Ⅴ-2-5-6　原子炉補機冷却設備の耐震性についての計算書

Ⅴ-2-5-6-1　原子炉補機冷却水系及び原子炉補機冷却海水系の耐震性についての計算書

Ⅴ-2-5-6-1-1　原子炉補機冷却水系熱交換器の耐震性についての計算書

目　　次

1.　概要 ····· 1
2.　一般事項 ····· 1
2.1　構造計画 ····· 1
3.　固有周期 ····· 3
3.1　固有周期の算出 ····· 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
4.4　疲労解析評価 ····· 9
4.5　耐震強化サポートの評価 ····· 11
5.　評価結果 ····· 13
5.1　設計基準対象施設としての評価結果 ····· 13
5.2　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 13

1. 概要

本計算書は，V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき，原子炉補機冷却水系熱交換器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。

原子炉補機冷却水系熱交換器は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備，常設重大事故緩和設備，常設重大事故防止設備（設計基準拡張）及び常設重大事故緩和設備（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を示す。

なお，原子炉補機冷却水系熱交換器は，V-2-1-14「計算書作成の方法」に記載の横置一胴円筒形容器であるため，V-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-4　横置一胴円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

ただし，基礎ボルトに発生する荷重は，耐震強化サポートで支持するものとし，「4.5 耐震強化サポートの評価」にて示す方法にて構造強度評価を実施する。

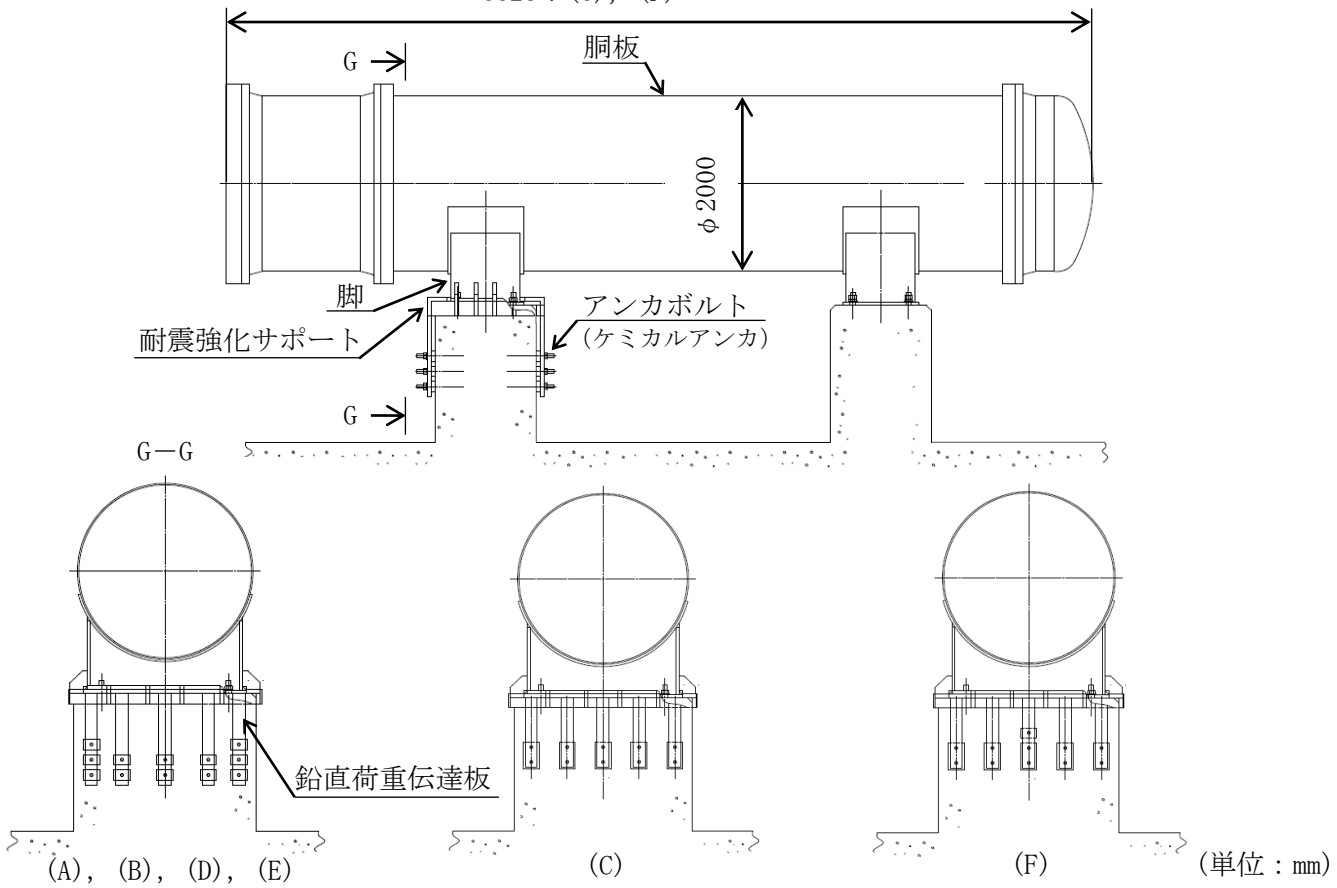
なお，(A)，(B)，(D)，(E)号機については「4.4　疲労解析評価」にて示す方法にて疲労解析評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

原子炉補機冷却水系熱交換器の構造計画を表 2－1 に示す。

表 2－1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
胴を 2 個の脚で支持し，脚は耐震強化サポートを介してアンカボルトで基礎に固定する。	前後水室に平板及び鏡板を有する横置一胴円筒形容器	8858：(A)，(B)，(D)，(E) 6628：(C)，(F) 

3.　固有周期

3.1　固有周期の算出

理論式により固有周期を計算する。固有周期の計算に用いる計算条件は，本計算書の【原子炉補機冷却水系熱交換器の耐震性についての計算結果】の機器要目に示す。

計算の結果，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。固有周期の計算結果を表 3－1 に示す。

表 3－1　固有周期　　（単位：s）

	(A),(B),(D),(E)	(C),(F)
水平		
鉛直		

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

原子炉補機冷却水系熱交換器の構造強度評価のうち，胴板及び脚についてはⅤ-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-4　横置一胴円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。耐震強化サポートの耐震計算方法は上記方針によらないため，「4.5　耐震強化サポートの評価」に基づき実施する。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉補機冷却水系熱交換器の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4－1 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－2 に示す。

4.2.2 許容応力

原子炉補機冷却水系熱交換器の許容応力は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4－3 及び表 4－4 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

原子炉補機冷却水系熱交換器の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表4－5に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4－6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【原子炉補機冷却水系熱交換器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
原子炉冷却系統施設	原子炉補機冷却設備	原子炉補機冷却水系熱交換器	S	クラス３容器 *	D＋P_D＋M_D＋S d*	ⅢAS
					D＋P_D＋M_D＋S s	ⅣAS

注記＊：クラス３容器の支持構造物を含む。

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
原子炉冷却系統施設	原子炉補機冷却設備 原子炉補機冷却水系	原子炉補機冷却水系熱交換器	常設／防止（ＤＢ拡張） 常設／緩和（ＤＢ拡張）	重大事故等 *2 クラス２容器	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。）
原子炉冷却系統施設	原子炉補機冷却設備 代替原子炉補機冷却系	原子炉補機冷却水系熱交換器	常設耐震／防止 常設／緩和	重大事故等 *2 クラス２容器	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，「常設／防止（ＤＢ拡張）」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張），「常設／緩和（ＤＢ拡張）」は常設重大事故緩和設備（設計基準拡張）を示す。

＊2：重大事故等クラス２容器の支持構造物を含む。

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

表４－３　許容応力（クラス２，３容器及び重大事故等クラス２容器）

許容応力状態	許容限界*1，*2			
	一次一般膜応力	一次膜応力＋ 一次曲げ応力	一次＋二次応力	一次＋二次＋ ピーク応力
$Ⅲ_AS$	S_yと0.6・S_uの小さい方 ただし，オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については上記値と1.2・Ｓとの大きい方	左欄の1.5倍の値	弾性設計用地震動Ｓｄ又は基準地震動Ｓｓのみによる疲労解析を行い，疲労累積係数が1.0以下であること。 ただし，地震動のみによる一次＋二次応力の変動値が2・S_y以下であれば，疲労解析は不要。	
$Ⅳ_AS$	0.6・S_u	左欄の1.5倍の値		
$Ⅴ_AS$ （$Ⅴ_AS$として$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）			基準地震動Ｓｓのみによる疲労解析を行い，疲労累積係数が1.0以下であること。 ただし，地震動のみによる一次＋二次応力の変動値が2・S_y以下であれば，疲労解析は不要。	

注記＊1：座屈による評価は，クラスＭＣ容器の座屈に対する評価式による。

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

表 4－4　許容応力（クラス２，３支持構造物及び重大事故等クラス２支持構造物）

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

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

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

表 4－5　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S (MPa)	Ｓｙ (MPa)	Ｓｕ (MPa)	Ｓｙ（ＲＴ） (MPa)
胴板	SGV480	最高使用温度	70	―	248	453	―
脚	SM400A (16mm＜厚さ≦40mm)	周囲環境温度	50	―	231	394	―
アンカボルト	SS400 (16mm＜径≦40mm)	周囲環境温度	50	―	231	394	―

表 4－6　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S (MPa)	Ｓｙ (MPa)	Ｓｕ (MPa)	Ｓｙ（ＲＴ） (MPa)
胴板	SGV480	最高使用温度	70	―	248	453	―
脚	SM400A (16mm＜厚さ≦40mm)	周囲環境温度	50	―	231	394	―
アンカボルト	SS400 (16mm＜径≦40mm)	周囲環境温度	50	―	231	394	―

4.4　疲労解析評価

胴の応力評価において，一次応力と二次応力の和の変動値が設計降伏点S_yの2 倍を上回る，すなわち一次＋二次応力＞2・S_yとなる場合には，設計・建設規格　PVB-3300に規定された簡易弾塑性評価方法に基づき，疲労解析評価を実施する。ただし，クラス３容器である本機器では，S_mを2／3・S_yに読替える。

なお，疲労解析評価に用いる弾性設計用地震動Ｓｄ及び基準地震動Ｓｓの等価繰返し回数N_cは，各々200回とする。

(1)　繰返しピーク応力強さ

繰返しピーク応力強さS_ℓは，次式により求める。

$$S_\ell = K_e \cdot S_p / 2 \qquad \cdots\cdots (4.4.1)$$

K_e：次の計算式により計算した値

a.　$S_n < 3 \cdot S_m$の場合

$$K_e = 1$$

b.　$S_n \geqq 3 \cdot S_m$の場合

(a)　$K < B_0$の場合

イ.　$S_n / (3 \cdot S_m) < [(q + A_0/K - 1) - \sqrt{\{(q + A_0/K - 1)^2 - 4 \cdot A_0 \cdot (q - 1)\}}] / (2 \cdot A_0)$ の場合

$$K_e = K_e^{*} = 1 + A_0 \cdot \{S_n / (3 \cdot S_m) - 1/K\} \qquad \cdots\cdots (4.4.2)$$

ロ.　$S_n / (3 \cdot S_m) \geqq [(q + A_0/K - 1) - \sqrt{\{(q + A_0/K - 1)^2 - 4 \cdot A_0 \cdot (q - 1)\}}] / (2 \cdot A_0)$ の場合

$$K_e = K_e' = 1 + (q - 1) \cdot (1 - 3 \cdot S_m / S_n) \qquad \cdots\cdots (4.4.3)$$

(b)　$K \geqq B_0$の場合

イ.　$S_n / (3 \cdot S_m) < [(q - 1) - \sqrt{\{A_0 \cdot (1 - 1/K) \cdot (q - 1)\}}] / a$ の場合

$$K_e = K_e^{**} = a \cdot S_n / (3 \cdot S_m) + A_0 \cdot (1 - 1/K) + 1 - a \qquad \cdots\cdots (4.4.4)$$

ロ.　$S_n / (3 \cdot S_m) \geqq [(q - 1) - \sqrt{\{A_0 \cdot (1 - 1/K) \cdot (q - 1)\}}] / a$ の場合

$$K_e = K_e' = 1 + (q - 1) \cdot (1 - 3 \cdot S_m / S_n) \qquad \cdots\cdots (4.4.5)$$

ここで,

$$K = S_p / S_n \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (4.4.6)$$

$$a = A_0 \cdot (1 - 1/K) + (q - 1) - 2 \cdot \sqrt{\{A_0 \cdot (1 - 1/K) \cdot (q - 1)\}}$$

q，A_0，B_0：下表に掲げる材料の種類に応じ，それぞれの同表に掲げる値

材料の種類	q	A_0	B_0
低合金鋼	3.1	1.0	1.25
マルテンサイト系ステンレス鋼	3.1	1.0	1.25
炭素鋼	3.1	0.66	2.59
オーステナイト系ステンレス鋼	3.1	0.7	2.15
高ニッケル合金	3.1	0.7	2.15

S_n：一次応力と二次応力を加えて求めた応力解析による応力強さのサイクルにおいて，その最大値と最小値との差

K_e：弾塑性解析に用いる繰返しピーク応力強さの補正係数

S_p：地震荷重のみにおける一次＋二次＋ピーク応力の応力差範囲

S_ℓ：繰返しピーク応力強さ

(2) 運転温度における繰返しピーク応力強さの補正

縦弾性係数比を考慮し，繰返しピーク応力強さS_ℓを次式により補正する。

$$S_\ell' = S_\ell \cdot E_0 / E$$

S_ℓ'：補正繰返しピーク応力強さ

E_0：設計・建設規格の設計疲労線図に規定される縦弾性係数

E：運転温度の縦弾性係数

(3) 疲労累積係数

疲労累積係数U_fが次式を満足することを確認する。

$$U_f = \Sigma (N_c / N_a) \leqq 1.0$$

N_a：地震時の許容繰返し回数

N_c：地震時の等価繰り返し回数

なお，許容繰返し回数の算出には，設計・建設規格　図　添付　4-2-1　炭素鋼，低合金鋼および高張力鋼の設計疲労線図より求めた値を用いる。

4.5　耐震強化サポートの評価

耐震強化サポートの構造強度評価は，アンカボルトについて実施する。

(1)　記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_{bo}	アンカボルトの軸断面積	mm^2
$\ell\ell_1$	基礎台側面から荷重作用位置までの距離（基礎長手方向）	mm
t_1	強化サポート上面部材の板厚（基礎長手方向）	mm
H_1	強化サポート側面部材の鉛直方向長さ（基礎長手方向）	mm
D_1	強化サポート側面部材の板厚（基礎長手方向）	mm
D_3	鉛直荷重伝達板厚さ（基礎長手方向）	mm
n_{b1}	鉛直および長手方向地震時に発生するせん断荷重を受けるアンカボルトの本数	－
n_{b2}	鉛直および横方向地震時に発生するせん断荷重を受けるアンカボルトの本数	－
F_1	地震により機器からサポートに伝わる水平力（基礎長手方向）	N
$F_{\ell 1}$	強化サポートに発生するモーメントにより発生する基礎台上面反力（基礎長手方向）	N
$M_{\ell 1}$	F_1により発生する強化サポート側面部材のモーメント（基礎長手方向）	N・mm
$M_{\ell 2}$	$F_{\ell 1}$により発生する強化サポート上面部材のモーメント（基礎長手方向）	N・mm
F_{b1}	地震により機器からサポートに伝わる鉛直力（基礎長手方向）	N
F_{b2}	地震により機器からサポートに伝わる鉛直力（基礎横方向）	N
F_{bo1}	アンカボルトに発生するせん断荷重（基礎長手方向）	N
F_{bo2}	アンカボルトに発生するせん断荷重（基礎横方向）	N
f_{sbo}	せん断力のみを受けるアンカボルトの許容せん断応力	MPa
τ_{bo}	アンカボルトに発生するせん断応力の最大値	MPa
τ_{bo1}	アンカボルトに発生するせん断応力（基礎長手方向）	MPa
τ_{bo2}	アンカボルトに発生するせん断応力（基礎横方向）	MPa

(2) 計算方法

評価では，機器から伝わる鉛直力及び水平力を伝達するサポートの長手方向及び横方向の断面ごとに作用する反力とモーメントのつり合いから，アンカボルトに作用するせん断荷重を算出し，材料力学の公式に基づき応力を評価している。

機器から伝わる鉛直力はサポートを介し，アンカボルトのせん断力として作用する。また，機器から伝わる水平力は以下に示すつり合いから，アンカボルトのせん断力として作用する。耐震強化サポートに水平力F_1が発生した場合，図 4-1 に示す荷重とA点回りのモーメントが発生する。なお，基礎台からの反力は等分布を仮定する。

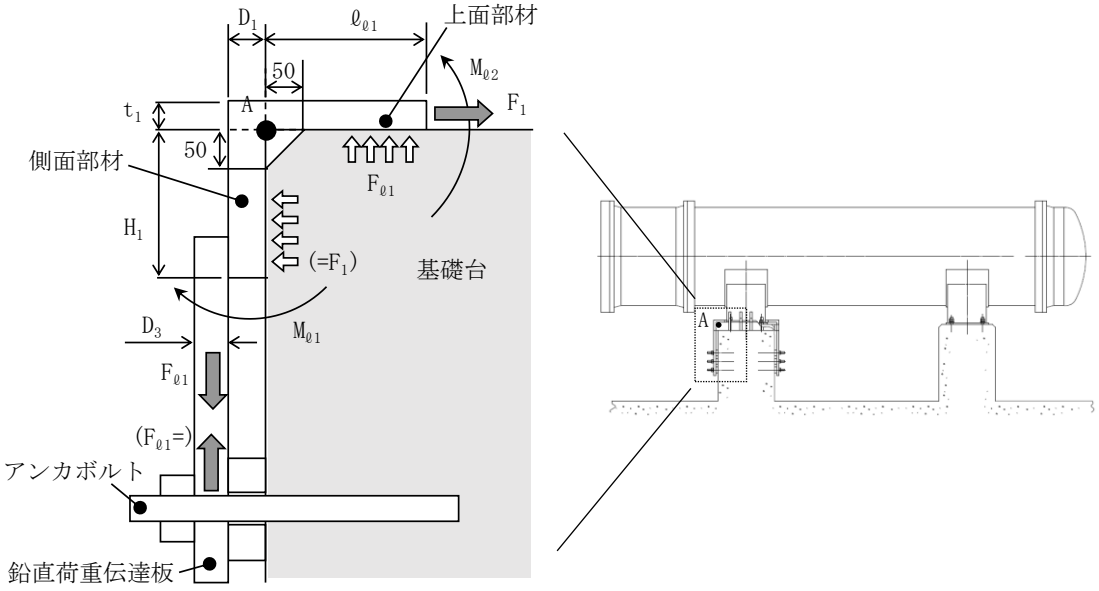


図 4-1　耐震強化サポート基礎長手方向部材周りの荷重とモーメントの関係

A点回りのモーメントのバランスより，

$F_1 \cdot t_1/2 + F_1 \cdot \{50mm + (H_1 - 50mm)/2\} = F_{\ell 1} \cdot (D_1 + D_3/2) + F_{\ell 1} \cdot \{50mm + (\ell\ell_1 - 50mm)/2\}$ ・・・・・・・・(4.5.1)

(4.5.1) より，

$F_{\ell 1} = F_1 \cdot \{t_1/2 + 50mm + (H_1 - 50mm)/2\} / \{D_1 + D_3/2 + 50mm + (\ell\ell_1 - 50mm)/2\}$ ・・・・・・・・(4.5.2)

アンカボルトのせん断荷重F_{bo1}及びF_{bo2}は，次式により求める。

$F_{bo1} = (F_{b1} + F_{\ell 1}) / n_{b1}$ ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・(4.5.3)

$F_{bo2} = F_{b2} / n_{b2}$ ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・(4.5.4)

アンカボルトのせん断応力τ_{bo1}及びτ_{bo2}は，次式により求める。

$\tau_{bo1} = F_{bo1} / A_{bo}$ ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・(4.5.5)

$\tau_{bo2} = F_{bo2} / A_{bo}$ ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・(4.5.6)

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

原子炉補機冷却水系熱交換器の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

原子炉補機冷却水系熱交換器の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

【原子炉補機冷却水系熱交換器(A),(B),(D),(E)の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度			
原子炉補機冷却水系熱交換器 (A),(B),(D),(E)	S	タービン建屋 T.M.S.L. 4.75 (T.M.S.L. 4.9*)			C_H＝0.63	C_V＝0.45	C_H＝1.13	C_V＝0.90	1.37	70	50

注記＊：基準床レベルを示す。

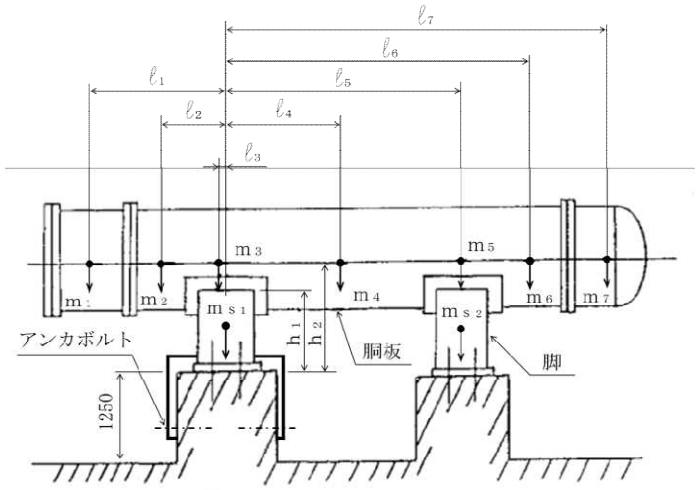
1.2 機器要目

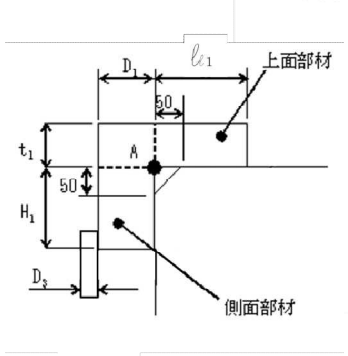
m_1 (kg)	m_2 (kg)	m_3 (kg)	m_4 (kg)	m_5 (kg)	m_6 (kg)	m_7 (kg)

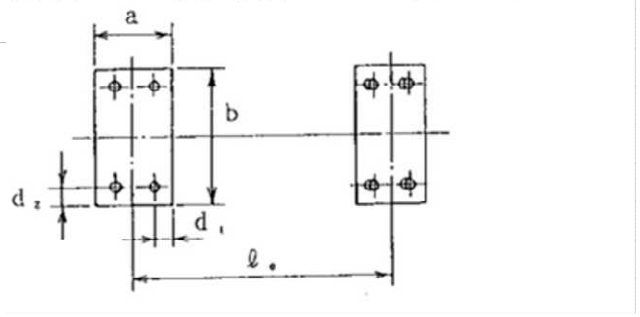
ℓ_1 (mm)	ℓ_2 (mm)	ℓ_3 (mm)	ℓ_4 (mm)	ℓ_5 (mm)	ℓ_6 (mm)	ℓ_7 (mm)	M_1 (N・mm)	M_2 (N・mm)	R_1 (N)	R_2 (N)
−1938	−757	−6	2109	4205	5178	5910	2.989×10^8	1.688×10^8	4.254×10^5	3.092×10^5

m_0 (kg)	m_{s1} (kg)	m_{s2} (kg)	D_i (mm)	t (mm)	t_e (mm)	ℓ_0 (mm)	h_1 (mm)	h_2 (mm)	θ_w (rad)	ℓ_w (mm)
			2000	16.0	38.0*1	4200	760	1250	0.352	240

C_1 (mm)	C_2 (mm)	I_{sx} (mm^4)	I_{sy} (mm^4)	Z_{sx} (mm^3)	Z_{sy} (mm^3)	θ_0 (rad)	θ (rad)
915	340	5.170×10^{10}	2.938×10^9	5.650×10^7	8.641×10^6	2.063	1.423







A_s (mm^2)	E_s (MPa)	G_s (MPa)	A_{s1} (mm^2)	A_{s2} (mm^2)	A_{s3} (mm^2)	A_{s4} (mm^2)
1.243×10^5	201000*4	77300*1	6.856×10^4	4.912×10^4	5.092×10^4	3.957×10^4

K_{11}*2	K_{12}*2	K_{21}*2	K_{22}*2	$K_{\ell1}$	$K_{\ell2}$	K_{c1}	K_{c2}	$C_{\ell1}$	$C_{\ell2}$	C_{c1}	C_{c2}
		—	—								
		—	—								

s	n	n_1	n_2	a (mm)	b (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	d_1 (mm)	d_2 (mm)
15	4	2	2	750	1900	48 (M48)	1.810×10^3	100	275

S_y (胴板) (MPa)	S_u (胴板) (MPa)	S (胴板) (MPa)	S_y (脚) (MPa)	S_u (脚) (MPa)	F (脚) (MPa)	F*(脚) (MPa)	S_y (アンカボルト) (MPa)	S_u (アンカボルト) (MPa)	F (アンカボルト) (MPa)	F*(アンカボルト) (MPa)
248*3	453*3	—	231*4 (16mm＜厚さ≦40mm)	394*4	231	276	231*4 (16mm＜径≦40mm)	394*4	231	276

A_{bo} (mm^2)	$\ell_{\ell1}$ (mm)	t_1*5 (mm)	H_1 (mm)	D_1*5 (mm)	D_3 (mm)	n_{b1}	n_{b2}
1.018×10^3	242.5	38	100	38	38	12	6
		70		65			

注記＊1：本計算においては当板を有効とした。

＊2：表中で上段は一次応力，下段は二次応力の係数とする。

＊3：最高使用温度で算出

＊4：周囲環境温度で算出

＊5：表中で上段は(A)，(D)号機，下段は(B)，(E)号機に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 胴に生じる応力

(1) 一次一般膜応力

(単位：MPa)

地震の種類	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度				基準地震動Ｓｓ			
地震の方向	長手方向		横方向		長手方向		横方向	
応力の方向	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力
内圧による応力	$\sigma_{\phi 1}$＝87	$\sigma_{x 1}$＝44	$\sigma_{\phi 1}$＝87	$\sigma_{x 1}$＝44	$\sigma_{\phi 1}$＝87	$\sigma_{x 1}$＝44	$\sigma_{\phi 1}$＝87	$\sigma_{x 1}$＝44
内圧による応力 (鉛直方向地震時)	—	—	—	—	—	—	—	—
運転時質量による長手方向曲げモーメントにより生じる応力	—	$\sigma_{x 2}$＝22	—	$\sigma_{x 2}$＝22	—	$\sigma_{x 2}$＝22	—	$\sigma_{x 2}$＝22
鉛直方向地震による長手方向曲げモーメントにより生じる応力	—	$\sigma_{x 6}$＝10	—	$\sigma_{x 6}$＝10	—	$\sigma_{x 6}$＝20	—	$\sigma_{x 6}$＝20
長手方向地震により胴軸断面全面に生じる引張応力	—	$\sigma_{x 4 1 3}$＝5	—	—	—	$\sigma_{x 4 1 3}$＝9	—	—
組合せ応力	$\sigma_{0\ell}$＝87		σ_{0c}＝87		$\sigma_{0\ell}$＝87		σ_{0c}＝87	

(2) 一次応力

(単位：MPa)

地震の種類		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度				基準地震動Ｓｓ			
地震の方向		長手方向		横方向		長手方向		横方向	
応力の方向		周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力
内圧による応力		$\sigma_{\phi 1}$＝87	$\sigma_{x 1}$＝44	$\sigma_{\phi 1}$＝87	$\sigma_{x 1}$＝44	$\sigma_{\phi 1}$＝87	$\sigma_{x 1}$＝44	$\sigma_{\phi 1}$＝87	$\sigma_{x 1}$＝44
内圧による応力 (鉛直方向地震時)		—	—	—	—	—	—	—	—
運転時質量による長手方向曲げモーメントにより生じる応力		—	$\sigma_{x 2}$＝22	—	$\sigma_{x 2}$＝22	—	$\sigma_{x 2}$＝22	—	$\sigma_{x 2}$＝22
鉛直方向地震による長手方向曲げモーメントにより生じる応力		—	$\sigma_{x 6}$＝10	—	$\sigma_{x 6}$＝10	—	$\sigma_{x 6}$＝20	—	$\sigma_{x 6}$＝20
運転時質量による脚反力により生じる応力		$\sigma_{\phi 3}$＝26	$\sigma_{x 3}$＝26	$\sigma_{\phi 3}$＝26	$\sigma_{x 3}$＝26	$\sigma_{\phi 3}$＝26	$\sigma_{x 3}$＝26	$\sigma_{\phi 3}$＝26	$\sigma_{x 3}$＝26
鉛直方向地震による脚反力により生じる応力		$\sigma_{\phi 7 1}$＝12	$\sigma_{x 7 1}$＝12	$\sigma_{\phi 7 1}$＝12	$\sigma_{x 7 1}$＝12	$\sigma_{\phi 7 1}$＝23	$\sigma_{x 7 1}$＝23	$\sigma_{\phi 7 1}$＝23	$\sigma_{x 7 1}$＝23
水平方向地震による応力	引張り	$\sigma_{\phi 4 1 1}$＝12 $\sigma_{\phi 4 1 2}$＝6	$\sigma_{x 4 1 1}$＝5 $\sigma_{x 4 1 2}$＝6	$\sigma_{\phi 5 1}$＝19	$\sigma_{x 5 1}$＝49	$\sigma_{\phi 4 1 1}$＝21 $\sigma_{\phi 4 1 2}$＝11	$\sigma_{x 4 1 1}$＝8 $\sigma_{x 4 1 2}$＝11	$\sigma_{\phi 5 1}$＝33	$\sigma_{x 5 1}$＝88
		$\sigma_{\phi 4 1}$＝18	$\sigma_{x 4 1}$＝15			$\sigma_{\phi 4 1}$＝31	$\sigma_{x 4 1}$＝27		
	せん断	τ_{ℓ}＝22		τ_{c}＝5		τ_{ℓ}＝39		τ_{c}＝9	
組合せ応力		$\sigma_{1\ell}$＝156		σ_{1c}＝161		$\sigma_{1\ell}$＝184		σ_{1c}＝189	

(3) 地震動のみによる一次応力と二次応力の和の変動値

(単位：MPa)

地震の種類		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度				基準地震動Ｓｓ			
地震の方向		長手方向		横方向		長手方向		横方向	
応力の方向		周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力
内圧による応力 (鉛直方向地震時)		—	—	—	—	—	—	—	—
鉛直方向地震による長手方向曲げモーメントにより生じる応力		—	$\sigma_{x6}=10$	—	$\sigma_{x6}=10$	—	$\sigma_{x6}=20$	—	$\sigma_{x6}=20$
鉛直方向地震による脚反力により生じる応力		$\sigma_{\phi71}=12$ $\sigma_{\phi72}=51$	$\sigma_{x71}=12$ $\sigma_{x72}=24$	$\sigma_{\phi71}=12$ $\sigma_{\phi72}=51$	$\sigma_{x71}=12$ $\sigma_{x72}=24$	$\sigma_{\phi71}=23$ $\sigma_{\phi72}=102$	$\sigma_{x71}=23$ $\sigma_{x72}=48$	$\sigma_{\phi71}=23$ $\sigma_{\phi72}=102$	$\sigma_{x71}=23$ $\sigma_{x72}=48$
水平方向地震による応力	引張り	$\sigma_{\phi41}=18$	$\sigma_{x41}=15$	$\sigma_{\phi51}=19$	$\sigma_{x51}=49$	$\sigma_{\phi41}=31$	$\sigma_{x41}=27$	$\sigma_{\phi51}=33$	$\sigma_{x51}=88$
		$\sigma_{\phi421}=15$ $\sigma_{\phi422}=26$	$\sigma_{x421}=29$ $\sigma_{x422}=12$	$\sigma_{\phi52}=143$	$\sigma_{x52}=62$	$\sigma_{\phi421}=26$ $\sigma_{\phi422}=47$	$\sigma_{x421}=52$ $\sigma_{x422}=22$	$\sigma_{\phi52}=257$	$\sigma_{x52}=110$
		$\sigma_{\phi42}=41$	$\sigma_{x42}=41$			$\sigma_{\phi42}=73$	$\sigma_{x42}=74$		
	せん断	$\tau_{\ell}=22$		$\tau_{c}=5$		$\tau_{\ell}=39$		$\tau_{c}=9$	
組合せ応力		$\sigma_{2\ell}=268$		$\sigma_{2c}=448$		$\sigma_{2\ell}=378$		$\sigma_{2c}=631$	

1.3.2 脚に生じる応力

(単位：MPa)

地震の種類		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
地震の方向		長手方向	横方向	長手方向	横方向
運転時質量による応力	圧縮	$\sigma_{s1}=4$	$\sigma_{s1}=4$	$\sigma_{s1}=4$	$\sigma_{s1}=4$
鉛直方向地震による応力	圧縮	$\sigma_{s4}=2$	$\sigma_{s4}=2$	$\sigma_{s4}=4$	$\sigma_{s4}=4$
水平方向地震による応力	曲げ	$\sigma_{s2}=22$	$\sigma_{s3}=6$	$\sigma_{s2}=39$	$\sigma_{s3}=11$
	せん断	$\tau_{s2}=10$	$\tau_{s3}=7$	$\tau_{s2}=17$	$\tau_{s3}=13$
組合せ応力		$\sigma_{s\ell}=32$	$\sigma_{sc}=17$	$\sigma_{s\ell}=52$	$\sigma_{sc}=26$

1.3.3 アンカボルトに生じる応力

(単位：MPa)

地震の種類		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
地震の方向		長手方向	横方向	長手方向	横方向
鉛直方向地震及び水平方向地震による応力*	せん断	$\tau_{bo1}=37$	$\tau_{bo2}=20$	$\tau_{bo1}=77$	$\tau_{bo2}=64$
		$\tau_{bo1}=38$	$\tau_{bo2}=20$	$\tau_{bo1}=78$	$\tau_{bo2}=64$

注記＊：表中で上段は(A),(D)号機，下段は(B),(E)号機の応力とする。

1.4 結論

1.4.1 固有周期 (単位：s)

方向	固有周期
長手方向	T_1＝
横方向	T_2＝
鉛直方向	T_3＝

1.4.2 応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
胴板	SGV480	一次一般膜	σ_0＝87	S_a＝248	σ_0＝87	S_a＝272
		一次	σ_1＝161	S_a＝373	σ_1＝189	S_a＝408
		一次＋二次	σ_2＝448	S_a＝497	σ_2＝631*	S_a＝497
脚	SM400A	組合せ	σ_s＝32	f_t ＝231	σ_s＝52	f_t ＝276
アンカボルト	SS400	せん断	τ_{bo}＝38	f_{sbo}＝106	τ_{bo}＝78	f_{sbo}＝127

注記＊：算出応力が許容応力を満足しないが，設計・建設規格　PVB-3300 に基づいて疲労評価を行い，この結果より耐震性を有することを確認した。

1.4.3 疲労評価

評価部位	S_n (MPa)	K_e	S_p (MPa)	S_ℓ (MPa)	$S_{\ell'}$ * (MPa)	N_a (回)	N_c (回)	疲労累積係数 N_c/N_a
胴板								

注記＊：E_0＝2.07×10^5 MPa　E＝2.00×10^5 MPa として補正する。

【原子炉補機冷却水系熱交換器(A),(B),(D),(E)の耐震性についての計算結果】

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度			
原子炉補機冷却水系熱交換器 (A),(B),(D),(E)	常設／防止 (ＤＢ拡張) 常設／緩和 (ＤＢ拡張)	タービン建屋 T.M.S.L. 4.75 (T.M.S.L. 4.9*)	[redacted]		—	—	C_H＝1.13	C_V＝0.90	1.37	70	50

注記＊：基準床レベルを示す。

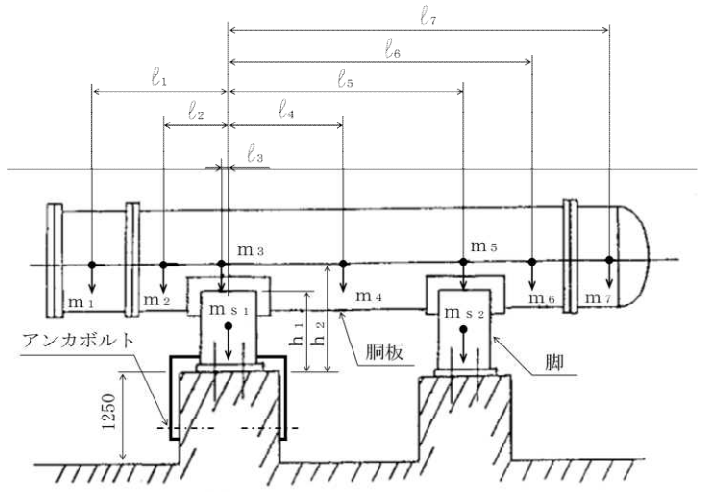
2.2 機器要目

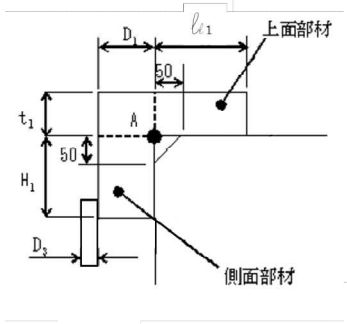
m_1 (kg)	m_2 (kg)	m_3 (kg)	m_4 (kg)	m_5 (kg)	m_6 (kg)	m_7 (kg)
[redacted]						

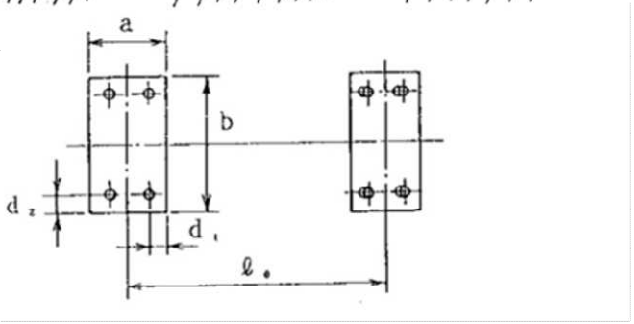
ℓ_1 (mm)	ℓ_2 (mm)	ℓ_3 (mm)	ℓ_4 (mm)	ℓ_5 (mm)	ℓ_6 (mm)	ℓ_7 (mm)	M_1 (N･mm)	M_2 (N･mm)	R_1 (N)	R_2 (N)
−1938	−757	−6	2109	4205	5178	5910	2.989×10^8	1.688×10^8	4.254×10^5	3.092×10^5

m_0 (kg)	m_{s1} (kg)	m_{s2} (kg)	D_i (mm)	t (mm)	t_e (mm)	ℓ_0 (mm)	h_1 (mm)	h_2 (mm)	θ_w (rad)	ℓ_w (mm)
[redacted]			2000	16.0	38.0 *1	4200	760	1250	0.352	240

C_1 (mm)	C_2 (mm)	I_{sx} (mm^4)	I_{sy} (mm^4)	Z_{sx} (mm^3)	Z_{sy} (mm^3)	θ_0 (rad)	θ (rad)
915	340	5.170×10^{10}	2.938×10^9	5.650×10^7	8.641×10^6	2.063	1.423







A_s (mm^2)	E_s (MPa)	G_s (MPa)	A_{s1} (mm^2)	A_{s2} (mm^2)	A_{s3} (mm^2)	A_{s4} (mm^2)
1.243×10^5	201000*4	77300*1	6.856×10^4	4.912×10^4	5.092×10^4	3.957×10^4

K_{11}*2	K_{12}*2	K_{21}*2	K_{22}*2	$K_{\ell1}$	$K_{\ell2}$	K_{c1}	K_{c2}	$C_{\ell1}$	$C_{\ell2}$	C_{c1}	C_{c2}
		—	—								
		—	—								

s	n	n_1	n_2	a (mm)	b (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	d_1 (mm)	d_2 (mm)
15	4	2	2	750	1900	48 (M48)	1.810×10^3	100	275

S_y (胴板) (MPa)	S_u (胴板) (MPa)	S (胴板) (MPa)	S_y (脚) (MPa)	S_u (脚) (MPa)	F (脚) (MPa)	F*(脚) (MPa)	S_y (アンカボルト) (MPa)	S_u (アンカボルト) (MPa)	F (アンカボルト) (MPa)	F*(アンカボルト) (MPa)
248*3	453*3	—	231*4 (16mm＜厚さ≦40mm)	394*4	—	276	231*4 (16mm＜径≦40mm)	394*4	—	276

A_{bo} (mm^2)	$\ell_{\ell1}$ (mm)	t_1*5 (mm)	H_1 (mm)	D_1*5 (mm)	D_3 (mm)	n_{b1}	n_{b2}
1.018×10^3	242.5	38	100	38	38	12	6
		70		65			

注記＊1：本計算においては当板を有効とした。

＊2：表中で上段は一次応力，下段は二次応力の係数とする。

＊3：最高使用温度で算出

＊4：周囲環境温度で算出

＊5：表中で上段は(A)，(D)号機，下段は(B)，(E)号機に対する評価時の要目を示す。

2.3 計算数値

2.3.1 胴に生じる応力

(1) 一次一般膜応力

(単位：MPa)

地震の種類	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度				基準地震動Ｓｓ			
地震の方向	長手方向		横方向		長手方向		横方向	
応力の方向	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力
内圧による応力	—	—	—	—	$\sigma_{\phi 1}=87$	$\sigma_{x 1}=44$	$\sigma_{\phi 1}=87$	$\sigma_{x 1}=44$
内圧による応力 (鉛直方向地震時)	—	—	—	—	—	—	—	—
運転時質量による長手方向曲げモーメントにより生じる応力	—	—	—	—	—	$\sigma_{x 2}=22$	—	$\sigma_{x 2}=22$
鉛直方向地震による長手方向曲げモーメントにより生じる応力	—	—	—	—	—	$\sigma_{x 6}=20$	—	$\sigma_{x 6}=20$
長手方向地震により胴軸断面全面に生じる引張応力	—	—	—	—	—	$\sigma_{x 413}=9$	—	—
組合せ応力	—		—		$\sigma_{0\ell}=87$		$\sigma_{0c}=87$	

(2) 一次応力

(単位：MPa)

地震の種類		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度				基準地震動Ｓｓ			
地震の方向		長手方向		横方向		長手方向		横方向	
応力の方向		周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力
内圧による応力		—	—	—	—	$\sigma_{\phi 1}=87$	$\sigma_{x 1}=44$	$\sigma_{\phi 1}=87$	$\sigma_{x 1}=44$
内圧による応力 (鉛直方向地震時)		—	—	—	—	—	—	—	—
運転時質量による長手方向曲げモーメントにより生じる応力		—	—	—	—	—	$\sigma_{x 2}=22$	—	$\sigma_{x 2}=22$
鉛直方向地震による長手方向曲げモーメントにより生じる応力		—	—	—	—	—	$\sigma_{x 6}=20$	—	$\sigma_{x 6}=20$
運転時質量による脚反力により生じる応力		—	—	—	—	$\sigma_{\phi 3}=26$	$\sigma_{x 3}=26$	$\sigma_{\phi 3}=26$	$\sigma_{x 3}=26$
鉛直方向地震による脚反力により生じる応力		—	—	—	—	$\sigma_{\phi 71}=23$	$\sigma_{x 71}=23$	$\sigma_{\phi 71}=23$	$\sigma_{x 71}=23$
水平方向地震による応力	引張り	— —	— —	—	—	$\sigma_{\phi 411}=21$ $\sigma_{\phi 412}=11$	$\sigma_{x 411}=8$ $\sigma_{x 412}=11$	$\sigma_{\phi 51}=33$	$\sigma_{x 51}=88$
		—	—			$\sigma_{\phi 41}=31$	$\sigma_{x 41}=27$		
	せん断	—		—		$\tau_{\ell}=39$		$\tau_{c}=9$	
組合せ応力		—		—		$\sigma_{1\ell}=184$		$\sigma_{1c}=189$	

(3) 地震動のみによる一次応力と二次応力の和の変動値 (単位：MPa)

地震の種類		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度				基準地震動Ｓｓ			
地震の方向		長手方向		横方向		長手方向		横方向	
応力の方向		周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力
内圧による応力 (鉛直方向地震時)		—	—	—	—	—	—	—	—
鉛直方向地震による長手方向曲げモーメントにより生じる応力		—	—	—	—	—	$\sigma_{x6}=20$	—	$\sigma_{x6}=20$
鉛直方向地震による脚反力により生じる応力		— —	— —	— —	— —	$\sigma_{\phi71}=23$ $\sigma_{\phi72}=102$	$\sigma_{x71}=23$ $\sigma_{x72}=48$	$\sigma_{\phi71}=23$ $\sigma_{\phi72}=102$	$\sigma_{x71}=23$ $\sigma_{x72}=48$
水平方向地震による応力	引張り	—	—	—	—	$\sigma_{\phi41}=31$	$\sigma_{x41}=27$	$\sigma_{\phi51}=33$	$\sigma_{x51}=88$
		— —	— —	—	—	$\sigma_{\phi421}=26$ $\sigma_{\phi422}=47$	$\sigma_{x421}=52$ $\sigma_{x422}=22$	$\sigma_{\phi52}=257$	$\sigma_{x52}=110$
		—	—			$\sigma_{\phi42}=73$	$\sigma_{x42}=74$		
	せん断	—		—		$\tau_{\ell}=39$		$\tau_{c}=9$	
組合せ応力		—		—		$\sigma_{2\ell}=378$		$\sigma_{2c}=631$	

2.3.2 脚に生じる応力 (単位：MPa)

地震の種類		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
地震の方向		長手方向	横方向	長手方向	横方向
運転時質量による応力	圧縮	—	—	$\sigma_{s1}=4$	$\sigma_{s1}=4$
鉛直方向地震による応力	圧縮	—	—	$\sigma_{s4}=4$	$\sigma_{s4}=4$
水平方向地震による応力	曲げ	—	—	$\sigma_{s2}=39$	$\sigma_{s3}=11$
	せん断	—	—	$\tau_{s2}=17$	$\tau_{s3}=13$
組合せ応力		—	—	$\sigma_{s\ell}=52$	$\sigma_{sc}=26$

2.3.3 アンカボルトに生じる応力 (単位：MPa)

地震の種類		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
地震の方向		長手方向	横方向	長手方向	横方向
鉛直方向地震及び水平方向地震による応力*	せん断	—	—	$\tau_{bo1}=77$	$\tau_{bo2}=64$
		—	—	$\tau_{bo1}=78$	$\tau_{bo2}=64$

注記＊：表中で上段は(A),(D)号機，下段は(B),(E)号機の応力とする。

2.4 結論

2.4.1 固有周期 (単位：s)

方向	固有周期
長手方向	T_1=
横方向	T_2=
鉛直方向	T_3=

2.4.2 応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
胴板	SGV480	一次一般膜	—	—	σ_0=87	S_a=272
		一次	—	—	σ_1=189	S_a=408
		一次＋二次	—	—	σ_2=631*	S_a=497
脚	SM400A	組合せ	—	—	σ_s=52	f_t=276
アンカボルト	SS400	せん断	—	—	τ_{bo}=78	f_{sbo}=127

注記＊：算出応力が許容応力を満足しないが，設計・建設規格　PVB-3300 に基づいて疲労評価を行い，この結果より耐震性を有することを確認した。

2.4.3 疲労評価

評価部位	S_n (MPa)	K_e	S_p (MPa)	S_ℓ (MPa)	$S_{\ell'}$ * (MPa)	N_a (回)	N_c (回)	疲労累積係数 N_c/N_a
胴板								

注記＊：E_0=2.07×10^5 MPa　E=2.00×10^5 MPa として補正する。

【原子炉補機冷却水系熱交換器(C),(F)の耐震性についての計算結果】

3. 設計基準対象施設

3.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度			
原子炉補機冷却水系熱交換器 (C),(F)	S	タービン建屋 T.M.S.L. -3.55 (T.M.S.L. -1.1*)			C_H=0.58	C_V=0.44	C_H=0.98	C_V=0.89	1.37	70	50

注記＊：基準床レベルを示す。

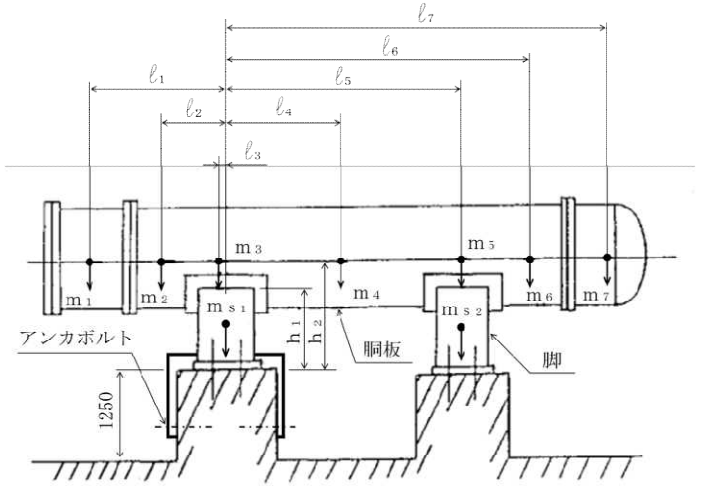
3.2 機器要目

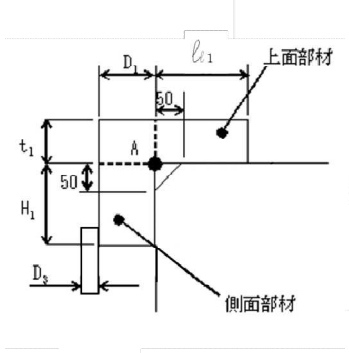
m_1 (kg)	m_2 (kg)	m_3 (kg)	m_4 (kg)	m_5 (kg)	m_6 (kg)	m_7 (kg)

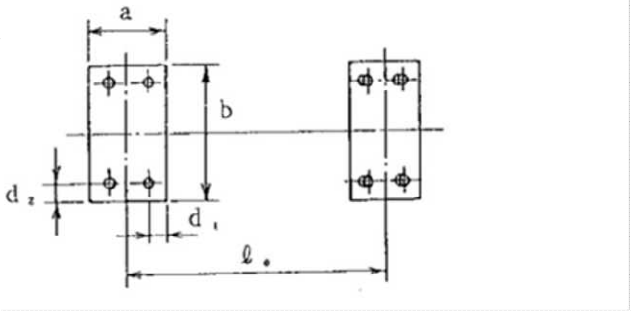
ℓ_1 (mm)	ℓ_2 (mm)	ℓ_3 (mm)	ℓ_4 (mm)	ℓ_5 (mm)	ℓ_6 (mm)	ℓ_7 (mm)	M_1 (N・mm)	M_2 (N・mm)	R_1 (N)	R_2 (N)
−1801	−634	7	1002	2003	3072	3886	2.637×10^8	2.051×10^8	3.153×10^5	2.368×10^5

m_0 (kg)	m_{s1} (kg)	m_{s2} (kg)	D_i (mm)	t (mm)	t_e (mm)	ℓ_0 (mm)	h_1 (mm)	h_2 (mm)	θ_w (rad)	ℓ_w (mm)
			2000	16.0	38.0 *1	2000	760	1250	0.352	240

C_1 (mm)	C_2 (mm)	I_{sx} (mm^4)	I_{sy} (mm^4)	Z_{sx} (mm^3)	Z_{sy} (mm^3)	θ_0 (rad)	θ (rad)
915	340	5.170×10^{10}	2.938×10^9	5.650×10^7	8.641×10^6	2.063	1.423







A_s (mm^2)	E_s (MPa)	G_s (MPa)	A_{s1} (mm^2)	A_{s2} (mm^2)	A_{s3} (mm^2)	A_{s4} (mm^2)
1.243×10^5	201000*4	77300*1	6.856×10^4	4.912×10^4	5.092×10^4	3.957×10^1

K_{11}*2	K_{12}*2	K_{21}*2	K_{22}*2	$K_{\ell1}$	$K_{\ell2}$	K_{c1}	K_{c2}	$C_{\ell1}$	$C_{\ell2}$	C_{c1}	C_{c2}
		—	—								
		—	—								

s	n	n_1	n_2	a (mm)	b (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	d_1 (mm)	d_2 (mm)
15	4	2	2	750	1900	48 (M48)	1.810×10^3	100	275

S_y（胴板） (MPa)	S_u（胴板） (MPa)	S（胴板） (MPa)	S_y（脚） (MPa)	S_u（脚） (MPa)	F（脚） (MPa)	F*(脚) (MPa)	S_y（アンカボルト） (MPa)	S_u（アンカボルト） (MPa)	F（アンカボルト） (MPa)	F*(アンカボルト) (MPa)
248*3	453*3	—	231*4 (16mm＜厚さ≦40mm)	394*4	231	276	231*4 (16mm＜径≦40mm)	394*4	231	276

A_{bo} (mm^2)	$\ell_{\ell1}$ (mm)	t_1 (mm)	H_1 (mm)	D_1 (mm)	D_3 (mm)	n_{b1}*5	n_{b2}
1.018×10^3	242.5	38	100	38	38	10	4
						11	

注記＊1：本計算においては当板を有効とした。

＊2：表中で上段は一次応力，下段は二次応力の係数とする。

＊3：最高使用温度で算出

＊4：周囲環境温度で算出

＊5：表中で上段は(C)号機，下段は(F)号機に対する評価時の要目を示す。

3.3 計算数値

3.3.1 胴に生じる応力

(1) 一次一般膜応力

(単位：MPa)

地震の種類	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度				基準地震動Ｓｓ			
地震の方向	長手方向		横方向		長手方向		横方向	
応力の方向	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力
内圧による応力	$\sigma_{\phi 1}=87$	$\sigma_{x 1}=44$	$\sigma_{\phi 1}=87$	$\sigma_{x 1}=44$	$\sigma_{\phi 1}=87$	$\sigma_{x 1}=44$	$\sigma_{\phi 1}=87$	$\sigma_{x 1}=44$
内圧による応力 (鉛直方向地震時)	—	—	—	—	—	—	—	—
運転時質量による長手方向曲げモーメントにより生じる応力	—	$\sigma_{x 2}=19$	—	$\sigma_{x 2}=19$	—	$\sigma_{x 2}=19$	—	$\sigma_{x 2}=19$
鉛直方向地震による長手方向曲げモーメントにより生じる応力	—	$\sigma_{x 6}=9$	—	$\sigma_{x 6}=9$	—	$\sigma_{x 6}=17$	—	$\sigma_{x 6}=17$
長手方向地震により胴軸断面全面に生じる引張応力	—	$\sigma_{x 413}=4$	—	—	—	$\sigma_{x 413}=6$	—	—
組合せ応力	$\sigma_{0\ell}=87$		$\sigma_{0c}=87$		$\sigma_{0\ell}=87$		$\sigma_{0c}=87$	

(2) 一次応力

(単位：MPa)

地震の種類		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度				基準地震動Ｓｓ			
地震の方向		長手方向		横方向		長手方向		横方向	
応力の方向		周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力
内圧による応力		$\sigma_{\phi 1}=87$	$\sigma_{x 1}=44$	$\sigma_{\phi 1}=87$	$\sigma_{x 1}=44$	$\sigma_{\phi 1}=87$	$\sigma_{x 1}=44$	$\sigma_{\phi 1}=87$	$\sigma_{x 1}=44$
内圧による応力 (鉛直方向地震時)		—	—	—	—	—	—	—	—
運転時質量による長手方向曲げモーメントにより生じる応力		—	$\sigma_{x 2}=19$	—	$\sigma_{x 2}=19$	—	$\sigma_{x 2}=19$	—	$\sigma_{x 2}=19$
鉛直方向地震による長手方向曲げモーメントにより生じる応力		—	$\sigma_{x 6}=9$	—	$\sigma_{x 6}=9$	—	$\sigma_{x 6}=17$	—	$\sigma_{x 6}=17$
運転時質量による脚反力により生じる応力		$\sigma_{\phi 3}=19$	$\sigma_{x 3}=19$	$\sigma_{\phi 3}=19$	$\sigma_{x 3}=19$	$\sigma_{\phi 3}=19$	$\sigma_{x 3}=19$	$\sigma_{\phi 3}=19$	$\sigma_{x 3}=19$
鉛直方向地震による脚反力により生じる応力		$\sigma_{\phi 71}=9$	$\sigma_{x 71}=9$	$\sigma_{\phi 71}=9$	$\sigma_{x 71}=9$	$\sigma_{\phi 71}=17$	$\sigma_{x 71}=17$	$\sigma_{\phi 71}=17$	$\sigma_{x 71}=17$
水平方向地震による応力	引張り	$\sigma_{\phi 411}=8$ $\sigma_{\phi 412}=9$	$\sigma_{x 411}=3$ $\sigma_{x 412}=9$	$\sigma_{\phi 51}=13$	$\sigma_{x 51}=34$	$\sigma_{\phi 411}=14$ $\sigma_{\phi 412}=15$	$\sigma_{x 411}=6$ $\sigma_{x 412}=15$	$\sigma_{\phi 51}=21$	$\sigma_{x 51}=57$
		$\sigma_{\phi 41}=17$	$\sigma_{x 41}=15$			$\sigma_{\phi 41}=28$	$\sigma_{x 41}=25$		
	せん断	$\tau_{\ell}=15$		$\tau_{c}=4$		$\tau_{\ell}=26$		$\tau_{c}=6$	
組合せ応力		$\sigma_{1\ell}=138$		$\sigma_{1c}=133$		$\sigma_{1\ell}=156$		$\sigma_{1c}=149$	

(3) 地震動のみによる一次応力と二次応力の和の変動値

(単位：MPa)

地震の種類		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度				基準地震動Ｓｓ			
地震の方向		長手方向		横方向		長手方向		横方向	
応力の方向		周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力
内圧による応力 (鉛直方向地震時)		—	—	—	—	—	—	—	—
鉛直方向地震による長手方向曲げモーメントにより生じる応力		—	$\sigma_{x6}=9$	—	$\sigma_{x6}=9$	—	$\sigma_{x6}=17$	—	$\sigma_{x6}=17$
鉛直方向地震による脚反力により生じる応力		$\sigma_{\phi71}=9$ $\sigma_{\phi72}=37$	$\sigma_{x71}=9$ $\sigma_{x72}=18$	$\sigma_{\phi71}=9$ $\sigma_{\phi72}=37$	$\sigma_{x71}=9$ $\sigma_{x72}=18$	$\sigma_{\phi71}=17$ $\sigma_{\phi72}=75$	$\sigma_{x71}=17$ $\sigma_{x72}=35$	$\sigma_{\phi71}=17$ $\sigma_{\phi72}=75$	$\sigma_{x71}=17$ $\sigma_{x72}=35$
水平方向地震による応力	引張り	$\sigma_{\phi41}=17$	$\sigma_{x41}=15$	$\sigma_{\phi51}=13$	$\sigma_{x51}=34$	$\sigma_{\phi41}=28$	$\sigma_{x41}=25$	$\sigma_{\phi51}=21$	$\sigma_{x51}=57$
		$\sigma_{\phi421}=10$ $\sigma_{\phi422}=38$	$\sigma_{x421}=21$ $\sigma_{x422}=18$	$\sigma_{\phi52}=98$	$\sigma_{x52}=42$	$\sigma_{\phi421}=17$ $\sigma_{\phi422}=64$	$\sigma_{x421}=34$ $\sigma_{x422}=30$	$\sigma_{\phi52}=165$	$\sigma_{x52}=71$
		$\sigma_{\phi42}=48$	$\sigma_{x42}=38$			$\sigma_{\phi42}=81$	$\sigma_{x42}=64$		
	せん断	$\tau_{\ell}=15$		$\tau_{c}=4$		$\tau_{\ell}=26$		$\tau_{c}=6$	
組合せ応力		$\sigma_{2\ell}=233$		$\sigma_{2c}=311$		$\sigma_{2\ell}=312$		$\sigma_{2c}=415$	

3.3.2 脚に生じる応力

(単位：MPa)

地震の種類		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
地震の方向		長手方向	横方向	長手方向	横方向
運転時質量による応力	圧縮	$\sigma_{s1}=3$	$\sigma_{s1}=3$	$\sigma_{s1}=3$	$\sigma_{s1}=3$
鉛直方向地震による応力	圧縮	$\sigma_{s4}=2$	$\sigma_{s4}=2$	$\sigma_{s4}=3$	$\sigma_{s4}=3$
水平方向地震による応力	曲げ	$\sigma_{s2}=16$	$\sigma_{s3}=5$	$\sigma_{s2}=27$	$\sigma_{s3}=7$
	せん断	$\tau_{s2}=7$	$\tau_{s3}=5$	$\tau_{s2}=11$	$\tau_{s3}=8$
組合せ応力		$\sigma_{s\ell}=23$	$\sigma_{sc}=12$	$\sigma_{s\ell}=35$	$\sigma_{sc}=18$

3.3.3 アンカボルトに生じる応力

(単位：MPa)

地震の種類		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
地震の方向		長手方向	横方向	長手方向	横方向
鉛直方向地震及び水平方向地震による応力*	せん断	$\tau_{bo1}=34$	$\tau_{bo2}=19$	$\tau_{bo1}=63$	$\tau_{bo2}=62$
		$\tau_{bo1}=31$	$\tau_{bo2}=19$	$\tau_{bo1}=58$	$\tau_{bo2}=62$

注記＊：表中で上段は(C)号機，下段は(F)号機の応力とする。

3.4 結論

3.4.1 固有周期 (単位：s)

方向	固有周期
長手方向	T_1＝
横方向	T_2＝
鉛直方向	T_3＝

3.4.2 応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
胴板	SGV480	一次一般膜	σ_0＝87	S_a＝248	σ_0＝87	S_a＝272
		一次	σ_1＝138	S_a＝373	σ_1＝156	S_a＝408
		一次＋二次	σ_2＝311	S_a＝497	σ_2＝415	S_a＝497
脚	SM400A	組合せ	σ_s＝23	f_t ＝231	σ_s＝35	f_t ＝276
アンカボルト	SS400	せん断	τ_{bo}＝34	f_{sbo}＝106	τ_{bo}＝63	f_{sbo}＝127

すべて許容応力以下である。

【原子炉補機冷却水系熱交換器(C),(F)の耐震性についての計算結果】

4. 重大事故等対処設備

4.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度			
原子炉補機冷却水系熱交換器 (C),(F)	常設／防止 (ＤＢ拡張) 常設／緩和 (ＤＢ拡張)	タービン建屋 T.M.S.L. -3.55 (T.M.S.L. -1.1*)			—	—	C_H＝0.98	C_V＝0.89	1.37	70	50

注記＊：基準床レベルを示す。

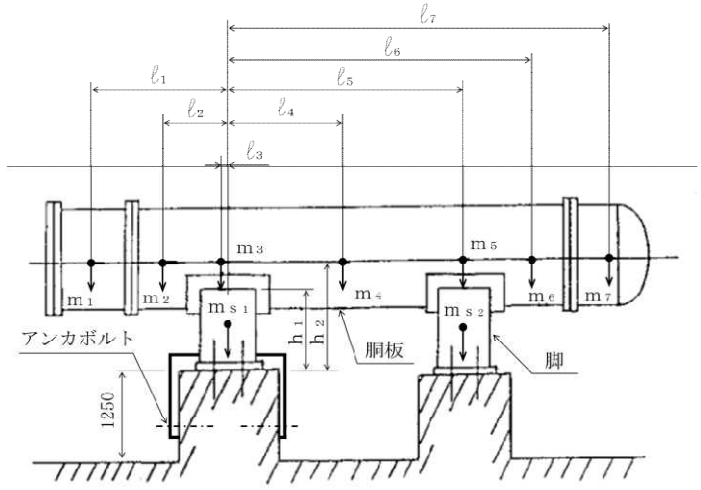
4.2 機器要目

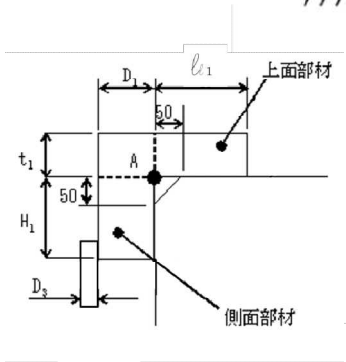
m_1 (kg)	m_2 (kg)	m_3 (kg)	m_4 (kg)	m_5 (kg)	m_6 (kg)	m_7 (kg)

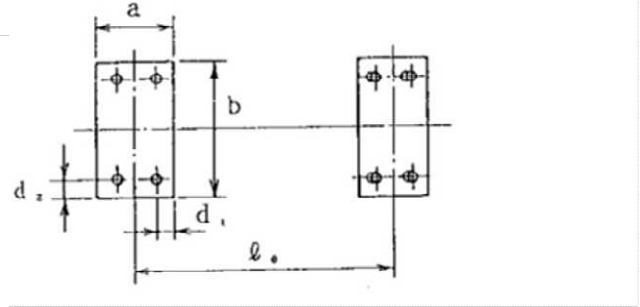
ℓ_1 (mm)	ℓ_2 (mm)	ℓ_3 (mm)	ℓ_4 (mm)	ℓ_5 (mm)	ℓ_6 (mm)	ℓ_7 (mm)	M_1 (N・mm)	M_2 (N・mm)	R_1 (N)	R_2 (N)
−1801	−634	7	1002	2003	3072	3886	2.637×10^8	2.051×10^8	3.153×10^5	2.368×10^5

m_0 (kg)	m_{s1} (kg)	m_{s2} (kg)	D_i (mm)	t (mm)	t_e (mm)	ℓ_0 (mm)	h_1 (mm)	h_2 (mm)	θ_w (rad)	ℓ_w (mm)
			2000	16.0	38.0 *1	2000	760	1250	0.352	240

C_1 (mm)	C_2 (mm)	I_{sx} (mm^4)	I_{sy} (mm^4)	Z_{sx} (mm^3)	Z_{sy} (mm^3)	θ_0 (rad)	θ (rad)
915	340	5.170×10^{10}	2.938×10^9	5.650×10^7	8.641×10^6	2.063	1.423







A_s (mm^2)	E_s (MPa)	G_s (MPa)	A_{s1} (mm^2)	A_{s2} (mm^2)	A_{s3} (mm^2)	A_{s4} (mm^2)
1.243×10^5	201000*4	77300*1	6.856×10^4	4.912×10^4	5.092×10^4	3.957×10^1

K_{11}*2	K_{12}*2	K_{21}*2	K_{22}*2	$K_{\ell1}$	$K_{\ell2}$	K_{c1}	K_{c2}	$C_{\ell1}$	$C_{\ell2}$	C_{c1}	C_{c2}
		—	—								
		—	—								

s	n	n_1	n_2	a (mm)	b (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	d_1 (mm)	d_2 (mm)
15	4	2	2	750	1900	48 (M48)	1.810×10^3	100	275

S_y（胴板） (MPa)	S_u（胴板） (MPa)	S（胴板） (MPa)	S_y（脚） (MPa)	S_u（脚） (MPa)	F（脚） (MPa)	F*(脚) (MPa)	S_y（アンカボルト） (MPa)	S_u（アンカボルト） (MPa)	F（アンカボルト） (MPa)	F*(アンカボルト) (MPa)
248*3	453*3	—	231*4 (16mm＜厚さ≦40mm)	394*4	—	276	231*4 (16mm＜径≦40mm)	394*4	—	276

A_{bo} (mm^2)	$\ell_{\ell1}$ (mm)	t_1 (mm)	H_1 (mm)	D_1 (mm)	D_3 (mm)	n_{b1}*5	n_{b2}
1.018×10^3	242.5	38	100	38	38	10	4
						11	

注記＊1：本計算においては当板を有効とした。

＊2：表中で上段は一次応力，下段は二次応力の係数とする。

＊3：最高使用温度で算出

＊4：周囲環境温度で算出

＊5：表中で上段は(C)号機，下段は(F)号機に対する評価時の要目を示す。

4.3 計算数値

4.3.1 胴に生じる応力

(1) 一次一般膜応力

(単位：MPa)

地震の種類	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度				基準地震動Ｓｓ			
地震の方向	長手方向		横方向		長手方向		横方向	
応力の方向	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力
内圧による応力	—	—	—	—	$\sigma_{\phi 1}=87$	$\sigma_{x 1}=44$	$\sigma_{\phi 1}=87$	$\sigma_{x 1}=44$
内圧による応力 (鉛直方向地震時)	—	—	—	—	—	—	—	—
運転時質量による長手方向曲げモーメントにより生じる応力	—	—	—	—	—	$\sigma_{x 2}=19$	—	$\sigma_{x 2}=19$
鉛直方向地震による長手方向曲げモーメントにより生じる応力	—	—	—	—	—	$\sigma_{x 6}=17$	—	$\sigma_{x 6}=17$
長手方向地震により胴軸断面全面に生じる引張応力	—	—	—	—	—	$\sigma_{x 413}=6$	—	—
組合せ応力	—		—		$\sigma_{0\ell}=87$		$\sigma_{0c}=87$	

(2) 一次応力

(単位：MPa)

地震の種類		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度				基準地震動Ｓｓ			
地震の方向		長手方向		横方向		長手方向		横方向	
応力の方向		周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力
内圧による応力		—	—	—	—	$\sigma_{\phi 1}=87$	$\sigma_{x 1}=44$	$\sigma_{\phi 1}=87$	$\sigma_{x 1}=44$
内圧による応力 (鉛直方向地震時)		—	—	—	—	—	—	—	—
運転時質量による長手方向曲げモーメントにより生じる応力		—	—	—	—	—	$\sigma_{x 2}=19$	—	$\sigma_{x 2}=19$
鉛直方向地震による長手方向曲げモーメントにより生じる応力		—	—	—	—	—	$\sigma_{x 6}=17$	—	$\sigma_{x 6}=17$
運転時質量による脚反力により生じる応力		—	—	—	—	$\sigma_{\phi 3}=19$	$\sigma_{x 3}=19$	$\sigma_{\phi 3}=19$	$\sigma_{x 3}=19$
鉛直方向地震による脚反力により生じる応力		—	—	—	—	$\sigma_{\phi 71}=17$	$\sigma_{x 71}=17$	$\sigma_{\phi 71}=17$	$\sigma_{x 71}=17$
水平方向地震による応力	引張り	— —	— —	—	—	$\sigma_{\phi 411}=14$ $\sigma_{\phi 412}=15$	$\sigma_{x 411}=6$ $\sigma_{x 412}=15$	$\sigma_{\phi 51}=21$	$\sigma_{x 51}=57$
		—	—			$\sigma_{\phi 41}=28$	$\sigma_{x 41}=25$		
	せん断	—		—		$\tau_{\ell}=26$		$\tau_{c}=6$	
組合せ応力		—		—		$\sigma_{1\ell}=156$		$\sigma_{1c}=149$	

(3) 地震動のみによる一次応力と二次応力の和の変動値

(単位：MPa)

地震の種類		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度				基準地震動Ｓｓ			
地震の方向		長手方向		横方向		長手方向		横方向	
応力の方向		周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力
内圧による応力 (鉛直方向地震時)		—	—	—	—	—	—	—	—
鉛直方向地震による長手方向曲げモーメントにより生じる応力		—	—	—	—	—	$\sigma_{x6}=17$	—	$\sigma_{x6}=17$
鉛直方向地震による脚反力により生じる応力		— —	— —	— —	— —	$\sigma_{\phi71}=17$ $\sigma_{\phi72}=75$	$\sigma_{x71}=17$ $\sigma_{x72}=35$	$\sigma_{\phi71}=17$ $\sigma_{\phi72}=75$	$\sigma_{x71}=17$ $\sigma_{x72}=35$
水平方向地震による応力	引張り	—	—	—	—	$\sigma_{\phi41}=28$	$\sigma_{x41}=25$	$\sigma_{\phi51}=21$	$\sigma_{x51}=57$
		— —	— —	—	—	$\sigma_{\phi421}=17$ $\sigma_{\phi422}=64$	$\sigma_{x421}=34$ $\sigma_{x422}=30$	$\sigma_{\phi52}=165$	$\sigma_{x52}=71$
		—	—			$\sigma_{\phi42}=81$	$\sigma_{x42}=64$		
	せん断	—		—		$\tau_{\ell}=26$		$\tau_{c}=6$	
組合せ応力		—		—		$\sigma_{2\ell}=312$		$\sigma_{2c}=415$	

4.3.2 脚に生じる応力

(単位：MPa)

地震の種類		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
地震の方向		長手方向	横方向	長手方向	横方向
運転時質量による応力	圧縮	—	—	$\sigma_{s1}=3$	$\sigma_{s1}=3$
鉛直方向地震による応力	圧縮	—	—	$\sigma_{s4}=3$	$\sigma_{s4}=3$
水平方向地震による応力	曲げ	—	—	$\sigma_{s2}=27$	$\sigma_{s3}=7$
	せん断	—	—	$\tau_{s2}=11$	$\tau_{s3}=8$
組合せ応力		—	—	$\sigma_{s\ell}=35$	$\sigma_{sc}=18$

4.3.3 アンカボルトに生じる応力

(単位：MPa)

地震の種類		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
地震の方向		長手方向	横方向	長手方向	横方向
鉛直方向地震及び水平方向地震による応力*	せん断	—	—	$\tau_{bo1}=63$	$\tau_{bo2}=62$
		—	—	$\tau_{bo1}=58$	$\tau_{bo2}=62$

注記＊：表中で上段は(C)号機，下段は(F)号機の応力とする。

4.4 結論

4.4.1 固有周期 (単位：s)

方向	固有周期
長手方向	T_1＝
横方向	T_2＝
鉛直方向	T_3＝

4.4.2 応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
胴板	SGV480	一次一般膜	—	—	σ_o＝87	S_a＝272
		一次	—	—	σ_1＝156	S_a＝408
		一次＋二次	—	—	σ_2＝415	S_a＝497
脚	SM400A	組合せ	—	—	σ_s＝35	f_t＝276
アンカボルト	SS400	せん断	—	—	τ_{bo}＝63	f_{sbo}＝127

すべて許容応力以下である。

Ⅴ-2-5-6-1-2　原子炉補機冷却水ポンプの耐震性についての計算書

目　　次

1.　概要 ····· 1
2.　一般事項 ····· 1
2.1　構造計画 ····· 1
3.　構造強度評価 ····· 3
3.1　構造強度評価方法 ····· 3
3.2　荷重の組合せ及び許容応力 ····· 3
3.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 3
3.2.2　許容応力 ····· 3
3.2.3　使用材料の許容応力評価条件 ····· 3
3.3　計算条件 ····· 3
4.　機能維持評価 ····· 8
4.1　動的機能維持評価方法 ····· 8
5.　評価結果 ····· 9
5.1　設計基準対象施設としての評価結果 ····· 9
5.2　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 9

1. 概要

本計算書は，Ｖ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，原子炉補機冷却水ポンプが設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

原子炉補機冷却水ポンプは，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備（設計基準拡張）及び常設重大事故緩和設備（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動的機能維持評価を示す。

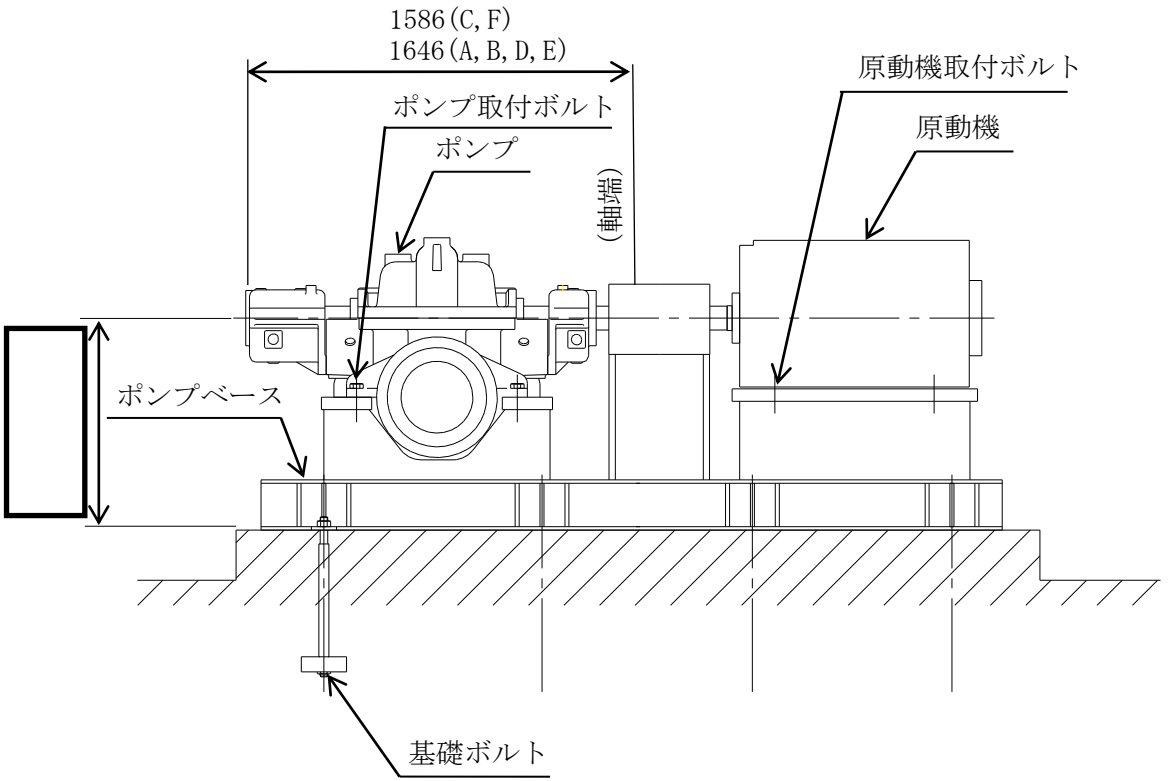
なお，原子炉補機冷却水ポンプは，Ｖ-2-1-14「計算書作成の方法」に記載の横軸ポンプであるため，Ｖ-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-1　横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

原子炉補機冷却水ポンプの構造計画を表 2－1 に示す。

表2－1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
ポンプはポンプベースに固定され，ポンプベースは基礎ボルトで基礎に据え付ける。	ターボ形 （ターボ形横軸ポンプ）	 （単位：mm）

3.　構造強度評価

3.1　構造強度評価方法

原子炉補機冷却水ポンプの構造強度評価は，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-1　横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

3.2　荷重の組合せ及び許容応力

3.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉補機冷却水ポンプの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 3－1 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3－2 に示す。

3.2.2　許容応力

原子炉補機冷却水ポンプの許容応力は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，表 3－3 のとおりとする。

3.2.3　使用材料の許容応力評価条件

原子炉補機冷却水ポンプの使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 3－4 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3－5 に示す。

3.3　計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【原子炉補機冷却水ポンプの耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 3－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉冷却系統施設	原子炉補機冷却設備	原子炉補機冷却水ポンプ	S	Non*	D＋P_D＋M_D＋S d*	ⅢAS
					D＋P_D＋M_D＋S s	ⅣAS

注記＊：クラス３ポンプの荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。また，クラス３ポンプの支持構造物を含む。

表 3－2　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉冷却系統施設	原子炉補機冷却設備	原子炉補機冷却水ポンプ	常設／防止（ＤＢ拡張） 常設／緩和（ＤＢ拡張）	重大事故等クラス２ポンプ*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），「常設／緩和（ＤＢ拡張）」は常設重大事故緩和設備（設計基準拡張）を示す。

＊2：重大事故等クラス２ポンプの支持構造物を含む。

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

表 3－3　許容応力（クラス２，３支持構造物及び重大事故等クラス２支持構造物）

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

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

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

表 3－4　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
基礎ボルト		周囲環境温度	50			―
ポンプ取付ボルト		最高使用温度	70			―
原動機取付ボルト		周囲環境温度	50			―

表 3－5　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		Ｓｙ (MPa)	Ｓｕ (MPa)	Ｓｙ（ＲＴ） (MPa)
基礎ボルト		周囲環境温度	50			―
ポンプ取付ボルト		最高使用温度	70			―
原動機取付ボルト		周囲環境温度	50			―

4. 機能維持評価

4.1 動的機能維持評価方法

原子炉補機冷却水ポンプの動的機能維持評価は，V-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-1 横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

原子炉補機冷却水ポンプは地震時動的機能維持が確認された機種と類似の構造及び振動特性であるため，V-2-1-9「機能維持の基本方針」に記載の機能確認済加速度を適用する。機能確認済加速度を表 4－1 に示す。

表 4－1　機能確認済加速度　　(×9.8m/s^2)

評価部位	形式	方向	機能確認済加速度
ポンプ	横形単段遠心式ポンプ	水平	1.4
		鉛直	1.0
原動機	横形転がり軸受電動機	水平	4.7
		鉛直	1.0

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

原子炉補機冷却水ポンプの設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

原子炉補機冷却水ポンプの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【原子炉補機冷却水ポンプ(A),(B),(D),(E)の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		ポンプ振動による震度	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度			
原子炉補機冷却水ポンプ (A),(B),(D),(E)	S	タービン建屋 T.M.S.L. 3.5 (T.M.S.L. 4.9*1)	—*2	—*2	C_H=0.69	C_V=0.59	C_H=1.47	C_V=1.16		70	50

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：固有周期は十分に小さく，計算は省略する。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}*1 (mm)	ℓ_{2i}*1 (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	n_{fi}*1
基礎ボルト (i=1)							8	4
								2
ポンプ取付ボルト (i=2)							4	2
								2
原動機取付ボルト (i=3)							4	2
								2

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向		M_p (N・mm)
					弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	
基礎ボルト (i=1)					軸直角	軸直角	—
ポンプ取付ボルト (i=2)					軸直角	軸直角	
原動機取付ボルト (i=3)					軸直角	軸直角	

H_p (μm)	N (rpm)

注記＊1：各ボルトの機器要目における上段は軸直角方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は軸方向転倒に対する評価時の要目を示す。
＊2：周囲環境温度で算出
＊3：最高使用温度で算出

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト（ｉ＝1）				
ポンプ取付ボルト（ｉ＝2）				
原動機取付ボルト（ｉ＝3）				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト（ｉ＝1）		引張り	σ_{b1}＝18	f_{ts1}＝475*	σ_{b1}＝47	f_{ts1}＝475*
		せん断	τ_{b1}＝11	f_{sb1}＝366	τ_{b1}＝22	f_{sb1}＝366
ポンプ取付ボルト（ｉ＝2）		引張り	σ_{b2}＝15	f_{ts2}＝450*	σ_{b2}＝38	f_{ts2}＝450*
		せん断	τ_{b2}＝11	f_{sb2}＝347	τ_{b2}＝23	f_{sb2}＝347
原動機取付ボルト（ｉ＝3）		引張り	σ_{b3}＝8	f_{ts3}＝158*	σ_{b3}＝19	f_{ts3}＝190*
		せん断	τ_{b3}＝6	f_{sb3}＝122	τ_{b3}＝12	f_{sb3}＝146

すべて許容応力以下である。

注記＊：f_{tsi}＝Min[1.4・f_{toi}－1.6・τ_{bi}, f_{toi}]

1.4.2 動的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
ポンプ	水平方向	0.95	1.4
	鉛直方向	0.75	1.0
原動機	水平方向	0.95	4.7
	鉛直方向	0.75	1.0

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

【原子炉補機冷却水ポンプ(A),(B),(D),(E)の耐震性についての計算結果】

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		ポンプ振動による震度	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度			
原子炉補機冷却水ポンプ (A),(B),(D),(E)	常設／防止 (ＤＢ拡張) 常設／緩和 (ＤＢ拡張)	タービン建屋 T.M.S.L. 3.5 (T.M.S.L. 4.9*1)	—*2	—*2	—	—	C_H=1.47	C_V=1.16		70	50

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：固有周期は十分に小さく，計算は省略する。

2.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}*1 (mm)	ℓ_{2i}*1 (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	n_{fi}*1
基礎ボルト (ｉ＝1)							8	4
								2
ポンプ取付ボルト (ｉ＝2)							4	2
								2
原動機取付ボルト (ｉ＝3)							4	2
								2

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向		M_p (N・mm)
					弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	
基礎ボルト (ｉ＝1)			—		—	軸直角	—
ポンプ取付ボルト (ｉ＝2)			—		—	軸直角	
原動機取付ボルト (ｉ＝3)			—		—	軸直角	

H_p (μm)	N (rpm)

注記＊1：各ボルトの機器要目における上段は軸直角方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は軸方向転倒に対する評価時の要目を示す。

＊2：周囲環境温度で算出

＊3：最高使用温度で算出

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト（ｉ＝1）	—		—	
ポンプ取付ボルト（ｉ＝2）	—		—	
原動機取付ボルト（ｉ＝3）	—		—	

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト（ｉ＝1）		引張り	—	—	σ_{b1}＝47	f_{ts1}＝475*
		せん断	—	—	τ_{b1}＝22	f_{sb1}＝366
ポンプ取付ボルト（ｉ＝2）		引張り	—	—	σ_{b2}＝38	f_{ts2}＝450*
		せん断	—	—	τ_{b2}＝23	f_{sb2}＝347
原動機取付ボルト（ｉ＝3）		引張り	—	—	σ_{b3}＝19	f_{ts3}＝190*
		せん断	—	—	τ_{b3}＝12	f_{sb3}＝146

すべて許容応力以下である。

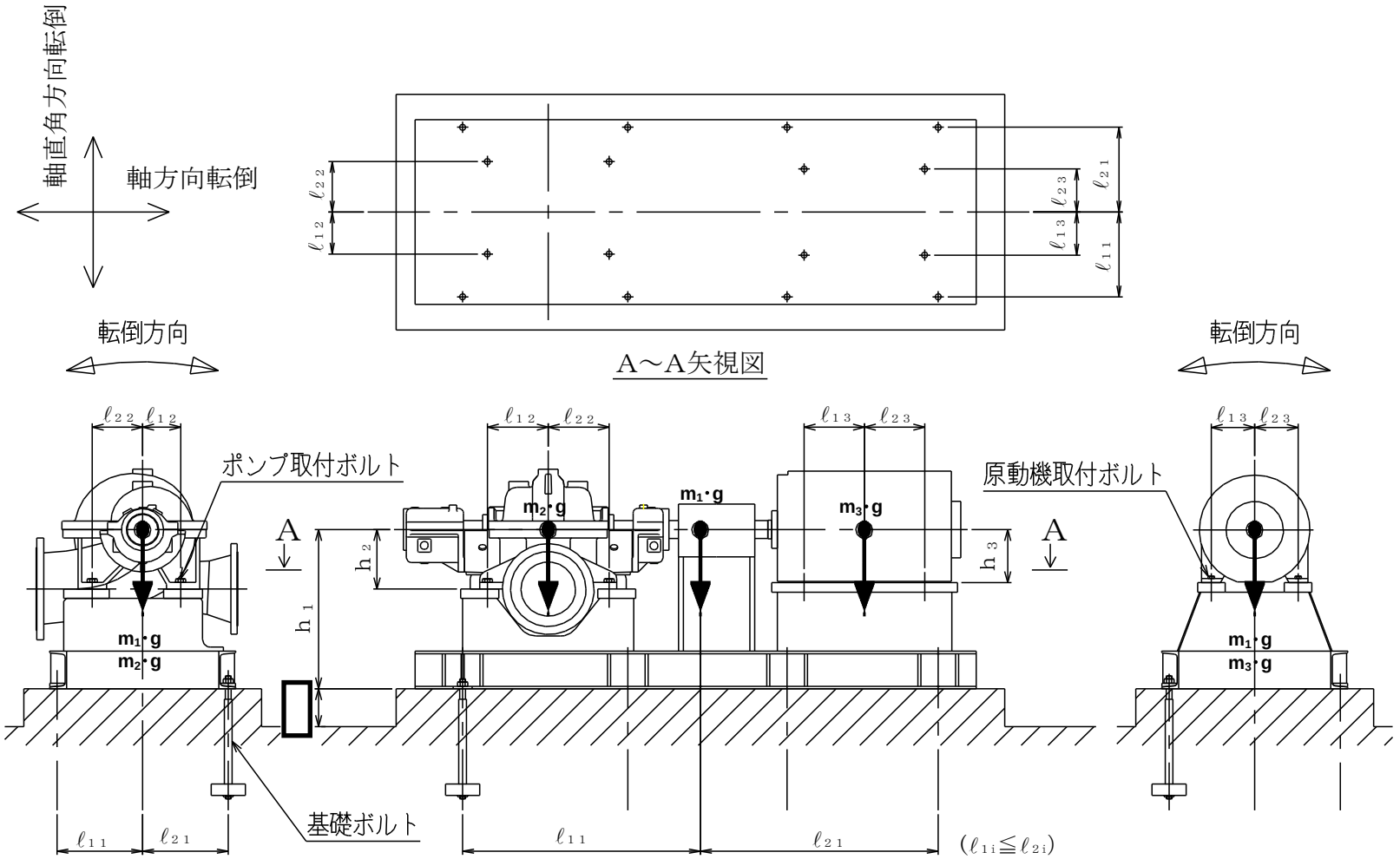
注記＊：f_{tsi}＝Min[1.4・f_{toi}－1.6・τ_{bi}，f_{toi}]

2.4.2 動的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
ポンプ	水平方向	0.95	1.4
	鉛直方向	0.75	1.0
原動機	水平方向	0.95	4.7
	鉛直方向	0.75	1.0

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


軸直角方向転倒
軸方向転倒
転倒方向
転倒方向
A～A矢視図
ポンプ取付ボルト
原動機取付ボルト
基礎ボルト
A
A
m1・g
m2・g
m3・g
h1
h2
h3
(ℓ1i≦ℓ2i)

【原子炉補機冷却水ポンプ(C),(F)の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		ポンプ振動による震度	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度			
原子炉補機冷却水ポンプ (C),(F)	S	タービン建屋 T.M.S.L. -4.8 (T.M.S.L. -1.1*1)	—*2	—*2	C_H=0.59	C_V=0.56	C_H=1.28	C_V=1.12		70	50

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：固有周期は十分に小さく，計算は省略する。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}*1 (mm)	ℓ_{2i}*1 (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	n_{fi}*1
基礎ボルト (i=1)							8	4
								2
ポンプ取付ボルト (i=2)							4	2
								2
原動機取付ボルト (i=3)							4	2
								2

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向		M_p (N・mm)
					弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	
基礎ボルト (i=1)					軸直角	軸直角	—
ポンプ取付ボルト (i=2)					軸直角	軸直角	
原動機取付ボルト (i=3)					軸直角	軸直角	

H_p (μm)	N (rpm)

注記＊1：各ボルトの機器要目における上段は軸直角方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は軸方向転倒に対する評価時の要目を示す。
＊2：周囲環境温度で算出
＊3：最高使用温度で算出

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト（ｉ＝1）				
ポンプ取付ボルト（ｉ＝2）				
原動機取付ボルト（ｉ＝3）				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト（ｉ＝1）		引張り	σ_{b1}＝10	f_{ts1}＝475*	σ_{b1}＝30	f_{ts1}＝475*
		せん断	τ_{b1}＝8	f_{sb1}＝366	τ_{b1}＝15	f_{sb1}＝366
ポンプ取付ボルト（ｉ＝2）		引張り	σ_{b2}＝8	f_{ts2}＝450*	σ_{b2}＝25	f_{ts2}＝450*
		せん断	τ_{b2}＝9	f_{sb2}＝347	τ_{b2}＝17	f_{sb2}＝347
原動機取付ボルト（ｉ＝3）		引張り	σ_{b3}＝6	f_{ts3}＝158*	σ_{b3}＝15	f_{ts3}＝190*
		せん断	τ_{b3}＝5	f_{sb3}＝122	τ_{b3}＝9	f_{sb3}＝146

すべて許容応力以下である。

注記＊：f_{tsi}＝Min[1.4・f_{toi}－1.6・τ_{bi}, f_{toi}]

1.4.2 動的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
ポンプ	水平方向	0.82	1.4
	鉛直方向	0.75	1.0
原動機	水平方向	0.82	4.7
	鉛直方向	0.75	1.0

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

【原子炉補機冷却水ポンプ(C),(F)の耐震性についての計算結果】

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		ポンプ振動による震度	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度			
原子炉補機冷却水ポンプ (C),(F)	常設／防止 (ＤＢ拡張) 常設／緩和 (ＤＢ拡張)	タービン建屋 T.M.S.L. -4.8 (T.M.S.L. -1.1*1)	—*2	—*2	—	—	C_H=1.28	C_V=1.12		70	50

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：固有周期は十分に小さく，計算は省略する。

2.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}*1 (mm)	ℓ_{2i}*1 (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	n_{fi}*1
基礎ボルト (ｉ＝1)							8	4
								2
ポンプ取付ボルト (ｉ＝2)							4	2
								2
原動機取付ボルト (ｉ＝3)							4	2
								2

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向		M_p (N・mm)
					弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	
基礎ボルト (ｉ＝1)			—		—	軸直角	—
ポンプ取付ボルト (ｉ＝2)			—		—	軸直角	
原動機取付ボルト (ｉ＝3)			—		—	軸直角	

H_p (μm)	N (rpm)

注記＊1：各ボルトの機器要目における上段は軸直角方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は軸方向転倒に対する評価時の要目を示す。

＊2：周囲環境温度で算出

＊3：最高使用温度で算出

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト（ｉ＝1）	—		—	
ポンプ取付ボルト（ｉ＝2）	—		—	
原動機取付ボルト（ｉ＝3）	—		—	

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト（ｉ＝1）		引張り	—	—	$\sigma_{b1}=30$	$f_{ts1}=475^{*}$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=15$	$f_{sb1}=366$
ポンプ取付ボルト（ｉ＝2）		引張り	—	—	$\sigma_{b2}=25$	$f_{ts2}=450^{*}$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=17$	$f_{sb2}=347$
原動機取付ボルト（ｉ＝3）		引張り	—	—	$\sigma_{b3}=15$	$f_{ts3}=190^{*}$
		せん断	—	—	$\tau_{b3}=9$	$f_{sb3}=146$

すべて許容応力以下である。

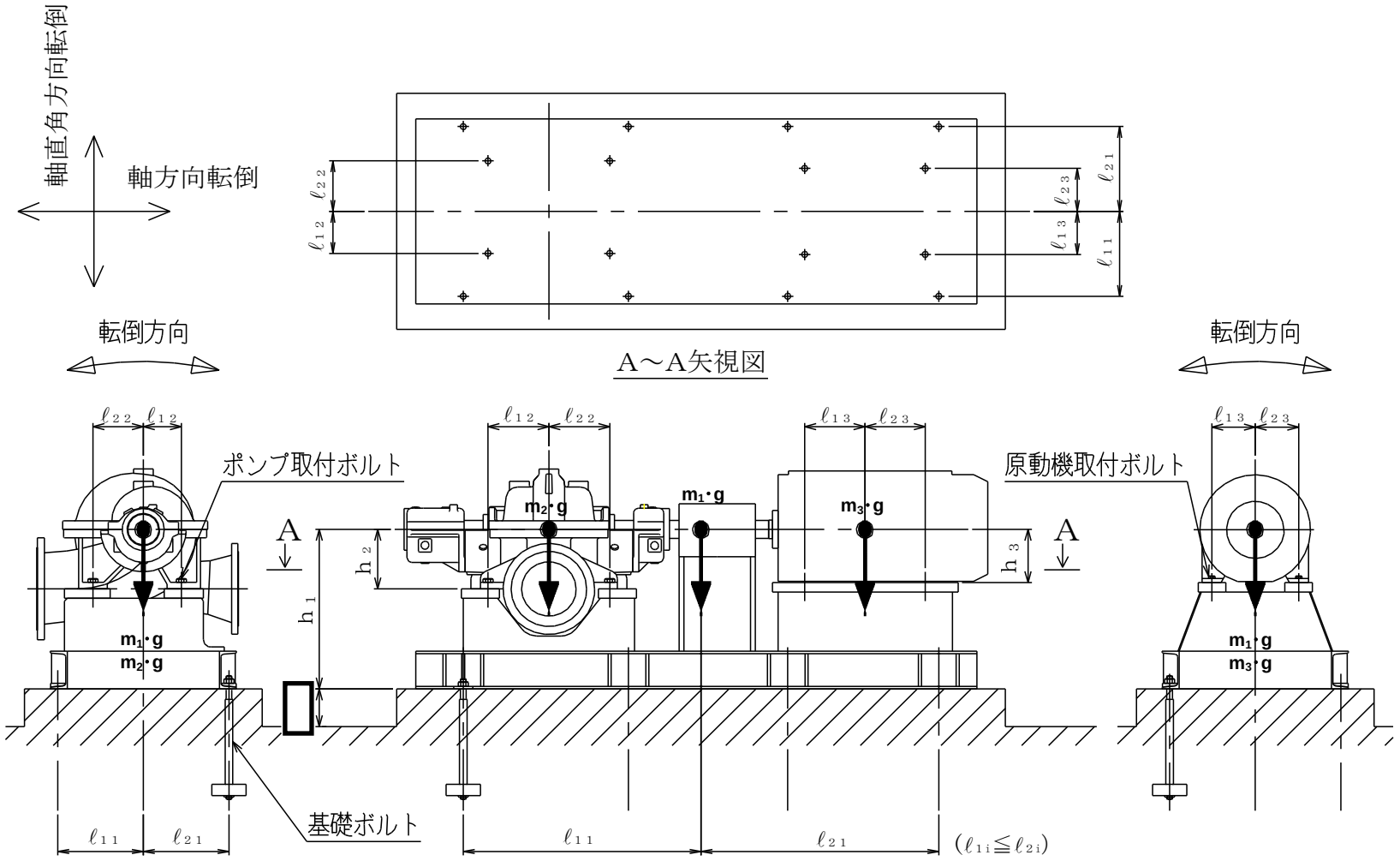
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

2.4.2 動的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
ポンプ	水平方向	0.82	1.4
	鉛直方向	0.75	1.0
原動機	水平方向	0.82	4.7
	鉛直方向	0.75	1.0

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


軸直角方向転倒
軸方向転倒
転倒方向
転倒方向
A～A矢視図
ポンプ取付ボルト
原動機取付ボルト
基礎ボルト
A
A
m1・g
m2・g
m3・g
h1
h2
h3
ℓ11
ℓ12
ℓ13
ℓ21
ℓ22
ℓ23
(ℓ1i≦ℓ2i)

Ⅴ-2-5-6-1-3　原子炉補機冷却海水ポンプの耐震性についての計算書

目　　次

1.　概要 ····· 1
2.　一般事項 ····· 1
2.1　構造計画 ····· 1
3.　固有値解析及び構造強度評価 ····· 3
3.1　固有値解析及び構造強度評価方法 ····· 3
3.2　荷重の組合せ及び許容応力 ····· 3
3.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 3
3.2.2　許容応力 ····· 3
3.2.3　使用材料の許容応力評価条件 ····· 3
3.3　解析モデル及び諸元 ····· 9
3.4　固有周期 ····· 9
3.5　設計用地震力 ····· 10
3.6　サポート部の計算方法 ····· 12
3.6.1　記号の説明 ····· 12
3.6.2　応力の計算方法 ····· 12
3.7　計算条件 ····· 12
4.　機能維持評価 ····· 13
4.1　動的機能維持評価方法 ····· 13
5.　評価結果 ····· 14
5.1　設計基準対象施設としての評価結果 ····· 14
5.2　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 14

1. 概要

本計算書は，Ｖ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，原子炉補機冷却海水ポンプが設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

原子炉補機冷却海水ポンプは，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備（設計基準拡張）及び常設重大事故緩和設備（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動的機能維持評価を示す。

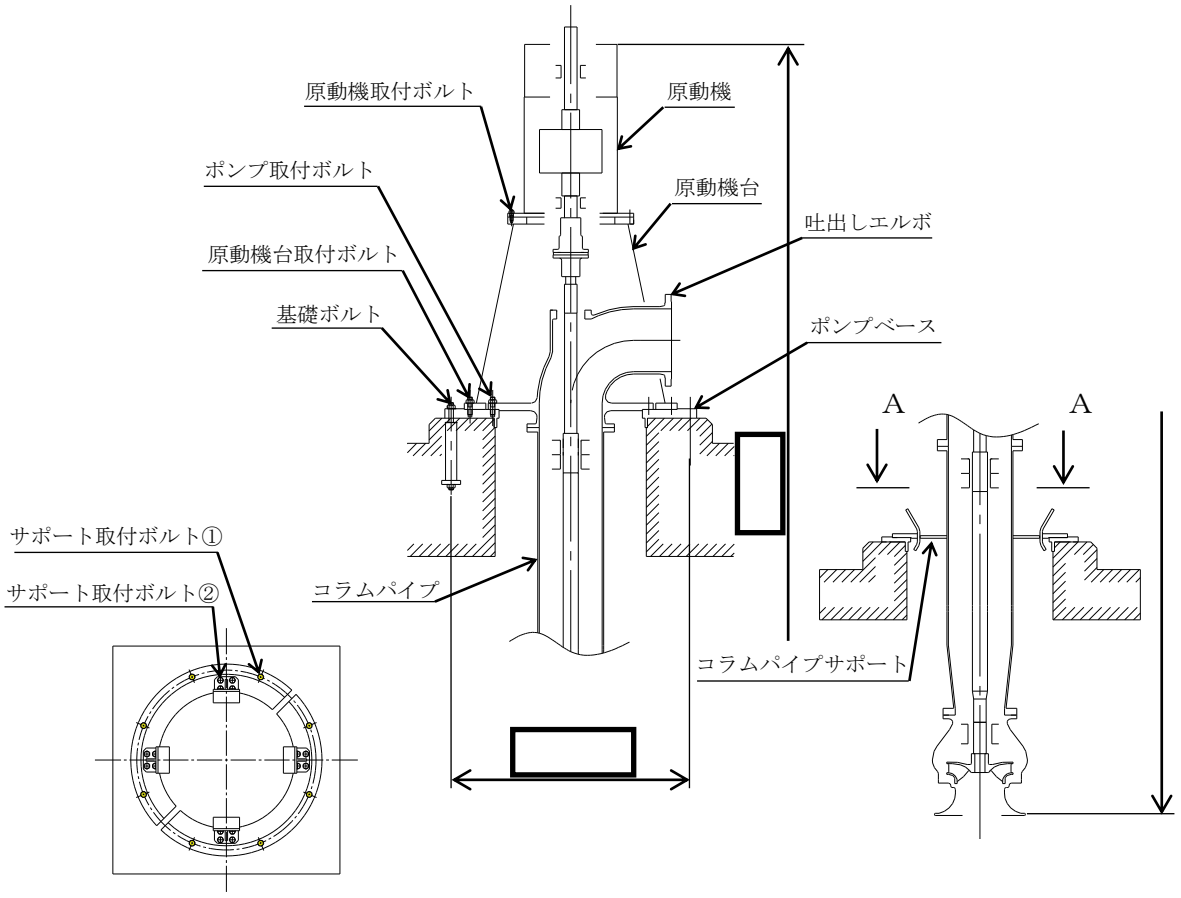
なお，原子炉補機冷却海水ポンプは，Ｖ-2-1-14「計算書作成の方法」に記載のたて軸ポンプであるため，Ｖ-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-2　たて軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

原子炉補機冷却海水ポンプの構造計画を表 2－1 に示す。

表 2－1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
ポンプはポンプベースに固定され，ポンプベースは基礎ボルトで基礎に据え付ける。	ターボ形 （ターボ形たて軸ポンプ）	

3.　固有値解析及び構造強度評価

3.1　固有値解析及び構造強度評価方法

原子炉補機冷却海水ポンプの構造強度評価は，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-2 たて軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

3.2　荷重の組合せ及び許容応力

3.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉補機冷却海水ポンプの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 3－1 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3－2 に示す。

3.2.2　許容応力

原子炉補機冷却海水ポンプの許容応力は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 3－3 及び表 3－4 のとおりとする。

3.2.3　使用材料の許容応力評価条件

原子炉補機冷却海水ポンプの使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 3－5 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3－6 に示す。

表 3－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉冷却系統施設	原子炉補機冷却設備	原子炉補機冷却海水ポンプ	S	Non*	D＋P_D＋M_D＋S d*	ⅢAS
					D＋P_D＋M_D＋S s	ⅣAS

注記＊：クラス３ポンプの荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。また，クラス３ポンプの支持構造物を含む。

表 3－2　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉冷却系統施設	原子炉補機冷却設備	原子炉補機冷却海水ポンプ	常設／防止（ＤＢ拡張） 常設／緩和（ＤＢ拡張）	重大事故等クラス２ポンプ*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），「常設／緩和（ＤＢ拡張）」は常設重大事故緩和設備（設計基準拡張）を示す。

＊2：重大事故等クラス２ポンプの支持構造物を含む。

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

表3－3　許容応力（クラス２，３ポンプ及び重大事故等クラス２ポンプ）

許容応力状態	許容限界*			
	一次一般膜応力	一次膜応力＋ 一次曲げ応力	一次＋二次応力	一次＋二次＋ ピーク応力
ⅢAS	Syと0.6・Suの小さい方 ただし，オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については上記値と1.2・Sとの大きい方	左欄の1.5倍の値	弾性設計用地震動Ｓｄ又は基準地震動Ｓｓのみによる疲労解析を行い，疲労累積係数が1.0以下であること。 ただし，地震動のみによる一次＋二次応力の変動値が2・Sy以下であれば，疲労解析は不要。	
ⅣAS	0.6・Ｓｕ	左欄の1.5倍の値		
VAS （VASとしてⅣASの許容限界を用いる。）			基準地震動Ｓｓのみによる疲労解析を行い，疲労累積係数が1.0以下であること。 ただし，地震動のみによる一次＋二次応力の変動値が2・Sy以下であれば，疲労解析は不要。	

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3－4　許容応力（クラス２，３支持構造物及び重大事故等クラス２支持構造物）

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

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

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

表 3－5　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S (MPa)	Sy (MPa)	Su (MPa)	Sy（RT） (MPa)
コラムパイプ		最高使用温度	50				
基礎ボルト		周囲環境温度	50				
ポンプ取付ボルト		最高使用温度	50				
原動機台取付ボルト		最高使用温度	50				
原動機取付ボルト		周囲環境温度	50				
サポート取付ボルト①		周囲環境温度	50				
サポート取付ボルト②		周囲環境温度	50				

表 3－6　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S (MPa)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
コラムパイプ		最高使用温度	50				
基礎ボルト		周囲環境温度	50				
ポンプ取付ボルト		最高使用温度	50				
原動機台取付ボルト		最高使用温度	50				
原動機取付ボルト		周囲環境温度	50				
サポート取付ボルト①		周囲環境温度	50				
サポート取付ボルト②		周囲環境温度	50				

3.3　解析モデル及び諸元

固有値解析及び構造強度評価に用いる解析モデル及び諸元は，本計算書の【原子炉補機冷却海水ポンプの耐震性についての計算結果】の機器要目及びその他の機器要目に示す。解析コードは，「ＭＳＣ　ＮＡＳＴＲＡＮ」を使用し，解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については，別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

3.4　固有周期

固有値解析の結果を表3－7，振動モード図を図3－1に示す。固有周期は，0.05秒を超えており，柔構造であることを確認した。また，鉛直方向は6次モード以降で卓越し，固有周期は0.05秒以下であることを確認した。

表3－7　固有値解析結果

モード	卓越方向	固有周期(s)	水平方向刺激係数*		鉛直方向刺激係数*
			NS方向	EW方向	
1次	水平	0.114	1.111	0.000	0.000
2次	水平	0.040	―	―	―

注記＊：刺激係数は，モード質量を正規化し，固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

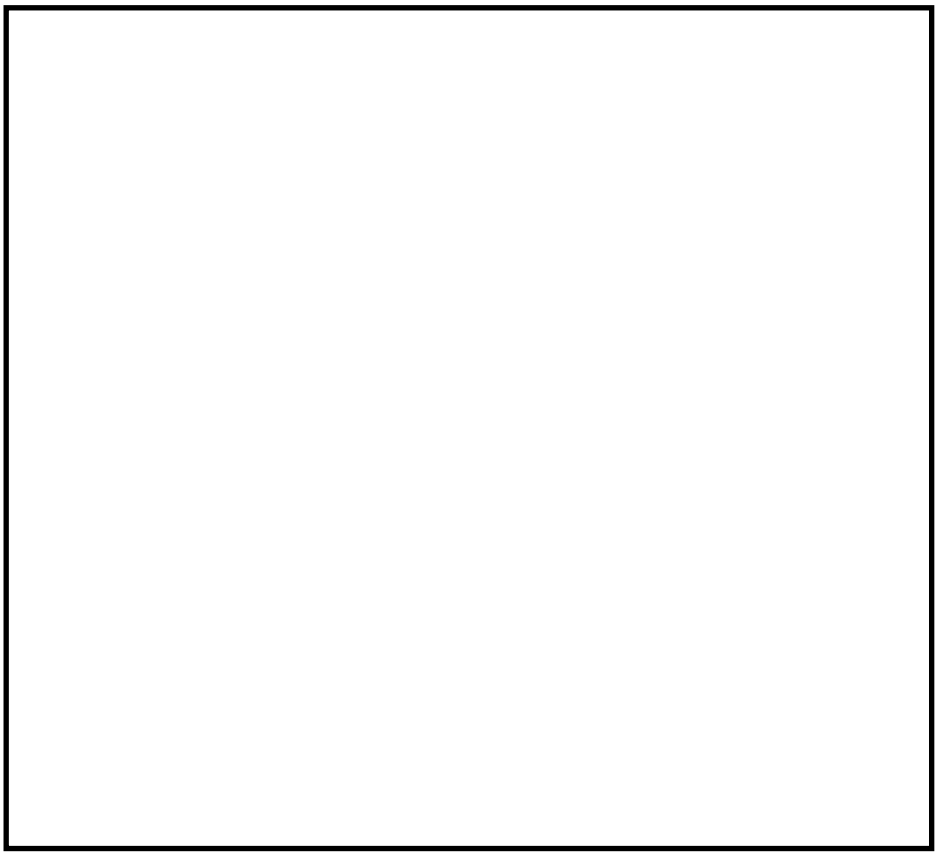


図3－1　振動モード（1次モード　水平方向　0.114s）

3.5　設計用地震力

耐震評価に用いる設計用地震力を表 3－8 及び表 3－9 に示す。

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

表 3－8　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)		タービン建屋　T.M.S.L. 3.5(T.M.S.L. 4.9*1)					
固有周期(s)		水平：0.114*2　　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Ｓｄ又は静的震度			基準地震動Ｓｓ		
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	0.114	1.69	―	―	4.64	―	―
2 次	0.040	―	―	―	―	―	―
動的地震力*5		0.55	0.55	0.45	1.32	1.47	1.16
静的地震力*6		0.61	0.63	0.29	―	―	―

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：1 次固有周期について記載

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

＊5：Ｓｓ又はＳｄに基づく設計用最大応答加速度（1.2・ZPA）より定めた震度を示す。

＊6：静的震度（3.6・Ｃｉ及び 1.2・Ｃｖ）を示す。

表 3－9　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)		タービン建屋　T.M.S.L. 3.5(T.M.S.L. 4.9*1)					
固有周期(s)		水平：0.114*2　　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Ｓｄ又は静的震度			基準地震動Ｓｓ		
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	0.114	―	―	―	4.64	―	―
2 次	0.040	―	―	―	―	―	―
動的地震力*4		―	―	―	1.32	1.47	1.16
静的地震力		―	―	―	―	―	―

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：1 次固有周期について記載
＊3：各モードの固有周期に対し，設計用床応答曲線（Ｓｓ）より得られる震度を示す。
＊4：Ｓｓ又はＳｄに基づく設計用最大応答加速度（1.2・ZPA）より定めた震度を示す。

3.6　サポート部の計算方法

3.6.1　記号の説明

原子炉補機冷却海水ポンプのサポート部の応力評価に使用する記号を表3－10に示す。

表3－10　記号の説明

記号	記号の説明	単位
W	サポートに作用する荷重	N
A_{sb}	サポート取付ボルトの軸断面積	mm^2
n_s	サポート取付ボルトの本数	—
τ_{sb}	サポート取付ボルトに生じるせん断応力	MPa

3.6.2　応力の計算方法

多質点モデルを用いて応答計算を行い，得られた荷重Wにより，サポート取付ボルトに生じるせん断応力は次式で求める。

$$\tau_{sb}=\frac{W}{A_{sb}\cdot n_s} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (3.6.2.1)$$

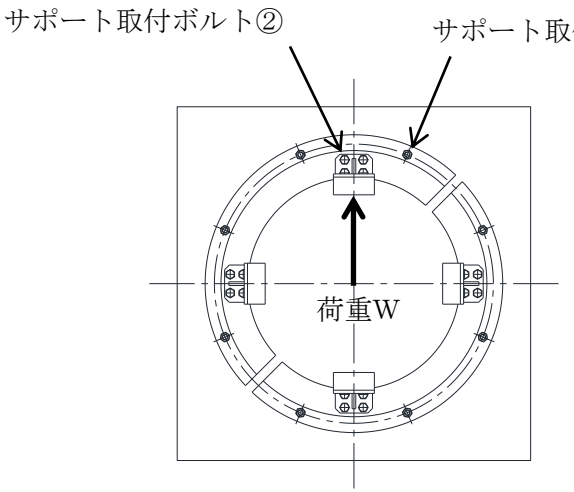


図3－2　サポート部の応力計算モデル

3.7　計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【原子炉補機冷却海水ポンプ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. 機能維持評価

4.1 動的機能維持評価方法

原子炉補機冷却海水ポンプの地震後の動的機能維持評価は，V-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-2 たて軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

原子炉補機冷却海水ポンプは地震時動的機能維持が確認された機種と類似の構造及び振動特性であるため，V-2-1-9「機能維持の基本方針」に記載の機能確認済加速度を適用する。機能確認済加速度を表 4－1 に示す。

表 4－1 機能確認済加速度 （×9.8m/s^2）

評価部位	形式	方向	機能確認済加速度
ポンプ	立形斜流ポンプ	水平	10.0
		鉛直	1.0
原動機	立形すべり軸受電動機	水平	2.5
		鉛直	1.0

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

原子炉補機冷却海水ポンプの設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

原子炉補機冷却海水ポンプの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【原子炉補機冷却海水ポンプの耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ(m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		ポンプ振動による震度	最高使用温度(℃)	周囲環境温度(℃)	最高使用圧力(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				吸込側	吐出側
原子炉補機冷却海水ポンプ	S	タービン建屋 T.M.S.L. 3.5 (T.M.S.L. 4.9*1)	0.114	0.05以下	C_H＝0.63 又は＊2	C_V＝0.45	C_H＝1.47 又は＊3	C_V＝1.16		50	50	—	0.78

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：弾性設計用地震動Ｓｄに基づく設計用床応答曲線より得られる値
＊3：基準地震動Ｓｓに基づく設計用床応答曲線より得られる値

1.2 機器要目

(1) ボルト

部材	m_i (kg)	D_i (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm²)	n_i	n_{fi}	M_p (N･mm)	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i＊ (MPa)
基礎ボルト (i＝1)					8	8	—				
ポンプ取付ボルト (i＝2)					12	12	2.674×10^6				
原動機台取付ボルト (i＝3)					14	14	2.674×10^6				
原動機取付ボルト (i＝4)					8	8	2.674×10^6				

注記＊1：最高使用温度で算出
＊2：周囲環境温度で算出

(2) コラムパイプ

部材	S (MPa)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	D_c (mm)	t (mm)
コラムパイプ				500	12.0

注記＊：最高使用温度で算出

(3) サポート取付ボルト

部　材	A_{sbj} (mm²)	n_{sj}	S_{yj} (MPa)	S_{uj} (MPa)	S_{yj}（RT） (MPa)	F_j (MPa)	F_j＊ (MPa)
サポート取付ボルト① (j＝1)		4	199＊	511＊	205	205	246
サポート取付ボルト② (j＝2)		4	199＊	511＊	205	205	246

注記＊：周囲環境温度で算出

H_p (μm)	N (rpm)

1.3 計算数値

(1) ボルトに作用する力

部材	M_i (N・mm)		F_{bi} (N)		Q_{bi} (N)	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト（ｉ＝1）						
ポンプ取付ボルト（ｉ＝2）						
原動機台取付ボルト（ｉ＝3）						
原動機取付ボルト（ｉ＝4）						

(2) コラムパイプに作用する力

(単位：N・mm)

部材	M	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
コラムパイプ		

(3) サポート取付ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	W	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
サポート取付ボルト①		
サポート取付ボルト②		

1.4 結論

1.4.1 固有周期 (単位：s)

モード	固有周期
水平 1次	T_{H1}＝0.114
鉛直 1次	T_{V1}＝0.05以下

1.4.2 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (ｉ＝1)		引張り	σ_{b1}＝3	f_{ts1}＝153*	σ_{b1}＝36	f_{ts1}＝184*
		せん断	τ_{b1}＝8	f_{sb1}＝118	τ_{b1}＝17	f_{sb1}＝142
ポンプ取付ボルト (ｉ＝2)		引張り	σ_{b2}＝2	f_{ts2}＝153*	σ_{b2}＝18	f_{ts2}＝184*
		せん断	τ_{b2}＝2	f_{sb2}＝118	τ_{b2}＝5	f_{sb2}＝142
原動機台取付ボルト (ｉ＝3)		引張り	σ_{b4}＝7	f_{ts4}＝153*	σ_{b4}＝21	f_{ts4}＝184*
		せん断	τ_{b4}＝4	f_{sb4}＝118	τ_{b4}＝7	f_{sb4}＝142
原動機取付ボルト (ｉ＝4)		引張り	σ_{b5}＝11	f_{ts5}＝153*	σ_{b5}＝45	f_{ts5}＝184*
		せん断	τ_{b5}＝11	f_{sb5}＝118	τ_{b5}＝23	f_{sb5}＝142

すべて許容応力以下である。

注記＊：f_{tsi}＝Min[1.4・f_{toi}－1.6・τ_{bi}, f_{toi}]

1.4.3 コラムパイプの応力 (単位：MPa)

部材	材料	一次一般膜応力		
			算出応力	許容応力
コラムパイプ		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	σ＝40	S_a＝169
		基準地震動Ｓｓ	σ＝91	S_a＝283

すべて許容応力以下である。

1.4.4 サポート取付ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
サポート取付ボルト①		せん断	τ_{sb1}＝31	f_{ssb1}＝118	τ_{sb1}＝85	f_{ssb1}＝142
サポート取付ボルト②		せん断	τ_{sb2}＝14	f_{ssb2}＝118	τ_{sb2}＝38	f_{ssb2}＝142

すべて許容応力以下である。

1.4.5　動的機能の評価結果　　(×9.8m/s^2)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
ポンプ	水平方向	3.49	10.0
	鉛直方向	0.75	1.0
原動機	水平方向	0.95	2.5
	鉛直方向	0.75	1.0

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度を設定する。なお，水平方向の機能維持評価用加速度はコラム先端（原動機にあっては軸受部）の応答加速度又は設計用最大応答加速度（1.0・ZPA）のいずれか大きい方を，鉛直方向は設計用最大応答加速度（1.0・ZPA）を設定する。

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。

1.5　その他の機器要目

(1)　節点データ

節点番号	節点座標(mm)		
	x	y	z
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			
31			
32			
33			
34			
35			
36			
37			
38			
39			
40			

(続き)

節点番号	節点座標(mm)		
	x	y	z
41			
42			
43			
44			

(2) 要素の断面性状

断面特性番号（要素番号）	要素両端の節点番号	材料番号	断面積 (mm^2)	断面二次モーメント (mm^4)	断面二次極モーメント (mm^4)
1	1-2	1		4.909×10^{6}	9.817×10^{6}
2	2-3	1		4.909×10^{6}	9.817×10^{6}
3	3-41	1		8.585×10^{6}	1.717×10^{7}
4	41-4	1		8.585×10^{6}	1.717×10^{7}
5	4-5	1		8.585×10^{6}	1.717×10^{7}
6	5-6	1		1.018×10^{7}	2.036×10^{7}
7	6-42	1		4.528×10^{6}	9.055×10^{6}
8	42-7	1		4.528×10^{6}	9.055×10^{6}
9	7-8	1		4.909×10^{6}	9.817×10^{6}
10	8-9	1		8.585×10^{6}	1.717×10^{7}
11	9-10	1		1.018×10^{7}	2.036×10^{7}
12	10-11	1		4.528×10^{6}	9.055×10^{6}
13	11-12	1		4.528×10^{6}	9.055×10^{6}
14	12-13	1		4.528×10^{6}	9.055×10^{6}
15	13-14	1		4.909×10^{6}	9.817×10^{6}
16	14-15	2		5.750×10^{7}	1.150×10^{8}
17	15-16	3		4.909×10^{6}	9.817×10^{6}
18	16-17	3		1.886×10^{7}	3.771×10^{7}
19	17-18	3		4.909×10^{6}	9.817×10^{6}
20	19-20	1		3.395×10^{8}	6.790×10^{8}
21	20-21	1		2.350×10^{9}	4.701×10^{9}
22	21-22	1		2.350×10^{9}	4.701×10^{9}
23	22-43	1		6.328×10^{8}	1.266×10^{9}
24	43-23	1		6.328×10^{8}	1.266×10^{9}
25	23-24	1		6.328×10^{8}	1.266×10^{9}
26	24-25	1		6.328×10^{8}	1.266×10^{9}
27	25-44	1		6.328×10^{8}	1.266×10^{9}
28	44-26	1		6.328×10^{8}	1.266×10^{9}
29	26-27	1		6.328×10^{8}	1.266×10^{9}
30	27-28	1		6.328×10^{8}	1.266×10^{9}
31	28-29	1		6.328×10^{8}	1.266×10^{9}
32	29-30	1		9.837×10^{8}	1.967×10^{9}
33	30-31	1		9.837×10^{8}	1.967×10^{9}
34	31-32	1		9.837×10^{8}	1.967×10^{9}
35	39-33	2		2.394×10^{11}	4.787×10^{11}
36	39-34	2		4.637×10^{11}	9.274×10^{11}
37	34-35	2		1.239×10^{10}	2.477×10^{10}
38	35-36	3		2.798×10^{9}	5.597×10^{9}
39	36-37	3		2.798×10^{9}	5.597×10^{9}
40	37-38	3		1.774×10^{9}	3.548×10^{9}

(3)　ばね結合部の指定

ばねの両端の節点番号		ばね定数
2	21	
5	24	
7	26	
9	28	
16	36	
17	37	
23	40	
17	37	
30	33	
30	33	

(4) 節点の質量

節点番号	質量 (kg)
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	
23	
24	
25	
26	
27	
28	
29	
30	
31	
32	
33	
34	
35	
36	
37	
38	
39	
40	

（続き）

節点番号	質量 (kg)
41	
42	
43	
44	

(5) 材料物性値

材料番号	温度 (℃)	縦弾性係数 (MPa)	質量密度 (kg/mm^3)	ポアソン比 (—)	材質
1	50			0.3	
2	50			0.3	
3	90			0.3	

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ(m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		ポンプ振動による震度	最高使用温度(℃)	周囲環境温度(℃)	最高使用圧力(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				吸込側	吐出側
原子炉補機冷却海水ポンプ	常設／防止（ＤＢ拡張） 常設／緩和（ＤＢ拡張）	タービン建屋 T.M.S.L. 3.5 (T.M.S.L. 4.9*1)	0.114	0.05以下	—	—	C_H=1.47 又は*2	C_V=1.16		50	50	—	0.78

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：基準地震動Ｓｓに基づく設計用床応答曲線より得られる値

2.2 機器要目

(1) ボルト

部材	m_i (kg)	D_i (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm²)	n_i	n_{fi}	M_p (N·mm)	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i* (MPa)
基礎ボルト（i＝1）					8	8	—				
ポンプ取付ボルト（i＝2）					12	12	2.674×10^6				
原動機台取付ボルト（i＝3）					14	14	2.674×10^6				
原動機取付ボルト（i＝4）					8	8	2.674×10^6				

注記*1：最高使用温度で算出

*2：周囲環境温度で算出

(2) コラムパイプ

部材	S (MPa)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	D_c (mm)	t (mm)
コラムパイプ	—			500	12.0

注記*：最高使用温度で算出

(3) サポート取付ボルト

部材	A_{sbj} (mm²)	n_{sj}	S_{yj} (MPa)	S_{uj} (MPa)	S_{yj}（ＲＴ） (MPa)	F_j (MPa)	F_j* (MPa)
サポート取付ボルト①（j＝1）		4	199*	511*	205	—	246
サポート取付ボルト②（j＝2）		4	199*	511*	205	—	246

注記*：周囲環境温度で算出

H_p (μm)	N (rpm)

2.3 計算数値

(1) ボルトに作用する力

部材	M_i (N・mm)		F_{bi} (N)		Q_{bi} (N)	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト（ｉ＝1）	—		—		—	
ポンプ取付ボルト（ｉ＝2）	—		—		—	
原動機台取付ボルト（ｉ＝3）	—		—		—	
原動機取付ボルト（ｉ＝4）	—		—		—	

(2) コラムパイプに作用する力

(単位：N・mm)

部材	M	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
コラムパイプ	—	

(3) サポート取付ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	W	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
サポート取付ボルト①		
サポート取付ボルト②		

2.4 結論

2.4.1 固有周期 (単位：s)

モード	固有周期
水平 1次	T_{H1}＝0.114
鉛直 1次	T_{V1}＝0.05以下

2.4.2 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i＝1)		引張り	—	—	σ_{b1}＝36	f_{ts1}＝184*
		せん断	—	—	τ_{b1}＝17	f_{sb1}＝142
ポンプ取付ボルト (i＝2)		引張り	—	—	σ_{b2}＝18	f_{ts2}＝184*
		せん断	—	—	τ_{b2}＝5	f_{sb2}＝142
原動機台取付ボルト (i＝3)		引張り	—	—	σ_{b4}＝21	f_{ts4}＝184*
		せん断	—	—	τ_{b4}＝7	f_{sb4}＝142
原動機取付ボルト (i＝4)		引張り	—	—	σ_{b5}＝45	f_{ts5}＝184*
		せん断	—	—	τ_{b5}＝23	f_{sb5}＝142

すべて許容応力以下である。

注記＊：f_{tsi}＝Min[1.4・f_{toi}－1.6・τ_{bi}, f_{toi}]

2.4.3 コラムパイプの応力 (単位：MPa)

部材	材料	一次一般膜応力		
			算出応力	許容応力
コラムパイプ		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	—	—
		基準地震動Ｓｓ	σ＝91	S_a＝283

すべて許容応力以下である。

2.4.4 サポート取付ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
サポート取付ボルト①		せん断	—	—	τ_{sb1}＝85	f_{ssb1}＝142
サポート取付ボルト②		せん断	—	—	τ_{sb2}＝38	f_{ssb2}＝142

すべて許容応力以下である。

2.4.5　動的機能の評価結果　　(×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
ポンプ	水平方向	3.49	10.0
	鉛直方向	0.75	1.0
原動機	水平方向	0.95	2.5
	鉛直方向	0.75	1.0

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度を設定する。なお，水平方向の機能維持評価用加速度はコラム先端（原動機にあっては軸受部）の応答加速度又は設計用最大応答加速度（1.0・ZPA）のいずれか大きい方を，鉛直方向は設計用最大応答加速度（1.0・ZPA）を設定する。

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。

2.5　その他の機器要目

(1)　節点データ

節点番号	節点座標(mm)		
	x	y	z
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			
31			
32			
33			
34			
35			
36			
37			
38			
39			
40			

(続き)

節点番号	節点座標(mm)		
	x	y	z
41			
42			
43			
44			

(2) 要素の断面性状

断面特性番号 (要素番号)	要素両端の節点 番号	材料 番号	断面積 (mm^2)	断面二次 モーメント (mm^4)	断面二次 極モーメント (mm^4)
1	1-2	1		4.909×10^{6}	9.817×10^{6}
2	2-3	1		4.909×10^{6}	9.817×10^{6}
3	3-41	1		8.585×10^{6}	1.717×10^{7}
4	41-4	1		8.585×10^{6}	1.717×10^{7}
5	4-5	1		8.585×10^{6}	1.717×10^{7}
6	5-6	1		1.018×10^{7}	2.036×10^{7}
7	6-42	1		4.528×10^{6}	9.055×10^{6}
8	42-7	1		4.528×10^{6}	9.055×10^{6}
9	7-8	1		4.909×10^{6}	9.817×10^{6}
10	8-9	1		8.585×10^{6}	1.717×10^{7}
11	9-10	1		1.018×10^{7}	2.036×10^{7}
12	10-11	1		4.528×10^{6}	9.055×10^{6}
13	11-12	1		4.528×10^{6}	9.055×10^{6}
14	12-13	1		4.528×10^{6}	9.055×10^{6}
15	13-14	1		4.909×10^{6}	9.817×10^{6}
16	14-15	2		5.750×10^{7}	1.150×10^{8}
17	15-16	3		4.909×10^{6}	9.817×10^{6}
18	16-17	3		1.886×10^{7}	3.771×10^{7}
19	17-18	3		4.909×10^{6}	9.817×10^{6}
20	19-20	1		3.395×10^{8}	6.790×10^{8}
21	20-21	1		2.350×10^{9}	4.701×10^{9}
22	21-22	1		2.350×10^{9}	4.701×10^{9}
23	22-43	1		6.328×10^{8}	1.266×10^{9}
24	43-23	1		6.328×10^{8}	1.266×10^{9}
25	23-24	1		6.328×10^{8}	1.266×10^{9}
26	24-25	1		6.328×10^{8}	1.266×10^{9}
27	25-44	1		6.328×10^{8}	1.266×10^{9}
28	44-26	1		6.328×10^{8}	1.266×10^{9}
29	26-27	1		6.328×10^{8}	1.266×10^{9}
30	27-28	1		6.328×10^{8}	1.266×10^{9}
31	28-29	1		6.328×10^{8}	1.266×10^{9}
32	29-30	1		9.837×10^{8}	1.967×10^{9}
33	30-31	1		9.837×10^{8}	1.967×10^{9}
34	31-32	1		9.837×10^{8}	1.967×10^{9}
35	39-33	2		2.394×10^{11}	4.787×10^{11}
36	39-34	2		4.637×10^{11}	9.274×10^{11}
37	34-35	2		1.239×10^{10}	2.477×10^{10}
38	35-36	3		2.798×10^{9}	5.597×10^{9}
39	36-37	3		2.798×10^{9}	5.597×10^{9}
40	37-38	3		1.774×10^{9}	3.548×10^{9}

(3)　ばね結合部の指定

ばねの両端の節点番号		ばね定数
2	21	
5	24	
7	26	
9	28	
16	36	
17	37	
23	40	
17	37	
30	33	
30	33	

(4) 節点の質量

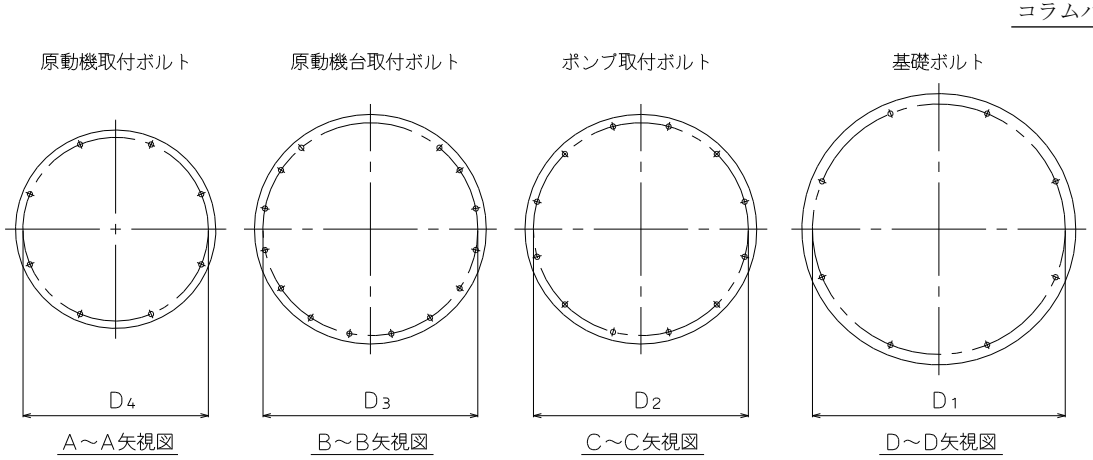
節点番号	質量 (kg)
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	
23	
24	
25	
26	
27	
28	
29	
30	
31	
32	
33	
34	
35	
36	
37	
38	
39	
40	

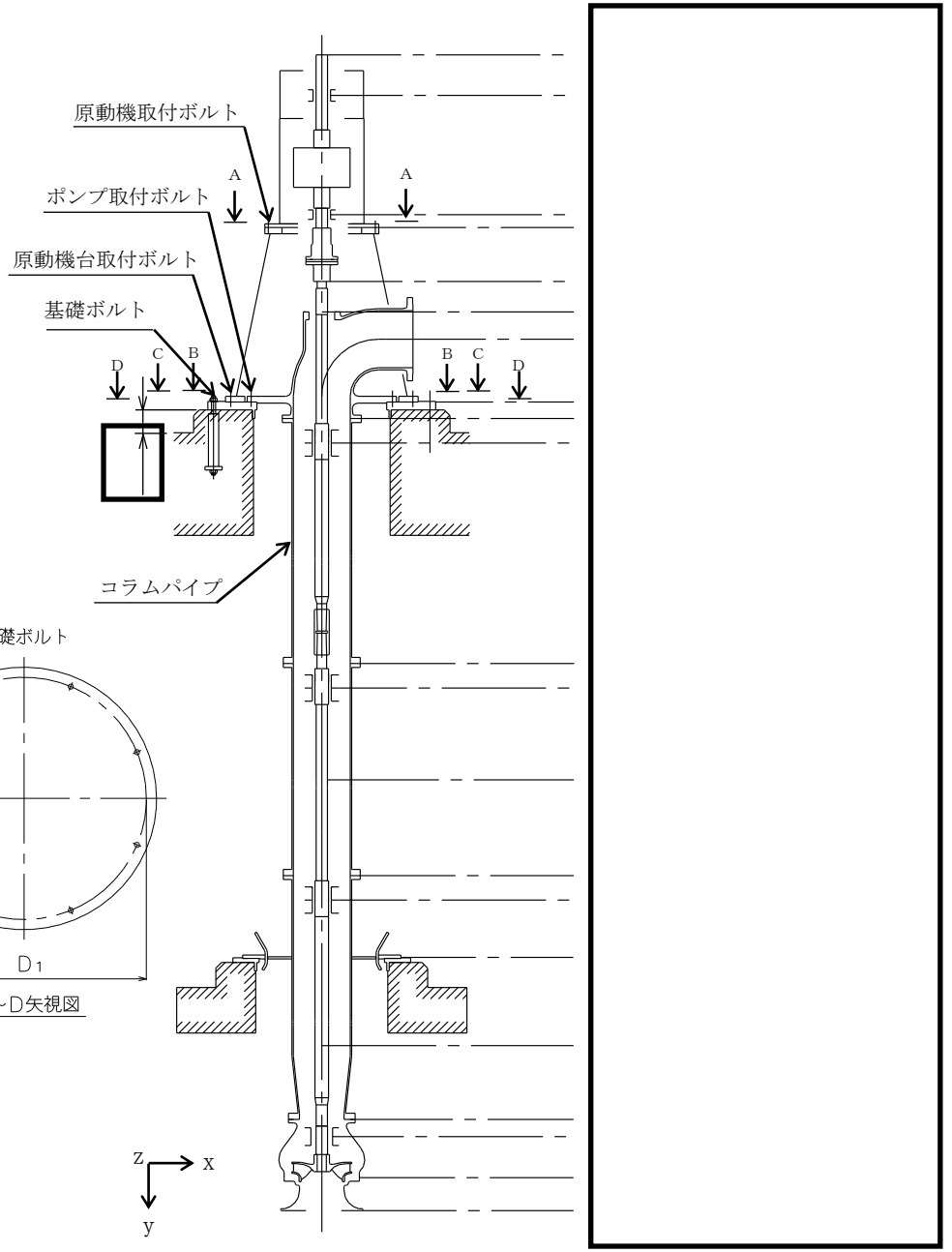
（続き）

節点番号	質量 (kg)
41	
42	
43	
44	

(5) 材料物性値

材料番号	温度 (℃)	縦弾性係数 (MPa)	質量密度 (kg/mm^3)	ポアソン比 (—)	材質
1	50			0.3	
2	50			0.3	
3	90			0.3	


原動機取付ボルト
原動機台取付ボルト
ポンプ取付ボルト
基礎ボルト
D4
D3
D2
D1
A～A矢視図
B～B矢視図
C～C矢視図
D～D矢視図


原動機取付ボルト
ポンプ取付ボルト
原動機台取付ボルト
基礎ボルト
A
A
B
C
D
B
C
D
コラムパイプ
z
x
y

Ⅴ-2-5-6-1-4　原子炉補機冷却水系サージタンクの耐震性についての計算書

目　　次

1.　概要　…… 1
2.　一般事項　…… 1
2.1　構造計画　…… 1
3.　固有周期　…… 3
3.1　固有周期の計算　…… 3
4.　構造強度評価　…… 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.　評価結果　…… 9
5.1　設計基準対象施設としての評価結果　…… 9
5.2　重大事故等対処設備としての評価結果　…… 9

1. 概要

本計算書は，Ｖ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき，原子炉補機冷却水系サージタンクが設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

原子炉補機冷却水系サージタンクは，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，常設重大事故緩和設備，常設重大事故防止設備（設計基準拡張）及び常設重大事故緩和設備（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を示す。

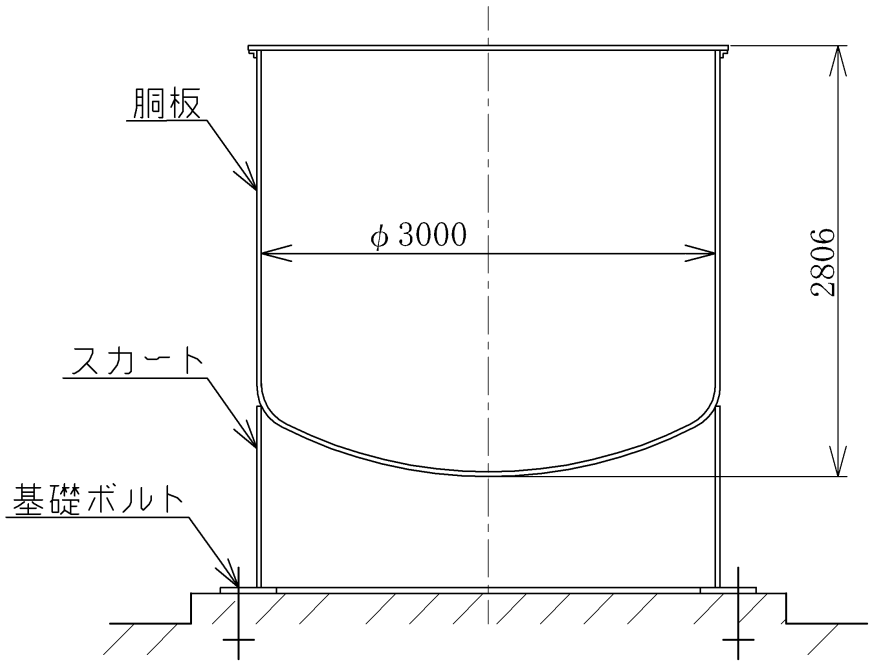
なお，原子炉補機冷却水系サージタンクは，Ｖ-2-1-14「計算書作成の方法」に記載のスカート支持たて置円筒形容器であるため，Ｖ-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-3　スカート支持たて置円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

原子炉補機冷却水系サージタンクの構造計画を表2－1に示す。

表2－1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
胴をスカートで支持し，スカートを基礎ボルトで基礎に据え付ける。	たて置円筒形 （上面に平板，下面に鏡板を有するスカート支持たて置円筒形容器）	 （単位：mm）

3.　固有周期

3.1　固有周期の計算

理論式により固有周期を計算する。固有周期の計算に用いる計算条件は，本計算書の【原子炉補機冷却水系サージタンクの耐震性についての計算結果】の機器要目に示す。

計算の結果，固有周期は0.05秒以下であり，剛であることを確認した。固有周期の計算結果を表3－1に示す。

表3－1　固有周期　　（単位：ｓ）

水平			
鉛直			

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

原子炉補機冷却水系サージタンクの構造強度評価は，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-3 スカート支持たて置円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」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

原子炉補機冷却水系サージタンク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

原子炉補機冷却水系サージタンクの許容応力は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表4－3及び表4－4のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

原子炉補機冷却水系サージタンク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4－5に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4－6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【原子炉補機冷却水系サージタンクの耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉冷却系統施設	原子炉補機冷却設備	原子炉補機冷却水系サージタンク	S	クラス３容器 *	D＋P_D＋M_D＋S d *	ⅢAS
					D＋P_D＋M_D＋S s	ⅣAS

注記＊：クラス３容器の支持構造物を含む。

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
原子炉冷却系統施設	原子炉補機冷却設備 原子炉補機冷却水系	原子炉補機冷却水系サージタンク	常設／防止（ＤＢ拡張） 常設／緩和（ＤＢ拡張）	重大事故等 *2 クラス２容器	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。）
原子炉冷却系統施設	原子炉補機冷却設備 代替原子炉補機冷却系	原子炉補機冷却水系サージタンク	常設耐震／防止 常設／緩和	重大事故等 *2 クラス２容器	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），「常設／緩和（ＤＢ拡張）」は常設重大事故緩和設備（設計基準拡張），「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備及び「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊2：重大事故等クラス２容器の支持構造物を含む。

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

表4－3　許容応力（クラス２，３容器及び重大事故等クラス２容器）

許容応力状態	許容限界 *1, *2			
	一次一般膜応力	一次膜応力＋ 一次曲げ応力	一次＋二次応力	一次＋二次＋ ピーク応力
ⅢAS	Ｓｙと0.6・Ｓｕの小さい方 ただし，オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については上記値と 1.2・Ｓとの大きい方	左欄の1.5倍の値	弾性設計用地震動Ｓｄ又は基準地震動Ｓｓのみによる疲労解析を行い，疲労累積係数が 1.0 以下であること。 ただし，地震動のみによる一次＋二次応力の変動値が2・Ｓｙ以下であれば，疲労解析は不要。	
ⅣAS	0.6・Ｓｕ	左欄の1.5倍の値		
ⅤAS （ⅤASとしてⅣASの許容限界を用いる。）			基準地震動Ｓｓのみによる疲労解析を行い，疲労累積係数が1.0以下であること。 ただし，地震動のみによる一次＋二次応力の変動値が2・Ｓｙ以下であれば，疲労解析は不要。	

注記＊1：座屈による評価は，クラスＭＣ容器の座屈に対する評価式による。

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

表4－4　許容応力（クラス２，３支持構造物及び重大事故等クラス２支持構造物）

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

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

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

表 4－5　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S (MPa)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
胴板	SM400A (厚さ≦16mm)	最高使用温度	70	―	233	383	―
スカート	SM400A (厚さ≦16mm)	周囲環境温度	50	―	241	394	―
基礎ボルト	SS400 (16＜径≦40mm)	周囲環境温度	50	―	231	394	―

表 4－6　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S (MPa)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
胴板	SM400A (厚さ≦16mm)	最高使用温度	70	―	233	383	―
スカート	SM400A (厚さ≦16mm)	周囲環境温度	50	―	241	394	―
基礎ボルト	SS400 (16＜径≦40mm)	周囲環境温度	50	―	231	394	―

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

原子炉補機冷却水系サージタンク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。

5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

原子炉補機冷却水系サージタンクの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

【原子炉補機冷却水系サージタンクの耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Sd又は静的震度		基準地震動Ss		最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)	比重
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度				
原子炉補機冷却水系サージタンク	S	原子炉建屋 T.M.S.L. 31.7＊			C_H=0.88	C_V=0.72	C_H=1.71	C_V=1.41	静水頭	70	50	1.00

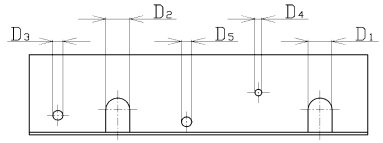
注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

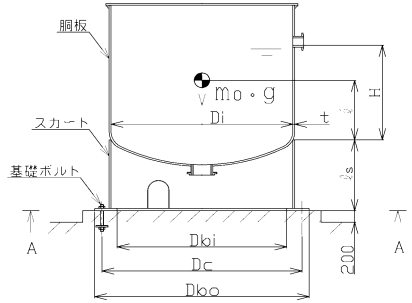
m_0 (kg)	m_e (kg)	D_i (mm)	t (mm)	D_s (mm)	t_s (mm)	E (MPa)	E_s (MPa)	G (MPa)	G_s (MPa)
		3000	12.0	3000	12.0	200000 ＊1	201000 ＊2	76900 ＊1	77300 ＊2

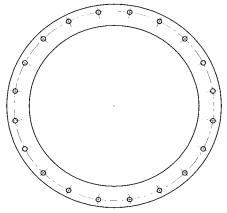
ℓ (mm)	ℓ_s (mm)	D_1 (mm)	D_2 (mm)	D_3 (mm)	D_4 (mm)	D_5 (mm)	H (mm)	s	n	D_c (mm)	D_{bo} (mm)
762	1308	700	700	150	100	150	1992	15	20	3150	3250

D_{bi} (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	Y (mm)	M_s (N・mm)	
				弾性設計用地震動Sd又は静的震度	基準地震動Ss
2800	24 (M24)	452.4	1813	3.769×10^8	7.324×10^8



スカート開口部の形状を示す。




A～A矢視図

S_y(胴板) (MPa)	S_u(胴板) (MPa)	S(胴板) (MPa)	S_y(スカート) (MPa)	S_u(スカート) (MPa)	F(スカート) (MPa)	F＊(スカート) (MPa)
233 ＊1 (厚さ≦16mm)	383 ＊1	—	241 ＊2 (厚さ≦16mm)	394 ＊2	241	276

S_y(基礎ボルト) (MPa)	S_u(基礎ボルト) (MPa)	F(基礎ボルト) (MPa)	F＊(基礎ボルト) (MPa)
231 ＊2 (16mm＜径≦40mm)	394 ＊2	231	276

注記＊1：最高使用温度で算出
＊2：周囲環境温度で算出

1.3 計算数値

1.3.1 胴に生じる応力

(1) 一次一般膜応力

(単位：MPa)

		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度			基準地震動Ｓｓ		
		周方向応力	軸方向応力	せん断応力	周方向応力	軸方向応力	せん断応力
静水頭又は内圧による応力		$\sigma_{\phi 1}$＝ 3	—	—	$\sigma_{\phi 1}$＝ 3	—	—
運転時質量による引張応力		—	σ_{x2}＝ 2	—	—	σ_{x2}＝ 2	—
鉛直方向地震による引張応力		$\sigma_{\phi 2}$＝ 2	σ_{x5}＝ 2	—	$\sigma_{\phi 2}$＝ 4	σ_{x5}＝ 3	—
空質量による圧縮応力		—	σ_{x3}＝ 1	—	—	σ_{x3}＝ 1	—
鉛直方向地震による圧縮応力		—	σ_{x6}＝ 1	—	—	σ_{x6}＝ 1	—
水平方向地震による応力		—	σ_{x4}＝ 2	τ＝ 4	—	σ_{x4}＝ 4	τ＝ 7
応力の和	引張側	σ_{ϕ}＝ 5	σ_{xt}＝ 5	—	σ_{ϕ}＝ 6	σ_{xt}＝ 7	—
	圧縮側	σ_{ϕ}＝ -5	σ_{xc}＝ 2	—	σ_{ϕ}＝ -6	σ_{xc}＝ 4	—
組合せ応力	引張り	σ_{0t}＝ 8			σ_{0t}＝ 13		
	圧縮	σ_{0c}＝ 4			σ_{0c}＝ 7		

(2) 地震動のみによる一次応力と二次応力の和の変動値

(単位：MPa)

		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度			基準地震動Ｓｓ		
		周方向応力	軸方向応力	せん断応力	周方向応力	軸方向応力	せん断応力
鉛直方向地震による引張応力		$\sigma_{\phi 2}$＝ 2	σ_{x5}＝ 2	—	$\sigma_{\phi 2}$＝ 4	σ_{x5}＝ 3	—
鉛直方向地震による圧縮応力		—	σ_{x6}＝ 1	—	—	σ_{x6}＝ 1	—
水平方向地震による応力		—	σ_{x4}＝ 2	τ＝ 4	—	σ_{x4}＝ 4	τ＝ 7
応力の和	引張側	$\sigma_{2\phi}$＝ 2	σ_{2xt}＝ 3	—	$\sigma_{2\phi}$＝ 4	σ_{2xt}＝ 6	—
	圧縮側	$\sigma_{2\phi}$＝ -2	σ_{2xc}＝ 2	—	$\sigma_{2\phi}$＝ -4	σ_{2xc}＝ 4	—
組合せ応力（変動値）	引張り	σ_{2t}＝ 11			σ_{2t}＝ 22		
	圧縮	σ_{2c}＝ 8			σ_{2c}＝ 15		

1.3.2 スカートに生じる応力

(単位：MPa)

		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
		応力	組合せ応力	応力	組合せ応力
運転時質量による応力		σ_{s1}＝ 3	σ_{s}＝ 13	σ_{s1}＝ 3	σ_{s}＝ 24
鉛直方向地震による応力		σ_{s3}＝ 2		σ_{s3}＝ 4	
水平方向地震による応力	曲げ	σ_{s2}＝ 8		σ_{s2}＝ 14	
	せん断	τ_{s}＝ 4		τ_{s}＝ 8	

1.3.3 基礎ボルトに生じる応力

(単位：MPa)

	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
引張応力	σ_{b}＝ 31	σ_{b}＝ 87
せん断応力	τ_{b}＝ 21	τ_{b}＝ 40

1.4 結論

1.4.1 固有周期 （単位：s）

方向	固有周期
水平方向	
鉛直方向	

1.4.2 応力 （単位：MPa）

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
胴板	SM400A	一次一般膜	$\sigma_0 = 8$	$S_a = 230$	$\sigma_0 = 13$	$S_a = 230$
		一次＋二次	$\sigma_2 = 11$	$S_a = 466$	$\sigma_2 = 22$	$S_a = 466$
スカート	SM400A	組合せ	$\sigma_s = 13$	$f_t = 241$	$\sigma_s = 24$	$f_t = 276$
		圧縮と曲げの組合せ（座屈の評価）	$\frac{\eta \cdot (\sigma_{s1} + \sigma_{s3})}{f_c} + \frac{\eta \cdot \sigma_{s2}}{f_b} \leqq 1$		$\frac{\eta \cdot (\sigma_{s1} + \sigma_{s3})}{f_c} + \frac{\eta \cdot \sigma_{s2}}{f_b} \leqq 1$	
			0.06（無次元）		0.10（無次元）	
基礎ボルト	SS400	引張り	$\sigma_b = 31$	$f_{ts} = 173$ *	$\sigma_b = 87$	$f_{ts} = 207$ *
		せん断	$\tau_b = 21$	$f_{sb} = 133$	$\tau_b = 40$	$f_{sb} = 159$

すべて許容応力以下である。

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

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Sd又は静的震度		基準地震動Ss		最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)	比重
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度				
原子炉補機冷却水系サージタンク	常設／防止(DB拡張) 常設／緩和(DB拡張)	原子炉建屋 T.M.S.L. 31.7 *			—	—	C_H=1.71	C_V=1.41	静水頭	70	50	1.00

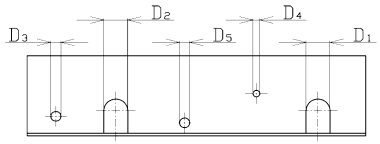
注記*：基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

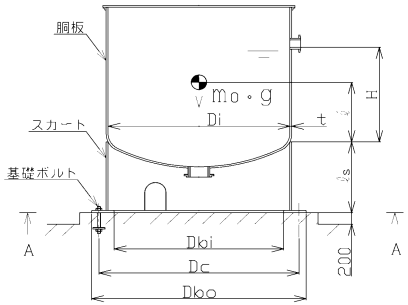
m_0 (kg)	m_e (kg)	D_i (mm)	t (mm)	D_s (mm)	t_s (mm)	E (MPa)	E_s (MPa)	G (MPa)	G_s (MPa)
		3000	12.0	3000	12.0	200000 *1	201000 *2	76900 *1	77300 *2

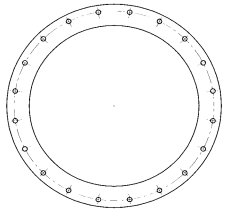
ℓ (mm)	ℓ_s (mm)	D_1 (mm)	D_2 (mm)	D_3 (mm)	D_4 (mm)	D_5 (mm)	H (mm)	s	n	D_c (mm)	D_{bo} (mm)
762	1308	700	700	150	100	150	1992	15	20	3150	3250

D_{bi} (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	Y (mm)	M_s (N·mm)	
				弾性設計用地震動Sd又は静的震度	基準地震動Ss
2800	24 (M24)	452.4	1813	—	7.324×10^8



スカート開口部の形状を示す。




A～A矢視図

S_y(胴板) (MPa)	S_u(胴板) (MPa)	S(胴板) (MPa)	S_y(スカート) (MPa)	S_u(スカート) (MPa)	F(スカート) (MPa)	F*(スカート) (MPa)
233 *1 (厚さ≦16mm)	383 *1	—	241 *2 (厚さ≦16mm)	394 *2	—	276

S_y(基礎ボルト) (MPa)	S_u(基礎ボルト) (MPa)	F(基礎ボルト) (MPa)	F*(基礎ボルト) (MPa)
231 *2 (16mm＜径≦40mm)	394 *2	—	276

注記* 1: 最高使用温度で算出
* 2: 周囲環境温度で算出

2.3 計算数値

2.3.1 胴に生じる応力

(1) 一次一般膜応力

(単位：MPa)

		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度			基準地震動Ｓｓ		
		周方向応力	軸方向応力	せん断応力	周方向応力	軸方向応力	せん断応力
静水頭又は内圧による応力		—	—	—	$\sigma_{\phi 1}$＝ 3	—	—
運転時質量による引張応力		—	—	—	—	σ_{x2}＝ 2	—
鉛直方向地震による引張応力		—	—	—	$\sigma_{\phi 2}$＝ 4	σ_{x5}＝ 3	—
空質量による圧縮応力		—	—	—	—	σ_{x3}＝ 1	—
鉛直方向地震による圧縮応力		—	—	—	—	σ_{x6}＝ 1	—
水平方向地震による応力		—	—	—	—	σ_{x4}＝ 4	τ＝ 7
応力の和	引張側	—	—	—	σ_{ϕ}＝ 6	σ_{xt}＝ 7	—
	圧縮側	—	—	—	σ_{ϕ}＝ -6	σ_{xc}＝ 4	—
組合せ応力	引張り	—			σ_{0t}＝ 13		
	圧縮	—			σ_{0c}＝ 7		

(2) 地震動のみによる一次応力と二次応力の和の変動値

(単位：MPa)

		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度			基準地震動Ｓｓ		
		周方向応力	軸方向応力	せん断応力	周方向応力	軸方向応力	せん断応力
鉛直方向地震による引張応力		—	—	—	$\sigma_{\phi 2}$＝ 4	σ_{x5}＝ 3	—
鉛直方向地震による圧縮応力		—	—	—	—	σ_{x6}＝ 1	—
水平方向地震による応力		—	—	—	—	σ_{x4}＝ 4	τ＝ 7
応力の和	引張側	—	—	—	$\sigma_{2\phi}$＝ 4	σ_{2xt}＝ 6	—
	圧縮側	—	—	—	$\sigma_{2\phi}$＝ -4	σ_{2xc}＝ 4	—
組合せ応力（変動値）	引張り	—			σ_{2t}＝ 22		
	圧縮	—			σ_{2c}＝ 15		

2.3.2 スカートに生じる応力

(単位：MPa)

		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
		応力	組合せ応力	応力	組合せ応力
運転時質量による応力		—	—	σ_{s1}＝ 3	σ_{s}＝ 24
鉛直方向地震による応力		—		σ_{s3}＝ 4	
水平方向地震による応力	曲げ	—		σ_{s2}＝ 14	
	せん断	—		τ_{s}＝ 8	

2.3.3 基礎ボルトに生じる応力

(単位：MPa)

	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
引張応力	—	σ_{b}＝ 87
せん断応力	—	τ_{b}＝ 40

2.4 結論

2.4.1 固有周期 （単位：s）

方向	固有周期
水平方向	
鉛直方向	

2.4.2 応力 （単位：MPa）

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
胴板	SM400A	一次一般膜	—	—	$\sigma_0 = 13$	$S_a = 230$
		一次＋二次	—	—	$\sigma_2 = 22$	$S_a = 466$
スカート	SM400A	組合せ	—	—	$\sigma_s = 24$	$f_t = 276$
		圧縮と曲げの組合せ	$\frac{\eta \cdot (\sigma_{s1} + \sigma_{s3})}{f_c} + \frac{\eta \cdot \sigma_{s2}}{f_b} \leqq 1$		$\frac{\eta \cdot (\sigma_{s1} + \sigma_{s3})}{f_c} + \frac{\eta \cdot \sigma_{s2}}{f_b} \leqq 1$	
		（座屈の評価）	—		0.10（無次元）	
基礎ボルト	SS400	引張り	—	—	$\sigma_b = 87$	$f_{ts} = 207$ *
		せん断	—	—	$\tau_b = 40$	$f_{sb} = 159$

すべて許容応力以下である。

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

Ⅴ-2-5-6-1-5　原子炉補機冷却海水系ストレーナの耐震性についての計算書

目　　次

1.　概要 …… 1
2.　一般事項 …… 1
2.1　構造計画 …… 1
2.2　評価方針 …… 3
2.3　適用規格・基準等 …… 4
2.4　記号の説明 …… 5
2.5　計算精度と数値の丸め方 …… 6
3.　評価部位 …… 7
4.　固有周期 …… 8
4.1　固有周期の計算方法 …… 8
4.2　固有周期の計算条件 …… 8
4.3　固有周期の計算結果 …… 9
5.　構造強度評価 …… 10
5.1　構造強度評価方法 …… 10
5.2　荷重の組合せ及び許容応力 …… 10
5.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 …… 10
5.2.2　許容応力 …… 10
5.2.3　使用材料の許容応力評価条件 …… 10
5.3　設計用地震力 …… 14
5.4　計算方法 …… 15
5.4.1　応力の計算方法 …… 15
5.5　計算条件 …… 18
5.5.1　基礎ボルトの応力計算条件 …… 18
5.6　応力の評価 …… 18
5.6.1　ボルトの応力評価 …… 18
6.　評価結果 …… 19
6.1　設計基準対象施設としての評価結果 …… 19
6.2　重大事故等対処設備としての評価結果 …… 19

1. 概要

本計算書は，V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき，原子炉補機冷却海水系ストレーナ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。

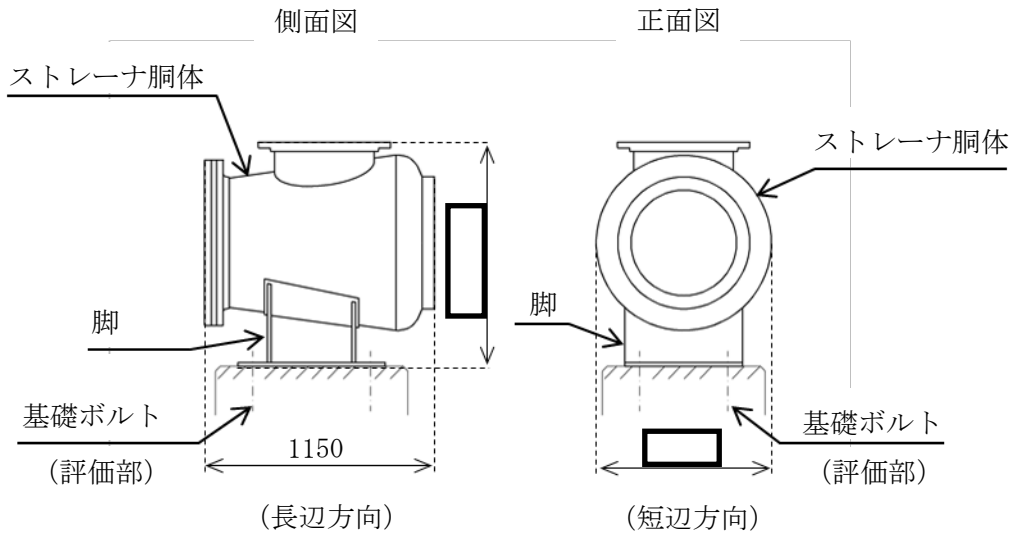
原子炉補機冷却海水系ストレーナは，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備（設計基準拡張）及び常設重大事故緩和設備（設計基準拡張）に分類される。以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

原子炉補機冷却海水系ストレーナの構造計画を表 2－1 に示す。

表 2－1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
原子炉補機冷却海水系ストレーナはストレーナ胴部を脚で支持する。脚は基礎ボルトで基礎に据え付ける。	横置円筒形ストレーナ	

（単位：mm）

2.2　評価方針

原子炉補機冷却海水系ストレーナの応力評価は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.1　構造計画」にて示す原子炉補機冷却海水系ストレーナの部位を踏まえ「3.　評価部位」にて設定する箇所において，「4.　固有周期」にて算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを，「5.　構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「6.　評価結果」に示す。

原子炉補機冷却海水系ストレーナの耐震評価フローを図 2－1 に示す。

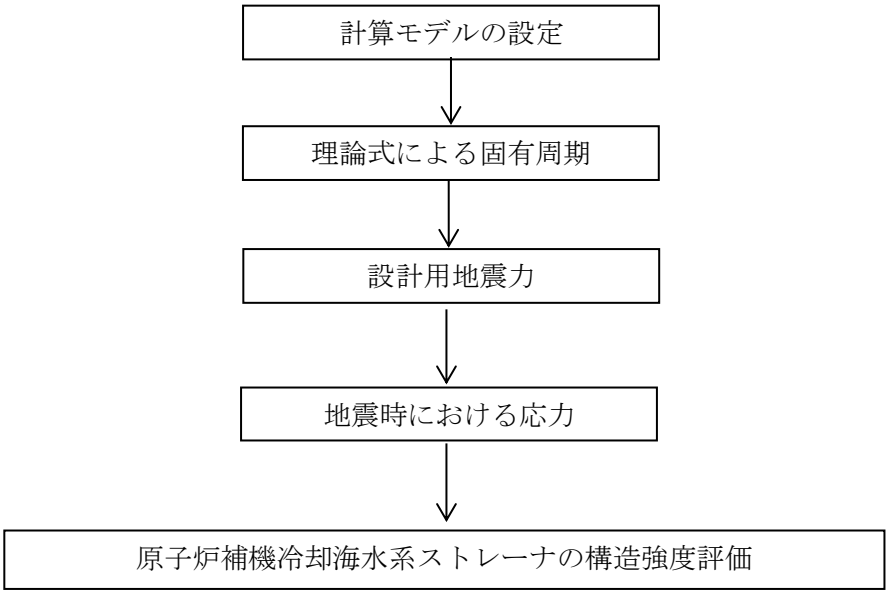


図 2－1　原子炉補機冷却海水系ストレーナの耐震評価フロー

2.3　適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

・原子力発電所耐震設計技術指針　重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１・補-1984（(社)日本電気協会）

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

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

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

2.4　記号の説明

記号	記号の説明	単位
A	脚の断面積	mm^2
A_b	基礎ボルトの軸断面積	mm^2
A_s	脚の有効せん断断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d	基礎ボルトの呼び径	mm
E_s	脚の縦弾性係数	MPa
F	設計・建設規格　SSB-3121.1(1)に定める値	MPa
F^*	設計・建設規格　SSB-3133 に定める値	MPa
F_b	基礎ボルトに作用する引張力（1 本当たり）	N
f_{sb}	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力	MPa
f_{to}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力	MPa
f_{ts}	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力	MPa
G_s	脚のせん断弾性係数	MPa
g	重力加速度（＝9.80665）	m/s^2
h	据付面から重心までの距離	mm
I_s	脚の断面二次モーメント	mm^4
ℓ_1	重心とボルト間の水平方向距離*	mm
ℓ_2	重心とボルト間の水平方向距離*	mm
m	運転時質量	kg
n	基礎ボルトの本数	—
n_f	評価上引張力を受けるとして期待する基礎ボルトの本数	—
Q_b	基礎ボルトに作用するせん断力	N
S_u	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表 9 に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表 8 に定める値	MPa
S_y（RT）	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表 8 に定める材料の 40℃における値	MPa
T_H	水平方向固有周期	s
T_V	鉛直方向固有周期	s
π	円周率	—
σ_b	基礎ボルトに生じる引張応力	MPa
τ_b	基礎ボルトに生じるせん断応力	MPa

注記＊：$\ell_1 \leqq \ell_2$

2.5　計算精度と数値の丸め方

精度は，有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表2－2に示すとおりとする。

表2－2　表示する数値の丸め方

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

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

＊2：絶対値が1000以上のときはべき数表示とする。

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

3. 評価部位

原子炉補機冷却海水系ストレーナの耐震評価は，「5.1　構造強度評価方法」に示す条件に基づき，耐震評価上厳しくなる基礎ボルトについて実施する。原子炉補機冷却海水系ストレーナの耐震評価部位については，表 2－1 の概略構造図に示す。

4. 固有周期

4.1 固有周期の計算方法

原子炉補機冷却海水系ストレーナの固有周期の計算方法を以下に示す。

(1) 計算モデル

a. 原子炉補機冷却海水系ストレーナの質量は重心に集中するものとする。

b. 原子炉補機冷却海水系ストレーナは基礎ボルトで基礎に固定されており，固定端とする。

c. 耐震計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

原子炉補機冷却海水系ストレーナは，図 4−1 に示す下端固定の１質点系振動モデルとして考える。

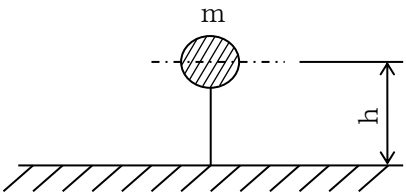


図 4−1 固有周期の計算モデル

(2) 水平方向固有周期

水平方向固有周期は次式で求める。

$$T_H = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{1000} \cdot \left(\frac{h^3}{3 \cdot E_s \cdot I_s} + \frac{h}{A_s \cdot G_s} \right)} \quad \cdots (4.1.1)$$

(3) 鉛直方向固有周期

鉛直方向固有周期は次式で求める。

$$T_V = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{1000} \cdot \frac{h}{A \cdot E_s}} \quad \cdots (4.1.2)$$

4.2 固有周期の計算条件

固有周期の計算に用いる計算条件は，本計算書の【原子炉補機冷却海水系ストレーナの耐震性についての計算結果】の機器要目に示す。

4.3　固有周期の計算結果

固有周期の計算結果を表 4－1 示す。計算の結果，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。

表 4－1　固有周期　　（単位：s）

水平		
鉛直		

5.　構造強度評価

5.1　構造強度評価方法

4.1 項 a.～c.のほか，次の条件で計算する。

(1)　地震力は原子炉補機冷却海水系ストレーナに対して水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。

(2)　転倒方向は図 5－1，図 5－2 における短辺方向及び長辺方向について検討し，計算書には計算結果の厳しい方を記載する。

5.2　荷重の組合せ及び許容応力

5.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉補機冷却海水系ストレーナの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 5－1 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5－2 に示す。

5.2.2　許容応力

原子炉補機冷却海水系ストレーナの許容応力は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 5－3 のとおりとする。

5.2.3　使用材料の許容応力評価条件

原子炉補機冷却海水系ストレーナの使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 5－4 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5－5 に示す。

表5－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉冷却系統施設	原子炉補機冷却設備	原子炉補機冷却海水系ストレーナ	S	クラス３容器*	D＋P_D＋M_D＋Ｓｄ*	ⅢAS
					D＋P_D＋M_D＋Ｓｓ	ⅣAS

注記＊：クラス３容器の支持構造物を含む。

表5－2　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉冷却系統施設	原子炉補機冷却設備	原子炉補機冷却海水系ストレーナ	常設／防止（ＤＢ拡張） 常設／緩和（ＤＢ拡張）	重大事故等クラス２容器*2	D＋P_D＋M_D＋Ｓｓ*3	ⅣAS
					D＋P_{SAD}＋M_{SAD}＋Ｓｓ	ⅤAS（ⅤASとしてⅣASの許容限界を用いる。）

注記＊1：「常設／防止（ＤＢ拡張）」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張），「常設／緩和（ＤＢ拡張）」は常設重大事故緩和設備（設計基準拡張）を示す。

＊2：重大事故等クラス２容器の支持構造物を含む。

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

表5－3　許容応力（クラス２，３支持構造物及び重大事故等クラス２支持構造物）

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

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

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

表5－4　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
基礎ボルト	SCM435	周囲環境温度	50	764	906	—

表5－5　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
基礎ボルト	SCM435	周囲環境温度	50	764	906	—

5.3　設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 5－6 及び表 5－7 に示す。

「弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度」及び「基準地震動Ｓｓ」による地震力は，Ⅴ-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

表 5－6　設計用地震力（設計基準対象施設）

据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
	水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度
タービン建屋 T.M.S.L. 3.5*1 (T.M.S.L. 4.9*2)	[redacted]		C_H＝0.69	C_V＝0.59	C_H＝1.47	C_V＝1.16
タービン建屋 T.M.S.L. -4.8*3 (T.M.S.L.-1.1*2)	[redacted]		C_H＝0.59	C_V＝0.56	C_H＝1.28	C_V＝1.12

注記＊1：原子炉補機冷却海水系ストレーナ(A),(B),(D),(E)の据付場所及び床面高さを示す。
＊2：基準床レベルを示す。
＊3：原子炉補機冷却海水系ストレーナ(C),(F)の据付場所及び床面高さを示す。

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)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
	水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度
タービン建屋 T.M.S.L. 3.5*1 (T.M.S.L. 4.9*2)	[redacted]		—	—	C_H＝1.47	C_V＝1.16
タービン建屋 T.M.S.L. -4.8*3 (T.M.S.L.-1.1*2)	[redacted]		—	—	C_H＝1.28	C_V＝1.12

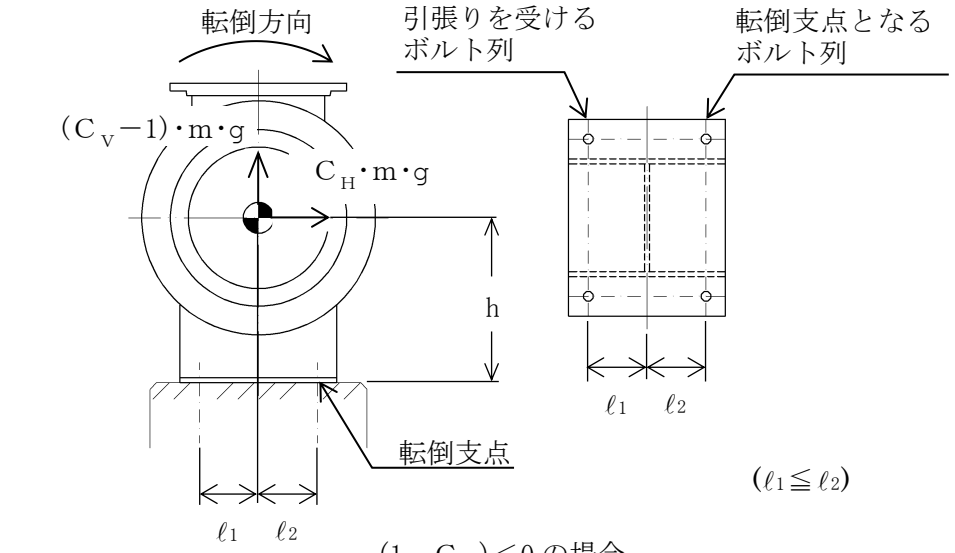
注記＊1：原子炉補機冷却海水系ストレーナ(A),(B),(D),(E)の据付場所及び床面高さを示す。
＊2：基準床レベルを示す。
＊3：原子炉補機冷却海水系ストレーナ(C),(F)の据付場所及び床面高さを示す。

5.4　計算方法

5.4.1　応力の計算方法

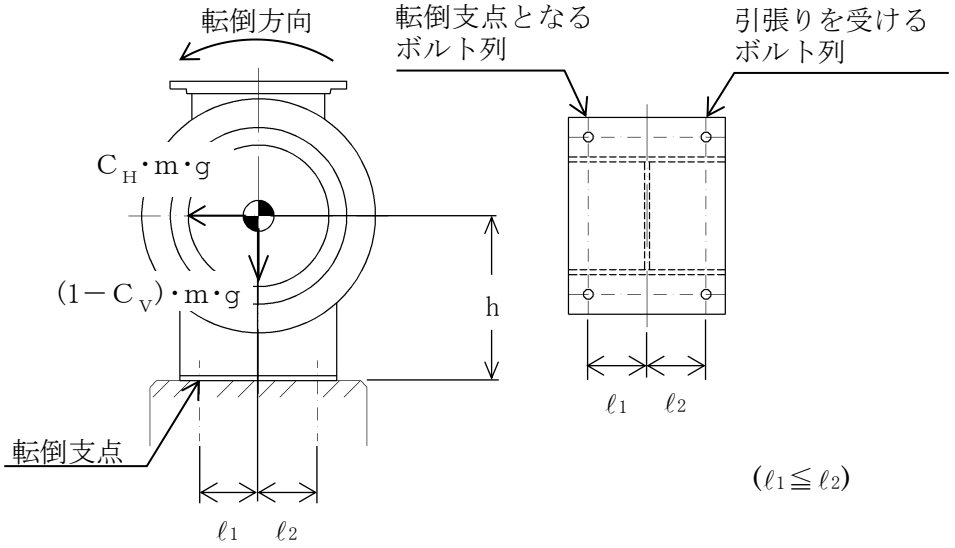
5.4.1.1　基礎ボルトの計算方法

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



(1－C V)＜0 の場合

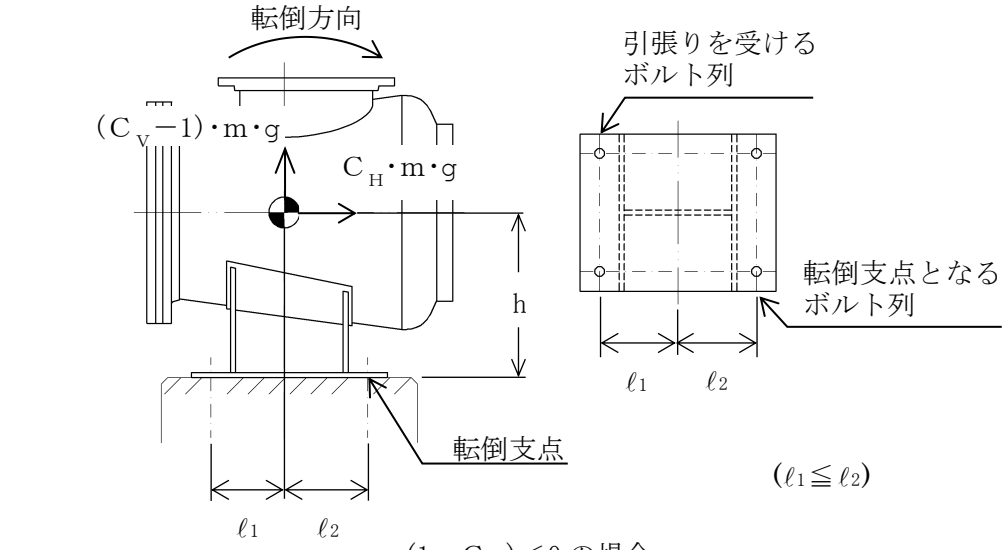
(基準地震動Ｓ s の場合)



(1－C V)≧0 の場合

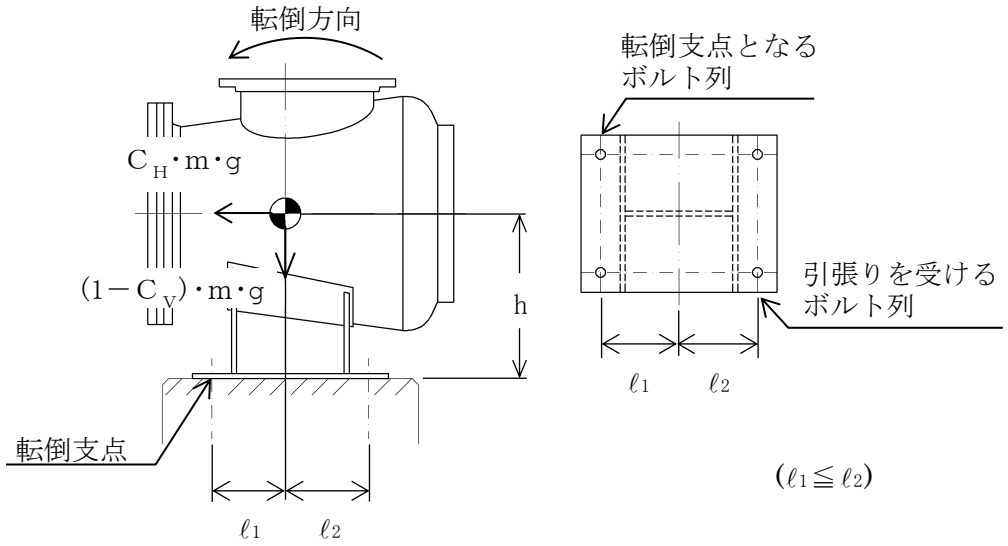
(弾性設計用地震動Ｓ d 又は静的震度の場合)

図 5－1　計算モデル（短辺方向転倒）



(1－C V)＜0 の場合

(基準地震動Ｓ s の場合)



(1－C V)≧0 の場合

(弾性設計用地震動Ｓ d 又は静的震度の場合)

図 5－2　計算モデル（長辺方向転倒）

(1)　引張応力

基礎ボルトに対する引張力は最も厳しい条件として，図5－1及び図5－2で基礎ボルトを支点とする転倒を考え，これを片側の列の基礎ボルトで受けるものとして計算する。

引張力

【$(1-C_V)<0$の場合（基準地震動Ｓｓの場合）】

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

【$(1-C_V)\geqq 0$の場合（弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度の場合）】

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

引張応力

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

ここで，基礎ボルトの軸断面積A_bは次式により求める。

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

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

(2)　せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は基礎ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

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

せん断応力

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

5.5　計算条件

5.5.1　基礎ボルトの応力計算条件

基礎ボルトの応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【原子炉補機冷却海水系ストレーナの耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.6　応力の評価

5.6.1　ボルトの応力評価

5.4項で求めたボルトの引張応力σ_bは次式より求めた許容引張応力f_{ts}以下であること。ただし，f_{to}は下表による。

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

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

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

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

原子炉補機冷却海水系ストレーナ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

原子炉補機冷却海水系ストレーナの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し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。

【原子炉補機冷却海水系ストレーナ(A),(B),(D),(E)の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
原子炉補機冷却海水系ストレーナ(A),(B),(D),(E)	S	タービン建屋 T.M.S.L. 3.5 (T.M.S.L. 4.9*)			C_H=0.69	C_V=0.59	C_H=1.47	C_V=1.16	50

注記＊：基準床レベルを示す。

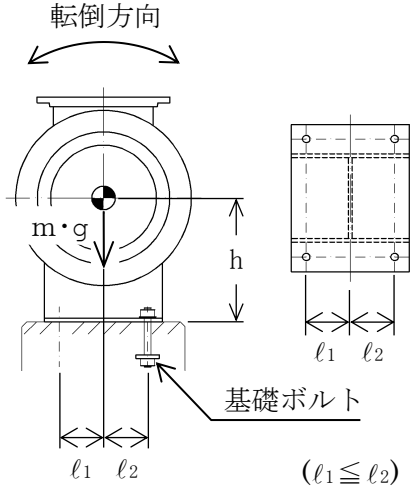
1.2 機器要目

部材	m (kg)	h (mm)	d (mm)	ℓ_1*1 (mm)	ℓ_2*1 (mm)	n	n_f
基礎ボルト						4	2 2

部材	A_b (mm^2)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト		764*2	906*2	634	634	短辺方向	短辺方向

E_s (MPa)	G_s (MPa)	I_s (mm^4)	A_s (mm^2)	A (mm^2)
201000*2	77300*2	6.842×10^8	7.776×10^3	3.063×10^4

注記＊1：ボルトにおける上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。
＊2：周囲環境温度で算出



1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

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

1.4　結論

1.4.1　ボルトの応力

（単位：MPa）

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SCM435	引張り	σ_b＝6	f_{ts}＝475*	σ_b＝16	f_{ts}＝475*
		せん断	τ_b＝3	f_{sb}＝366	τ_b＝6	f_{sb}＝366

すべて許容応力以下である。

注記＊：f_{ts}＝Min[1.4・f_{to}－1.6・τ_b，f_{to}]

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
原子炉補機冷却海水系ストレーナ(A),(B),(D),(E)	常設／防止(ＤＢ拡張) 常設／緩和(ＤＢ拡張)	タービン建屋 T.M.S.L. 3.5 (T.M.S.L. 4.9*)			—	—	C_H=1.47	C_V=1.16	50

注記＊：基準床レベルを示す。

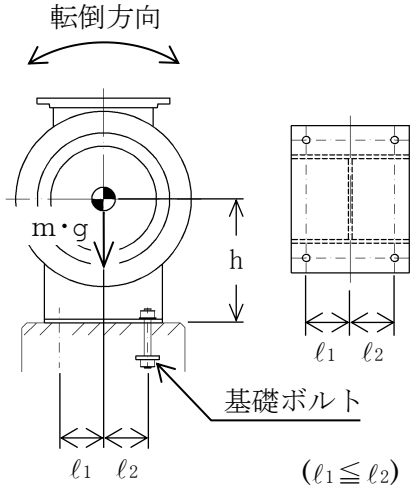
2.2 機器要目

部材	m (kg)	h (mm)	d (mm)	ℓ_1*1 (mm)	ℓ_2*1 (mm)	n	n_f
基礎ボルト						4	2 2

部材	A_b (mm^2)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト		764*2	906*2	—	634	—	短辺方向

E_s (MPa)	G_s (MPa)	I_s (mm^4)	A_s (mm^2)	A (mm^2)
201000*2	77300*2	6.842×10^8	7.776×10^3	3.063×10^4

注記＊1：ボルトにおける上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。
＊2：周囲環境温度で算出



2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

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

2.4　結論

2.4.1　ボルトの応力

（単位：MPa）

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SCM435	引張り	—	—	σ_b＝16	f_{ts}＝475*
		せん断	—	—	τ_b＝6	f_{sb}＝366

すべて許容応力以下である。

注記＊：f_{ts}＝Min[1.4・f_{to}－1.6・τ_b，f_{to}]

【原子炉補機冷却海水系ストレーナ(C),(F)の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
原子炉補機冷却海水系ストレーナ(C),(F)	S	タービン建屋 T.M.S.L. -4.8 (T.M.S.L. -1.1*)			C_H=0.59	C_V=0.56	C_H=1.28	C_V=1.12	50

注記＊：基準床レベルを示す。

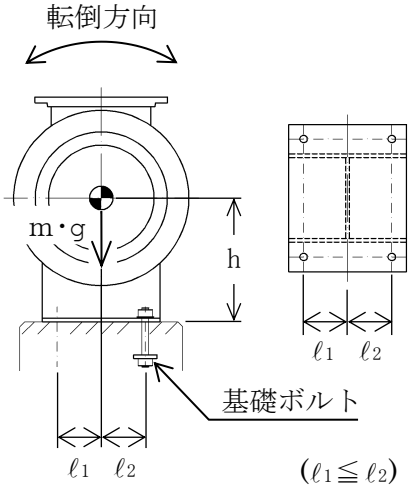
1.2 機器要目

部材	m (kg)	h (mm)	d (mm)	ℓ_1*1 (mm)	ℓ_2*1 (mm)	n	n_f
基礎ボルト						4	2 2

部材	A_b (mm^2)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト		764*2	906*2	634	634	短辺方向	短辺方向

E_s (MPa)	G_s (MPa)	I_s (mm^4)	A_s (mm^2)	A (mm^2)
201000*2	77300*2	6.842×10^8	7.776×10^3	3.063×10^4

注記＊1：ボルトにおける上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。
＊2：周囲環境温度で算出



1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

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

1.4　結論

1.4.1　ボルトの応力

（単位：MPa）

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SCM435	引張り	σ_b＝5	f_{ts}＝475*	σ_b＝14	f_{ts}＝475*
		せん断	τ_b＝3	f_{sb}＝366	τ_b＝5	f_{sb}＝366

すべて許容応力以下である。

注記＊：f_{ts}＝Min[1.4・f_{to}－1.6・τ_b，f_{to}]

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
原子炉補機冷却海水系ストレーナ(C),(F)	常設／防止(ＤＢ拡張) 常設／緩和(ＤＢ拡張)	タービン建屋 T.M.S.L. -4.8 (T.M.S.L. -1.1*)			—	—	C_H=1.28	C_V=1.12	50

注記＊：基準床レベルを示す。

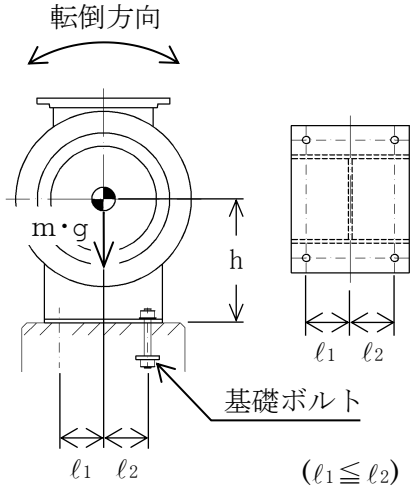
2.2 機器要目

部材	m (kg)	h (mm)	d (mm)	ℓ_1*1 (mm)	ℓ_2*1 (mm)	n	n_f
基礎ボルト						4	2 2

部材	A_b (mm^2)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト		764*2	906*2	—	634	—	短辺方向

E_s (MPa)	G_s (MPa)	I_s (mm^4)	A_s (mm^2)	A (mm^2)
201000*2	77300*2	6.842×10^8	7.776×10^3	3.063×10^4

注記＊1：ボルトにおける上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。
＊2：周囲環境温度で算出



2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

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

2.4　結論

2.4.1　ボルトの応力

（単位：MPa）

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SCM435	引張り	—	—	σ_b＝14	f_{ts}＝475*
		せん断	—	—	τ_b＝5	f_{sb}＝366

すべて許容応力以下である。

注記＊：f_{ts}＝Min[1.4・f_{to}－1.6・τ_b，f_{to}]

Ⅴ-2-5-6-1-6　管の耐震性についての計算書

(1) 原子炉補機冷却水系

(2) 原子炉補機冷却海水系

(1) 原子炉補機冷却水系

設計基準対象施設

目　　次

1.　概要　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1
2.　概略系統図及び鳥瞰図　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 2
2.1　概略系統図　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 2
2.2　鳥瞰図　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 10
3.　計算条件　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 19
3.1　計算方法　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 19
3.2　荷重の組合せ及び許容応力状態　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 20
3.3　設計条件　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 21
3.4　材料及び許容応力　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 32
3.5　設計用地震力　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 33
4.　解析結果及び評価　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 34
4.1　固有周期及び設計震度　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 34
4.2　評価結果　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 46
4.2.1　管の応力評価結果　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 46
4.2.2　支持構造物評価結果　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 47
4.2.3　弁の動的機能維持評価結果　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 48
4.2.4　代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果　・・・・・・・・・・・・・ 49

1. 概要

本計算書は，Ⅴ-2-1-14 「計算書作成の方法 添付資料-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」（以下「基本方針」という。）に基づき，管，支持構造物及び弁が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

評価結果記載方法は，以下に示すとおりである。

(1) 管

工事計画記載範囲の管のうち，各応力区分における最大応力評価点評価結果を解析モデル単位に記載する。また，全３３モデルのうち，各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図，計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を4.2.4に記載する。

(2) 支持構造物

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

(3) 弁

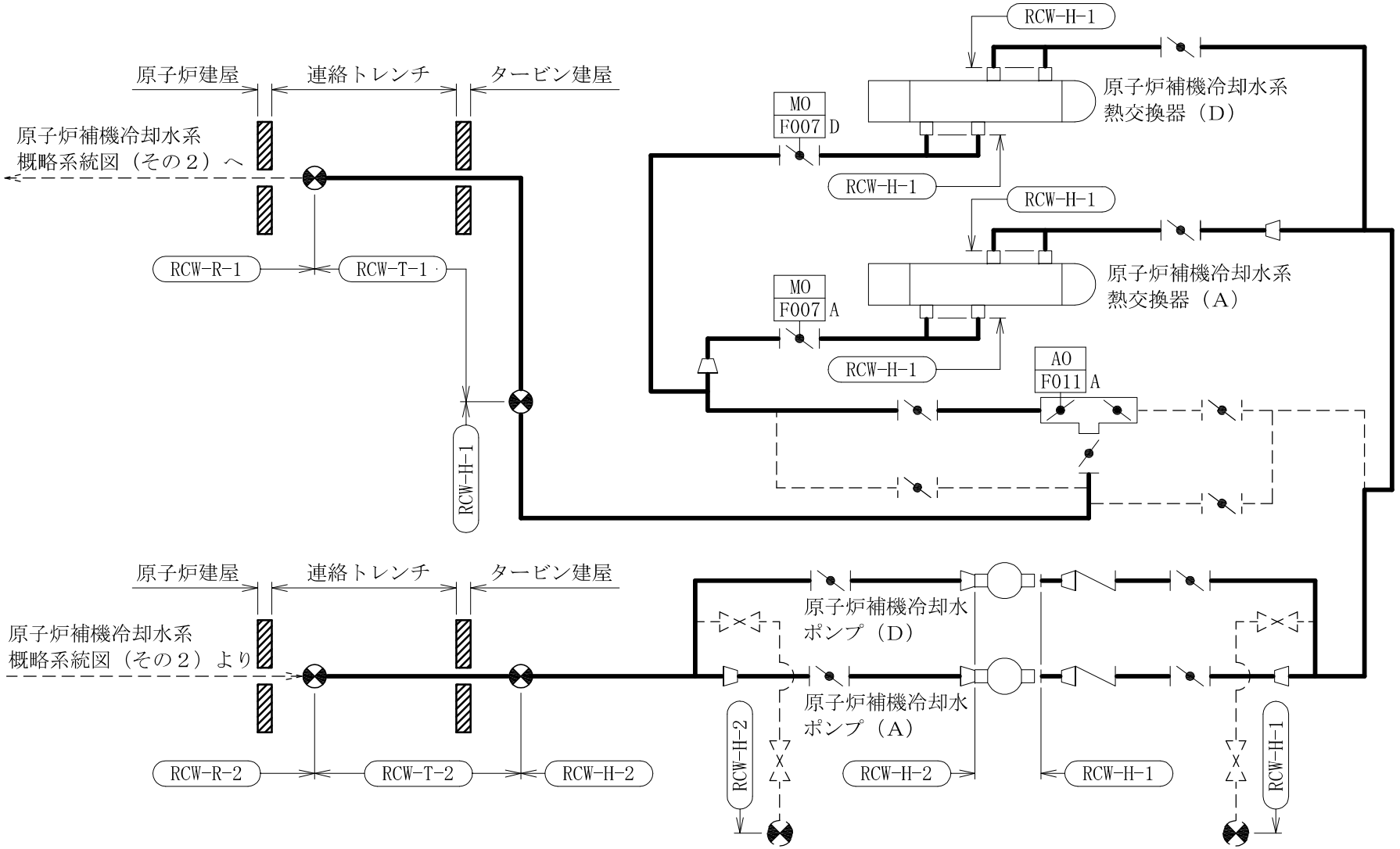
機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として評価結果を記載する。

2.　概略系統図及び鳥瞰図

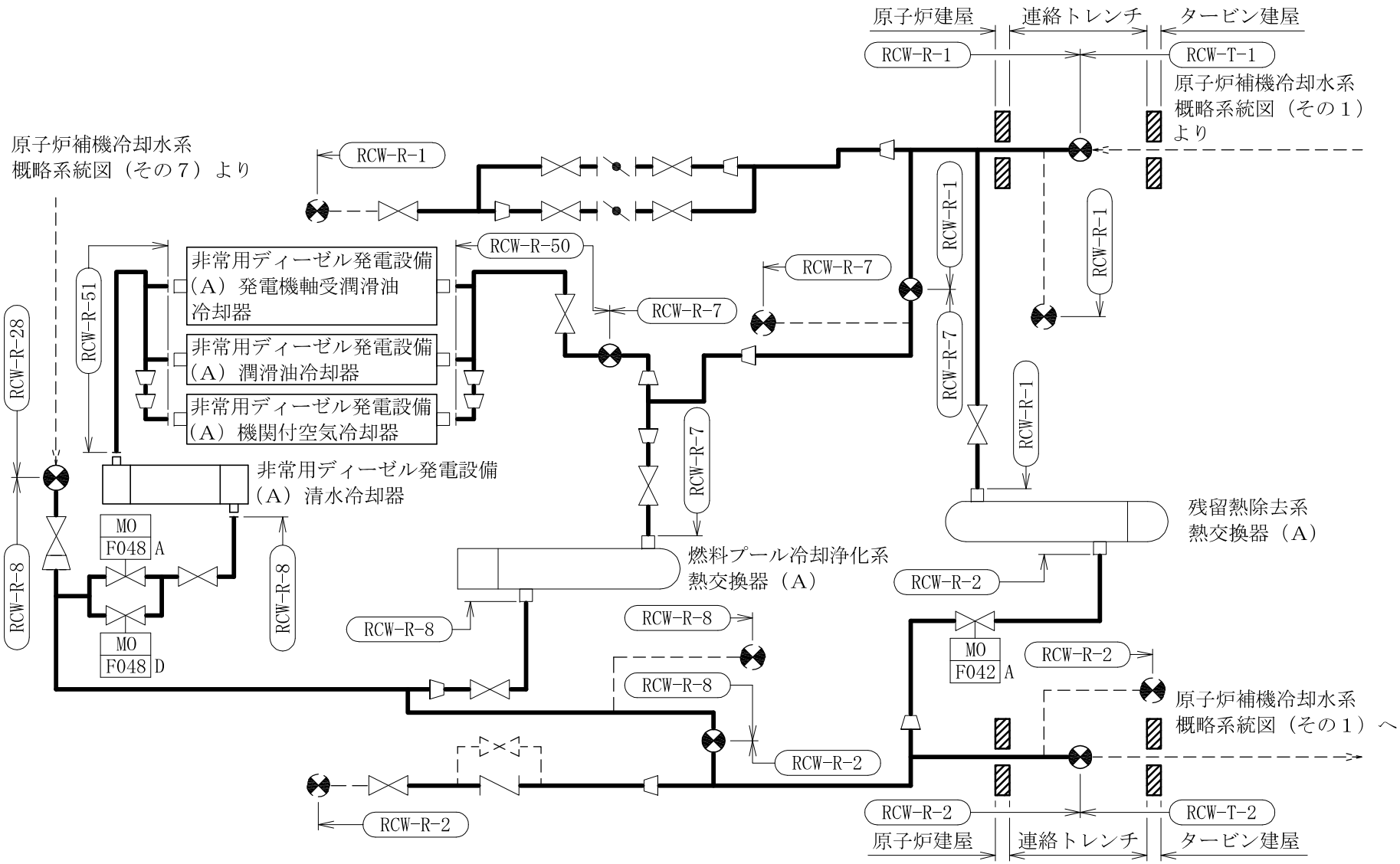
2.1　概略系統図

概略系統図記号凡例

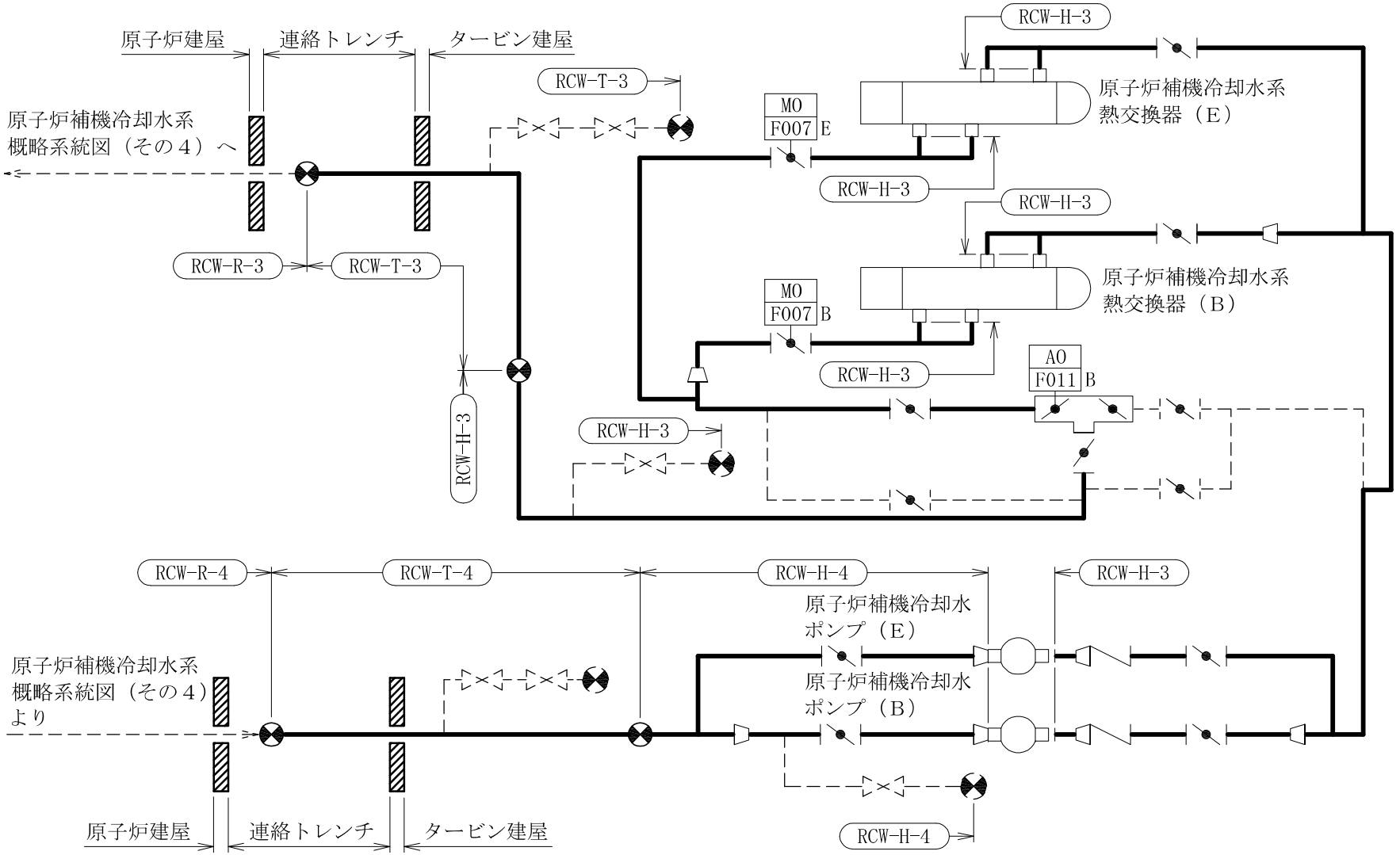
記号	内容
━━━━━━（太線）	工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管
――――――（細線）	工事計画記載範囲の管のうち，本系統の管であって他計算書記載範囲の管
- - - - - - - - -（破線）	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち，他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管
○○-○-○○	鳥瞰図番号
⊗	アンカ



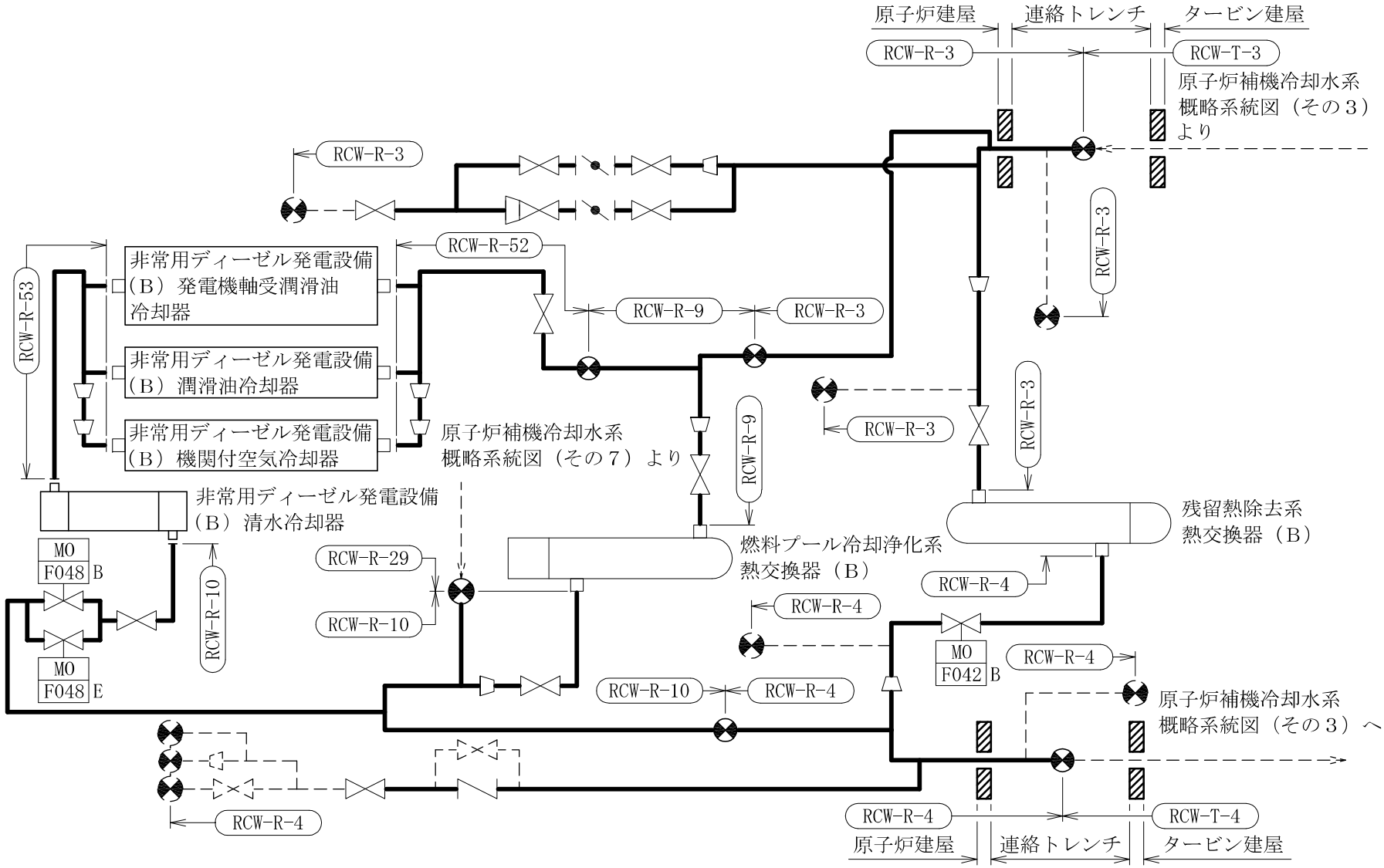
原子炉補機冷却水系概略系統図（その１）



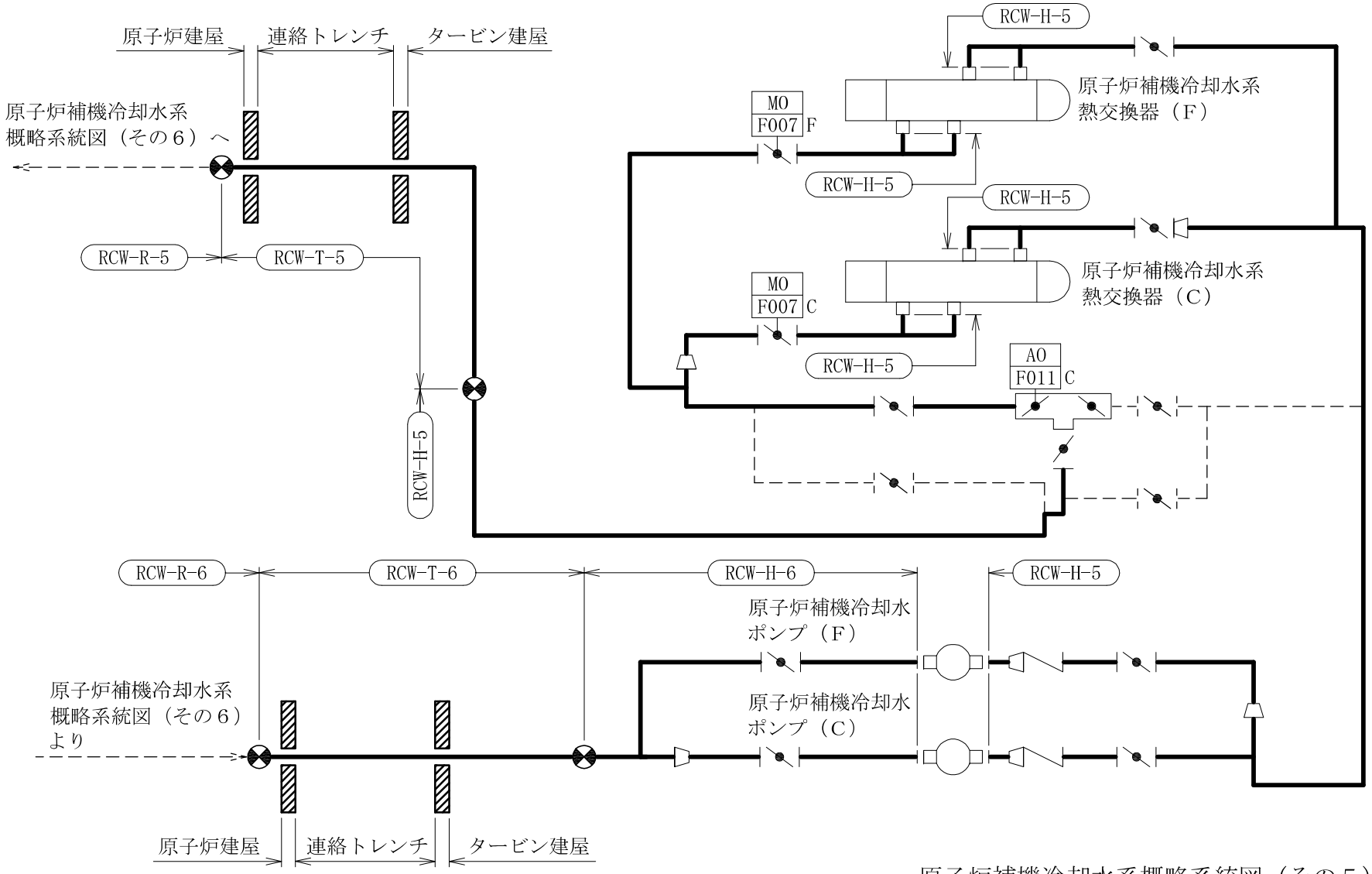
原子炉補機冷却水系概略系統図（その２）



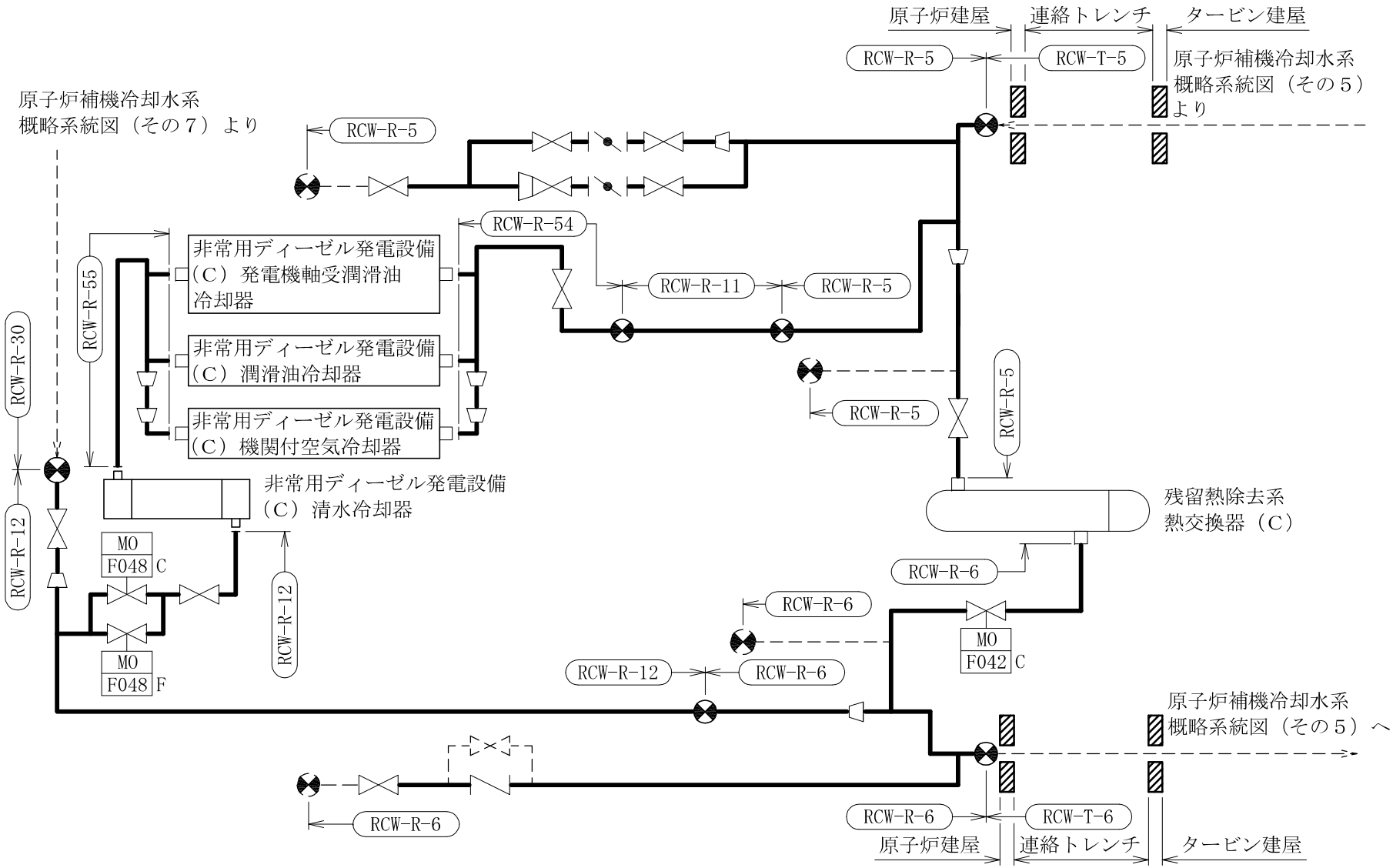
原子炉補機冷却水系概略系統図（その３）



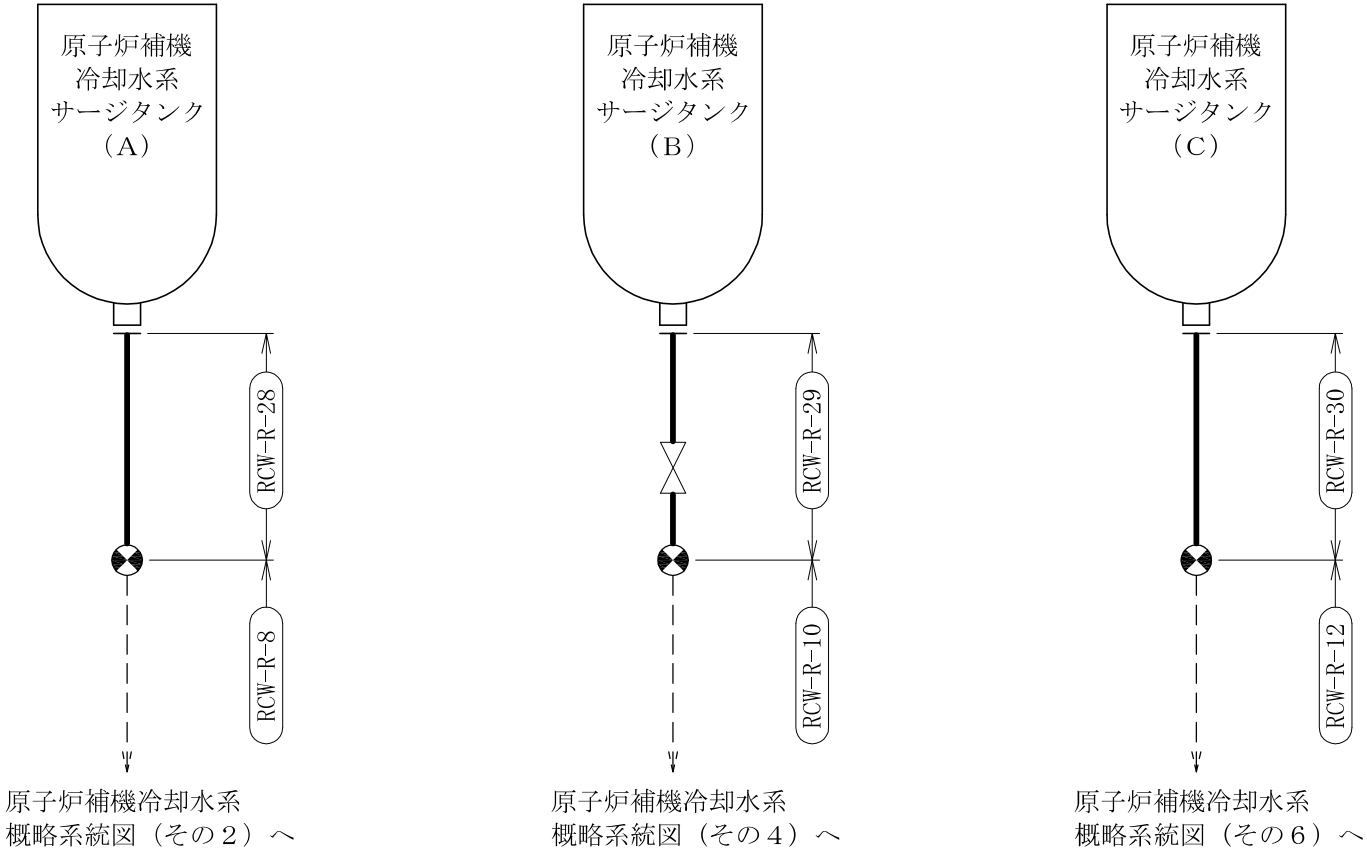
原子炉補機冷却水系概略系統図（その４）



原子炉補機冷却水系概略系統図（その５）



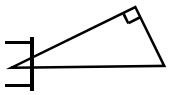
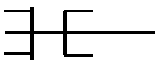
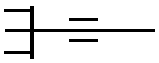
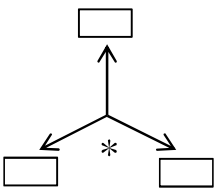
原子炉補機冷却水系概略系統図（その６）



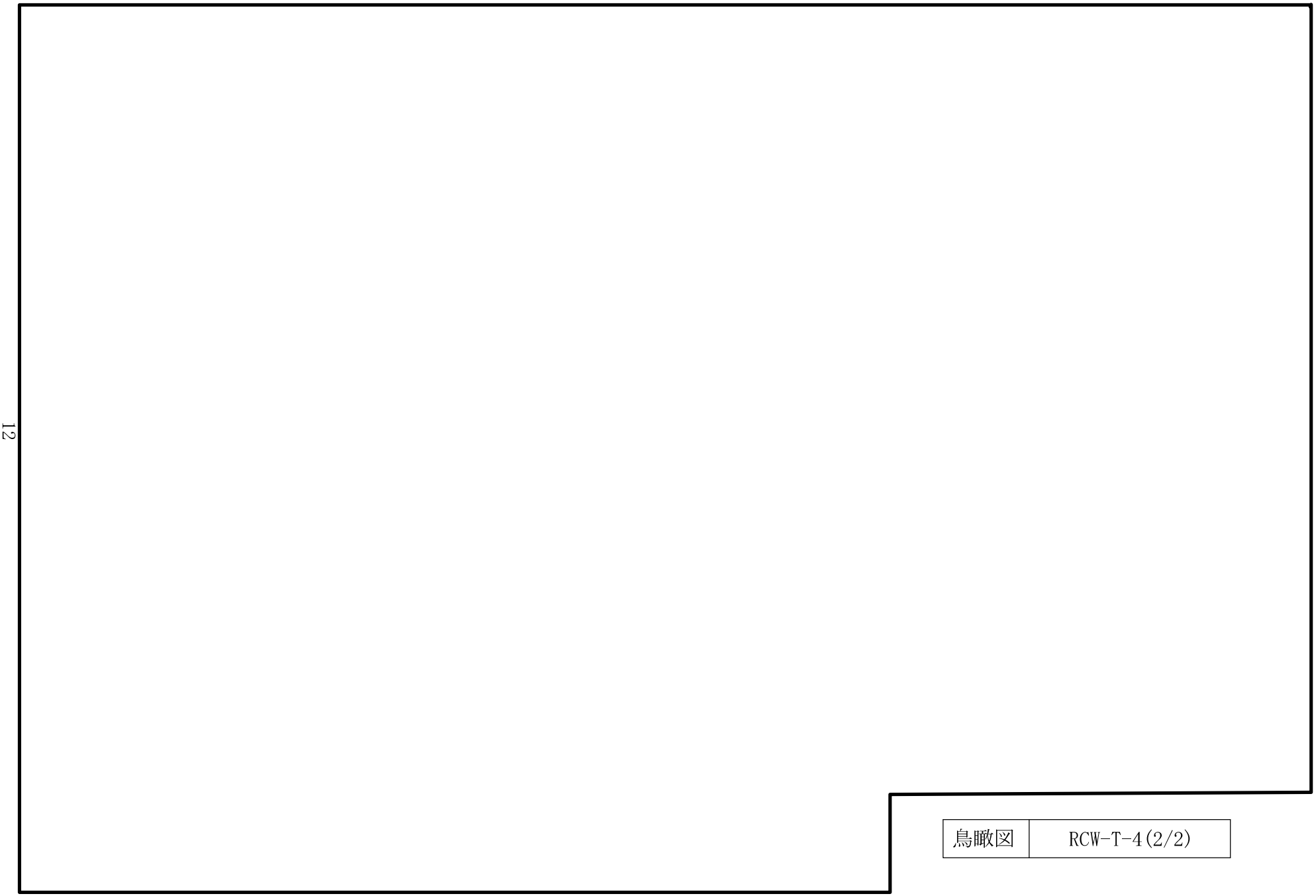
原子炉補機冷却水系概略系統図（その７）

2.2　鳥瞰図

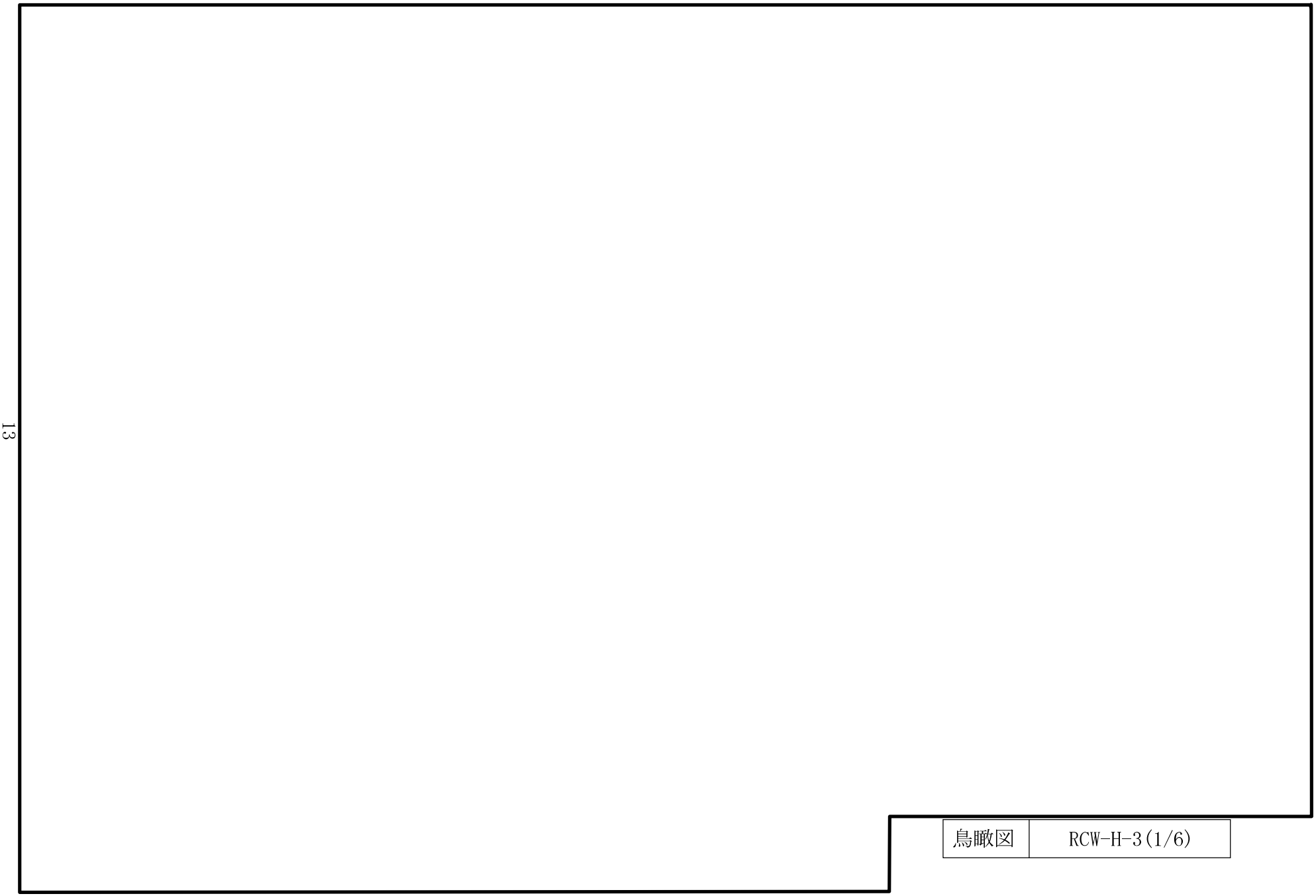
鳥瞰図記号凡例

記号	内容
（太線）	工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管
（細線）	工事計画記載範囲の管のうち，本系統の管であって他計算書記載範囲の管
（破線）	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち，他系統の管であって解析モデルの概略を示すために表記する管
●	質点
⊗	アンカ
	レストレイント （本図は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。スナッバについても同様とする。）
	スナッバ
	ハンガ
	リジットハンガ
	拘束点の地震による相対変位量(㎜) （＊は評価点番号，矢印は拘束方向を示す。また，□内に変位量を記載する。）
	注1：鳥瞰図中の寸法の単位は㎜である。

鳥瞰図	RCW-T-4(1/2)



鳥瞰図	RCW-T-4(2/2)

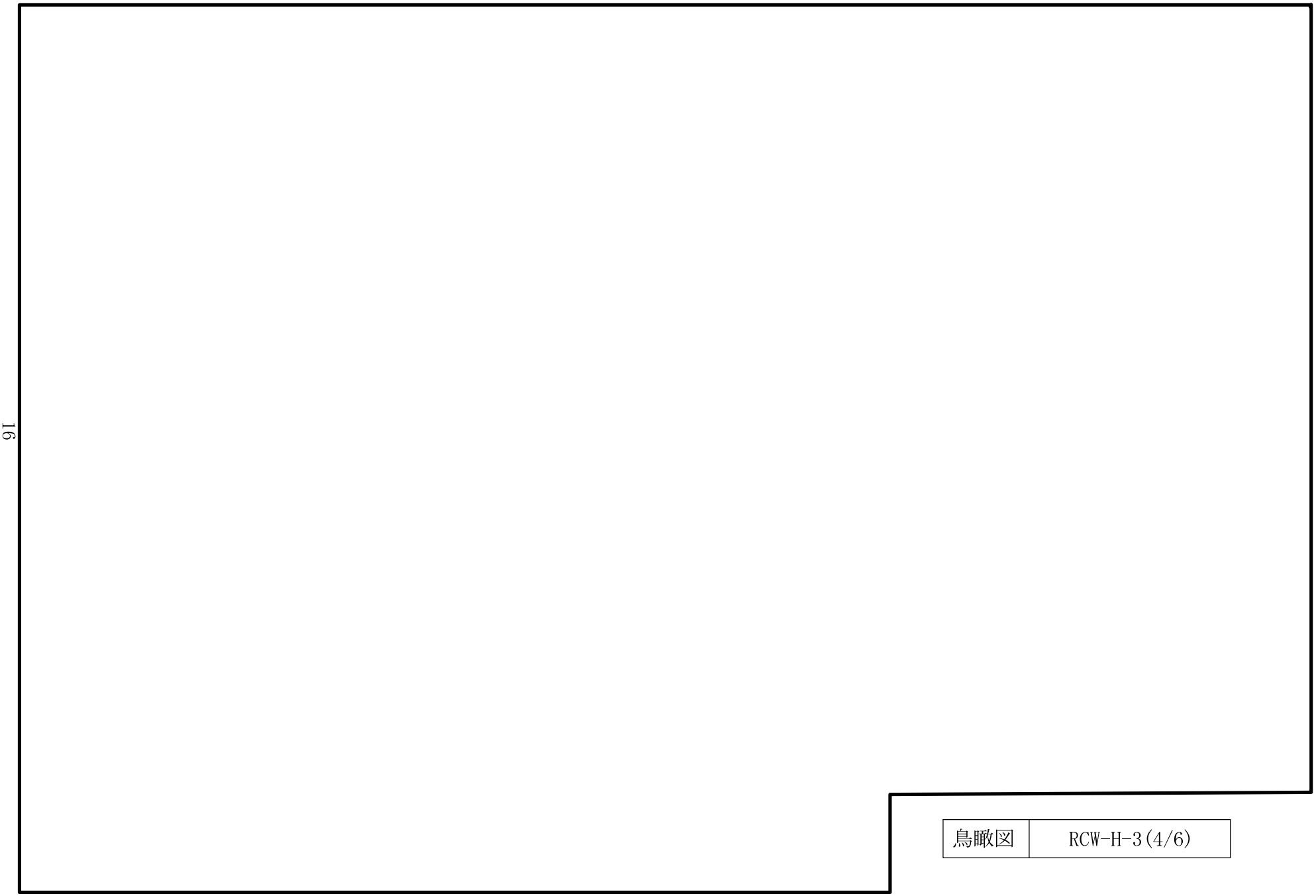


鳥瞰図	RCW-H-3(1/6)

鳥瞰図	RCW-H-3(2/6)

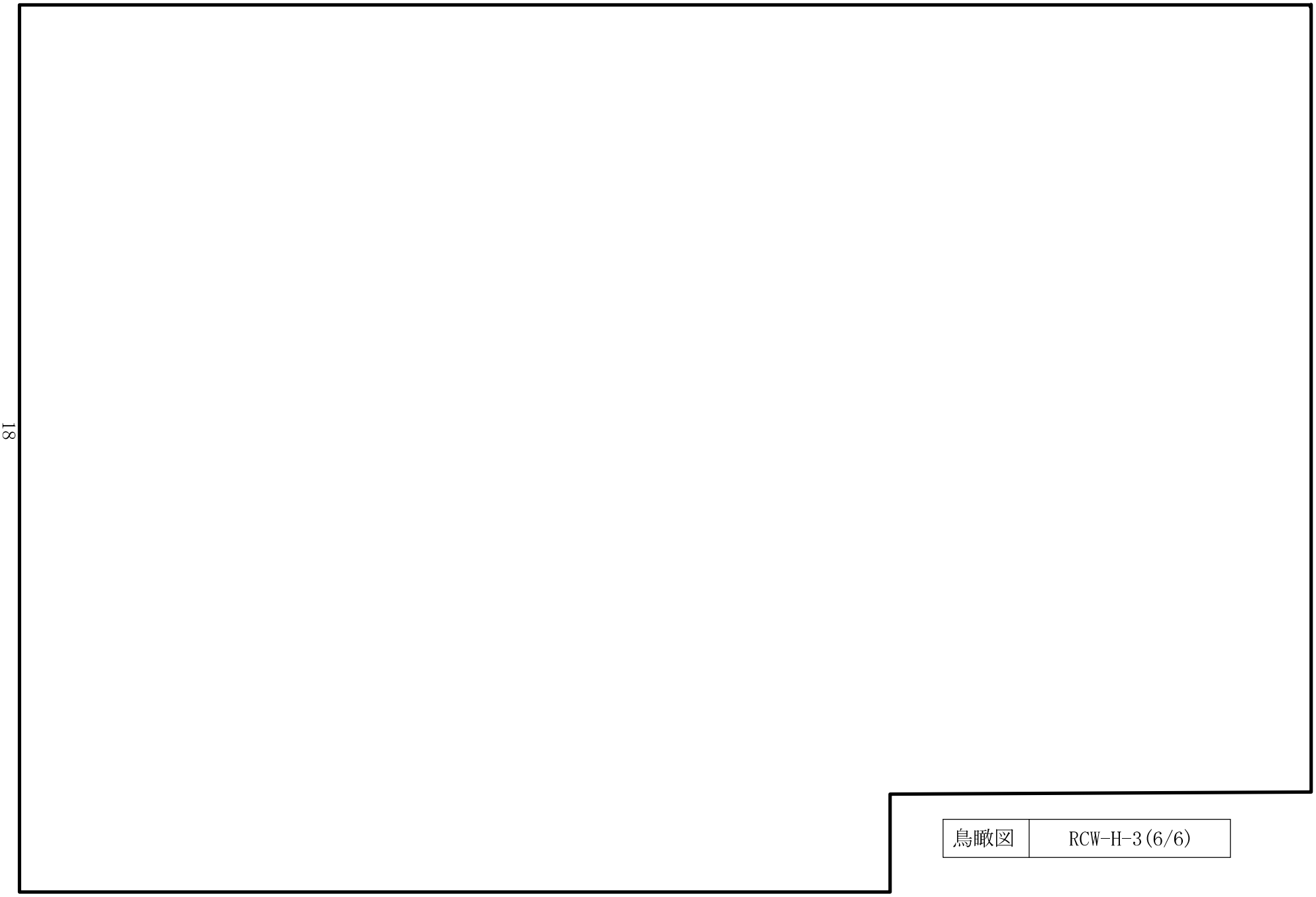
15

鳥瞰図	RCW-H-3(3/6)



鳥瞰図	RCW-H-3(4/6)

鳥瞰図	RCW-H-3(5/6)



鳥瞰図	RCW-H-3(6/6)

3.　計算条件

3.1　計算方法

管の構造強度評価は，「基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。解析コードは，「ＨＩＳＡＰ」を使用し，解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については，別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

3.2　荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設分類[*1]	設備分類	機器等の区分	耐震重要度分類	荷重の組合せ[*2,3]	許容応力状態
原子炉冷却系統施設	原子炉補機冷却設備	原子炉補機冷却水系	ＤＢ	―	クラス３管	Ｓ	ⅠL＋Ｓｄ	ⅢAＳ
							ⅡL＋Ｓｄ	
							ⅣL（Ｌ）＋Ｓｄ	
							ⅠL＋Ｓｓ	ⅣAＳ
							ⅡL＋Ｓｓ	

注記＊1：ＤＢは設計基準対象施設，ＳＡは重大事故等対処設備を示す。

＊2：運転状態の添字Ｌは荷重，（Ｌ）は荷重が長期間作用している状態を示す。

＊3：許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

3.3　設計条件

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

鳥瞰図　RCW-T-4

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	1A～59A	1.37	70	609.6	9.5	SM400C	S	200800

設計条件

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

鳥瞰図　RCW-H-3

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	1N～4,60～63N	1.37	70	318.5	10.3	STPT410	S	200800
2	6～9F,10F～18 20～54F,55F～58 72～78F,79F～90N 87～92N,70～130F 131F～142N,139～144N	1.37	70	457.2	9.5	SM400C	S	200800
3	19～31,31～71	1.37	70	609.6	9.5	SM400C	S	200800
4	161F～157F,156F～173 97～127A,97～146F	1.37	70	609.6	9.5	SM400C	S	201667

設計条件

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

鳥瞰図　RCW-H-3

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
5	174～183F,186F～197N 193～199N,172～206F 209F～220N,216～222N	1.37	70	457.2	9.5	SM400C	S	201667

配管の付加質量

鳥瞰図　RCW-T-4

質量	対応する評価点
[redacted]	202S～49S

配管の付加質量

鳥瞰図　RCW-H-3

質量	対応する評価点
[redacted]	161F～157F, 156F～173
	174～183F, 186F～197N, 193～199N, 172～206F, 209F～220N 216～222N

フランジ部の質量

鳥瞰図　RCW-H-3

質量	対応する評価点
[redacted]	1N, 63N
[redacted]	9F, 10F, 54F, 55F, 78F, 79F, 130F, 131F, 183F, 186F, 206F, 209F
[redacted]	146F, 147F, 156F, 157F, 161F, 162F

弁部の寸法

鳥瞰図　RCW-H-3

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
5～6				9F～10F			
162F～162				162～226			
226～227				227～2270			
2270～228				162～161F			
157F～156F				183F～184			
184～185				184～186F			
206F～207				207～208			
207～209F				54F～55F			
58～59				78F～79F			
130F～131F				146F～147F			

弁部の質量

鳥瞰図　RCW-H-3

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
[redacted]	5～6, 58～59	[redacted]	9F～10F, 54F～55F
	78F～79F, 130F～131F		157F～156F, 146F～147F
	161F, 162F		162
	227		228
	183F, 186F, 206F, 209F		184, 207
	185, 208		

支持点及び貫通部ばね定数

鳥瞰図　RCW-T-4

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N･mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1A						
5						
11						
14						
17						
1705						
2000						
2001						
23						
24						
26						
31						
39						
47						
53						
59A						

支持点及び貫通部ばね定数

鳥瞰図　RCW-H-3

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N･mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1N						
7						
16						
16						
24						
2701						
2270						
160						
1631						
1681						
1701						
175						
180						
197N						
199N						
203						
220N						
222N						
57						
63N						
6501						
6701						
73						
90N						

支持点及び貫通部ばね定数

鳥瞰図　RCW-H-3

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N･mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
92N						
142N						
144N						
981						
1011						
** 1031 **						
1052						
107						
1071						
109						
1102						
113						
1151						
1171						
120						
1211						
127A						

3.4　材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

材料	最高使用温度 (℃)	許容応力(MPa)			
		Ｓm	Ｓy	Ｓu	Ｓh
SM400C	70	—	233	383	—
STPT410	70	—	229	407	—

3.5　設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答曲線を下表に示す。なお，設計用床応答曲線はV-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき策定したものを用いる。また，減衰定数はV-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

鳥瞰図	建屋・構築物	標高	減衰定数(%)
RCW-T-4	タービン建屋		
RCW-H-3	タービン建屋		

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥瞰図 RCW-T-4

適用する地震動等		Ｓｄ及び静的震度			Ｓｓ		
モード	固有周期(s)	応答水平震度[*1]		応答鉛直震度[*1]	応答水平震度[*1]		応答鉛直震度[*1]
		Ｘ方向	Ｚ方向	Ｙ方向	Ｘ方向	Ｚ方向	Ｙ方向
1 次							
2 次							
3 次							
4 次							
5 次							
6 次							
7 次							
8 次							
14 次							
15 次							
動的震度[*2]							
静的震度[*3]							

注記＊1：各モードの固有周期に対し，設計用床応答曲線より得られる震度を示す。

＊2：Ｓｄ又はＳｓ地震動に基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。

＊3：3.6Ｃｉ及び1.2Ｃｖより定めた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数

鳥瞰図　RCW-T-4

モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X方向	Y方向	Z方向
1 次				
2 次				
3 次				
4 次				
5 次				
6 次				
7 次				
8 次				
14 次				

注記＊：刺激係数は，モード質量を正規化し，固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

代表的振動モード図

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

代表的振動モード図（1次）

鳥瞰図	ＲＣＷ－Ｔ－４

代表的振動モード図（2次）

鳥瞰図	ＲＣＷ－Ｔ－４

代表的振動モード図（3次）

鳥瞰図	ＲＣＷ－Ｔ－４

固有周期及び設計震度

鳥瞰図　RCW-H-3

適用する地震動等		Ｓｄ及び静的震度			Ｓｓ		
モード	固有周期(s)	応答水平震度[*1]		応答鉛直震度[*1]	応答水平震度[*1]		応答鉛直震度[*1]
		Ｘ方向	Ｚ方向	Ｙ方向	Ｘ方向	Ｚ方向	Ｙ方向
1 次							
2 次							
3 次							
4 次							
5 次							
6 次							
7 次							
8 次							
15 次							
16 次							
動的震度[*2]							
静的震度[*3]							

注記＊1：各モードの固有周期に対し，設計用床応答曲線より得られる震度を示す。

＊2：Ｓｄ又はＳｓ地震動に基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。

＊3：3.6C_I及び1.2C_Vより定めた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数

鳥瞰図　RCW-H-3

モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X方向	Y方向	Z方向
1 次				
2 次				
3 次				
4 次				
5 次				
6 次				
7 次				
8 次				
15 次				

注記＊：刺激係数は，モード質量を正規化し，固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

代表的振動モード図

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

代表的振動モード図（1次）

鳥瞰図	ＲＣＷ－Ｈ－３

代表的振動モード図（2次）

鳥瞰図	ＲＣＷ－Ｈ－３

代表的振動モード図（3次）

鳥瞰図	ＲＣＷ－Ｈ－３

4.2　評価結果

4.2.1　管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

クラス２以下の管

鳥瞰図	許容応力状態	最大応力評価点	最大応力区分	一次応力評価(MPa)		一次＋二次応力評価(MPa)		疲労評価
				計算応力 S_{prm}（Ｓｄ） S_{prm}（Ｓｓ）	許容応力 S_y* 0.9S_u	計算応力 S_n（Ｓｓ）	許容応力 2S_y	疲労累積係数 US_s
RCW-H-3	ⅢＡＳ	1100	S_{prm}（Ｓｄ）	206	233	—	—	—
RCW-H-3	ⅣＡＳ	1100	S_{prm}（Ｓｓ）	282	344	—	—	—
RCW-T-4	ⅣＡＳ	1A	S_n（Ｓｓ）	—	—	799	466	0.2041

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

4.2.2　支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果（荷重評価）

支持構造物番号	種類	型式	材質	温度(℃)	評価結果	
					計算荷重(kN)	許容荷重(kN)
SNM-RCW-T125	メカニカルスナッバ	SMS-40A-100	Ⅴ-2-1-12「配管及び支持構造物の耐震計算について」参照		241	600
RO-RCW-T205	ロッドレストレイント	RTS-16			119	288
SH-RCW-T158	スプリングハンガ	VSA1B-17			40	41

支持構造物評価結果（応力評価）

支持構造物番号	種類	型式	材質	温度(℃)	支持点荷重						評価結果		
					反力(kN)			モーメント(kN・m)			応力分類	計算応力(MPa)	許容応力(MPa)
					F_X	F_Y	F_Z	M_X	M_Y	M_Z			
AN-RCW-T504	アンカ	ラグ	SGV410	70	146	144	434	262	62	14	せん断	63	120
RE-RCW-R031	レストレイント	ラグ	SGV410	70	59	99	237	—	—	—	組合せ	174	252

4.2.3　弁の動的機能維持評価結果

下表に示すとおり機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下又は計算応力が許容応力以下である。

弁番号	形式	要求機能	機能維持評価用加速度＊ (×9.8m/s^2)		機能確認済加速度 (×9.8m/s^2)		構造強度評価結果 (MPa)	
			水平	鉛直	水平	鉛直	計算応力	許容応力
P21-F007C	止め弁	β(Ss)	3.1	1.1	6.0	6.0	—	—
P21-F048A	止め弁	β(Ss)	2.8	1.8	6.0	6.0	—	—

注記＊：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。

4.2.4　代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

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

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（クラス２以下の管）

No.	配管モデル	許容応力状態　ⅢＡＳ					許容応力状態　ⅣＡＳ												
		一次応力					一次応力					一次＋二次応力*					疲労評価		
		評価点	計算応力(MPa)	許容応力(MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力(MPa)	許容応力(MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力(MPa)	許容応力(MPa)	裕度	代表	評価点	疲労累積係数	代表
1	RCW-R-1	15	72	233	3.23	—	15	114	344	3.01	—	15	170	466	2.74	—	—	—	—
2	RCW-R-2	32	127	233	1.83	—	32	217	344	1.58	—	32	378	466	1.23	—	—	—	—
3	RCW-R-3	2	127	216	1.70	—	2	198	344	1.73	—	2	265	432	1.63	—	—	—	—
4	RCW-R-4	91	128	216	1.68	—	91	223	344	1.54	—	91	391	432	1.10	—	—	—	—
5	RCW-R-5	45	121	216	1.78	—	45	185	365	1.97	—	29	316	466	1.47	—	—	—	—
6	RCW-R-6	50	101	233	2.30	—	50	169	344	2.03	—	1N	298	458	1.53	—	—	—	—
7	RCW-R-7	149	59	229	3.88	—	99	107	366	3.42	—	99	182	458	2.51	—	—	—	—
8	RCW-R-8	133	84	229	2.72	—	133	114	366	3.21	—	133	145	458	3.15	—	—	—	—
9	RCW-R-9	26	82	229	2.79	—	26	121	366	3.02	—	26	159	458	2.88	—	—	—	—
10	RCW-R-10	103	108	229	2.12	—	103	164	366	2.23	—	103	227	458	2.01	—	—	—	—
11	RCW-R-11	30	31	229	7.38	—	30	46	366	7.95	—	30	62	458	7.38	—	—	—	—
12	RCW-R-12	65	93	229	2.46	—	65	153	366	2.39	—	65	248	458	1.84	—	—	—	—
13	RCW-R-28	6	55	229	4.16	—	6	81	366	4.51	—	6	109	458	4.20	—	—	—	—
14	RCW-R-29	241	30	229	7.63	—	15	50	366	7.32	—	15	74	458	6.18	—	—	—	—
15	RCW-R-30	6	60	229	3.81	—	6	99	366	3.69	—	6	156	458	2.93	—	—	—	—
16	RCW-R-50	28	18	229	12.72	—	28	24	366	15.25	—	28	27	458	16.96	—	—	—	—

注記＊：ⅢＡＳの一次＋二次応力の許容値はⅣＡＳと同様であることから，地震荷重が大きいⅣＡＳの一次＋二次応力裕度最小を代表とする。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（クラス２以下の管）

No.	配管モデル	許容応力状態 ⅢAS					許容応力状態 ⅣAS												
		一次応力					一次応力					一次＋二次応力*					疲労評価		
		評価点	計算応力(MPa)	許容応力(MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力(MPa)	許容応力(MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力(MPa)	許容応力(MPa)	裕度	代表	評価点	疲労累積係数	代表
17	RCW-R-51	37	28	229	8.17	—	37	40	366	9.15	—	37	47	458	9.74	—	—	—	—
18	RCW-R-52	29	18	229	12.72	—	29	25	366	14.64	—	29	29	458	15.79	—	—	—	—
19	RCW-R-53	37	28	229	8.17	—	37	38	366	9.63	—	37	45	458	10.17	—	—	—	—
20	RCW-R-54	1A	22	229	10.40	—	1A	27	366	13.55	—	26	27	458	16.96	—	—	—	—
21	RCW-R-55	37	30	229	7.63	—	37	42	366	8.71	—	37	52	458	8.80	—	—	—	—
22	RCW-T-1	2	90	233	2.58	—	2	138	344	2.49	—	47A	475	466	0.98	—	47A	0.0189	—
23	RCW-T-2	1A	64	233	3.64	—	1A	83	344	4.14	—	1A	361	466	1.29	—	—	—	—
24	RCW-T-3	31	116	233	2.00	—	31	189	344	1.82	—	63A	760	466	0.61	—	63A	0.1617	—
25	RCW-T-4	19	125	233	1.86	—	19	227	344	1.51	—	1A	799	466	0.58	○	1A	0.2041	○
26	RCW-T-5	2	81	233	2.87	—	2	125	344	2.75	—	50	451	466	1.03	—	—	—	—
27	RCW-T-6	53	85	233	2.74	—	53	134	344	2.56	—	14	427	466	1.09	—	—	—	—
28	RCW-H-1	118	132	233	1.76	—	118	191	344	1.80	—	118	278	466	1.67	—	—	—	—
29	RCW-H-2	1A	84	233	2.77	—	4402	128	344	2.68	—	4402	231	466	2.01	—	—	—	—
30	RCW-H-3	1100	206	233	1.13	○	1100	282	344	1.21	○	1100	415	466	1.12	—	—	—	—
31	RCW-H-4	26	126	233	1.84	—	26	197	344	1.74	—	26	367	466	1.26	—	—	—	—
32	RCW-H-5	33	78	233	2.98	—	33	107	344	3.21	—	134	150	466	3.10	—	—	—	—
33	RCW-H-6	15	100	233	2.33	—	15	143	344	2.40	—	4	219	466	2.12	—	—	—	—

注記＊：ⅢASの一次＋二次応力の許容値はⅣASと同様であることから，地震荷重が大きいⅣASの一次＋二次応力裕度最小を代表とする。

重大事故等対処設備

目　　次

1.　　概要　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　1
2.　　概略系統図及び鳥瞰図　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　2
2.1　概略系統図　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　2
2.2　鳥瞰図　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　10
3.　　計算条件　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　19
3.1　計算方法　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　19
3.2　荷重の組合せ及び許容応力状態　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　20
3.3　設計条件　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　21
3.4　材料及び許容応力　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　34
3.5　設計用地震力　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　35
4.　　解析結果及び評価　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　36
4.1　固有周期及び設計震度　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　36
4.2　評価結果　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　48
4.2.1　管の応力評価結果　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　48
4.2.2　支持構造物評価結果　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　49
4.2.3　弁の動的機能維持評価結果　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　50
4.2.4　代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果　・・・・・・・・・・・・・　51

1. 概要

本計算書は，Ⅴ-2-1-14 「計算書作成の方法 添付資料-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」（以下「基本方針」という。）に基づき，管，支持構造物及び弁が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

評価結果記載方法は，以下に示すとおりである。

(1) 管

工事計画記載範囲の管のうち，各応力区分における最大応力評価点評価結果を解析モデル単位に記載する。また，全３３モデルのうち，各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図，計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を4.2.4に記載する。

(2) 支持構造物

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

(3) 弁

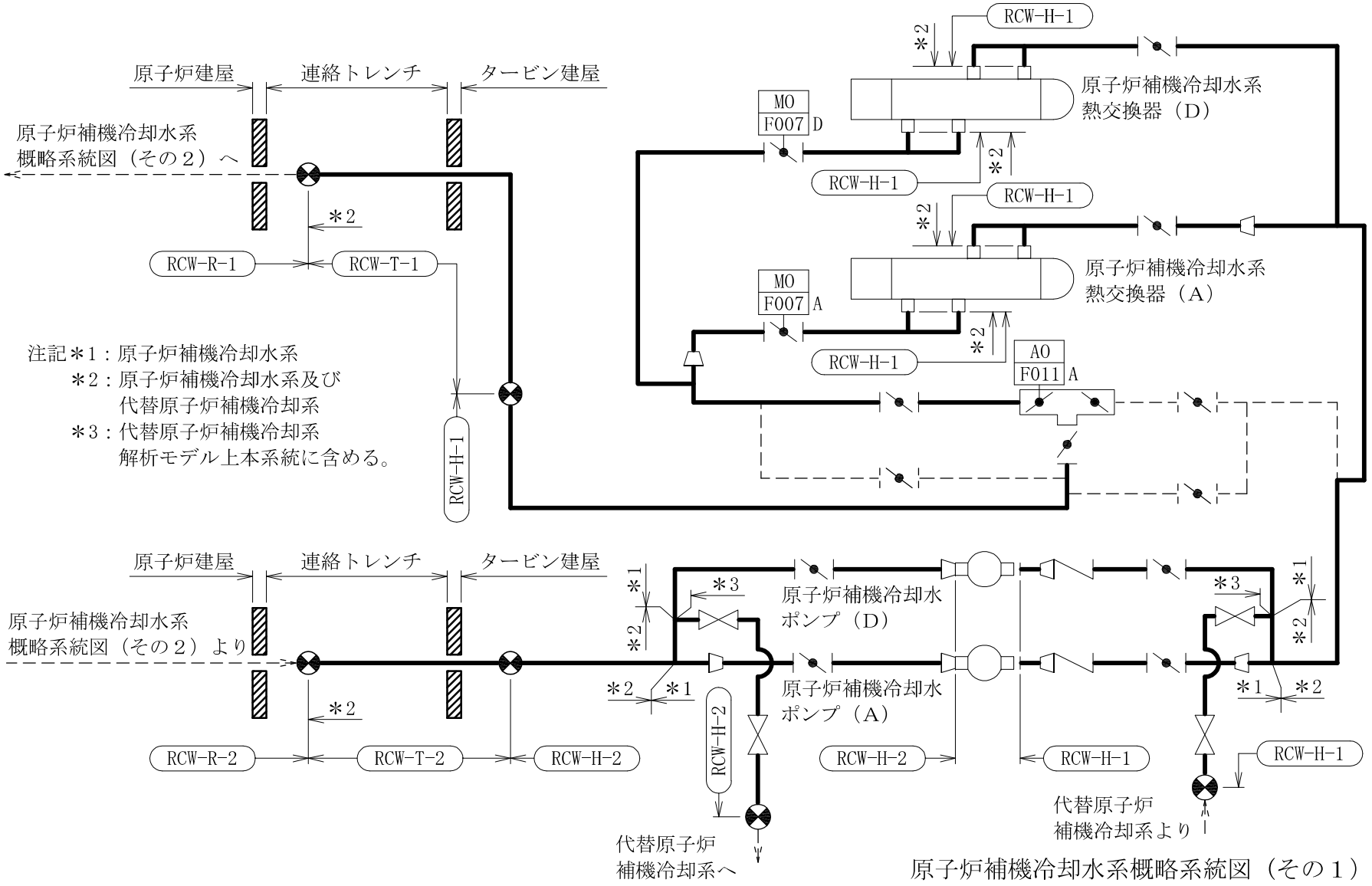
機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として評価結果を記載する。

2.　概略系統図及び鳥瞰図

2.1　概略系統図

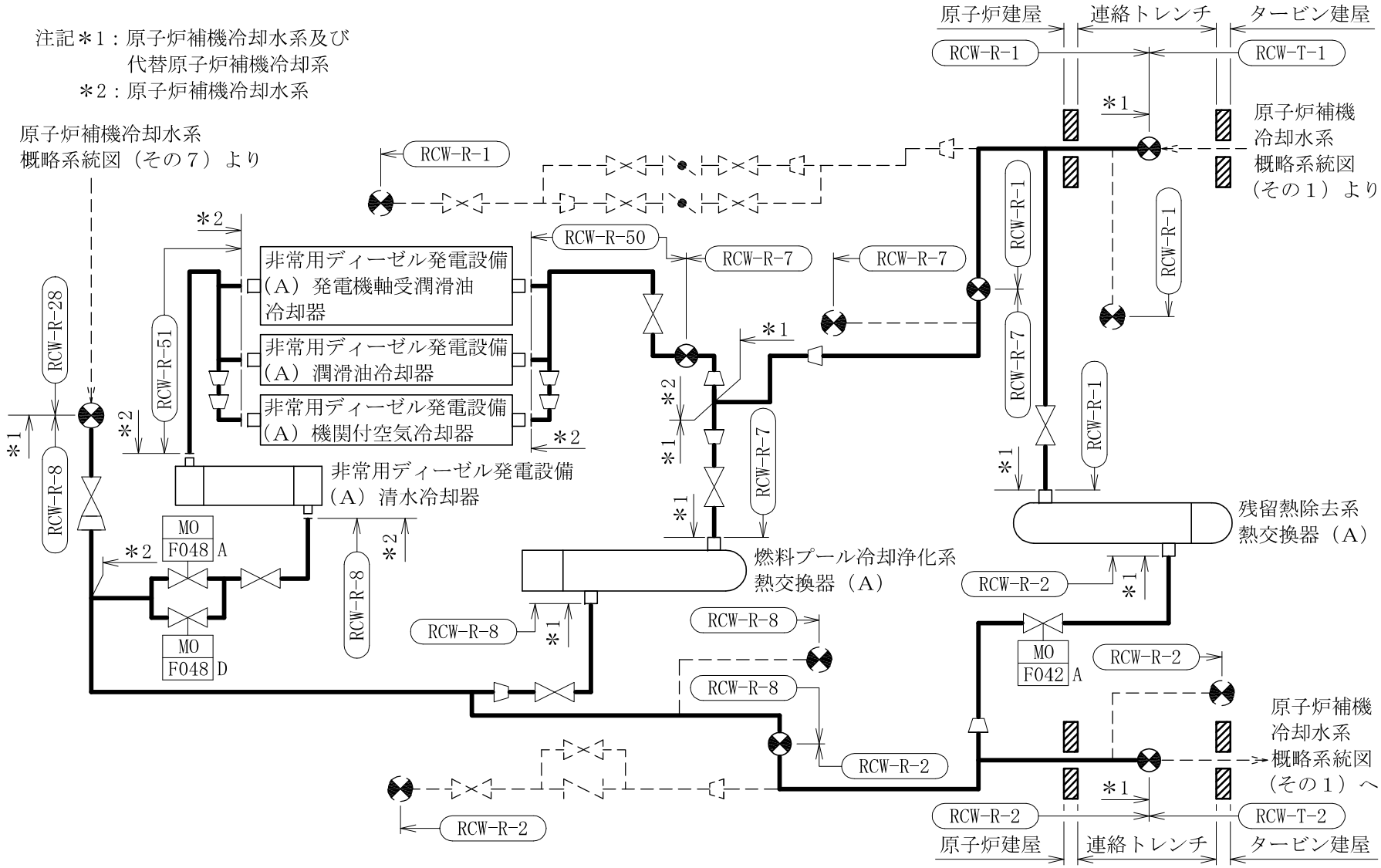
概略系統図記号凡例

記号	内容
━━━━━━（太線）	工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管
――――――（細線）	工事計画記載範囲の管のうち，本系統の管であって他計算書記載範囲の管
- - - - - - - - -（破線）	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち，他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管
○○-○-○○	鳥瞰図番号
⊗	アンカ

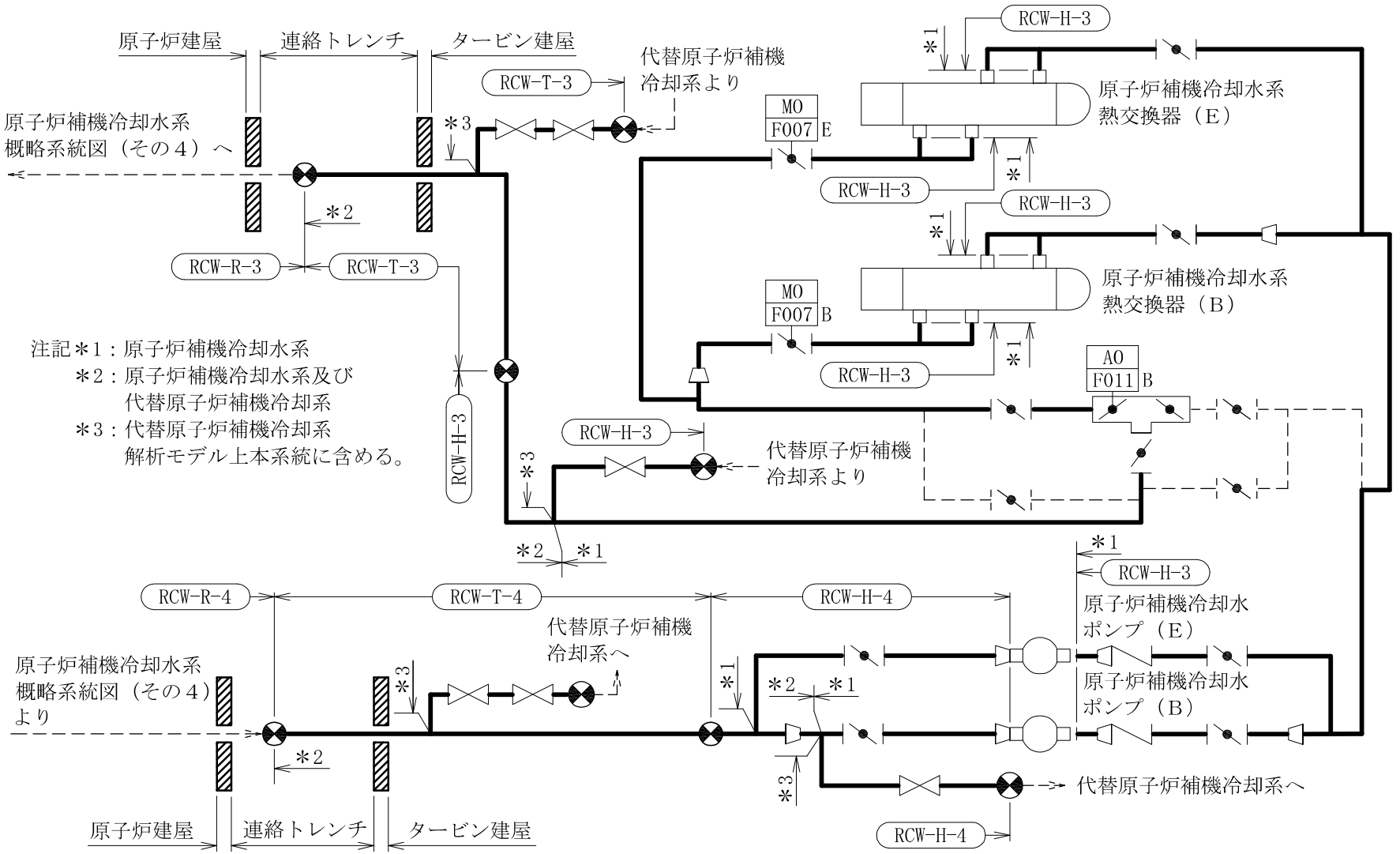


原子炉補機冷却水系概略系統図（その１）

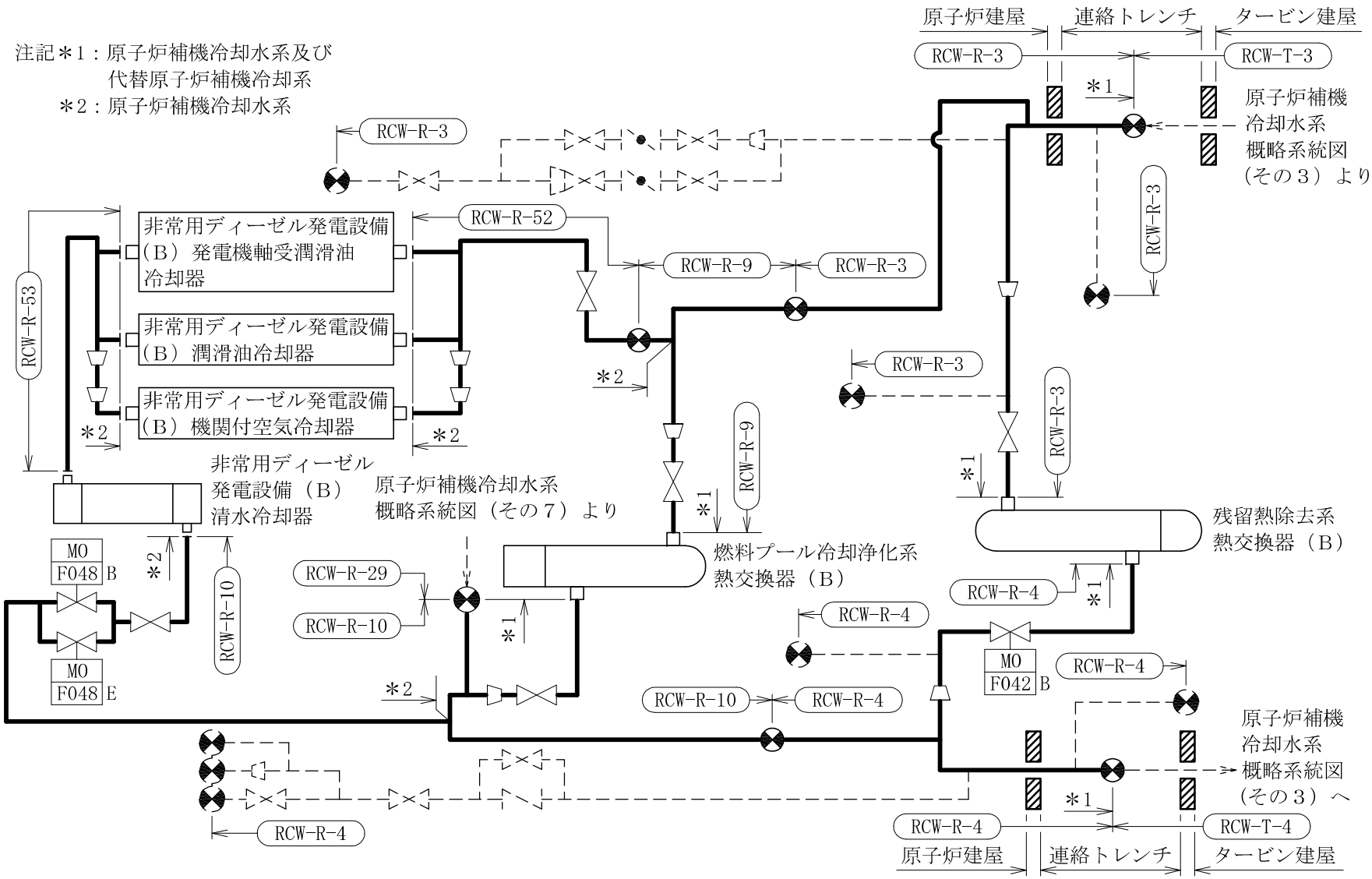
注記＊1：原子炉補機冷却水系及び
代替原子炉補機冷却系
＊2：原子炉補機冷却水系



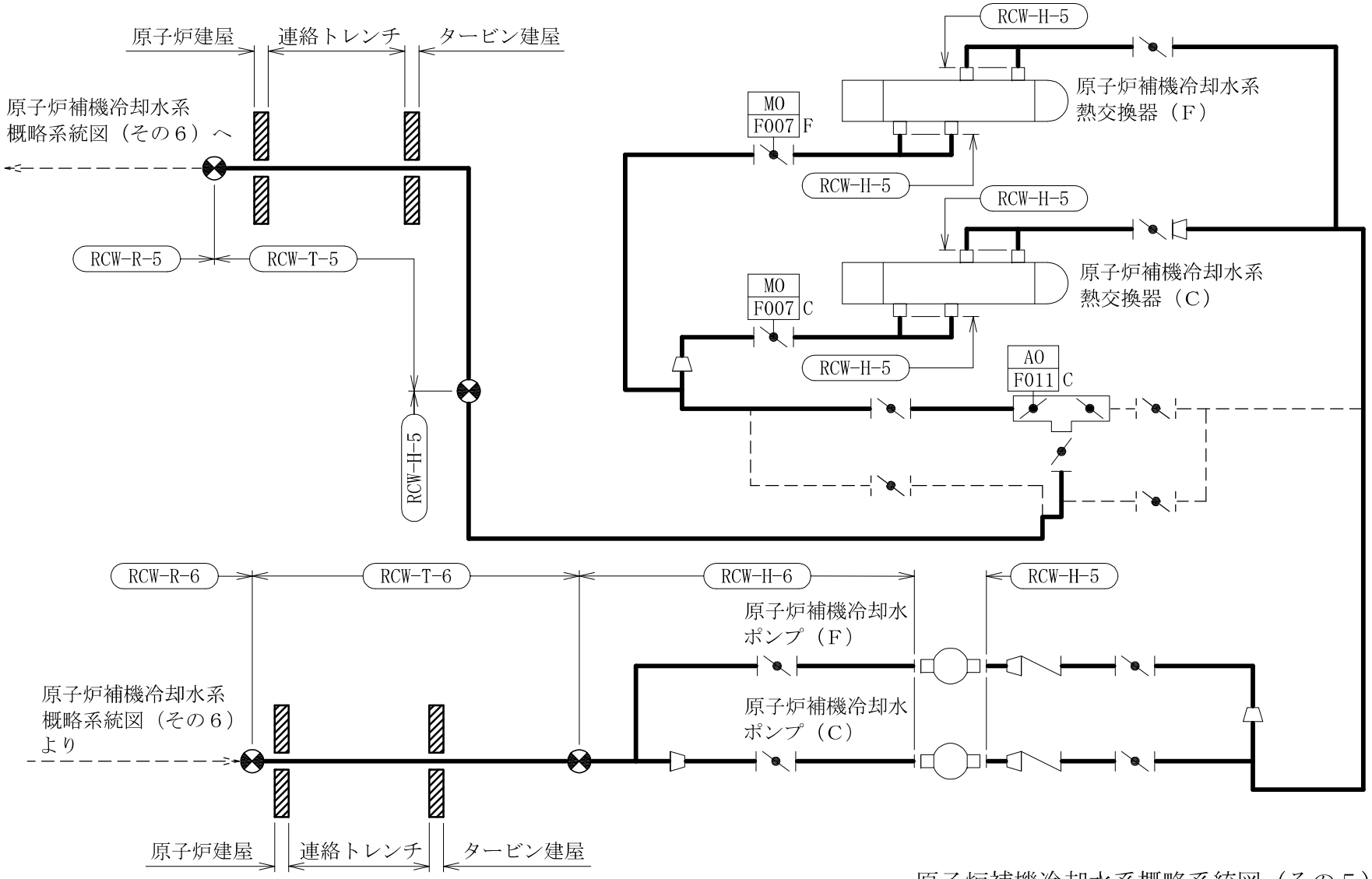
原子炉補機冷却水系概略系統図（その２）



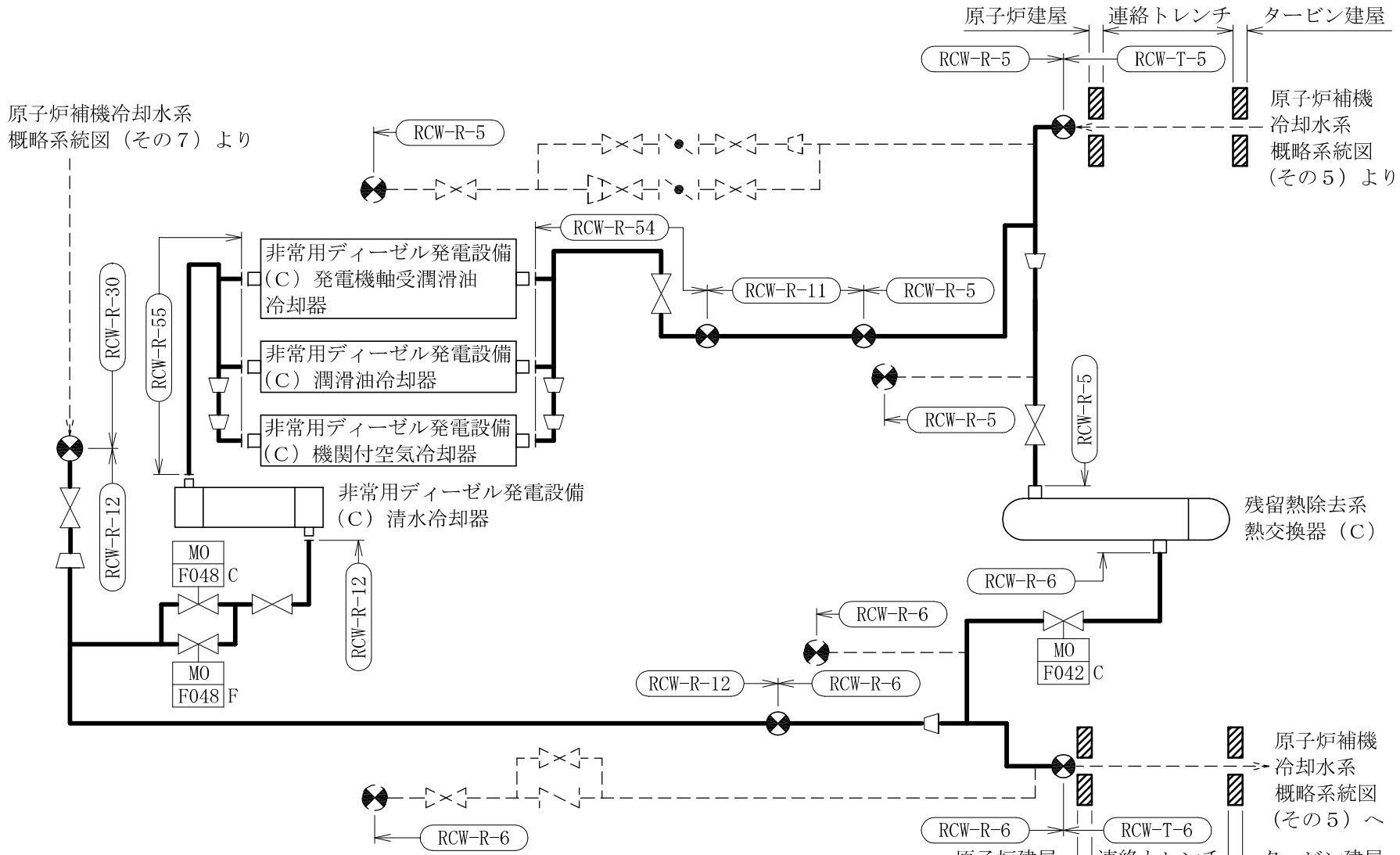
原子炉補機冷却水系概略系統図（その３）



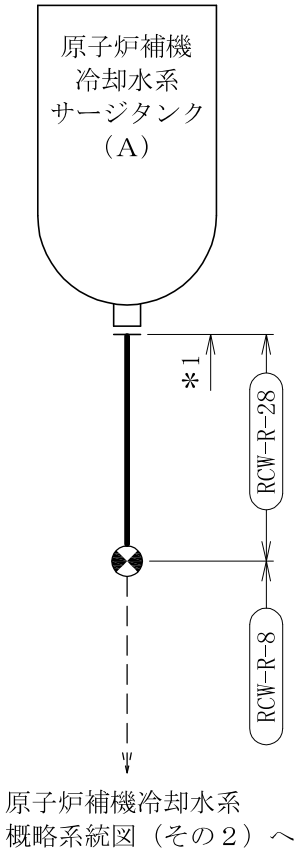
原子炉補機冷却水系概略系統図（その４）

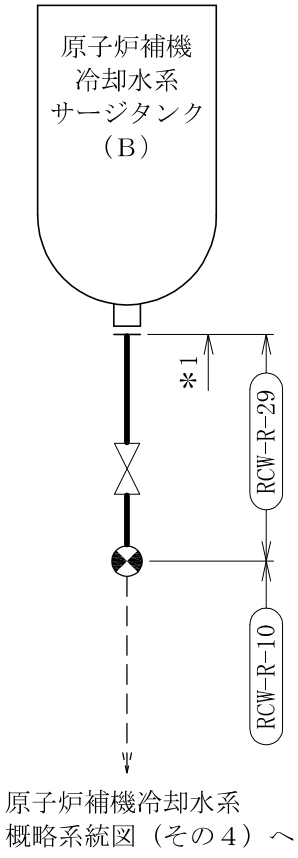


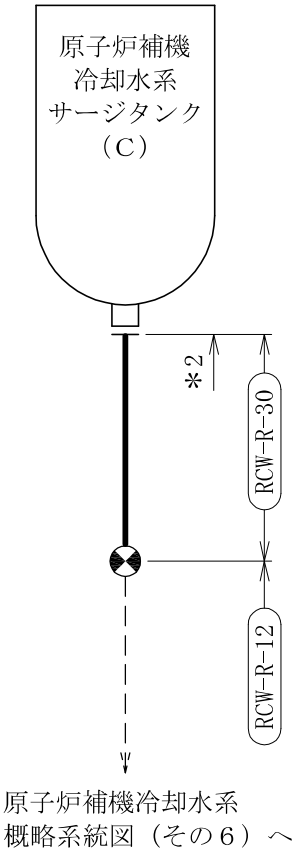
原子炉補機冷却水系概略系統図（その５）



原子炉補機冷却水系概略系統図（その６）





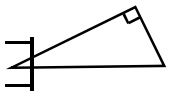
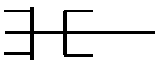
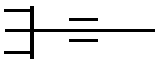
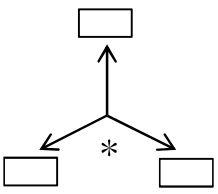


注記＊1：原子炉補機冷却水系及び
代替原子炉補機冷却系
＊2：原子炉補機冷却水系

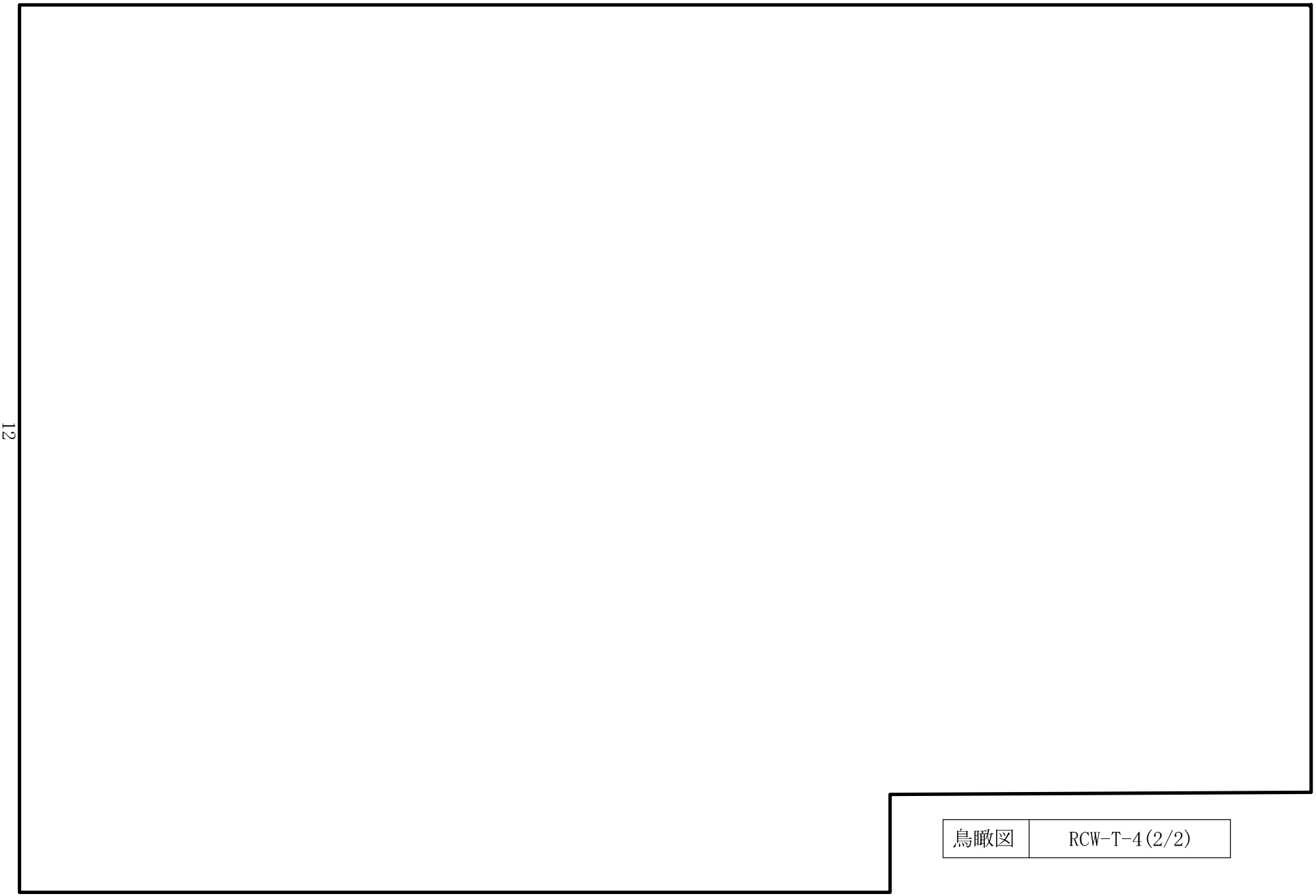
原子炉補機冷却水系概略系統図（その７）

2.2　鳥瞰図

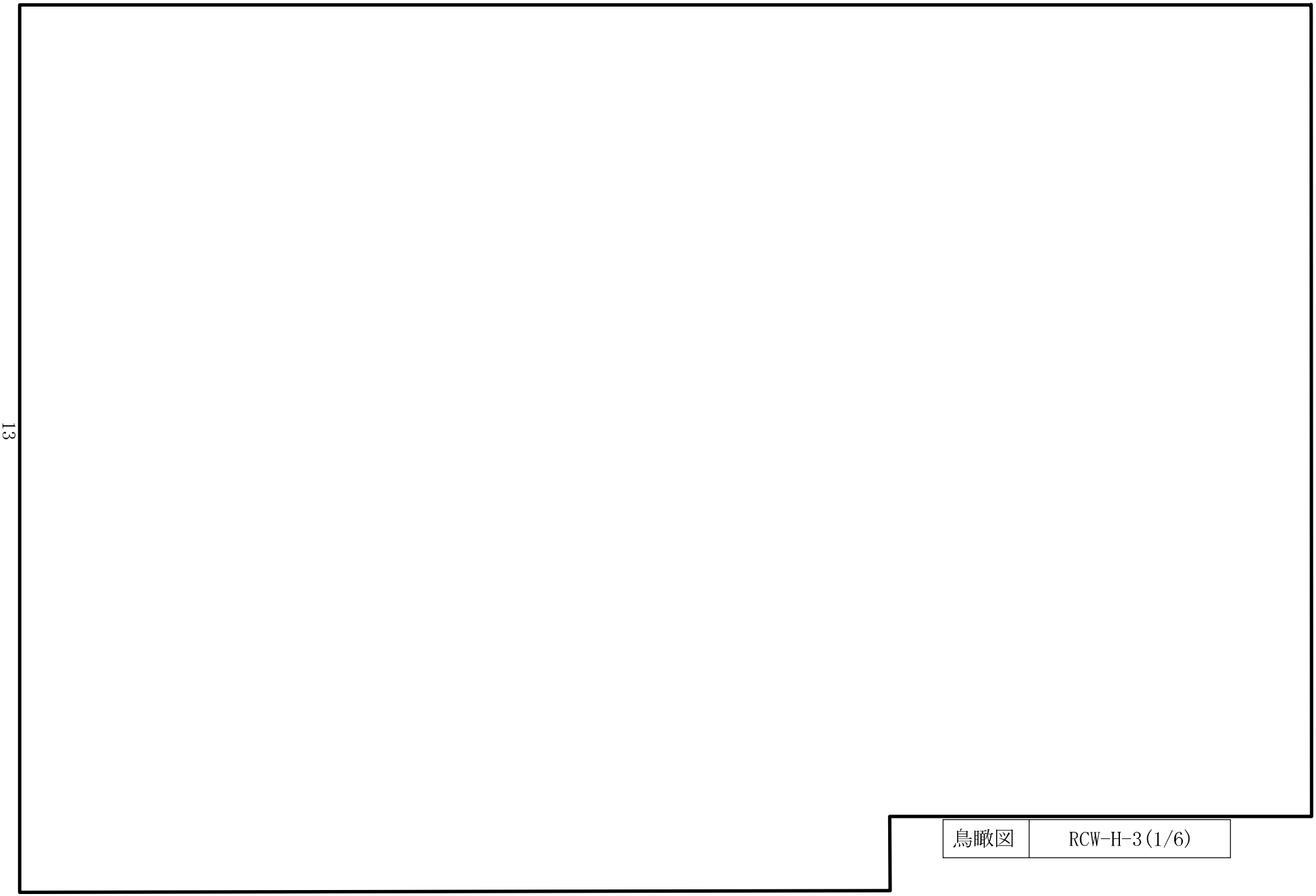
鳥瞰図記号凡例

記号	内容
（太線）	工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管
（細線）	工事計画記載範囲の管のうち，本系統の管であって他計算書記載範囲の管
（破線）	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち，他系統の管であって解析モデルの概略を示すために表記する管
●	質点
⊗	アンカ
	レストレイント （本図は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。スナッバについても同様とする。）
	スナッバ
	ハンガ
	リジットハンガ
	拘束点の地震による相対変位量(㎜) （＊は評価点番号，矢印は拘束方向を示す。また，□内に変位量を記載する。）
	注1：鳥瞰図中の寸法の単位は㎜である。

鳥瞰図	RCW-T-4(1/2)



鳥瞰図	RCW-T-4(2/2)

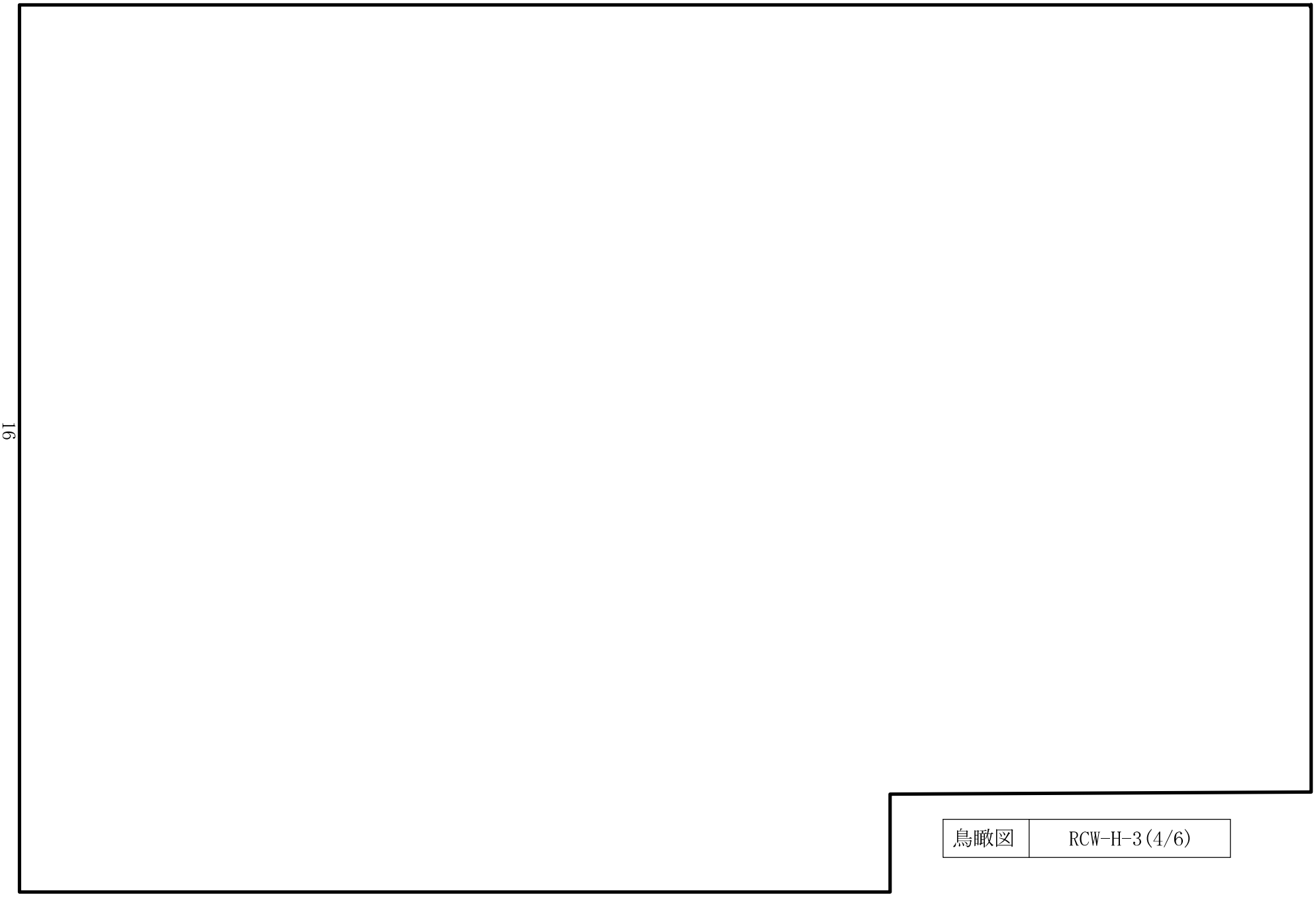


鳥瞰図	RCW-H-3(1/6)

鳥瞰図	RCW-H-3(2/6)

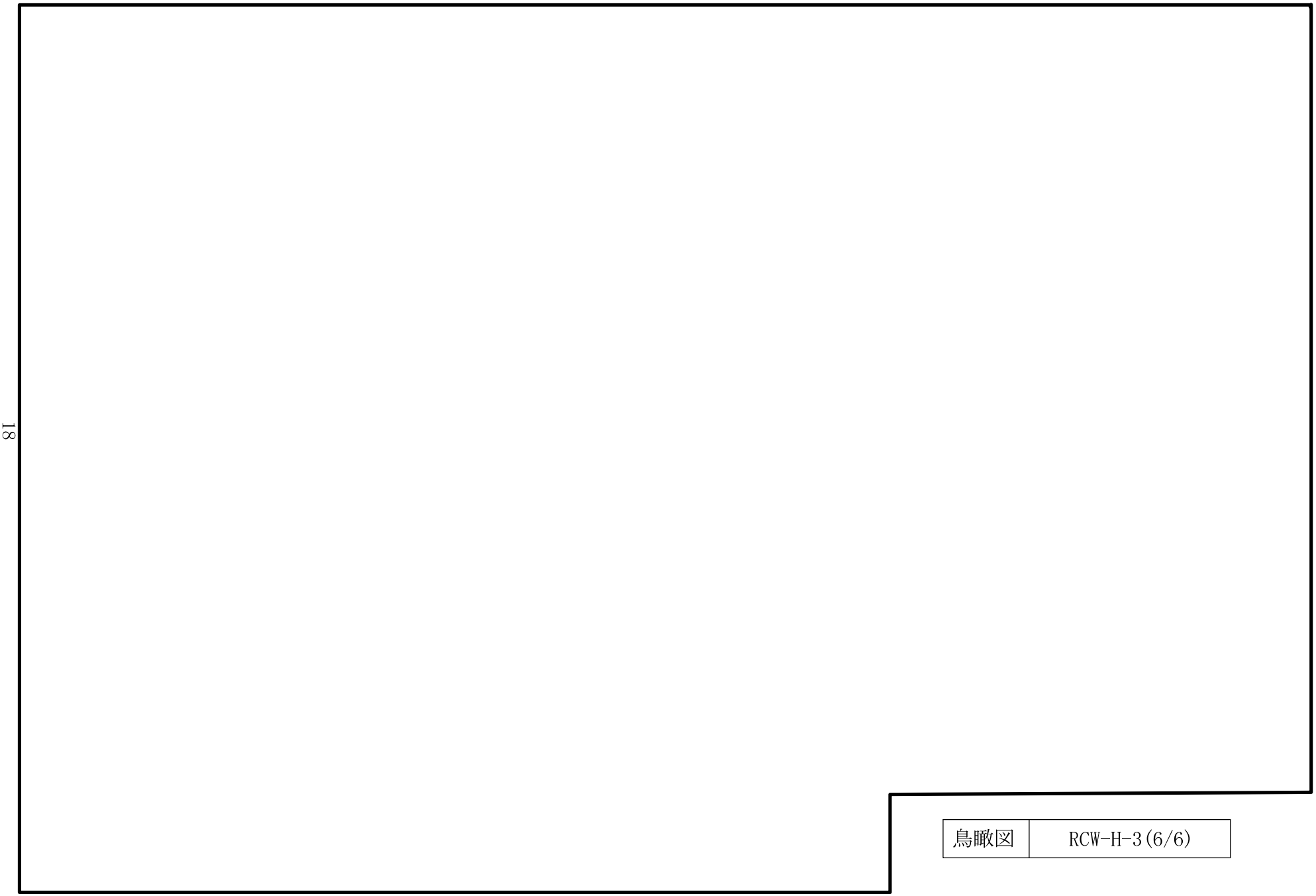
15

鳥瞰図	RCW-H-3(3/6)



鳥瞰図	RCW-H-3(4/6)

鳥瞰図	RCW-H-3(5/6)



鳥瞰図	RCW-H-3(6/6)

3.　計算条件

3.1　計算方法

管の構造強度評価は，「基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。解析コードは，「ＨＩＳＡＰ」を使用し，解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については，別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

3.2　荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設分類*1	設備分類*2	機器等の区分	耐震重要度分類	荷重の組合せ*3	許容応力状態*4
原子炉冷却系統施設	原子炉補機冷却設備	原子炉補機冷却水系	ＳＡ	常設／防止（ＤＢ拡張） 常設／緩和（ＤＢ拡張）	重大事故等クラス２管	—	V_L＋Ｓｓ	V_AS
原子炉冷却系統施設	原子炉補機冷却設備	代替原子炉補機冷却系	ＳＡ	常設耐震／防止 常設／緩和	重大事故等クラス２管	—	V_L＋Ｓｓ	V_AS

注記＊1：ＤＢは設計基準対象施設，ＳＡは重大事故等対処設備を示す。

＊2：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／防止（ＤＢ拡張）」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張），「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備，「常設／緩和（ＤＢ拡張）」は常設重大事故緩和設備（設計基準拡張）を示す。

＊3：運転状態の添字Ｌは荷重を示す。

＊4：許容応力状態V_ASは許容応力状態IV_ASの許容限界を使用し，許容応力状態IV_ASとして評価を実施する。

3.3　設計条件

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

鳥瞰図　RCW-T-4

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	1A～59A	1.37	90	609.6	9.5	SM400C	—	200800
2	19～61	1.37	90	267.4	9.3	SFVC2B	—	200800
3	61～691,70～9104 9105～94A	1.37	90	267.4	9.3	STPT410	—	200800

設計条件

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

鳥瞰図　RCW-H-3

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	1N～4,60～63N	1.37	70	318.5	10.3	STPT410	—	200800
2	6～9F,10F～18 20～54F,55F～58 72～78F,79F～90N 87～92N,70～130F 131F～142N,139～144N	1.37	70	457.2	9.5	SM400C	—	200800
3	19～31,31～71	1.37	70	609.6	9.5	SM400C	—	200800
4	161F～157F,156F～173 97～127A,97～146F	1.37	70	609.6	9.5	SM400C	—	201667

設計条件

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

鳥瞰図　RCW-H-3

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
5	174～183F,186F～197N 193～199N,172～206F 209F～220N,216～222N	1.37	70	457.2	9.5	SM400C	—	201667
6	1100～301	1.37	70	267.4	9.3	SFVC2B	—	201667
7	301～320,321～343A	1.37	70	267.4	9.3	STPT410	—	201667

配管の付加質量

鳥瞰図　RCW-T-4

質量	対応する評価点
[redacted]	202S～49S
[redacted]	19～68S

配管の付加質量

鳥瞰図　RCW-H-3

質量	対応する評価点
[redacted]	161F～157F, 156F～173
[redacted]	174～183F, 186F～197N, 193～199N, 172～206F, 209F～220N 216～222N

フランジ部の質量

鳥瞰図　RCW-H-3

質量	対応する評価点
[redacted]	1N, 63N
[redacted]	9F, 10F, 54F, 55F, 78F, 79F, 130F, 131F, 183F, 186F, 206F, 209F
[redacted]	146F, 147F, 156F, 157F, 161F, 162F

弁部の寸法

鳥瞰図　RCW-T-4

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
691～70	[redacted]	[redacted]	[redacted]	9104～9105	[redacted]	[redacted]	[redacted]

弁部の寸法

鳥瞰図　RCW-H-3

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
5～6				9F～10F			
162F～162				162～226			
226～227				227～2270			
2270～228				162～161F			
157F～156F				183F～184			
184～185				184～186F			
206F～207				207～208			
207～209F				54F～55F			
58～59				78F～79F			
130F～131F				146F～147F			
320～321							

弁部の質量

鳥瞰図　RCW-T-4

質量	対応する評価点
[redacted]	691～70,9104～9105

弁部の質量

鳥瞰図　RCW-H-3

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
[redacted]	5～6, 58～59	[redacted]	9F～10F, 54F～55F
	78F～79F, 130F～131F		157F～156F, 146F～147F
	161F, 162F		162
	227		228
	183F, 186F, 206F, 209F		184, 207
	185, 208		320～321

支持点及び貫通部ばね定数

鳥瞰図　RCW-T-4

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N･mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1A						
5						
11						
14						
17						
1705						
2000						
2001						
23						
24						
26						
31						
39						
47						
53						
59A						
6401						
65						
71						
76						
89						
** 89 **						
94A						

支持点及び貫通部ばね定数

鳥瞰図　RCW-H-3

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N･mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1N						
7						
16						
16						
24						
2701						
2270						
160						
1631						
1681						
1701						
175						
180						
197N						
199N						
203						
220N						
222N						
57						
63N						
6501						
6701						
73						
90N						

支持点及び貫通部ばね定数

鳥瞰図　RCW-H-3

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N･mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
92N						
142N						
144N						
981						
1011						
** 1031 **						
1052						
107						
1071						
109						
1102						
113						
1151						
1171						
120						
1211						
127A						
303						
306						
313						
316						
323						
331						
** 331 **						
343A						

3.4　材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

材料	最高使用温度 (℃)	許容応力(MPa)			
		Ｓm	Ｓy	Ｓu	Ｓh
SM400C	90	—	225	376	—
SFVC2B	90	—	228	438	—
STPT410	90	—	222	405	—
STPT410	70	—	229	407	—
SM400C	70	—	233	383	—
SFVC2B	70	—	234	445	—

3.5　設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答曲線を下表に示す。なお，設計用床応答曲線はV-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき策定したものを用いる。また，減衰定数はV-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

鳥瞰図	建屋・構築物	標高	減衰定数(%)
RCW-T-4	タービン建屋		
RCW-H-3	タービン建屋		

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥瞰図 RCW-T-4

適用する地震動等		Ｓｓ		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度[*1]		応答鉛直震度[*1]
		Ｘ方向	Ｚ方向	Ｙ方向
1 次				
2 次				
3 次				
4 次				
5 次				
6 次				
7 次				
8 次				
14 次				
15 次				
動的震度[*2]				

注記＊1：各モードの固有周期に対し，設計用床応答曲線より得られる震度を示す。

＊2：Ｓｄ又はＳｓ地震動に基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数

鳥瞰図　RCW-T-4

モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X方向	Y方向	Z方向
1 次				
2 次				
3 次				
4 次				
5 次				
6 次				
7 次				
8 次				
14 次				

注記＊：刺激係数は，モード質量を正規化し，固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

代表的振動モード図

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

代表的振動モード図（1次）

鳥瞰図	ＲＣＷ－Ｔ－４

代表的振動モード図（2次）

鳥瞰図	ＲＣＷ－Ｔ－４

代表的振動モード図（3次）

鳥瞰図	ＲＣＷ－Ｔ－４

固有周期及び設計震度

鳥瞰図　RCW-H-3

適用する地震動等		Ｓｓ		
モード	固有周期(s)	応答水平震度[*1]		応答鉛直震度[*1]
		Ｘ方向	Ｚ方向	Ｙ方向
1 次				
2 次				
3 次				
4 次				
5 次				
6 次				
7 次				
8 次				
15 次				
16 次				
動的震度[*2]				

注記＊1：各モードの固有周期に対し，設計用床応答曲線より得られる震度を示す。

＊2：Ｓｄ又はＳｓ地震動に基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数

鳥瞰図　RCW-H-3

モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X方向	Y方向	Z方向
1 次				
2 次				
3 次				
4 次				
5 次				
6 次				
7 次				
8 次				
15 次				

注記＊：刺激係数は，モード質量を正規化し，固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

代表的振動モード図

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

代表的振動モード図（1次）

鳥瞰図	ＲＣＷ－Ｈ－３

代表的振動モード図（2次）

鳥瞰図	ＲＣＷ－Ｈ－３

代表的振動モード図（3次）

鳥瞰図	ＲＣＷ－Ｈ－３

4.2　評価結果

4.2.1　管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス２管であってクラス２以下の管

鳥瞰図	許容応力状態	最大応力評価点	最大応力区分	一次応力評価(MPa)		一次＋二次応力評価(MPa)		疲労評価
				計算応力 S_{prm}（Ｓｓ）	許容応力 $0.9S_u$	計算応力 S_n（Ｓｓ）	許容応力 $2S_y$	疲労累積係数 US_s
RCW-H-3	ＶＡＳ	1100	S_{prm}（Ｓｓ）	282	344	—	—	—
RCW-T-4	ＶＡＳ	1A	S_n（Ｓｓ）	—	—	799	450	0.2071

4.2.2　支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果（荷重評価）

支持構造物番号	種類	型式	材質	温度(℃)	評価結果	
					計算荷重(kN)	許容荷重(kN)
SNM-RCW-T125	メカニカルスナッバ	SMS-40A-100	Ⅴ-2-1-12「配管及び支持構造物の耐震計算について」参照		241	600
RO-RCW-T205	ロッドレストレイント	RTS-16			119	288
SH-RCW-T158	スプリングハンガ	VSA1B-17			40	41

支持構造物評価結果（応力評価）

支持構造物番号	種類	型式	材質	温度(℃)	支持点荷重						評価結果		
					反力(kN)			モーメント(kN・m)			応力分類	計算応力(MPa)	許容応力(MPa)
					F_X	F_Y	F_Z	M_X	M_Y	M_Z			
AN-RCW-T504	アンカ	ラグ	SGV410	90	146	144	434	262	62	14	せん断	63	117
RE-RCW-R031	レストレイント	ラグ	SGV410	100	59	99	237	—	—	—	組合せ	174	240

4.2.3　弁の動的機能維持評価結果

下表に示すとおり機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下又は計算応力が許容応力以下である。

弁番号	形式	要求機能	機能維持評価用加速度 ($\times 9.8 m/s^2$)		機能確認済加速度 ($\times 9.8 m/s^2$)		構造強度評価結果 (MPa)	
			水平	鉛直	水平	鉛直	計算応力	許容応力
—	—	—	—	—	—	—	—	—

4.2.4　代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

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

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（重大事故等クラス２管であってクラス２以下の管）

No.	配管モデル	許容応力状態　ＶＡＳ												
		一次応力					一次＋二次応力					疲労評価		
		評価点	計算応力(MPa)	許容応力(MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力(MPa)	許容応力(MPa)	裕度	代表	評価点	疲労累積係数	代表
1	RCW-R-1	15	114	344	3.01	—	15	170	466	2.74	—	—	—	—
2	RCW-R-2	32	217	344	1.58	—	32	378	466	1.23	—	—	—	—
3	RCW-R-3	2	198	344	1.73	—	2	265	432	1.63	—	—	—	—
4	RCW-R-4	91	223	338	1.51	—	91	391	420	1.07	—	—	—	—
5	RCW-R-5	45	185	365	1.97	—	29	316	466	1.47	—	—	—	—
6	RCW-R-6	50	169	344	2.03	—	1N	298	458	1.53	—	—	—	—
7	RCW-R-7	99	107	366	3.42	—	99	182	458	2.51	—	—	—	—
8	RCW-R-8	133	114	366	3.21	—	133	145	458	3.15	—	—	—	—
9	RCW-R-9	26	121	366	3.02	—	26	159	458	2.88	—	—	—	—
10	RCW-R-10	103	164	366	2.23	—	103	227	458	2.01	—	—	—	—
11	RCW-R-11	30	46	366	7.95	—	30	62	458	7.38	—	—	—	—
12	RCW-R-12	65	153	366	2.39	—	65	248	458	1.84	—	—	—	—
13	RCW-R-28	6	81	366	4.51	—	6	109	458	4.20	—	—	—	—
14	RCW-R-29	15	50	366	7.32	—	15	74	458	6.18	—	—	—	—
15	RCW-R-30	6	99	366	3.69	—	6	156	458	2.93	—	—	—	—
16	RCW-R-50	28	24	366	15.25	—	28	27	458	16.96	—	—	—	—

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（重大事故等クラス２管であってクラス２以下の管）

No.	配管モデル	許容応力状態　ⅤＡＳ												
		一次応力					一次＋二次応力					疲労評価		
		評価点	計算応力(MPa)	許容応力(MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力(MPa)	許容応力(MPa)	裕度	代表	評価点	疲労累積係数	代表
17	RCW-R-51	37	40	366	9.15	—	37	47	458	9.74	—	—	—	—
18	RCW-R-52	29	25	366	14.64	—	29	29	458	15.79	—	—	—	—
19	RCW-R-53	37	38	366	9.63	—	37	45	458	10.17	—	—	—	—
20	RCW-R-54	1A	27	366	13.55	—	26	27	458	16.96	—	—	—	—
21	RCW-R-55	37	42	366	8.71	—	37	52	458	8.80	—	—	—	—
22	RCW-T-1	2	138	344	2.49	—	47A	475	466	0.98	—	47A	0.0189	—
23	RCW-T-2	1A	83	338	4.07	—	1A	361	450	1.24	—	—	—	—
24	RCW-T-3	31	189	344	1.82	—	63A	760	466	0.61	—	63A	0.1617	—
25	RCW-T-4	1A	208	338	1.62	—	1A	799	450	0.56	○	1A	0.2071	○
26	RCW-T-5	2	125	344	2.75	—	50	451	466	1.03	—	—	—	—
27	RCW-T-6	53	134	344	2.56	—	14	427	466	1.09	—	—	—	—
28	RCW-H-1	118	191	344	1.80	—	118	278	466	1.67	—	—	—	—
29	RCW-H-2	4402	128	338	2.64	—	4402	231	450	1.94	—	—	—	—
30	RCW-H-3	1100	282	344	1.21	○	1100	415	466	1.12	—	—	—	—
31	RCW-H-4	26	197	338	1.71	—	26	367	450	1.22	—	—	—	—
32	RCW-H-5	33	107	344	3.21	—	134	150	466	3.10	—	—	—	—
33	RCW-H-6	15	143	344	2.40	—	4	219	466	2.12	—	—	—	—

(2) 原子炉補機冷却海水系

設計基準対象施設

目　　次

1.　概要　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1
2.　概略系統図及び鳥瞰図　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 2
　2.1　概略系統図　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 2
　2.2　鳥瞰図　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 6
3.　計算条件　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 10
　3.1　計算方法　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 10
　3.2　荷重の組合せ及び許容応力状態　・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 11
　3.3　設計条件　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 12
　3.4　材料及び許容応力　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 24
　3.5　設計用地震力　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 25
4.　解析結果及び評価　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 26
　4.1　固有周期及び設計震度　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 26
　4.2　評価結果　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 38
　　4.2.1　管の応力評価結果　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 38
　　4.2.2　支持構造物評価結果　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 39
　　4.2.3　弁の動的機能維持評価結果　・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 40
　　4.2.4　代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果　・・・・・・・・・ 41

1. 概要

本計算書は，V-2-1-14 「計算書作成の方法 添付資料-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」（以下「基本方針」という。）に基づき，管，支持構造物及び弁が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

評価結果記載方法は，以下に示すとおりである。

(1) 管

工事計画記載範囲の管のうち，各応力区分における最大応力評価点評価結果を解析モデル単位に記載する。また，全１５モデルのうち，各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図，計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を4.2.4に記載する。

(2) 支持構造物

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

(3) 弁

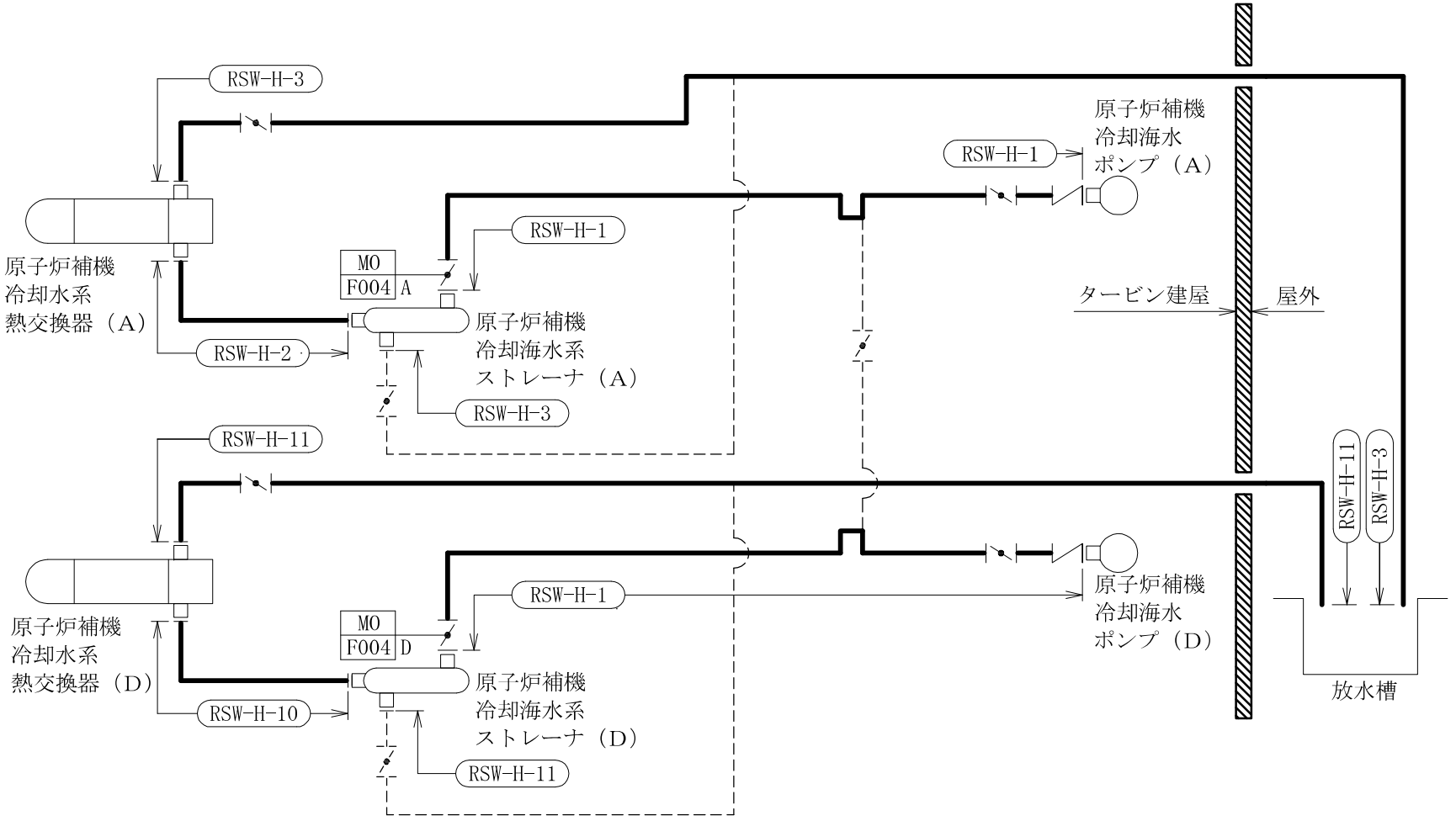
機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として評価結果を記載する。

2.　概略系統図及び鳥瞰図

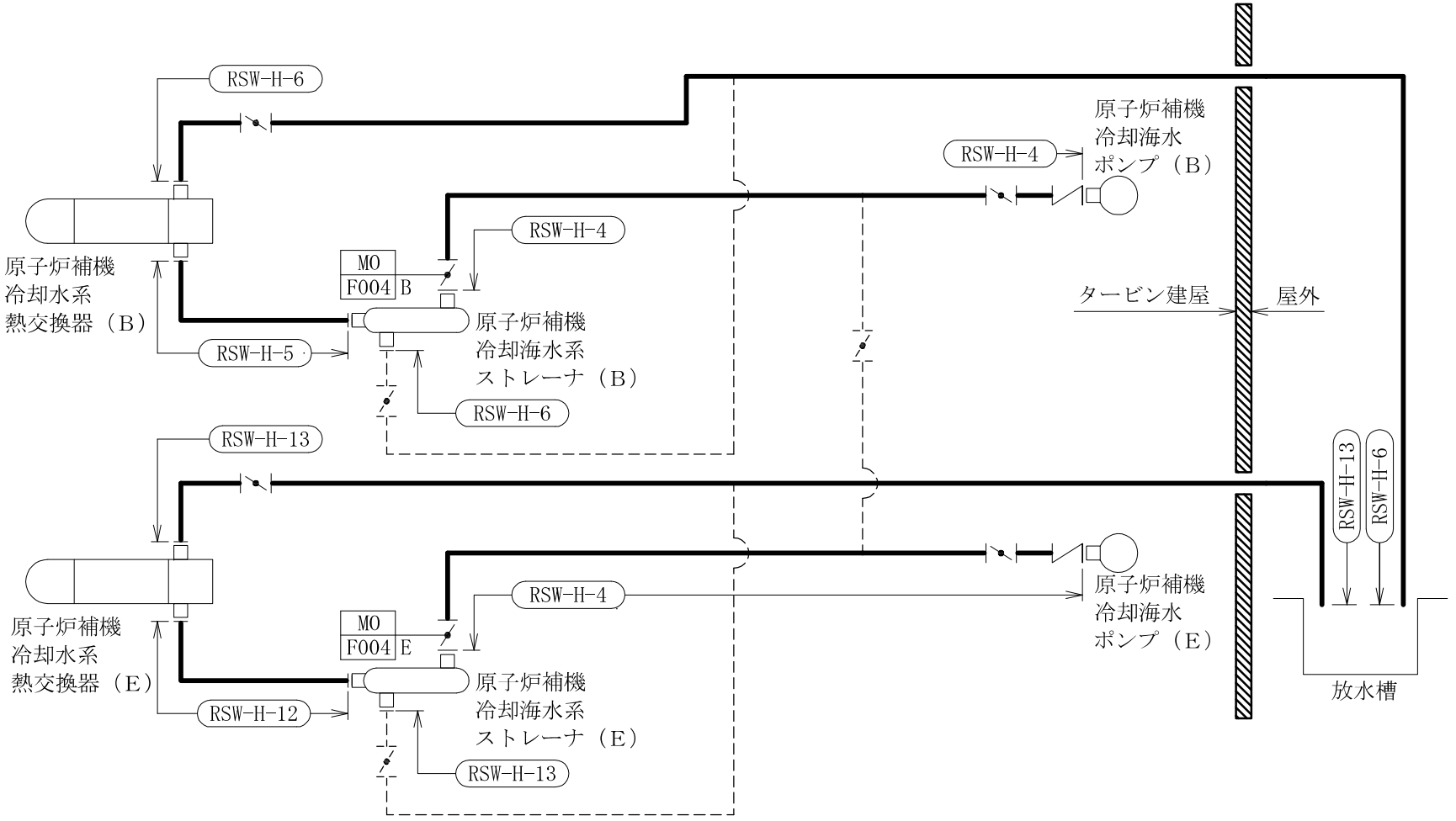
2.1　概略系統図

概略系統図記号凡例

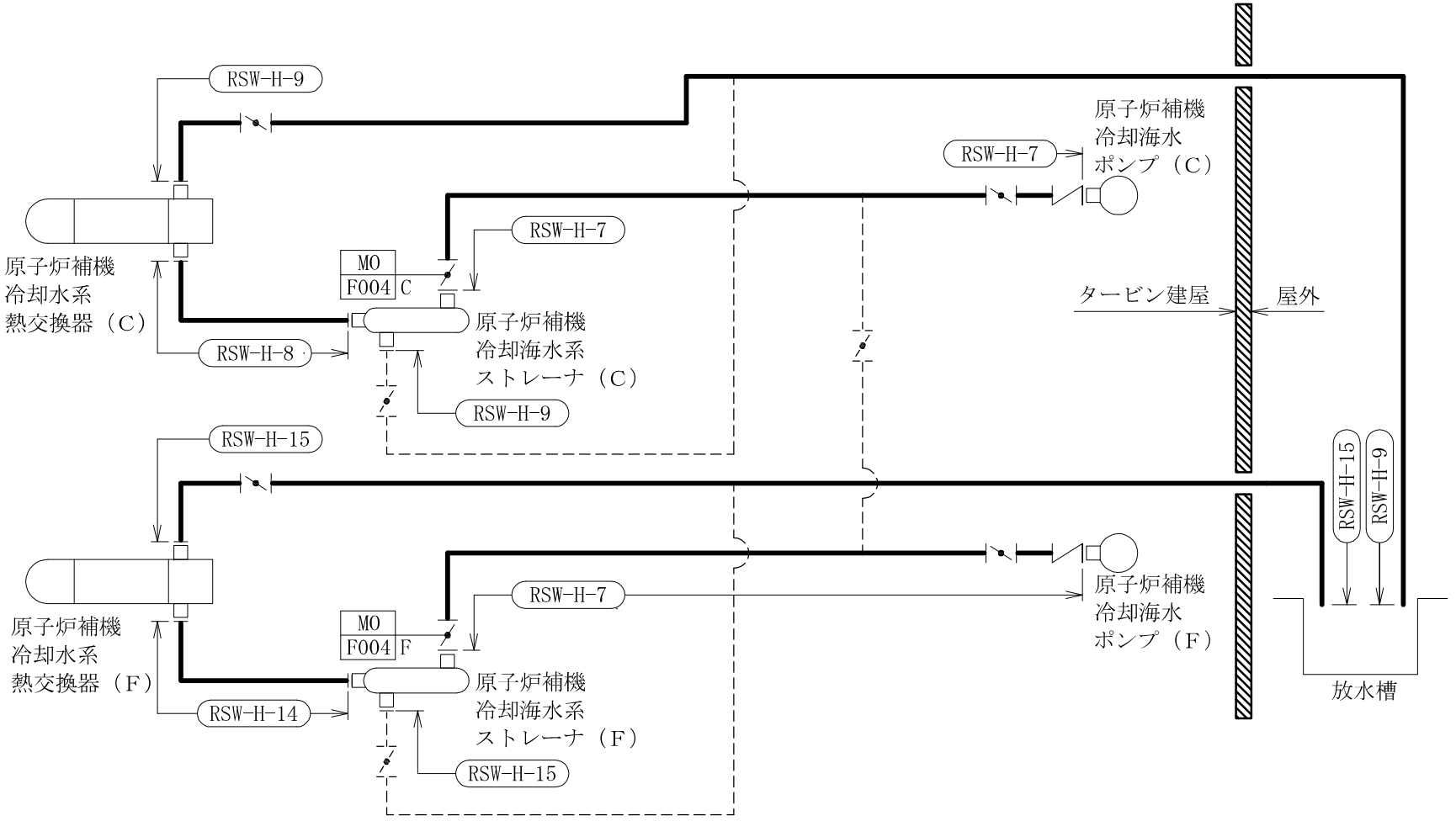
記号	内容
━━━━━━（太線）	工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管
――――――（細線）	工事計画記載範囲の管のうち，本系統の管であって他計算書記載範囲の管
- - - - - - - - -（破線）	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち，他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管
○○-○-○○	鳥瞰図番号
	アンカ



原子炉補機冷却海水系概略系統図（その１）



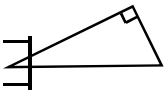
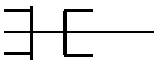
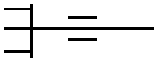
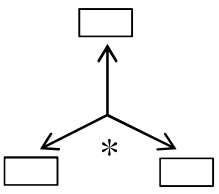
原子炉補機冷却海水系概略系統図（その２）

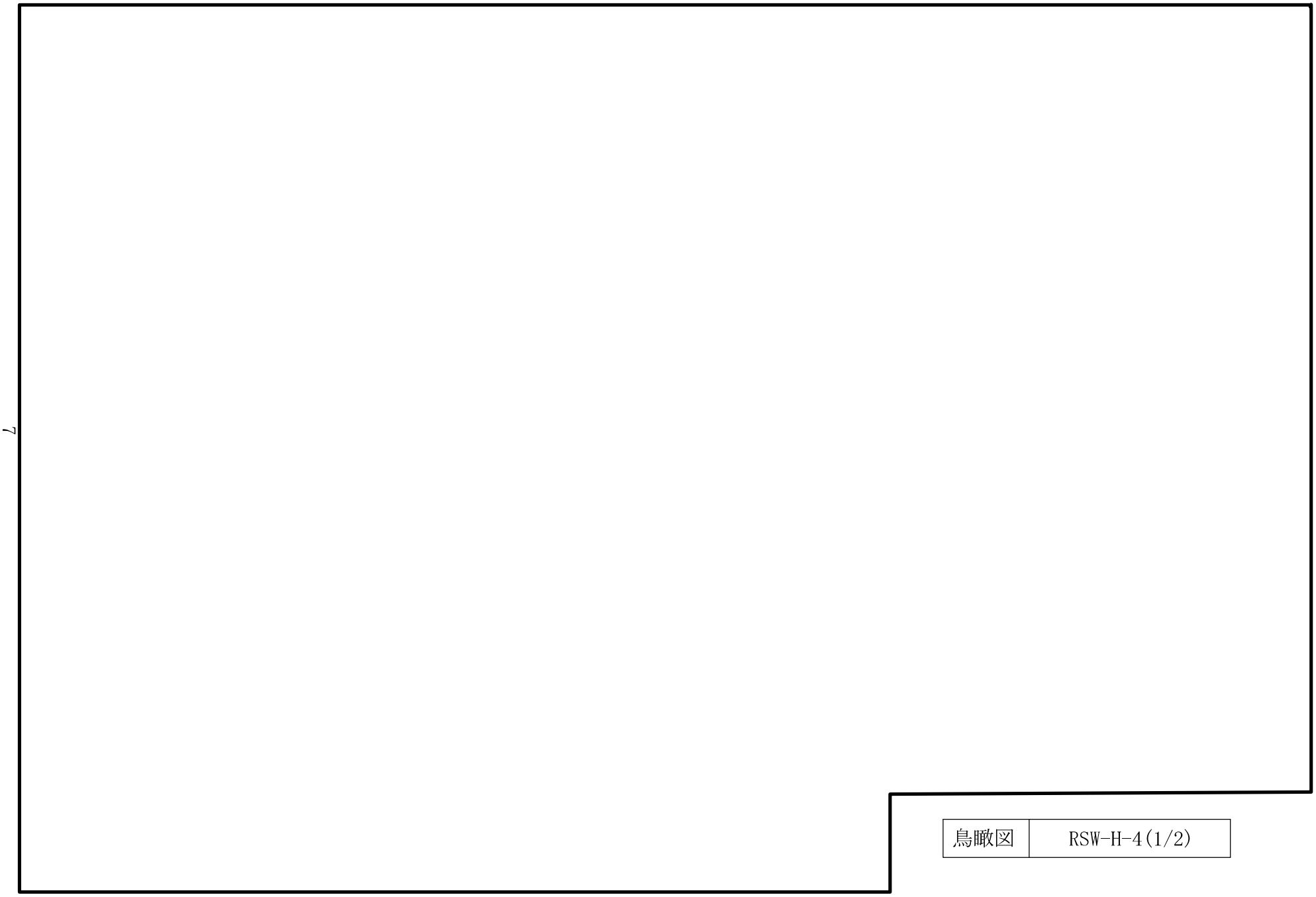


原子炉補機冷却海水系概略系統図（その３）

2.2　鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

記号	内容
（太線）	工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管
（細線）	工事計画記載範囲の管のうち，本系統の管であって他計算書記載範囲の管
（破線）	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち，他系統の管であって解析モデルの概略を示すために表記する管
	質点
	アンカ
	レストレイント （本図は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。スナッバについても同様とする。）
	スナッバ
	ハンガ
	リジットハンガ
	拘束点の地震による相対変位量(㎜) （＊は評価点番号，矢印は拘束方向を示す。また，□内に変位量を記載する。）
	注1：鳥瞰図中の寸法の単位は㎜である。



鳥瞰図	RSW-H-4(1/2)

鳥瞰図	RSW-H-4(2/2)

鳥瞰図	RSW-H-11

3.　計算条件

3.1　計算方法

管の構造強度評価は，「基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。解析コードは，「ＨＩＳＡＰ」を使用し，解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については，別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

3.2　荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設分類[*1]	設備分類	機器等の区分	耐震重要度分類	荷重の組合せ[*2,3]	許容応力状態
原子炉冷却系統施設	原子炉補機冷却設備	原子炉補機冷却海水系	ＤＢ	―	クラス３管	Ｓ	ⅠL＋Ｓｄ	ⅢAＳ
							ⅡL＋Ｓｄ	
							ⅣL（Ｌ）＋Ｓｄ	
							ⅠL＋Ｓｓ	ⅣAＳ
							ⅡL＋Ｓｓ	

注記＊1：ＤＢは設計基準対象施設，ＳＡは重大事故等対処設備を示す。

＊2：運転状態の添字Ｌは荷重，（Ｌ）は荷重が長期間作用している状態を示す。

＊3：許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

3.3　設計条件

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

鳥瞰図　RSW-H-4

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	2～6,7～29 37～61,37～66 67～71	0.78	50	508.0	9.5	SM400C	S	201667

設計条件

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

鳥瞰図　RSW-H-11

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	1N～6,7～41	0.78	50	508.0	9.5	SM400C	S	201667

配管の付加質量

鳥瞰図　RSW-H-4

質量	対応する評価点
[redacted]	2～6,7～29,37～61,37～66,67～71

配管の付加質量

鳥瞰図　RSW-H-11

質量	対応する評価点
[redacted]	1N～6,7～3400

フランジ部の質量

鳥瞰図　RSW-H-4

質量	対応する評価点
[redacted]	2, 71
	6, 7, 29, 61, 66, 67
	120, 140, 150, 170, 200, 230, 250, 270, 280, 390, 410, 420, 440, 470, 490, 510, 530, 560, 590, 600

フランジ部の質量

鳥瞰図　RSW-H-11

質量	対応する評価点
[redacted]	1N, 6, 7, 1601, 17
[redacted]	301, 901, 1101, 1301, 1901, 2201, 2501, 2701, 3001, 3201, 3501, 3701

弁部の寸法

鳥瞰図　RSW-H-4

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
1N～2				6～7			
29～30				30～3001			
30～31N				61～62			
62～6201				62～63N			
66～67				71～72N			

弁部の寸法

鳥瞰図　RSW-H-11

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
6～7	[redacted]		

弁部の質量

鳥瞰図　RSW-H-4

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
[redacted]	1N～2,71～72N	[redacted]	6～7,66～67
[redacted]	29,31N,61,63N	[redacted]	30,62
[redacted]	3001,6201		

弁部の質量

鳥瞰図　RSW-H-11

質量	対応する評価点
[redacted]	6～7

支持点及び貫通部ばね定数

鳥瞰図　RSW-H-4

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N･mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1N						
3						
3						
18						
21						
22						
2500						
28						
2800						
31N						
45						
48						
49						
50						
** 531 **						
57						
5901						
60						
63N						
70						
70						
72N						

支持点及び貫通部ばね定数

鳥瞰図　RSW-H-11

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N･mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
** 1N **						
** 1N **						
1N						
10						
1302						
15						
23						
25						
34						
40						

3.4　材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

材料	最高使用温度 (℃)	許容応力(MPa)			
		Ｓm	Ｓy	Ｓu	Ｓh
SM400C	50	—	241	394	—

3.5　設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答曲線を下表に示す。なお，設計用床応答曲線はⅤ-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき策定したものを用いる。また，減衰定数はⅤ-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

鳥瞰図	建屋・構築物	標高	減衰定数(%)
RSW-H-4	タービン建屋		
RSW-H-11	タービン建屋		

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥瞰図 RSW-H-4

適用する地震動等		Ｓｄ及び静的震度			Ｓｓ		
モード	固有周期(s)	応答水平震度[*1]		応答鉛直震度[*1]	応答水平震度[*1]		応答鉛直震度[*1]
		Ｘ方向	Ｚ方向	Ｙ方向	Ｘ方向	Ｚ方向	Ｙ方向
1 次							
2 次							
3 次							
4 次							
5 次							
6 次							
7 次							
8 次							
10 次							
11 次							
動的震度[*2]							
静的震度[*3]							

注記＊1：各モードの固有周期に対し，設計用床応答曲線より得られる震度を示す。

＊2：Ｓｄ又はＳｓ地震動に基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。

＊3：3.6C_I及び1.2C_Vより定めた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数

鳥瞰図　RSW-H-4

モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X方向	Y方向	Z方向
1 次				
2 次				
3 次				
4 次				
5 次				
6 次				
7 次				
8 次				
10 次				

注記＊：刺激係数は，モード質量を正規化し，固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

代表的振動モード図

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

代表的振動モード図（1次）

鳥瞰図	ＲＳＷ－Ｈ－４

代表的振動モード図（2次）

鳥瞰図	ＲＳＷ－Ｈ－４

代表的振動モード図（3次）

鳥瞰図	ＲＳＷ－Ｈ－４

固有周期及び設計震度

鳥瞰図　RSW-H-11

適用する地震動等		Ｓｄ及び静的震度			Ｓｓ		
モード	固有周期(s)	応答水平震度[*1]		応答鉛直震度[*1]	応答水平震度[*1]		応答鉛直震度[*1]
		Ｘ方向	Ｚ方向	Ｙ方向	Ｘ方向	Ｚ方向	Ｙ方向
1 次							
2 次							
3 次							
4 次							
5 次							
6 次							
7 次							
8 次							
14 次							
15 次							
動的震度[*2]							
静的震度[*3]							

注記＊1：各モードの固有周期に対し，設計用床応答曲線より得られる震度を示す。

＊2：Ｓｄ又はＳｓ地震動に基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。

＊3：3.6C_I及び1.2C_Vより定めた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数

鳥瞰図　RSW-H-11

モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X方向	Y方向	Z方向
1 次				
2 次				
3 次				
4 次				
5 次				
6 次				
7 次				
8 次				
14 次				

注記＊：刺激係数は，モード質量を正規化し，固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

代表的振動モード図

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

代表的振動モード図（1次）

鳥瞰図	ＲＳＷ－Ｈ－１１

代表的振動モード図（2次）

鳥瞰図	ＲＳＷ－Ｈ－１１

代表的振動モード図（3次）

鳥瞰図	ＲＳＷ－Ｈ－１１

4.2　評価結果

4.2.1　管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

クラス２以下の管

鳥瞰図	許容応力状態	最大応力評価点	最大応力区分	一次応力評価(MPa)		一次＋二次応力評価(MPa)		疲労評価
				計算応力 S_{prm}（Ｓｄ） S_{prm}（Ｓｓ）	許容応力 S_y* 0.9S_u	計算応力 S_n（Ｓｓ）	許容応力 2S_y	疲労累積係数 US_s
RSW-H-11	ⅢＡＳ	20	S_{prm}（Ｓｄ）	101	241	—	—	—
RSW-H-4	ⅣＡＳ	37	S_{prm}（Ｓｓ）	148	354	—	—	—
RSW-H-4	ⅣＡＳ	37	S_n（Ｓｓ）	—	—	261	482	—

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

4.2.2　支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果（荷重評価）

支持構造物番号	種類	型式	材質	温度(℃)	評価結果	
					計算荷重(kN)	許容荷重(kN)
SNM-RSW-T022T-1	メカニカルスナッバ	SMS-16A-160	Ⅴ-2-1-12「配管及び支持構造物の耐震計算について」参照		50	240
RO-RSW-T101	ロッドレストレイント	RTS-10			43	180

支持構造物評価結果（応力評価）

支持構造物番号	種類	型式	材質	温度(℃)	支持点荷重						評価結果		
					反力（kN）			モーメント（kN・m）			応力分類	計算応力(MPa)	許容応力(MPa)
					F_X	F_Y	F_Z	M_X	M_Y	M_Z			
RE-RSW-T050	レストレイント	架構	STKR400	50	144	60	0	—	—	—	曲げ	87	135

4.2.3　弁の動的機能維持評価結果

下表に示すとおり機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下又は計算応力が許容応力以下である。

弁番号	形式	要求機能	機能維持評価用加速度＊ (×9.8m/s^2)		機能確認済加速度 (×9.8m/s^2)		構造強度評価結果 (MPa)	
			水平	鉛直	水平	鉛直	計算応力	許容応力
P41-F004A	止め弁	β(Ss)	2.3	1.5	6.0	6.0	—	—
P41-F004D	止め弁	β(Ss)	1.6	1.8	6.0	6.0	—	—

注記＊：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。

4.2.4　代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

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

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（クラス２以下の管）

No.	配管モデル	許容応力状態　ⅢＡＳ					許容応力状態　ⅣＡＳ												
		一次応力					一次応力					一次＋二次応力*					疲労評価		
		評価点	計算応力(MPa)	許容応力(MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力(MPa)	許容応力(MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力(MPa)	許容応力(MPa)	裕度	代表	評価点	疲労累積係数	代表
1	RSW-H-1	20	92	241	2.61	—	20	120	354	2.95	—	20	116	482	4.15	—	—	—	—
2	RSW-H-2	2	19	241	12.68	—	2	23	354	15.39	—	2	16	482	30.12	—	—	—	—
3	RSW-H-3	2901	67	241	3.59	—	2901	94	354	3.76	—	2901	144	482	3.34	—	—	—	—
4	RSW-H-4	37	77	241	3.12	—	37	148	354	2.39	○	37	261	482	1.84	○	—	—	—
5	RSW-H-5	2	19	241	12.68	—	2	23	354	15.39	—	2	16	482	30.12	—	—	—	—
6	RSW-H-6	32	63	241	3.82	—	32	94	354	3.76	—	32	152	482	3.17	—	—	—	—
7	RSW-H-7	12	52	241	4.63	—	12	72	354	4.91	—	34	88	482	5.47	—	—	—	—
8	RSW-H-8	3	14	241	17.21	—	3	15	354	23.60	—	3	4	482	120.50	—	—	—	—
9	RSW-H-9	19	52	241	4.63	—	19	82	354	4.31	—	19	132	482	3.65	—	—	—	—
10	RSW-H-10	3	15	241	16.06	—	3	16	354	22.12	—	3	6	482	80.33	—	—	—	—
11	RSW-H-11	20	101	241	2.38	○	20	147	354	2.40	—	20	237	482	2.03	—	—	—	—
12	RSW-H-12	3	15	241	16.06	—	3	16	354	22.12	—	3	6	482	80.33	—	—	—	—
13	RSW-H-13	21	80	241	3.01	—	34	134	354	2.64	—	34	226	482	2.13	—	—	—	—
14	RSW-H-14	4	14	241	17.21	—	4	15	354	23.60	—	4	4	482	120.50	—	—	—	—
15	RSW-H-15	21	90	241	2.67	—	21	126	354	2.80	—	21	192	482	2.51	—	—	—	—

注記＊：ⅢＡＳの一次＋二次応力の許容値はⅣＡＳと同様であることから，地震荷重が大きいⅣＡＳの一次＋二次応力裕度最小を代表とする。

重大事故等対処設備

目　　次

1.　　概要　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　1
2.　　概略系統図及び鳥瞰図　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　2
2.1　　概略系統図　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　2
2.2　　鳥瞰図　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　6
3.　　計算条件　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　9
3.1　　計算方法　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　9
3.2　　荷重の組合せ及び許容応力状態　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　10
3.3　　設計条件　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　11
3.4　　材料及び許容応力　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　17
3.5　　設計用地震力　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　18
4.　　解析結果及び評価　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　19
4.1　　固有周期及び設計震度　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　19
4.2　　評価結果　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　25
4.2.1　　管の応力評価結果　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　25
4.2.2　　支持構造物評価結果　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　26
4.2.3　　弁の動的機能維持評価結果　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　27
4.2.4　　代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果　・・・・・・・・・・・・・・　28

1. 概要

本計算書は，V-2-1-14 「計算書作成の方法 添付資料-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」（以下「基本方針」という。）に基づき，管，支持構造物及び弁が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

評価結果記載方法は，以下に示すとおりである。

(1) 管

工事計画記載範囲の管のうち，各応力区分における最大応力評価点評価結果を解析モデル単位に記載する。また，全１５モデルのうち，各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図，計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を4.2.4に記載する。

(2) 支持構造物

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

(3) 弁

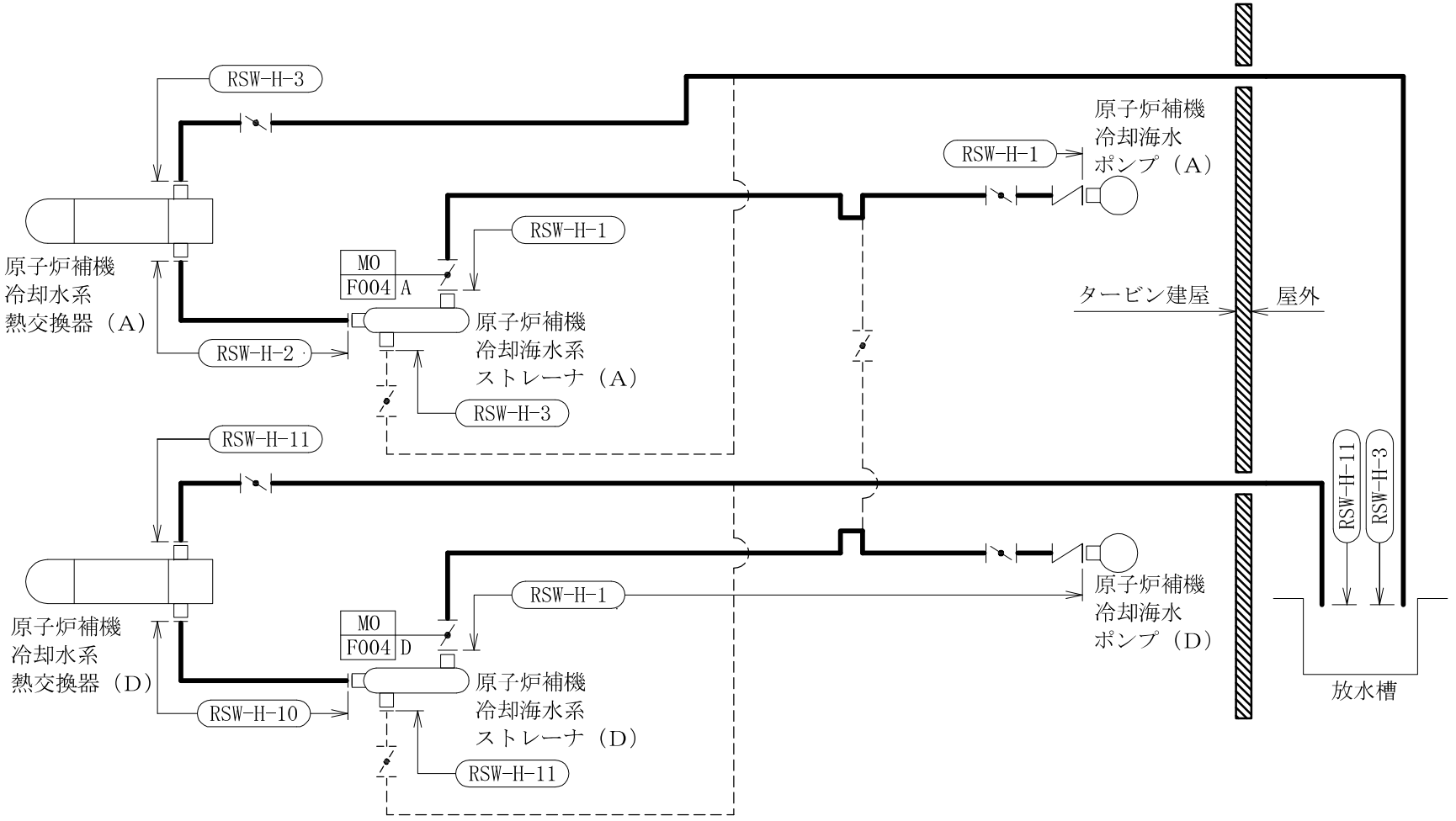
機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として評価結果を記載する。

2.　概略系統図及び鳥瞰図

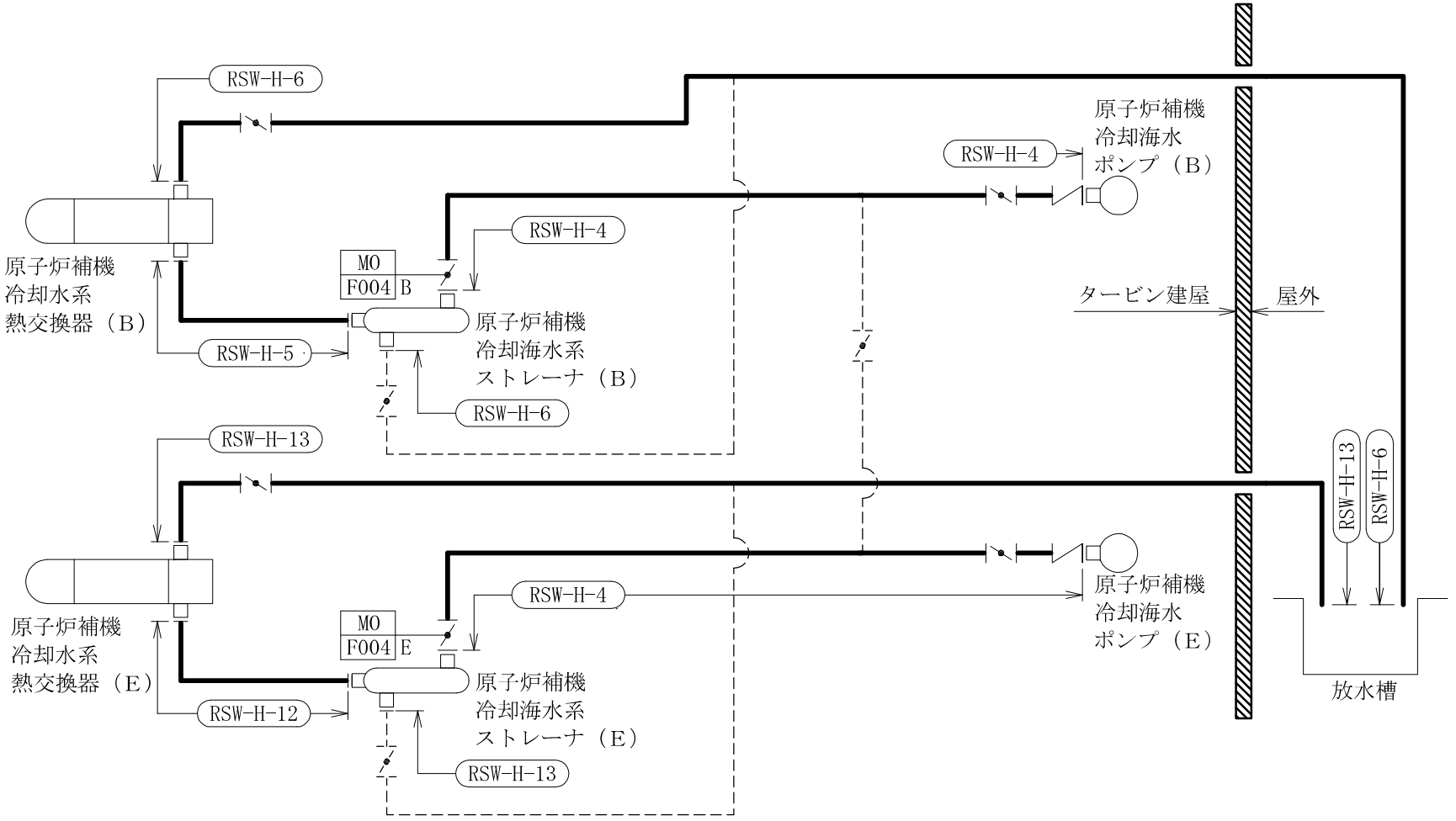
2.1　概略系統図

概略系統図記号凡例

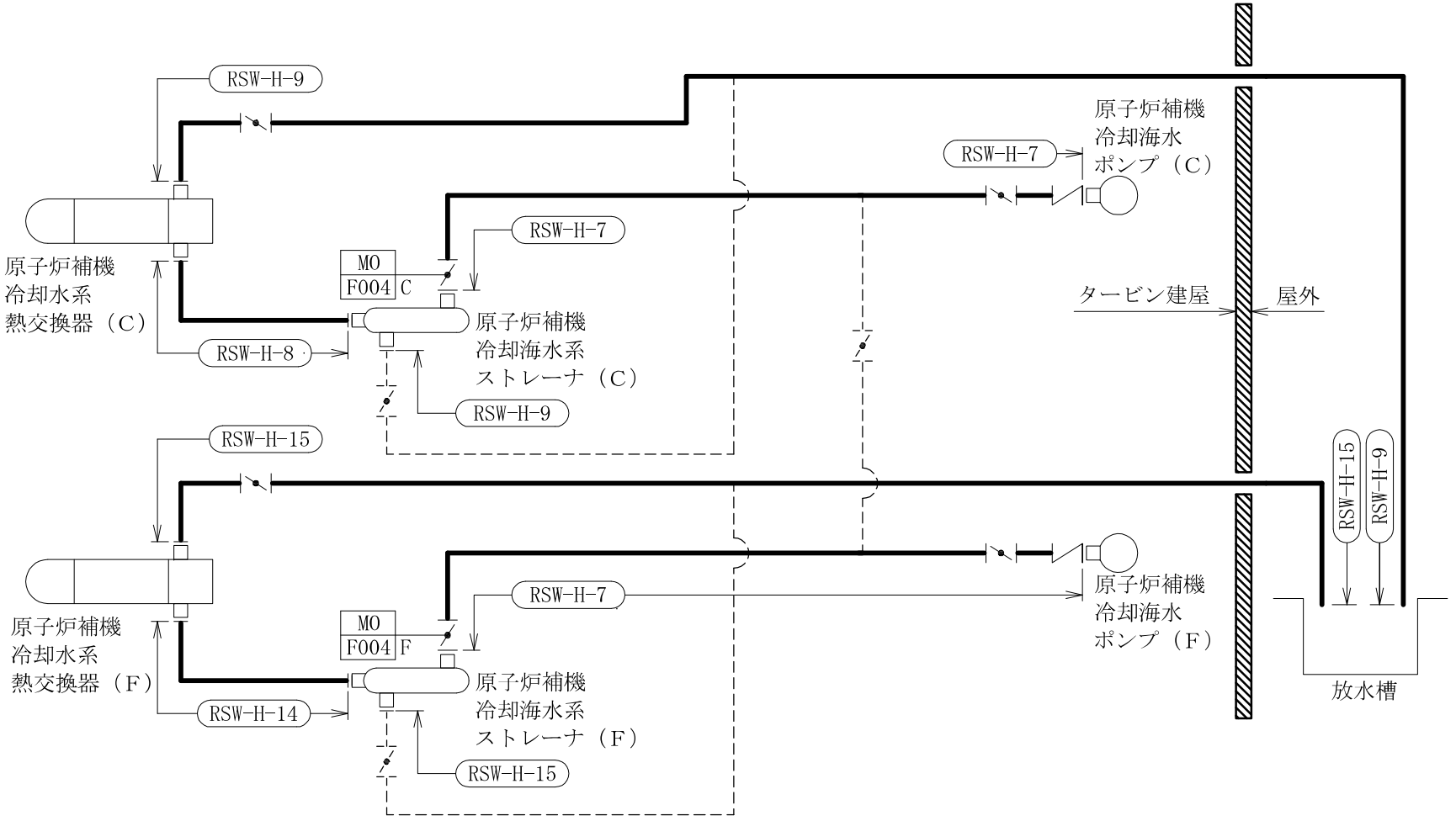
記号	内容
━━━━━━（太線）	工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管
――――――（細線）	工事計画記載範囲の管のうち，本系統の管であって他計算書記載範囲の管
- - - - - - - - -（破線）	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち，他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管
○○-○-○○	鳥瞰図番号
⊗	アンカ



原子炉補機冷却海水系概略系統図（その１）



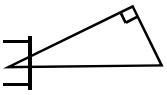
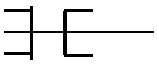
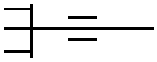
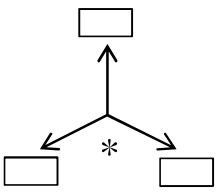
原子炉補機冷却海水系概略系統図（その２）

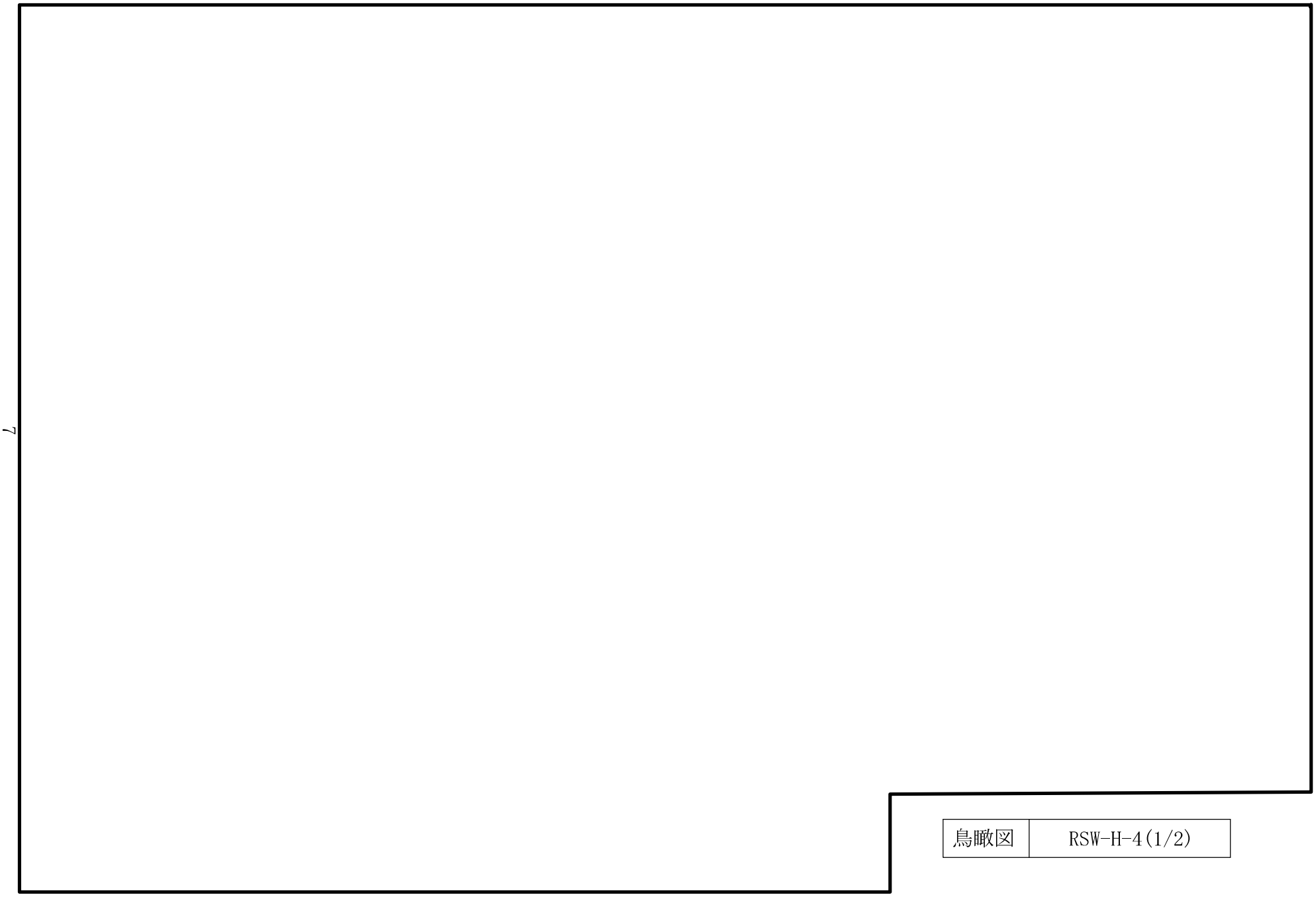


原子炉補機冷却海水系概略系統図（その３）

2.2　鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

記号	内容
（太線）	工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管
（細線）	工事計画記載範囲の管のうち，本系統の管であって他計算書記載範囲の管
（破線）	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち，他系統の管であって解析モデルの概略を示すために表記する管
	質点
	アンカ
	レストレイント （本図は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。スナッバについても同様とする。）
	スナッバ
	ハンガ
	リジットハンガ
	拘束点の地震による相対変位量(㎜) （＊は評価点番号，矢印は拘束方向を示す。また，□内に変位量を記載する。）
	注1：鳥瞰図中の寸法の単位は㎜である。



鳥瞰図	RSW-H-4(1/2)

鳥瞰図	RSW-H-4(2/2)

3.　計算条件

3.1　計算方法

管の構造強度評価は，「基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。解析コードは，「ＨＩＳＡＰ」を使用し，解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については，別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

3.2　荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設分類*1	設備分類*2	機器等の区分	耐震重要度分類	荷重の組合せ*3	許容応力状態*4
原子炉冷却系統施設	原子炉補機冷却設備	原子炉補機冷却海水系	ＳＡ	常設／防止（ＤＢ拡張） 常設／緩和（ＤＢ拡張）	重大事故等クラス２管	―	V_L＋Ｓｓ	V_AS

注記＊1：ＤＢは設計基準対象施設，ＳＡは重大事故等対処設備を示す。

＊2：「常設／防止（ＤＢ拡張）」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張），「常設／緩和（ＤＢ拡張）」は常設重大事故緩和設備（設計基準拡張）を示す。

＊3：運転状態の添字Ｌは荷重を示す。

＊4：許容応力状態V_ASは許容応力状態Ⅳ$_A$Ｓの許容限界を使用し，許容応力状態Ⅳ$_A$Ｓとして評価を実施する。

3.3　設計条件

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

鳥瞰図　RSW-H-4

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	2～6,7～29 37～61,37～66 67～71	0.78	50	508.0	9.5	SM400C	—	201667

配管の付加質量

鳥瞰図　RSW-H-4

質量	対応する評価点
[redacted]	2～6,7～29,37～61,37～66,67～71

フランジ部の質量

鳥瞰図　RSW-H-4

質量	対応する評価点
[redacted]	2, 71
[redacted]	6, 7, 29, 61, 66, 67
[redacted]	120, 140, 150, 170, 200, 230, 250, 270, 280, 390, 410, 420, 440, 470, 490, 510, 530, 560, 590, 600

弁部の寸法

鳥瞰図　RSW-H-4

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
1N～2				6～7			
29～30				30～3001			
30～31N				61～62			
62～6201				62～63N			
66～67				71～72N			

弁部の質量

鳥瞰図　RSW-H-4

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
[redacted]	1N～2,71～72N	[redacted]	6～7,66～67
[redacted]	29,31N,61,63N	[redacted]	30,62
[redacted]	3001,6201		

支持点及び貫通部ばね定数

鳥瞰図　RSW-H-4

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N･mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1N						
3						
3						
18						
21						
22						
2500						
28						
2800						
31N						
45						
48						
49						
50						
** 531 **						
57						
5901						
60						
63N						
70						
70						
72N						

3.4　材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

材料	最高使用温度 (℃)	許容応力(MPa)			
		Ｓm	Ｓy	Ｓu	Ｓh
SM400C	50	—	241	394	—

3.5　設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答曲線を下表に示す。なお，設計用床応答曲線はⅤ-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき策定したものを用いる。また，減衰定数はⅤ-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

鳥瞰図	建屋・構築物	標高	減衰定数(%)
RSW-H-4	タービン建屋		

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥瞰図 RSW-H-4

適用する地震動等		Ｓｓ		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度*1		応答鉛直震度*1
		Ｘ方向	Ｚ方向	Ｙ方向
1 次				
2 次				
3 次				
4 次				
5 次				
6 次				
7 次				
8 次				
10 次				
11 次				
動的震度*2				

注記＊1：各モードの固有周期に対し，設計用床応答曲線より得られる震度を示す。

＊2：Ｓｄ又はＳｓ地震動に基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数

鳥瞰図　RSW-H-4

モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X方向	Y方向	Z方向
1 次				
2 次				
3 次				
4 次				
5 次				
6 次				
7 次				
8 次				
10 次				

注記＊：刺激係数は，モード質量を正規化し，固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

代表的振動モード図

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

代表的振動モード図（1次）

鳥瞰図	ＲＳＷ－Ｈ－４

代表的振動モード図（2次）

鳥瞰図	ＲＳＷ－Ｈ－４

代表的振動モード図（3次）

鳥瞰図	ＲＳＷ－Ｈ－４

4.2　評価結果

4.2.1　管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス２管であってクラス２以下の管

鳥瞰図	許容応力状態	最大応力評価点	最大応力区分	一次応力評価(MPa)		一次＋二次応力評価(MPa)		疲労評価
				計算応力 S_{prm}（Ｓｓ）	許容応力 $0.9S_u$	計算応力 S_n（Ｓｓ）	許容応力 $2S_y$	疲労累積係数 US_s
RSW-H-4	ＶＡＳ	37	S_{prm}（Ｓｓ）	148	354	—	—	—
RSW-H-4	ＶＡＳ	37	S_n（Ｓｓ）	—	—	261	482	—

4.2.2　支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果（荷重評価）

支持構造物番号	種類	型式	材質	温度(℃)	評価結果	
					計算荷重(kN)	許容荷重(kN)
SNM-RSW-T022T-1	メカニカルスナッバ	SMS-16A-160	Ⅴ-2-1-12「配管及び支持構造物の耐震計算について」参照		50	240
RO-RSW-T101	ロッドレストレイント	RTS-10			43	180

支持構造物評価結果（応力評価）

支持構造物番号	種類	型式	材質	温度(℃)	支持点荷重						評価結果		
					反力（kN）			モーメント（kN・m）			応力分類	計算応力(MPa)	許容応力(MPa)
					F_X	F_Y	F_Z	M_X	M_Y	M_Z			
RE-RSW-T050	レストレイント	架構	STKR400	50	144	60	0	—	—	—	曲げ	87	135

4.2.3　弁の動的機能維持評価結果

下表に示すとおり機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下又は計算応力が許容応力以下である。

弁番号	形式	要求機能	機能維持評価用加速度 ($\times 9.8 m/s^2$)		機能確認済加速度 ($\times 9.8 m/s^2$)		構造強度評価結果 (MPa)	
			水平	鉛直	水平	鉛直	計算応力	許容応力
—	—	—	—	—	—	—	—	—

4.2.4　代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

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

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（重大事故等クラス２管であってクラス２以下の管）

No.	配管モデル	許容応力状態　ＶＡＳ												
		一次応力					一次＋二次応力					疲労評価		
		評価点	計算応力(MPa)	許容応力(MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力(MPa)	許容応力(MPa)	裕度	代表	評価点	疲労累積係数	代表
1	RSW-H-1	20	120	354	2.95	—	20	116	482	4.15	—	—	—	—
2	RSW-H-2	2	23	354	15.39	—	2	16	482	30.12	—	—	—	—
3	RSW-H-3	2901	94	354	3.76	—	2901	144	482	3.34	—	—	—	—
4	RSW-H-4	37	148	354	2.39	○	37	261	482	1.84	○	—	—	—
5	RSW-H-5	2	23	354	15.39	—	2	16	482	30.12	—	—	—	—
6	RSW-H-6	32	94	354	3.76	—	32	152	482	3.17	—	—	—	—
7	RSW-H-7	12	72	354	4.91	—	34	88	482	5.47	—	—	—	—
8	RSW-H-8	3	15	354	23.60	—	3	4	482	120.50	—	—	—	—
9	RSW-H-9	19	82	354	4.31	—	19	132	482	3.65	—	—	—	—
10	RSW-H-10	3	16	354	22.12	—	3	6	482	80.33	—	—	—	—
11	RSW-H-11	20	147	354	2.40	—	20	237	482	2.03	—	—	—	—
12	RSW-H-12	3	16	354	22.12	—	3	6	482	80.33	—	—	—	—
13	RSW-H-13	34	134	354	2.64	—	34	226	482	2.13	—	—	—	—
14	RSW-H-14	4	15	354	23.60	—	4	4	482	120.50	—	—	—	—
15	RSW-H-15	21	126	354	2.80	—	21	192	482	2.51	—	—	—	—

Ⅴ-2-5-6-2　代替原子炉補機冷却系の耐震性についての計算書

Ⅴ-2-5-6-2-1　管の耐震性についての計算書

重大事故等対処設備

目　　次

1.　概要 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1
2.　概略系統図及び鳥瞰図 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 2
2.1　概略系統図 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 2
2.2　鳥瞰図 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 7
3.　計算条件 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 9
3.1　計算方法 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 9
3.2　荷重の組合せ及び許容応力状態 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 10
3.3　設計条件 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 11
3.4　材料及び許容応力 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 17
3.5　設計用地震力 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 18
4.　解析結果及び評価 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 19
4.1　固有周期及び設計震度 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 19
4.2　評価結果 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 25
4.2.1　管の応力評価結果 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 25
4.2.2　支持構造物評価結果 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 26
4.2.3　弁の動的機能維持評価結果 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 27
4.2.4　代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果 ・・・・・・・・・・・・・ 28

1. 概要

本計算書は，Ⅴ-2-1-14 「計算書作成の方法 添付資料-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」（以下「基本方針」という。）に基づき，管，支持構造物及び弁が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

評価結果記載方法は，以下に示すとおりである。

(1) 管

工事計画記載範囲の管のうち，各応力区分における最大応力評価点評価結果を解析モデル単位に記載する。また，全６モデルのうち，各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図，計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を4.2.4に記載する。

(2) 支持構造物

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

(3) 弁

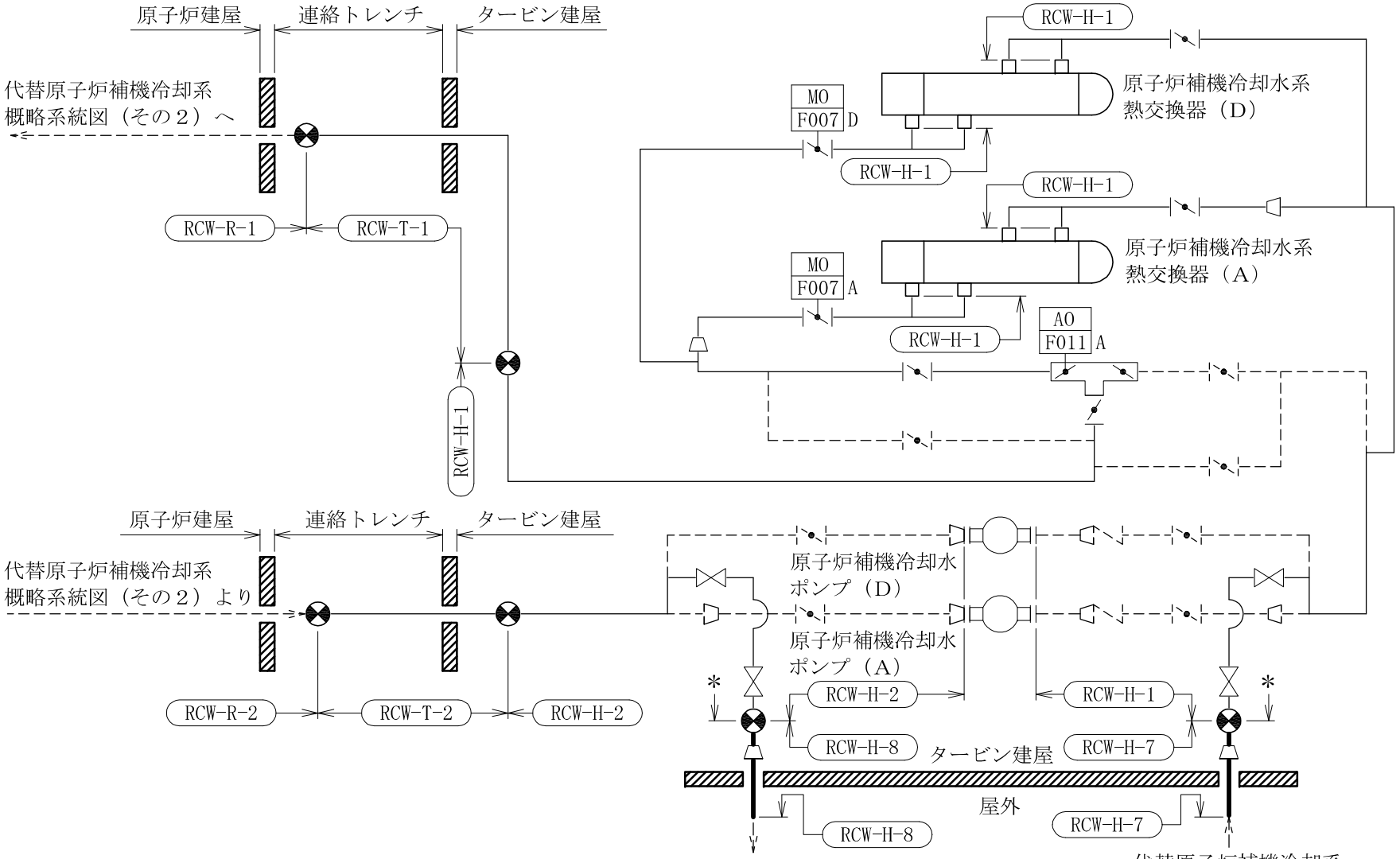
機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として評価結果を記載する。

2.　概略系統図及び鳥瞰図

2.1　概略系統図

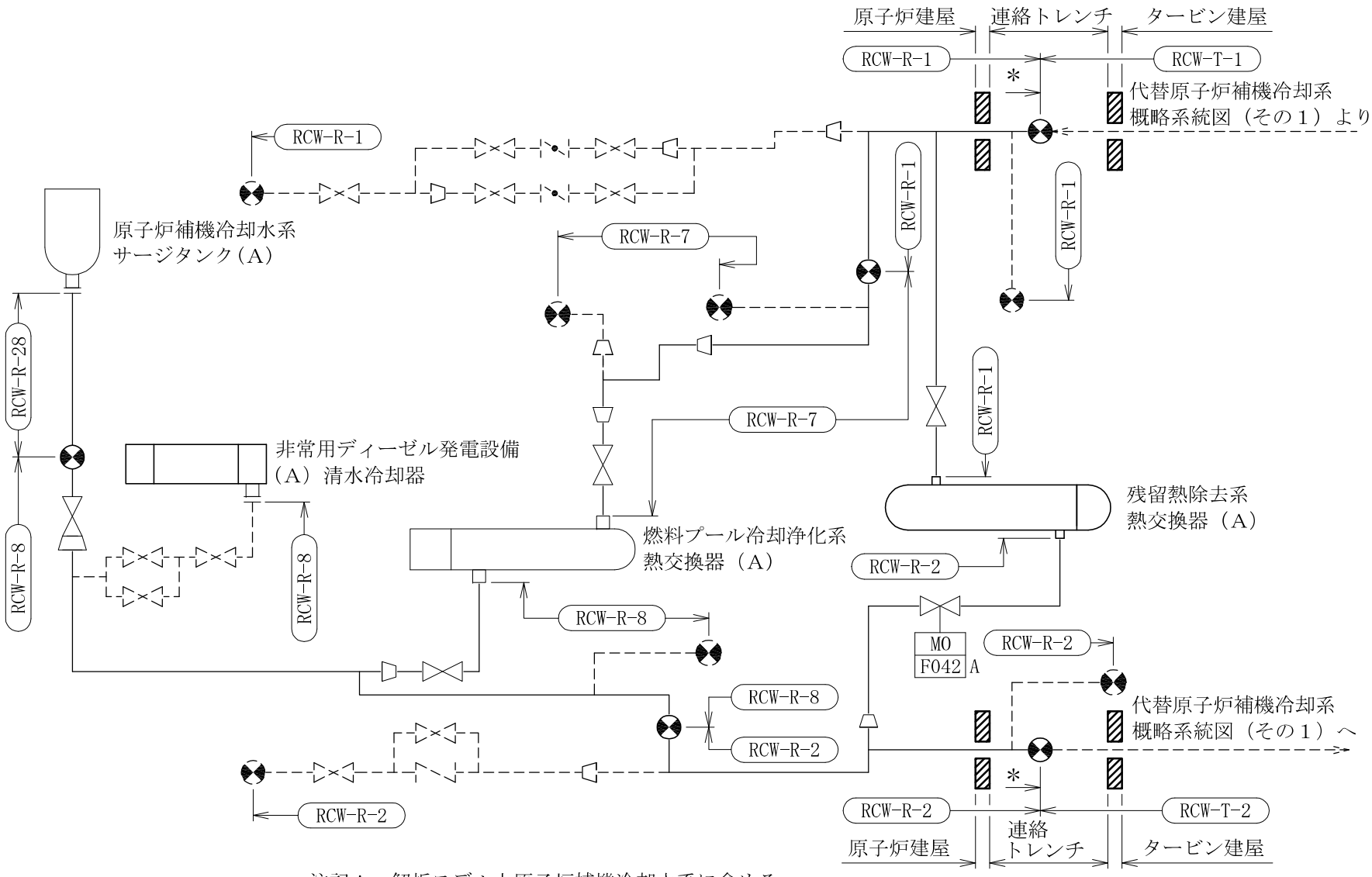
概略系統図記号凡例

記号	内容
━━━━━━（太線）	工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管
――――――（細線）	工事計画記載範囲の管のうち，本系統の管であって他計算書記載範囲の管
- - - - - - - - -（破線）	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち，他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管
○○-○-○○	鳥瞰図番号
	アンカ



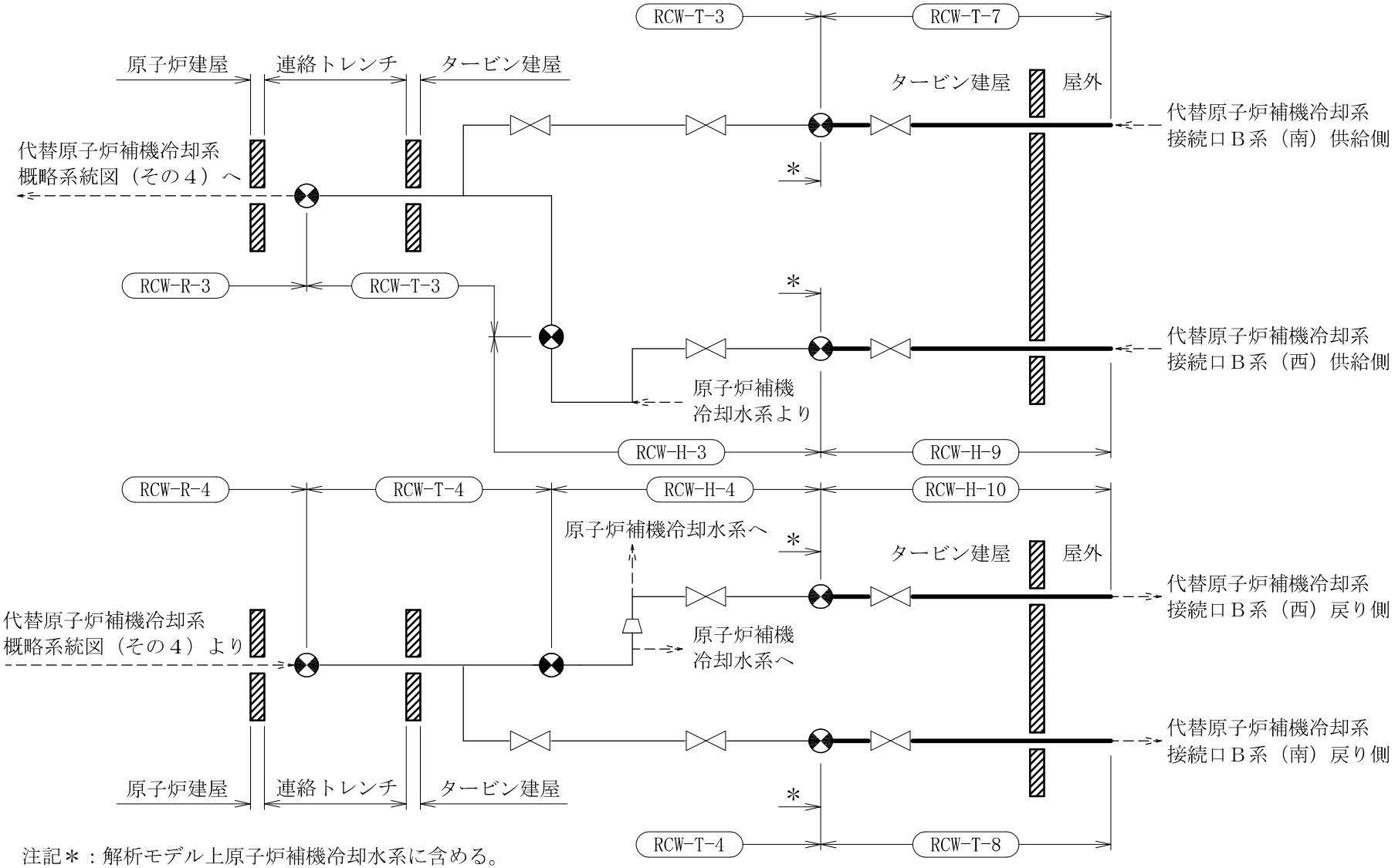
注記＊：解析モデル上原子炉補機冷却水系に含める。

代替原子炉補機冷却系概略系統図（その１）



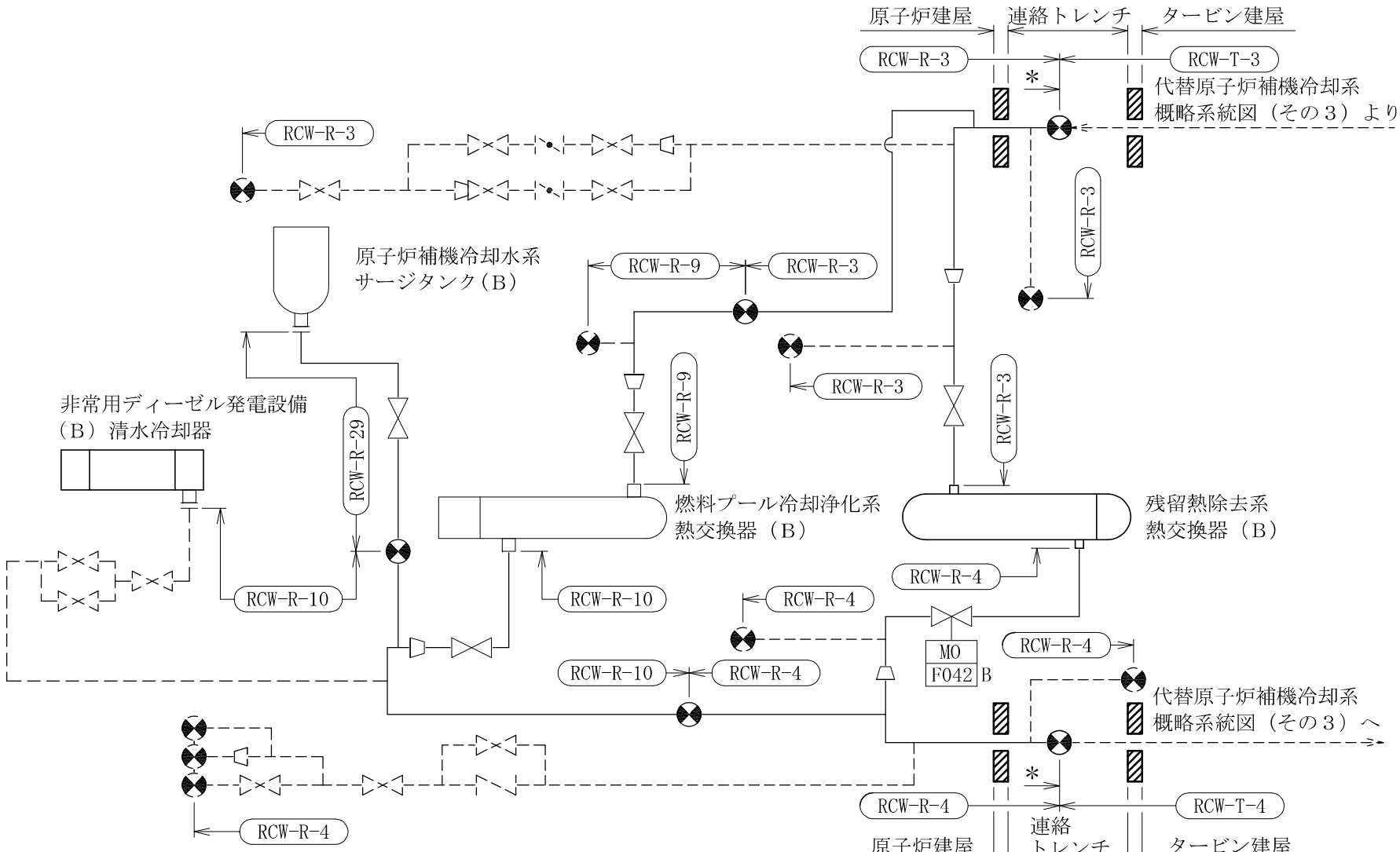
注記＊：解析モデル上原子炉補機冷却水系に含める。

代替原子炉補機冷却系概略系統図（その２）



注記＊：解析モデル上原子炉補機冷却水系に含める。

代替原子炉補機冷却系概略系統図（その３）

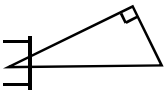
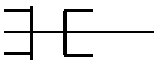
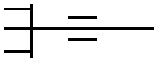
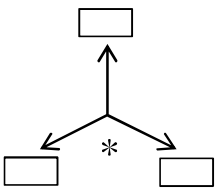


注記＊：解析モデル上原子炉補機冷却水系に含める。

代替原子炉補機冷却系概略系統図（その４）

2.2　鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

記号	内容
（太線）	工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管
（細線）	工事計画記載範囲の管のうち，本系統の管であって他計算書記載範囲の管
（破線）	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち，他系統の管であって解析モデルの概略を示すために表記する管
	質点
	アンカ
	レストレイント （本図は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。スナッバについても同様とする。）
	スナッバ
	ハンガ
	リジットハンガ
	拘束点の地震による相対変位量(㎜) （＊は評価点番号，矢印は拘束方向を示す。また，□内に変位量を記載する。）
	注1：鳥瞰図中の寸法の単位は㎜である。

鳥瞰図	RCW-H-9

3.　計算条件

3.1　計算方法

管の構造強度評価は，「基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。解析コードは，「ＨＩＳＡＰ」を使用し，解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については，別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

3.2　荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設分類*1	設備分類*2	機器等の区分	耐震重要度分類	荷重の組合せ*3	許容応力状態*4
原子炉冷却系統施設	原子炉補機冷却設備	代替原子炉補機冷却系	ＳＡ	常設耐震／防止 常設／緩和	重大事故等クラス２管	―	V_L＋Ｓｓ	V_AS

注記＊1：ＤＢは設計基準対象施設，ＳＡは重大事故等対処設備を示す。

＊2：「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。

＊3：運転状態の添字Ｌは荷重を示す。

＊4：許容応力状態V_ASは許容応力状態IV_ASの許容限界を使用し，許容応力状態IV_ASとして評価を実施する。

3.3　設計条件

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

鳥瞰図　RCW-H-9

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	1F～8	1.37	70	267.4	9.3	SUS304TP	—	193667
2	8～9	1.37	70	267.4	9.3	SFVC2B	—	201667
3	10～81A	1.37	70	267.4	9.3	STPT410	—	201667

配管の付加質量

鳥瞰図　RCW-H-9

質量	対応する評価点
[redacted]	4S～5

フランジ部の質量

鳥瞰図　RCW-H-9

質量	対応する評価点
[redacted]	1F

弁部の寸法

鳥瞰図　RCW-H-9

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
9～10	[redacted]		

弁部の質量

鳥瞰図　RCW-H-9

質量	対応する評価点
[redacted]	9～10

支持点及び貫通部ばね定数

鳥瞰図　RCW-H-9

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N･mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
2						
11						
15						
24						
31						
36						
44						
53						
61						
68						
74						
81A						

3.4　材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

材料	最高使用温度 (℃)	許容応力(MPa)			
		Ｓm	Ｓy	Ｓu	Ｓh
SUS304TP	70	—	186	473	—
SFVC2B	70	—	234	445	—
STPT410	70	—	229	407	—

3.5　設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答曲線を下表に示す。なお，設計用床応答曲線はⅤ-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき策定したものを用いる。また，減衰定数はⅤ-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

鳥瞰図	建屋・構築物	標高	減衰定数(%)
RCW-H-9	タービン建屋		

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥瞰図 RCW-H-9

適用する地震動等		Ｓｓ		
モード	固有周期(s)	応答水平震度[*1]		応答鉛直震度[*1]
		Ｘ方向	Ｚ方向	Ｙ方向
1 次				
2 次				
3 次				
4 次				
5 次				
6 次				
7 次				
8 次				
11 次				
12 次				
動的震度[*2]				

注記＊1：各モードの固有周期に対し，設計用床応答曲線より得られる震度を示す。

＊2：Ｓｄ又はＳｓ地震動に基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数

鳥瞰図　RCW-H-9

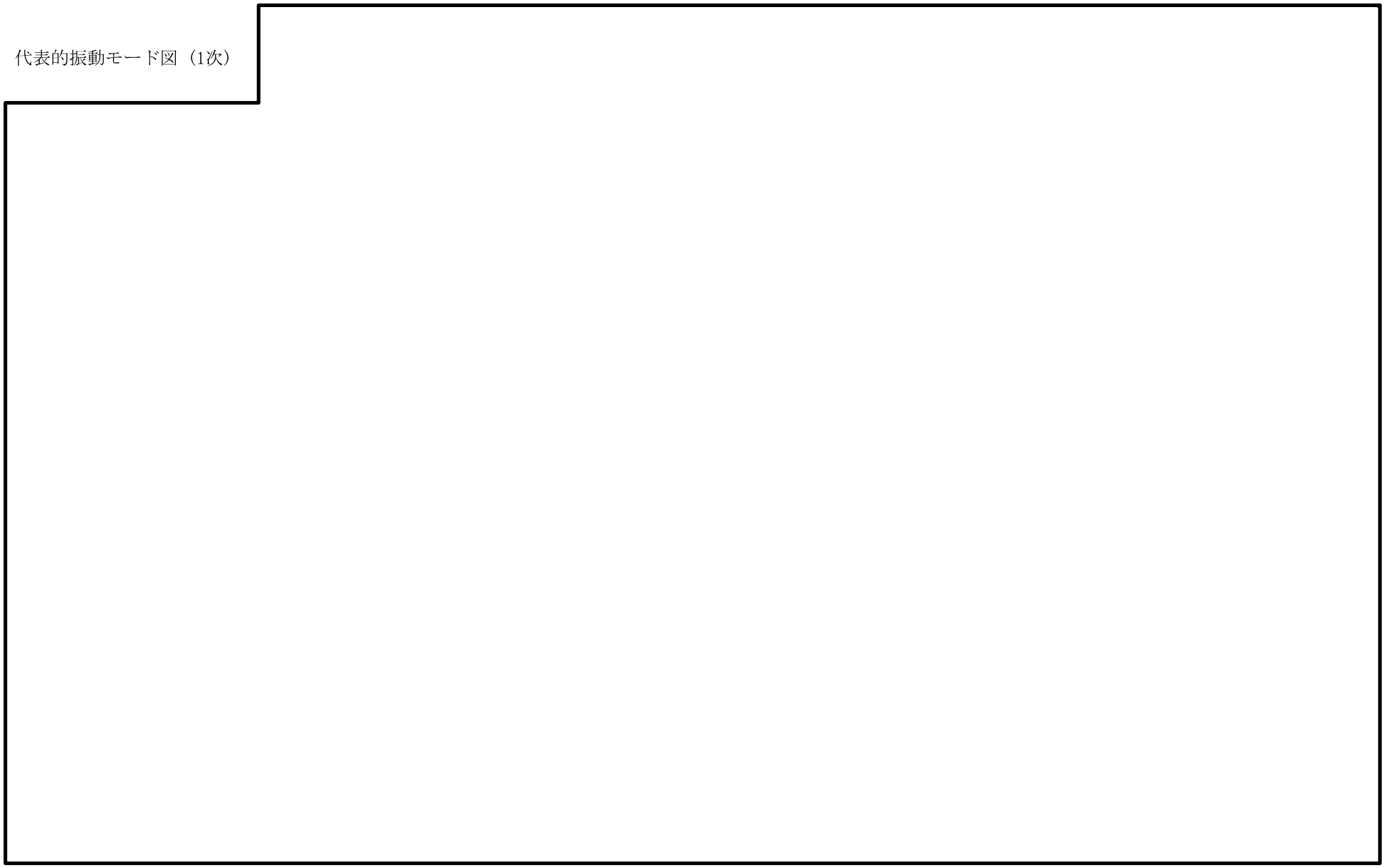
モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X方向	Y方向	Z方向
1 次				
2 次				
3 次				
4 次				
5 次				
6 次				
7 次				
8 次				
11 次				

注記＊：刺激係数は，モード質量を正規化し，固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

代表的振動モード図

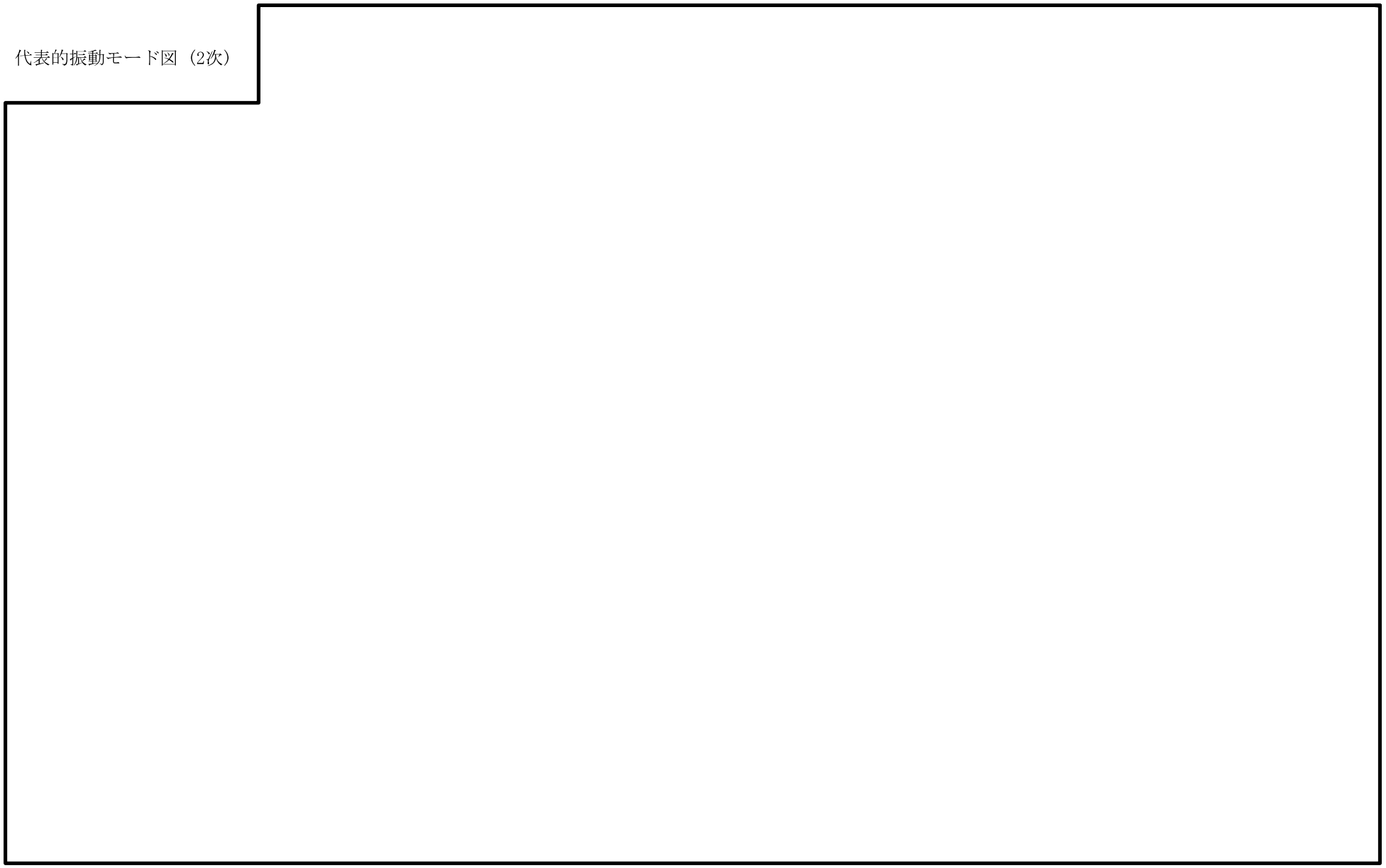
振動モード図は，３次モードまでを代表とし，各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し，次ページ以降に示す。

代表的振動モード図（1次）



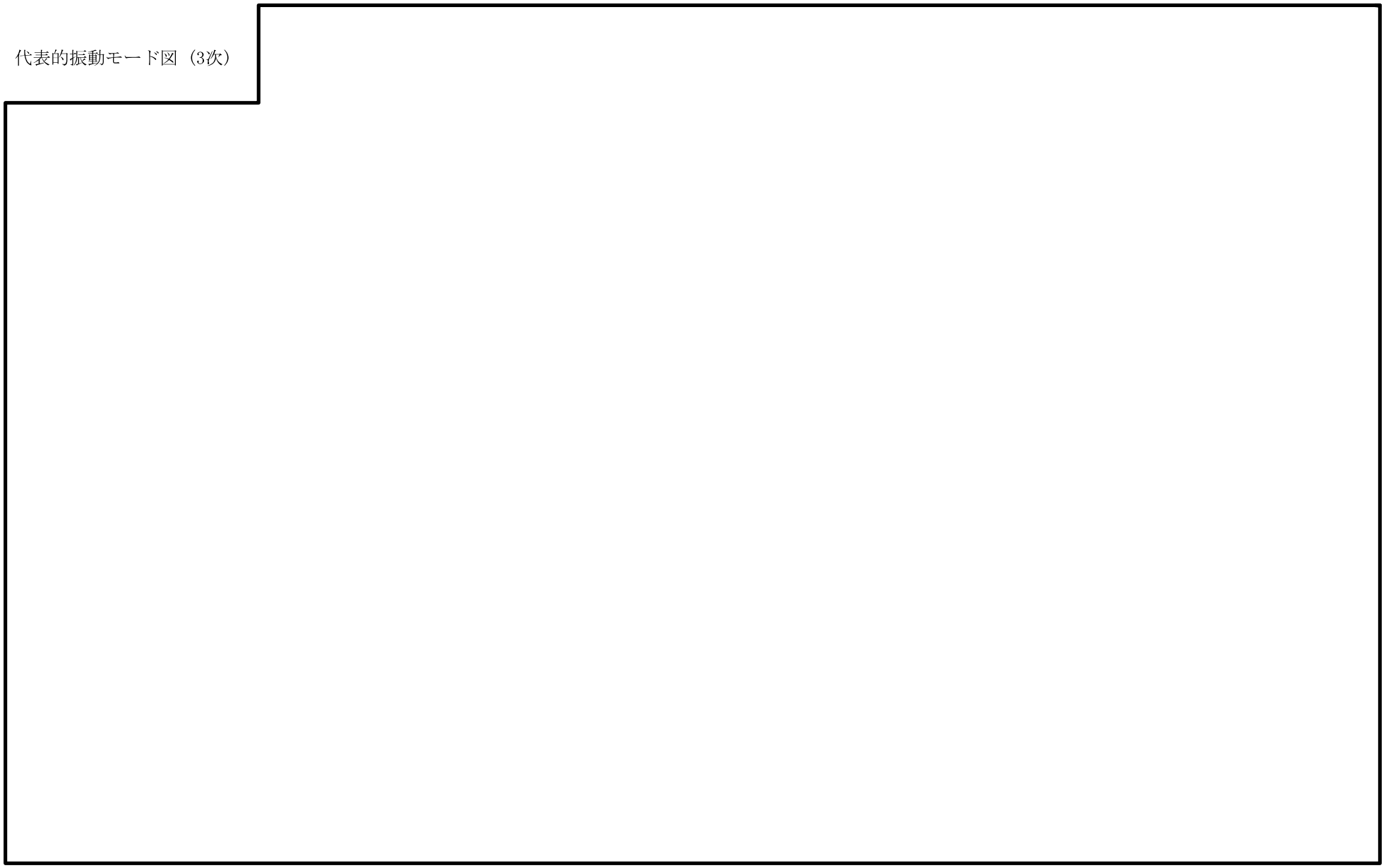
鳥瞰図	ＲＣＷ－Ｈ－９

代表的振動モード図（2次）



鳥瞰図	ＲＣＷ－Ｈ－９

代表的振動モード図（3次）



鳥瞰図	ＲＣＷ－Ｈ－９

4.2　評価結果

4.2.1　管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス２管であってクラス２以下の管

鳥瞰図	許容応力状態	最大応力評価点	最大応力区分	一次応力評価(MPa)		一次＋二次応力評価(MPa)		疲労評価
				計算応力 Sprm（Ｓｓ）	許容応力 0.9Ｓｕ	計算応力 Ｓｎ（Ｓｓ）	許容応力 2Ｓｙ	疲労累積係数 ＵＳｓ
RCW-H-9	ＶＡＳ	14	Sprm（Ｓｓ）	170	366	—	—	—
RCW-H-9	ＶＡＳ	14	Ｓｎ（Ｓｓ）	—	—	304	458	—

4.2.2　支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果（荷重評価）

支持構造物番号	種類	型式	材質	温度(℃)	評価結果	
					計算荷重(kN)	許容荷重(kN)
—	—	—	—	—	—	—

支持構造物評価結果（応力評価）

支持構造物番号	種類	型式	材質	温度(℃)	支持点荷重						評価結果		
					反力（kN）			モーメント（kN・m）			応力分類	計算応力(MPa)	許容応力(MPa)
					F_X	F_Y	F_Z	M_X	M_Y	M_Z			
AN-RCW-T510	アンカ	ラグ	SGV410	70	19	33	32	47	10	40	曲げ	62	120
RE-RCW-T137	レストレイント	架構	STKR400	50	0	31	46	—	—	—	曲げ	65	135

4.2.3　弁の動的機能維持評価結果

下表に示すとおり機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下又は計算応力が許容応力以下である。

弁番号	形式	要求機能	機能維持評価用加速度 ($\times 9.8 m/s^2$)		機能確認済加速度 ($\times 9.8 m/s^2$)		構造強度評価結果 (MPa)	
			水平	鉛直	水平	鉛直	計算応力	許容応力
—	—	—	—	—	—	—	—	—

4.2.4　代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

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

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（重大事故等クラス２管であってクラス２以下の管）

No.	配管モデル	許容応力状態　ⅤAS												
		一次応力					一次＋二次応力					疲労評価		
		評価点	計算応力(MPa)	許容応力(MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力(MPa)	許容応力(MPa)	裕度	代表	評価点	疲労累積係数	代表
1	RCW-T-7	24	52	425	8.17	—	24	74	372	5.02	—	—	—	—
2	RCW-T-8	30	68	364	5.35	—	30	99	444	4.48	—	—	—	—
3	RCW-H-7	14	33	425	12.87	—	14	43	372	8.65	—	—	—	—
4	RCW-H-8	14	47	405	8.61	—	14	66	350	5.30	—	—	—	—
5	RCW-H-9	14	170	366	2.15	○	14	304	458	1.50	○	—	—	—
6	RCW-H-10	53	163	364	2.23	—	53	240	444	1.85	—	—	—	—

Ⅴ-2-6　計測制御系統施設の耐震性に関する説明書

Ⅴ-2-6-1　計測制御系統施設の耐震計算結果

目　　次

1.　概要　･･　1
2.　耐震評価条件整理　･･　1
3.　技術基準規則第５条の要求事項の変更に伴う評価対象設備の耐震計算　･･････････････　26
3.1　耐震計算の概要　･･･　26

1. 概要

本説明書は，計測制御系統施設の耐震計算の手法及び条件の整理について説明するものである。

2. 耐震評価条件整理

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

計測制御系統施設の耐震計算は表1に示す計算書に記載することとする。

表１　耐震評価条件整理一覧表（1/24）

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度分類	新規制基準施行前に認可された実績との差異	耐震計算の記載箇所	設備分類*1	設計基準対象施設との評価条件の差異	耐震計算の記載箇所
計測制御系統施設	制御材	—	ボロンカーバイド型制御棒	S	無	Ⅴ-2-6-2-1	常設耐震／防止	無	Ⅴ-2-6-2-1
	制御材駆動装置	—	制御棒駆動機構	S	—*2	Ⅴ-2-6-3-1	常設耐震／防止	無	Ⅴ-2-6-3-1
		制御棒駆動系	水圧制御ユニット	S	無	Ⅴ-2-6-3-2-1-1	常設耐震／防止	有	Ⅴ-2-6-3-2-1-1
			主要弁	S	—*2	Ⅴ-2-6-3-2-1-2	常設耐震／防止	無	Ⅴ-2-6-3-2-1-2
			主配管	S	有	Ⅴ-2-6-3-2-1-2	常設耐震／防止	無	Ⅴ-2-6-3-2-1-2
			原子炉格納容器配管貫通部（原子炉格納施設に記載）	—	—*2	—	常設耐震／防止	—	Ⅴ-2-9-2-12

表１　耐震評価条件整理一覧表（2/24）

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度分類	新規制基準施行前に認可された実績との差異	耐震計算の記載箇所	設備分類*1	設計基準対象施設との評価条件の差異	耐震計算の記載箇所
計測制御系統施設	ほう酸水注入設備	ほう酸水注入系	ほう酸水注入系ポンプ	S	無	Ⅴ-2-6-4-1-1	常設耐震／防止	有	Ⅴ-2-6-4-1-1
			ほう酸水注入系貯蔵タンク	S	無	Ⅴ-2-6-4-1-2	常設耐震／防止	有	Ⅴ-2-6-4-1-2
			主要弁	S	無	Ⅴ-2-6-4-1-3	—	—	—
			主配管	S	有	Ⅴ-2-6-4-1-3	常設耐震／防止	無	Ⅴ-2-6-4-1-3
			炉心支持構造物（炉心支持構造物に記載）	—	—*2	—	常設耐震／防止	無	Ⅴ-2-3-2-3
			原子炉圧力容器（原子炉圧力容器に記載）	—	—*2	—	常設耐震／防止	無	Ⅴ-2-3-3-1-3

表１　耐震評価条件整理一覧表（3/24）

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度分類	新規制基準施行前に認可された実績との差異	耐震計算の記載箇所	設備分類*1	設計基準対象施設との評価条件の差異	耐震計算の記載箇所
計測制御系統施設	ほう酸水注入設備	ほう酸水注入系	高圧炉心注水スパージャ（原子炉圧力容器内部構造物に記載）	—	—*2	—	常設耐震／防止	有	Ⅴ-2-3-3-3-3
			高圧炉心注水系配管（原子炉圧力容器内部）（原子炉圧力容器内部構造物に記載）	—	—*2	—	常設耐震／防止	有	Ⅴ-2-3-3-3-3
			原子炉格納容器配管貫通部（原子炉格納施設に記載）	S	無	Ⅴ-2-9-2-12	常設耐震／防止	有	Ⅴ-2-9-2-12
	制御用空気設備	高圧窒素ガス供給系	主配管	S	—*2	Ⅴ-2-6-6-1-1	—	—	—

表１　耐震評価条件整理一覧表（4/24）

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度分類	新規制基準施行前に認可された実績との差異	耐震計算の記載箇所	設備分類*1	設計基準対象施設との評価条件の差異	耐震計算の記載箇所
計測制御系統施設	制御用空気設備	逃がし安全弁の作動に必要な窒素ガス喪失時の減圧設備	主蒸気逃がし安全弁逃がし弁機能用アキュムレータ（原子炉冷却系統施設に記載）	—	—*2	—	常設耐震／防止	—	Ⅴ-2-5-2-1-1
			主蒸気逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータ（原子炉冷却系統施設に記載）	—	—*2	—	常設耐震／防止	—	Ⅴ-2-5-2-1-1
			主配管	—	—*2	—	常設耐震／防止	—	Ⅴ-2-6-6-2-1
			原子炉格納容器配管貫通部（原子炉格納施設に記載）	—	—*2	—	常設耐震／防止	—	Ⅴ-2-9-2-12

表１　耐震評価条件整理一覧表（5/24）

評価対象設備			設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
			耐震重要度分類	新規制基準施行前に認可された実績との差異	耐震計算の記載箇所	設備分類*1	設計基準対象施設との評価条件の差異	耐震計算の記載箇所
計測制御系統施設	計測装置	起動領域モニタ	S	無	Ⅴ-2-6-5-1	常設耐震／防止	有	Ⅴ-2-6-5-1
		出力領域モニタ	S	無	Ⅴ-2-6-5-2	常設耐震／防止	有	Ⅴ-2-6-5-2
		高圧炉心注水系ポンプ吐出圧力	C	—*2	—	常設／防止（DB 拡張）	—	Ⅴ-2-6-5-3
		残留熱除去系ポンプ吐出圧力	C	—*2	—	常設／防止（DB 拡張）	—	Ⅴ-2-6-5-4
		残留熱除去系熱交換器入口温度	C	—*2	—	常設／防止（DB 拡張）	—	Ⅴ-2-6-5-5
		残留熱除去系熱交換器出口温度	C	—*2	—	常設／防止（DB 拡張）	—	Ⅴ-2-6-5-6
		復水補給水系温度（代替循環冷却）	—	—*2	—	常設／緩和	—	Ⅴ-2-6-5-7
		残留熱除去系系統流量	S	—*2	Ⅴ-2-6-5-8	常設／防止（DB 拡張）	無	Ⅴ-2-6-5-8
		原子炉隔離時冷却系系統流量	S	—*2	Ⅴ-2-6-5-9	常設／防止（DB 拡張）	無	Ⅴ-2-6-5-9

表１　耐震評価条件整理一覧表（6/24）

評価対象設備			設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
			耐震重要度分類	新規制基準施行前に認可された実績との差異	耐震計算の記載箇所	設備分類*1	設計基準対象施設との評価条件の差異	耐震計算の記載箇所
計測制御系統施設	計測装置	高圧炉心注水系系統流量	S	—*2	Ⅴ-2-6-5-10	常設／防止（DB 拡張）	—	Ⅴ-2-6-5-10
		高圧代替注水系系統流量	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	Ⅴ-2-6-5-11
		復水補給水系流量（RHR A 系代替注水流量）	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	Ⅴ-2-6-5-12
		復水補給水系流量（RHR B 系代替注水流量）	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	Ⅴ-2-6-5-13
		原子炉圧力	S	—*2	Ⅴ-2-6-1	—	—	—
			S	—*2	Ⅴ-2-6-5-14	常設耐震／防止 常設／緩和	無	Ⅴ-2-6-5-14
		原子炉圧力（SA）	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	Ⅴ-2-6-5-15
		原子炉水位（狭帯域）	S	—*2	Ⅴ-2-6-1	—	—	—

表１　耐震評価条件整理一覧表（7/24）

評価対象設備			設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
			耐震重要度分類	新規制基準施行前に認可された実績との差異	耐震計算の記載箇所	設備分類*1	設計基準対象施設との評価条件の差異	耐震計算の記載箇所
計測制御系統施設	計測装置	原子炉水位（広帯域）	S	—*2	Ⅴ-2-6-1	—	—	—
				—*2	Ⅴ-2-6-5-16	常設耐震／防止常設／緩和	無	Ⅴ-2-6-5-16
		原子炉水位（燃料域）	S	—*2	Ⅴ-2-6-5-17	常設耐震／防止常設／緩和	無	Ⅴ-2-6-5-17
		原子炉水位（SA）	—	—*2	—	常設耐震／防止常設／緩和	—	Ⅴ-2-6-5-18
		格納容器内圧力	S	—*2	Ⅴ-2-6-1	—	—	—
		格納容器内圧力（D/W）	—	—*2	—	常設耐震／防止常設／緩和	—	Ⅴ-2-6-5-19
		格納容器内圧力（S/C）	—	—*2	—	常設耐震／防止常設／緩和	—	Ⅴ-2-6-5-20
		ドライウェル雰囲気温度	—	—*2	—	常設耐震／防止常設／緩和	—	Ⅴ-2-6-5-21
		サプレッションチェンバ気体温度	—	—*2	—	常設耐震／防止常設／緩和	—	Ⅴ-2-6-5-22

表１　耐震評価条件整理一覧表（8/24）

評価対象設備			設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
			耐震重要度分類	新規制基準施行前に認可された実績との差異	耐震計算の記載箇所	設備分類*1	設計基準対象施設との評価条件の差異	耐震計算の記載箇所
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	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	Ⅴ-2-6-5-23
		格納容器内酸素濃度	S	—*2	Ⅴ-2-6-5-24	常設／緩和	無	Ⅴ-2-6-5-24
		格納容器内水素濃度	S	—*2	Ⅴ-2-6-5-25	常設耐震／防止 常設／緩和	無	Ⅴ-2-6-5-25
		格納容器内水素濃度（SA）	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	Ⅴ-2-6-5-26
		復水貯蔵槽水位（SA）	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	Ⅴ-2-6-5-27
		原子炉系炉心流量	S	—*2	Ⅴ-2-6-1	—	—	—
		制御棒駆動機構充てん水圧力	S	—*2	Ⅴ-2-6-1	—	—	—
		復水補給水系流量 （格納容器下部注水流量）	—	—*2	—	常設／緩和	—	Ⅴ-2-6-5-28

表１　耐震評価条件整理一覧表（9/24）

評価対象設備			設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
			耐震重要度分類	新規制基準施行前に認可された実績との差異	耐震計算の記載箇所	設備分類*1	設計基準対象施設との評価条件の差異	耐震計算の記載箇所
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位	S	—*2	Ⅴ-2-6-1	—	—	—
			—	—*2	—	常設耐震／防止常設／緩和	—	Ⅴ-2-6-5-29
		格納容器下部水位	—	—*2	—	常設／緩和	—	Ⅴ-2-6-5-30
		原子炉建屋水素濃度	—	—*2	—	常設／緩和	—	Ⅴ-2-6-5-31
	原子炉非常停止信号	原子炉圧力高	S	—*2	Ⅴ-2-6-1 Ⅴ-2-6-5-14	—	—	—
		原子炉水位低	S	—*2	Ⅴ-2-6-1	—	—	—
		ドライウェル圧力高	S	—*2	Ⅴ-2-6-1	—	—	—
		中性子束高	S	—*2	Ⅴ-2-6-5-2	—	—	—
		原子炉周期（ペリオド）短	S	—*2	Ⅴ-2-6-5-1	—	—	—

表１　耐震評価条件整理一覧表（10/24）

評価対象設備			設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
			耐震重要度分類	新規制基準施行前に認可された実績との差異	耐震計算の記載箇所	設備分類*1	設計基準対象施設との評価条件の差異	耐震計算の記載箇所
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	—*2	Ⅴ-2-6-5-1 Ⅴ-2-6-5-2	—	—	—
		炉心流量急減	S	—*2	Ⅴ-2-6-1	—	—	—
		制御棒駆動機構充てん水圧力低	S	—*2	Ⅴ-2-6-1	—	—	—
		主蒸気管放射能高	S	—*2	Ⅴ-2-8-1	—	—	—
		主蒸気隔離弁閉	S	—*2	Ⅴ-2-5-2-12	—	—	—
		地震加速度大	S	—*2	Ⅴ-2-6-1	—	—	—

表１　耐震評価条件整理一覧表（11/24）

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度分類	新規制基準施行前に認可された実績との差異	耐震計算の記載箇所	設備分類*1	設計基準対象施設との評価条件の差異	耐震計算の記載箇所
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	—*2	Ⅴ-2-6-1 Ⅴ-2-6-5-16	—	—	—
			主蒸気管放射能高	S	—*2	Ⅴ-2-8-1	—	—	—
			主蒸気管トンネル温度高	S	—*2	Ⅴ-2-6-1	—	—	—
			主蒸気管流量大	S	—*2	Ⅴ-2-6-1	—	—	—
		その他の原子炉格納容器隔離弁（1）	ドライウェル圧力高	S	—*2	Ⅴ-2-6-1	—	—	—
			原子炉水位低（レベル3）	S	—*2	Ⅴ-2-6-1	—	—	—

表１　耐震評価条件整理一覧表（12/24）

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度分類	新規制基準施行前に認可された実績との差異	耐震計算の記載箇所	設備分類*1	設計基準対象施設との評価条件の差異	耐震計算の記載箇所
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（2）	原子炉水位低（レベル3）	S	—*2	Ⅴ-2-6-1	—	—	—
		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	—*2	Ⅴ-2-6-1 Ⅴ-2-6-5-16	—	—	—

表１　耐震評価条件整理一覧表（13/24）

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度分類	新規制基準施行前に認可された実績との差異	耐震計算の記載箇所	設備分類*1	設計基準対象施設との評価条件の差異	耐震計算の記載箇所
計測制御系統施設	工学的安全施設等の起動信号	非常用ガス処理系	燃料取替エリア排気放射能高	S	—*2	Ⅴ-2-8-1	—	—	—
			原子炉区域換気空調系排気放射能高	S	—*2	Ⅴ-2-8-1	—	—	—
			ドライウェル圧力高	S	—*2	Ⅴ-2-6-1	—	—	—
			原子炉水位低（レベル3）	S	—*2	Ⅴ-2-6-1	—	—	—
		原子炉隔離時冷却系	ドライウェル圧力高	S	—*2	Ⅴ-2-6-1	—	—	—
			原子炉水位低（レベル1.5）	S	—*2	Ⅴ-2-6-1 Ⅴ-2-6-5-16	—	—	—
		高圧炉心注水系	ドライウェル圧力高	S	—*2	Ⅴ-2-6-1	—	—	—
			原子炉水位低（レベル1.5）	S	—*2	Ⅴ-2-6-1 Ⅴ-2-6-5-16	—	—	—

表１　耐震評価条件整理一覧表（14/24）

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度分類	新規制基準施行前に認可された実績との差異	耐震計算の記載箇所	設備分類*1	設計基準対象施設との評価条件の差異	耐震計算の記載箇所
計測制御系統施設	工学的安全施設等の起動信号	残留熱除去系低圧炉心注水系	ドライウェル圧力高	S	—*2	Ⅴ-2-6-1	—	—	—
			原子炉水位低（レベル1）	S	—*2	Ⅴ-2-6-1 Ⅴ-2-6-5-16	—	—	—
		自動減圧系	ドライウェル圧力高	S	—*2	Ⅴ-2-6-1	—	—	—
			原子炉水位低（レベル1）	S	—*2	Ⅴ-2-6-1 Ⅴ-2-6-5-16	—	—	—
	その他の計測制御系統施設	ATWS緩和設備（代替制御棒挿入機能）	検出器	—	—*2	—	常設耐震／防止	—	Ⅴ-2-6-5-15 Ⅴ-2-6-7-1
			ATWS緩和設備制御盤	—	—*2	—	常設耐震／防止	—	Ⅴ-2-6-7-1
			代替制御棒挿入機能用電磁弁	—	—*2	—	常設耐震／防止	—	Ⅴ-2-6-7-1

表１　耐震評価条件整理一覧表（15/24）

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度分類	新規制基準施行前に認可された実績との差異	耐震計算の記載箇所	設備分類*1	設計基準対象施設との評価条件の差異	耐震計算の記載箇所
計測制御系統施設	その他の計測制御系統施設	ATWS緩和設備（代替冷却材再循環ポンプ・トリップ機能）	検出器	—	—*2	—	常設耐震／防止	—	Ⅴ-2-6-5-15 Ⅴ-2-6-7-1 Ⅴ-2-6-7-2
			原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置主回路	—	—*2	—	常設耐震／防止	—	Ⅴ-2-6-7-2
			原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置制御盤	—	—*2	—	常設耐震／防止	—	Ⅴ-2-6-7-2
		代替自動減圧ロジック（代替自動減圧機能）	検出器	—	—*2	—	常設耐震／防止	—	Ⅴ-2-6-5-16 Ⅴ-2-6-7-3
			安全系多重伝送盤	—	—*2	—	常設耐震／防止	—	Ⅴ-2-6-7-3
			安全系補助継電器盤	—	—*2	—	常設耐震／防止	—	Ⅴ-2-6-7-3

表１　耐震評価条件整理一覧表（16/24）

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度分類	新規制基準施行前に認可された実績との差異	耐震計算の記載箇所	設備分類*1	設計基準対象施設との評価条件の差異	耐震計算の記載箇所
計測制御系統施設	その他の計測制御系統施設	盤	ESF 盤	S	—*2	Ⅴ-2-6-7-4	常設耐震／防止 常設／緩和 常設／防止 (DB 拡張)	有	Ⅴ-2-6-7-4
			安全保護系盤	S	無	Ⅴ-2-6-7-4	常設耐震／防止 常設／緩和	有	Ⅴ-2-6-7-4
			中央制御室外原子炉停止制御盤	S	—*2	Ⅴ-2-6-7-4	—	—	—
			中央運転監視盤	S	—*2	Ⅴ-2-6-7-4	常設耐震／防止 常設／緩和 常設／防止 (DB 拡張)	有	Ⅴ-2-6-7-4
			運転監視補助盤	S	無	Ⅴ-2-6-7-4	常設耐震／防止 常設／緩和 常設／防止 (DB 拡張)	有	Ⅴ-2-6-7-4

表１　耐震評価条件整理一覧表（17/24）

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度分類	新規制基準施行前に認可された実績との差異	耐震計算の記載箇所	設備分類*1	設計基準対象施設との評価条件の差異	耐震計算の記載箇所
計測制御系統施設	その他の計測制御系統施設	盤	原子炉系記録計盤	C	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	Ⅴ-2-6-7-4
			格納容器補助盤	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	Ⅴ-2-6-7-4
			高圧代替注水系制御盤	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	Ⅴ-2-6-7-4
			使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA 広域）監視制御盤	C	—*2	—	常設／防止 常設／緩和	—	Ⅴ-2-6-7-4
			格納容器圧力逃がし装置制御盤	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	Ⅴ-2-6-7-4
			フィルタ装置出口放射線モニタ前置増幅器盤	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	Ⅴ-2-6-7-4
			起動領域モニタ前置増幅器盤	S	—*2	Ⅴ-2-6-7-4	常設耐震／防止	有	Ⅴ-2-6-7-4
			核計装系盤	S	—*2	Ⅴ-2-6-7-4	常設耐震／防止	有	Ⅴ-2-6-7-4
			安全系プロセス放射線モニタ盤	S	—*2	Ⅴ-2-6-7-4	—	—	—

表１　耐震評価条件整理一覧表（18/24）

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度分類	新規制基準施行前に認可された実績との差異	耐震計算の記載箇所	設備分類*1	設計基準対象施設との評価条件の差異	耐震計算の記載箇所
計測制御系統施設	その他の計測制御系統施設	盤	格納容器内雰囲気モニタ盤	S	—*2	Ⅴ-2-6-7-4	常設耐震／防止 常設／緩和	有	Ⅴ-2-6-7-4
			格納容器内水素モニタ盤	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	Ⅴ-2-6-7-4
			事故時放射線モニタ盤	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	Ⅴ-2-6-7-4
			使用済燃料貯蔵プール監視カメラ制御架	—	—*2	—	常設／防止 常設／緩和	—	Ⅴ-2-6-7-4
		安全パラメータ表示システム（SPDS）	データ伝送装置	C	—	—	常設／緩和	—	Ⅴ-2-6-7-5

表１　耐震評価条件整理一覧表（19/24）

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度分類	新規制基準施行前に認可された実績との差異	耐震計算の記載箇所	設備分類*1	設計基準対象施設との評価条件の差異	耐震計算の記載箇所
計測制御系統施設	その他の計測制御系統施設	安全パラメータ表示システム（SPDS）（6,7号機共用）	緊急時対策支援システム伝送装置	C	—*2	—	常設／緩和	—	Ⅴ-2-6-7-6
			SPDS 表示装置	C	—*2	—	常設／緩和	—	Ⅴ-2-6-7-6
			メッシュ型アンテナ	C	—*2	—	常設／緩和	—	Ⅴ-2-6-7-6
			通信収容架	C	—*2	—	常設／緩和	—	Ⅴ-2-6-7-6
		データ伝送設備		C	—*2	—	常設／その他	—	Ⅴ-2-6-7-7
		津波監視カメラ	津波監視カメラ	S	—*2	Ⅴ-2-10-2-4-4	—	—	—
			津波監視カメラ制御架	S	—*2	Ⅴ-2-10-2-4-4	—	—	—
		データ表示装置（中央制御室待避室）		—	—*2	—	常設／その他	—	Ⅴ-2-6-7-8

表１　耐震評価条件整理一覧表（20/24）

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度分類	新規制基準施行前に認可された実績との差異	耐震計算の記載箇所	設備分類*1	設計基準対象施設との評価条件の差異	耐震計算の記載箇所
計測制御系統施設	その他の計測制御系統施設	衛星電話設備（常設）	アンテナ	C	—*2	—	常設／防止 常設／緩和	—	Ⅴ-2-6-7-9
			通信収容架	C	—*2	—	常設／防止 常設／緩和	—	Ⅴ-2-6-7-9
		衛星電話設備（常設）（中央制御室待避室）	アンテナ	—	—*2	—	常設／防止 常設／緩和	—	Ⅴ-2-6-7-10
			通信収容架	—	—*2	—	常設／防止 常設／緩和	—	Ⅴ-2-6-7-10
		衛星電話設備（常設）（6，7号機共用）	アンテナ	C	—*2	—	常設／防止 常設／緩和	—	Ⅴ-2-6-7-11
			通信収容架	C	—*2	—	常設／防止 常設／緩和	—	Ⅴ-2-6-7-11

表１　耐震評価条件整理一覧表（21/24）

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度分類	新規制基準施行前に認可された実績との差異	耐震計算の記載箇所	設備分類*1	設計基準対象施設との評価条件の差異	耐震計算の記載箇所
計測制御系統施設	その他の計測制御系統施設	無線連絡設備（常設）	アンテナ	C	—*2	—	常設／防止 常設／緩和	—	Ⅴ-2-6-7-12
			通信収容架	C	—*2	—	常設／防止 常設／緩和	—	Ⅴ-2-6-7-12
		無線連絡設備（常設）（中央制御室待避室）	アンテナ	—	—*2	—	常設／防止 常設／緩和	—	Ⅴ-2-6-7-13
			通信収容架	—	—*2	—	常設／防止 常設／緩和	—	Ⅴ-2-6-7-13
		無線連絡設備（常設）（6，7号機共用）	アンテナ	C	—*2	—	常設／防止 常設／緩和	—	Ⅴ-2-6-7-14
			通信収容架	C	—*2	—	常設／防止 常設／緩和	—	Ⅴ-2-6-7-14

表１　耐震評価条件整理一覧表（22/24）

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度分類	新規制基準施行前に認可された実績との差異	耐震計算の記載箇所	設備分類*1	設計基準対象施設との評価条件の差異	耐震計算の記載箇所
計測制御系統施設	その他の計測制御系統施設	統合原子力防災ネットワークを用いた通信連絡設備（テレビ会議システム，IP-電話機及びIP-FAX）	衛星無線通信装置用アンテナ	C	—*2	—	常設／その他	—	Ⅴ-2-6-7-15
			テレビ会議システム用ディスプレイ	C	—*2	—	常設／その他	—	Ⅴ-2-6-7-15
			テレビ会議システム用カメラ	C	—*2	—	常設／その他	—	Ⅴ-2-6-7-15
			通信収容架	C	—*2	—	常設／その他	—	Ⅴ-2-6-7-15
			通信端末収容台	C	—*2	—	常設／その他	—	Ⅴ-2-6-7-15
		5 号機屋外緊急連絡用インターフォン		—	—*2	—	常設／防止 常設／緩和	—	Ⅴ-2-6-7-16

表１　耐震評価条件整理一覧表（23/24）

評価対象設備			設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
			耐震重要度分類	新規制基準施行前に認可された実績との差異	耐震計算の記載箇所	設備分類*1	設計基準対象施設との評価条件の差異	耐震計算の記載箇所
計測制御系統施設	その他の計測制御系統施設	原子炉圧力容器温度	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	Ⅴ-2-6-7-17
		フィルタ装置水位	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	Ⅴ-2-6-7-18
		フィルタ装置入口圧力	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	Ⅴ-2-6-7-19
		フィルタ装置水素濃度	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	Ⅴ-2-6-7-20
		フィルタ装置金属フィルタ差圧	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	Ⅴ-2-6-7-21
		フィルタ装置スクラバ水 pH	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	Ⅴ-2-6-7-22
		原子炉補機冷却水系系統流量	C	—*2	—	常設／防止 （DB 拡張）	—	Ⅴ-2-6-7-23
		残留熱除去系熱交換器入口冷却水流量	C	—*2	—	常設／防止 （DB 拡張）	—	Ⅴ-2-6-7-24

表１　耐震評価条件整理一覧表（24/24）

評価対象設備			設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
			耐震重要度分類	新規制基準施行前に認可された実績との差異	耐震計算の記載箇所	設備分類*1	設計基準対象施設との評価条件の差異	耐震計算の記載箇所
計測制御系統施設	その他の計測制御系統施設	復水移送ポンプ吐出圧力	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	Ⅴ-2-6-7-25
		静的触媒式水素再結合器動作監視装置	—	—*2	—	常設／緩和	—	Ⅴ-2-6-7-26
		格納容器内ガスサンプリングポンプ	S	—*2	Ⅴ-2-6-7-27	常設耐震／防止 常設／緩和	無	Ⅴ-2-6-7-27
		格納容器内ガス冷却器	S	—*2	Ⅴ-2-6-7-28	常設耐震／防止 常設／緩和	無	Ⅴ-2-6-7-28

注記＊1 ：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備，「常設／防止（DB 拡張）」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張），「常設／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備及び「常設／その他」は常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備以外の常設重大事故等対処設備を示す。

＊2 ：本工事計画で新規に申請する設備であることから，差異比較の対象外。

3.　技術基準規則第5条の要求事項の変更に伴う評価対象設備の耐震計算

3.1　耐震計算の概要

本章は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，計測制御系統施設のうち，技術基準規則第5条の要求事項の変更に伴う評価対象設備である以下の設備について設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。計算結果を次ページ以降に示す。

(1)　原子炉圧力の耐震性についての計算書
(2)　原子炉水位（狭帯域）の耐震性についての計算書
(3)　原子炉水位（広帯域）の耐震性についての計算書
(4)　格納容器内圧力の耐震性についての計算書
(5)　原子炉系炉心流量の耐震性についての計算書
(6)　制御棒駆動機構充てん水圧力の耐震性についての計算書
(7)　サプレッションチェンバプール水位の耐震性についての計算書
(8)　地震加速度の耐震性についての計算書
(9)　主蒸気管トンネル温度の耐震性についての計算書
(10)　主蒸気管流量の耐震性についての計算書

(1)　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　電気的機能維持評価方法 ····· 8
6.　評価結果 ····· 9
6.1　設計基準対象施設としての評価結果 ····· 9

1. 概要

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

原子炉圧力は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に分類される。以下，設計基準対象施設としての構造強度評価および電気的機能維持評価を示す。

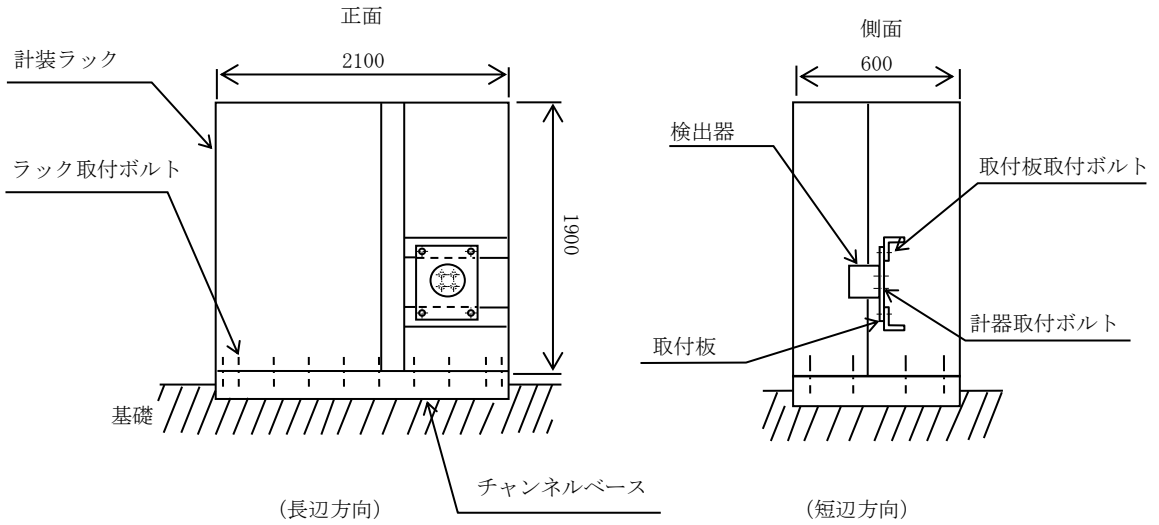
なお，原子炉圧力が設置される計装ラックは，Ｖ-2-1-14「計算書作成の方法」に記載の直立形であるため，Ｖ-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-7　計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

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	
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。	弾性圧力検出器	【原子炉圧力】  （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-P004)	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

原子炉圧力の構造強度評価は，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-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 に示す。

4.2.2　許容応力

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

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

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 4－3 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（B21-PT-007D）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 *	ⅢAS
					D＋P_D＋M_D＋S s	ⅣAS
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 *	ⅢAS
					D＋P_D＋M_D＋S s	ⅣAS

＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4－2　許容応力（その他の支持構造物）

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

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

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

表 4－3　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y(RT) (MPa)
ラック取付ボルト	SS41* (径≦16mm)	周囲環境温度	100	221	373	—

注記＊：SS400 相当

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

原子炉圧力の電気的機能維持評価は，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-7　計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

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

機能確認済加速度を表5－1に示す。

表5－1　機能確認済加速度　　(×9.8m/s^2)

評価部位	方向	機能確認済加速度
原子炉圧力 (B21-PT-007D)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

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気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【原子炉圧力（B21-PT-007D）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
原子炉圧力 (B21-PT-007D)	S	原子炉建屋 T.M.S.L. 4.800*	0.05 以下	0.05 以下	C_H＝0.65	C_V＝0.64	C_H＝1.27	C_V＝1.29	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-P004)

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)
ラック取付ボルト (ｉ＝2)	[redacted]	970	16 (M16)	201.1	18	221 (径≦16mm)	373 (径≦16mm)

部材	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	n_{fi}*	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
ラック取付ボルト (ｉ＝2)	260	290	7	221	261	短辺方向	長辺方向
	930	1110	2				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

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

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ラック取付ボルト (ｉ＝2)	SS41	引張り	$\sigma_{b2}=5$	$f_{ts2}=165^{*}$	$\sigma_{b2}=13$	$f_{ts2}=195^{*}$
		せん断	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2}=127$	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=150$

すべて許容応力以下である。

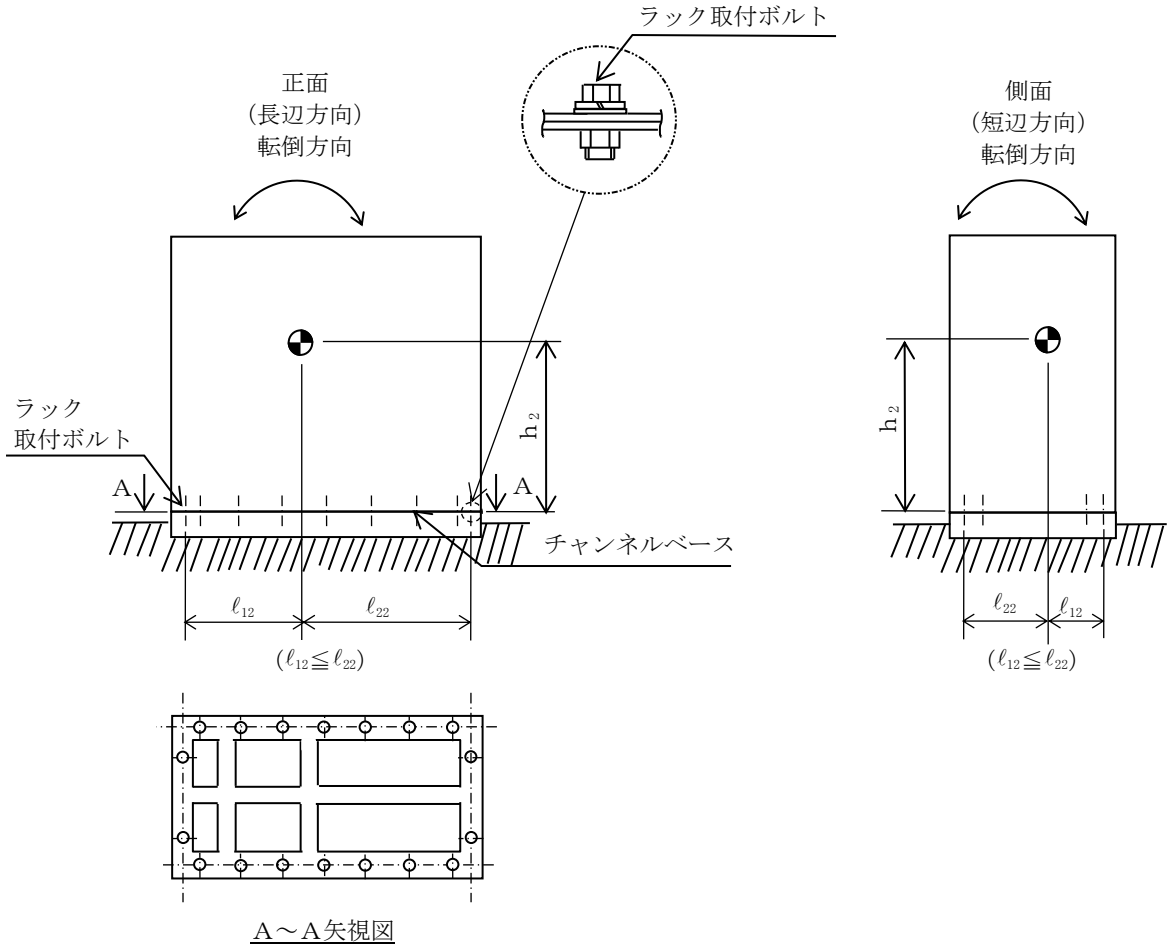
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉圧力 (B21-PT-007D)	水平方向	1.06	[redacted]
	鉛直方向	1.08	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


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

A～A矢視図

(2)　原子炉水位（狭帯域）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 ····· 8
5.1　電気的機能維持評価方法 ····· 8
6.　評価結果 ····· 9
6.1　設計基準対象施設としての評価結果 ····· 9

1. 概要

本計算書は，Ｖ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，原子炉水位（狭帯域）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。

原子炉水位（狭帯域）は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に分類される。以下，設計基準対象施設としての構造強度評価および電気的機能維持評価を示す。

なお，原子炉水位（狭帯域）が設置される計装ラックは，Ｖ-2-1-14「計算書作成の方法」に記載の直立形であるため，Ｖ-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-7　計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

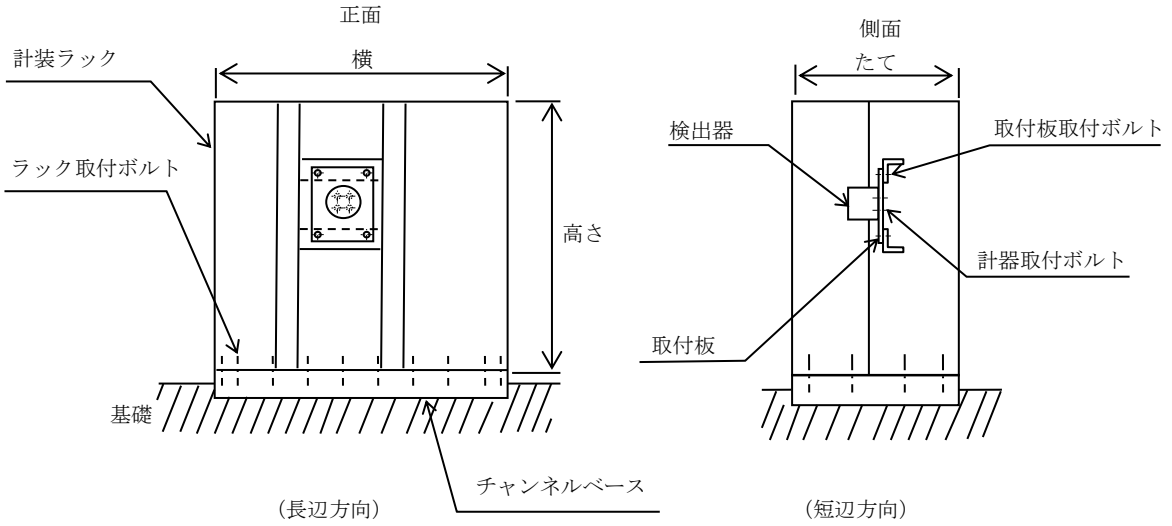
2. 一般事項

2.1 構造計画

原子炉水位（狭帯域）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	
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。	差圧式水位検出器	【原子炉水位（狭帯域）】



機器名称	原子炉水位（狭帯域）(H22-P001)	原子炉水位（狭帯域）(H22-P002)	原子炉水位（狭帯域）(H22-P003)	原子炉水位（狭帯域）(H22-P004)
たて	600	600	600	600
横	2300	2300	1700	2100
高さ	1900	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（狭帯域）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）

原子炉水位（狭帯域） (H22-P001)	水平	0.05以下
	鉛直	0.05以下
原子炉水位（狭帯域） (H22-P002)	水平	0.05以下
	鉛直	0.05以下
原子炉水位（狭帯域） (H22-P003)	水平	0.05以下
	鉛直	0.05以下
原子炉水位（狭帯域） (H22-P004)	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

原子炉水位（狭帯域）の構造強度評価は，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-7　計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2　荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉水位（狭帯域）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 に示す。

4.2.2　許容応力

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

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

原子炉水位（狭帯域）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 4－3 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（狭帯域）（B21-LT-001A）の耐震性についての計算結果】，【原子炉水位（狭帯域）（B21-LT-001B）の耐震性についての計算結果】【原子炉水位（狭帯域）（B21-LT-001C）の耐震性についての計算結果】，【原子炉水位（狭帯域）（B21-LT-001D）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	原子炉水位（狭帯域）		S	—*	D＋P_D＋M_D＋S d *	ⅢAS
						D＋P_D＋M_D＋S s	ⅣAS
計測制御系統施設	原子炉非常停止信号	原子炉水位低		S	—*	D＋P_D＋M_D＋S d *	ⅢAS
						D＋P_D＋M_D＋S s	ⅣAS
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(1)	原子炉水位低（レベル 3）	S	—*	D＋P_D＋M_D＋S d *	ⅢAS
						D＋P_D＋M_D＋S s	ⅣAS
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(2)	原子炉水位低（レベル 3）	S	—*	D＋P_D＋M_D＋S d *	ⅢAS
						D＋P_D＋M_D＋S s	ⅣAS
計測制御系統施設	工学的安全施設等の起動信号	非常用ガス処理系	原子炉水位低（レベル 3）	S	—*	D＋P_D＋M_D＋S d *	ⅢAS
						D＋P_D＋M_D＋S s	ⅣAS

注記＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4－2　許容応力（その他の支持構造物）

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

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

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

表 4－3　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y(RT) (MPa)
ラック取付ボルト (H22-P001,P002,P003)	SS400 (径≦16mm)	周囲環境温度	100	221	373	—
ラック取付ボルト (H22-P004)	SS41* (径≦16mm)	周囲環境温度	100	221	373	—

注記＊：SS400 相当

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

原子炉水位（狭帯域）の電気的機能維持評価は，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-7　計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

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

機能確認済加速度を表5－1に示す。

表5－1　機能確認済加速度　　(×9.8m/s^2)

評価部位	方向	機能確認済加速度
原子炉水位（狭帯域） (B21-LT-001A)	水平	
	鉛直	
原子炉水位（狭帯域） (B21-LT-001B)	水平	
	鉛直	
原子炉水位（狭帯域） (B21-LT-001C)	水平	
	鉛直	
原子炉水位（狭帯域） (B21-LT-001D)	水平	
	鉛直	

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

原子炉水位（狭帯域）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気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【原子炉水位（狭帯域）（B21-LT-001A）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉水位（狭帯域） (B21-LT-001A)	S	原子炉建屋 T.M.S.L. 4.800*	0.05 以下	0.05 以下	C_H＝0.65	C_V＝0.64	C_H＝1.27	C_V＝1.29	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（狭帯域）（H22-P001）

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)
ラック取付ボルト （ｉ＝2）	[redacted]	965	16 (M16)	201.1	20	221 (径≦16mm)	373 (径≦16mm)

部材	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	n_{fi}*	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
ラック取付ボルト （ｉ＝2）	255	295	8	221	261	短辺方向	長辺方向
	1035	1205	2				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

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

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ラック取付ボルト（ｉ＝2）	SS400	引張り	σ_{b2}＝5	f_{ts2}＝165*	σ_{b2}＝13	f_{ts2}＝195*
		せん断	τ_{b2}＝2	f_{sb2}＝127	τ_{b2}＝3	f_{sb2}＝150

すべて許容応力以下である。

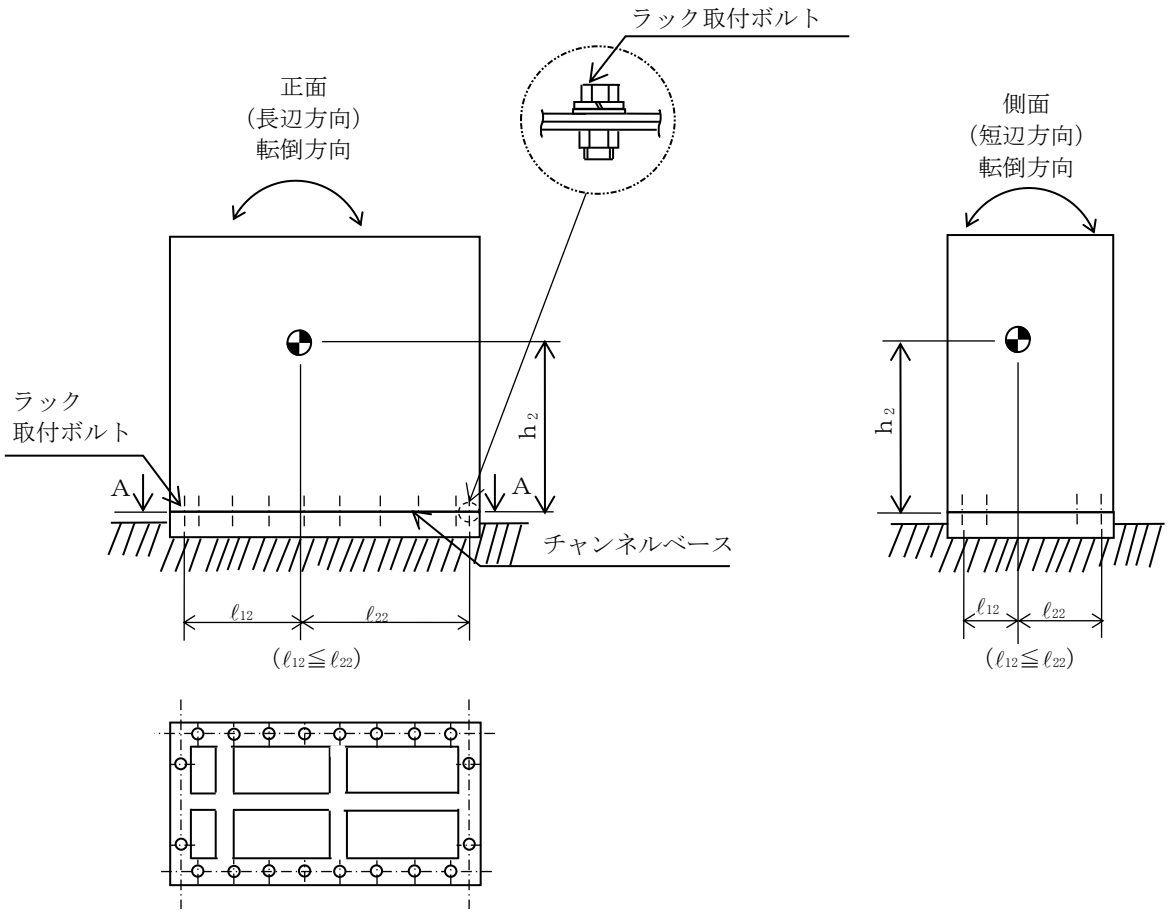
注記＊：f_{tsi}＝Min[1.4・f_{toi}－1.6・τ_{bi}，f_{toi}]

1.4.2 電気的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉水位（狭帯域）（B21-LT-001A）	水平方向	1.06	[redacted]
	鉛直方向	1.08	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


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

A～A矢視図

【原子炉水位（狭帯域）（B21-LT-001B）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉水位（狭帯域） (B21-LT-001B)	S	原子炉建屋 T.M.S.L. 4.800*	0.05 以下	0.05 以下	C_H＝0.65	C_V＝0.64	C_H＝1.27	C_V＝1.29	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（狭帯域）（H22-P002）

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)
ラック取付ボルト （ｉ＝2）	[redacted]	965	16 (M16)	201.1	20	221 (径≦16mm)	373 (径≦16mm)

部材	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	n_{fi}*	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
ラック取付ボルト （ｉ＝2）	255	295	8	221	261	短辺方向	長辺方向
	1035	1205	2				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

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

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ラック取付ボルト（ｉ＝2）	SS400	引張り	σ_{b2}＝5	f_{ts2}＝165*	σ_{b2}＝13	f_{ts2}＝195*
		せん断	τ_{b2}＝2	f_{sb2}＝127	τ_{b2}＝3	f_{sb2}＝150

すべて許容応力以下である。

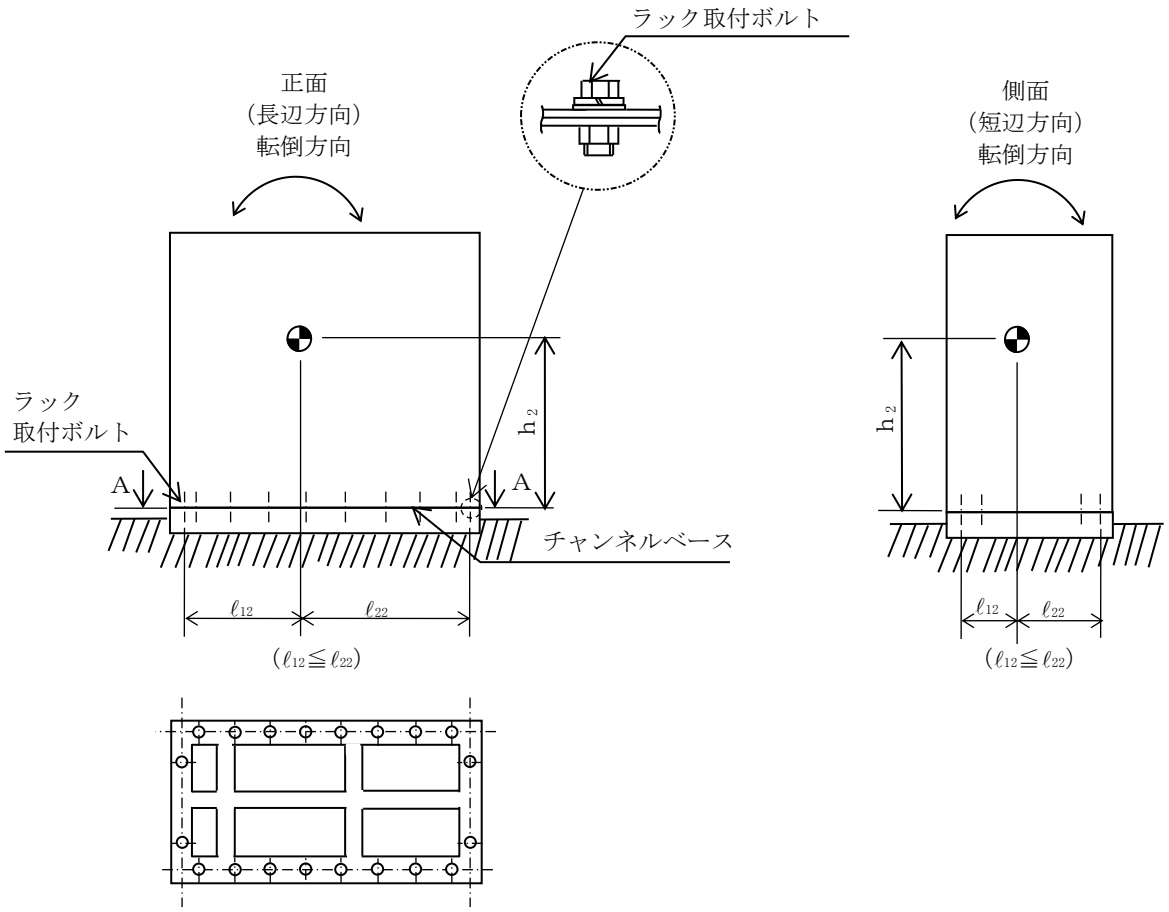
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉水位（狭帯域）（B21-LT-001B）	水平方向	1.06	
	鉛直方向	1.08	

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


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

A～A矢視図

【原子炉水位（狭帯域）（B21-LT-001C）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉水位（狭帯域） (B21-LT-001C)	S	原子炉建屋 T.M.S.L. 4.800*	0.05 以下	0.05 以下	C_H＝0.65	C_V＝0.64	C_H＝1.27	C_V＝1.29	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（狭帯域）（H22-P003）

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)
ラック取付ボルト （ｉ＝2）	[redacted]	960	16 (M16)	201.1	16	221 (径≦16mm)	373 (径≦16mm)

部材	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	n_{fi}*	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
ラック取付ボルト （ｉ＝2）	255	295	6	221	261	短辺方向	長辺方向
	760	880	2				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

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

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ラック取付ボルト（ｉ＝2）	SS400	引張り	$\sigma_{b2}=5$	$f_{ts2}=165$*	$\sigma_{b2}=13$	$f_{ts2}=195$*
		せん断	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2}=127$	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=150$

すべて許容応力以下である。

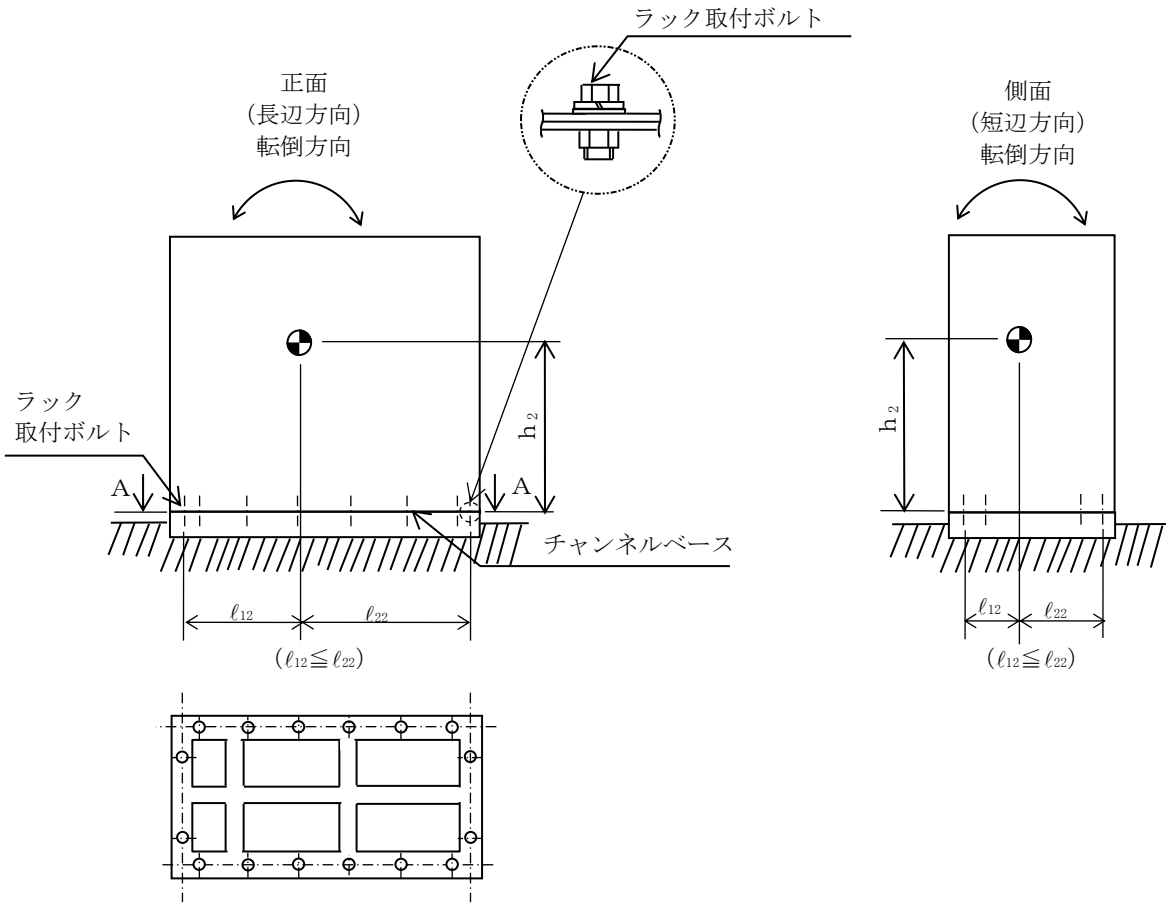
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉水位（狭帯域）（B21-LT-001C）	水平方向	1.06	[redacted]
	鉛直方向	1.08	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


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

A～A矢視図

【原子炉水位（狭帯域）（B21-LT-001D）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉水位（狭帯域） (B21-LT-001D)	S	原子炉建屋 T.M.S.L. 4.800*	0.05 以下	0.05 以下	C_H＝0.65	C_V＝0.64	C_H＝1.27	C_V＝1.29	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（狭帯域）（H22-P004）

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)
ラック取付ボルト （ｉ＝2）	[redacted]	970	16 (M16)	201.1	18	221 (径≦16mm)	373 (径≦16mm)

部材	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	n_{fi}*	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
ラック取付ボルト （ｉ＝2）	260	290	7	221	261	短辺方向	長辺方向
	930	1110	2				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

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

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ラック取付ボルト（ｉ＝2）	SS41	引張り	$\sigma_{b2}=5$	$f_{ts2}=165$*	$\sigma_{b2}=13$	$f_{ts2}=195$*
		せん断	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2}=127$	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=150$

すべて許容応力以下である。

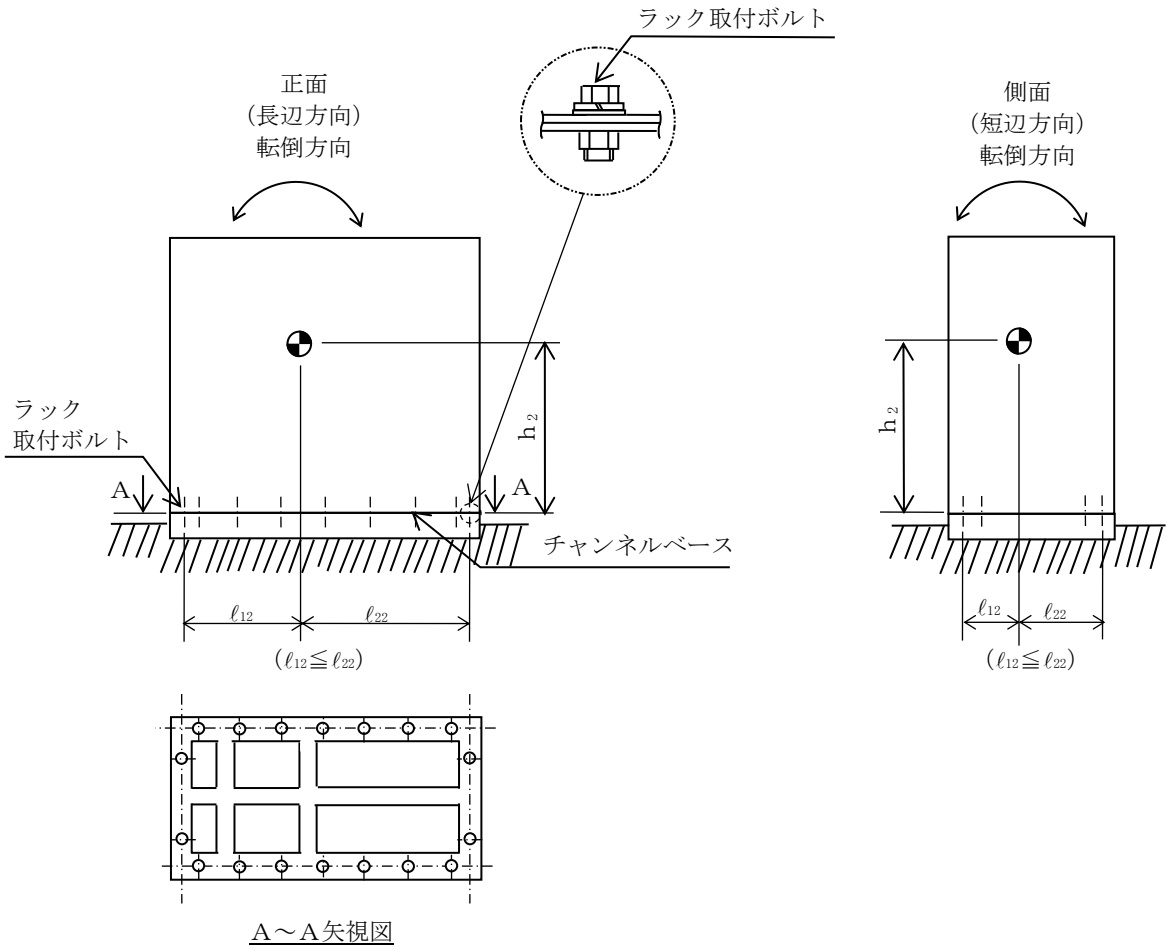
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉水位（狭帯域）(B21-LT-001D)	水平方向	1.06	
	鉛直方向	1.08	

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


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

A～A矢視図

(3)　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 ····· 9
5.1　電気的機能維持評価方法 ····· 9
6.　評価結果 ····· 10
6.1　設計基準対象施設としての評価結果 ····· 10

1. 概要

本計算書は，Ｖ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，原子炉水位（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クラス施設に分類される。以下，設計基準対象施設としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

なお，原子炉水位（広帯域）が設置される計装ラックは，Ｖ-2-1-14「計算書作成の方法」に記載の直立形であるため，Ｖ-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-7　計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

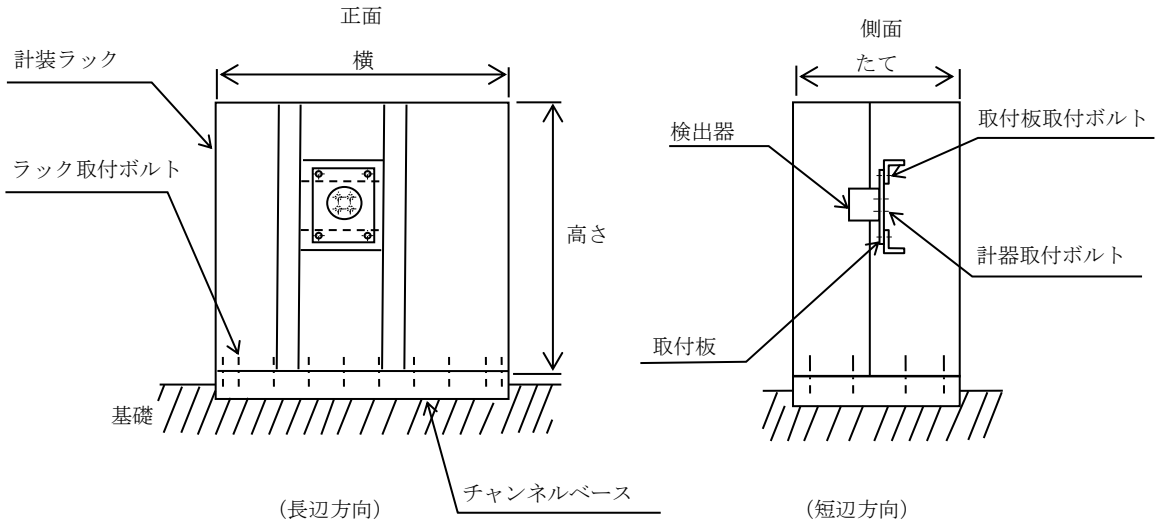
2. 一般事項

2.1 構造計画

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	
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。	差圧式水位検出器	【原子炉水位（広帯域）】



機器名称	原子炉水位（広帯域）（H22-P001）	原子炉水位（広帯域）（H22-P002）	原子炉水位（広帯域）（H22-P003）	原子炉水位（広帯域）（H22-P004）
たて	600	600	600	600
横	2300	2300	1700	2100
高さ	1900	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	0.05以下
	鉛直	0.05以下
原子炉水位（広帯域） (H22-P002)	水平	0.05以下
	鉛直	0.05以下
原子炉水位（広帯域） (H22-P003)	水平	0.05以下
	鉛直	0.05以下
原子炉水位（広帯域） (H22-P004)	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

原子炉水位（広帯域）の構造強度評価は，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-7　計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2　荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

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に示す。

4.2.2　許容応力

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

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

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4－3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（広帯域）（B21-LT-003B）の耐震性についての計算結果】，【原子炉水位（広帯域）（B21-LT-003D）の耐震性についての計算結果】，【原子炉水位（広帯域）（B21-LT-003E）の耐震性についての計算結果】，【原子炉水位（広帯域）（B21-LT-003G）の耐震性についての計算結果】，【原子炉水位（広帯域）（B21-LT-003H）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	原子炉水位（広帯域）		S	—*	D＋P_D＋M_D＋S d *	ⅢAS
						D＋P_D＋M_D＋S s	ⅣAS
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 *	ⅢAS
						D＋P_D＋M_D＋S s	ⅣAS
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 *	ⅢAS
						D＋P_D＋M_D＋S s	ⅣAS
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 *	ⅢAS
						D＋P_D＋M_D＋S s	ⅣAS
計測制御系統施設	工学的安全施設等の起動信号	高圧炉心注水系	原子炉水位低（レベル 1.5）	S	—*	D＋P_D＋M_D＋S d *	ⅢAS
						D＋P_D＋M_D＋S s	ⅣAS

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）（続き）

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 *	ⅢAS
						D＋P_D＋M_D＋S s	ⅣAS
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 *	ⅢAS
						D＋P_D＋M_D＋S s	ⅣAS

注記＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4－2　許容応力（その他の支持構造物）

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

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

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

表 4－3　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
ラック取付ボルト (H22-P001，P002，P003)	SS400 (径≦16mm)	周囲環境温度	100	221	373	—
ラック取付ボルト (H22-P004)	SS41* (径≦16mm)	周囲環境温度	100	221	373	—

注記＊：SS400 相当

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

原子炉水位（広帯域）の電気的機能維持評価は，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-7　計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

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

機能確認済加速度を表5－1に示す。

表5－1　機能確認済加速度　　（×9.8m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
原子炉水位（広帯域） (B21-LT-003B)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]
原子炉水位（広帯域） (B21-LT-003D)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]
原子炉水位（広帯域） (B21-LT-003E)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]
原子炉水位（広帯域） (B21-LT-003G)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]
原子炉水位（広帯域） (B21-LT-003H)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

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気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【原子炉水位（広帯域）（B21-LT-003B）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉水位（広帯域） (B21-LT-003B)	S	原子炉建屋 T.M.S.L. 4.800*	0.05 以下	0.05 以下	C_H＝0.65	C_V＝0.64	C_H＝1.27	C_V＝1.29	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_{bi} (mm^2)	n_i	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)
ラック取付ボルト （ｉ＝2）	[redacted]	965	16 (M16)	201.1	20	221 (径≦16mm)	373 (径≦16mm)

部材	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	n_{fi}*	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
ラック取付ボルト （ｉ＝2）	255	295	8	221	261	短辺方向	長辺方向
	1035	1205	2				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

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

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ラック取付ボルト（ｉ＝2）	SS400	引張り	$\sigma_{b2}=5$	$f_{ts2}=165$*	$\sigma_{b2}=13$	$f_{ts2}=195$*
		せん断	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2}=127$	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=150$

すべて許容応力以下である。

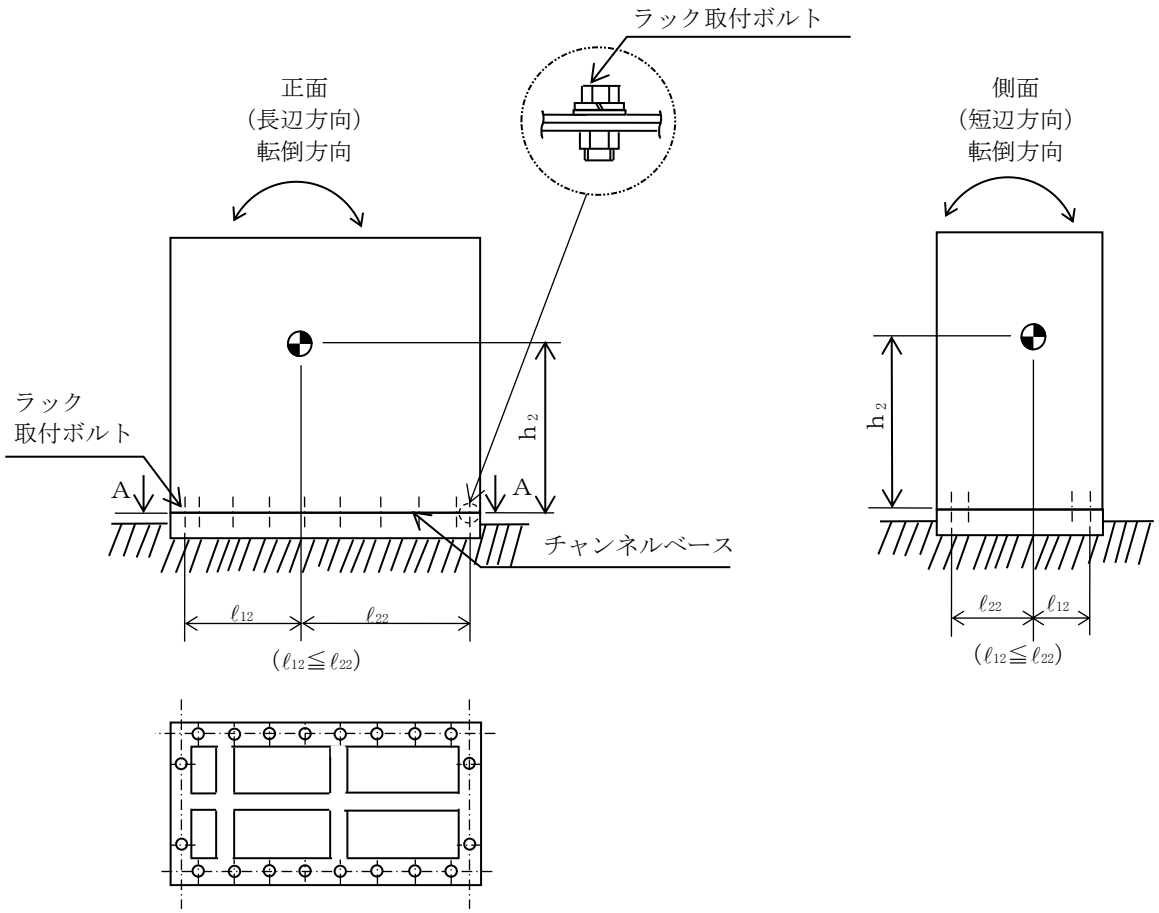
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

1.4.2 電気的機能の評価結果 (×9.8m/s^2)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉水位（広帯域）(B21-LT-003B)	水平方向	1.06	[redacted]
	鉛直方向	1.08	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


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

A～A矢視図

【原子炉水位（広帯域）（B21-LT-003D）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉水位（広帯域） (B21-LT-003D)	S	原子炉建屋 T.M.S.L. 4.800*	0.05 以下	0.05 以下	C_H＝0.65	C_V＝0.64	C_H＝1.27	C_V＝1.29	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-P004）

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)
ラック取付ボルト （ｉ＝2）	[redacted]	970	16 (M16)	201.1	18	221 (径≦16mm)	373 (径≦16mm)

部材	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	n_{fi}*	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
ラック取付ボルト （ｉ＝2）	260	290	7	221	261	短辺方向	長辺方向
	930	1110	2				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

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

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ラック取付ボルト（ｉ＝2）	SS41	引張り	$\sigma_{b2}=5$	$f_{ts2}=165$*	$\sigma_{b2}=13$	$f_{ts2}=195$*
		せん断	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2}=127$	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=150$

すべて許容応力以下である。

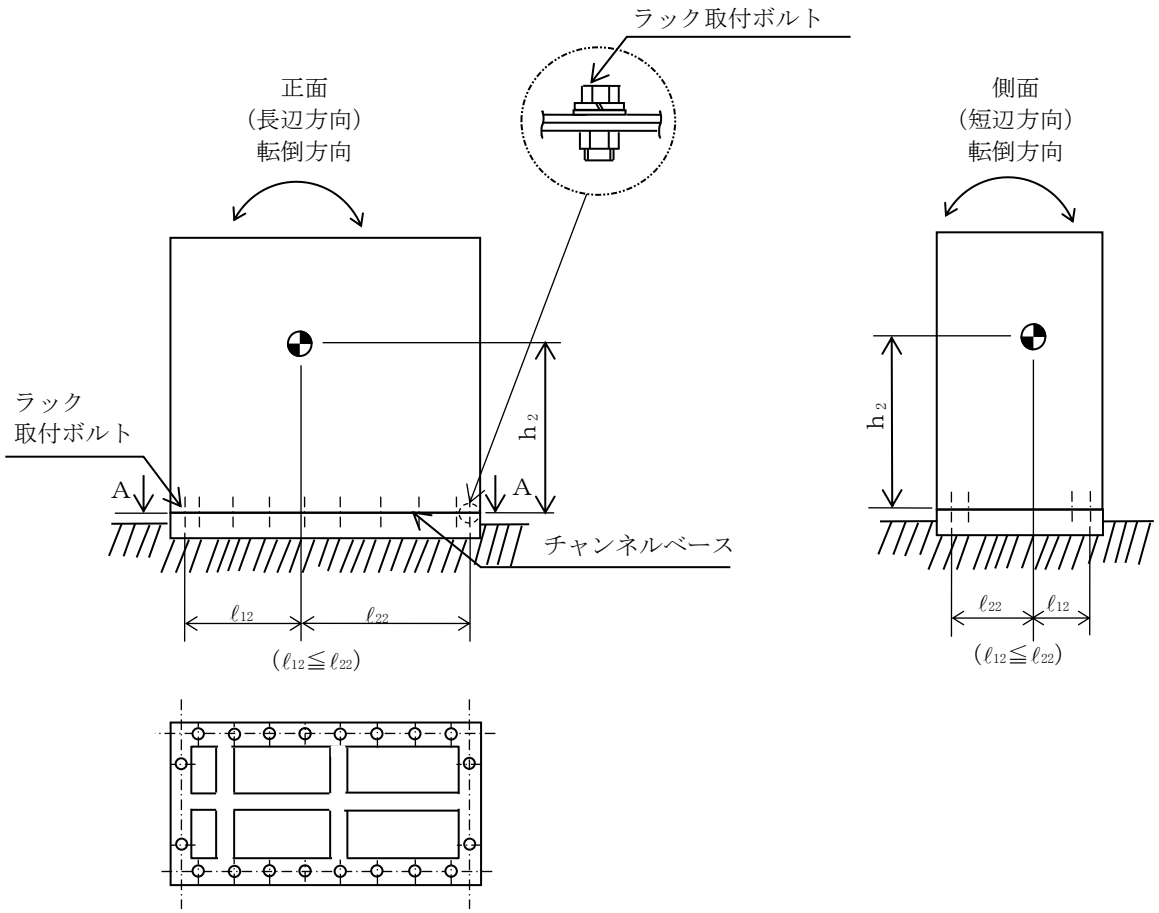
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

1.4.2 電気的機能の評価結果 (×9.8m/s^2)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉水位（広帯域）(B21-LT-003D)	水平方向	1.06	[redacted]
	鉛直方向	1.08	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


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

A～A矢視図

【原子炉水位（広帯域）（B21-LT-003E）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉水位（広帯域） (B21-LT-003E)	S	原子炉建屋 T.M.S.L. 4.800*	0.05以下	0.05以下	C_H＝0.65	C_V＝0.64	C_H＝1.27	C_V＝1.29	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_{bi} (mm^2)	n_i	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)
ラック取付ボルト （ｉ＝2）	[redacted]	965	16 (M16)	201.1	20	221 (径≦16mm)	373 (径≦16mm)

部材	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	n_{fi}*	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
ラック取付ボルト （ｉ＝2）	255	295	8	221	261	短辺方向	長辺方向
	1035	1205	2				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

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

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ラック取付ボルト（ｉ＝2）	SS400	引張り	$\sigma_{b2}=5$	$f_{ts2}=165$*	$\sigma_{b2}=13$	$f_{ts2}=195$*
		せん断	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2}=127$	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=150$

すべて許容応力以下である。

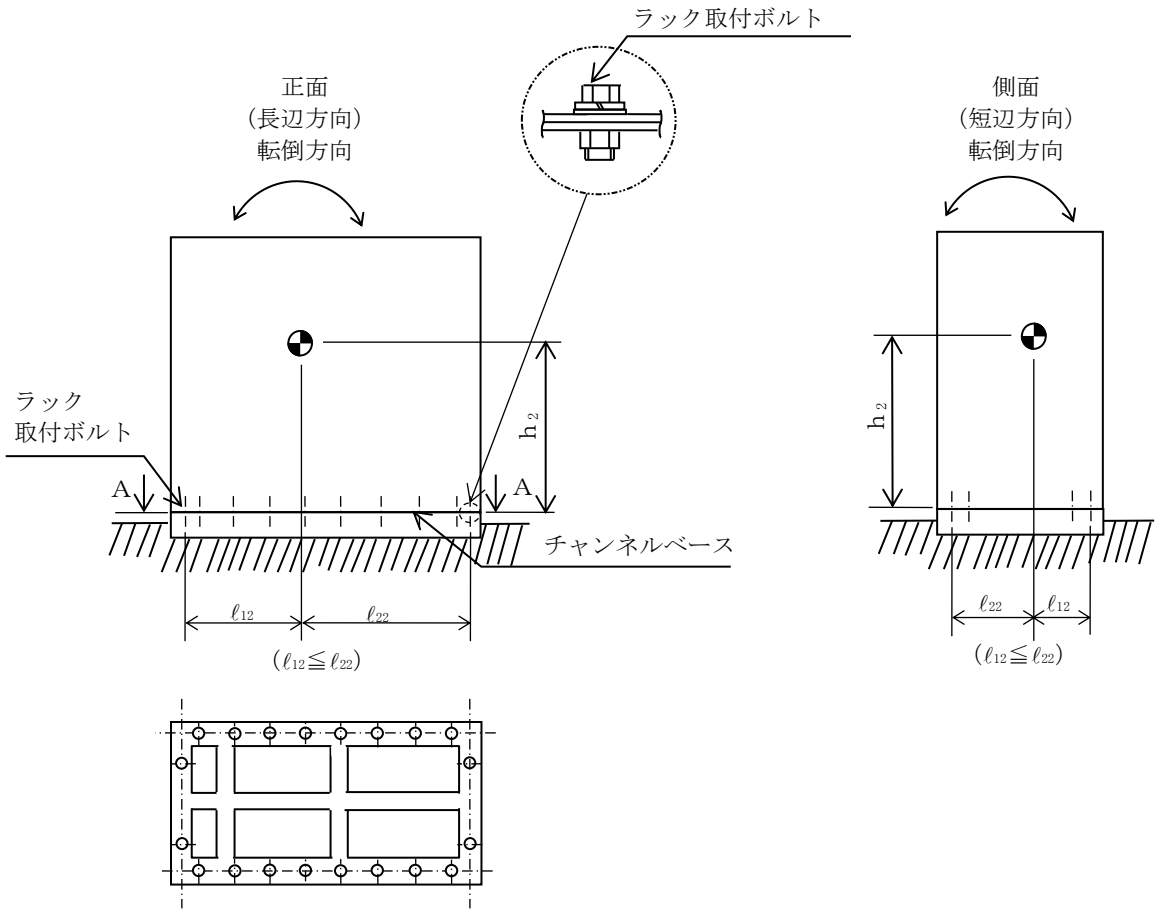
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

1.4.2 電気的機能の評価結果 (×9.8m/s^2)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉水位（広帯域）(B21-LT-003E)	水平方向	1.06	[redacted]
	鉛直方向	1.08	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


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

A～A矢視図

【原子炉水位（広帯域）（B21-LT-003G）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉水位（広帯域） (B21-LT-003G)	S	原子炉建屋 T.M.S.L. 4.800*	0.05以下	0.05以下	C_H＝0.65	C_V＝0.64	C_H＝1.27	C_V＝1.29	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_{bi} (mm^2)	n_i	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)
ラック取付ボルト （ｉ＝2）	[redacted]	960	16 (M16)	201.1	16	221 (径≦16mm)	373 (径≦16mm)

部材	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	n_{fi}*	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
ラック取付ボルト （ｉ＝2）	255	295	6	221	261	短辺方向	長辺方向
	760	880	2				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

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

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ラック取付ボルト（ｉ＝2）	SS400	引張り	$\sigma_{b2}=5$	$f_{ts2}=165$*	$\sigma_{b2}=13$	$f_{ts2}=195$*
		せん断	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2}=127$	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=150$

すべて許容応力以下である。

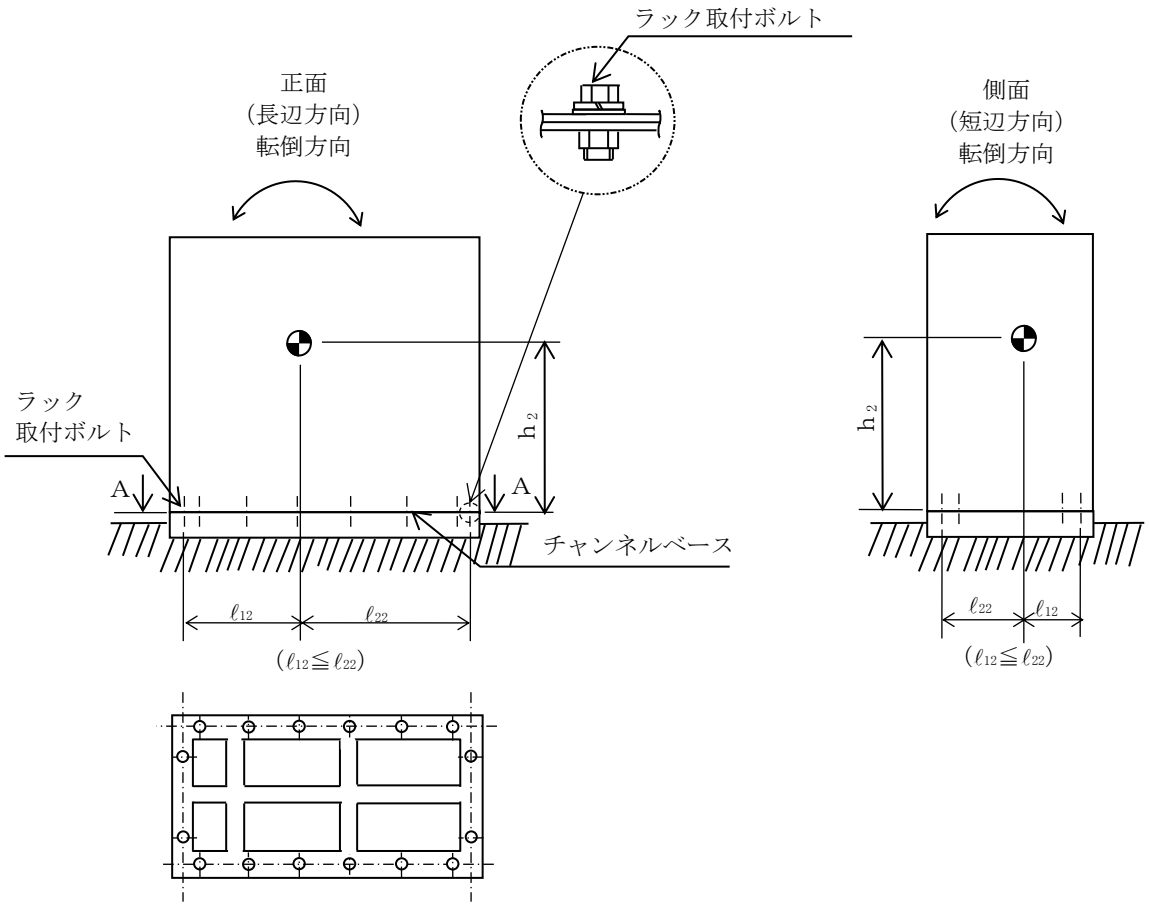
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉水位（広帯域）(B21-LT-003G)	水平方向	1.06	[redacted]
	鉛直方向	1.08	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


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

A～A矢視図

【原子炉水位（広帯域）（B21-LT-003H）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
原子炉水位（広帯域）(B21-LT-003H)	S	原子炉建屋 T.M.S.L. 4.800*	0.05 以下	0.05 以下	C_H=0.65	C_V=0.64	C_H=1.27	C_V=1.29	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-P004)

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)
ラック取付ボルト（ｉ＝2）	[redacted]	970	16 (M16)	201.1	18	221 (径≦16mm)	373 (径≦16mm)

部材	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	n_{fi}*	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
ラック取付ボルト（ｉ＝2）	260	290	7	221	261	短辺方向	長辺方向
	930	1110	2				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

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

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ラック取付ボルト（ｉ＝2）	SS41	引張り	$\sigma_{b2}=5$	$f_{ts2}=165$*	$\sigma_{b2}=13$	$f_{ts2}=195$*
		せん断	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2}=127$	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=150$

すべて許容応力以下である。

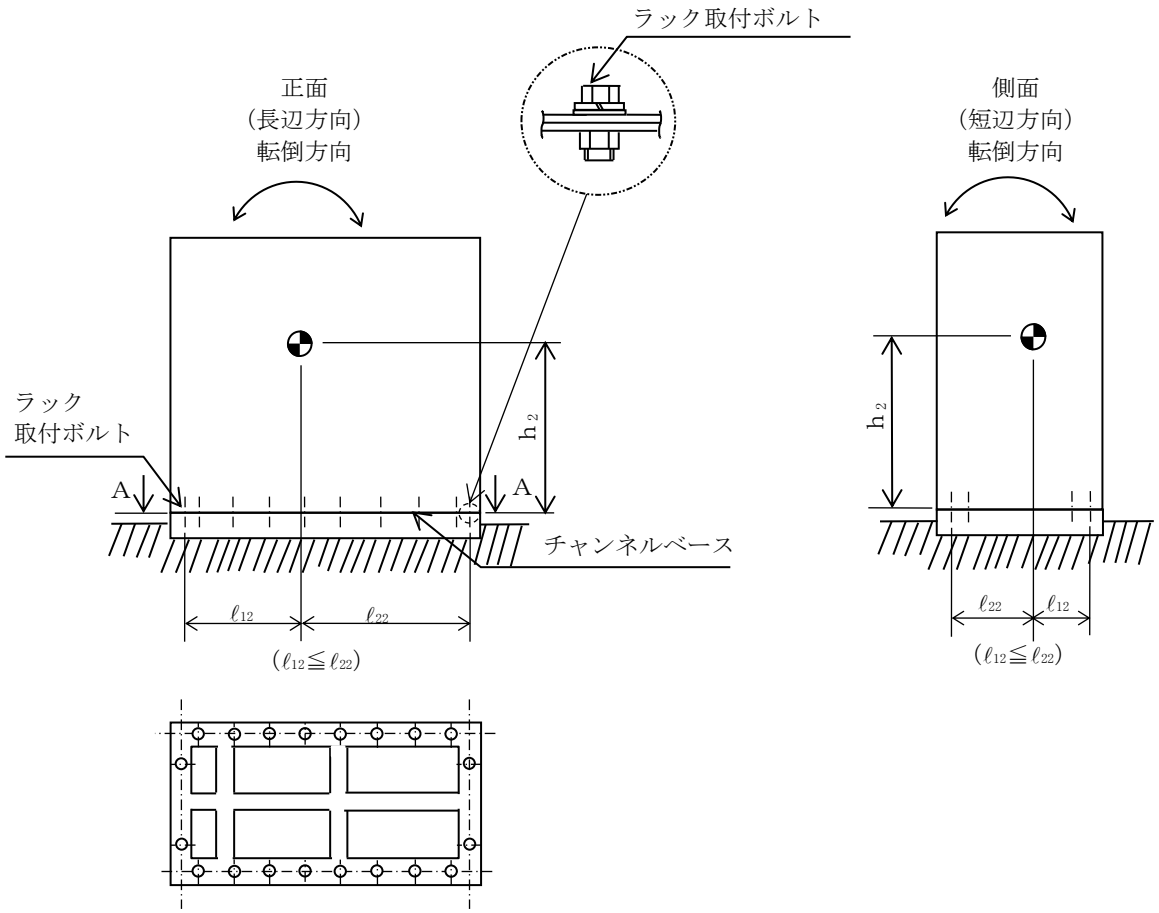
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

1.4.2 電気的機能の評価結果 (×9.8m/s^2)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉水位（広帯域）(B21-LT-003H)	水平方向	1.06	[redacted]
	鉛直方向	1.08	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


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

A～A矢視図

(4)　格納容器内圧力の耐震性についての計算書

目　　次

1.　格納容器内圧力(B21-PT-025A,C,D,E,F,G,H,T31-PT-026A,B) ····· 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 ····· 4
1.3.1　固有周期の確認 ····· 4
1.4　構造強度評価 ····· 5
1.4.1　構造強度評価方法 ····· 5
1.4.2　荷重の組合せ及び許容応力 ····· 5
1.4.3　計算条件 ····· 5
1.5　機能維持評価 ····· 10
1.5.1　電気的機能維持評価方法 ····· 10
1.6　評価結果 ····· 11
1.6.1　設計基準対象施設としての評価結果 ····· 11
2.　格納容器内圧力(B21-PT-025B) ····· 39
2.1　概要 ····· 39
2.2　一般事項 ····· 39
2.2.1　構造計画 ····· 39
2.2.2　評価方針 ····· 41
2.2.3　適用規格・基準等 ····· 42
2.2.4　記号の説明 ····· 43
2.2.5　計算精度と単位の丸め方 ····· 45
2.3　評価部位 ····· 46
2.4　固有周期 ····· 46
2.4.1　基本方針 ····· 46
2.4.2　固有周期の確認方法 ····· 46
2.4.3　固有周期の確認結果 ····· 46

2.5　構造強度評価 ····· 47
2.5.1　構造強度評価方法 ····· 47
2.5.2　荷重の組合せ及び許容応力 ····· 47
2.5.3　設計用地震力 ····· 52
2.5.4　計算方法 ····· 53
2.5.5　計算条件 ····· 57
2.5.6　応力の評価 ····· 58
2.6　機能維持評価 ····· 59
2.6.1　電気的機能維持評価方法 ····· 59
2.7　評価結果 ····· 60
2.7.1　設計基準対象施設としての評価結果 ····· 60

1.　格納容器内圧力(B21-PT-025A,C,D,E,F,G,H,T31-PT-026A,B)

1.1　概要

本計算書は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，格納容器内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。

格納容器内圧力は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に分類される。以下，設計基準対象施設としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

なお，格納容器内圧力は，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法」に記載の壁掛形スタンションであるため，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-8　計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

1.2　一般事項

1.2.1　構造計画

格納容器内圧力の構造計画を表1－1に示す。

表 1－1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
検出器は，計器取付ボルトにより計器取付板に固定され，取付板は，取付板取付ボルトにより計器スタンションに固定される。 計器スタンションは，基礎に基礎ボルトで設置する。	弾性圧力検出器	【格納容器内圧力】

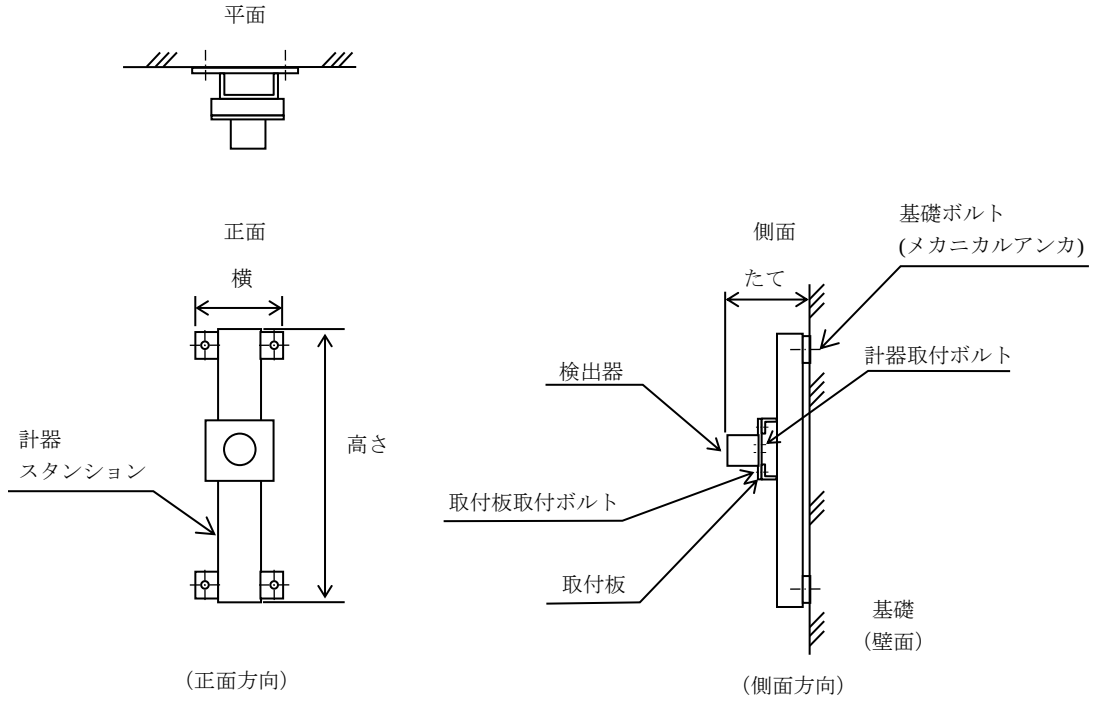


表 1－1　構造計画（続き）

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	

機器名称	格納容器内圧力 (B21-PT-025A)	格納容器内圧力 (B21-PT-025C)	格納容器内圧力 (B21-PT-025D)	格納容器内圧力 (B21-PT-025E)	格納容器内圧力 (B21-PT-025F)
たて	292	292	292	292	292
横	200	200	200	200	200
高さ	900	900	900	900	900

機器名称	格納容器内圧力 (B21-PT-025G)	格納容器内圧力 (B21-PT-025H)	格納容器内圧力 (T31-PT-026A)	格納容器内圧力 (T31-PT-026B)
たて	292	292	291	291
横	200	200	200	200
高さ	900	900	900	900

（単位：mm）

1.3　固有周期

1.3.1　固有周期の確認

格納容器内圧力の固有周期は，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 1－2 に示す。

表 1－2　固有周期　　（単位：s）

格納容器内圧力 (B21-PT-025A)	水平	0.05 以下
	鉛直	0.05 以下
格納容器内圧力 (B21-PT-025C)	水平	0.05 以下
	鉛直	0.05 以下
格納容器内圧力 (B21-PT-025D)	水平	0.05 以下
	鉛直	0.05 以下
格納容器内圧力 (B21-PT-025E)	水平	0.05 以下
	鉛直	0.05 以下
格納容器内圧力 (B21-PT-025F)	水平	0.05 以下
	鉛直	0.05 以下
格納容器内圧力 (B21-PT-025G)	水平	0.05 以下
	鉛直	0.05 以下
格納容器内圧力 (B21-PT-025H)	水平	0.05 以下
	鉛直	0.05 以下
格納容器内圧力 (T31-PT-026A)	水平	0.05 以下
	鉛直	0.05 以下
格納容器内圧力 (T31-PT-026B)	水平	0.05 以下
	鉛直	0.05 以下

1.4　構造強度評価

1.4.1　構造強度評価方法

格納容器内圧力の構造強度評価は，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-8　計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

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

格納容器内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1－3に示す。

1.4.2.2　許容応力

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

1.4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

格納容器内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1－5に示す。

1.4.3　計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【格納容器内圧力（B21-PT-025A）の耐震性についての計算結果】，【格納容器内圧力（B21-PT-025C）の耐震性についての計算結果】，【格納容器内圧力（B21-PT-025D）の耐震性についての計算結果】，【格納容器内圧力（B21-PT-025E）の耐震性についての計算結果】，【格納容器内圧力（B21-PT-025F）の耐震性についての計算結果】，【格納容器内圧力（B21-PT-025G）の耐震性についての計算結果】，【格納容器内圧力（B21-PT-025H）の耐震性についての計算結果】，【格納容器内圧力（T31-PT-026A）の耐震性についての計算結果】，【格納容器内圧力（T31-PT-026B）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	格納容器内圧力		S	—*	D＋P_D＋M_D＋S d*	ⅢAS
						D＋P_D＋M_D＋S s	ⅣAS
計測制御系統施設	原子炉非常停止信号	ドライウェル圧力高		S	—*	D＋P_D＋M_D＋S d*	ⅢAS
						D＋P_D＋M_D＋S s	ⅣAS
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(1)	ドライウェル圧力高	S	—*	D＋P_D＋M_D＋S d*	ⅢAS
						D＋P_D＋M_D＋S s	ⅣAS
計測制御系統施設	工学的安全施設等の起動信号	非常用ガス処理系	ドライウェル圧力高	S	—*	D＋P_D＋M_D＋S d*	ⅢAS
						D＋P_D＋M_D＋S s	ⅣAS
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	ドライウェル圧力高	S	—*	D＋P_D＋M_D＋S d*	ⅢAS
						D＋P_D＋M_D＋S s	ⅣAS
計測制御系統施設	工学的安全施設等の起動信号	高圧炉心注水系	ドライウェル圧力高	S	—*	D＋P_D＋M_D＋S d*	ⅢAS
						D＋P_D＋M_D＋S s	ⅣAS

注記＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 1－3　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）（続き）

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	ドライウェル圧力高	S	—*	$D+P_D+M_D+S_d^*$	$Ⅲ_AS$
						$D+P_D+M_D+S_s$	$Ⅳ_AS$
計測制御系統施設	工学的安全施設等の起動信号	自動減圧系	ドライウェル圧力高	S	—*	$D+P_D+M_D+S_d^*$	$Ⅲ_AS$
						$D+P_D+M_D+S_s$	$Ⅳ_AS$

注記＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表1－4　許容応力（その他の支持構造物）

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

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

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

表1－5　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
基礎ボルト	SS400 (40mm＜径)	周囲環境温度	100	194	373	―

1.5　機能維持評価

1.5.1　電気的機能維持評価方法

格納容器内圧力の電気的機能維持評価は，V-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-8 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

スタンションに設置される検出器の機能確認済加速度は，V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，同形式及び当該検出器と類似の検出器単体の正弦波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 1－6 に示す。

表 1－6　機能確認済加速度　　(×9.8m/s^2)

評価部位	方向	機能確認済加速度
格納容器内圧力 (B21-PT-025A)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]
格納容器内圧力 (B21-PT-025C)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]
格納容器内圧力 (B21-PT-025D)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]
格納容器内圧力 (B21-PT-025E)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]
格納容器内圧力 (B21-PT-025F)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]
格納容器内圧力 (B21-PT-025G)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]
格納容器内圧力 (B21-PT-025H)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]
格納容器内圧力 (T31-PT-026A)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]
格納容器内圧力 (T31-PT-026B)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]

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

格納容器内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気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【格納容器内圧力（B21-PT-025A）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
格納容器内圧力 (B21-PT-025A)	S	原子炉建屋 T.M.S.L.23.500 (T.M.S.L.31.700*)	0.05 以下	0.05 以下	C_H＝0.88	C_V＝0.72	C_H＝1.71	C_V＝1.41	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

部材	m (kg)	h_2 (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	n	S_y (MPa)	S_u (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	104	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Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	473	160	840	2	2	194	232	正面方向	正面方向
	473	160	840	2	2				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_b		Q_b	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	σ_b=1	f_{ts}=116*	σ_b=2	f_{ts}=139*
		せん断	τ_b=1	f_{sb}=89	τ_b=2	f_{sb}=107

すべて許容応力以下である。

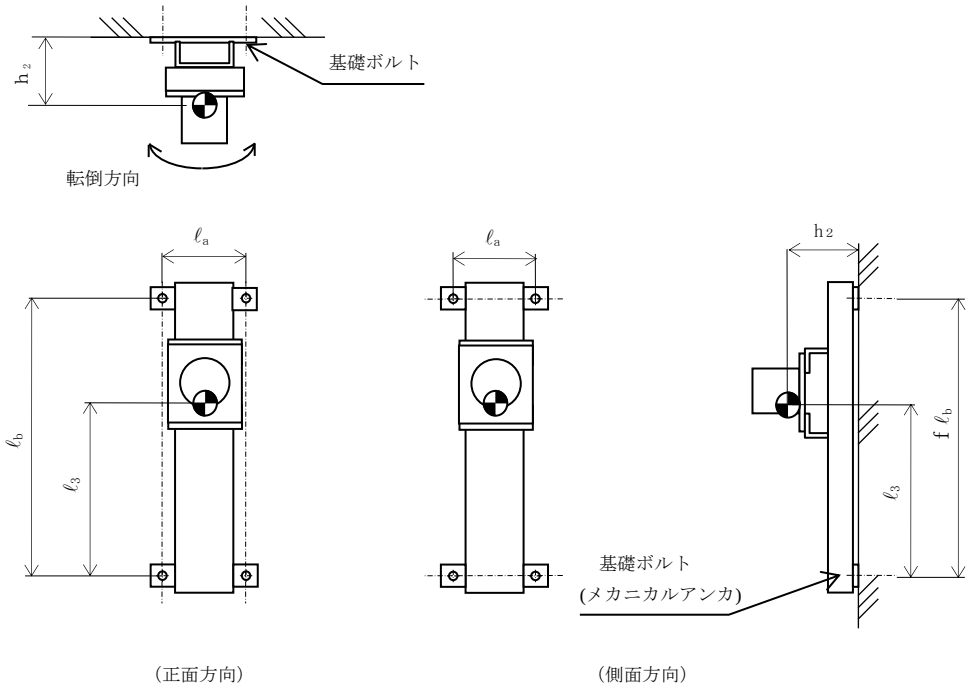
注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}]$

1.4.2 電気的機能の評価結果 ($\times 9.8 m/s^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
格納容器内圧力 (B21-PT-025A)	水平方向	1.42	[redacted]
	鉛直方向	1.17	[redacted]

注記*：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。



（正面方向）　（側面方向）

【格納容器内圧力（B21-PT-025C）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
格納容器内圧力 (B21-PT-025C)	S	原子炉建屋 T.M.S.L.23.500 (T.M.S.L.31.700*)	0.05 以下	0.05 以下	C_H＝0.88	C_V＝0.72	C_H＝1.71	C_V＝1.41	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

部材	m (kg)	h_2 (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	n	S_y (MPa)	S_u (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	104	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Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	473	160	840	2	2	194	232	正面方向	正面方向
	473	160	840	2	2				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_b		Q_b	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	σ_b=1	f_{ts}=116*	σ_b=2	f_{ts}=139*
		せん断	τ_b=1	f_{sb}=89	τ_b=2	f_{sb}=107

すべて許容応力以下である。

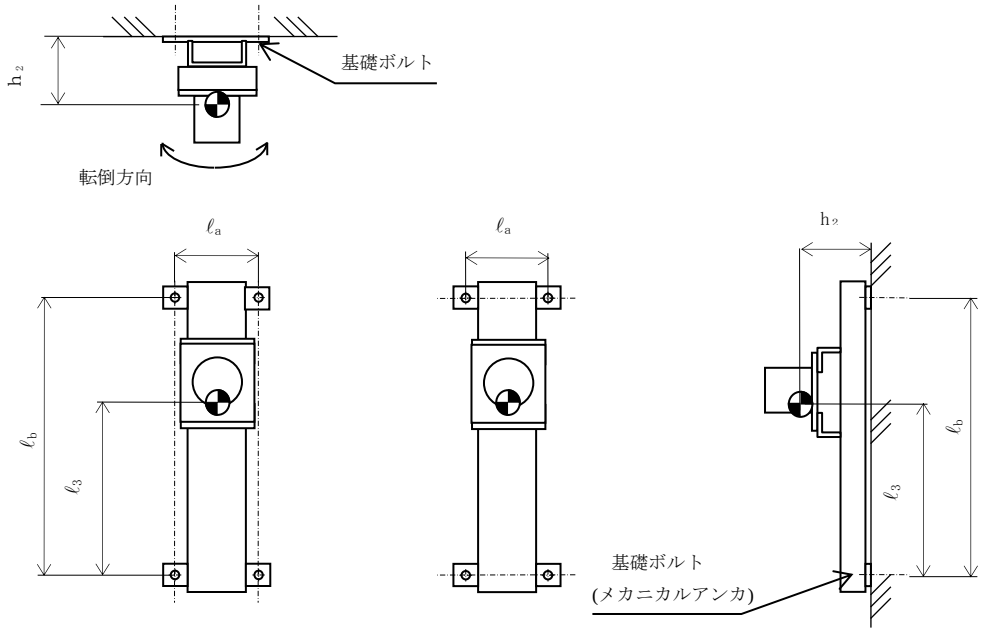
注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}]$

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
格納容器内圧力 (B21-PT-025C)	水平方向	1.42	[redacted]
	鉛直方向	1.17	[redacted]

注記*：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。



（正面方向）　（側面方向）

【格納容器内圧力（B21-PT-025D）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
格納容器内圧力 (B21-PT-025D)	S	原子炉建屋 T.M.S.L.23.500 (T.M.S.L.31.700*)	0.05 以下	0.05 以下	C_H＝0.88	C_V＝0.72	C_H＝1.71	C_V＝1.41	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

部材	m (kg)	h_2 (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	n	S_y (MPa)	S_u (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	104	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Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	473	160	840	2	2	194	232	正面方向	正面方向
	473	160	840	2	2				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_b		Q_b	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	σ_b=1	f_{ts}=116*	σ_b=2	f_{ts}=139*
		せん断	τ_b=1	f_{sb}=89	τ_b=2	f_{sb}=107

すべて許容応力以下である。

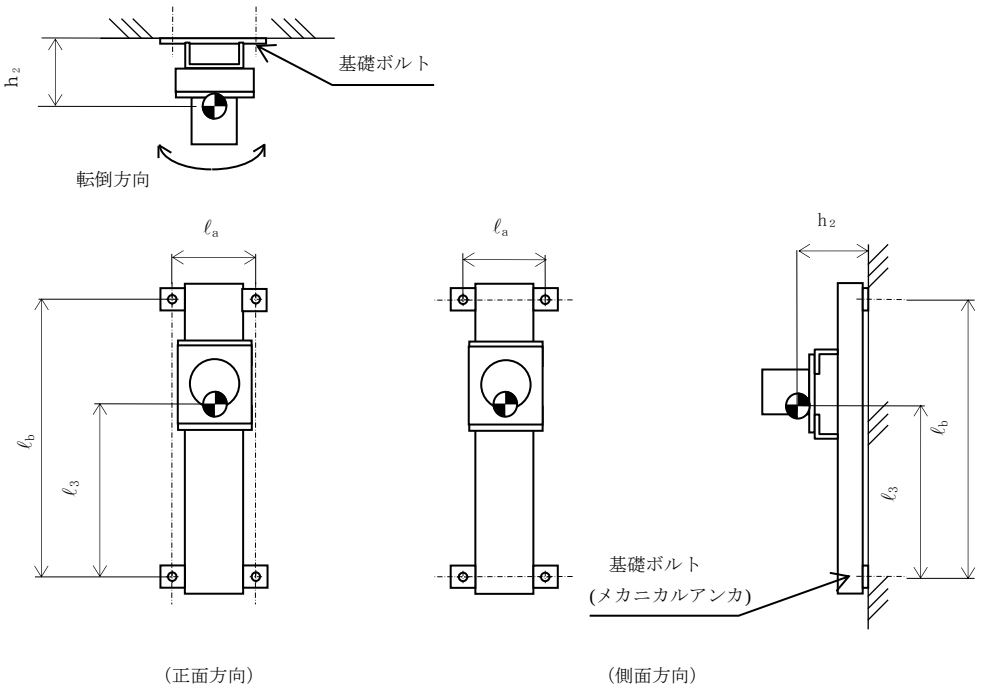
注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}]$

1.4.2 電気的機能の評価結果 ($\times 9.8 m/s^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
格納容器内圧力 (B21-PT-025D)	水平方向	1.42	[redacted]
	鉛直方向	1.17	[redacted]

注記*：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。



（正面方向）　（側面方向）

【格納容器内圧力（B21-PT-025E）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
格納容器内圧力 (B21-PT-025E)	S	原子炉建屋 T.M.S.L.23.500 (T.M.S.L.31.700*)	0.05以下	0.05以下	C_H＝0.88	C_V＝0.72	C_H＝1.71	C_V＝1.41	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

部材	m (kg)	h_2 (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	n	S_y (MPa)	S_u (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	104	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Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	473	160	840	2	2	194	232	正面方向	正面方向
	473	160	840	2	2				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_b		Q_b	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	σ_b=1	f_{ts}=116*	σ_b=2	f_{ts}=139*
		せん断	τ_b=1	f_{sb}=89	τ_b=2	f_{sb}=107

すべて許容応力以下である。

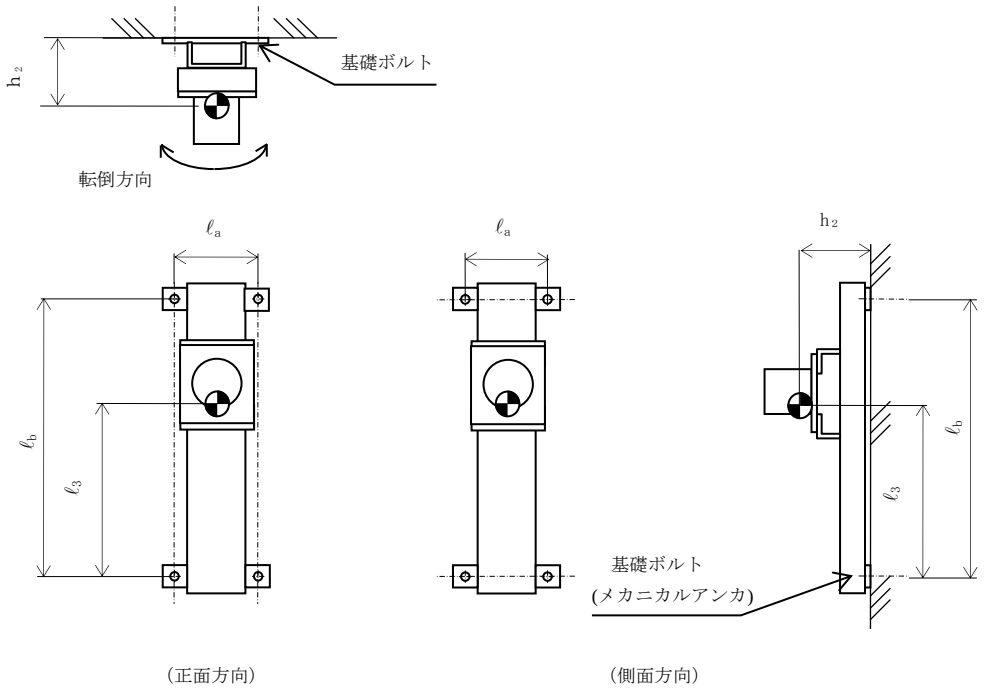
注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}]$

1.4.2 電気的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
格納容器内圧力 (B21-PT-025E)	水平方向	1.42	[redacted]
	鉛直方向	1.17	[redacted]

注記*：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。



（正面方向）　（側面方向）

【格納容器内圧力（B21-PT-025F）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
格納容器内圧力 (B21-PT-025F)	S	原子炉建屋 T.M.S.L.23.500 (T.M.S.L.31.700*)	0.05 以下	0.05 以下	C_H＝0.88	C_V＝0.72	C_H＝1.71	C_V＝1.41	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

部材	m (kg)	h_2 (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	n	S_y (MPa)	S_u (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	104	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Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	473	160	840	2	2	194	232	正面方向	正面方向
	473	160	840	2	2				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_b		Q_b	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	σ_b=1	f_{ts}=116*	σ_b=2	f_{ts}=139*
		せん断	τ_b=1	f_{sb}=89	τ_b=2	f_{sb}=107

すべて許容応力以下である。

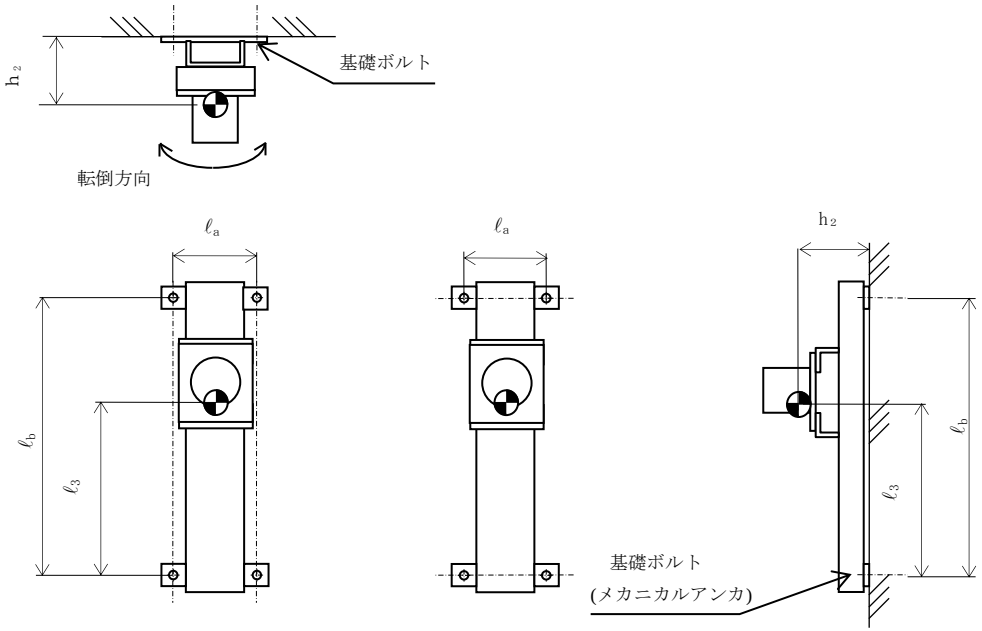
注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}]$

1.4.2 電気的機能の評価結果 (×9.8m/s^2)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
格納容器内圧力 (B21-PT-025F)	水平方向	1.42	[redacted]
	鉛直方向	1.17	[redacted]

注記*：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。



（正面方向）　（側面方向）

【格納容器内圧力（B21-PT-025G）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
格納容器内圧力 (B21-PT-025G)	S	原子炉建屋 T.M.S.L.23.500 (T.M.S.L.31.700*)	0.05以下	0.05以下	C_H＝0.88	C_V＝0.72	C_H＝1.71	C_V＝1.41	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

部材	m (kg)	h_2 (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	n	S_y (MPa)	S_u (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	104	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Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	473	160	840	2	2	194	232	正面方向	正面方向
	473	160	840	2	2				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_b		Q_b	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	σ_b=1	f_{ts}=116*	σ_b=2	f_{ts}=139*
		せん断	τ_b=1	f_{sb}=89	τ_b=2	f_{sb}=107

すべて許容応力以下である。

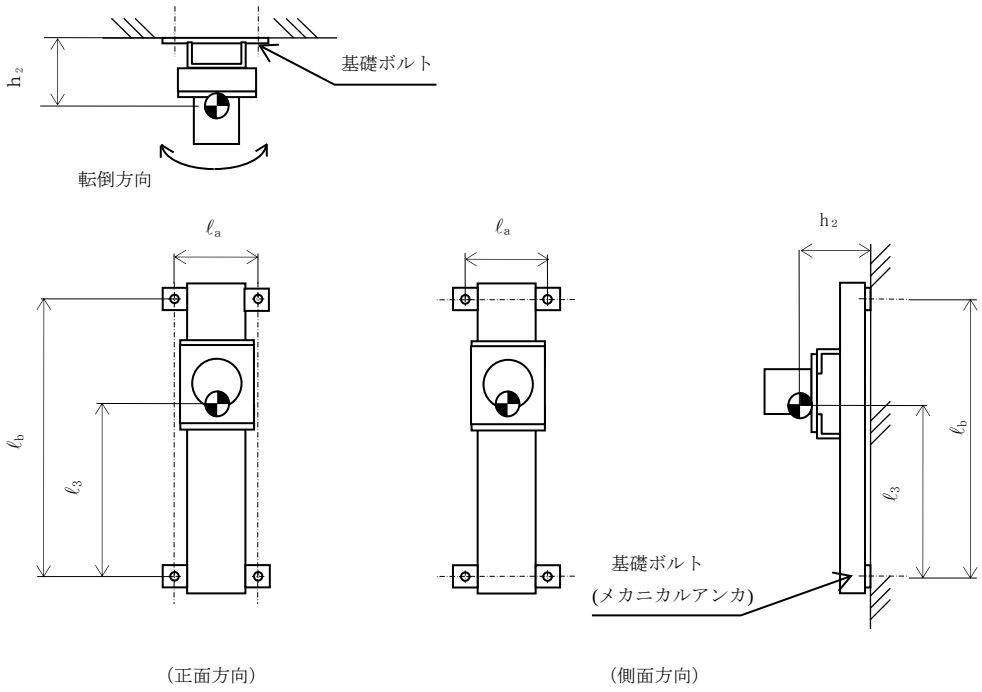
注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}]$

1.4.2 電気的機能の評価結果 ($\times 9.8 m/s^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
格納容器内圧力 (B21-PT-025G)	水平方向	1.42	[redacted]
	鉛直方向	1.17	[redacted]

注記*：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。



（正面方向）　（側面方向）

【格納容器内圧力（B21-PT-025H）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
格納容器内圧力 (B21-PT-025H)	S	原子炉建屋 T.M.S.L.23.500 (T.M.S.L.31.700*)	0.05 以下	0.05 以下	C_H＝0.88	C_V＝0.72	C_H＝1.71	C_V＝1.41	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

部材	m (kg)	h_2 (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	n	S_y (MPa)	S_u (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	104	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Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	473	160	840	2	2	194	232	正面方向	正面方向
	473	160	840	2	2				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_b		Q_b	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	σ_b=1	f_{ts}=116*	σ_b=2	f_{ts}=139*
		せん断	τ_b=1	f_{sb}=89	τ_b=2	f_{sb}=107

すべて許容応力以下である。

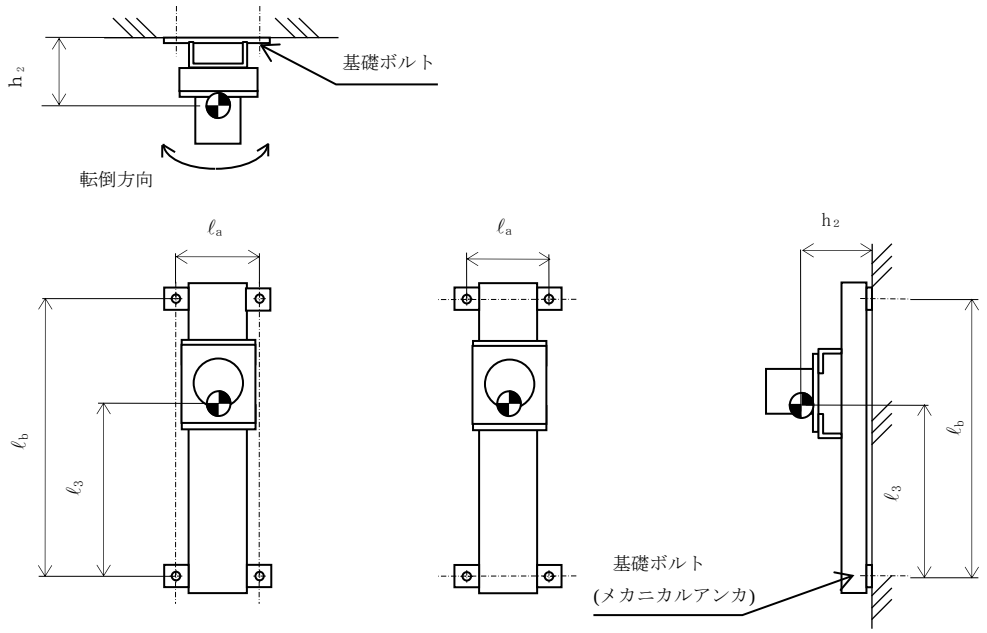
注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}]$

1.4.2 電気的機能の評価結果 ($\times 9.8 m/s^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
格納容器内圧力 (B21-PT-025H)	水平方向	1.42	[redacted]
	鉛直方向	1.17	[redacted]

注記*：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。



（正面方向）　（側面方向）

【格納容器内圧力（T31-PT-026A）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
格納容器内圧力 (T31-PT-026A)	S	原子炉建屋 T.M.S.L.23.500 (T.M.S.L.31.700*)	0.05 以下	0.05 以下	C_H＝0.88	C_V＝0.72	C_H＝1.71	C_V＝1.41	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

部材	m (kg)	h_2 (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	n	S_y (MPa)	S_u (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	101	12 (M12)	113.1	4	194 (40mm＜径)	373 (40mm＜径)

部材	ℓ_3* (mm)	ℓ_a* (mm)	ℓ_b* (mm)	nf_V*	nf_H*	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	469	160	840	2	2	194	232	正面方向	正面方向
	469	160	840	2	2				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_b		Q_b	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	σ_b=1	f_{ts}=116*	σ_b=2	f_{ts}=139*
		せん断	τ_b=1	f_{sb}=89	τ_b=2	f_{sb}=107

すべて許容応力以下である。

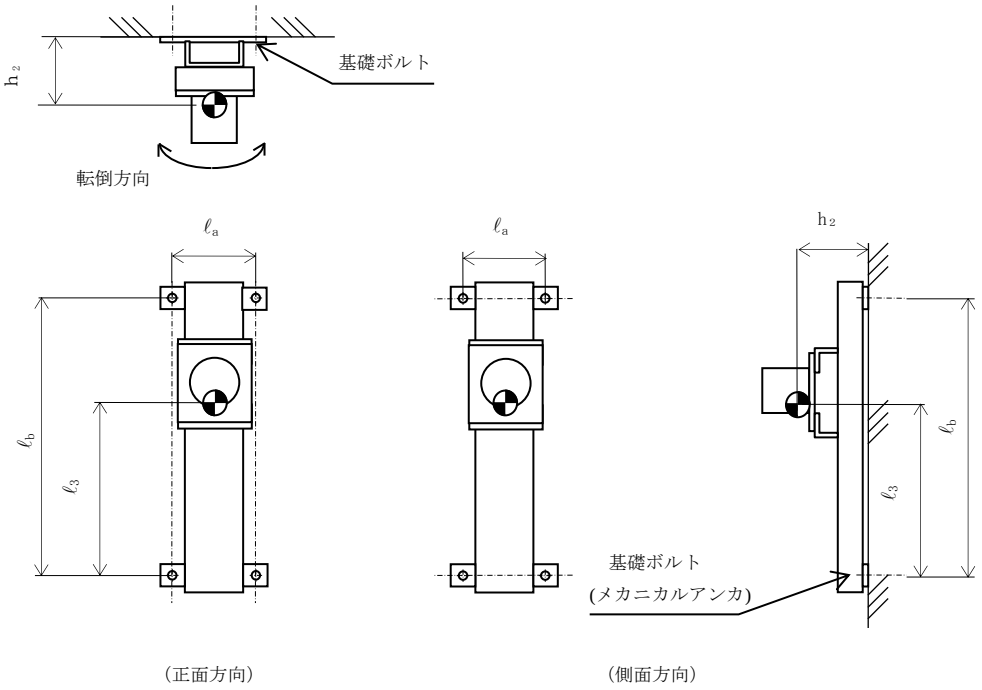
注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}]$

1.4.2 電気的機能の評価結果 (×9.8m/s^2)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
格納容器内圧力 (T31-PT-026A)	水平方向	1.42	[redacted]
	鉛直方向	1.17	[redacted]

注記*：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。



（正面方向）　（側面方向）

【格納容器内圧力（T31-PT-026B）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
格納容器内圧力 (T31-PT-026B)	S	原子炉建屋 T.M.S.L.23.500 (T.M.S.L.31.700*)	0.05 以下	0.05 以下	C_H＝0.88	C_V＝0.72	C_H＝1.71	C_V＝1.41	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

部材	m (kg)	h_2 (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	n	S_y (MPa)	S_u (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	101	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Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	469	160	840	2	2	194	232	正面方向	正面方向
	469	160	840	2	2				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_b		Q_b	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	σ_b=1	f_{ts}=116*	σ_b=2	f_{ts}=139*
		せん断	τ_b=1	f_{sb}=89	τ_b=2	f_{sb}=107

すべて許容応力以下である。

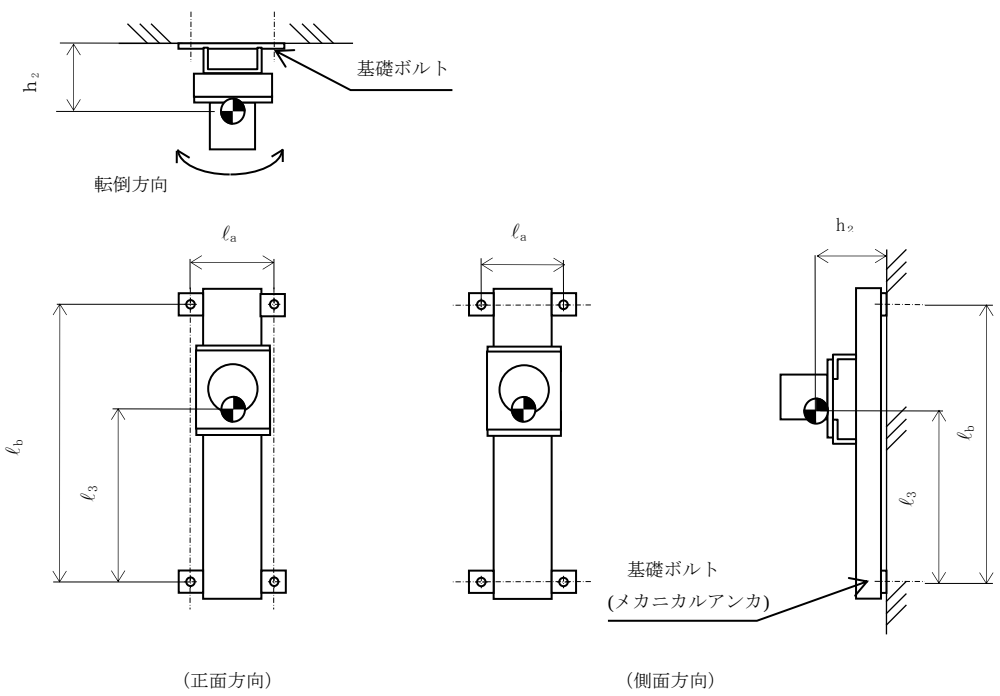
注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}]$

1.4.2 電気的機能の評価結果 ($\times 9.8 m/s^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
格納容器内圧力 (T31-PT-026B)	水平方向	1.42	[redacted]
	鉛直方向	1.17	[redacted]

注記*：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。



（正面方向）　（側面方向）

2.　格納容器内圧力(B21-PT-025B)

2.1　概要

本計算書は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，格納容器内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。

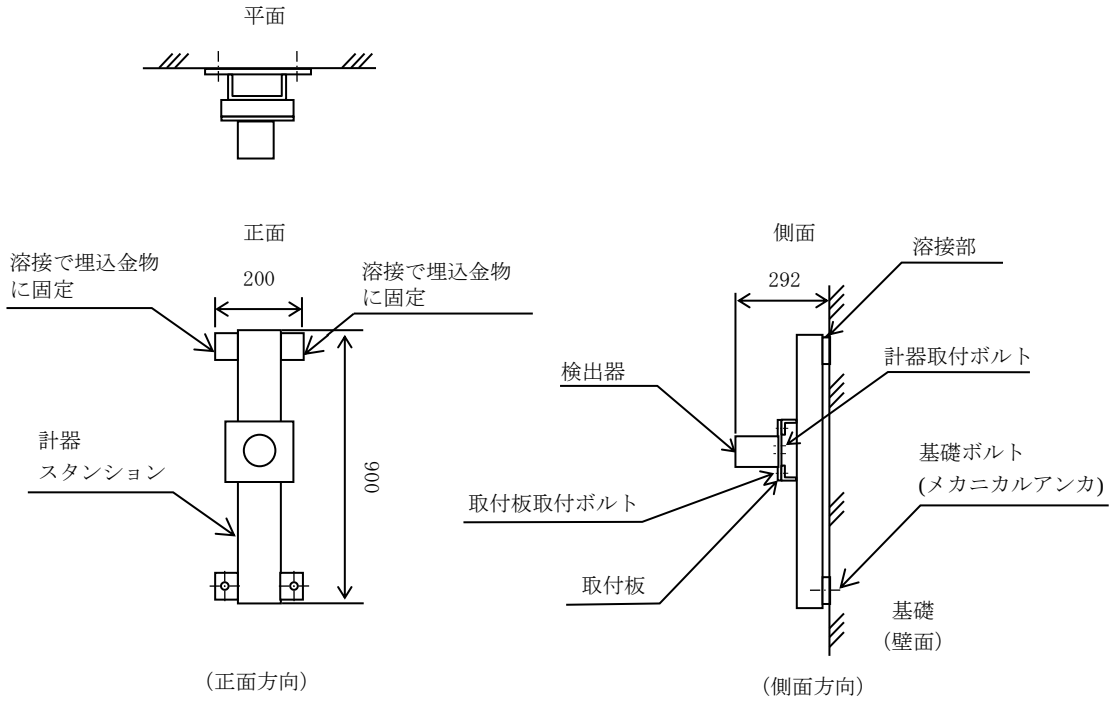
格納容器内圧力は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に分類される。以下，設計基準対象施設としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

2.1　一般事項

2.2.1　構造計画

格納容器内圧力の構造計画を表 2－1 に示す。

表 2－1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
検出器は，計器取付ボルトにより計器取付板に固定され，取付板は，取付板取付ボルトにより計器スタンションに固定される。 計器スタンションは，基礎に埋め込まれた埋込金物に溶接及び基礎に基礎ボルトで設置する。	弾性圧力検出器	【格納容器内圧力】  (単位：mm)

2.2.2　評価方針

格納容器内圧力の応力評価は，V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.1　構造計画」にて示す格納容器内圧力の部位を踏まえ「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，格納容器内圧力の機能維持評価は，V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電気的機能維持の方針に基づき，地震時の応答加速度が電気的機能確認済加速度以下であることを，「6.　機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「7.　評価結果」に示す。

格納容器内圧力の耐震評価フローを図2－1に示す。

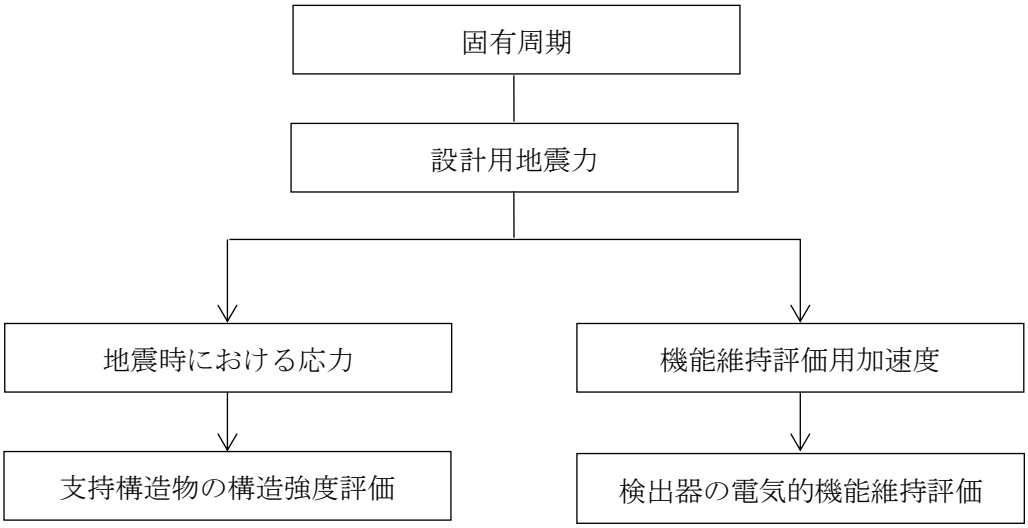


図2－1　格納容器内圧力の耐震評価フロー

2.2.3　適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

・原子力発電所耐震設計技術指針　重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１・補-1984（(社) 日本電気協会）

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

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

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

2.2.4　記号の説明

記号	記号の説明	単位
a	溶接部の有効のど厚	mm
A_b	基礎ボルトの軸断面積	mm^2
A_w	溶接部の有効断面積	mm^2
A_{w1}	鉛直方向地震及び壁掛形計器スタンションの取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有効断面積	mm^2
A_{w2}	鉛直方向地震及び壁掛形計器スタンションの取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	－
d	ボルトの呼び径	mm
F	設計・建設規格　SSB-3121.1(1) に定める値	MPa
F^*	設計・建設規格　SSB-3133 に定める値	MPa
F_b	ボルトに作用する引張力（１本当たり）	N
F_{b1}	鉛直方向地震及び壁掛形計器スタンションの取付面に対し左右方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力（１本当たり）	N
F_{b2}	鉛直方向地震及び壁掛形計器スタンションの取付面に対し前後方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力（１本当たり）	N
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取付面に対し左右方向の水平方向地震により溶接部に作用する引張力	N
F_{w2}	鉛直方向地震及び壁掛形計器スタンションの取付面に対し前後方向の水平方向地震により溶接部に作用する引張力	N
f_{sb}	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力	MPa
f_{sw}	溶接部の許容せん断応力	MPa
f_{to}	引張力のみをうけるボルトの許容引張応力	MPa
f_{ts}	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力	MPa
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	取付面から重心までの距離	mm

記号	記号の説明	単位
ℓ_3	重心と下側ボルト間の距離	mm
ℓ_{a1}	側面(左右)ボルト間の距離	mm
ℓ_{a2}	側面（左右）溶接部間の距離	mm
ℓ_{b1}	上下ボルト間の距離	mm
ℓ_{b2}	下側ボルト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_1	ボルトの本数	－
n_2	溶接箇所数	－
n_{f1V}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数（側面方向転倒）	－
n_{f2V}	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）	－
n_{f1H}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数（正面方向転倒）	－
n_{f2H}	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）	－
Q_b	ボルトに作用するせん断力	N
Q_{b1}	水平方向地震によりボルトに作用するせん断力	N
Q_{b2}	鉛直方向地震によりボルトに作用するせん断力	N
Q_w	溶接部に作用するせん断力	N
Q_{w1}	水平方向地震により溶接部に作用するせん断力	N
Q_{w2}	鉛直方向地震により溶接部に作用するせん断力	N
s	溶接脚長	mm
S_u	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表9に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表8に定める値	MPa
$S_y(RT)$	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表8に定める材料の40℃における値	MPa
π	円周率	－
σ_b	ボルトに生じる引張応力	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
τ_b	ボルトに生じるせん断応力	MPa

2.2.5　計算精度と単位の丸め方

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。

2.3　評価部位

格納容器内圧力の耐震評価は「5.1　構造強度評価方法」に示す条件に基づき，耐震評価上厳しくなる基礎ボルト及び溶接部について評価を実施する。

格納容器内圧力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　基本方針

計器スタンションの固有周期は，構造が同等な振動特性を持つ計器スタンションに対する振動試験より確認された固有周期を使用する。

2.4.2　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。格納容器内圧力の外形図を表 2－1 の概略構造図に示す。

2.4.3　固有周期の確認結果

固有周期の確認結果を表 2－3 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 2－3　固有周期　　（単位：s）

格納容器内圧力 (B21-PT-025B)	水平	0.05 以下
	鉛直	0.05 以下

2.5　構造強度評価

2.5.1　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基礎ボルト及び溶接で壁面に固定されており，固定端とする。

(4)　転倒方向は，正面方向及び側面方向について検討し，計算書には結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。

(5)　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。

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

格納容器内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 2－4 に示す。

2.5.2.2　許容応力

格納容器内圧力の許容応力は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 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

格納容器内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 2－6 に示す。

表 2－4　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	格納容器内圧力		S	—*	D＋P_D＋M_D＋S d*	ⅢAS
						D＋P_D＋M_D＋S s	ⅣAS
計測制御系統施設	原子炉非常停止信号	ドライウェル圧力高		S	—*	D＋P_D＋M_D＋S d*	ⅢAS
						D＋P_D＋M_D＋S s	ⅣAS
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(1)	ドライウェル圧力高	S	—*	D＋P_D＋M_D＋S d*	ⅢAS
						D＋P_D＋M_D＋S s	ⅣAS
計測制御系統施設	工学的安全施設等の起動信号	非常用ガス処理系	ドライウェル圧力高	S	—*	D＋P_D＋M_D＋S d*	ⅢAS
						D＋P_D＋M_D＋S s	ⅣAS
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	ドライウェル圧力高	S	—*	D＋P_D＋M_D＋S d*	ⅢAS
						D＋P_D＋M_D＋S s	ⅣAS
計測制御系統施設	工学的安全施設等の起動信号	高圧炉心注水系	ドライウェル圧力高	S	—*	D＋P_D＋M_D＋S d*	ⅢAS
						D＋P_D＋M_D＋S s	ⅣAS

注記＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 2－4　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）（続き）

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	ドライウェル圧力高	S	—*	D＋P_D＋M_D＋S d*	ⅢAS
						D＋P_D＋M_D＋S s	ⅣAS
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	ドライウェル圧力高	S	—*	D＋P_D＋M_D＋S d*	ⅢAS
						D＋P_D＋M_D＋S s	ⅣAS

注記＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 2－5　許容応力（その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2, *3 （ボルト等以外）		許容限界*1, *2 （ボルト等）	
	一次応力		一次応力	
	引張り	せん断	引張り	せん断
ⅢAS	1.5・ｆｔ	1.5・ｆｓ	1.5・ｆｔ	1.5・ｆｓ
ⅣAS	1.5・ｆｔ*	1.5・ｆｓ*	1.5・ｆｔ*	1.5・ｆｓ*

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	(℃)	Ｓｙ (MPa)	Ｓｕ (MPa)	Ｓｙ(ＲＴ) (MPa)
基礎ボルト	SS400 (40mm＜径)	周囲環境温度	100	194	373	―
溶接部	SS41* (径≦16mm)	周囲環境温度	100	221	373	―

注記＊：SS400 相当

2.5.3　設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 2－7 に示す。

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

表 2－7　設計用地震力（設計基準対象施設）

機器名称	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期（ｓ）		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
		水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度
格納容器内圧力 (B21-PT-025B)	原子炉建屋 T.M.S.L.23.500 (T.M.S.L.31.700*)	0.05 以下	0.05 以下	C_H=0.88	C_V=0.72	C_H=1.71	C_V=1.41

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　ボルトの計算方法

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

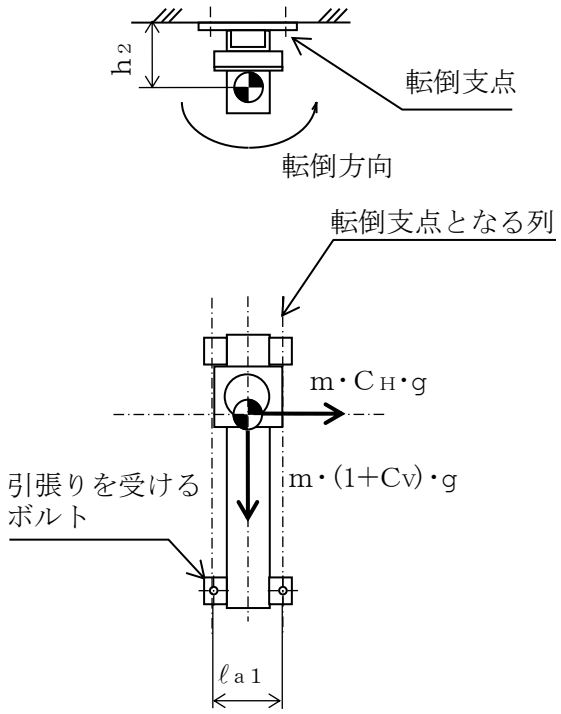


図 2－2　計算モデル（正面方向）

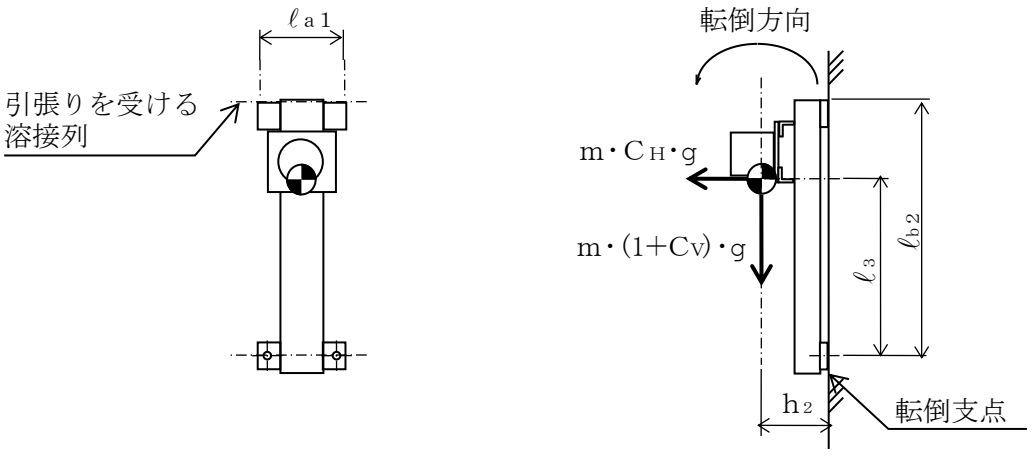


図 2－3　計算モデル（側面方向）

(1) 引張応力

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

引張力

計算モデル図2－2の場合の引張力

$$F_{b1}=m\cdot g\cdot\left(\frac{C_H\cdot h_2}{n_{f1H}\cdot \ell_{a1}}+\frac{(1+C_V)\cdot h_2}{n_{f1V}\cdot \ell_{b1}}\right) \quad \cdots\cdots\cdots \quad (2.5.4.1.1.1)$$

計算モデル図2－3の場合の引張力

$$F_{b2}=m\cdot g\cdot\left(\frac{C_H\cdot \ell_3+(1+C_V)\cdot h_2}{n_{f1V}\cdot \ell_{b1}}\right) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \quad (2.5.4.1.1.2)$$

ただし，図2—3に示す計算モデルでは引張りを受けるボルトがないため，図2－2で示す計算モデルの場合のみ引張力が生じる。

$$F_b=F_{b1} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (2.5.4.1.1.3)$$

引張応力

$$\sigma_b=\frac{F_b}{A_b} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (2.5.4.1.1.4)$$

ここで，ボルトの軸断面積A_bは次式により求める。

$$A_b=\frac{\pi}{4}\cdot d^2 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (2.5.4.1.1.5)$$

(2) せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は，ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b1}=m\cdot g\cdot C_H \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (2.5.4.1.1.6)$$

$$Q_{b2}=m\cdot g\cdot(1+C_V) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (2.5.4.1.1.7)$$

$$Q_b=\sqrt{(Q_{b1})^2+(Q_{b2})^2} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (2.5.4.1.1.8)$$

せん断応力

$$\tau_b=\frac{Q_b}{n_1\cdot A_b} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (2.5.4.1.1.9)$$

2.5.4.1.2　溶接部の応力

溶接部の応力は，図 2－4 及び図 2－5 で示すボルト又は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。

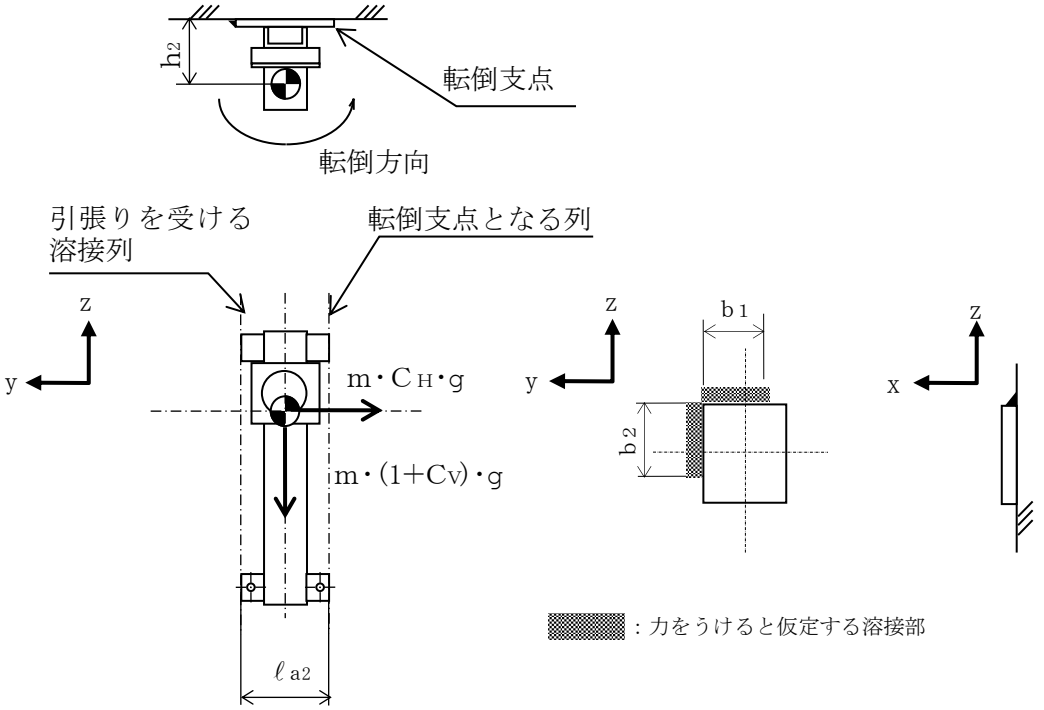


図 2－4　計算モデル（正面方向）

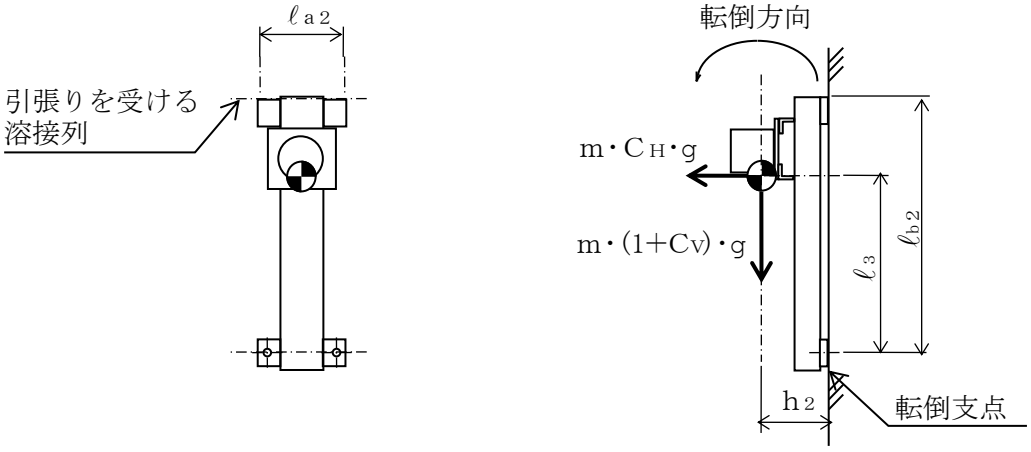


図 2－5　計算モデル（側面方向）

(1)　引張応力

溶接部に対する引張力は，図2－4及び図2－5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2－3の場合の引張力

$$F_{w1}=m\cdot g\cdot\left(\frac{C_H\cdot h_2}{n_{f2H}\cdot \ell_{a2}}+\frac{(1+C_V)\cdot h_2}{n_{f2V}\cdot \ell_{b2}}\right) \quad \cdots\cdots\cdots \quad (2.5.4.1.2.1)$$

計算モデル図2－4の場合の引張力

$$F_{w2}=m\cdot g\cdot\left(\frac{C_H\cdot \ell_3+(1+C_V)\cdot h_2}{n_{f2V}\cdot \ell_{b1}}\right) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \quad (2.5.4.1.2.2)$$

$$F_w=\mathrm{Max}\left(F_{w1},\ F_{w2}\right) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (2.5.4.1.2.3)$$

引張応力

$$\sigma_t=\frac{F_w}{A_w} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (2.5.4.1.2.4)$$

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。

$$A_w = a\cdot(b_1+b_2) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (2.5.4.1.2.5)$$

ただし，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。

$$a = 0.7\cdot s \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (2.5.4.1.2.6)$$

(2)　せん断応力

せん断力は，全溶接で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{w1}= m\cdot g\cdot C_H \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (2.5.4.1.2.7)$$

$$Q_{w2}= m\cdot g\cdot(1+C_V) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (2.5.4.1.2.8)$$

$$Q_w= \sqrt{(Q_{w1})^2+(Q_{w2})^2} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (2.5.4.1.2.9)$$

せん断応力

$$\tau=\sqrt{\left(\frac{Q_{w1}}{n_2\cdot A_{w1}}\right)^2+\left(\frac{Q_{w2}}{n_2\cdot A_{w2}}\right)^2} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \quad (2.5.4.1.2.10)$$

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。

$$A_{w1} = a \cdot b_1 \quad \cdots\cdots (2.5.4.1.2.11)$$

$$A_{w2} = a \cdot b_2 \quad \cdots\cdots (2.5.4.1.2.12)$$

(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。

$$\sigma_w = \sqrt{(\sigma_t)^2 + (\tau)^2} \quad \cdots\cdots (2.5.4.1.2.13)$$

2.5.5 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（B21-PT-025B）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　ボルトの応力評価

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

$$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}] \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (5.4.1.1)$$

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

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

2.5.6.2　溶接部の応力評価

2.5.4.1.2 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。

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

2.6　機能維持評価

2.6.1　電気的機能維持評価方法

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

格納容器内圧力の機能確認済加速度は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，同形式の検出器単体の正弦波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表2－8に示す。

表2－8　機能確認済加速度　（×9.8m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
格納容器内圧力 (B21-PT-025B)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]

2.7 評価結果

2.7.1 設計基準対象施設としての評価結果

格納容器内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気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【格納容器内圧力(B21-PT-025B)の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
格納容器内圧力 (B21-PT-025B)	S	原子炉建屋 T.M.S.L.23.500 (T.M.S.L.31.700*)	0.05以下	0.05以下	C_H＝0.88	C_V＝0.72	C_H＝1.71	C_V＝1.41	100

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 基礎ボルト

部材	m (kg)	h_2 (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	n_1	ℓ_3 (mm)	ℓ_{a1} (mm)	ℓ_{b1} (mm)	n_{f1V}	n_{f1H}	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
															弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	□	104	12 (M12)	113.1	2	473	160	840	0	1	194 (40mm＜径)	373 (40mm＜径)	194	232	正面方向	正面方向

1.2.2 溶接部

部材	m (kg)	h_2 (mm)	s (mm)	a (mm)	A_w (mm^2)	A_{w1} (mm^2)	A_{w2} (mm^2)	n_2	b_1 (mm)	b_2 (mm)	ℓ_3 (mm)	ℓ_{a2} (mm)	ℓ_{b2} (mm)	n_{f2V}	n_{f2H}	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
																				弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
溶接部	□	104	4.2	2.94	242.8	114.1	128.8	2	38.8	43.8	473	200	870	2	1	221 (径≦16mm)	373 (径≦16mm)	221	261	正面方向	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Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]

1.3.2 溶接部に作用する力 (単位：N)

部材	F_b		Q_b	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
溶接部	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	$\sigma_b=2$	$f_{ts}=116^*$	$\sigma_b=3$	$f_{ts}=139^*$
		せん断	$\tau_b=2$	$f_{sb}=89$	$\tau_b=4$	$f_{sb}=107$

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 溶接部の応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
溶接部	SS41	引張り	$\sigma_t=1$	$f_{tw}=127^*$	$\sigma_t=1$	$f_{tw}=150^*$
		せん断	$\tau\ =2$	$f_{sw}=127^*$	$\tau\ =3$	$f_{sw}=150^*$
		組合せ	$\sigma_w=2$	$f_w\ =127^*$	$\sigma_w=4$	$f_w\ =150^*$

すべて許容応力以下である。

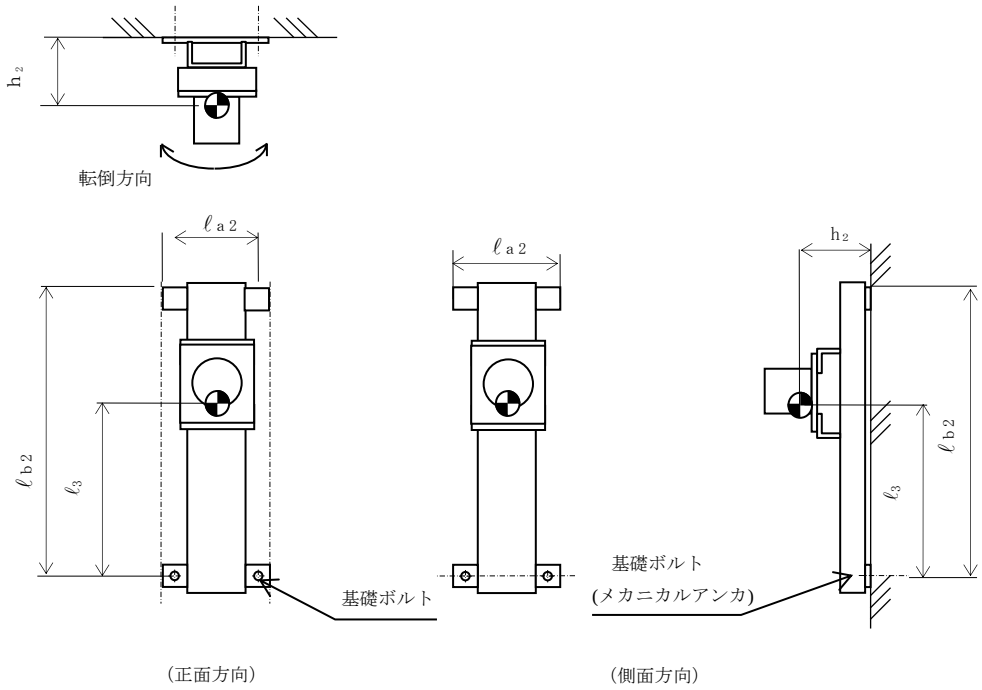
注記＊：すみ肉溶接部の許容応力は母材の許容せん断応力とする。

1.4.2　電気的機能の評価結果　　(×9.8m/s^2)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
格納容器内圧力 (B21-PT-025B)	水平方向	1.42	[redacted]
	鉛直方向	1.17	[redacted]

注記*：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。



（正面方向）　（側面方向）

(5)　原子炉系炉心流量の耐震性についての計算書

目　　次

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

1. 概要

本計算書は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，原子炉系炉心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。

原子炉系炉心流量は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に分類される。以下，設計基準対象施設としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

なお，原子炉系炉心流量が設置される計装ラックは，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法」に記載の直立形であるため，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-7　計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

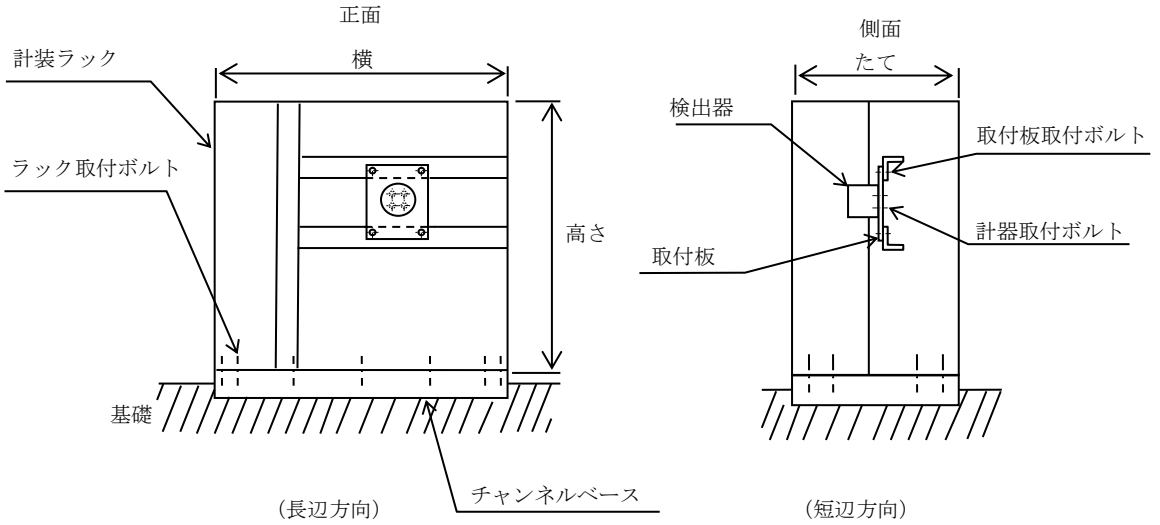
2. 一般事項

2.1 構造計画

原子炉系炉心流量の構造計画を表 2－1 に示す。

表 2－1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
検出器は，計器取付ボルトにより取付板に固定され，取付板は，取付板取付ボルトにより計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。	差圧式流量検出器	【原子炉系炉心流量】



機器名称	原子炉系 炉心流量 (H22-P005)	原子炉系 炉心流量 (H22-P006)	原子炉系 炉心流量 (H22-P007)	原子炉系 炉心流量 (H22-P008)
たて	600	600	600	600
横	1400	1600	1400	1400
高さ	1900	1900	1900	1900

(単位：mm)

3.　固有周期

3.1　固有周期の確認

原子炉系炉心流量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）

原子炉系炉心流量 (H22-P005)	水平	0.05以下
	鉛直	0.05以下
原子炉系炉心流量 (H22-P006)	水平	0.05以下
	鉛直	0.05以下
原子炉系炉心流量 (H22-P007)	水平	0.05以下
	鉛直	0.05以下
原子炉系炉心流量 (H22-P008)	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

原子炉系炉心流量の構造強度評価は，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-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

原子炉系炉心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 に示す。

4.2.2 許容応力

原子炉系炉心流量の許容応力は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4－2 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

原子炉系炉心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 4－3 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【原子炉系炉心流量（B21-FT-035A）の耐震性についての計算結果】，【原子炉系炉心流量（B21-FT-035B）の耐震性についての計算結果】，【原子炉系炉心流量（B21-FT-035C）の耐震性についての計算結果】，【原子炉系炉心流量（B21-FT-035D）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	原子炉系炉心流量	S	—*	D＋P_D＋M_D＋S d *	ⅢAS
					D＋P_D＋M_D＋S s	ⅣAS
計測制御系統施設	原子炉非常停止信号	炉心流量急減	S	—*	D＋P_D＋M_D＋S d *	ⅢAS
					D＋P_D＋M_D＋S s	ⅣAS

注記＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4－2　許容応力（その他の支持構造物）

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

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

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

表4－3　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
ラック取付ボルト	SS400 (径≦16mm)	周囲環境温度	100	221	373	―

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

原子炉系炉心流量の電気的機能維持評価は，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-7 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

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

機能確認済加速度を表5－1に示す。

表5－1　機能確認済加速度　　(×9.8m/s^2)

評価部位	方向	機能確認済加速度
原子炉系炉心流量 (B21-FT-035A)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]
原子炉系炉心流量 (B21-FT-035B)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]
原子炉系炉心流量 (B21-FT-035C)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]
原子炉系炉心流量 (B21-FT-035D)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

原子炉系炉心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気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【原子炉系炉心流量（B21-FT-035A）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉系炉心流量 (B21-FT-035A)	S	原子炉建屋 T.M.S.L. -8.200*	0.05 以下	0.05 以下	C_H＝0.58	C_V＝0.62	C_H＝1.19	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 原子炉系炉心流量 (H22-P005)

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)
ラック取付ボルト (ｉ＝2)	[redacted]	955	16 (M16)	201.1	14	221 (径≦16mm)	373 (径≦16mm)

部材	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	n_{fi}*	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
ラック取付ボルト (ｉ＝2)	265	285	5	221	261	短辺方向	長辺方向
	625	715	2				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

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

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ラック取付ボルト（ｉ＝2）	SS400	引張り	$\sigma_{b2}=5$	$f_{ts2}=165^{*}$	$\sigma_{b2}=13$	$f_{ts2}=195^{*}$
		せん断	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2}=127$	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=150$

すべて許容応力以下である。

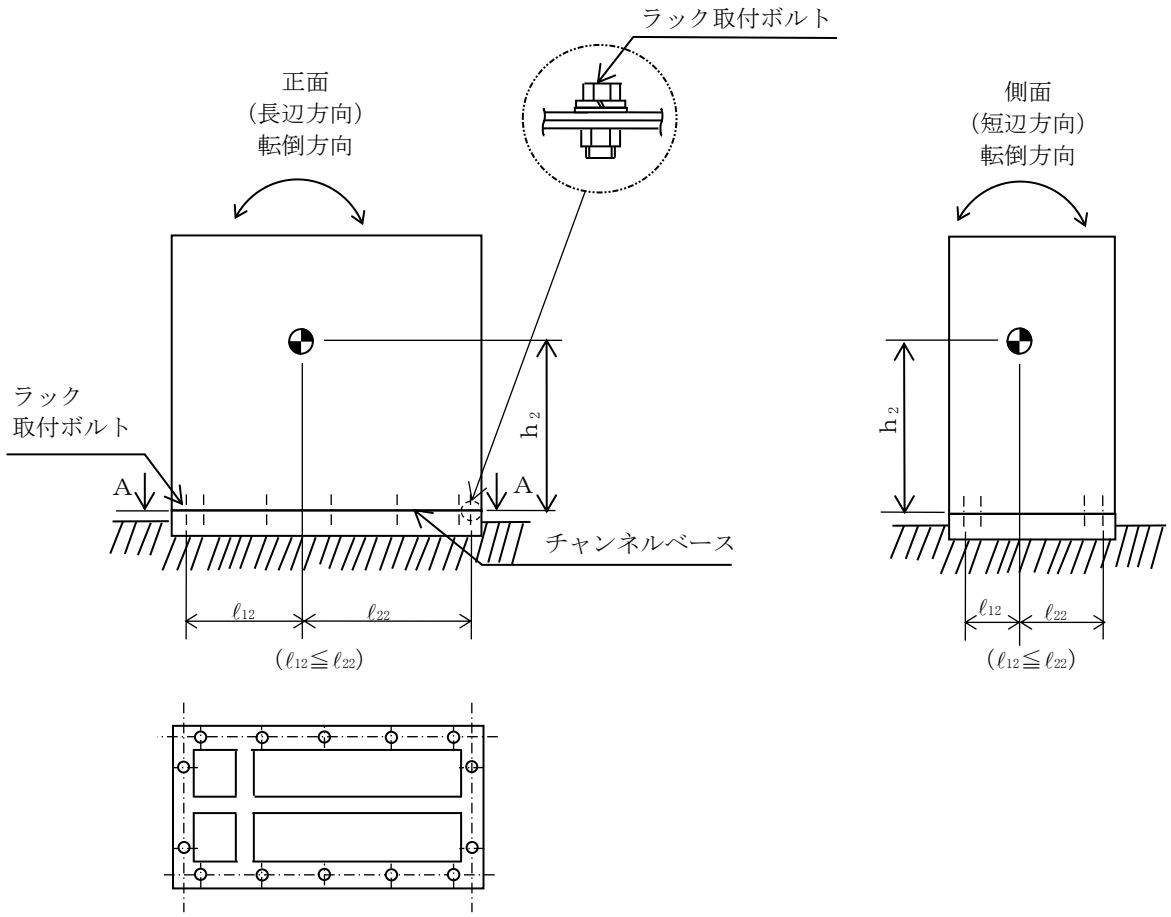
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉系炉心流量（B21-FT-035A）	水平方向	0.99	
	鉛直方向	1.03	

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


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

A～A矢視図

【原子炉系炉心流量（B21-FT-035B）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉系炉心流量 (B21-FT-035B)	S	原子炉建屋 T.M.S.L. -8.200*	0.05 以下	0.05 以下	C_H＝0.58	C_V＝0.62	C_H＝1.19	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 原子炉系炉心流量 (H22-P006)

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)
ラック取付ボルト (ｉ＝2)	[redacted]	960	16 (M16)	201.1	16	221 (径≦16mm)	373 (径≦16mm)

部材	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	n_{fi}*	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
ラック取付ボルト (ｉ＝2)	265	285	6	221	261	短辺方向	長辺方向
	720	820	2				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

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

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ラック取付ボルト（ｉ＝2）	SS400	引張り	$\sigma_{b2}=4$	$f_{ts2}=165$*	$\sigma_{b2}=13$	$f_{ts2}=195$*
		せん断	$\tau_{b2}=1$	$f_{sb2}=127$	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=150$

すべて許容応力以下である。

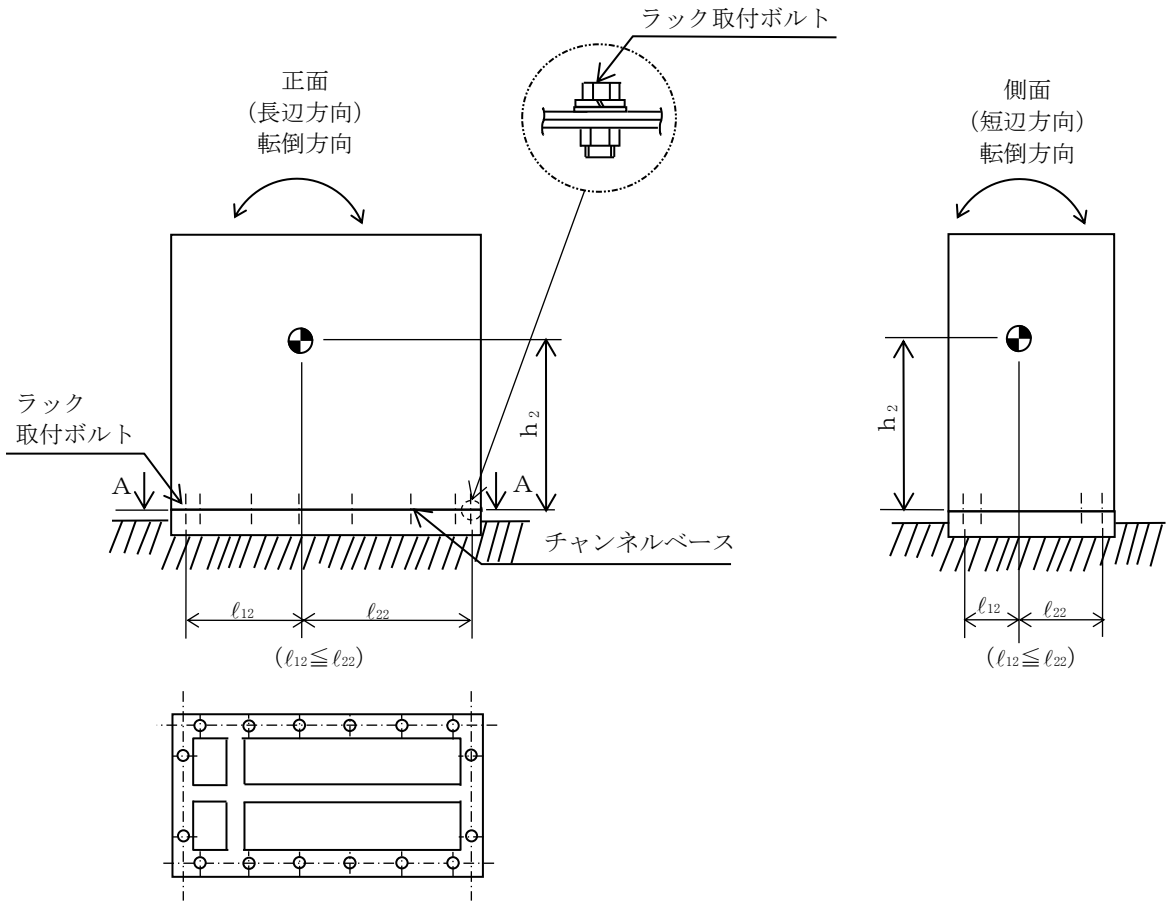
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉系炉心流量（B21-FT-035B）	水平方向	0.99	[redacted]
	鉛直方向	1.03	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


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

A～A矢視図

【原子炉系炉心流量（B21-FT-035C）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉系炉心流量 (B21-FT-035C)	S	原子炉建屋 T.M.S.L. -8.200*	0.05 以下	0.05 以下	C_H＝0.58	C_V＝0.62	C_H＝1.19	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 原子炉系炉心流量 (H22-P007)

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)
ラック取付ボルト (ｉ＝2)	[redacted]	950	16 (M16)	201.1	14	221 (径≦16mm)	373 (径≦16mm)

部材	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	n_{fi}*	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
ラック取付ボルト (ｉ＝2)	265	285	5	221	261	短辺方向	長辺方向
	630	710	2				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

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

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ラック取付ボルト（ｉ＝2）	SS400	引張り	$\sigma_{b2}=5$	$f_{ts2}=165^{*}$	$\sigma_{b2}=13$	$f_{ts2}=195^{*}$
		せん断	$\tau_{b2}=1$	$f_{sb2}=127$	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=150$

すべて許容応力以下である。

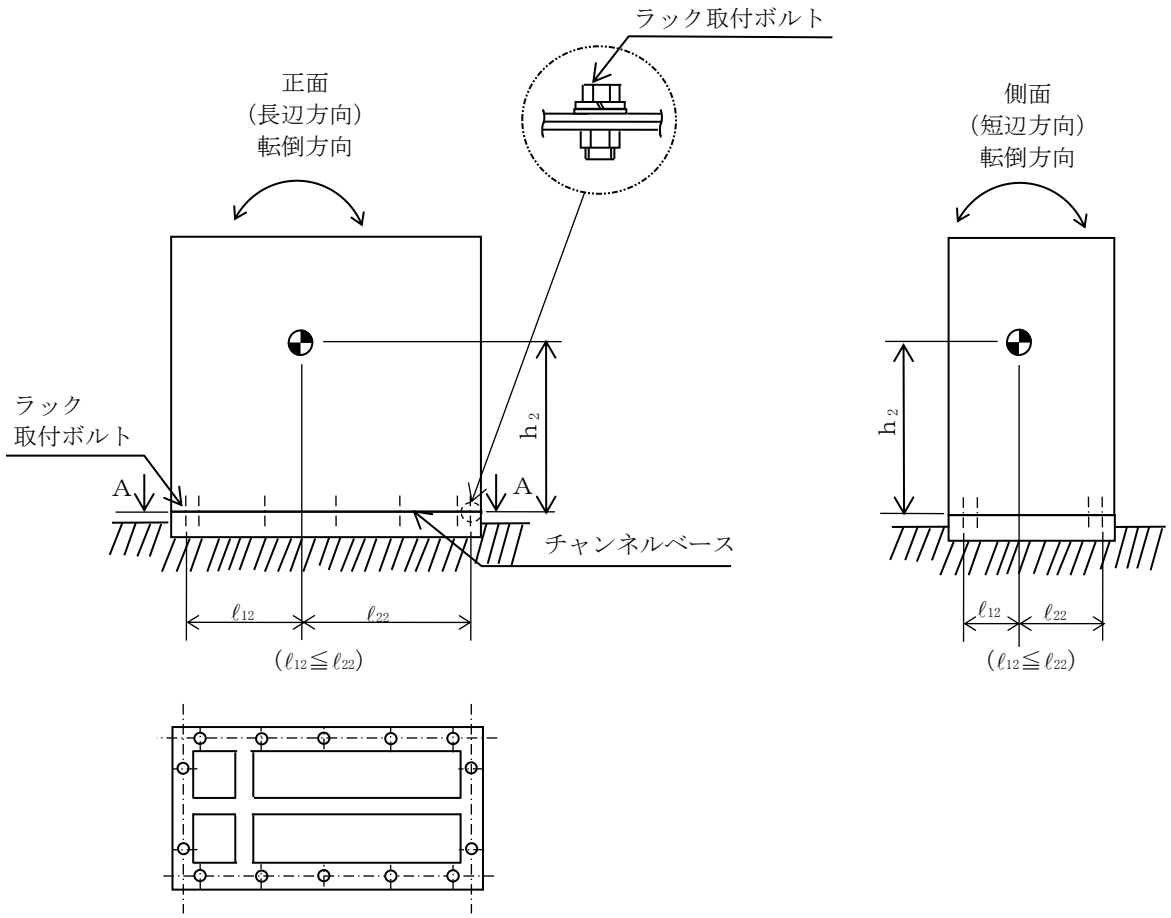
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉系炉心流量（B21-FT-035C）	水平方向	0.99	
	鉛直方向	1.03	

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


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

A～A矢視図

【原子炉系炉心流量（B21-FT-035D）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉系炉心流量 (B21-FT-035D)	S	原子炉建屋 T.M.S.L. -8.200*	0.05 以下	0.05 以下	C_H＝0.58	C_V＝0.62	C_H＝1.19	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 原子炉系炉心流量 (H22-P008)

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)
ラック取付ボルト (ｉ＝2)	[redacted]	960	16 (M16)	201.1	14	221 (径≦16mm)	373 (径≦16mm)

部材	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	n_{fi}*	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
ラック取付ボルト (ｉ＝2)	265	285	5	221	261	短辺方向	長辺方向
	620	720	2				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

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

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ラック取付ボルト（ｉ＝2）	SS400	引張り	σ_{b2}＝5	f_{ts2}＝165*	σ_{b2}＝13	f_{ts2}＝195*
		せん断	τ_{b2}＝1	f_{sb2}＝127	τ_{b2}＝3	f_{sb2}＝150

すべて許容応力以下である。

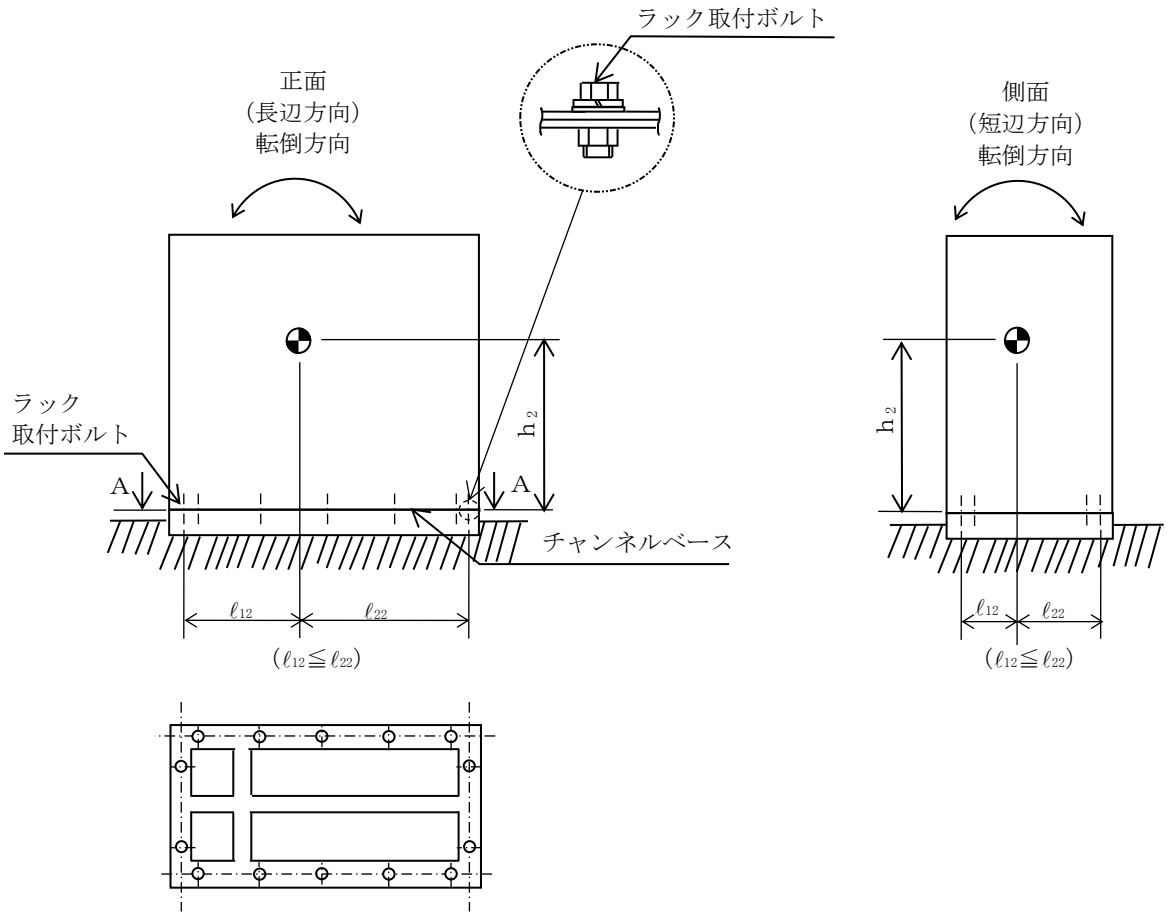
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉系炉心流量（B21-FT-035D）	水平方向	0.99	
	鉛直方向	1.03	

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


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

A～A矢視図

(6)　制御棒駆動機構充てん水圧力の耐震性についての計算書

目　　次

1.　制御棒駆動機構充てん水圧力（C12-PT-011A,D）　1
1.1　概要　1
1.2　一般事項　1
1.2.1　構造計画　1
1.3　固有周期　3
1.3.1　固有周期の確認　3
1.4　構造強度評価　4
1.4.1　構造強度評価方法　4
1.4.2　荷重の組合せ及び許容応力　4
1.4.3　計算条件　4
1.5　機能維持評価　8
1.5.1　電気的機能維持評価方法　8
1.6　評価結果　9
1.6.1　設計基準対象施設としての評価結果　9
2.　制御棒駆動機構充てん水圧力（C12-PT-011B,C）　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　電気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

1. 制御棒駆動機構充てん水圧力（C12-PT-011A,D）

1.1 概要

本計算書は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，制御棒駆動機構充てん水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。

制御棒駆動機構充てん水圧力は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に分類される。以下，設計基準対象施設としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

なお，制御棒駆動機構充てん水圧力は，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法」に記載の壁掛形スタンションであるため，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-8　計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

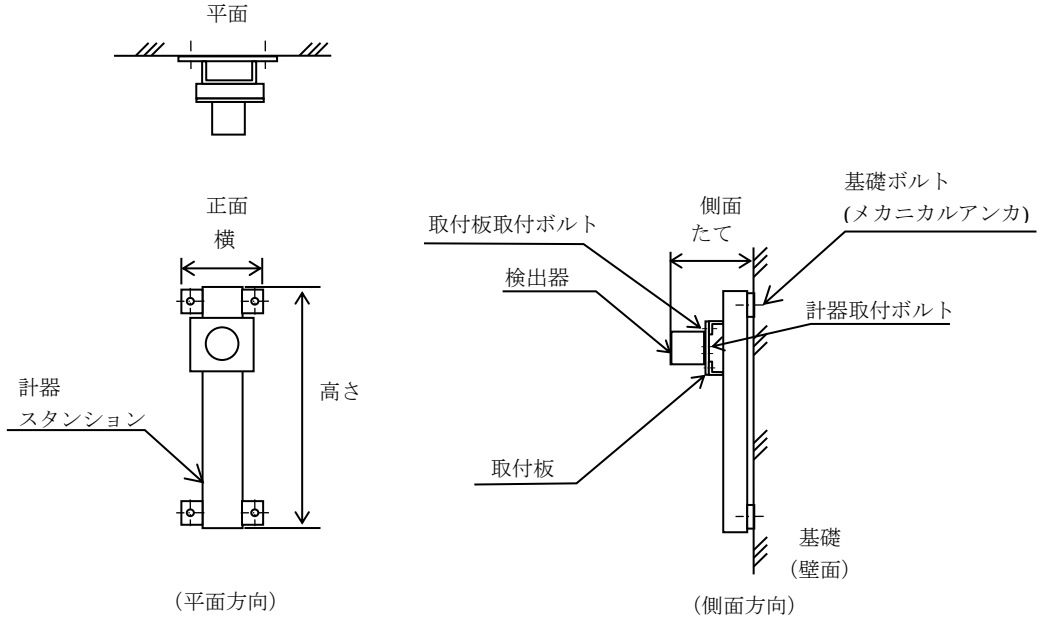
1.2 一般事項

1.2.1 構造計画

制御棒駆動機構充てん水圧力の構造計画を表 1－1 に示す。

表 1－1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
検出器は，計器取付ボルトにより取付板に固定され，取付板は，取付板取付ボルトにより計器スタンションに固定される。計器スタンションは，基礎に基礎ボルトで設置する。	弾性圧力検出器	【制御棒駆動機構充てん水圧力】



機器名称	制御棒駆動機構充てん水圧力 (C12-PT-011A)	制御棒駆動機構充てん水圧力 (C12-PT-011D)
たて	296	296
横	200	200
高さ	1200	1200

（単位：mm）

1.3　固有周期

1.3.1　固有周期の確認

制御棒駆動機構充てん水圧力の固有周期は，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1－2に示す。

表1－2　固有周期　（単位：s）

制御棒駆動機構充てん水圧力 (C12-PT-011A)	水平	0.05以下
	鉛直	0.05以下
制御棒駆動機構充てん水圧力 (C12-PT-011D)	水平	0.05以下
	鉛直	0.05以下

1.4　構造強度評価

1.4.1　構造強度評価方法

制御棒駆動機構充てん水圧力の構造強度評価は，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-8　計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

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

制御棒駆動機構充てん水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 1－3 に示す。

1.4.2.2　許容応力

制御棒駆動機構充てん水圧力の許容応力は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 1－4 のとおりとする。

1.4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

制御棒駆動機構充てん水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 1－5 に示す。

1.4.3　計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【制御棒駆動機構充てん水圧力（C12-PT-011A）の耐震性についての計算結果】，【制御棒駆動機構充てん水圧力（C12-PT-011D）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	制御棒駆動機構充てん水圧力	S	—*	D＋P_D＋M_D＋S d *	ⅢAS
					D＋P_D＋M_D＋S s	ⅣAS
計測制御系統施設	原子炉非常停止信号	制御棒駆動機構充てん水圧力低	S	—*	D＋P_D＋M_D＋S d *	ⅢAS
					D＋P_D＋M_D＋S s	ⅣAS

注記＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表1－4　許容応力（その他の支持構造物）

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

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

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

表1－5　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
基礎ボルト	SS400 (40mm＜径)	周囲環境温度	100	194	373	―

1.5　機能維持評価

1.5.1　電気的機能維持評価方法

制御棒駆動機構充てん水圧力の電気的機能維持評価は，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-8　計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

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

機能確認済加速度を表1－6に示す。

表1－6　機能確認済加速度　　(×9.8m/s^2)

評価部位	方向	機能確認済加速度
制御棒駆動機構充てん水圧力 (C12-PT-011A)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]
制御棒駆動機構充てん水圧力 (C12-PT-011D)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]

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

制御棒駆動機構充てん水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。

【制御棒駆動機構充てん水圧力（C12-PT-011A）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
制御棒駆動機構充てん水圧力 (C12-PT-011A)	S	原子炉建屋 T.M.S.L. -8.200 (T.M.S.L. -1.700*)	0.05 以下	0.05 以下	C_H＝0.59	C_V＝0.63	C_H＝1.30	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 制御棒駆動機構充てん水圧力

部材	m (kg)	h_2 (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	n	S_y (MPa)	S_u (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	112	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Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	713	160	1140	2	2	194	232	正面方向	正面方向
	713	160	1140	2	2				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_b		Q_b	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	σ_b=1	f_{ts}=116*	σ_b=2	f_{ts}=139*
		せん断	τ_b=2	f_{sb}=89	τ_b=2	f_{sb}=107

すべて許容応力以下である。

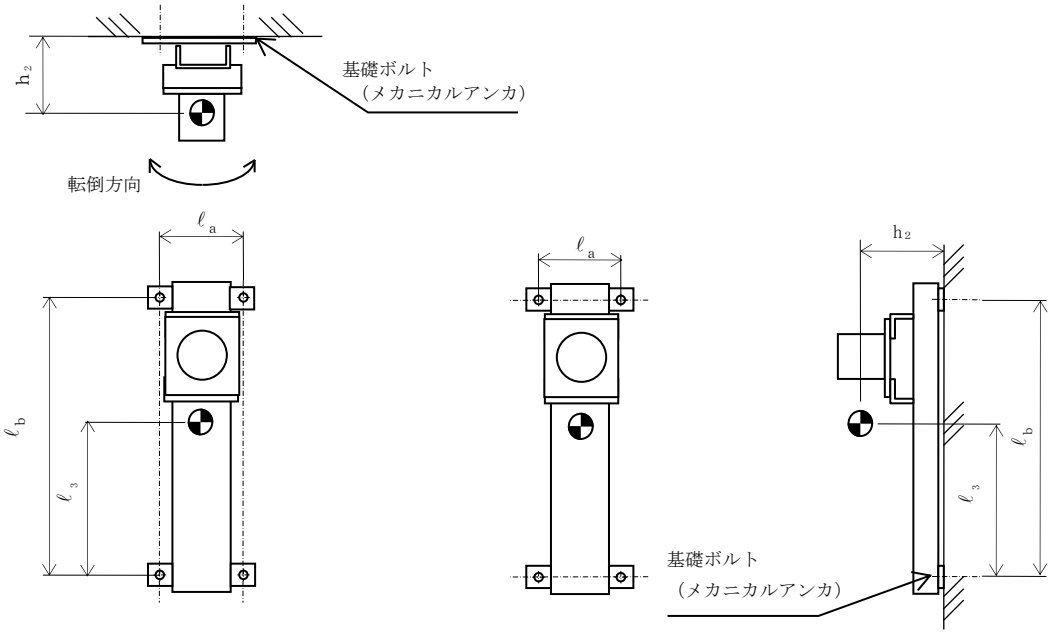
注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}]$

1.4.2 電気的機能の評価結果 (×9.8m/s^2)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
制御棒駆動機構充てん水圧力(C12-PT-011A)	水平方向	1.08	[redacted]
	鉛直方向	1.06	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。



（正面方向）　（側面方向）

【制御棒駆動機構充てん水圧力（C12-PT-011D）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
制御棒駆動機構充てん水圧力 (C12-PT-011D)	S	原子炉建屋 T.M.S.L. -8.200 (T.M.S.L. -1.700*)	0.05 以下	0.05 以下	C_H＝0.59	C_V＝0.63	C_H＝1.30	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 制御棒駆動機構充てん水圧力

部材	m (kg)	h_2 (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	n	S_y (MPa)	S_u (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	112	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Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	713	160	1140	2	2	194	232	正面方向	正面方向
	713	160	1140	2	2				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_b		Q_b	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	σ_b=1	f_{ts}=116*	σ_b=2	f_{ts}=139*
		せん断	τ_b=2	f_{sb}=89	τ_b=2	f_{sb}=107

すべて許容応力以下である。

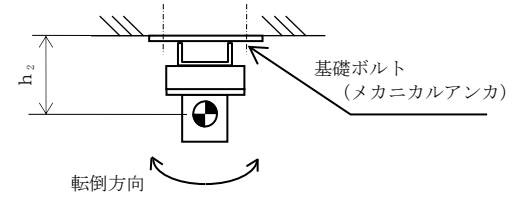
注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}]$

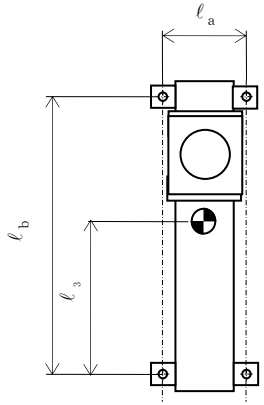
1.4.2 電気的機能の評価結果 (×9.8m/s^2)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
制御棒駆動機構 充てん水圧力 (C12-PT-011D)	水平方向	1.08	[redacted]
	鉛直方向	1.06	[redacted]

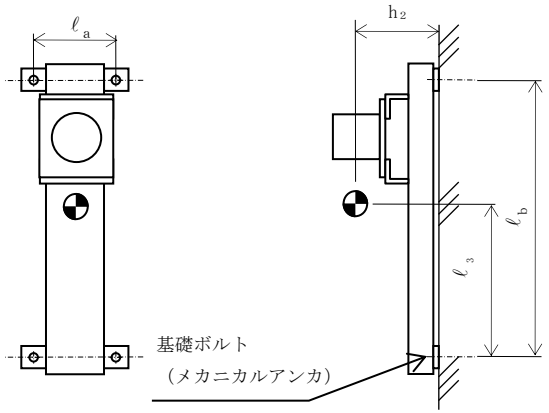
注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。





（正面方向）



（側面方向）

2.　制御棒駆動機構充てん水圧力（C12-PT-011B,C）

2.1　概要

本計算書は，Ｖ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，制御棒駆動機構充てん水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。

制御棒駆動機構充てん水圧力は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に分類される。以下，設計基準対象施設としての構造強度評価および電気的機能維持評価を示す。

なお，制御棒駆動機構充てん水圧力が設置される計装ラックは，Ｖ-2-1-14「計算書作成の方法」に記載の直立形であるため，Ｖ-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-7　計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

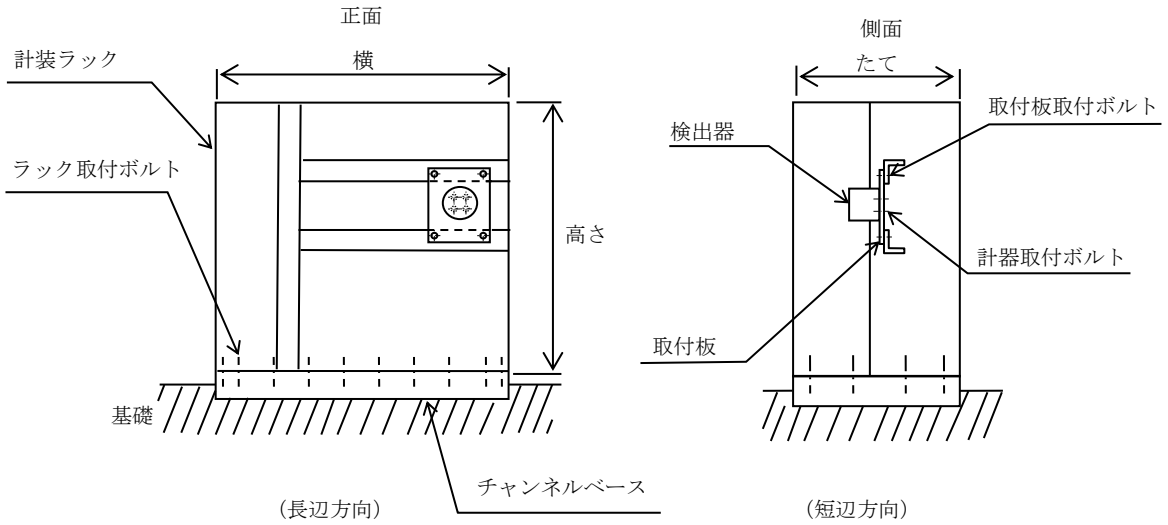
2.2　一般事項

2.2.1　構造計画

制御棒駆動機構充てん水圧力の構造計画を表 2－1 に示す。

表 2－1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
検出器は，計器取付ボルトにより取付板に固定され，取付板は，取付板取付ボルトにより計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取付ボルトで設置する。	弾性圧力検出器	【制御棒駆動機構充てん水圧力】



機器名称	制御棒駆動機構 充てん水圧力 (H22-P006)	制御棒駆動機構 充てん水圧力 (H22-P007)
たて	600	600
横	1600	1400
高さ	1900	1900

（単位：mm）

2.3　固有周期

2.3.1　固有周期の確認

制御棒駆動機構充てん水圧力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2－2に示す。

表2－2　固有周期　（単位：s）

制御棒駆動機構充てん水圧力 (H22-P006)	水平	0.05以下
	鉛直	0.05以下
制御棒駆動機構充てん水圧力 (H22-P007)	水平	0.05以下
	鉛直	0.05以下

2.4　構造強度評価

2.4.1　構造強度評価方法

制御棒駆動機構充てん水圧力の構造強度評価は，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-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

制御棒駆動機構充てん水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 2－3 に示す。

2.4.2.2　許容応力

制御棒駆動機構充てん水圧力の許容応力は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 2－4 のとおりとする。

2.4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

制御棒駆動機構充てん水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 2－5 に示す。

2.4.3　計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【制御棒駆動機構充てん水圧力（C12-PT-011B）の耐震性についての計算結果】，【制御棒駆動機構充てん水圧力（C12-PT-011C）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 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	制御棒駆動機構充てん水圧力	S	—*	D＋P_D＋M_D＋S d *	ⅢAS
					D＋P_D＋M_D＋S s	ⅣAS
計測制御系統施設	原子炉非常停止信号	制御棒駆動機構充てん水圧力低	S	—*	D＋P_D＋M_D＋S d *	ⅢAS
					D＋P_D＋M_D＋S s	ⅣAS

注記＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表２－４　許容応力（その他の支持構造物）

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

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

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

表2－5　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y(RT) (MPa)
ラック取付ボルト	SS400 (径≦16mm)	周囲環境温度	100	221	373	―

2.5　機能維持評価

2.5.1　電気的機能維持評価方法

制御棒駆動機構充てん水圧力の電気的機能維持評価は，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-7　計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

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

機能確認済加速度を表 2－6 に示す。

表 2－6　機能確認済加速度　　(×9.8m/s^2)

評価部位	方向	機能確認済加速度
制御棒駆動機構充てん水圧力 (C12-PT-011B)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]
制御棒駆動機構充てん水圧力 (C12-PT-011C)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]

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

制御棒駆動機構充てん水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。

【制御棒駆動機構充てん水圧力（C12-PT-011B）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
制御棒駆動機構 充てん水圧力 (C12-PT-011B)	S	原子炉建屋 T.M.S.L. -8.200*	0.05 以下	0.05 以下	C_H＝0.58	C_V＝0.62	C_H＝1.19	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 制御棒駆動機構充てん水圧力 (H22-P006)

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)
ラック取付ボルト (i＝2)	[redacted]	960	16 (M16)	201.1	16	221 (径≦16mm)	373 (径≦16mm)

部材	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	n_{fi}*	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
ラック取付ボルト (i＝2)	265	285	6	221	261	短辺方向	長辺方向
	720	820	2				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

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

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ラック取付ボルト（ｉ＝2）	SS400	引張り	σ_{b2}＝4	f_{ts2}＝165*	σ_{b2}＝13	f_{ts2}＝195*
		せん断	τ_{b2}＝2	f_{sb2}＝127	τ_{b2}＝3	f_{sb2}＝150

すべて許容応力以下である。

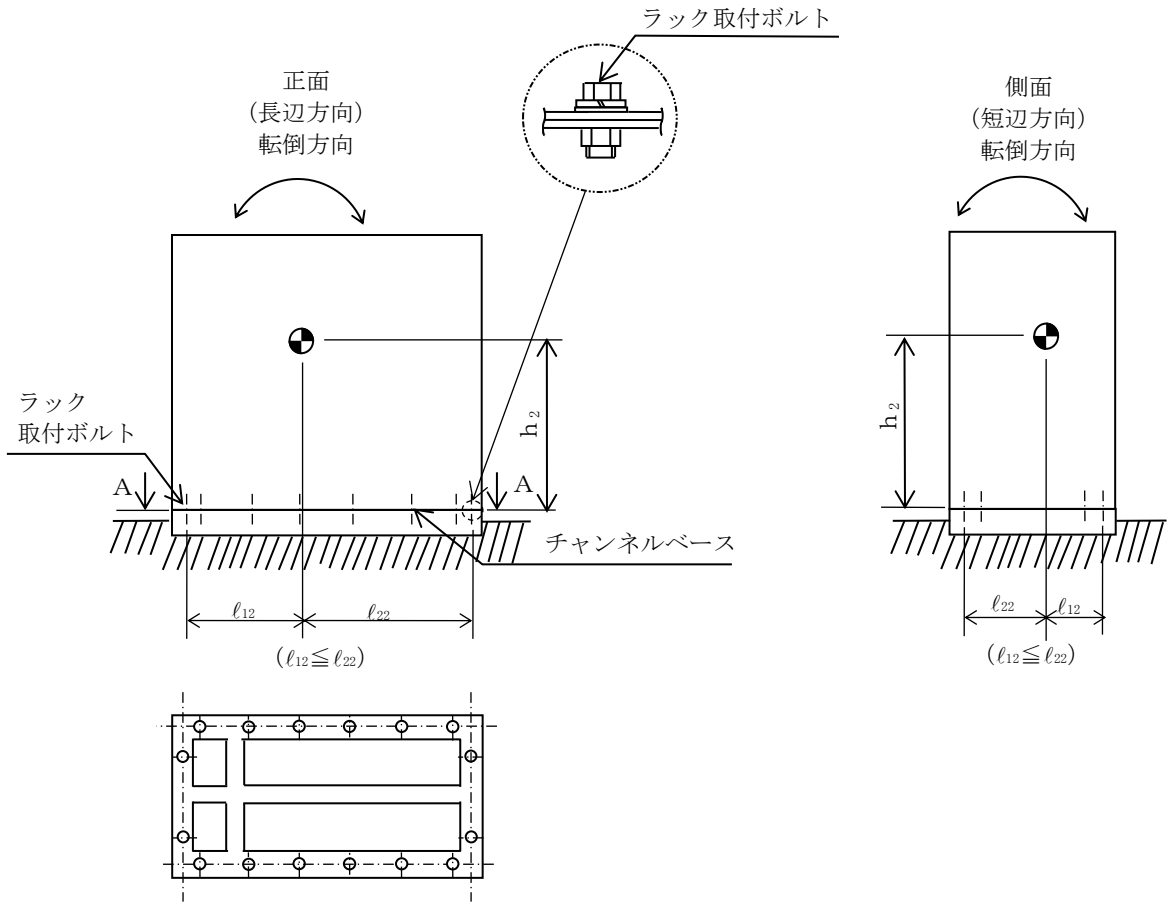
注記＊：f_{tsi}＝Min[1.4・f_{toi}－1.6・τ_{bi}, f_{toi}]

1.4.2 電気的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
制御棒駆動機構充てん水圧力(C12-PT-011B)	水平方向	0.99	
	鉛直方向	1.03	

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


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

A～A矢視図

【制御棒駆動機構充てん水圧力（C12-PT-011C）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
制御棒駆動機構 充てん水圧力 (C12-PT-011C)	S	原子炉建屋 T.M.S.L. -8.200*	0.05 以下	0.05 以下	C_H＝0.58	C_V＝0.62	C_H＝1.19	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 制御棒駆動機構充てん水圧力 (H22-P007)

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)
ラック取付ボルト (ｉ＝2)	[redacted]	950	16 (M16)	201.1	14	221 (径≦16mm)	373 (径≦16mm)

部材	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	n_{fi}*	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
ラック取付ボルト (ｉ＝2)	265	285	5	221	261	短辺方向	長辺方向
	630	710	2				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

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

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ラック取付ボルト (ｉ＝2)	SS400	引張り	σ_{b2}＝5	f_{ts2}＝165*	σ_{b2}＝13	f_{ts2}＝195*
		せん断	τ_{b2}＝2	f_{sb2}＝127	τ_{b2}＝3	f_{sb2}＝150

すべて許容応力以下である。

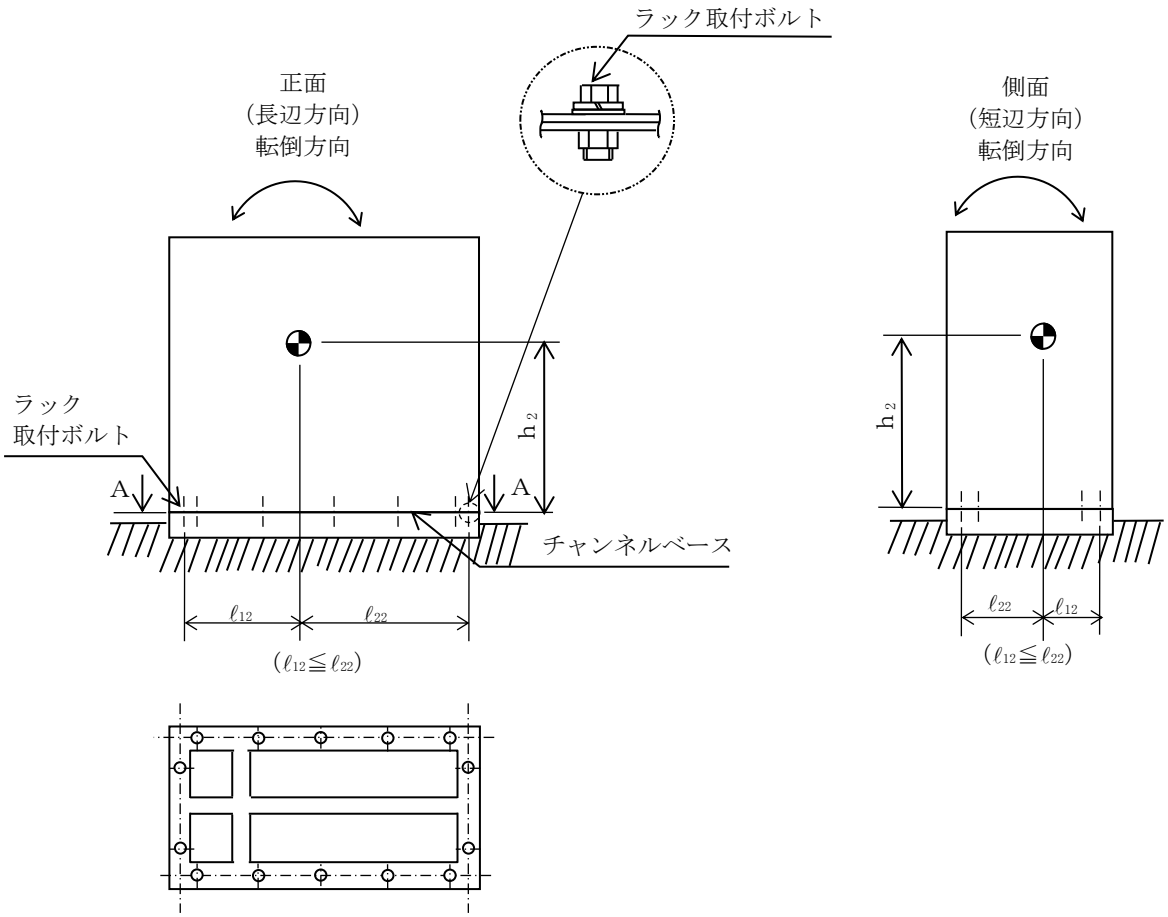
注記＊：f_{tsi}＝Min[1.4・f_{toi}－1.6・τ_{bi}, f_{toi}]

1.4.2 電気的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
制御棒駆動機構 充てん水圧力 (C12-PT-011C)	水平方向	0.99	[redacted]
	鉛直方向	1.03	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


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

A～A矢視図

(7)　サプレッションチェンバプール水位の耐震性についての計算書

目　　次

1.　サプレッションチェンバプール水位（E22-LT-010A,B,C,D）　1
1.1　概要　1
1.2　一般事項　1
1.2.1　構造計画　1
1.3　固有周期　3
1.3.1　固有周期の確認　3
1.4　構造強度評価　4
1.4.1　構造強度評価方法　4
1.4.2　荷重の組合せ及び許容応力　4
1.4.3　計算条件　4
1.5　機能維持評価　8
1.5.1　電気的機能維持評価方法　8
1.6　評価結果　9
1.6.1　設計基準対象施設としての評価結果　9
2.　サプレッションチェンバプール水位（T31-LT-028A,B）　22
2.1　概要　22
2.2　一般事項　22
2.2.1　構造計画　22
2.3　固有周期　24
2.3.1　固有周期の確認　24
2.4　構造強度評価　25
2.4.1　構造強度評価方法　25
2.4.2　荷重の組合せ及び許容応力　25
2.4.3　計算条件　25
2.5　機能維持評価　29
2.5.1　電気的機能維持評価方法　29
2.6　評価結果　30
2.6.1　設計基準対象施設としての評価結果　30

1. サプレッションチェンバプール水位（E22-LT-010A,B,C,D）

1.1 概要

本計算書は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，サプレッションチェンバプール水位が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

サプレッションチェンバプール水位は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に分類される。以下，設計基準対象施設としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

なお，サプレッションチェンバプール水位が設置される計装ラックは，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法」に記載の直立形であるため，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-7　計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

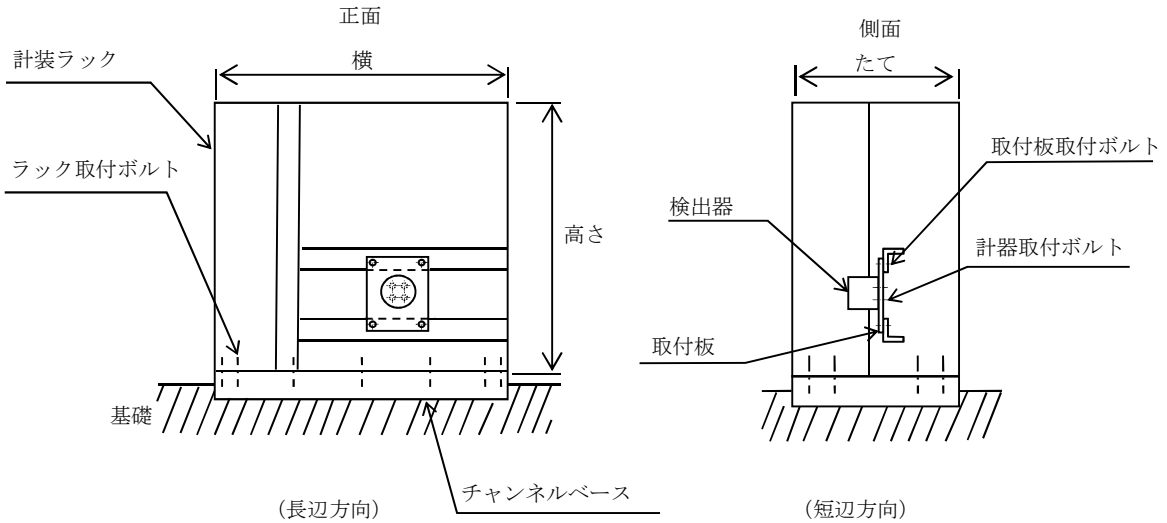
1.2 一般事項

1.2.1 構造計画

サプレッションチェンバプール水位の構造計画を表1－1に示す。

表1－1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
検出器は，計器取付ボルトにより取付板に固定され，取付板は，取付板取付ボルトにより計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。	差圧式水位検出器	【サプレッションチェンバプール水位】



機器名称	サプレッションチェンバプール水位 (H22-P005)	サプレッションチェンバプール水位 (H22-P006)	サプレッションチェンバプール水位 (H22-P007)	サプレッションチェンバプール水位 (H22-P008)
たて	600	600	600	600
横	1400	1600	1400	1400
高さ	1900	1900	1900	1900

(単位：mm)

1.3　固有周期

1.3.1　固有周期の確認

サプレッションチェンバプール水位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1－2に示す。

表1－2　固有周期　（単位：s）

サプレッションチェンバプール水位 (H22-P005)	水平	0.05以下
	鉛直	0.05以下
サプレッションチェンバプール水位 (H22-P006)	水平	0.05以下
	鉛直	0.05以下
サプレッションチェンバプール水位 (H22-P007)	水平	0.05以下
	鉛直	0.05以下
サプレッションチェンバプール水位 (H22-P008)	水平	0.05以下
	鉛直	0.05以下

1.4　構造強度評価

1.4.1　構造強度評価方法

サプレッションチェンバプール水位の構造強度評価は，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-7　計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

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

サプレッションチェンバプール水位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 に示す。

1.4.2.2　許容応力

サプレッションチェンバプール水位の許容応力は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 1－4 のとおりとする。

1.4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

サプレッションチェンバプール水位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 1－5 に示す。

1.4.3　計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【サプレッションチェンバプール水位（E22-LT-010A）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位（E22-LT-010B）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位（E22-LT-010C）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位（E22-LT-010D）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	サプレッションチェンバプール水位	S	—*	D＋P_D＋M_D＋S d *	ⅢAS
					D＋P_D＋M_D＋S s	ⅣAS

注記＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表1－4　許容応力（その他の支持構造物）

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

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

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

表 1－5　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
ラック取付ボルト	SS400 (径≦16mm)	周囲環境温度	100	221	373	―

1.5　機能維持評価

1.5.1　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位の電気的機能維持評価は，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-7　計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

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

機能確認済加速度を表1－6に示す。

表1－6　機能確認済加速度　　(×9.8m/s^2)

評価部位	方向	機能確認済加速度
サプレッションチェンバプール水位 (E22-LT-010A)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]
サプレッションチェンバプール水位 (E22-LT-010B)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]
サプレッションチェンバプール水位 (E22-LT-010C)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]
サプレッションチェンバプール水位 (E22-LT-010D)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]

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

サプレッションチェンバプール水位の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1)　構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2)　機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【サプレッションチェンバプール水位（E22-LT-010A）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
サプレッションチェンバプール水位 (E22-LT-010A)	S	原子炉建屋 T.M.S.L. -8.200*	0.05 以下	0.05 以下	C_H＝0.58	C_V＝0.62	C_H＝1.19	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 サプレッションチェンバプール水位 (H22-P005)

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)
ラック取付ボルト (ｉ＝2)	[redacted]	955	16 (M16)	201.1	14	221 (径≦16mm)	373 (径≦16mm)

部材	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	n_{fi}*	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
ラック取付ボルト (ｉ＝2)	265	285	5	221	261	短辺方向	長辺方向
	625	715	2				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

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

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ラック取付ボルト（ｉ＝2）	SS400	引張り	σ_{b2}＝5	f_{ts2}＝165*	σ_{b2}＝13	f_{ts2}＝195*
		せん断	τ_{b2}＝2	f_{sb2}＝127	τ_{b2}＝3	f_{sb2}＝150

すべて許容応力以下である。

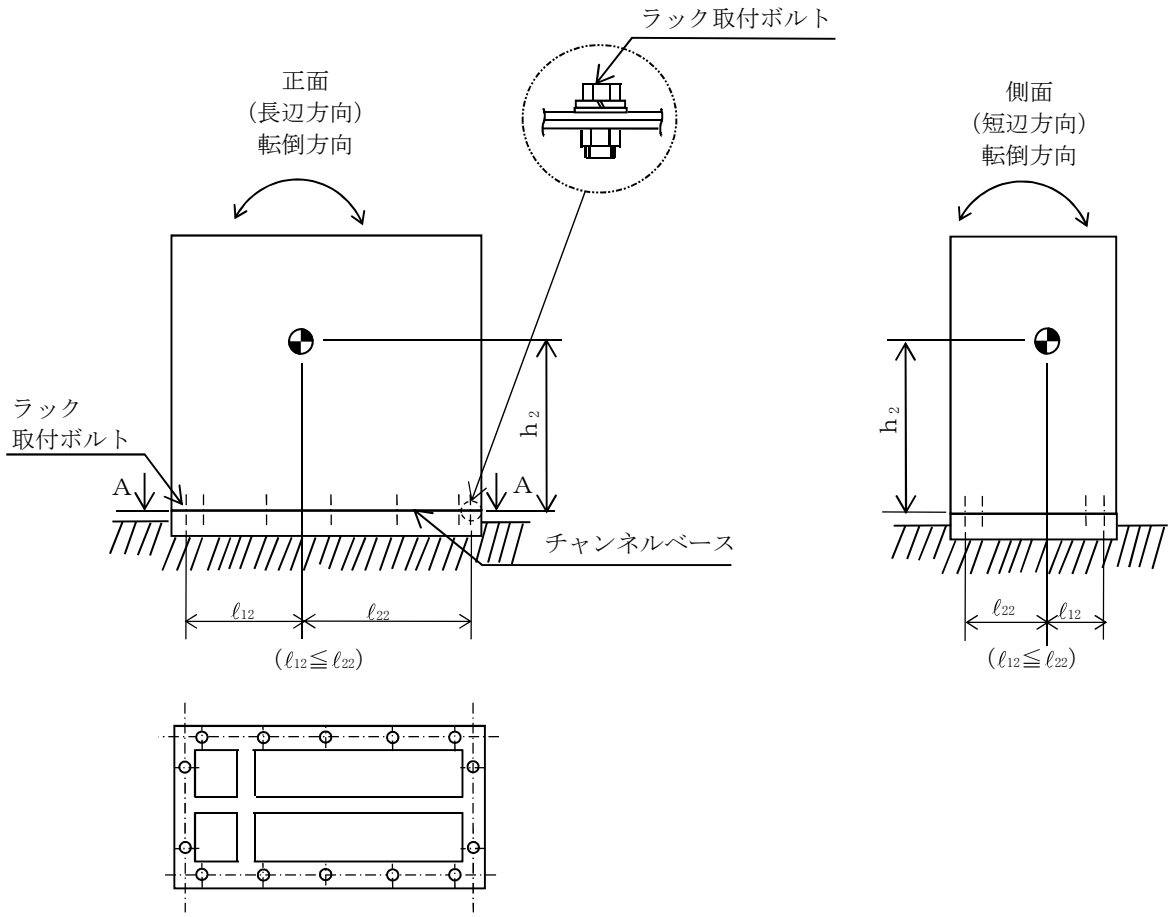
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

1.4.2 電気的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
サプレッションチェンバプール水位（E22-LT-010A）	水平方向	0.99	[redacted]
	鉛直方向	1.03	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


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

A～A矢視図

【サプレッションチェンバプール水位（E22-LT-010B）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
サプレッションチェンバプール水位 (E22-LT-010B)	S	原子炉建屋 T.M.S.L. -8.200*	0.05 以下	0.05 以下	C_H＝0.58	C_V＝0.62	C_H＝1.19	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 サプレッションチェンバプール水位 (H22-P006)

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)
ラック取付ボルト (i＝2)	[redacted]	960	16 (M16)	201.1	16	221 (径≦16mm)	373 (径≦16mm)

部材	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	n_{fi}*	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
ラック取付ボルト (i＝2)	265	285	6	221	261	短辺方向	長辺方向
	720	820	2				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

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

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ラック取付ボルト（ｉ＝2）	SS400	引張り	$\sigma_{b2}=4$	$f_{ts2}=165^{*}$	$\sigma_{b2}=13$	$f_{ts2}=195^{*}$
		せん断	$\tau_{b2}=1$	$f_{sb2}=127$	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=150$

すべて許容応力以下である。

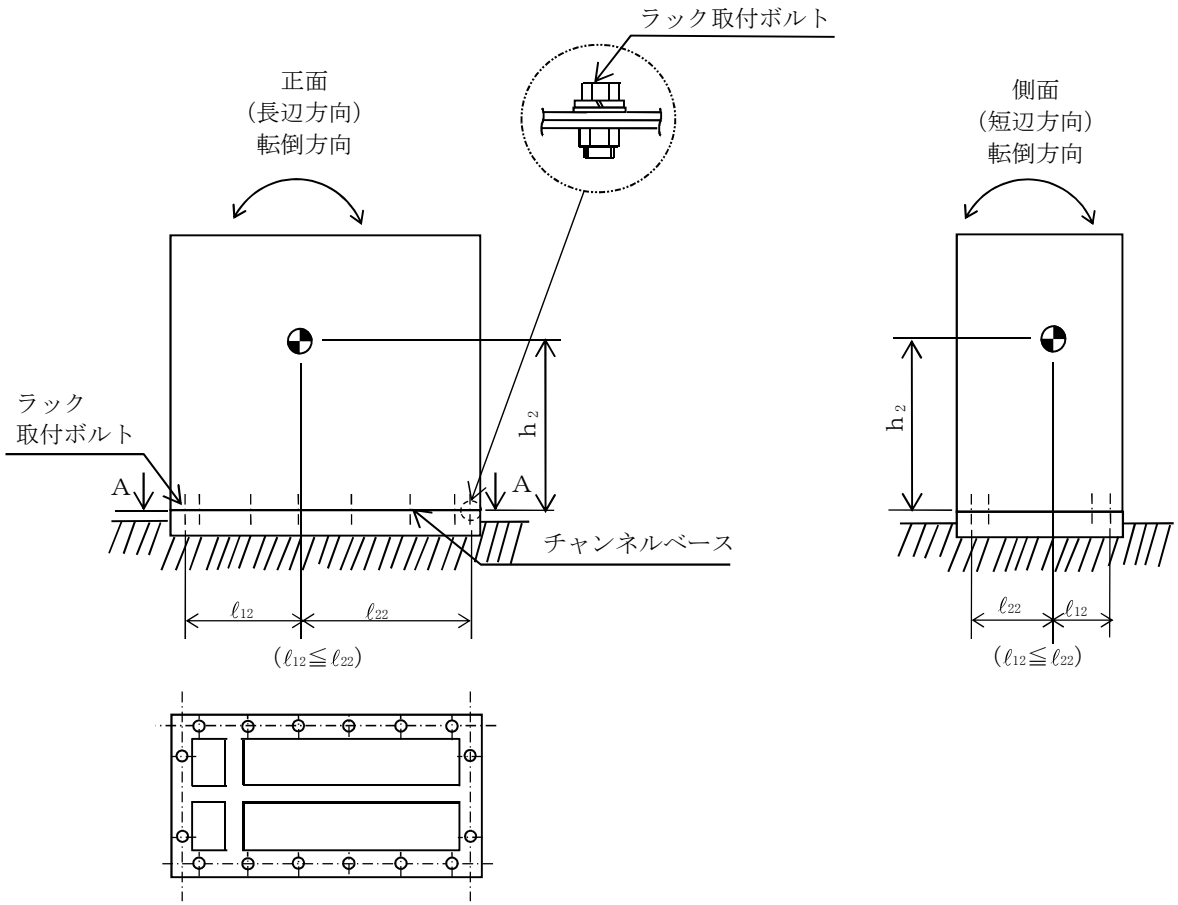
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

1.4.2 電気的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
サプレッションチェンバプール水位（E22-LT-010B）	水平方向	0.99	[redacted]
	鉛直方向	1.03	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


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

A～A矢視図

【サプレッションチェンバプール水位（E22-LT-010C）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
サプレッションチェンバプール水位 (E22-LT-010C)	S	原子炉建屋 T.M.S.L. -8.200*	0.05 以下	0.05 以下	C_H＝0.58	C_V＝0.62	C_H＝1.19	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 サプレッションチェンバプール水位 (H22-P007)

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)
ラック取付ボルト (ｉ＝2)	[redacted]	950	16 (M16)	201.1	14	221 (径≦16mm)	373 (径≦16mm)

部材	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	n_{fi}*	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
ラック取付ボルト (ｉ＝2)	265	285	5	221	261	短辺方向	長辺方向
	630	710	2				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

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

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ラック取付ボルト（ｉ＝2）	SS400	引張り	$\sigma_{b2}=5$	$f_{ts2}=165^{*}$	$\sigma_{b2}=13$	$f_{ts2}=195^{*}$
		せん断	$\tau_{b2}=1$	$f_{sb2}=127$	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=150$

すべて許容応力以下である。

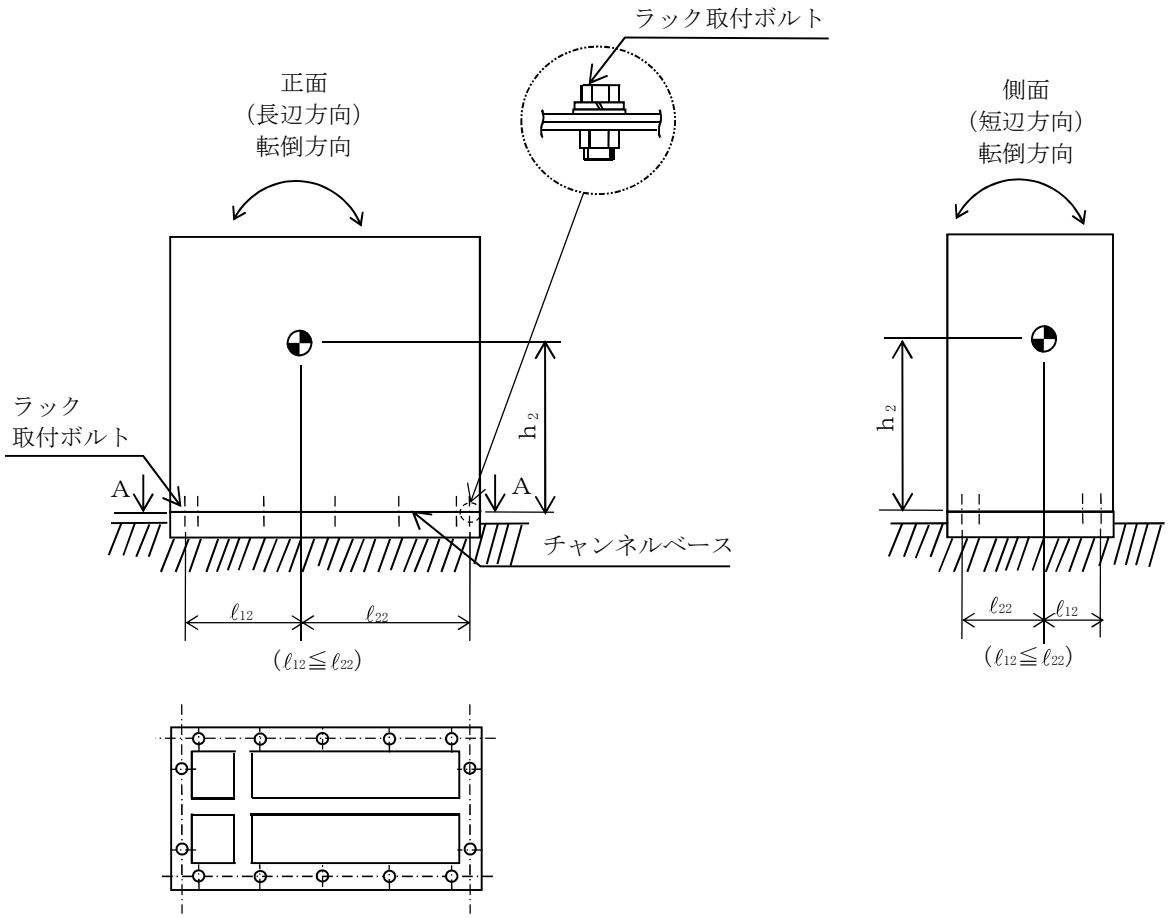
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

1.4.2 電気的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
サプレッションチェンバプール水位（E22-LT-010C）	水平方向	0.99	[redacted]
	鉛直方向	1.03	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


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

A～A矢視図

【サプレッションチェンバプール水位（E22-LT-010D）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
サプレッションチェンバプール水位 (E22-LT-010D)	S	原子炉建屋 T.M.S.L. -8.200*	0.05 以下	0.05 以下	C_H＝0.58	C_V＝0.62	C_H＝1.19	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 サプレッションチェンバプール水位 (H22-P008)

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)
ラック取付ボルト (i＝2)	[redacted]	960	16 (M16)	201.1	14	221 (径≦16mm)	373 (径≦16mm)

部材	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	n_{fi}*	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
ラック取付ボルト (i＝2)	265	285	5	221	261	短辺方向	長辺方向
	620	720	2				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

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

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ラック取付ボルト（ｉ＝2）	SS400	引張り	σ_{b2}＝5	f_{ts2}＝165*	σ_{b2}＝13	f_{ts2}＝195*
		せん断	τ_{b2}＝1	f_{sb2}＝127	τ_{b2}＝3	f_{sb2}＝150

すべて許容応力以下である。

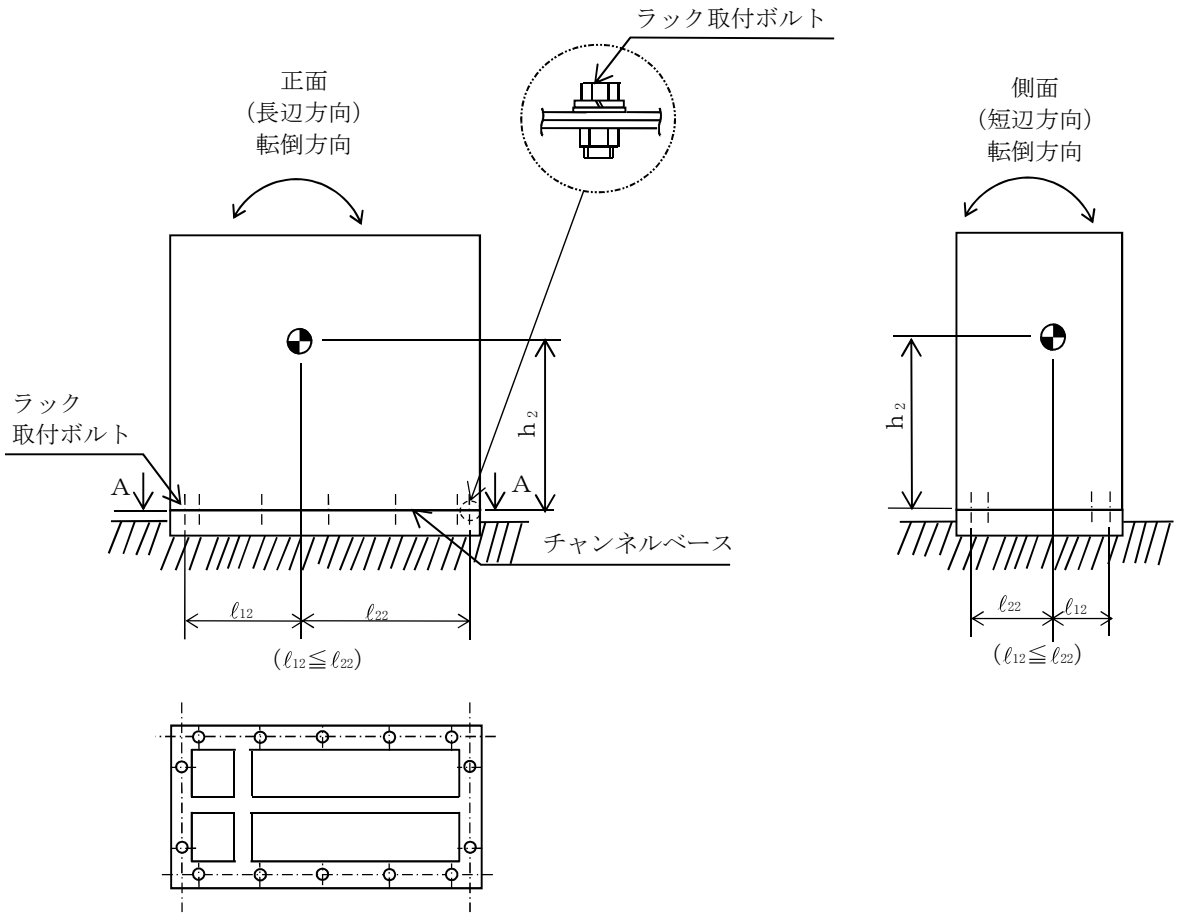
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

1.4.2 電気的機能の評価結果 (×9.8m/s^2)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
サプレッションチェンバプール水位（E22-LT-010D）	水平方向	0.99	
	鉛直方向	1.03	

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


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

A～A矢視図

2.　サプレッションチェンバプール水位（T31-LT-028A,B）

2.1　概要

本計算書は，Ｖ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，サプレッションチェンバプール水位が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

サプレッションチェンバプール水位は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に分類される。以下，設計基準対象施設としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

なお，サプレッションチェンバプール水位は，Ｖ-2-1-14「計算書作成の方法」に記載の壁掛形スタンションであるため，Ｖ-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-8　計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

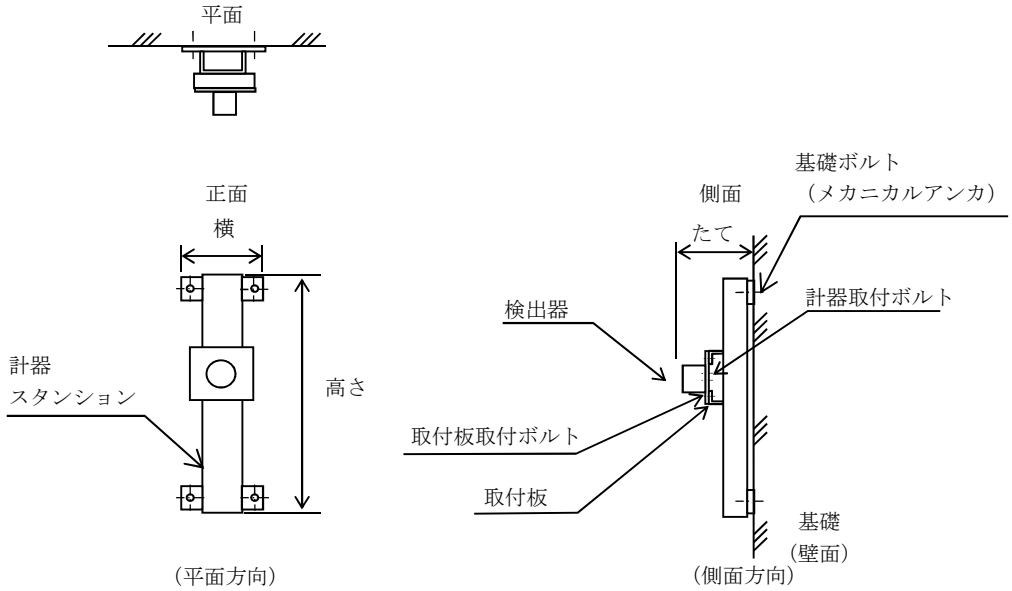
2.2　一般事項

2.2.1　構造計画

サプレッションチェンバプール水位の構造計画を表 2－1 に示す。

表 2－1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
検出器は，計器取付ボルトにより取付板に固定され，取付板は，取付板取付ボルトにより計器スタンションに固定される。計器スタンションは，基礎に基礎ボルトで設置する。	差圧式水位検出器	【サプレッションチェンバプール水位】



機器名称	サプレッションチェンバプール水位 (T31-LT-028A)	サプレッションチェンバプール水位 (T31-LT-028B)
たて	362	362
横	200	200
高さ	900	900

（単位：mm）

2.3　固有周期

2.3.1　固有周期の確認

サプレッションチェンバプール水位（T31-LT-028A）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。

サプレッションチェンバプール水位（T31-LT-028B）の固有周期は，構造が同等であり，同様な振動特性を持つスタンションに対する振動試験（自由振動試験）の結果確認された固有周期を使用する。固有周期の確認結果を表 2－2 に示す。

表 2－2　固有周期　　（単位：s）

サプレッションチェンバプール水位 （T31-LT-028A）	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]
サプレッションチェンバプール水位 （T31-LT-028B）	水平	0.05 以下
	鉛直	0.05 以下

2.4　構造強度評価

2.4.1　構造強度評価方法

サプレッションチェンバプール水位の構造強度評価は，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-8　計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

2.4.2　荷重の組合せ及び許容応力

2.4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

サプレッションチェンバプール水位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 に示す。

2.4.2.2　許容応力

サプレッションチェンバプール水位の許容応力は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 2－4 のとおりとする。

2.4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

サプレッションチェンバプール水位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 2－5 に示す。

2.4.3　計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【サプレッションチェンバプール水位（T31-LT-028A）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位（T31-LT-028B）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	サプレッションチェンバプール水位	S	—*	D＋P_D＋M_D＋S d *	ⅢAS
					D＋P_D＋M_D＋S s	ⅣAS

注記＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 2－4　許容応力（その他の支持構造物）

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

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

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

表 2－5　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
基礎ボルト	SS400 (40mm＜径)	周囲環境温度	100	194	373	―

2.5　機能維持評価

2.5.1　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位の電気的機能維持評価は，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-8　計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

スタンションに設置される検出器の機能確認済加速度は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，当該検出器と類似の検出器単体の正弦波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 2－6 に示す。

表 2－6　機能確認済加速度　　(×9.8m/s^2)

評価部位	方向	機能確認済加速度
サプレッションチェンバプール水位 (T31-LT-028A)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]
サプレッションチェンバプール水位 (T31-LT-028B)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]

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

サプレッションチェンバプール水位の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【サプレッションチェンバプール水位（T31-LT-028A）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
サプレッションチェンバプール水位 (T31-LT-028A)	S	原子炉建屋 T.M.S.L. -8.200 (T.M.S.L. -1.700*)	[redacted]	[redacted]	C_H=0.59	C_V=0.63	C_H=1.30	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 サプレッションチェンバプール水位

部材	m (kg)	h_2 (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	n	S_y (MPa)	S_u (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	169	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Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	499	160	840	2	2	194	232	正面方向	正面方向
	499	160	840	2	2				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_b		Q_b	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	σ_b=2	f_{ts}=116*	σ_b=4	f_{ts}=139*
		せん断	τ_b=2	f_{sb}=89	τ_b=3	f_{sb}=107

すべて許容応力以下である。

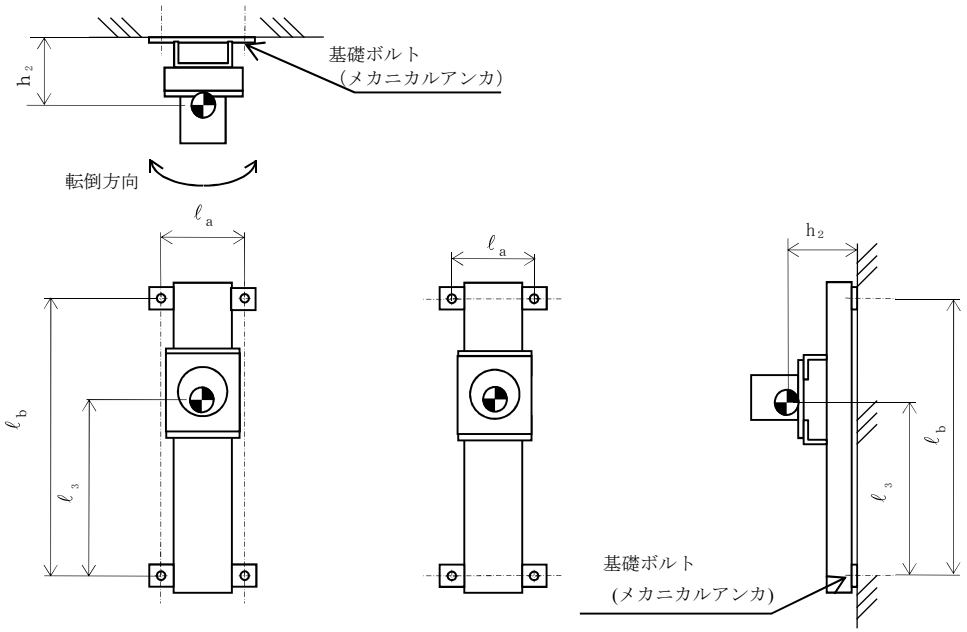
注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}]$

1.4.2 電気的機能の評価結果 (×9.8m/s^2)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
サプレッションチェンバプール水位 (T31-LT-028A)	水平方向	1.08	[redacted]
	鉛直方向	1.06	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度(1.0・ZPA)はすべて機能確認済加速度以下である。



（正面方向）　（側面方向）

【サプレッションチェンバプール水位（T31-LT-028B）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
サプレッションチェンバプール水位 (T31-LT-028B)	S	原子炉建屋 T.M.S.L. -8.200 (T.M.S.L. -1.700*)	0.05 以下	0.05 以下	C_H＝0.59	C_V＝0.63	C_H＝1.30	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 サプレッションチェンバプール水位

部材	m (kg)	h_2 (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	n	S_y (MPa)	S_u (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	169	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Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	499	160	840	2	2	194	232	正面方向	正面方向
	499	160	840	2	2				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_b		Q_b	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	σ_b=2	f_{ts}=116*	σ_b=4	f_{ts}=139*
		せん断	τ_b=2	f_{sb}=89	τ_b=3	f_{sb}=107

すべて許容応力以下である。

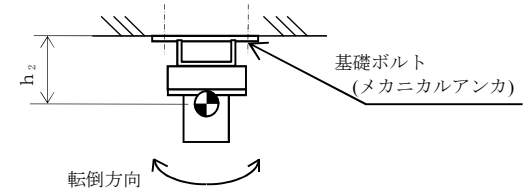
注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}]$

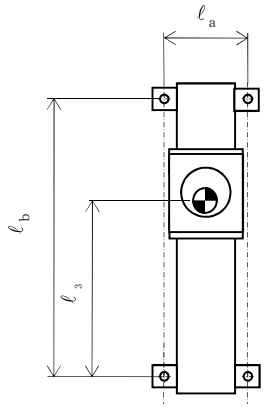
1.4.2 電気的機能の評価結果 (×9.8m/s^2)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
サプレッションチェンバプール水位 (T31-LT-028B)	水平方向	1.08	[redacted]
	鉛直方向	1.06	[redacted]

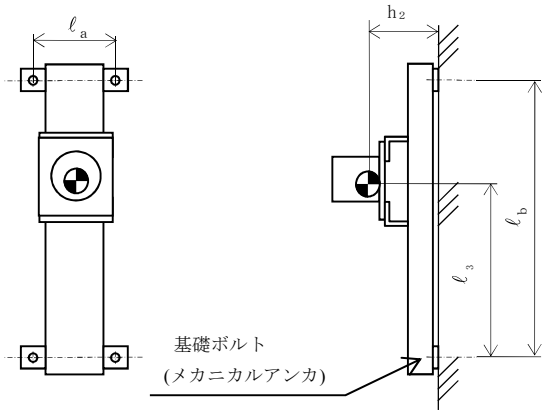
注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度(1.0・ZPA)はすべて機能確認済加速度以下である。





（正面方向）



（側面方向）

(8)　地震加速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 ····· 7
4.1　基本方針 ····· 7
4.2　固有周期の確認方法 ····· 7
4.3　固有周期の確認結果 ····· 7
5.　構造強度評価 ····· 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　基礎ボルトの応力計算条件 ····· 17
5.6　応力の評価 ····· 18
5.6.1　ボルトの応力評価 ····· 18
6.　機能維持評価 ····· 19
6.1　電気的機能維持評価方法 ····· 19
7.　評価結果 ····· 20
7.1　設計基準対象施設としての評価結果 ····· 20

1. 概要

本計算書は，Ｖ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，地震加速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。

地震加速度は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に分類される。以下，設計基準対象施設としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

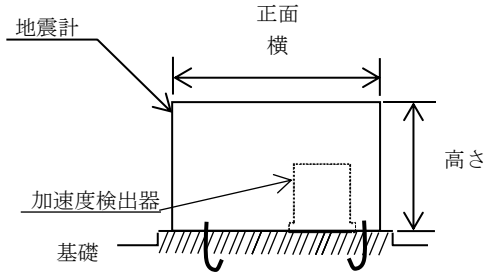
2. 一般事項

2.1 構造計画

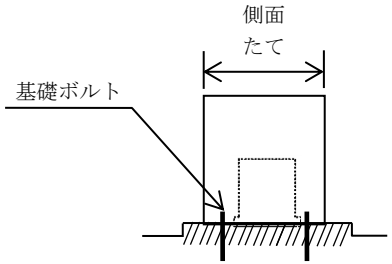
地震加速度の構造計画を表 2－1 に示す。

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	
地震加速度は，床に埋め込まれた基礎ボルトにより固定される。	加速度検出器	【地震加速度】



（長辺方向）



（短辺方向）

機器名称	地震加速度											
	C71-VBS-D001A	C71-VBS-D001B	C71-VBS-D001C	C71-VBS-D001D	C71-VBS-D002A	C71-VBS-D002B	C71-VBS-D002C	C71-VBS-D002D	C71-VBS-D003A	C71-VBS-D003B	C71-VBS-D003C	C71-VBS-D003D
たて	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320
横	550	550	550	550	550	550	550	550	550	550	550	550
高さ	340	340	340	340	340	340	340	340	340	340	340	340

（単位：mm）

2.2　評価方針

地震加速度の応力評価は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.1　構造計画」にて示す地震加速度の部位を踏まえ「3.　評価部位」にて設定する箇所において，「4.　固有周期」で測定した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを，「5.　構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また，地震加速度の機能維持評価は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電気的機能維持の方針に基づき，地震時の応答加速度が電気的機能確認済加速度以下であることを，「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。

地震加速度の耐震評価フローを図 2－1 に示す。

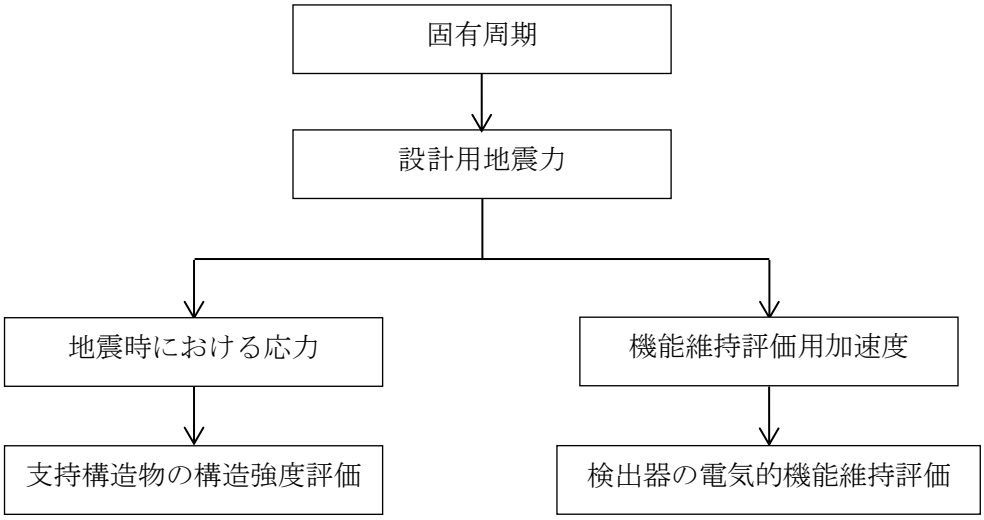


図 2－1　地震加速度の耐震評価フロー

2.3　適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

・原子力発電所耐震設計技術指針　重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１・補-1984（(社) 日本電気協会）

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

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

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

2.4　記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_b	ボルトの軸断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d	ボルトの呼び径	mm
F	設計・建設規格　SSB-3121.1(1)に定める値	MPa
F*	設計・建設規格　SSB-3133 に定める値	MPa
F_b	ボルトに作用する引張力（1 本当たり）	N
f_{sb}	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力	MPa
f_{to}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力	MPa
f_{ts}	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力	MPa
g	重力加速度（＝9.80665）	m/s^2
h	据付面又は取付面から重心までの距離	mm
ℓ_1	重心とボルト間の水平方向距離*	mm
ℓ_2	重心とボルト間の水平方向距離*	mm
m	質量	kg
n	ボルトの本数	—
n_f	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数	—
Q_b	ボルトに作用するせん断力	N
S_u	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表 9 に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表 8 に定める値	MPa
S_y（RT）	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表 8 に定める材料の 40℃における値	MPa
π	円周率	—
σ_b	ボルトに生じる引張応力	MPa
τ_b	ボルトに生じるせん断応力	MPa

注記＊：$\ell_1 \leqq \ell_2$

2.5　計算精度と数値の丸め方

精度は，有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は，表2－2に示すとおりとする。

表2－2　表示する数値の丸め方

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

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

＊2　：絶対値が1000以上のときは，べき数表示とする。

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

3.　評価部位

地震加速度の耐震評価は，「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基礎ボルトについて実施する。

地震加速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　基本方針

地震加速度の固有周期は，振動試験（加振試験）にて求める。

4.2　固有周期の確認方法

振動試験装置により固有振動数を測定する。地震加速度の外形図を表 2－1 の概略構造図に示す。

4.3　固有周期の確認結果

固有周期の確認結果を表 4－1 に示す。測定の結果，固有周期は 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。

表 4－1　固有周期　　（単位：s）

地震加速度 (C71-VBS-D001A)	水平	0.05 以下
	鉛直	0.05 以下
地震加速度 (C71-VBS-D001B)	水平	0.05 以下
	鉛直	0.05 以下
地震加速度 (C71-VBS-D001C)	水平	0.05 以下
	鉛直	0.05 以下
地震加速度 (C71-VBS-D001D)	水平	0.05 以下
	鉛直	0.05 以下
地震加速度 (C71-VBS-D002A)	水平	0.05 以下
	鉛直	0.05 以下
地震加速度 (C71-VBS-D002B)	水平	0.05 以下
	鉛直	0.05 以下
地震加速度 (C71-VBS-D002C)	水平	0.05 以下
	鉛直	0.05 以下
地震加速度 (C71-VBS-D002D)	水平	0.05 以下
	鉛直	0.05 以下
地震加速度 (C71-VBS-D003A)	水平	0.05 以下
	鉛直	0.05 以下
地震加速度 (C71-VBS-D003B)	水平	0.05 以下
	鉛直	0.05 以下
地震加速度 (C71-VBS-D003C)	水平	0.05 以下
	鉛直	0.05 以下
地震加速度 (C71-VBS-D003D)	水平	0.05 以下
	鉛直	0.05 以下

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

(1) 地震加速度の質量は重心に集中しているものとする。

(2) 地震力は地震加速度に対して，水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。

(3) 地震加速度は基礎ボルトで床面に固定されており，固定端とする。

(4) 転倒方向は，長辺方向及び短辺方向について検討し，計算書には結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。

(5) 地震加速度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

地震加速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 5－1 に示す。

5.2.2 許容応力

地震加速度の許容応力は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 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

地震加速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 5－3 に示す。

表5－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御系統施設	原子炉非常停止信号	地震加速度大	S	－*	$D+P_D+M_D+S_d^*$	III_AS
					$D+P_D+M_D+S_s$	IV_AS

注記＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表5－2　許容応力（その他の支持構造物）

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

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

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

表5－3　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
基礎ボルト	SS41* (40mm＜径)	周囲環境温度	40	215	400	―

注記＊：SS400 相当

5.3　設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表5－4に示す。

「弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度」及び「基準地震動Ｓｓ」による地震力は，Ⅴ-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

表5－4　設計用地震力（設計基準対象施設）

機器名称	据付場所及び床面高さ(m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
		水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度
地震加速度(C71-VBS-D001A)	原子炉建屋 T.M.S.L.-8.200*	0.05以下	0.05以下	C_H=0.58	C_V=0.62	C_H=1.19	C_V=1.24
地震加速度(C71-VBS-D001B)	原子炉建屋 T.M.S.L.-8.200*	0.05以下	0.05以下	C_H=0.58	C_V=0.62	C_H=1.19	C_V=1.24
地震加速度(C71-VBS-D001C)	原子炉建屋 T.M.S.L.-8.200*	0.05以下	0.05以下	C_H=0.58	C_V=0.62	C_H=1.19	C_V=1.24
地震加速度(C71-VBS-D001D)	原子炉建屋 T.M.S.L.-8.200*	0.05以下	0.05以下	C_H=0.58	C_V=0.62	C_H=1.19	C_V=1.24
地震加速度(C71-VBS-D002A)	原子炉建屋 T.M.S.L.-8.200*	0.05以下	0.05以下	C_H=0.58	C_V=0.62	C_H=1.19	C_V=1.24
地震加速度(C71-VBS-D002B)	原子炉建屋 T.M.S.L.-8.200*	0.05以下	0.05以下	C_H=0.58	C_V=0.62	C_H=1.19	C_V=1.24
地震加速度(C71-VBS-D002C)	原子炉建屋 T.M.S.L.-8.200*	0.05以下	0.05以下	C_H=0.58	C_V=0.62	C_H=1.19	C_V=1.24
地震加速度(C71-VBS-D002D)	原子炉建屋 T.M.S.L.-8.200*	0.05以下	0.05以下	C_H=0.58	C_V=0.62	C_H=1.19	C_V=1.24
地震加速度(C71-VBS-D003A)	原子炉建屋 T.M.S.L.23.500*	0.05以下	0.05以下	C_H=0.78	C_V=0.71	C_H=1.51	C_V=1.38
地震加速度(C71-VBS-D003B)	原子炉建屋 T.M.S.L.23.500*	0.05以下	0.05以下	C_H=0.78	C_V=0.71	C_H=1.51	C_V=1.38
地震加速度(C71-VBS-D003C)	原子炉建屋 T.M.S.L.23.500*	0.05以下	0.05以下	C_H=0.78	C_V=0.71	C_H=1.51	C_V=1.38
地震加速度(C71-VBS-D003D)	原子炉建屋 T.M.S.L.23.500*	0.05以下	0.05以下	C_H=0.78	C_V=0.71	C_H=1.51	C_V=1.38

注記＊：基準床レベルを示す。

5.4　計算方法

5.4.1　応力の計算方法

5.4.1.1　基礎ボルトの計算方法

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

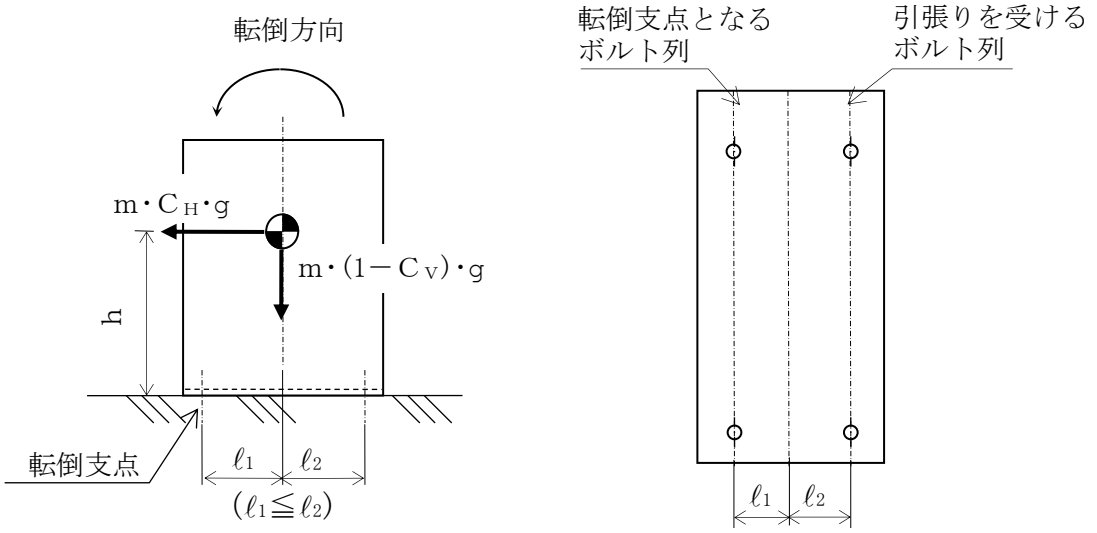


図5－1(1)　計算モデル（短辺方向転倒）(1－C V)≧0の場合

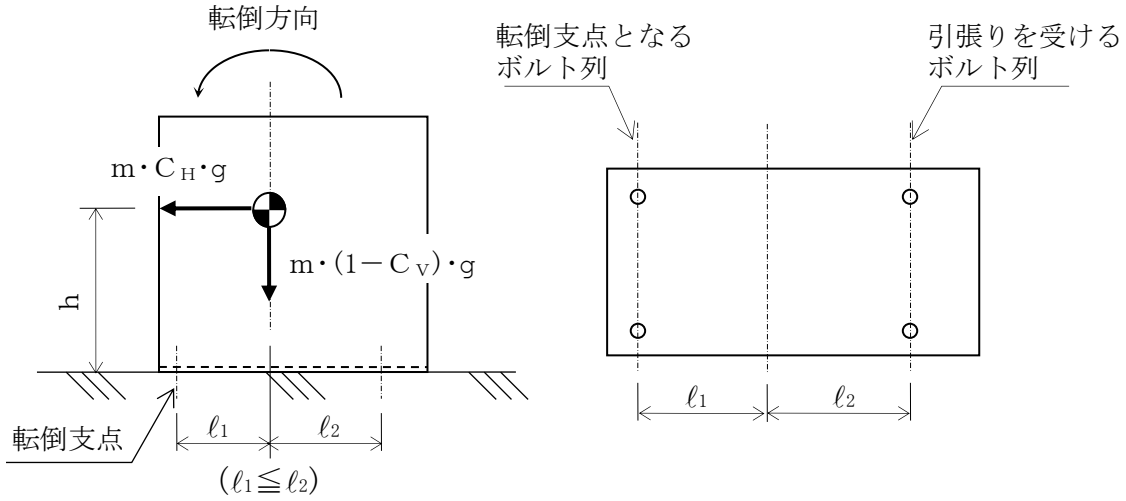


図5－1(2)　計算モデル（長辺方向転倒）(1－C V)≧0の場合

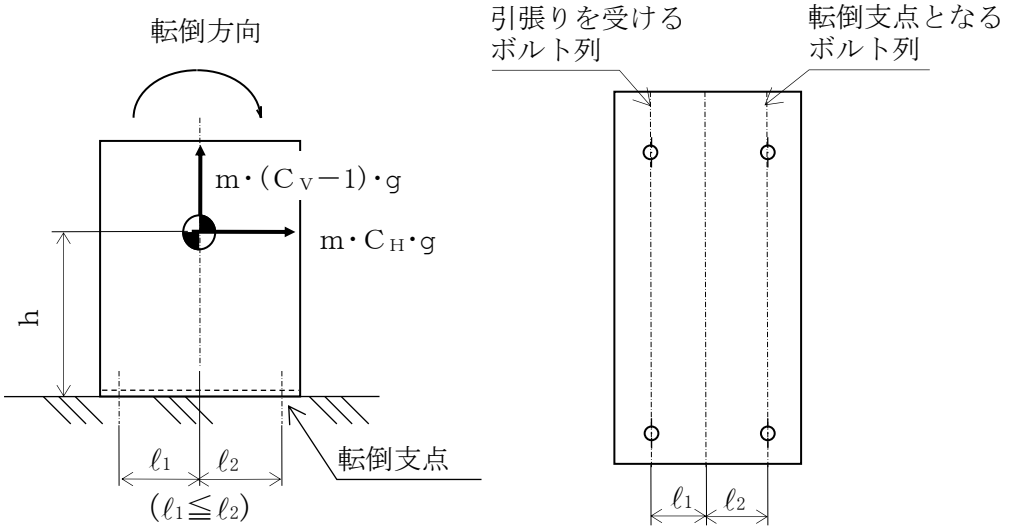


図5－1(3)　計算モデル（短辺方向転倒）（1－C V）＜0の場合

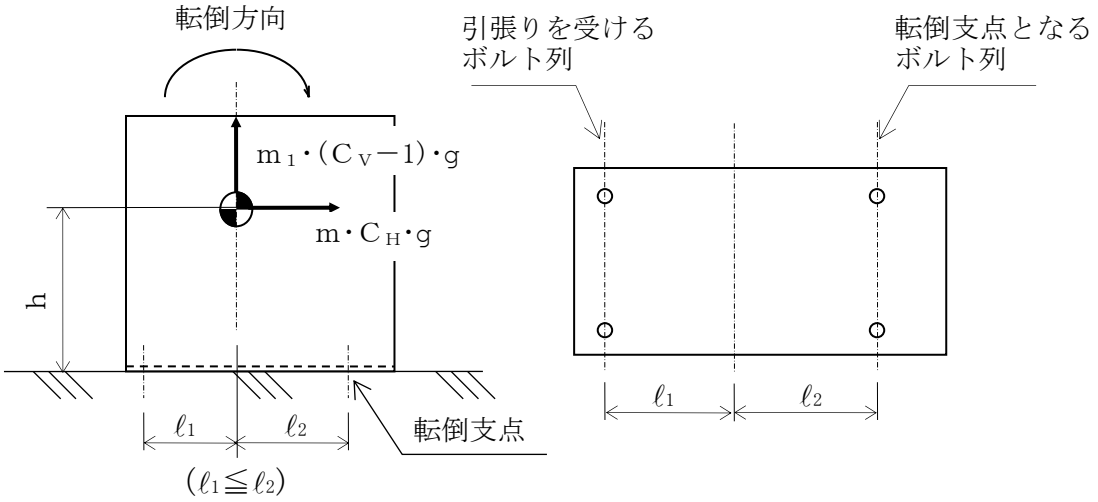


図5－1(4)　計算モデル（長辺方向転倒）（1－C V）＜0の場合

(1)　引張応力

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

引張力

計算モデル図5－1(1)(2)の場合の引張力

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

計算モデル図5－1(3)(4)の場合の引張力

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

引張応力

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

ここで，基礎ボルトの軸断面積A_bは次式により求める。

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

(2)　せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は，ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

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

せん断応力

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

5.5 計算条件

5.5.1 基礎ボルトの応力計算条件

基礎ボルトの応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【地震加速度（C71-VBS-D001A）の耐震性についての計算結果】，【地震加速度（C71-VBS-D001B）の耐震性についての計算結果】，【地震加速度（C71-VBS-D001C）の耐震性についての計算結果】，【地震加速度（C71-VBS-D001D）の耐震性についての計算結果】，【地震加速度（C71-VBS-D002A）の耐震性についての計算結果】，【地震加速度（C71-VBS-D002B）の耐震性についての計算結果】，【地震加速度（C71-VBS-D002C）の耐震性についての計算結果】，【地震加速度（C71-VBS-D002D）の耐震性についての計算結果】，【地震加速度（C71-VBS-D003A）の耐震性についての計算結果】，【地震加速度（C71-VBS-D003B）の耐震性についての計算結果】，【地震加速度（C71-VBS-D003C）の耐震性についての計算結果】及び【地震加速度（C71-VBS-D003D）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.6　応力の評価

5.6.1　ボルトの応力評価

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

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

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

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

6. 機能維持評価

6.1 電気的機能維持評価方法

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

地震加速度の機能確認済加速度は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，同形式の検出器単体の正弦波加振試験において電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表6－1に示す。

表6－1 機能確認済加速度 （×9.8m/s²）

評価部位	方向	機能確認済加速度
地震加速度 (C71-VBS-D001A)	水平	
	鉛直	
地震加速度 (C71-VBS-D001B)	水平	
	鉛直	
地震加速度 (C71-VBS-D001C)	水平	
	鉛直	
地震加速度 (C71-VBS-D001D)	水平	
	鉛直	
地震加速度 (C71-VBS-D002A)	水平	
	鉛直	
地震加速度 (C71-VBS-D002B)	水平	
	鉛直	
地震加速度 (C71-VBS-D002C)	水平	
	鉛直	
地震加速度 (C71-VBS-D002D)	水平	
	鉛直	
地震加速度 (C71-VBS-D003A)	水平	
	鉛直	
地震加速度 (C71-VBS-D003B)	水平	
	鉛直	
地震加速度 (C71-VBS-D003C)	水平	
	鉛直	
地震加速度 (C71-VBS-D003D)	水平	
	鉛直	

7. 評価結果

7.1 設計基準対象施設としての評価結果

地震加速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。

【地震加速度（C71-VBS-D001A）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
地震加速度 (C71-VBS-D001A)	S	原子炉建屋 T.M.S.L.-8.200*	0.05 以下	0.05 以下	C_H＝0.58	C_V＝0.62	C_H＝1.19	C_V＝1.24	40

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m (kg)	h (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	n	S_y (MPa)	S_u (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	85	12 (M12)	113.1	4	215 (40mm＜径)	400 (40mm＜径)

部材	ℓ_1* (mm)	ℓ_2* (mm)	n_f*	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	110	110	2	215	258	短辺方向	短辺方向
	190	230	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		Q_b	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS41	引張り	σ_b＝1	f_{ts}＝161*	σ_b＝2	f_{ts}＝193*
		せん断	τ_b＝1	f_{sb}＝124	τ_b＝2	f_{sb}＝148

すべて許容応力以下である。

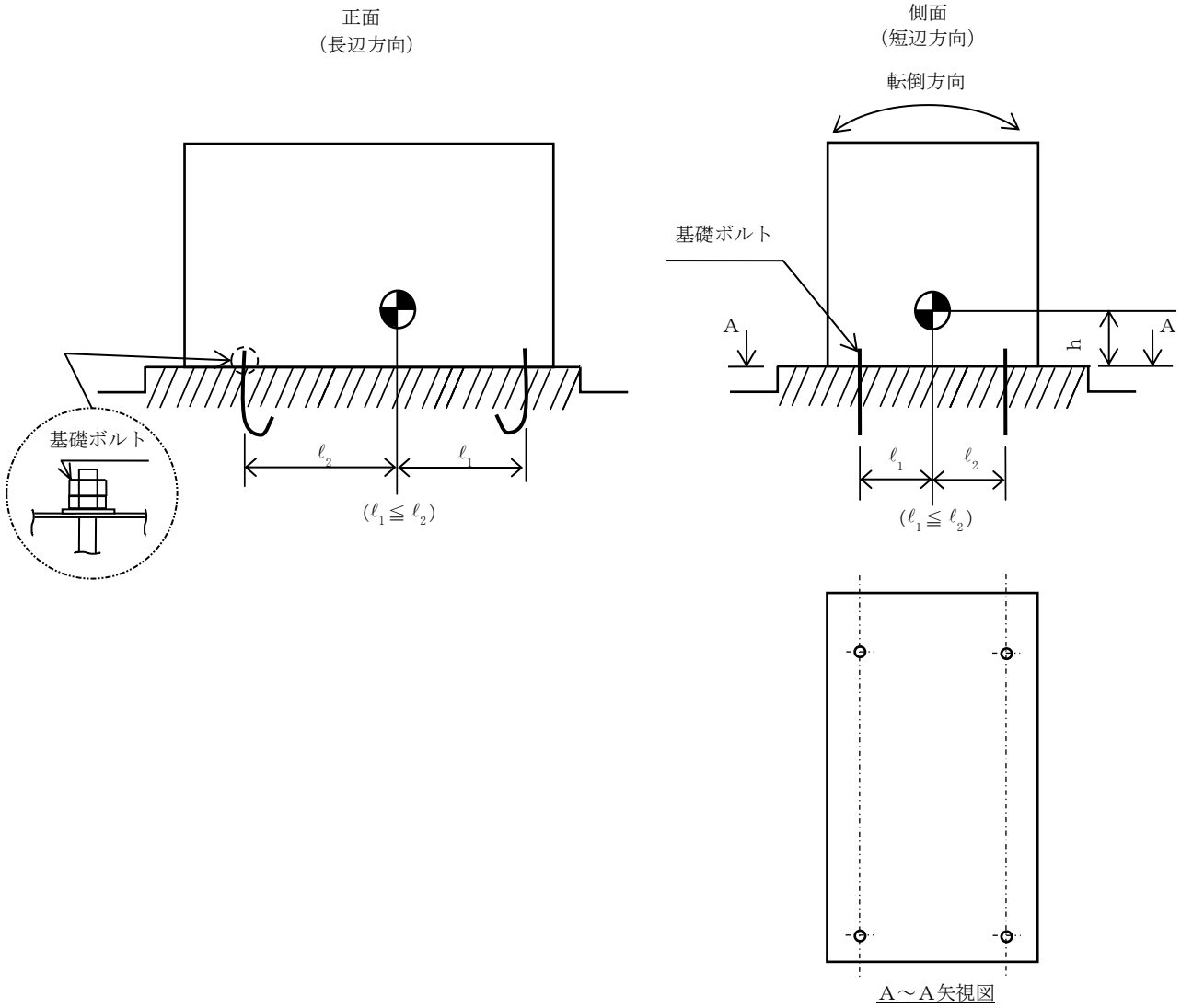
注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}]$

1.4.2 電気的機能の評価結果 (×9.8m/s^2)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
地震加速度 (C71-VBS-D001A)	水平方向	0.99	[redacted]
	鉛直方向	1.03	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


正面
（長辺方向）
基礎ボルト
ℓ_2
ℓ_1
$(\ell_1 \leqq \ell_2)$
側面
（短辺方向）
転倒方向
基礎ボルト
A
A
h
ℓ_1
ℓ_2
$(\ell_1 \leqq \ell_2)$

A～A矢視図

【地震加速度（C71-VBS-D001B）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
地震加速度 (C71-VBS-D001B)	S	原子炉建屋 T.M.S.L.-8.200*	0.05 以下	0.05 以下	C_H＝0.58	C_V＝0.62	C_H＝1.19	C_V＝1.24	40

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m (kg)	h (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	n	S_y (MPa)	S_u (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	85	12 (M12)	113.1	4	215 (40mm＜径)	400 (40mm＜径)

部材	ℓ_1* (mm)	ℓ_2* (mm)	n_f*	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	110	110	2	215	258	短辺方向	短辺方向
	190	230	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		Q_b	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS41	引張り	$\sigma_b=1$	$f_{ts}=161$*	$\sigma_b=2$	$f_{ts}=193$*
		せん断	$\tau_b=1$	$f_{sb}=124$	$\tau_b=2$	$f_{sb}=148$

すべて許容応力以下である。

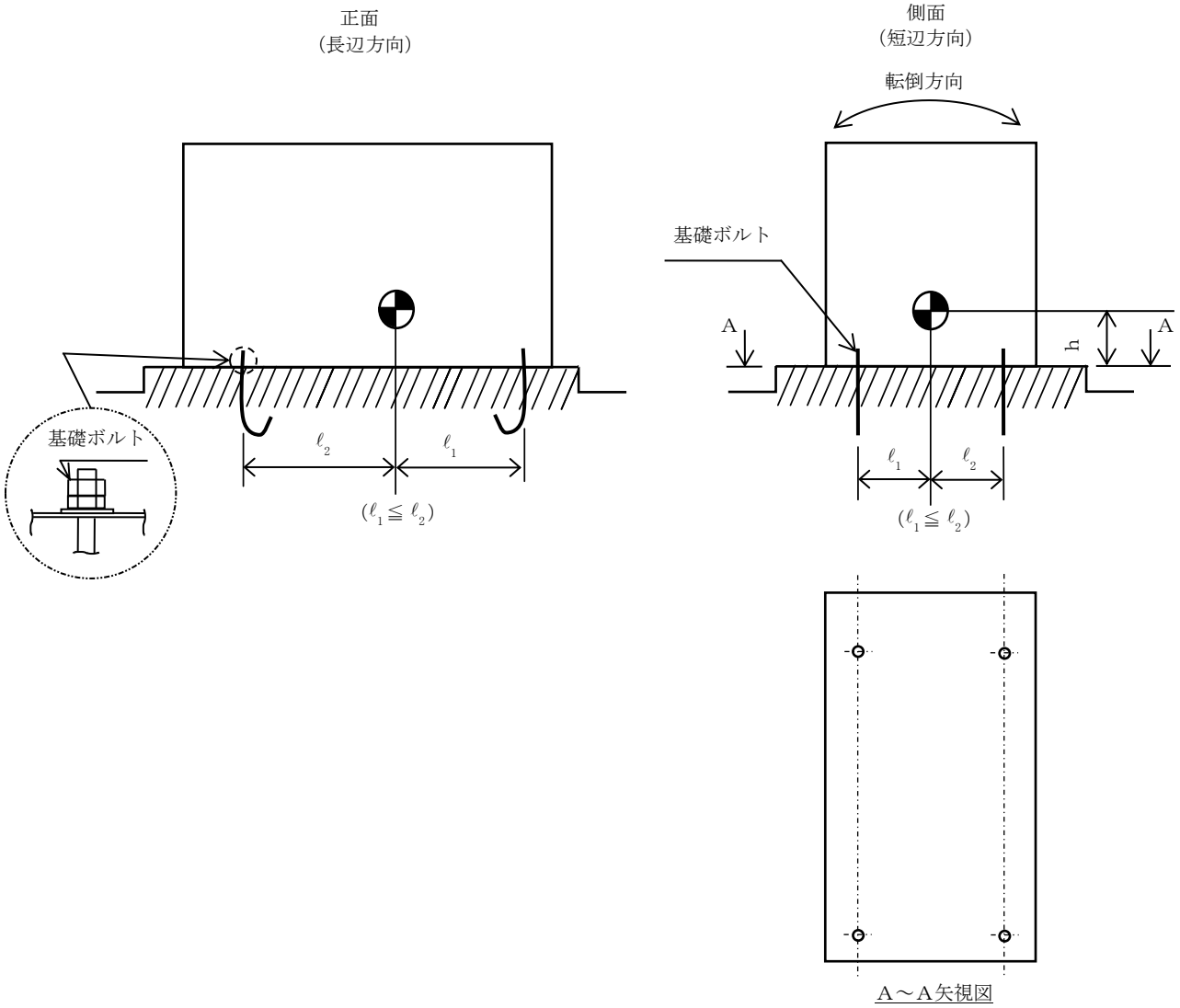
注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}]$

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
地震加速度(C71-VBS-D001B)	水平方向	0.99	[redacted]
	鉛直方向	1.03	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


正面
(長辺方向)
基礎ボルト
ℓ_2
ℓ_1
($\ell_1 \leqq \ell_2$)
側面
(短辺方向)
転倒方向
基礎ボルト
A
A
h
ℓ_1
ℓ_2
($\ell_1 \leqq \ell_2$)
A～A矢視図

【地震加速度（C71-VBS-D001C）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
地震加速度 (C71-VBS-D001C)	S	原子炉建屋 T.M.S.L.-8.200*	0.05 以下	0.05 以下	C_H＝0.58	C_V＝0.62	C_H＝1.19	C_V＝1.24	40

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m (kg)	h (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	n	S_y (MPa)	S_u (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	85	12 (M12)	113.1	4	215 (40mm＜径)	400 (40mm＜径)

部材	ℓ_1* (mm)	ℓ_2* (mm)	n_f*	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	110	110	2	215	258	短辺方向	短辺方向
	190	230	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		Q_b	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS41	引張り	$\sigma_b=1$	$f_{ts}=161^*$	$\sigma_b=2$	$f_{ts}=193^*$
		せん断	$\tau_b=1$	$f_{sb}=124$	$\tau_b=2$	$f_{sb}=148$

すべて許容応力以下である。

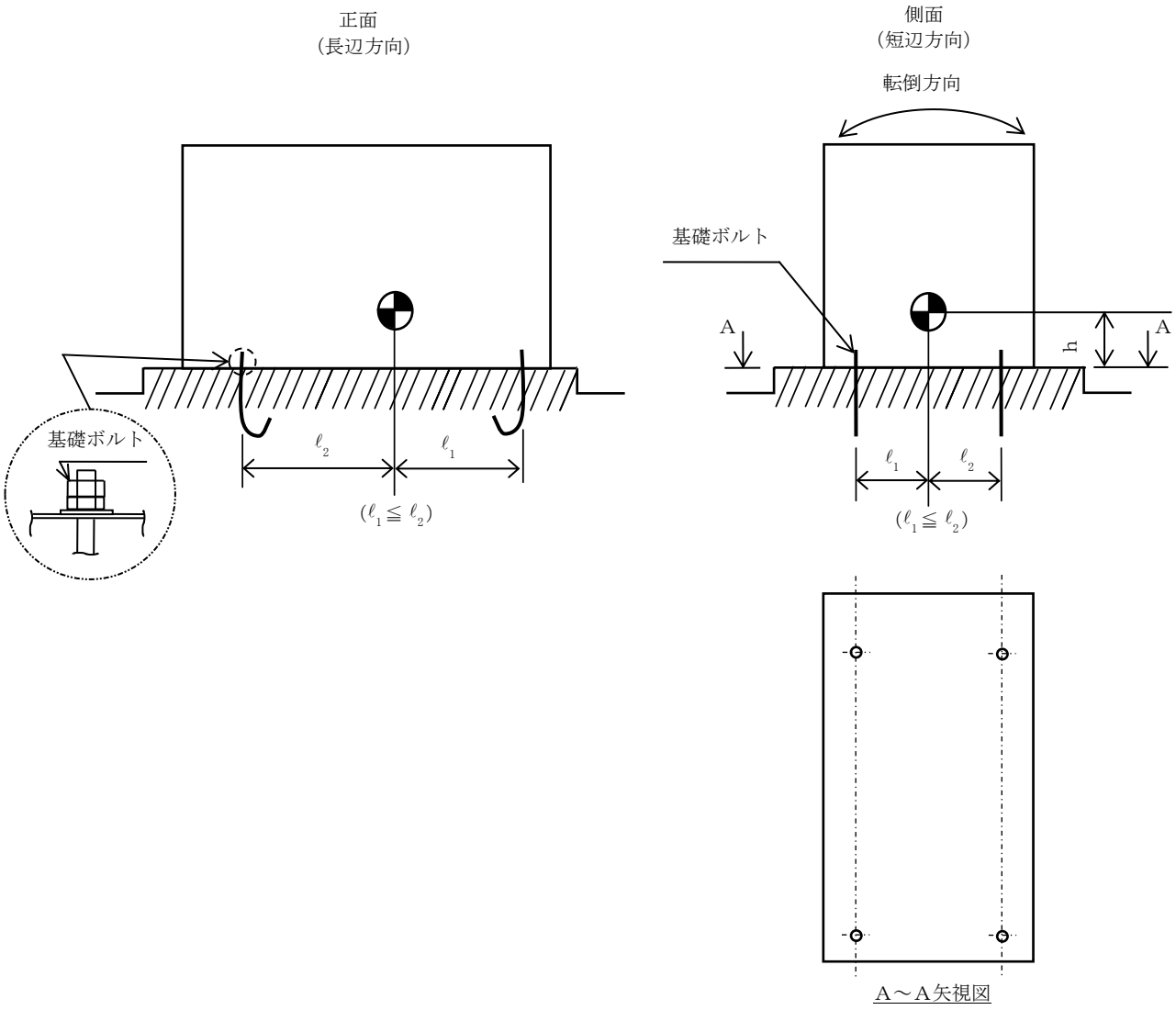
注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}]$

1.4.2 電気的機能の評価結果 ($\times 9.8 m/s^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
地震加速度 (C71-VBS-D001C)	水平方向	0.99	[redacted]
	鉛直方向	1.03	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


正面
(長辺方向)
基礎ボルト
ℓ_2
ℓ_1
($\ell_1 \leqq \ell_2$)
側面
(短辺方向)
転倒方向
基礎ボルト
A
A
h
ℓ_1
ℓ_2
($\ell_1 \leqq \ell_2$)
A～A矢視図

【地震加速度（C71-VBS-D001D）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
地震加速度 (C71-VBS-D001D)	S	原子炉建屋 T.M.S.L.-8.200*	0.05 以下	0.05 以下	C_H＝0.58	C_V＝0.62	C_H＝1.19	C_V＝1.24	40

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m (kg)	h (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	n	S_y (MPa)	S_u (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	85	12 (M12)	113.1	4	215 (40mm＜径)	400 (40mm＜径)

部材	ℓ_1* (mm)	ℓ_2* (mm)	n_f*	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	110	110	2	215	258	短辺方向	短辺方向
	190	230	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	Fb		Qb	
	弾性設計用地震動Sd又は静的震度	基準地震動Ss	弾性設計用地震動Sd又は静的震度	基準地震動Ss
基礎ボルト	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Sd又は静的震度		基準地震動Ss	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS41	引張り	σ_b=1	f_{ts}=161*	σ_b=2	f_{ts}=193*
		せん断	τ_b=1	f_{sb}=124	τ_b=2	f_{sb}=148

すべて許容応力以下である。

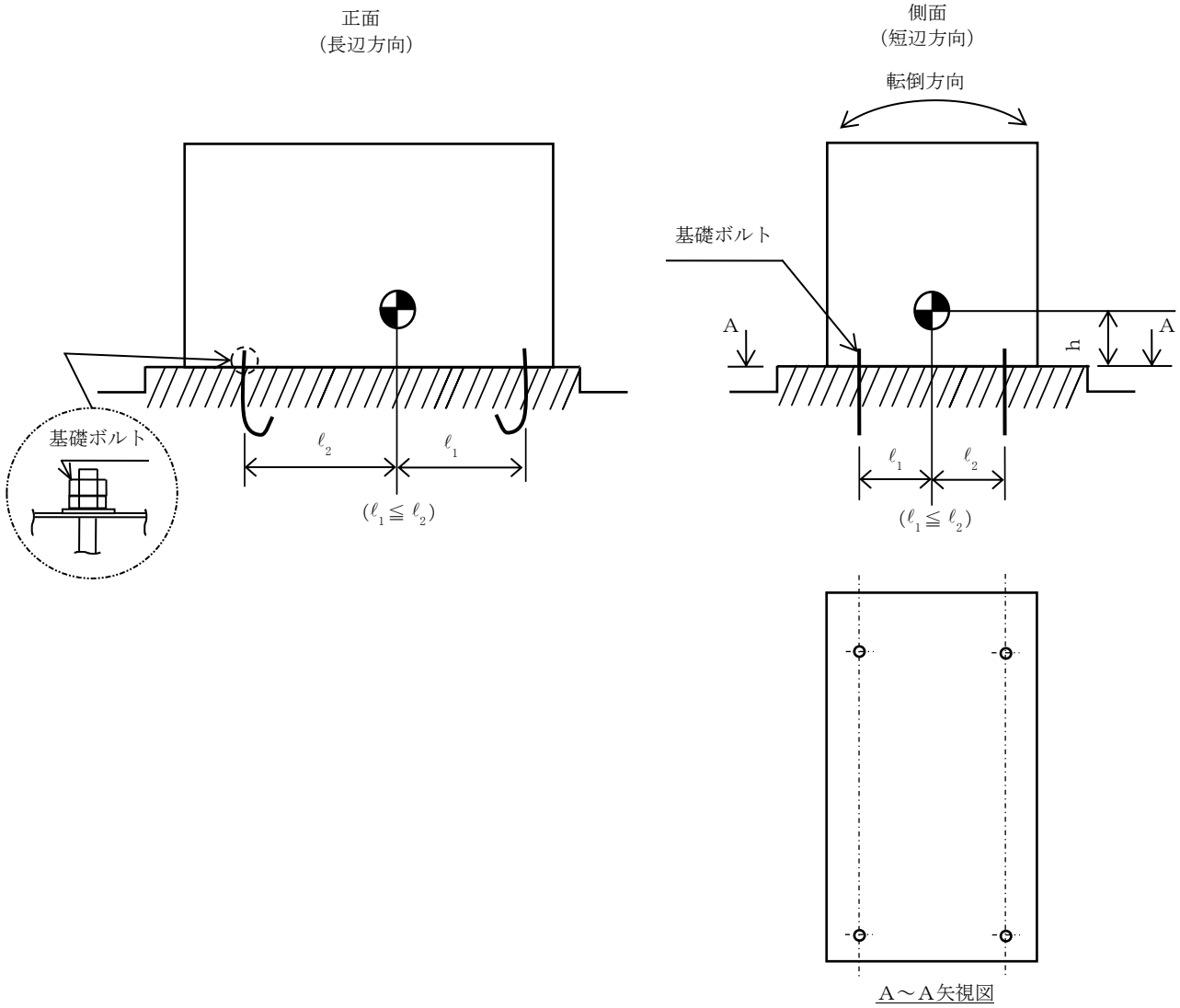
注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b, f_{to}]$

1.4.2 電気的機能の評価結果 (×9.8m/s^2)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
地震加速度(C71-VBS-D001D)	水平方向	0.99	[redacted]
	鉛直方向	1.03	[redacted]

注記＊：基準地震動Ssにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


正面
(長辺方向)
基礎ボルト
ℓ_2
ℓ_1
$(\ell_1 \leqq \ell_2)$
側面
(短辺方向)
転倒方向
基礎ボルト
A
A
h
ℓ_1
ℓ_2
$(\ell_1 \leqq \ell_2)$
A～A矢視図

【地震加速度（C71-VBS-D002A）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
地震加速度 (C71-VBS-D002A)	S	原子炉建屋 T.M.S.L.-8.200*	0.05 以下	0.05 以下	C_H＝0.58	C_V＝0.62	C_H＝1.19	C_V＝1.24	40

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m (kg)	h (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	n	S_y (MPa)	S_u (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	85	12 (M12)	113.1	4	215 (40mm＜径)	400 (40mm＜径)

部材	ℓ_1* (mm)	ℓ_2* (mm)	n_f*	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	110	110	2	215	258	短辺方向	短辺方向
	190	230	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		Q_b	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS41	引張り	$\sigma_b=1$	$f_{ts}=161$*	$\sigma_b=2$	$f_{ts}=193$*
		せん断	$\tau_b=1$	$f_{sb}=124$	$\tau_b=2$	$f_{sb}=148$

すべて許容応力以下である。

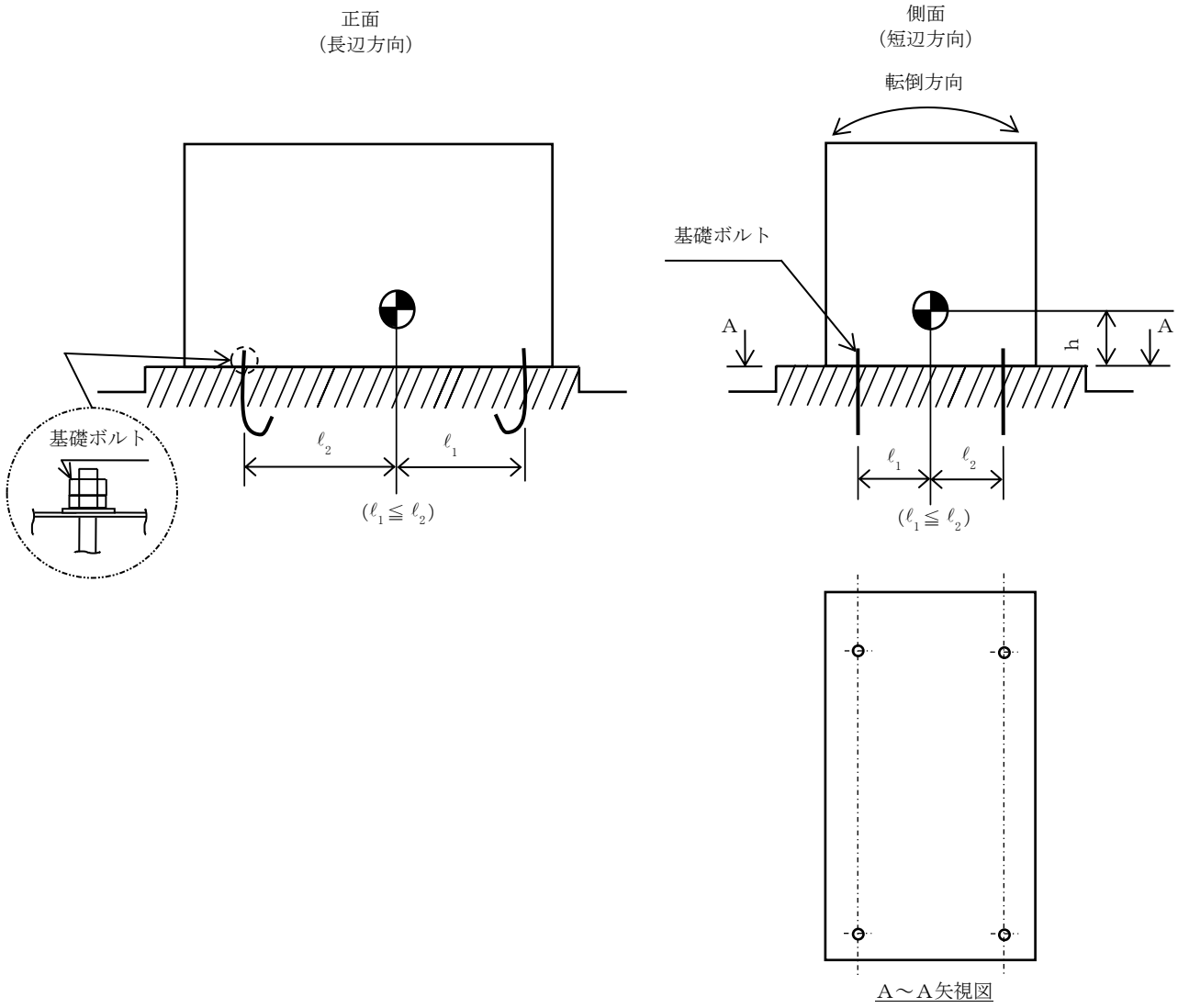
注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}]$

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
地震加速度(C71-VBS-D002A)	水平方向	0.99	[redacted]
	鉛直方向	1.03	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


正面
(長辺方向)
基礎ボルト
ℓ_2
ℓ_1
($\ell_1 \leqq \ell_2$)
側面
(短辺方向)
転倒方向
基礎ボルト
A
A
h
ℓ_1
ℓ_2
($\ell_1 \leqq \ell_2$)
A～A矢視図

【地震加速度（C71-VBS-D002B）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
地震加速度 (C71-VBS-D002B)	S	原子炉建屋 T.M.S.L.-8.200*	0.05 以下	0.05 以下	C_H＝0.58	C_V＝0.62	C_H＝1.19	C_V＝1.24	40

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m (kg)	h (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	n	S_y (MPa)	S_u (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	85	12 (M12)	113.1	4	215 (40mm＜径)	400 (40mm＜径)

部材	ℓ_1* (mm)	ℓ_2* (mm)	n_f*	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	110	110	2	215	258	短辺方向	短辺方向
	190	230	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		Q_b	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS41	引張り	$\sigma_b=1$	$f_{ts}=161^*$	$\sigma_b=2$	$f_{ts}=193^*$
		せん断	$\tau_b=1$	$f_{sb}=124$	$\tau_b=2$	$f_{sb}=148$

すべて許容応力以下である。

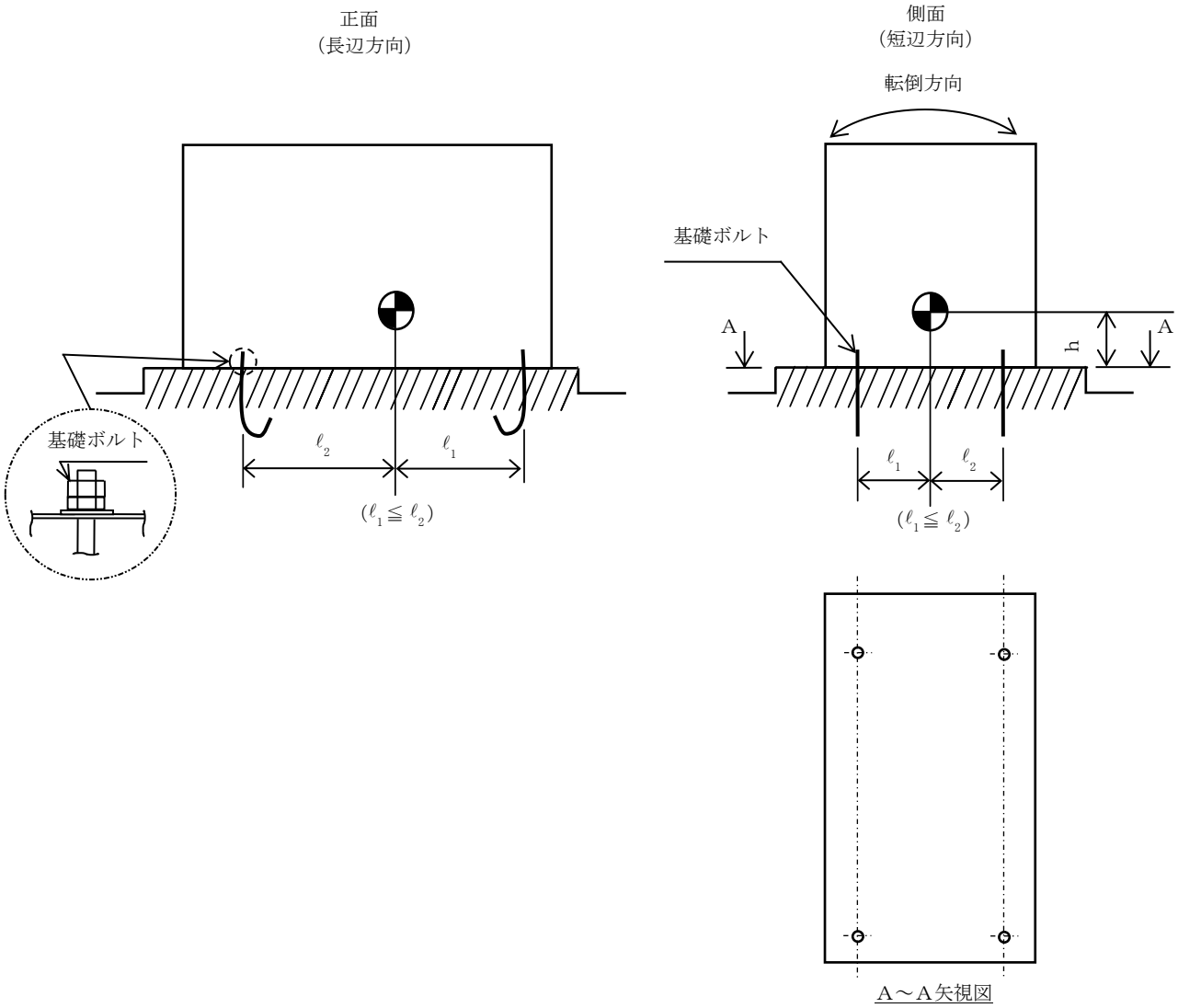
注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}]$

1.4.2 電気的機能の評価結果 ($\times 9.8 m/s^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
地震加速度 (C71-VBS-D002B)	水平方向	0.99	[redacted]
	鉛直方向	1.03	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


正面
(長辺方向)
基礎ボルト
ℓ_2
ℓ_1
($\ell_1 \leqq \ell_2$)
側面
(短辺方向)
転倒方向
基礎ボルト
A
A
h
ℓ_1
ℓ_2
($\ell_1 \leqq \ell_2$)
A～A矢視図

【地震加速度（C71-VBS-D002C）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
地震加速度 (C71-VBS-D002C)	S	原子炉建屋 T.M.S.L.-8.200*	0.05 以下	0.05 以下	C_H＝0.58	C_V＝0.62	C_H＝1.19	C_V＝1.24	40

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m (kg)	h (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	n	S_y (MPa)	S_u (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	85	12 (M12)	113.1	4	215 (40mm＜径)	400 (40mm＜径)

部材	ℓ_1* (mm)	ℓ_2* (mm)	n_f*	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	110	110	2	215	258	短辺方向	短辺方向
	190	230	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		Q_b	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS41	引張り	$\sigma_b=1$	$f_{ts}=161^*$	$\sigma_b=2$	$f_{ts}=193^*$
		せん断	$\tau_b=1$	$f_{sb}=124$	$\tau_b=2$	$f_{sb}=148$

すべて許容応力以下である。

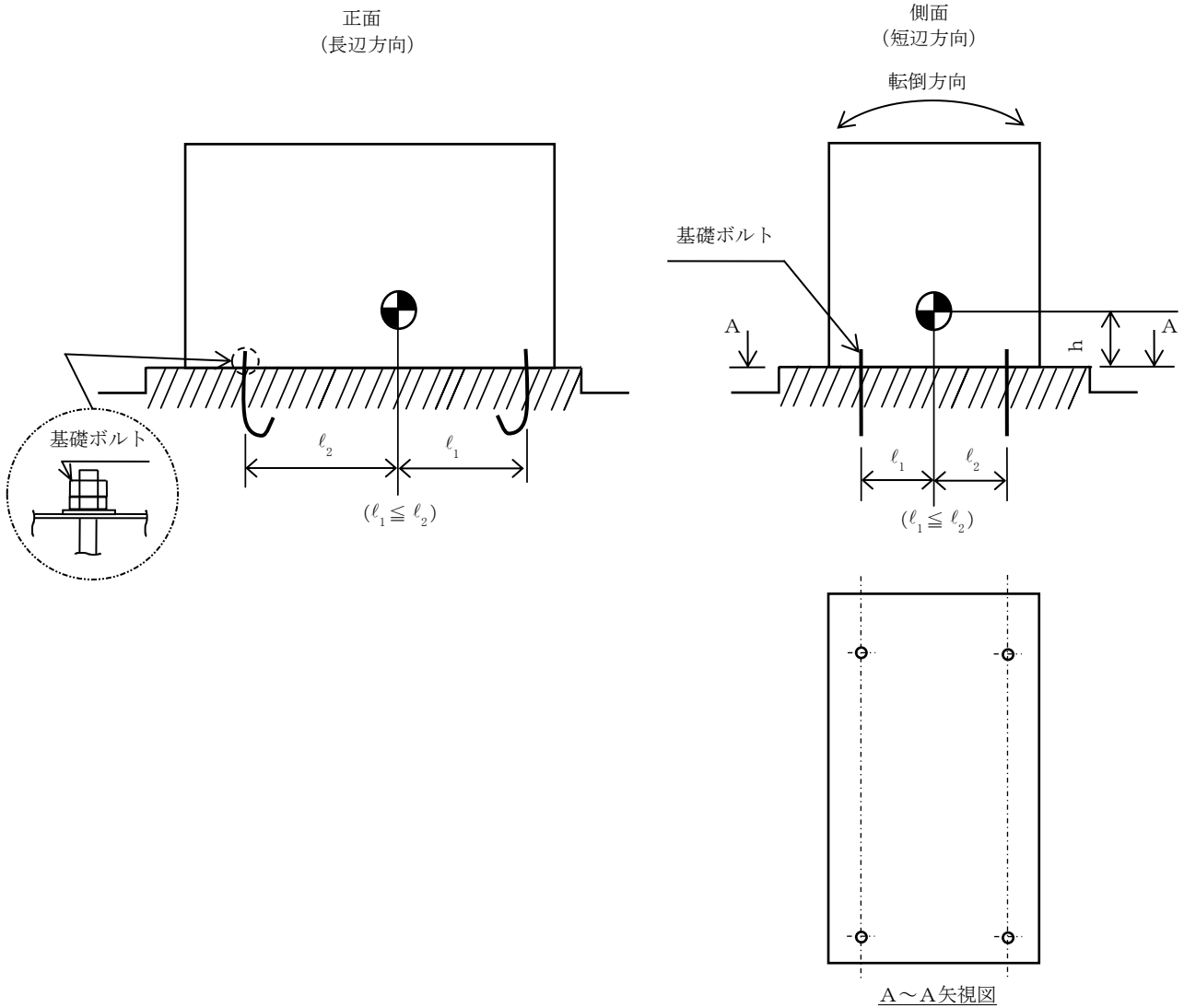
注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}]$

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
地震加速度(C71-VBS-D002C)	水平方向	0.99	[redacted]
	鉛直方向	1.03	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


正面
(長辺方向)
基礎ボルト
ℓ_2
ℓ_1
($\ell_1 \leqq \ell_2$)
側面
(短辺方向)
転倒方向
基礎ボルト
A
A
h
ℓ_1
ℓ_2
($\ell_1 \leqq \ell_2$)
A～A矢視図

【地震加速度（C71-VBS-D002D）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
地震加速度 (C71-VBS-D002D)	S	原子炉建屋 T.M.S.L.-8.200*	0.05 以下	0.05 以下	C_H＝0.58	C_V＝0.62	C_H＝1.19	C_V＝1.24	40

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m (kg)	h (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	n	S_y (MPa)	S_u (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	85	12 (M12)	113.1	4	215 (40mm＜径)	400 (40mm＜径)

部材	ℓ_1* (mm)	ℓ_2* (mm)	n_f*	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	110	110	2	215	258	短辺方向	短辺方向
	190	230	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		Q_b	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS41	引張り	$\sigma_b=1$	$f_{ts}=161$*	$\sigma_b=2$	$f_{ts}=193$*
		せん断	$\tau_b=1$	$f_{sb}=124$	$\tau_b=2$	$f_{sb}=148$

すべて許容応力以下である。

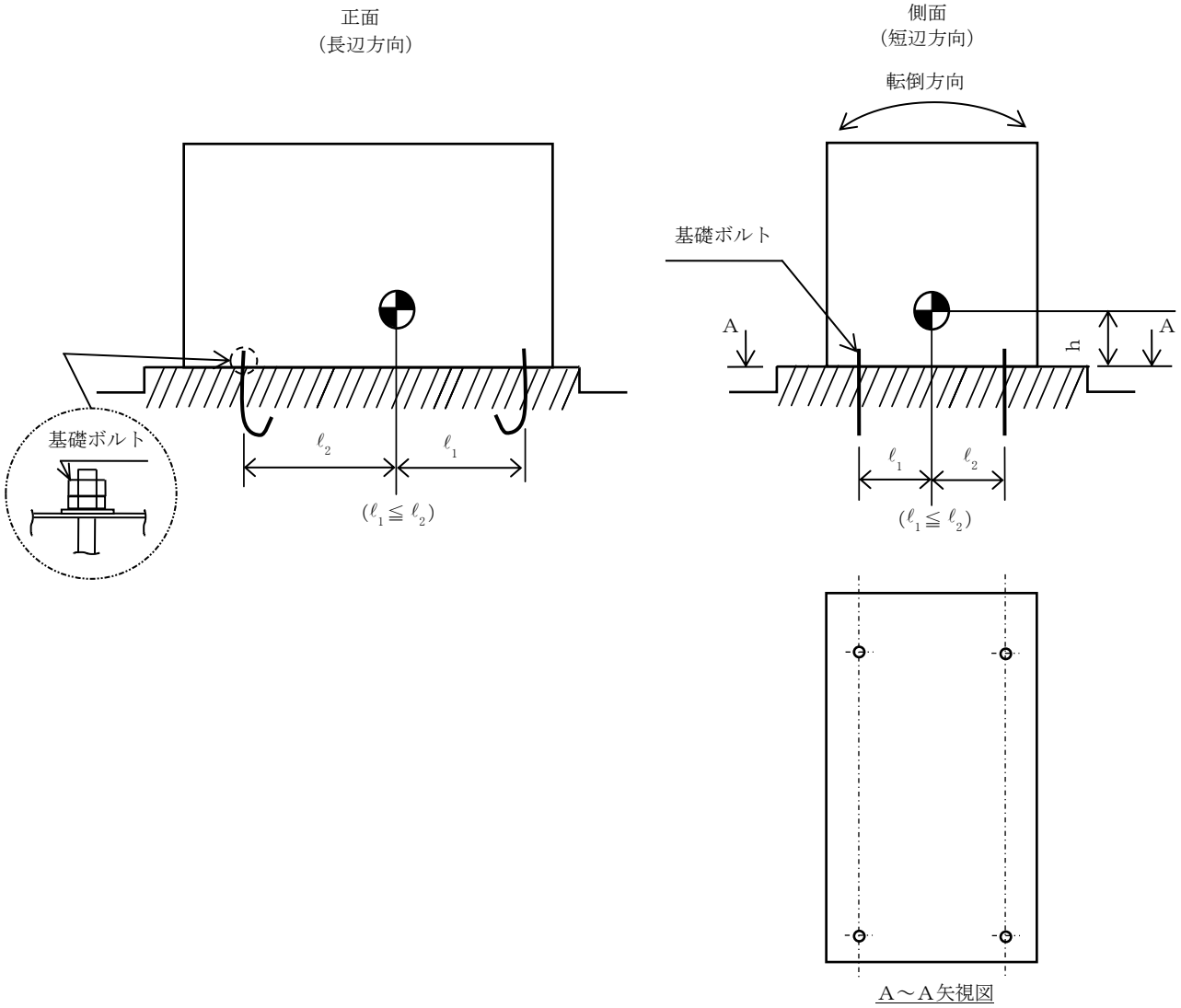
注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}]$

1.4.2 電気的機能の評価結果 ($\times 9.8 m/s^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
地震加速度 (C71-VBS-D002D)	水平方向	0.99	[redacted]
	鉛直方向	1.03	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


正面
(長辺方向)
基礎ボルト
ℓ_2
ℓ_1
$(\ell_1 \leqq \ell_2)$
側面
(短辺方向)
転倒方向
基礎ボルト
A
A
h
ℓ_1
ℓ_2
$(\ell_1 \leqq \ell_2)$
A～A矢視図

【地震加速度（C71-VBS-D003A）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
地震加速度 (C71-VBS-D003A)	S	原子炉建屋 T.M.S.L. 23.500*	0.05 以下	0.05 以下	C_H＝0.78	C_V＝0.71	C_H＝1.51	C_V＝1.38	40

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m (kg)	h (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	n	S_y (MPa)	S_u (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	85	12 (M12)	113.1	4	215 (40mm＜径)	400 (40mm＜径)

部材	ℓ_1* (mm)	ℓ_2* (mm)	n_f*	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	110	110	2	215	258	短辺方向	短辺方向
	190	230	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		Q_b	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS41	引張り	$\sigma_b=1$	$f_{ts}=161$*	$\sigma_b=3$	$f_{ts}=193$*
		せん断	$\tau_b=2$	$f_{sb}=124$	$\tau_b=3$	$f_{sb}=148$

すべて許容応力以下である。

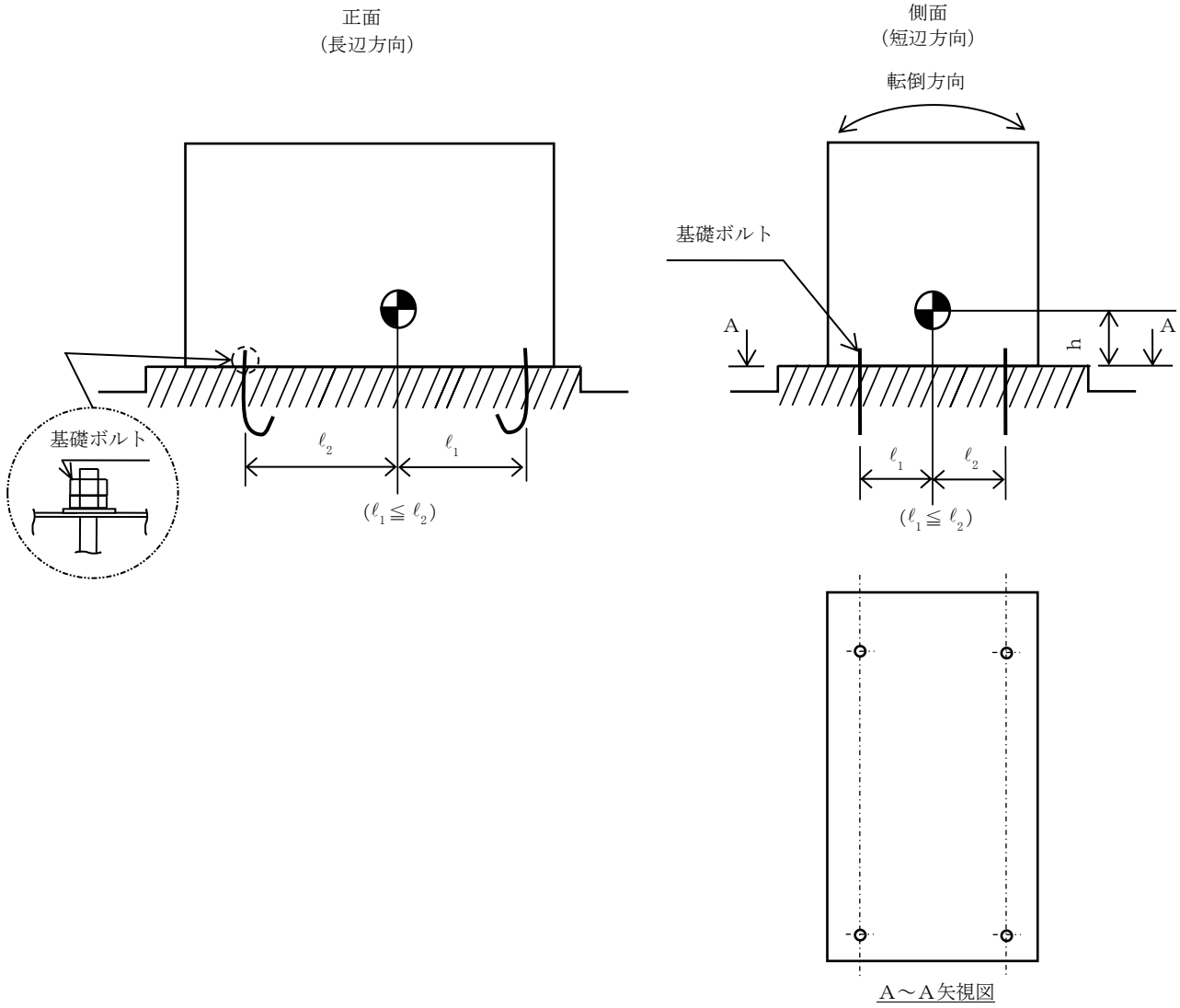
注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}]$

1.4.2 電気的機能の評価結果 ($\times 9.8 m/s^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
地震加速度 (C71-VBS-D003A)	水平方向	1.27	[redacted]
	鉛直方向	1.15	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


正面
（長辺方向）
側面
（短辺方向）
転倒方向
基礎ボルト
A
A
h
基礎ボルト
ℓ_2
ℓ_1
$(\ell_1 \leqq \ell_2)$
ℓ_1
ℓ_2
$(\ell_1 \leqq \ell_2)$

A～A矢視図

【地震加速度（C71-VBS-D003B）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
地震加速度 (C71-VBS-D003B)	S	原子炉建屋 T.M.S.L. 23.500*	0.05 以下	0.05 以下	C_H＝0.78	C_V＝0.71	C_H＝1.51	C_V＝1.38	40

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m (kg)	h (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	n	S_y (MPa)	S_u (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	85	12 (M12)	113.1	4	215 (40mm＜径)	400 (40mm＜径)

部材	ℓ_1* (mm)	ℓ_2* (mm)	n_f*	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	110	110	2	215	258	短辺方向	短辺方向
	190	230	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		Q_b	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS41	引張り	$\sigma_b=1$	$f_{ts}=161$*	$\sigma_b=3$	$f_{ts}=193$*
		せん断	$\tau_b=2$	$f_{sb}=124$	$\tau_b=3$	$f_{sb}=148$

すべて許容応力以下である。

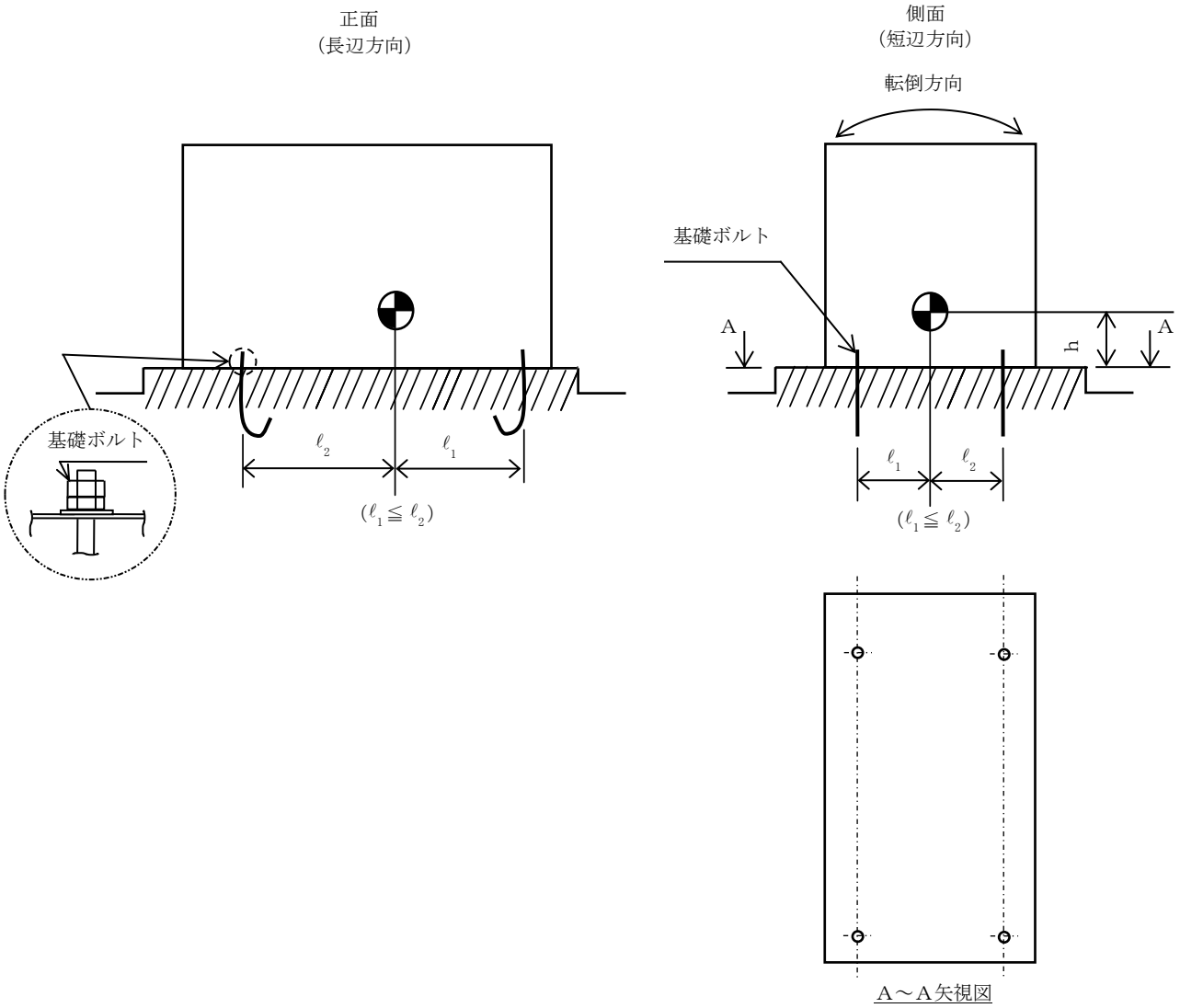
注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b, f_{to}]$

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
地震加速度 (C71-VBS-D003B)	水平方向	1.27	[redacted]
	鉛直方向	1.15	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


正面
(長辺方向)
基礎ボルト
ℓ_2
ℓ_1
$(\ell_1 \leqq \ell_2)$
側面
(短辺方向)
転倒方向
基礎ボルト
A
A
h
ℓ_1
ℓ_2
$(\ell_1 \leqq \ell_2)$
A～A矢視図

【地震加速度（C71-VBS-D003C）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
地震加速度 (C71-VBS-D003C)	S	原子炉建屋 T.M.S.L. 23.500*	0.05 以下	0.05 以下	C_H＝0.78	C_V＝0.71	C_H＝1.51	C_V＝1.38	40

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m (kg)	h (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	n	S_y (MPa)	S_u (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	85	12 (M12)	113.1	4	215 (40mm＜径)	400 (40mm＜径)

部材	ℓ_1* (mm)	ℓ_2* (mm)	n_f*	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	110	110	2	215	258	短辺方向	短辺方向
	190	230	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	Fb		Qb	
	弾性設計用地震動Sd又は静的震度	基準地震動Ss	弾性設計用地震動Sd又は静的震度	基準地震動Ss
基礎ボルト	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Sd又は静的震度		基準地震動Ss	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS41	引張り	σ_b=1	f_{ts}=161*	σ_b=3	f_{ts}=193*
		せん断	τ_b=2	f_{sb}=124	τ_b=3	f_{sb}=148

すべて許容応力以下である。

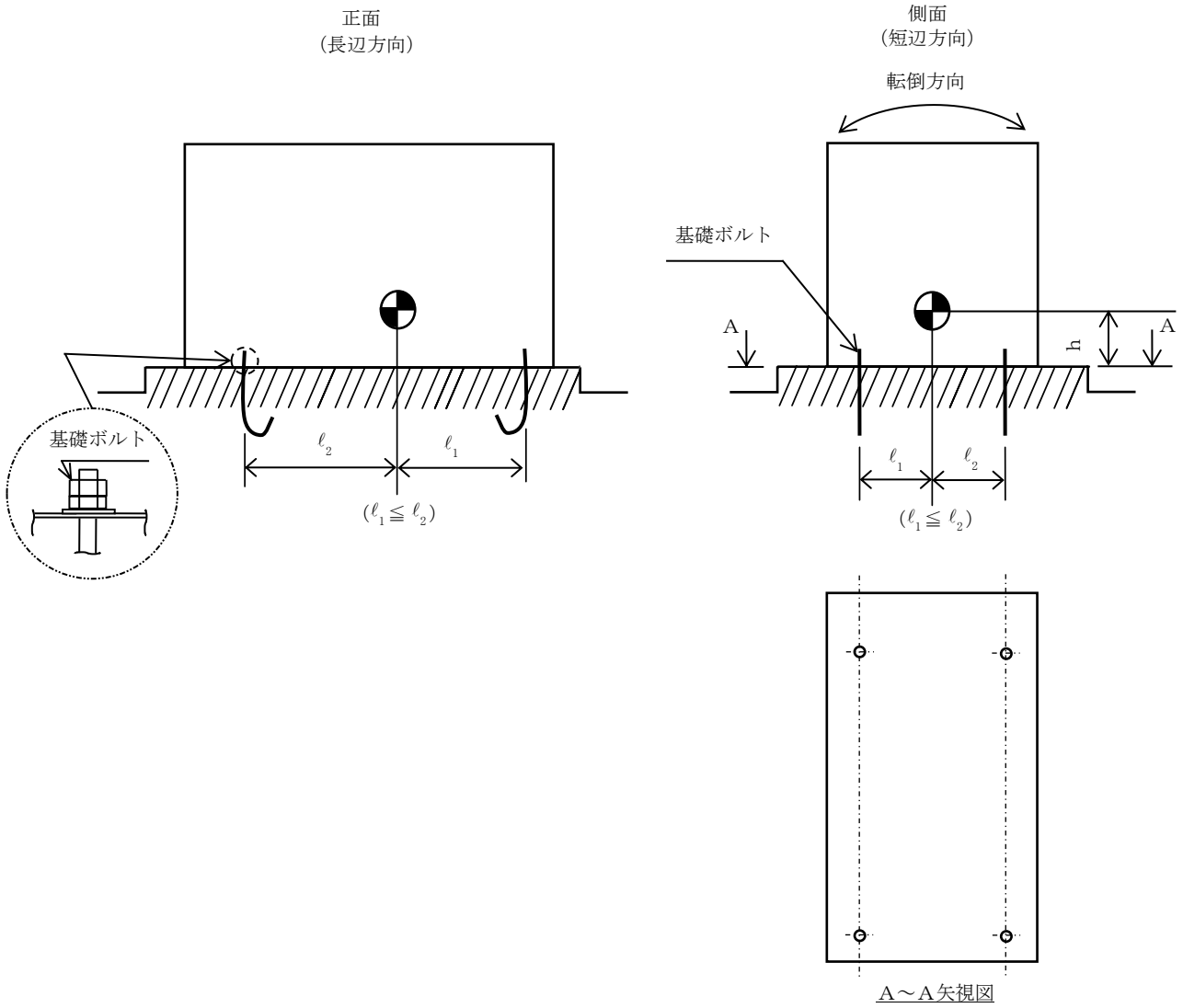
注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b, f_{to}]$

1.4.2 電気的機能の評価結果 (×9.8m/s^2)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
地震加速度(C71-VBS-D003C)	水平方向	1.27	[redacted]
	鉛直方向	1.15	[redacted]

注記＊：基準地震動Ssにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


正面
（長辺方向）
側面
（短辺方向）
転倒方向
基礎ボルト
A
A
h
ℓ_2
ℓ_1
$(\ell_1 \leqq \ell_2)$
基礎ボルト
ℓ_1
ℓ_2
$(\ell_1 \leqq \ell_2)$
A～A矢視図

【地震加速度（C71-VBS-D003D）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
地震加速度 (C71-VBS-D003D)	S	原子炉建屋 T.M.S.L. 23.500*	0.05 以下	0.05 以下	C_H＝0.78	C_V＝0.71	C_H＝1.51	C_V＝1.38	40

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m (kg)	h (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	n	S_y (MPa)	S_u (MPa)
基礎ボルト	[redacted]	85	12 (M12)	113.1	4	215 (40mm＜径)	400 (40mm＜径)

部材	ℓ_1* (mm)	ℓ_2* (mm)	n_f*	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	110	110	2	215	258	短辺方向	短辺方向
	190	230	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		Q_b	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS41	引張り	$\sigma_b=1$	$f_{ts}=161^*$	$\sigma_b=3$	$f_{ts}=193^*$
		せん断	$\tau_b=2$	$f_{sb}=124$	$\tau_b=3$	$f_{sb}=148$

すべて許容応力以下である。

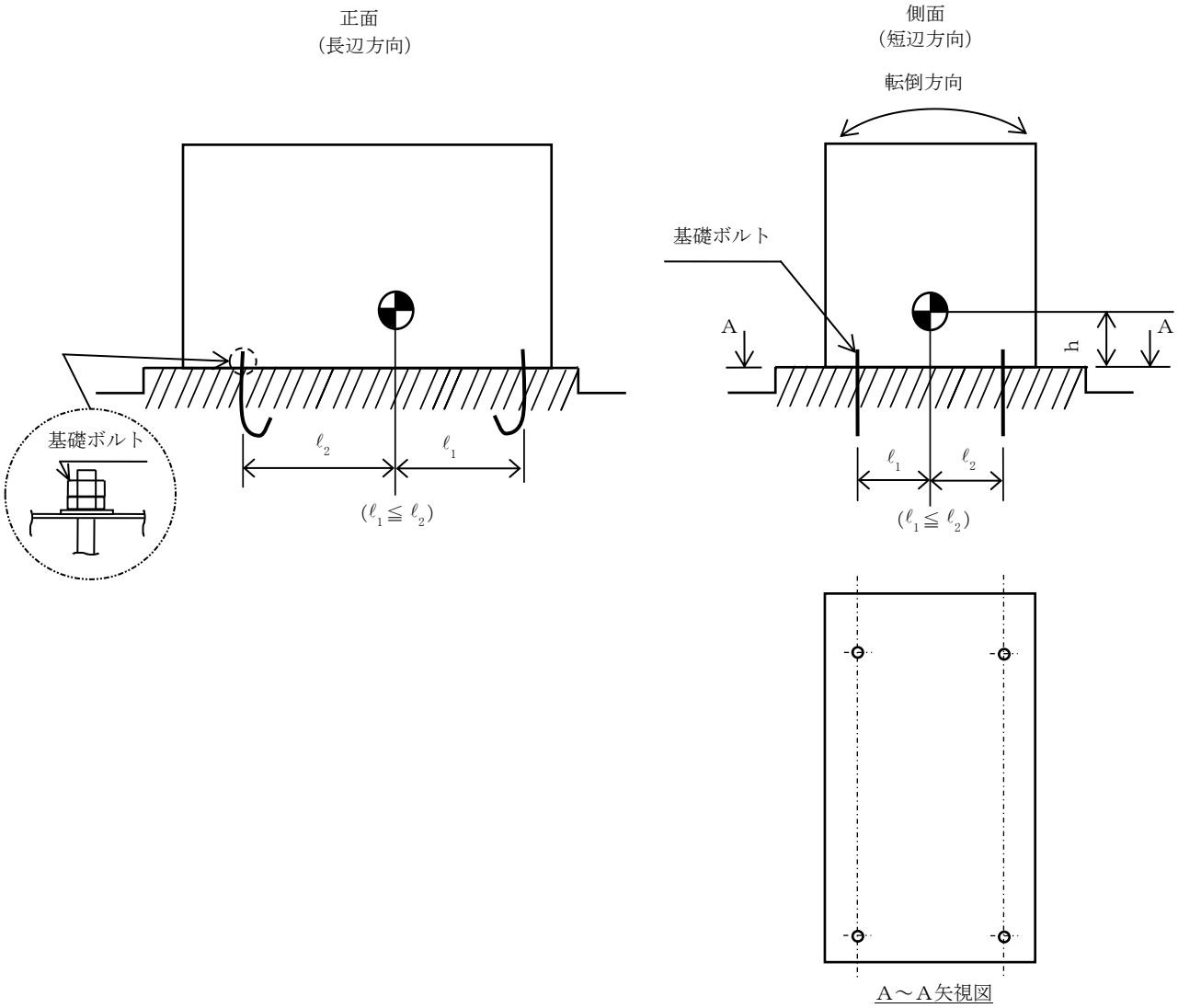
注記＊：$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}]$

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
地震加速度 (C71-VBS-D003D)	水平方向	1.27	[redacted]
	鉛直方向	1.15	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


正面
(長辺方向)
基礎ボルト
ℓ_2
ℓ_1
$(\ell_1 \leqq \ell_2)$
側面
(短辺方向)
転倒方向
基礎ボルト
A
A
h
ℓ_1
ℓ_2
$(\ell_1 \leqq \ell_2)$
A～A矢視図

(9)　主蒸気管トンネル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.　固有周期 …… 9
4.1　固有値解析方法 …… 9
4.2　解析モデル及び諸元 …… 9
4.3　固有値解析結果 …… 10
5.　構造強度評価 …… 11
5.1　構造強度評価方法 …… 11
5.2　荷重の組合せ及び許容応力 …… 11
5.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 …… 11
5.2.2　許容応力 …… 11
5.2.3　使用材料の許容応力評価条件 …… 11
5.3　設計用地震力 …… 15
5.4　計算方法 …… 16
5.4.1　応力の計算方法 …… 16
5.5　計算条件 …… 20
5.5.1　検出器取付ボルトの応力計算条件 …… 20
5.6　応力の評価 …… 20
5.6.1　検出器取付ボルトの応力評価 …… 20
5.6.2　検出器サポート溶接部の応力評価 …… 21
6.　機能維持評価 …… 22
6.1　電気的機能維持評価方法 …… 22
7.　評価結果 …… 23
7.1　設計基準対象施設としての評価結果 …… 23

1. 概要

本計算書は，Ｖ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，主蒸気管トンネル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。

主蒸気管トンネル温度は，設計基準対象施設においてはＳクラスに分類される。以下，設計基準対象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。

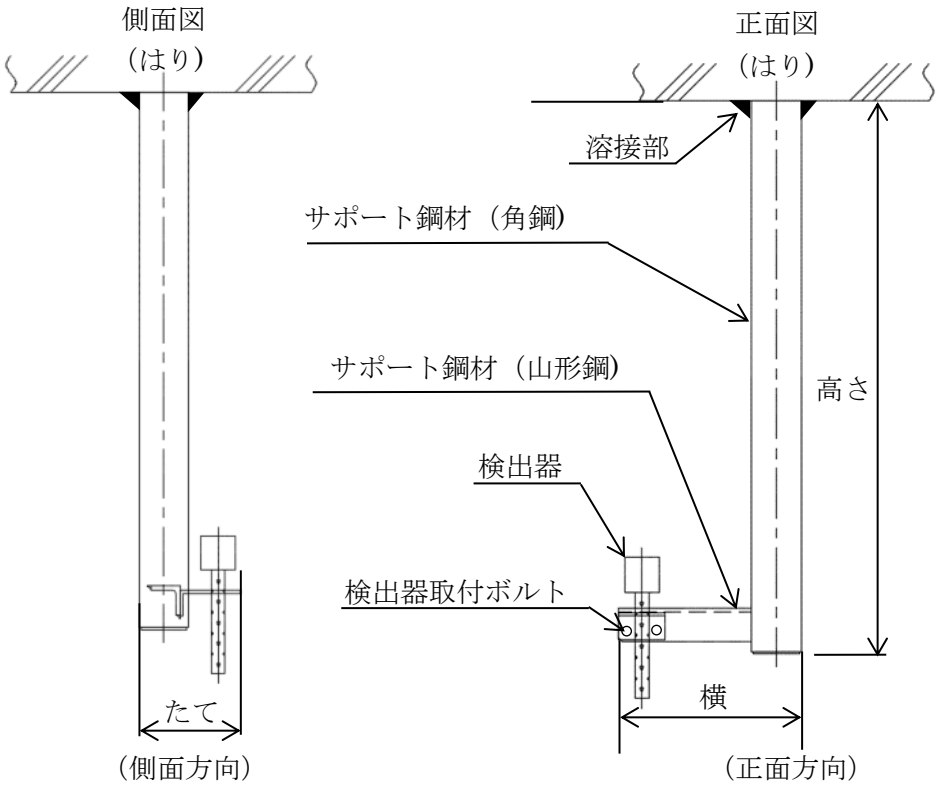
2. 一般事項

2.1 構造計画

主蒸気管トンネル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	
検出器は検出器取付ボルトにより，サポート鋼材に固定する。 サポート鋼材は溶接により，はりに固定する。	熱電対	【主蒸気管トンネル温度】



対象計器	E31-TE-101A	E31-TE-101B	E31-TE-101C	E31-TE-101D
たて	170	170	170	170
横	275	275	275	275
高さ	835	835	835	835

（単位：mm）

2.2　評価方針

主蒸気管トンネル温度の応力評価は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.1　構造計画」にて示す主蒸気管トンネル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，主蒸気管トンネル温度の機能維持評価は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した電気的機能維持の方針に基づき，地震時の応答加速度が電気的機能確認済加速度以下であることを，「6.　機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「7.　評価結果」に示す。

主蒸気管トンネル温度の耐震評価フローを図2－1に示す。

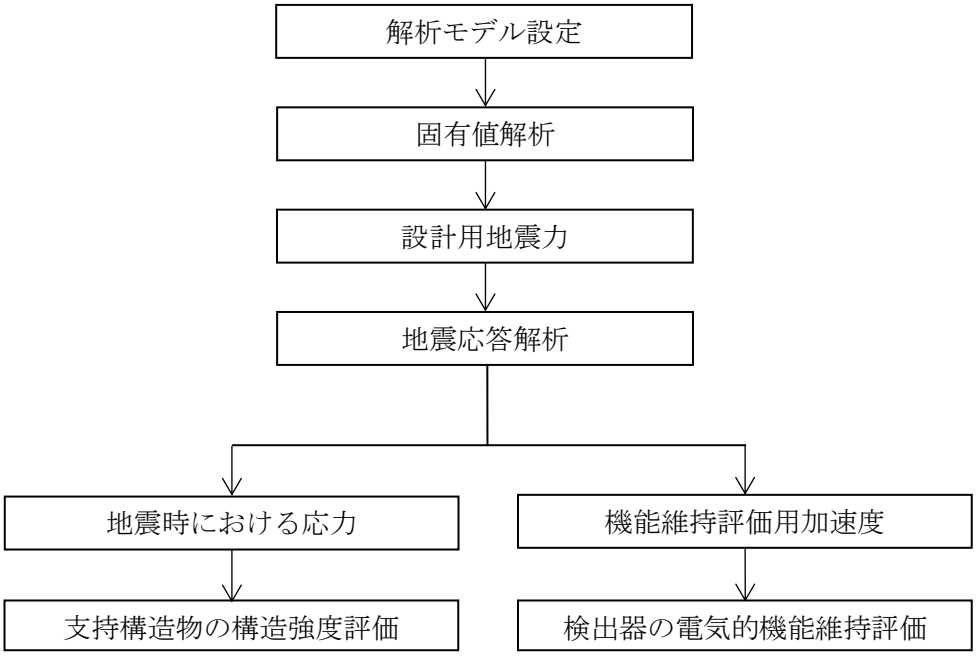


図2－1　主蒸気管トンネル温度の耐震評価フロー

2.3　適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

・原子力発電所耐震設計技術指針　重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１・補-1984（(社) 日本電気協会）

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

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

・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	検出器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_{wx}	溶接部のＦｘに対する有効断面積	mm^2
A_{wz}	溶接部のＦｚ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	－
d	検出器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-3131 又は SSB-3133に定める値	MPa
F^*	設計・建設規格 SSB-3131 又は SSB-3133に定める値	MPa
F_b	検出器取付ボルトに作用する引張力	N
F_x	検出器取付ボルト部，又は溶接部に作用する力（ｘ方向）	N
F_y	検出器取付ボルト部，又は溶接部に作用する力（ｙ方向）	N
F_z	検出器取付ボルト部，又は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
f_{sb}	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力	MPa
f_{to}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力	MPa
f_{ts}	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力	MPa
h_1, h_2	溶接の有効長さ（ｘ方向）	mm
ℓ	据付面から検出器荷重点までの距離	mm
ℓ_1	検出器取付ボルト間の距離	mm
ℓ_2	Ｍｘによって取付ボルトに引張力が発生する場合の，取付ボルトと取付金物転倒支点の面との距離（小さい方）	mm
ℓ_3	Ｍｚによって取付ボルトにせん断力が発生する場合の，取付ボルトと取付金物中心との距離（小さい方）	mm
M_x	検出器取付ボルト部，又は溶接部に作用するモーメント（ｘ軸周り）	N･m
M_y	検出器取付ボルト部，又は溶接部に作用するモーメント（ｙ軸周り）	N･m
M_z	検出器取付ボルト部，又は溶接部に作用するモーメント（ｚ軸周り）	N･m
n	検出器取付ボルトの本数	－
Q_b	検出器取付ボルトに作用するせん断力	N

記号	記号の説明	単位
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	検出器の質量	N
Z_x	溶接断面積におけるx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	検出器取付ボルト又は,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	検出器取付ボルト又は,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3位
温度	℃	―	―	整数位
質量	kg	―	―	整数位
長さ	mm	―	―	整数位*1
面積	mm^2	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
モーメント	N・m	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力*3	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

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

＊2：絶対値が1000以上のときは，べき数表示とする。

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

3. 評価部位

主蒸気管トンネル温度の耐震評価は，「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検出器取付ボルト部及び溶接部について実施する。主蒸気管トンネル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

主蒸気管トンネル温度の固有値解析方法を以下に示す。

(1)　主蒸気管トンネル温度は，「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

主蒸気管トンネル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【主蒸気管トンネル温度(E31-TE-101A)の耐震性についての計算結果】，【主蒸気管トンネル温度(E31-TE-101B)の耐震性についての計算結果】，【主蒸気管トンネル温度(E31-TE-101C)の耐震性についての計算結果】，【主蒸気管トンネル温度(E31-TE-101D)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)　主蒸気管トンネル温度の検出器の質量は，重心に集中するものとする。

(2)　主蒸気管トンネル温度の検出器の重心位置については，計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定するものとする。

(3)　拘束条件は，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，「ＮＳＡＦＥ」を使用し，固有値及び荷重を求める。

なお，評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については，別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

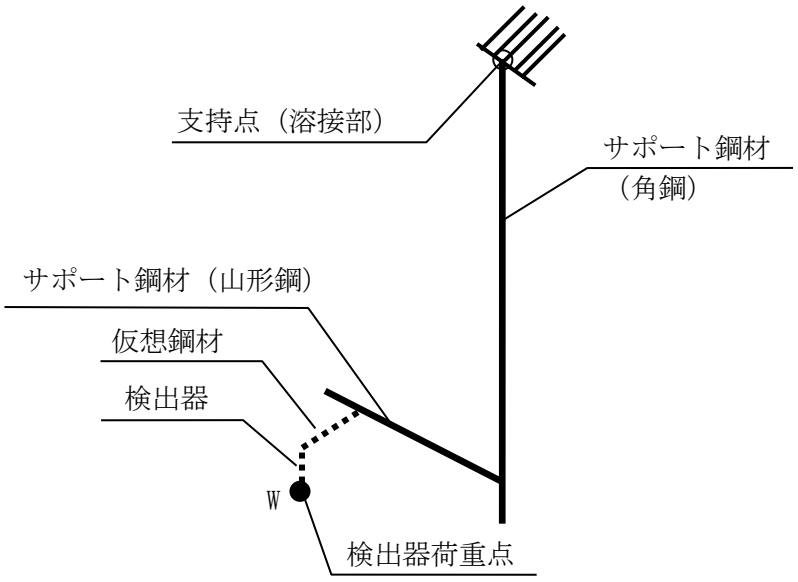


図 4－1　解析モデル

4.3　固有値解析結果

固有値解析結果を表 4－1 に示す。固有周期は,0.05 秒以下であり剛であることを確認した。

表 4－1　固有値解析結果

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	
E31-TE-101A	1次	水平	[redacted]	—	—	—
E31-TE-101B	1次	水平	[redacted]	—	—	—
E31-TE-101C	1次	水平	[redacted]	—	—	—
E31-TE-101D	1次	水平	[redacted]	—	—	—

5.　構造強度評価

5.1　構造強度評価方法

(1)　主蒸気管トンネル温度の質量は重心に集中しているものとする。

(2)　地震力は，主蒸気管トンネル温度に対して，水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。

(3)　主蒸気管トンネル温度は，溶接ではりに固定されており，固定端とする。

(4)　計算機コードは「ＮＳＡＦＥ」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

主蒸気管トンネル温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5－1に示す。

5.2.2　許容応力

主蒸気管トンネル温度の許容応力は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表5－2のとおりとする。

5.2.3　使用材料の許容応力評価条件

主蒸気管トンネル温度の使用材料の許容応力のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表5－3に示す。

表 5－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称		耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御系統施設	工学的安全施設等の起動信号	主蒸気隔離弁	主蒸気管トンネル温度高	S	—*	$D+P_D+M_D+S_d^*$	$Ⅲ_AS$
						$D+P_D+M_D+S_s$	$Ⅳ_AS$

注記＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表5－2　許容応力（その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 （ボルト等）		許容限界*1, *2, *3 （ボルト等以外）		
	一次応力		一次応力		
	引張り	せん断	引張り	せん断	曲げ
ⅢAS	1.5・f_t	1.5・f_s	1.5・f_t*4	1.5・f_s*4	1.5・f_b*4
ⅣAS	1.5・f_t^*	1.5・f_s^*	1.5・f_t^**4	1.5・f_s^**4	1.5・f_b^**4

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Ｓｙを1.2・Ｓｙ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（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		Ｓｙ (MPa)	Ｓｕ (MPa)	Ｓｙ（ＲＴ） (MPa)
検出器取付ボルト	SUS304	周囲環境温度	171	150	413	205
溶接部	STKR400	周囲環境温度	171	176	373	―

5.3　設計用地震力

耐震評価に用いる設計用地震力を表5－4に示す。

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

表5－4　設計用地震力（設計基準対象施設）

機器名称	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
		水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度
主蒸気管トンネル温度 (E31-TE-101A)	原子炉建屋 T.M.S.L.18.100 (T.M.S.L.23.500*)	[redacted]	0.05以下	C_H=0.78	C_V=0.71	C_H=1.51	C_V=1.38
主蒸気管トンネル温度 (E31-TE-101B)	原子炉建屋 T.M.S.L.18.100 (T.M.S.L.23.500*)	[redacted]	0.05以下	C_H=0.78	C_V=0.71	C_H=1.51	C_V=1.38
主蒸気管トンネル温度 (E31-TE-101C)	原子炉建屋 T.M.S.L.18.100 (T.M.S.L.23.500*)	[redacted]	0.05以下	C_H=0.78	C_V=0.71	C_H=1.51	C_V=1.38
主蒸気管トンネル温度 (E31-TE-101D)	原子炉建屋 T.M.S.L.18.100 (T.M.S.L.23.500*)	[redacted]	0.05以下	C_H=0.78	C_V=0.71	C_H=1.51	C_V=1.38

注記＊：基準床レベルを示す。

5.4　計算方法

5.4.1　応力の計算方法

5.4.1.1　検出器取付ボルトの応力

三次元はりモデルによる個別解析から検出器取付ボルト部の内力を求めて，その結果を用いて手計算にて検出器取付ボルトを評価する。

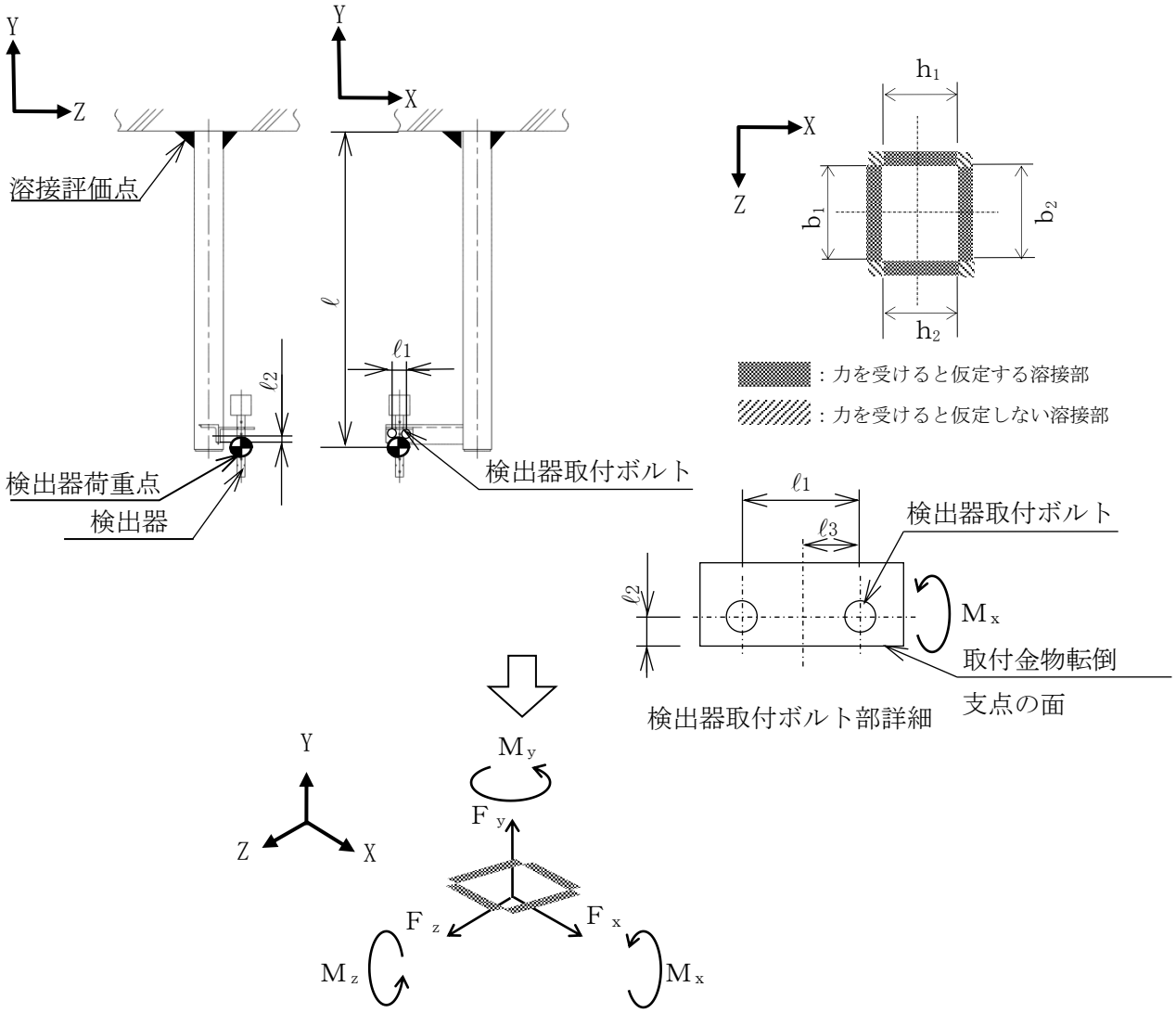


図 5－1　計算モデル（溶接部，検出器取付ボルト）

個別解析によって得られた検出器取付ボルト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　検出器取付ボルト部発生反力，モーメント

対象計器	許容応力状態	反力(N)			モーメント(N･m)		
		F_x	F_y	F_z	M_x	M_y	M_z
E31-TE-101A	ⅢAS						
	ⅣAS						
E31-TE-101B	ⅢAS						
	ⅣAS						
E31-TE-101C	ⅢAS						
	ⅣAS						
E31-TE-101D	ⅢAS						
	ⅣAS						

(1)　引張応力

検出器取付ボルトに対する引張応力は，下式により計算する。

引張力（F_b）

$$F_b = \frac{F_z}{n} + \frac{M_y}{\ell_1} + \frac{M_x}{n \cdot \ell_2} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.4.1.1.1)$$

引張応力（σ_t）

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

ここで，検出器取付ボルトの軸断面積A_bは次式により求める。

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

(2)　せん断応力

検出器取付ボルトに対するせん断応力は，下式により計算する。

せん断力（Q_b）

$$Q_b = \frac{\sqrt{F_x^2 + F_y^2}}{n} + \frac{M_z}{\ell_3 \cdot n} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.4.1.1.4)$$

せん断応力（τ）

$$\tau = \frac{Q_b}{A_b} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.4.1.1.5)$$

5.4.1.2　溶接部の応力

三次元はりモデルによる個別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溶接部を評価する。

個別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5－6に示す。

表5－6　サポート発生反力，モーメント

対象計器	許容応力状態	反力(N)			モーメント(N･m)		
		F_x	F_y	F_z	M_x	M_y	M_z
E31-TE-101A	$Ⅲ_AS$						
	$Ⅳ_AS$						
E31-TE-101B	$Ⅲ_AS$						
	$Ⅳ_AS$						
E31-TE-101C	$Ⅲ_AS$						
	$Ⅳ_AS$						
E31-TE-101D	$Ⅲ_AS$						
	$Ⅳ_AS$						

(1)　引張応力

溶接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。

$$\sigma_t = \frac{F_y}{A_w} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.4.1.2.1)$$

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。

$$A_w = a \cdot (h_1 + h_2 + b_1 + b_2) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.4.1.2.2)$$

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。

$$a = 0.7 \cdot s \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.4.1.2.3)$$

(2)　せん断応力

溶接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。

$$\tau = \sqrt{\left(\frac{F_x}{A_{wx}} + \frac{M_y}{Z_p}\right)^2 + \left(\frac{F_z}{A_{wz}} + \frac{M_y}{Z_p}\right)^2} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.4.1.2.4)$$

ここで，A_{wx}，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_{wx}，A_{wz}は，次式により求める。

$$A_{wx} = a \cdot (h_1 + h_2) \quad \cdots\cdots (5.4.1.2.5)$$

$$A_{wz} = a \cdot (b_1 + b_2) \quad \cdots\cdots (5.4.1.2.6)$$

(3) 曲げ応力

溶接部に対する曲げモーメントは，図5－1でｘ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。

$$\sigma_b = \frac{M_x}{Z_x} + \frac{M_z}{Z_z} \quad \cdots\cdots (5.4.1.2.7)$$

Z_x，Z_zは溶接断面のｘ軸及びｚ軸に関する断面係数を示す。

(4) 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。

$$\sigma_w = \sqrt{(\sigma_t + \sigma_b)^2 + \tau^2} \quad \cdots\cdots (5.4.1.2.8)$$

5.5　計算条件

5.5.1　検出器取付ボルトの応力計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【主蒸気管トンネル温度(E31-TE-101A)の耐震性についての計算結果】，【主蒸気管トンネル温度(E31-TE-101B)の耐震性についての計算結果】，【主蒸気管トンネル温度(E31-TE-101C)の耐震性についての計算結果】，【主蒸気管トンネル温度(E31-TE-101D)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　検出器取付ボルトの応力評価

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

$$f_{ts} = \mathrm{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau,\ f_{to}] \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (5.6.1)$$

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

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

5.6.2　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は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Ｓｄによる 荷重との組合せの場合	基準地震動Ｓｓによる 荷重との組合せの場合
許容引張応力 f_t	$\frac{F}{1.5} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5} \cdot 1.5$
許容せん断応力 f_s	$\frac{F}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$
許容引張応力 f_b	$\frac{F}{1.5} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5} \cdot 1.5$

6. 機能維持評価

6.1 電気的機能維持評価方法

主蒸気管トンネル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Ⅴ-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき，基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度を設定する。

主蒸気管トンネル温度の機能確認済加速度は、Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，当該検出器と類似の検出器単体の正弦波加振試験において，電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表6－1に示す。

表6－1　機能確認済加速度　（×9.8m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
主蒸気管トンネル温度 (E31-TE-101A)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]
主蒸気管トンネル温度 (E31-TE-101B)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]
主蒸気管トンネル温度 (E31-TE-101C)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]
主蒸気管トンネル温度 (E31-TE-101D)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]

7. 評価結果

7.1 設計基準対象施設としての評価結果

主蒸気管トンネル温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気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【主蒸気管トンネル温度（E31-TE-101A）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期（s）		弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
主蒸気管トンネル温度 (E31-TE-101A)	S	原子炉建屋 T.M.S.L.18.100 (T.M.S.L.23.500*)	[redacted]	0.05 以下	C_H＝0.78	C_V＝0.71	C_H＝1.51	C_V＝1.38	171

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 主蒸気管トンネル温度

部材	W (N)	ℓ (mm)	ℓ_1 (mm)	ℓ_2 (mm)	ℓ_3 (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	n	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y(RT) (MPa)	F (MPa)	F＊ (MPa)
検出器取付ボルト	[redacted]	844	40	10	20	6 (M6)	28.27	2	150	413	205	203	203

1.2.2 溶接部

部材	W (N)	ℓ (mm)	a (mm)	s (mm)	h_1 (mm)	h_2 (mm)	b_1 (mm)	b_2 (mm)	A_w (mm^2)	A_{wx} (mm^2)	A_{wz} (mm^2)	Z_x (mm^3)	Z_z (mm^3)	Z_p (mm^3)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y(RT) (MPa)	F (MPa)	F＊ (MPa)
溶接部	[redacted]	－	2.1	3	62.2	62.2	62.2	62.2	522.5	261.2	261.2	1.193×10^4	1.193×10^4	1.876×10^4	176	373	－	176	211

1.3 計算数値

1.3.1 検出器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Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
検出器取付ボルト						

1.3.2 検出器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Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
検出器取付ボルト						

1.3.3 検出器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Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
検出器取付ボルト				

1.3.4 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Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
溶接部						

1.3.5 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Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
溶接部						

1.4 結論

1.4.1 検出器取付ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
検出器取付ボルト	SUS304	引張り	σ_t＝10	f_{ts}＝152	σ_t＝16	f_{ts}＝152*
		せん断	τ＝2	f_{sb}＝117	τ＝4	f_{sb}＝117

すべて許容応力以下である。

注記＊：f_{ts}＝Min[1.4・f_{to}－1.6・τ，f_{to}]

1.4.2 溶接部の応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
溶接部	STKR400	引張り	σ_t＝1	f_t＝101*	σ_t＝1	f_t＝122*
		せん断	τ＝1	f_s＝101*	τ＝2	f_s＝122*
		曲げ	σ_b＝10	f_b＝101*	σ_b＝18	f_b＝122*
		組合せ	σ_w＝10	f_w＝101*	σ_w＝19	f_w＝122*

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。

1.4.3 電気的機能の評価結果

(×9.8m/s^2)

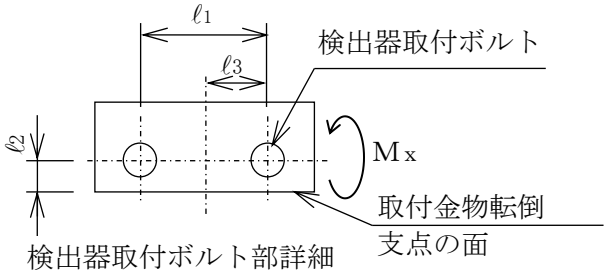
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
主蒸気管トンネル温度 (E31-TE-101A)	水平方向	1.27	[redacted]
	鉛直方向	1.15	[redacted]

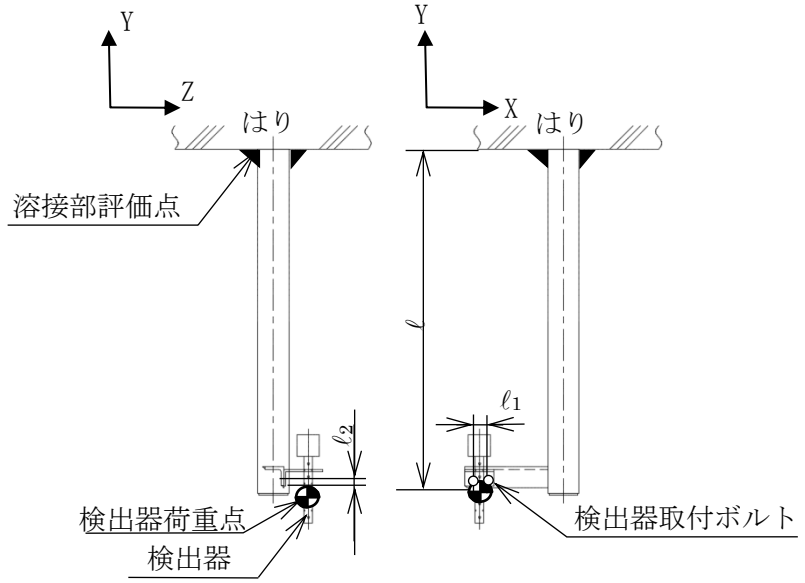
注記*：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

1.5　その他の機器要目

項目	記号	単位	入力値
縦弾性係数	E	MPa	193320(STKR400) 184320(SUS304)
ポアソン比	ν	—	0.3





【主蒸気管トンネル温度（E31-TE-101B）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期（s）		弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
主蒸気管トンネル温度 (E31-TE-101B)	S	原子炉建屋 T.M.S.L.18.100 (T.M.S.L.23.500*)	[redacted]	0.05以下	C_H＝0.78	C_V＝0.71	C_H＝1.51	C_V＝1.38	171

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 主蒸気管トンネル温度

部材	W (N)	ℓ (mm)	ℓ_1 (mm)	ℓ_2 (mm)	ℓ_3 (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	n	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y(RT) (MPa)	F (MPa)	F＊ (MPa)
検出器取付ボルト	[redacted]	844	40	10	20	6 (M6)	28.27	2	150	413	205	203	203

1.2.2 溶接部

部材	W (N)	ℓ (mm)	a (mm)	s (mm)	h_1 (mm)	h_2 (mm)	b_1 (mm)	b_2 (mm)	A_w (mm^2)	A_{wx} (mm^2)	A_{wz} (mm^2)	Z_x (mm^3)	Z_z (mm^3)	Z_p (mm^3)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y(RT) (MPa)	F (MPa)	F＊ (MPa)
溶接部	[redacted]	－	2.1	3	62.2	62.2	62.2	62.2	522.5	261.2	261.2	1.193×10^4	1.193×10^4	1.876×10^4	176	373	－	176	211

1.3 計算数値

1.3.1 検出器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Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
検出器取付ボルト						

1.3.2 検出器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Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
検出器取付ボルト						

1.3.3 検出器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Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
検出器取付ボルト				

1.3.4 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Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
溶接部						

1.3.5 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Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
溶接部						

1.4 結論

1.4.1 検出器取付ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
検出器取付ボルト	SUS304	引張り	σ_t＝10	f_{ts}＝152	σ_t＝16	f_{ts}＝152*
		せん断	τ＝2	f_{sb}＝117	τ＝4	f_{sb}＝117

すべて許容応力以下である。

注記＊：f_{ts}＝Min[1.4・f_{to}－1.6・τ，f_{to}]

1.4.2 溶接部の応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
溶接部	STKR400	引張り	σ_t＝1	f_t＝101*	σ_t＝1	f_t＝122*
		せん断	τ＝1	f_s＝101*	τ＝2	f_s＝122*
		曲げ	σ_b＝10	f_b＝101*	σ_b＝18	f_b＝122*
		組合せ	σ_w＝10	f_w＝101*	σ_w＝19	f_w＝122*

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。

1.4.3 電気的機能の評価結果

(×9.8m/s^2)

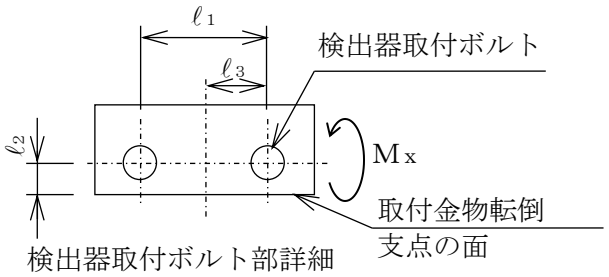
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
主蒸気管トンネル温度 (E31-TE-101B)	水平方向	1.27	
	鉛直方向	1.15	

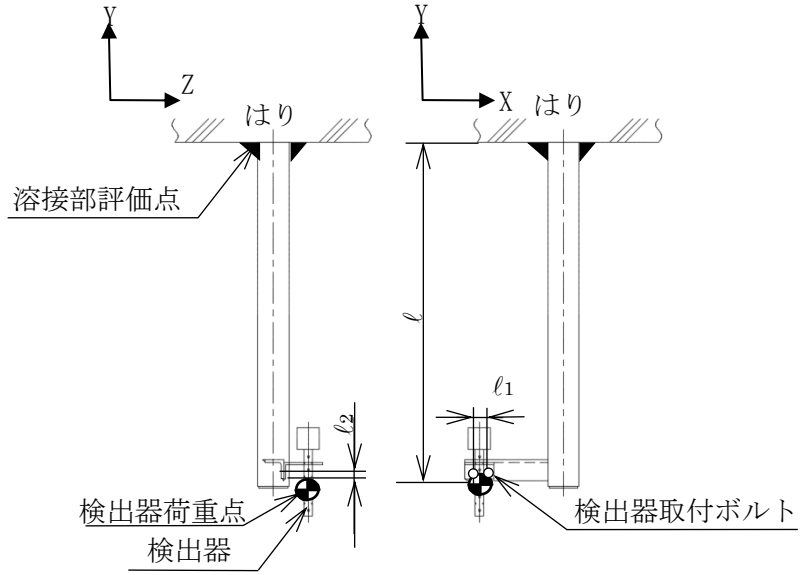
注記*：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

1.5　その他の機器要目

項目	記号	単位	入力値
縦弾性係数	E	MPa	193320(STKR400) 184320(SUS304)
ポアソン比	ν	—	0.3





【主蒸気管トンネル温度（E31-TE-101C）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期（s）		弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
主蒸気管トンネル温度 (E31-TE-101C)	S	原子炉建屋 T.M.S.L.18.100 (T.M.S.L.23.500*)	[redacted]	0.05以下	C_H＝0.78	C_V＝0.71	C_H＝1.51	C_V＝1.38	171

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 主蒸気管トンネル温度

部材	W (N)	ℓ (mm)	ℓ_1 (mm)	ℓ_2 (mm)	ℓ_3 (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	n	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y(RT) (MPa)	F (MPa)	F＊ (MPa)
検出器取付ボルト	[redacted]	844	40	10	20	6 (M6)	28.27	2	150	413	205	203	203

1.2.2 溶接部

部材	W (N)	ℓ (mm)	a (mm)	s (mm)	h_1 (mm)	h_2 (mm)	b_1 (mm)	b_2 (mm)	A_w (mm^2)	A_{wx} (mm^2)	A_{wz} (mm^2)	Z_x (mm^3)	Z_z (mm^3)	Z_p (mm^3)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y(RT) (MPa)	F (MPa)	F＊ (MPa)
溶接部	[redacted]	－	2.1	3	62.2	62.2	62.2	62.2	522.5	261.2	261.2	1.193×10^4	1.193×10^4	1.876×10^4	176	373	－	176	211

1.3 計算数値

1.3.1 検出器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Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
検出器取付ボルト						

1.3.2 検出器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Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
検出器取付ボルト						

1.3.3 検出器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Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
検出器取付ボルト				

1.3.4 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Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
溶接部						

1.3.5 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Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
溶接部						

1.4 結論

1.4.1 検出器取付ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
検出器取付ボルト	SUS304	引張り	σ_t＝10	f_{ts}＝152	σ_t＝16	f_{ts}＝152*
		せん断	τ＝2	f_{sb}＝117	τ＝4	f_{sb}＝117

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 溶接部の応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
溶接部	STKR400	引張り	σ_t＝1	f_t＝101*	σ_t＝1	f_t＝122*
		せん断	σ_s＝1	f_s＝101*	σ_s＝2	f_s＝122*
		曲げ	σ_b＝10	f_b＝101*	σ_b＝18	f_b＝122*
		組合せ	σ ＝10	f_w＝101*	σ ＝19	f_w＝122*

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。

1.4.3 電気的機能の評価結果

(×9.8m/s^2)

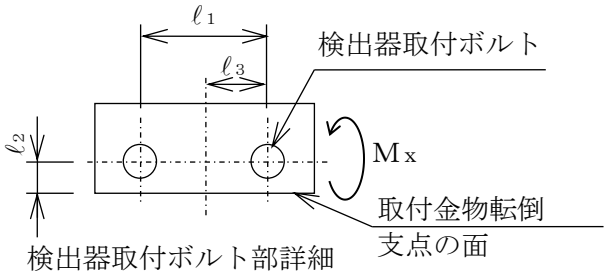
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
主蒸気管トンネル温度 (E31-TE-101C)	水平方向	1.27	[redacted]
	鉛直方向	1.15	[redacted]

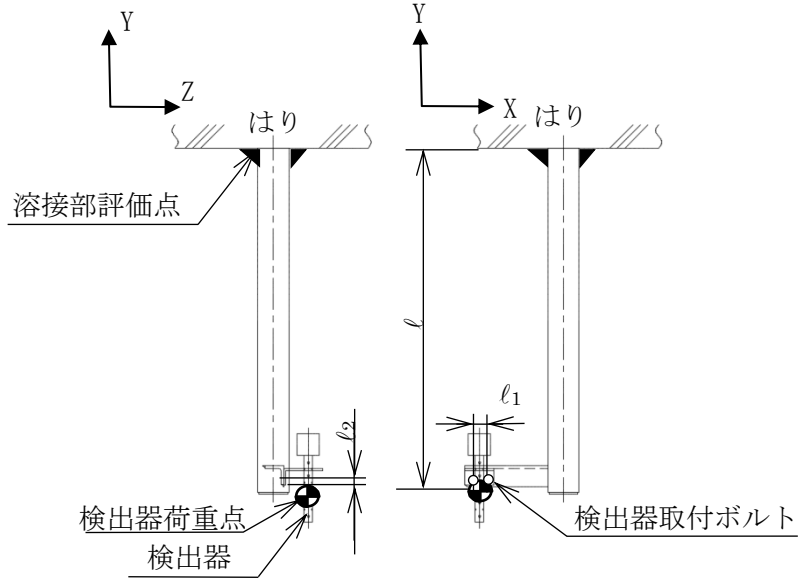
注記*：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

1.5　その他の機器要目

項目	記号	単位	入力値
縦弾性係数	E	MPa	193320(STKR400) 184320(SUS304)
ポアソン比	ν	—	0.3





【主蒸気管トンネル温度（E31-TE-101D）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期（s）		弾性設計用地震動 Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
主蒸気管トンネル温度 (E31-TE-101D)	S	原子炉建屋 T.M.S.L.18.100 (T.M.S.L.23.500*)	[redacted]	0.05 以下	C_H＝0.78	C_V＝0.71	C_H＝1.51	C_V＝1.38	171

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 主蒸気管トンネル温度

部材	W (N)	ℓ (mm)	ℓ_1 (mm)	ℓ_2 (mm)	ℓ_3 (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	n	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y(RT) (MPa)	F (MPa)	F＊ (MPa)
検出器取付ボルト	[redacted]	844	40	10	20	6 (M6)	28.27	2	150	413	205	203	203

1.2.2 溶接部

部材	W (N)	ℓ (mm)	a (mm)	s (mm)	h_1 (mm)	h_2 (mm)	b_1 (mm)	b_2 (mm)	A_w (mm^2)	A_{wx} (mm^2)	A_{wz} (mm^2)	Z_x (mm^3)	Z_z (mm^3)	Z_p (mm^3)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y(RT) (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
溶接部	[redacted]	－	2.1	3	62.2	62.2	62.2	62.2	522.5	261.2	261.2	1.193×10^4	1.193×10^4	1.876×10^4	176	373	－	176	211

1.3 計算数値

1.3.1 検出器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Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
検出器取付ボルト						

1.3.2 検出器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Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
検出器取付ボルト						

1.3.3 検出器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Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
検出器取付ボルト				

1.3.4 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Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
溶接部						

1.3.5 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Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
溶接部						

1.4 結論

1.4.1 検出器取付ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
検出器取付ボルト	SUS304	引張り	σ_t＝10	f_{ts}＝152	σ_t＝16	f_{ts}＝152*
		せん断	τ＝2	f_{sb}＝117	τ＝4	f_{sb}＝117

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 溶接部の応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
溶接部	STKR400	引張り	σ_t＝1	f_t＝101*	σ_t＝1	f_t＝122*
		せん断	τ＝1	f_s＝101*	τ＝2	f_s＝122*
		曲げ	σ_b＝10	f_b＝101*	σ_b＝18	f_b＝122*
		組合せ	σ_w＝10	f_w＝101*	σ_w＝19	f_w＝122*

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。

1.4.3 電気的機能の評価結果

(×9.8m/s^2)

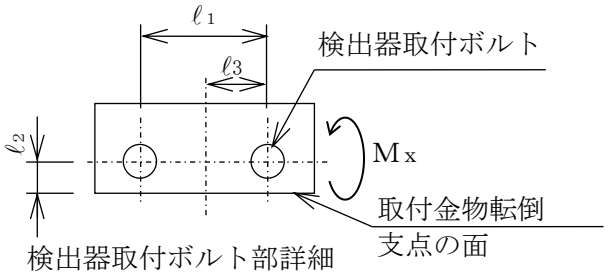
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
主蒸気管トンネル温度 (E31-TE-101D)	水平方向	1.27	[redacted]
	鉛直方向	1.15	[redacted]

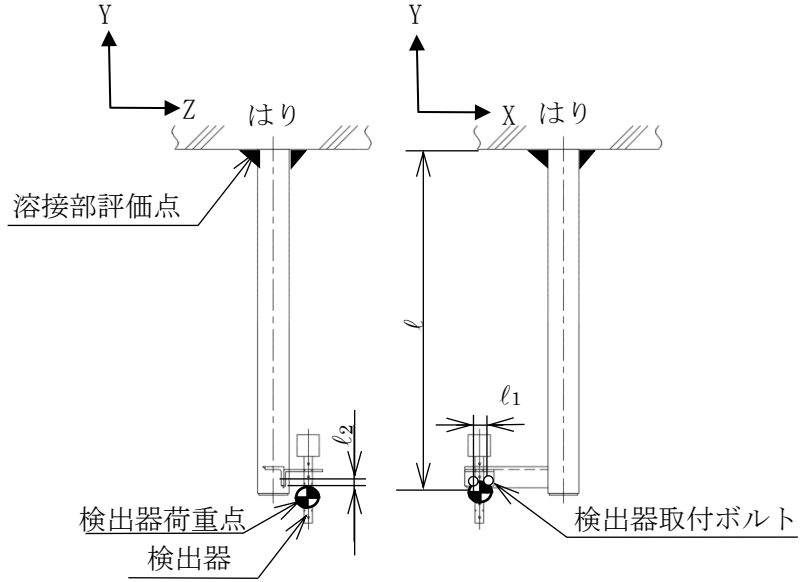
注記*：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

1.5　その他の機器要目

項目	記号	単位	入力値
縦弾性係数	E	MPa	193320(STKR400) 184320(SUS304)
ポアソン比	ν	—	0.3





（10）　主蒸気管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 ····· 5
5.　機能維持評価 ····· 9
5.1　電気的機能維持評価方法 ····· 9
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

1. 概要

本計算書は，Ｖ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，主蒸気管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。

主蒸気管流量は，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に分類される。以下，設計基準対象施設としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

なお，主蒸気管流量が設置される計装ラックは，Ｖ-2-1-14「計算書作成の方法」に記載の直立形であるため，Ｖ-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-7　計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

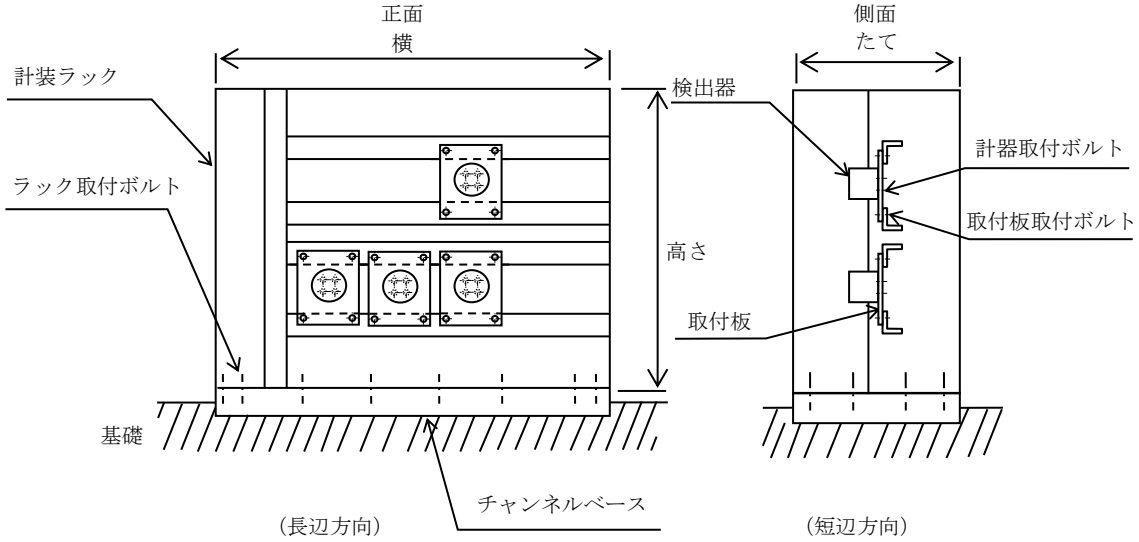
2. 一般事項

2.1 構造計画

主蒸気管流量の構造計画を表 2－1 に示す。

表 2－1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
検出器は，計器取付ボルトにより取付板に固定され，取付板は，取付板取付ボルトにより計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。	差圧式流量検出器	【主蒸気管流量】



機器名称	主蒸気管流量 (H22-P009)	主蒸気管流量 (H22-P010)	主蒸気管流量 (H22-P011)	主蒸気管流量 (H22-P012)
たて	600	600	600	600
横	1600	1600	2200	2200
高さ	1900	1900	1900	1900

(単位：mm)

3. 固有周期

3.1 固有周期の確認

主蒸気管流量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）

主蒸気管流量 (H22-P009)	水平	0.05以下
	鉛直	0.05以下
主蒸気管流量 (H22-P010)	水平	0.05以下
	鉛直	0.05以下
主蒸気管流量 (H22-P011)	水平	0.05以下
	鉛直	0.05以下
主蒸気管流量 (H22-P012)	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

主蒸気管流量の構造強度評価は，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-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

主蒸気管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 に示す。

4.2.2　許容応力

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

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

主蒸気管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 4－3 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【主蒸気管流量（E31-DPT-002A）の耐震性についての計算結果】，【主蒸気管流量（E31-DPT-002B）の耐震性についての計算結果】，【主蒸気管流量（E31-DPT-002C）の耐震性についての計算結果】，【主蒸気管流量（E31-DPT-002D）の耐震性についての計算結果】，【主蒸気管流量（E31-DPT-002E）の耐震性についての計算結果】，【主蒸気管流量（E31-DPT-002F）の耐震性についての計算結果】，【主蒸気管流量（E31-DPT-002G）の耐震性についての計算結果】，【主蒸気管流量（E31-DPT-002H）の耐震性についての計算結果】，【主蒸気管流量（E31-DPT-002J）の耐震性についての計算結果】，【主蒸気管流量（E31-DPT-002K）の耐震性についての計算結果】，【主蒸気管流量（E31-DPT-002L）の耐震性についての計算結果】，【主蒸気管流量（E31-DPT-002M）の耐震性についての計算結果】，【主蒸気管流量（E31-DPT-002N）の耐震性についての計算結果】，【主蒸気管流量（E31-DPT-002P）の耐震性についての計算結果】，【主蒸気管流量（E31-DPT-002R）の耐震性についての計算結果】，【主蒸気管流量（E31-DPT-002S）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	工学的安全施設等の起動信号	主蒸気隔離弁	主蒸気管流量大	S	—*	D＋P_D＋M_D＋S d *	ⅢAS
						D＋P_D＋M_D＋S s	ⅣAS

注記＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4－2　許容応力（その他の支持構造物）

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

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

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

表 4－3　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
ラック取付ボルト (H22-P009, P010, P011)	SS400 (径≦16mm)	周囲環境温度	100	221	373	—
ラック取付ボルト (H22-P012)	SS41* (径≦16mm)	周囲環境温度	100	221	373	—

注記＊：SS400 相当

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

主蒸気管流量の電気的機能維持評価は，V-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-7　計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

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

機能確認済加速度を表5－1に示す。

表5－1　機能確認済加速度　　(×9.8m/s^2)

評価部位	方向	機能確認済加速度
主蒸気管流量 (E31-DPT-002A)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]
主蒸気管流量 (E31-DPT-002B)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]
主蒸気管流量 (E31-DPT-002C)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]
主蒸気管流量 (E31-DPT-002D)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]
主蒸気管流量 (E31-DPT-002E)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]
主蒸気管流量 (E31-DPT-002F)	水平	[redacted]
	鉛直	[redacted]

表 5－1　機能確認済加速度　　（×9.8m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
主蒸気管流量 (E31-DPT-002G)	水平	
	鉛直	
主蒸気管流量 (E31-DPT-002H)	水平	
	鉛直	
主蒸気管流量 (E31-DPT-002J)	水平	
	鉛直	
主蒸気管流量 (E31-DPT-002K)	水平	
	鉛直	
主蒸気管流量 (E31-DPT-002L)	水平	
	鉛直	
主蒸気管流量 (E31-DPT-002M)	水平	
	鉛直	
主蒸気管流量 (E31-DPT-002N)	水平	
	鉛直	
主蒸気管流量 (E31-DPT-002P)	水平	
	鉛直	
主蒸気管流量 (E31-DPT-002R)	水平	
	鉛直	
主蒸気管流量 (E31-DPT-002S)	水平	
	鉛直	

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

主蒸気管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気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【主蒸気管流量（E31-DPT-002A）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
主蒸気管流量 (E31-DPT-002A)	S	原子炉建屋 T.M.S.L. 4.800*	0.05 以下	0.05 以下	C_H＝0.65	C_V＝0.64	C_H＝1.27	C_V＝1.29	100

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 主蒸気管流量 (H22-P009)

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)
ラック取付ボルト (ｉ＝2)	[redacted]	970	16 (M16)	201.1	16	221 (径≦16mm)	373 (径≦16mm)

部材	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	n_{fi}*	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
ラック取付ボルト (ｉ＝2)	265	285	6	221	261	短辺方向	長辺方向
	730	810	2				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

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

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ラック取付ボルト（ｉ＝2）	SS400	引張り	σ_{b2}＝5	f_{ts2}＝165*	σ_{b2}＝14	f_{ts2}＝195*
		せん断	τ_{b2}＝2	f_{sb2}＝127	τ_{b2}＝3	f_{sb2}＝150

すべて許容応力以下である。

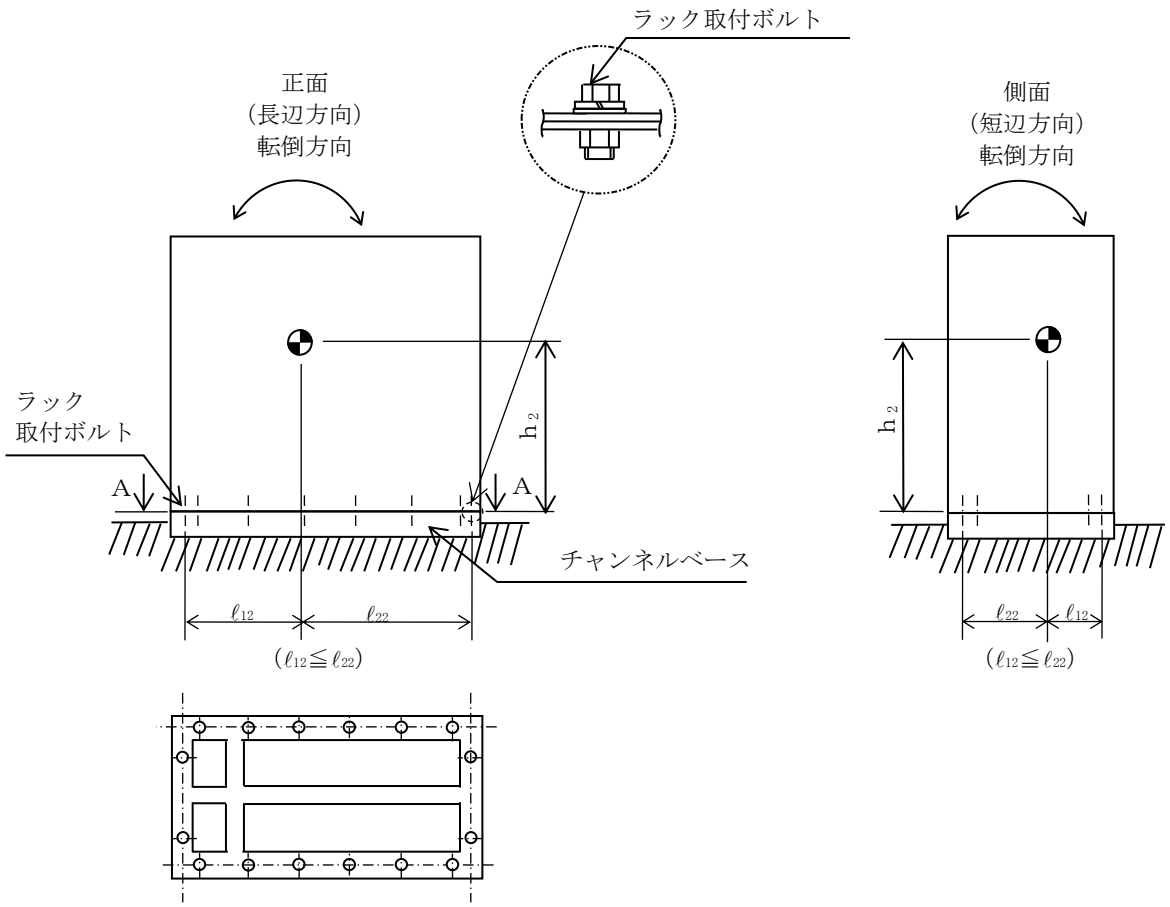
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
主蒸気管流量（E31-DPT-002A）	水平方向	1.06	
	鉛直方向	1.08	

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


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

A～A矢視図

【主蒸気管流量（E31-DPT-002B）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
主蒸気管流量 (E31-DPT-002B)	S	原子炉建屋 T.M.S.L. 4.800*	0.05 以下	0.05 以下	C_H＝0.65	C_V＝0.64	C_H＝1.27	C_V＝1.29	100

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 主蒸気管流量 (H22-P010)

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)
ラック取付ボルト (ｉ＝2)	□	970	16 (M16)	201.1	16	221 (径≦16mm)	373 (径≦16mm)

部材	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	n_{fi}*	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
ラック取付ボルト (ｉ＝2)	265	285	6	221	261	短辺方向	長辺方向
	730	810	2				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

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

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ラック取付ボルト (ｉ＝2)	SS400	引張り	σ_{b2}＝5	f_{ts2}＝165*	σ_{b2}＝14	f_{ts2}＝195*
		せん断	τ_{b2}＝2	f_{sb2}＝127	τ_{b2}＝3	f_{sb2}＝150

すべて許容応力以下である。

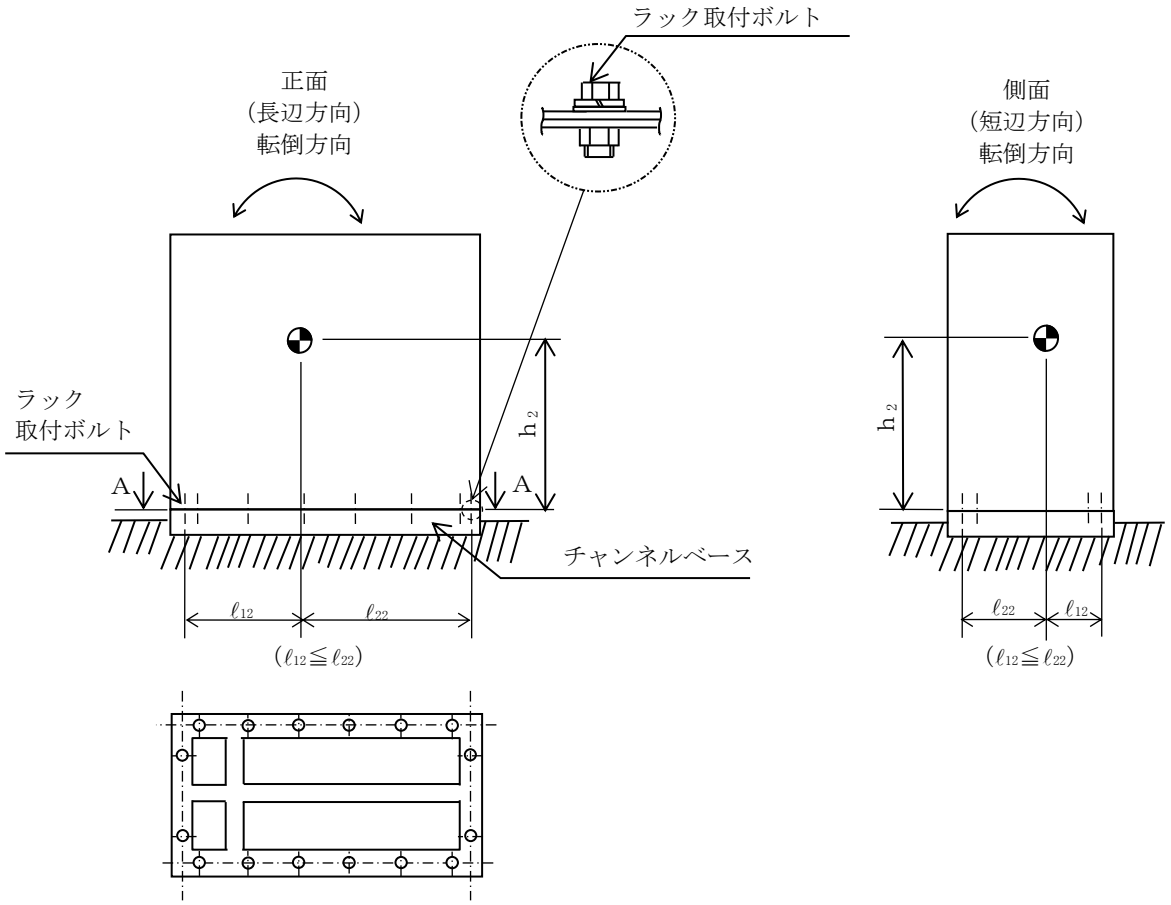
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
主蒸気管流量 (E31-DPT-002B)	水平方向	1.06	
	鉛直方向	1.08	

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


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

A～A矢視図

【主蒸気管流量（E31-DPT-002C）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
主蒸気管流量 (E31-DPT-002C)	S	原子炉建屋 T.M.S.L. 4.800*	0.05 以下	0.05 以下	C_H＝0.65	C_V＝0.64	C_H＝1.27	C_V＝1.29	100

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 主蒸気管流量 (H22-P011)

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)
ラック取付ボルト (ｉ＝2)	[redacted]	960	16 (M16)	201.1	20	221 (径≦16mm)	373 (径≦16mm)

部材	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	n_{fi}*	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
ラック取付ボルト (ｉ＝2)	255	295	8	221	261	短辺方向	長辺方向
	1035	1105	2				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

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

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ラック取付ボルト (ｉ＝2)	SS400	引張り	$\sigma_{b2}=5$	$f_{ts2}=165$*	$\sigma_{b2}=14$	$f_{ts2}=195$*
		せん断	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2}=127$	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=150$

すべて許容応力以下である。

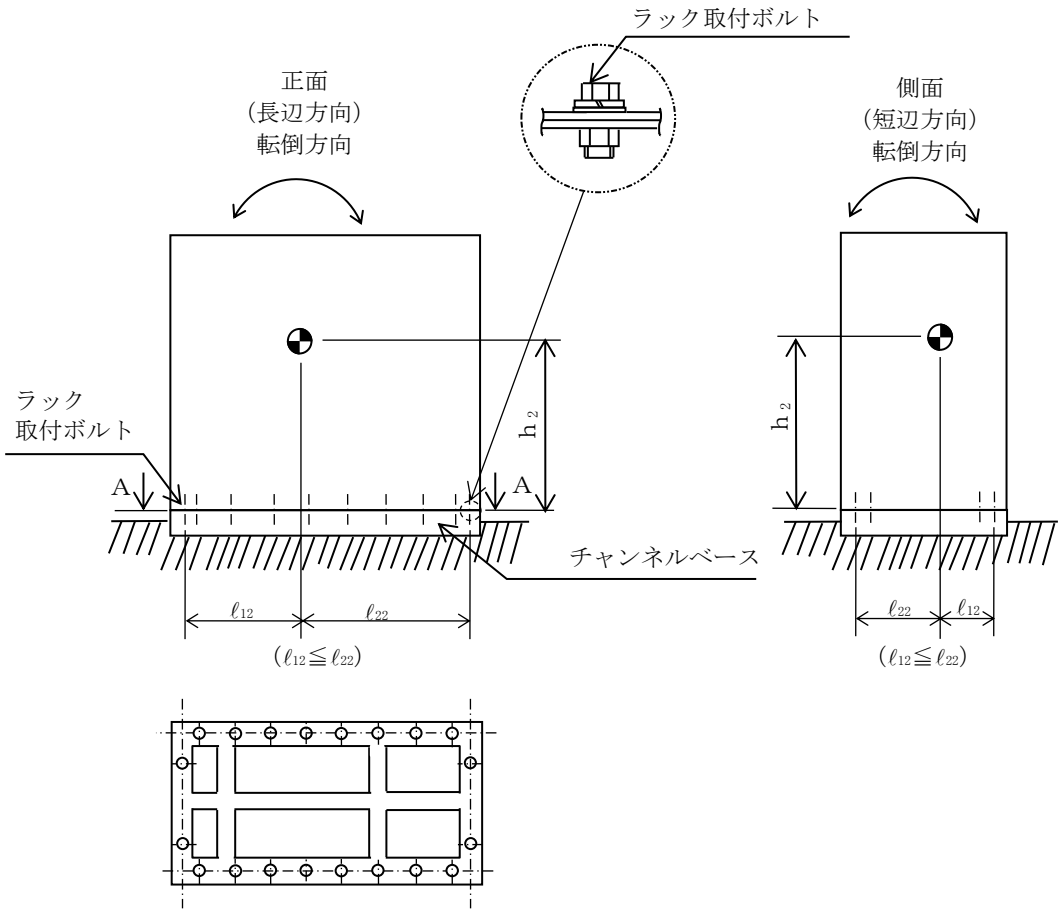
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
主蒸気管流量 (E31-DPT-002C)	水平方向	1.06	[redacted]
	鉛直方向	1.08	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


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

A～A矢視図

【主蒸気管流量（E31-DPT-002D）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
主蒸気管流量 (E31-DPT-002D)	S	原子炉建屋 T.M.S.L. 4.800*	0.05 以下	0.05 以下	C_H＝0.65	C_V＝0.64	C_H＝1.27	C_V＝1.29	100

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 主蒸気管流量 (H22-P012)

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)
ラック取付ボルト (ｉ＝2)	[redacted]	960	16 (M16)	201.1	20	221 (径≦16mm)	373 (径≦16mm)

部材	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	n_{fi}*	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
ラック取付ボルト (ｉ＝2)	255	295	8	221	261	短辺方向	長辺方向
	1035	1105	2				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

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

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ラック取付ボルト (ｉ＝2)	SS41	引張り	σ_{b2}＝5	f_{ts2}＝165*	σ_{b2}＝14	f_{ts2}＝195*
		せん断	τ_{b2}＝2	f_{sb2}＝127	τ_{b2}＝3	f_{sb2}＝150

すべて許容応力以下である。

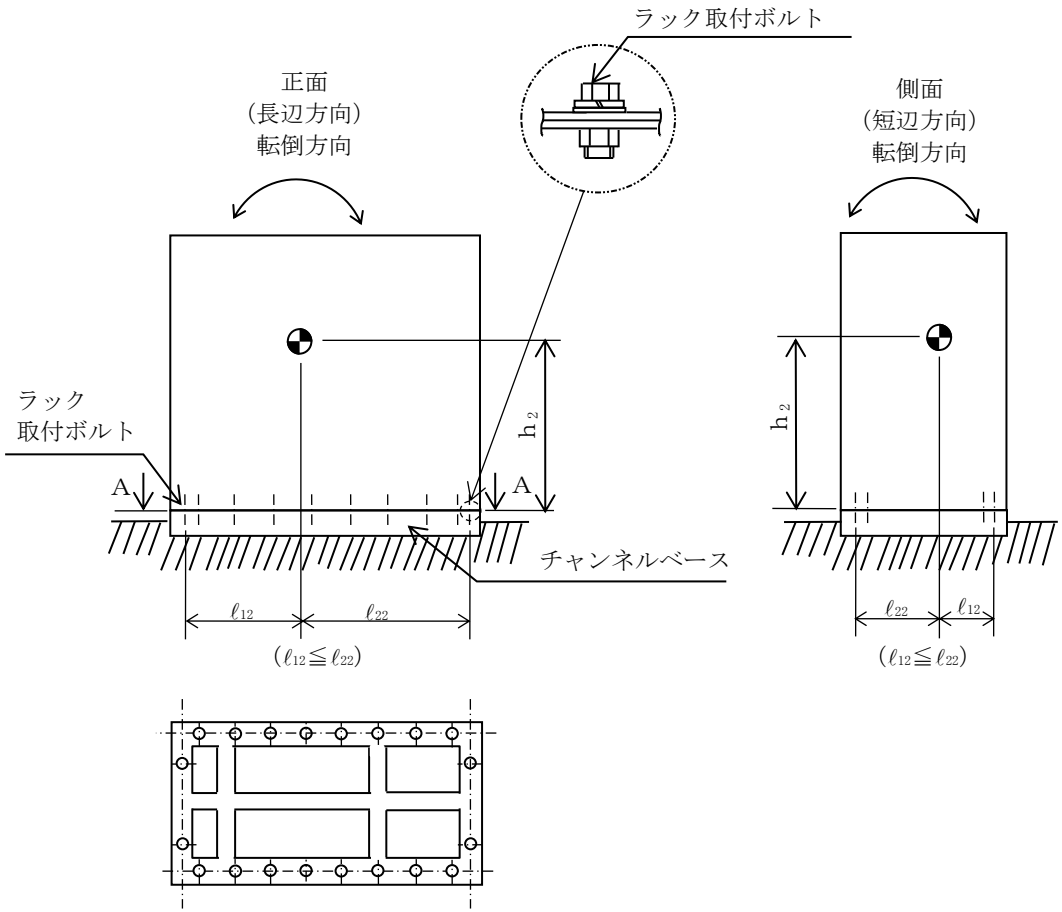
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
主蒸気管流量 (E31-DPT-002D)	水平方向	1.06	[redacted]
	鉛直方向	1.08	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


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

A～A矢視図

【主蒸気管流量（E31-DPT-002E）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
主蒸気管流量 (E31-DPT-002E)	S	原子炉建屋 T.M.S.L. 4.800*	0.05 以下	0.05 以下	C_H＝0.65	C_V＝0.64	C_H＝1.27	C_V＝1.29	100

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 主蒸気管流量 (H22-P009)

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)
ラック取付ボルト (ｉ＝2)	[redacted]	970	16 (M16)	201.1	16	221 (径≦16mm)	373 (径≦16mm)

部材	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	n_{fi}*	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
ラック取付ボルト (ｉ＝2)	265	285	6	221	261	短辺方向	長辺方向
	730	810	2				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

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

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ラック取付ボルト (ｉ＝2)	SS400	引張り	σ_{b2}＝5	f_{ts2}＝165*	σ_{b2}＝14	f_{ts2}＝195*
		せん断	τ_{b2}＝2	f_{sb2}＝127	τ_{b2}＝3	f_{sb2}＝150

すべて許容応力以下である。

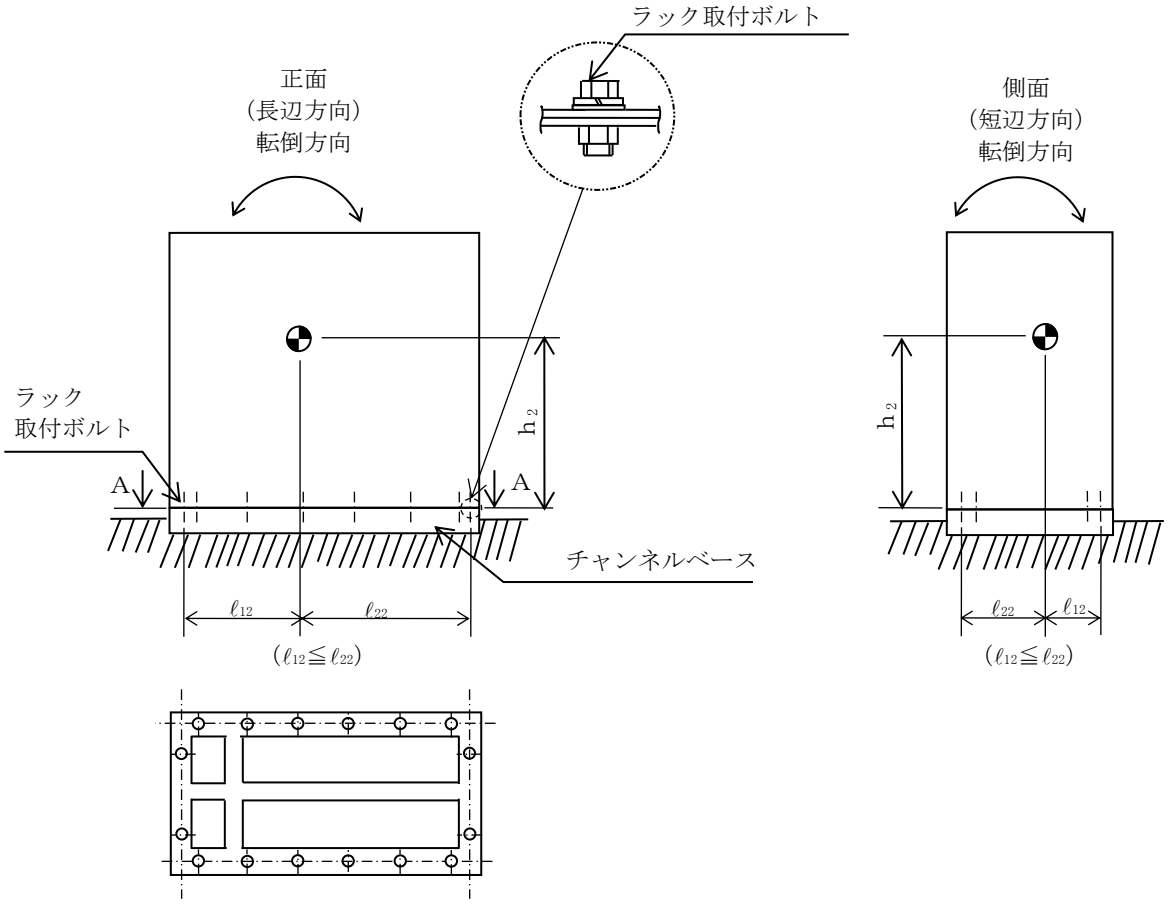
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
主蒸気管流量 (E31-DPT-002E)	水平方向	1.06	[redacted]
	鉛直方向	1.08	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


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

A～A矢視図

【主蒸気管流量（E31-DPT-002F）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
主蒸気管流量 (E31-DPT-002F)	S	原子炉建屋 T.M.S.L. 4.800*	0.05 以下	0.05 以下	C_H＝0.65	C_V＝0.64	C_H＝1.27	C_V＝1.29	100

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 主蒸気管流量 (H22-P010)

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)
ラック取付ボルト (ｉ＝2)	[redacted]	970	16 (M16)	201.1	16	221 (径≦16mm)	373 (径≦16mm)

部材	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	n_{fi}*	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
ラック取付ボルト (ｉ＝2)	265	285	6	221	261	短辺方向	長辺方向
	730	810	2				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

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

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ラック取付ボルト (ｉ＝2)	SS400	引張り	σ_{b2}＝5	f_{ts2}＝165*	σ_{b2}＝14	f_{ts2}＝195*
		せん断	τ_{b2}＝2	f_{sb2}＝127	τ_{b2}＝3	f_{sb2}＝150

すべて許容応力以下である。

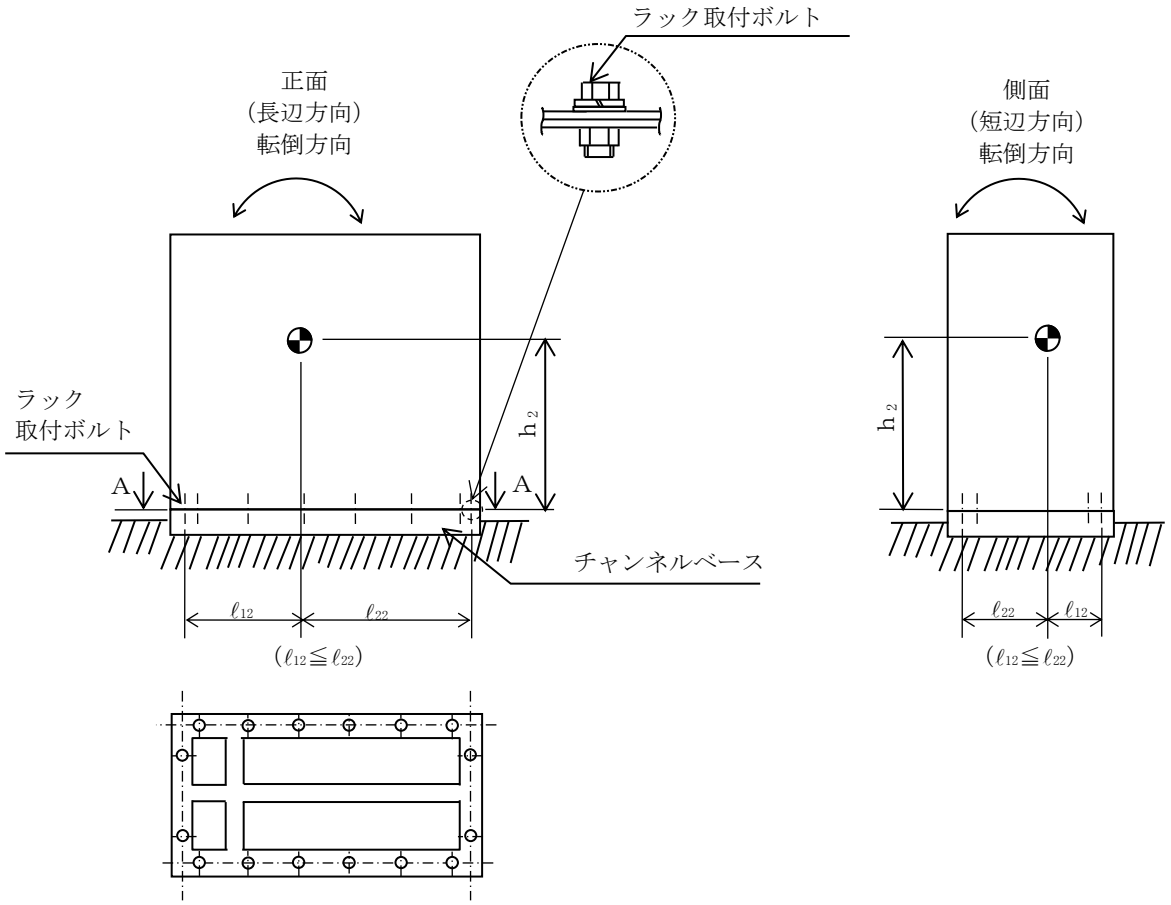
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
主蒸気管流量 (E31-DPT-002F)	水平方向	1.06	
	鉛直方向	1.08	

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


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

A～A矢視図

【主蒸気管流量（E31-DPT-002G）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
主蒸気管流量 (E31-DPT-002G)	S	原子炉建屋 T.M.S.L. 4.800*	0.05 以下	0.05 以下	C_H＝0.65	C_V＝0.64	C_H＝1.27	C_V＝1.29	100

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 主蒸気管流量 (H22-P011)

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)
ラック取付ボルト (ｉ＝2)	□	960	16 (M16)	201.1	20	221 (径≦16mm)	373 (径≦16mm)

部材	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	n_{fi}*	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
ラック取付ボルト (ｉ＝2)	255	295	8	221	261	短辺方向	長辺方向
	1035	1105	2				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

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

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ラック取付ボルト (ｉ＝2)	SS400	引張り	σ_{b2}＝5	f_{ts2}＝165*	σ_{b2}＝14	f_{ts2}＝195*
		せん断	τ_{b2}＝2	f_{sb2}＝127	τ_{b2}＝3	f_{sb2}＝150

すべて許容応力以下である。

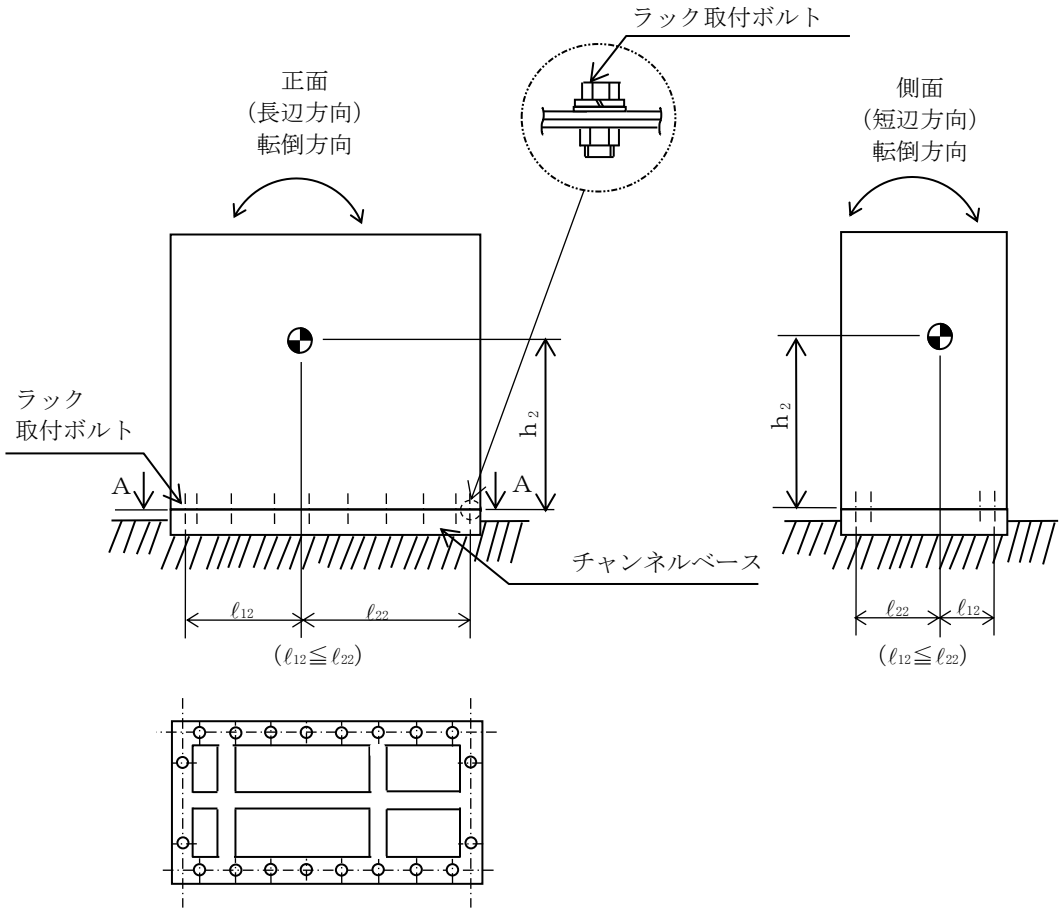
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
主蒸気管流量 (E31-DPT-002G)	水平方向	1.06	
	鉛直方向	1.08	

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


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

A～A矢視図

【主蒸気管流量（E31-DPT-002H）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
主蒸気管流量 (E31-DPT-002H)	S	原子炉建屋 T.M.S.L. 4.800*	0.05 以下	0.05 以下	C_H＝0.65	C_V＝0.64	C_H＝1.27	C_V＝1.29	100

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 主蒸気管流量 (H22-P012)

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)
ラック取付ボルト (ｉ＝2)	□	960	16 (M16)	201.1	20	221 (径≦16mm)	373 (径≦16mm)

部材	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	n_{fi}*	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
ラック取付ボルト (ｉ＝2)	255	295	8	221	261	短辺方向	長辺方向
	1035	1105	2				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

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

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ラック取付ボルト (ｉ＝2)	SS41	引張り	σ_{b2}＝5	f_{ts2}＝165*	σ_{b2}＝14	f_{ts2}＝195*
		せん断	τ_{b2}＝2	f_{sb2}＝127	τ_{b2}＝3	f_{sb2}＝150

すべて許容応力以下である。

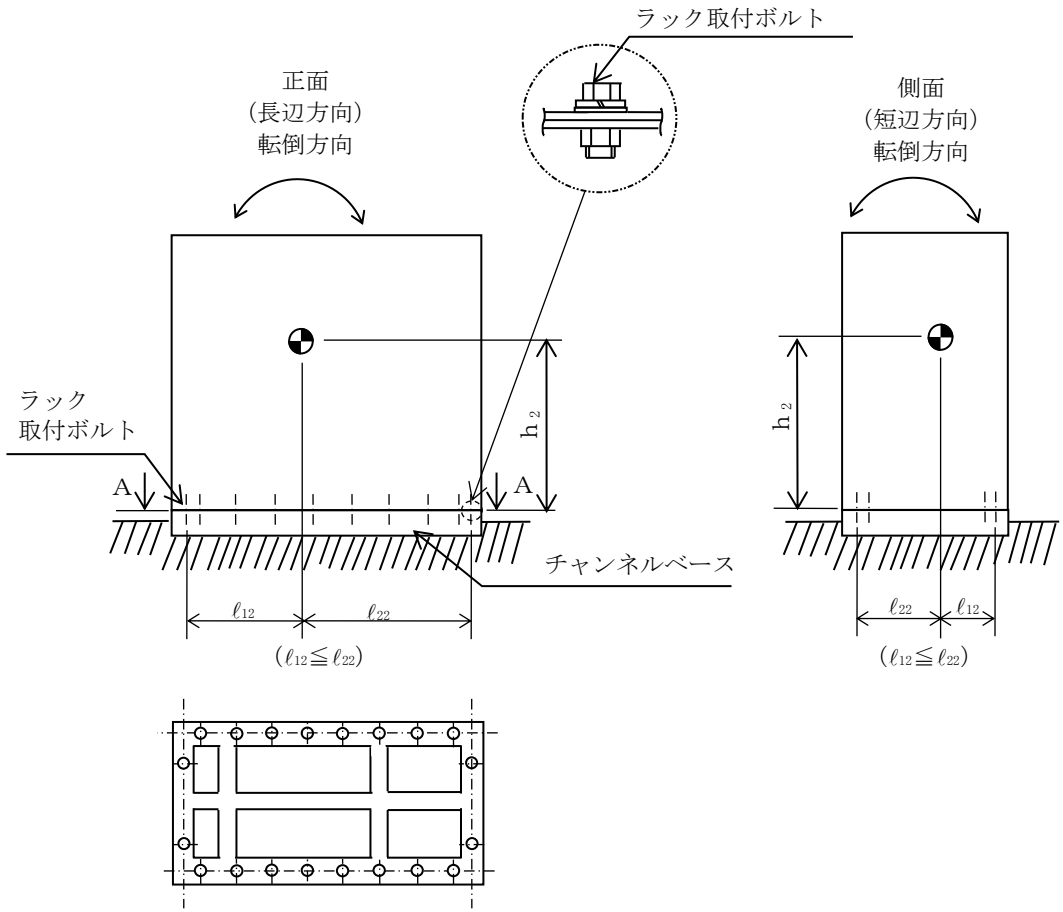
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
主蒸気管流量 (E31-DPT-002H)	水平方向	1.06	[redacted]
	鉛直方向	1.08	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


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

A～A矢視図

【主蒸気管流量（E31-DPT-002J）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
主蒸気管流量 (E31-DPT-002J)	S	原子炉建屋 T.M.S.L. 4.800*	0.05 以下	0.05 以下	C_H＝0.65	C_V＝0.64	C_H＝1.27	C_V＝1.29	100

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 主蒸気管流量 (H22-P009)

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)
ラック取付ボルト (ｉ＝2)	[redacted]	970	16 (M16)	201.1	16	221 (径≦16mm)	373 (径≦16mm)

部材	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	n_{fi}*	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
ラック取付ボルト (ｉ＝2)	265	285	6	221	261	短辺方向	長辺方向
	730	810	2				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

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

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ラック取付ボルト (ｉ＝2)	SS400	引張り	σ_{b2}＝5	f_{ts2}＝165*	σ_{b2}＝14	f_{ts2}＝195*
		せん断	τ_{b2}＝2	f_{sb2}＝127	τ_{b2}＝3	f_{sb2}＝150

すべて許容応力以下である。

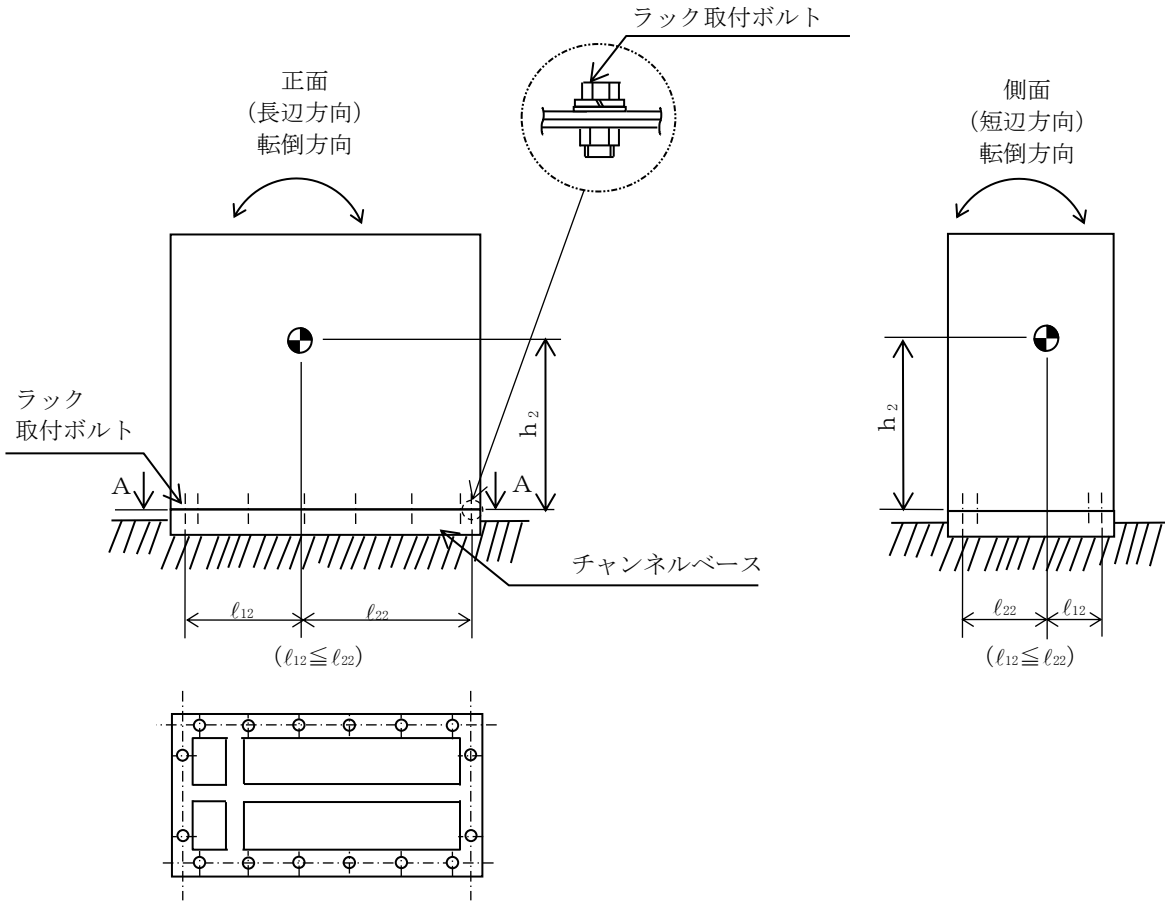
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
主蒸気管流量 (E31-DPT-002J)	水平方向	1.06	[redacted]
	鉛直方向	1.08	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


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

A～A矢視図

【主蒸気管流量（E31-DPT-002K）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
主蒸気管流量 (E31-DPT-002K)	S	原子炉建屋 T.M.S.L. 4.800*	0.05 以下	0.05 以下	C_H＝0.65	C_V＝0.64	C_H＝1.27	C_V＝1.29	100

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 主蒸気管流量 (H22-P010)

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)
ラック取付ボルト (ｉ＝2)	[redacted]	970	16 (M16)	201.1	16	221 (径≦16mm)	373 (径≦16mm)

部材	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	n_{fi}*	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
ラック取付ボルト (ｉ＝2)	265	285	6	221	261	短辺方向	長辺方向
	730	810	2				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

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

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ラック取付ボルト (ｉ＝2)	SS400	引張り	σ_{b2}＝5	f_{ts2}＝165*	σ_{b2}＝14	f_{ts2}＝195*
		せん断	τ_{b2}＝2	f_{sb2}＝127	τ_{b2}＝3	f_{sb2}＝150

すべて許容応力以下である。

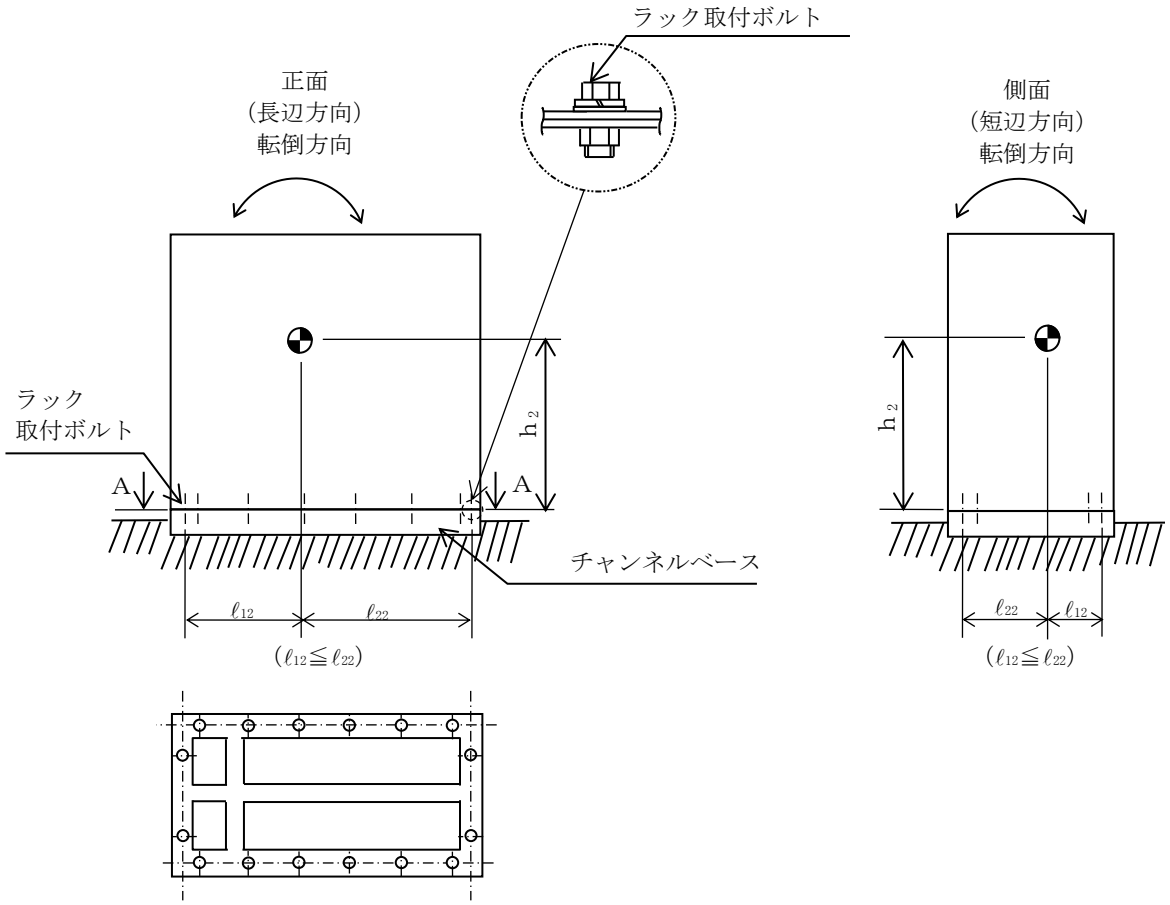
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
主蒸気管流量 (E31-DPT-002K)	水平方向	1.06	[redacted]
	鉛直方向	1.08	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


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

A～A矢視図

【主蒸気管流量（E31-DPT-002L）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
主蒸気管流量 (E31-DPT-002L)	S	原子炉建屋 T.M.S.L. 4.800*	0.05 以下	0.05 以下	C_H＝0.65	C_V＝0.64	C_H＝1.27	C_V＝1.29	100

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 主蒸気管流量 (H22-P011)

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)
ラック取付ボルト (ｉ＝2)	[redacted]	960	16 (M16)	201.1	20	221 (径≦16mm)	373 (径≦16mm)

部材	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	n_{fi}*	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
ラック取付ボルト (ｉ＝2)	255	295	8	221	261	短辺方向	長辺方向
	1035	1105	2				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

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

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ラック取付ボルト (ｉ＝2)	SS400	引張り	$\sigma_{b2}=5$	$f_{ts2}=165^{*}$	$\sigma_{b2}=14$	$f_{ts2}=195^{*}$
		せん断	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2}=127$	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=150$

すべて許容応力以下である。

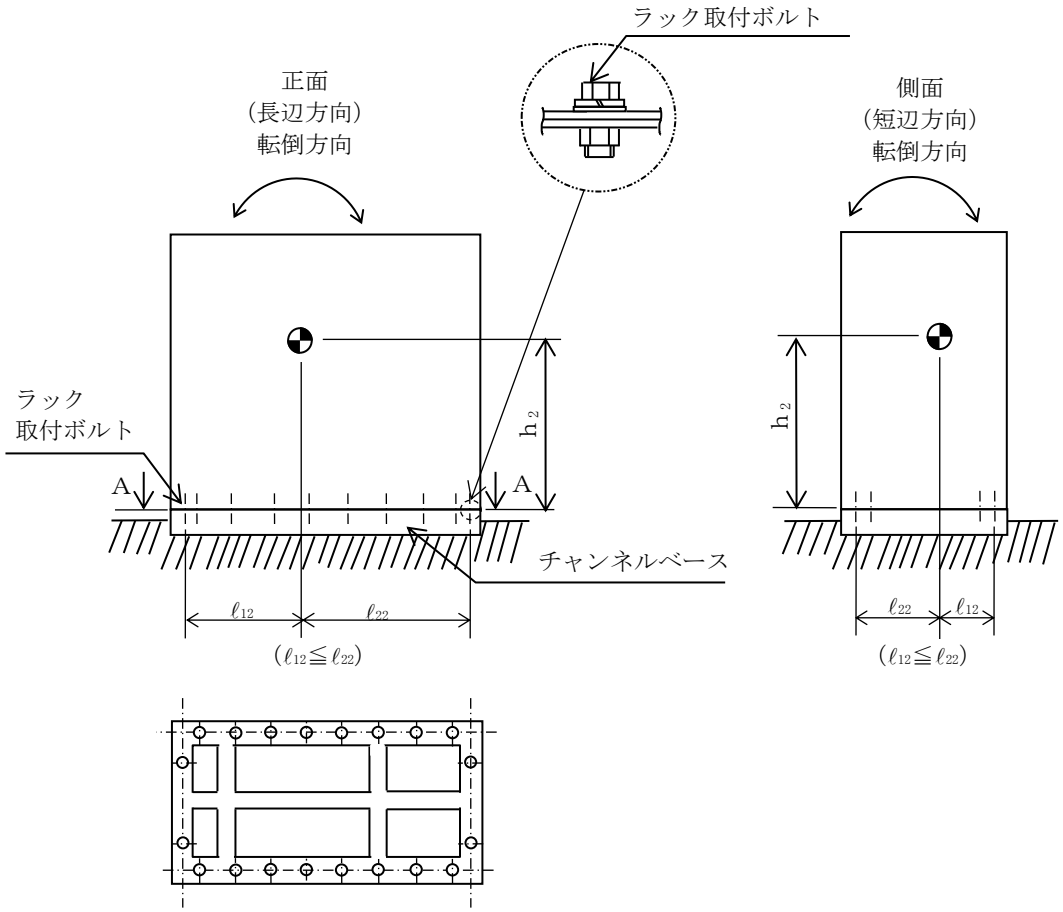
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
主蒸気管流量 (E31-DPT-002L)	水平方向	1.06	[redacted]
	鉛直方向	1.08	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


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

A～A矢視図

【主蒸気管流量（E31-DPT-002M）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
主蒸気管流量 (E31-DPT-002M)	S	原子炉建屋 T.M.S.L. 4.800*	0.05 以下	0.05 以下	C_H＝0.65	C_V＝0.64	C_H＝1.27	C_V＝1.29	100

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 主蒸気管流量 (H22-P012)

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)
ラック取付ボルト (ｉ＝2)	[redacted]	960	16 (M16)	201.1	20	221 (径≦16mm)	373 (径≦16mm)

部材	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	n_{fi}*	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
ラック取付ボルト (ｉ＝2)	255	295	8	221	261	短辺方向	長辺方向
	1035	1105	2				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

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

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ラック取付ボルト (ｉ＝2)	SS41	引張り	σ_{b2}＝5	f_{ts2}＝165*	σ_{b2}＝14	f_{ts2}＝195*
		せん断	τ_{b2}＝2	f_{sb2}＝127	τ_{b2}＝3	f_{sb2}＝150

すべて許容応力以下である。

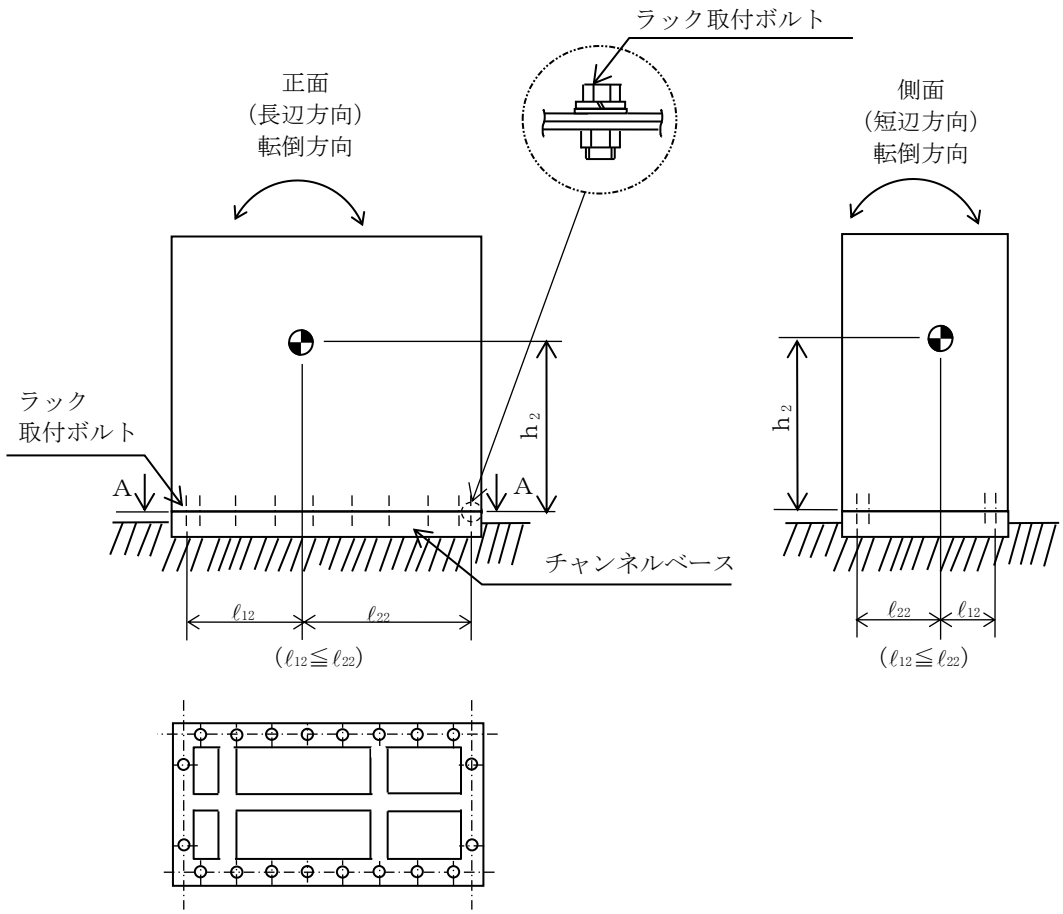
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
主蒸気管流量 (E31-DPT-002M)	水平方向	1.06	[redacted]
	鉛直方向	1.08	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


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

A～A矢視図

【主蒸気管流量（E31-DPT-002N）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
主蒸気管流量 (E31-DPT-002N)	S	原子炉建屋 T.M.S.L. 4.800*	0.05 以下	0.05 以下	C_H＝0.65	C_V＝0.64	C_H＝1.27	C_V＝1.29	100

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 主蒸気管流量 (H22-P009)

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)
ラック取付ボルト (ｉ＝2)	[redacted]	970	16 (M16)	201.1	16	221 (径≦16mm)	373 (径≦16mm)

部材	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	n_{fi}*	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
ラック取付ボルト (ｉ＝2)	265	285	6	221	261	短辺方向	長辺方向
	730	810	2				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

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

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ラック取付ボルト (ｉ＝2)	SS400	引張り	σ_{b2}＝5	f_{ts2}＝165*	σ_{b2}＝14	f_{ts2}＝195*
		せん断	τ_{b2}＝2	f_{sb2}＝127	τ_{b2}＝3	f_{sb2}＝150

すべて許容応力以下である。

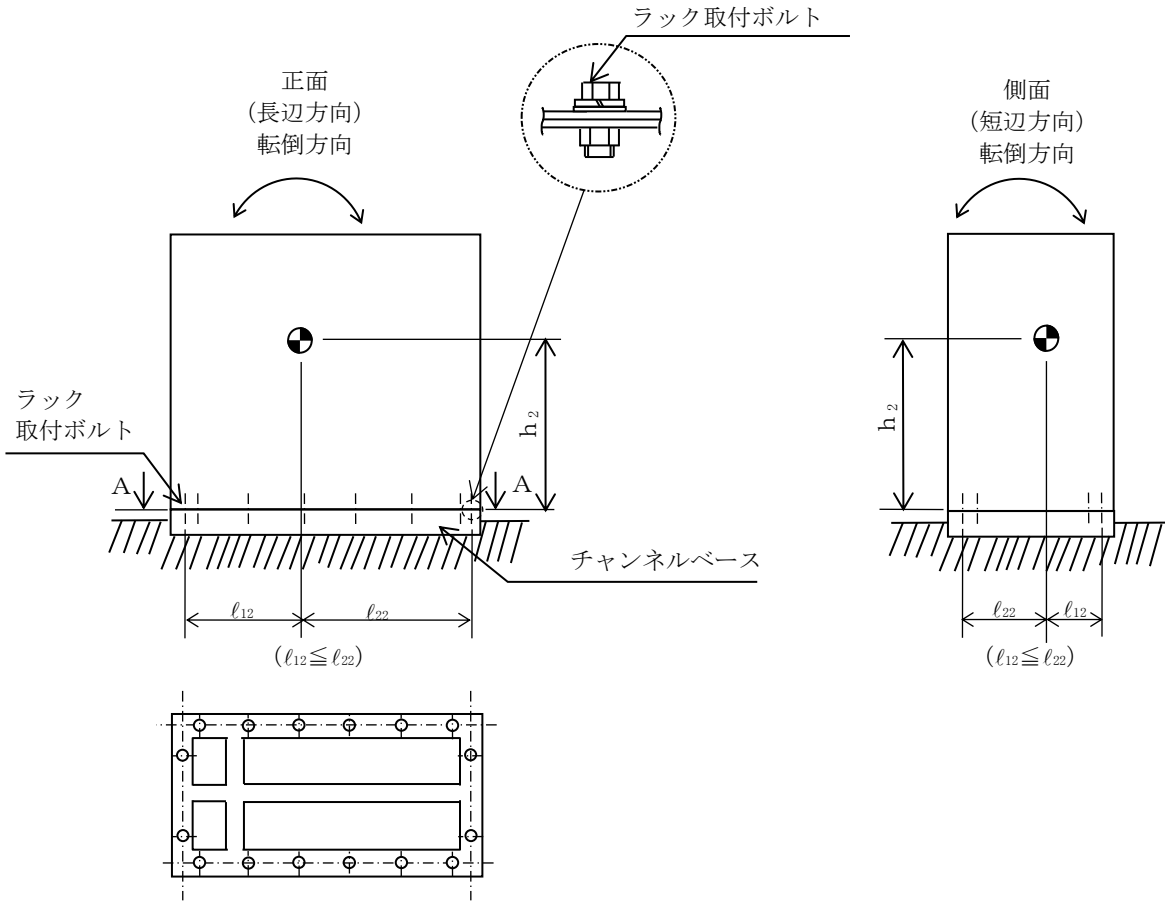
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
主蒸気管流量 (E31-DPT-002N)	水平方向	1.06	
	鉛直方向	1.08	

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


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

A～A矢視図

【主蒸気管流量（E31-DPT-002P）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
主蒸気管流量 (E31-DPT-002P)	S	原子炉建屋 T.M.S.L. 4.800*	0.05 以下	0.05 以下	C_H＝0.65	C_V＝0.64	C_H＝1.27	C_V＝1.29	100

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 主蒸気管流量 (H22-P010)

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)
ラック取付ボルト (ｉ＝2)	□	970	16 (M16)	201.1	16	221 (径≦16mm)	373 (径≦16mm)

部材	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	n_{fi}*	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
ラック取付ボルト (ｉ＝2)	265	285	6	221	261	短辺方向	長辺方向
	730	810	2				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

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

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ラック取付ボルト (ｉ＝2)	SS400	引張り	$\sigma_{b2}=5$	$f_{ts2}=165^{*}$	$\sigma_{b2}=14$	$f_{ts2}=195^{*}$
		せん断	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2}=127$	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=150$

すべて許容応力以下である。

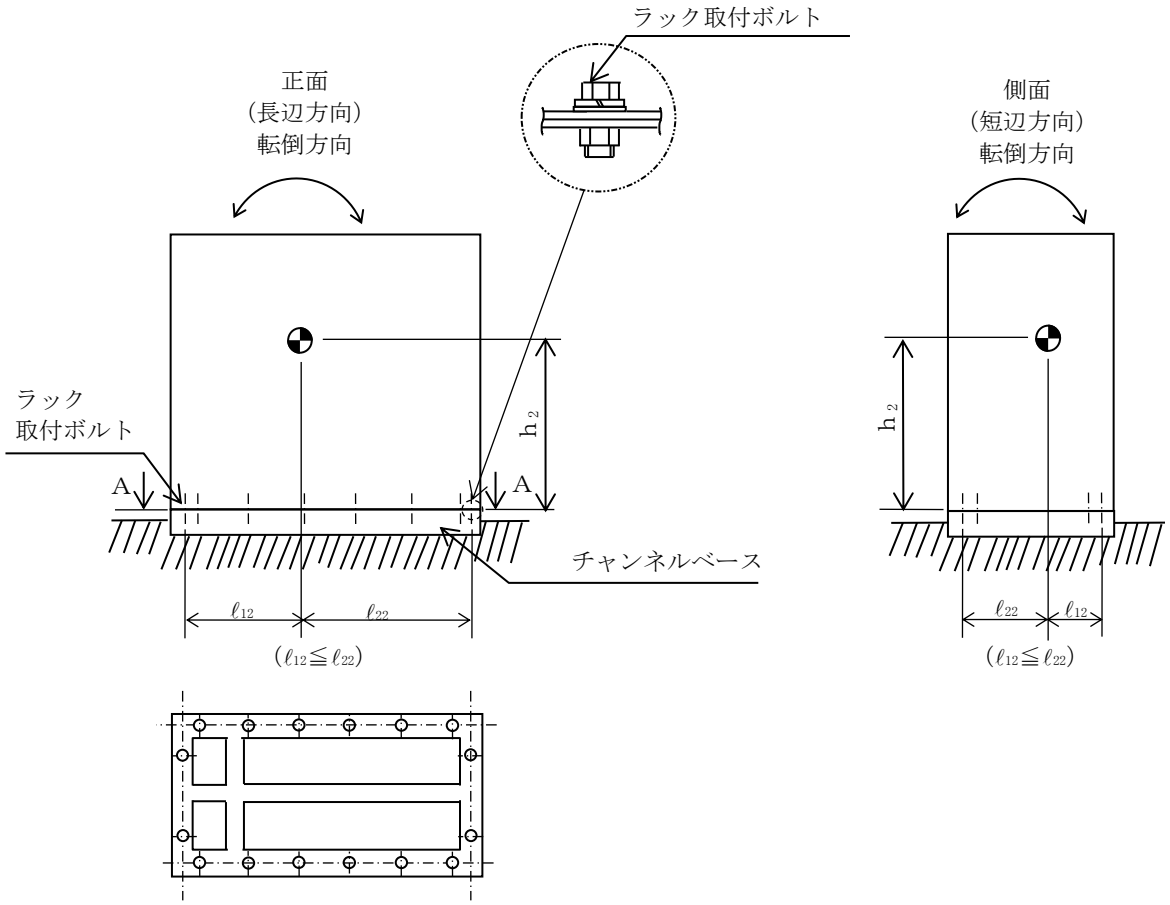
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
主蒸気管流量 (E31-DPT-002P)	水平方向	1.06	
	鉛直方向	1.08	

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


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

A～A矢視図

【主蒸気管流量（E31-DPT-002R）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
主蒸気管流量 (E31-DPT-002R)	S	原子炉建屋 T.M.S.L. 4.800*	0.05 以下	0.05 以下	C_H＝0.65	C_V＝0.64	C_H＝1.27	C_V＝1.29	100

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 主蒸気管流量 (H22-P011)

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)
ラック取付ボルト (ｉ＝2)	[redacted]	960	16 (M16)	201.1	20	221 (径≦16mm)	373 (径≦16mm)

部材	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	n_{fi}*	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
ラック取付ボルト (ｉ＝2)	255	295	8	221	261	短辺方向	長辺方向
	1035	1105	2				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

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

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ラック取付ボルト (ｉ＝2)	SS400	引張り	σ_{b2}＝5	f_{ts2}＝165*	σ_{b2}＝14	f_{ts2}＝195*
		せん断	τ_{b2}＝2	f_{sb2}＝127	τ_{b2}＝3	f_{sb2}＝150

すべて許容応力以下である。

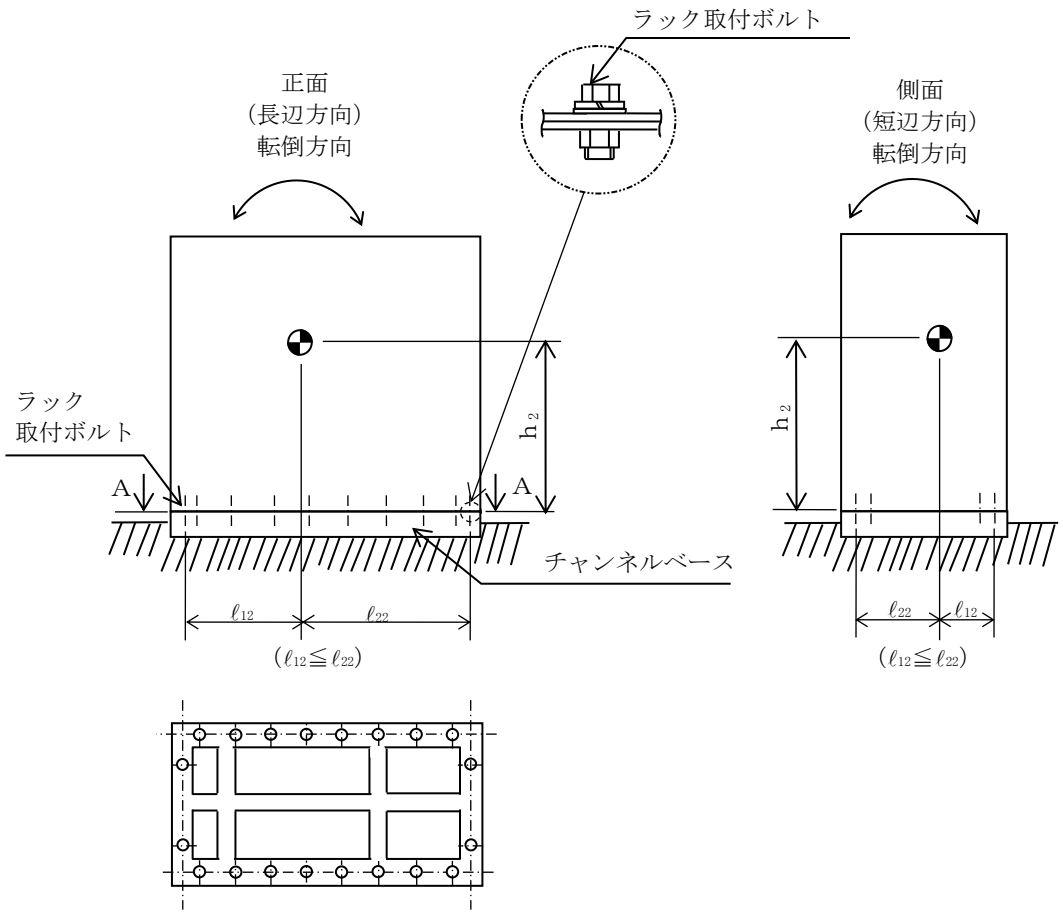
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
主蒸気管流量 (E31-DPT-002R)	水平方向	1.06	[redacted]
	鉛直方向	1.08	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


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

A～A矢視図

【主蒸気管流量（E31-DPT-002S）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
主蒸気管流量 (E31-DPT-002S)	S	原子炉建屋 T.M.S.L. 4.800*	0.05 以下	0.05 以下	C_H＝0.65	C_V＝0.64	C_H＝1.27	C_V＝1.29	100

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 主蒸気管流量 (H22-P012)

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)
ラック取付ボルト (ｉ＝2)	[redacted]	960	16 (M16)	201.1	20	221 (径≦16mm)	373 (径≦16mm)

部材	ℓ_{1i}* (mm)	ℓ_{2i}* (mm)	n_{fi}*	F_i (MPa)	F_i* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
ラック取付ボルト (ｉ＝2)	255	295	8	221	261	短辺方向	長辺方向
	1035	1105	2				

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

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

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

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ラック取付ボルト (ｉ＝2)	SS41	引張り	$\sigma_{b2}=5$	$f_{ts2}=165^{*}$	$\sigma_{b2}=14$	$f_{ts2}=195^{*}$
		せん断	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2}=127$	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=150$

すべて許容応力以下である。

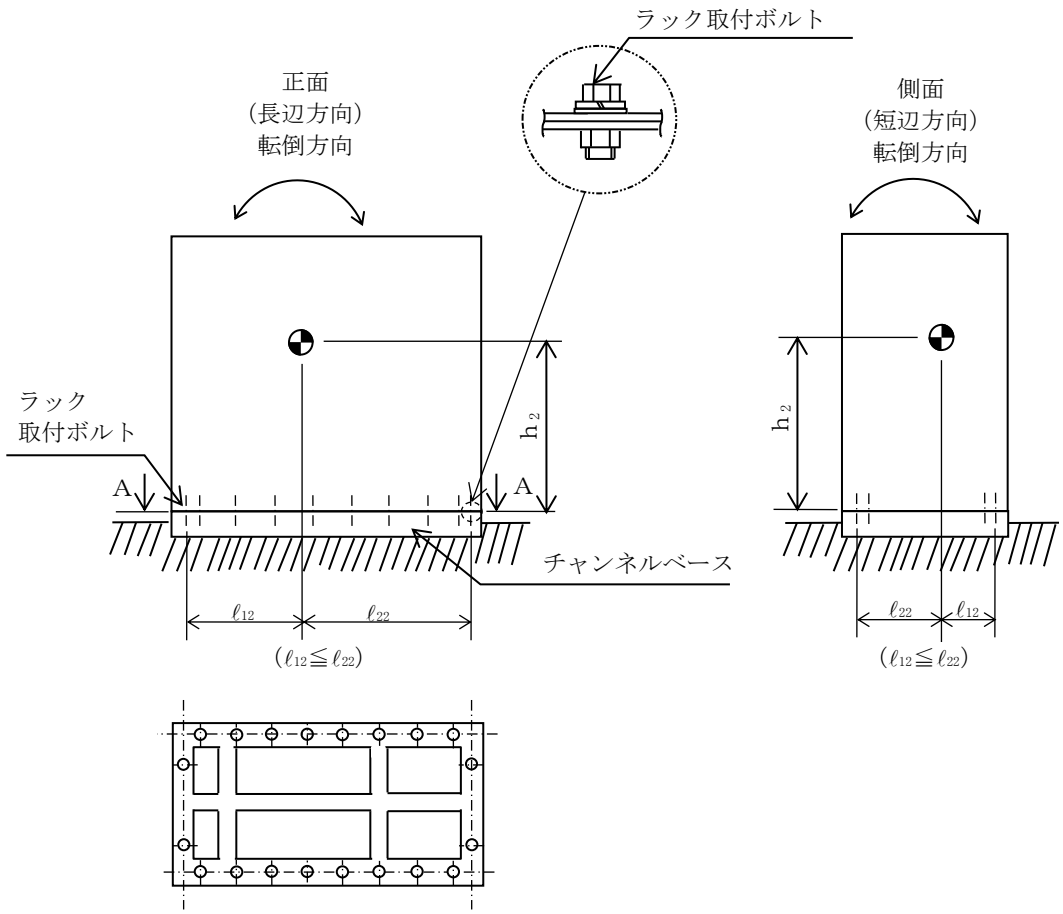
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

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

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
主蒸気管流量 (E31-DPT-002S)	水平方向	1.06	[redacted]
	鉛直方向	1.08	[redacted]

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。


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

A～A矢視図

Ⅴ-2-6-2　制御材の耐震性についての計算書

Ⅴ-2-6-2-1　制御棒の耐震性についての計算書

目　　次

1.　概要 ····· 1
2.　一般事項 ····· 2
2.1　構造計画 ····· 2
3.　燃料集合体の地震応答解析 ····· 3
4.　制御棒の挿入性試験 ····· 4
4.1　試験装置 ····· 4
4.2　試験方法 ····· 4
4.3　試験結果 ····· 4
5.　制御棒挿入性に対する鉛直方向地震による影響評価 ····· 10
5.1　鉛直方向の作用荷重及びそれに伴う挿入時間遅れ ····· 10
5.2　燃料集合体の浮上り ····· 10
6.　評価結果 ····· 11
7.　引用文献 ····· 11

1. 概要

本計算書は，制御棒の耐震性について示すものである。

地震時において制御棒に要求される機能は，制御棒の挿入機能の確保である。

制御棒の挿入機能の確保については，原子力発電所耐震設計技術指針重要度分類・許容応力編（ＪＥＡＧ４６０１・補-1984）に従って，地震時における制御棒の挿入性についての検討を行い，基準地震動Ｓｓに対し制御棒の挿入性が確保されることを確認する。ここで，地震時に制御棒の挿入性を阻害する支配的要因は，燃料集合体の水平方向地震による相対変位であることから，制御棒挿入試験は水平方向地震に対して実施する。また，鉛直方向地震に対してはその影響を評価する。

制御棒の挿入機能確保に必要な形状を維持するための構造部材は，シース，ハンドル，タイロッド，コネクタであり，制御棒挿入性試験により挿入機能が確認される。

なお，ボロンカーバイド型制御棒の運転寿命は，核的寿命及び機械的寿命のうち短い方で規定される。

ボロンカーバイド型制御棒のボロンカーバイド粉末を充てんした中性子吸収棒については，中性子照射によるガス等の発生に伴い中性子吸収棒の内圧が上昇するが，寿命末期において中性子吸収棒の変形は生じない。

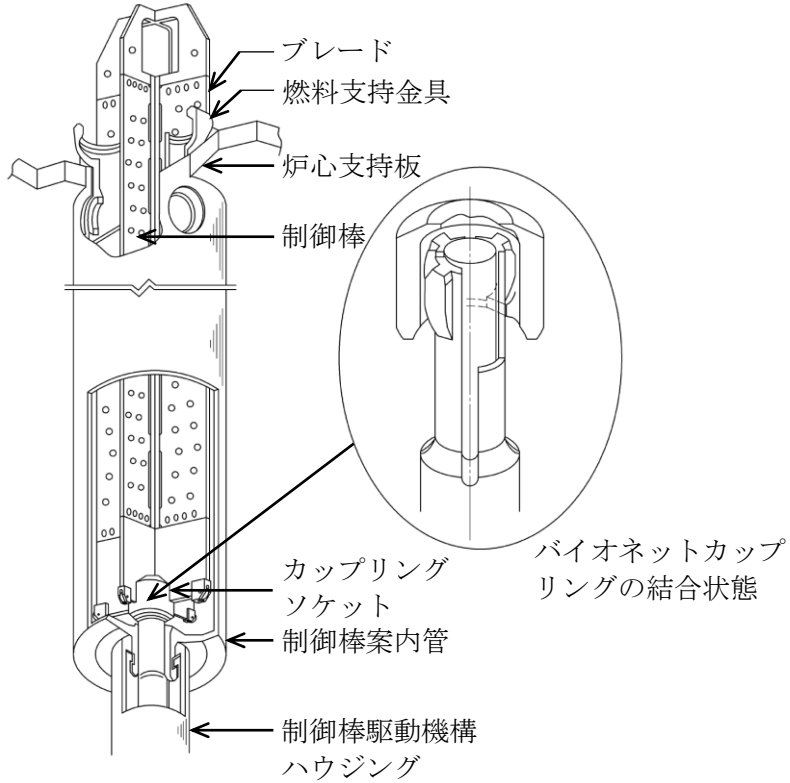
以上より，制御棒の寿命中において中性子吸収材によるシースの変形はないことから，制御棒の挿入性に影響を与えることはない。

2. 一般事項

2.1 構造計画

制御棒の構造計画を表 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	
制御棒は，バイオネットカップリングにより制御棒駆動機構に支持される。	十字形制御棒 制御棒の長さは 4050mm であり，ブレードの幅は 249mm である。	

3. 燃料集合体の地震応答解析

燃料集合体の地震応答解析は原子炉圧力容器内部構造物の一部として実施されており，詳細はⅤ-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」に示す。

設定された基準地震動Ｓｓの基本ケースにおける燃料集合体の最大応答相対変位は16.8mm となる。また，燃料集合体の基本ケースの最大応答加速度は，鉛直方向で 8.61m/s^2 となる。

制御棒挿入性の評価においては，基本ケースの最大応答変位及び最大応答加速度に対し，材料物性の不確かさや地震動及び地殻変動による基礎地盤の傾斜に対する影響等を考慮した最大応答変位 31.6mm 及び最大鉛直加速度 8.8m/s^2 を用いる。

4.　制御棒の挿入性試験

水平方向地震により燃料集合体に相対変位が生じた状態で制御棒の挿入性が確保されることを確認するため，制御棒の挿入性試験を実施している。試験は 1992 年 9 月に当時の株式会社　東芝にて実施したものである。

4.1　試験装置

試験装置の概要を図 4－1 に示す。

試験装置は炉心を模擬するために，試験容器内に上部格子板，燃料集合体，制御棒案内管を据え付け，下部に制御棒駆動機構ハウジングを接続している。

試験用機器仕様の概要を表 4－1 に示す。

燃料集合体は質量を模擬するため燃料ペレットに鉛を使用している。水圧制御ユニットは，1 体の制御棒駆動機構を駆動させるため，アキュムレータ及び窒素容器の容量は実機より小さくして圧力を調整することで定格状態を模擬している。制御棒及び制御棒駆動機構等の供試体は実機仕様である。

計測装置の概要を図 4－2 に示す。

4.2　試験方法

試験条件を表 4－2 に示す。

図 4－1 に示す試験容器内に 4 体の質量模擬燃料集合体を組み込んで,加振台により試験容器を全体加振し，スクラム試験を実施した。

試験では，図 4－2 に示す計測装置により，燃料集合体の相対変位（振幅）及び制御棒の挿入時間を測定した。

4.3　試験結果

図 4－3 に燃料集合体相対変位と 60%及び 100%ストロークスクラム時間の関係を示す。

図 4－3 に示すとおり，燃料集合体の相対変位が約 40㎜ までの範囲においても，60%及び 100%ストロークスクラム時間がそれぞれ 1.44 秒及び 2.80 秒以内であることを確認した。

なお，制御棒挿入試験後において制御棒の外観に有意な変化がないことを確認した。

表 4－1　試験用機器仕様の概要（ボロンカーバイド型制御棒用）

試験用機器	仕様の概要
燃料集合体	質量模擬燃料集合体 （質量模擬のため燃料ペレットに鉛を使用）
制御棒	実機仕様
燃料支持金具	実機仕様
制御棒案内管	実機仕様
制御棒駆動機構	実機仕様
水圧制御ユニット	ｱｷｭﾑﾚｰﾀ容量： 窒素容器容量：
加振台	加　振　力： 最大加速度：

表 4－2　試験条件（ボロンカーバイド型制御棒用）

項目	条件
温度	
圧力	
加振条件	
スクラム開始時の制御棒位置	全引き抜き状態

注記＊：

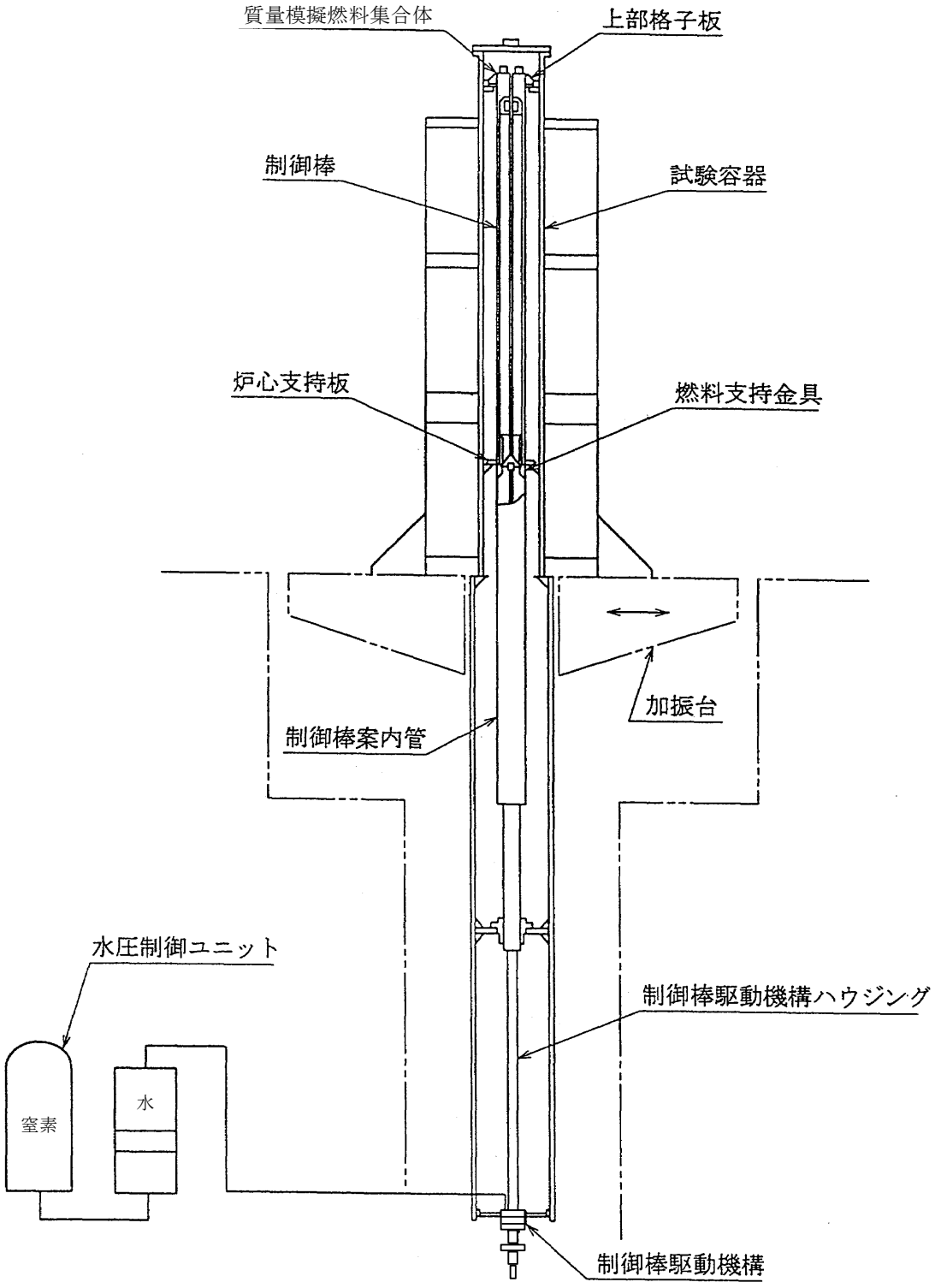

質量模擬燃料集合体
上部格子板
制御棒
試験容器
炉心支持板
燃料支持金具
加振台
制御棒案内管
水圧制御ユニット
制御棒駆動機構ハウジング
窒素
水
制御棒駆動機構

図 4－1　試験装置の概要

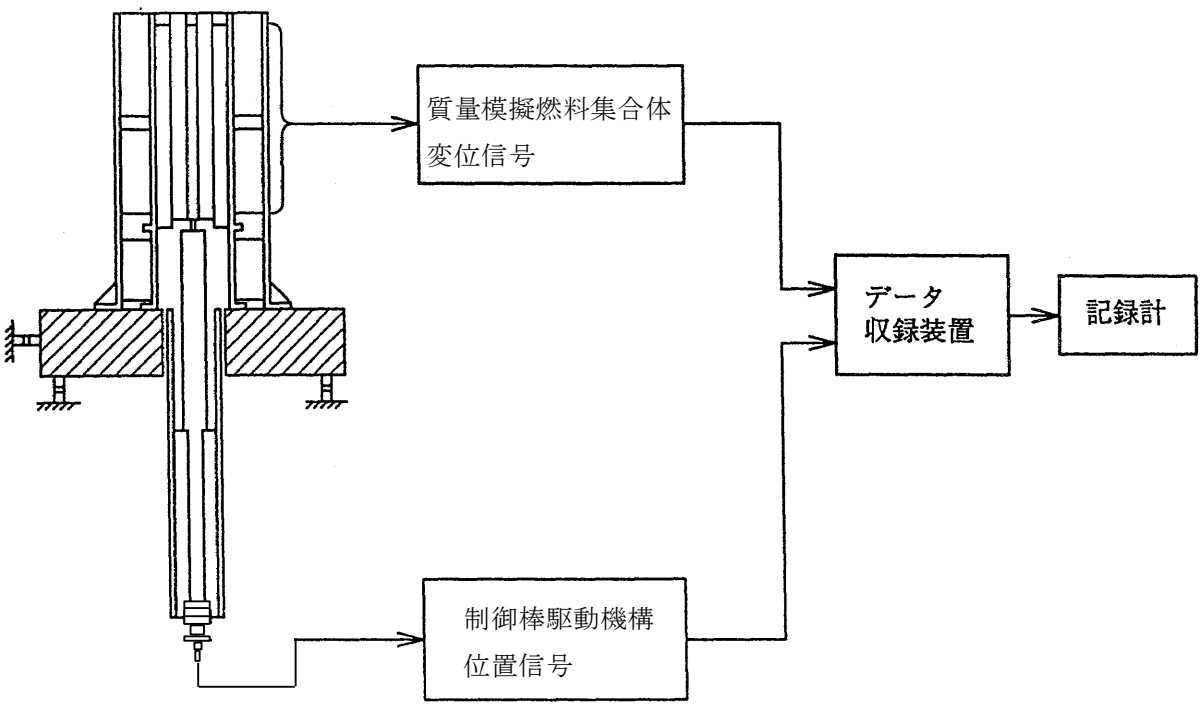


図 4－2　計測装置の概要

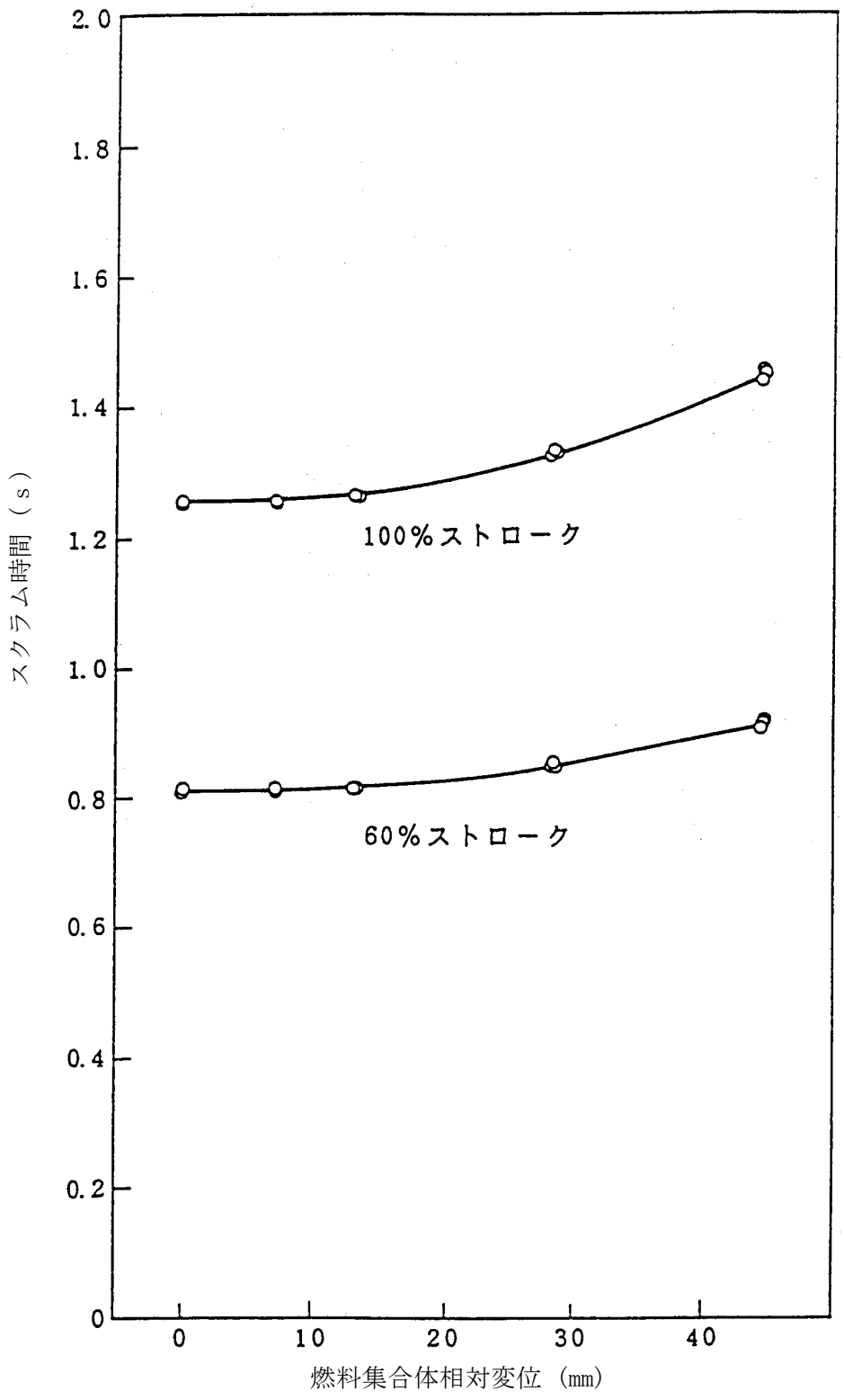


図 4－3　燃料集合体相対変位のスクラム時間に及ぼす影響

（ボロンカーバイド型制御棒）

5.　制御棒挿入性に対する鉛直方向地震による影響評価

鉛直方向地震により制御棒の挿入性に与える影響について，次の観点で評価する。

(1)　鉛直方向の作用荷重及びそれに伴う挿入時間遅れ

(2)　燃料集合体の浮上り

5.1　鉛直方向の作用荷重及びそれに伴う挿入時間遅れ

制御棒に作用する荷重について，制御棒に作用する鉛直方向地震力と地震スクラムにより生じるその他の荷重との大小関係を確認し，評価した。

その結果，交番荷重である鉛直地震動の加速度 8.8m/s^2 が，仮に常時制御棒の挿入方向と逆向き（下向き）に作用した場合でも，制御棒の挿入力（上向き）は下向きの力に対して，大きくなっており，鉛直方向の作用荷重による制御棒挿入性への影響はない。

また，鉛直方向の作用荷重は，実際には交番荷重として作用することから，挿入時間の遅れに対する影響は小さく，スクラム目安時間を超えることはない。

5.2　燃料集合体の浮上り

鉛直方向地震による燃料集合体の浮上りによる制御棒挿入性への影響については，引用文献(1)及び(2)で評価している。引用文献に基づいた影響評価により，柏崎刈羽原子力発電所第7号機における鉛直方向地震に対して燃料集合体が燃料支持金具設置深さ60㎜を超えるような浮上りは生じないことを確認した。

また，鉛直方向地震に加えて水平方向地震が作用し，燃料支持金具の面に沿って上方向に移動する事象を想定する場合でも,燃料支持金具からの離脱は生じないことを確認した。

6. 評価結果

燃料集合体の地震応答解析の結果，燃料集合体の最大応答相対変位は 40㎜ 以下である。

また,制御棒挿入試験の結果より,燃料集合体の相対変位が約 40㎜ までの範囲においても，通常のスクラム仕様値 60％ストローク 1.44 秒以下及び 100％ストローク 2.80 秒以下で挿入できること，並びに，制御棒挿入性試験後，制御棒の外観に有意な変化がないことを確認した。

さらに，鉛直方向地震による制御棒挿入性への影響について，制御棒に作用する荷重，挿入時間遅れ及び燃料集合体の浮上りに対して問題ないことを確認した。

したがって，基準地震動Ｓｓに対する制御棒の挿入性と健全性は確保される。

7. 引用文献

(1) 独立行政法人 原子力安全基盤機構　平成 17 年度「原子力施設等の耐震性評価技術に関する試験及び調査 機器耐力その２（ＢＷＲ制御棒挿入性）に係る報告書」（平成 18 年 9 月）

(2) 独立行政法人 原子力安全基盤機構　平成 17 年度「原子力施設等の耐震性評価技術に関する試験及び調査 機器耐力その３（総合評価）に係る報告書」（平成 18 年 8 月）

Ⅴ-2-6-3　制御材駆動装置の耐震性についての計算書

Ⅴ-2-6-3-1　制御棒駆動機構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.　構造強度評価 …… 8
4.1　構造強度評価方法 …… 8
4.2　荷重の組合せ及び許容応力 …… 8
4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 …… 8
4.2.2　許容応力 …… 8
4.2.3　使用材料の許容応力評価条件 …… 8
4.3　固有周期 …… 11
4.4　設計用地震力 …… 11
4.5　計算方法 …… 12
4.5.1　一次応力計算 …… 12
4.5.2　一次＋二次応力計算 …… 13
4.5.3　ピーク応力の計算 …… 14
4.5.4　繰返しピーク応力強さの計算 …… 14
4.5.5　疲労累積係数の計算 …… 14
4.6　計算条件 …… 15
4.6.1　制御棒駆動機構の応力計算条件 …… 15
4.6.2　運転条件 …… 15
4.7　応力の評価 …… 15
5.　評価結果 …… 16
5.1　設計基準対象施設としての評価結果 …… 16
5.2　重大事故等対処設備としての評価結果 …… 16
6.　参照図書 …… 16

1. 概要

本計算書は，V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき，制御棒駆動機構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。

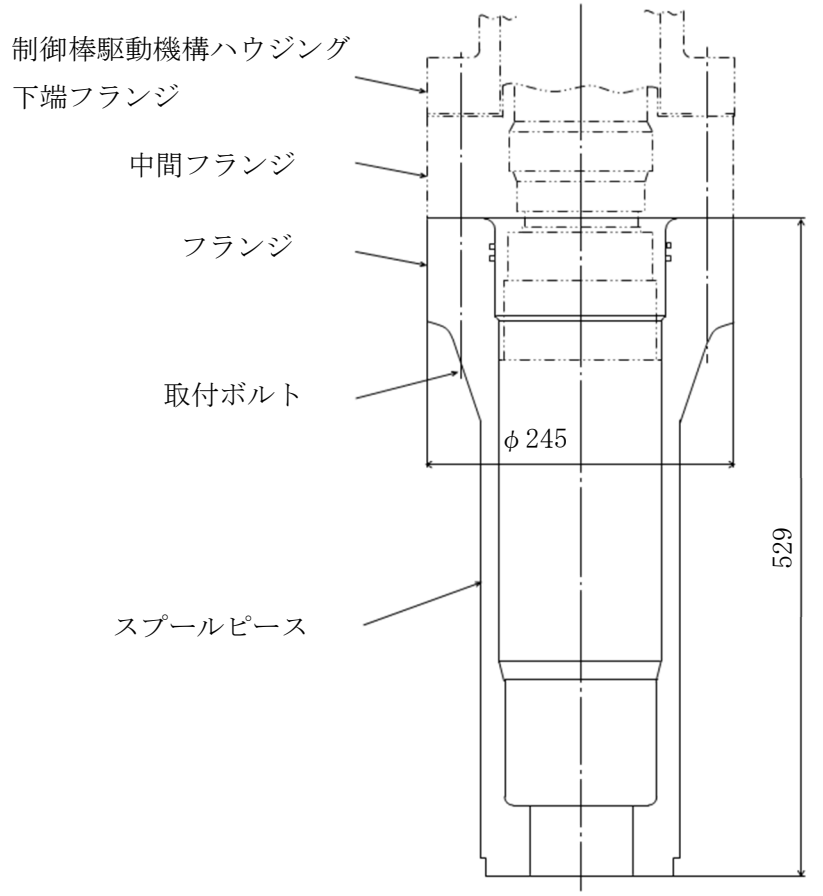
制御棒駆動機構は，設計基準対象施設においてはSクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備に分類される。以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

制御棒駆動機構の構造計画を表2－1 に示す。

表 2－1　構造計画

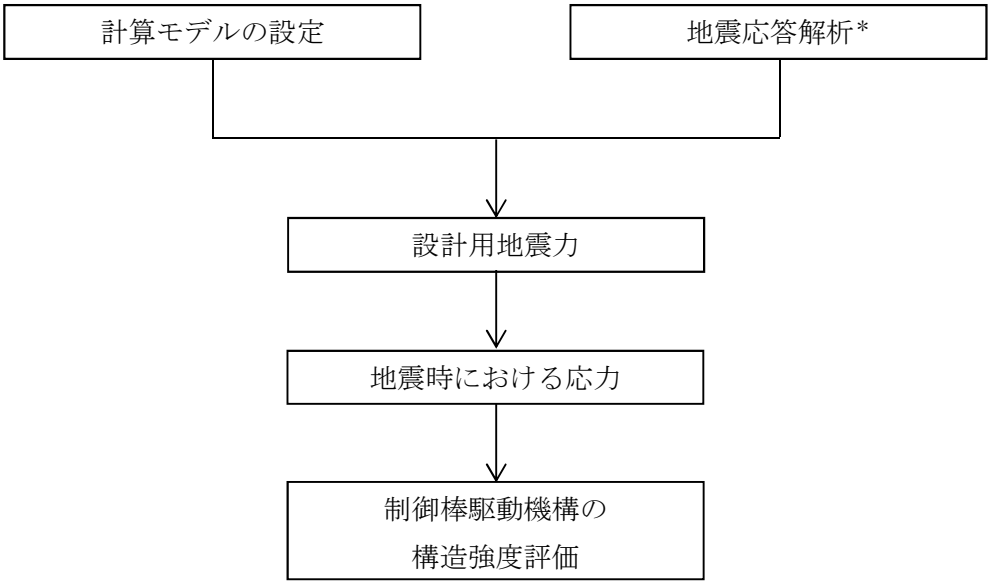
計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
制御棒駆動機構は，原子炉圧力容器下部に設置される制御棒駆動機構ハウジング内に収容される部分とその下部に取り付けられるスプールピース内に収容される駆動軸の軸封部から構成され，制御棒駆動機構ハウジング下端のフランジに取付ボルトで取り付けられる。	制御棒駆動機構	 （単位：mm）

2.2　評価方針

制御棒駆動機構の応力評価は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.1　構造計画」にて示す制御棒駆動機構の部位を踏まえ「3.　評価部位」にて設定する箇所において，「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.　構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5.評価結果」に示す。

制御棒駆動機構の耐震評価フローを図2－1に示す。

なお，本書においては，設計用地震力に対する評価について記載するものとし，設計用地震力を除く荷重による応力評価は，平成5年6月17日付け4資庁第14562号にて認可された第5回工事計画認可申請　Ⅳ-3-3-1-1「制御棒駆動機構の強度計算書」(以下「既工認」という。)による。



注記＊：Ⅴ-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」

図2－1　制御棒駆動機構の耐震評価フロー

2.3　適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

・原子力発電所耐震設計技術指針　重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１・補-1984（(社) 日本電気協会）

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

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

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

2.4　記号の説明

記号	記号の説明	単位
B	管の内径	mm
B_1, B_2	設計・建設規格　PPB-3810 に規定する応力係数 （一次応力の計算に使用するもの）	—
C_2	設計・建設規格　PPB-3810 に規定する応力係数 （一次＋二次応力の計算に使用するもの）	—
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
D_o	管の外径	mm
F_m	鉛直方向に作用する荷重	N
F_{scr}	スクラム反力により制御棒駆動機構に生じる荷重	N
F_w	自重による荷重	N
F_v	鉛直方向震度により制御棒駆動機構に生じる地震荷重	N
g_o	ハブ先端の厚さ	mm
K_2	設計・建設規格　PPB-3810 に規定する応力係数 （ピーク応力の計算に使用するもの）	—
K_e	繰返しピーク応力強さ係数	—
M_e	管に作用するモーメント（鉛直方向に作用する荷重を曲げモーメントに換算したもの）	N･mm
M_{hsg}	水平方向震度により制御棒駆動機構ハウジングに生じるモーメント	N･mm
M_{ip}	管の機械的荷重（地震による慣性力を含む）により生じるモーメント	N･mm
M_{is}	管の地震による慣性力と相対変位により生じるモーメントの全振幅	N･mm
n_i	繰返し荷重ｉの実際の繰返し回数	回
N_i	繰返し荷重ｉに対し，設計・建設規格　PPB-3534 にしたがって算出された許容繰返し回数	回
S_ℓ	繰返しピーク応力強さ	MPa
S_m	設計・建設規格　付録材料図表 Part5 表 1 に規定する材料の設計応力強さ	MPa
S_n	一次＋二次応力	MPa
S_p	ピーク応力	MPa
S_{prm}	一次応力	MPa
S_s	基準地震動Ｓｓにより定まる地震力	—
S_y	設計・建設規格　付録材料図表 Part5 表 8 に規定する材料の設計降伏点	MPa
t	管の厚さ	mm
Z_i	管の断面係数	mm^3
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
圧力	MPa	小数点以下第3位	四捨五入	小数点以下第2位
温度	℃	小数点以下第1位	四捨五入	整数位
外径	mm	小数点以下第2位	四捨五入	小数点以下第1位
厚さ	mm	小数点以下第2位	四捨五入	小数点以下第1位
質量	kg	小数点以下第1位	四捨五入	整数位
断面係数	mm^3	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*1
モーメント	N･mm	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*1
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*1
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力*2	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位
疲労累積係数	―	小数点以下第5位	切上げ	小数点以下第4位

注記＊1：絶対値が1000以上のときはべき数表示とする。

＊2：設計・建設規格　付録材料図表に記載された温度の中間における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

制御棒駆動機構の耐震評価は，「4.1　構造強度評価方法」に示す条件に基づき，耐震評価上厳しくなるスプールピースについて実施する。制御棒駆動機構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. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

(1) 制御棒駆動機構は，制御棒駆動機構ハウジング下端のフランジに中間フランジを挟んで固定される。

(2) 応力評価は，スプールピースの円筒部を管とみなし，V-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

(3) 地震荷重は，V-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」で求めた制御棒駆動機構ハウジング下端のフランジ部分の応答の値を使用する。

(4) 耐震計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

(5) 耐震評価は，設計基準対象施設と重大事故等対処設備の包絡条件で実施する。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

制御棒駆動機構の荷重の組合せ及び許容応力状態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

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

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

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

表 4－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御系統施設	制御材駆動装置	制御棒駆動機構	S	－*	D＋P＋M＋S_d*	ⅢAS
					D＋P＋M＋S_s	ⅣAS
					D＋P_L＋M_L＋S_d*	

注記＊：クラス１管の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

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	制御材駆動装置	制御棒駆動機構	常設耐震／防止	－*2	D＋P＋M＋S_s*3	ⅣAS
					D＋P_L＋M_L＋S_d* *3	
					D＋P_{SAL}＋M_{SAL}＋S_d	VAS（VASとしてⅣASの許容限界を用いる。）
					D＋P_{SALL}＋M_{SALL}＋S_s	

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：重大事故等クラス２管を含む。

＊3：「D＋P_{SAL}＋M_{SAL}＋S_d」及び「D＋P_{SALL}＋M_{SALL}＋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（クラス１管及び重大事故等クラス２管であってクラス１管）

許容応力状態	許容限界*1		
	一 次 応 力	一次+二次応力	一次+二次+ピーク応力
ⅢＡＳ	2.25Ｓｍ	3Ｓｍ Ｓｄ又はＳｓ地震動のみによる応力振幅について評価する。	Ｓｄ又はＳｓ地震動のみによる疲労累積係数と運転状態Ⅰ，Ⅱにおける疲労累積係数の和が 1.0 以下であること。
ⅣＡＳ	3Ｓｍ		
ＶＡＳ*2			

注記＊1：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。

＊2：許容応力状態ＶＡＳは許容応力状態ⅣＡＳの許容限界を使用し，許容応力状態ⅣＡＳとして評価を実施する。

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 (℃)		Ｓｍ (MPa)	Ｓｙ (MPa)
スプールピース	[redacted]	最高使用温度	302	[redacted]	

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 (℃)		Ｓｍ (MPa)	Ｓｙ (MPa)
スプールピース	[redacted]	最高使用温度	302	[redacted]	

4.3　固有周期

制御棒駆動機構は，[redacted]

4.4　設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 4－6 及び表 4－7 に示す。

「弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度」及び「基準地震動Ｓｓ」による地震力は，Ⅴ-2-3-1「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。

表 4－6　設計用地震力（設計基準対象施設）

据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
	水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度
原子炉格納容器 T.M.S.L.1.655*1	—*2	—*2	—*3	Ｃｖ＝0.72	—*3	Ｃｖ＝1.45

注記＊1：基準床レベル（制御棒駆動機構ハウジング下端フランジの取付面のレベル）を示す。
＊2：固有周期は，Ⅴ-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」による。
＊3：水平方向地震による荷重は，Ⅴ-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」によるモーメントから求められる値。

表 4－7　設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
	水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度
原子炉格納容器 T.M.S.L.1.655*1	—*2	—*2	—	—	—*3	Ｃｖ＝1.45

注記＊1：基準床レベル（制御棒駆動機構ハウジング下端フランジの取付面のレベル）を示す。
＊2：固有周期は，Ⅴ-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」による。
＊3：水平方向地震による荷重は，Ⅴ-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」によるモーメントから求められる値。

4.5　計算方法

スプールピースの最小板厚部を管とみなし，応力評価する。

耐震評価モデルを図 4－1 に示す。

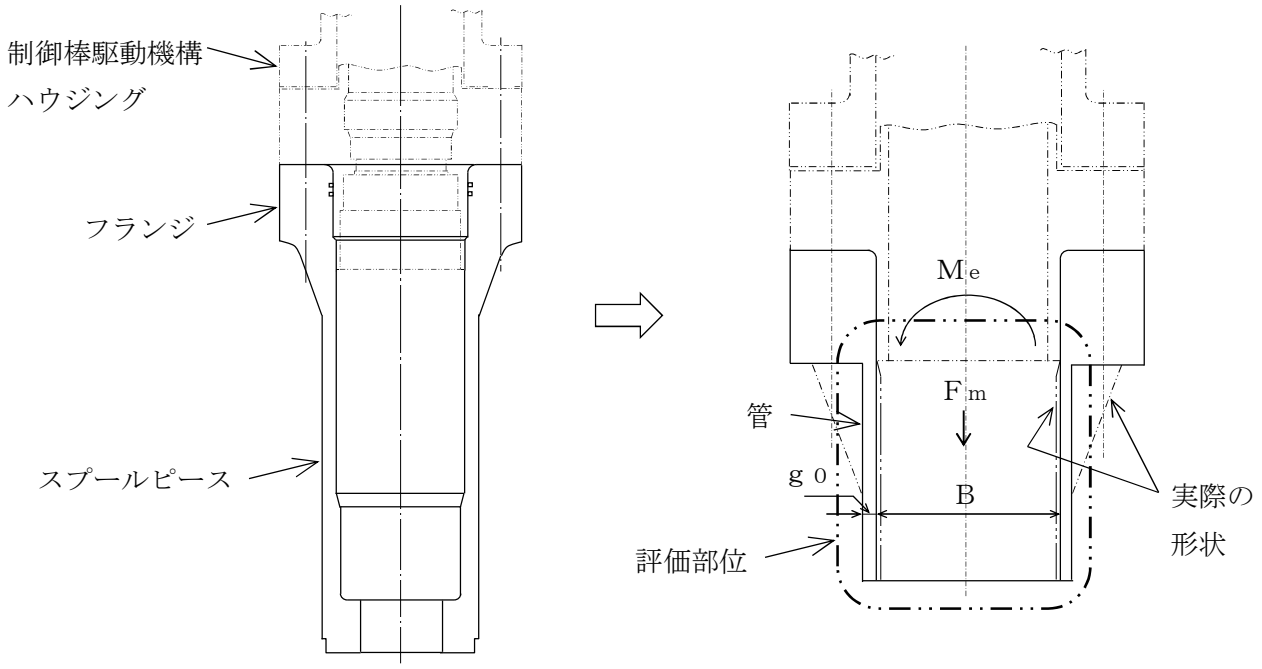


図 4－1　耐震評価モデル

4.5.1　一次応力計算

管の機械的荷重により生じるモーメントＭｉｐを算定し，一次応力Ｓｐｒｍを求める。

(1)　管に作用するモーメントの算定

鉛直方向に作用する荷重Ｆｍを管に作用するモーメントＭｅへ換算する。

図 4－1 の評価部位において，鉛直方向に作用する荷重Ｆｍを管に作用するモーメントＭｅへ換算する換算式は以下となる。

$$M_e = \boxed{} \quad \cdots\cdots\cdots (4.5.1.1)$$

ただし，$F_m = \boxed{}$

(2) 機械的荷重によるモーメントの算定

M_{ip}は，鉛直方向に作用する荷重F_mを管に作用するモーメントへ換算したM_eと地震によりスプールピースに作用する応答モーメントM_{hsg}から算定する。

$$M_{ip} = M_e + M_{hsg} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (4.5.1.2)$$

(3) 一次応力計算

一次応力は以下による。

$$S_{prm} = \frac{B_1 \cdot P \cdot D_o}{2 \cdot t} + \frac{B_2 \cdot M_{ip}}{Z_i} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (4.5.1.3)$$

ここで，

$$Z_i = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{D_0^{\,4} - \left(D_0 - 2 \cdot t\right)^4}{D_0} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (4.5.1.4)$$

とする。

4.5.2 一次＋二次応力計算

管の地震動の慣性力と相対変位により生じるモーメントの全振幅M_{is}を算定し，一次＋二次応力S_nを求める。

(1) 管に作用するモーメントの算定

$$M_e = \boxed{} \quad \cdots\cdots\cdots (4.5.2.1)$$

ただし，$F_m = \boxed{}$

(2) 管の地震動の慣性力と相対変位により生じるモーメントの全振幅

相対変位は生じないことから，地震動の慣性力として地震動による鉛直荷重と応答モーメントを考慮すると以下となる。

$$M_{is} = \left(M_e + M_{hsg}\right) \cdot 2 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (4.5.2.2)$$

(3) 一次＋二次応力計算

一次＋二次応力は以下による。

$$S_n = \frac{C_2 \cdot M_{is}}{Z_i} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (4.5.2.3)$$

4.5.3 ピーク応力の計算

ピーク応力は以下による。

$$S_p = \frac{K_2 \cdot C_2 \cdot M_{is}}{Z_i} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (4.5.3.1)$$

4.5.4 繰返しピーク応力強さの計算

繰返しピーク応力強さは以下による。

$$S_\ell = \frac{K_e \cdot S_p}{2} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (4.5.4.1)$$

4.5.5 疲労累積係数の計算

疲労累積係数は以下による。

$$\Sigma \frac{n_i}{N_i} \leq 1.0 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (4.5.5.1)$$

4.6　計算条件

4.6.1　制御棒駆動機構の応力計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【制御棒駆動機構の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

4.6.2　運転条件

制御棒駆動機構の応力計算に用いる運転条件は，既工認から変更はなく，表 4－8 に示すとおりである。

表 4－8　運転条件

運転状態	運転条件	回数
Ⅰ及びⅡ		
Ⅲ		
Ⅳ		

運転条件領域区分　制御棒駆動機構ハウジング面より下の領域

4.7　応力の評価

4.5 項で求めた組合せ応力が最高使用温度における許容応力以下であること。ただし，許容応力は表 4－3 による。

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

制御棒駆動機構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。

5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

制御棒駆動機構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。

6. 参照図書

柏崎刈羽原子力発電所第７号機　第５回工事計画認可申請書

(1) Ⅳ-3-3-1-1「制御棒駆動機構の応力計算書」

【制御棒駆動機構の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度		
制御棒駆動機構	S	原子炉格納容器 T.M.S.L.1.655*1	—*2	—*2	—*3	Cv＝0.72	—*3	Cv＝1.45	302	—

注記＊1：基準床レベル（制御棒駆動機構ハウジング下端フランジの取付面のレベル）を示す。
＊2：固有周期は，Ⅴ-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」による。
＊3：水平方向設計震度による荷重は，Ⅴ-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」より得られる値。

1.2 機器要目

部材	D_o (mm)	t (mm)	B (mm)	g_o (mm)	M_{hsg} (N･mm)		F_w (N)	F_{scr} (N)	F_v (N)	
					弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ			弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
スプールピース										

部材	P (MPa)	n_i (回)	Z_i (mm^3)	B_1	B_2	C_2	K_2	K_e	S_m (MPa)	S_y (MPa)
スプールピース				0.5	1.0	1.0	1.0	1.0		

注記＊1：運転条件の回数に設計用地震応力繰返し回数（200回）を加えた回数
＊2：最高使用温度で算出

1.3 計算数値

管に作用するモーメント

部材	Mip (N·mm)		Mis (N·mm)	
	弾性設計用地震動 Sd又は静的震度	基準地震動 Ss	弾性設計用地震動 Sd又は静的震度	基準地震動 Ss
スプールピース	[redacted]		—	[redacted]

許容繰返し回数

部材	Sp (MPa)		Sℓ (MPa)		Ni(回)	
	弾性設計用地震動 Sd又は静的震度	基準地震動 Ss	弾性設計用地震動 Sd又は静的震度	基準地震動 Ss	弾性設計用地震動 Sd又は静的震度	基準地震動 Ss
スプールピース	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

1.4 結論

1.4.1 応力

許容応力状態	最大応力評価点	最大応力区分	一次応力評価(MPa)		一次＋二次応力評価(MPa)		疲労評価
			一次応力 Sprm（Sd） Sprm（Ss）	許容応力 Min(2.25・Sm, 1.8・Sy) Min(3・Sm, 2・Sy)	一次＋二次応力 Sn（Ss）	許容応力 3・Sm	疲労累積係数 U＋USs
ⅢAS	スプールピース最小断面	Sprm（Sd）	99	226	—	—	—
ⅣAS		Sprm（Ss）	106	252	—	—	—
ⅣAS		Sn（Ss）	—	—	29	342	—
ⅣAS		U＋USs	—	—	—	—	0.0000

すべて許容応力以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Sd又は静的震度		基準地震動Ss		最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度		
制御棒駆動機構	常設耐震／防止	原子炉格納容器 T.M.S.L.1.655*1	—*2	—*2	—	—	—*3	Cv=1.45	302	—

注記＊1：基準床レベル（制御棒駆動機構ハウジング下端フランジの取付面のレベル）を示す。
＊2：固有周期は，V-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」による。
＊3：水平方向設計震度による荷重は，V-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」より得られる値。

2.2 機器要目

部材	D_o (mm)	t (mm)	B (mm)	g_o (mm)	M_{hsg} (N・mm)		F_w (N)	F_{scr} (N)	F_v (N)	
					弾性設計用地震動Sd又は静的震度	基準地震動Ss			弾性設計用地震動Sd又は静的震度	基準地震動Ss
スプールピース										

部材	P (MPa)	n_i (回)	Z_i (mm^3)	B_1	B_2	C_2	K_2	K_e	S_m (MPa)	S_y (MPa)
スプールピース				0.5	1.0	1.0	1.0	1.0		

注記＊1：運転条件の回数に設計用地震応力繰返し回数（200回）を加えた回数
＊2：最高使用温度で算出

2.3 計算数値

管に作用するモーメント

部　材	Mip (N･mm)		Mis (N･mm)	
	弾性設計用地震動 Sd又は静的震度	基準地震動 Ss	弾性設計用地震動 Sd又は静的震度	基準地震動 Ss
スプールピース	—	[redacted]	—	[redacted]

許容繰返し回数

部　材	Sp (MPa)		Sℓ (MPa)		Ni (回)	
	弾性設計用地震動 Sd又は静的震度	基準地震動 Ss	弾性設計用地震動 Sd又は静的震度	基準地震動 Ss	弾性設計用地震動 Sd又は静的震度	基準地震動 Ss
スプールピース	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

2.4 結論

2.4.1 応力

許容応力状態	最大応力評価点	最大応力区分	一次応力評価(MPa)		一次＋二次応力評価(MPa)		疲労評価
			一次応力 Sprm（Ss）	許容応力 Min(3･Sm, 2･Sy)	一次＋二次応力 Sn（Ss）	許容応力 3･Sm	疲労累積係数 U＋USs
VAS	スプール ピース 最小 断面	Sprm（Ss）	106	252	—	—	—
VAS		Sn（Ss）	—	—	29	342	—
VAS		U＋USs	—	—	—	—	0.0000

すべて許容応力以下である。

Ⅴ-2-6-3-2　制御棒駆動水圧設備の耐震性についての計算書

Ⅴ-2-6-3-2-1　制御棒駆動系の耐震性についての計算書

Ⅴ-2-6-3-2-1-1　水圧制御ユニットの耐震性についての計算書

目　次

1.　概要 …… 1
2.　一般事項 …… 1
2.1　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.　地震応答解析及び構造強度評価 …… 8
4.1　地震応答解析及び構造強度評価方法 …… 8
4.2　荷重の組合せ及び許容応力 …… 8
4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 …… 8
4.2.2　許容応力 …… 8
4.2.3　使用材料の許容応力評価条件 …… 8
4.3　解析モデル及び諸元 …… 12
4.4　固有周期 …… 14
4.5　設計用地震力 …… 15
4.6　計算方法 …… 16
4.6.1　応力の計算方法 …… 16
4.7　計算条件 …… 18
4.8　応力の評価 …… 18
4.8.1　フレームの応力評価 …… 18
4.8.2　取付ボルトの応力評価 …… 19
5.　機能維持評価 …… 20
5.1　動的機能維持評価方法 …… 20
6.　評価結果 …… 21
6.1　設計基準対象施設としての評価結果 …… 21
6.2　重大事故等対処設備としての評価結果 …… 21

1. 概要

本計算書は，V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，水圧制御ユニットが設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

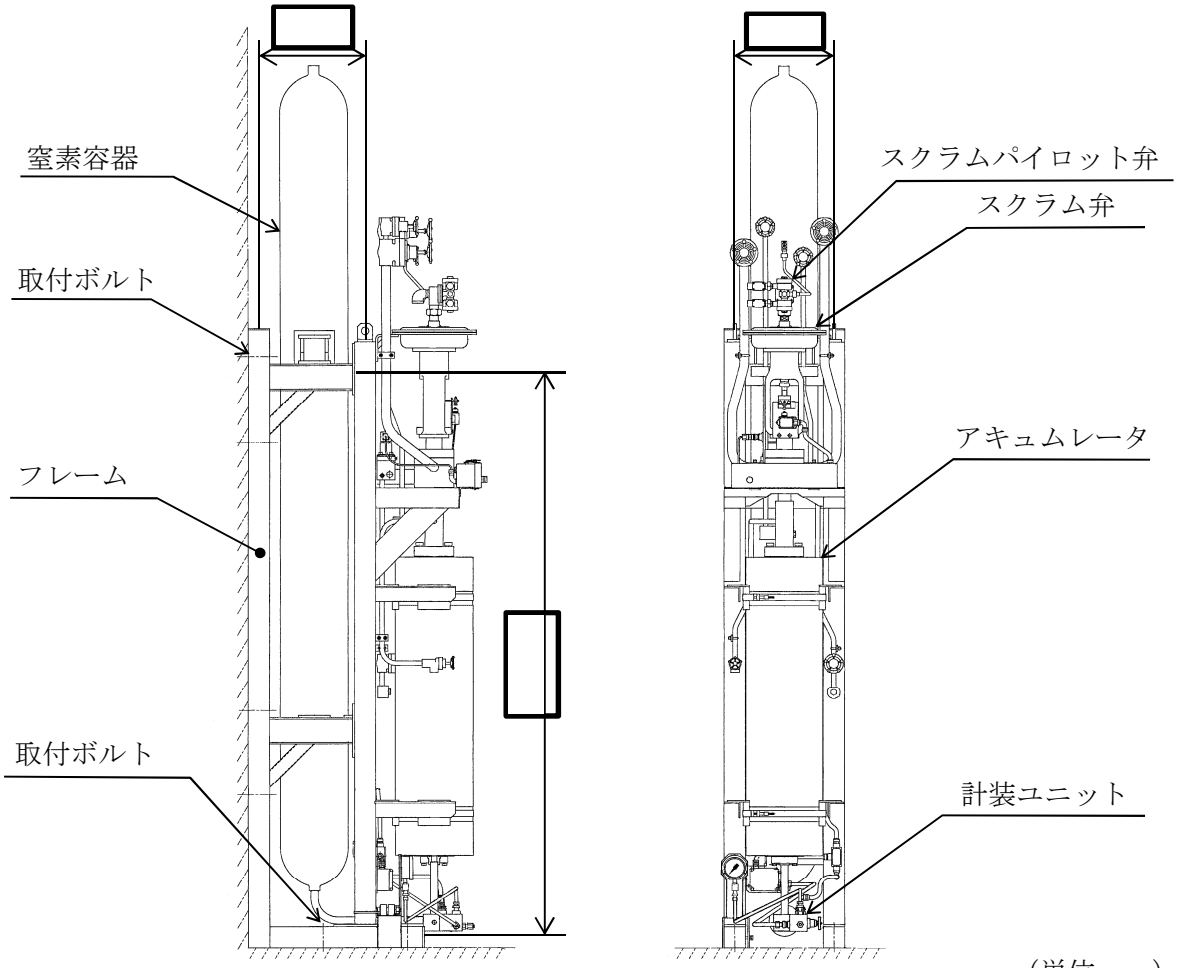
水圧制御ユニットは，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備に分類される。以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び動的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

水圧制御ユニットの構造計画を表 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	
水圧制御ユニットのフレームは，十分剛な壁及び床に取付ボルトにより固定されている。	アキュムレータ，窒素容器，スクラムパイロット弁，スクラム弁，配管ユニット，計装ユニット等の構成部品がフレームに取り付けられた構造	

2.2　評価方針

水圧制御ユニットの応力評価は，V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.1　構造計画」にて示す水圧制御ユニットの部位を踏まえ「3.　評価部位」にて設定する箇所において，「4.3　解析モデル及び諸元」及び「4.4　固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを，「4.　地震応答解析及び構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また，制御棒駆動系スクラム弁の機能維持評価は，V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した動的機器の機能維持の方針に基づき，地震時の応答加速度が動的機能確認済加速度以下であることを，「5.　機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「6.　評価結果」に示す。

水圧制御ユニット及び制御棒駆動系スクラム弁の耐震評価フローを図2－1に示す。

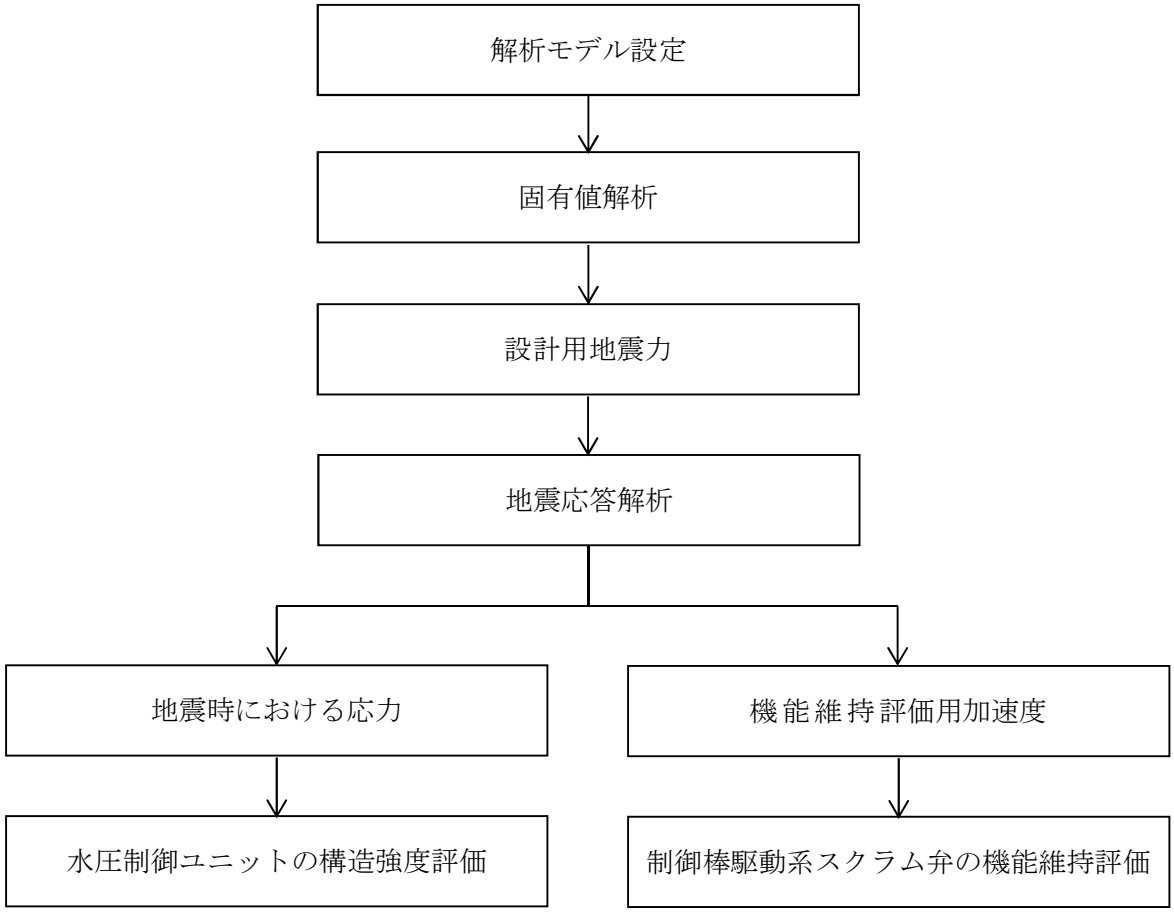


図2－1　水圧制御ユニット及び制御棒駆動系スクラム弁の耐震評価フロー

2.3　適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

・原子力発電所耐震設計技術指針　重要度分類・許容応力編　ＪＥＡＧ４６０１・補-1984（(社) 日本電気協会）

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

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

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

2.4　記号の説明

記号	記号の説明	単位
A	フレームの断面積	mm^2
A_b	取付ボルトの軸断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d_o	ボルトの呼び径	mm
E	縦弾性係数	MPa
F	設計・建設規格　SSB-3121.1（1）に定める値	MPa
F*	設計・建設規格　SSB-3121.3又はSSB-3133に定める値	MPa
F_b	取付ボルトに作用する引張力	N
F_x	フレームの軸力（x方向）	N
F_y	フレームのせん断力（y方向）	N
F_z	フレームのせん断力（z方向）	N
f_b	フレームの許容曲げ応力	MPa
f_c	フレームの許容圧縮応力	MPa
f_s	フレーム又はボルト等の許容せん断応力	MPa
f_{sb}	せん断力のみを受ける取付ボルトの許容せん断応力	MPa
f_t	フレーム又はボルト等の許容引張応力	MPa
f_{to}	引張力のみを受ける取付ボルトの許容引張応力	MPa
f_{ts}	引張力とせん断力を同時に受ける取付ボルトの許容引張応力	MPa
i	断面二次半径	mm
I_p	フレームの断面二次極モーメント	mm^4
I_y	フレームの断面二次モーメント（y軸）	mm^4
I_z	フレームの断面二次モーメント（z軸）	mm^4
ℓ	取付ボルト間の距離	mm
ℓ_k	座屈長さ	mm
M_x	フレームのねじりモーメント（x軸）	N･mm
M_y	フレームの曲げモーメント（y軸）	N･mm
M_z	フレームの曲げモーメント（z軸）	N･mm
m	水圧制御ユニット解析モデル各質点の付加質量の合計	kg
n	フレームと壁及び床の取付部1箇所当たりの取付ボルトの本数	—
n_f	評価上引張力を受けるとして期待する取付ボルトの本数	—
Q_b	取付ボルトに作用するせん断力	N
S	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表5に定める値	MPa
S_u	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表9に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表8に定める値	MPa

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℃における値	MPa
W_i	フレームの内幅	mm
X，Y，Z	絶対（節点）座標軸	—
x，y，z	局所（要素）座標軸	—
Z_p	フレームのねじり断面係数	mm^3
Z_y	フレームの断面係数（y軸）	mm^3
Z_z	フレームの断面係数（z軸）	mm^3
Λ	フレームの限界細長比	—
λ	フレームの有効細長比	—
ν	ポアソン比	—
ν'	座屈に対する安全率	—
π	円周率	—
σ_b	フレームに生じる曲げ応力	MPa
σ_c	フレームに生じる圧縮応力	MPa
σ_f	フレームに生じる組合せ応力	MPa
σ_{fa}	フレームに生じる引張応力又は圧縮応力と曲げ応力の和	MPa
σ_t	フレームに生じる引張応力	MPa
σ_{tb}	取付ボルトに生じる引張応力の最大値	MPa
τ	フレームに生じるせん断応力	MPa
τ_b	取付ボルトに生じるせん断応力の最大値	MPa

2.5　計算精度と数値の丸め方

精度は，有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表2－2に示すとおりとする。

表2－2　表示する数値の丸め方

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

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

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

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

＊4：絶対値が1000以上のときはべき数表示とする。

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

3. 評価部位

水圧制御ユニットの耐震評価は，「4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法」に示す条件に基づき，耐震評価上厳しくなるフレーム及び取付ボルトについて実施する。なお，水圧制御ユニットは，構造物として十分な剛性を有しており，支持構造物であるフレーム及び取付ボルトが健全であればスクラム機能を維持できるため，フレーム及び取付ボルトを評価対象とする。水圧制御ユニットの耐震評価部位については，表 2－1 の概略構造図に示す。

4. 地震応答解析及び構造強度評価

4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法

(1) 水圧制御ユニットのフレームは，十分剛な壁及び床に取付ボルトにより固定されるものとする。

(2) 水圧制御ユニットの質量には，フレーム自身の質量のほか，配管ユニット，スクラムパイロット弁，スクラム弁，チェック弁，ゲート弁，アキュムレータ，窒素容器，計装ユニット及びそれらに内包する水の質量を考慮する。

(3) 地震力は，水圧制御ユニットに対して水平方向及び鉛直方向から個別に作用するものとし，作用する荷重の算出において組み合わせるものとする。

(4) 耐震計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

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

水圧制御ユニットの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 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

水圧制御ユニットの許容応力は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4－3 に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

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

表 4－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御系統施設	制御棒駆動水圧設備	水圧制御ユニット	S	クラス２容器＊	D＋P_D＋M_D＋S_d＊	ⅢAS
					D＋P_D＋M_D＋S_s	ⅣAS

注記＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。また，クラス２容器の支持構造物を含む。

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	制御棒駆動水圧設備	水圧制御ユニット	常設耐震／防止	重大事故等*2クラス２容器	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：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。また，重大事故等クラス２容器の支持構造物を含む。

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

表 4－3　許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1，*2 （ボルト等以外）	許容限界*1，*2 （ボルト等）	
	一次応力	一次応力	
	組合せ	引張り	せん断
ⅢAS	1.5・f_t	1.5・f_t	1.5・f_s
ⅣAS	1.5・f_t^*	1.5・f_t^*	1.5・f_s^*
ⅤAS （ⅤASとしてⅣASの許容限界を用いる。）			

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

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

表 4－4　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S (MPa)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
フレーム		周囲環境温度	50	—			—
		周囲環境温度	50	—			—
取付ボルト		周囲環境温度	50	—			—

表 4－5　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S (MPa)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
フレーム		周囲環境温度	66	—			—
		周囲環境温度	66	—			—
取付ボルト		周囲環境温度	66	—			—

4.3　解析モデル及び諸元

水圧制御ユニットの解析モデルを図 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【水圧制御ユニットの耐震性についての計算結果】の機器要目に示す。

(1) 図 4－1 中○内の数字は部材番号（要素番号），数字は節点番号，記号は質点番号を示す。

(2) 図 4－1 中の実線は，構造評価対象のフレーム部材及び取付ボルト，点線は構造評価対象外のスクラムパイロット弁，スクラム弁，アキュムレータ，計装ユニット，窒素容器及び配管等を概略表示したものである。

(3) 水圧制御ユニットのフレーム部材をはり要素でモデル化したＦＥＭモデルを用いる。なお，解析モデルには評価対象であるフレーム以外の部分も，質量を考慮するためにはり要素としてモデルに含める。

(4) 水圧制御ユニット解析モデル各質点の質量は，スクラムパイロット弁，スクラム弁，アキュムレータ，計装ユニット，窒素容器及び配管等であり，実際の位置を考慮して集中質量を付加する。それらの合計は［　　］kg である。

(5) 隣接する 2 本の取付ボルトを 1 箇所で模擬する。それぞれをフレームの壁及び床への取付部分とし，拘束条件は完全固定とする。なお，取付ボルト部は剛体として評価する。

(6) 解析コードは，「ＳＡＰ－Ⅳ」を使用し，固有値と各要素に発生する荷重及びモーメントを求める。なお，評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については，別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

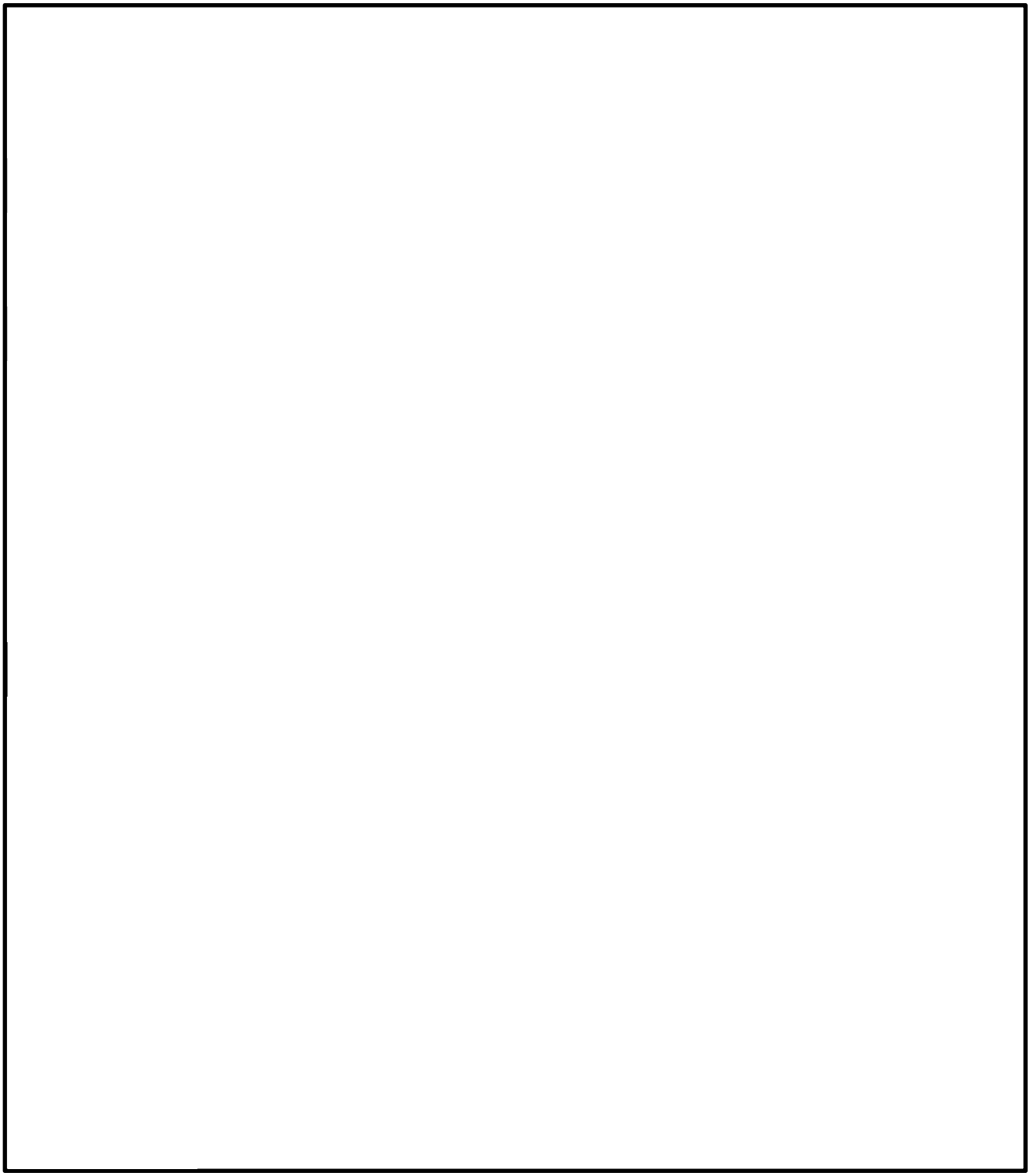


図 4－1　水圧制御ユニット解析モデル（単位：mm）

4.4　固有周期

解析コード「ＳＡＰ－Ⅳ」により求めた固有値解析の結果を表 4－6 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 4－6　固有値解析結果

モード	卓越方向	固有周期(s)	水平方向刺激係数		鉛直方向刺激係数
			Ｘ方向	Ｙ方向	
1 次	水平	0.041	―	―	―
1 次	鉛直	0.024	―	―	―

4.5　設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 4－7 及び表 4－8 に示す。

「弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度」及び「基準地震動Ｓｓ」による地震力は，Ⅴ-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

表 4－7　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)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
	水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度
原子炉建屋 T.M.S.L. -8.2 (T.M.S.L. -1.7*)	0.041	0.024	C_H＝0.59	C_V＝0.63	C_H＝1.30	C_V＝1.27

注記＊：基準床レベルを示す。

表 4－8　設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
	水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度
原子炉建屋 T.M.S.L. -8.2 (T.M.S.L. -1.7*)	0.041	0.024	—	—	C_H＝1.30	C_V＝1.27

注記＊：基準床レベルを示す。

4.6　計算方法

4.6.1　応力の計算方法

4.6.1.1　フレームの応力

解析による計算で得られる各要素端での軸力F_x，せん断力F_y，F_z，ねじりモーメントM_x及び曲げモーメントM_y，M_zより各応力を次のように求める。

(1)　引張応力又は圧縮応力

$$\sigma_t=\frac{|F_x|}{A} \quad \cdots\cdots (4.6.1.1.1)$$

$$\sigma_c=-\frac{|F_x|}{A} \quad \cdots\cdots (4.6.1.1.2)$$

(2)　せん断応力

$$\tau=\mathrm{Max}\left\{\sqrt{\left(\frac{|F_y|}{A}+\frac{|M_x|}{Z_p}\right)^2+\left(\frac{|F_z|}{A}\right)^2},\sqrt{\left(\frac{|F_z|}{A}+\frac{|M_x|}{Z_p}\right)^2+\left(\frac{|F_y|}{A}\right)^2}\right\} \quad \cdots (4.6.1.1.3)$$

(3)　曲げ応力

$$\sigma_b=\frac{|M_y|}{Z_y}+\frac{|M_z|}{Z_z} \quad \cdots\cdots (4.6.1.1.4)$$

(4)　組合せ応力

$$\sigma_f=\sqrt{\sigma_{fa}{}^2+3\cdot\tau^2} \quad \cdots\cdots (4.6.1.1.5)$$

ここで,

$$\sigma_{fa}=\frac{|F_x|}{A}+\sigma_b \quad \cdots\cdots (4.6.1.1.6)$$

4.6.1.2　取付ボルトの応力

取付ボルトに生じる応力は，解析による計算で得られる各要素端での軸力F_x，せん断力F_y，F_z，ねじりモーメントM_x及び曲げモーメントM_y，M_zから手計算により，地震による引張応力とせん断応力について計算する。水圧制御ユニットの取付ボルト部の概要を図 4－2 に示す。

(1)　引張応力

取付ボルトに対する引張応力は，図 4－2 に示すフレームの軸力F_xとモーメントM_zを考え，これを保守的に片側のボルトで受けるものとして計算する。

a.　引張力

$$F_b=|F_x|+\frac{|M_z|}{\ell} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.6.1.2.1)$$

b.　引張応力

$$\sigma_{tb}=\frac{F_b}{n_f \cdot A_b} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.6.1.2.2)$$

ここで，ボルトの軸断面積A_bは次式により求める。

$$A_b=\frac{\pi}{4} \cdot d_o{}^2 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.6.1.2.3)$$

(2)　せん断応力

取付ボルトに対するせん断力は，フレームと壁及び床の取付部 1 箇所当たりの取付ボルトの本数で受けるものとして計算する。

a.　せん断力

$$Q_b=\sqrt{|F_y|^2+\left(|F_z|+\frac{|M_y|}{W_i}+\frac{|M_x|}{\ell}\right)^2} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.6.1.2.4)$$

b.　せん断応力

$$\tau_b=\frac{Q_b}{n \cdot A_b} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.6.1.2.5)$$

ここで，ボルトの軸断面積A_bは，(4.6.1.2.3) 式による。

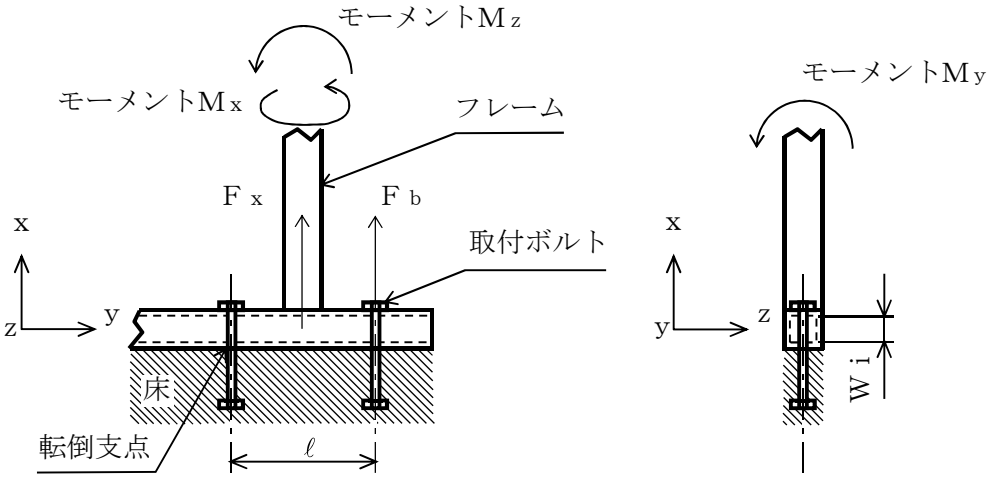


図 4－2　取付ボルト部の概要（床固定部の場合）

4.7　計算条件

応力解析に用いる自重（水圧制御ユニット）及び荷重（地震荷重）は，本計算書の【水圧制御ユニットの耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

4.8　応力の評価

4.8.1　フレームの応力評価

4.6.1.1項で求めた各応力が下表で定めた許容応力以下であること。ただし，許容組合せ応力はf_t以下であること。

	弾性設計用地震動Ｓｄ 又は静的震度による 荷重との組合せの場合	基準地震動Ｓｓによる 荷重との組合せの場合
許容引張応力 f_t	$\frac{F}{1.5}\cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5}\cdot 1.5$
許容圧縮応力 f_c	$\left\{1-0.4\cdot\left(\frac{\lambda}{\Lambda}\right)^2\right\}\cdot\frac{F}{\nu'}\cdot 1.5$	$\left\{1-0.4\cdot\left(\frac{\lambda}{\Lambda}\right)^2\right\}\cdot\frac{F^*}{\nu'}\cdot 1.5$
許容せん断応力 f_s	$\frac{F}{1.5\cdot\sqrt{3}}\cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5\cdot\sqrt{3}}\cdot 1.5$
許容曲げ応力 f_b	$\frac{F}{1.5}\cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5}\cdot 1.5$

ただし，

$$\lambda=\frac{\ell k}{i} \quad \cdots\cdots (4.8.1.1)$$

弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度による荷重との組合せの場合

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

基準地震動Ｓｓによる荷重との組合せの場合

$$\Lambda=\sqrt{\frac{\pi^2\cdot E}{0.6\cdot F^*}} \quad \cdots\cdots (4.8.1.3)$$

$$\nu'=1.5+\frac{2}{3}\cdot\left(\frac{\lambda}{\Lambda}\right)^2 \quad \cdots\cdots (4.8.1.4)$$

4.8.2　取付ボルトの応力評価

4.6.1.2項で求めた取付ボルトの引張応力σ_{tb}は，次式より求めた許容引張応力f_{ts}以下であること。ただし，f_{to}は下表による。

$$f_{ts}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b,\ f_{to}] \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.8.2.1)$$

せん断応力τ_bはせん断力のみを受ける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。

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

5. 機能維持評価

5.1 動的機能維持評価方法

制御棒駆動系スクラム弁の動的機能維持評価について以下に示す。

なお，機能維持評価用加速度は，V-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

制御棒駆動系スクラム弁は，地震時動的機能維持が確認された機種と類似の構造であるため，V-2-1-9「機能維持の基本方針」に記載の機能確認済加速度を適用する。機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5－1 機能確認済加速度 （×9.8m/s^2）

評価部位	方向	機能確認済加速度
制御棒駆動系スクラム弁 （弁番号：126）	水平	6.0
	鉛直	6.0

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

水圧制御ユニットの設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

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

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【水圧制御ユニットの耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

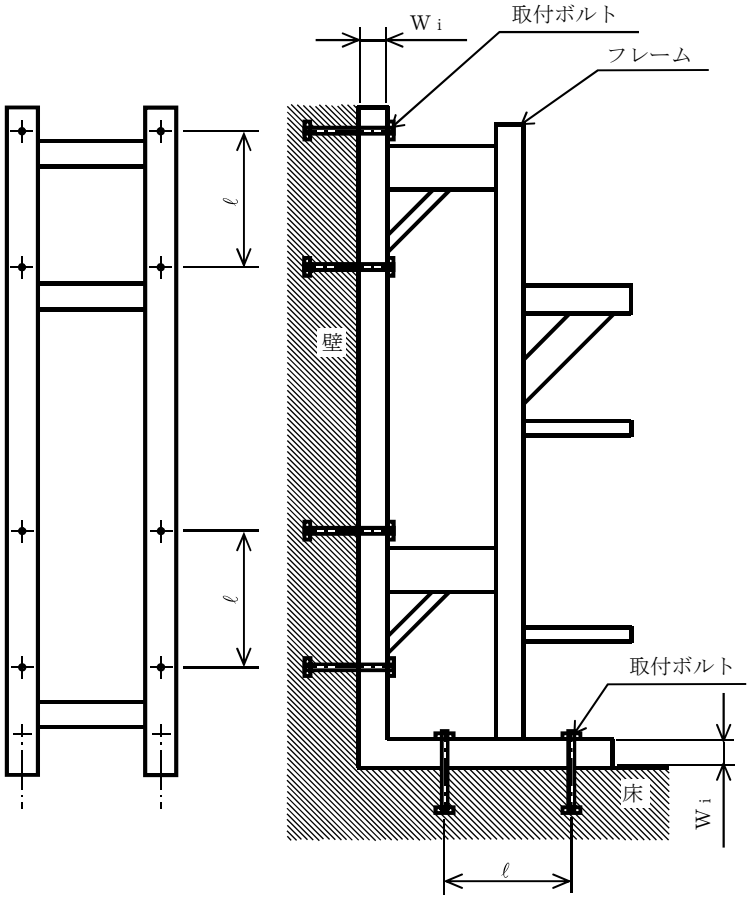
機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度		
水圧制御ユニット	S	原子炉建屋 T.M.S.L. -8.2 (T.M.S.L. -1.7*)	0.041	0.024	C_H=0.59	C_V=0.63	C_H=1.30	C_V=1.27	—	50

注記＊：基準床レベルを示す。

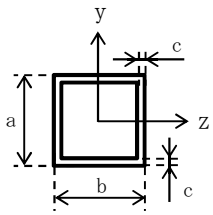
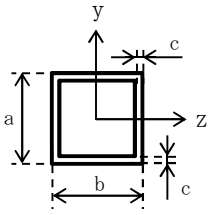
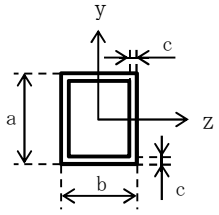
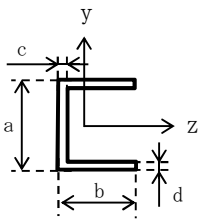
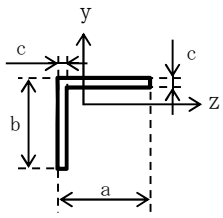
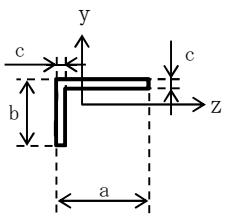
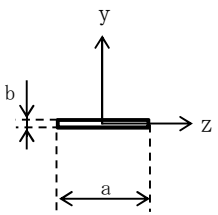
1.2 機器要目

m (kg)	ℓ (mm)	d_o (mm)	A_b (mm^2)	n	n_f	W_i (mm)
				2	1	

部材	材料	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
フレーム					
取付ボルト					



材料	E (MPa)	ν	ℓ_k (mm)	i (mm)	λ	Λ	ν'

材料							
要素番号	①～㉖ ㊺～㊽ ㊿～54	㉗, ㉘ ㉝, ㉞	㊸, ㊹	㉙～㉜ ㉟～㊳	㊴～㊷	㊾, 51	50
A (mm^2) I_y (mm^4) I_z (mm^4) I_p (mm^4) Z_y (mm^3) Z_z (mm^3) Z_p (mm^3)							
断面形状							
寸法 (mm)							
	(a×b×c)	(a×b×c)	(a×b×c)	(a×b×c×d)	(a×b×c)	(a×b×c)	(a×b)

注記＊1：弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度による荷重との組合せの場合
＊2：基準地震動Ｓｓによる荷重との組合せの場合

1.3 計算数値

1.3.1 フレームの荷重

(単位：N)

要素番号	節点番号	Fx		Fy		Fz	
		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
③	5						
㉝	35						
㊲	37						
㊳	38						
㊵	10						

注：添字ｘ，ｙ，ｚは要素に与えられた座標軸で，ｘ軸は常に要素の長手方向にとる。

1.3.2 フレームのモーメント

(単位：N･mm)

要素番号	節点番号	Mx		My		Mz	
		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
③	5						
㉝	35						
㊲	37						
㊳	38						
㊵	10						

注：添字ｘ，ｙ，ｚは要素に与えられた座標軸で，ｘ軸は常に要素の長手方向にとる。

1.3.3 取付ボルトの荷重 (単位：N)

要素番号	節点番号	F_x		F_y		F_z	
		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
㊳	38						

注：添字ｘ，ｙ，ｚは要素に与えられた座標軸で，ｘ軸は常に要素の長手方向にとる。

1.3.4 取付ボルトのモーメント (単位：N･mm)

要素番号	節点番号	M_x		M_y		M_z	
		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
㊳	38						

注：添字ｘ，ｙ，ｚは要素に与えられた座標軸で，ｘ軸は常に要素の長手方向にとる。

1.3.5 取付ボルトに作用する力 (単位：N)

要素番号	節点番号	F_b		Q_b	
		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
㊳	38				

1.4 結論

1.4.1 固有周期 (単位：s)

モード	卓越方向	固有周期
1次	水平	0.041
1次	鉛直	0.024

1.4.2　応力

（単位：MPa）

部材	材料	応力	要素番号	節点番号	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
					算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
フレーム		引張り	㉝	35	σ_t ＝4	f_t ＝234	σ_t ＝6	f_t ＝276
		圧縮	㉝	35	σ_c ＝4*1	f_c ＝231	σ_c ＝6*1	f_c ＝273
		せん断	㉝	35	τ ＝3	f_s ＝135	—	—
			③	5	—	—	τ ＝7	f_s ＝159
		曲げ	㉝	35	σ_b ＝22	f_b ＝234	σ_b ＝32	f_b ＝276
		組合せ	㉝	35	σ_f ＝26	f_t ＝234	σ_f ＝39	f_t ＝276
		引張り	㊳	38	σ_t ＝4	f_t ＝211	σ_t ＝7	f_t ＝253
		圧縮	㊳	38	σ_c ＝4*1	f_c ＝209	σ_c ＝7*1	f_c ＝251
		せん断	㊲	37	τ ＝4	f_s ＝121	—	—
			㊳	38	—	—	τ ＝6	f_s ＝146
		曲げ	㊵	10	σ_b ＝51	f_b ＝211	σ_b ＝111	f_b ＝253
		組合せ	㊵	10	σ_f ＝51	f_t ＝211	σ_f ＝111	f_t ＝253
取付ボルト		引張り	㊳	38	σ_{tb}＝17	f_{ts}＝158*2	σ_{tb}＝28	f_{ts}＝189*2
		せん断	㊳	38	τ_b ＝8	f_{sb}＝121	τ_b ＝16	f_{sb}＝146

すべて許容応力以下である。

注記＊1：絶対値を記載

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

1.4.3　動的機能の評価結果

（×9.8 m/s²）

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
制御棒駆動系スクラム弁（弁番号：126）	水平方向	1.30	6.0
	鉛直方向	1.27	6.0

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.2ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

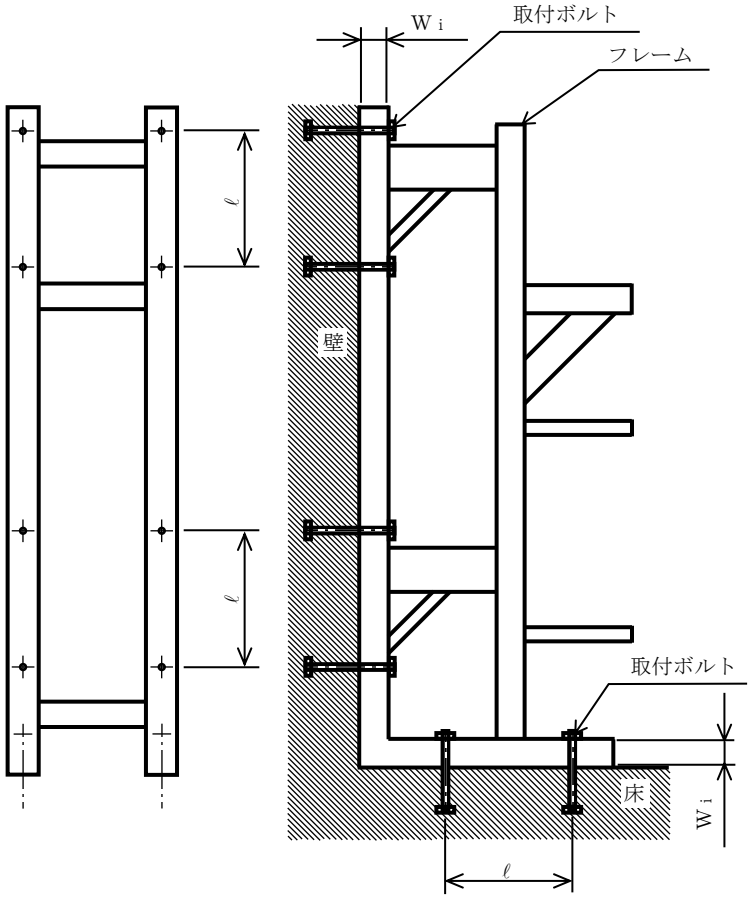
機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Sd又は静的震度		基準地震動Ss		最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度		
水圧制御ユニット	常設耐震/防止	原子炉建屋 T.M.S.L. -8.2 (T.M.S.L. -1.7*)	0.041	0.024	—	—	C_H=1.30	C_V=1.27	—	66

注記＊：基準床レベルを示す。

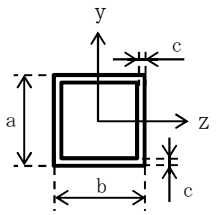
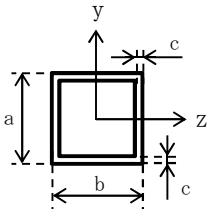
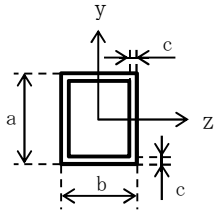
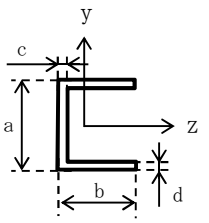
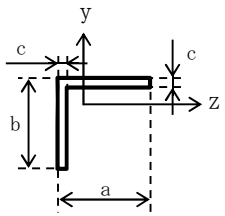
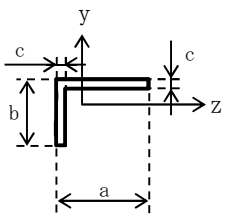
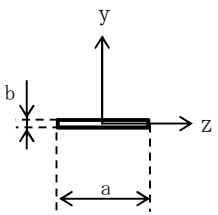
2.2 機器要目

m (kg)	ℓ (mm)	d_o (mm)	A_b (mm^2)	n	n_f	W_i (mm)
				2	1	

部材	材料	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
フレーム					
取付ボルト					



材料	E (MPa)	ν	ℓ_k (mm)	i (mm)	λ	Λ	ν'

材料							
要素番号	①～㉖ ㊺～㊽ ㊿～54	㉗, ㉘ ㉝, ㉞	㊸, ㊹	㉙～㉜ ㉟～㊳	㊴～㊷	㊾, 51	㊿
A (mm^2) I_y (mm^4) I_z (mm^4) I_p (mm^4) Z_y (mm^3) Z_z (mm^3) Z_p (mm^3)							
断面形状							
寸法 (mm)	(a×b×c)	(a×b×c)	(a×b×c)	(a×b×c×d)	(a×b×c)	(a×b×c)	(a×b)

注記＊：基準地震動Ｓｓによる荷重との組合せの場合

2.3 計算数値

2.3.1 フレームの荷重

(単位：N)

要素番号	節点番号	F_x		F_y		F_z	
		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
③	5	—		—		—	
㉝	35	—		—		—	
㊳	38	—		—		—	
㊵	10	—		—		—	

注：添字ｘ，ｙ，ｚは要素に与えられた座標軸で，ｘ軸は常に要素の長手方向にとる。

2.3.2 フレームのモーメント

(単位：N･mm)

要素番号	節点番号	M_x		M_y		M_z	
		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
③	5	—		—		—	
㉝	35	—		—		—	
㊳	38	—		—		—	
㊵	10	—		—		—	

注：添字ｘ，ｙ，ｚは要素に与えられた座標軸で，ｘ軸は常に要素の長手方向にとる。

2.3.3　取付ボルトの荷重　　(単位：N)

要素番号	節点番号	F_x		F_y		F_z	
		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
㊳	38	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

注：添字ｘ，ｙ，ｚは要素に与えられた座標軸で，ｘ軸は常に要素の長手方向にとる。

2.3.4　取付ボルトのモーメント　　(単位：N･mm)

要素番号	節点番号	M_x		M_y		M_z	
		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
㊳	38	—	[redacted]	—	[redacted]	—	[redacted]

注：添字ｘ，ｙ，ｚは要素に与えられた座標軸で，ｘ軸は常に要素の長手方向にとる。

2.3.5　取付ボルトに作用する力　　(単位：N)

要素番号	節点番号	F_b		Q_b	
		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
㊳	38	—	[redacted]	—	[redacted]

2.4　結論

2.4.1　固有周期　　(単位：s)

モード	卓越方向	固有周期
1次	水平	0.041
1次	鉛直	0.024

2.4.2 応力

（単位：MPa）

部材	材料	応力	要素番号	節点番号	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
					算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
フレーム		引張り	㉝	35	—	—	σ_t =6	f_t =260
		圧縮	㉝	35	—	—	σ_c =6*1	f_c =257
		せん断	③	5	—	—	τ =7	f_s =150
		曲げ	㉝	35	—	—	σ_b =32	f_b =260
		組合せ	㉝	35	—	—	σ_f =39	f_t =260
		引張り	㊳	38	—	—	σ_t =7	f_t =247
		圧縮	㊳	38	—	—	σ_c =7*1	f_c =245
		せん断	㊳	38	—	—	τ =6	f_s =142
		曲げ	㊵	10	—	—	σ_b =111	f_b =247
		組合せ	㊵	10	—	—	σ_f =111	f_t =247
取付ボルト		引張り	㊳	38	—	—	σ_{tb}=28	f_{ts}=185*2
		せん断	㊳	38	—	—	τ_b =16	f_{sb}=142

すべて許容応力以下である。

注記＊1：絶対値を記載

＊2：f_{ts}=Min[1.4・f_{to}−1.6・τ_b, f_{to}]

2.4.3 動的機能の評価結果

（×9.8 m/s^2）

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
制御棒駆動系スクラム弁（弁番号：126）	水平方向	1.30	6.0
	鉛直方向	1.27	6.0

注記＊：基準地震動Ｓｓにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度（1.2ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

Ⅴ-2-6-3-2-1-2　管の耐震性についての計算書

設計基準対象施設

目　次

1.　概要　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1
2.　概略系統図及び鳥瞰図　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 2
2.1　概略系統図　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 2
2.2　鳥瞰図　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 4
3.　計算条件　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 7
3.1　計算方法　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 7
3.2　荷重の組合せ及び許容応力状態　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 8
3.3　設計条件　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 9
3.4　材料及び許容応力　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 15
3.5　設計用地震力　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 16
4.　解析結果及び評価　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 17
4.1　固有周期及び設計震度　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 17
4.2　評価結果　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 29
4.2.1　管の応力評価結果　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 29
4.2.2　支持構造物評価結果　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 30
4.2.3　弁の動的機能維持評価結果　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 31
4.2.4　代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果　・・・・・・・・・・・・・・ 32

1. 概要

本計算書は，V-2-1-14 「計算書作成の方法 添付資料-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」（以下「基本方針」という。）に基づき，管，支持構造物及び弁が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

評価結果記載方法は，以下に示すとおりである。

(1) 管

工事計画記載範囲の管のうち，各応力区分における最大応力評価点評価結果を解析モデル単位に記載する。また，全６モデルのうち，各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図，計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を4.2.4に記載する。

(2) 支持構造物

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

(3) 弁

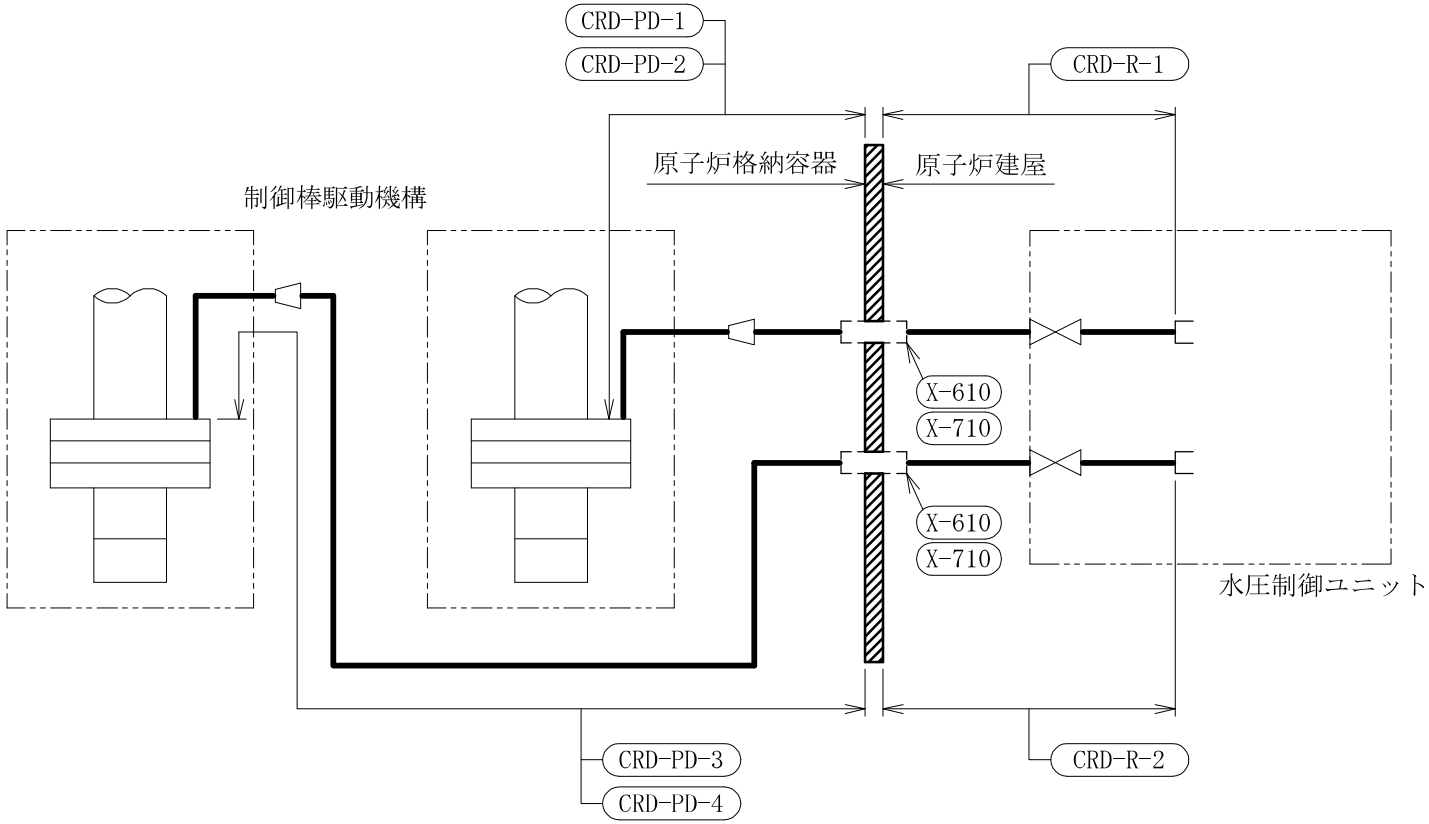
機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として評価結果を記載する。

2.　概略系統図及び鳥瞰図

2.1　概略系統図

概略系統図記号凡例

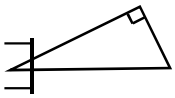
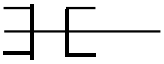
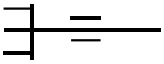
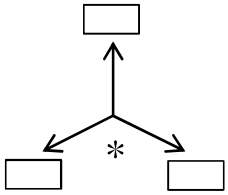
記号	内容
━━━━━━（太線）	工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管
――――――（細線）	工事計画記載範囲の管のうち，本系統の管であって他計算書記載範囲の管
- - - - - - - - -（破線）	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち，他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管
○○-○-○○	鳥瞰図番号
	アンカ

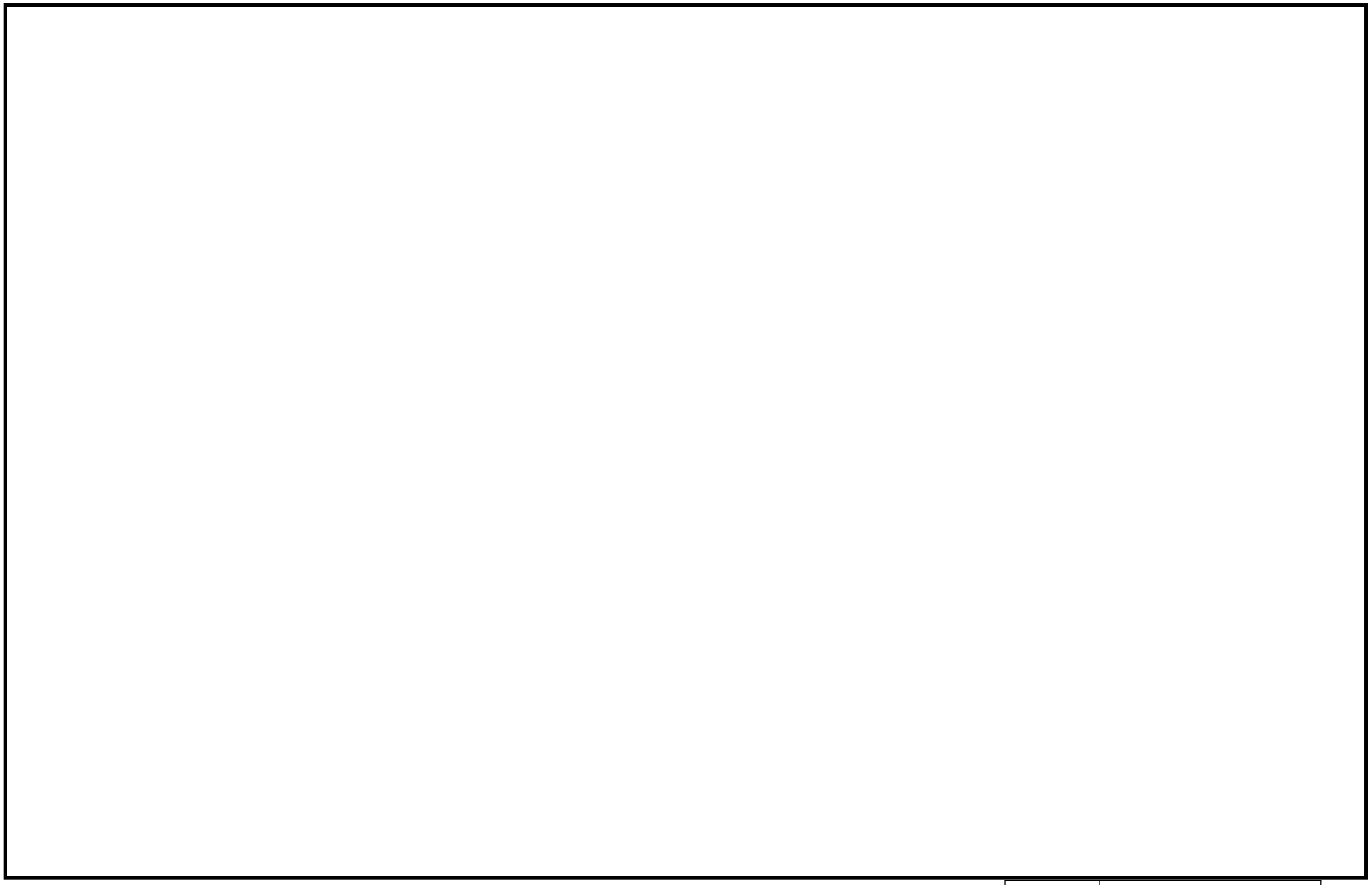


制御棒駆動系概略系統図

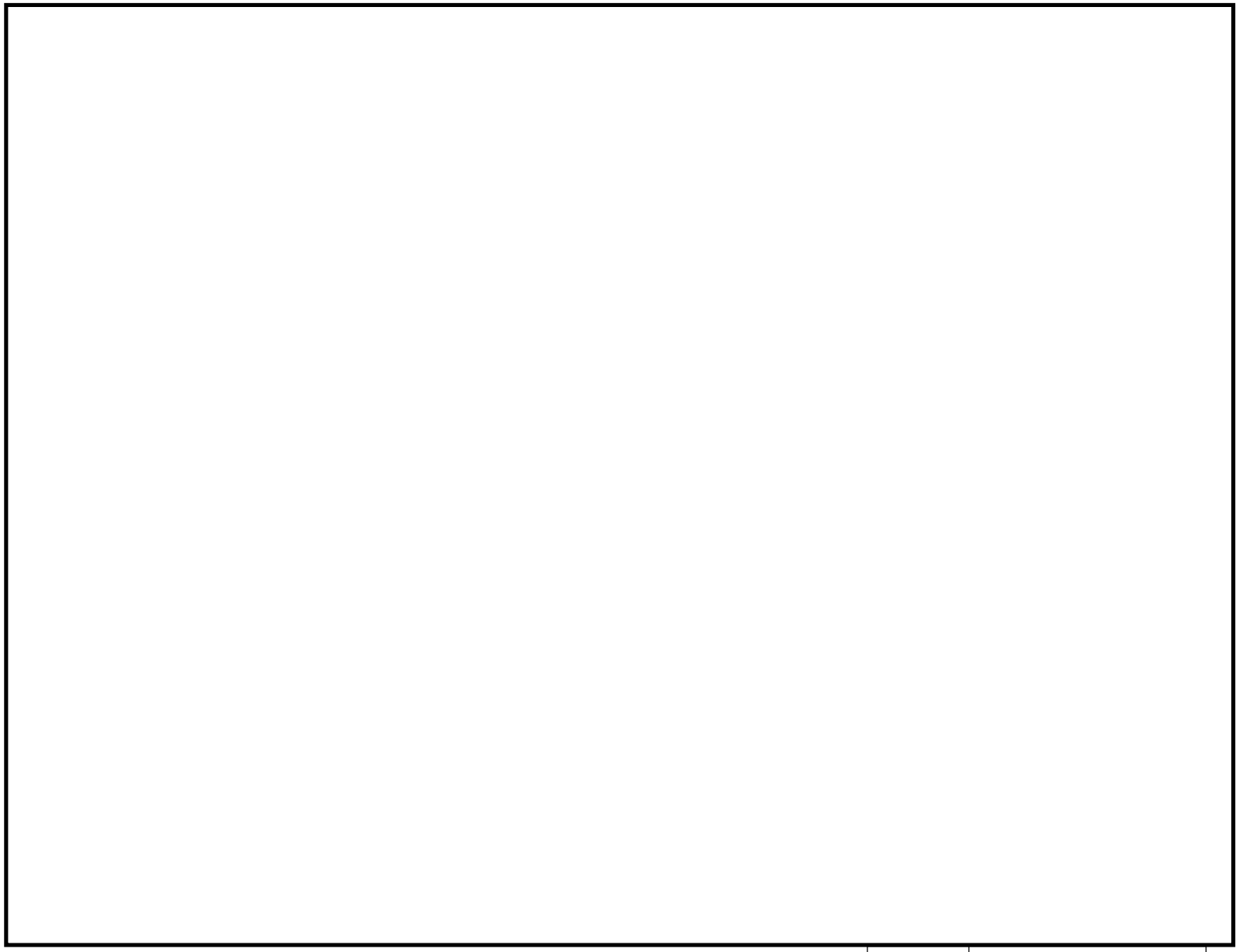
2.2　鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

記号	内容
（太線）	工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管
（細線）	工事計画記載範囲の管のうち，本系統の管であって他計算書記載範囲の管
（破線）	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち，他系統の管であって解析モデルの概略を示すために表記する管
	質点
	アンカ
	レストレイント （本図は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。スナッバについても同様とする。）
	スナッバ
	ハンガ
	リジットハンガ
	拘束点の地震による相対変位量(mm) （＊は評価点番号，矢印は拘束方向を示す。また，□内に変位量を記載する。）
	注1：鳥瞰図中の寸法の単位はmmである。



鳥瞰図	CRD-PD-3



鳥瞰図	CRD-R-1

3.　計算条件

3.1　計算方法

管の構造強度評価は，「基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。解析コードは，「ＨＩＳＡＰ」を使用し，解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については，別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

3.2　荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設分類[*1]	設備分類	機器等の区分	耐震重要度分類	荷重の組合せ[*2,3]	許容応力状態
計測制御系統施設	制御棒駆動水圧設備	制御棒駆動系	ＤＢ	―	クラス２管	Ｓ	ⅠL＋Ｓｄ	ⅢAＳ
							ⅡL＋Ｓｄ	
							ⅠL＋Ｓｓ	ⅣAＳ
							ⅡL＋Ｓｓ	

注記＊1：ＤＢは設計基準対象施設，ＳＡは重大事故等対処設備を示す。

＊2：運転状態の添字Ｌは荷重を示す。

＊3：許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

3.3　設計条件

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

鳥瞰図　CRD-PD-3

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	5～52	18.60	66	42.7	4.9	SUS316LTP	S	191800
2	53～58N	18.60	66	27.2	3.9	SUS316LTP	S	191800

設計条件

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

鳥瞰図　CRD-R-1

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	1N～11	18.60	66	42.7	4.9	SUS304TP	S	193000
2	12～56N	18.60	66	42.7	4.9	SUS316LTP	S	193000

弁部の寸法

鳥瞰図　CRD-R-1

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
11～12	[redacted]	[redacted]	[redacted]

弁部の質量

鳥瞰図　CRD-R-1

質量	対応する評価点
[redacted]	11～12

支持点及び貫通部ばね定数

鳥瞰図　CRD-PD-3

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N･mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
7						
15						
19						
25						
** 25 **						
32						
** 32 **						
** 32 **						
40						
** 40 **						
** 40 **						
** 45 **						
** 45 **						
51						
58N						

支持点及び貫通部ばね定数

鳥瞰図　CRD-R-1

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N･mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1N						
10						
16						
25						
33						
40						
45						
51						

3.4　材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

材料	最高使用温度 (℃)	許容応力(MPa)			
		Ｓm	Ｓy	Ｓu	Ｓh
SUS316LTP	66	—	159	459	108
SUS304TP	66	—	188	479	126

3.5　設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答曲線を下表に示す。なお，設計用床応答曲線はⅤ-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき策定したものを用いる。また，減衰定数はⅤ-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

鳥瞰図	建屋・構築物	標高	減衰定数(%)
CRD-PD-3	原子炉本体基礎		
CRD-R-1	原子炉建屋		

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥瞰図 CRD-PD-3

適用する地震動等		Ｓｄ及び静的震度			Ｓｓ		
モード	固有周期(s)	応答水平震度[*1]		応答鉛直震度[*1]	応答水平震度[*1]		応答鉛直震度[*1]
		Ｘ方向	Ｚ方向	Ｙ方向	Ｘ方向	Ｚ方向	Ｙ方向
1 次							
2 次							
3 次							
4 次							
5 次							
6 次							
7 次							
8 次							
9 次							
10 次							
動的震度[*2]							
静的震度[*3]							

注記＊1：各モードの固有周期に対し，設計用床応答曲線より得られる震度を示す。

＊2：Ｓｄ又はＳｓ地震動に基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。

＊3：3.6C_I及び1.2C_Vより定めた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数

鳥瞰図　CRD-PD-3

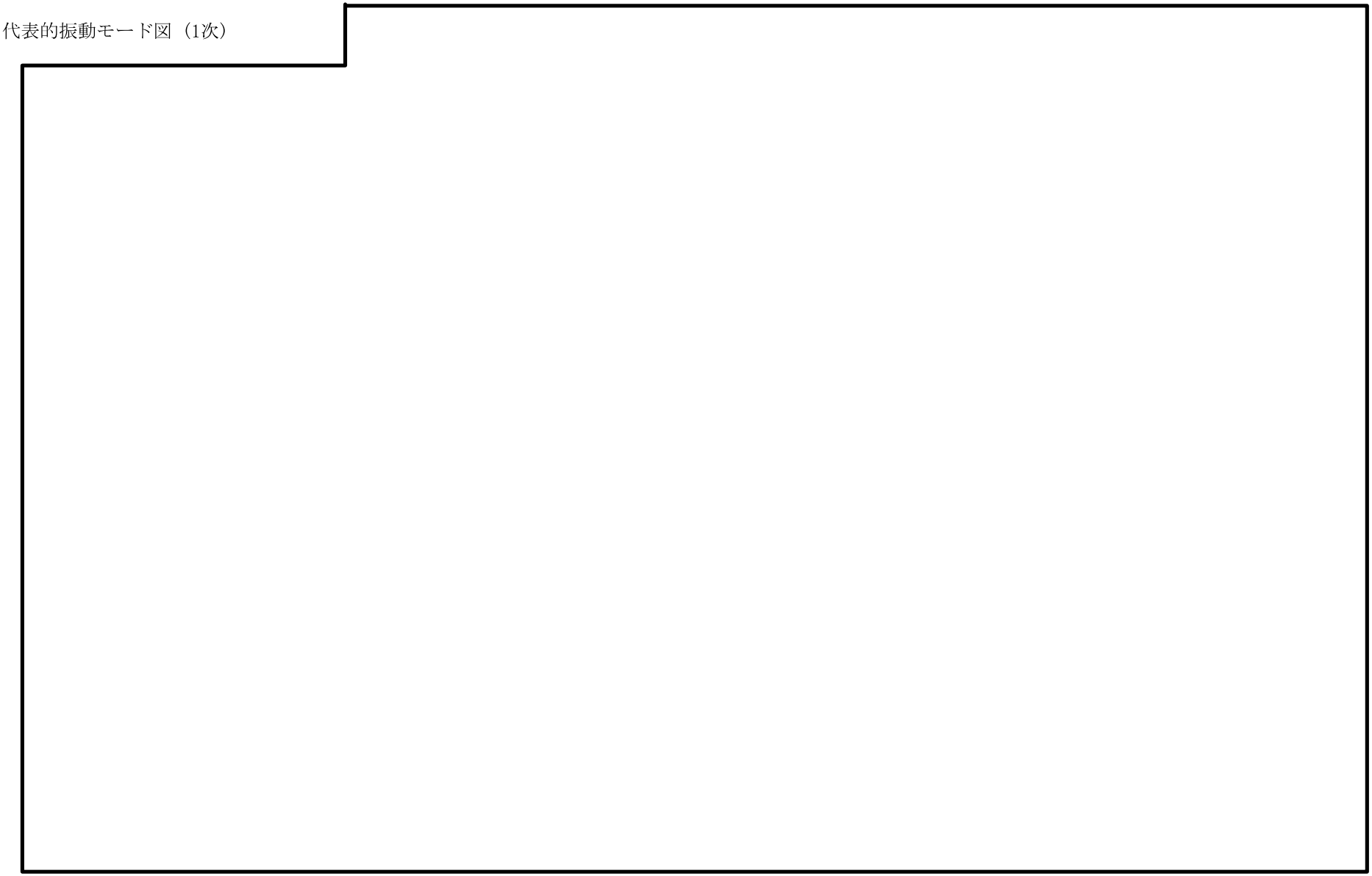
モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X方向	Y方向	Z方向
1 次				
2 次				
3 次				
4 次				
5 次				
6 次				
7 次				
8 次				
9 次				

注記＊：刺激係数は，モード質量を正規化し，固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

代表的振動モード図

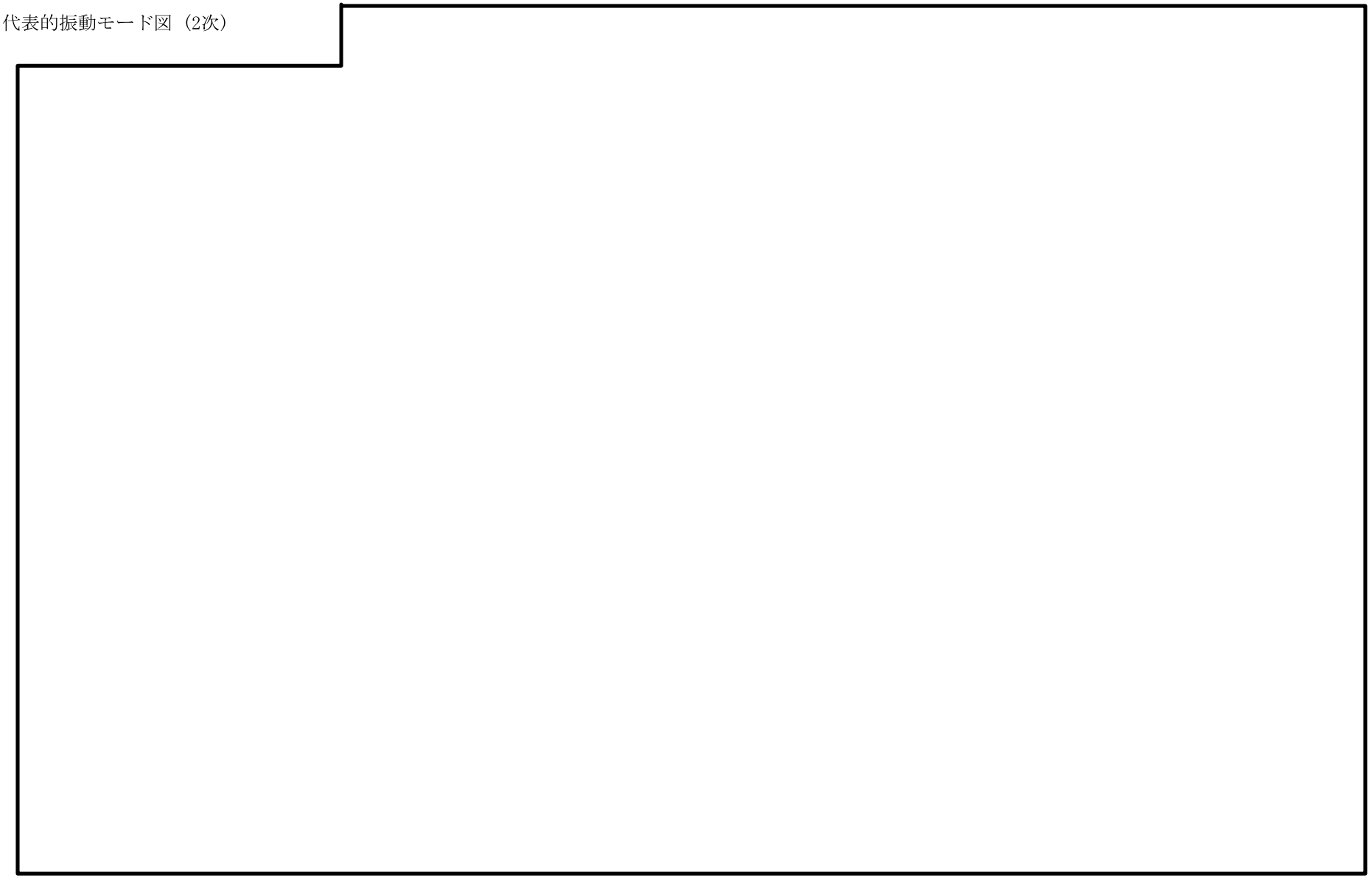
振動モード図は，３次モードまでを代表とし，各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し，次ページ以降に示す。

代表的振動モード図（1次）



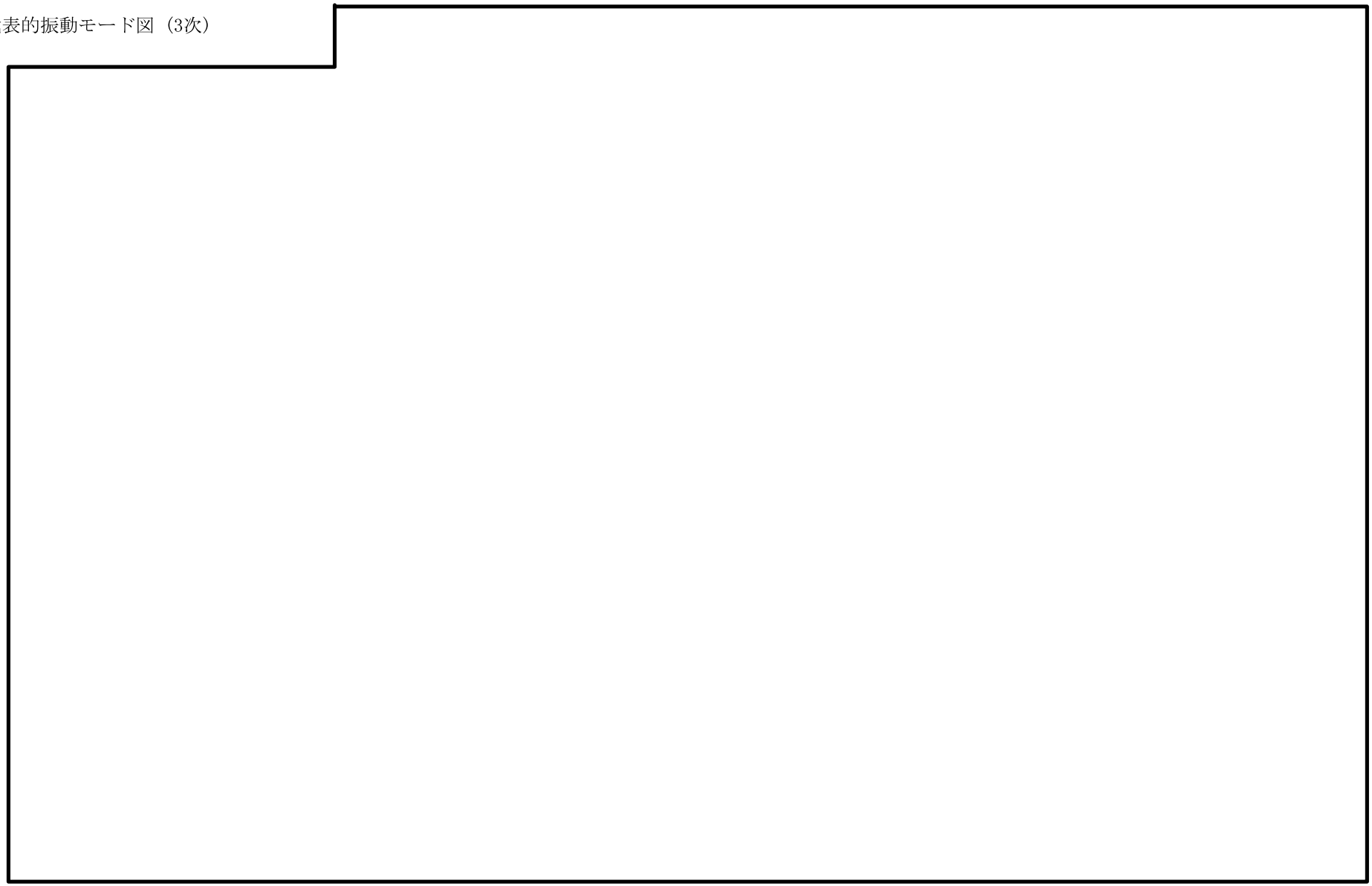
鳥瞰図	ＣＲＤ－ＰＤ－３

代表的振動モード図（2次）



鳥瞰図	ＣＲＤ－ＰＤ－３

代表的振動モード図（3次）



鳥瞰図	ＣＲＤ－ＰＤ－３

固有周期及び設計震度

鳥瞰図　CRD-R-1

適用する地震動等		Ｓｄ及び静的震度			Ｓｓ		
モード	固有周期(s)	応答水平震度[*1]		応答鉛直震度[*1]	応答水平震度[*1]		応答鉛直震度[*1]
		Ｘ方向	Ｚ方向	Ｙ方向	Ｘ方向	Ｚ方向	Ｙ方向
1 次							
2 次							
3 次							
4 次							
5 次							
6 次							
7 次							
8 次							
9 次							
動的震度[*2]							
静的震度[*3]							

注記＊1：各モードの固有周期に対し，設計用床応答曲線より得られる震度を示す。

＊2：Ｓｄ又はＳｓ地震動に基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。

＊3：3.6C_I及び1.2C_Vより定めた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数

鳥瞰図　CRD-R-1

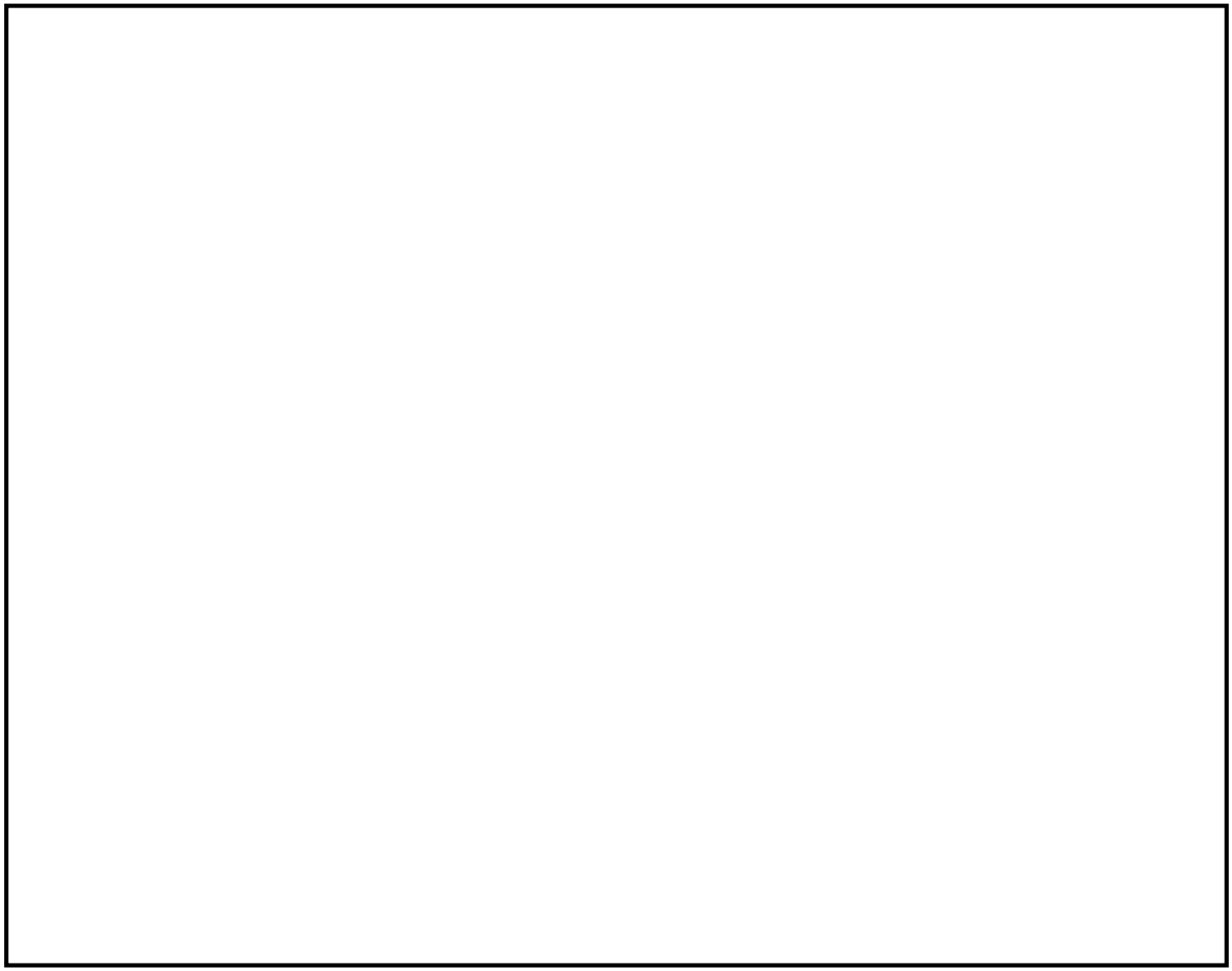
モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X方向	Y方向	Z方向
1 次				
2 次				
3 次				
4 次				
5 次				
6 次				
7 次				
8 次				

注記＊：刺激係数は，モード質量を正規化し，固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

代表的振動モード図

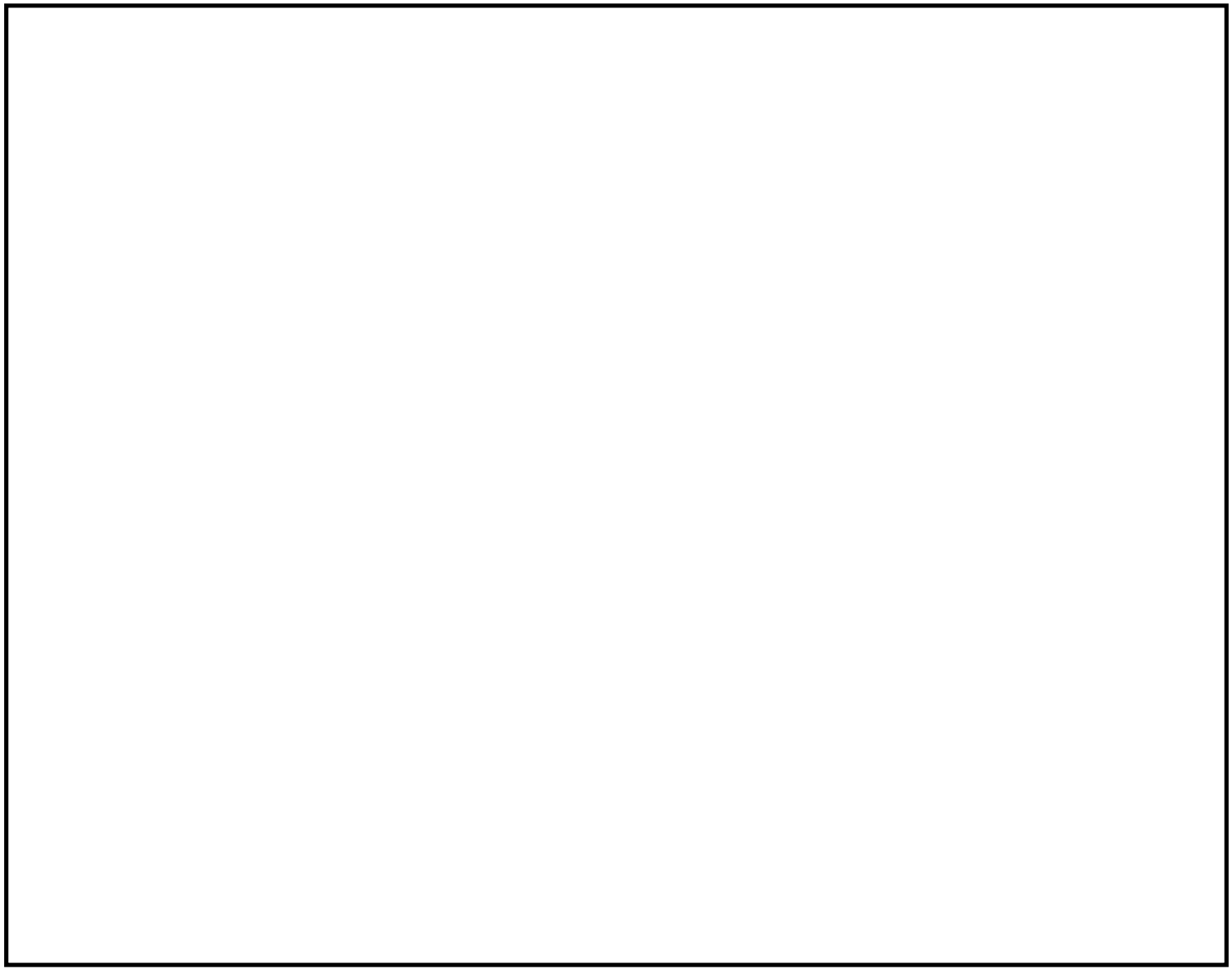
振動モード図は，３次モードまでを代表とし，各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し，次ページ以降に示す。

代表的振動モード図（1次）



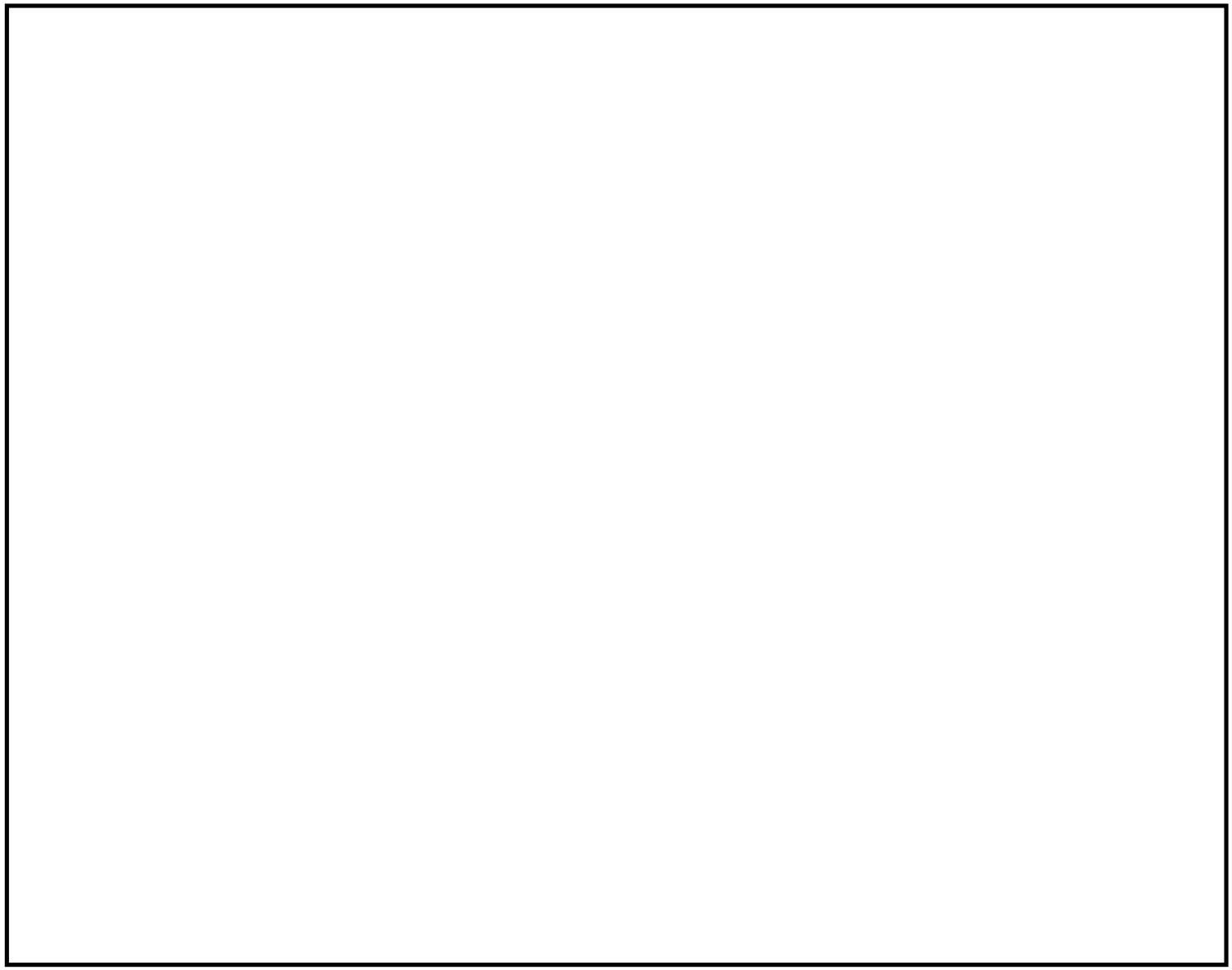
鳥瞰図	ＣＲＤ－Ｒ－１

代表的振動モード図（2次）



鳥瞰図	ＣＲＤ－Ｒ－１

代表的振動モード図（3次）



鳥瞰図	ＣＲＤ－Ｒ－１

4.2　評価結果

4.2.1　管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

クラス２以下の管

鳥瞰図	許容応力状態	最大応力評価点	最大応力区分	一次応力評価(MPa)		一次＋二次応力評価(MPa)		疲労評価
				計算応力 Sprm（Ｓｄ） Sprm（Ｓｓ）	許容応力 Ｓｙ* 0.9Ｓｕ	計算応力 Ｓｎ（Ｓｓ）	許容応力 2Ｓｙ	疲労累積係数 ＵＳｓ
CRD-R-1	ⅢＡＳ	10	Sprm（Ｓｄ）	177	188	—	—	—
CRD-R-1	ⅣＡＳ	10	Sprm（Ｓｓ）	241	431	—	—	—
CRD-PD-3	ⅣＡＳ	58N	Ｓｎ（Ｓｓ）	—	—	240	318	—

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

4.2.2　支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果（荷重評価）

支持構造物番号	種類	型式	材質	温度(℃)	評価結果	
					計算荷重(kN)	許容荷重(kN)
—	—	—	—	—	—	—

支持構造物評価結果（応力評価）

支持構造物番号	種類	型式	材質	温度(℃)	支持点荷重						評価結果		
					反力（kN）			モーメント（kN･m）			応力分類	計算応力(MPa)	許容応力(MPa)
					F_X	F_Y	F_Z	M_X	M_Y	M_Z			
RE-CRD-P09A	レストレイント	ラグ	SUS316L	66	8	0	1	—	—	—	曲げ	207	348

4.2.3　弁の動的機能維持評価結果

下表に示すとおり機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下又は計算応力が許容応力以下である。

弁番号	形式	要求機能	機能維持評価用加速度 (×9.8m/s^2)		機能確認済加速度 (×9.8m/s^2)		構造強度評価結果 (MPa)	
			水平	鉛直	水平	鉛直	計算応力	許容応力
—	—	—	—	—	—	—	—	—

4.2.4　代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

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

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（クラス２以下の管）

No.	配管モデル	許容応力状態　ⅢＡＳ					許容応力状態　ⅣＡＳ												
		一次応力					一次応力					一次＋二次応力*					疲労評価		
		評価点	計算応力(MPa)	許容応力(MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力(MPa)	許容応力(MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力(MPa)	許容応力(MPa)	裕度	代表	評価点	疲労累積係数	代表
1	CRD-PD-1	15	111	159	1.43	—	15	120	413	3.44	—	59N	75	318	4.24	—	—	—	—
2	CRD-PD-2	7	87	159	1.82	—	7	99	413	4.17	—	52N	139	318	2.28	—	—	—	—
3	CRD-PD-3	7	106	159	1.50	—	7	117	413	3.52	—	58N	240	318	1.32	○	—	—	—
4	CRD-PD-4	66N	119	159	1.33	—	66N	128	413	3.22	—	7	67	318	4.74	—	—	—	—
5	CRD-R-1	10	177	188	1.06	○	10	241	431	1.78	○	10	259	376	1.45	—	—	—	—
6	CRD-R-2	41	105	159	1.51	—	41	115	413	3.59	—	24	41	318	7.75	—	—	—	—

注記＊：ⅢＡＳの一次＋二次応力の許容値はⅣＡＳと同様であることから，地震荷重が大きいⅣＡＳの一次＋二次応力裕度最小を代表とする。

重大事故等対処設備

目　　次

1.　概要　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1
2.　概略系統図及び鳥瞰図　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 2
2.1　概略系統図　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 2
2.2　鳥瞰図　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 4
3.　計算条件　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 7
3.1　計算方法　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 7
3.2　荷重の組合せ及び許容応力状態　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 8
3.3　設計条件　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 9
3.4　材料及び許容応力　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 15
3.5　設計用地震力　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 16
4.　解析結果及び評価　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 17
4.1　固有周期及び設計震度　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 17
4.2　評価結果　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 29
4.2.1　管の応力評価結果　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 29
4.2.2　支持構造物評価結果　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 30
4.2.3　弁の動的機能維持評価結果　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 31
4.2.4　代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果　・・・・・・・・・・・・・・ 32

1. 概要

本計算書は，V-2-1-14 「計算書作成の方法 添付資料-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」（以下「基本方針」という。）に基づき，管，支持構造物及び弁が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

評価結果記載方法は，以下に示すとおりである。

(1) 管

工事計画記載範囲の管のうち，各応力区分における最大応力評価点評価結果を解析モデル単位に記載する。また，全６モデルのうち，各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図，計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を4.2.4に記載する。

(2) 支持構造物

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

(3) 弁

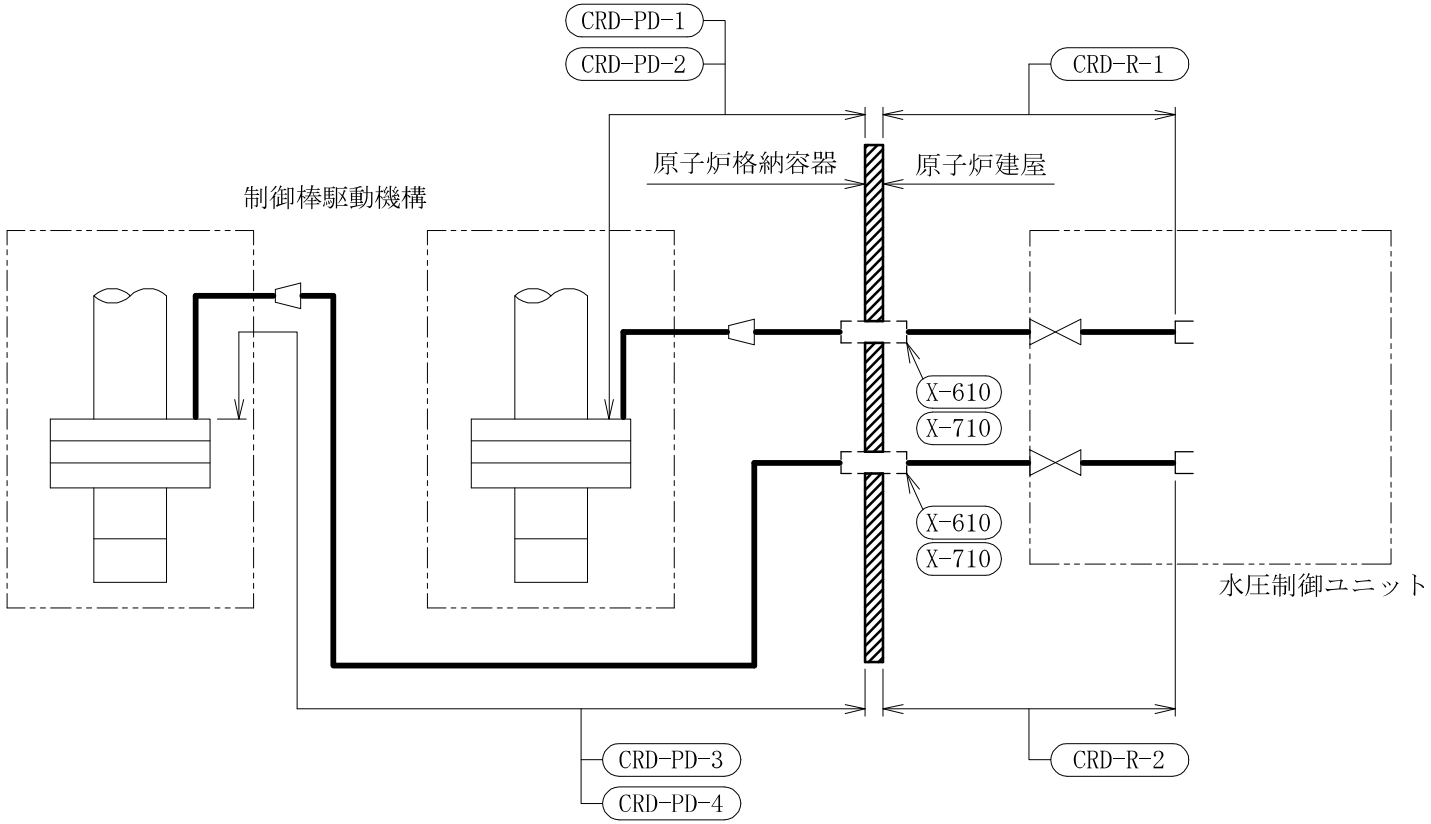
機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として評価結果を記載する。

2.　概略系統図及び鳥瞰図

2.1　概略系統図

概略系統図記号凡例

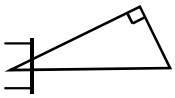
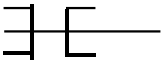
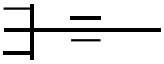
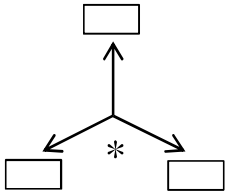
記号	内容
━━━━━━（太線）	工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管
――――――（細線）	工事計画記載範囲の管のうち，本系統の管であって他計算書記載範囲の管
- - - - - - - - -（破線）	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち，他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管
○○-○-○○	鳥瞰図番号
	アンカ

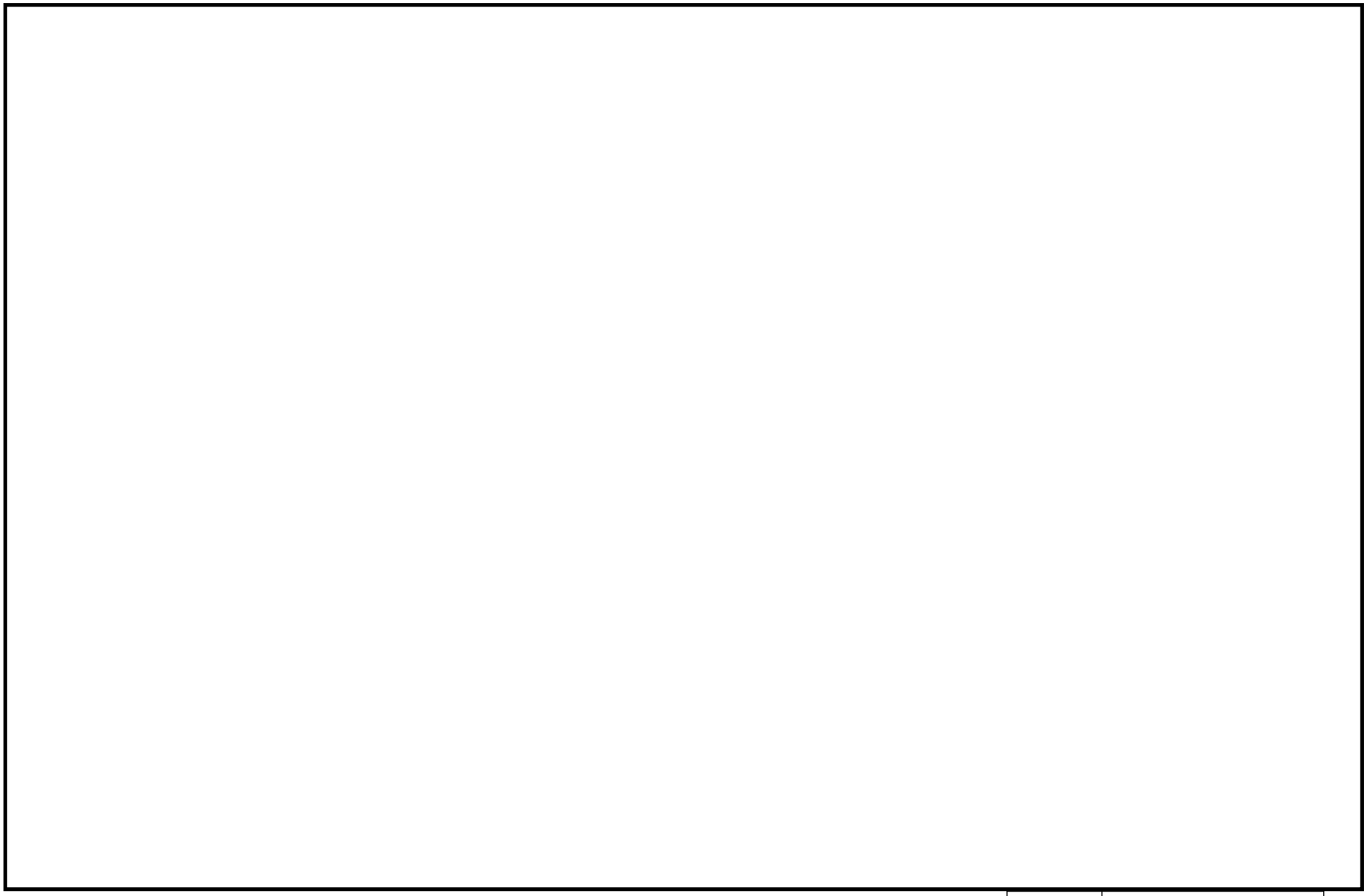


制御棒駆動系概略系統図

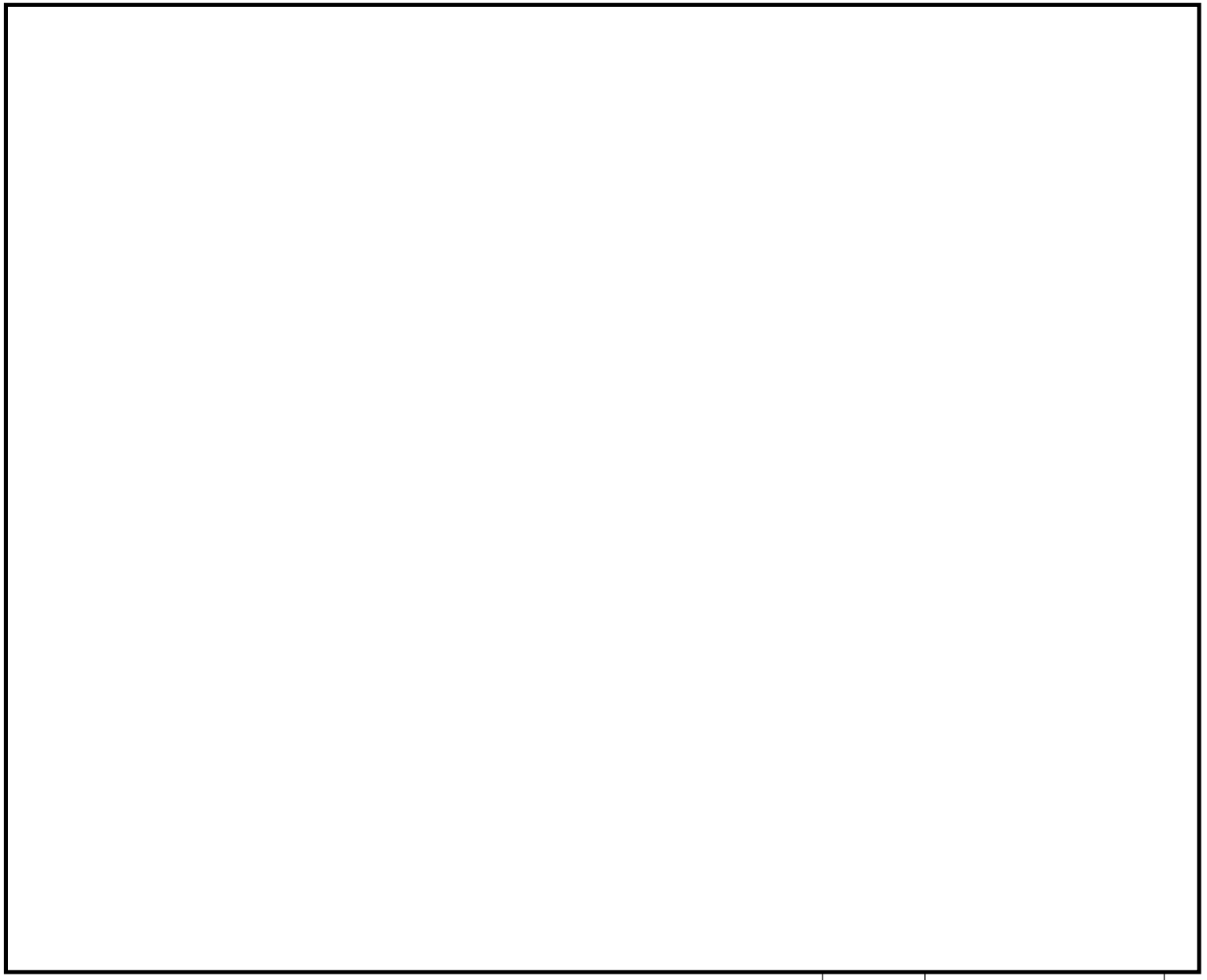
2.2　鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

記号	内容
（太線）	工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管
（細線）	工事計画記載範囲の管のうち，本系統の管であって他計算書記載範囲の管
（破線）	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち，他系統の管であって解析モデルの概略を示すために表記する管
	質点
	アンカ
	レストレイント （本図は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。スナッバについても同様とする。）
	スナッバ
	ハンガ
	リジットハンガ
	拘束点の地震による相対変位量(mm) （＊は評価点番号，矢印は拘束方向を示す。また，□内に変位量を記載する。）
	注1：鳥瞰図中の寸法の単位はmmである。



鳥瞰図	CRD-PD-3



鳥瞰図	CRD-R-1

3.　計算条件

3.1　計算方法

管の構造強度評価は，「基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。解析コードは，「ＨＩＳＡＰ」を使用し，解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については，別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

3.2　荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設分類*1	設備分類*2	機器等の区分	耐震重要度分類	荷重の組合せ*3	許容応力状態*4
計測制御系統施設	制御棒駆動水圧設備	制御棒駆動系	ＳＡ	常設耐震／防止	重大事故等クラス２管	―	V_L＋Ｓｓ	V_AS

注記＊1：ＤＢは設計基準対象施設，ＳＡは重大事故等対処設備を示す。

＊2：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備を示す。

＊3：運転状態の添字Ｌは荷重を示す。

＊4：許容応力状態V_ASは許容応力状態$Ⅳ_AS$の許容限界を使用し，許容応力状態$Ⅳ_AS$として評価を実施する。

3.3　設計条件

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

鳥瞰図　CRD-PD-3

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	5～52	18.60	66	42.7	4.9	SUS316LTP	―	191800
2	53～58N	18.60	66	27.2	3.9	SUS316LTP	―	191800

設計条件

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

鳥瞰図　CRD-R-1

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	1N～11	18.60	66	42.7	4.9	SUS304TP	—	193000
2	12～56N	18.60	66	42.7	4.9	SUS316LTP	—	193000

弁部の寸法

鳥瞰図　CRD-R-1

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
11～12	[redacted]		

弁部の質量

鳥瞰図　CRD-R-1

質量	対応する評価点
[redacted]	11～12

支持点及び貫通部ばね定数

鳥瞰図　CRD-PD-3

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N･mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
7						
15						
19						
25						
** 25 **						
32						
** 32 **						
** 32 **						
40						
** 40 **						
** 40 **						
** 45 **						
** 45 **						
51						
58N						

支持点及び貫通部ばね定数

鳥瞰図　CRD-R-1

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N･mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1N						
10						
16						
25						
33						
40						
45						
51						

3.4　材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

材料	最高使用温度 (℃)	許容応力(MPa)			
		Ｓm	Ｓy	Ｓu	Ｓh
SUS316LTP	66	—	159	459	—
SUS304TP	66	—	188	479	—

3.5　設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答曲線を下表に示す。なお，設計用床応答曲線はⅤ-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき策定したものを用いる。また，減衰定数はⅤ-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

鳥瞰図	建屋・構築物	標高	減衰定数(%)
CRD-PD-3	原子炉本体基礎		
CRD-R-1	原子炉建屋		

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥瞰図 CRD-PD-3

適用する地震動等		Ｓｓ		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度[*1]		応答鉛直震度[*1]
		Ｘ方向	Ｚ方向	Ｙ方向
1 次				
2 次				
3 次				
4 次				
5 次				
6 次				
7 次				
8 次				
9 次				
10 次				
動的震度[*2]				

注記＊1：各モードの固有周期に対し，設計用床応答曲線より得られる震度を示す。

＊2：Ｓｄ又はＳｓ地震動に基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数

鳥瞰図　CRD-PD-3

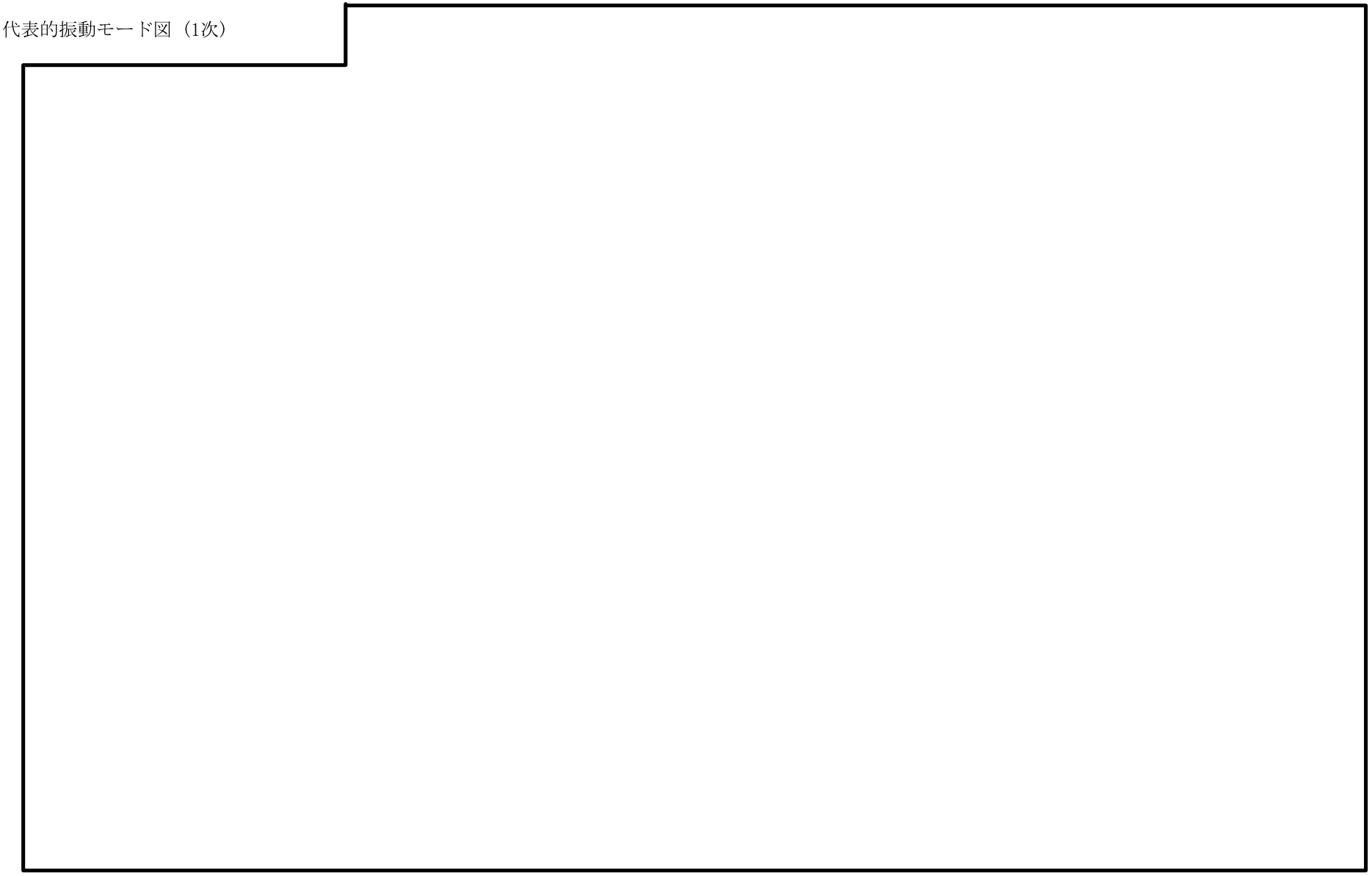
モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X方向	Y方向	Z方向
1 次				
2 次				
3 次				
4 次				
5 次				
6 次				
7 次				
8 次				
9 次				

注記＊：刺激係数は，モード質量を正規化し，固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

代表的振動モード図

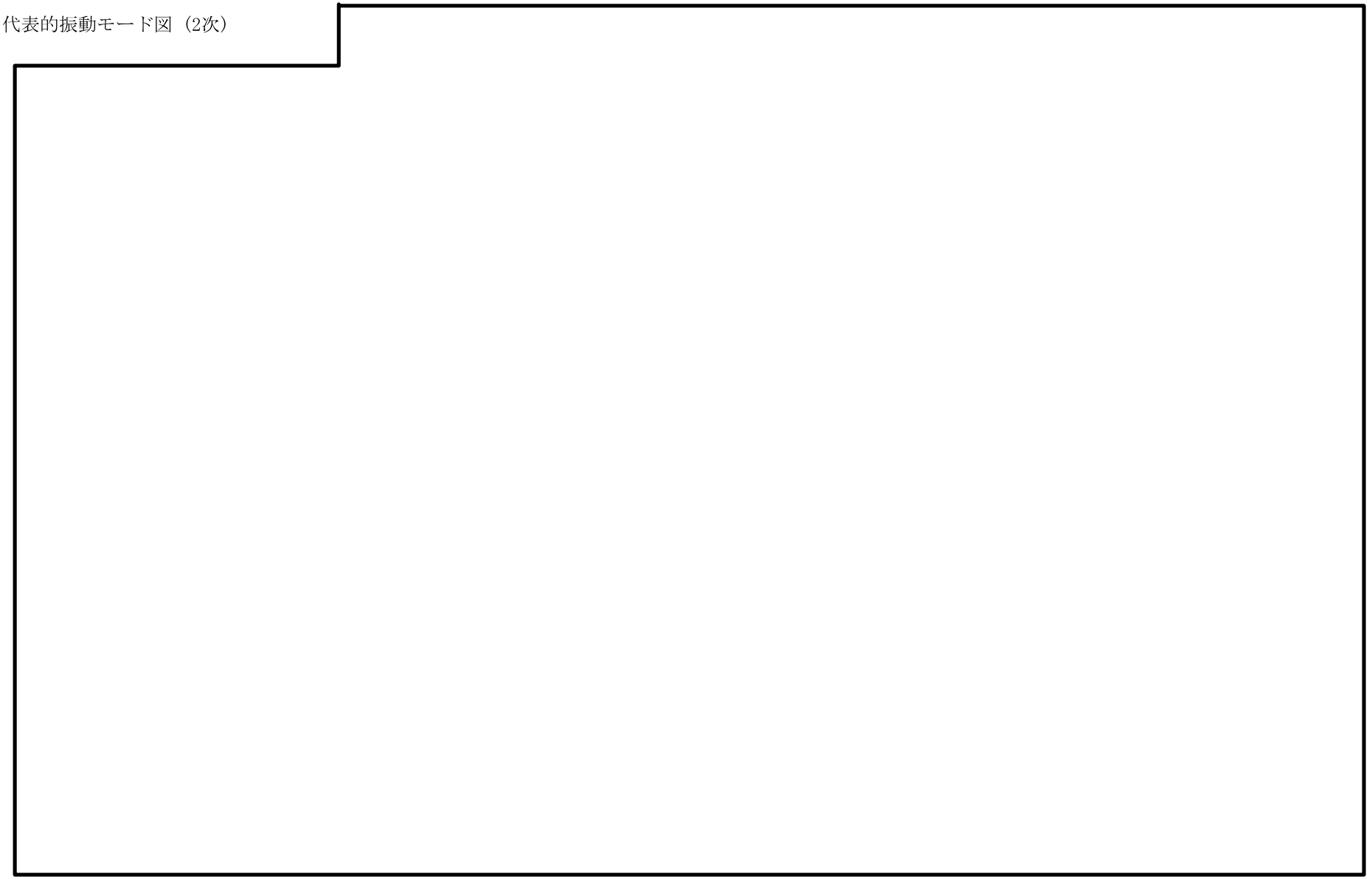
振動モード図は，３次モードまでを代表とし，各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し，次ページ以降に示す。

代表的振動モード図（1次）



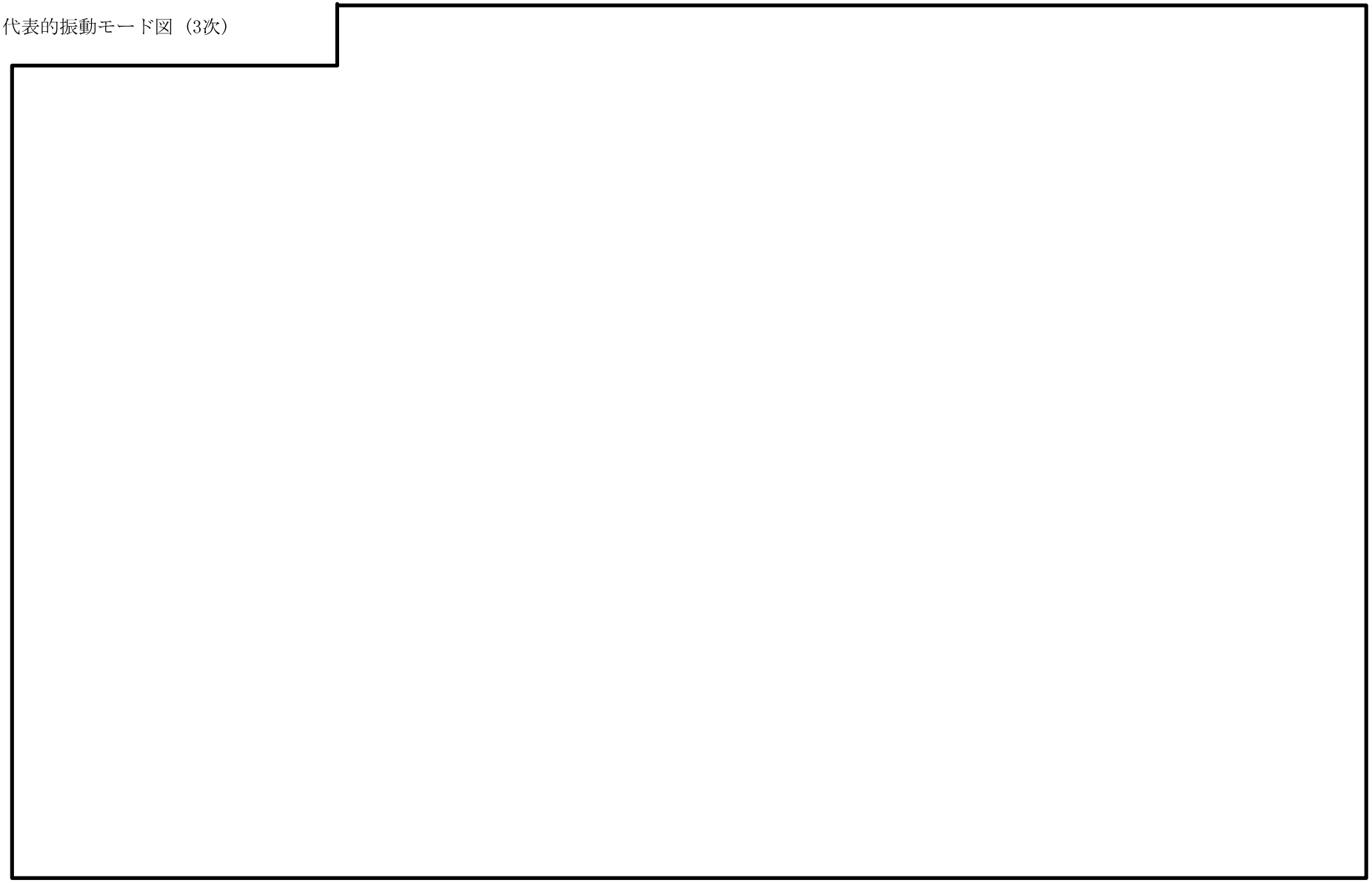
鳥瞰図	ＣＲＤ－ＰＤ－３

代表的振動モード図（2次）



鳥瞰図	ＣＲＤ－ＰＤ－３

代表的振動モード図（3次）



鳥瞰図	ＣＲＤ－ＰＤ－３

固有周期及び設計震度

鳥瞰図　CRD-R-1

適用する地震動等		Ｓｓ		
モード	固有周期(s)	応答水平震度*1		応答鉛直震度*1
		Ｘ方向	Ｚ方向	Ｙ方向
1 次				
2 次				
3 次				
4 次				
5 次				
6 次				
7 次				
8 次				
9 次				
動的震度*2				

注記＊1：各モードの固有周期に対し，設計用床応答曲線より得られる震度を示す。

＊2：Ｓｄ又はＳｓ地震動に基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数

鳥瞰図　CRD-R-1

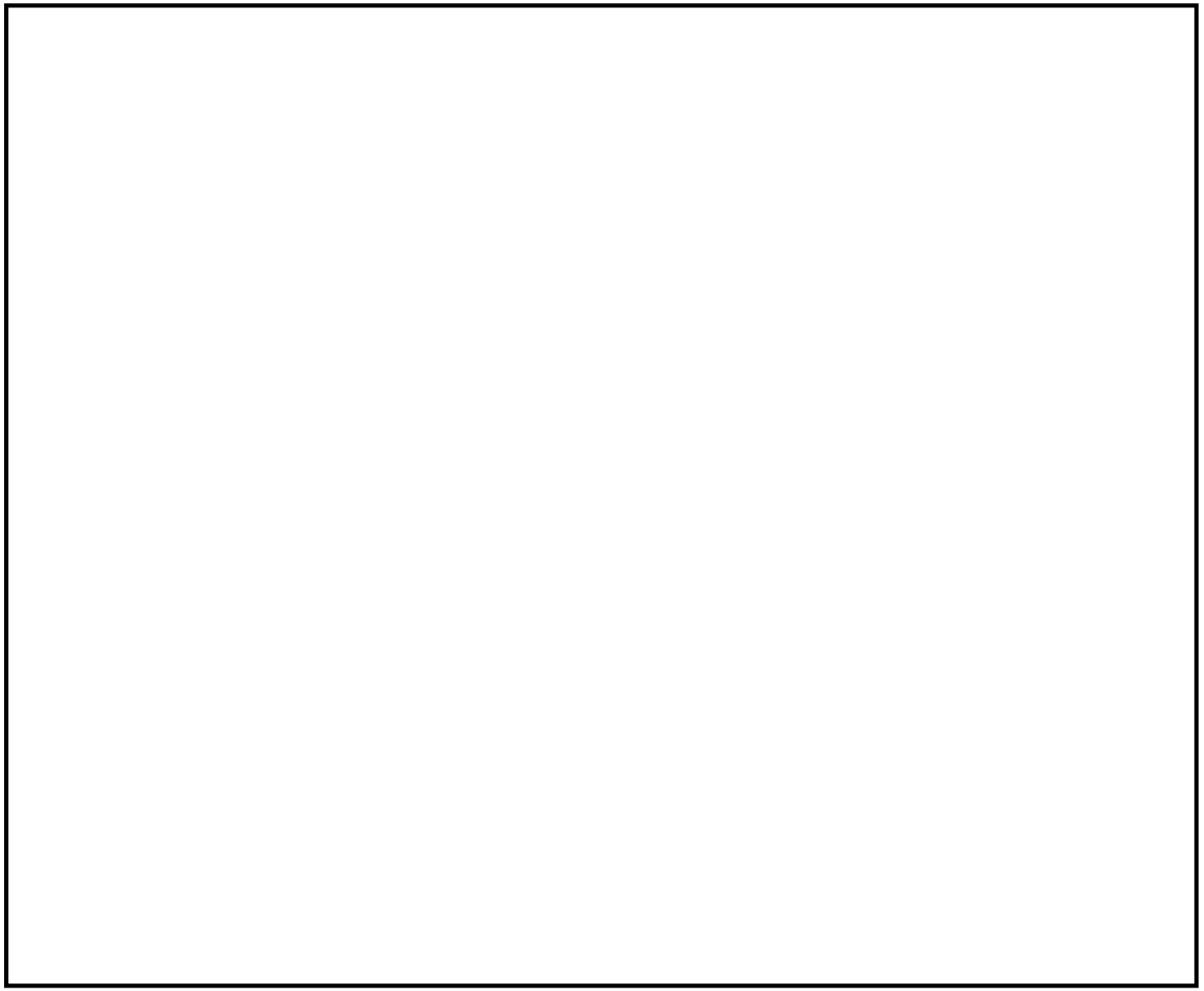
モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X方向	Y方向	Z方向
1 次				
2 次				
3 次				
4 次				
5 次				
6 次				
7 次				
8 次				

注記＊：刺激係数は，モード質量を正規化し，固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

代表的振動モード図

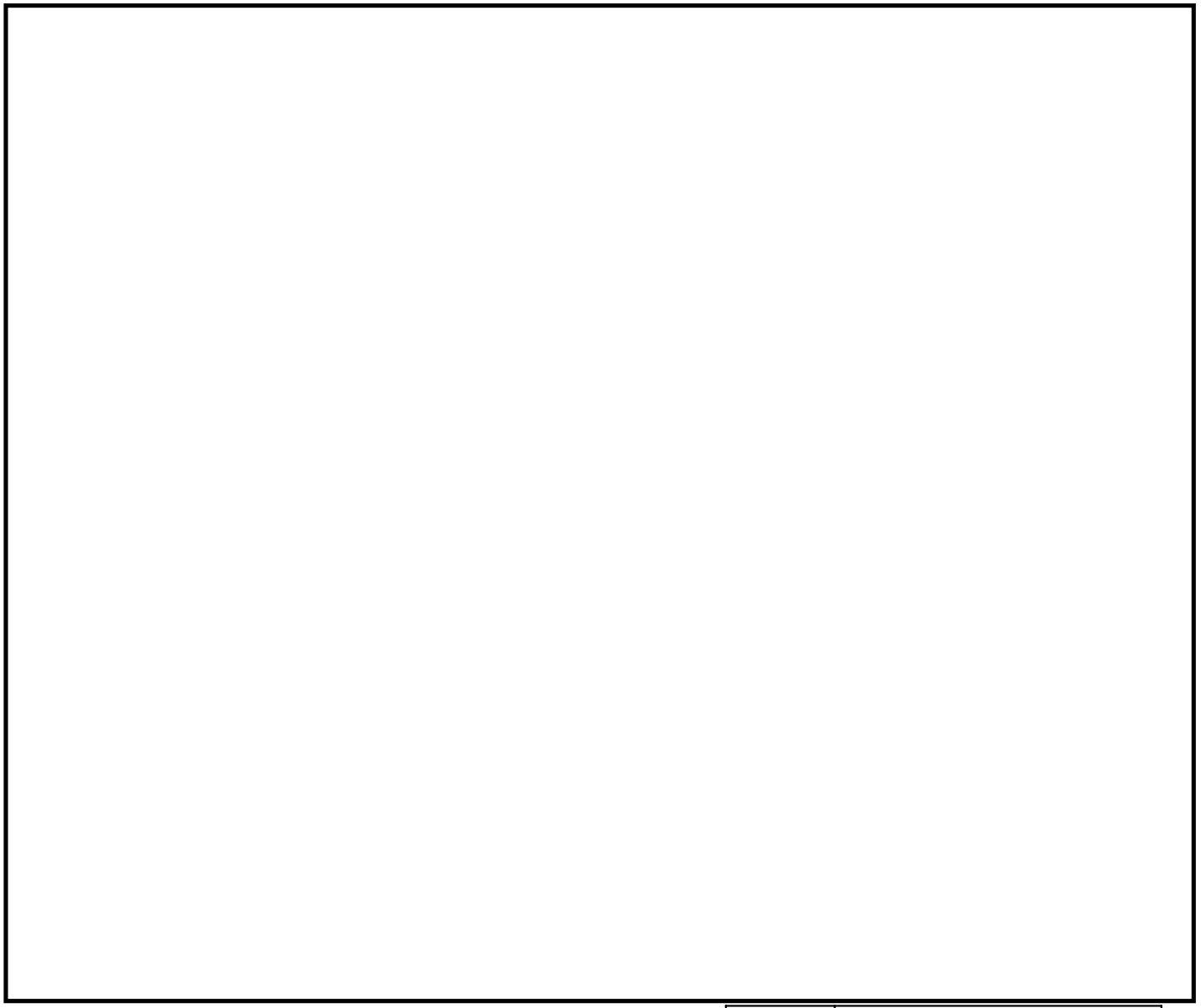
振動モード図は，３次モードまでを代表とし，各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し，次ページ以降に示す。

代表的振動モード図（1次）



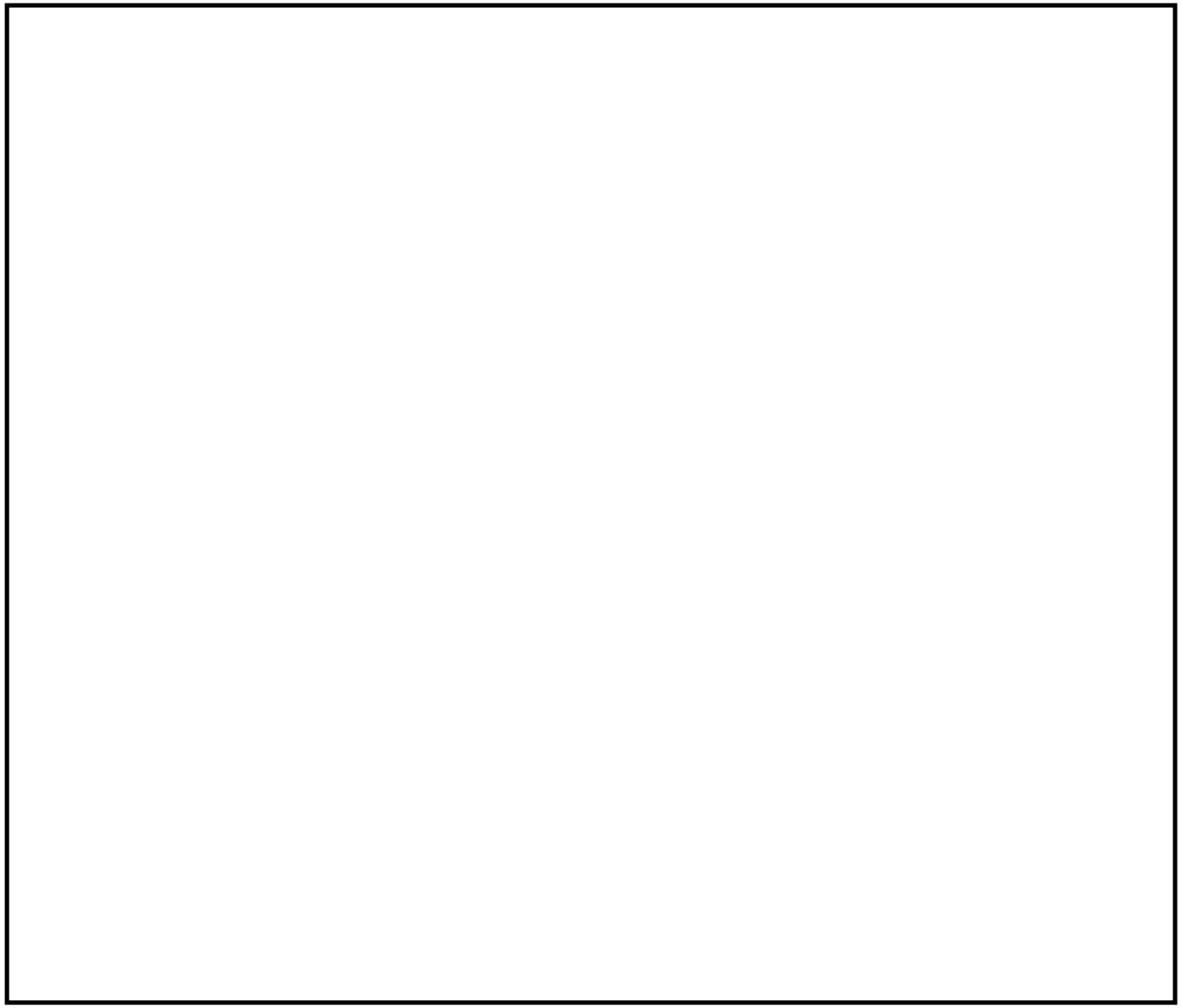
鳥瞰図	ＣＲＤ－Ｒ－１

代表的振動モード図（2次）



鳥瞰図	ＣＲＤ－Ｒ－１

代表的振動モード図（3次）



鳥瞰図	ＣＲＤ－Ｒ－１

4.2　評価結果

4.2.1　管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス２管であってクラス２以下の管

鳥瞰図	許容応力状態	最大応力評価点	最大応力区分	一次応力評価(MPa)		一次＋二次応力評価(MPa)		疲労評価
				計算応力 Sprm（Ｓｓ）	許容応力 0.9Ｓｕ	計算応力 Ｓｎ（Ｓｓ）	許容応力 2Ｓｙ	疲労累積係数 ＵＳｓ
CRD-R-1	ＶＡＳ	10	Sprm（Ｓｓ）	241	431	—	—	—
CRD-PD-3	ＶＡＳ	58N	Ｓｎ（Ｓｓ）	—	—	240	318	—

4.2.2　支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果（荷重評価）

支持構造物番号	種類	型式	材質	温度(℃)	評価結果	
					計算荷重(kN)	許容荷重(kN)
—	—	—	—	—	—	—

支持構造物評価結果（応力評価）

支持構造物番号	種類	型式	材質	温度(℃)	支持点荷重						評価結果		
					反力（kN）			モーメント（kN･m）			応力分類	計算応力(MPa)	許容応力(MPa)
					F_X	F_Y	F_Z	M_X	M_Y	M_Z			
RE-CRD-P09A	レストレイント	ラグ	SUS316L	66	8	0	1	—	—	—	曲げ	207	348

4.2.3　弁の動的機能維持評価結果

下表に示すとおり機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下又は計算応力が許容応力以下である。

弁番号	形式	要求機能	機能維持評価用加速度 ($\times 9.8 m/s^2$)		機能確認済加速度 ($\times 9.8 m/s^2$)		構造強度評価結果 (MPa)	
			水平	鉛直	水平	鉛直	計算応力	許容応力
—	—	—	—	—	—	—	—	—

4.2.4　代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

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

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（重大事故等クラス２管であってクラス２以下の管）

No.	配管モデル	許容応力状態　ⅤAS												
		一次応力					一次＋二次応力					疲労評価		
		評価点	計算応力(MPa)	許容応力(MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力(MPa)	許容応力(MPa)	裕度	代表	評価点	疲労累積係数	代表
1	CRD-PD-1	15	120	413	3.44	—	59N	75	318	4.24	—	—	—	—
2	CRD-PD-2	7	99	413	4.17	—	52N	139	318	2.28	—	—	—	—
3	CRD-PD-3	7	117	413	3.52	—	58N	240	318	1.32	○	—	—	—
4	CRD-PD-4	66N	128	413	3.22	—	7	67	318	4.74	—	—	—	—
5	CRD-R-1	10	241	431	1.78	○	10	259	376	1.45	—	—	—	—
6	CRD-R-2	41	115	413	3.59	—	24	41	318	7.75	—	—	—	—

Ⅴ-2-6-4　ほう酸水注入設備の耐震性についての計算書

Ⅴ-2-6-4-1　ほう酸水注入系の耐震性についての計算書

Ⅴ-2-6-4-1-1　ほう酸水注入系ポンプの耐震性についての計算書

目　　次

1.　概要 ····· 1
2.　一般事項 ····· 1
2.1　構造計画 ····· 1
3.　構造強度評価 ····· 3
3.1　構造強度評価方法 ····· 3
3.2　荷重の組合せ及び許容応力 ····· 3
3.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 3
3.2.2　許容応力 ····· 3
3.2.3　使用材料の許容応力評価条件 ····· 3
3.3　計算条件 ····· 3
4.　機能維持評価 ····· 8
4.1　動的機能維持評価方法 ····· 8
5.　評価結果 ····· 9
5.1　設計基準対象施設としての評価結果 ····· 9
5.2　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 9

1. 概要

本計算書は，Ｖ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき，ほう酸水注入系ポンプが設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

ほう酸水注入系ポンプは，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び動的機能維持評価を示す。

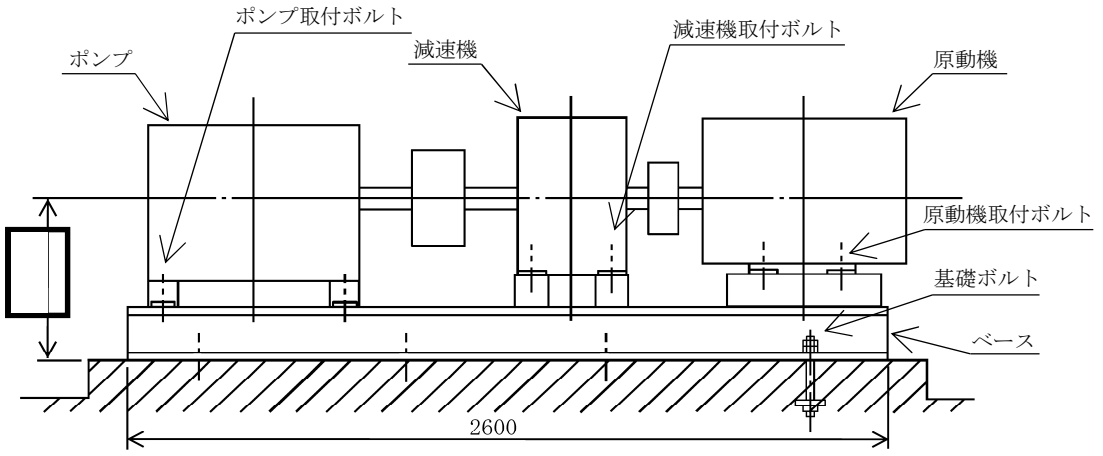
なお，ほう酸水注入系ポンプは，Ｖ-2-1-14「計算書作成の方法」に記載の横軸ポンプと類似の構造であるため，Ｖ-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-1　横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

ほう酸水注入系ポンプの構造計画を表2－1に示す。

表2－1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
ポンプはポンプベースに固定され，ポンプベースは基礎ボルトで基礎に据え付ける。	往復式 （往復形横型ポンプ）	 （単位：mm）

3.　構造強度評価

3.1　構造強度評価方法

ほう酸水注入系ポンプの構造強度評価は，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-1　横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

3.2　荷重の組合せ及び許容応力

3.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

ほう酸水注入系ポンプの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表3－1に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表3－2に示す。

3.2.2　許容応力

ほう酸水注入系ポンプの許容応力は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表3－3のとおりとする。

3.2.3　使用材料の許容応力評価条件

ほう酸水注入系ポンプの使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表3－4に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表3－5に示す。

3.3　計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【ほう酸水注入系ポンプの耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表3－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御系統施設	ほう酸水注入設備	ほう酸水注入系ポンプ	S	クラス２ポンプ*	D＋P_D＋M_D＋S d*	ⅢAS
					D＋P_D＋M_D＋S s	ⅣAS

注記＊：クラス２ポンプの支持構造物を含む。

表3－2　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*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	ほう酸水注入設備	ほう酸水注入系ポンプ	常設耐震／防止	重大事故等クラス２ポンプ*2	D＋P_D＋M_D＋Ｓｓ*3	ⅣＡＳ
					D＋P_{SAD}＋M_{SAD}＋Ｓｓ	ＶＡＳ（ＶＡＳとしてⅣＡＳの許容限界を用いる。）
原子炉冷却系統施設	非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備	ほう酸水注入系ポンプ	常設耐震／防止	重大事故等クラス２ポンプ*2	D＋P_D＋M_D＋Ｓｓ*3	ⅣＡＳ
					D＋P_{SAD}＋M_{SAD}＋Ｓｓ	ＶＡＳ（ＶＡＳとしてⅣＡＳの許容限界を用いる。）
原子炉格納施設	原子炉格納容器安全設備	ほう酸水注入系ポンプ	常設／緩和	重大事故等クラス２ポンプ*2	D＋P_D＋M_D＋Ｓｓ*3	ⅣＡＳ
					D＋P_{SAD}＋M_{SAD}＋Ｓｓ	ＶＡＳ（ＶＡＳとしてⅣＡＳの許容限界を用いる。）

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

＊2：重大事故等クラス２ポンプの支持構造物を含む。

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

表3－3　許容応力（クラス２，３支持構造物及び重大事故等クラス２支持構造物）

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

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

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

表3－4　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件（℃）		S_y（MPa）	S_u（MPa）	S_y（RT）（MPa）
基礎ボルト	SS400（16mm＜径≦40mm）	周囲環境温度	50	231	394	—
ポンプ取付ボルト	SS400（40mm＜径）	最高使用温度	66	206	385	—
原動機取付ボルト	SS400（16mm＜径≦40mm）	最高使用温度	66	225	385	—
減速機取付ボルト	SS400（40mm＜径）	周囲環境温度	50	211	394	—

表3－5　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件（℃）		S_y（MPa）	S_u（MPa）	S_y（RT）（MPa）
基礎ボルト	SS400（16mm＜径≦40mm）	周囲環境温度	66	225	385	—
ポンプ取付ボルト	SS400（40mm＜径）	最高使用温度	66	206	385	—
原動機取付ボルト	SS400（16mm＜径≦40mm）	最高使用温度	66	225	385	—
減速機取付ボルト	SS400（40mm＜径）	周囲環境温度	66	206	385	—

4. 機能維持評価

4.1 動的機能維持評価方法

ほう酸水注入系ポンプの動的機能維持評価は，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-1 横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

ほう酸水注入系ポンプは地震時動的機能維持が確認された機種と類似の構造及び振動特性であるため，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に記載の機能確認済加速度を適用する。機能確認済加速度を表4－1に示す。

表4－1　機能確認済加速度　　(×9.8m/s^2)

評価部位	形式	方向	機能確認済加速度
往復動式ポンプ	横形３連 往復動式ポンプ	水平	1.6
		鉛直	1.0
原動機	横形ころがり 軸受電動機	水平	4.7
		鉛直	1.0

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

ほう酸水注入系ポンプの設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

ほう酸水注入系ポンプの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【ほう酸水注入系ポンプの耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ(m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		ポンプ振動による震度	最高使用温度(℃)	周囲環境温度(℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度			
ほう酸水注入系ポンプ	S	原子炉建屋 T.M.S.L. 23.5*1	—*2	—*2	C_H=0.78	C_V=0.71	C_H=1.51	C_V=1.38		66	50

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：固有周期は十分に小さく，計算は省略する。

1.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}*1 (mm)	ℓ_{2i}*1 (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	n_{fi}*1
基礎ボルト (i=1)							10	4
								2
ポンプ取付ボルト (i=2)							4	2
								2
原動機取付ボルト (i=3)							4	2
								2
減速機取付ボルト (i=4)							6	2
								3

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i^* (MPa)	転倒方向		M_P (N・mm)
					弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	
基礎ボルト (i=1)	231 (16mm＜径≦40mm)	394	231	276	軸	軸	—
ポンプ取付ボルト (i=2)	206 (40mm＜径)	385	206	247	軸	軸	—
原動機取付ボルト (i=3)	225 (16mm＜径≦40mm)	385	225	270	軸	軸	—
減速機取付ボルト (i=4)	211 (40mm＜径)	394	211	253	軸直角	軸直角	

H_P (μm)	N (rpm)	

注記＊1：各ボルトの機器要目における上段は軸直角方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は軸方向転倒に対する評価時の要目を示す。
＊2：ポンプ回転速度を示す。
＊3：原動機回転速度を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト（ｉ＝1）				
ポンプ取付ボルト（ｉ＝2）				
原動機取付ボルト（ｉ＝3）				
減速機取付ボルト（ｉ＝4）				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト（ｉ＝1）	SS400	引張り	σ_{b1}＝12	f_{ts1}＝173*	σ_{b1}＝43	f_{ts1}＝207*
		せん断	τ_{b1}＝9	f_{sb1}＝133	τ_{b1}＝17	f_{sb1}＝159
ポンプ取付ボルト（ｉ＝2）	SS400	引張り	σ_{b2}＝13	f_{ts2}＝154*	σ_{b2}＝35	f_{ts2}＝185*
		せん断	τ_{b2}＝13	f_{sb2}＝118	τ_{b2}＝24	f_{sb2}＝142
原動機取付ボルト（ｉ＝3）	SS400	引張り	σ_{b3}＝5	f_{ts3}＝168*	σ_{b3}＝12	f_{ts3}＝202*
		せん断	τ_{b3}＝4	f_{sb3}＝129	τ_{b3}＝6	f_{sb3}＝155
減速機取付ボルト（ｉ＝4）	SS400	引張り	σ_{b4}＝8	f_{ts4}＝158*	σ_{b4}＝13	f_{ts4}＝190*
		せん断	τ_{b4}＝2	f_{sb4}＝122	τ_{b4}＝4	f_{sb4}＝146

すべて許容応力以下である。

注記＊：f_{tsi}＝Min[1.4・f_{toi}－1.6・τ_{bi}, f_{toi}]

1.4.2 動的機能の評価結果 (×9.8m/s^2)

		機能維持評価用加速度	機能確認済加速度
往復動式ポンプ	水平方向	1.01	1.6
	鉛直方向	0.93	1.0
原動機	水平方向	1.01	4.7
	鉛直方向	0.93	1.0

機能維持評価用加速度（1.0・ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ(m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		ポンプ振動による震度	最高使用温度(℃)	周囲環境温度(℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度			
ほう酸水注入系ポンプ	常設耐震／防止常設／緩和	原子炉建屋 T.M.S.L. 23.5*1	—*2	—*2	—	—	C_H=1.51	C_V=1.38		66	66

注記＊1：基準床レベルを示す。
＊2：固有周期は十分に小さく，計算は省略する。

2.2 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	ℓ_{1i}*1 (mm)	ℓ_{2i}*1 (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm^2)	n_i	n_{fi}*1
基礎ボルト（i＝1）							10	4
								2
ポンプ取付ボルト（i＝2）							4	2
								2
原動機取付ボルト（i＝3）							4	2
								2
減速機取付ボルト（i＝4）							6	2
								3

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	F_i^* (MPa)	転倒方向		M_P (N・mm)
					弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	
基礎ボルト（i＝1）	225 (16mm＜径≦40mm)	385	—	270	—	軸	—
ポンプ取付ボルト（i＝2）	206 (40mm＜径)	385	—	247	—	軸	—
原動機取付ボルト（i＝3）	225 (16mm＜径≦40mm)	385	—	270	—	軸	—
減速機取付ボルト（i＝4）	206 (40mm＜径)	385	—	247	—	軸直角	

H_P (μm)	N (rpm)	

注記＊1：各ボルトの機器要目における上段は軸直角方向転倒に対する評価時の要目を示し，下段は軸方向転倒に対する評価時の要目を示す。
＊2：ポンプ回転速度を示す。
＊3：原動機回転速度を示す。

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
基礎ボルト（ｉ＝1）	—		—	
ポンプ取付ボルト（ｉ＝2）	—		—	
原動機取付ボルト（ｉ＝3）	—		—	
減速機取付ボルト（ｉ＝4）	—		—	

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト（ｉ＝1）	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b1}=43$	$f_{ts1}=202$*
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=17$	$f_{sb1}=155$
ポンプ取付ボルト（ｉ＝2）	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=35$	$f_{ts2}=185$*
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=24$	$f_{sb2}=142$
原動機取付ボルト（ｉ＝3）	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b3}=12$	$f_{ts3}=202$*
		せん断	—	—	$\tau_{b3}=6$	$f_{sb3}=155$
減速機取付ボルト（ｉ＝4）	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b4}=13$	$f_{ts4}=185$*
		せん断	—	—	$\tau_{b4}=4$	$f_{sb4}=142$

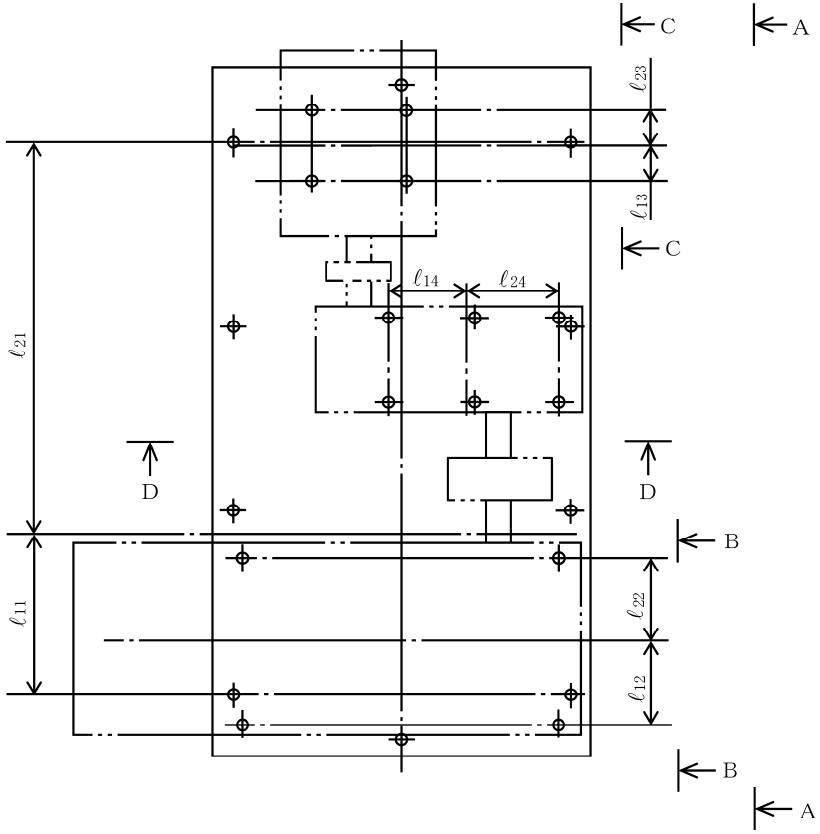
すべて許容応力以下である。

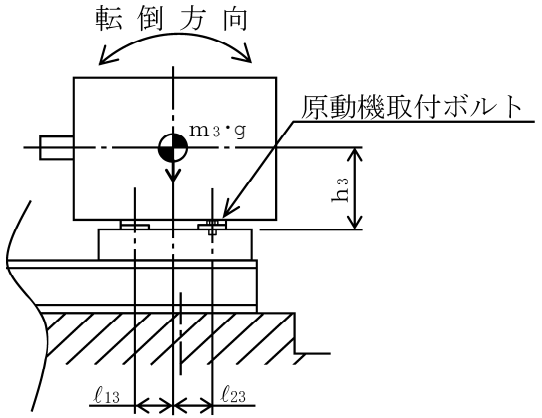
注記＊：$f_{tsi}=\mathrm{Min}[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},\ f_{toi}]$

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

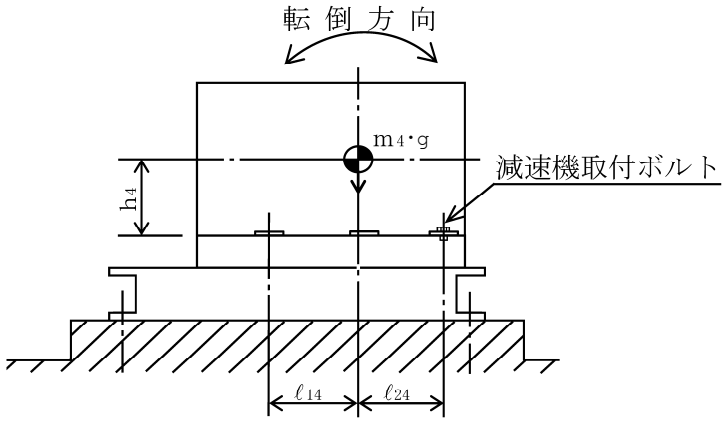
		機能維持評価用加速度	機能確認済加速度
往復動式ポンプ	水平方向	1.01	1.6
	鉛直方向	0.93	1.0
原動機	水平方向	1.01	4.7
	鉛直方向	0.93	1.0

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。

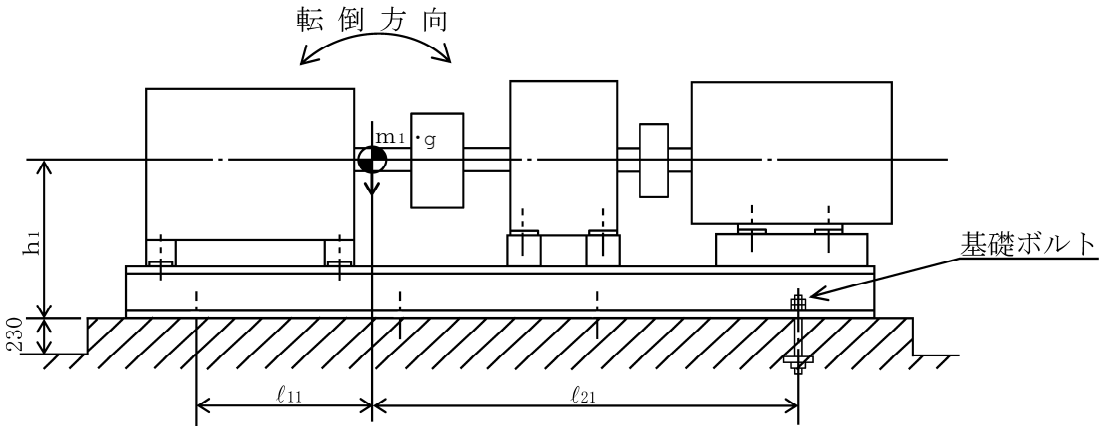




C～C矢視図
(原動機取付ボルト)

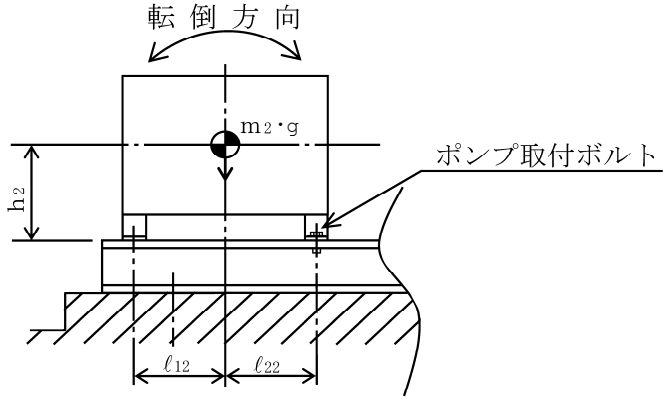


D～D矢視図
(減速機取付ボルト)



Ａ～Ａ矢視図
(基礎ボルト)

($\ell_{1i} \leqq \ell_{2i}$)



Ｂ～Ｂ矢視図
(ポンプ取付ボルト)

Ⅴ-2-6-4-1-2　ほう酸水注入系貯蔵タンクの耐震性についての計算書

目　　次

1.　概要 ····· 1
2.　一般事項 ····· 1
2.1　構造計画 ····· 1
3.　固有周期 ····· 3
3.1　固有周期の計算 ····· 3
4.　構造強度評価 ····· 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.　評価結果 ····· 9
5.1　設計基準対象施設としての評価結果 ····· 9
5.2　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 9

1. 概要

本計算書は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき，ほう酸水注入系貯蔵タンクが設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

ほう酸水注入系貯蔵タンクは，設計基準対象施設においてはＳクラス施設に，重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

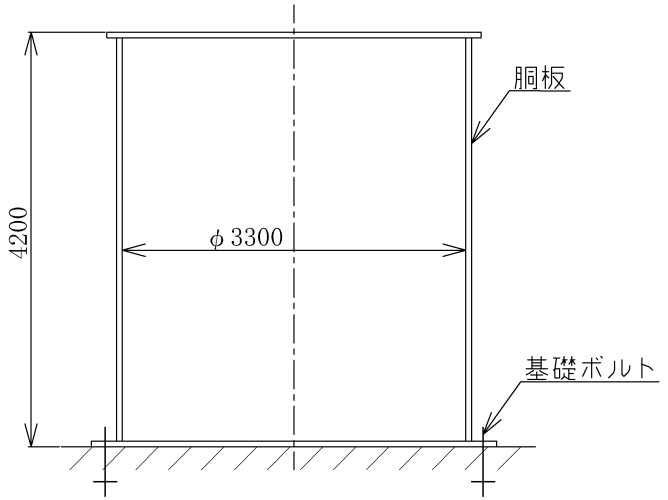
なお，ほう酸水注入系貯蔵タンクは，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法」に記載の平底たて置円筒形容器であるため，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-5　平底たて置円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

ほう酸水注入系貯蔵タンクの構造計画を表2－1に示す。

表2－1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
胴下端を基礎ボルトで基礎に据え付ける。	上面及び下面に平板を有するたて置円筒形容器	

（単位：mm）

3.　固有周期

3.1　固有周期の計算

理論式により固有周期を計算する。固有周期の計算に用いる計算条件は，本計算書の【ほう酸水注入系貯蔵タンクの耐震性についての計算結果】の機器要目に示す。

計算の結果，固有周期は0.05秒以下であり，剛であることを確認した。固有周期の計算結果を表3－1に示す。

表3－1　固有周期　　（単位：s）

水平			
鉛直			

4.　構造強度評価

4.1　構造強度評価方法

ほう酸水注入系貯蔵タンクの構造強度評価は，Ⅴ-2-1-14「計算書作成の方法　添付資料-5 平底たて置円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」に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

ほう酸水注入系貯蔵タンク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

ほう酸水注入系貯蔵タンクの許容応力は，Ⅴ-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表4－3及び表4－4のとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

ほう酸水注入系貯蔵タンク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4－5に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4－6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【ほう酸水注入系貯蔵タンクの耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表４－１　荷重の組合せ及び許容応力状態（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	ほう酸水注入設備	ほう酸水注入系貯蔵タンク	S	クラス２容器＊	D＋P_D＋M_D＋S d＊	ⅢAS
					D＋P_D＋M_D＋S s	ⅣAS

注記＊：クラス２容器の支持構造物を含む。

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 ＊3	許容応力状態
計測制御系統施設	ほう酸水注入設備	ほう酸水注入系貯蔵タンク	常設耐震／防止	重大事故等クラス２容器 ＊2	D＋P_D＋M_D＋S s	ⅣAS
					D＋P_{SAD}＋M_{SAD}＋S s	VAS（VASとしてⅣASの許容限界を用いる。）
原子炉冷却系統施設	非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備ほう酸水注入系	ほう酸水注入系貯蔵タンク	常設耐震／防止	重大事故等クラス２容器 ＊2	D＋P_D＋M_D＋S s	ⅣAS
					D＋P_{SAD}＋M_{SAD}＋S s	VAS（VASとしてⅣASの許容限界を用いる。）
原子炉冷却系統施設	非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備水の供給設備	ほう酸水注入系貯蔵タンク	常設耐震／防止 常設／緩和	重大事故等クラス２容器 ＊2	D＋P_D＋M_D＋S s	ⅣAS
					D＋P_{SAD}＋M_{SAD}＋S s	VAS（VASとしてⅣASの許容限界を用いる。）

原子炉格納施設	原子炉格納容器安全設備	ほう酸水注入系 貯蔵タンク	常設／緩和	重大事故等 クラス２容器 *2	D＋P_D＋M_D＋S s	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：重大事故等クラス２容器の支持構造物を含む。

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

表４−３　許容応力（クラス２，３容器及び重大事故等クラス２容器）

許容応力状態	許容限界*1，*2			
	一次一般膜応力	一次膜応力＋ 一次曲げ応力	一次＋二次応力	一次＋二次＋ ピーク応力
ⅢAS	S_yと0.6・S_uの小さい方 ただし，オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については上記値と 1.2・Sとの大きい方	左欄の1.5倍の値	弾性設計用地震動S d 又は基準地震動S s のみによる疲労解析を行い，疲労累積係数が1.0以下であること。 ただし，地震動のみによる一次＋二次応力の変動値2・S_y以下であれば，疲労解析は不要。	
ⅣAS	0.6・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。）			基準地震動S s のみによる疲労解析を行い，疲労累積係数が1.0以下であること。 ただし，地震動のみによる一次＋二次応力の変動値が2・S_y以下であれば，疲労解析は不要。	

注記＊1：座屈による評価は，クラスMC容器の座屈に対する評価式による。

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

表4－4　許容応力（クラス２，３支持構造物及び重大事故等クラス２支持構造物）

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

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

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

表 4－5　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S (MPa)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
胴板	SUS316L	最高使用温度	66	108	159	459	175
基礎ボルト	SS400 (16mm＜径≦40mm)	周囲環境温度	50	―	231	394	―

表 4－6　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S (MPa)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
胴板	SUS316L	最高使用温度	66	108	159	459	175
基礎ボルト	SS400 (16mm＜径≦40mm)	周囲環境温度	66	―	225	385	―

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

ほう酸水注入系貯蔵タンク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。

5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

ほう酸水注入系貯蔵タンクの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

【ほう酸水注入系貯蔵タンクの耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)	比重
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度				
ほう酸水注入系貯蔵タンク	S	原子炉建屋 T.M.S.L. 24.0 (T.M.S.L. 23.5*)			C_H= 0.78	C_V= 0.71	C_H= 1.53	C_V= 1.38	静水頭	66	50	1.07

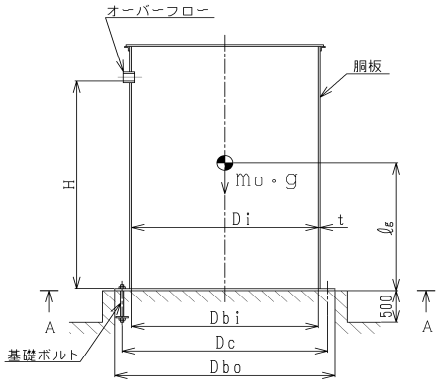
注記＊：基準床レベルを示す。

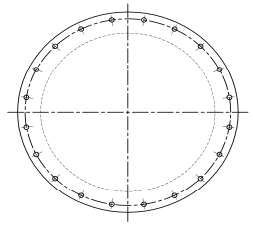
1.2 機器要目

m_0 (kg)	m_e (kg)	D_i (mm)	t (mm)	E (MPa)	G (MPa)	ℓ_g (mm)	H (mm)	s	n
		3300	9.0	192000 *1	73800 *1	2180	3771	15	20

D_c (mm)	D_{bo} (mm)	D_{bi} (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	S_y(胴板) (MPa)	S_u(胴板) (MPa)	S(胴板) (MPa)	S_y(基礎ボルト) (MPa)	S_u(基礎ボルト) (MPa)	F(基礎ボルト) (MPa)	F*(基礎ボルト) (MPa)
3450	3550	3300	24 (M24)	452.4	159 *1	459 *1	108 *1	231 *2 (16mm＜径≦40mm)	394 *2	231	276

注記 ＊1：最高使用温度で算出
＊2：周囲環境温度で算出





A～A矢視図

1.3 計算数値

1.3.1 胴に生じる応力

(1) 一次一般膜応力

(単位：MPa)

		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度			基準地震動Ｓｓ		
		周方向応力	軸方向応力	せん断応力	周方向応力	軸方向応力	せん断応力
静水頭による応力		$\sigma_{\phi 1}$= 8	—	—	$\sigma_{\phi 1}$= 8	—	—
鉛直方向地震による引張応力		$\sigma_{\phi 2}$= 6	—	—	$\sigma_{\phi 2}$= 10	—	—
空質量による圧縮応力		—	σ_{x2}= 1	—	—	σ_{x2}= 1	—
鉛直方向地震による軸方向応力		—	σ_{x3}= 1	—	—	σ_{x3}= 1	—
水平方向地震による応力		—	σ_{x4}= 9	τ= 7	—	σ_{x4}= 17	τ= 13
応力の和	引張側	σ_{ϕ}= 13	σ_{xt}= 9	—	σ_{ϕ}= 18	σ_{xt}= 18	—
	圧縮側	σ_{ϕ}= -13	σ_{xc}= 10	—	σ_{ϕ}= -18	σ_{xc}= 19	—
組合せ応力	引張り	σ_{ot}= 18			σ_{ot}= 31		
	圧縮	σ_{oc}= 12			σ_{oc}= 23		

(2) 地震動のみによる一次応力と二次応力の和の変動値 (単位：MPa)

		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度			基準地震動Ｓｓ		
		周方向応力	軸方向応力	せん断応力	周方向応力	軸方向応力	せん断応力
鉛直方向地震による応力		$\sigma_{\phi 2}$＝ 6	σ_{x3}＝ 1	―	$\sigma_{\phi 2}$＝ 10	σ_{x3}＝ 1	―
水平方向地震による応力		―	σ_{x4}＝ 9	τ ＝ 7	―	σ_{x4}＝ 17	τ ＝ 13
応力の和	引張側	$\sigma_{2\phi}$＝ 6	σ_{2xt}＝ 10	―	$\sigma_{2\phi}$＝ 10	σ_{2xt}＝ 18	―
	圧縮側	$\sigma_{2\phi}$＝ -6	σ_{2xc}＝ 10	―	$\sigma_{2\phi}$＝ -10	σ_{2xc}＝ 18	―
組合せ応力（変動値）	引張り	σ_{2t}＝ 28			σ_{2t}＝ 55		
	圧縮	σ_{2c}＝ 24			σ_{2c}＝ 46		

1.3.2 基礎ボルトに生じる応力 (単位：MPa)

	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
引張応力	σ_b＝ 49	σ_b＝ 147
せん断応力	τ_b＝ 34	τ_b＝ 67

1.4 結論

1.4.1 固有周期 (単位：ｓ)

方向	固有周期
水平方向	
鉛直方向	

1.4.2 応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
胴板	SUS316L	一次一般膜	σ_0＝ 18	S_a＝ 159	σ_0＝ 31	S_a＝ 275
		一次＋二次	σ_2＝ 28	S_a＝ 318	σ_2＝ 55	S_a＝ 318
		圧縮と曲げの組合せ（座屈の評価）	$\frac{\eta \cdot (\sigma_{x2}+\sigma_{x3})}{f_c} + \frac{\eta \cdot \sigma_{x4}}{f_b} \leqq 1$		$\frac{\eta \cdot (\sigma_{x2}+\sigma_{x3})}{f_c} + \frac{\eta \cdot \sigma_{x4}}{f_b} \leqq 1$	
			0.08 (無次元)		0.13 (無次元)	
基礎ボルト	SS400	引張り	σ_b＝ 49	f_{ts}＝ 173 *	σ_b＝ 147	f_{ts}＝ 183 *
		せん断	τ_b＝ 34	f_{sb}＝ 133	τ_b＝ 67	f_{sb}＝ 159

すべて許容応力以下である。

注記＊：f_{ts}＝Min[1.4・f_{to}－1.6・τ_b, f_{to}]

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ		最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)	比重
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度				
ほう酸水注入系貯蔵タンク	常設耐震/防止常設/緩和	原子炉建屋 T.M.S.L. 24.0 (T.M.S.L. 23.5＊)	[redacted]		—	—	C_H= 1.53	C_V= 1.38	静水頭	66	66	1.07

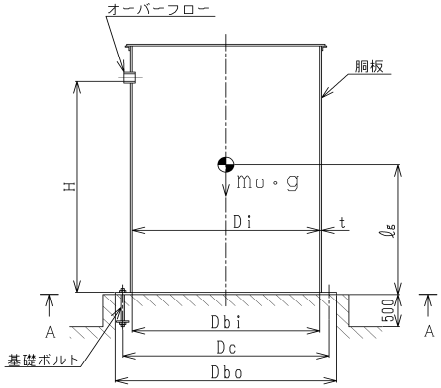
注記＊：基準床レベルを示す。

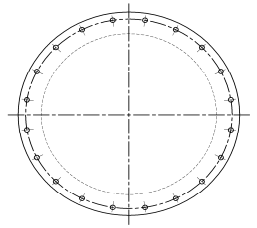
2.2 機器要目

m_0 (kg)	m_e (kg)	D_i (mm)	t (mm)	E (MPa)	G (MPa)	ℓ_g (mm)	H (mm)	s	n
[redacted]		3300	9.0	192000 ＊1	73800 ＊1	2180	3771	15	20

D_c (mm)	D_{bo} (mm)	D_{bi} (mm)	d (mm)	A_b (mm^2)	S_y(胴板) (MPa)	S_u(胴板) (MPa)	S(胴板) (MPa)	S_y(基礎ボルト) (MPa)	S_u(基礎ボルト) (MPa)	F(基礎ボルト) (MPa)	F＊(基礎ボルト) (MPa)
3450	3550	3300	24 (M24)	452.4	159 ＊1	459 ＊1	108 ＊1	225 ＊2 (16mm＜径≦40mm)	385 ＊2	225	270

注記 ＊1：最高使用温度で算出
＊2：周囲環境温度で算出





A～A矢視図

2.3 計算数値

2.3.1 胴に生じる応力

(1) 一次一般膜応力

(単位：MPa)

		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度			基準地震動Ｓｓ		
		周方向応力	軸方向応力	せん断応力	周方向応力	軸方向応力	せん断応力
静水頭による応力		—	—	—	$\sigma_{\phi 1}$= 8	—	—
鉛直方向地震による引張応力		—	—	—	$\sigma_{\phi 2}$= 10	—	—
空質量による圧縮応力		—	—	—	—	σ_{x2}= 1	—
鉛直方向地震による軸方向応力		—	—	—	—	σ_{x3}= 1	—
水平方向地震による応力		—	—	—	—	σ_{x4}= 17	τ= 13
応力の和	引張側	—	—	—	σ_{ϕ}= 18	σ_{xt}= 18	—
	圧縮側	—	—	—	σ_{ϕ}= -18	σ_{xc}= 19	—
組合せ応力	引張り	—			σ_{ot}= 31		
	圧縮	—			σ_{oc}= 23		

(2) 地震動のみによる一次応力と二次応力の和の変動値 (単位：MPa)

		弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度			基準地震動Ｓｓ		
		周方向応力	軸方向応力	せん断応力	周方向応力	軸方向応力	せん断応力
鉛直方向地震による応力		—	—	—	$\sigma_{\phi 2}$＝ 10	σ_{x3}＝ 1	—
水平方向地震による応力		—	—	—	—	σ_{x4}＝ 17	τ ＝ 13
応力の和	引張側	—	—	—	$\sigma_{2\phi}$＝ 10	σ_{2xt}＝ 18	—
	圧縮側	—	—	—	$\sigma_{2\phi}$＝ -10	σ_{2xc}＝ 18	—
組合せ応力（変動値）	引張り	—			σ_{2t}＝ 55		
	圧縮	—			σ_{2c}＝ 46		

2.3.2 基礎ボルトに生じる応力 (単位：MPa)

	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度	基準地震動Ｓｓ
引張応力	—	σ_b＝ 147
せん断応力	—	τ_b＝ 67

2.4 結論

2.4.1 固有周期 (単位：ｓ)

方向	固有周期
水平方向	
鉛直方向	

2.4.2 応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動Ｓｄ又は静的震度		基準地震動Ｓｓ	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
胴板	SUS316L	一次一般膜	—	—	σ_0＝ 31	S_a＝ 275
		一次＋二次	—	—	σ_2＝ 55	S_a＝ 318
		圧縮と曲げの組合せ（座屈の評価）	$\frac{\eta \cdot (\sigma_{x2}+\sigma_{x3})}{f_c} + \frac{\eta \cdot \sigma_{x4}}{f_b} \leqq 1$		$\frac{\eta \cdot (\sigma_{x2}+\sigma_{x6})}{f_c} + \frac{\eta \cdot \sigma_{x4}}{f_b} \leqq 1$	
			—		0.13 (無次元)	
基礎ボルト	SS400	引張り	—	—	σ_b＝ 147	f_{ts}＝ 176 *
		せん断	—	—	τ_b＝ 67	f_{sb}＝ 155

すべて許容応力以下である。

注記＊：f_{ts}＝Min[1.4・f_{to}－1.6・τ_b, f_{to}]