生する各応力が下表で定めた許容応力以下であること。

	基準地震動 S_s による 荷重との組合せの場合
許容引張応力 f_t	$\frac{F^*}{1.5} \cdot 1.5$
許容せん断応力 f_s	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$
許容曲げ応力 f_b	$\frac{F^*}{1.5} \cdot 1.5$

6. 機能維持評価

6.1 電氣的機能維持評価方法

サブプレッションチェンバ気体温度の電氣的機能維持評価について以下に示す。

なお、機能維持評価用加速度はVI-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき、基準地震動 S_s により定まる応答加速度を設定する。

サブプレッションチェンバ気体温度の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、当該検出器と類似の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 6-1 に示す。

表 6-1 機能確認済加速度

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

評価部位	方向	機能確認済加速度
サブプレッションチェンバ気体温度 (T31-TE014D)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

7. 評価結果

7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

サプレッションチェンバ気体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。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氣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

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【サブプレッションチェンバ気体温度 (T31-TE014D) の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
サブプレッションチェンバ 気体温度 (T31-TE014D)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉格納容器 T. M. S. L. 6. 040 (T. M. S. L. 12. 300*)	□	0.05 以下	—	—	C _H =1.38	C _V =1.33	200

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 サブプレッションチェンバ気体温度

部材	W (N)	s (mm)	a (mm)	h ₁ (mm)	h ₂ (mm)	A _w (mm ²)	A _{wy} (mm ²)	A _{wz} (mm ²)	Z _y (mm ³)	Z _z (mm ³)	Z _p (mm ³)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)	F* (MPa)
溶接部	□	4	2.8	100	100	560.0	560.0	560.0	6.600 ×10 ³	1.486 ×10 ⁴	1.439 ×10 ⁴	144	402	205	194

1.3 計算数値

1.3.1 溶接部に作用する力

(単位: N)

部材	F _x		F _y		F _z	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
溶接部	—	□	—	□	—	□

1.3.2 溶接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 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
溶接部	—	□	—	□	—	□

1.4 結論

1.4.1 溶接部の応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _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
溶接部	SUS304	引張り	—	—	$\sigma_t = 1$	$f_t = 112^*$
		せん断	—	—	$\tau = 5$	$f_s = 112^*$
		曲げ	—	—	$\sigma_b = 5$	$f_b = 112^*$
		組合せ	—	—	$\sigma_w = 7$	$f_w = 112^*$

すべて許容応力以下である。

注記*：すみ肉溶接部の許容応力は母材の許容せん断応力とする。

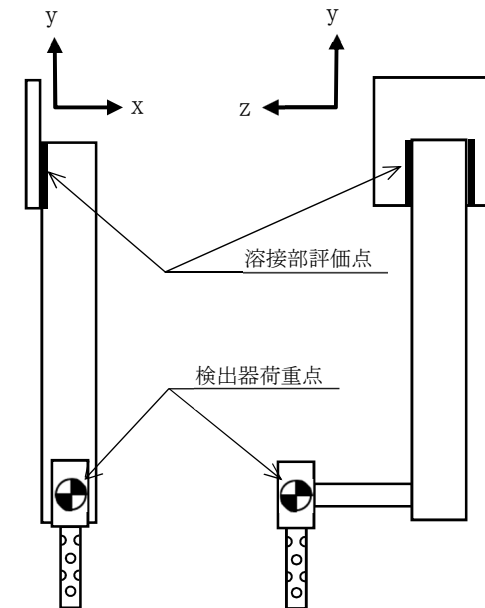
1.4.2 電気的機能の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
サブプレッションチェンバ 気体温度 (T31-TE014D)	水平方向	1.15	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.11	<input type="text"/>

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。



1.5 その他の機器要目

(1) 機器要目

項目		記号	単位	入力値
材質	1	—	—	SUS304
	2			SUS316
縦弾性係数	1	E	MPa	183000
	2			183000
ポアソン比	1	ν	—	0.3
	2			0.3
節点数		—	—	3
要素数		—	—	2

(2) 要素の断面性状

要素番号	材質番号	断面積 (mm ²)	断面二次 モーメント (mm ⁴)	断面二次 モーメント (mm ⁴)
1	1	1.136×10 ³	9.575×10 ⁵	9.575×10 ⁵
2	2	204.0	1.965×10 ⁴	612.0

VI-2-6-5-23 サプレッションチェンバプール水温度の
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	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. 保護管の評価	9
4.1 保護管の固有周期	9
4.1.1 保護管の固有値解析方法	9
4.1.2 保護管の解析モデル及び諸元	9
4.1.3 保護管の固有値解析結果	10
4.2 保護管の構造強度評価	11
4.2.1 保護管の構造強度評価方法	11
4.2.2 保護管の荷重の組合せ及び許容応力	11
4.2.3 保護管の設計用地震力	15
4.2.4 保護管に発生する反力の算出方法	16
4.2.5 温度計取付ボルトの計算方法	17
4.2.6 温度計取付ボルトの計算条件	18
4.2.7 温度計取付ボルトの応力の評価	19
5. サポート鋼材の評価	20
5.1 サポート鋼材の固有周期	20
5.1.1 サポート鋼材の固有値解析方法	20
5.1.2 サポート鋼材の解析モデル及び諸元	20
5.1.3 サポート鋼材の固有値解析結果	21
5.2 サポート鋼材の構造強度評価	22
5.2.1 サポート鋼材の構造強度評価方法	22
5.2.2 サポート鋼材の荷重の組合せ及び許容応力	22
5.2.3 サポート鋼材の設計用地震力	25
5.2.4 溶接部の計算方法	26
5.2.5 溶接部の計算条件	28
5.2.6 溶接部の応力の評価	28

6. 機能維持評価	29
6.1 電氣的機能維持評価方法	29
7. 評価結果	30
7.1 重大事故等対処設備としての評価結果	30

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「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、サプレッションチェンバプール水温度が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

サプレッションチェンバプール水温度は、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構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

サプレッションチェンバプール水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																		
<p>検出器は保護管内に收容され、保護管はサポート鋼材に温度計取付ボルトで固定される。サポート鋼材は溶接により原子炉格納容器に設置する。</p>	<p>測温抵抗体</p>	<p>【サプレッションチェンバプール水温度】</p>																	
		<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>機器名称</th> <th>サプレッション チェンバプール水温度 (T53-TE003F)</th> <th>サプレッション チェンバプール水温度 (T53-TE003K)</th> <th>サプレッション チェンバプール水温度 (T53-TE003P)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>たて</td> <td>400</td> <td>400</td> <td>400</td> </tr> <tr> <td>横</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>高さ</td> <td>2800</td> <td>2800</td> <td>2800</td> </tr> </tbody> </table>		機器名称	サプレッション チェンバプール水温度 (T53-TE003F)	サプレッション チェンバプール水温度 (T53-TE003K)	サプレッション チェンバプール水温度 (T53-TE003P)	たて	400	400	400	横	100	100	100	高さ	2800	2800	2800
機器名称	サプレッション チェンバプール水温度 (T53-TE003F)	サプレッション チェンバプール水温度 (T53-TE003K)	サプレッション チェンバプール水温度 (T53-TE003P)																
たて	400	400	400																
横	100	100	100																
高さ	2800	2800	2800																

2.2 評価方針

サプレッションチェンバプール水温度の応力評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示すサプレッションチェンバプール水温度の部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、保護管については「4.1 保護管の固有周期」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、「4.2 保護管の構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施し、サポート鋼材については「5.1 サポート鋼材の固有周期」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、「5.2 サポート鋼材の構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、サプレッションチェンバプール水温度の機能維持評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣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。

サプレッションチェンバプール水温度の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

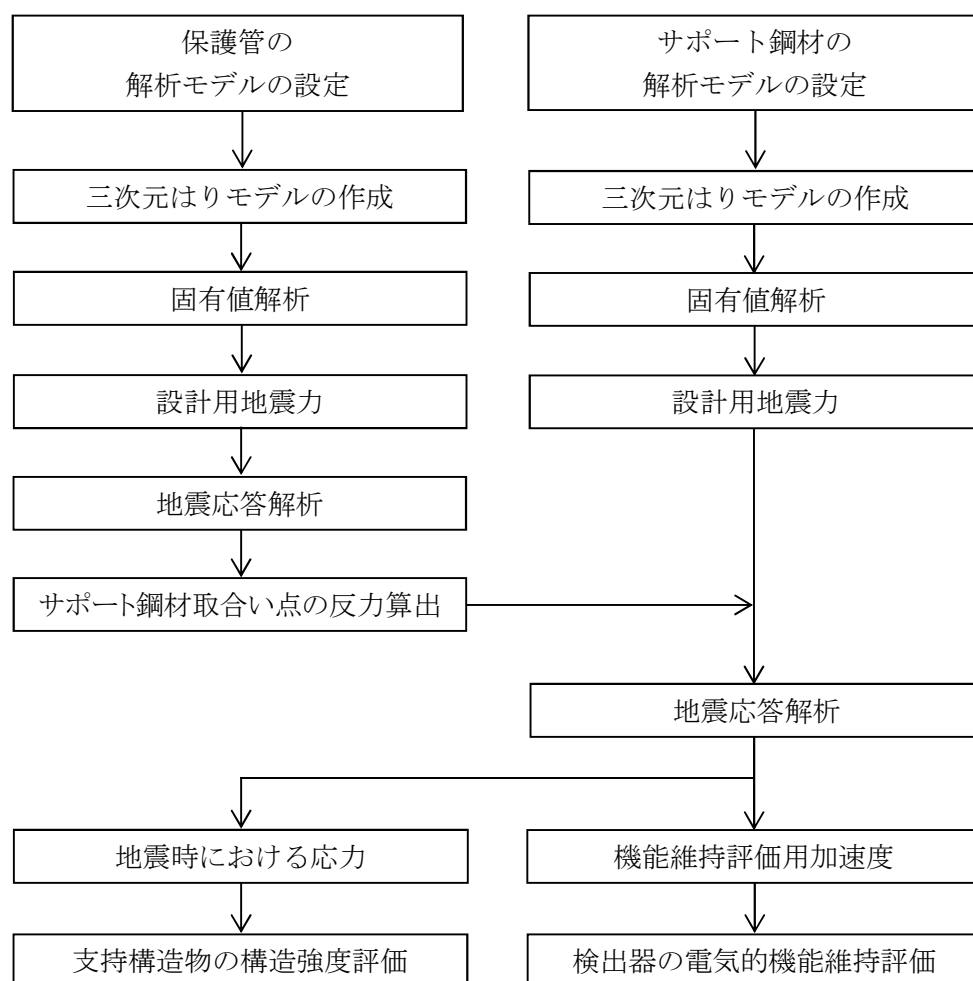


図 2-1 サプレッションチェンバプール水温度の耐震評価フロー

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

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
a	溶接部の有効のど厚	mm
A _b	温度計取付ボルトの軸断面積	mm ²
A _w	溶接部の有効断面積	mm ²
A _{wy}	溶接部の F _y に対する有効断面積	mm ²
A _{wz}	溶接部の F _z に対する有効断面積	mm ²
b ₁ , b ₂	溶接の有効長さ (z 方向)	mm
CH	水平方向設計震度	—
CV	鉛直方向設計震度	—
d	温度計取付ボルトの呼び径	mm
E	縦弾性係数	MPa
F [*]	設計・建設規格 SSB-3121.3 又は SSB-3133に定める値	MPa
F _b	温度計取付ボルトに作用する引張力	N
F _x	温度計取付ボルト部, 又は溶接部に作用する力 (x 方向)	N
F _y	温度計取付ボルト部, 又は溶接部に作用する力 (y 方向)	N
F _z	温度計取付ボルト部, 又は溶接部に作用する力 (z 方向)	N
f _{s b}	せん断力のみを受ける温度計取付ボルトの許容せん断応力	MPa
f _{t o}	引張力のみを受ける温度計取付ボルトの許容引張応力	MPa
f _{t s}	引張力とせん断力を同時に受ける温度計取付ボルトの許容引張 応力	MPa
f _t	溶接部の許容引張応力	MPa
f _s	溶接部の許容せん断応力	MPa
f _b	溶接部の許容曲げ応力	MPa
f _w	溶接部の許容組合せ応力	MPa
h ₁ , h ₂	溶接の有効長さ (y 方向)	mm
M _x	温度計取付ボルト部, 又は溶接部に作用するモーメント (x 軸周り)	N・m
M _y	温度計取付ボルト部, 又は溶接部に作用するモーメント (y 軸周り)	N・m
M _z	温度計取付ボルト部, 又は溶接部に作用するモーメント (z 軸周り)	N・m
Q _b	温度計取付ボルトに作用するせん断力	N
s	溶接脚長	mm
S _u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa
S _y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa

記号	記号の説明	単位
S_y (RT)	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料の 40°Cにおける値	MPa
W_1	検出器の荷重	N
W_2	保護管の荷重	N
Z_y	溶接断面積における y 軸方向の断面係数	mm ³
Z_z	溶接断面積における z 軸方向の断面係数	mm ³
Z_p	溶接断面積におけるねじり断面係数	mm ³
ν	ポアソン比	—
σ_t	温度計取付ボルト部又は、溶接部に生じる引張応力	MPa
σ_b	溶接部に生じる曲げ応力	MPa
σ_w	溶接部に生じる組合せ応力	MPa
τ	温度計取付ボルト部又は、溶接部に生じるせん断応力	MPa
π	円周率	—

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	°C	—	—	整数位
質量	kg	—	—	整数位
長さ	mm	—	—	整数位 ^{*1}
面積	mm ²	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 ^{*2}
モーメント	N・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。

3. 評価部位

サプレッションチェンバプール水温度の耐震評価は、保護管とそれを支持するサポート鋼材について評価を行う。

保護管については、「4.2.1 保護管の構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる温度計取付ボルトについて評価を実施する。また、サポート鋼材については、「5.2.1 サポート鋼材の構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる溶接部について評価を実施する。

サプレッションチェンバプール水温度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. 保護管の評価

4.1 保護管の固有周期

4.1.1 保護管の固有値解析方法

サプレッションチェンバプール水温度の保護管の固有値解析方法を以下に示す。

- (1) サプレッションチェンバプール水温度は、「4.1.2 保護管の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。

4.1.2 保護管の解析モデル及び諸元

サプレッションチェンバプール水温度の保護管の解析モデルを図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【サプレッションチェンバプール水温度 (T53-TE003F) の耐震性についての計算結果】、【サプレッションチェンバプール水温度 (T53-TE003K) の耐震性についての計算結果】、【サプレッションチェンバプール水温度 (T53-TE003P) 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) 拘束条件は、保護管とサポート鋼材との取合い点でX Y Z方向を拘束する。
- (2) 保護管とサポート鋼材との取合い点には、サポート鋼材の剛性を考慮したばね定数を設定する。
- (3) 検出器の質量は、保護管とサポート鋼材との取合い点に集中荷重として設定する。
- (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、「NX 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。

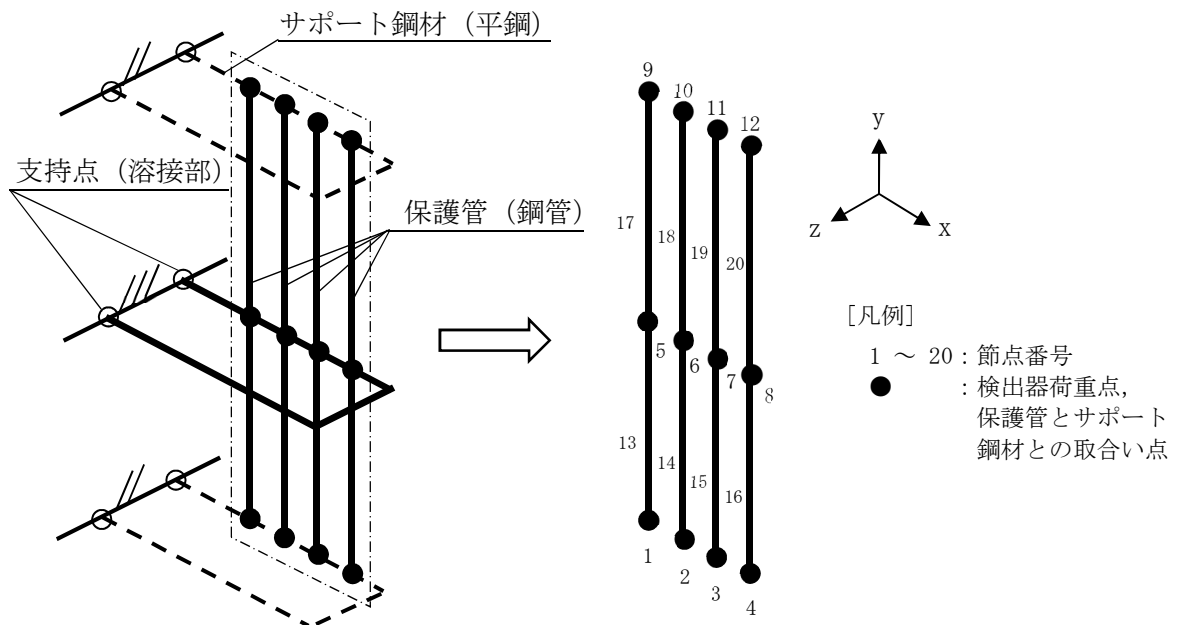


図4-1 保護管の解析モデル

4.1.3 保護管の固有値解析結果

保護管の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 保護管の固有値解析結果

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	
T53-TE003F T53-TE003K T53-TE003P	1次	水平		—	—	—

4.2 保護管の構造強度評価

4.2.1 保護管の構造強度評価方法

4.1.2 項(1)～(4)のほか、次の条件で計算する。

- (1) 地震力は、サブプレッションチェンバプール水温度の保護管に対して、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、「NX NASTRAN」を使用し、反力を求める。

4.2.2 保護管の荷重の組合せ及び許容応力

4.2.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

サブプレッションチェンバプール水温度の保護管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 4-2 に示す。

4.2.2.2 許容応力

サブプレッションチェンバプール水温度の保護管の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4-3 のとおりとする。

4.2.2.3 使用材料の許容応力評価条件

サブプレッションチェンバプール水温度の保護管の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-4 に示す。

表 4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

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	計測装置	サプレッションチェンバ プール水温度	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IVAS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS (VASとして IVASの許容限 界を用いる。)

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

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4-3 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 _A S	1.5・f _t * [*]	1.5・f _s * [*]
V _A S (V _A SとしてIV _A Sの許容限界を用いる。)		

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

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

表 4-4 使用材料の許容応力評価条件 (重大事故等対処設備)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		温度計取付ボルト	SUS304	周囲環境温度	200	144

4.2.3 保護管の設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 4-5 に示す。

「基準地震動 S_s 」による地震力は、VI-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」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）

機器名称	据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
		水平 方向	鉛直 方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
サプレッション チェンバ プール水温度 (T53-TE003F)	原子炉格納容器 T. M. S. L. -3. 000 (T. M. S. L. 12. 300*)	□	0.05 以下	—	—	$C_H=1.38$	$C_V=1.33$
サプレッション チェンバ プール水温度 (T53-TE003K)	原子炉格納容器 T. M. S. L. -4. 650 (T. M. S. L. 12. 300*)	□	0.05 以下	—	—	$C_H=1.38$	$C_V=1.33$
サプレッション チェンバ プール水温度 (T53-TE003P)	原子炉格納容器 T. M. S. L. -6. 300 (T. M. S. L. 12. 300*)	□	0.05 以下	—	—	$C_H=1.38$	$C_V=1.33$

注記*：基準床レベルを示す。

4.2.4 保護管に発生する反力の算出方法

保護管とサポート鋼材の取合い点に発生する反力を求め、温度計取付ボルトの応力評価を行う。また、サポート鋼材の評価に適用する取合い点反力を算出する。

4.2.4.1 地震力による反力の算出

- (1) 図4-1に示す解析モデルにより、地震応答解析を実施する。
- (2) 解析により算出された、温度計取付ボルト評価に使用する反力とモーメントを表4-6に示す。また、サポート鋼材評価に使用する取合い点の反力とモーメントを表4-7に示す。

表4-6 温度計取付ボルト評価用反力，モーメント

対象計器	反力(N)			モーメント(N・m)		
	F _x	F _y	F _z	M _x	M _y	M _z
T53-TE003F						
T53-TE003K						
T53-TE003P						

表4-7 サポート鋼材評価用反力，モーメント

対象部位	反力(N)			モーメント(N・m)		
	F _x	F _y	F _z	M _x	M _y	M _z
取合い点 (T53-TE003B)						
取合い点 (T53-TE003F)						
取合い点 (T53-TE003K)						
取合い点 (T53-TE003P)						

4.2.5 温度計取付ボルトの計算方法

4.2.5.1 応力の計算方法

温度計取付ボルトの応力は、「4.2.4.1 地震力による反力の算出」にて求めた、表4-6の値を用いて手計算にて計算する。

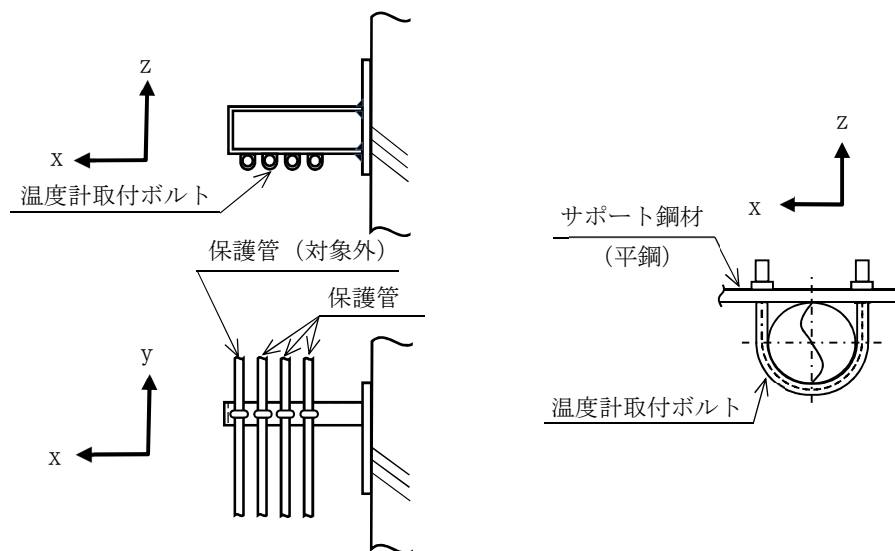


図 4-2 計算モデル

(1) 引張応力

温度計取付ボルト（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

$$F_b = F_z \dots\dots\dots (4.2.5.1.1)$$

引張応力

$$\sigma_t = \frac{F_b}{2 \cdot A_b} \dots\dots\dots (4.2.5.1.2)$$

ここで，温度計取付ボルトの軸断面積 A_b は次式により求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \dots\dots\dots (4.2.5.1.3)$$

(2) せん断応力

温度計取付ボルトに対するせん断力は，各方向の有効せん断面積で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_b = F_x \dots\dots\dots (4.2.5.1.4)$$

せん断応力

$$\tau = \frac{Q_b}{A_b} \dots\dots\dots (4.2.5.1.5)$$

4.2.6 温度計取付ボルトの計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【サプレッションチェンバプール水温度（T53-TE003F）の耐震性についての計算結果】，【サプレッションチェンバプール水温度（T53-TE003K）の耐震性についての計算結果】，【サプレッションチェンバプール水温度（T53-TE003P）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。

4.2.7 温度計取付ボルトの応力の評価

4.2.5.1項で求めた温度計取付ボルトの引張応力 σ_t 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。

$$f_{ts} = \text{Min} [1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau , f_{to}] \dots\dots\dots (4.2.7.1)$$

せん断応力 τ は、せん断力のみを受ける温度計取付ボルトの許容せん断応力 f_{sb} 以下であること。ただし、 f_{sb} は下表による。

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

5. サポート鋼材の評価

5.1 サポート鋼材の固有周期

5.1.1 サポート鋼材の固有値解析方法

サプレッションチェンバプール水温度のサポート鋼材の固有値解析方法を以下に示す。

- (1) サプレッションチェンバプール水温度は、「5.1.2 サポート鋼材の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。

5.1.2 サポート鋼材の解析モデル及び諸元

サプレッションチェンバプール水温度のサポート鋼材の解析モデルを図5-1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【サプレッションチェンバプール水温度 (T53-TE003F) の耐震性についての計算結果】、【サプレッションチェンバプール水温度 (T53-TE003K) の耐震性についての計算結果】、【サプレッションチェンバプール水温度 (T53-TE003P) 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) 拘束条件として、サポート鋼材の溶接部は完全拘束とする。
- (2) 保護管とサポート鋼材との取合い点には、保護管と検出器の質量を集中荷重として設定する。
- (3) 保護管とサポート鋼材との取合い点にて保護管からの反力とモーメントを受けるものとする。
- (4) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
- (5) 解析コードは、「NX 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。

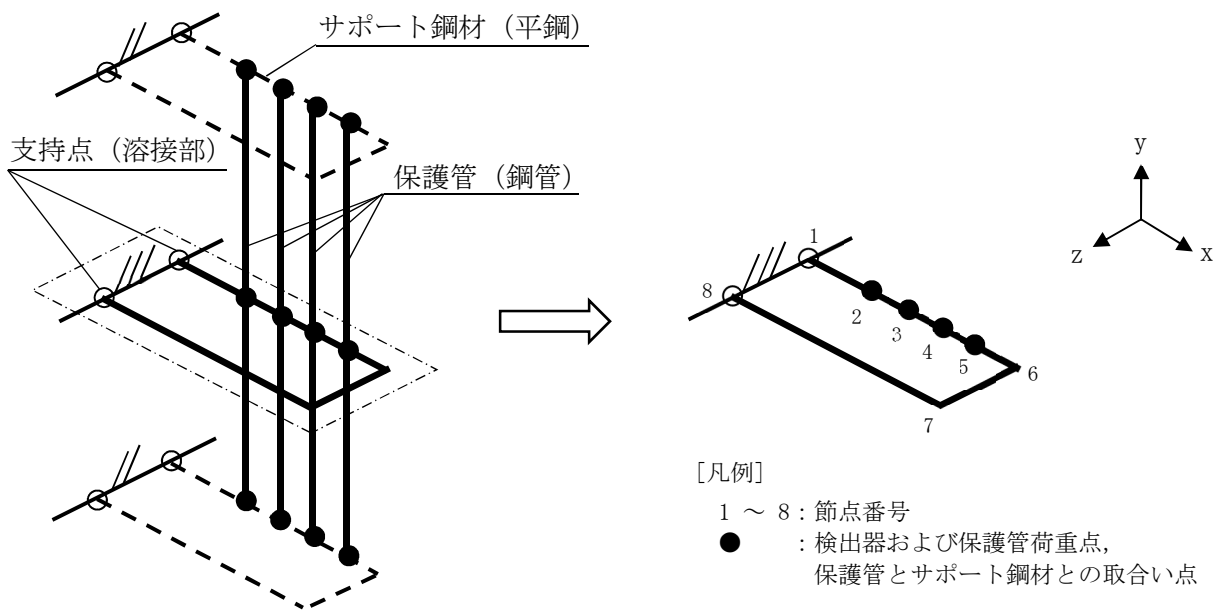


図5-1 サポート鋼材の解析モデル

5.1.3 サポート鋼材の固有値解析結果

サポート鋼材の固有値解析結果を表 5-1 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 5-1 サポート鋼材の固有値解析結果

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	
T53-TE003F T53-TE003K T53-TE003P	1次	水平		—	—	—

5.2 サポート鋼材の構造強度評価

5.2.1 サポート鋼材の構造強度評価方法

5.1.2 項(1)～(4)のほか、次の条件で計算する。

- (1) 地震力は、サブプレッションチェンバプール水温度のサポート鋼材に対して、水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
- (2) 「4.2.4 保護管に発生する反力の算出方法」に示す保護管の解析により得られた反力を、保護管とサポート鋼材との取合い点に入力する。
- (3) 解析コードは、「NX NASTRAN」を使用し、反力を求める。

5.2.2 サポート鋼材の荷重の組合せ及び許容応力

5.2.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

サブプレッションチェンバプール水温度のサポート鋼材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 4-2 に示す。

5.2.2.2 許容応力

サブプレッションチェンバプール水温度のサポート鋼材の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 5-2 のとおりとする。

5.2.2.3 使用材料の許容応力評価条件

サブプレッションチェンバプール水温度のサポート鋼材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 5-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2, *3 (ボルト等以外)		
	一次応力		
	引張り	せん断	曲げ
IV _A S	$1.5 \cdot f_t^{**4}$	$1.5 \cdot f_s^{**4}$	$1.5 \cdot f_b^{**4}$
V _A S (V _A SとしてIV _A Sの許容限界を用いる。)			

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

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

*3：すみ肉溶接部の許容応力は母材の許容せん断応力とする。

*4：その他の支持構造物においては S_y を $1.2 \cdot S_y$ と読み替える。ただし，オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については，本読み替えを行わない。

表 5-3 使用材料の許容応力評価条件 (重大事故等対処設備)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		溶接部	SUS304	周囲環境温度	200	144

5.2.3 サポート鋼材の設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表5-4に示す。

「基準地震動 S_s 」による地震力は、VI-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 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
		水平 方向	鉛直 方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
サプレッション チェンバ プール水温度 (T53-TE003F)	原子炉格納容器 T. M. S. L. -3. 000 (T. M. S. L. 12. 300*)	□	0.05 以下	—	—	$C_H=1.38$	$C_V=1.33$
サプレッション チェンバ プール水温度 (T53-TE003K)	原子炉格納容器 T. M. S. L. -4. 650 (T. M. S. L. 12. 300*)	□	0.05 以下	—	—	$C_H=1.38$	$C_V=1.33$
サプレッション チェンバ プール水温度 (T53-TE003P)	原子炉格納容器 T. M. S. L. -6. 300 (T. M. S. L. 12. 300*)	□	0.05 以下	—	—	$C_H=1.38$	$C_V=1.33$

注記*：基準床レベルを示す。

5.2.4 溶接部の計算方法

5.2.4.1 溶接部に発生する反力，モーメントの算出

- (1) 「4.2.4.1 地震力による反力の算出」にて求めた，表4-7の値を保護管とサポート鋼材との取合い点に入力し，地震応答解析を実施する。
- (2) 解析により算出された，溶接部評価に使用する反力とモーメントを表5-5に示す。

表5-5 溶接部発生反力，モーメント

対象部位	反力(N)			モーメント(N・m)		
	F_x	F_y	F_z	M_x	M_y	M_z
溶接部						

5.2.4.2 溶接部の応力計算方法

溶接部の応力は，表5-5の値を用いて手計算にて計算する。

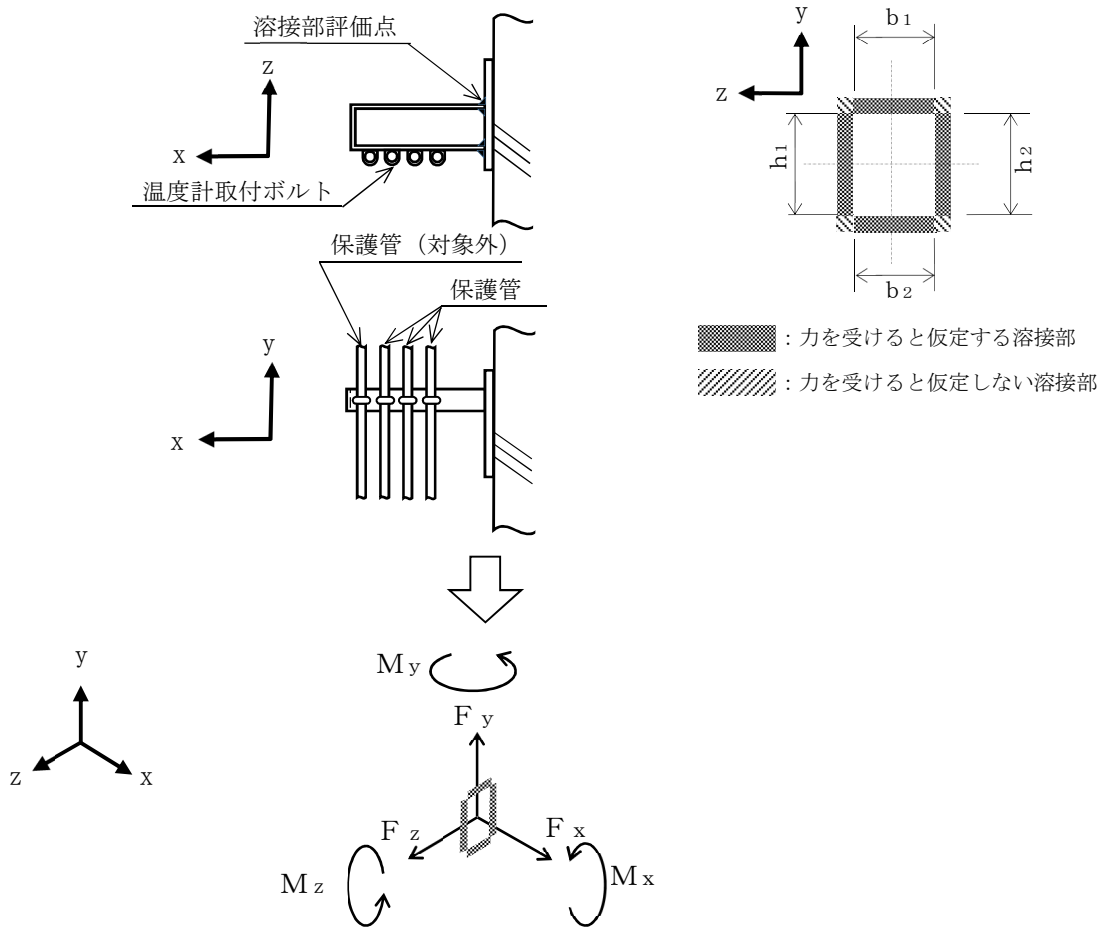


図5-2 計算モデル

(1) 引張応力

溶接部に対する引張応力は、全溶接断面積で受けるものとして計算する。

$$\sigma_t = \frac{F_x}{A_w} \dots\dots\dots (5.2.4.2.1)$$

ここで、引張り力を受ける溶接部の有効断面積 A_w は、次式により求める。

$$A_w = a \cdot (h_1 + h_2 + b_1 + b_2) \dots\dots\dots (5.2.4.2.2)$$

ただし、 h_1 、 h_2 、 b_1 、 b_2 は各溶接部における溶接長さを示し、溶接部の有効のど厚 a は、次式により求める。

$$a = 0.7 \cdot s \dots\dots\dots (5.2.4.2.3)$$

(2) せん断応力

溶接部に対するせん断応力は、各方向の有効せん断面積で受けるものとして計算する。

$$\tau = \sqrt{\left(\frac{F_y}{A_{wy}} + \frac{M_x}{Z_p}\right)^2 + \left(\frac{F_z}{A_{wz}} + \frac{M_x}{Z_p}\right)^2} \dots\dots\dots (5.2.4.2.4)$$

ここで、 A_{wy} 、 A_{wz} はせん断力を受ける各方向の有効断面積、 Z_p は溶接断面におけるねじり断面係数を示す。

A_{wy} 、 A_{wz} は、次式により求める。

$$A_{wy} = a \cdot (b_1 + b_2) \dots\dots\dots (5.2.4.2.5)$$

$$A_{wz} = a \cdot (h_1 + h_2) \dots\dots\dots (5.2.4.2.6)$$

(3) 曲げ応力

溶接部に対する曲げ応力は、図5-2で y 軸方向、 z 軸方向に対する曲げモーメントを最も外側の溶接部で受けるものとして計算する。

$$\sigma_b = \frac{M_y}{Z_y} + \frac{M_z}{Z_z} \dots\dots\dots (5.2.4.2.7)$$

Z_y 、 Z_z は溶接断面の y 軸及び z 軸に関する断面係数を示す。

(4) 組合せ応力

溶接部に対する組合せ応力は、各応力を足し合わせたものとして計算する。

$$\sigma_w = \sqrt{(\sigma_t + \sigma_b)^2 + \tau^2} \dots\dots\dots (5.2.4.2.8)$$

5.2.5 溶接部の計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【サプレッションチェンバプール水温度 (T53-TE003F) の耐震性についての計算結果】、【サプレッションチェンバプール水温度 (T53-TE003K) の耐震性についての計算結果】、【サプレッションチェンバプール水温度 (T53-TE003P) の耐震性についての計算結果】 の設計条件及び機器要目に示す。

5.2.6 溶接部の応力の評価

5.2.4.2項で求めた溶接部に発生する各応力が下表で定めた許容応力以下であること。

	基準地震動 S_s による 荷重との組合せの場合
許容引張応力 f_t	$\frac{F^*}{1.5} \cdot 1.5$
許容せん断応力 f_s	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$
許容曲げ応力 f_b	$\frac{F^*}{1.5} \cdot 1.5$

6. 機能維持評価

6.1 電気的機能維持評価方法

サプレッションチェンバプール水温度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VI-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 S_s により定まる応答加速度を設定する。

サプレッションチェンバプール水温度の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、当該検出器と類似の検出器単体の正弦波加振試験において、電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 ($\times 9.8 \text{ m/s}^2$)

評価部位	方向	機能確認済加速度
サプレッションチェンバプール水温度 (T53-TE003F)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>
サプレッションチェンバプール水温度 (T53-TE003K)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>
サプレッションチェンバプール水温度 (T53-TE003P)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

7. 評価結果

7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

サプレッションチェンバプール水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。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氣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

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【サブプレッションチェンパール水温度 (T53-TE003F) 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 保護管

1.1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
サブプレッションチェンパール水温度 (T53-TE003F)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉格納容器 T. M. S. L. -3.000 (T. M. S. L. 12.300*)	□	0.05 以下	—	—	C _H =1.38	C _V =1.33	200

注記* : 基準床レベルを示す。

1.1.2 機器要目

部材	W ₁ (N)	d (mm)	A _b (mm ²)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)	F* (MPa)
温度計取付ボルト	□	8 (M8)	50.27	144	402	205	194

1.1.3 計算数値

1.1.3.1 温度計取付ボルト部に作用する力

(単位：N)

部材	F _x		F _y		F _z	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動S _s
温度計取付ボルト部	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

1.1.3.2 温度計取付ボルト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 S _d 又は静的震度	基準地震動S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動S _s
温度計取付ボルト部	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

1.1.3.3 温度計取付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
温度計取付ボルト	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

1.2 サポート鋼材

1.2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
サプレッションチェンバプール水温度 (T53-TE003F)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉格納容器 T. M. S. L. -3.000 (T. M. S. L. 12.300*)	<input type="text"/>	0.05 以下	—	—	C _H =1.38	C _V =1.33	200

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2.2 機器要目

部材	W ₁ (N)	W ₂ (N)	s (mm)	a (mm)	h ₁ (mm)	h ₂ (mm)	b ₁ (mm)	b ₂ (mm)	A _w (mm ²)	A _{wy} (mm ²)	A _{wz} (mm ²)	Z _y (mm ³)	Z _z (mm ³)	Z _p (mm ³)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)	F* (MPa)
溶接部	<input type="text"/>	<input type="text"/>	7.2	5.0	32	32	12	12	443.5	322.6	121.0	2.382 ×10 ³	1.577 ×10 ³	2.832 ×10 ³	144	402	205	194

33

1.2.3 計算数値

1.2.3.1 溶接部に作用する力

(単位 : N)

部材	F _x		F _y		F _z	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
溶接部	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

1.2.3.2 溶接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 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
溶接部	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

1.3 結論

1.3.1 温度計取付ボルトの応力

(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
温度計取付ボルト	SUS304	引張り	—	—	$\sigma_t = 1$	$f_{ts} = 145^*$
		せん断	—	—	$\tau = 1$	$f_{sb} = 112$

すべて許容応力以下である。

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

1.3.2 溶接部の応力

(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
溶接部	SUS304	引張り	—	—	$\sigma_t = 1$	$f_t = 112^*$
		せん断	—	—	$\tau = 3$	$f_s = 112^*$
		曲げ	—	—	$\sigma_b = 40$	$f_b = 112^*$
		組合せ	—	—	$\sigma_w = 41$	$f_w = 112^*$

すべて許容応力以下である。

注記*：すみ肉溶接部の許容応力は母材の許容せん断応力とする。

1.3.3 電気的機能の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
サブプレッションチェンバ プール水温度 (T53-TE003F)	水平方向	1.15	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.11	<input type="text"/>

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。

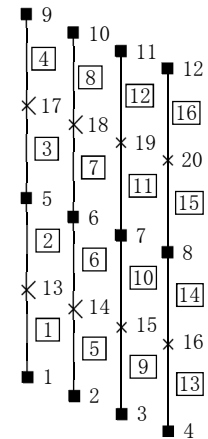
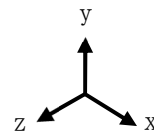
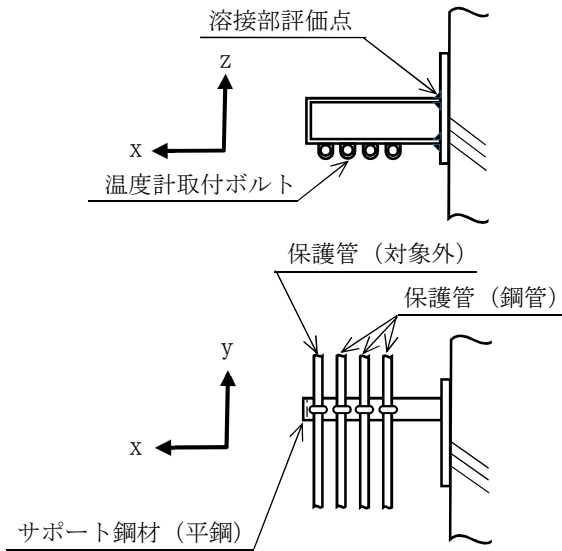
1.4 その他の機器要目

(1) 保護管の機器要目

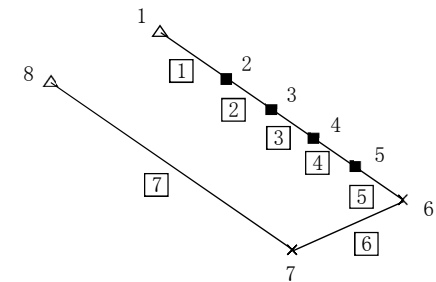
項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	SUS304
縦弾性係数	E	MPa	<input type="text"/>
ポアソン比	ν	—	0.3
節点数	—	—	20
要素数	—	—	16

(2) サポート鋼材の機器要目

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	SUS304
縦弾性係数	E	MPa	<input type="text"/>
ポアソン比	ν	—	0.3
節点数	—	—	8
要素数	—	—	7



節点番号：1 ~ 20
 要素番号：1 ~ 16
保護管



節点番号：1 ~ 8
 要素番号：1 ~ 7
サポート鋼材

(3) 鋼材の断面性状

鋼材	要素 番号	断面積 (mm ²)	断面二次 モーメント (mm ⁴)	断面二次 モーメント (mm ⁴)
保護管 (鋼管)	1~16			
サポート鋼材 (平鋼)	1~7			

【サブプレッションチェンパール水温度 (T53-TE003K) 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 保護管

1.1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
サブプレッションチェンパール水温度 (T53-TE003K)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉格納容器 T. M. S. L. -4. 650 (T. M. S. L. 12. 300*)	□	0.05 以下	—	—	C _H =1.38	C _V =1.33	200

注記* : 基準床レベルを示す。

1.1.2 機器要目

部材	W ₁ (N)	d (mm)	A _b (mm ²)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)	F* (MPa)
温度計取付ボルト	□	8 (M8)	50.27	144	402	205	194

1.1.3 計算数値

1.1.3.1 温度計取付ボルト部に作用する力

(単位：N)

部材	F _x		F _y		F _z	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動S _s
温度計取付ボルト部	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

1.1.3.2 温度計取付ボルト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 S _d 又は静的震度	基準地震動S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動S _s
温度計取付ボルト部	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

1.1.3.3 温度計取付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
温度計取付ボルト	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

1.2 サポート鋼材

1.2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
サプレッションチェンバプール水温度 (T53-TE003K)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉格納容器 T. M. S. L. -4. 650 (T. M. S. L. 12. 300*)	<input type="text"/>	0. 05 以下	—	—	C _H =1. 38	C _V =1. 33	200

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2.2 機器要目

部材	W ₁ (N)	W ₂ (N)	s (mm)	a (mm)	h ₁ (mm)	h ₂ (mm)	b ₁ (mm)	b ₂ (mm)	A _w (mm ²)	A _{wy} (mm ²)	A _{wz} (mm ²)	Z _y (mm ³)	Z _z (mm ³)	Z _p (mm ³)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)	F* (MPa)
溶接部	<input type="text"/>	<input type="text"/>	7. 2	5. 0	32	32	12	12	443. 5	322. 6	121. 0	2. 382 ×10 ³	1. 577 ×10 ³	2. 832 ×10 ³	144	402	205	194

39

1.2.3 計算数値

1.2.3.1 溶接部に作用する力

(単位 : N)

部材	F _x		F _y		F _z	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
溶接部	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

1.2.3.2 溶接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 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
溶接部	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

1.3 結論

1.3.1 温度計取付ボルトの応力

(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
温度計取付ボルト	SUS304	引張り	—	—	$\sigma_t = 1$	$f_{ts} = 145^*$
		せん断	—	—	$\tau = 1$	$f_{sb} = 112$

すべて許容応力以下である。

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

1.3.2 溶接部の応力

(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
溶接部	SUS304	引張り	—	—	$\sigma_t = 1$	$f_t = 112^*$
		せん断	—	—	$\tau = 3$	$f_s = 112^*$
		曲げ	—	—	$\sigma_b = 40$	$f_b = 112^*$
		組合せ	—	—	$\sigma_w = 41$	$f_w = 112^*$

すべて許容応力以下である。

注記*：すみ肉溶接部の許容応力は母材の許容せん断応力とする。

1.3.3 電氣的機能の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
サブプレッションチェンバ プール水温度 (T53-TE003K)	水平方向	1.15	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.11	<input type="text"/>

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。

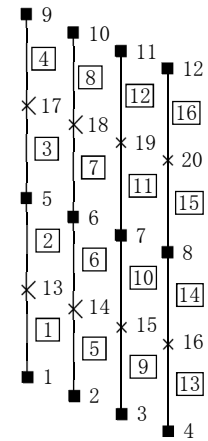
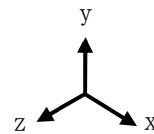
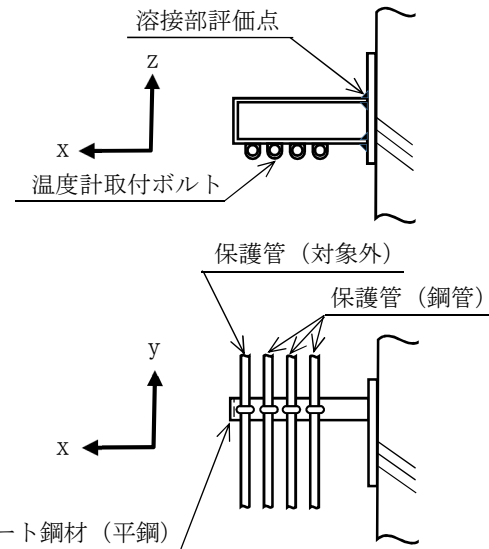
1.4 その他の機器要目

(1) 保護管の機器要目

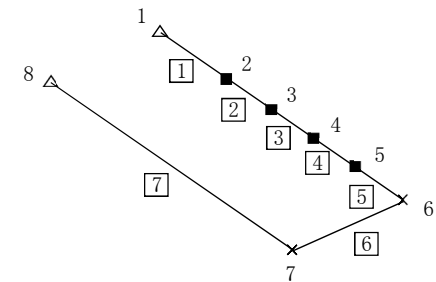
項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	SUS304
縦弾性係数	E	MPa	<input type="text"/>
ポアソン比	ν	—	0.3
節点数	—	—	20
要素数	—	—	16

(2) サポート鋼材の機器要目

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	SUS304
縦弾性係数	E	MPa	<input type="text"/>
ポアソン比	ν	—	0.3
節点数	—	—	8
要素数	—	—	7



節点番号: 1 ~ 20
 要素番号: ~
 保護管



節点番号: 1 ~ 8
 要素番号: ~
 サポート鋼材

(3) 鋼材の断面性状

鋼材	要素 番号	断面積 (mm ²)	断面二次 モーメント (mm ⁴)	断面二次 モーメント (mm ⁴)
保護管 (鋼管)	1~16			
サポート鋼材 (平鋼)	1~7			

【サブプレッションチェンパール水温度 (T53-TE003P) 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 保護管

1.1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
サブプレッションチェンパール水温度 (T53-TE003P)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉格納容器 T. M. S. L. -6.300 (T. M. S. L. 12.300*)	□	0.05 以下	—	—	C _H =1.38	C _V =1.33	200

注記* : 基準床レベルを示す。

1.1.2 機器要目

部材	W ₁ (N)	d (mm)	A _b (mm ²)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)	F* (MPa)
温度計取付ボルト	□	8 (M8)	50.27	144	402	205	194

1.1.3 計算数値

1.1.3.1 温度計取付ボルト部に作用する力

(単位：N)

部材	F _x		F _y		F _z	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動S _s
温度計取付ボルト部	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

1.1.3.2 温度計取付ボルト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 S _d 又は静的震度	基準地震動S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動S _s
温度計取付ボルト部	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

1.1.3.3 温度計取付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
温度計取付ボルト	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

1.2 サポート鋼材

1.2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
サプレッションチェンバプール水温度 (T53-TE003P)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉格納容器 T. M. S. L. -6.300 (T. M. S. L. 12.300*)	<input type="text"/>	0.05 以下	—	—	C _H =1.38	C _V =1.33	200

注記*：基準床レベルを示す。

1.2.2 機器要目

部材	W ₁ (N)	W ₂ (N)	s (mm)	a (mm)	h ₁ (mm)	h ₂ (mm)	b ₁ (mm)	b ₂ (mm)	A _w (mm ²)	A _{wy} (mm ²)	A _{wz} (mm ²)	Z _y (mm ³)	Z _z (mm ³)	Z _p (mm ³)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)	F* (MPa)
溶接部	<input type="text"/>	<input type="text"/>	7.2	5.0	32	32	12	12	443.5	322.6	121.0	2.382 ×10 ³	1.577 ×10 ³	2.832 ×10 ³	144	402	205	194

45

1.2.3 計算数値

1.2.3.1 溶接部に作用する力

(単位：N)

部材	F _x		F _y		F _z	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
溶接部	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

1.2.3.2 溶接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 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
溶接部	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

1.3 結論

1.3.1 温度計取付ボルトの応力

(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
温度計取付ボルト	SUS304	引張り	—	—	$\sigma_t = 1$	$f_{ts} = 145^*$
		せん断	—	—	$\tau = 1$	$f_{sb} = 112$

すべて許容応力以下である。

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

1.3.2 溶接部の応力

(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
溶接部	SUS304	引張り	—	—	$\sigma_t = 1$	$f_t = 112^*$
		せん断	—	—	$\tau = 3$	$f_s = 112^*$
		曲げ	—	—	$\sigma_b = 40$	$f_b = 112^*$
		組合せ	—	—	$\sigma_w = 41$	$f_w = 112^*$

すべて許容応力以下である。

注記*：すみ肉溶接部の許容応力は母材の許容せん断応力とする。

1.3.3 電氣的機能の評価結果

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
サブプレッションチェンバ プール水温度 (T53-TE003P)	水平方向	1.15	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.11	<input type="text"/>

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。

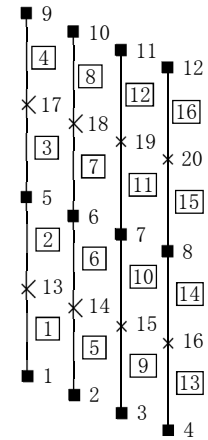
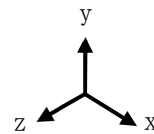
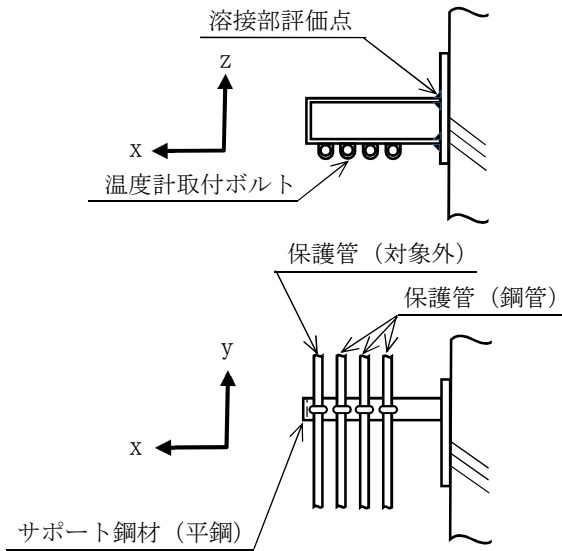
1.4 その他の機器要目

(1) 保護管の機器要目

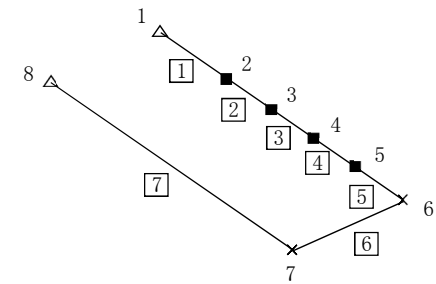
項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	SUS304
縦弾性係数	E	MPa	
ポアソン比	ν	—	0.3
節点数	—	—	20
要素数	—	—	16

(2) サポート鋼材の機器要目

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	SUS304
縦弾性係数	E	MPa	
ポアソン比	ν	—	0.3
節点数	—	—	8
要素数	—	—	7



節点番号：1 ~ 20
 要素番号：1 ~ 16
保護管



節点番号：1 ~ 8
 要素番号：1 ~ 7
サポート鋼材

(3) 鋼材の断面性状

鋼材	要素 番号	断面積 (mm ²)	断面二次 モーメント (mm ⁴)	断面二次 モーメント (mm ⁴)
保護管 (鋼管)	1~16			
サポート鋼材 (平鋼)	1~7			

VI-2-6-5-24 格納容器内酸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評価条件	4
4.3 計算条件	4
5. 機能維持評価	8
5.1 電氣的機能維持評価方法	8
6. 評価結果	9
6.1 設計基準対象施設としての評価結果	9
6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	9

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、格納容器内酸素濃度が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

格納容器内酸素濃度は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設重大事故緩和設備に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、格納容器内酸素濃度が設置される計装ラックは、VI-2-1-14「計算書作成の方法」に記載の直立形であるため、VI-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

格納容器内酸素濃度の構造計画を表 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													
<p>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装ラックに固定される。</p> <p>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。</p>	<p>熱磁気風式酸素検出器</p>	<p>【格納容器内酸素濃度】</p> <p>(長辺方向) (短辺方向)</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>機器名称</th> <th>格納容器内酸素濃度 (H22-P311)</th> <th>格納容器内酸素濃度 (H22-P312)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>たて</td> <td>800</td> <td>800</td> </tr> <tr> <td>横</td> <td>2250</td> <td>2250</td> </tr> <tr> <td>高さ</td> <td>1900</td> <td>1900</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: right;">(単位：mm)</p>	機器名称	格納容器内酸素濃度 (H22-P311)	格納容器内酸素濃度 (H22-P312)	たて	800	800	横	2250	2250	高さ	1900	1900
機器名称	格納容器内酸素濃度 (H22-P311)	格納容器内酸素濃度 (H22-P312)												
たて	800	800												
横	2250	2250												
高さ	1900	1900												

3. 固有周期

3.1 固有周期の確認

格納容器内酸素濃度（H22-P311）が設置される計装ラックの固有周期は，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。格納容器内酸素濃度（H22-P312）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)

格納容器内酸素濃度 (H22-P311)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	0.05 以下
格納容器内酸素濃度 (H22-P312)	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

格納容器内酸素濃度の構造強度評価は、VI-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

格納容器内酸素濃度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

格納容器内酸素濃度の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4-3 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

格納容器内酸素濃度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【格納容器内酸素濃度 (D23-02E003A) の耐震性についての計算結果】、【格納容器内酸素濃度 (D23-02E003B) 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	計測装置	格納容器内酸素濃度	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d$ *	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S

注記*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類* ¹	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	格納容器内酸素濃度	常設／緩和	—* ²	$D + P_D + M_D + S_s$ * ³	Ⅳ _A S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _A S (V _A Sとして Ⅳ _A Sの許容限 界を用いる。)

注記*¹：「常設／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
Ⅲ _A S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
Ⅳ _A S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
V _A S (V _A SとしてⅣ _A Sの許容限界を用いる。)		

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

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

表 4-4 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

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

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

格納容器内酸素濃度の電氣的機能維持評価は、VI-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、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
格納容器内酸素濃度 (D23-02E003A)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>
格納容器内酸素濃度 (D23-02E003B)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

格納容器内酸素濃度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氣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

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

格納容器内酸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氣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

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【格納容器内酸素濃度 (D23-02E003A) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
格納容器内酸素濃度 (D23-02E003A)	S	原子炉建屋 T.M.S.L. 27.000 (T.M.S.L. 31.700*)	□	0.05 以下	C _H =0.88	C _V =0.73	C _H =1.75	C _V =1.45	40

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 格納容器内酸素濃度 (H22-P311)

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)	□	□	16 (M16)	201.1	18	235 (16mm<径≤40mm)	400 (16mm<径≤40mm)

部材	l _{1 i} * (mm)	l _{2 i} * (mm)	n _{f i} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
ラック取付ボルト (i=2)	□	□	9	235	280	長辺方向	長辺方向
	□	□	2				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

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

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ラック取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	$\sigma_{b2}=6$	$f_{ts2}=176^*$	$\sigma_{b2}=36$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=135$	$\tau_{b2}=10$	$f_{sb2}=161$

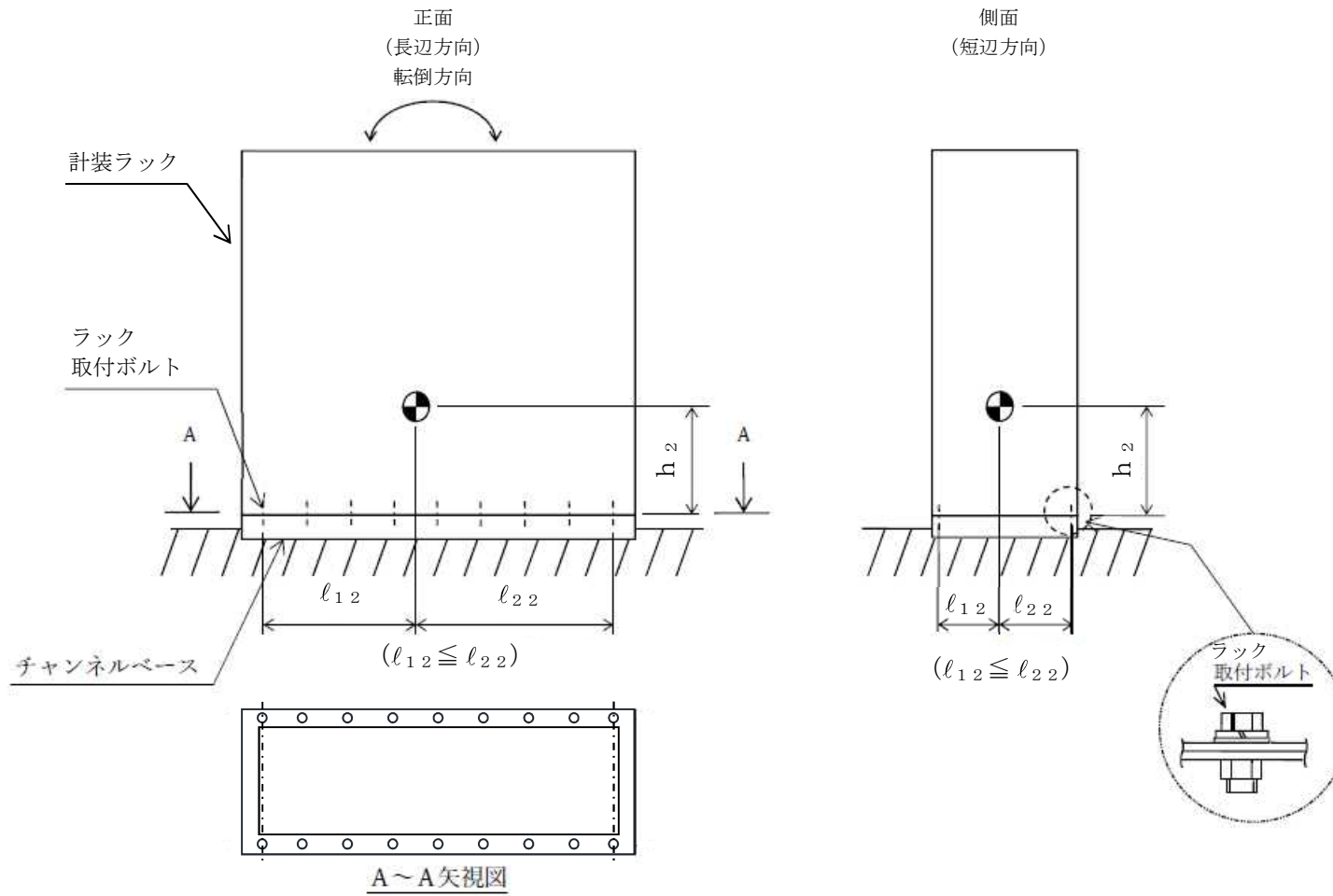
二 すべて許容応力以下である。 注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

1.4.2 電氣的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
格納容器内酸素濃度 (D23-02E003A)	水平方向	1.46	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.20	<input type="text"/>

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。



2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
格納容器内酸素濃度 (D23-02E003A)	常設/緩和	原子炉建屋 T. M. S. L. 27. 000 (T. M. S. L. 31. 700*)	□	0. 05 以下	—	—	C _H =1. 75	C _V =1. 45	50

注記* : 基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

2.2.1 格納容器内酸素濃度 (H22-P311)

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)	□	□	16 (M16)	201. 1	18	231 (16mm<径≤40mm)	394 (16mm<径≤40mm)

部材	l _{1 i} * (mm)	l _{2 i} * (mm)	n _{f i} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
ラック取付ボルト (i=2)	□	□	9	—	276	—	長辺方向
	□	□	2				

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

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

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

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ラック取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=36$	$f_{ts2}=207^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=10$	$f_{sb2}=159$

すべて許容応力以下である。

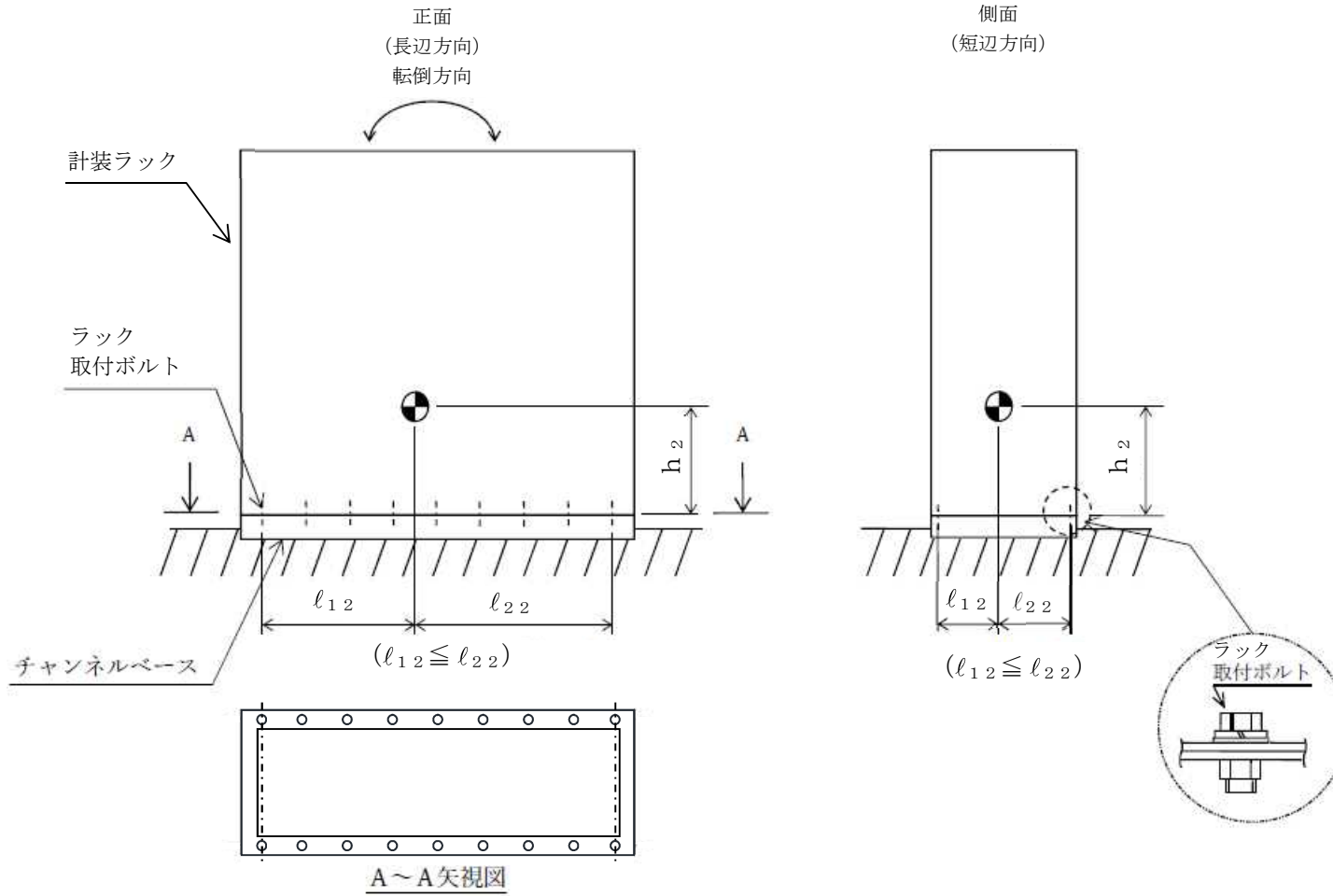
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

2.4.2 電氣的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
格納容器内酸素濃度 (D23-02E003A)	水平方向	1.46	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.20	<input type="text"/>

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。



【格納容器内酸素濃度 (D23-02E003B) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
格納容器内酸素濃度 (D23-02E003B)	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. 72	C _H =1. 53	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 格納容器内酸素濃度 (H22-P312)

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)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	16 (M16)	201. 1	18	235 (16mm<径≤40mm)	400 (16mm<径≤40mm)

部材	l _{1 i} * (mm)	l _{2 i} * (mm)	n _{f i} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
ラック取付ボルト (i=2)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	9	235	280	短辺方向	長辺方向
	<input type="text"/>	<input type="text"/>	2				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

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

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ラック取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	$\sigma_{b2}=5$	$f_{ts2}=176^*$	$\sigma_{b2}=32$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=135$	$\tau_{b2}=9$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

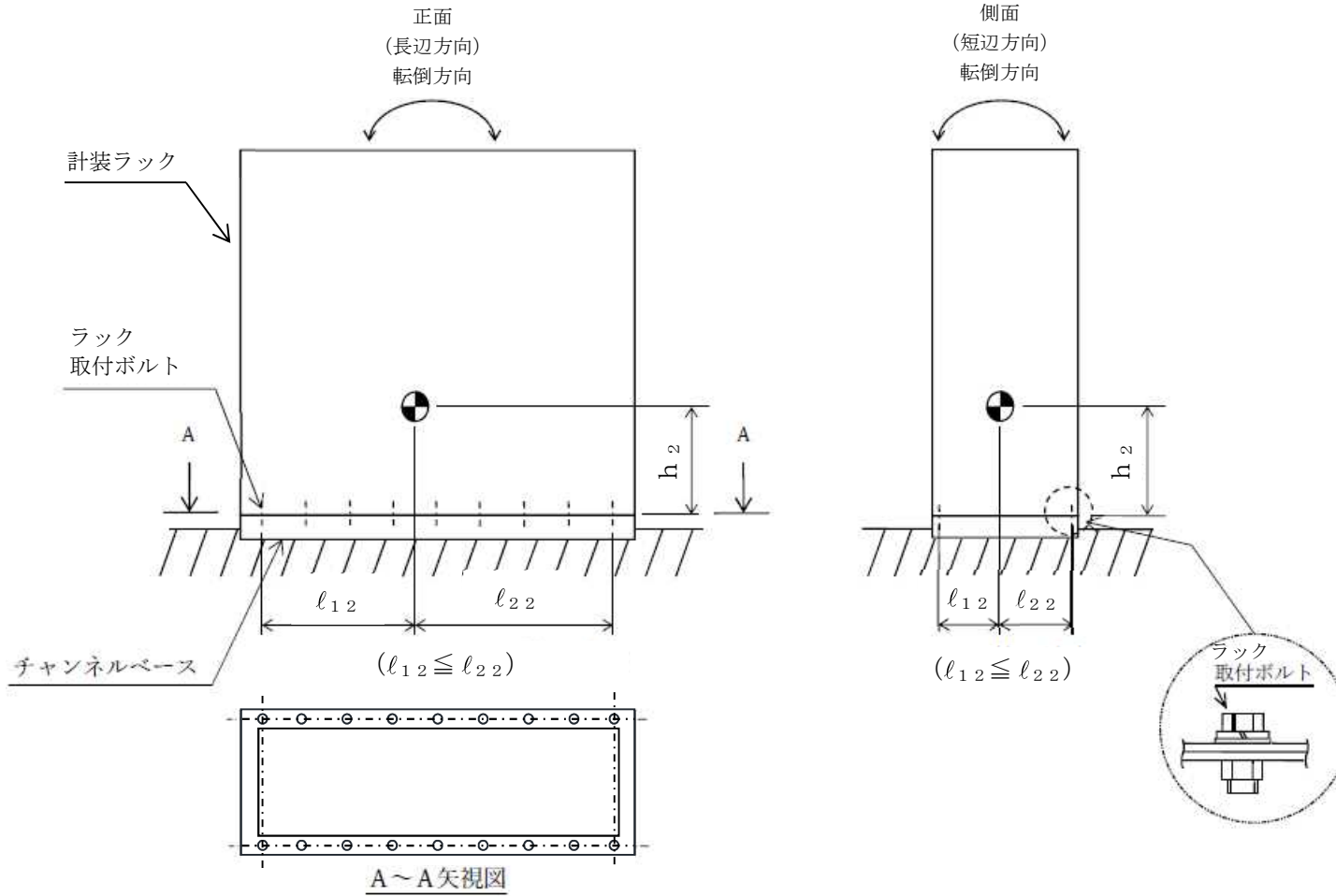
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

1.4.2 電氣的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
格納容器内酸素濃度 (D23-02E003B)	水平方向	1.27	□
	鉛直方向	1.18	□

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。



2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
格納容器内酸素濃度 (D23-02E003B)	常設/緩和	原子炉建屋 T. M. S. L. 23. 500*	0. 05 以下	0. 05 以下	—	—	C _H =1. 53	C _V =1. 41	50

注記* : 基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

2.2.1 格納容器内酸素濃度 (H22-P312)

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)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	16 (M16)	201. 1	18	231 (16mm<径≤40mm)	394 (16mm<径≤40mm)

部材	l _{1 i} * (mm)	l _{2 i} * (mm)	n _{f i} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
ラック取付ボルト (i=2)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	9	—	276	—	長辺方向
	<input type="text"/>	<input type="text"/>	2				

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

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

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

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ラック取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=32$	$f_{ts2}=207^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=9$	$f_{sb2}=159$

すべて許容応力以下である。

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

2.4.2 電氣的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
格納容器内酸素濃度 (D23-02E003B)	水平方向	1.27	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.18	<input type="text"/>

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。

