

本資料のうち、枠組みの内容は、  
営業秘密または防護上の観点から  
公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-606 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-5-5-2-3 管の耐震性についての計算書

## 目 次

1. 概要	1
2. 概略系統図及び鳥瞰図	2
2.1 概略系統図	2
2.2 鳥瞰図	4
3. 計算条件	17
3.1 荷重の組合せ及び許容応力	17
3.2 設計条件	19
3.3 材料及び許容応力	35
3.4 設計用地震力	36
4. 解析結果及び評価	37
4.1 固有周期及び設計震度	37
4.2 評価結果	55
4.2.1 管の応力評価結果	55
4.2.2 支持構造物評価結果	57
4.2.3 弁の動的機能維持評価結果	58

## 1. 概要

本計算書は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」，「V-2-1-11 機器・配管の耐震支持設計方針」及び「V-2-1-14-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」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又は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通りである。

### (1) 管

工事計画記載範囲の管のうち，各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また，各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（裕度）が最小となる解析モデルを代表として記載する。

### (2) 支持構造物

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

### (3) 弁

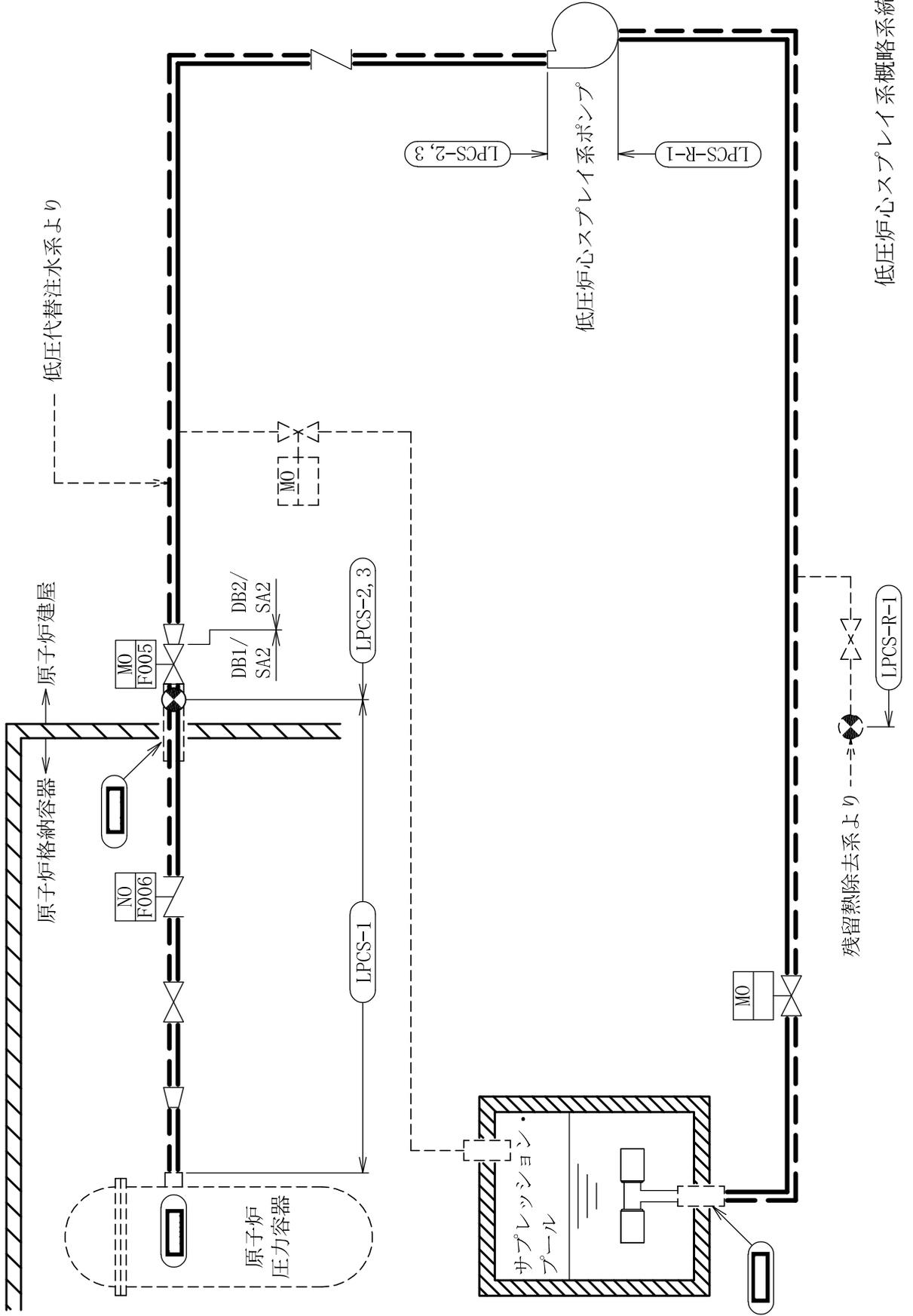
機能確認済加速度の応答加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として評価結果を記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1 概略系統図

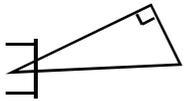
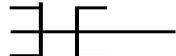
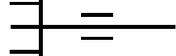
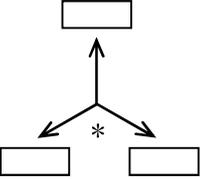
概略系統図記号凡例

記 号	内 容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (重大事故等対処設備)
 (太破線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (設計基準対象施設)
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他 計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管の うち、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 (評価結果を記載する範囲)
	鳥瞰図番号 (評価結果の記載を省略する範囲)
	アンカ
[管クラス] DB1 DB2 DB3 DB4 SA2 SA3 DB1/SA2 DB2/SA2 DB3/SA2 DB4/SA2	クラス 1 管 クラス 2 管 クラス 3 管 クラス 4 管 重大事故等クラス 2 管 重大事故等クラス 3 管 重大事故等クラス 2 管であってクラス 1 管 重大事故等クラス 2 管であってクラス 2 管 重大事故等クラス 2 管であってクラス 3 管 重大事故等クラス 2 管であってクラス 4 管



2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

記号	内容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (重大事故等対処設備の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(SA)」, 設計基準対象施設の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(DB)」とする。)
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本システムの管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち、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。スナッパについても同様とする。)
	スナッパ
	ハンガ
	リジットハンガ
	拘束点の地震による相対変位量(mm) (* は評価点番号, 矢印は拘束方向を示す。また, <span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 1em; height: 1em; vertical-align: middle;"></span> 内に 変位量を記載する。)

注： 鳥瞰図中の寸法の単位はmmである。



NT2 補③ V-2-5-5-2-3 R1

NT2 補③ V-2-5-5-2-3 R1

NT2 補③ V-2-5-5-2-3 R1



NT2 補③ V-2-5-5-2-3 R1

NT2 補③ V-2-5-5-2-3 R1

NT2 補③ V-2-5-5-2-3 R1

NT2 補③ V-2-5-5-2-3 R1

NT2 補③ V-2-5-5-2-3 R1

NT2 補③ V-2-5-5-2-3 R1

NT2 補③ V-2-5-5-2-3 R1

3. 計算条件

3.1 荷重の組合せ及び許容応力

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力を下表に示す。

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	耐震クラス	荷重の組合せ*3,4	許容応力状態*5
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	低圧炉心 スプレイ系	DB	—	クラス1管 クラス2管	S	$I_L + S_d$	$III_A S$
							$II_L + S_d$	
							$IV_L(L) + S_d$	
							$I_L + S_s$	
							$II_L + S_s$	
							$V_L(L) + S_d^{*6,7}$	
		$V_L(L,L) + S_s^{*6}$	$V_A S$					
		$V_L(L) + S_d^{*6,7}$						
		$V_L(L,L) + S_s^{*6}$						
		$V_L + S_s$						
低圧代替注水系		SA	常設耐震/防止 常設/緩和	重大事故等クラス2管	—	$V_L(L) + S_d^{*6,7}$	$V_A S$	
						$V_L(L,L) + S_s^{*6}$		

荷重の組合せ及び許容応力

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力を下表に示す。

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	耐震クラス	荷重の組合せ*3,4	許容応力状態*5
原子炉格納施設	圧力低減設備 その他の安全設備	低圧代替 注水系	S A	常設／緩和	重大事故等クラス2管	—	$V_L(L) + S_d$ $V_L(LL) + S_s$ $V_L + S_s$	$V_A S$

注記\*1： D Bは設計基準対象施設，S A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」は常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

\*3： 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，(LL)は(L)より更に長期的に荷重が作用している状態を示す。

\*4： 許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

\*5： 許容応力状態 $V_A S$ 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。

\*6： プロセス条件に加え，重大事故時の原子炉格納容器バウンダリ条件として，重大事故時の原子炉格納容器限界温度及び圧力を考慮する。

\*7： 荷重の組合せ $V_L(L) + S_d$ は $V_L(LL) + S_s$ に包絡されるため，評価を省略する。

3.2 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 LPCS-1

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震クラス	縦弾性係数 (MPa)
1	1A~7	8.62	302	318.5	17.4		S	
2	7~15, 15~21 21~27, 27~31 32~36, 38~39	8.62	302	318.5	17.4	STS49	S	
3	40~42N	8.62	302	267.4	15.1	STS49	S	

配管の付加質量

鳥 瞰 図 LPCS-1

質量	対応する評価点
□	1A~7
□	7~27
□	27~31, 32~36
□	38~39
□	40~42N

弁部の寸法

鳥 瞰 図 LPCS-1

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
31~32				36~38			

弁部の質量

鳥 瞰 図 LPCS-1

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
<input type="text"/>	31~32	<input type="text"/>	36~38

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 LPCS-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
1A						
9						
** 17 **						
18						
** 18 **						
19						
26						
** 26 **						
33						
34						
** 35 **						
N9						

NT2 補③ V-2-5-5-2-3 R0

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 LPCS-2, 3

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震クラス	縦弾性係数 (MPa)
1	1N~6, 7~71	4.14	148	406.4	12.7	SM50B	S	
2	74~75A	8.62	302	318.5	17.4		S	

配管の付加質量

鳥 瞰 図 LPCS-2, 3

質量	対応する評価点
<input type="text"/>	74~75A

フランジ部の質量

鳥 瞰 図 LPCS-2, 3

質量	対応する評価点
	1N
	24F, 65F

弁部の寸法

鳥 瞰 図 LPCS-2, 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)
6~7				72~73			
73~7301				7301~7302			
73~74							

弁部の質量

鳥 瞰 図 LPCS-2, 3

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
	6~7		72, 74
	73		7301
	7302		

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 LPCS-2, 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						
5						
9						
19						
28						
36						
40						
44						
48						
** 53 **						
54						
62						
75A						

NT2 補③ V-2-5-5-2-3 R1

設計条件

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

鳥 瞰 図 LPCS-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 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震クラス	縦弾性係数 (MPa)
1	3~4, 8~24N	0.70	148	609.6	9.5	SM41B	S	

フランジ部の質量

鳥 瞰 図 LPCS-R-1

質量	対応する評価点
<input type="checkbox"/>	19F, 20F, 24N

弁部の寸法

鳥 瞰 図 LPCS-R-1

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
4~5				5~6			
6~7				5~8			

弁部の質量

鳥 瞰 図 LPCS-R-1

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
<input type="checkbox"/>	4, 8	<input type="checkbox"/>	5
<input type="checkbox"/>	6	<input type="checkbox"/>	7

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 LPCS-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						
** 1N **						
** 1N **						
10						
15						
15						
1601						
22						
24N						

--

NT2 補③ V-2-5-5-2-3 R1

3.3 材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

材 料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)			
		S m	S y	S u	S h
	302	122	182	—	—
STS49	302	138	209	—	—
SM50B	148	—	273	441	—
SM41B	148	—	207	373	—

### 3.4 設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答スペクトルを下表に示す。

なお、設計用床応答スペクトルは「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	建物・構築物	標高	減衰定数 (%)
LPCS-1	原子炉しゃへい壁		
LPCS-2, 3	原子炉建屋		
LPCS-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 LPCS-1

耐震クラス		S					
適用する地震動等		S <sub>d</sub> 及び静的震度			S <sub>s</sub>		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度		応答鉛直震度		応答鉛直震度	
		X方向	Z方向	Y方向	X方向	Z方向	Y方向
1次	[ ]						
2次							
3次							
4次							
5次							
動的震度							
静的震度							

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図 LPCS-1

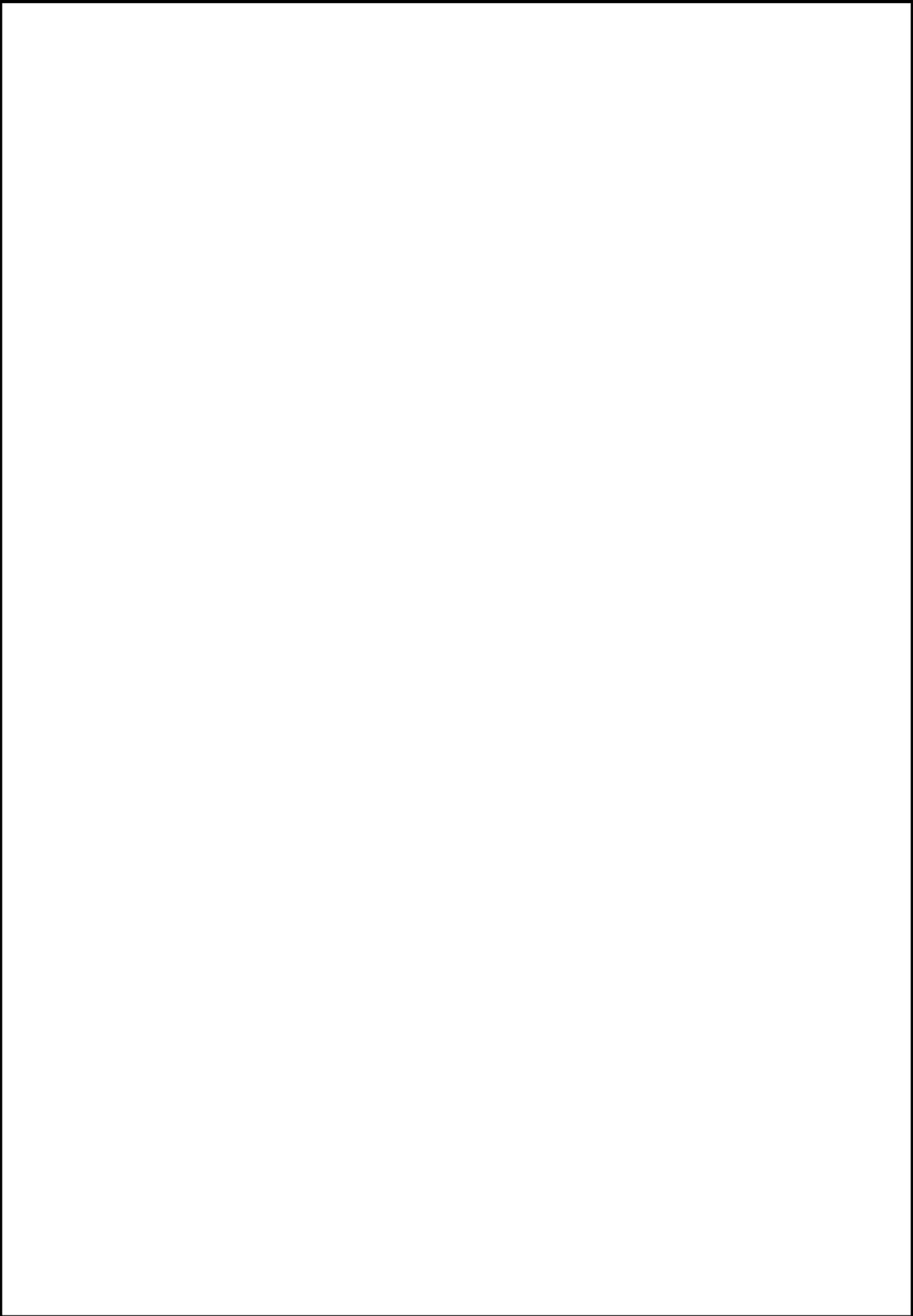
モード	固有周期 (s)	刺激係数		
		X方向	Y方向	Z方向
1次	<div style="border: 2px solid black; width: 100%; height: 100%;"></div>			
2次				
3次				
4次				

## 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。

NT2 補③ V-2-5-5-2-3 R1





解析結果及び評価  
固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 LPCS-2, 3

耐震クラス		S						
適用する地震動等		S <sub>d</sub> 及び静的震度			S <sub>s</sub>			
モード	固有周期 (s)	応答水平震度		応答鉛直震度		応答鉛直震度		
		X方向	Z方向	Y方向	Z方向	X方向	Y方向	
1次	[Redacted]							
2次								
3次								
4次								
5次								
6次								
7次								
8次								
11次								
12次								
動的震度								
静的震度								

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図 LPCS-2, 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				
11次				

NT2 補③ V-2-5-5-2-3 R1

## 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。

NT2 補③ V-2-5-5-2-3 R1

NT2 補③ V-2-5-5-2-3 R1

NT2 補③ V-2-5-5-2-3 R1

解析結果及び評価  
固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 LPCS-R-1

耐震クラス		S					
適用する地震動等		S <sub>d</sub> 及び静的震度			S <sub>s</sub>		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度		応答鉛直震度		応答鉛直震度	
		X方向	Z方向	Y方向	X方向	Z方向	Y方向
1次	[Redacted]						
2次							
3次							
4次							
5次							
6次							
動的震度							
静的震度							

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図 LPCS-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				

## 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。







4.2 評価結果

4.2.1 管の応力評価結果

下表に示すごとく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1管

鳥瞰図	許容応力状態 (供用状態)	最大応力 評価点	配管要素 名称	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 疲労累積 係数
					一次応力 Sprm(Sd) Sprm(Ss)	許容応力 min(2.25Sm, 1.8Sy) min(3Sm, 2Sy)	ねじり 応力 St(Sd) St(Ss)	許容 応力 0.55Sm 0.73Sm	一次+二次 応力 Sn(Ss)	許容 応力 3Sm	
LPCS-1	III <sup>A</sup> S	28	BUTT WELD	Spr <sub>m</sub> (S <sub>d</sub> )	108	310	—	—	—	—	—
LPCS-1	III <sup>A</sup> S	8	ELBOW	St(S <sub>d</sub> )	—	—	30	75	—	—	—
LPCS-1	IV <sup>A</sup> S	20	ELBOW	Spr <sub>m</sub> (S <sub>s</sub> )	112	414	—	—	—	—	—
LPCS-1	IV <sup>A</sup> S	8	ELBOW	St(S <sub>s</sub> )	—	—	53	100	—	—	—
LPCS-1	IV <sup>A</sup> S	8	ELBOW	Sn(S <sub>s</sub> )	—	—	—	—	373	414	—
LPCS-1	IV <sup>A</sup> S	8	ELBOW	U+U S <sub>s</sub>	—	—	—	—	—	—	0.0078

管の応力評価結果

下表に示すごとく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 (供用状態)	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	許容応力	
LPCS-2, 3	III $\Delta$ S	30	Spr m (S d)	117	273	—	—	—
LPCS-2, 3	IV $\Delta$ S	30	Spr m (S s)	150	396	—	—	—
LPCS-R-1	IV $\Delta$ S	13	Sn (S s)	—	—	193	414	—

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のうち大きい方とする。

4.2.2 支持構造物評価結果

下表に示すごとく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 (°C)	評価結果	
					計算 荷重 (kN)	許容 荷重 (kN)
SN0-LPCS-48	オイルスナツバ	SN-10			60.6	150.0
R0-LPCS-48	ロッドレストレイント	RSA-6	「V-2-1-11機器・ 配管の耐震支持設 計方針」参照		91.5	108.0
SH-LPCS-50	スプリングハンガ	VS-1			13.1	17.6
CH-LPCS-7	コンスタントハンガ	CSH-33			19.0	19.7

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 (°C)	支持点荷重							評価結果		
					反力 (kN)			モーメント (kN・m)				応力 分類	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)
					F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>				
AN-LPCS-1	アンカ	ラグ	SA-516 Gr70 SS41	302	61.2	88.0	92.5	102.0	119.0	79.3	組合せ	93	136	
RE-LPCS-15	レストレイント	ラグ	SM41A	148	32.4	146.0	17.7	—	—	—	組合せ	48	63	

4.2.3 弁の動的機能維持評価結果

下表に示すごとく応答加速度が機能確認済加速度以下又は計算応力が許容応力以下である。

弁番号	形式	要求機能	応答加速度* ( $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )		機能確認済加速度 ( $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )		構造強度評価結果 (MPa)	
			水平	鉛直	水平	鉛直	計算応力	許容応力
E21-F006	逆止め弁	$\beta$ (Sd)	3.7	2.3	6.0	6.0	—	—
E21-F005	止め弁	$\beta$ (Sd)	1.2	1.9	6.0	6.0	—	—

\* 応答加速度は、打ち切り振動数を50Hzとして計算した結果を示す。

本資料のうち、枠囲みの内容は、  
営業秘密または防護上の観点から  
公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-774 改0
提出年月日	平成30年6月29日

## V-2-5-7-1-1 残留熱除去系海水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. 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 解析モデル及び諸元荷重の組合せ及び許容応力	3
3.3 固有周期	3
3.4 荷重の組合せ及び許容応力	4
3.5 設計用地震力	9
4. 機能維持評価	10
4.1 動的機能維持評価方法	10
5. 評価結果	11
5.1 設計基準対象施設としての評価結果	11
5.2 重大事故等対処設備としての評価結果	11

## 1. 概要

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

残留熱除去系海水系ポンプは、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。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

残留熱除去系海水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	
<p>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。</p>	<p>ターボ形</p>	<p>The diagram is a cross-sectional schematic of a pump assembly. At the top is the '原動機' (Motor). Below it is the 'ポンプベース' (Pump Base), which is secured to a concrete foundation by '基礎ボルト' (Foundation Bolts). The motor is attached to the pump base with '原動機取付ボルト' (Motor Mounting Bolts). The pump base is further secured with 'ポンプ取付ボルト' (Pump Mounting Bolts). An '原動機台取付ボルト' (Motor Mounting Bolt) is also shown. A '吐出しエルボ' (Discharge Elbow) is connected to the pump base. The entire assembly is supported by a 'コラムパイプ' (Column Pipe) which is also anchored into the foundation.</p>

### 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

残留熱除去系海水系ポンプの構造はたて軸ポンプであるため、固有値解析及び構造強度評価は、「V-2-1-14-5 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評価する。

#### 3.2 解析モデル及び諸元

固有値解析及び構造評価に用いる解析モデル及び諸元は、本計算書の【残留熱除去系海水系ポンプ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。

#### 3.3 固有周期

計算機コード「MSC NASTRAN」により求めた固有値解析の結果を表 3-1 に、振動モード図を図 3-1 に示す。

表 3-1 固有値解析結果

モード	卓越方向	固有周期 (s)
1次	水平	$T_1=0.067$
2次	水平	$T_2=0.038$
3次	鉛直	$T_3=0.023$

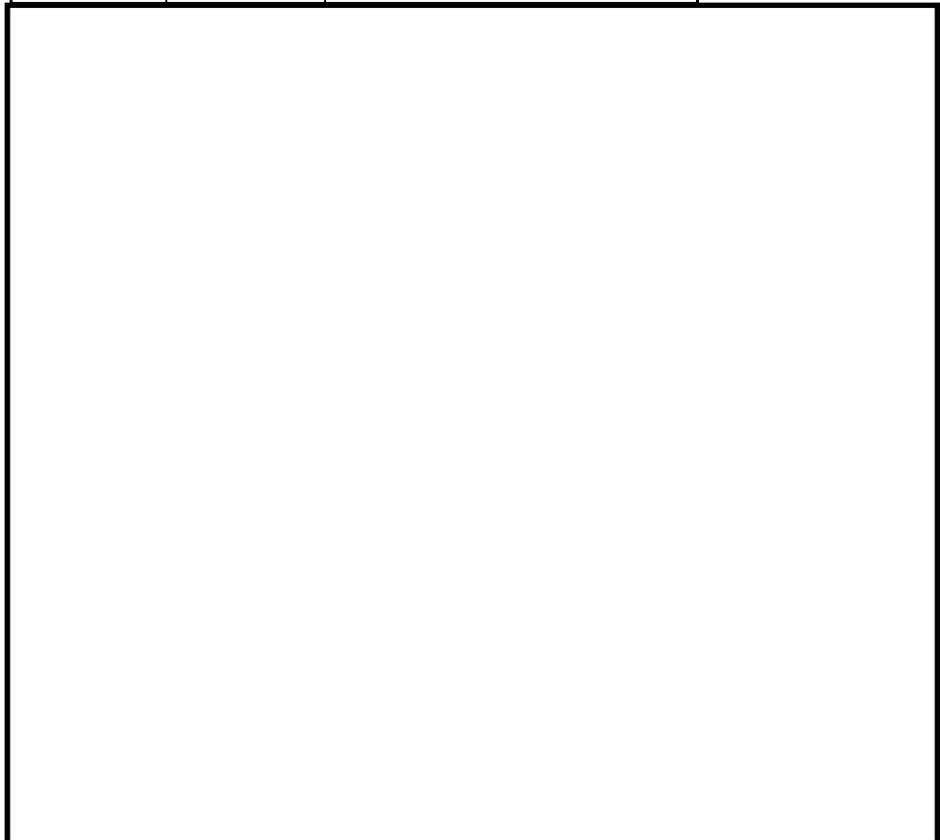


図 3-1 振動モード (1次モード 水平方向 0.067 s)

### 3.4 荷重の組合せ及び許容応力

#### 3.4.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

残留熱除去系海水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 3-2 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-3 に示す。

#### 3.4.2 許容応力

残留熱除去系海水系ポンプの許容応力を表 3-4～表 3-5 に示す。

#### 3.4.3 使用材料の許容応力評価条件

残留熱除去系海水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 3-6 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-7 に示す。

表 3-2 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	残留熱除去系 海水系ポンプ	S	Non <sup>*1</sup>	$D + P_D + M_D + S_d^{**2}$	Ⅲ <sub>A</sub> S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ <sub>A</sub> S

注記 \*1：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。

\*2：S<sub>s</sub>と組合せ、Ⅲ<sub>A</sub>Sの評価を実施する。

表 3-3 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類 <sup>*1</sup>	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	残留熱除去系 海水系ポンプ	常設耐震／防止 常設／緩和	重大事故等 クラス2ポンプ <sup>*2</sup>	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	Ⅳ <sub>A</sub> S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> Sとして Ⅳ <sub>A</sub> Sの許容限 界を用いる。)

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

\*2：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 3-4 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
III <sub>A</sub> S	S <sub>y</sub> と0.6・S <sub>u</sub> 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 <sub>d</sub> 又は基準地震動S <sub>s</sub> 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 <sub>y</sub> 以下であれば、疲労解析は行わない。	
IV <sub>A</sub> S				
V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> SとしてIV <sub>A</sub> Sの許容限界を用いる。)	0.6・S <sub>u</sub>	左欄の1.5倍の値	基準地震動S <sub>s</sub> 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 <sub>y</sub> 以下であれば、疲労解析は行わない。	

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 3-5 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
Ⅲ <sub>A</sub> S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
Ⅳ <sub>A</sub> S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> SとしてⅣ <sub>A</sub> Sの許容限界を用いる。)		

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

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

表 3-6 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S (MPa)	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (RT) (MPa)
		最高使用温度	周囲環境温度				
コラムパイプ		最高使用温度	50	110	169	472	—
基礎ボルト		周囲環境温度		—	260	430	-
ポンプ取付ボルト		最高使用温度	50	—	198	504	205
原動機台取付ボルト		周囲使用温度	50	—	198	504	205
原動機取付ボルト		周囲環境温度		—	198	504	205

表 3-7 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S (MPa)	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (RT) (MPa)
		最高使用温度	周囲環境温度				
コラムパイプ		最高使用温度	50	110	169	472	—
基礎ボルト		周囲環境温度		—	260	430	-
ポンプ取付ボルト		最高使用温度	50	—	198	504	205
原動機台取付ボルト		周囲使用温度	50	—	198	504	205
原動機取付ボルト		周囲環境温度		—	198	504	205

### 3.5 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表3-8に示す。

「弾性設計用地震動 S<sub>d</sub> 又は静的震度」及び「基準地震動 S<sub>s</sub>」による地震力は、「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づく。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

据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		減衰定数 (%)	
	水平 方向	鉛直 方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平	鉛直
海水ポンプ室 EL. 0.8* <sup>1</sup>	0.067	0.023	—* <sup>2</sup>	—* <sup>2</sup>	C <sub>H</sub> =1.10 又は* <sup>3</sup>	C <sub>V</sub> =1.03 又は* <sup>3</sup>	1.0	—

注記 \*1: 基準床レベルを示す。

\*2: III<sub>A</sub>Sについては、基準地震動 S<sub>s</sub> で評価する。

\*3: 基準地震動 S<sub>s</sub> に基づく設計用床応答曲線より得られる値

#### 4. 機能維持評価

##### 4.1 動的機能維持評価方法

残留熱除去系海水系ポンプの地震後の動的機能維持評価について、以下に示す。

残留熱除去系海水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

(単位： $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )

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	立形ころがり 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

残留熱除去系海水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。なお、弾性設計用地震動 $S_d$ 及び静的震度は基準地震動 $S_s$ を下回っており、基準地震動 $S_s$ による発生値が、弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度に対する評価における許容限界を満足するため、弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度による発生値の算出を省略した。

#### (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

残留熱除去系海水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。

【残留熱除去系海水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	耐震設計上の重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$		ポンプ振動による震度	最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)	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				
残留熱除去系海水系ポンプ	S	取水ポンプ室 EL. 0.8*1	0.067	0.038	—*2	—*2	$C_H=1.10$ 又は*3	$C_V=1.03$ 又は*3	$C_p=0.09$	50	<input type="text"/>	3.45

注記 \*1: 基準床レベルを示す。  
 \*2: III<sub>A</sub>S については、基準地震動  $S_s$  で評価する。  
 \*3: 基準地震動  $S_s$  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)	$A_{b_i}$ (mm <sup>2</sup> )	$n_i$	$n_{f_i}$	$M_p$ (N・mm)	$S_{y_i}$ (MPa)	$S_{u_i}$ (MPa)	$F_i$ (MPa)	$F_i^*$ (MPa)
基礎ボルト (i=1)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	8	8	—	260*2 (径≤100mm)	430*2 (径≤100mm)	260	301
ポンプ取付ボルト (i=2)				8	8	$5.730 \times 10^6$	198*1	504*1	205	205
原動機台取付ボルト (i=3)				8	8	$5.730 \times 10^6$	198*2	504*2	205	205
原動機取付ボルト (i=4)				8	8	$5.730 \times 10^6$	198*2	504*2	205	205

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	110*	169*	472*	400.0	14.0

注記 \*: 最高使用温度で算出

予想最大両振幅 (μm)	回転速度 (min <sup>-1</sup> )
$H_p =$ <input type="text"/>	$N =$ <input type="text"/>

1.3 計算数値

(1) ボルトに作用する力

部 材	M <sub>i</sub> (N・mm)		F <sub>b i</sub> (N)		Q <sub>b i</sub> (N)	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト (i=1)	—	4.823×10 <sup>8</sup>	—	9.508×10 <sup>4</sup>	—	2.577×10 <sup>5</sup>
ポンプ取付ボルト (i=2)	—	1.120×10 <sup>8</sup>	—	6.666×10 <sup>4</sup>	—	8.134×10 <sup>4</sup>
原動機台取付ボルト (i=3)	—	5.079×10 <sup>8</sup>	—	9.730×10 <sup>4</sup>	—	1.978×10 <sup>5</sup>
原動機取付ボルト (i=4)	—	1.853×10 <sup>8</sup>	—	4.071×10 <sup>4</sup>	—	1.815×10 <sup>5</sup>

(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 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
コラムパイプ	—	1.437×10 <sup>8</sup>

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 <sub>H1</sub> =0.067
水平2次	T <sub>H2</sub> =0.038
鉛直1次	T <sub>V1</sub> =0.023

1.4.2 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力*1	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト		引張り	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
		せん断				
ポンプ取付ボルト		引張り				
		せん断				
原動機台取付ボルト		引張り				
		せん断				
原動機取付ボルト		引張り				
		せん断				

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 S <sub>d</sub> 又は静的震度	[Redacted]
		基準地震動 S <sub>s</sub>	[Redacted]

すべて許容応力以下である。 注記 \*：基準地震動 S<sub>s</sub>による算出値

注記 \*1：基準地震動 S<sub>s</sub>による算出値

\*2： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$ より算出  
すべて許容応力以下である。

## 1.4.4 動的機能の評価結果

## 1.4.4.1 機能確認済加速度との比較

(単位： $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )

		評価用加速度	機能確認済加速度
ポンプ	水平方向	0.91*	10.0
	鉛直方向	0.86*	1.0
原動機	水平方向	0.91*	2.5
	鉛直方向	0.86*	1.0

注記 \*：評価用加速度は1.0ZPA

評価用加速度はすべて機能維持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			
41			
42			
43			
44			
45			
46			
47			
48			
49			

(続き)

節点番号	節点座標 (mm)		
	x	y	z
50			
51			
52			
53			
54			

## (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 <sup>2</sup> )	断面二次 モーメント (mm <sup>4</sup> )	断面二次 極モーメント (mm <sup>4</sup> )
1	1-2	1		1.018×10 <sup>7</sup>	2.036×10 <sup>7</sup>
2	2-3	1		1.018×10 <sup>7</sup>	2.036×10 <sup>7</sup>
3	3-44	1		1.018×10 <sup>7</sup>	2.036×10 <sup>7</sup>
4	44-4	1		1.018×10 <sup>7</sup>	2.036×10 <sup>7</sup>
5	4-5	1		1.018×10 <sup>7</sup>	2.036×10 <sup>7</sup>
6	5-6	1		1.018×10 <sup>7</sup>	2.036×10 <sup>7</sup>
7	6-7	1		1.018×10 <sup>7</sup>	2.036×10 <sup>7</sup>
8	7-8	1		1.018×10 <sup>7</sup>	2.036×10 <sup>7</sup>
9	8-9	1		1.018×10 <sup>7</sup>	2.036×10 <sup>7</sup>
10	9-10	1		1.018×10 <sup>7</sup>	2.036×10 <sup>7</sup>
11	10-48	1		9.517×10 <sup>6</sup>	1.903×10 <sup>7</sup>
12	48-49	1		1.018×10 <sup>7</sup>	2.036×10 <sup>7</sup>
13	49-45	1		2.485×10 <sup>7</sup>	4.970×10 <sup>7</sup>
14	45-11	1		1.402×10 <sup>7</sup>	2.804×10 <sup>7</sup>
15	11-12	1		1.402×10 <sup>7</sup>	2.804×10 <sup>7</sup>
16	12-13	1		8.585×10 <sup>6</sup>	1.717×10 <sup>7</sup>
17	13-14	1		8.585×10 <sup>6</sup>	1.717×10 <sup>7</sup>
18	14-15	1		8.585×10 <sup>6</sup>	1.717×10 <sup>7</sup>
19	15-16	1		1.018×10 <sup>7</sup>	2.036×10 <sup>7</sup>
20	16-17	2		1.236×10 <sup>8</sup>	2.472×10 <sup>8</sup>
21	17-18	4		9.198×10 <sup>6</sup>	1.840×10 <sup>7</sup>
22	18-53	4		2.485×10 <sup>7</sup>	4.970×10 <sup>7</sup>
23	19-20	4		1.018×10 <sup>7</sup>	2.036×10 <sup>7</sup>
24	21-22	1		1.659×10 <sup>8</sup>	3.318×10 <sup>8</sup>
25	22-23	1		1.351×10 <sup>9</sup>	2.703×10 <sup>9</sup>
26	23-24	1		1.351×10 <sup>9</sup>	2.703×10 <sup>9</sup>
27	24-46	1		1.351×10 <sup>9</sup>	2.703×10 <sup>9</sup>
28	46-25	1		1.351×10 <sup>9</sup>	2.703×10 <sup>9</sup>
29	25-26	1		1.351×10 <sup>9</sup>	2.703×10 <sup>9</sup>
30	26-27	1		1.351×10 <sup>9</sup>	2.703×10 <sup>9</sup>
31	27-28	1		1.351×10 <sup>9</sup>	2.703×10 <sup>9</sup>
32	28-29	1		1.351×10 <sup>9</sup>	2.703×10 <sup>9</sup>
33	29-30	1		1.351×10 <sup>9</sup>	2.703×10 <sup>9</sup>
34	30-31	1		1.351×10 <sup>9</sup>	2.703×10 <sup>9</sup>
35	31-50	1		3.906×10 <sup>8</sup>	7.811×10 <sup>8</sup>
36	50-51	1		3.906×10 <sup>8</sup>	7.811×10 <sup>8</sup>
37	51-47	1		3.906×10 <sup>8</sup>	7.811×10 <sup>8</sup>
38	47-32	1		3.906×10 <sup>8</sup>	7.811×10 <sup>8</sup>
39	32-33	1		3.906×10 <sup>8</sup>	7.811×10 <sup>8</sup>
40	33-34	1		4.849×10 <sup>8</sup>	9.698×10 <sup>8</sup>
41	34-35	1		4.849×10 <sup>8</sup>	9.698×10 <sup>8</sup>
42	35-36	1		4.849×10 <sup>8</sup>	9.698×10 <sup>8</sup>
43	43-37	3		4.952×10 <sup>11</sup>	9.904×10 <sup>11</sup>
44	43-38	3		4.035×10 <sup>11</sup>	8.070×10 <sup>11</sup>
45	38-39	3		2.895×10 <sup>10</sup>	5.790×10 <sup>10</sup>
46	39-40	4		1.770×10 <sup>10</sup>	3.541×10 <sup>10</sup>
47	40-54	4		1.770×10 <sup>10</sup>	3.541×10 <sup>10</sup>
48	41-42	4		1.036×10 <sup>10</sup>	2.071×10 <sup>10</sup>
49	53-19	4		2.485×10 <sup>7</sup>	4.970×10 <sup>7</sup>
50	54-41	4		1.770×10 <sup>10</sup>	3.541×10 <sup>10</sup>

(3) ばね結合部の指定

ばねの両端の節点番号		ばね定数
2	23	
5	26	
9	30	
48	50	
11	32	
18	40	
19	41	
22	52	
19	41	
34	37	
34	37	

(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	
41	
42	
43	
44	
45	
46	
47	
48	
49	

(続き)

節点番号	質量 (kg)
50	
51	
52	
53	
54	

(5) 材料物性値

材料番号	温度 (°C)	縦弾性係数 (MPa)	質量密度 (kg/mm <sup>3</sup> )	ポアソン比 (-)	材質
1		$1.93 \times 10^5$	$7.920 \times 10^{-6}$	0.3	
2		$1.99 \times 10^5$	$7.740 \times 10^{-6}$	0.3	
3		$2.01 \times 10^5$	$7.860 \times 10^{-6}$	0.3	
4		$1.99 \times 10^5$	$7.860 \times 10^{-6}$	0.3	

【残留熱除去系海水系ポンプの耐震性についての計算結果】

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$		ポンプ振動による震度	最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)	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				
残留熱除去系海水系ポンプ	常設耐震/防止常設/緩和	取水ポンプ室 EL. 0.8*1	0.067	0.038	—	—	$C_H=1.10$ 又は*2	$C_V=1.03$ 又は*2	$C_p=0.09$	50		3.45

注記 \*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 基準地震動  $S_s$  に基づく設計用床応答曲線より得られる値

2.2 機器要目

(1) ボルト

部材	$m_i$ (kg)	$D_i$ (mm)	$A_{b_i}$ (mm <sup>2</sup> )	$n_i$	$n_{f_i}$	$M_p$ (N・mm)	$S_{y_i}$ (MPa)	$S_{u_i}$ (MPa)	$F_i$ (MPa)	$F_i^*$ (MPa)
基礎ボルト (i=1)				8	8	—	260*2 (径 $\leq$ 100mm)	430*2 (径 $\leq$ 100mm)	—	301
ポンプ取付ボルト (i=2)				8	8	$5.730 \times 10^6$	198*1	504*1	—	205
原動機台取付ボルト (i=3)				8	8	$5.730 \times 10^6$	198*2	504*2	—	205
原動機取付ボルト (i=4)				8	8	$5.730 \times 10^6$	198*2	504*2	—	205

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	110*	169*	472*	400.0	14.0

注記 \*: 最高使用温度で算出

予想最大両振幅 ( $\mu$ m)	回転速度 (min <sup>-1</sup> )
$H_p =$ <input type="text"/>	$N =$ <input type="text"/>

2.3 計算数値

(1) ボルトに作用する力

部 材	M <sub>i</sub> (N・mm)		F <sub>b i</sub> (N)		Q <sub>b i</sub> (N)	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト (i=1)	—	4.823×10 <sup>8</sup>	—	9.508×10 <sup>4</sup>	—	2.577×10 <sup>5</sup>
ポンプ取付ボルト (i=2)	—	1.120×10 <sup>8</sup>	—	6.666×10 <sup>4</sup>	—	8.134×10 <sup>4</sup>
原動機台取付ボルト (i=3)	—	5.079×10 <sup>8</sup>	—	9.730×10 <sup>4</sup>	—	1.978×10 <sup>5</sup>
原動機取付ボルト (i=4)	—	1.853×10 <sup>8</sup>	—	4.071×10 <sup>4</sup>	—	1.815×10 <sup>5</sup>

(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 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
コラムパイプ	—	1.437×10 <sup>8</sup>

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 <sub>H1</sub> =0.067
水平2次	T <sub>H2</sub> =0.038
鉛直1次	T <sub>V1</sub> =0.023

2.4.2 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
			基礎ボルト	引張り	—	—
	せん断	—	—			
ポンプ取付ボルト	引張り	—	—			
	せん断	—	—			
原動機台取付ボルト	引張り	—	—			
	せん断	—	—			
原動機取付ボルト	引張り	—	—			
	せん断	—	—			

すべて許容応力以下である。

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

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	[Redacted]	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	[Redacted]
		基準地震動 S <sub>s</sub>	[Redacted]

すべて許容応力以下である。

2.4.4 動的機能の評価結果

2.4.4.1 機能確認済加速度との比較 (単位：×9.8 m/s<sup>2</sup>)

		評価用加速度	機能確認済加速度
ポンプ	水平方向	0.91*	10.0
	鉛直方向	0.86*	1.0
原動機	水平方向	0.91*	2.5
	鉛直方向	0.86*	1.0

注記 \*：評価用加速度は1.0ZPA

評価用加速度はすべて機能維持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			
41			
42			
43			
44			
45			
46			
47			
48			
49			

(続き)

節点番号	節点座標 (mm)		
	x	y	z
50			
51			
52			
53			
54			

## (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 <sup>2</sup> )	断面二次 モーメント (mm <sup>4</sup> )	断面二次 極モーメント (mm <sup>4</sup> )
1	1-2	1		1.018×10 <sup>7</sup>	2.036×10 <sup>7</sup>
2	2-3	1		1.018×10 <sup>7</sup>	2.036×10 <sup>7</sup>
3	3-44	1		1.018×10 <sup>7</sup>	2.036×10 <sup>7</sup>
4	44-4	1		1.018×10 <sup>7</sup>	2.036×10 <sup>7</sup>
5	4-5	1		1.018×10 <sup>7</sup>	2.036×10 <sup>7</sup>
6	5-6	1		1.018×10 <sup>7</sup>	2.036×10 <sup>7</sup>
7	6-7	1		1.018×10 <sup>7</sup>	2.036×10 <sup>7</sup>
8	7-8	1		1.018×10 <sup>7</sup>	2.036×10 <sup>7</sup>
9	8-9	1		1.018×10 <sup>7</sup>	2.036×10 <sup>7</sup>
10	9-10	1		1.018×10 <sup>7</sup>	2.036×10 <sup>7</sup>
11	10-48	1		9.517×10 <sup>6</sup>	1.903×10 <sup>7</sup>
12	48-49	1		1.018×10 <sup>7</sup>	2.036×10 <sup>7</sup>
13	49-45	1		2.485×10 <sup>7</sup>	4.970×10 <sup>7</sup>
14	45-11	1		1.402×10 <sup>7</sup>	2.804×10 <sup>7</sup>
15	11-12	1		1.402×10 <sup>7</sup>	2.804×10 <sup>7</sup>
16	12-13	1		8.585×10 <sup>6</sup>	1.717×10 <sup>7</sup>
17	13-14	1		8.585×10 <sup>6</sup>	1.717×10 <sup>7</sup>
18	14-15	1		8.585×10 <sup>6</sup>	1.717×10 <sup>7</sup>
19	15-16	1		1.018×10 <sup>7</sup>	2.036×10 <sup>7</sup>
20	16-17	2		1.236×10 <sup>8</sup>	2.472×10 <sup>8</sup>
21	17-18	4		9.198×10 <sup>6</sup>	1.840×10 <sup>7</sup>
22	18-53	4		2.485×10 <sup>7</sup>	4.970×10 <sup>7</sup>
23	19-20	4		1.018×10 <sup>7</sup>	2.036×10 <sup>7</sup>
24	21-22	1		1.659×10 <sup>8</sup>	3.318×10 <sup>8</sup>
25	22-23	1		1.351×10 <sup>9</sup>	2.703×10 <sup>9</sup>
26	23-24	1		1.351×10 <sup>9</sup>	2.703×10 <sup>9</sup>
27	24-46	1		1.351×10 <sup>9</sup>	2.703×10 <sup>9</sup>
28	46-25	1		1.351×10 <sup>9</sup>	2.703×10 <sup>9</sup>
29	25-26	1		1.351×10 <sup>9</sup>	2.703×10 <sup>9</sup>
30	26-27	1		1.351×10 <sup>9</sup>	2.703×10 <sup>9</sup>
31	27-28	1		1.351×10 <sup>9</sup>	2.703×10 <sup>9</sup>
32	28-29	1		1.351×10 <sup>9</sup>	2.703×10 <sup>9</sup>
33	29-30	1		1.351×10 <sup>9</sup>	2.703×10 <sup>9</sup>
34	30-31	1		1.351×10 <sup>9</sup>	2.703×10 <sup>9</sup>
35	31-50	1		3.906×10 <sup>8</sup>	7.811×10 <sup>8</sup>
36	50-51	1		3.906×10 <sup>8</sup>	7.811×10 <sup>8</sup>
37	51-47	1		3.906×10 <sup>8</sup>	7.811×10 <sup>8</sup>
38	47-32	1		3.906×10 <sup>8</sup>	7.811×10 <sup>8</sup>
39	32-33	1		3.906×10 <sup>8</sup>	7.811×10 <sup>8</sup>
40	33-34	1		4.849×10 <sup>8</sup>	9.698×10 <sup>8</sup>
41	34-35	1		4.849×10 <sup>8</sup>	9.698×10 <sup>8</sup>
42	35-36	1		4.849×10 <sup>8</sup>	9.698×10 <sup>8</sup>
43	43-37	3		4.952×10 <sup>11</sup>	9.904×10 <sup>11</sup>
44	43-38	3		4.035×10 <sup>11</sup>	8.070×10 <sup>11</sup>
45	38-39	3		2.895×10 <sup>10</sup>	5.790×10 <sup>10</sup>
46	39-40	4		1.770×10 <sup>10</sup>	3.541×10 <sup>10</sup>
47	40-54	4		1.770×10 <sup>10</sup>	3.541×10 <sup>10</sup>
48	41-42	4		1.036×10 <sup>10</sup>	2.071×10 <sup>10</sup>
49	53-19	4		2.485×10 <sup>7</sup>	4.970×10 <sup>7</sup>
50	54-41	4		1.770×10 <sup>10</sup>	3.541×10 <sup>10</sup>

(3) ばね結合部の指定

ばねの両端の節点番号		ばね定数	
2	23		
5	26		
9	30		
48	50		
11	32		
18	40		
19	41		
22	52		
19	41		
34	37		
34	37		

(4) 節点の質量

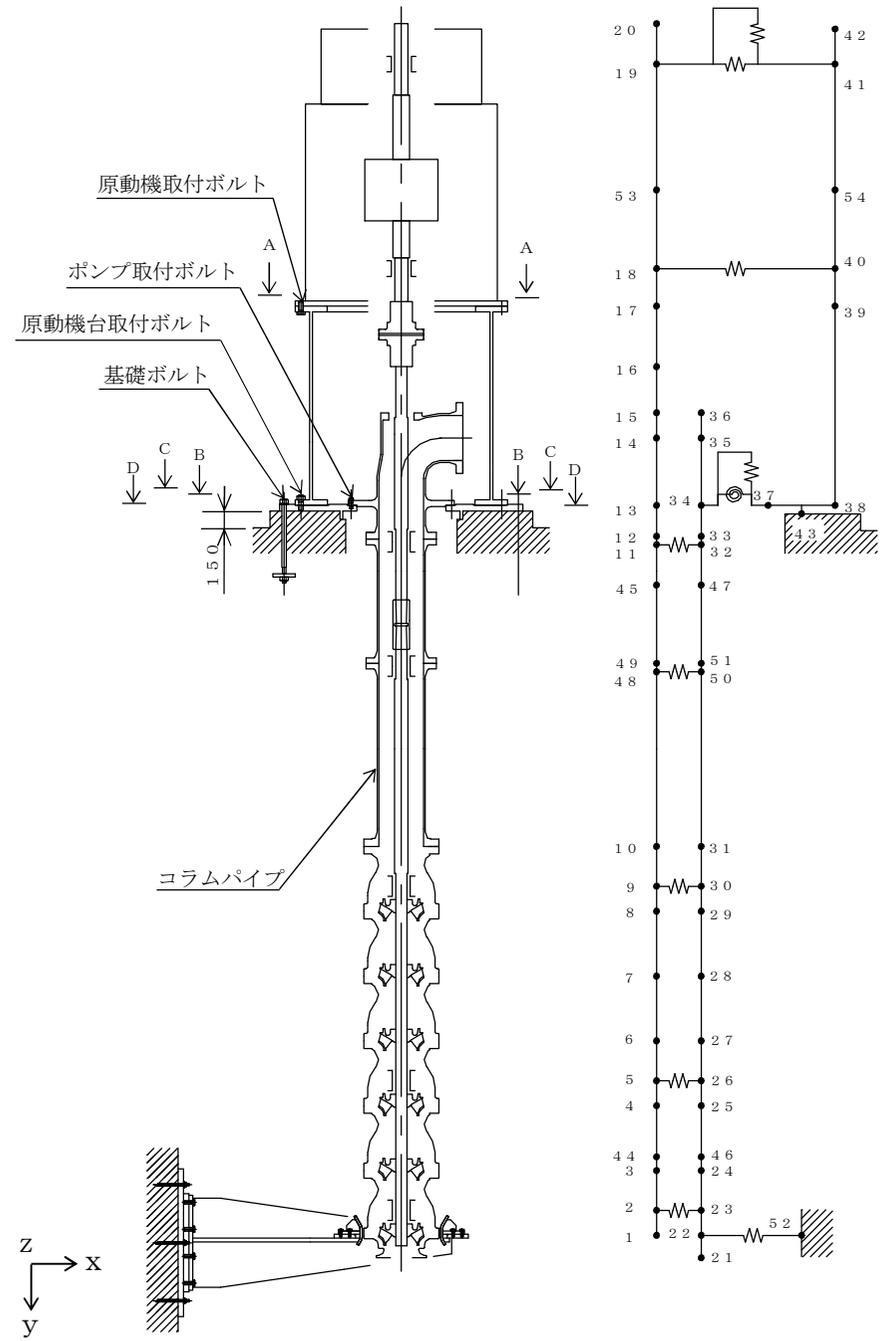
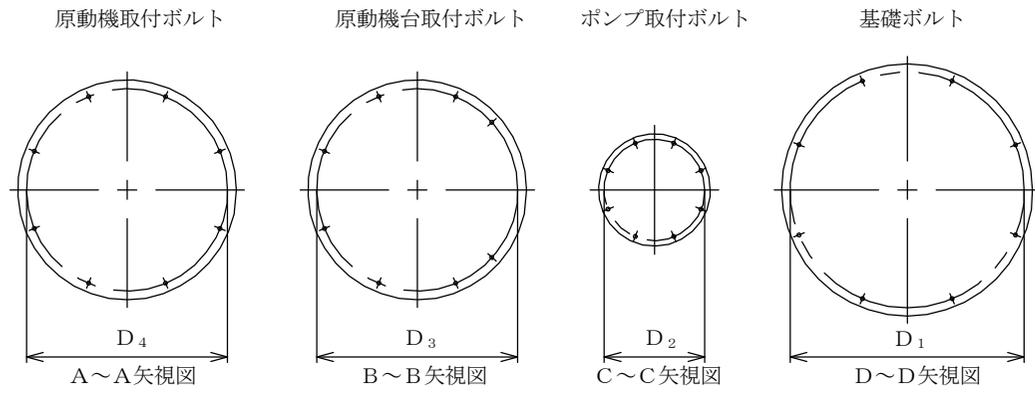
節点番号	質量 (kg)
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	
23	
24	
25	
26	
27	
28	
29	
30	
31	
32	
33	
34	
35	
36	
37	
38	
39	
40	
41	
42	
43	
44	
45	
46	
47	
48	
49	

(続き)

節点番号	質量 (kg)
50	
51	
52	
53	
54	

(5) 材料物性値

材料番号	温度 (°C)	縦弾性係数 (MPa)	質量密度 (kg/mm <sup>3</sup> )	ポアソン比 (-)	材質
1		$1.93 \times 10^5$	$7.920 \times 10^{-6}$	0.3	
2		$1.99 \times 10^5$	$7.740 \times 10^{-6}$	0.3	
3		$2.01 \times 10^5$	$7.860 \times 10^{-6}$	0.3	
4		$1.99 \times 10^5$	$7.860 \times 10^{-6}$	0.3	



本資料のうち、枠囲みの内容は、  
営業秘密または防護上の観点から  
公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料

資料番号

工認-711 改0

提出年月日

平成30年6月29日

V-2-10-1-3-6 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプの耐  
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 解析モデル及び諸元荷重の組合せ及び許容応力	3
3.3 固有周期	3
3.4 荷重の組合せ及び許容応力	4
3.5 設計用地震力	9
4. 機能維持評価	10
4.1 動的機能維持評価方法	10
5. 評価結果	11
5.1 設計基準対象施設としての評価結果	11
5.2 重大事故等対処設備としての評価結果	11

## 1. 概要

本計算書は、「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、高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用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。

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプは、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。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用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	
<p>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。</p>	<p>ターボ形</p>	

### 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

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプの構造はたて軸ポンプであるため、固有値解析及び構造強度評価は、「V-2-1-14-5 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評価する。

#### 3.2 解析モデル及び諸元

固有値解析及び構造評価に用いる解析モデル及び諸元は、本計算書の【高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプ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。

#### 3.3 固有周期

計算機コード「MSC NASTRAN」により求めた固有値解析の結果を表 3-1 に、振動モード図を図 3-1 に示す。

表 3-1 固有値解析結果

モード	卓越方向	固有周期 (s)
1次	水平	$T_1=0.074$
2次	水平	$T_2=0.036$
3次	鉛直	$T_3=0.035$

図 3-1 振動モード (1次モード 水平方向 0.074 s)

### 3.4 荷重の組合せ及び許容応力

#### 3.4.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用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 3-2 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-3 に示す。

#### 3.4.2 許容応力

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプの許容応力を表 3-4～表 3-5 に示す。

#### 3.4.3 使用材料の許容応力評価条件

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用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 3-6 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-7 に示す。

表 3-2 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	耐震設計上の 重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電 用原子炉の 附属設備	非常用電源 設備	高圧炉心スプレイ系 ディーゼル発電機用 海水ポンプ	S	Non*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ <sub>A</sub> S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ <sub>A</sub> S

注記 \*：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 3-3 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類 <sup>*1</sup>	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電 用原子炉の 附属設備	非常用電源 設備	高圧炉心スプレイ系 ディーゼル発電機用 海水ポンプ	常設耐震／防止 常設／緩和	重大事故等 クラス 2 ポンプ <sup>*2</sup>	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	Ⅳ <sub>A</sub> S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> Sとして Ⅳ <sub>A</sub> Sの許容限 界を用いる。)

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

\*2：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 3-4 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
III <sub>A</sub> S	S <sub>y</sub> と0.6・S <sub>u</sub> 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 <sub>d</sub> 又は基準地震動S <sub>s</sub> 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 <sub>y</sub> 以下であれば、疲労解析は行わない。	
IV <sub>A</sub> S				
V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> SとしてIV <sub>A</sub> Sの許容限界を用いる。)	0.6・S <sub>u</sub>	左欄の1.5倍の値	基準地震動S <sub>s</sub> 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 <sub>y</sub> 以下であれば、疲労解析は行わない。	

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 3-5 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
Ⅲ <sub>A</sub> S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
Ⅳ <sub>A</sub> S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> SとしてⅣ <sub>A</sub> Sの許容限界を用いる。)		

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

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

表 3-6 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S (MPa)	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (RT) (MPa)
		最高使用温度	周囲環境温度				
コラムパイプ		最高使用温度	50	110	169	472	—
基礎ボルト		周囲環境温度		—	241	391	—
ポンプ取付ボルト		最高使用温度	50	—	198	504	205
原動機台取付ボルト		周囲環境温度	50	—	198	504	205
原動機取付ボルト		周囲環境温度		—	198	504	205

表 3-7 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S (MPa)	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (RT) (MPa)
		最高使用温度	周囲環境温度				
コラムパイプ		最高使用温度	50	110	169	472	—
基礎ボルト		周囲環境温度		—	241	391	—
ポンプ取付ボルト		最高使用温度	50	—	198	504	205
原動機台取付ボルト		周囲環境温度	50	—	198	504	205
原動機取付ボルト		周囲環境温度		—	198	504	205

### 3.5 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表3-8に示す。

「弾性設計用地震動 S<sub>d</sub> 又は静的震度」及び「基準地震動 S<sub>s</sub>」による地震力は、「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づく。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

据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		減衰定数 (%)	
	水平 方向	鉛直 方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平	鉛直
海水ポンプ室 EL. 0.8* <sup>1</sup>	0.074	0.035	—* <sup>2</sup>	—* <sup>2</sup>	C <sub>H</sub> =1.10 又は* <sup>3</sup>	C <sub>V</sub> =1.03 又は* <sup>3</sup>	1.0	—

注記 \*1：基準床レベルを示す。

\*2：Ⅲ<sub>A</sub>Sについては、基準地震動 S<sub>s</sub> で評価する。

\*3：基準地震動 S<sub>s</sub> に基づく設計用床応答曲線より得られる値

#### 4. 機能維持評価

##### 4.1 動的機能維持評価方法

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプの地震後の動的機能維持評価について、以下に示す。

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用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

(単位： $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )

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	立形ころがり 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

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用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。なお，弾性設計用地震動  $S_d$  及び静的震度は基準地震動  $S_s$  を下回っており，基準地震動  $S_s$  による発生値が，弾性設計用地震動  $S_d$  又は静的震度に対する評価における許容限界を満足するため，弾性設計用地震動  $S_d$  又は静的震度による発生値の算出を省略した。

#### (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

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用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。

【高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用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	耐震設計上の重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$		ポンプ振動による震度	最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)	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				
高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプ	S	取水ポンプ室 EL. 0.8 <sup>*1</sup>	0.074	0.035	— <sup>*2</sup>	— <sup>*2</sup>	$C_H=1.10$ 又は <sup>*3</sup>	$C_V=1.03$ 又は <sup>*3</sup>	$C_p=0.09$	50		0.70

注記 \*1: 基準床レベルを示す。  
 \*2: III<sub>A</sub>Sについては、基準地震動  $S_s$  で評価する。  
 \*3: 基準地震動  $S_s$  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)	$D_i (L_i)$ (mm)	$A_{b_i}$ (mm <sup>2</sup> )	$n_i$	$n_{f_i}$	$M_p$ (N・mm)	$S_{y_i}$ (MPa)	$S_{u_i}$ (MPa)	$F_i$ (MPa)	$F_i^*$ (MPa)
基礎ボルト (i=1)				4	2	—	241 <sup>*2</sup> (径≤100mm)	391 <sup>*2</sup> (径≤100mm)	241	274
ポンプ取付ボルト (i=2)				12	12	$3.501 \times 10^5$	198 <sup>*1</sup>	504 <sup>*1</sup>	205	205
原動機台取付ボルト (i=3)				10	10	$3.501 \times 10^5$	198 <sup>*2</sup>	504 <sup>*2</sup>	205	205
原動機取付ボルト (i=4)				8	8	$3.501 \times 10^5$	198 <sup>*2</sup>	504 <sup>*2</sup>	205	205

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	110 <sup>*</sup>	169 <sup>*</sup>	472 <sup>*</sup>	298.5	10.0

注記 \*: 最高使用温度で算出

予想最大両振幅 ( $\mu m$ )	回転速度 (min <sup>-1</sup> )
$H_p =$ <input type="text"/>	$N =$ <input type="text"/>

1.3 計算数値

(1) ボルトに作用する力

部 材	M <sub>i</sub> (N・mm)		F <sub>b i</sub> (N)		Q <sub>b i</sub> (N)	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト (i=1)	—	2.032×10 <sup>7</sup>	—	1.003×10 <sup>4</sup>	—	4.053×10 <sup>4</sup>
ポンプ取付ボルト (i=2)	—	6.618×10 <sup>6</sup>	—	7.244×10 <sup>3</sup>	—	1.860×10 <sup>4</sup>
原動機台取付ボルト (i=3)	—	1.911×10 <sup>7</sup>	—	4.504×10 <sup>3</sup>	—	2.193×10 <sup>4</sup>
原動機取付ボルト (i=4)	—	2.598×10 <sup>6</sup>	—	1.856×10 <sup>3</sup>	—	1.359×10 <sup>4</sup>

(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 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
コラムパイプ	—	8.202×10 <sup>6</sup>

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 <sub>H1</sub> =0.074
水平2次	T <sub>H2</sub> =0.036
鉛直1次	T <sub>V1</sub> =0.035

1.4.2 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力*1	許容応力	算出応力	許容応力
			基礎ボルト	[ ]	引張り	[ ]
	せん断					
ポンプ取付ボルト	引張り					
	せん断					
原動機台取付ボルト	引張り					
	せん断					
原動機取付ボルト	引張り					
	せん断					

1.4.3 コラムパイプの応力

(単位：MPa)

部材	材 料	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	一次一般膜応力	
			算出応力	許容応力
コラムパイプ	[ ]	基準地震動 S <sub>s</sub>	[ ]	[ ]

すべて許容応力以下である。 注記 \*：基準地震動 S<sub>s</sub> による算出値

注記 \*1：基準地震動 S<sub>s</sub> による算出値

\*2： $f_{t s i} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{t o i} - 1.6 \cdot \tau_{b i}, f_{t o i}]$ より算出  
すべて許容応力以下である。

1.4.4 動的機能の評価結果

1.4.4.1 機能確認済加速度との比較

(単位：×9.8 m/s<sup>2</sup>)

		評価用加速度	機能確認済加速度
ポンプ	水平方向	0.91*	10.0
	鉛直方向	0.86*	1.0
原動機	水平方向	0.91*	2.5
	鉛直方向	0.86*	1.0

注記 \*：評価用加速度は1.0ZPA

評価用加速度はすべて機能維持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			
41			
42			
43			
44			
45			
46			
47			
48			
49			
50			

(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 <sup>2</sup> )	断面二次 モーメント (mm <sup>4</sup> )	断面二次 極モーメント (mm <sup>4</sup> )
1	1-2	1		6.362×10 <sup>5</sup>	1.272×10 <sup>6</sup>
2	2-3	1		6.362×10 <sup>5</sup>	1.272×10 <sup>6</sup>
3	3-4	1		6.362×10 <sup>5</sup>	1.272×10 <sup>6</sup>
4	4-45	1		6.362×10 <sup>5</sup>	1.272×10 <sup>6</sup>
5	45-5	1		5.555×10 <sup>5</sup>	1.111×10 <sup>6</sup>
6	5-6	1		4.715×10 <sup>6</sup>	9.431×10 <sup>6</sup>
7	6-7	1		4.715×10 <sup>6</sup>	9.431×10 <sup>6</sup>
8	7-8	1		4.909×10 <sup>6</sup>	9.817×10 <sup>6</sup>
9	8-9	1		2.330×10 <sup>6</sup>	4.659×10 <sup>6</sup>
10	9-10	1		4.909×10 <sup>6</sup>	9.817×10 <sup>6</sup>
11	10-46	1		4.715×10 <sup>6</sup>	9.431×10 <sup>6</sup>
12	46-11	1		4.715×10 <sup>6</sup>	9.431×10 <sup>6</sup>
13	11-12	1		4.909×10 <sup>6</sup>	9.817×10 <sup>6</sup>
14	12-13	1		4.909×10 <sup>6</sup>	9.817×10 <sup>6</sup>
15	13-14	1		1.771×10 <sup>6</sup>	3.542×10 <sup>6</sup>
16	14-15	1		1.771×10 <sup>6</sup>	3.542×10 <sup>6</sup>
17	15-16	1		2.011×10 <sup>6</sup>	4.021×10 <sup>6</sup>
18	16-17	2		2.485×10 <sup>7</sup>	4.970×10 <sup>7</sup>
19	17-18	3		2.562×10 <sup>6</sup>	5.125×10 <sup>6</sup>
20	18-49	3		6.678×10 <sup>6</sup>	1.336×10 <sup>7</sup>
21	19-20	3		8.762×10 <sup>5</sup>	1.752×10 <sup>6</sup>
22	21-22	1		3.010×10 <sup>7</sup>	6.020×10 <sup>7</sup>
23	22-23	1		3.532×10 <sup>8</sup>	7.063×10 <sup>8</sup>
24	23-24	1		3.532×10 <sup>8</sup>	7.063×10 <sup>8</sup>
25	24-25	1		3.532×10 <sup>8</sup>	7.063×10 <sup>8</sup>
26	25-47	1		3.532×10 <sup>8</sup>	7.063×10 <sup>8</sup>
27	47-26	1		3.532×10 <sup>8</sup>	7.063×10 <sup>8</sup>
28	26-27	1		1.154×10 <sup>8</sup>	2.308×10 <sup>8</sup>
29	27-28	1		1.154×10 <sup>8</sup>	2.308×10 <sup>8</sup>
30	28-29	1		1.154×10 <sup>8</sup>	2.308×10 <sup>8</sup>
31	29-30	1		1.154×10 <sup>8</sup>	2.308×10 <sup>8</sup>
32	30-31	1		1.154×10 <sup>8</sup>	2.308×10 <sup>8</sup>
33	31-48	1		1.154×10 <sup>8</sup>	2.308×10 <sup>8</sup>
34	48-32	1		1.154×10 <sup>8</sup>	2.308×10 <sup>8</sup>
35	32-33	1		1.154×10 <sup>8</sup>	2.308×10 <sup>8</sup>
36	33-34	1		1.705×10 <sup>8</sup>	3.411×10 <sup>8</sup>
37	34-35	1		1.705×10 <sup>8</sup>	3.411×10 <sup>8</sup>
38	35-36	1		1.705×10 <sup>8</sup>	3.411×10 <sup>8</sup>
39	43-37	2		7.981×10 <sup>10</sup>	1.596×10 <sup>11</sup>
40	43-38	2		3.841×10 <sup>10</sup>	7.682×10 <sup>10</sup>
41	38-39	2		6.070×10 <sup>9</sup>	1.214×10 <sup>10</sup>
42	39-40	4		4.530×10 <sup>8</sup>	9.060×10 <sup>8</sup>
43	40-50	4		4.530×10 <sup>8</sup>	9.060×10 <sup>8</sup>
44	41-42	4		3.802×10 <sup>8</sup>	7.604×10 <sup>8</sup>
45	49-19	3		4.909×10 <sup>6</sup>	9.817×10 <sup>6</sup>
46	50-41	4		4.530×10 <sup>8</sup>	9.060×10 <sup>8</sup>

(3) ばね結合部の指定

ばねの両端の節点番号		ばね定数
2	23	
4	25	
7	28	
9	30	
11	32	
18	40	
19	41	
27	44	
19	41	
34	37	
34	37	

(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	
41	
42	
43	
44	
45	
46	
47	
48	
49	
50	

(5) 材料物性値

材料番号	温度 (°C)	縦弾性係数 (MPa)	質量密度 (kg/mm <sup>3</sup> )	ポアソン比 (-)	材質
1		$1.93 \times 10^5$	$7.920 \times 10^{-6}$	0.3	
2		$2.01 \times 10^5$	$7.860 \times 10^{-6}$	0.3	
3		$2.06 \times 10^5$	$7.850 \times 10^{-6}$	0.3	
4		$2.06 \times 10^5$	$7.860 \times 10^{-6}$	0.3	

【高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプの耐震性についての計算結果】

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$		ポンプ振動による震度	最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)	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				
高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプ	常設耐震/防止 常設/緩和	取水ポンプ室 EL. 0.8*1	0.074	0.035	—	—	$C_H=1.10$ 又は*2	$C_V=1.03$ 又は*2	$C_p=0.09$	50		0.70

注記 \*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 基準地震動  $S_s$  に基づく設計用床応答曲線より得られる値

2.2 機器要目

(1) ボルト

部材	$m_i$ (kg)	$D_i (L_i)$ (mm)	$A_{b_i}$ (mm <sup>2</sup> )	$n_i$	$n_{f_i}$	$M_p$ (N・mm)	$S_{y_i}$ (MPa)	$S_{u_i}$ (MPa)	$F_i$ (MPa)	$F_i^*$ (MPa)
基礎ボルト (i=1)				4	2	—	241*2 (径≤100mm)	391*2 (径≤100mm)	—	274
ポンプ取付ボルト (i=2)				12	12	$3.501 \times 10^5$	198*1	504*1	—	205
原動機台取付ボルト (i=3)				10	10	$3.501 \times 10^5$	198*2	504*2	—	205
原動機取付ボルト (i=4)				8	8	$3.501 \times 10^5$	198*2	504*2	—	205

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	110*	169*	472*	298.5	10.0

注記 \*: 最高使用温度で算出

予想最大両振幅 (μm)	回転速度 (min <sup>-1</sup> )
$H_p =$ <span style="border: 2px solid black; padding: 2px;">  </span>	$N =$ <span style="border: 2px solid black; padding: 2px;">  </span>

2.3 計算数値

(1) ボルトに作用する力

部 材	M <sub>i</sub> (N・mm)		F <sub>b i</sub> (N)		Q <sub>b i</sub> (N)	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト (i=1)	—	2.032×10 <sup>7</sup>	—	1.003×10 <sup>4</sup>	—	4.053×10 <sup>4</sup>
ポンプ取付ボルト (i=2)	—	6.618×10 <sup>6</sup>	—	7.244×10 <sup>3</sup>	—	1.860×10 <sup>4</sup>
原動機台取付ボルト (i=3)	—	1.911×10 <sup>7</sup>	—	4.504×10 <sup>3</sup>	—	2.193×10 <sup>4</sup>
原動機取付ボルト (i=4)	—	2.598×10 <sup>6</sup>	—	1.856×10 <sup>3</sup>	—	1.359×10 <sup>4</sup>

(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 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
コラムパイプ	—	8.202×10 <sup>6</sup>

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 <sub>H1</sub> =0.074
水平2次	T <sub>H2</sub> =0.036
鉛直1次	T <sub>V1</sub> =0.035

2.4.2 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
			基礎ボルト	引張り	—	—
	せん断	—	—			
ポンプ取付ボルト	引張り	—	—			
	せん断	—	—			
原動機台取付ボルト	引張り	—	—			
	せん断	—	—			
原動機取付ボルト	引張り	—	—			
	せん断	—	—			

すべて許容応力以下である。

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

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	[Redacted]	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	[Redacted]
		基準地震動 S <sub>s</sub>	[Redacted]

すべて許容応力以下である。

## 2.4.4 動的機能の評価結果

## 2.4.4.1 機能確認済加速度との比較

(単位： $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )

		評価用加速度	機能確認済加速度
ポンプ	水平方向	0.91*	10.0
	鉛直方向	0.86*	1.0
原動機	水平方向	0.91*	2.5
	鉛直方向	0.86*	1.0

注記 \*：評価用加速度は1.0ZPA

評価用加速度はすべて機能維持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			
41			
42			
43			
44			
45			
46			
47			
48			
49			
50			

(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 <sup>2</sup> )	断面二次 モーメント (mm <sup>4</sup> )	断面二次 極モーメント (mm <sup>4</sup> )
1	1-2	1		6.362×10 <sup>5</sup>	1.272×10 <sup>6</sup>
2	2-3	1		6.362×10 <sup>5</sup>	1.272×10 <sup>6</sup>
3	3-4	1		6.362×10 <sup>5</sup>	1.272×10 <sup>6</sup>
4	4-45	1		6.362×10 <sup>5</sup>	1.272×10 <sup>6</sup>
5	45-5	1		5.555×10 <sup>5</sup>	1.111×10 <sup>6</sup>
6	5-6	1		4.715×10 <sup>6</sup>	9.431×10 <sup>6</sup>
7	6-7	1		4.715×10 <sup>6</sup>	9.431×10 <sup>6</sup>
8	7-8	1		4.909×10 <sup>6</sup>	9.817×10 <sup>6</sup>
9	8-9	1		2.330×10 <sup>6</sup>	4.659×10 <sup>6</sup>
10	9-10	1		4.909×10 <sup>6</sup>	9.817×10 <sup>6</sup>
11	10-46	1		4.715×10 <sup>6</sup>	9.431×10 <sup>6</sup>
12	46-11	1		4.715×10 <sup>6</sup>	9.431×10 <sup>6</sup>
13	11-12	1		4.909×10 <sup>6</sup>	9.817×10 <sup>6</sup>
14	12-13	1		4.909×10 <sup>6</sup>	9.817×10 <sup>6</sup>
15	13-14	1		1.771×10 <sup>6</sup>	3.542×10 <sup>6</sup>
16	14-15	1		1.771×10 <sup>6</sup>	3.542×10 <sup>6</sup>
17	15-16	1		2.011×10 <sup>6</sup>	4.021×10 <sup>6</sup>
18	16-17	2		2.485×10 <sup>7</sup>	4.970×10 <sup>7</sup>
19	17-18	3		2.562×10 <sup>6</sup>	5.125×10 <sup>6</sup>
20	18-49	3		6.678×10 <sup>6</sup>	1.336×10 <sup>7</sup>
21	19-20	3		8.762×10 <sup>5</sup>	1.752×10 <sup>6</sup>
22	21-22	1		3.010×10 <sup>7</sup>	6.020×10 <sup>7</sup>
23	22-23	1		3.532×10 <sup>8</sup>	7.063×10 <sup>8</sup>
24	23-24	1		3.532×10 <sup>8</sup>	7.063×10 <sup>8</sup>
25	24-25	1		3.532×10 <sup>8</sup>	7.063×10 <sup>8</sup>
26	25-47	1		3.532×10 <sup>8</sup>	7.063×10 <sup>8</sup>
27	47-26	1		3.532×10 <sup>8</sup>	7.063×10 <sup>8</sup>
28	26-27	1		1.154×10 <sup>8</sup>	2.308×10 <sup>8</sup>
29	27-28	1		1.154×10 <sup>8</sup>	2.308×10 <sup>8</sup>
30	28-29	1		1.154×10 <sup>8</sup>	2.308×10 <sup>8</sup>
31	29-30	1		1.154×10 <sup>8</sup>	2.308×10 <sup>8</sup>
32	30-31	1		1.154×10 <sup>8</sup>	2.308×10 <sup>8</sup>
33	31-48	1		1.154×10 <sup>8</sup>	2.308×10 <sup>8</sup>
34	48-32	1		1.154×10 <sup>8</sup>	2.308×10 <sup>8</sup>
35	32-33	1		1.154×10 <sup>8</sup>	2.308×10 <sup>8</sup>
36	33-34	1		1.705×10 <sup>8</sup>	3.411×10 <sup>8</sup>
37	34-35	1		1.705×10 <sup>8</sup>	3.411×10 <sup>8</sup>
38	35-36	1		1.705×10 <sup>8</sup>	3.411×10 <sup>8</sup>
39	43-37	2		7.981×10 <sup>10</sup>	1.596×10 <sup>11</sup>
40	43-38	2		3.841×10 <sup>10</sup>	7.682×10 <sup>10</sup>
41	38-39	2		6.070×10 <sup>9</sup>	1.214×10 <sup>10</sup>
42	39-40	4		4.530×10 <sup>8</sup>	9.060×10 <sup>8</sup>
43	40-50	4		4.530×10 <sup>8</sup>	9.060×10 <sup>8</sup>
44	41-42	4		3.802×10 <sup>8</sup>	7.604×10 <sup>8</sup>
45	49-19	3		4.909×10 <sup>6</sup>	9.817×10 <sup>6</sup>
46	50-41	4		4.530×10 <sup>8</sup>	9.060×10 <sup>8</sup>

(3) ばね結合部の指定

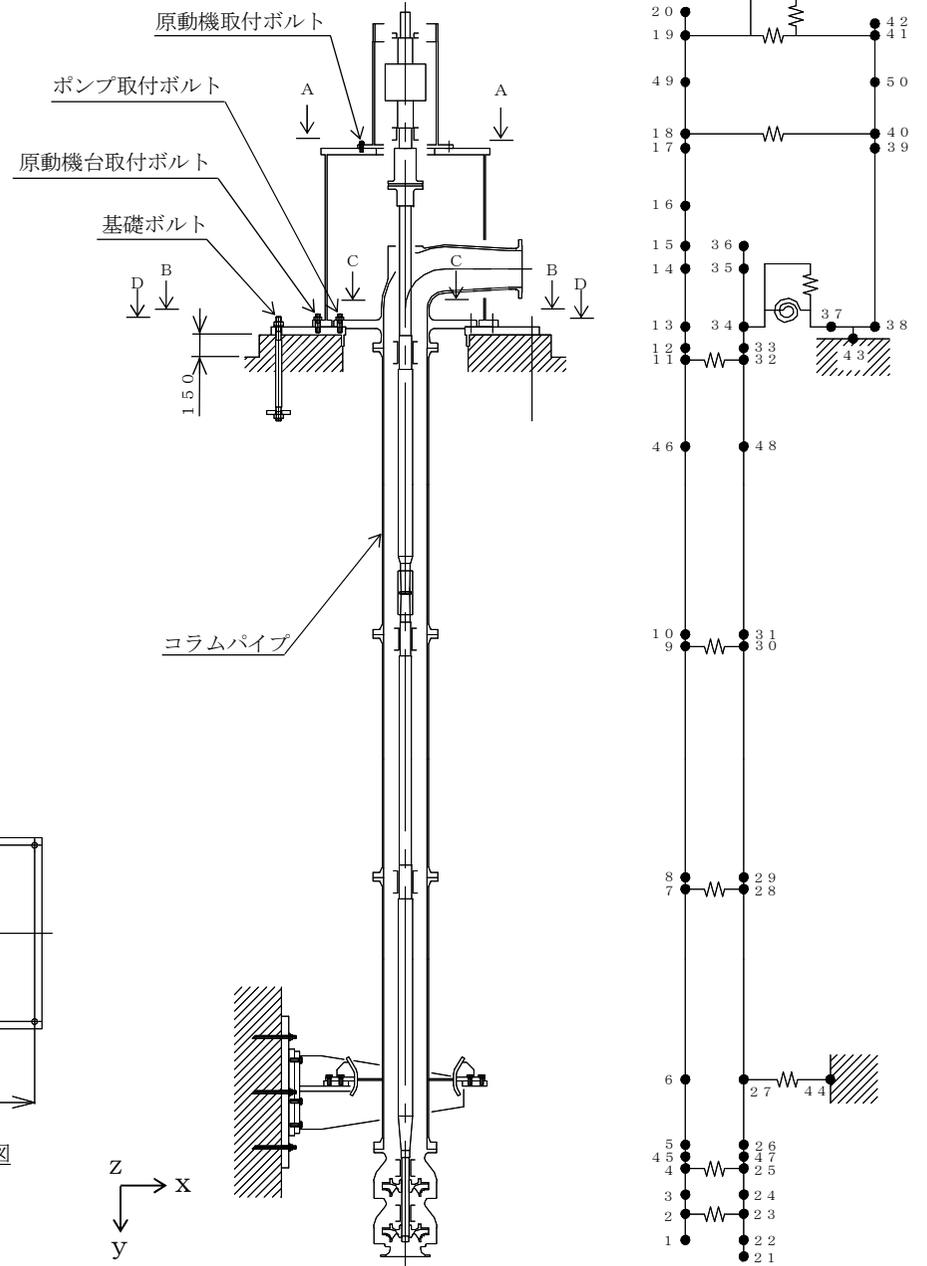
ばねの両端の節点番号		ばね定数
2	23	
4	25	
7	28	
9	30	
11	32	
18	40	
19	41	
27	44	
19	41	
34	37	
34	37	

(4) 節点の質量

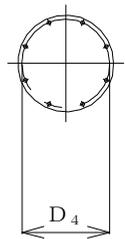
節点番号	質量 (kg)
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	
23	
24	
25	
26	
27	
28	
29	
30	
31	
32	
33	
34	
35	
36	
37	
38	
39	
40	
41	
42	
43	
44	
45	
46	
47	
48	
49	
50	

(5) 材料物性値

材料番号	温度 (°C)	縦弾性係数 (MPa)	質量密度 (kg/mm <sup>3</sup> )	ポアソン比 (-)	材質
1		$1.93 \times 10^5$	$7.920 \times 10^{-6}$	0.3	
2		$2.01 \times 10^5$	$7.860 \times 10^{-6}$	0.3	
3		$2.06 \times 10^5$	$7.850 \times 10^{-6}$	0.3	
4		$2.06 \times 10^5$	$7.860 \times 10^{-6}$	0.3	

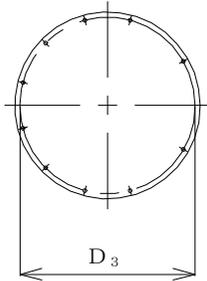


原動機取付ボルト



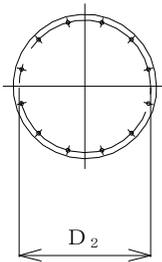
A~A矢視図

原動機台取付ボルト



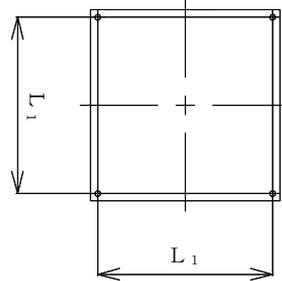
B~B矢視図

ポンプ取付ボルト



C~C矢視図

基礎ボルト



D~D矢視図

本資料のうち、枠組みの内容は、  
営業秘密または防護上の観点から  
公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-619 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-9-6-1-1 管の耐震性についての計算書

## 目 次

1. 概要	1
2. 概略系統図及び鳥瞰図	2
2.1 概略系統図	2
2.2 鳥瞰図	4
3. 計算条件	17
3.1 荷重の組合せ及び許容応力	17
3.2 設計条件	19
3.3 材料及び許容応力	29
3.4 設計用地震力	30
4. 解析結果及び評価	31
4.1 固有周期及び設計震度	31
4.2 評価結果	43
4.2.1 管の応力評価結果	43
4.2.2 支持構造物評価結果	44
4.2.3 弁の動的機能維持評価結果	45

## 1. 概要

本計算書は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」，「V-2-1-11 機器・配管の耐震支持設計方針」及び「V-2-1-14-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」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又は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通りである。

### (1) 管

工事計画記載範囲の管のうち，各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また，各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（裕度）が最小となる解析モデルを代表として記載する。

### (2) 支持構造物

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

### (3) 弁

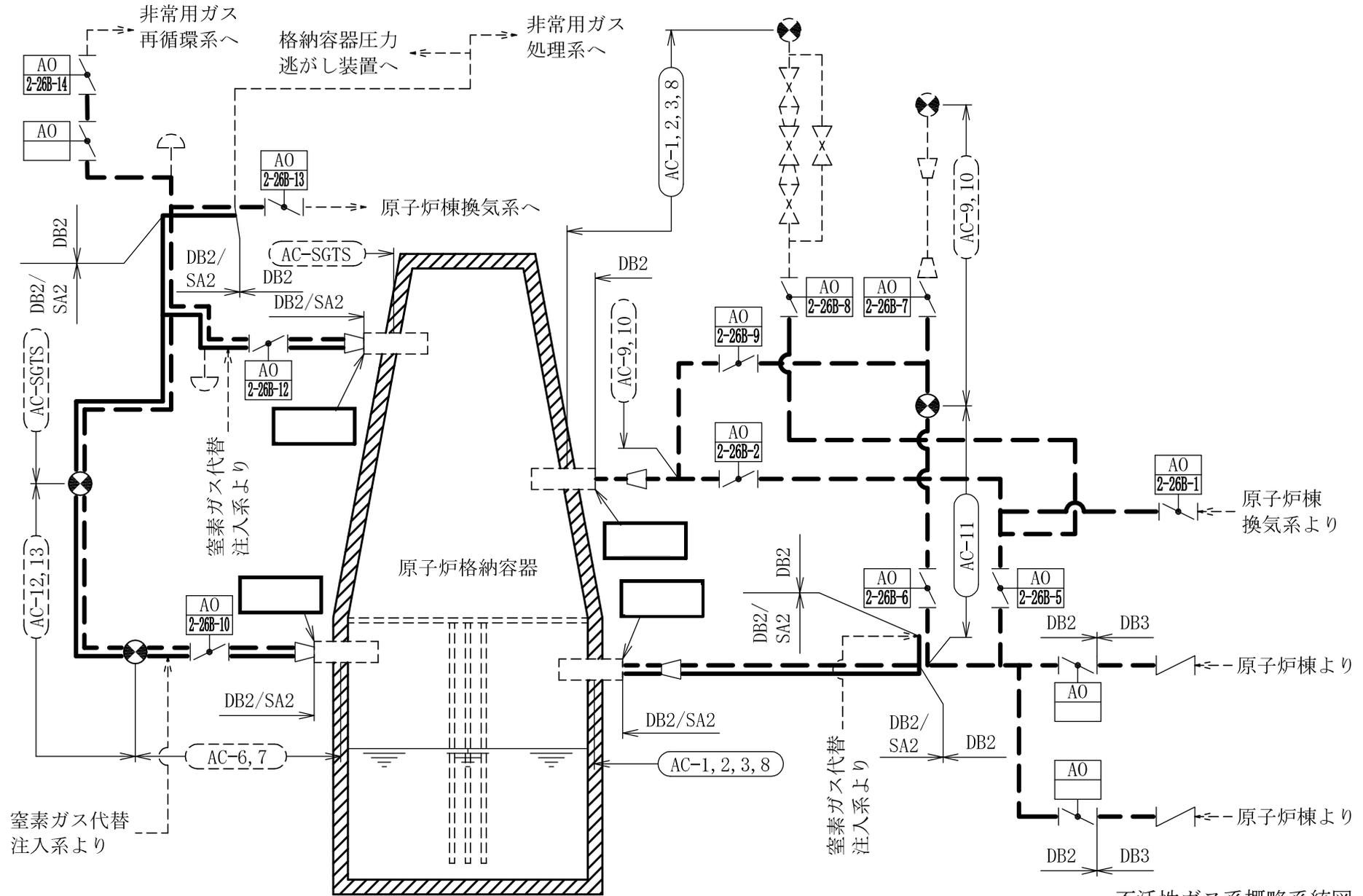
機能確認済加速度の応答加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として評価結果を記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例

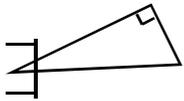
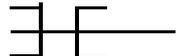
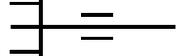
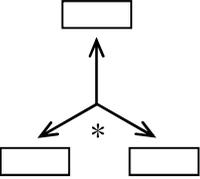
記 号	内 容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (重大事故等対処設備)
 (太破線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (設計基準対象施設)
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他 計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管の うち、他系統の管であって系統の概略を示すために表 記する管
	鳥瞰図番号 (評価結果を記載する範囲)
	鳥瞰図番号 (評価結果の記載を省略する範囲)
	アンカ
[管クラス] DB1 DB2 DB3 DB4 SA2 SA3 DB1/SA2 DB2/SA2 DB3/SA2 DB4/SA2	クラス 1 管 クラス 2 管 クラス 3 管 クラス 4 管 重大事故等クラス 2 管 重大事故等クラス 3 管 重大事故等クラス 2 管であってクラス 1 管 重大事故等クラス 2 管であってクラス 2 管 重大事故等クラス 2 管であってクラス 3 管 重大事故等クラス 2 管であってクラス 4 管

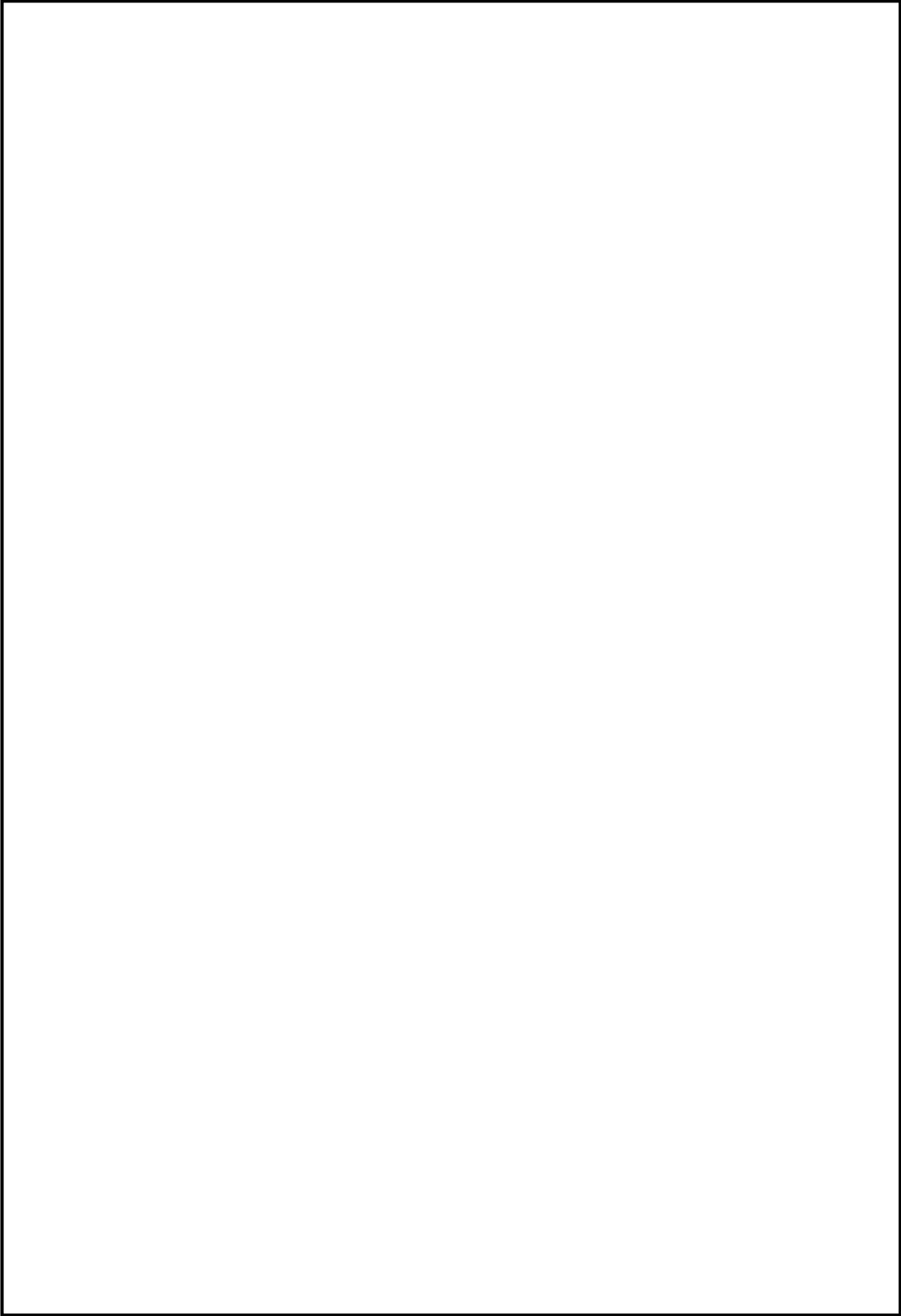


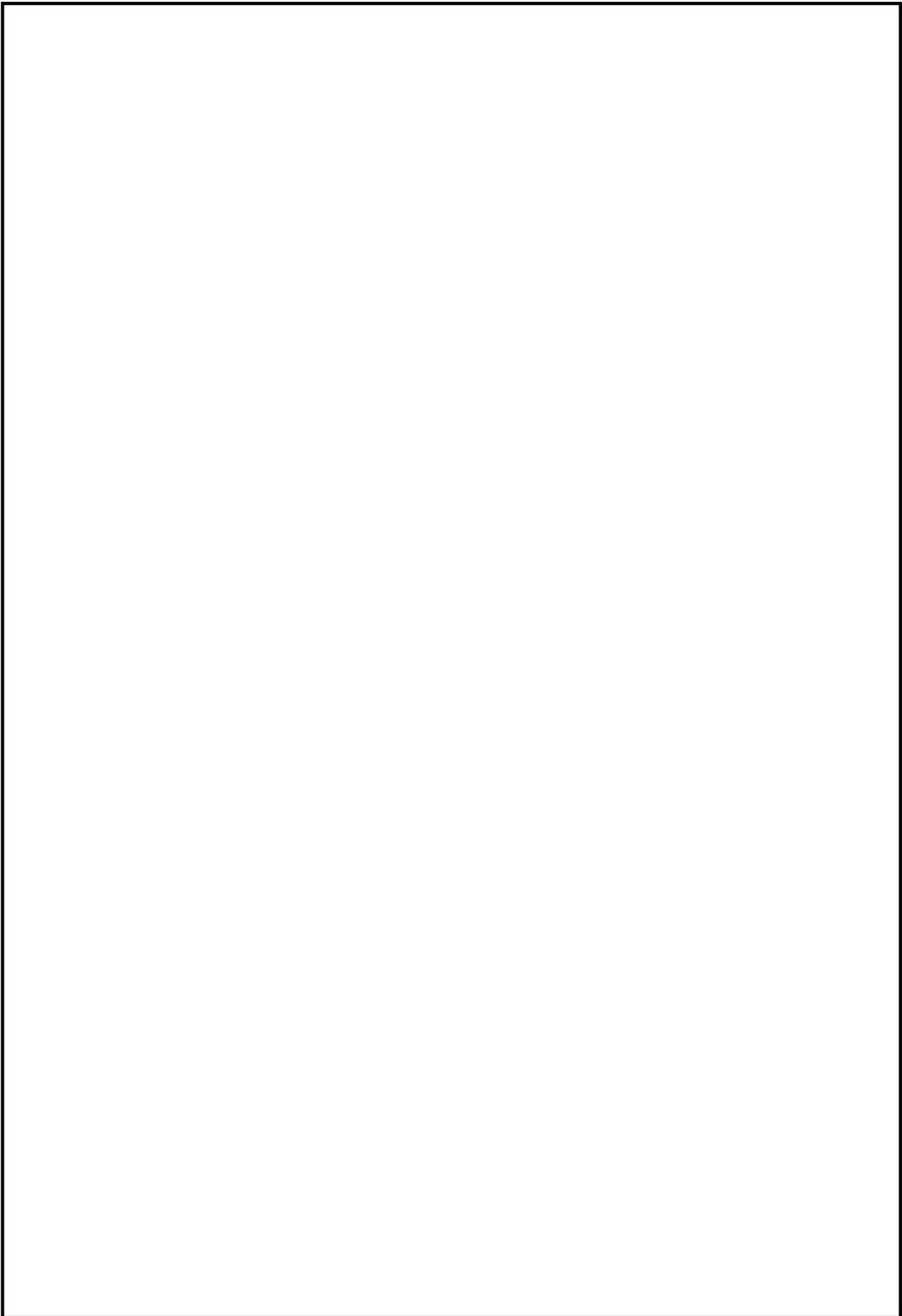
不活性ガス系概略系統図

2.2 鳥瞰図

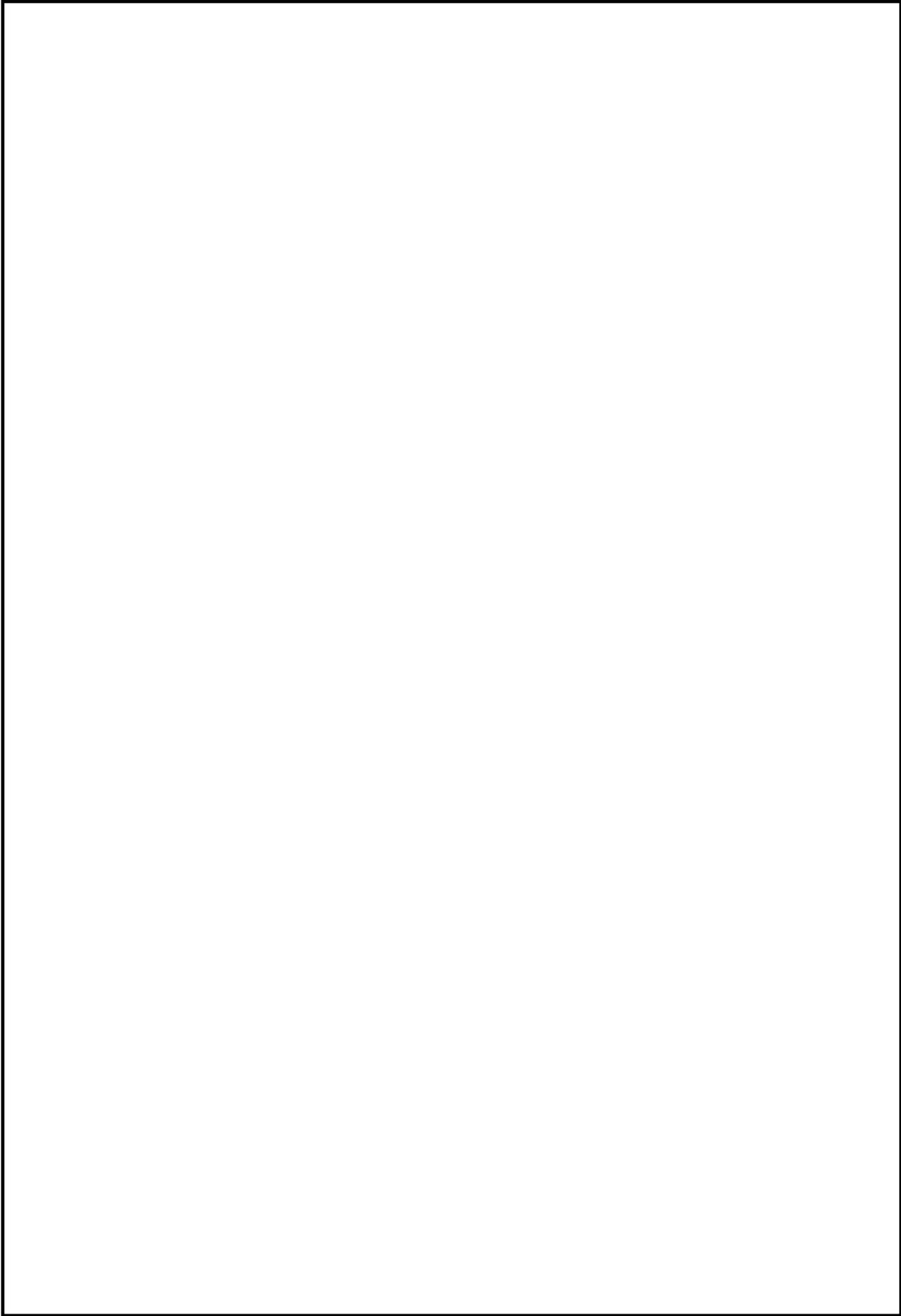
鳥瞰図記号凡例

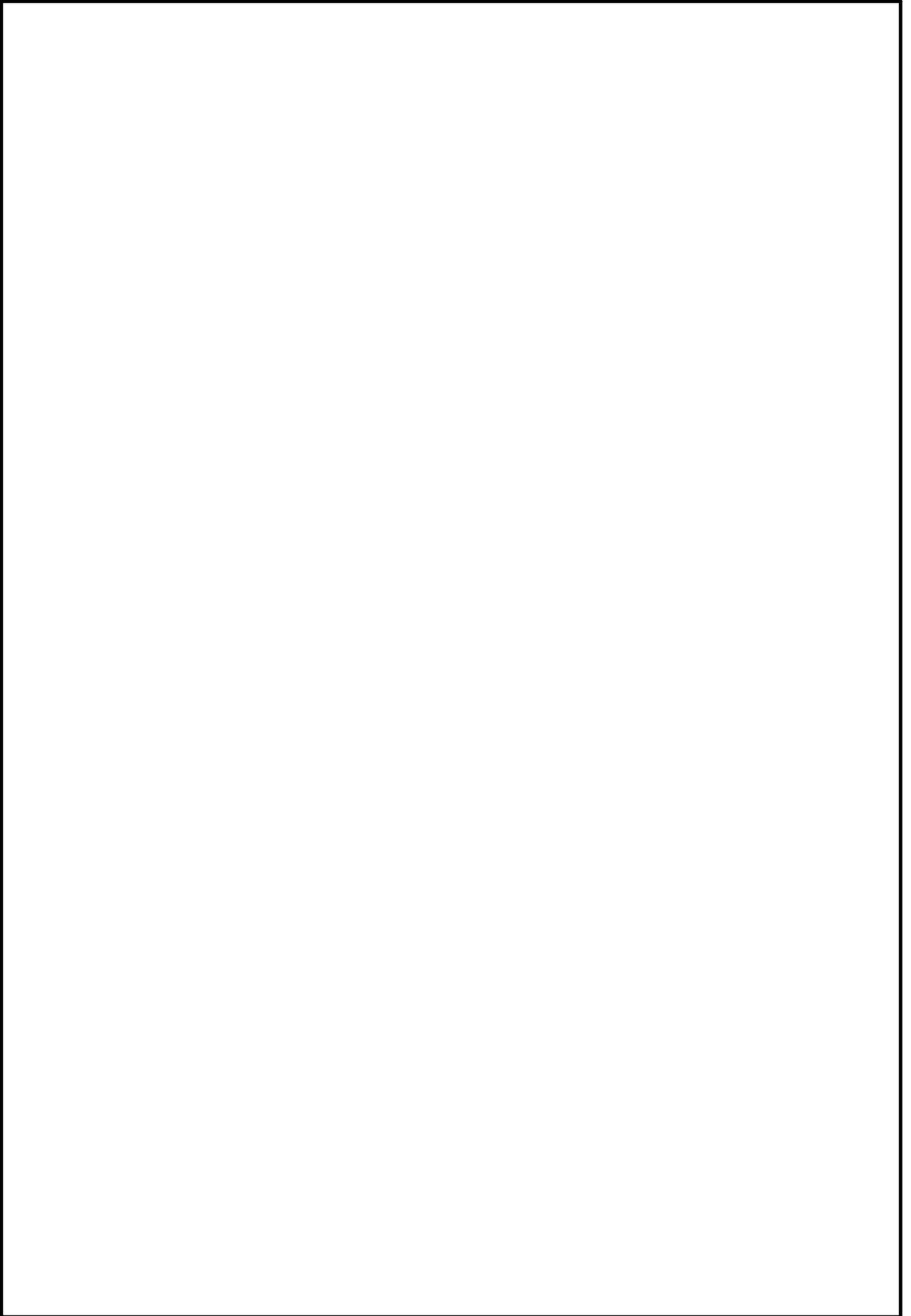
記号	内容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (重大事故等対処設備の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(SA)」, 設計基準対象施設の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(DB)」とする。)
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本システムの管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって解析モデルの概略を示すために表記する管
	質点
	アンカ
	レストレイント (本図は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。スナッパについても同様とする。)
	スナッパ
	ハンガ
	リジットハンガ
	拘束点の地震による相対変位量(mm) (* は評価点番号, 矢印は拘束方向を示す。また, <span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 1em; height: 1em; vertical-align: middle;"></span> 内に 変位量を記載する。)  注: 鳥瞰図中の寸法の単位はmmである。

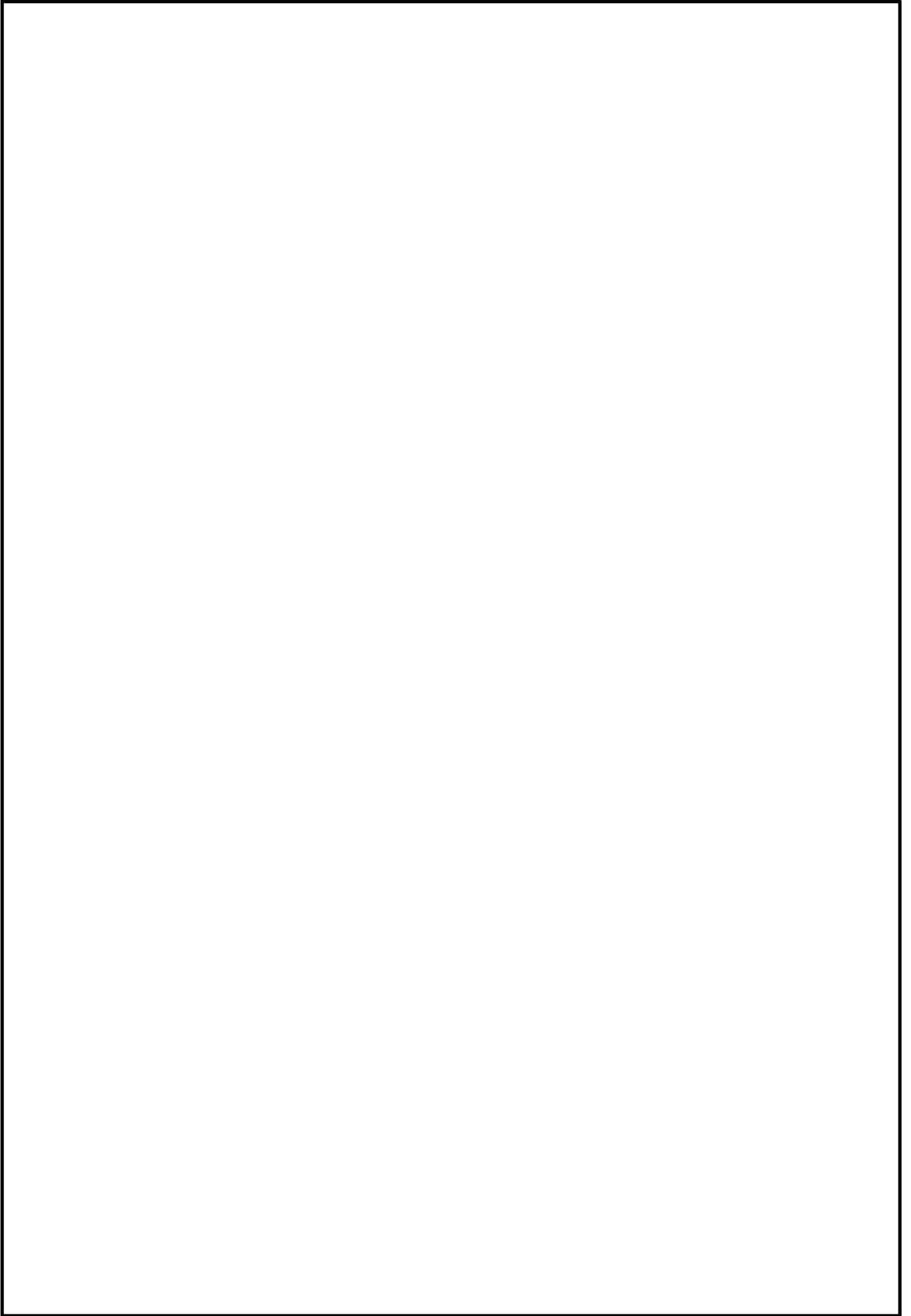


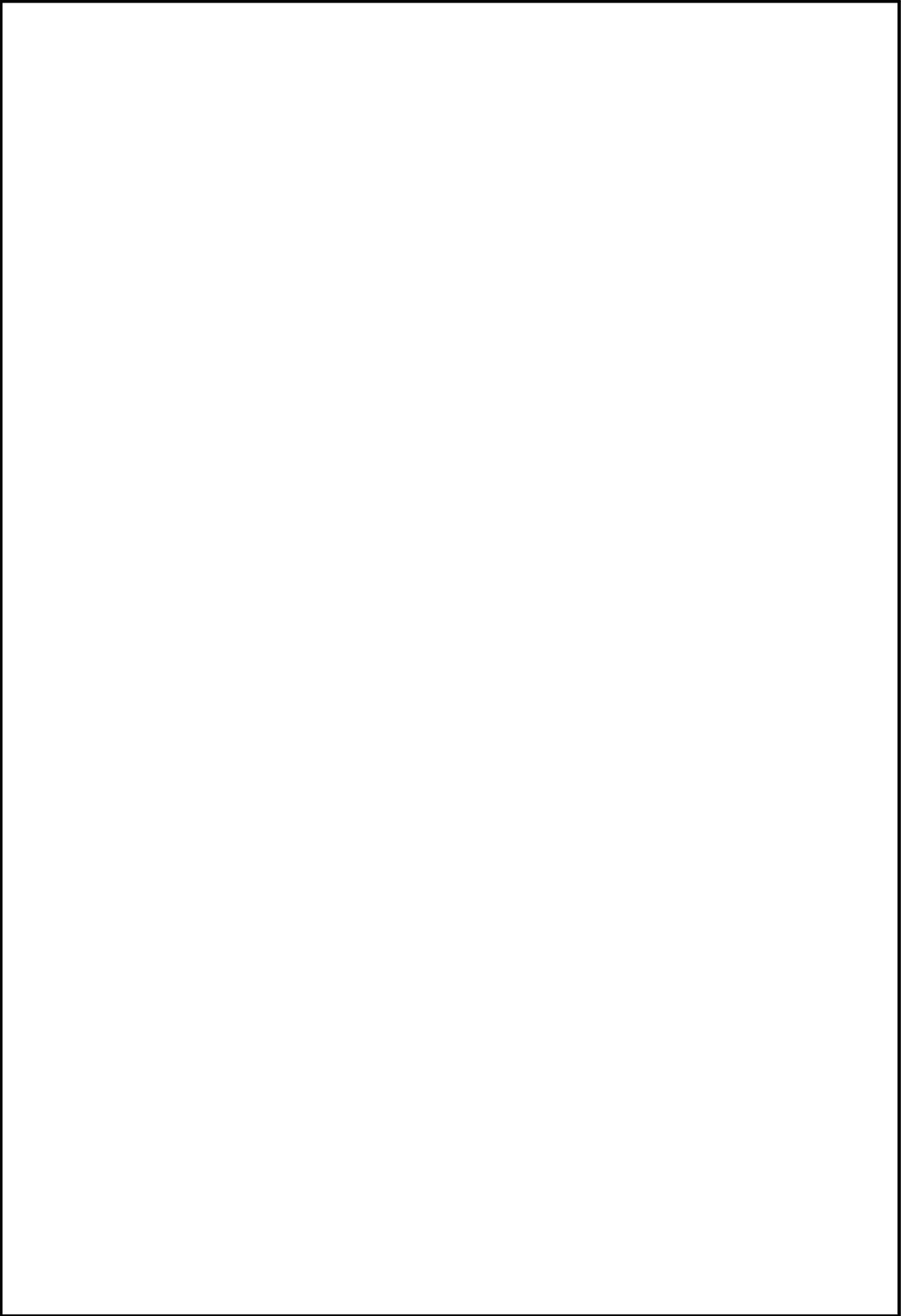


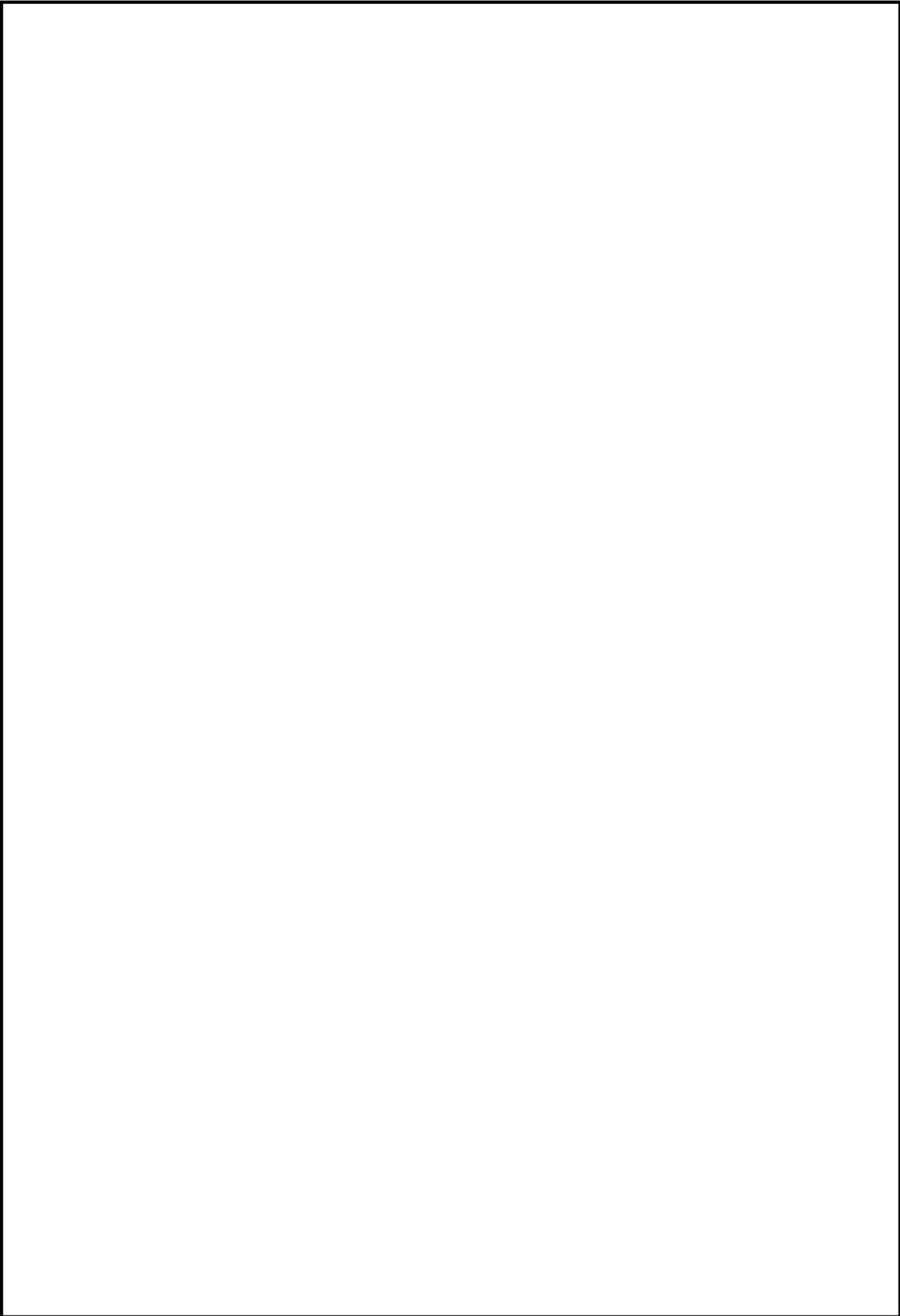
NT2 補③ V-2-9-6-1-1 R0







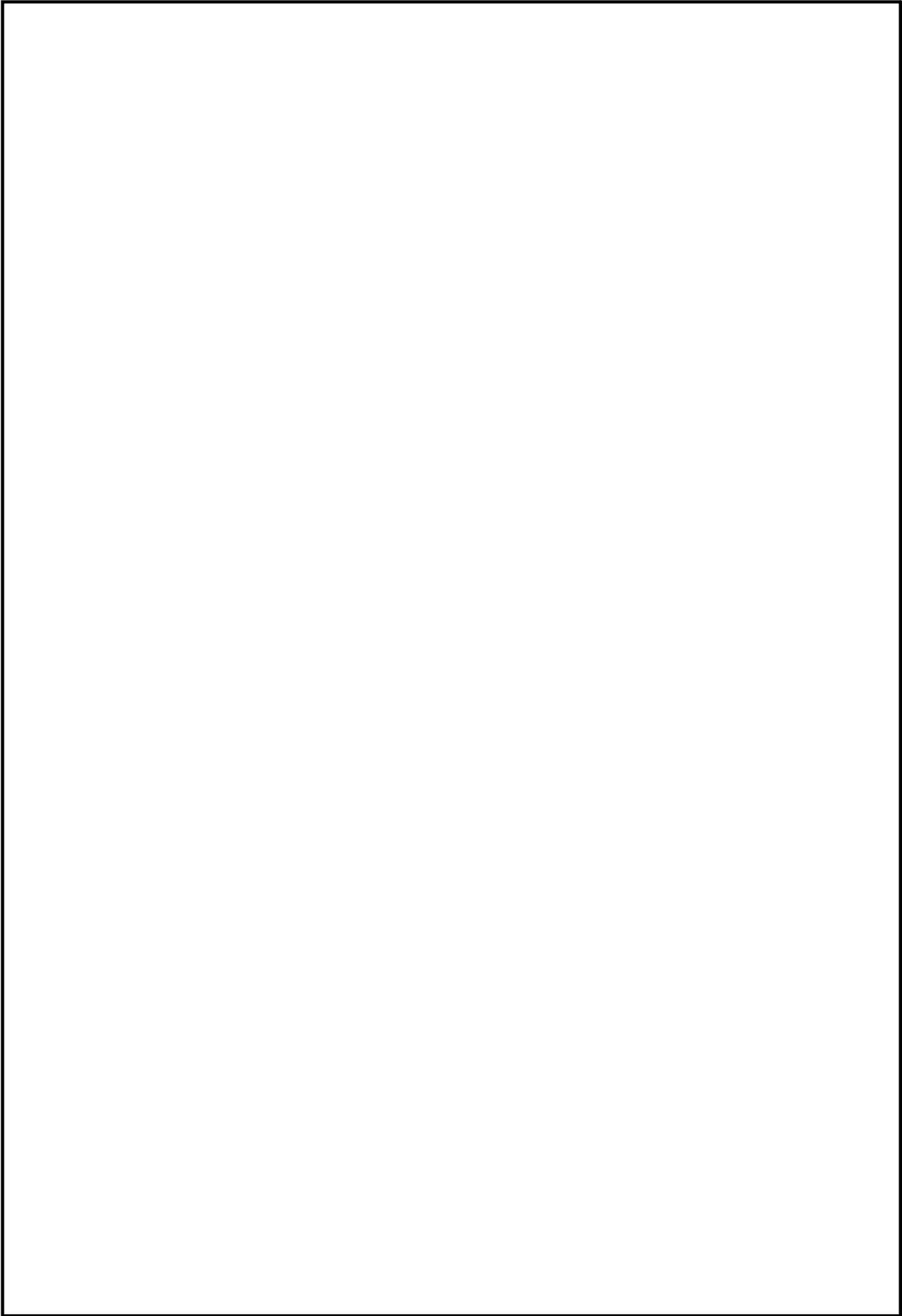












3. 計算条件

3.1 荷重の組合せ及び許容応力

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設分類 <sup>*1</sup>	設備分類 <sup>*2</sup>	機器等の区分	耐震クラス	荷重の組合せ <sup>*3,4</sup>	許容応力状態 <sup>*5</sup>
原子炉格納施設	圧力低減設備 その他の安全設備	不活性ガス系	DB	—	クラス2管 クラス3管	S	$I_L + S_d$	$III_A S$
							$II_L + S_d$	
							$I_L + S_s$	$IV_A S$
							$II_L + S_s$	
							$V_L(L) + S_d^{*6,7}$	$V_A S$
							$V_L(LL) + S_s^{*6}$	
	窒素ガス 代替注入系	SA	常設耐震/防止 常設/緩和	重大事故等クラス2管	—	$V_L(L) + S_d^{*6,7}$	$V_A S$	
						$V_L(LL) + S_s^{*6}$		
						$V_L + S_s$		
	格納容器圧力 逃がし装置	SA	常設耐震/防止 常設/緩和	重大事故等クラス2管	—	$V_L(L) + S_d^{*6,7}$	$V_A S$	
						$V_L(LL) + S_s^{*6}$		
						$V_L + S_s$		

荷重の組合せ及び許容応力

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設分類 <sup>*1</sup>	設備分類 <sup>*2</sup>	機器等の区分	耐震クラス	荷重の組合せ <sup>*3,4</sup>	許容応力状態 <sup>*5</sup>
原子炉冷却系統施設	残留熱除去設備	格納容器圧力逃がし装置	S A	常設耐震／防止 常設／緩和	重大事故等クラス2管	—	$V_L(L) + S_d$ <sup>*6,7</sup>	$V_A S$
							$V_L(LL) + S_s$ <sup>*6</sup>	
							$V_L + S_s$	
	耐圧強化ベント系	S A	常設耐震／防止	重大事故等クラス2管	—	$V_L(L) + S_d$ <sup>*6,7</sup>	$V_A S$	
						$V_L(LL) + S_s$ <sup>*6</sup>		
						$V_L + S_s$		

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

\*3： 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，(LL)は(L)より更に長期的に荷重が作用している状態を示す。

\*4： 許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

\*5： 許容応力状態 $V_A S$ 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。

\*6： プロセス条件に加え，重大事故時の原子炉格納容器バウンダリ条件として，重大事故時の原子炉格納容器限界温度及び圧力を考慮する。

\*7： 荷重の組合せ $V_L(L) + S_d$ は $V_L(LL) + S_s$ に包絡されるため，評価を省略する。

3.2 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 AC-1, 2, 3, 8

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震クラス	縦弾性係数 (MPa)
1	2~5	0.31	171	508.0	9.5	SM41B	S	
2	6~10F, 12F~39F 37~68F	0.31	171	609.6	9.5	SM41B	S	
3	411F~412A	0.31	171	609.6	9.5	SM41A	S	
4	70F~76F, 74~82F 71~92	0.62	200	609.6	9.5	SM41B	S	
5	78F~79F, 84F~86F	0.31	105	609.6	9.5	SM41B	S	
6	93~95	0.62	200	508.0	9.5	SM41B	S	
7	43~101F	0.31	171	457.2	9.5	SM41B	S	
8	103F~115	1.04	66	457.2	9.5	SM41B	S	
9	113~1350	1.04	66	318.5	10.3	STPT42	S	

フランジ部の質量

鳥 瞰 図 AC-1, 2, 3, 8

質量	対応する評価点
	10F, 12F, 39F, 411F, 68F, 70F, 76F, 78F, 79F, 81F, 82F, 84F 88F
	221F, 250F, 291F, 422F, 481F
	30F, 511F
	86F
	101F, 103F

弁部の寸法

鳥 瞰 図 AC-1, 2, 3, 8

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
10F~11				11~1101			
11~12F				39F~40			
40~4001				40~411F			
68F~69				69~6901			
69~70F				76F~77			
77~770				77~78F			
79F~80				80~81F			
82F~83				83~830			
83~84F				86F~87			
87~88F				101F~102			
102~1021				102~103F			
115~117				133~135			

弁部の質量

鳥 瞰 図 AC-1, 2, 3, 8

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
	10F, 12F, 39F, 411F, 68F, 70F		76F, 78F, 82F, 84F
	11, 40, 69, 77, 83		1101, 4001, 6901, 770, 830
	79F~80, 80~81F		86F~87, 87~88F
	101F, 103F		102
	1021		115~117
	133~135		

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 AC-1, 2, 3, 8

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						
651						
652						
** 900 **						
1201						
1210						
1401						
** 1401 **						
15						
1801						
19						
25						
** 25 **						
** 2501 **						
29						
32						
412A						
4221						
** 471 **						
48						
51						
** 561 **						
** 571 **						
57						

NT2 補③ V-2-9-6-1-1 R0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 AC-1, 2, 3, 8

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
60						
** 65 **						
** 65 **						
6500						
670						
72						
80						
750						
** 750 **						
** 750 **						
851						
** 851 **						
87						
** 901 **						
901						
96N						
104						
112						
114						
1171						
1350						

NT2 補③ V-2-9-6-1-1 R0

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 AC-11

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震クラス	縦弾性係数 (MPa)
1	65A~37	0.31	171	89.1	5.5	STPT42	S	
2	37~379	0.31	171	89.1	5.5	STPT410	S	
3	39~40	0.31	105	89.1	5.5	STPT410	S	
4	40~41	0.62	200	89.1	5.5	STPT410	S	
5	41~895N	0.62	200	89.1	5.5	STPT42	S	

弁部の寸法

鳥 瞰 図 AC-11

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
379~38				38~381			
381~382				38~39			

弁部の質量

鳥 瞰 図 AC-11

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
<input type="checkbox"/>	379, 39	<input type="checkbox"/>	38
<input type="checkbox"/>	381	<input type="checkbox"/>	382

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 AC-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
65A						
301						
7						
9						
13						
141						
1901						
204						
208						
** 208 **						
2102						
27						
30						
34						
** 34 **						
375						
895N						

NT2 補③ V-2-9-6-1-1 R0

## 3.3 材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

材 料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)			
		S m	S y	S u	S h
SM41B	171	—	201	373	—
SM41A	171	—	201	373	—
SM41B	200	—	193	373	—
SM41B	105	—	219	373	—
SM41B	66	—	234	385	—
STPT42	66	—	231	407	—
STPT42	171	—	211	404	—
STPT410	171	—	211	404	—
STPT410	105	—	219	404	—
STPT410	200	—	207	404	—
STPT42	200	—	207	404	—

### 3.4 設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答スペクトルを下表に示す。

なお、設計用床応答スペクトルは「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	建物・構築物	標高	減衰定数 (%)
AC-1, 2, 3, 8	原子炉建屋		
AC-11	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 AC-1, 2, 3, 8

耐震クラス		S					
適用する地震動等		S <sub>d</sub> 及び静的震度			S <sub>s</sub>		
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		応答鉛直震度
		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							
18次							
19次							
動的震度							
静的震度							

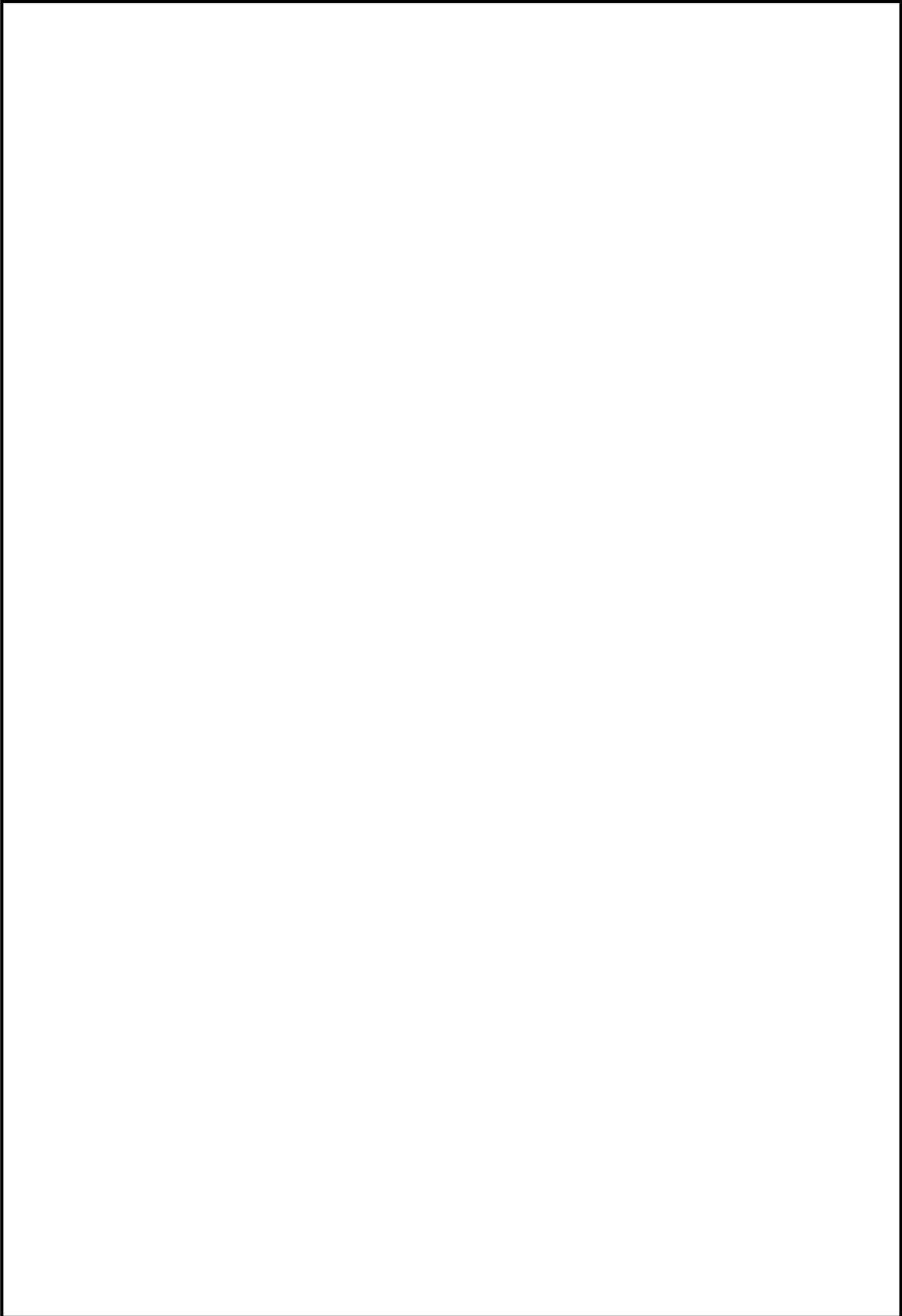
各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図 AC-1, 2, 3, 8

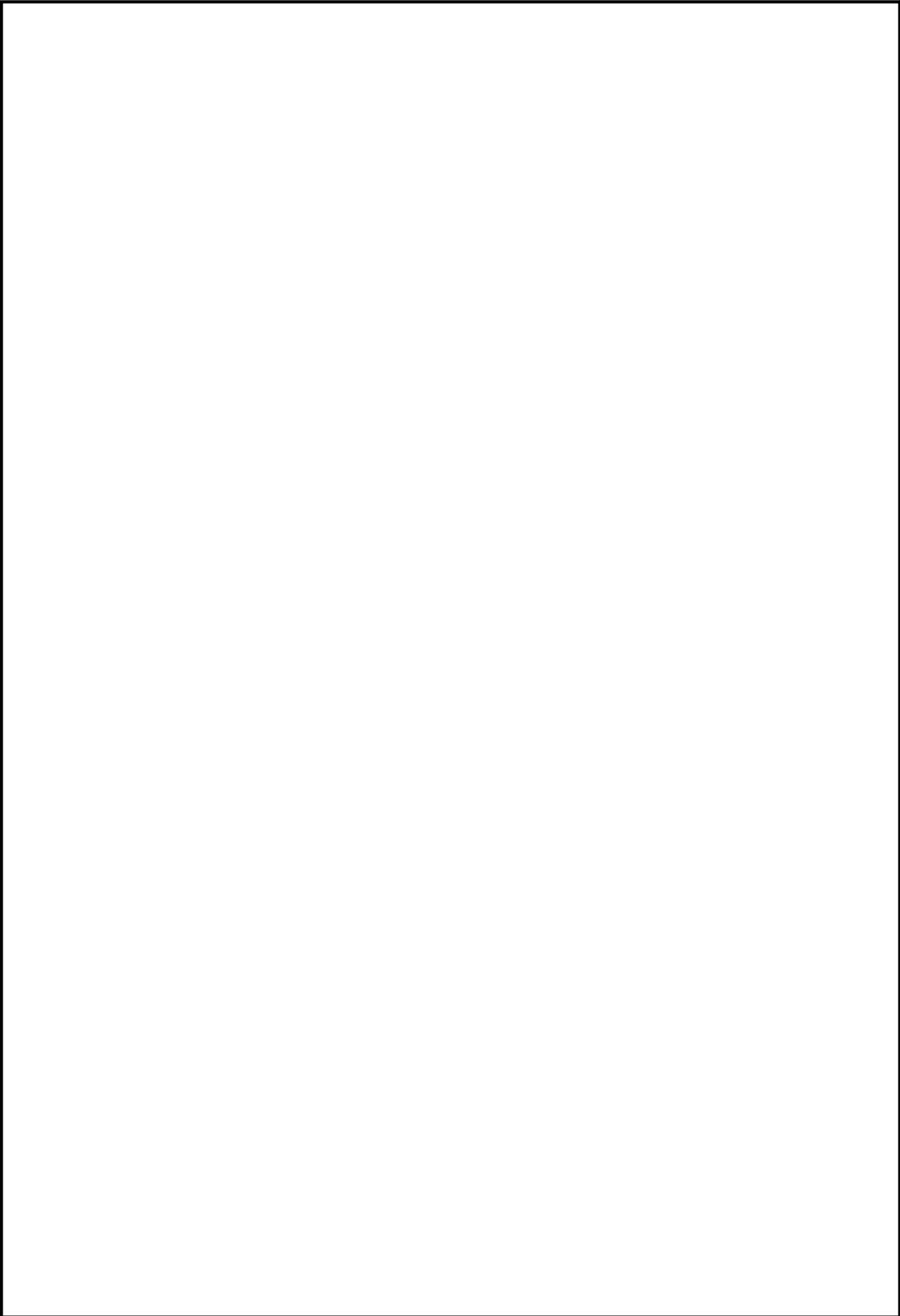
モード	固有周期 (s)	刺激係数		
		X方向	Y方向	Z方向
1次				
2次				
3次				
4次				
5次				
6次				
7次				
8次				
18次				

## 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。







解析結果及び評価  
固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 AC-11

耐震クラス		S					
適用する地震動等		S <sub>d</sub> 及び静的震度			S <sub>s</sub>		
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		応答鉛直震度
		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							
動的震度							
静的震度							

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図 AC-11

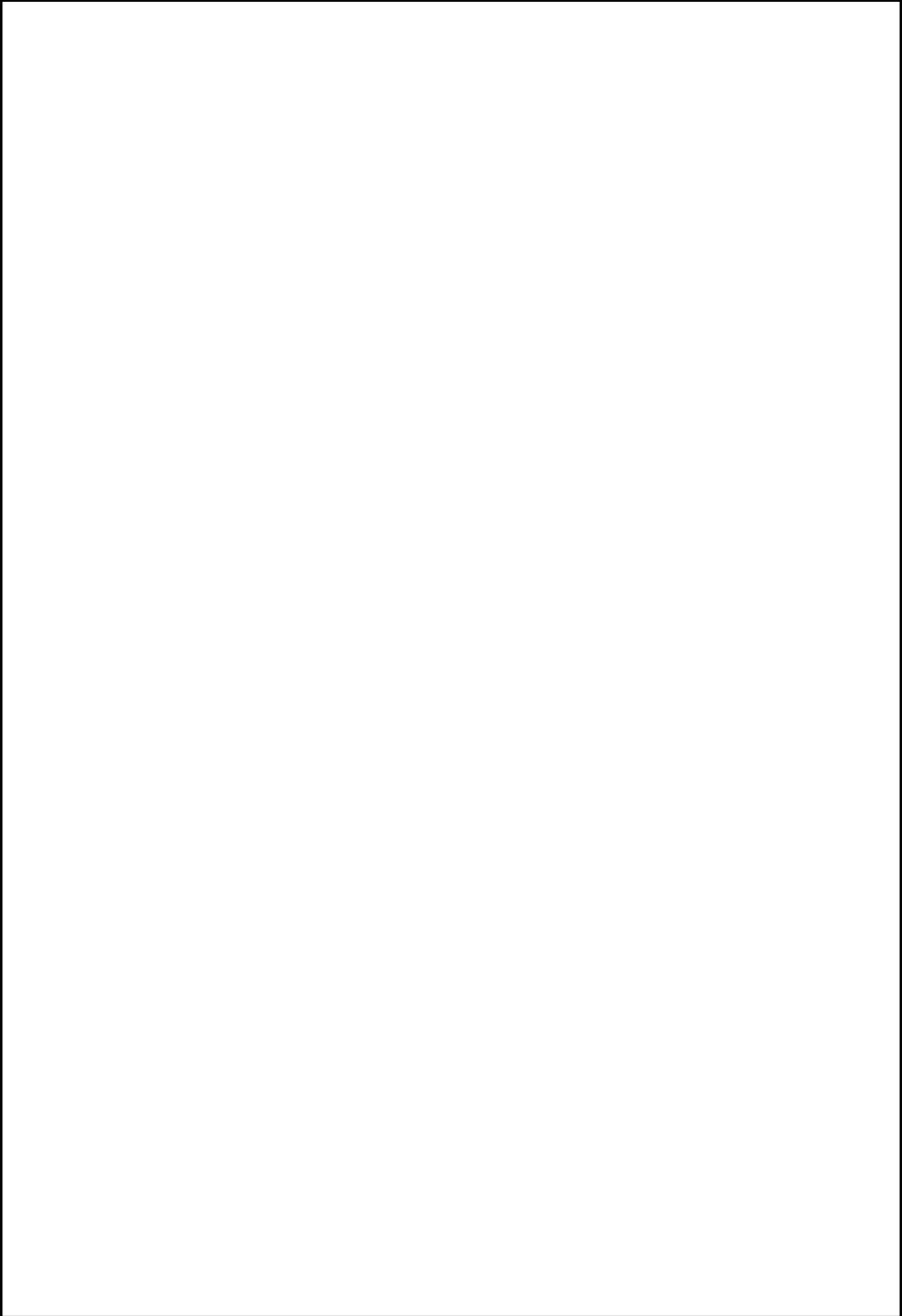
モード	固有周期 (s)	刺激係数		
		X方向	Y方向	Z方向
1次				
2次				
3次				
4次				
5次				
6次				
7次				

NT2 補③ V-2-9-6-1-1 R0

## 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。







4.2 評価結果

4.2.1 管の応力評価結果

下表に示すごとく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 (供用状態)	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 <sub>prm</sub> (S <sub>d</sub> ) S <sub>prm</sub> (S <sub>s</sub> )	許容応力 S <sub>y</sub> * 0.9S <sub>u</sub>	計算応力 S <sub>n</sub> (S <sub>s</sub> )	許容応力 2S <sub>y</sub>	疲労累積係数 U S <sub>s</sub>
AC-1, 2, 3, 8	Ⅲ <sub>A</sub> S	74	S <sub>prm</sub> (S <sub>d</sub> )	114	193	—	—	—
AC-11	Ⅳ <sub>A</sub> S	379	S <sub>prm</sub> (S <sub>s</sub> )	193	363	—	—	—
AC-1, 2, 3, 8	Ⅳ <sub>A</sub> S	74	S <sub>n</sub> (S <sub>s</sub> )	—	—	322	386	—

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

4.2.2 支持構造物評価結果

下表に示すごとく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 (°C)	評価結果	
					計算 荷重 (kN)	許容 荷重 (kN)
SNO-AC-R001	オイルスナッパ	SN-10	「V-2-1-11機器・ 配管の耐震支持設 計方針」参照		102.0	150.0

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 (°C)	支持点荷重						評価結果		
					反力 (kN)			モーメント (kN・m)			応力 分類	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)
					F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>			
AN-FRVS-5	アンカ	ラグ	SM41A	200	21.6	28.2	65.1	54.3	58.7	35.2	組合せ	32	60
RE-AC-28	レストレイント	ラグ	SM41A	104.5	54.9	197.0	0	—	—	—	圧縮	82	150
RH-AC-25A	リジットハンガ	台座	STKR400 SS400	104.5	0	25.3	0	—	—	—	圧縮	12	74

4.2.3 弁の動的機能維持評価結果

下表に示すごとく応答加速度が機能確認済加速度以下又は計算応力が許容応力以下である。

弁番号	形式	要求機能	応答加速度* ( $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )		機能確認済加速度 ( $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )		構造強度評価結果 (MPa)	
			水平	鉛直	水平	鉛直	計算応力	許容応力
2-26B-10	止め弁	—	3.6	4.1	6.0	6.0	—	—
2-26B-12	止め弁	—	5.4	2.2	6.0	6.0	—	—

\* 応答加速度は、打ち切り振動数を50Hzとして計算した結果を示す。

本資料のうち、枠囲みの内容は、  
営業秘密又は防護上の観点から  
公開できません

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-611 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-5-3-1-2 管の耐震性についての計算書

## 目 次

1. 概要	1
2. 概略系統図及び鳥瞰図	2
2.1 概略系統図	2
2.2 鳥瞰図	8
3. 計算条件	107
3.1 荷重の組合せ及び許容応力	107
3.2 設計条件	110
3.3 材料及び許容応力	145
3.4 設計用地震力	146
4. 解析結果及び評価	147
4.1 固有周期及び設計震度	147
4.2 評価結果	165
4.2.1 管の応力評価結果	165
4.2.2 支持構造物評価結果	168
4.2.3 弁の動的機能維持評価結果	169

## 1. 概要

本計算書は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」, 「V-2-1-11 機器・配管の耐震支持設計方針」及び「V-2-1-14-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」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又は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通りである。

### (1) 管

工事計画記載範囲の管のうち, 各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また, 各応力区分における最大応力評価点の許容値/発生値(裕度)が最小となる解析モデルを代表として記載する。

### (2) 支持構造物

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

### (3) 弁

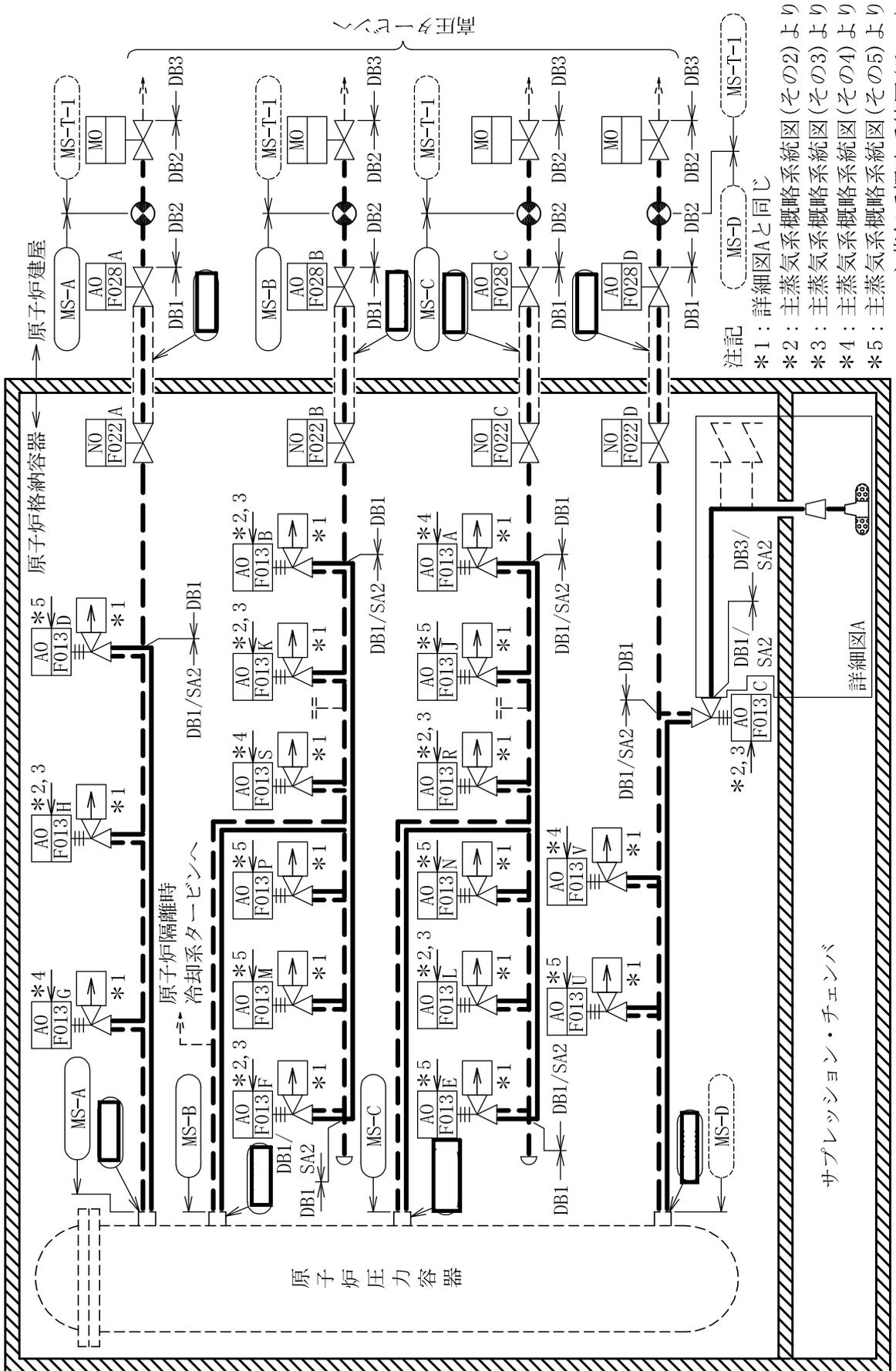
機能確認済加速度の応答加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として評価結果を記載する。

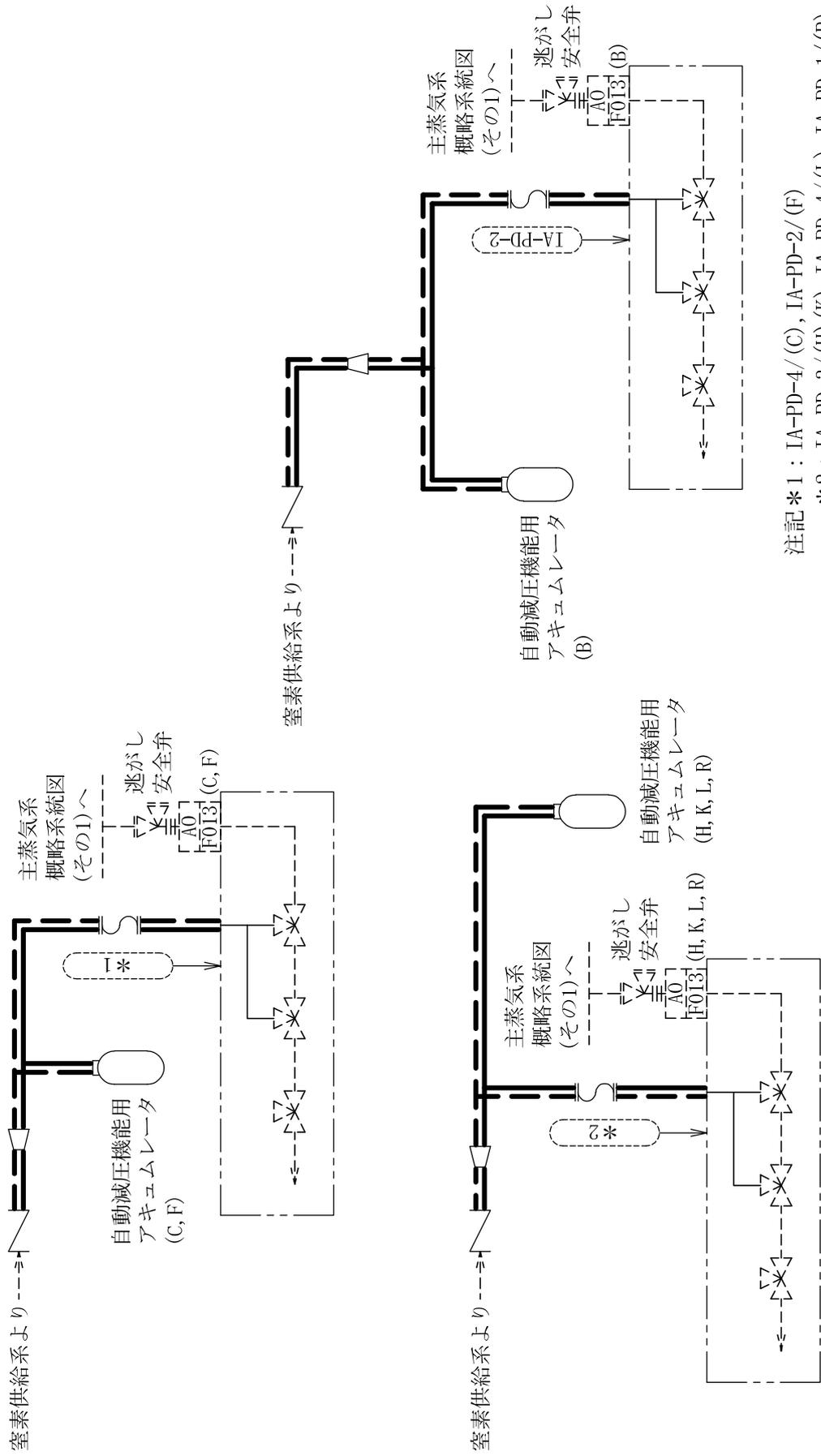
2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例

記号	内容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管 (重大事故等対処設備)
 (太破線)	工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管 (設計基準対象施設)
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち，本系統の管であって他 計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管の うち，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 (評価結果を記載する範囲)
	鳥瞰図番号 (評価結果の記載を省略する範囲)
	アンカ
[管クラス] DB1 DB2 DB3 DB4 SA2 SA3 DB1/SA2 DB2/SA2 DB3/SA2 DB4/SA2	クラス1管 クラス2管 クラス3管 クラス4管 重大事故等クラス2管 重大事故等クラス3管 重大事故等クラス2管であってクラス1管 重大事故等クラス2管であってクラス2管 重大事故等クラス2管であってクラス3管 重大事故等クラス2管であってクラス4管

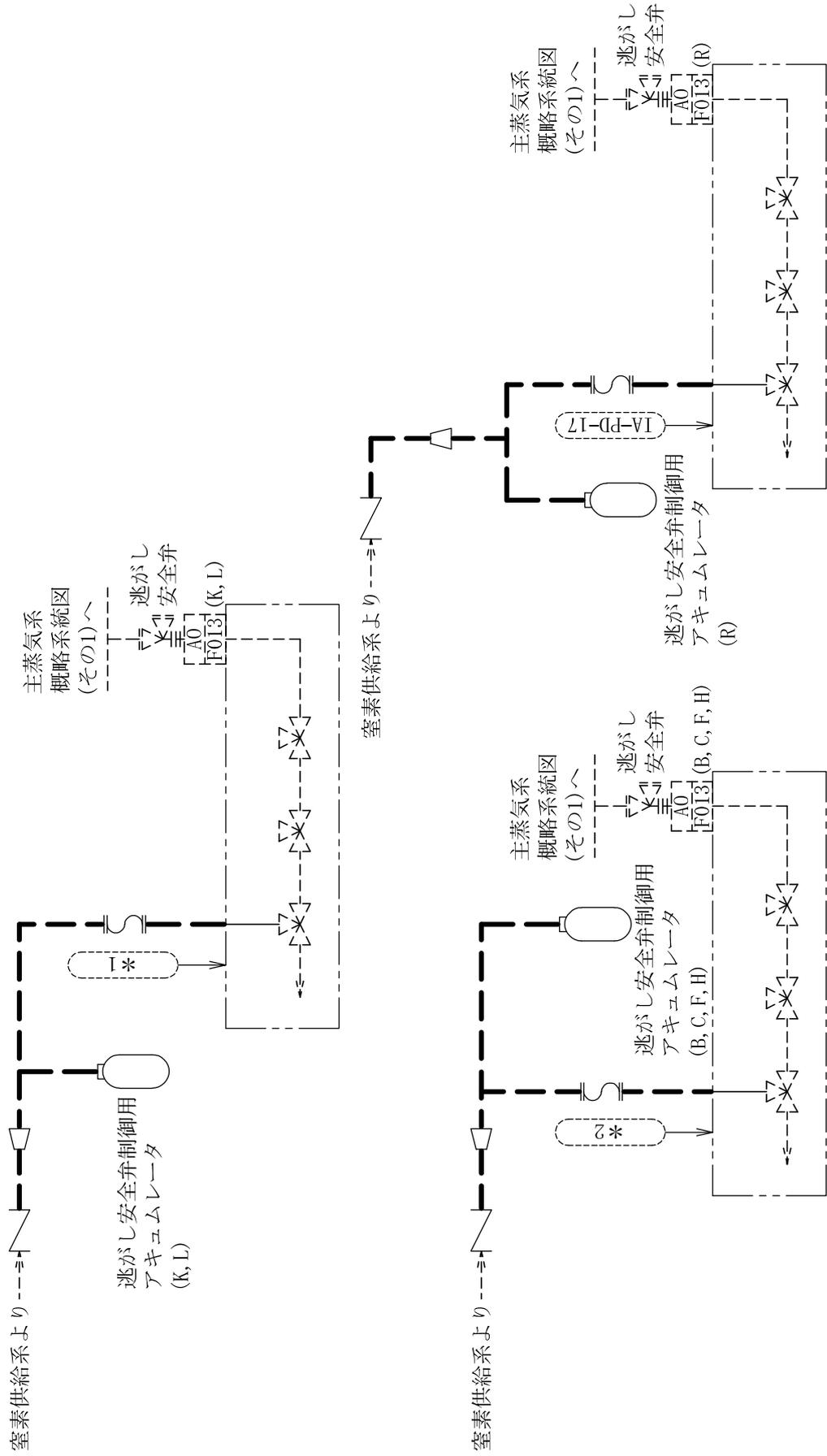




[注] 太破線範囲の管クラス : DB3  
太線範囲の管クラス : SA2

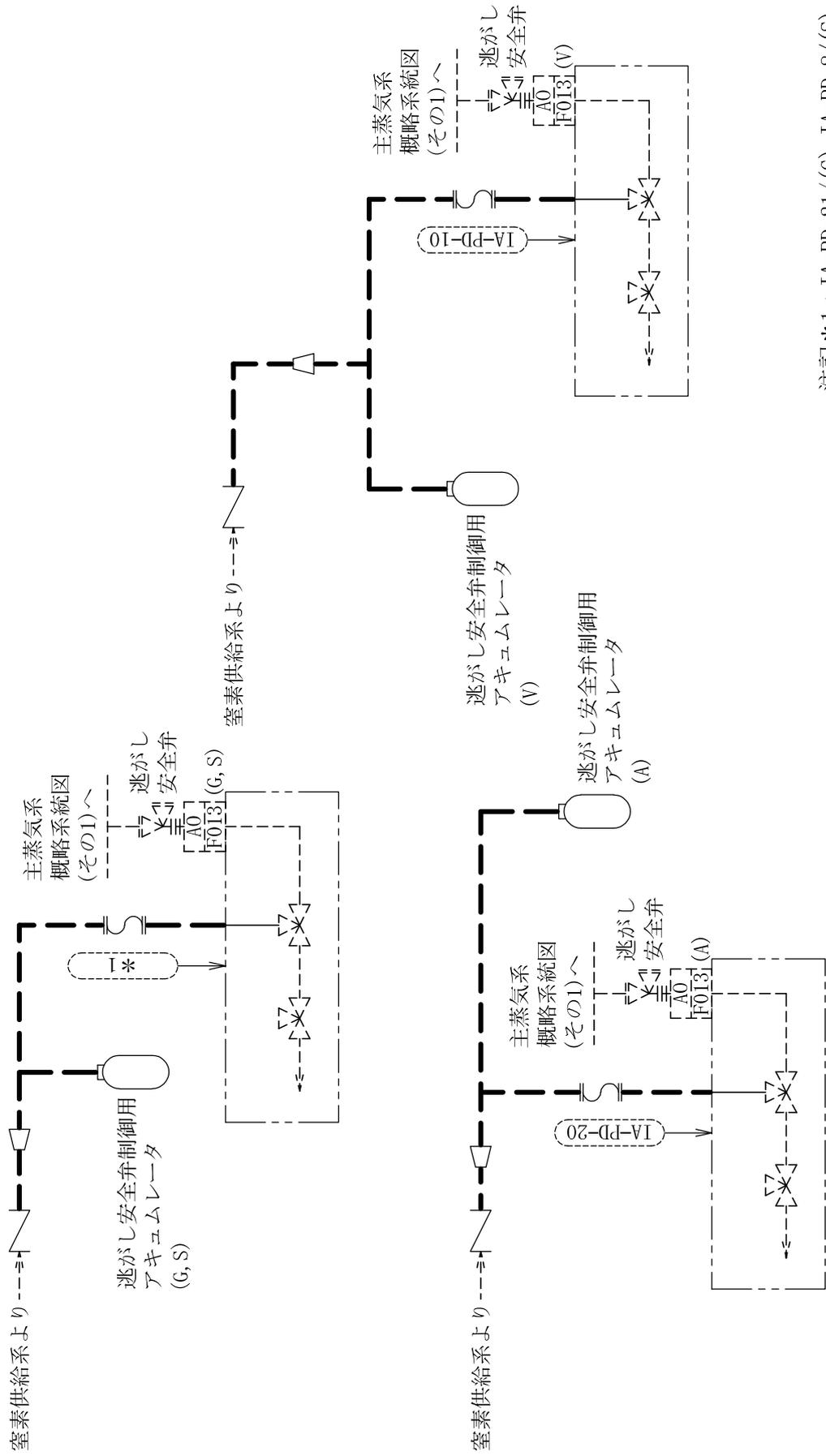
主蒸気系概略系統図 (その2)

注記\*1 : IA-PD-9/(K), IA-PD-15/(L)  
 \*2 : IA-PD-11/(B), IA-PD-22/(C), IA-PD-5/(F), IA-PD-12/(H)



[注] 太破線範囲の管クラス : DB3

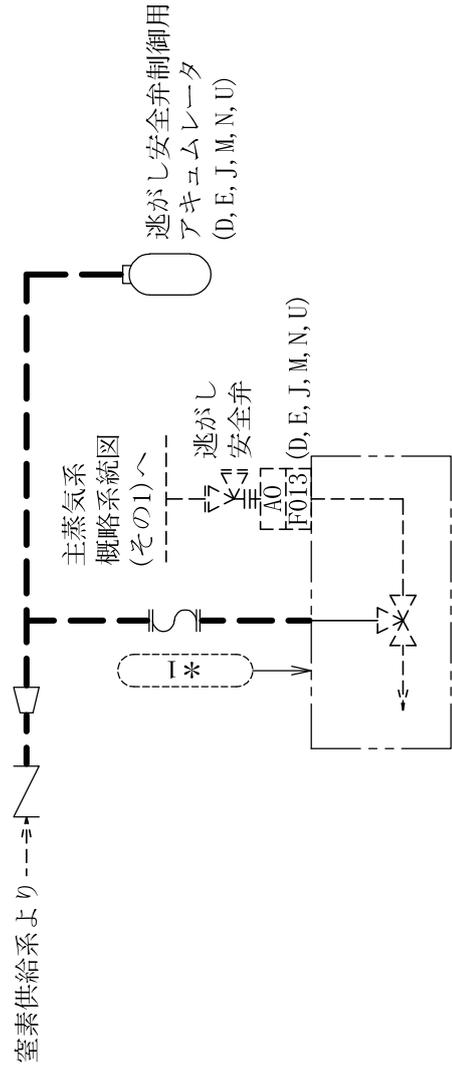
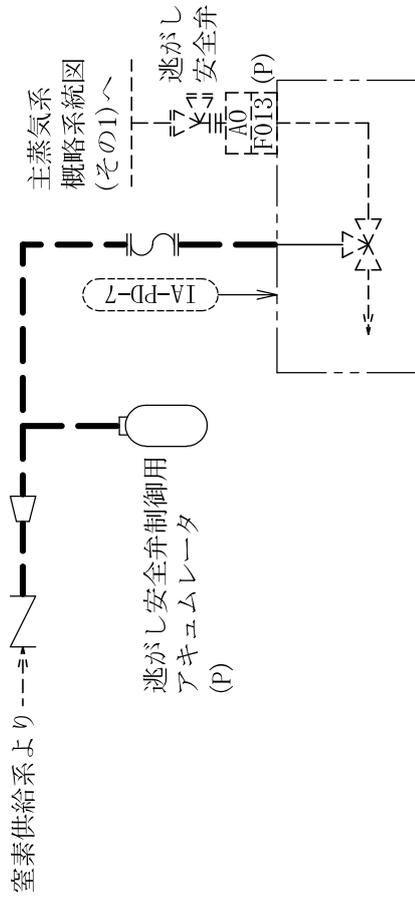
主蒸気系概略系統図 (その3)



[注] 太破線範囲の管クラス：DB3

注記\*1：IA-PD-21/(G), IA-PD-8/(S)

主蒸気系概略系統図(その4)



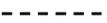
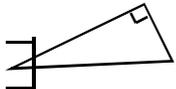
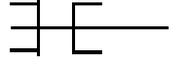
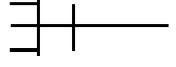
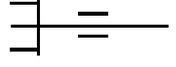
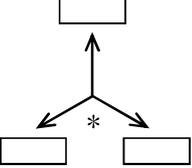
[注] 太破線範囲の管クラス：DB3

注記\*1： IA-PD-13/(D), IA-PD-14/(E), IA-PD-18/(J)  
IA-PD-6/(M), IA-PD-16/(N), IA-PD-19/(U)

主蒸気系概略系統図(その5)

2.2 鳥瞰図

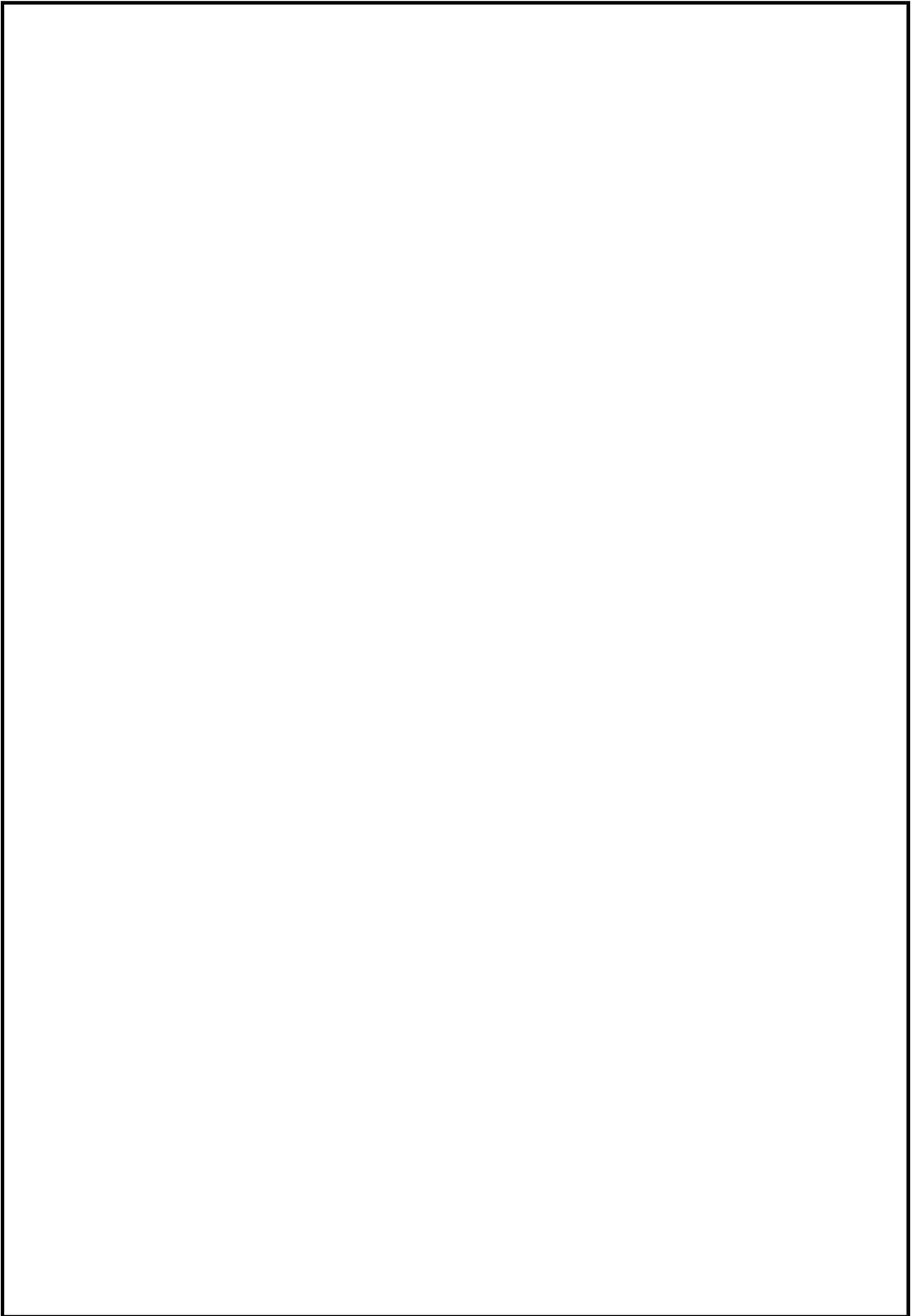
鳥瞰図記号凡例

記号	内容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (重大事故等対処設備の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(SA)」, 設計基準対象施設の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(DB)」とする。)
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち、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。スナッパについても同様とする。)
	スナッパ
	ガイド
	ハンガ
	リジットハンガ
	拘束点の地震による相対変位量(mm) (* は評価点番号, 矢印は拘束方向を示す。また, <span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 20px; height: 10px; vertical-align: middle;"></span> 内に 変位量を記載する。)

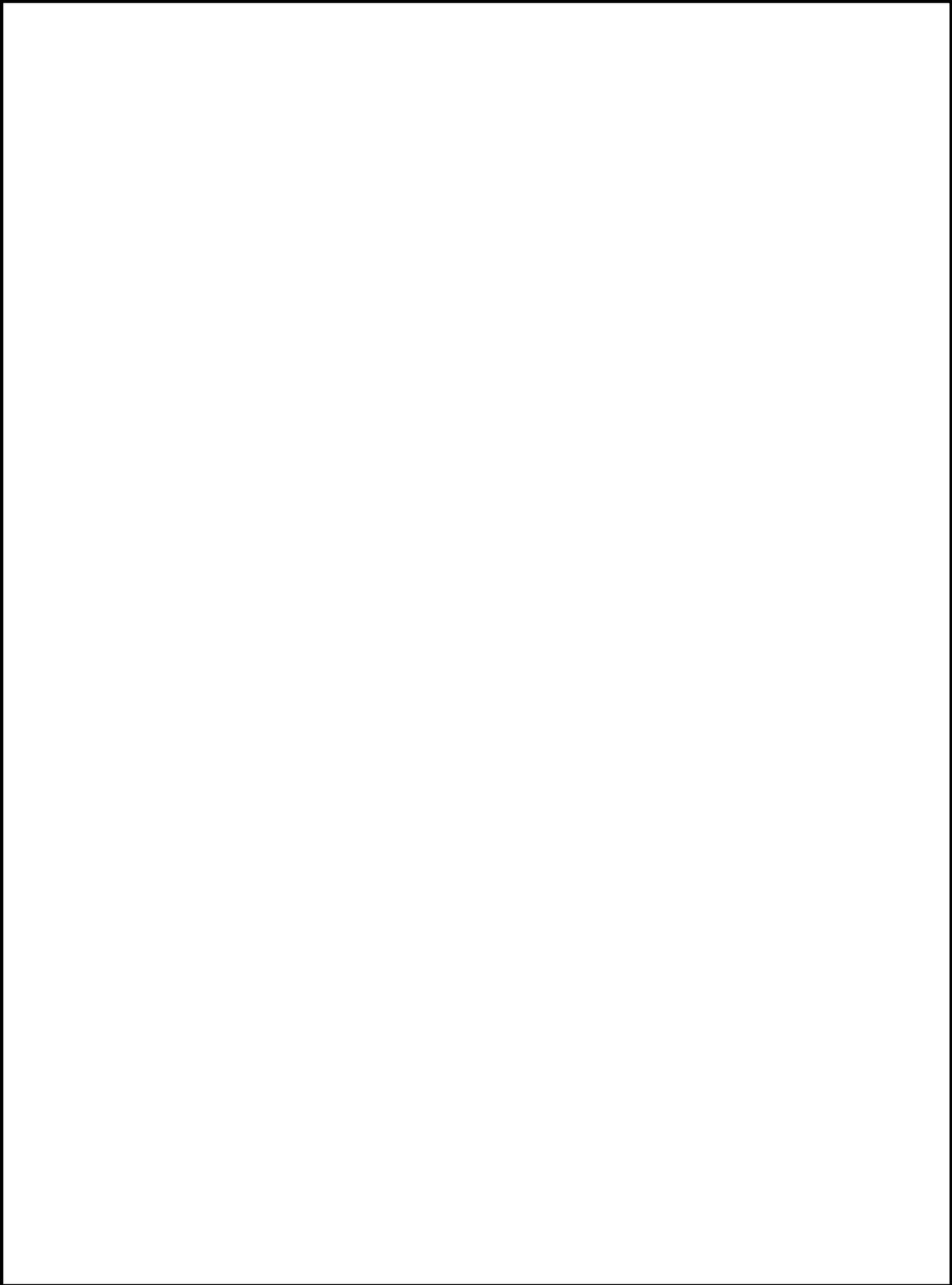
注： 鳥瞰図中の寸法の単位はmmである。

NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0

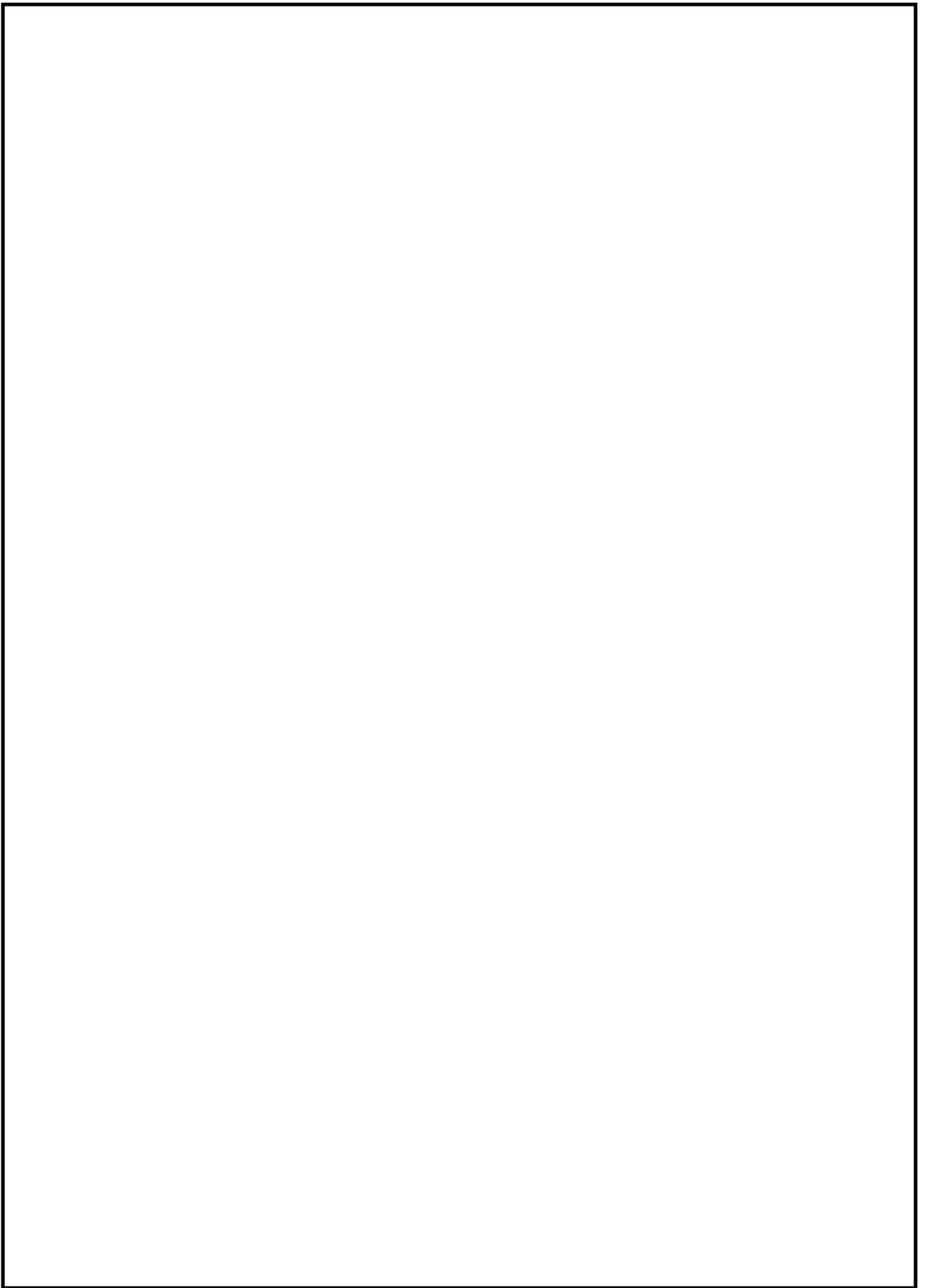
NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0



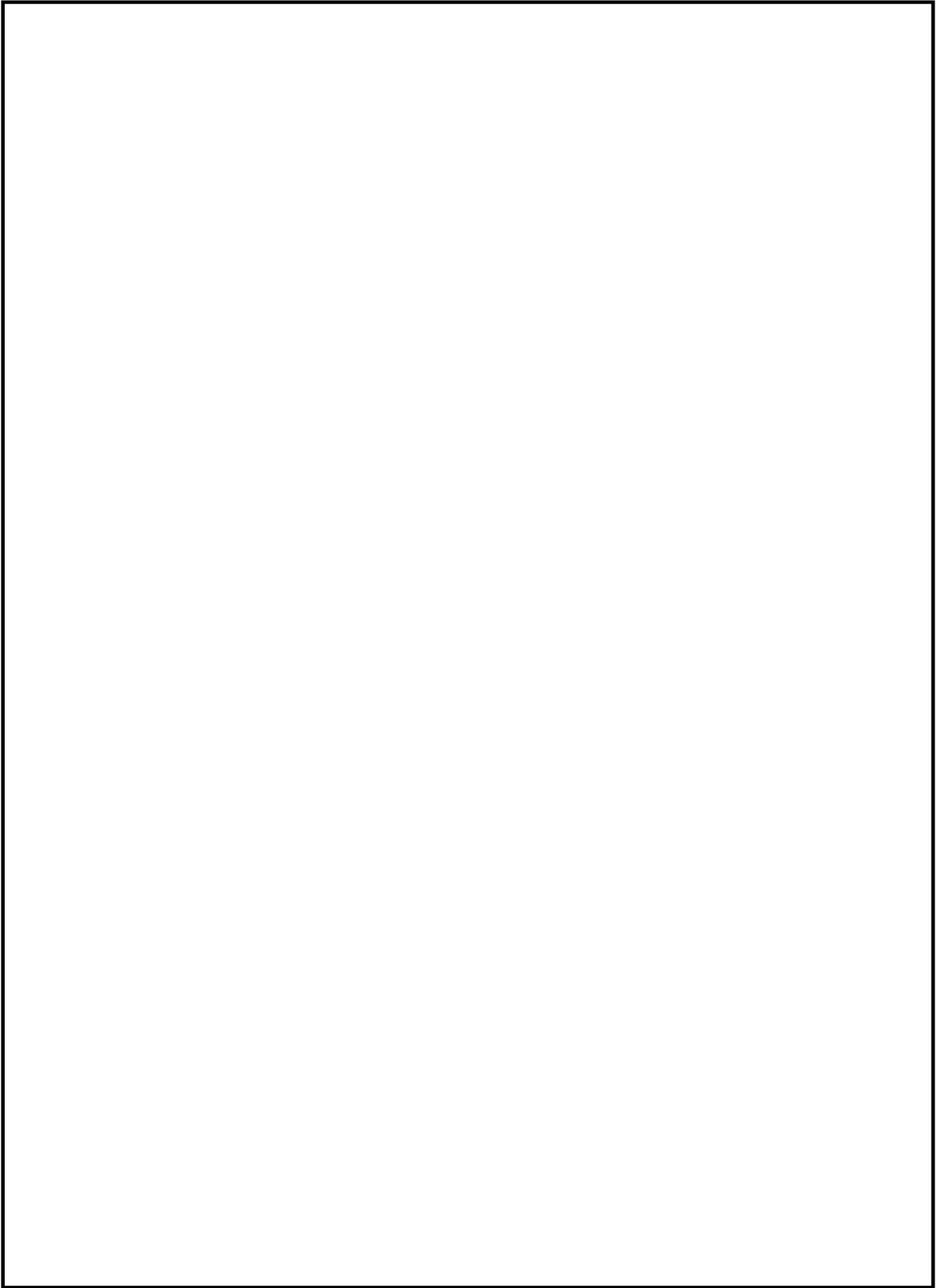
NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0



NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0

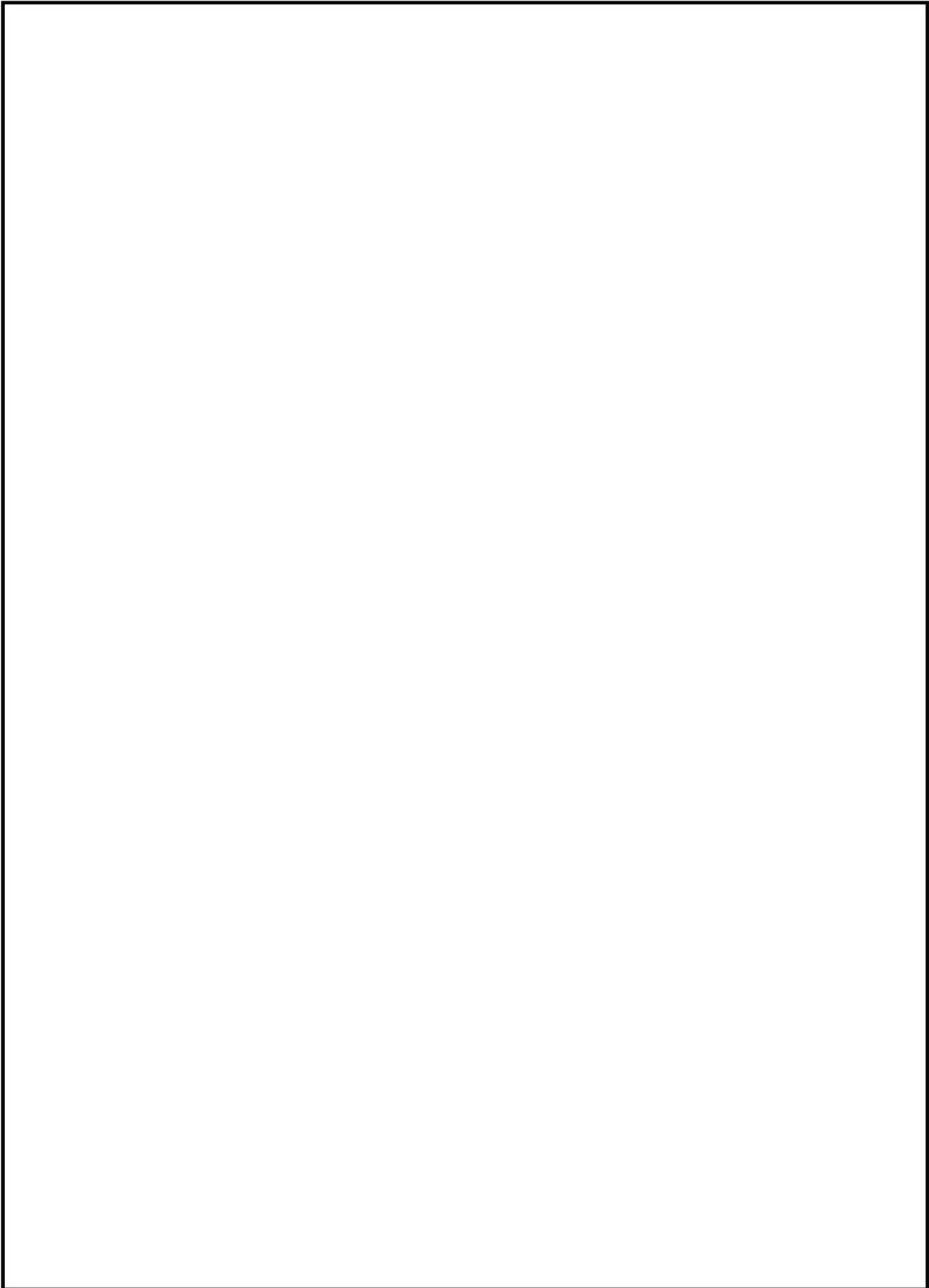


NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0

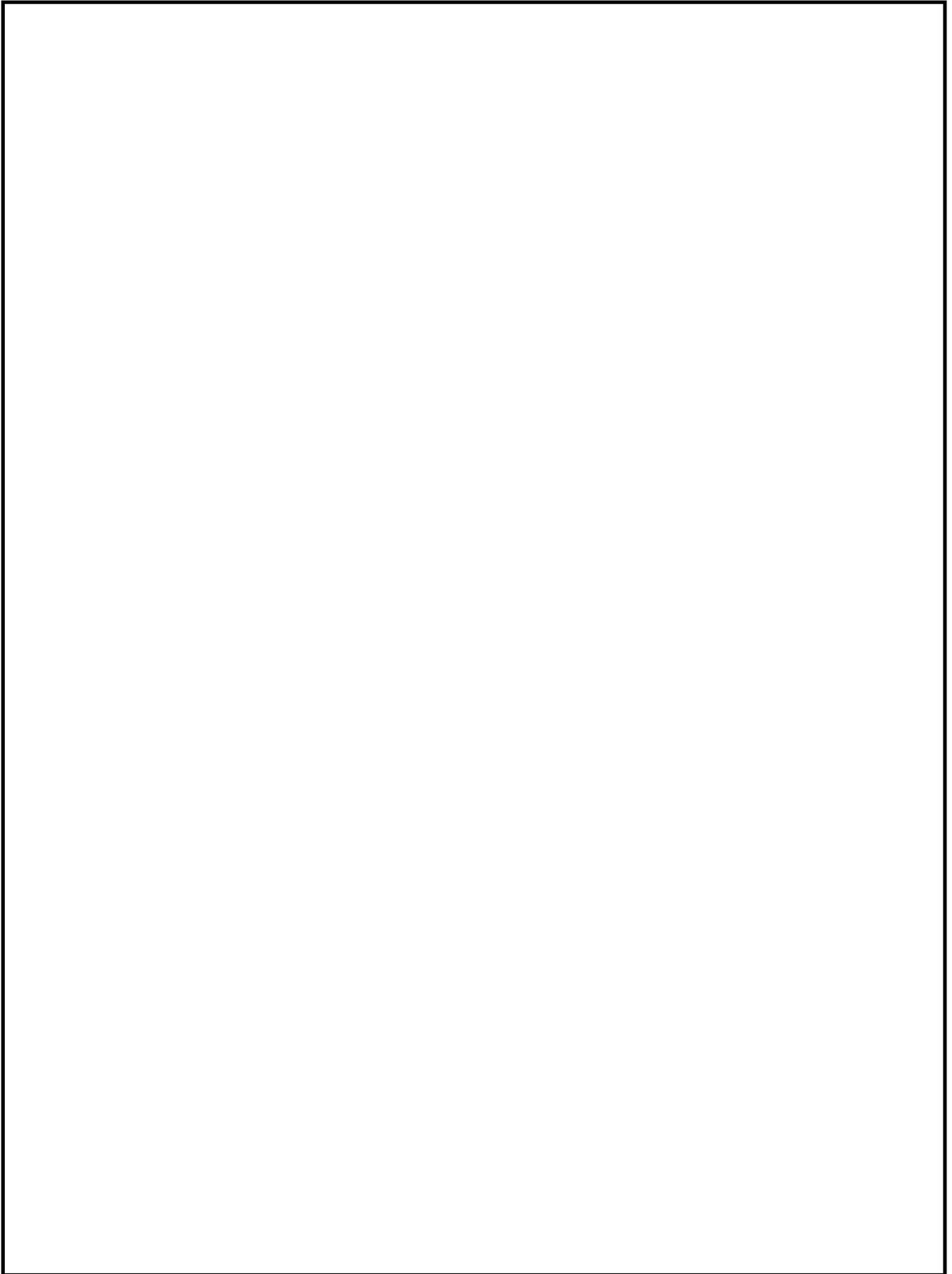


NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0

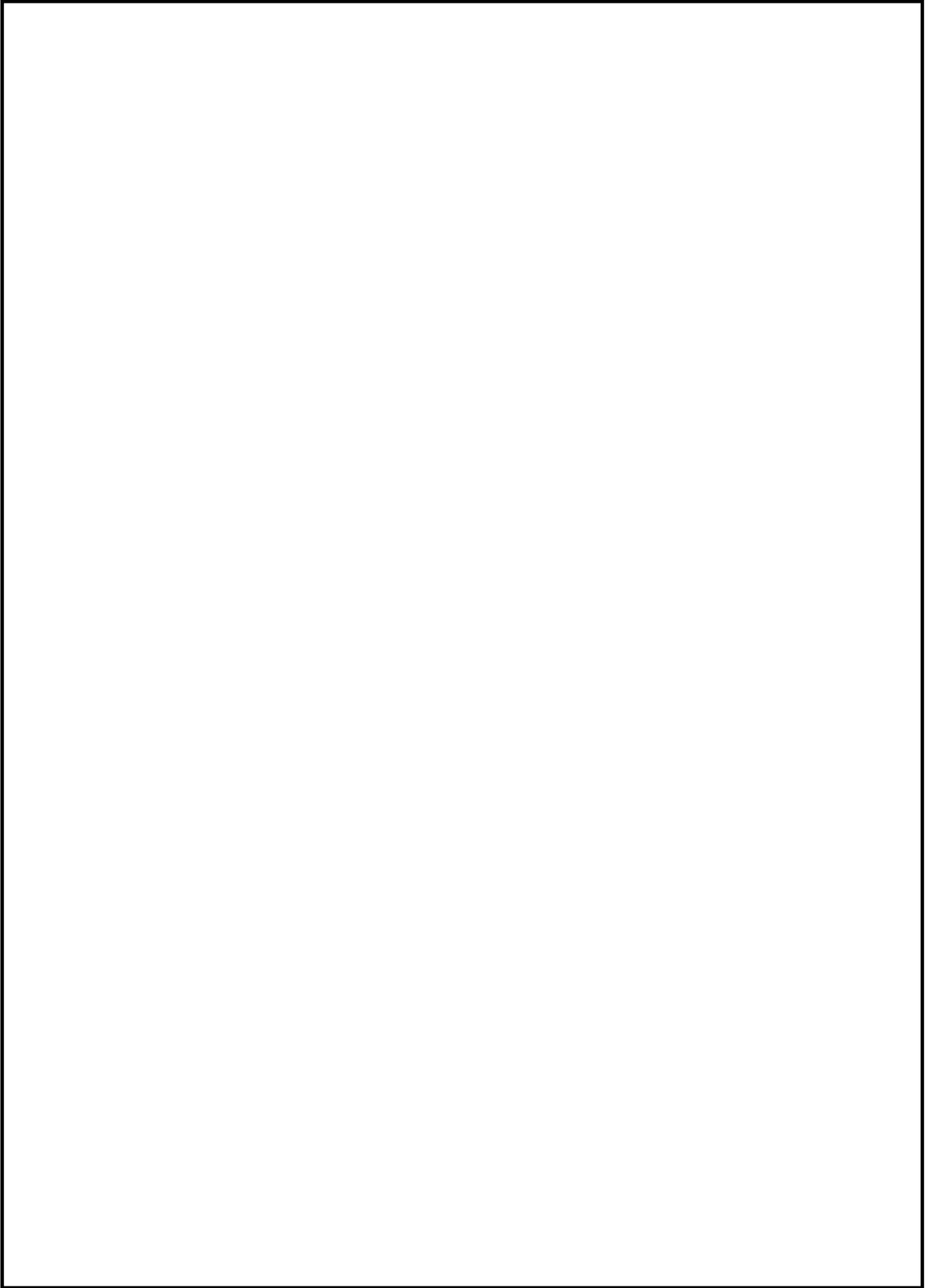
NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0



NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0

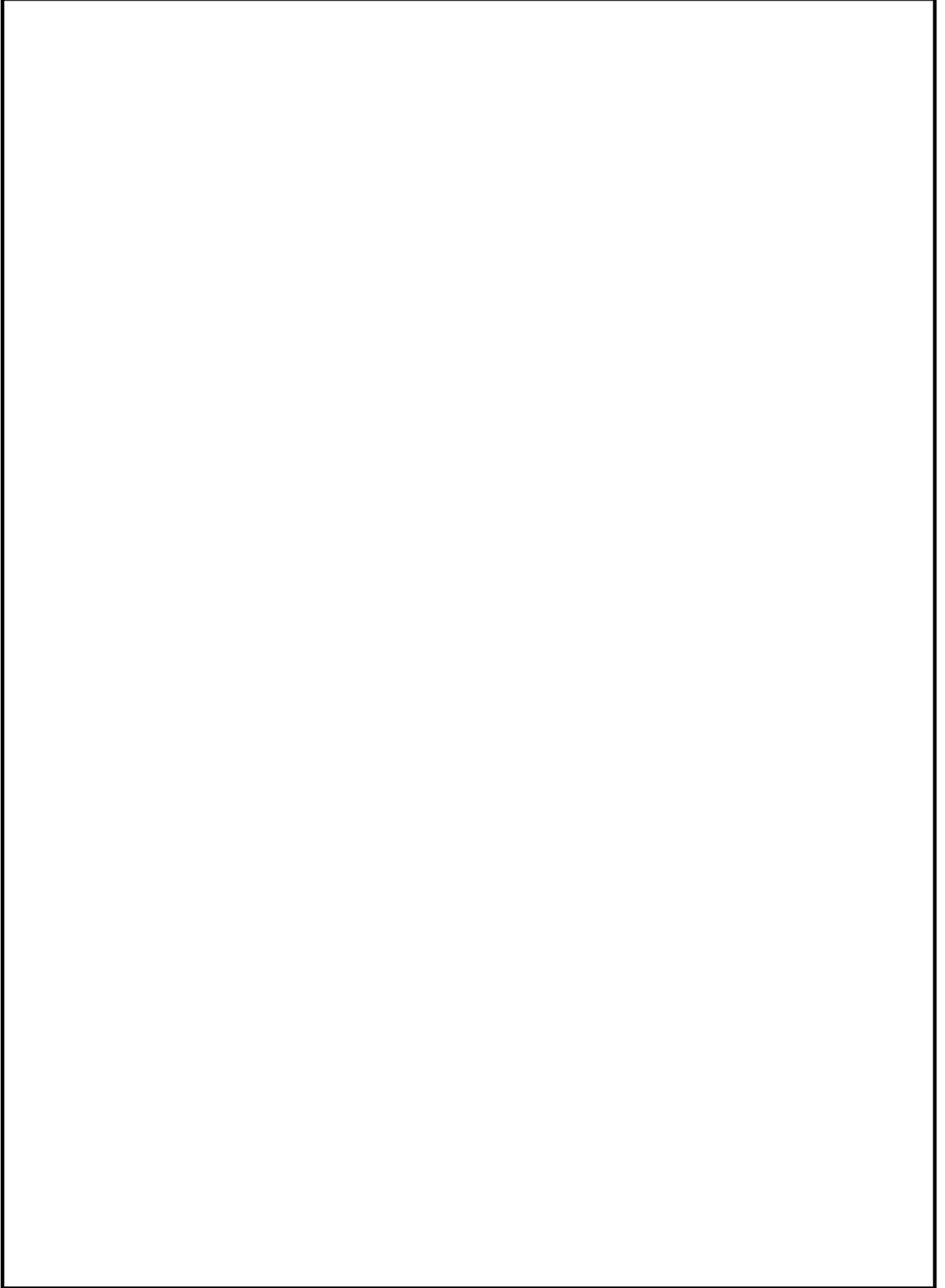


NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0



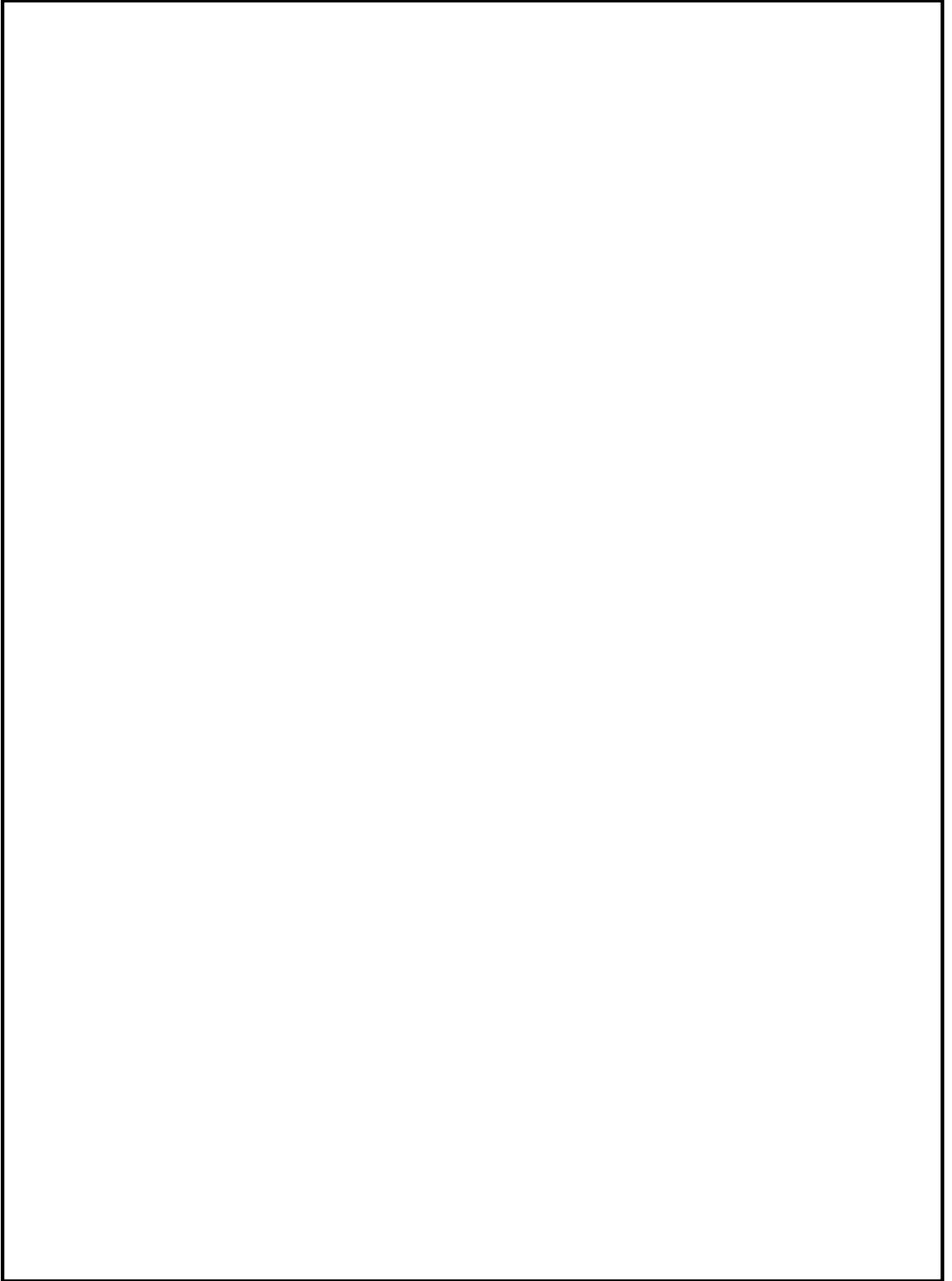
NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0

NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0

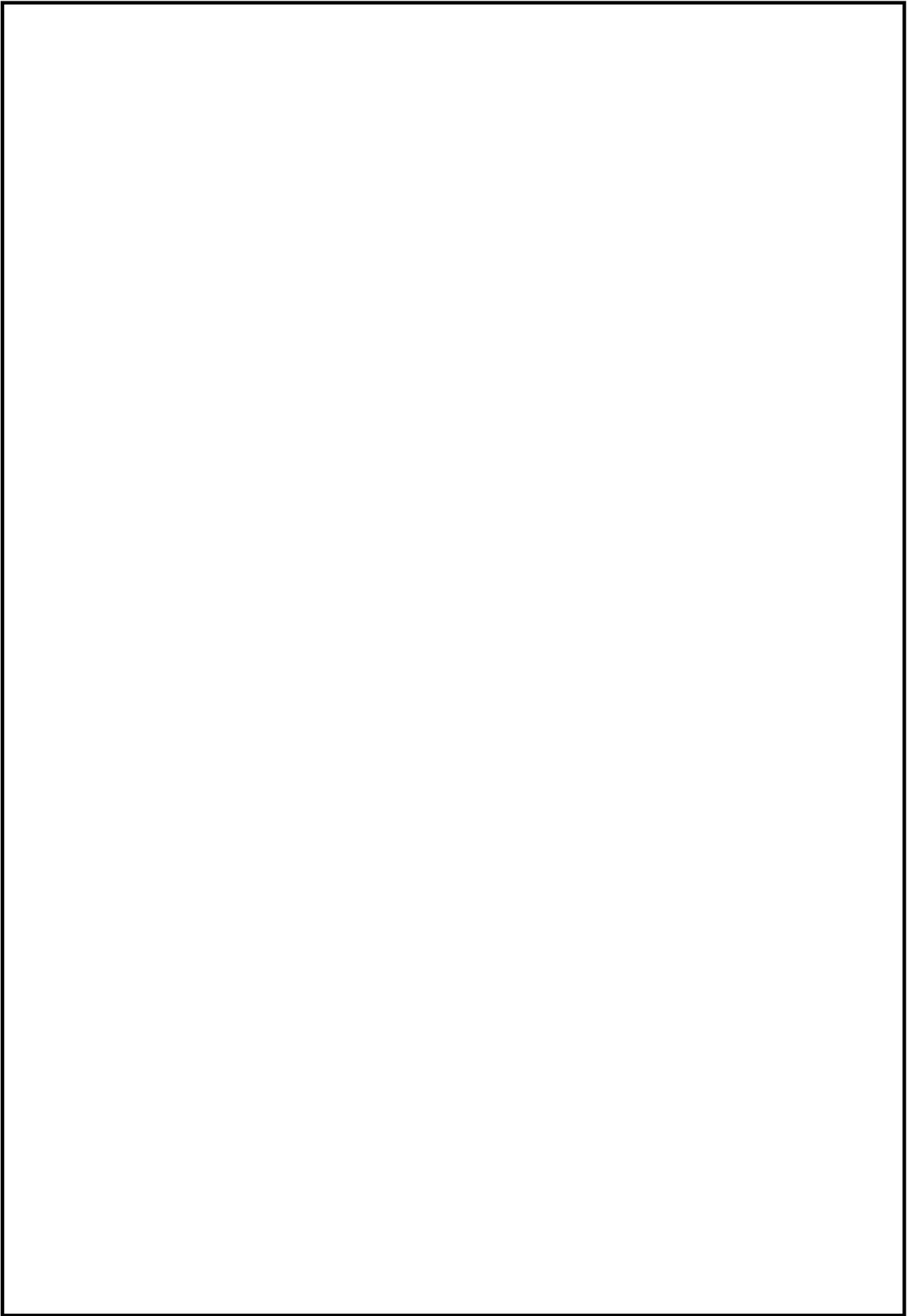


NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0

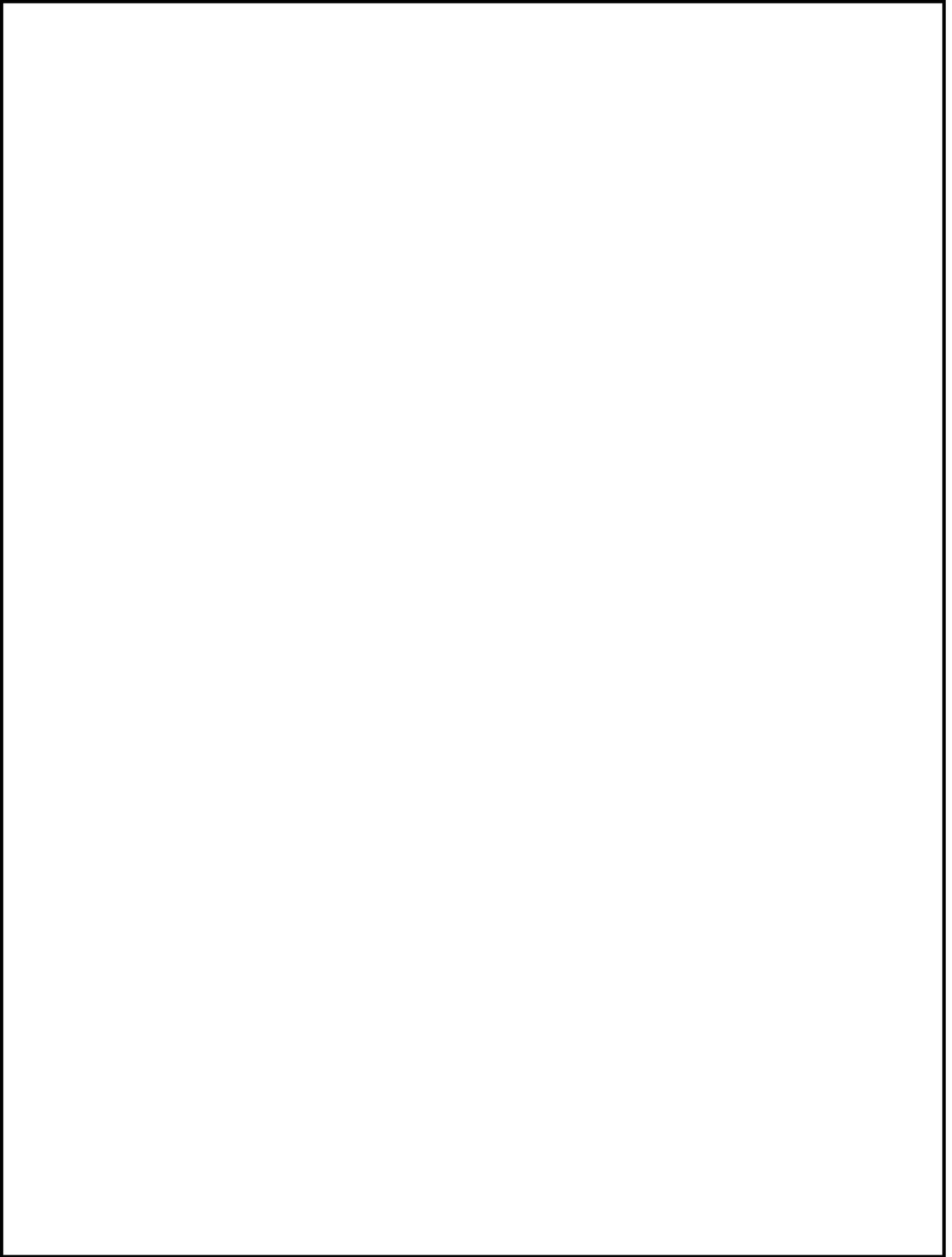
NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0



NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0

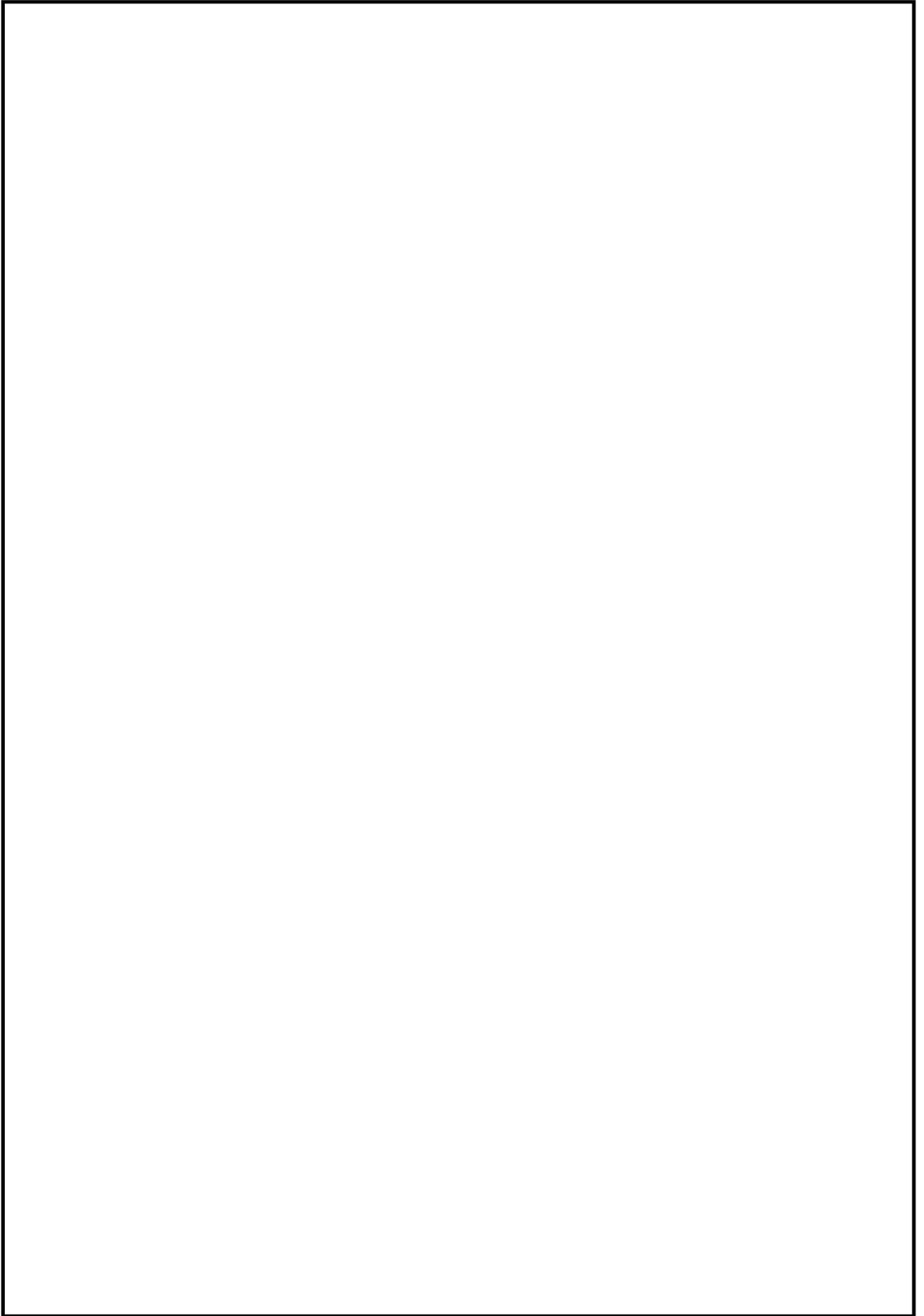


NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0



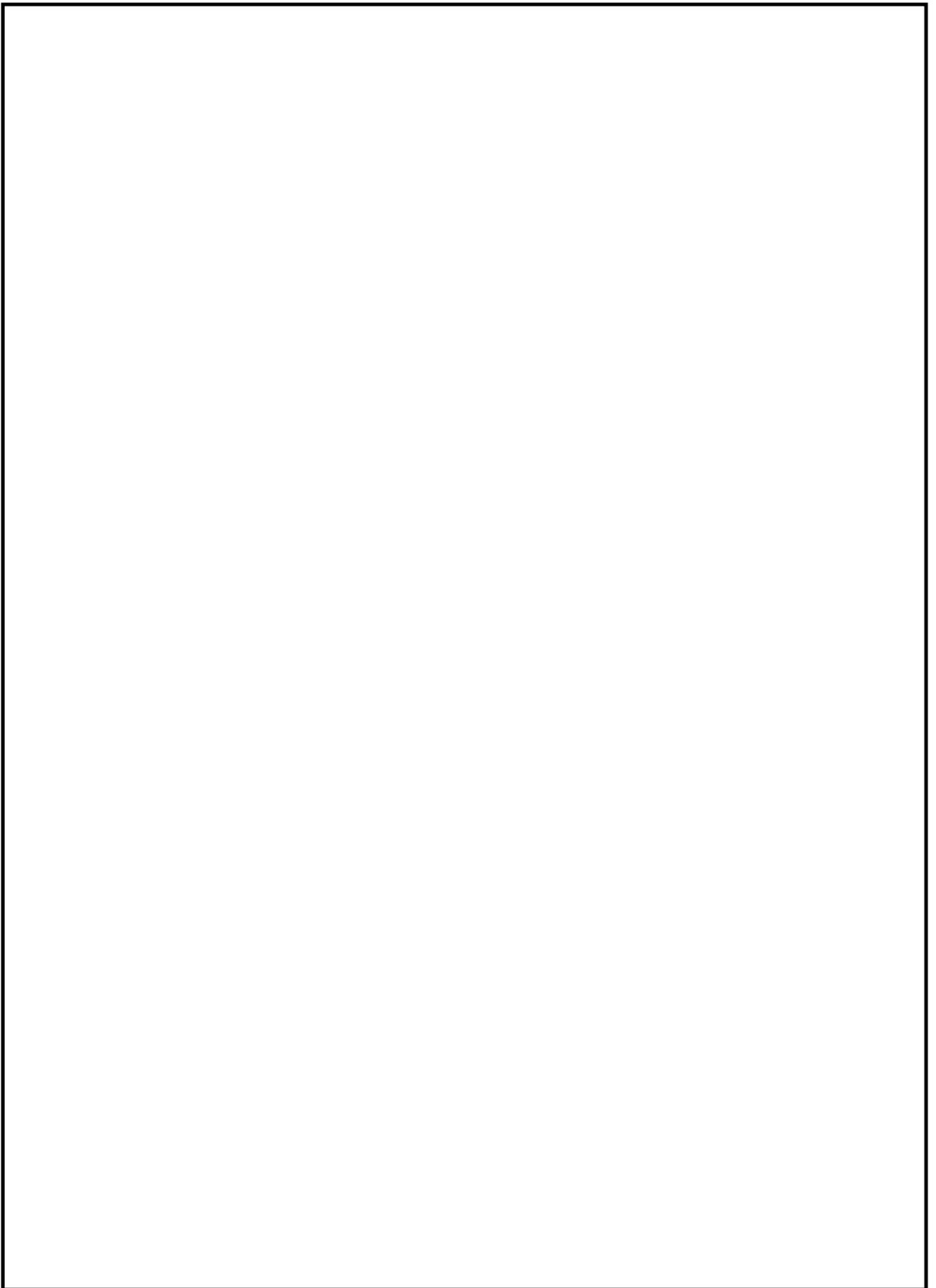
NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0

NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0

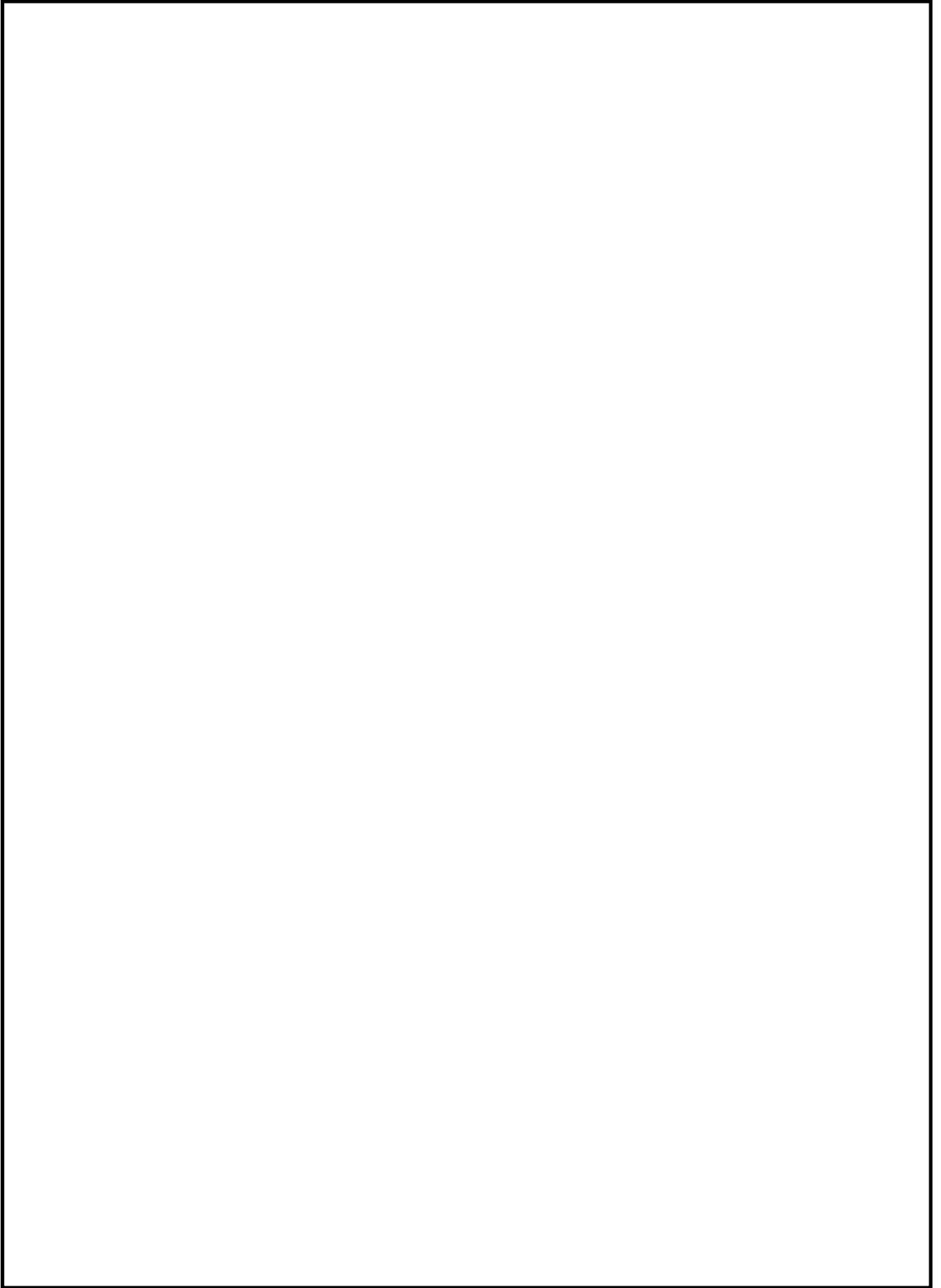


NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0

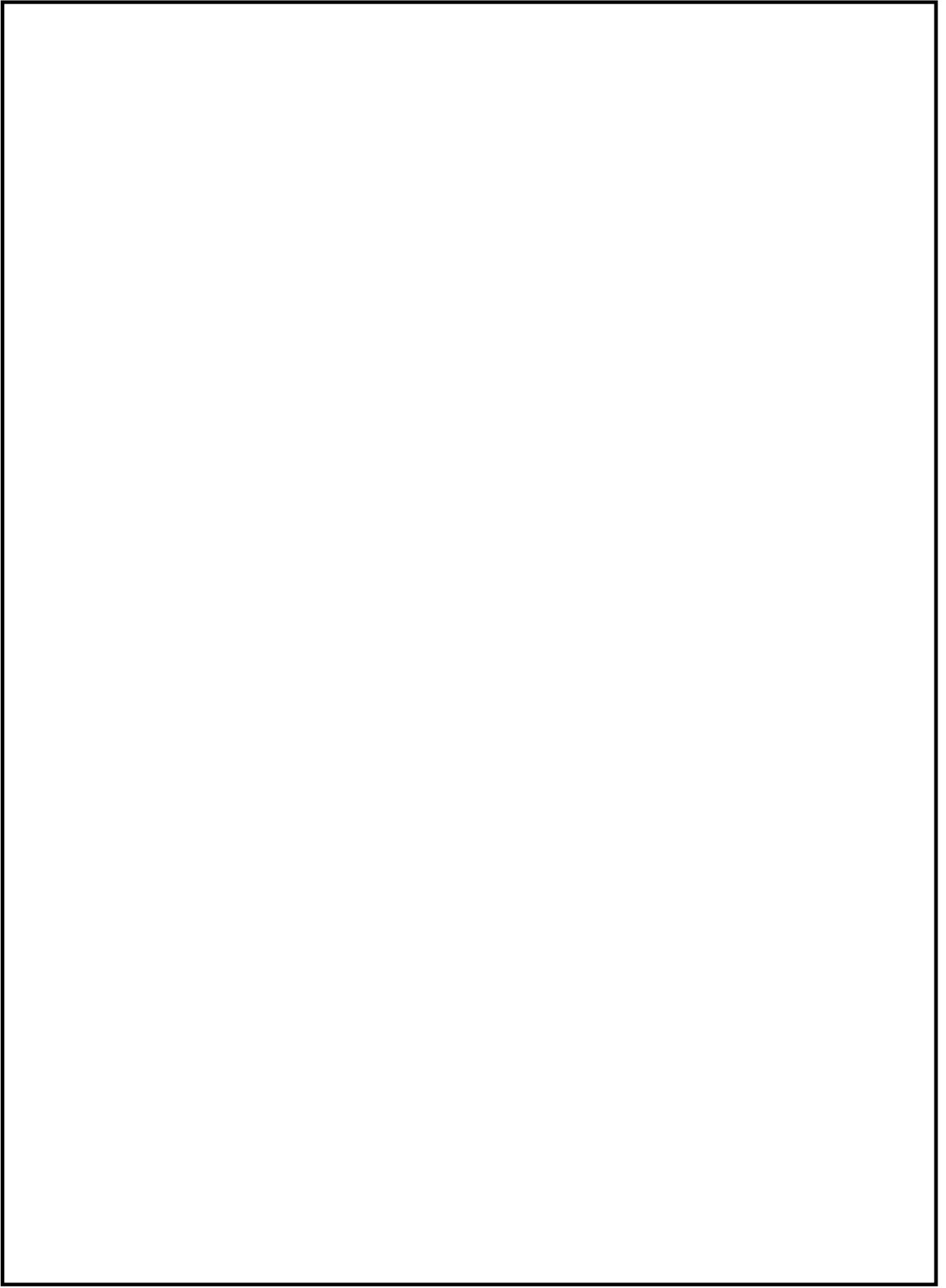
NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0



NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0



NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0



NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0

NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0

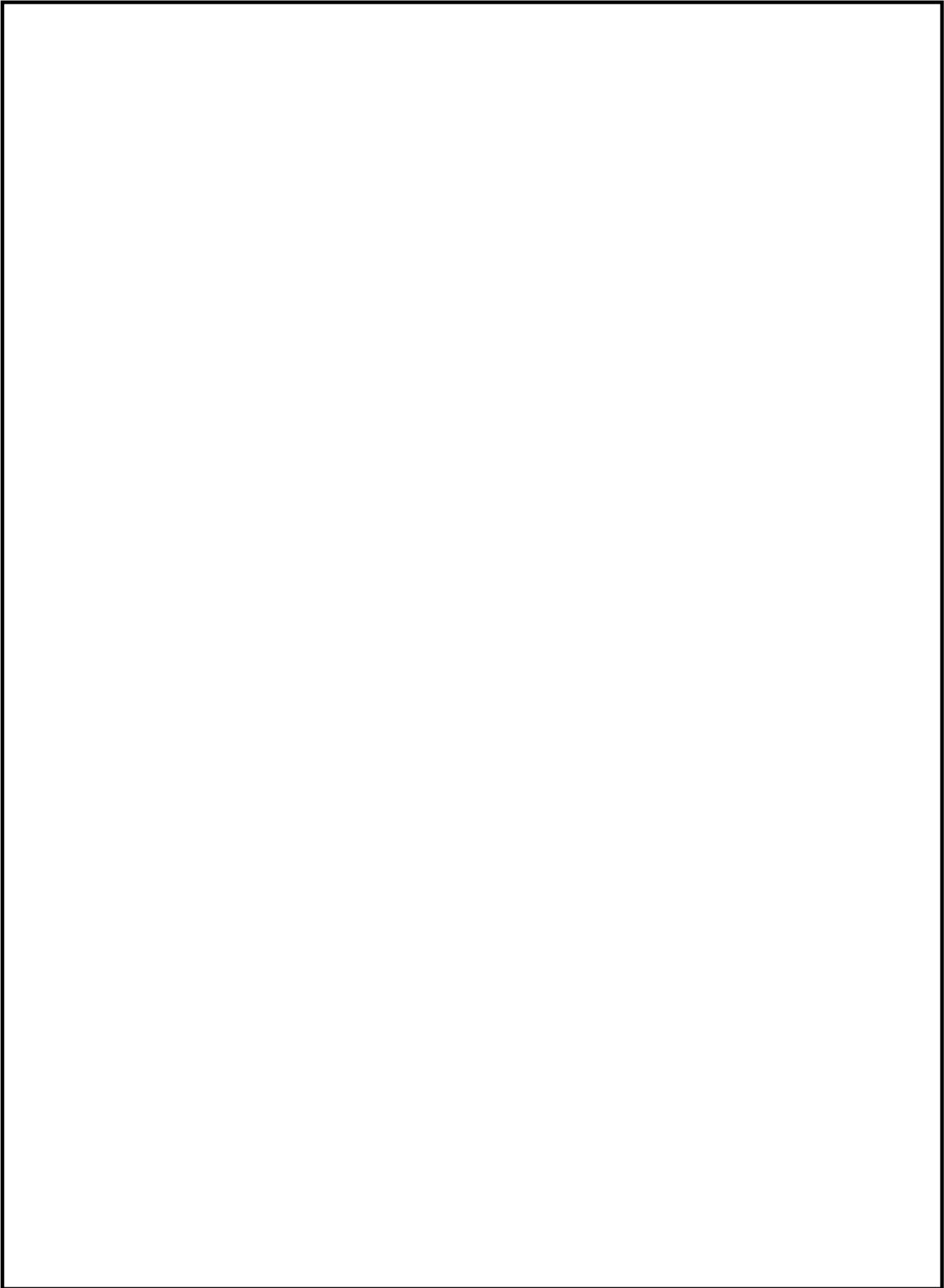


NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0

NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0



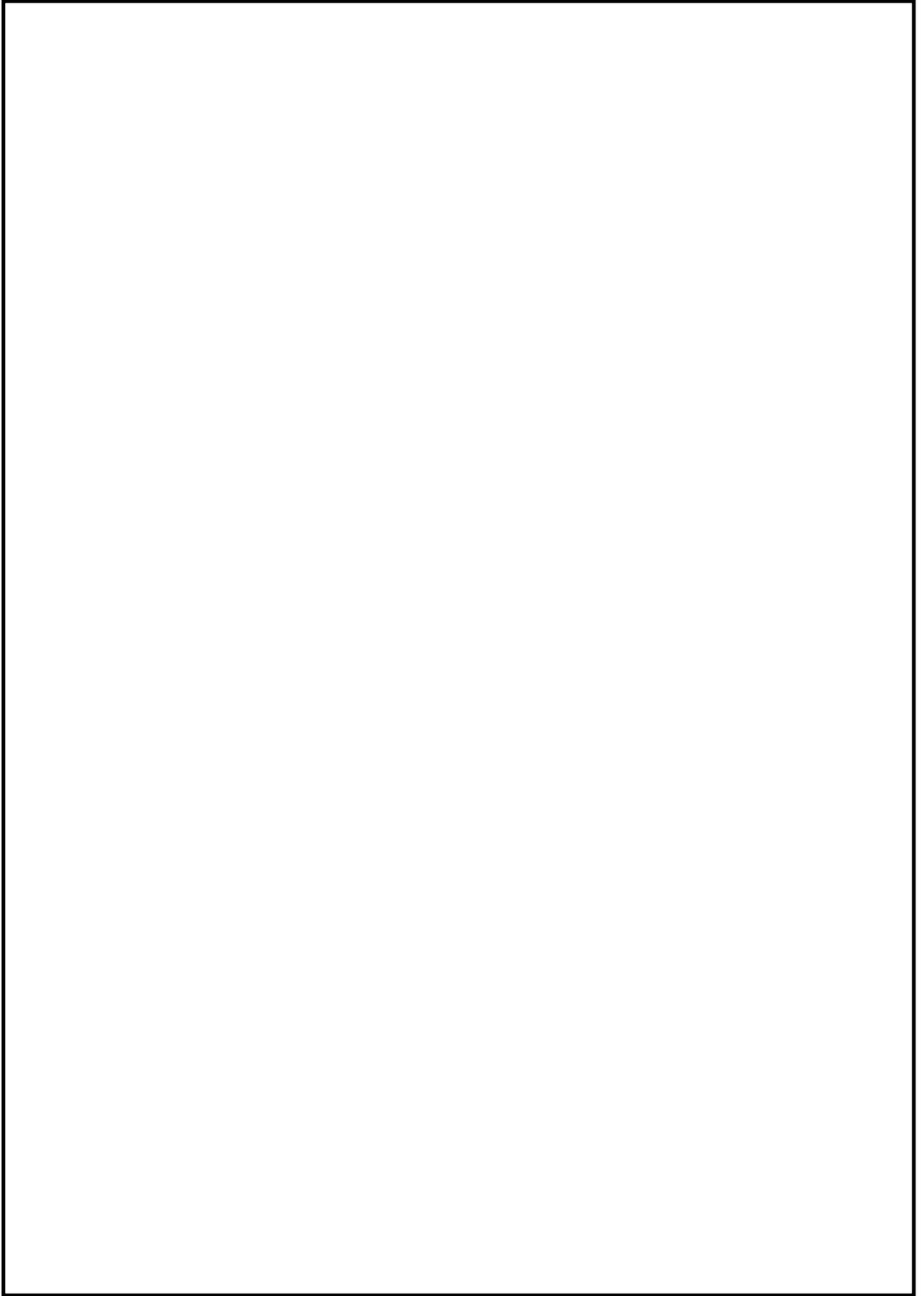
NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0



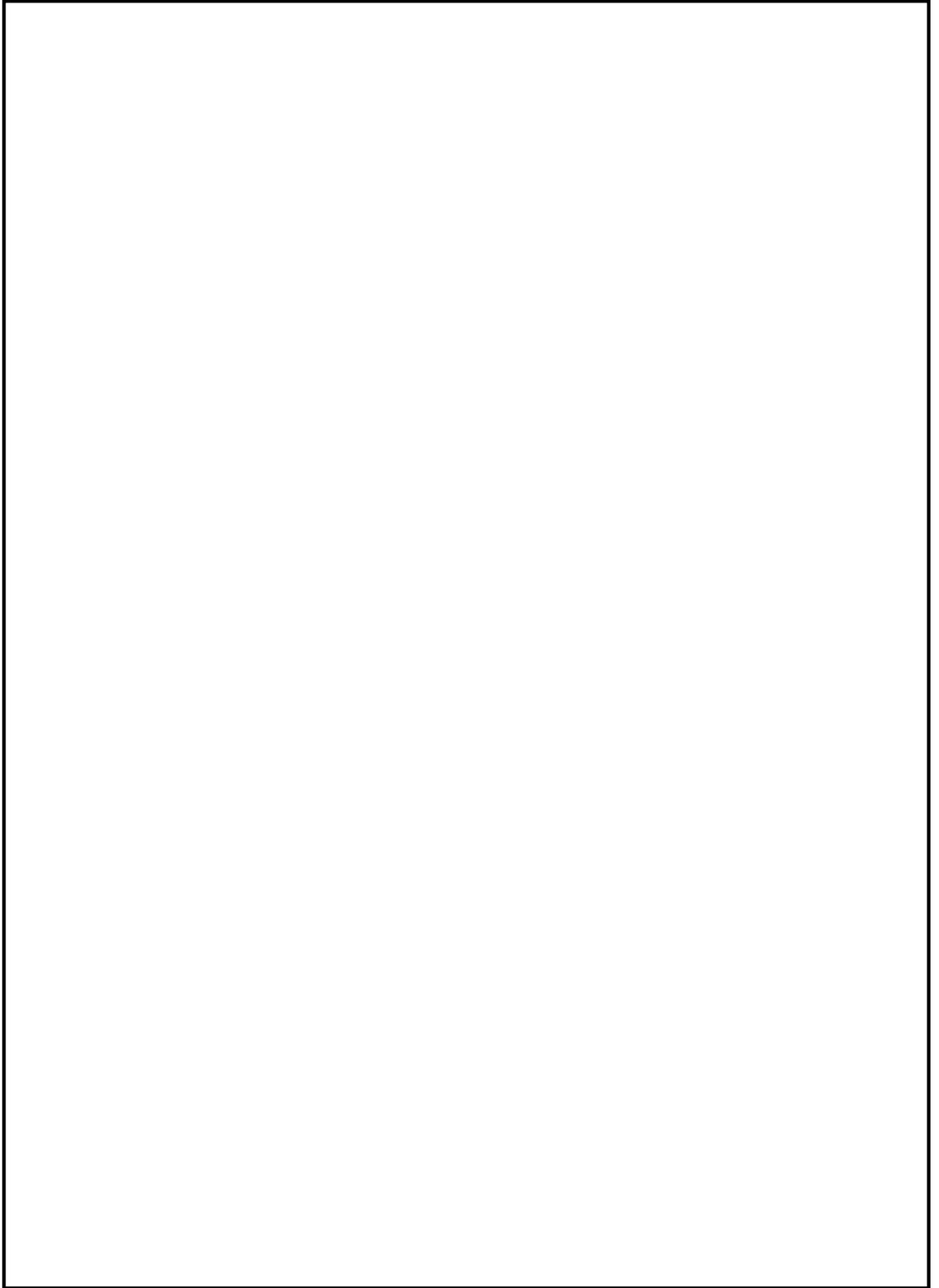
NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0

NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0

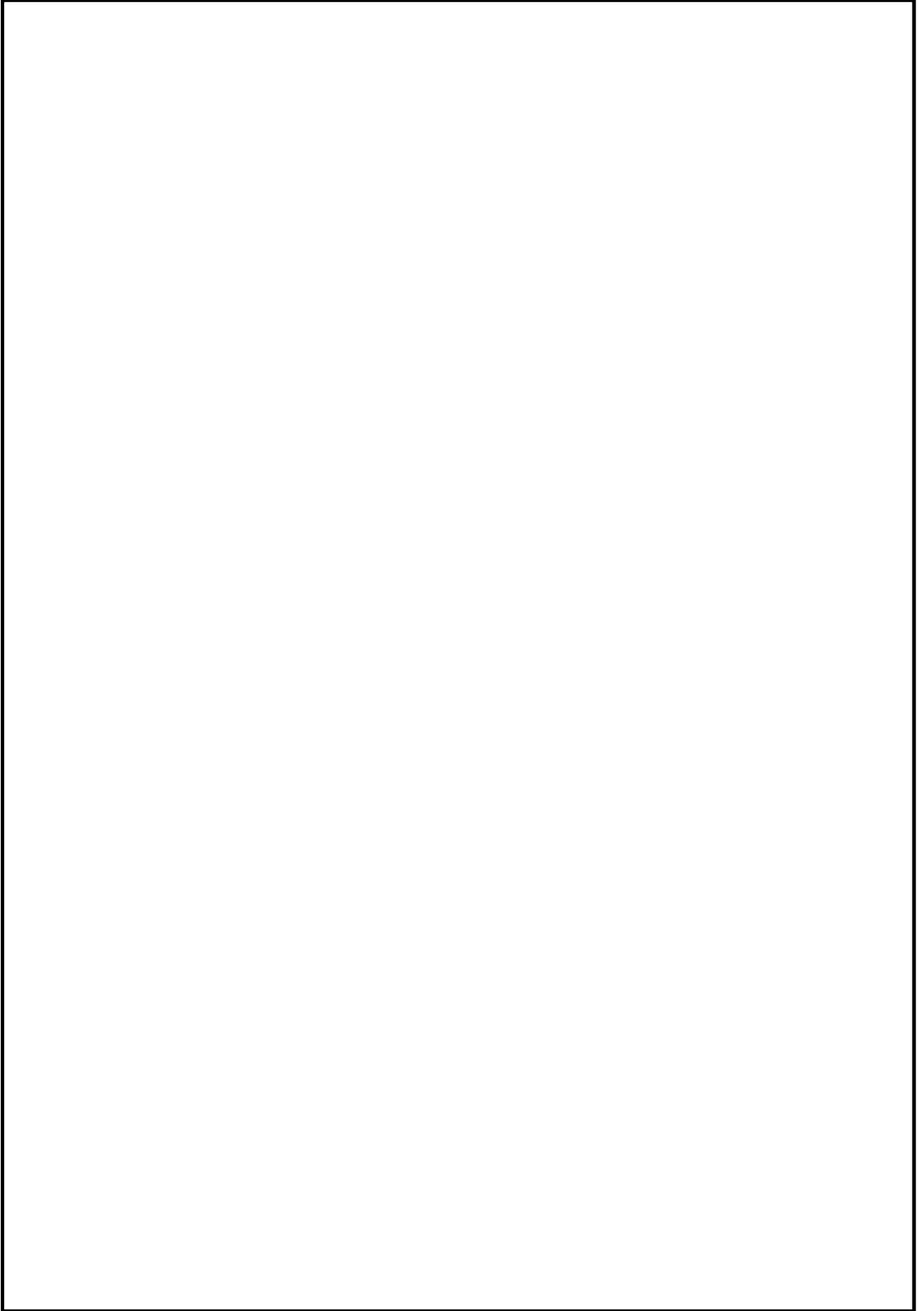
NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0



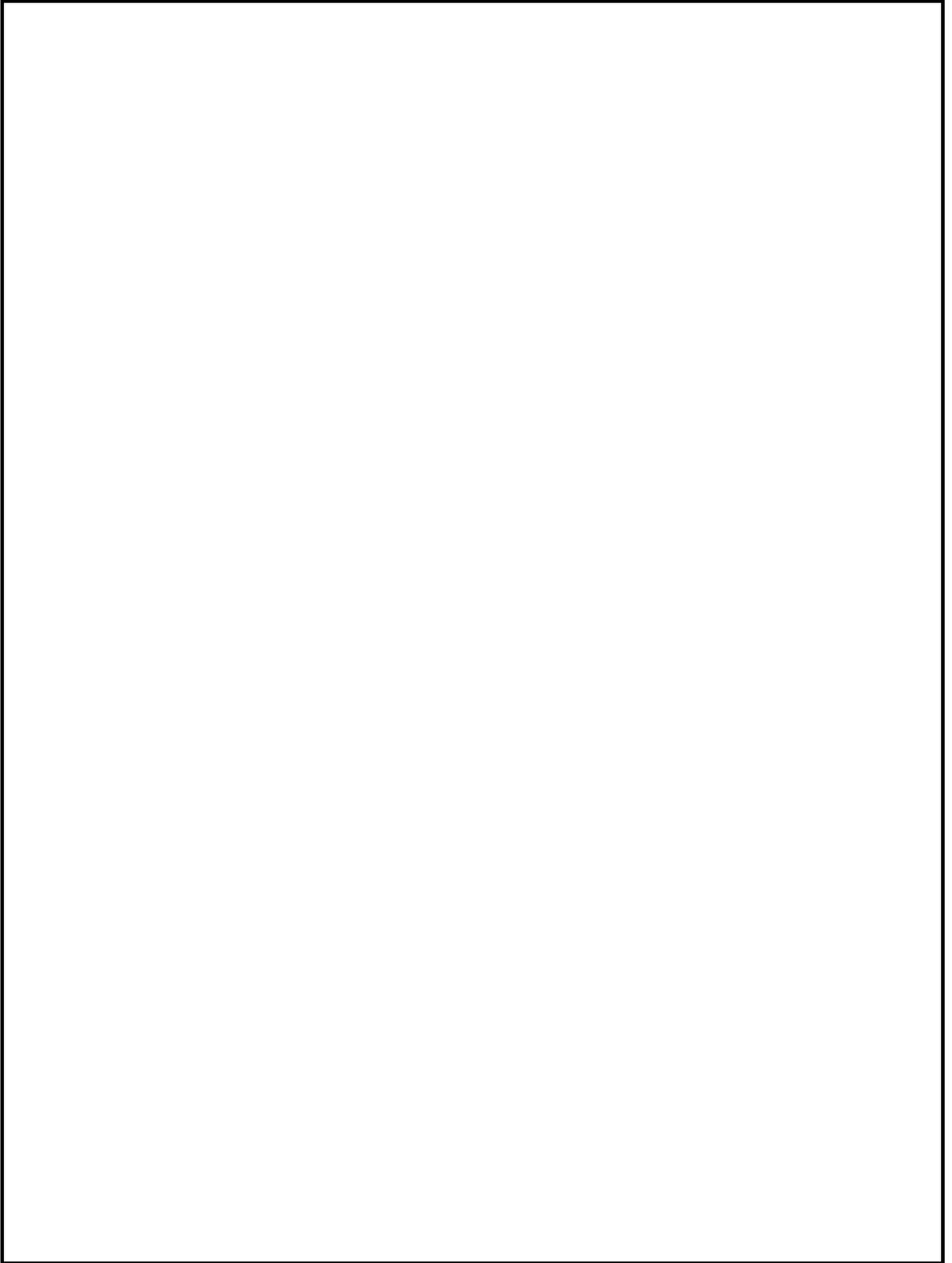
NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0



NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0

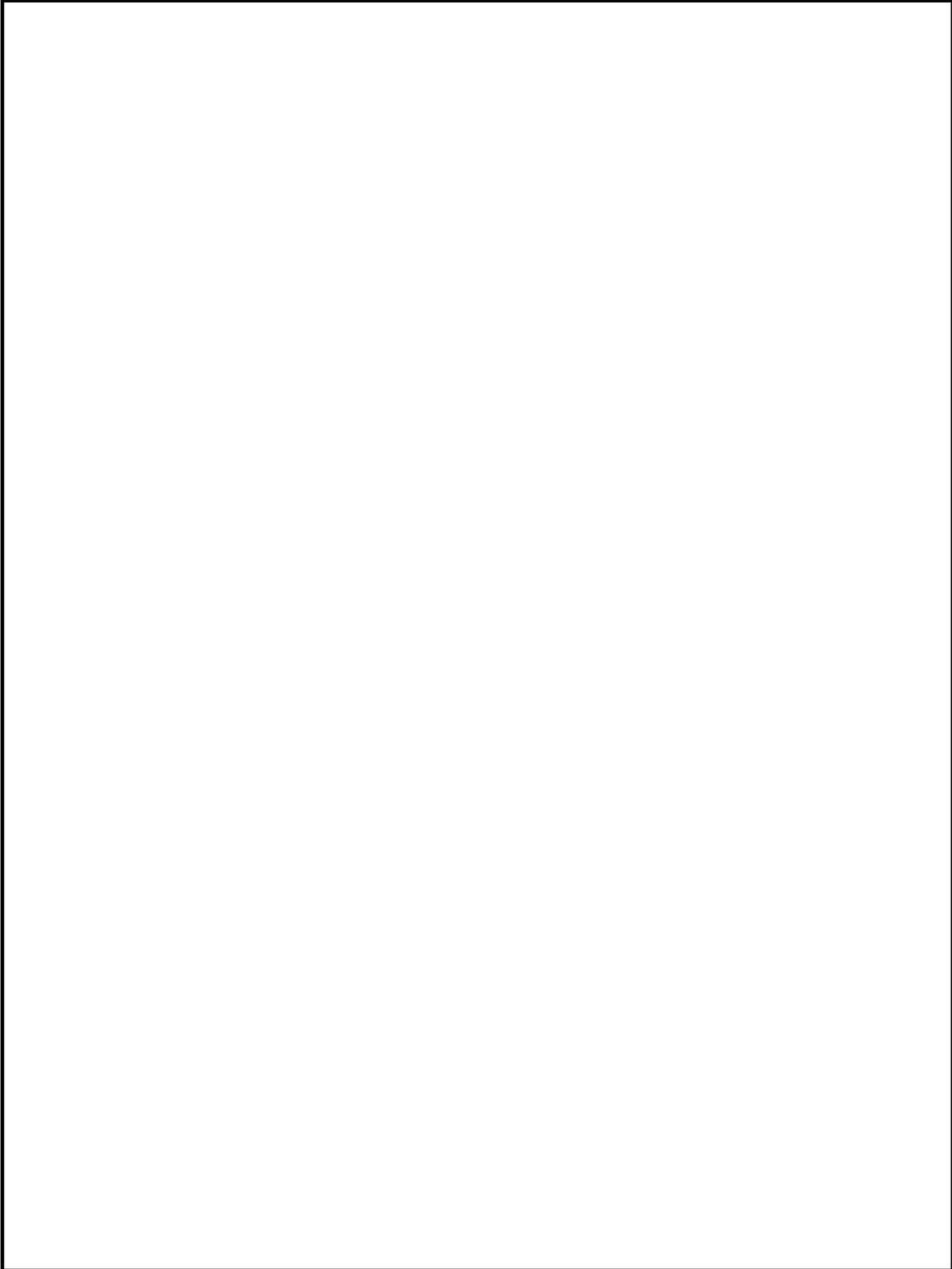


NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0

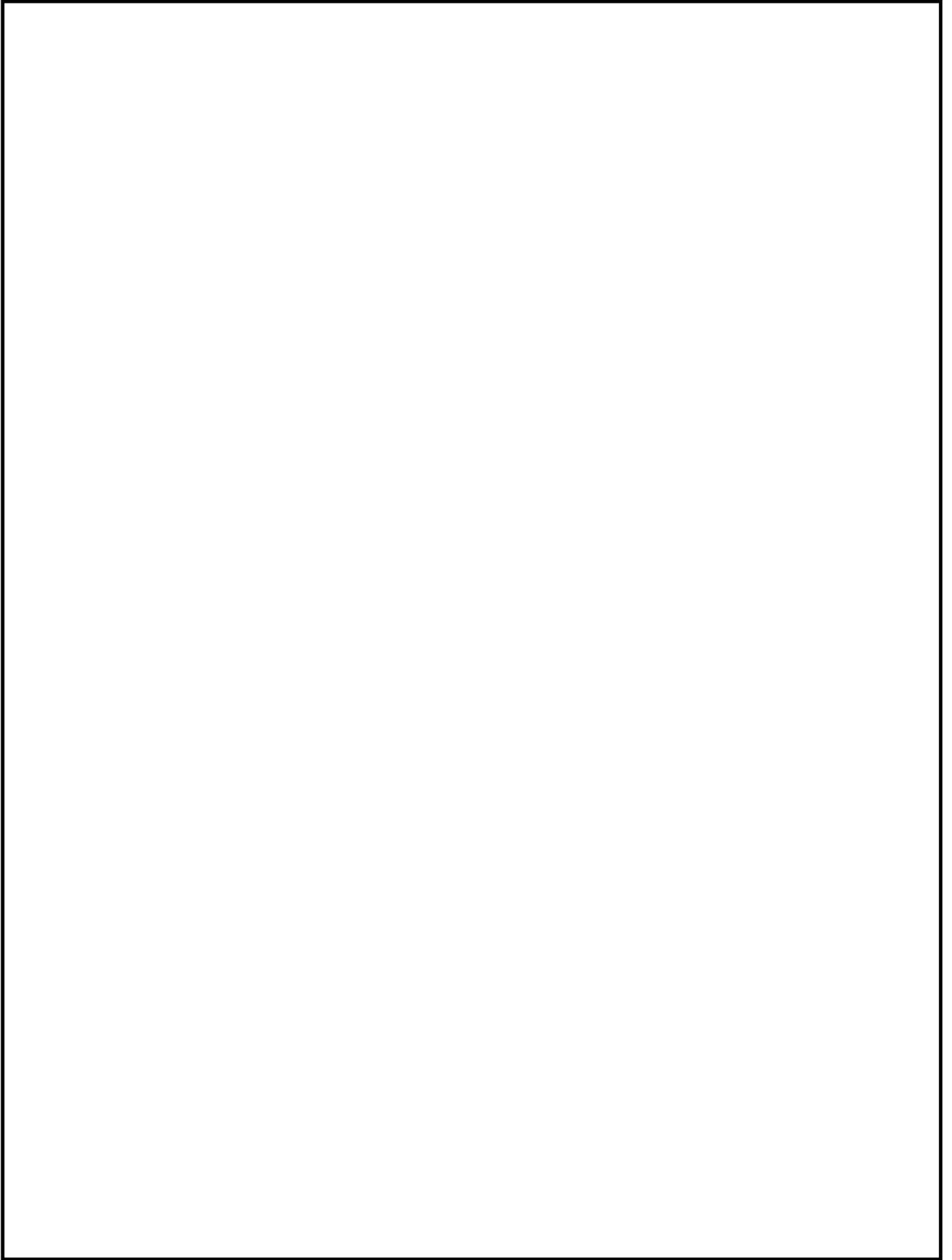


NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0

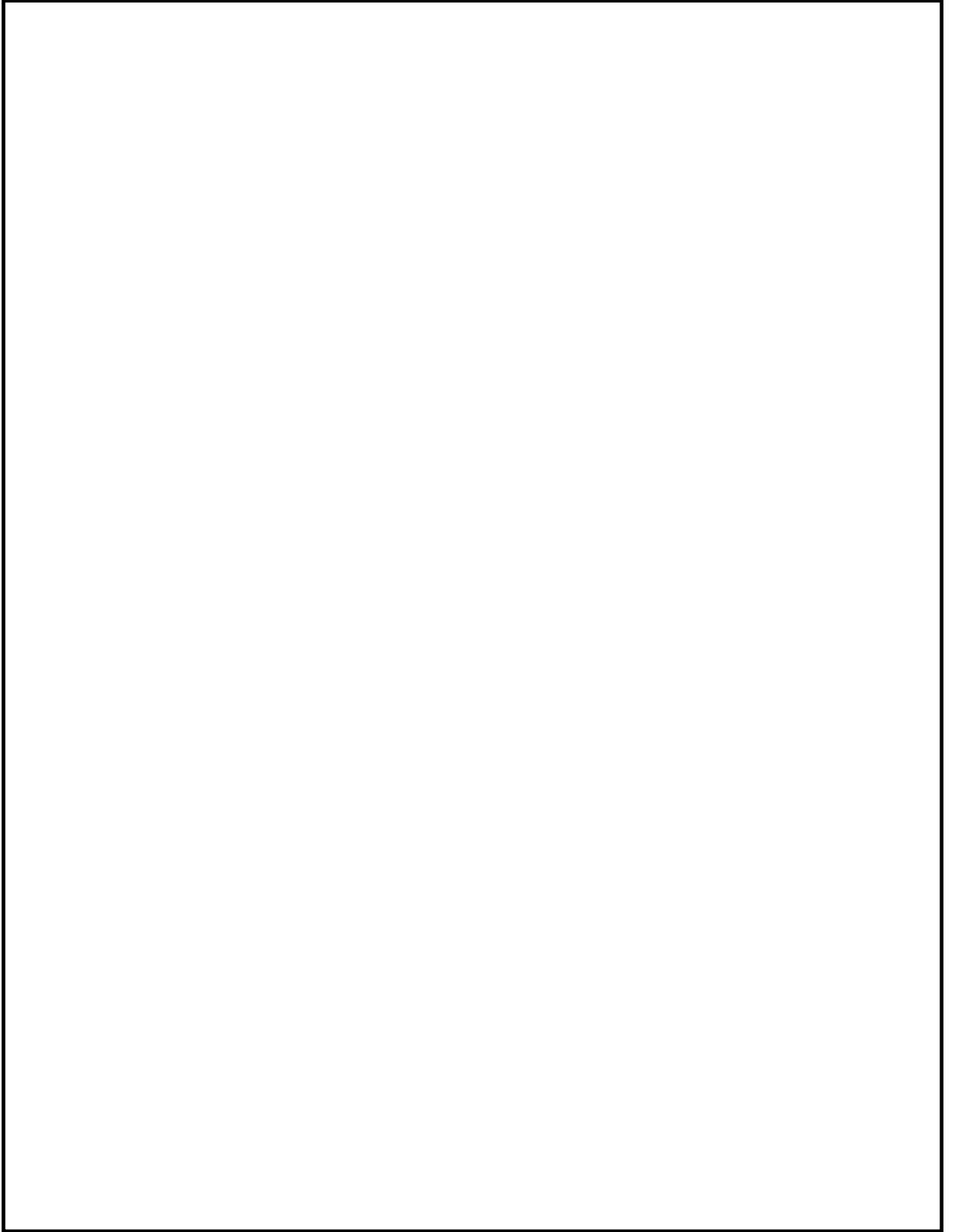
NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0



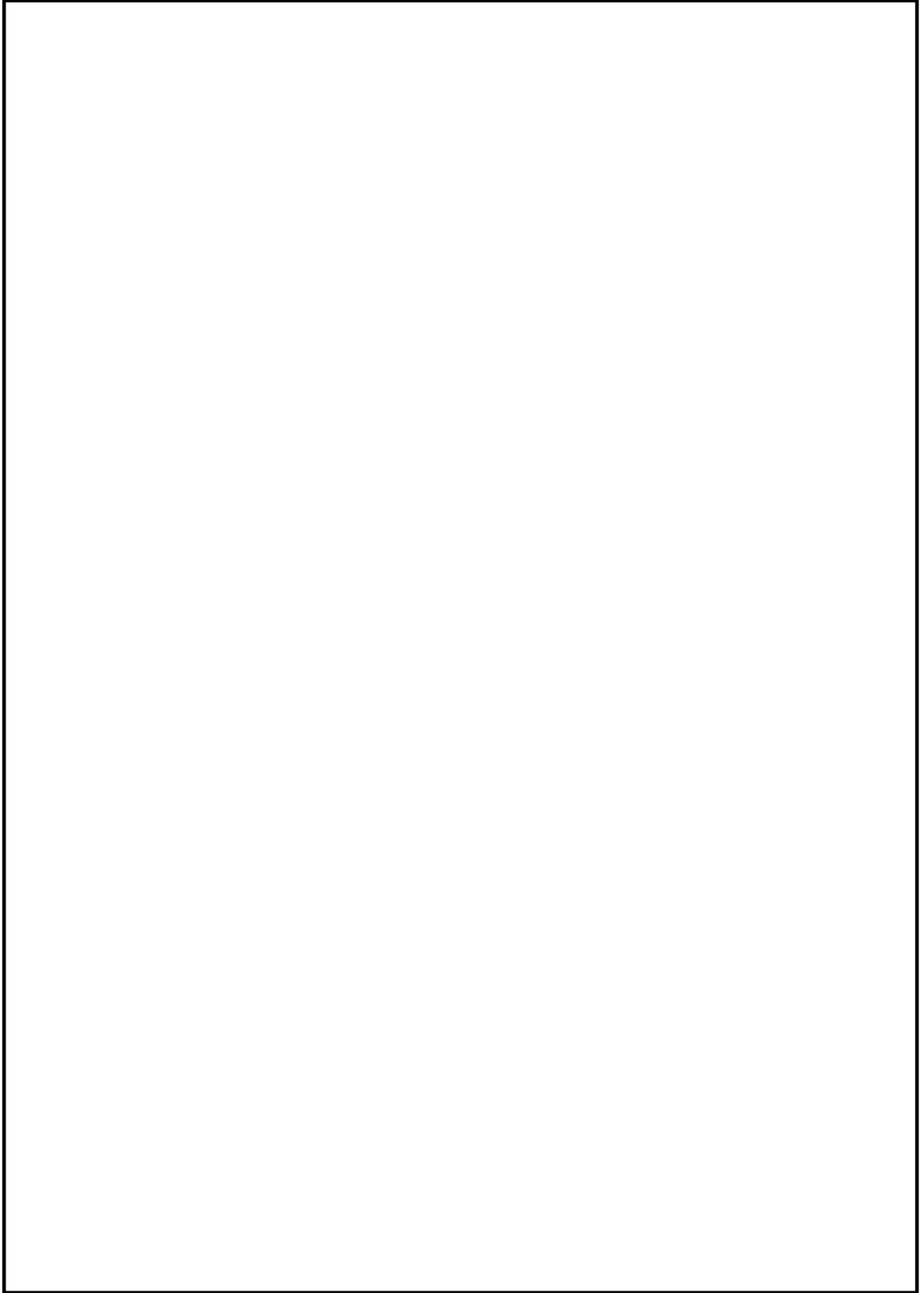
NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0



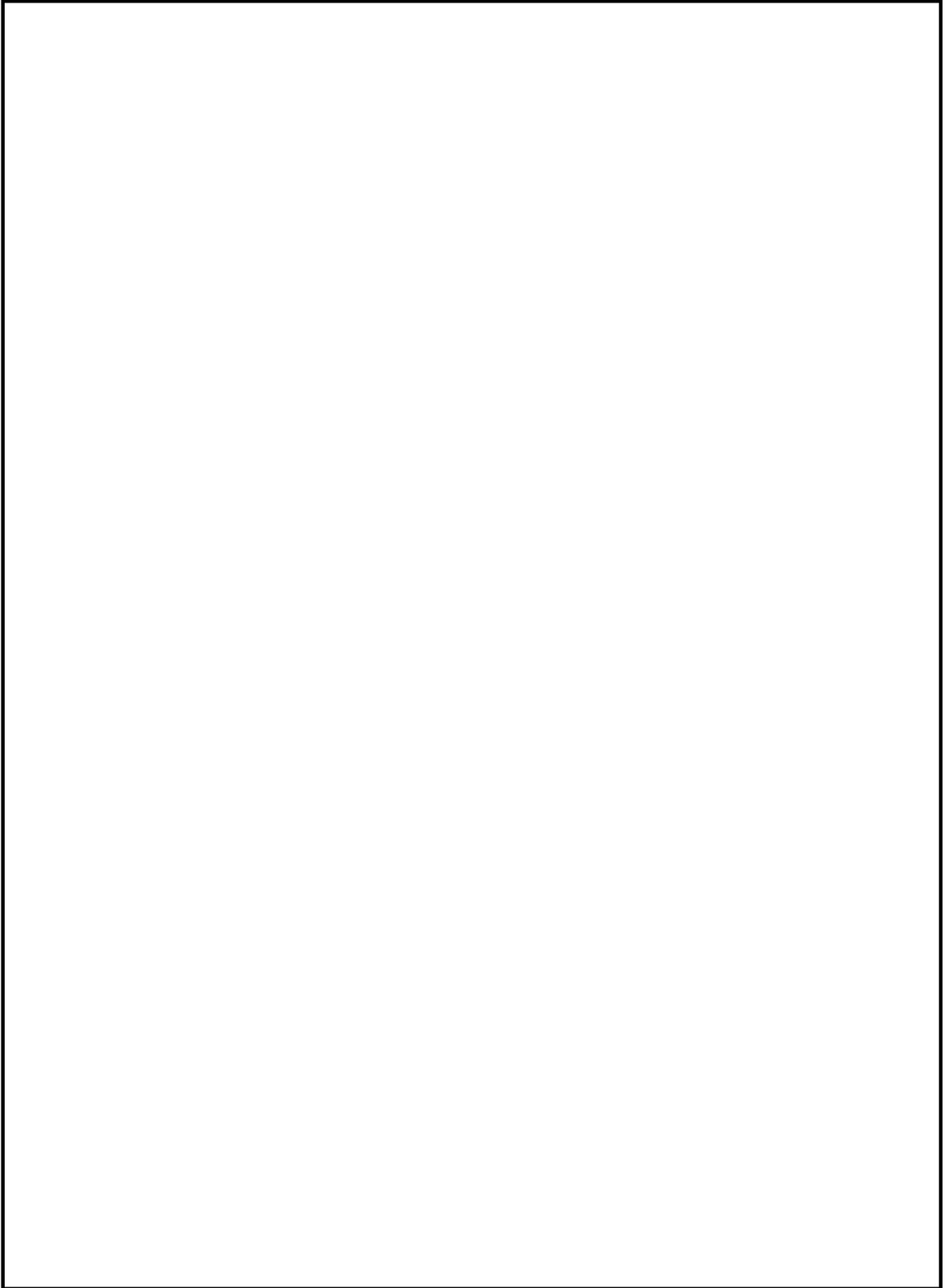
NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0



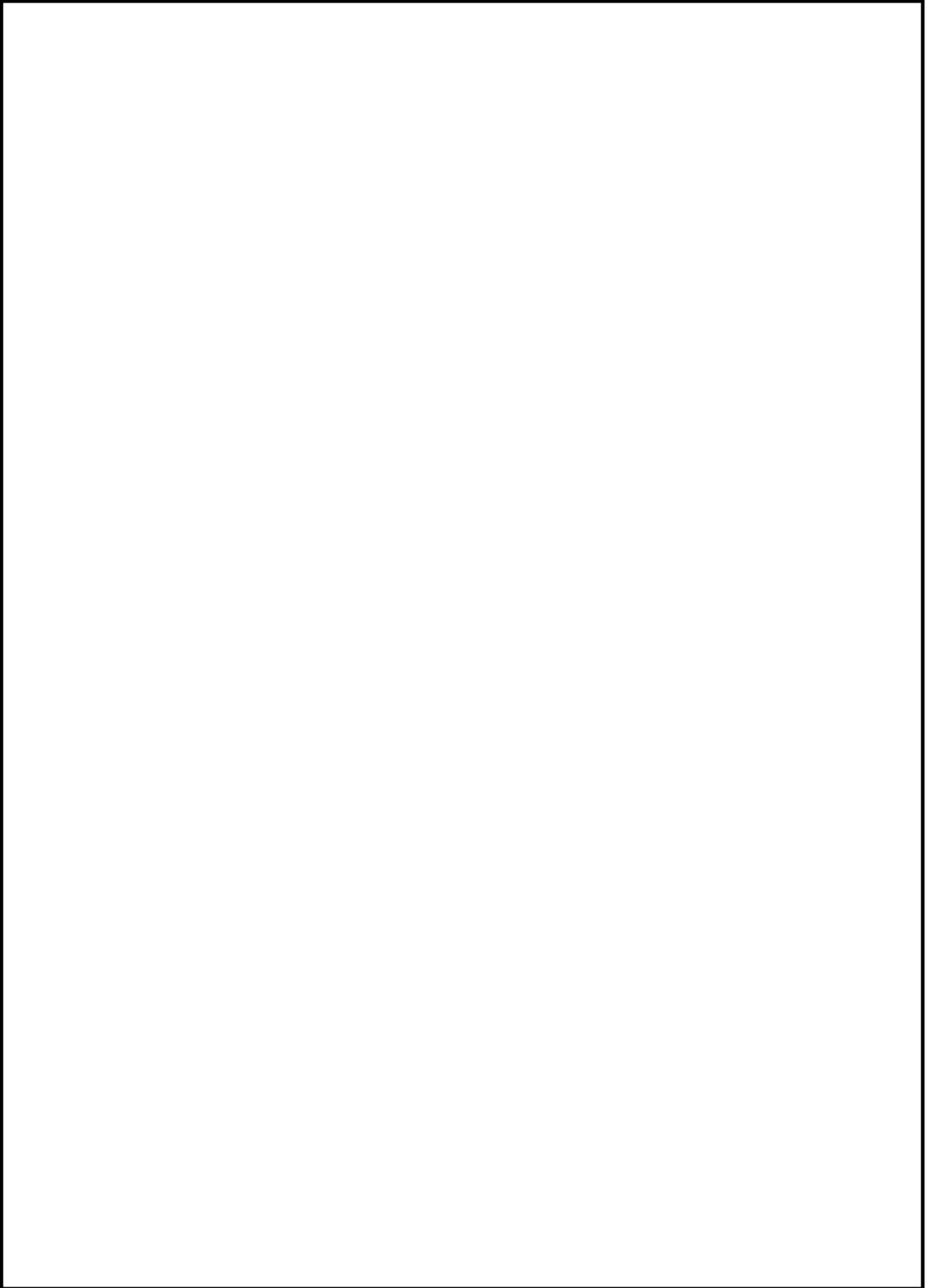
NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0



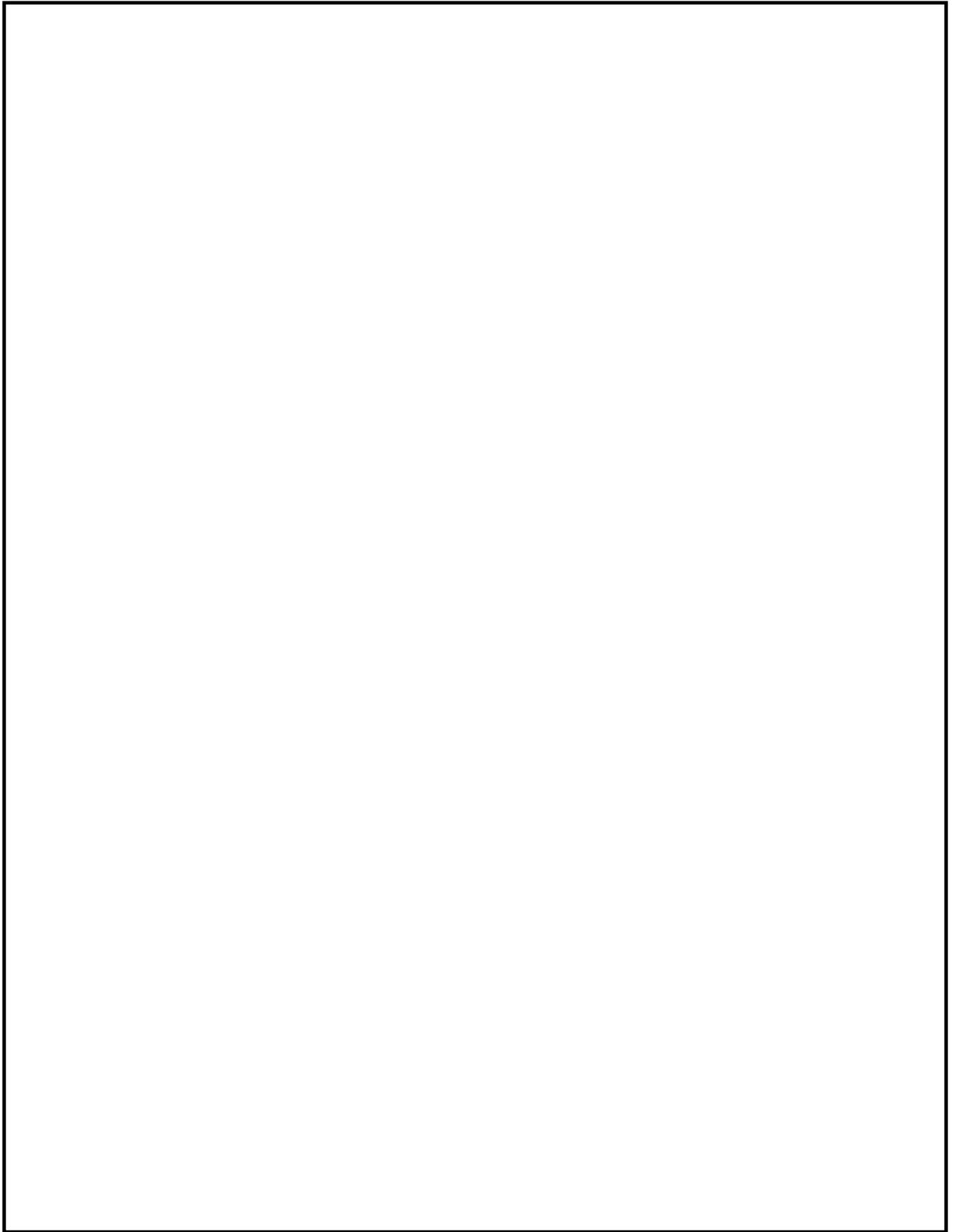
NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0



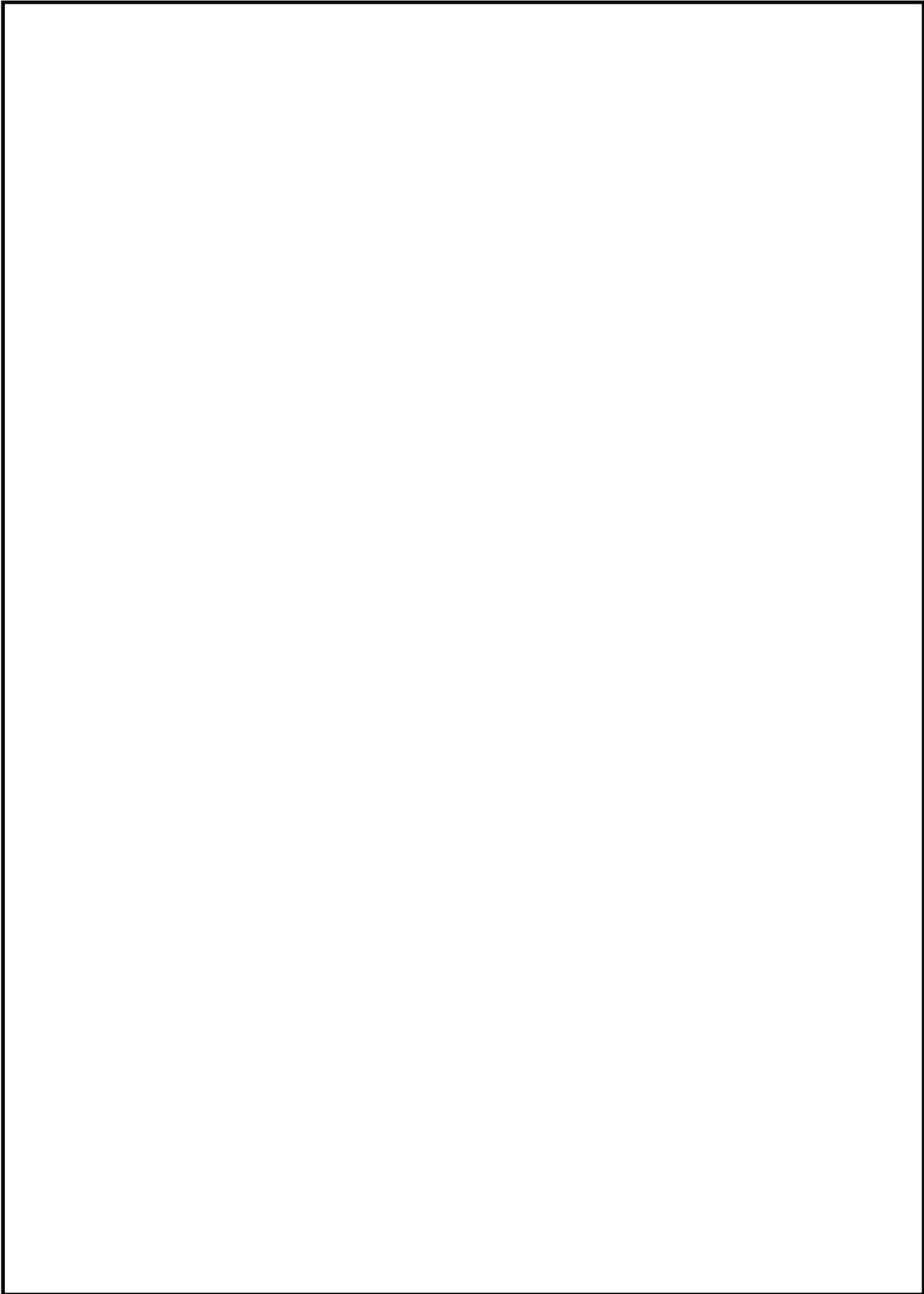
NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0



NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0



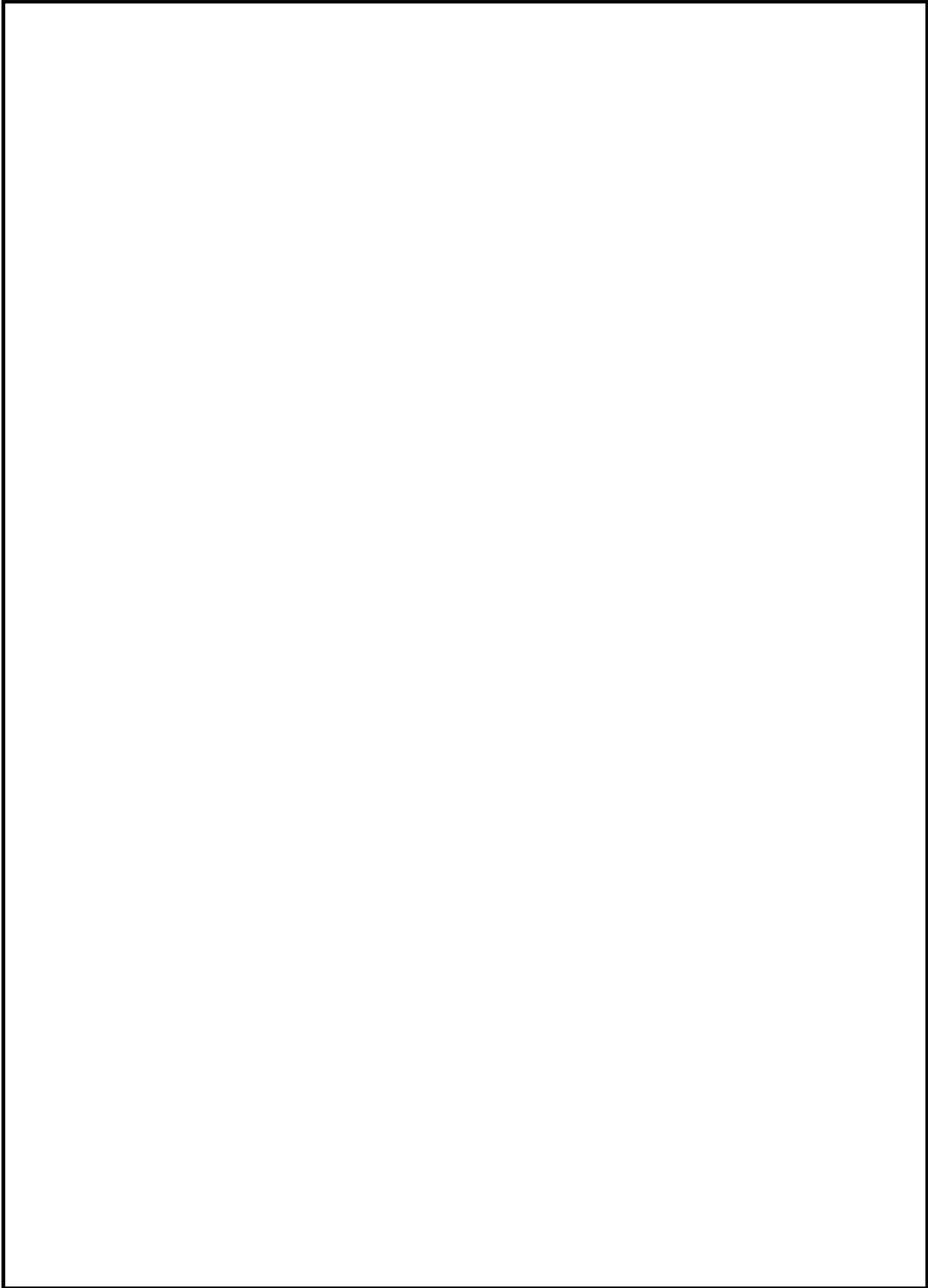
NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0



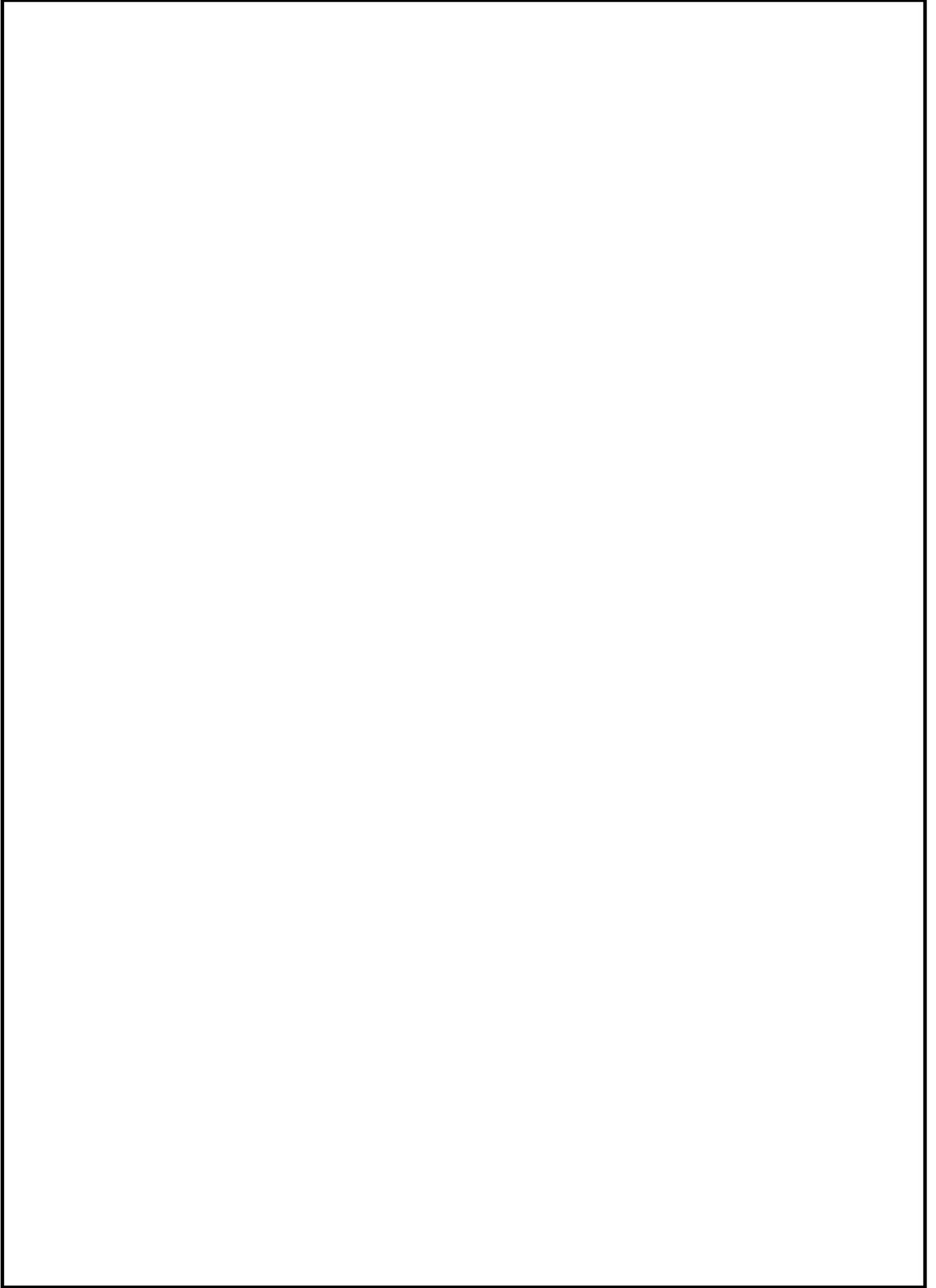
NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0

NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0

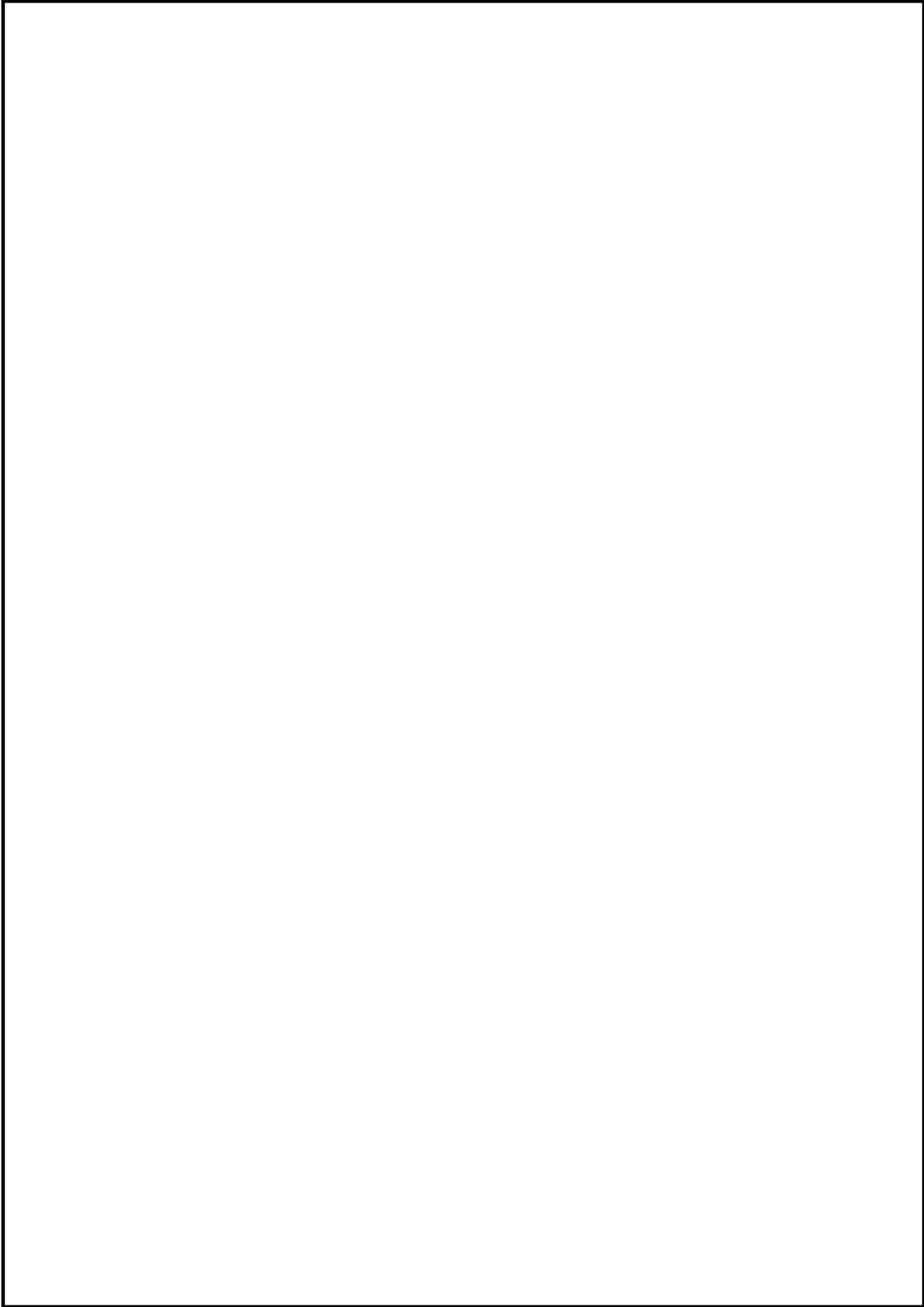
NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0



NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0

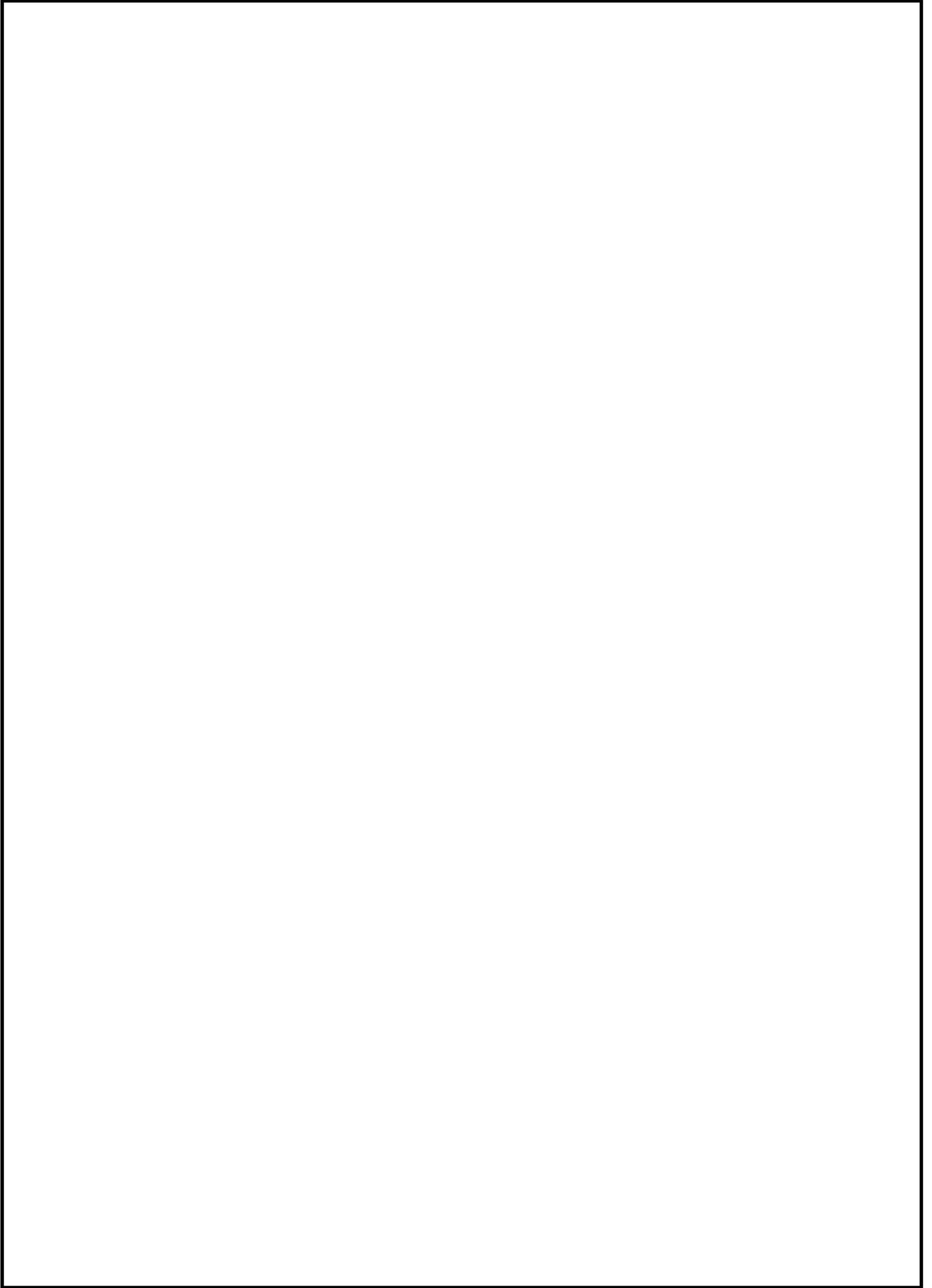


NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0

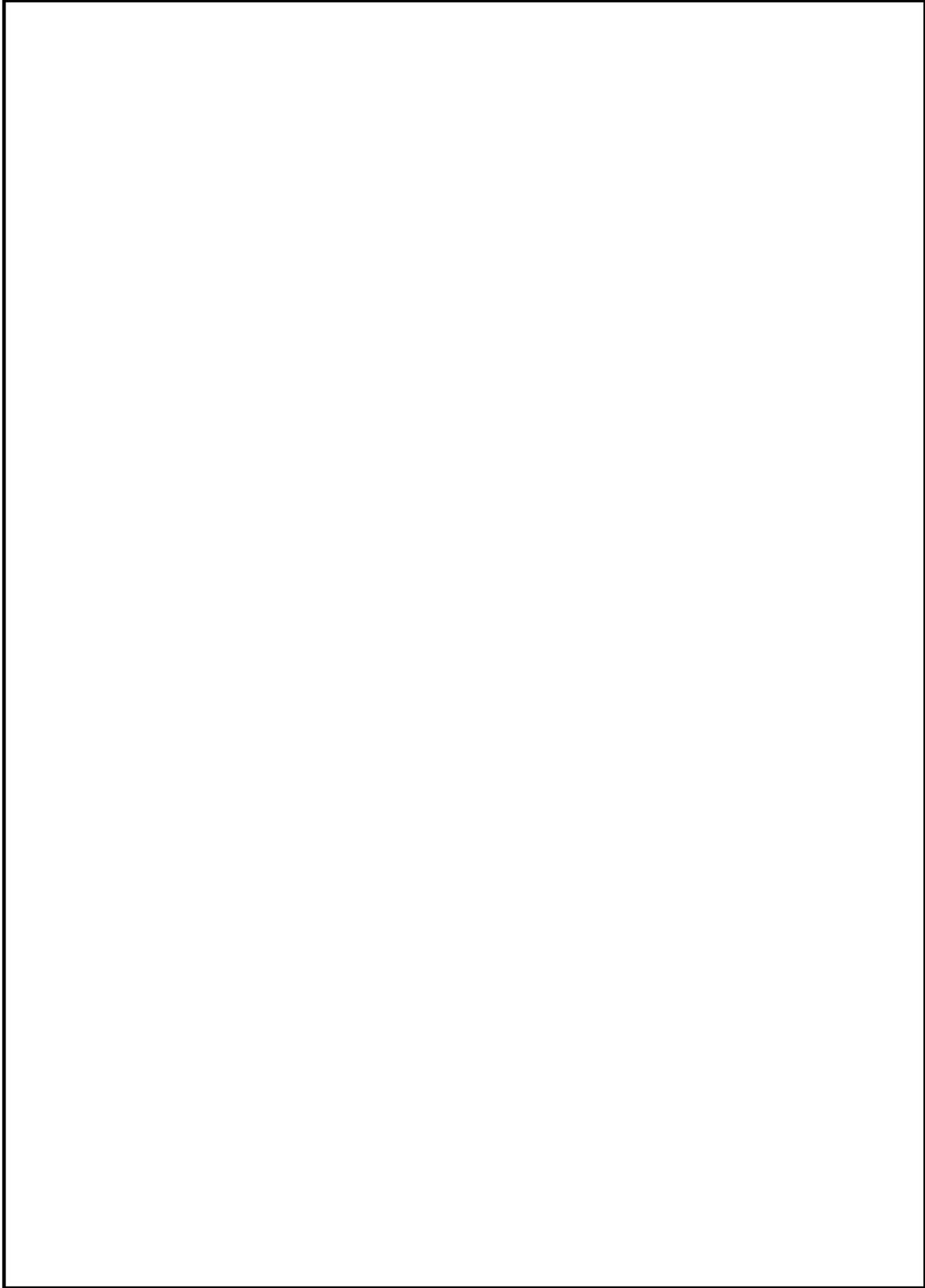


NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0

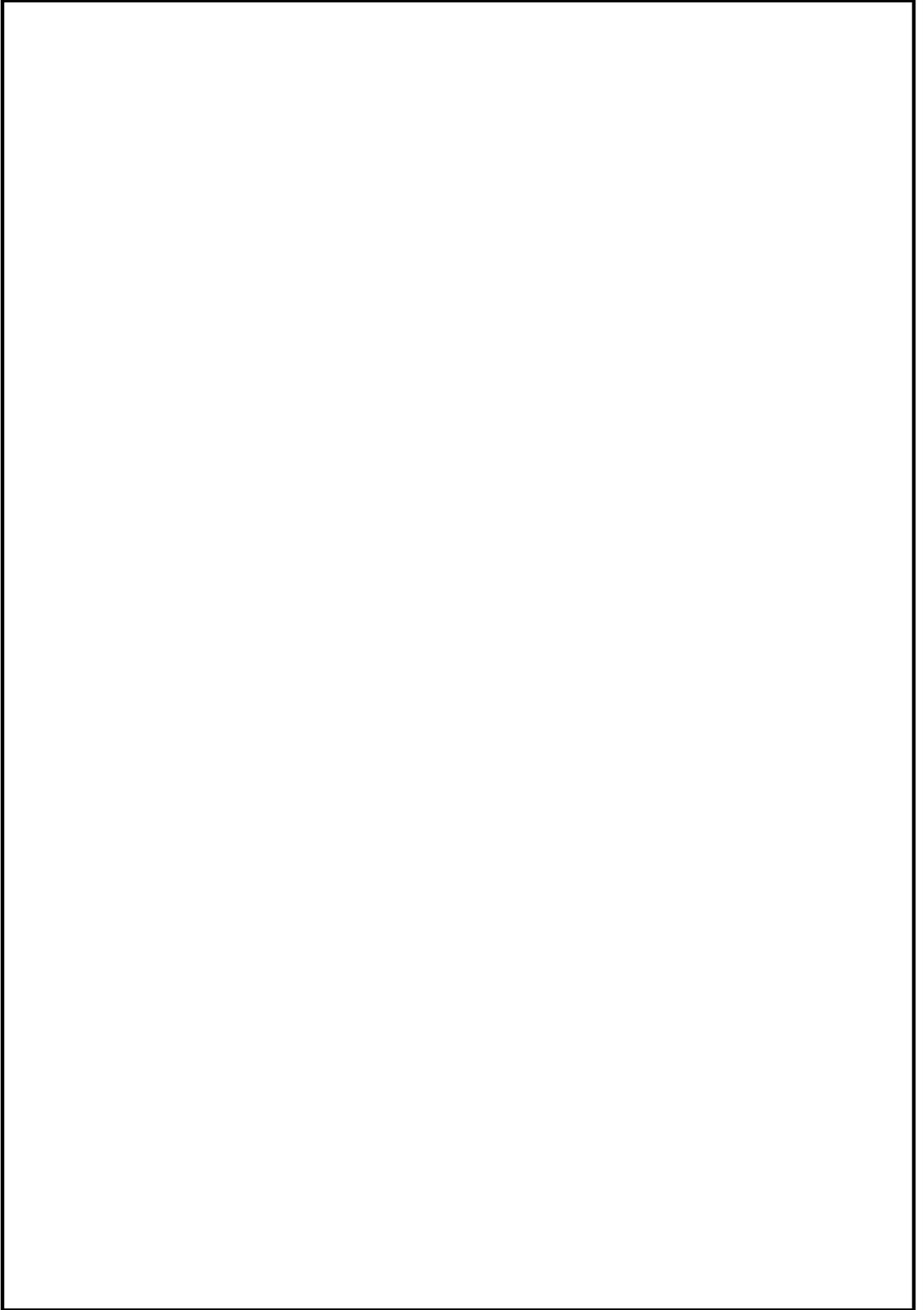
NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0



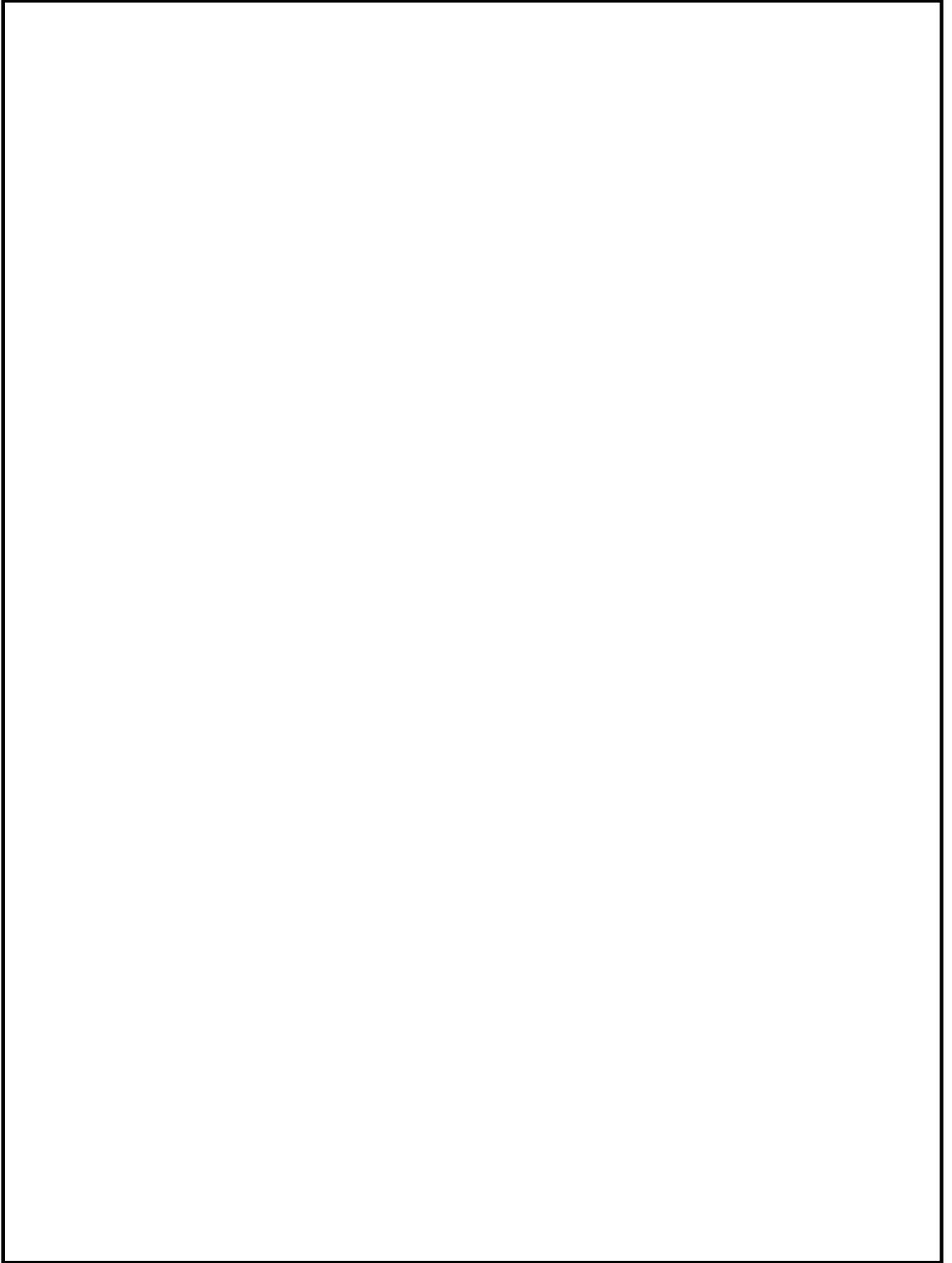
NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0



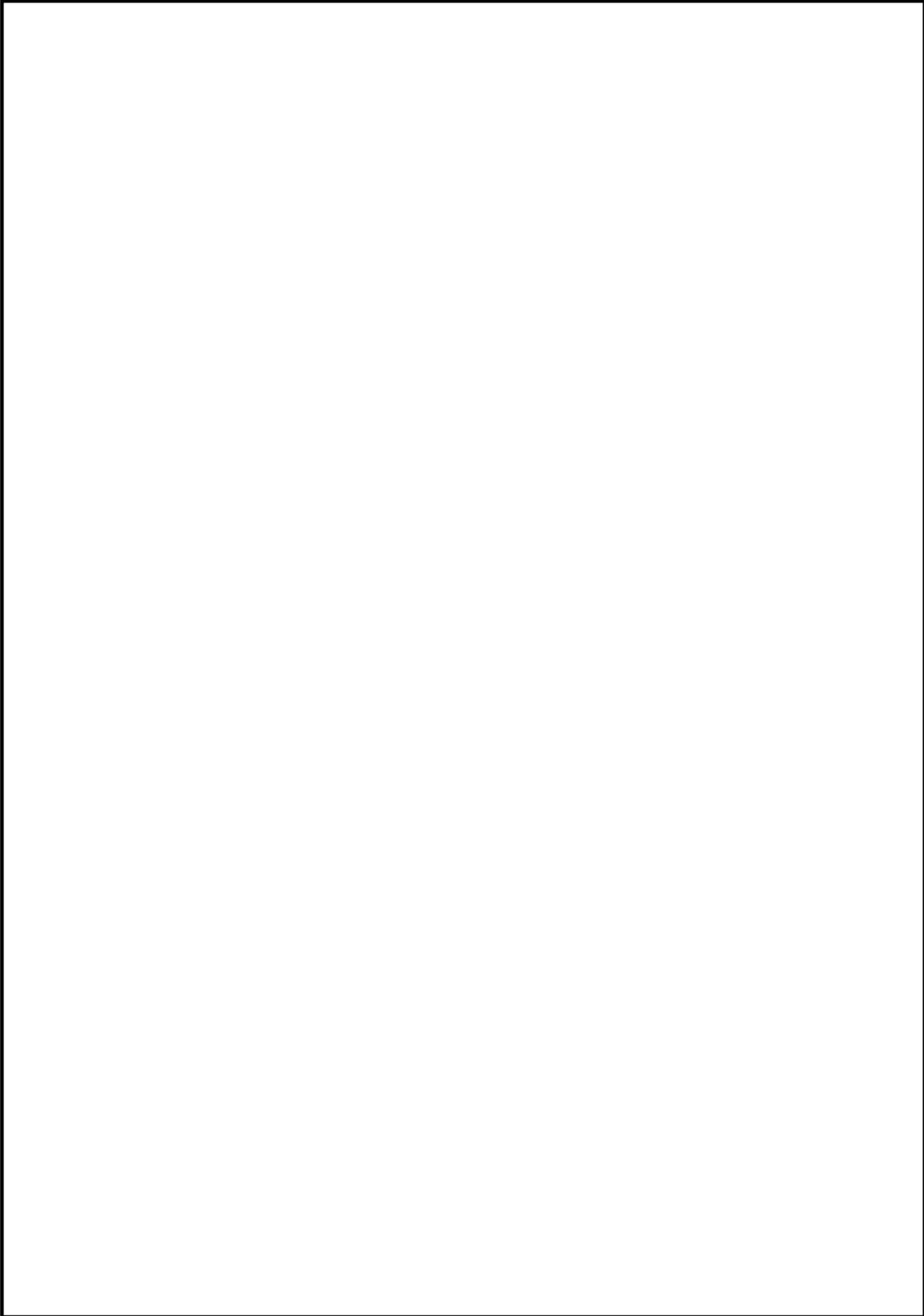
NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0



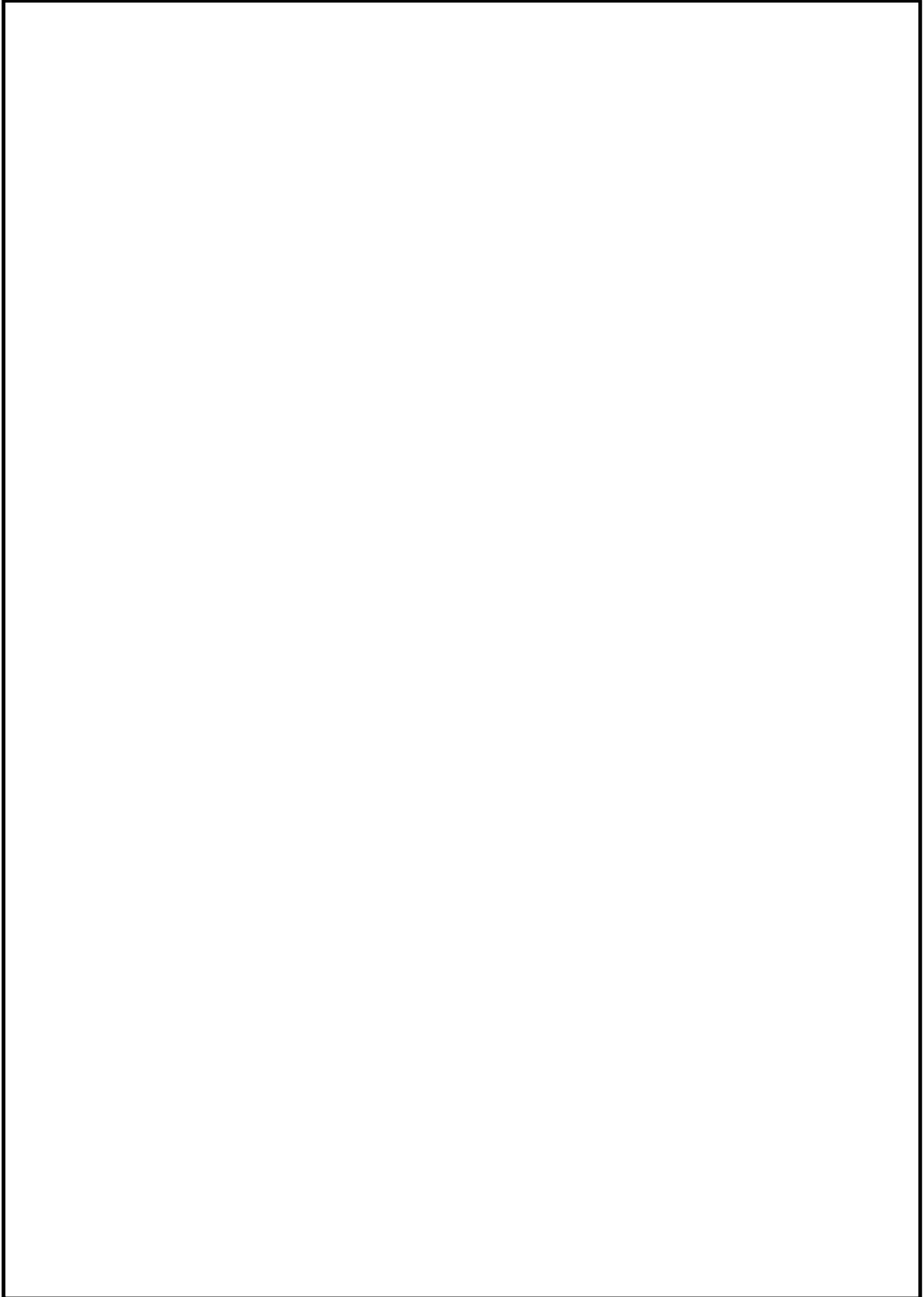
NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0



NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0

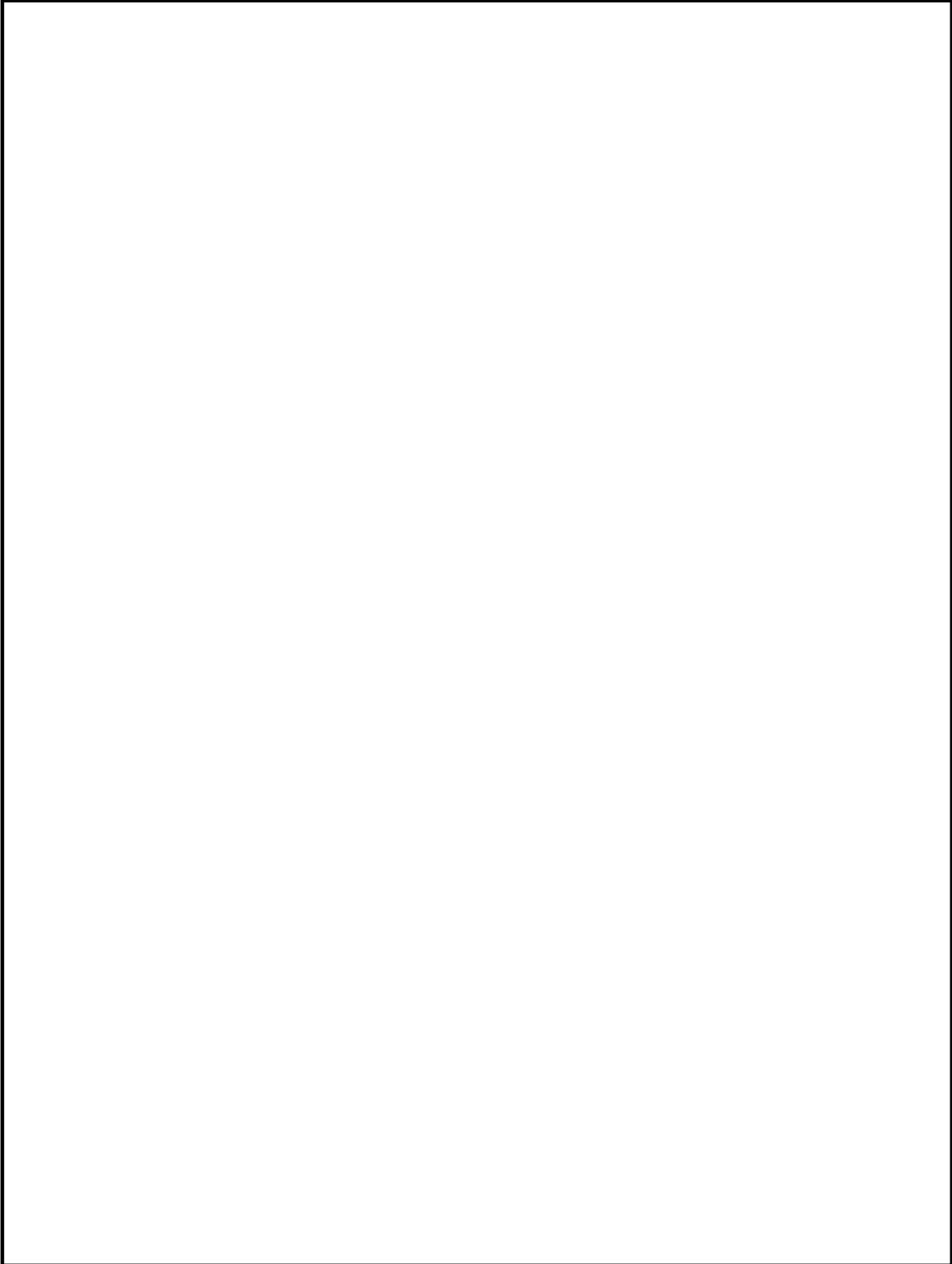


NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0

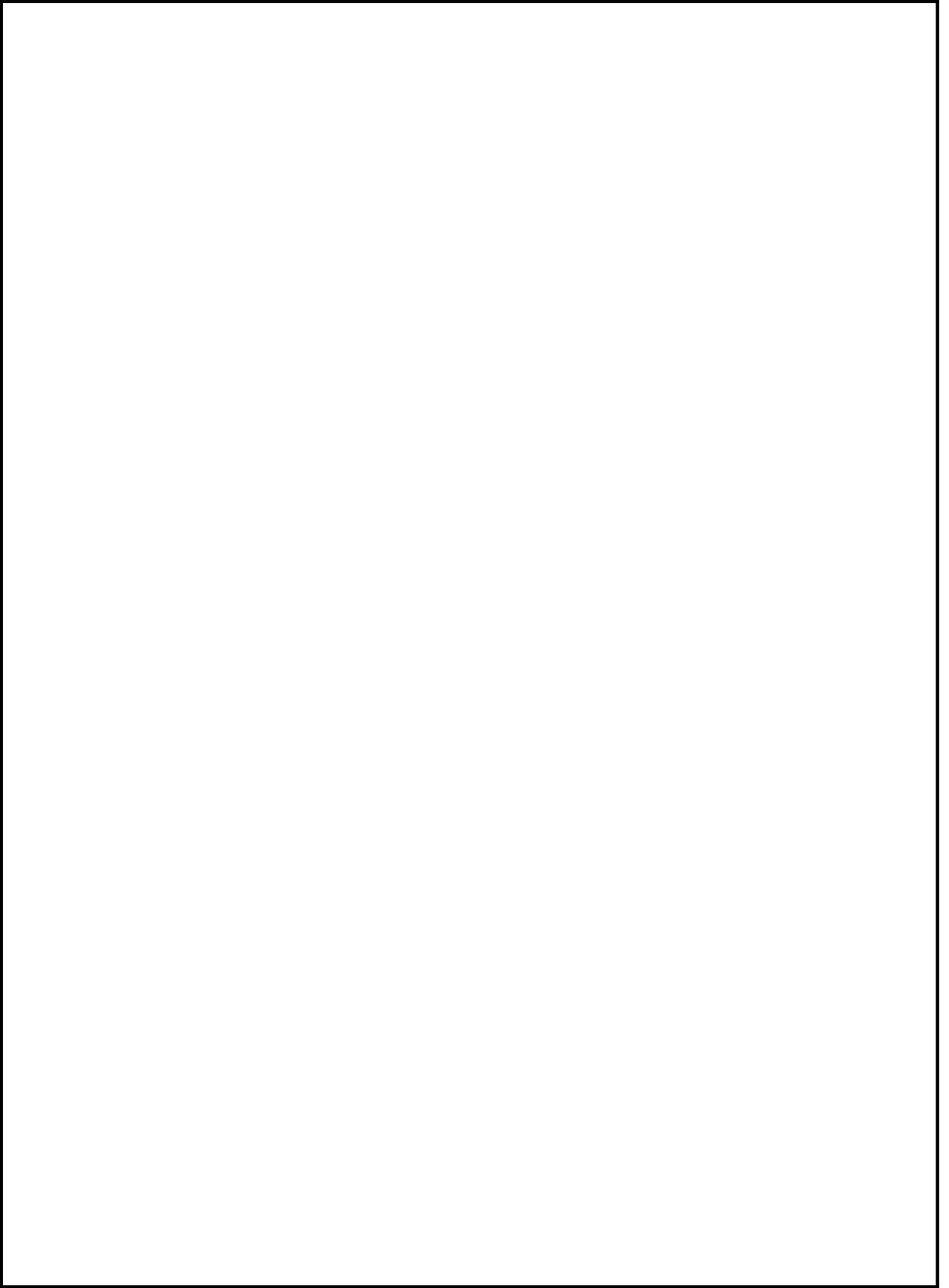


NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0

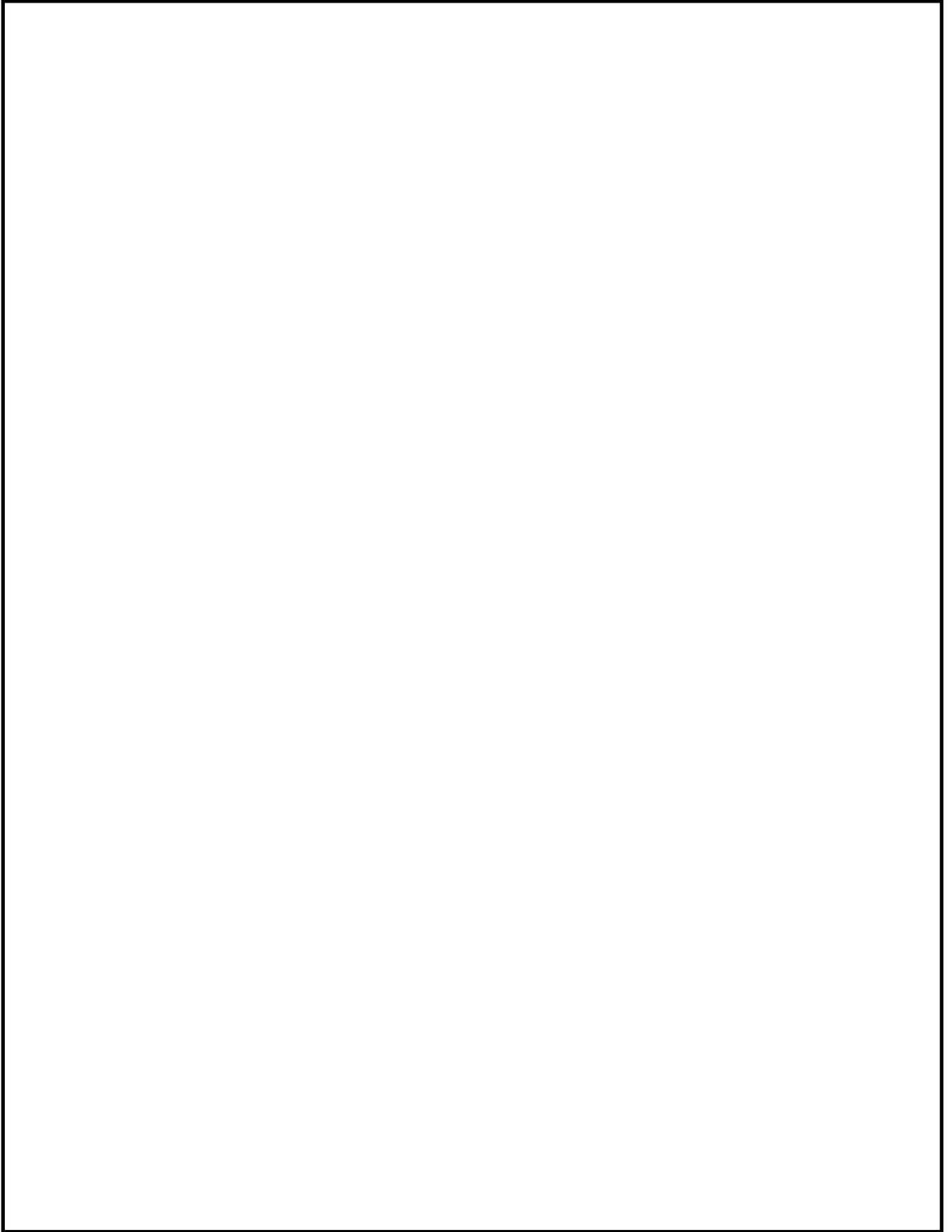
NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0



NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0



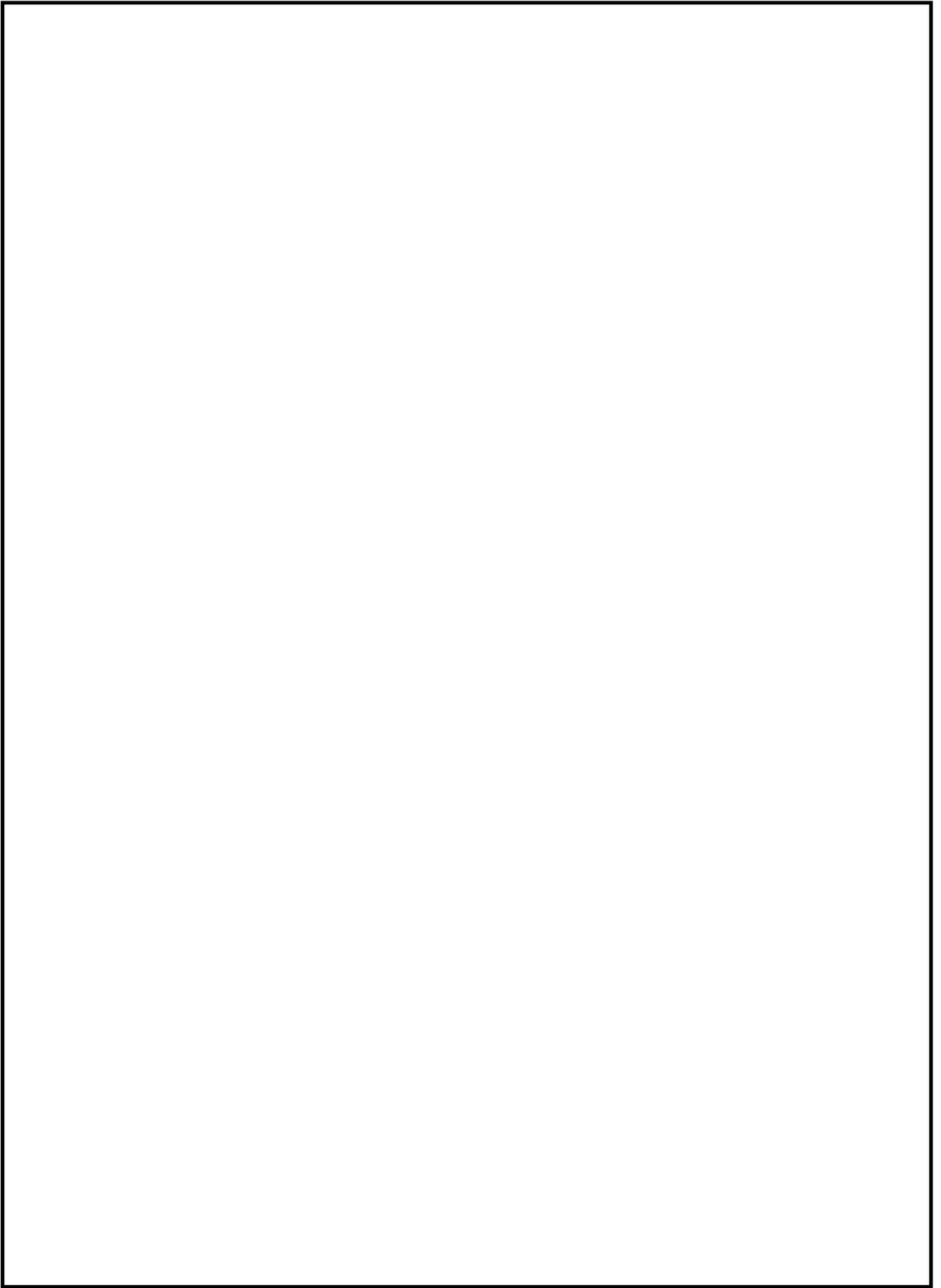
NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0



NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0

NT2 補③ V-2-5-3-1-1-2 R0

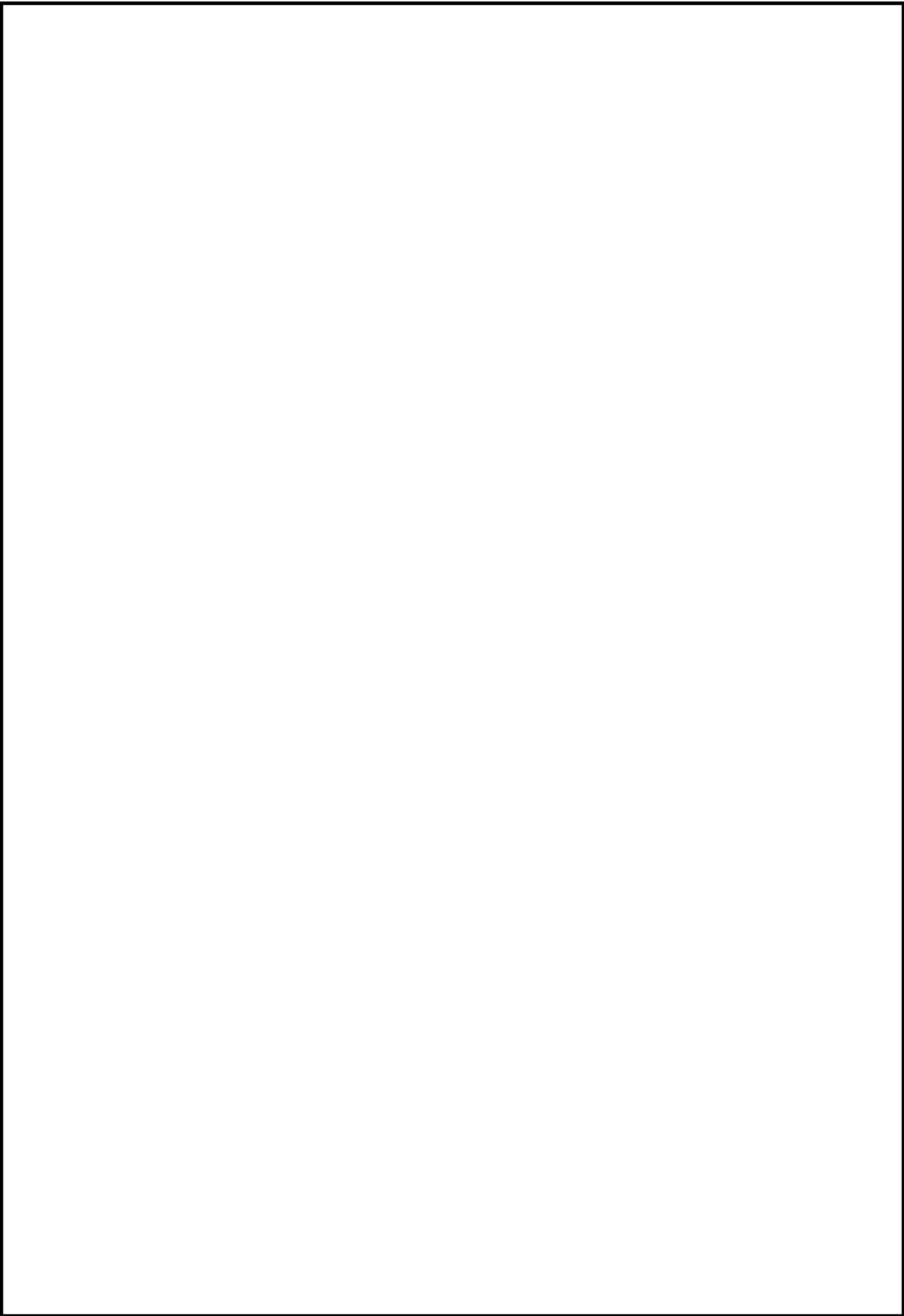
NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0



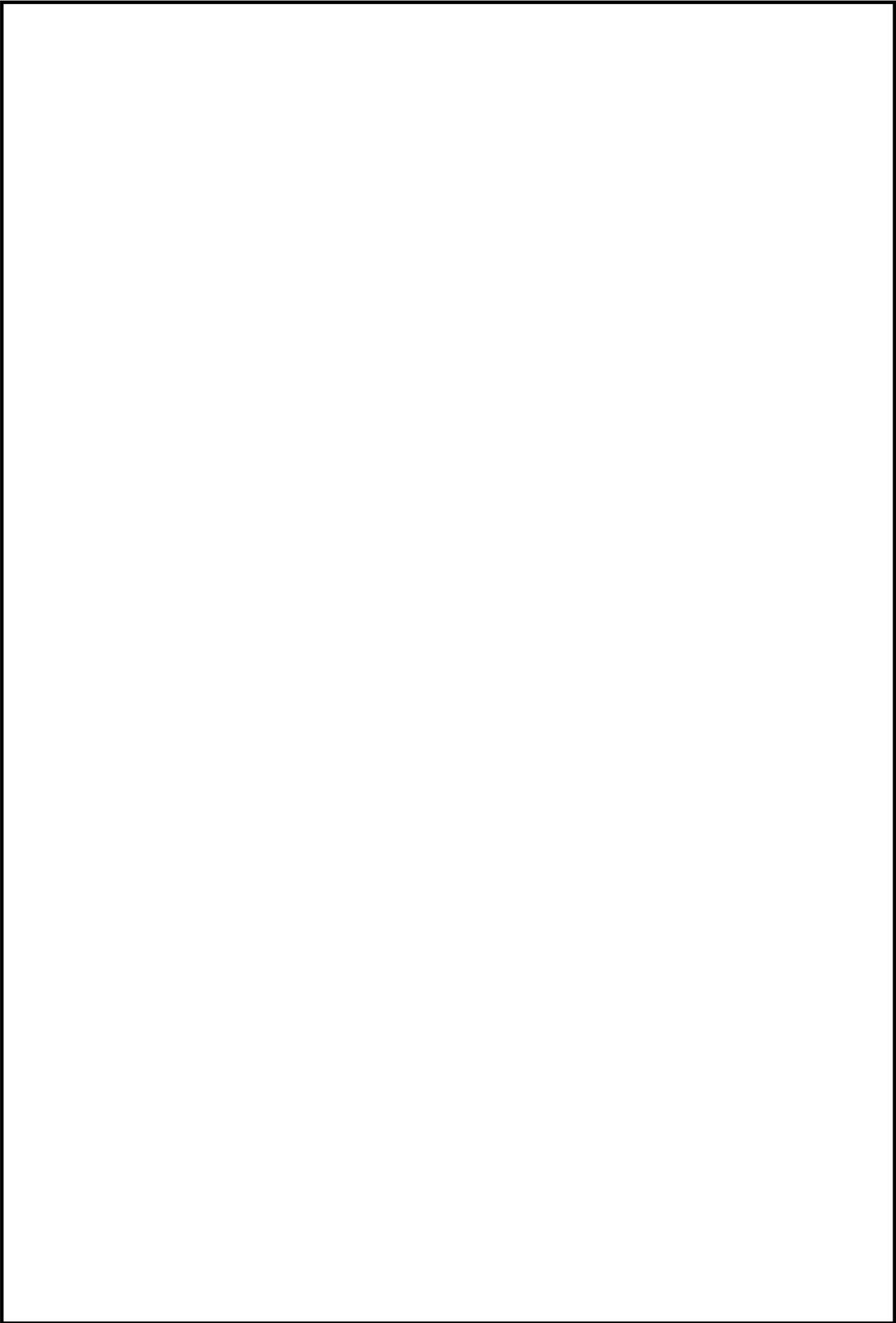
NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0



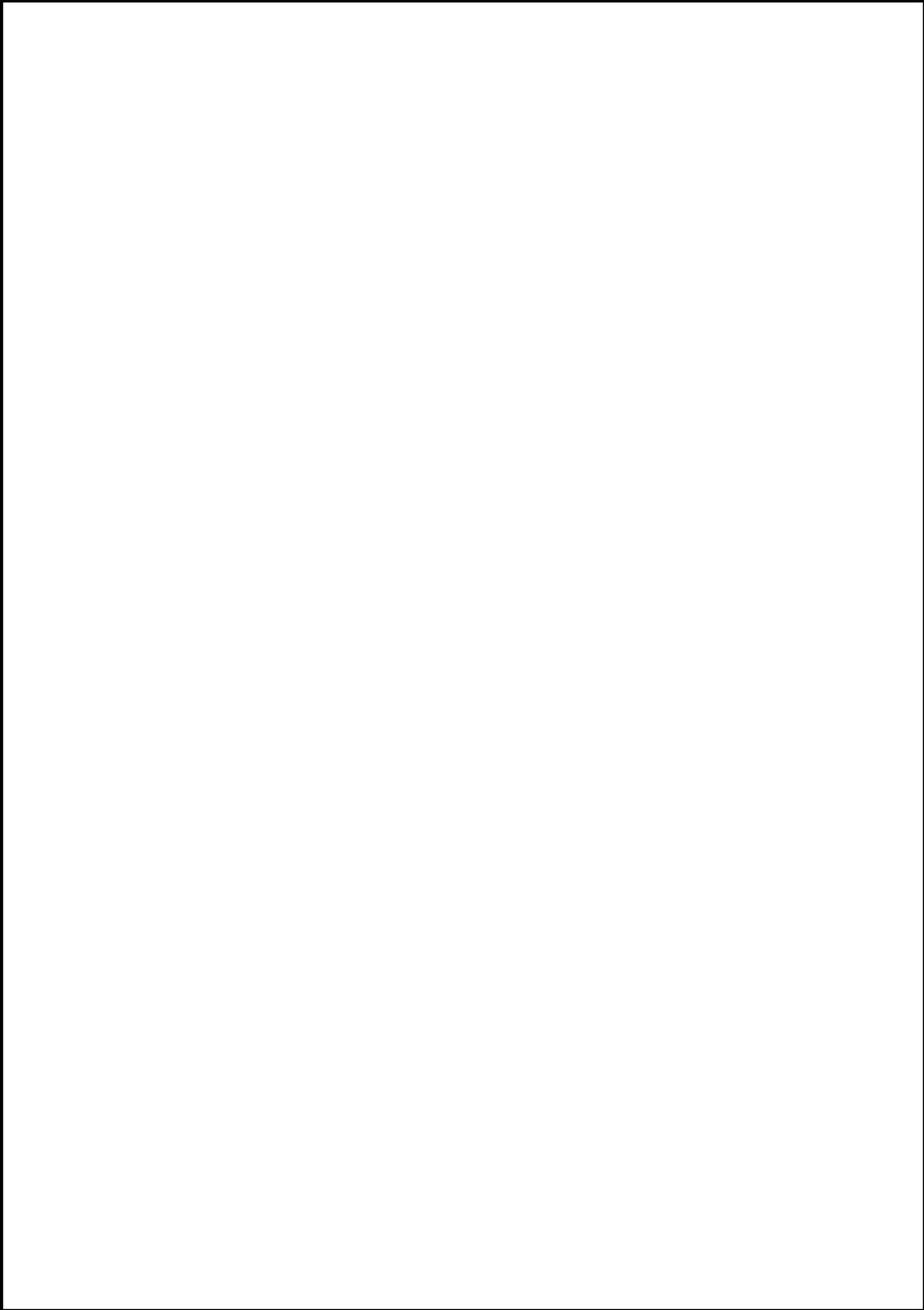
NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0



NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0



NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0



NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0

3. 計算条件

3.1 荷重の組合せ及び許容応力

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設 分類 <sup>*1</sup>	設備分類 <sup>*2</sup>	機器等 の区分	耐震 クラス	荷重の組合せ <sup>*3,4</sup>	許容応力 状態 <sup>*5</sup>
原子炉冷却 系統施設	原子炉冷却材の 循環設備	主蒸気系	DB	—	クラス1管 クラス2管 クラス3管	S	$I_L + S_d$	Ⅲ <sub>A</sub> S
							$II_L + S_d$	
							$IV_L(L) + S_d$	
							$I_L + S_s$	Ⅳ <sub>A</sub> S
							$II_L + S_s$	
							$V_L(L) + S_d$ <sup>*6,7</sup>	V <sub>A</sub> S
							$V_L(LL) + S_s$ <sup>*6</sup>	
			SA	常設耐震/防止 常設/緩和	重大事故等クラス2管	—	$V_L + S_s$	V <sub>A</sub> S

荷重の組合せ及び許容応力  
 本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設 分類 <sup>*1</sup>	設備分類 <sup>*2</sup>	機器等 の区分	耐震 クラス	荷重の組合せ <sup>*3,4</sup>	許容応力 状態 <sup>*5</sup>
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	高圧炉心 スプレイ系	S A	常設耐震／防止 常設／緩和	重大事故等クラス2管	—	$V_L + S_s$	$V_A S$
		原子炉隔離時 冷却系		常設／防止 常設耐震／防止 常設／緩和				
		ほう酸水注入系		常設耐震／防止 常設／緩和				
		高圧代替注水系		常設耐震／防止 常設／緩和				
		非常用窒素 供給系		常設耐震／防止				
計測制御 系統施設	制御用空気設備							

荷重の組合せ及び許容応力

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設分類 <sup>*1</sup>	設備分類 <sup>*2</sup>	機器等の区分	耐震クラス	荷重の組合せ <sup>*3,4</sup>	許容応力状態 <sup>*5</sup>
原子炉格納施設	圧力低減設備 その他の安全設備	原子炉隔離時 冷却系	S A	常設／緩和	重大事故等クラス2管	—	$V_L + S_s$	$V_A S$
		高圧代替注水系		常設／緩和				

注記\*1： D Bは設計基準対象施設，S A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」は常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

\*3： 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，(LL)は(L)より更に長期的に荷重が作用している状態を示す。

\*4： 許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

\*5： 許容応力状態 $V_A S$ 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。

\*6： プロセス条件に加え，重大事故時の原子炉格納容器バウンダリ条件として，重大事故時の原子炉格納容器限界温度及び圧力を考慮する。

\*7： 荷重の組合せ $V_L(L) + S_d$ は $V_L(LL) + S_s$ に包絡されるため，評価を省略する。

3.2 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 MS-A

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震クラス	縦弾性係数 (MPa)
1	1N~47	8.62	302	660.4	33.6	STPT49	S	
2	48~54	8.62	302	660.4	33.5	STPL46	S	
3	26~8100, 21~8200 14~8300	8.62	302	252.3	39.6		S	
4	8100~811, 8200~821 8300~831	8.62	302	219.1	23.0		S	
5	811~813F, 821~823F 831~833F	8.62	302	219.1	23.0	STPT49	S	
6	55~57A	8.62	302	660.4	33.3	STS49	S	
7	101F~101, 201F~201	3.45	302	267.4	15.1	STPT410	S	

設計条件

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

鳥 瞰 図 MS-A

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震クラス	縦弾性係数 (MPa)
8	101~129, 201~225 301F~337	3.45	302	267.4	15.1	STPT42	S	
9	129~135, 225~234	3.45	302	267.4	15.1	STPT42	—	
10	135~139, 234~238 337~341	3.45	302	267.4	15.1	STPT42	—	
11	140~161, 239~259 342~363	3.45	302	318.5	17.4	STPT42	—	

配管の付加質量

鳥 瞰 図 MS-A

質量	対応する評価点
	1N～12, 16～19, 23～24, 30～34, 36～44 49～50
	12～16
	19～23
	24～30
	34～36
	44～46
	46～47, 48～49
	50～54
	55～57A
	8100～813F, 8200～823F, 8300～833F

NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0

フランジ部の質量

鳥 瞰 図 MS-A

質量	対応する評価点
	813F, 823F, 833F
	101F, 201F, 301F

弁部の寸法

鳥 瞰 図 MS-A

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
47~4701				4701~4702			
4702~4703				4701~48			
54~5401				5401~5402			
5402~5403				5401~55			
813F~814				814~815			
815~816				816~817			
814~101F				823F~824			
824~825				825~826			
826~827				824~201F			
833F~834				834~835			
835~836				836~837			
834~301F							

NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0

弁部の質量

鳥 瞰 図 MS-A

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
	4702, 5402		4703
	5403		814, 824, 834
	816, 836		817, 827, 837
	826		

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 MS-A

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
N1						
6						
** 7 **						
** 8 **						
** 17 **						
18						
** 24 **						
** 24 **						
28						
** 28 **						
** 28 **						
** 32 **						
** 33 **						
45						
4702						
5402						
** 5402 **						
57A						
110						
111						

NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 MS-A

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
** 114 **						
** 115 **						
124						
** 124 **						
129						
135						
137						
146						
** 147 **						
** 147 **						
147						
151						
153						
165						
209						
210						
211						
214						
221						
** 221 **						
225						
233						
234						
240						

NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 MS-A

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
** 242 **						
** 242 **						
242						
249						
251						
263						
308						
** 314 **						
** 315 **						
316						
** 322 **						
** 322 **						
326						
327						
334						
337						
348						
** 350 **						
** 350 **						
350						
353						
355						
367						

NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0

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 MS-B

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震クラス	縦弾性係数 (MPa)
1	1N~34, 17~78	8.62	302	660.4	33.6	STPT49	S	
2	79~84	8.62	302	660.4	33.5	STPL46	S	
3	56~8100, 49~8200	8.62	302	252.3	39.6		S	
	41~8300, 21~8400 26~8500, 31~8600							
4	8100~811, 8200~821	8.62	302	219.1	23.0		S	
	8300~831, 8400~841							
	8500~851, 8600~861							

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 MS-B

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震クラス	縦弾性係数 (MPa)
5	811～813F, 821～823F	8.62	302	219.1	23.0	STPT49	S	
	831～833F, 841～843F							
	851～853F, 861～863F							
6	85～87A	8.62	302	660.4	33.3	STS49	S	
7	101F～123, 201～219	3.45	302	267.4	15.1	STPT42	S	
	301F～322, 401F～427							
	503～528, 601F～628							
8	201F～201, 501F～503	3.45	302	267.4	15.1	STPT410	S	

設計条件

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

鳥 瞰 図 MS-B

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震クラス	縦弾性係数 (MPa)
9	123～133, 219～227	3.45	302	267.4	15.1	STPT42	—	
	322～334, 427～434							
	528～536, 628～636							
10	133～142, 227～235	3.45	302	267.4	15.1	STPT42	—	
	334～338, 434～442							
	536～540, 636～640							
11	143～166, 236～256	3.45	302	318.5	17.4	STPT42	—	
	339～360, 443～462							
	541～559, 641～661							

配管の付加質量

鳥 瞰 図 MS-B

質量	対応する評価点
	1N~8, 12~17, 23~24, 35~39, 51~53 58~65, 67~75
	8~12, 47~51
	17~19, 17~35
	19~23
	24~29
	29~33
	33~34
	39~43
	43~47
	53~58
	65~67
	75~77
	77~78, 79~80
	80~84
	85~87A
	8100~813F, 8200~823F, 8300~833F, 8400~843F, 8500~853F
	8600~863F

NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0

フランジ部の質量

鳥 瞰 図 MS-B

質量	対応する評価点
	813F, 823F, 833F, 843F, 853F, 863F
	101F, 201F, 301F, 401F, 501F, 601F

弁部の寸法

鳥 瞰 図 MS-B

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
78~7801				7801~7802			
7802~7803				7801~79			
84~8401				8401~8402			
8402~8403				8401~85			
813F~814				814~815			
815~816				816~817			
814~101F				823F~824			
824~825				825~826			
826~827				824~201F			
833F~834				834~835			
835~836				836~837			
834~301F				843F~844			
844~845				845~846			
846~847				844~401F			
853F~854				854~855			
855~856				856~857			
854~501F				863F~864			
864~865				865~866			
866~867				864~601F			

NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0

弁部の質量

鳥 瞰 図 MS-B

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
	7802, 8402		7803, 8403
	814, 824, 834, 844, 854, 864		816, 826, 866
	817, 827, 837, 847, 857, 867		836, 846, 856

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 MS-B

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
N1						
6						
7						
** 15 **						
28						
** 28 **						
** 28 **						
29						
** 36 **						
** 38 **						
** 38 **						
** 52 **						
60						
** 60 **						
** 60 **						
** 63 **						
** 64 **						
76						
7802						
8402						

NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 MS-B

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
** 8402 **						
87A						
105						
109						
** 110 **						
** 111 **						
116						
** 119 **						
119						
123						
128						
133						
** 148 **						
** 148 **						
148						
149						
156						
158						
170						
207						
** 209 **						
** 210 **						
211						

NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 MS-B

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
216						
** 216 **						
219						
221						
227						
238						
** 240 **						
** 240 **						
240						
246						
248						
260						
** 310 **						
** 311 **						
312						
313						
318						
** 318 **						
322						
330						
334						
** 342 **						
** 342 **						

NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 MS-B

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
342						
344						
350						
352						
364						
402						
** 407 **						
** 408 **						
** 409 **						
419						
** 421 **						
427						
431						
434						
** 446 **						
** 446 **						
446						
448						
452						
454						
466						
505						
** 505 **						

NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 MS-B

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
** 509 **						
** 510 **						
513						
516						
** 522 **						
522						
528						
532						
536						
** 543 **						
** 543 **						
543						
544						
549						
551						
563						
605						
606						
** 606 **						
** 612 **						
** 612 **						
** 622 **						

NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 MS-B

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
628						
630						
636						
** 644 **						
** 644 **						
644						
645						
651						
653						
665						

NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0

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 MS-C

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震クラス	縦弾性係数 (MPa)
1	1N~28, 12~72	8.62	302	660.4	33.6	STPT49	S	[Redacted]
2	73~78	8.62	302	660.4	33.5	STPL46	S	
3	50~8100, 43~8200	8.62	302	252.3	39.6	[Redacted]	S	
	35~8300, 16~8400 20~8500, 25~8600							
4	8100~811, 8200~821	8.62	302	219.1	23.0	[Redacted]	S	
	8300~831, 8400~841							
	8500~851, 8600~861							

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 MS-C

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震クラス	縦弾性係数 (MPa)
5	811～813F, 821～823F	8.62	302	219.1	23.0	STPT49	S	
	831～833F, 841～843F							
	851～853F, 861～863F							
6	79～81A	8.62	302	660.4	33.3	STS49	S	
	101F～127, 201～238							
7	302～309, 401F～439	3.45	302	267.4	15.1	STPT42	S	
	501F～505, 601～604							
	605～627							
8	201F～201, 301F～302	3.45	302	267.4	15.1	STPT410	S	
	601F～601, 604～605							

設計条件

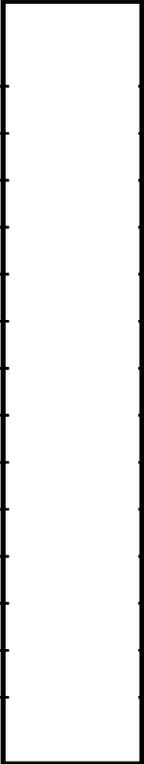
鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し、管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 MS-C

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震クラス	縦弾性係数 (MPa)
9	127～134, 309～333	3.45	302	267.4	15.1	STPT42	—	
	505～534, 627～636							
10	134～137, 238～242	3.45	302	267.4	15.1	STPT42	—	
	333～339, 439～444							
	534～538, 636～640							
11	138～160, 243～265	3.45	302	318.5	17.4	STPT42	—	
	340～359, 445～464							
	539～559, 641～661							

配管の付加質量

鳥 瞰 図 MS-C

質量	対応する評価点
	1N~12, 18~19, 29~33, 45~47, 52~59 61~69
	12~14, 12~29
	14~18
	19~23, 41~45
	23~27
	27~28
	33~37
	37~41
	47~52
	59~61
	69~71
	71~72, 73~74
	74~78
	79~81A
	8100~813F, 8200~823F, 8300~833F, 8400~843F, 8500~853F 8600~863F

NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0

フランジ部の質量

鳥 瞰 図 MS-C

質量	対応する評価点
	813F, 823F, 833F, 843F, 853F, 863F
	101F, 201F, 301F, 401F, 501F, 601F

弁部の寸法

鳥 瞰 図 MS-C

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
72~7201				7201~7202			
7202~7203				7201~73			
78~7801				7801~7802			
7802~7803				7801~79			
813F~814				814~815			
815~816				816~817			
814~101F				823F~824			
824~825				825~826			
826~827				824~201F			
833F~834				834~835			
835~836				836~837			
834~301F				843F~844			
844~845				845~846			
846~847				844~401F			
853F~854				854~855			
855~856				856~857			
854~501F				863F~864			
864~865				865~866			
866~867				864~601F			

NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0

弁部の質量

鳥 瞰 図 MS-C

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
	7202, 7802		7203
	7803		814, 824, 834, 844, 854, 864
	816, 826, 846, 866		817, 827, 837, 847, 857, 867
	836, 856		

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 MS-C

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
N1						
6						
7						
** 10 **						
22						
** 22 **						
** 22 **						
23						
** 30 **						
** 32 **						
** 32 **						
** 46 **						
54						
** 54 **						
** 54 **						
** 57 **						
** 58 **						
70						
7202						
7802						

NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 MS-C

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
** 7802 **						
81A						
107						
** 109 **						
** 110 **						
** 112 **						
** 121 **						
127						
132						
134						
142						
** 143 **						
** 143 **						
143						
150						
152						
164						
208						
** 209 **						
** 210 **						
213						
223						

NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 MS-C

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
** 224 **						
** 224 **						
237						
238						
246						
** 248 **						
** 248 **						
248						
255						
257						
269						
** 308 **						
** 309 **						
** 309 **						
312						
320						
326						
331						
333						
341						
** 342 **						
** 342 **						

NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 MS-C

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
342						
349						
351						
363						
** 405 **						
** 408 **						
** 408 **						
413						
421						
** 427 **						
** 427 **						
438						
439						
450						
** 451 **						
** 451 **						
451						
454						
456						
468						
503						
** 503 **						

NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 MS-C

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
** 505 **						
** 505 **						
508						
** 520 **						
** 521 **						
** 524 **						
** 524 **						
528						
534						
544						
** 545 **						
** 545 **						
545						
549						
551						
563						
602						
** 602 **						
** 608 **						
609						

NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 MS-C

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
** 610 **						
619						
** 624 **						
** 627 **						
** 627 **						
636						
638						
645						
** 646 **						
** 646 **						
646						
651						
653						
665						

NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0

3.3 材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

材 料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)			
		S m	S y	S u	S h
STPT49	302	138	209	—	—
STPL46	302	135	—	—	—
	302	115	173	—	—
STS49	302	—	209	423	—
STPT410	302	—	182	404	—
STPT42	302	—	182	404	—

### 3.4 設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答スペクトルを下表に示す。

なお、設計用床応答スペクトルは「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	建物・構築物	標高	減衰定数 (%)
MS-A	ペDESTAL		
MS-B	ペDESTAL		
MS-C	ペDESTAL		

4. 解析結果及び評価  
 4.1 固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 MS-A		S					
耐震クラス		S <sub>a</sub> 及び静的震度			S <sub>s</sub>		
適用する地震動等		応答水平震度		応答鉛直震度		応答鉛直震度	
モード	固有周期 (s)	X方向		Y方向		Y方向	
		Z方向	Z方向	X方向	Z方向	X方向	Z方向
1次							
2次							
3次							
4次							
5次							
6次							
7次							
8次							
30次							
31次							
動的震度							
静的震度							

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図 MS-A

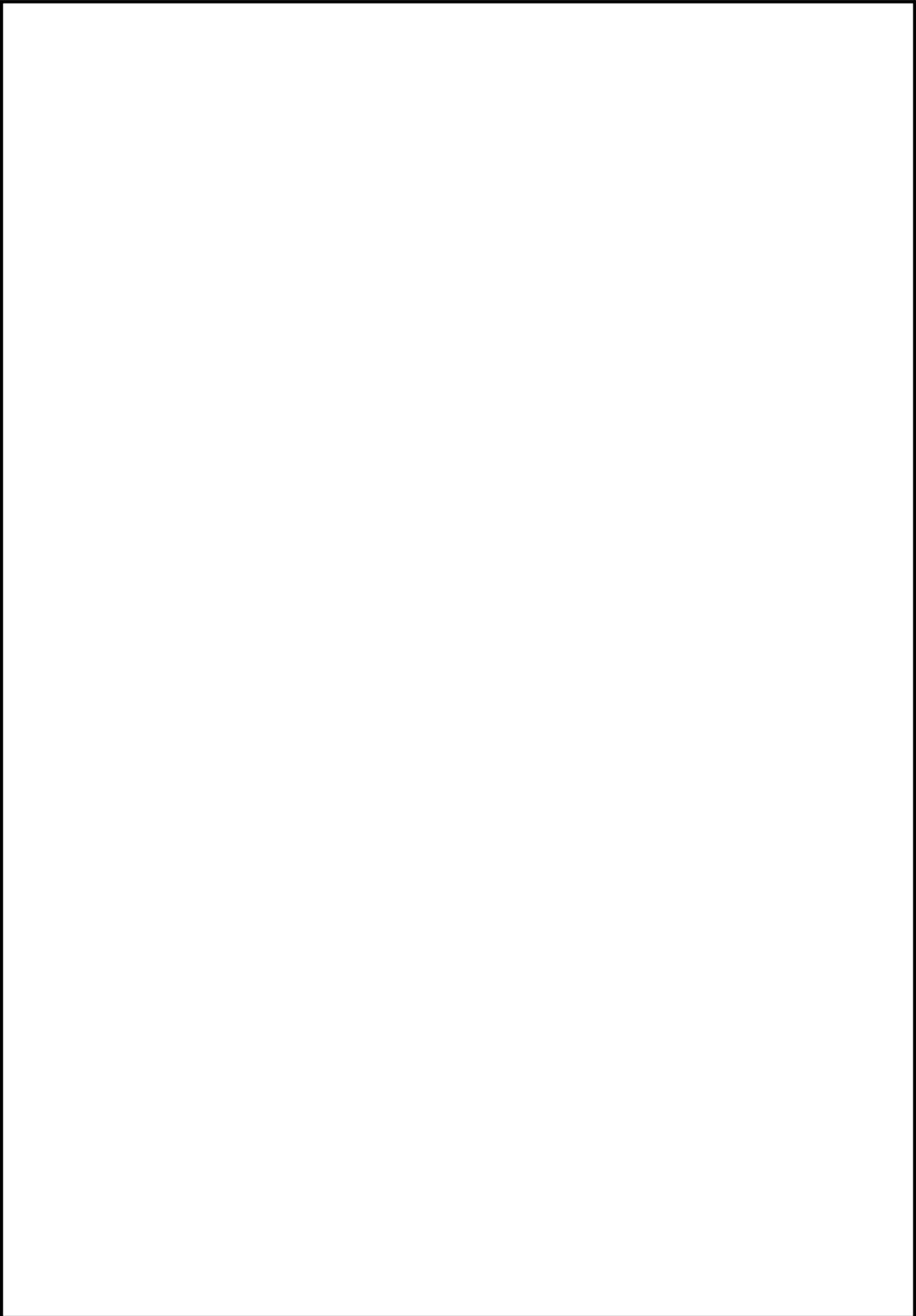
モード	固有周期 (s)	刺激係数		
		X方向	Y方向	Z方向
1次	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
2次				
3次				
4次				
5次				
6次				
7次				
8次				
30次				

NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0

## 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。

NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0



NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0

解析結果及び評価  
固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 MS-B

耐震クラス		S					
適用する地震動等		S <sub>a</sub> 及び静的震度			S <sub>s</sub>		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度		応答鉛直震度		応答鉛直震度	
		X方向	Z方向	Y方向	X方向	Z方向	Y方向
1次	[Redacted]						
2次							
3次							
4次							
5次							
6次							
7次							
8次							
52次							
53次							
動的震度							
静的震度							

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図 MS-B

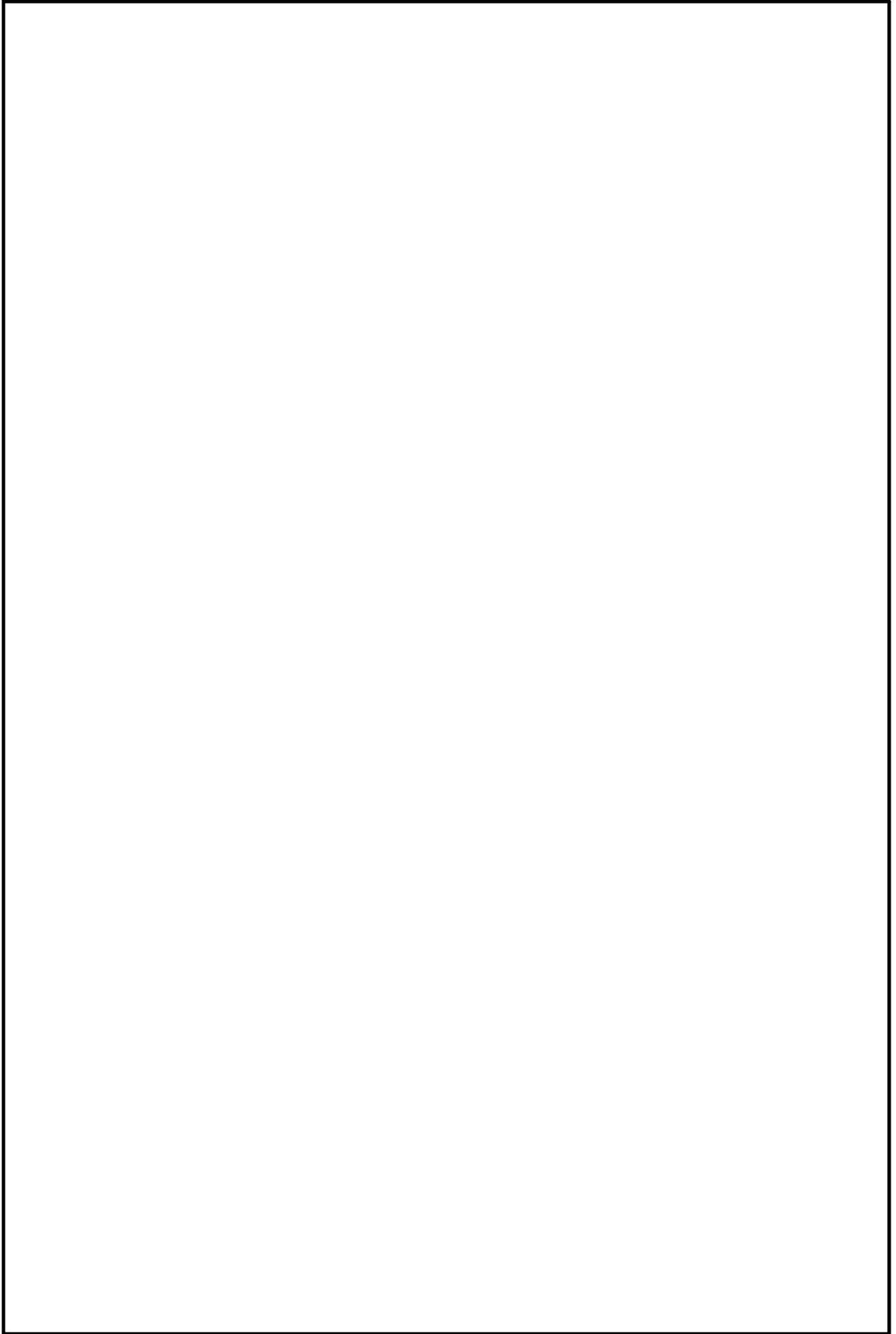
モード	固有周期 (s)	刺激係数		
		X方向	Y方向	Z方向
1次				
2次				
3次				
4次				
5次				
6次				
7次				
8次				
52次				

NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0

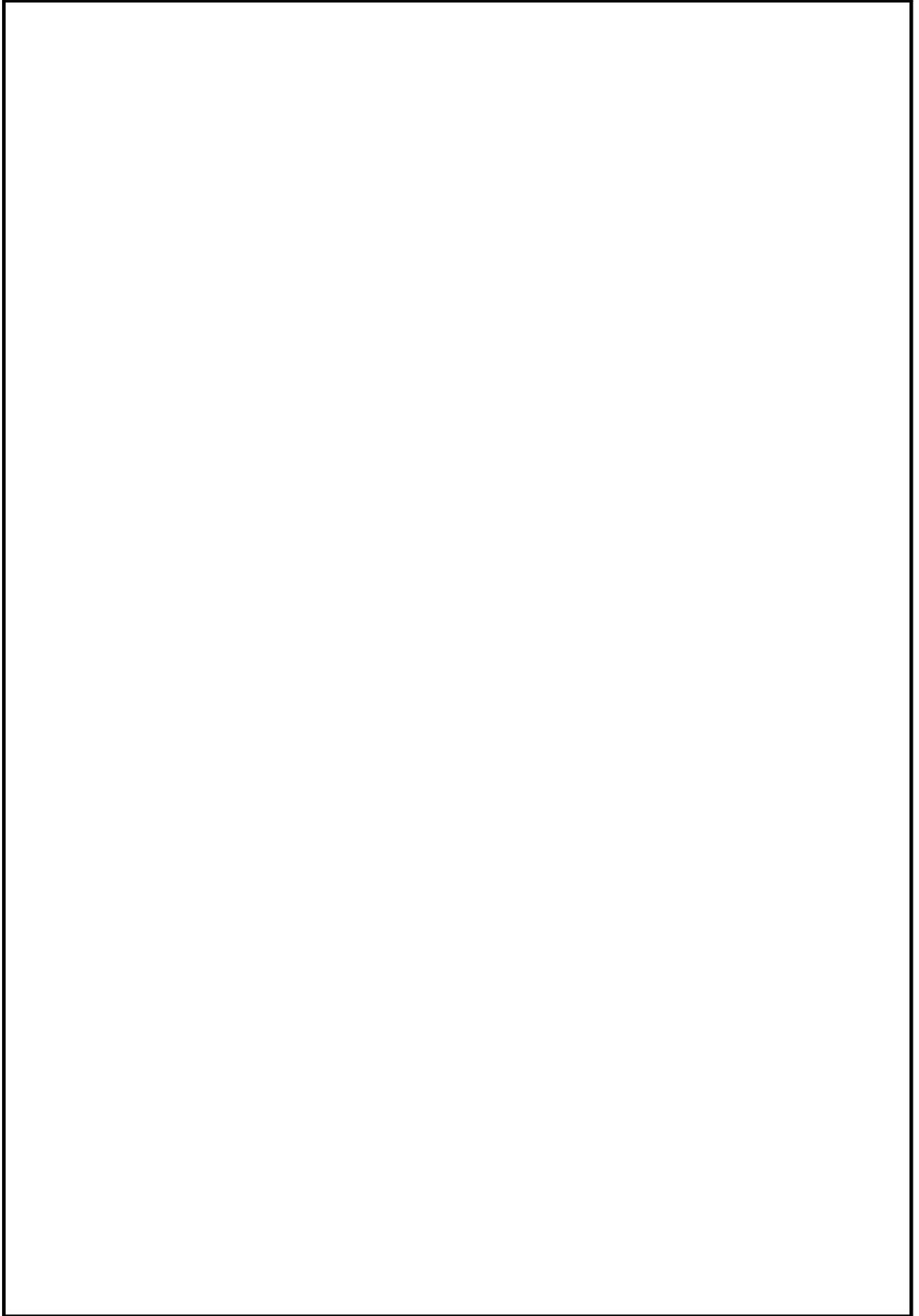
## 代表的振動モード図

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。

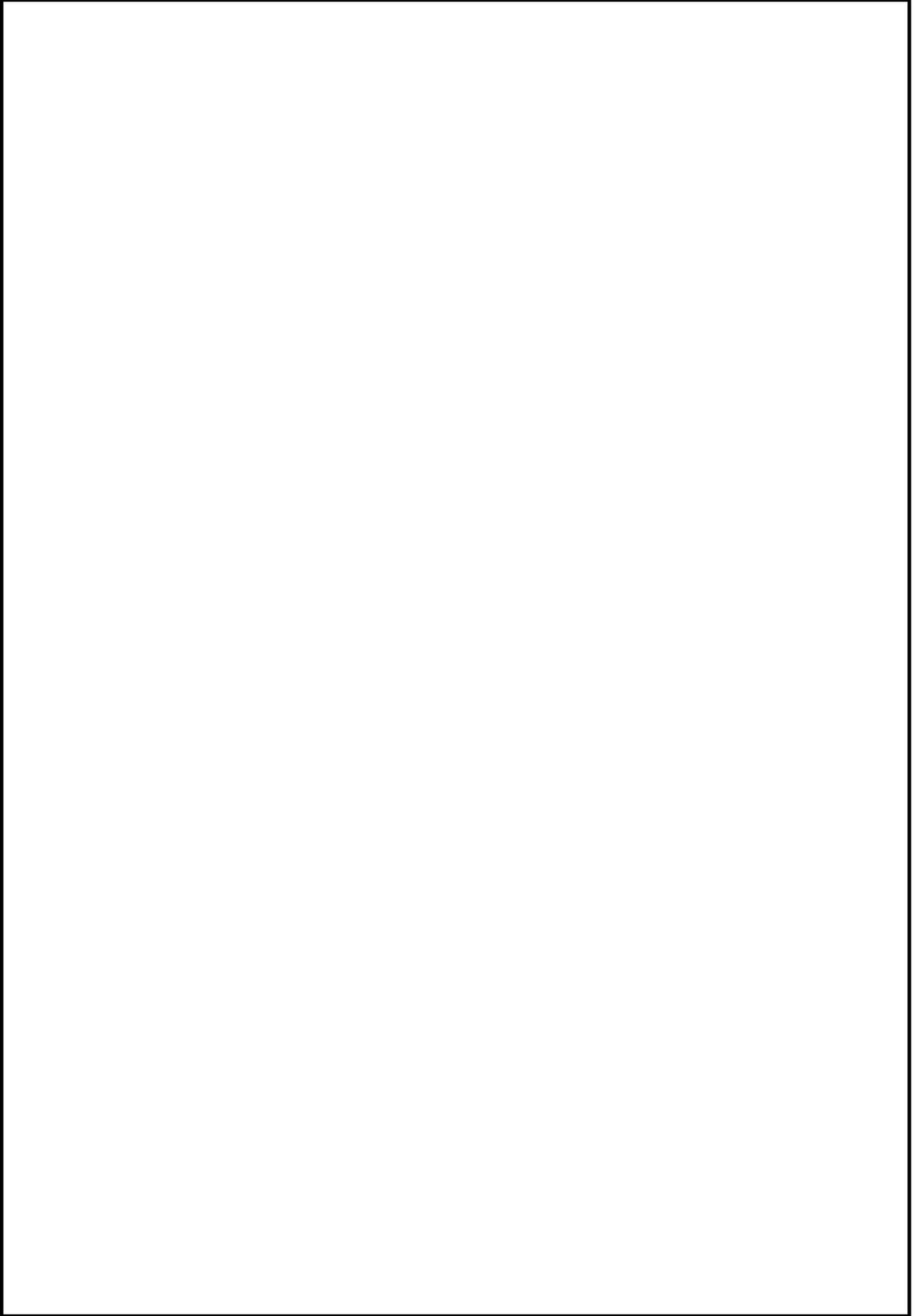
NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0



NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0



NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0



解析結果及び評価  
固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 MS-C

耐震クラス		S					
適用する地震動等		S <sub>a</sub> 及び静的震度			S <sub>s</sub>		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度		応答鉛直震度		応答鉛直震度	
		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							
51次							
52次							
動的震度							
静的震度							

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図 MS-C

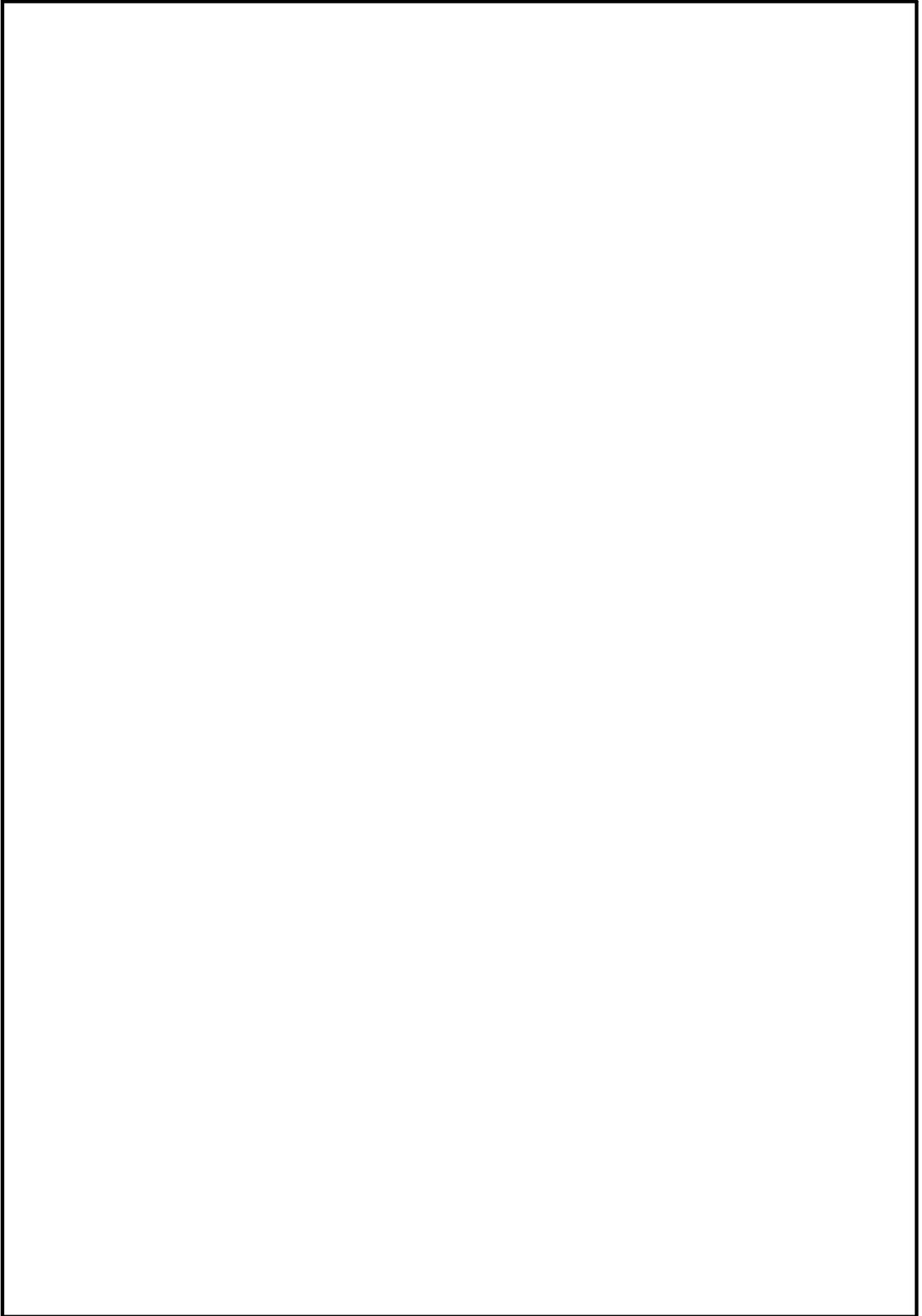
モード	固有周期 (s)	刺激係数		
		X方向	Y方向	Z方向
1次	[Blank]	[Blank]	[Blank]	[Blank]
2次				
3次				
4次				
5次				
6次				
7次				
8次				
51次				

NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0

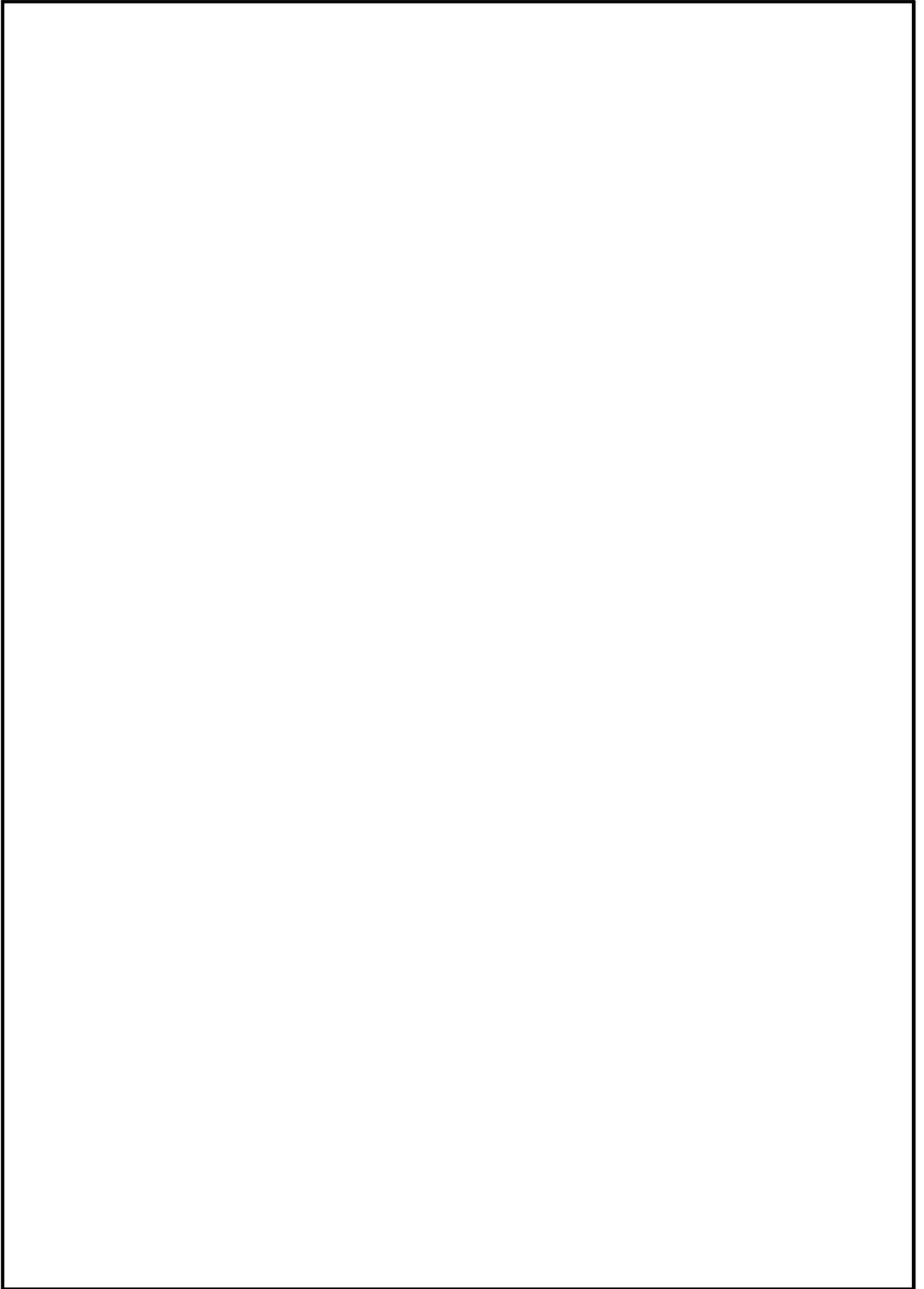
### 代表的振動モード図

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。

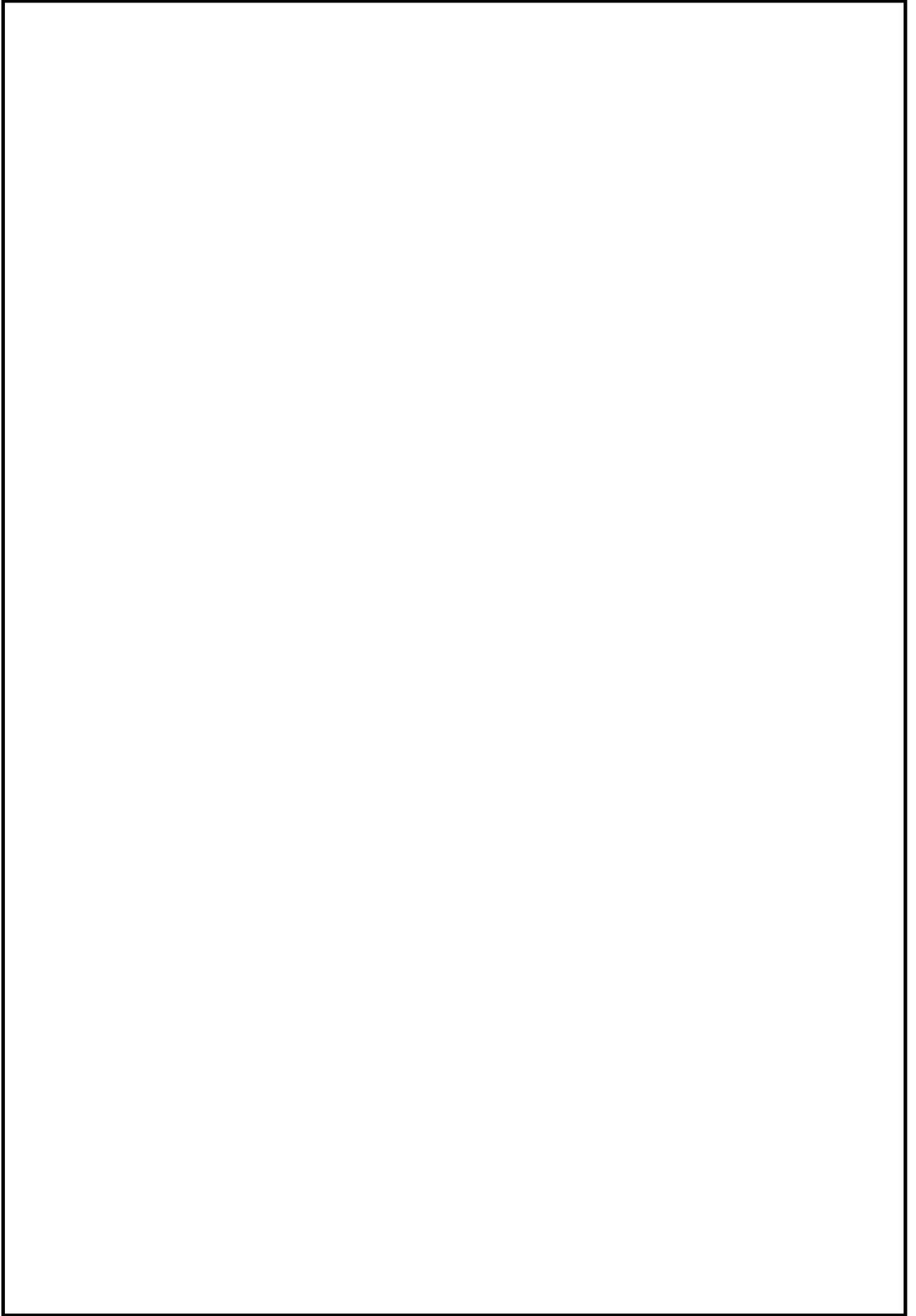
NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0



NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0



NT2 補③ V-2-5-3-1-2 R0



4.2 評価結果

4.2.1 管の応力評価結果

下表に示すごとく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1管及び重大事故等クラス2管であってクラス1管

鳥瞰図	許容応力状態 (供用状態)	最大応力 評価点	配管要素 名称	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 疲労累積 係数 U+U <sub>S</sub> s
					一次応力 S <sub>pr</sub> m(S <sub>d</sub> ) S <sub>pr</sub> m(S <sub>s</sub> )	許容応力 min(2.25S <sub>m</sub> , 1.8S <sub>y</sub> ) min(3S <sub>m</sub> , 2S <sub>y</sub> )	ねじり 応力 S <sub>t</sub> (S <sub>d</sub> ) S <sub>t</sub> (S <sub>s</sub> )	許容 応力 0.55S <sub>m</sub> 0.73S <sub>m</sub>	一次+二次 応力 S <sub>n</sub> (S <sub>s</sub> )	許容 応力 3S <sub>m</sub>	
MS-B	III <sub>A</sub> S	49	TEE	S <sub>pr</sub> m(S <sub>d</sub> )	223	258	—	—	—	—	—
MS-B	III <sub>A</sub> S	49	TEE	S <sub>t</sub> (S <sub>d</sub> )	—	—	49	63	—	—	—
MS-B	IV <sub>A</sub> S	49	TEE	S <sub>pr</sub> m(S <sub>s</sub> )	306	345	—	—	—	—	—
MS-B	IV <sub>A</sub> S	49	TEE	S <sub>t</sub> (S <sub>s</sub> )	—	—	72	83	—	—	—
MS-A	IV <sub>A</sub> S	21	TEE	S <sub>n</sub> (S <sub>s</sub> )	—	—	—	—	857	345	0.7218
MS-B	IV <sub>A</sub> S	49	TEE	U+U <sub>S</sub> s	—	—	—	—	—	—	0.8153

\* 印はねじりによる応力が許容応力状態III<sub>A</sub>Sのとき0.55S<sub>m</sub>、又は許容応力状態IV<sub>A</sub>Sのとき0.73S<sub>m</sub>を超える評価点を示し、次紙に曲げとねじりによる応力評価結果を示す。

管の応力評価結果

下表に示すごとく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以下の管及び重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管

鳥瞰図	許容応力状態 (供用状態)	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	
MS-C	III <sub>A</sub> S	232	Spr <sub>m</sub> (Sd)	121	182	—	—	—
MS-C	IV <sub>A</sub> S	232	Spr <sub>m</sub> (Ss)	138	363	—	—	—
MS-A	IV <sub>A</sub> S	301F	Sn (Ss)	—	—	151	364	—

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のうち大きい方とする。

管の応力評価結果

下表に示すごとく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

鳥瞰図	許容応力状態 (供用状態)	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	
MS-C	V <sub>A</sub> S	451	Spr <sub>m</sub> (S <sub>s</sub> )	175	363	—	—	—
MS-C	V <sub>A</sub> S	451	S <sub>n</sub> (S <sub>s</sub> )	—	—	255	364	—

4.2.2 支持構造物評価結果

下表に示すごとく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 (°C)	評価結果	
					計算 荷重 (kN)	許容 荷重 (kN)
SNW-MS-464	メカニカルスナッパ	SMS-16	「V-2-1-11機器・ 配管の耐震支持設 計方針」参照		175.0	240.0
SNO-MS-P035	オイルスナッパ	SN-25			243.0	375.0
R0-MS-P036	ロッドレストレイント	RTS-16			264.0	288.0
SH-MS-HC1-1, 2	スプリングハンガ	VS-L4			63.9	72.9
CH-MS-434	コンスタントハンガ	CHS-59			15.1	215.7

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 (°C)	支持点荷重							評価結果		
					反力 (kN)			モーメント (kN・m)				応力 分類	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)
					F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>				
GD-MS-GD1	ガイド	ラダ	ASTM A516 Gr. 70	302	195.0	566.0	0	0	0	0	230.0	組合せ	62	136
RE-MS-649	レストレイント	パイプバンド	SM400B	302	113.0	0	31.5	—	—	—	—	圧縮	62	115
AN-MS-220	アンカ	ラダ	ASTM A516 Gr. 70	302	207.0	329.0	1040.0	459.0	303.0	191.0	組合せ	82	237	

4.2.3 弁の動的機能維持評価結果

下表に示すごとく応答加速度が機能確認済加速度以下又は計算応力が許容応力以下である。

弁番号	形式	要求機能	応答加速度* ( $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )		機能確認済加速度 ( $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )		構造強度評価結果 (MPa)	
			水平	鉛直	水平	鉛直	計算応力	許容応力
B22-F022A	主蒸気隔離弁	$\alpha$ (Ss)	6.4	5.6	10.0	6.2	—	—
B22-F022B	主蒸気隔離弁	$\alpha$ (Ss)	7.5	5.6	10.0	6.2	—	—
B22-F013K	主蒸気逃がし安全弁	$\alpha$ (Ss) $\beta$ (Ss)	6.9	2.0	9.6	6.1	—	—
B22-F013E	主蒸気逃がし安全弁	$\alpha$ (Ss) $\beta$ (Ss)	6.2	2.8	9.6	6.1	—	—

\* 応答加速度は、打ち切り振動数を50Hzとして計算した結果を示す。

本資料のうち、枠組みの内容は、  
営業秘密または防護上の観点から  
公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-776 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-10-1-2-3 非常用ディーゼル発電機燃料油デイトンクの  
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
2.2 評価方針	3
2.3 適用基準	4
2.4 記号の説明	5
2.5 計算精度と数値の丸め方	8
3. 評価部位	9
4. 地震応答解析及び構造強度評価	9
4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法	9
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	9
4.3 設計用地震力	14
4.4 解析モデル及び諸元	15
4.5 固有周期	17
4.6 計算方法	18
4.7 計算条件	18
4.8 応力の評価	19
5. 評価結果	20
5.1 設計基準対象施設としての評価結果	20
5.2 重大事故等対処設備としての評価結果	20
6. 引用文献	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の設計方針に基づき、非常用ディーゼル発電機燃料油デイト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。

非常用ディーゼル発電機燃料油デイトンクは、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。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

非常用ディーゼル発電機燃料油デイトンクの構造計画を表2-1に示す。

表2-1 構造計画

計 画 の 概 要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>胴を6個の脚で支持し，脚をそれぞれ基礎ボルトで基礎に据え付ける。</p>	<p>横置円筒形容器</p>	<p>The diagram shows a horizontal cylindrical container with rounded ends. It is supported by six legs, with three legs shown on the right side. Each leg is mounted on a rectangular foundation block. A vertical bolt, labeled '基礎ボルト', passes through the leg and the foundation block. The container body is labeled '胴', the legs are labeled '脚', the foundation blocks are labeled '基礎', and the bolts are labeled '基礎ボルト'.</p>

## 2.2 評価方針

非常用ディーゼル発電機燃料油デイトンクの応力評価は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針 3.1 構造強度上の制限」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示す非常用ディーゼル発電機燃料油デイトンクの部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4.4 解析モデル及び諸元」及び「4.5 固有周期」で算出した固有周期及び荷重に基づく応力等が許容限界内に収まることを、「4. 地震応答解析及び構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5. 評価結果」に示す。

非常用ディーゼル発電機燃料油デイトンクの耐震評価フローを図 2-1 に示す。

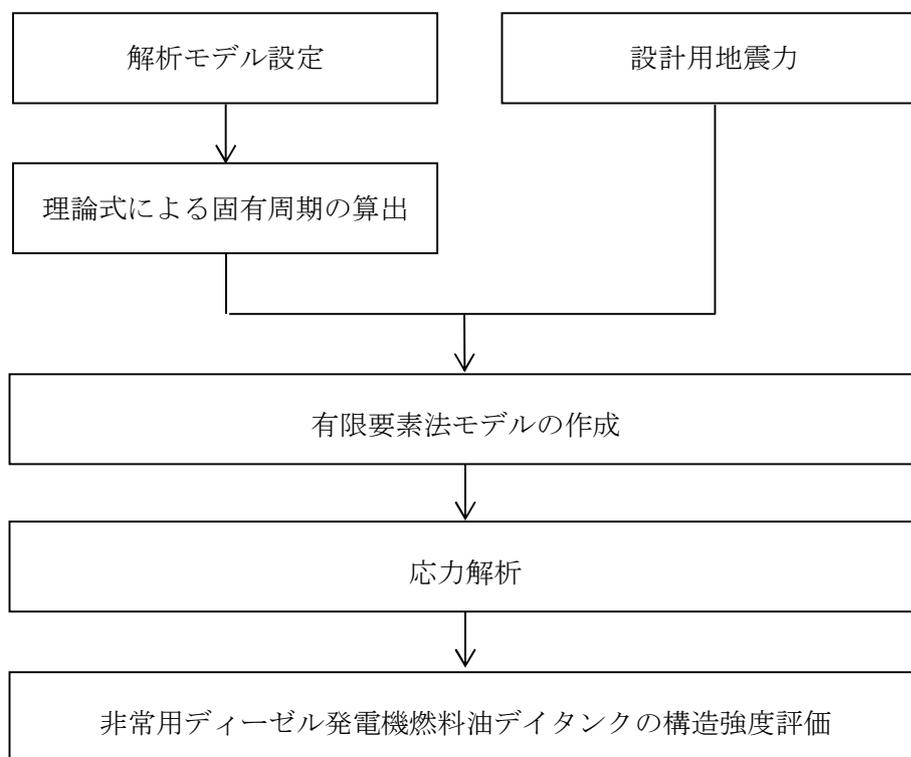


図 2-1 非常用ディーゼル発電機燃料油デイトンクの耐震評価フロー

### 2.3 適用基準

適用基準を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針（重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補－1984, J E A G 4 6 0 1－1987及びJ E A G 4 6 0 1－1991 追補版）（日本電気協会 電気技術基準調査委員会 昭和59年9月, 昭和62年8月及び平成3年6月）
- (2) 発電用原子力設備規格（設計・建設規格（2005年版（2007年追補版含む。）） J S M E S N C 1－2005/2007）（日本機械学会 2007年9月）（以下「設計・建設規格」という。）

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A <sub>0</sub>	設計・建設規格 PVB-3315に定める値	—
A <sub>b</sub>	基礎ボルトの軸断面積	mm <sup>2</sup>
A <sub>s</sub>	第1脚の断面積	mm <sup>2</sup>
A <sub>s1</sub>	第1脚の長手方向に対する有効せん断断面積	mm <sup>2</sup>
A <sub>s2</sub>	第1脚の横方向に対する有効せん断断面積	mm <sup>2</sup>
A <sub>s3</sub>	第1脚の長手方向に対するせん断断面積	mm <sup>2</sup>
A <sub>s4</sub>	第1脚の横方向に対するせん断断面積	mm <sup>2</sup>
a	第1脚底板の長手方向幅	mm
B <sub>0</sub>	設計・建設規格 PVB-3315に定める値	—
b	第1脚底板の横方向幅	mm
C <sub>1</sub>	第1脚の胴付け根部のアタッチメントの幅の2分の1 (胴の横方向)	mm
C <sub>2</sub>	第1脚の胴付け根部のアタッチメントの幅の2分の1 (胴の長手方向)	mm
C <sub>H</sub>	水平方向設計震度	—
C <sub>V</sub>	鉛直方向設計震度	—
C <sub>cj</sub>	周方向モーメントによる応力の補正係数 (引用文献(2)より得られる値) (j=1: 周方向応力, j=2: 軸方向応力)	—
C <sub>lj</sub>	軸方向モーメントによる応力の補正係数 (引用文献(2)より得られる値) (j=1: 周方向応力, j=2: 軸方向応力)	—
D <sub>i</sub>	胴の内径	mm
d <sub>1</sub>	第1脚底板端面から基礎ボルト中心までの長手方向の距離	mm
d <sub>2</sub>	第1脚底板端面から基礎ボルト (外側) 中心までの横方向の距離	mm
E	胴の縦弾性係数	MPa
E'	設計・建設規格 添付4-2に定める値 (=2.07×10 <sup>5</sup> )	MPa
E <sub>s</sub>	脚の縦弾性係数	MPa
F	設計・建設規格 SSB-3121.1又はSSB-3131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 <sub>sb</sub>	せん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力	MPa
f <sub>to</sub>	引張力のみを受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
f <sub>ts</sub>	引張力とせん断力を同時に受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
G	胴のせん断弾性係数	MPa
G <sub>s</sub>	脚のせん断弾性係数	MPa
H	水頭	mm
h <sub>1</sub>	基礎から第1脚の胴付け根部までの高さ	mm
h <sub>2</sub>	基礎から胴の中心までの高さ	mm
I <sub>sx</sub>	第1脚の長手方向軸に対する断面二次モーメント	mm <sup>4</sup>
I <sub>sy</sub>	第1脚の横方向軸に対する断面二次モーメント	mm <sup>4</sup>

記号	記号の説明	単位
K	疲労強度減少係数又は応力集中係数	—
$K_c$	第1脚のばね定数（胴の横方向に水平力が作用する場合）	N/m
$K_e$	繰返しピーク応力強さの割増し係数	—
$K^l$	第1脚のばね定数（胴の長手方向に水平力が作用する場合）	N/m
$K_v$	第1脚のばね定数（胴に鉛直力が作用する場合）	N/m
$K_{1j}, K_{2j}$	引用文献(2)によるアタッチメントパラメータの補正係数 （ $j=1$ : 周方向応力, $j=2$ : 軸方向応力）	—
$K_{cj}, K^{lj}$	引用文献(2)によるアタッチメントパラメータの補正係数 （ $j=1$ : 周方向応力, $j=2$ : 軸方向応力）	—
$l_0$	脚中心間距離	mm
$l_i$	第1脚より各荷重までの距離（ここで第2脚側の距離は正, その反対側は負とする。）（ $i=1, 2, 3\cdots j_1$ ）	mm
$l_w$	当板における脚の取り付けかない部分の長手方向長さ	mm
$M_1$	第1脚付け根部における胴の運転時質量によるモーメント	N・mm
$M_2$	第2脚付け根部における胴の運転時質量によるモーメント	N・mm
$m_0$	容器の運転時質量	kg
$m_i$	容器各部の質量（ $i=1, 2, 3\cdots j_1$ ）	kg
$m_{s1}$	第1脚の質量	kg
$m_{s2}$	第2脚の質量	kg
N	実際の繰返し回数	—
$N_a$	許容繰返し回数	—
$N_1$	$S_1$ に対応する許容繰返し回数	—
$N_2$	$S_2$ に対応する許容繰返し回数	—
n	脚1個当たりの基礎ボルトの本数	—
$n_1$	長手方向及び鉛直方向地震時に引張りを受ける基礎ボルトの本数	—
$n_2$	横方向及び鉛直方向地震時に引張りを受ける基礎ボルトの本数	—
q	設計・建設規格 PVB-3315に定める値	—
$R_1$	第1脚の受ける荷重	N
$R_2$	第2脚の受ける荷重	N
S	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表5に定める値	MPa
$S_a$	胴の許容応力	MPa
$S_a'$	設計・建設規格 付録材料図表 添付4-2.2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

記号	記号の説明	単位
$S_{\ell}$	繰返しピーク応力強さ	MPa
$S_{\ell}'$	補正した繰返しピーク応力強さ	MPa
$S_n$	一次＋二次応力強さ（＝算出応力）	MPa
$S_m$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表1に定める値	MPa
$S_p$	応力集中係数を考慮した一次＋二次応力強さ	MPa
$S_y$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa
$S_y (RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料の 40 °Cにおける値	MPa
$S_1$	設計・建設規格 付録材料図表 添付4-2.2に定める値	MPa
$S_2$	設計・建設規格 付録材料図表 添付4-2.2に定める値	MPa
$s$	基礎ボルトと基礎の縦弾性係数比	—
$T$	胴の温度条件	°C
$T_s$	脚の温度条件	°C
$T_1$	長手方向固有周期	s
$T_2$	横方向固有周期	s
$T_3$	鉛直方向固有周期	s
$t$	第1脚側胴板の厚さ	mm
$t_e$	第1脚付け根部における胴の有効板厚	mm
$U_f$	疲労累積係数	—
$Z_{sx}$	第1脚の長手方向軸に対する断面係数	mm <sup>3</sup>
$Z_{sy}$	第1脚の横方向軸に対する断面係数	mm <sup>3</sup>
$\theta$	引用文献(1)による胴の有効範囲角の2分の1	rad
$\theta_o$	胴の第1脚端部より鉛直軸までの角度	rad
$\theta_w$	胴の第1脚端部より当板端部までの角度	rad
$\sigma_o$	胴の一次一般膜応力の最大値	MPa
$\sigma_1$	胴の一次応力の最大値	MPa
$\sigma_2$	胴の一次応力と二次応力の和の変動値の最大値	MPa
$\sigma_b$	基礎ボルトに生じる引張応力の最大値	MPa
$\sigma_{s1}$	脚の一次応力の最大値	MPa
$\sigma_{s2}$	脚の一次応力と二次応力の和の変動値の最大値	MPa
$\tau_b$	基礎ボルトに生じるせん断応力の最大値	MPa

## 2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は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
最高使用圧力	MPa	—	—	小数点以下第2位
温度	℃	—	—	整数位
質量	kg	—	—	整数位
長さ	下記以外の長さ	mm	—	整数位 <sup>*1</sup>
	胴の厚さ	mm	—	小数点以下第1位
面積 <sup>*2</sup>	mm <sup>2</sup>	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 <sup>*2</sup>
モーメント	N・mm	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 <sup>*2</sup>
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 <sup>*2</sup>
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力 <sup>*3</sup>	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

注記 \*1：設計上定める値が小数点以下の場合は、小数点以下表示とする。

\*2：絶対値が1000以上のときはべき数表示とする。

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

### 3. 評価部位

非常用ディーゼル発電機燃料油デイトンクの耐震評価は、「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胴、脚及び基礎ボルトについて実施する。非常用ディーゼル発電機燃料油デイトンクの耐震評価部位については、表2-1の概略構造図に示す。

## 4. 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) 容器及び内容物の質量は胴の中心軸に集中するものとする。
- (2) 地震力は、容器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、原則として、強度評価において組合せるものとする。なお、基礎ボルトにおいては、作用する荷重の算出において組合せるものとする。
- (3) 容器の胴は6個の脚で支持され、脚はそれぞれ基礎に基礎ボルトで取り付ける。
- (4) 水平方向は、脚をはりと考え、変形モードは脚の曲げ及びせん断変形を考慮する。胴の鉛直方向は剛とみなす。
- (5) 胴と脚との取付部において胴の局部変形を考慮する。
- (6) 脚は全脚固定とし、水平方向荷重は全ての脚で受けるものとする。
- (7) 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

非常用ディーゼル発電機燃料油デイト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

非常用ディーゼル発電機燃料油デイトンクの許容応力を表4-3～表4-4に示す。

#### 4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

非常用ディーゼル発電機燃料油デイトンク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。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電用原子炉の附属施設	非常用電源設備	非常用ディーゼル発電機 燃料油デイトンク	S	—*1	$D + P_D + M_D + S_d^{**2}$	Ⅲ <sub>A</sub> S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ <sub>A</sub> S

注記 \*1：クラス3容器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容器の支持構造物を含む。

\*2：S<sub>s</sub>と組み合わせ、Ⅲ<sub>A</sub>Sの評価を実施する。

表 4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電用原子炉の附属施設	非常用電源設備	非常用ディーゼル発電機 燃料油デイトンク	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	Ⅳ <sub>A</sub> S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> SとしてⅣ <sub>A</sub> Sの許容限界を用いる。)

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

\*2：重大事故等クラス2容器の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。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 (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			
	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 <sub>A</sub> S	S <sub>y</sub> と 0.6・S <sub>u</sub> 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 のうち大きい方とする。	左欄の 1.5 倍の値	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は基準地震動 S <sub>s</sub> 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 <sub>y</sub> 以下であれば疲労解析は不要。	
Ⅳ <sub>A</sub> S				
V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> SとしてⅣ <sub>A</sub> Sの許容限界を用いる。)	0.6・S <sub>u</sub>	左欄の 1.5 倍の値	基準地震動 S <sub>s</sub> 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 <sub>y</sub> 以下であれば疲労解析は不要。	

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: 2・S<sub>y</sub> を超えるときは弾塑性解析若しくは設計・建設規格 PVB-3300 (PVB-3313 を除く。S<sub>m</sub> は 2/3・S<sub>y</sub> と読み替える。) の簡易弾塑性解析を用いる。

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

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

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

表 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 (°C)		S (MPa)	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (RT) (MPa)
		最高使用温度					
胴	SS41* (厚さ ≤ 16mm)	最高使用温度	55	—	239	391	—
脚		周囲環境温度		—	231	394	—
基礎ボルト		周囲環境温度		—	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 (°C)		S (MPa)	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (RT) (MPa)
		最高使用温度					
胴	SS41* (厚さ ≤ 16mm)	最高使用温度	55	—	239	391	—
脚		周囲環境温度		—	231	394	—
基礎ボルト		周囲環境温度		—	231	394	—

### 4.3 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 $S_d$ 又は静的震度」及び「基準地震動 $S_s$ 」による地震力は、「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づく。

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 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$	
	水平 方向	鉛直 方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉建屋 EL. 8.2* <sup>1</sup>	0.039	0.004	—* <sup>2</sup>	—* <sup>2</sup>	$C_H=1.10$	$C_V=0.96$

注記 \*1：基準床レベルを示す。

\*2： $S_s$ 組み合わせ、Ⅲ<sub>A</sub>Sについて評価を実施する。

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 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$	
	水平 方向	鉛直 方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉建屋 EL. 8.2*	0.039	0.004	—	—	$C_H=1.10$	$C_V=0.96$

注記 \*：基準床レベルを示す。

#### 4.4 解析モデル及び諸元

非常用ディーゼル発電機燃料油デイトンクの解析モデルを図4-1に、解析モデルの概要を以下に示す。また、機器の諸元を表4-9に示す。

- (1) 燃料油デイトンクをシェル要素でモデル化したFEMモデルによって求める。
- (2) 拘束条件は、脚を脚底面ボルト位置で変位3(X, Y, Z)方向拘束、脚底面を鉛直(Z)方向フリーとする。
- (3) 計算機コードは、「ABAQUS」を使用し、胴、脚及び基礎ボルトの応力を求める。

なお、評価に用いる計算機コードの検証及び妥当性確認等の概要については、「V-5-5 計算機プログラム（解析コード）の概要・ABAQUS」に示す。

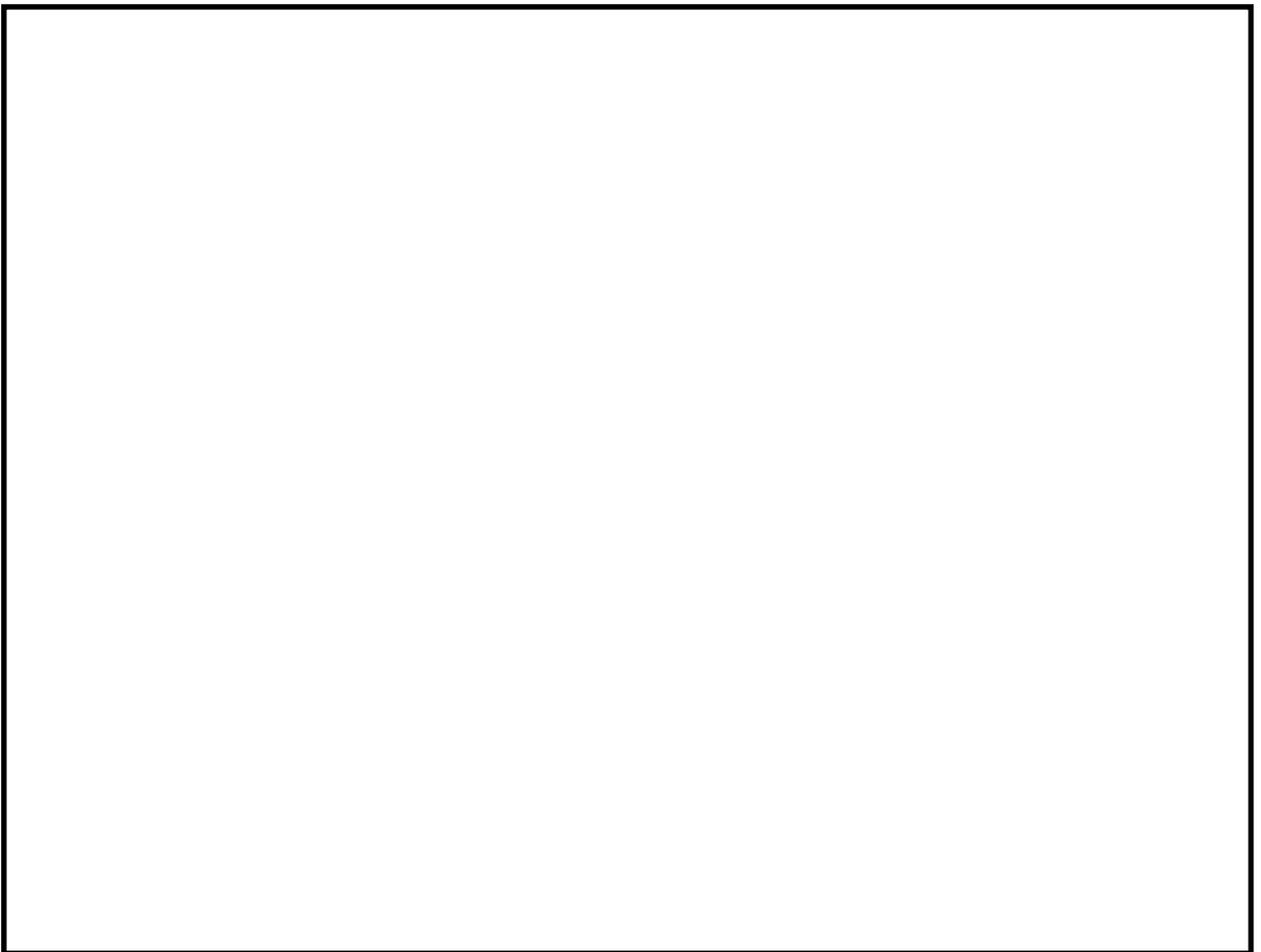


図4-1 解析モデル

表4-9 機器諸元

項目		記号	単位	入力値
材質		—	—	<input type="text"/>
質量		$m_0$	kg	15000
温度条件 (雰囲気温度)	胴	T	℃	55
	脚	$T_s$	℃	<input type="text"/>
縦弾性係数	胴	E	MPa	201000
	脚	$E_s$	MPa	201000
ポアソン比		$\nu$	—	0.3
要素数		—	個	23972
節点数		—	個	23956

4.5 固有周期

(1) 計算モデル

本容器は、4.1項より図4-1、図4-2及び図4-3のような1質点系振動モデルとして考える。

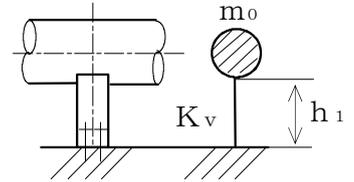
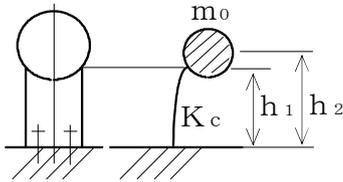
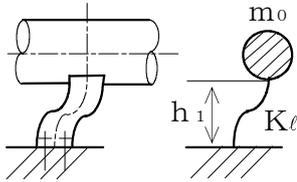


図4-1 長手方向の固有周期  
計算モデル

図4-2 横方向の固有周期  
計算モデル

図4-3 鉛直方向の固有周期  
計算モデル

(2) 脚の受ける荷重

脚の受ける荷重は全ての脚が下端固定構造であるため、機器の運転時質量 $m_0$ を全ての脚で受けるものとする。

(3) 長手方向の固有周期

図4-1におけるばね定数は次式で求める。

$$K_l = \frac{1000}{\frac{h_1^3}{12 \cdot E_s \cdot I_{sy}} + \frac{h_1}{G_s \cdot A_{s1}}} \dots\dots\dots (4.5.1)$$

固有周期は次式で求める。

$$T_1 = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m_0}{K_l}} \dots\dots\dots (4.5.2)$$

(4) 横方向の固有周期

図4-2におけるばね定数は次式で求める。

$$K_c = \frac{1000}{\frac{h_1^2 \cdot (3 \cdot h_2 - h_1)}{6 \cdot E_s \cdot I_{sx}} + \frac{(h_2 - h_1) \cdot h_1 \cdot (h_2 - h_1 / 2)}{E_s \cdot I_{sx}} + \frac{h_1}{G_s \cdot A_{s2}}} \dots\dots\dots (4.5.3)$$

固有周期は次式で求める。

$$T_2 = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m_0}{K_c}} \dots\dots\dots (4.5.4)$$

(5) 鉛直方向の固有周期

図4-3におけるばね定数は次式で求める。

$$K_v = \frac{1000}{\frac{h_1}{A_s \cdot E_s}} \dots\dots\dots (4.5.5)$$

固有周期は次式で求める。

$$T_3 = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m_0}{K_v}} \dots\dots\dots (4.5.6)$$

(6) 固有周期の計算結果

固有周期の計算結果を表4-10に示す。

表 4-10 固有周期 (s)

方向		固有周期
水平	長手方向	0.014
	横方向	0.039
鉛直		0.004

4.6 計算方法

計算機コード「ABAQUS」により、胴、脚及び基礎ボルトの応力を求める。

4.7 計算条件

応力解析に用いる自重（胴、脚及び基礎ボルト）は、本計算書の【非常用ディーゼル発電機燃料油デイト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。

#### 4.8 応力の評価

##### 4.8.1 胴及び脚の応力評価

4.6項で求めた組合せ応力が胴の最高使用温度及び脚の周囲環境温度における許容応力  $S_a$  以下であること。ただし、 $S_a$  は下表による。

応力の種類	許 容 応 力 $S_a$	
	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度による荷重との組合せの場合	基準地震動 $S_s$ による荷重との組合せの場合
一次一般膜応力	設計降伏点 $S_y$ と設計引張強さ $S_u$ の0.6倍のいずれか小さい方の値。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あつては許容引張応力 $S$ の1.2倍の方が大きい場合はこの大きい方の値とする。	設計引張強さ $S_u$ の0.6倍
一 次 応 力	上記の1.5倍の値	上記の1.5倍の値
一次応力と二次応力の和	地震動のみによる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倍以下であれば、疲れ解析は不要とする。	

##### 4.8.2 基礎ボルトの応力評価

4.6項で求めた基礎ボルトの引張応力  $\sigma_b$  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。

$$f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}] \quad \dots\dots\dots (4.8.2.1)$$

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

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

## 5. 評価結果

### 5.1 設計基準対象施設としての評価結果

非常用ディーゼル発電機燃料油デイト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。なお，弾性設計用地震動  $S_d$  及び静的震度は基準地震動  $S_s$  を下回っており，基準地震動  $S_s$  による発生値が，弾性設計用地震動  $S_d$  又は静的震度に対する評価における許容限界を満足するため，弾性設計用地震動  $S_d$  又は静的震度による発生値の算出を省略した。

### 5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

非常用ディーゼル発電機燃料油デイト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。

## 6. 引用文献

- (1) Stresses in Large Horizontal Cylindrical Pressure Vessels on Two Saddle Supports, Welding Research Supplement, Sep. 1951.
- (2) Wichman, K.R. et al.: Local Stresses in Spherical and Cylindrical Shells due to External Loadings, Welding Research Council bulletin, October 2002 Update of the March 1979 revision (original, August 1965)

【非常用ディーゼル発電機燃料油デイト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	耐震設計上の重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度			
非常用ディーゼル発電機燃料油デイトンク	S	原子炉建屋 EL. 8.2*1	0.039	0.004	—*2	—*2	C <sub>H</sub> =1.10	C <sub>V</sub> =0.96	静水頭	55	□

注記 \*1: 基準床レベルを示す。

\*2: III<sub>A</sub>Sについては、基準地震動 S<sub>s</sub> で評価する。

1.2 機器要目

m <sub>1</sub> (kg)	m <sub>2</sub> (kg)	m <sub>3</sub> (kg)	m <sub>4</sub> (kg)	m <sub>5</sub> (kg)	m <sub>6</sub> (kg)	m <sub>7</sub> (kg)
—	—	—	—	—	—	—

ℓ <sub>1</sub> (mm)	ℓ <sub>2</sub> (mm)	ℓ <sub>3</sub> (mm)	ℓ <sub>4</sub> (mm)	ℓ <sub>5</sub> (mm)	ℓ <sub>6</sub> (mm)	ℓ <sub>7</sub> (mm)	M <sub>1</sub> (N・mm)	M <sub>2</sub> (N・mm)	R <sub>1</sub> (N)	R <sub>2</sub> (N)	H (mm)
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1604

m <sub>0</sub> (kg)	m <sub>s1</sub> (kg)	m <sub>s2</sub> (kg)	D <sub>i</sub> (mm)	t (mm)	t <sub>e</sub> (mm)	ℓ <sub>0</sub> (mm)	h <sub>1</sub> (mm)	h <sub>2</sub> (mm)	θ <sub>w</sub> (rad)	ℓ <sub>w</sub> (mm)
15000	—	—	1800	9.0	12.0	—	—	—	—	—

C <sub>1</sub> (mm)	C <sub>2</sub> (mm)	I <sub>sx</sub> (mm <sup>4</sup> )	I <sub>sy</sub> (mm <sup>4</sup> )	Z <sub>sx</sub> (mm <sup>3</sup> )	Z <sub>sy</sub> (mm <sup>3</sup> )	θ <sub>0</sub> (rad)	θ (rad)
—	—	7.912×10 <sup>8</sup>	1.317×10 <sup>9</sup>	—	—	—	—

$A_s$ (mm <sup>2</sup> )	E (MPa)	$E_s$ (MPa)	$G_s$ (MPa)	$A_{s1}$ (mm <sup>2</sup> )	$A_{s2}$ (mm <sup>2</sup> )	$A_{s3}$ (mm <sup>2</sup> )	$A_{s4}$ (mm <sup>2</sup> )
$8.333 \times 10^4$	201000 <sup>*1</sup>	201000 <sup>*2</sup>	77300	$2.840 \times 10^4$	$5.085 \times 10^4$	—	—

$K_{11}$	$K_{12}$	$K_{21}$	$K_{22}$	$K_{\ell 1}$	$K_{\ell 2}$	$K_{C1}$	$K_{C2}$	$C_{\ell 1}$	$C_{\ell 2}$	$C_{C1}$	$C_{C2}$
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—								

s	n	$n_1$	$n_2$	a (mm)	b (mm)	$A_b$ (mm <sup>2</sup> )	$d_1$ (mm)	$d_2$ (mm)
—	6	—	—	—	—	706.9 (M30)	—	—

$S_y$ (胴板) (MPa)	$S_u$ (胴板) (MPa)	S (胴板) (MPa)	$S_y$ (脚) (MPa)	$S_u$ (脚) (MPa)	F (脚) (MPa)	F* (脚) (MPa)	$S_y$ (基礎ボルト) (MPa)	$S_u$ (基礎ボルト) (MPa)	F (基礎ボルト) (MPa)	F* (基礎ボルト) (MPa)
239 <sup>*1</sup>	391 <sup>*1</sup>	—	231 <sup>*2</sup>	394 <sup>*2</sup>	—	—	231 <sup>*2</sup>	394 <sup>*2</sup>	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

応力算出には有限要素解析手法を適用し、解析コードABAQUSを使用して計算した。  
以下に応力計算結果（応力最大値）を示す。

1.3.1 胴に生じる応力 (単位：MPa)

応 力	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
	発生応力	発生応力
一次一般膜	—	$\sigma_0 = 27$
一 次	—	$\sigma_1 = 86$
一次＋二次	—	$\sigma_2 = 567$

1.3.2 脚に生じる応力 (単位：MPa)

応 力	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
	発生応力	発生応力
一 次	—	$\sigma_{s1} = 129$
一次＋二次	—	$\sigma_{s2} = 538$

1.3.3 基礎ボルトに生じる応力 (単位：MPa)

応 力	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
	発生応力	発生応力
引 張 り	—	$\sigma_b = 55$
せ ん 断	—	$\tau_b = 72$

1.4 結論

1.4.1 固有周期 (単位：s)

方 向	固 有 周 期
長 手 方 向	$T_1 = 0.014$
横 方 向	$T_2 = 0.039$
鉛 直 方 向	$T_3 = 0.004$

1.4.2 応力 (単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基 準 地 震 動 $S_s$	
			算出応力*1	許容応力	算出応力	許容応力
胴 板	SS41	一次一般膜	$\sigma_0 = 27$	$S_a = 235$	$\sigma_0 = 27$	$S_a = 235$
		一 次	$\sigma_1 = 86$	$S_a = 352$	$\sigma_1 = 86$	$S_a = 352$
		一次＋二次	$\sigma_2 = 567$	$S_a = 478$	$\sigma_2 = 567$	$S_a = 478$
脚	□	一 次	$\sigma_{s1} = 129$	$S_a = 346$	$\sigma_{s1} = 129$	$S_a = 355$
		一次＋二次	$\sigma_{s2} = 538$	$S_a = 462$	$\sigma_{s2} = 538$	$S_a = 462$
基礎ボルト	□	引 張 り	$\sigma_b = 55$	$f_{ts} = 127^{*2}$	$\sigma_b = 55$	$f_{ts} = 174^{*2}$
		せ ん 断	$\tau_b = 72$	$f_{sb} = 133$	$\tau_b = 72$	$f_{sb} = 159$

すべて許容応力以下である。

注記 \*1：基準地震動  $S_s$  による算出値

\*2： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$ より算出

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度			
非常用ディーゼル発電機 燃料油デイトンク	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋 EL. 8.2*	0.039	0.004	—	—	C <sub>H</sub> =1.10	C <sub>V</sub> =0.96	静水頭	55	

注記 \* : 基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

m <sub>1</sub> (kg)	m <sub>2</sub> (kg)	m <sub>3</sub> (kg)	m <sub>4</sub> (kg)	m <sub>5</sub> (kg)	m <sub>6</sub> (kg)	m <sub>7</sub> (kg)
—	—	—	—	—	—	—

ℓ <sub>1</sub> (mm)	ℓ <sub>2</sub> (mm)	ℓ <sub>3</sub> (mm)	ℓ <sub>4</sub> (mm)	ℓ <sub>5</sub> (mm)	ℓ <sub>6</sub> (mm)	ℓ <sub>7</sub> (mm)	M <sub>1</sub> (N・mm)	M <sub>2</sub> (N・mm)	R <sub>1</sub> (N)	R <sub>2</sub> (N)	H (mm)
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1604

m <sub>0</sub> (kg)	m <sub>s1</sub> (kg)	m <sub>s2</sub> (kg)	D <sub>i</sub> (mm)	t (mm)	t <sub>e</sub> (mm)	ℓ <sub>0</sub> (mm)	h <sub>1</sub> (mm)	h <sub>2</sub> (mm)	θ <sub>w</sub> (rad)	ℓ <sub>w</sub> (mm)
15000	—	—	1800	9.0	12.0	—	—	—	—	—

C <sub>1</sub> (mm)	C <sub>2</sub> (mm)	I <sub>sx</sub> (mm <sup>4</sup> )	I <sub>sy</sub> (mm <sup>4</sup> )	Z <sub>sx</sub> (mm <sup>3</sup> )	Z <sub>sy</sub> (mm <sup>3</sup> )	θ <sub>0</sub> (rad)	θ (rad)
—	—	7.912×10 <sup>8</sup>	1.317×10 <sup>9</sup>	—	—	—	—

$A_s$ (mm <sup>2</sup> )	E (MPa)	$E_s$ (MPa)	$G_s$ (MPa)	$A_{s1}$ (mm <sup>2</sup> )	$A_{s2}$ (mm <sup>2</sup> )	$A_{s3}$ (mm <sup>2</sup> )	$A_{s4}$ (mm <sup>2</sup> )
$8.333 \times 10^4$	201000 <sup>*1</sup>	201000 <sup>*2</sup>	77300	$2.840 \times 10^4$	$5.085 \times 10^4$	—	—

$K_{11}$	$K_{12}$	$K_{21}$	$K_{22}$	$K_{\ell 1}$	$K_{\ell 2}$	$K_{C1}$	$K_{C2}$	$C_{\ell 1}$	$C_{\ell 2}$	$C_{C1}$	$C_{C2}$
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—								

s	n	$n_1$	$n_2$	a (mm)	b (mm)	$A_b$ (mm <sup>2</sup> )	$d_1$ (mm)	$d_2$ (mm)
—	6	—	—	—	—	706.9 (M30)	—	—

$S_y$ (胴板) (MPa)	$S_u$ (胴板) (MPa)	S (胴板) (MPa)	$S_y$ (脚) (MPa)	$S_u$ (脚) (MPa)	F (脚) (MPa)	F* (脚) (MPa)	$S_y$ (基礎ボルト) (MPa)	$S_u$ (基礎ボルト) (MPa)	F (基礎ボルト) (MPa)	F* (基礎ボルト) (MPa)
<sup>*1</sup> 239	<sup>*1</sup> 391	—	<sup>*2</sup> 231	<sup>*2</sup> 394	—	—	<sup>*2</sup> 231	<sup>*2</sup> 394	—	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

応力算出には有限要素解析手法を適用し、解析コードABAQUSを使用して計算した。  
以下に応力計算結果（応力最大値）を示す。

2.3.1 胴に生じる応力 (単位：MPa)

応 力	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
	発生応力	発生応力
一次一般膜	—	$\sigma_0 = 27$
一 次	—	$\sigma_1 = 86$
一次＋二次	—	$\sigma_2 = 567$

2.3.2 脚に生じる応力 (単位：MPa)

応 力	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
	発生応力	発生応力
一 次	—	$\sigma_{s1} = 129$
一次＋二次	—	$\sigma_{s2} = 538$

2.3.3 基礎ボルトに生じる応力 (単位：MPa)

応 力	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
	発生応力	発生応力
引 張 り	—	$\sigma_b = 55$
せ ん 断	—	$\tau_b = 72$

2.4 結論

2.4.1 固有周期 (単位：s)

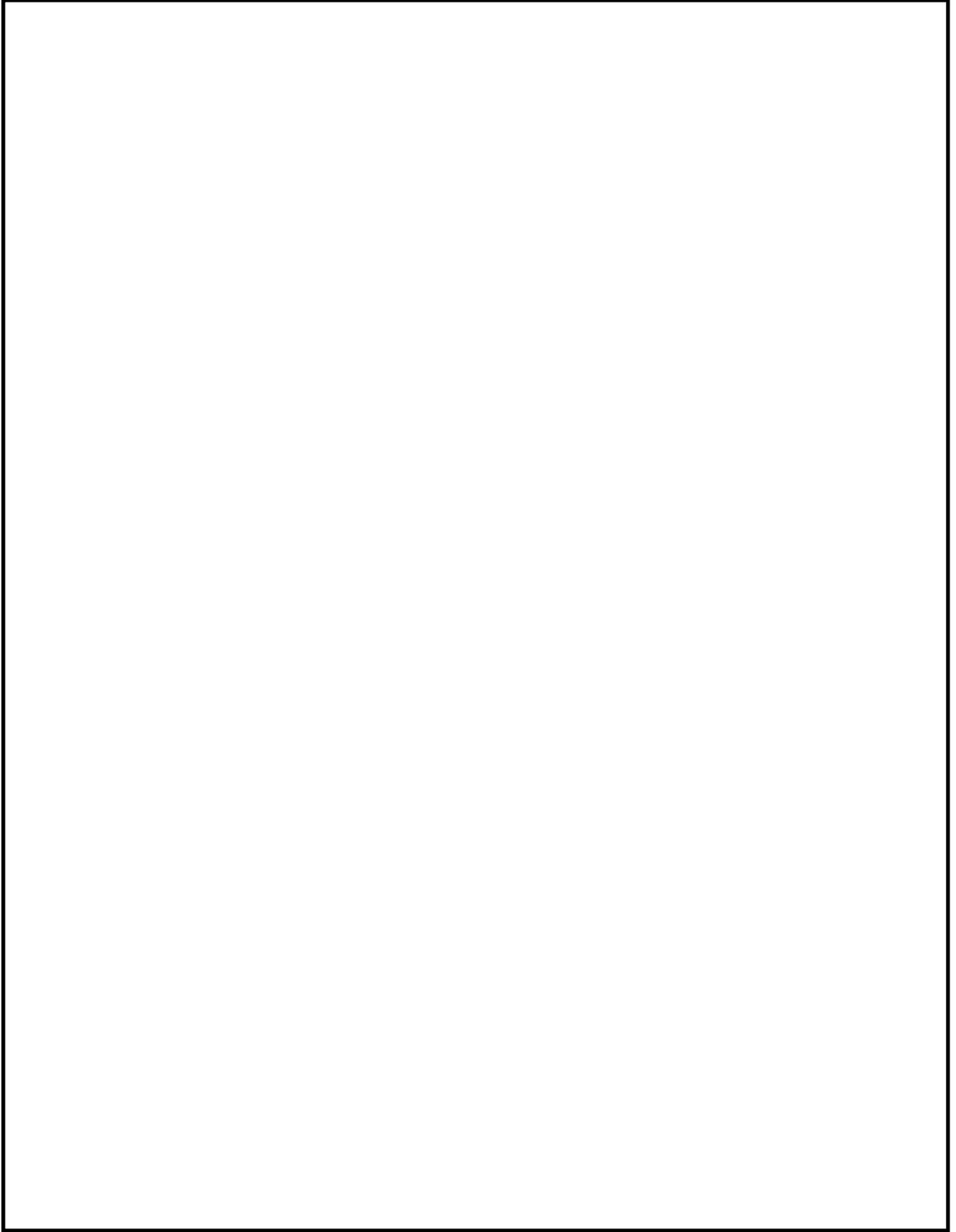
方 向	固 有 周 期
長 手 方 向	$T_1 = 0.014$
横 方 向	$T_2 = 0.039$
鉛 直 方 向	$T_3 = 0.004$

2.4.2 応力 (単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基 準 地 震 動 $S_s$	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
胴 板	SS41	一次一般膜	—	—	$\sigma_0 = 27$	$S_a = 235$
		一 次	—	—	$\sigma_1 = 86$	$S_a = 352$
		一次＋二次	—	—	$\sigma_2 = 567$	$S_a = 478$
脚	SS41	一 次	—	—	$\sigma_{s1} = 129$	$S_a = 355$
		一次＋二次	—	—	$\sigma_{s2} = 538$	$S_a = 462$
基礎ボルト	SS41	引 張 り	—	—	$\sigma_b = 55$	$f_{ts} = 174^*$
		せ ん 断	—	—	$\tau_b = 72$	$f_{sb} = 159$

すべて許容応力以下である。

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



燃料油デイタンクの解析モデル

本資料のうち、枠組みの内容は、  
営業秘密または防護上の観点から  
公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-777 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-10-1-3-3 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機  
燃料油デイ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
2.2 評価方針	3
2.3 適用基準	4
2.4 記号の説明	5
2.5 計算精度と数値の丸め方	8
3. 評価部位	9
4. 地震応答解析及び構造強度評価	9
4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法	9
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	9
4.3 設計用地震力	14
4.4 解析モデル及び諸元	15
4.5 固有周期	17
4.6 計算方法	18
4.7 計算条件	18
4.8 応力の評価	19
5. 評価結果	20
5.1 設計基準対象施設としての評価結果	20
5.2 重大事故等対処設備としての評価結果	20
6. 引用文献	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の設計方針に基づき、高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料油デイト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。

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料油デイトンクは、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。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料油デイトンクの構造計画を表2-1に示す。

表2-1 構造計画

計 画 の 概 要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>胴を4個の脚で支持し，脚をそれぞれ基礎ボルトで基礎に据え付ける。</p>	<p>横置円筒形容器</p>	

## 2.2 評価方針

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料油デイトンクの応力評価は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針 3.1 構造強度上の制限」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」にて示す高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料油デイトンクの部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4.4 解析モデル及び諸元」及び「4.5 固有周期」で算出した固有周期及び荷重に基づく応力等が許容限界内に収まることを、「4. 地震応答解析及び構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5. 評価結果」に示す。

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料油デイトンクの耐震評価フローを図 2-1 に示す。

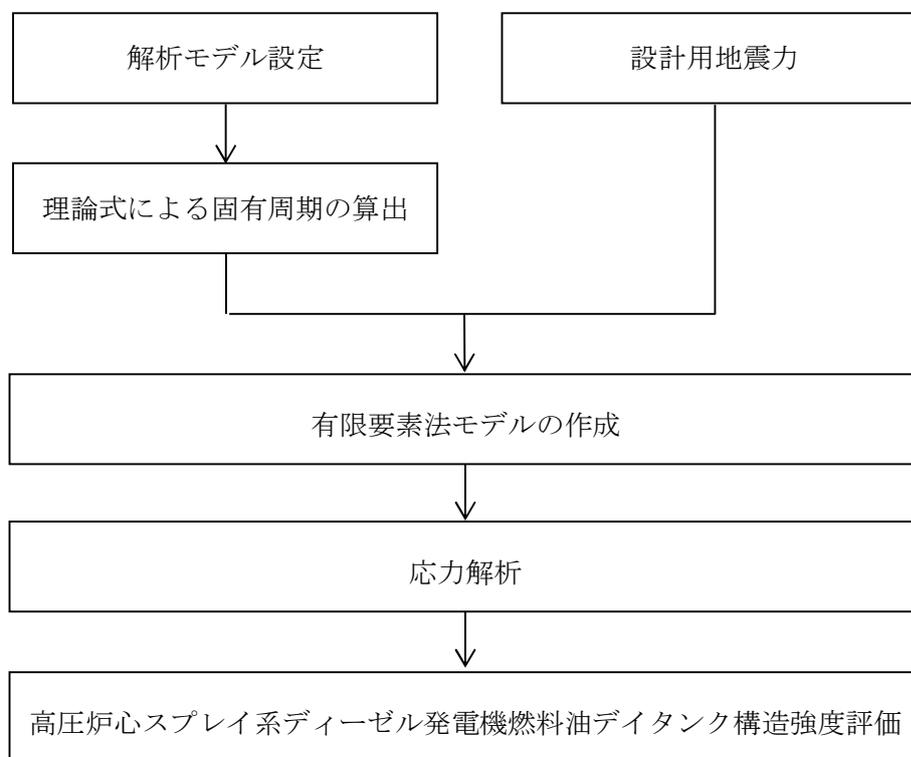


図 2-1 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料油デイトンクの耐震評価フロー

### 2.3 適用基準

適用基準を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針（重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補－1984, J E A G 4 6 0 1－1987及びJ E A G 4 6 0 1－1991 追補版）（日本電気協会 電気技術基準調査委員会 昭和59年9月, 昭和62年8月及び平成3年6月）
- (2) 発電用原子力設備規格（設計・建設規格（2005年版（2007年追補版含む。）） J S M E S N C 1－2005/2007）（日本機械学会 2007年9月）（以下「設計・建設規格」という。）

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A <sub>b</sub>	基礎ボルトの軸断面積	mm <sup>2</sup>
A <sub>s</sub>	第1脚の断面積	mm <sup>2</sup>
A <sub>s1</sub>	第1脚の長手方向に対する有効せん断断面積	mm <sup>2</sup>
A <sub>s2</sub>	第1脚の横方向に対する有効せん断断面積	mm <sup>2</sup>
A <sub>s3</sub>	第1脚の長手方向に対するせん断断面積	mm <sup>2</sup>
A <sub>s4</sub>	第1脚の横方向に対するせん断断面積	mm <sup>2</sup>
a	第1脚底板の長手方向幅	mm
b	第1脚底板の横方向幅	mm
C <sub>1</sub>	第1脚の胴付け根部のアタッチメントの幅の2分の1 (胴の横方向)	mm
C <sub>2</sub>	第1脚の胴付け根部のアタッチメントの幅の2分の1 (胴の長手方向)	mm
C <sub>H</sub>	水平方向設計震度	—
C <sub>V</sub>	鉛直方向設計震度	—
C <sub>cj</sub>	周方向モーメントによる応力の補正係数 (引用文献(2)より得られる値) (j=1:周方向応力, j=2:軸方向応力)	—
C <sub>lj</sub>	軸方向モーメントによる応力の補正係数 (引用文献(2)より得られる値) (j=1:周方向応力, j=2:軸方向応力)	—
D <sub>i</sub>	胴の内径	mm
d <sub>1</sub>	第1脚底板端面から基礎ボルト中心までの長手方向の距離	mm
d <sub>2</sub>	第1脚底板端面から基礎ボルト (外側) 中心までの横方向の距離	mm
E	胴の縦弾性係数	MPa
E <sub>s</sub>	脚の縦弾性係数	MPa
F	設計・建設規格 SSB-3121.1又はSSB-3131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 <sub>sb</sub>	せん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力	MPa
f <sub>to</sub>	引張力のみを受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
f <sub>ts</sub>	引張力とせん断力を同時に受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
G	胴のせん断弾性係数	MPa
G <sub>s</sub>	脚のせん断弾性係数	MPa
H	水頭	mm
h <sub>1</sub>	基礎から第1脚の胴付け根部までの高さ	mm
h <sub>2</sub>	基礎から胴の中心までの高さ	mm
I <sub>sx</sub>	第1脚の長手方向軸に対する断面二次モーメント	mm <sup>4</sup>
I <sub>sy</sub>	第1脚の横方向軸に対する断面二次モーメント	mm <sup>4</sup>
K <sub>c</sub>	第1脚のばね定数 (胴の横方向に水平力が作用する場合)	N/m
K <sub>l</sub>	第1脚のばね定数 (胴の長手方向に水平力が作用する場合)	N/m
K <sub>v</sub>	第1脚のばね定数 (胴に鉛直力が作用する場合)	N/m

記号	記号の説明	単位
$K_{1j}, K_{2j}$	引用文献(2)によるアタッチメントパラメータの補正係数 ( $j=1$ :周方向応力, $j=2$ :軸方向応力)	—
$K_{cj}, K_{lj}$	引用文献(2)によるアタッチメントパラメータの補正係数 ( $j=1$ :周方向応力, $j=2$ :軸方向応力)	—
$l_0$	脚中心間距離	mm
$l_i$	第1脚より各荷重までの距離 (ここで第2脚側の距離は正, その反対側は負とする。) ( $i=1, 2, 3 \dots j_1$ )	mm
$l_w$	当板における脚の取り付けかない部分の長手方向長さ	mm
$M_1$	第1脚付け根部における胴の運転時質量によるモーメント	N・mm
$M_2$	第2脚付け根部における胴の運転時質量によるモーメント	N・mm
$m_0$	容器の運転時質量	kg
$m_i$	容器各部の質量 ( $i=1, 2, 3 \dots j_1$ )	kg
$m_{s1}$	第1脚の質量	kg
$m_{s2}$	第2脚の質量	kg
$n$	脚1個当たりの基礎ボルトの本数	—
$n_1$	長手方向及び鉛直方向地震時に引張りを受ける基礎ボルトの本数	—
$n_2$	横方向及び鉛直方向地震時に引張りを受ける基礎ボルトの本数	—
$R_1$	第1脚の受ける荷重	N
$R_2$	第2脚の受ける荷重	N
$S$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表5に定める値	MPa
$S_a$	胴の許容応力	MPa
$S_u$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa
$S_y$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa
$S_y (RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料の 40 °Cにおける値	MPa
$s$	基礎ボルトと基礎の縦弾性係数比	—
$T$	胴の温度条件	°C
$T_s$	脚の温度条件	°C
$T_1$	長手方向固有周期	s
$T_2$	横方向固有周期	s
$T_3$	鉛直方向固有周期	s
$t$	第1脚側胴板の厚さ	mm
$t_e$	第1脚付け根部における胴の有効板厚	mm

記 号	記 号 の 説 明	単 位
$Z_{s x}$	第1脚の長手方向軸に対する断面係数	$\text{mm}^3$
$Z_{s y}$	第1脚の横方向軸に対する断面係数	$\text{mm}^3$
$\theta$	引用文献(1)による胴の有効範囲角の2分の1	rad
$\theta_0$	胴の第1脚端部より鉛直軸までの角度	rad
$\theta_w$	胴の第1脚端部より当板端部までの角度	rad
$\sigma_0$	胴の一次一般膜応力の最大値	MPa
$\sigma_1$	胴の一次応力の最大値	MPa
$\sigma_2$	胴の一次応力と二次応力の和の変動値の最大値	MPa
$\sigma_b$	基礎ボルトに生じる引張応力の最大値	MPa
$\sigma_{s 1}$	脚の一次応力の最大値	MPa
$\sigma_{s 2}$	脚の一次応力と二次応力の和の変動値の最大値	MPa
$\tau_b$	基礎ボルトに生じるせん断応力の最大値	MPa

## 2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は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
最高使用圧力	MPa	—	—	小数点以下第2位
温度	℃	—	—	整数位
質量	kg	—	—	整数位
長さ	下記以外の長さ	mm	—	整数位 <sup>*1</sup>
	胴の厚さ	mm	—	小数点以下第1位
面積 <sup>*2</sup>	mm <sup>2</sup>	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 <sup>*2</sup>
モーメント	N・mm	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 <sup>*2</sup>
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 <sup>*2</sup>
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力 <sup>*3</sup>	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

注記 \*1：設計上定める値が小数点以下の場合は、小数点以下表示とする。

\*2：絶対値が1000以上のときはべき数表示とする。

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

### 3. 評価部位

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料油デイトンクの耐震評価は、「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胴、脚及び基礎ボルトについて実施する。高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料油デイトンクの耐震評価部位については、表2-1の概略構造図に示す。

## 4. 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) 容器及び内容物の質量は胴の中心軸に集中するものとする。
- (2) 地震力は、容器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、原則として、強度評価において組合せるものとする。なお、基礎ボルトにおいては、作用する荷重の算出において組合せるものとする。
- (3) 容器の胴は4個の脚で支持され、脚はそれぞれ基礎に基礎ボルトで取り付ける。
- (4) 水平方向は、脚をはりと考え、変形モードは脚の曲げ及びせん断変形を考慮する。胴の鉛直方向は剛とみなす。
- (5) 胴と脚との取付部において胴の局部変形を考慮する。
- (6) 脚は全脚固定とし、水平方向荷重は全ての脚で受けるものとする。
- (7) 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

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料油デイト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

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料油デイトンクの許容応力を表4-3～表4-4に示す。

#### 4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料油デイトンク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。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電用原子炉の附属施設	非常用電源設備	高圧炉心スプレイ系 ディーゼル発電機 燃料油デイトンク	S	—*1	$D + P_D + M_D + S_d^{**2}$	Ⅲ <sub>A</sub> S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ <sub>A</sub> S

注記 \*1：クラス3容器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容器の支持構造物を含む。

\*2：S<sub>s</sub>と組み合わせ、Ⅲ<sub>A</sub>Sの評価を実施する。

表 4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電用原子炉の附属施設	非常用電源設備	高圧炉心スプレイ系 ディーゼル発電機 燃料油デイトンク	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	Ⅳ <sub>A</sub> S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> Sとして Ⅳ <sub>A</sub> Sの許容限界を用いる。)

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

\*2：重大事故等クラス2容器の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。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 (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 <sup>*1</sup>			
	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 <sub>A</sub> S	S <sub>y</sub> と 0.6・S <sub>u</sub> 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 のうち大きい方とする。	左欄の 1.5 倍の値	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は基準地震動 S <sub>s</sub> <sup>*2</sup> 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 <sub>y</sub> 以下であれば疲労解析は不要。	
Ⅳ <sub>A</sub> S				
V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> S としてⅣ <sub>A</sub> S の許容限界を用いる。)	0.6・S <sub>u</sub>	左欄の 1.5 倍の値	基準地震動 S <sub>s</sub> <sup>*2</sup> 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 <sub>y</sub> 以下であれば疲労解析は不要。	

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: 2・S<sub>y</sub> を超えるときは弾塑性解析若しくは設計・建設規格 PVB-3300 (PVB-3313 を除く。S<sub>m</sub> は 2/3・S<sub>y</sub> と読み替える。) の簡易弾塑性解析を用いる。

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

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

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

表 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 (°C)		S (MPa)	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		最高使用温度					
胴	SS41* (厚さ ≤ 16mm)	最高使用温度	55	—	239	391	—
脚		周囲環境温度		—	231	394	—
基礎ボルト		周囲環境温度		—	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 (°C)		S (MPa)	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		最高使用温度					
胴	SS41* (厚さ ≤ 16mm)	最高使用温度	55	—	239	391	—
脚		周囲環境温度		—	231	394	—
基礎ボルト		周囲環境温度		—	231	394	—

### 4.3 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 $S_d$ 又は静的震度」及び「基準地震動 $S_s$ 」による地震力は、「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づく。

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 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$	
	水平 方向	鉛直 方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉建屋 EL. 8.2* <sup>1</sup>	0.037	0.004	—* <sup>2</sup>	—* <sup>2</sup>	$C_H=$ 1.10	$C_V=$ 0.96

注記 \*1：基準床レベルを示す。

\*2： $S_s$  組み合わせ，Ⅲ<sub>A</sub>S について評価を実施する。

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 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$	
	水平 方向	鉛直 方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉建屋 EL. 8.2*	0.037	0.004	—	—	$C_H=$ 1.10	$C_V=$ 0.96

注記 \*：基準床レベルを示す。

#### 4.4 解析モデル及び諸元

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料油デイトンクの解析モデルを図4-1に、解析モデルの概要を以下に示す。また、機器の諸元を表4-9に示す。

- (1) 燃料油デイトンクをシェル要素でモデル化したFEMモデルによって求める。
- (2) 拘束条件は、脚を脚底面ボルト位置で変位3(X, Y, Z)方向拘束、脚底面を鉛直(Z)方向フリーとする。
- (3) 計算機コードは、「ABAQUS」を使用し、胴、脚及び基礎ボルトの応力を求める。

なお、評価に用いる計算機コードの検証及び妥当性確認等の概要については、「V-5-5 計算機プログラム（解析コード）の概要・ABAQUS」に示す。

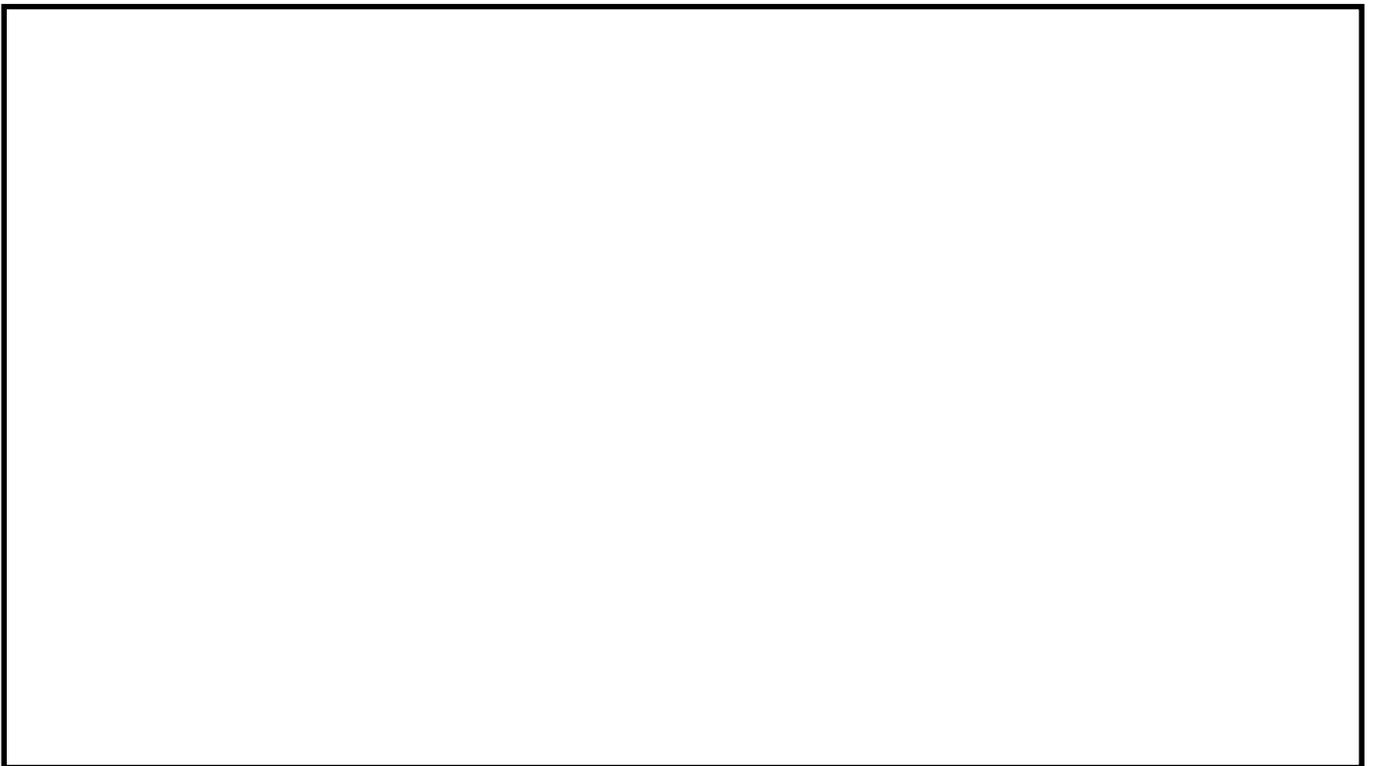


図4-1 解析モデル

表4-9 機器諸元

項目		記号	単位	入力値
材質		—	—	<input type="text"/>
質量		$m_0$	kg	8660
温度条件 (雰囲気温度)	胴	T	℃	55
	脚	$T_s$	℃	<input type="text"/>
縦弾性係数	胴	E	MPa	201000
	脚	$E_s$	MPa	201000
ポアソン比		$\nu$	—	0.3
要素数		—	個	16428
節点数		—	個	16418

#### 4.5 固有周期

##### (1) 計算モデル

本容器は、4.1項より図4-1、図4-2及び図4-3のような1質点系振動モデルとして考える。

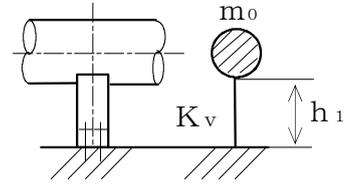
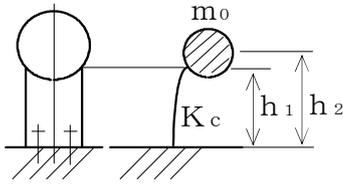
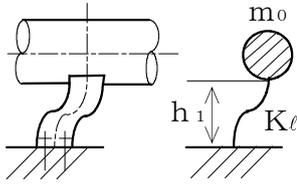


図4-1 長手方向の固有周期  
計算モデル

図4-2 横方向の固有周期  
計算モデル

図4-3 鉛直方向の固有周期  
計算モデル

##### (2) 脚の受ける荷重

脚の受ける荷重は全ての脚が下端固定構造であるため、機器の運転時質量 $m_0$ を全ての脚で受けるものとする。

##### (3) 長手方向の固有周期

図4-1におけるばね定数は次式で求める。

$$K_l = \frac{1000}{\frac{h_1^3}{12 \cdot E_s \cdot I_{sy}} + \frac{h_1}{G_s \cdot A_{s1}}} \quad \dots \quad (4.5.1)$$

固有周期は次式で求める。

$$T_1 = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m_0}{K_l}} \quad \dots \quad (4.5.2)$$

##### (4) 横方向の固有周期

図4-2におけるばね定数は次式で求める。

$$K_c = \frac{1000}{\frac{h_1^2 \cdot (3 \cdot h_2 - h_1)}{6 \cdot E_s \cdot I_{sx}} + \frac{(h_2 - h_1) \cdot h_1 \cdot (h_2 - h_1 / 2)}{E_s \cdot I_{sx}} + \frac{h_1}{G_s \cdot A_{s2}}} \quad \dots \quad (4.5.3)$$

固有周期は次式で求める。

$$T_2 = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m_0}{K_c}} \quad \dots \quad (4.5.4)$$

(5) 鉛直方向の固有周期

図4-3におけるばね定数は次式で求める。

$$K_v = \frac{1000}{\frac{h_1}{A_s \cdot E_s}} \dots\dots\dots (4.5.5)$$

固有周期は次式で求める。

$$T_3 = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m_0}{K_v}} \dots\dots\dots (4.5.6)$$

(6) 固有周期の計算結果

固有周期の計算結果を表4-10に示す。

表 4-10 固有周期 (s)

方向		固有周期
水平	長手方向	0.013
	横方向	0.037
鉛直		0.004

4.6 計算方法

計算機コード「ABAQUS」により、胴、脚及び基礎ボルトの応力を求める。

4.7 計算条件

応力解析に用いる自重（胴、脚及び基礎ボルト）は、本計算書の【高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料油デイト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。

#### 4.8 応力の評価

##### 4.8.1 胴及び脚の応力評価

4.6項で求めた組合せ応力が胴の最高使用温度及び脚の周囲環境温度における許容応力  $S_a$  以下であること。ただし、 $S_a$  は下表による。

応力の種類	許 容 応 力 $S_a$	
	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度による荷重との組合せの場合	基準地震動 $S_s$ による荷重との組合せの場合
一次一般膜応力	設計降伏点 $S_y$ と設計引張強さ $S_u$ の0.6倍のいずれか小さい方の値。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あつては許容引張応力 $S$ の1.2倍の方が大きい場合はこの大きい方の値とする。	設計引張強さ $S_u$ の0.6倍
一 次 応 力	上記の1.5倍の値	上記の1.5倍の値
一次応力と二次応力の和	地震動のみによる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倍以下であれば、疲れ解析は不要とする。	

##### 4.8.2 基礎ボルトの応力評価

4.6項で求めた基礎ボルトの引張応力  $\sigma_b$  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。

$$f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}] \quad \dots\dots\dots (4.8.2.1)$$

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

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

## 5. 評価結果

### 5.1 設計基準対象施設としての評価結果

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料油デイ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。なお、弾性設計用地震動  $S_d$  及び静的震度は基準地震動  $S_s$  を下回っており、基準地震動  $S_s$  による発生値が、弾性設計用地震動  $S_d$  又は静的震度に対する評価における許容限界を満足するため、弾性設計用地震動  $S_d$  又は静的震度による発生値の算出を省略した。

### 5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料油デイ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。

## 6. 引用文献

- (1) Stresses in Large Horizontal Cylindrical Pressure Vessels on Two Saddle Supports, Welding Research Supplement, Sep. 1951.
- (2) Wichman, K.R. et al.: Local Stresses in Spherical and Cylindrical Shells due to External Loadings, Welding Research Council bulletin, October 2002 Update of the March 1979 revision (original, August 1965)

【高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料油デイト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	耐震設計上の重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度			
高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料油デイトンク	S	原子炉建屋 EL. 8.2*1	0.037	0.004	—*2	—*2	C <sub>H</sub> =1.10	C <sub>V</sub> =0.96	静水頭	55	□

注記 \*1: 基準床レベルを示す。

\*2: III<sub>A</sub>Sについては、基準地震動 S<sub>s</sub> で評価する。

1.2 機器要目

m <sub>1</sub> (kg)	m <sub>2</sub> (kg)	m <sub>3</sub> (kg)	m <sub>4</sub> (kg)	m <sub>5</sub> (kg)	m <sub>6</sub> (kg)	m <sub>7</sub> (kg)
—	—	—	—	—	—	—

ℓ <sub>1</sub> (mm)	ℓ <sub>2</sub> (mm)	ℓ <sub>3</sub> (mm)	ℓ <sub>4</sub> (mm)	ℓ <sub>5</sub> (mm)	ℓ <sub>6</sub> (mm)	ℓ <sub>7</sub> (mm)	M <sub>1</sub> (N・mm)	M <sub>2</sub> (N・mm)	R <sub>1</sub> (N)	R <sub>2</sub> (N)	H (mm)
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1604

m <sub>0</sub> (kg)	m <sub>s1</sub> (kg)	m <sub>s2</sub> (kg)	D <sub>i</sub> (mm)	t (mm)	t <sub>e</sub> (mm)	ℓ <sub>0</sub> (mm)	h <sub>1</sub> (mm)	h <sub>2</sub> (mm)	θ <sub>w</sub> (rad)	ℓ <sub>w</sub> (mm)
8660	—	—	1800	9.0	12.0	—	—	—	—	—

C <sub>1</sub> (mm)	C <sub>2</sub> (mm)	I <sub>sx</sub> (mm <sup>4</sup> )	I <sub>sy</sub> (mm <sup>4</sup> )	Z <sub>sx</sub> (mm <sup>3</sup> )	Z <sub>sy</sub> (mm <sup>3</sup> )	θ <sub>0</sub> (rad)	θ (rad)
—	—	5.274×10 <sup>8</sup>	8.778×10 <sup>8</sup>	—	—	—	—

$A_s$ (mm <sup>2</sup> )	E (MPa)	$E_s$ (MPa)	$G_s$ (MPa)	$A_{s1}$ (mm <sup>2</sup> )	$A_{s2}$ (mm <sup>2</sup> )	$A_{s3}$ (mm <sup>2</sup> )	$A_{s4}$ (mm <sup>2</sup> )
$5.555 \times 10^4$	201000 <sup>*1</sup>	201000 <sup>*2</sup>	77300	$1.893 \times 10^4$	$3.390 \times 10^4$	—	—

$K_{11}$	$K_{12}$	$K_{21}$	$K_{22}$	$K_{\ell 1}$	$K_{\ell 2}$	$K_{C1}$	$K_{C2}$	$C_{\ell 1}$	$C_{\ell 2}$	$C_{C1}$	$C_{C2}$
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—								

s	n	$n_1$	$n_2$	a (mm)	b (mm)	$A_b$ (mm <sup>2</sup> )	$d_1$ (mm)	$d_2$ (mm)
—	4	—	—	—	—	706.9 (M30)	—	—

$S_y$ (胴板) (MPa)	$S_u$ (胴板) (MPa)	S (胴板) (MPa)	$S_y$ (脚) (MPa)	$S_u$ (脚) (MPa)	F (脚) (MPa)	F* (脚) (MPa)	$S_y$ (基礎ボルト) (MPa)	$S_u$ (基礎ボルト) (MPa)	F (基礎ボルト) (MPa)	F* (基礎ボルト) (MPa)
<sup>*1</sup> 239	<sup>*1</sup> 391	—	<sup>*2</sup> 231	<sup>*2</sup> 394	—	—	<sup>*2</sup> 231	<sup>*2</sup> 394	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

応力算出には有限要素解析手法を適用し、解析コードABAQUSを使用して計算した。  
以下に応力計算結果（応力最大値）を示す。

1.3.1 胴に生じる応力 (単位：MPa)

応 力	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
	発生応力	発生応力
一次一般膜	—	$\sigma_0 = 10$
一 次	—	$\sigma_1 = 52$
一次＋二次	—	$\sigma_2 = 359$

1.3.2 脚に生じる応力 (単位：MPa)

応 力	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
	発生応力	発生応力
一 次	—	$\sigma_{s1} = 79$
一次＋二次	—	$\sigma_{s2} = 332$

1.3.3 基礎ボルトに生じる応力 (単位：MPa)

応 力	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
	発生応力	発生応力
引 張 り	—	$\sigma_b = 30$
せ ん 断	—	$\tau_b = 45$

1.4 結論

1.4.1 固有周期 (単位：s)

方 向	固 有 周 期
長 手 方 向	$T_1 = 0.013$
横 方 向	$T_2 = 0.037$
鉛 直 方 向	$T_3 = 0.004$

1.4.2 応力 (単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基 準 地 震 動 $S_s$	
			算出応力*1	許容応力	算出応力	許容応力
胴 板	SS41	一次一般膜	$\sigma_0 = 10$	$S_a = 235$	$\sigma_0 = 10$	$S_a = 235$
		一 次	$\sigma_1 = 52$	$S_a = 352$	$\sigma_1 = 52$	$S_a = 352$
		一次＋二次	$\sigma_2 = 359$	$S_a = 478$	$\sigma_2 = 359$	$S_a = 478$
脚		一 次	$\sigma_{s1} = 79$	$S_a = 346$	$\sigma_{s1} = 79$	$S_a = 355$
		一次＋二次	$\sigma_{s2} = 332$	$S_a = 462$	$\sigma_{s2} = 332$	$S_a = 462$
基礎ボルト		引 張 り	$\sigma_b = 30$	$f_{ts} = 130^{*2}$	$\sigma_b = 30$	$f_{ts} = 177^{*2}$
		せ ん 断	$\tau_b = 45$	$f_{sb} = 133$	$\tau_b = 45$	$f_{sb} = 159$

すべて許容応力以下である。

注記 \*1：基準地震動  $S_s$  による算出値

\*2： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$ より算出

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度			
高圧炉心スプレイ系 ディーゼル発電機 燃料油デイトンク	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋 EL. 8.2*	0.037	0.002	—	—	C <sub>H</sub> =1.10	C <sub>V</sub> =0.96	静水頭	55	

注記 \* : 基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

m <sub>1</sub> (kg)	m <sub>2</sub> (kg)	m <sub>3</sub> (kg)	m <sub>4</sub> (kg)	m <sub>5</sub> (kg)	m <sub>6</sub> (kg)	m <sub>7</sub> (kg)
—	—	—	—	—	—	—

ℓ <sub>1</sub> (mm)	ℓ <sub>2</sub> (mm)	ℓ <sub>3</sub> (mm)	ℓ <sub>4</sub> (mm)	ℓ <sub>5</sub> (mm)	ℓ <sub>6</sub> (mm)	ℓ <sub>7</sub> (mm)	M <sub>1</sub> (N・mm)	M <sub>2</sub> (N・mm)	R <sub>1</sub> (N)	R <sub>2</sub> (N)	H (mm)
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1604

m <sub>0</sub> (kg)	m <sub>s1</sub> (kg)	m <sub>s2</sub> (kg)	D <sub>i</sub> (mm)	t (mm)	t <sub>e</sub> (mm)	ℓ <sub>0</sub> (mm)	h <sub>1</sub> (mm)	h <sub>2</sub> (mm)	θ <sub>w</sub> (rad)	ℓ <sub>w</sub> (mm)
8660	—	—	1800	9.0	12.0	—	—	—	—	—

C <sub>1</sub> (mm)	C <sub>2</sub> (mm)	I <sub>sx</sub> (mm <sup>4</sup> )	I <sub>sy</sub> (mm <sup>4</sup> )	Z <sub>sx</sub> (mm <sup>3</sup> )	Z <sub>sy</sub> (mm <sup>3</sup> )	θ <sub>0</sub> (rad)	θ (rad)
—	—	5.274×10 <sup>8</sup>	8.778×10 <sup>8</sup>	—	—	—	—

$A_s$ (mm <sup>2</sup> )	E (MPa)	$E_s$ (MPa)	$G_s$ (MPa)	$A_{s1}$ (mm <sup>2</sup> )	$A_{s2}$ (mm <sup>2</sup> )	$A_{s3}$ (mm <sup>2</sup> )	$A_{s4}$ (mm <sup>2</sup> )
$5.555 \times 10^4$	201000 <sup>*1</sup>	201000 <sup>*2</sup>	77300	$1.893 \times 10^4$	$3.390 \times 10^4$	—	—

$K_{11}$	$K_{12}$	$K_{21}$	$K_{22}$	$K_{\ell 1}$	$K_{\ell 2}$	$K_{C1}$	$K_{C2}$	$C_{\ell 1}$	$C_{\ell 2}$	$C_{C1}$	$C_{C2}$
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—								

s	n	$n_1$	$n_2$	a (mm)	b (mm)	$A_b$ (mm <sup>2</sup> )	$d_1$ (mm)	$d_2$ (mm)
—	4	—	—	—	—	706.9 (M30)	—	—

$S_y$ (胴板) (MPa)	$S_u$ (胴板) (MPa)	S (胴板) (MPa)	$S_y$ (脚) (MPa)	$S_u$ (脚) (MPa)	F (脚) (MPa)	F* (脚) (MPa)	$S_y$ (基礎ボルト) (MPa)	$S_u$ (基礎ボルト) (MPa)	F (基礎ボルト) (MPa)	F* (基礎ボルト) (MPa)
<sup>*1</sup> 239	<sup>*1</sup> 391	—	<sup>*2</sup> 231	<sup>*2</sup> 394	—	—	<sup>*2</sup> 231	<sup>*2</sup> 394	—	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

応力算出には有限要素解析手法を適用し、解析コードABAQUSを使用して計算した。  
以下に応力計算結果（応力最大値）を示す。

2.3.1 胴に生じる応力 (単位：MPa)

応 力	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
	発生応力	発生応力
一次一般膜	—	$\sigma_0 = 10$
一 次	—	$\sigma_1 = 52$
一次＋二次	—	$\sigma_2 = 359$

2.3.2 脚に生じる応力 (単位：MPa)

応 力	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
	発生応力	発生応力
一 次	—	$\sigma_{s1} = 79$
一次＋二次	—	$\sigma_{s2} = 332$

2.3.3 基礎ボルトに生じる応力 (単位：MPa)

応 力	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
	発生応力	発生応力
引 張 り	—	$\sigma_b = 30$
せ ん 断	—	$\tau_b = 45$

2.4 結論

2.4.1 固有周期 (単位：s)

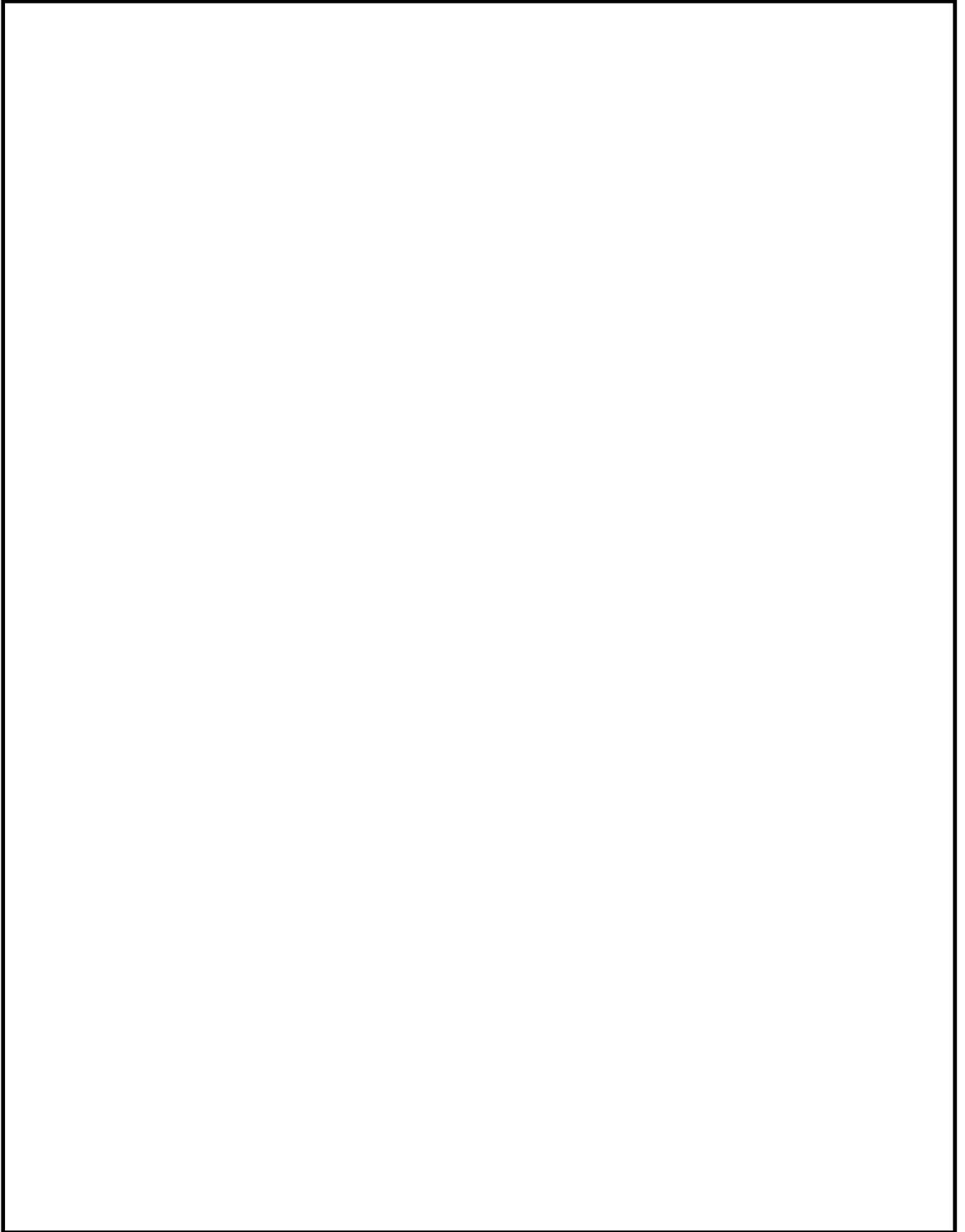
方 向	固 有 周 期
長 手 方 向	$T_1 = 0.013$
横 方 向	$T_2 = 0.037$
鉛 直 方 向	$T_3 = 0.004$

2.4.2 応力 (単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基 準 地 震 動 $S_s$	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
胴 板	SS41	一次一般膜	—	—	$\sigma_0 = 10$	$S_a = 235$
		一 次	—	—	$\sigma_1 = 52$	$S_a = 352$
		一次＋二次	—	—	$\sigma_2 = 359$	$S_a = 478$
脚	SS41	一 次	—	—	$\sigma_{s1} = 79$	$S_a = 355$
		一次＋二次	—	—	$\sigma_{s2} = 332$	$S_a = 462$
基礎ボルト	SS41	引 張 り	—	—	$\sigma_b = 30$	$f_{ts} = 177^*$
		せ ん 断	—	—	$\tau_b = 45$	$f_{sb} = 159$

すべて許容応力以下である。

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



燃料油デイタンクの解析モデル

本資料のうち、枠組みの内容は、  
営業秘密または防護上の観点から  
公開できません。

東海第二発電所	工事計画審査資料
資料番号	工認-615 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-6-6-2-1 管の耐震性についての計算書

## 目 次

1. 概要	1
2. 概略系統図及び鳥瞰図	2
2.1 概略系統図	2
2.2 鳥瞰図	4
3. 計算条件	7
3.1 荷重の組合せ及び許容応力	7
3.2 設計条件	8
3.3 材料及び許容応力	16
3.4 設計用地震力	17
4. 解析結果及び評価	18
4.1 固有周期及び設計震度	18
4.2 評価結果	30
4.2.1 管の応力評価結果	30
4.2.2 支持構造物評価結果	31
4.2.3 弁の動的機能維持評価結果	32

## 1. 概要

本計算書は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」, 「V-2-1-11 機器・配管の耐震支持設計方針」及び「V-2-1-14-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」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又は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通りである。

### (1) 管

工事計画記載範囲の管のうち, 各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また, 各応力区分における最大応力評価点の許容値/発生値(裕度)が最小となる解析モデルを代表として記載する。

### (2) 支持構造物

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

### (3) 弁

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

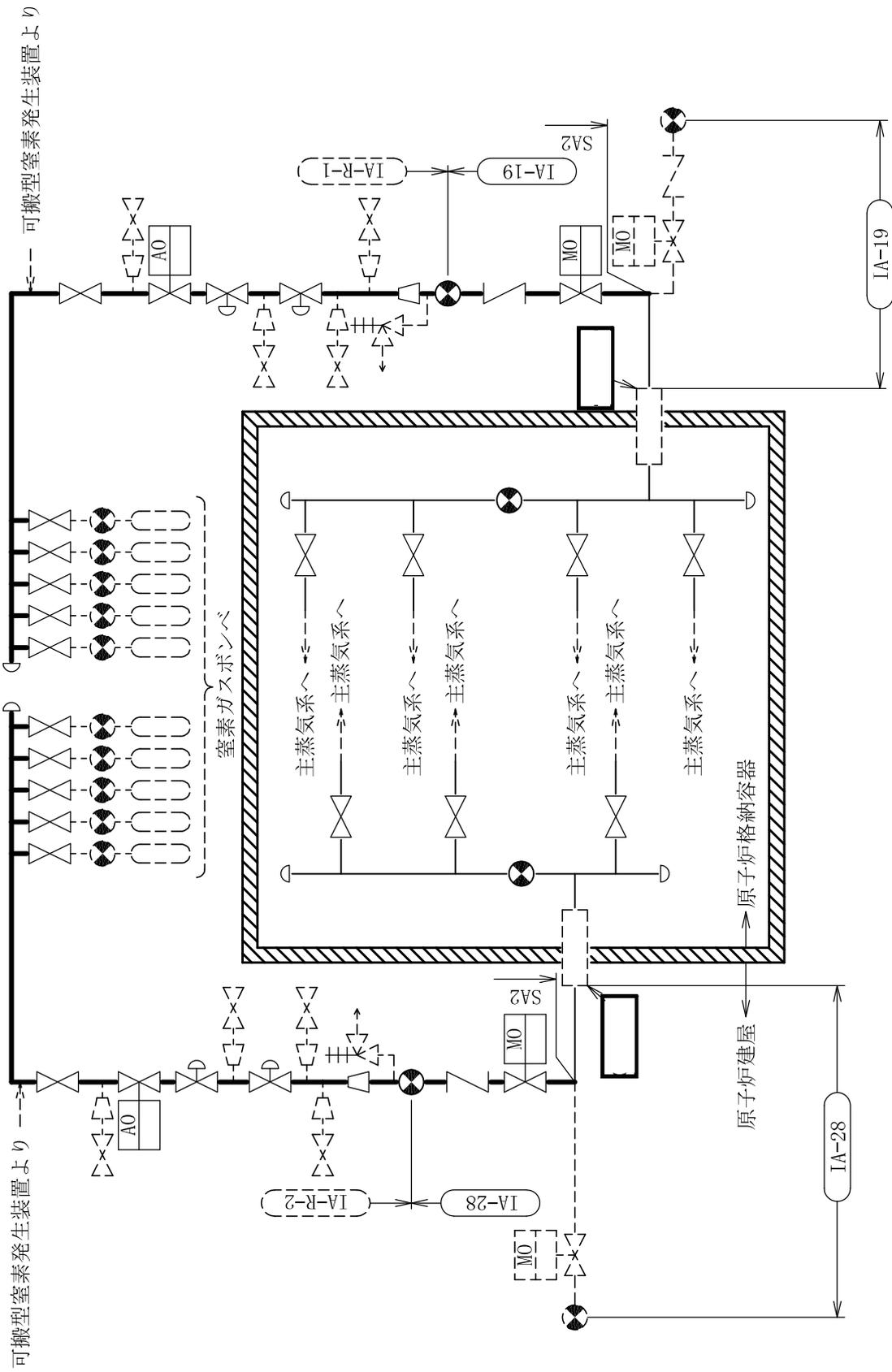
2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例

記号	内容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (重大事故等対処設備)
 (太破線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (設計基準対象施設)
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他 計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管の うち、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 (評価結果を記載する範囲)
	鳥瞰図番号 (評価結果の記載を省略する範囲)
	アンカ
[管クラス] DB1 DB2 DB3 DB4 SA2 SA3 DB1/SA2 DB2/SA2 DB3/SA2 DB4/SA2	クラス1管 クラス2管 クラス3管 クラス4管 重大事故等クラス2管 重大事故等クラス3管 重大事故等クラス2管であってクラス1管 重大事故等クラス2管であってクラス2管 重大事故等クラス2管であってクラス3管 重大事故等クラス2管であってクラス4管

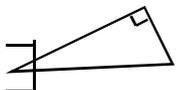
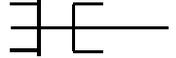
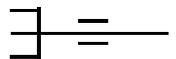
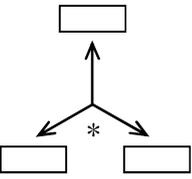
NT2 補③ V-2-6-6-2-1 R0



非常用窒素供給系概略系統図

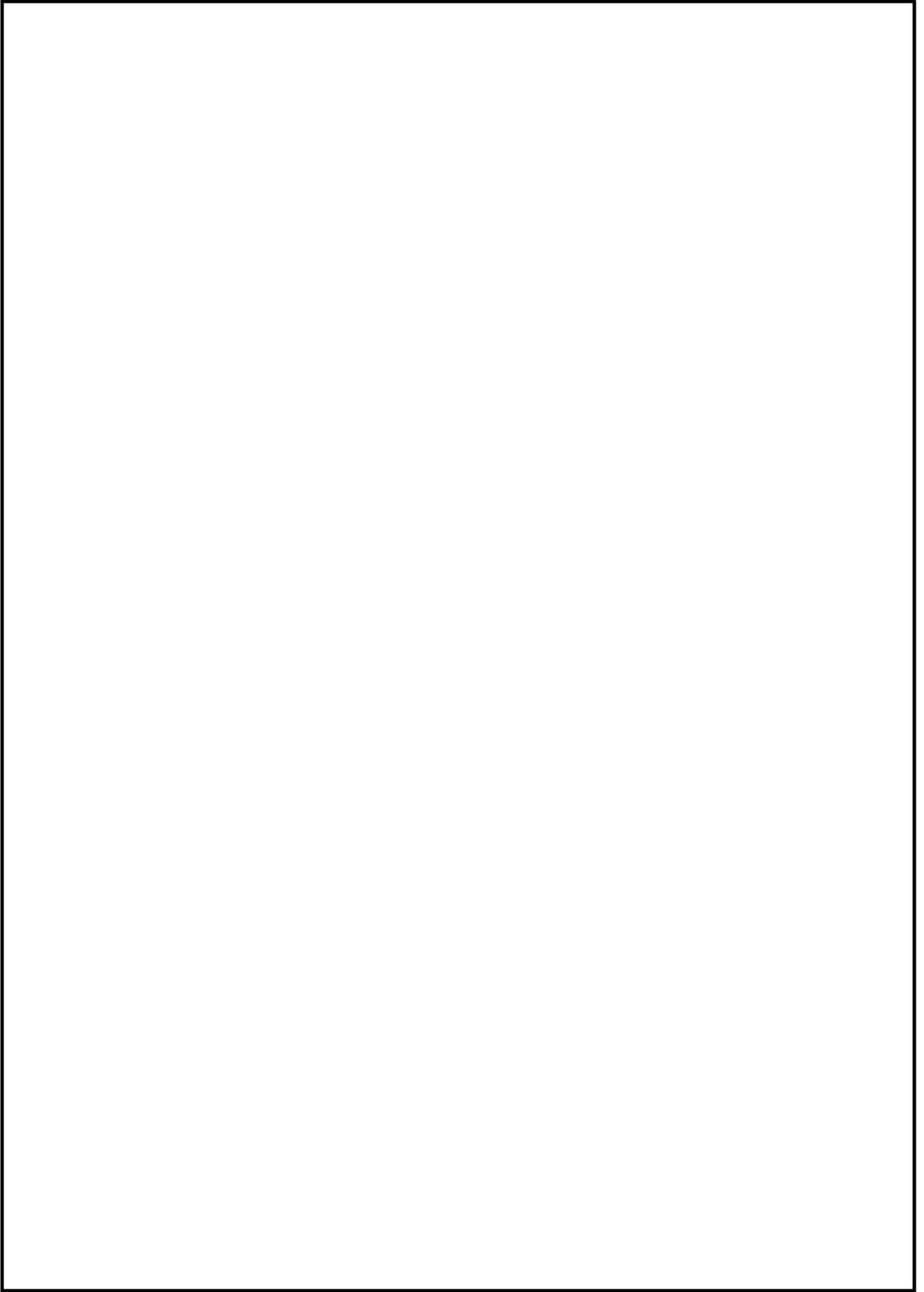
## 2.2 鳥瞰図

### 鳥瞰図記号凡例

記 号	内 容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (重大事故等対処設備の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(SA)」, 設計基準対象施設の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(DB)」とする。)
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち、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。スナッパについても同様とする。)
	スナッパ
	ハンガ
	リジットハンガ
	拘束点の地震による相対変位量(mm) (* は評価点番号, 矢印は拘束方向を示す。また, <span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 1em; height: 1em; vertical-align: middle;"></span> 内に 変位量を記載する。)

注： 鳥瞰図中の寸法の単位はmmである。

NT2 補③ V-2-6-6-2-1 R0



NT2 補③ V-2-6-6-2-1 R0

3. 計算条件

3.1 荷重の組合せ及び許容応力

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設分類 <sup>*1</sup>	設備分類 <sup>*2</sup>	機器等の区分	耐震クラス	荷重の組合せ <sup>*3,4</sup>	許容応力状態 <sup>*5</sup>
計測制御系統施設	制御用空気設備	非常用窒素供給系	S A	常設耐震/防止	重大事故等クラス2管	—	$V_L(L) + S_d^{*6,7}$ $V_L(LL) + S_s^{*6}$ $V_L + S_s$	$V_A S$

注記\*1: D Bは設計基準対象施設, S A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」は常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備, 「常設/緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

\*3: 運転状態の添字Lは荷重, (L)は荷重が長期作用している状態, (LL)は(L)より更に長期的に荷重が作用している状態を示す。

\*4: 許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

\*5: 許容応力状態 $V_A S$ 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。

\*6: プロセス条件に加え, 重大事故時の原子炉格納容器バウンダリ条件として, 重大事故時の原子炉格納容器限界温度及び圧力を考慮する。

\*7: 荷重の組合せ $V_L(L) + S_d$ は $V_L(LL) + S_s$ に包絡されるため, 評価を省略する。

3.2 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 IA-19

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震クラス	縦弾性係数 (MPa)
1	74A~87W	1.38	66	60.5	5.5	SUS304TP	S	
2	88W~92W, 96W~98	2.28	171	60.5	3.9	SUS304TP	S	

弁部の寸法

鳥 瞰 図 IA-19

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
87W~88W				92W~93			
93~94				94~9401			
9401~95				93~96W			

弁部の質量

鳥 瞰 図 IA-19

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
□	87W~88W	□	92W, 96W
	93		94
	95		

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 IA-19

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
74A						
77						
** 81 **						
** 81 **						
** 8401 **						
93						
** 9401 **						

NT2 補③ V-2-6-6-2-1 R0

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 IA-28

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震クラス	縦弾性係数 (MPa)
1	11~33W, 37W~42W	2.28	171	60.5	3.9	SUS304TP	S	
2	43W~65A	1.38	66	60.5	5.5	SUS304TP	S	

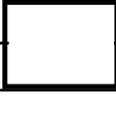
弁部の寸法

鳥 瞰 図 IA-28

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
33W~34	[Redacted]			34~35	[Redacted]		
35~36				34~37W			
42W~43W							

弁部の質量

鳥 瞰 図 IA-28

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
	33W, 37W		34
	35		36
	42W~43W		

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 IA-28

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
32						
** 32 **						
34						
38						
** 38 **						
48						
57						
65A						

NT2 補③ V-2-6-6-2-1 R0

3.3 材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

材 料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)			
		S m	S y	S u	S h
SUS304TP	66	—	188	479	—
SUS304TP	171	—	150	413	—

### 3.4 設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答スペクトルを下表に示す。

なお、設計用床応答スペクトルは「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	建物・構築物	標高	減衰定数 (%)
IA-19	原子炉建屋		
IA-28	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 IA-19

耐震クラス		—	
適用する地震動等		S s	
モード	固有周期 (s)	応答水平震度	
		X方向	Z方向
1 次	[ ]	[ ]	
2 次			
3 次			
4 次			
動的震度			

各モードに対応する刺激係数

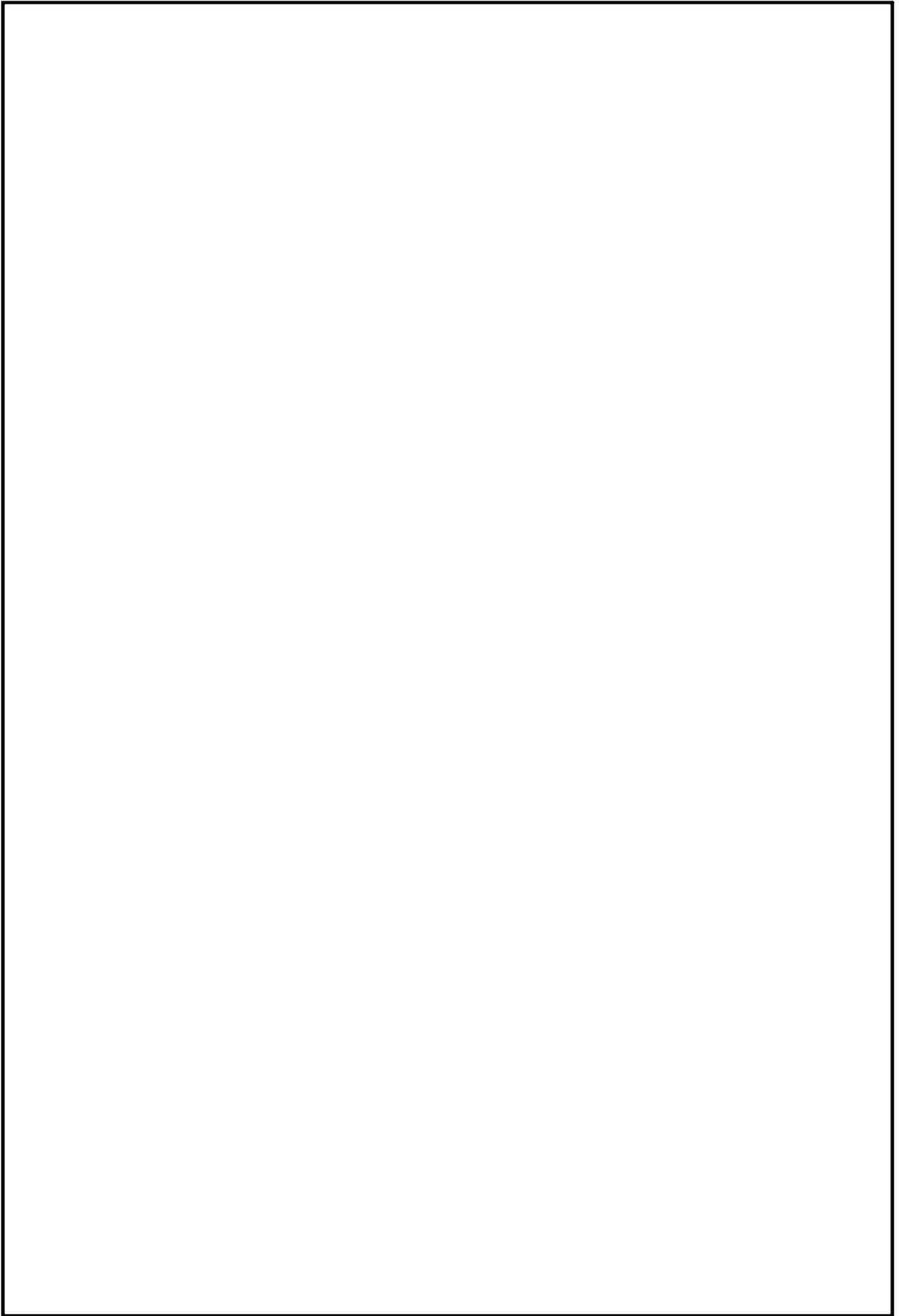
鳥 瞰 図 IA-19

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				

## 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。

NT2 補③ V-2-6-6-2-1 R0







解析結果及び評価  
固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 IA-28

耐震クラス		—		
適用する地震動等		S s		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度		
		X方向	Z方向	
1次		応答鉛直震度		
2次		Y方向		
3次				
4次				
5次				
6次				
7次				
8次				
動的震度				

各モードに対応する刺激係数

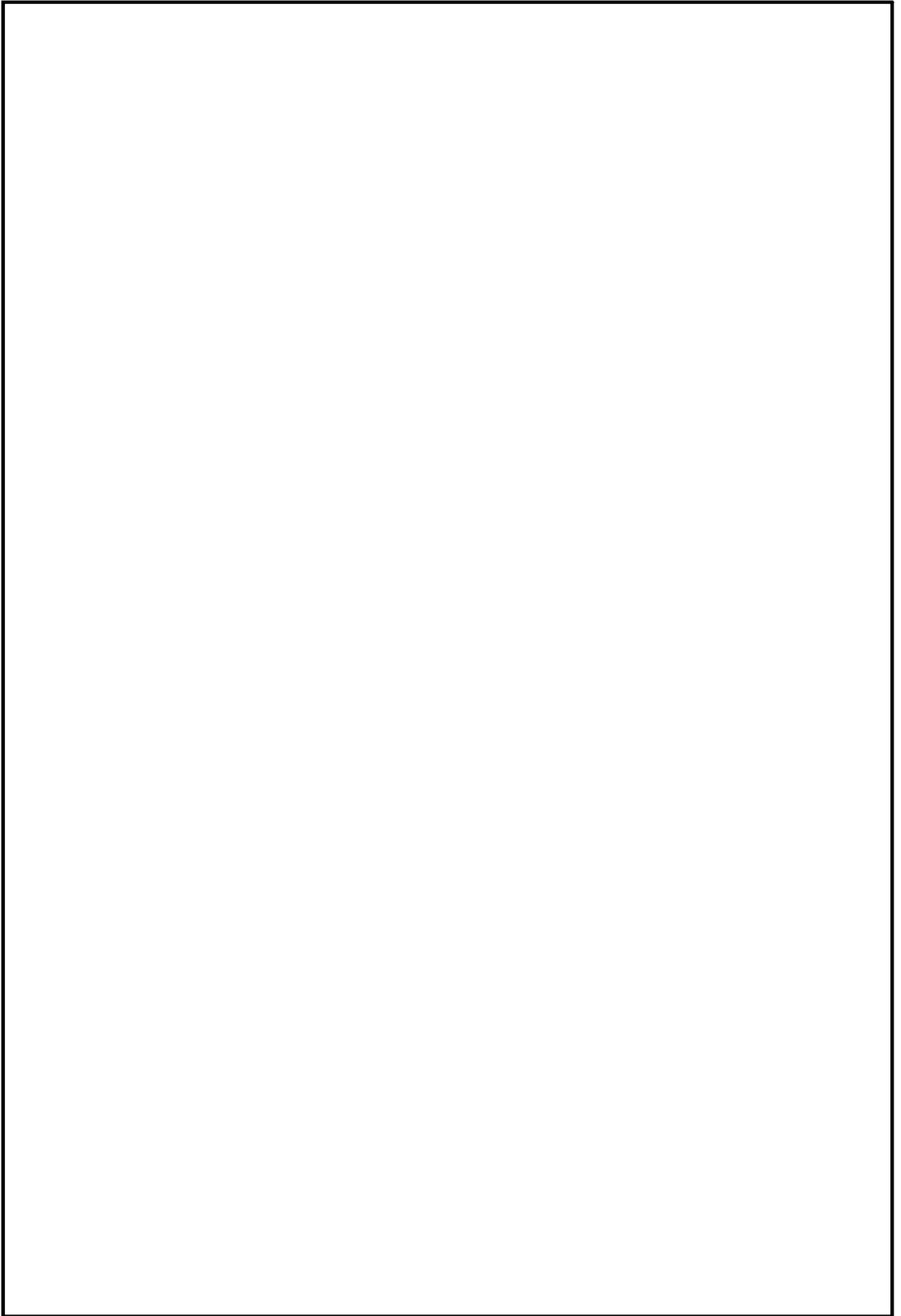
鳥 瞰 図 IA-28

モード	固有周期 (s)	刺激係数		
		X方向	Y方向	Z方向
1次	<div style="border: 2px solid black; width: 100%; height: 100%;"></div>			
2次				
3次				
4次				
5次				
6次				
7次				

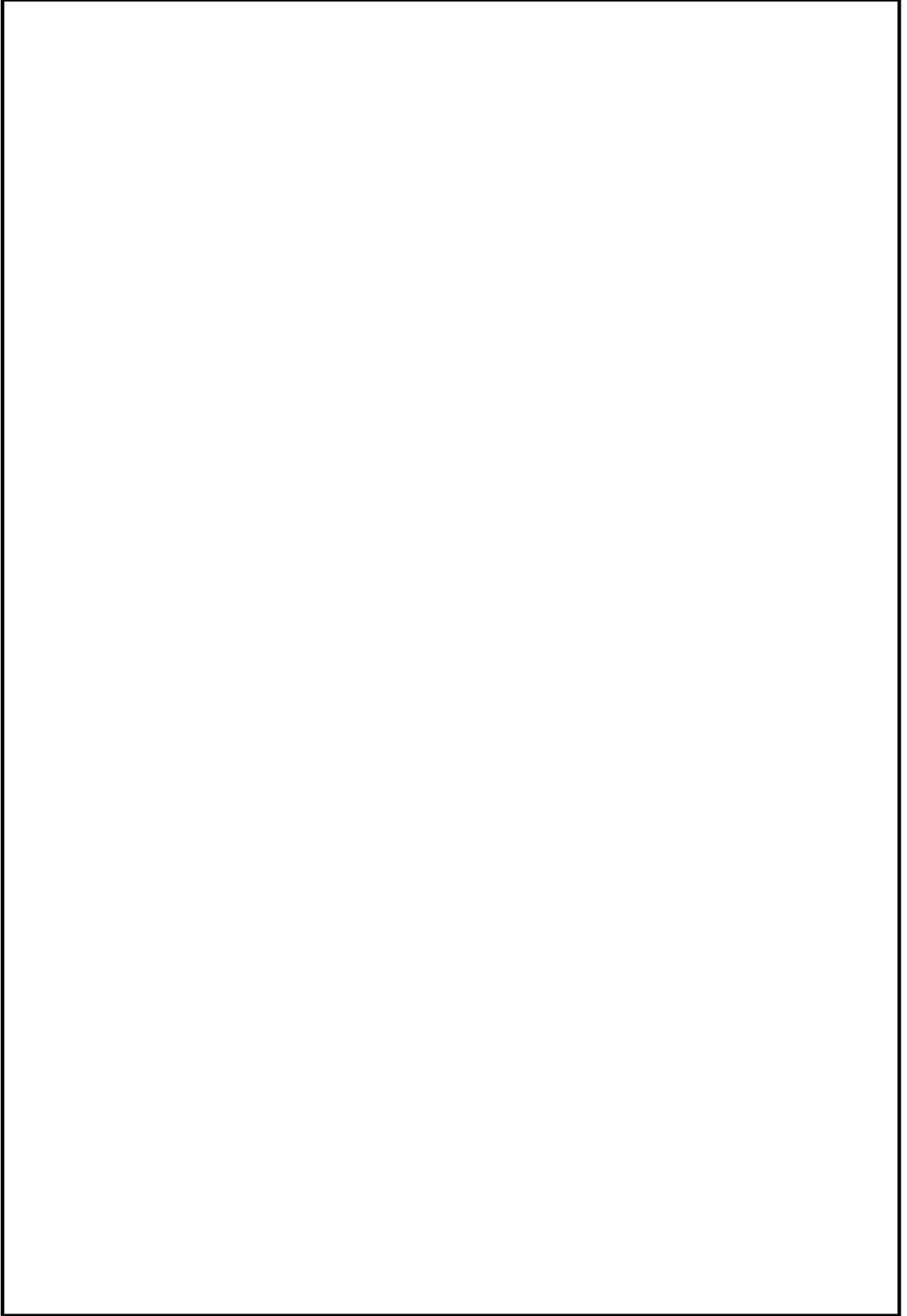
NT2 補③ V-2-6-6-2-1 R0

## 代表的振動モード図

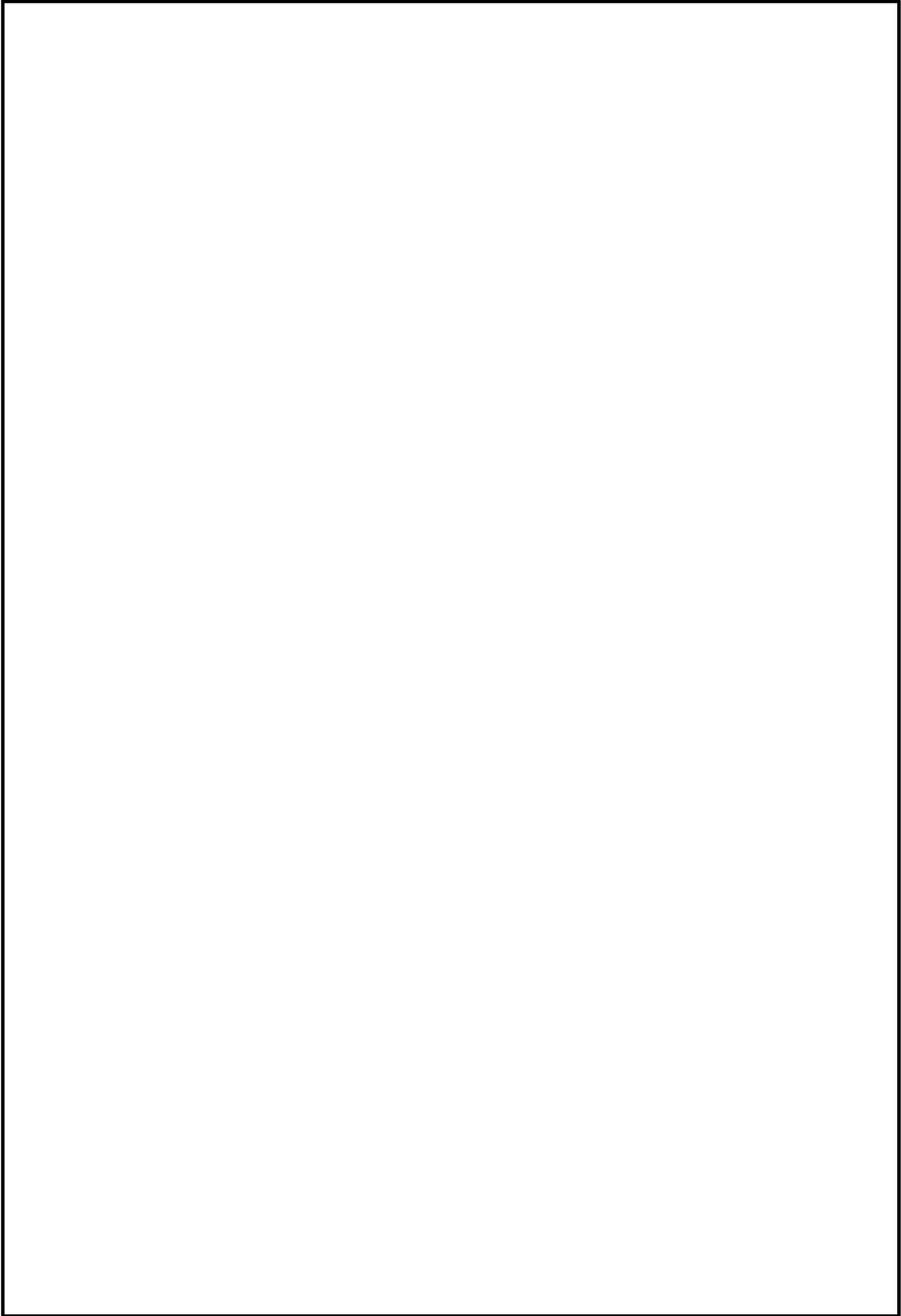
振動モード図は、3次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し、次ページ以降に示す。



NT2 補③ V-2-6-6-2-1 R0



NT2 補③ V-2-6-6-2-1 R0



4.2 評価結果

4.2.1 管の応力評価結果

下表に示すごとく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

鳥瞰図	許容応力状態 (供用状態)	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 疲労累積係数 U S s
				計算応力 Sprm (S s)	許容応力 0.9 Su	計算応力 Sn (S s)	許容応力 2 Sy	
IA-28	V A S	39W	Spr m (S s)	144	371	—	—	—
IA-19	V A S	96W	S n (S s)	—	—	274	300	—

4.2.2 支持構造物評価結果

下表に示すごとく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 (°C)	評価結果	
					計算 荷重 (kN)	許容 荷重 (kN)
SN0-IA-R001	オイルスナツバ	SN-03	「V-2-1-11機器・ 配管の耐震支持設 計方針」参照		2.0	4.5

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 (°C)	支持点荷重							評価結果		
					反力 (kN)			モーメント (kN・m)				応力 分類	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)
					F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>				
AN-IA-R006	アソカ	ラグ	SUS304	66	1.1	0.6	2.2	0.2	0.4	0.3	組合せ	45	117	
RE-IA-R018	レストレイント	Uプレート	SUS304	171	1.2	4.7	0	-	-	-	組合せ	28	201	
RH-IA-R008	リジットハンガ	台座	STKR400 SS400	171	0	2.1	0	-	-	-	圧縮	7	67	

4.2.3 弁の動的機能維持評価結果

下表に示すごとく応答加速度が機能確認済加速度以下又は計算応力が許容応力以下である。

弁番号	形式	要求機能	応答加速度 ( $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )		機能確認済加速度 ( $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )		構造強度評価結果 (MPa)	
			水平	鉛直	水平	鉛直	計算応力	許容応力
—	—	—	—	—	—	—	—	—

本資料のうち、枠組みの内容は、  
営業秘密または防護上の観点から  
公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-613 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-6-6-1-1 管の耐震性についての計算書

## 目 次

1. 概要	1
2. 概略系統図及び鳥瞰図	2
2.1 概略系統図	2
2.2 鳥瞰図	4
3. 計算条件	9
3.1 荷重の組合せ及び許容応力	9
3.2 設計条件	10
3.3 材料及び許容応力	18
3.4 設計用地震力	19
4. 解析結果及び評価	20
4.1 固有周期及び設計震度	20
4.2 評価結果	32
4.2.1 管の応力評価結果	32
4.2.2 支持構造物評価結果	33
4.2.3 弁の動的機能維持評価結果	34

## 1. 概要

本計算書は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」, 「V-2-1-11 機器・配管の耐震支持設計方針」及び「V-2-1-14-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」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又は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通りである。

### (1) 管

工事計画記載範囲の管のうち, 各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また, 各応力区分における最大応力評価点の許容値/発生値(裕度)が最小となる解析モデルを代表として記載する。

### (2) 支持構造物

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

### (3) 弁

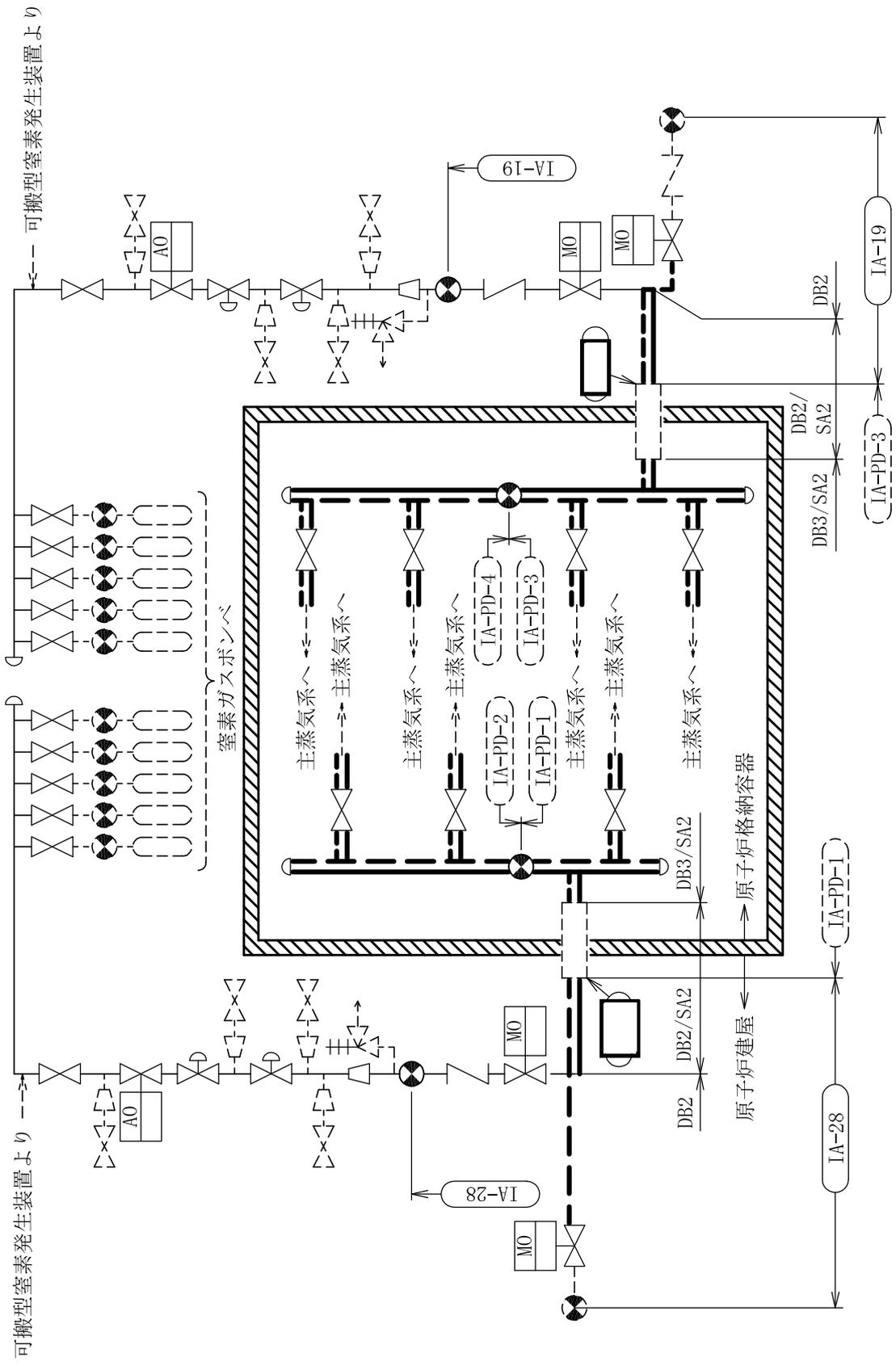
機能確認済加速度の応答加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として評価結果を記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1 概略系統図

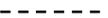
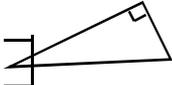
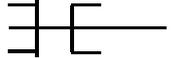
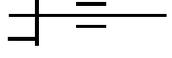
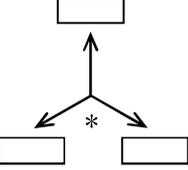
概略系統図記号凡例

記 号	内 容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管 (重大事故等対処設備)
 (太破線)	工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管 (設計基準対象施設)
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち，本系統の管であって他 計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管の うち，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 (評価結果を記載する範囲)
	鳥瞰図番号 (評価結果の記載を省略する範囲)
	アンカ
[管クラス] DB1 DB2 DB3 DB4 SA2 SA3 DB1/SA2 DB2/SA2 DB3/SA2 DB4/SA2	クラス 1 管 クラス 2 管 クラス 3 管 クラス 4 管 重大事故等クラス 2 管 重大事故等クラス 3 管 重大事故等クラス 2 管であってクラス 1 管 重大事故等クラス 2 管であってクラス 2 管 重大事故等クラス 2 管であってクラス 3 管 重大事故等クラス 2 管であってクラス 4 管



## 2.2 鳥瞰図

### 鳥瞰図記号凡例

記 号	内 容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (重大事故等対処設備の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(SA)」, 設計基準対象施設の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(DB)」とする。)
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち、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。スナッパについても同様とする。)
	スナッパ
	ハンガ
	リジットハンガ
	拘束点の地震による相対変位量(mm) (* は評価点番号, 矢印は拘束方向を示す。また, <span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 20px; height: 10px; vertical-align: middle;"></span> 内に 変位量を記載する。)

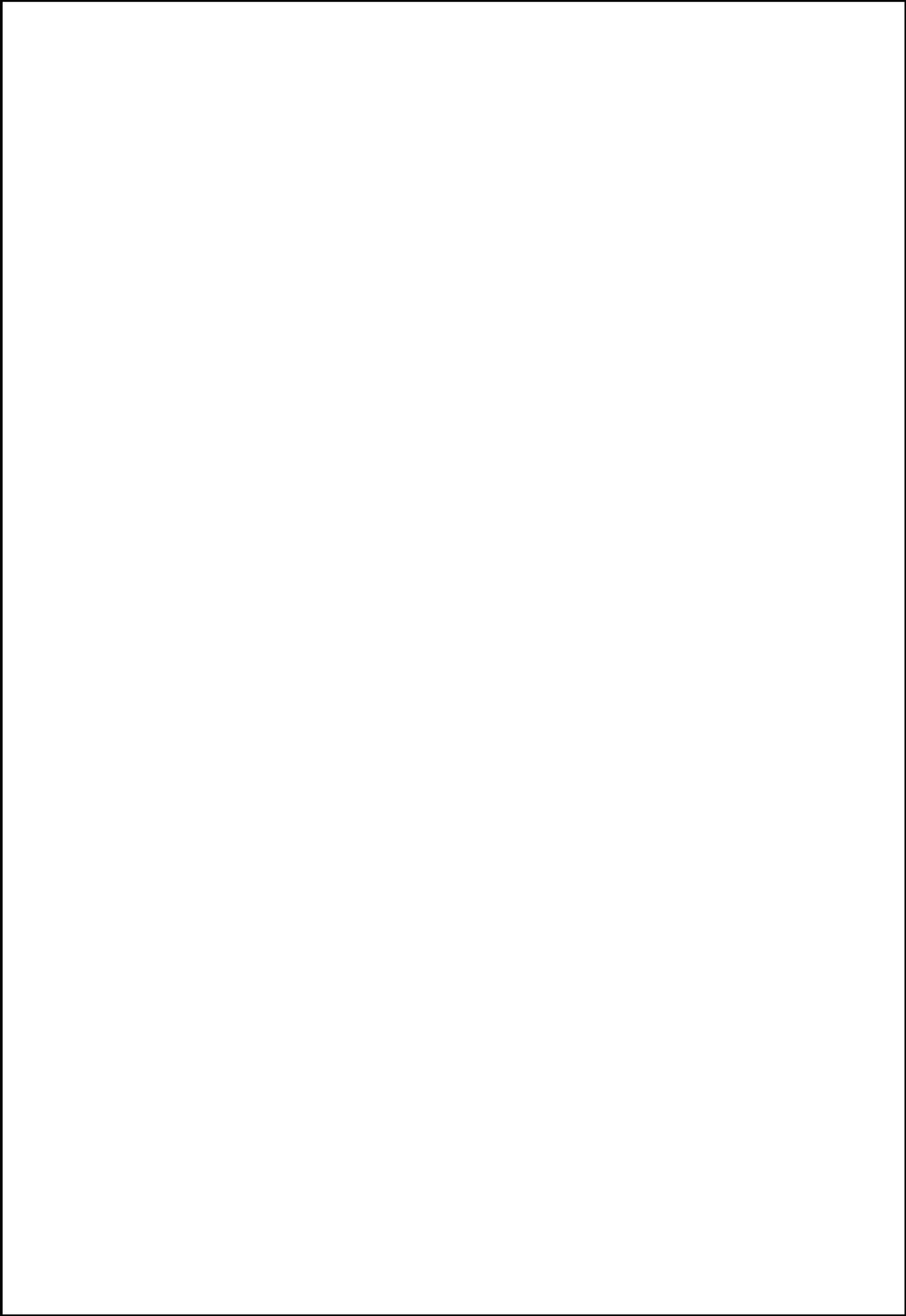
注： 鳥瞰図中の寸法の単位はmmである。

NT2 補③ V-2-6-6-1-1 R0

NT2 補③ V-2-6-6-1-1 R0

NT2 補③ V-2-6-6-1-1 R0

NT2 補③ V-2-6-6-1-1 R0



3. 計算条件

3.1 荷重の組合せ及び許容応力

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設分類 <sup>*1</sup>	設備分類 <sup>*2</sup>	機器等の区分	耐震クラス	荷重の組合せ <sup>*3,4</sup>	許容応力状態 <sup>*5</sup>
計測制御 系統施設	制御用空気設備	窒素供給系	DB	—	クラス2管 クラス3管	S	$I_L + S_d$	$III_A S$
							$II_L + S_d$	
							$I_L + S_s$	$IV_A S$
							$II_L + S_s$	
		$V_L(L) + S_d^{*6,7}$	$V_A S$					
		$V_L(L L) + S_s^{*6}$						
非常用窒素供給系	S A	常設耐震/防止	重大事故等クラス2管	—	$V_L(L) + S_d^{*6,7}$	$V_A S$		
					$V_L(L L) + S_s^{*6}$			
							$V_L + S_s$	$V_A S$

注記\*1： DBは設計基準対象施設，S A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」は常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備，「常設/緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

\*3： 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，(L L)は(L)より更に長期的に荷重が作用している状態を示す。

\*4： 許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

\*5： 許容応力状態 $V_A S$ 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。

\*6： プロセス条件に加え，重大事故時の原子炉格納容器バウンダリ条件として，重大事故時の原子炉格納容器限界温度及び圧力を考慮する。

\*7： 荷重の組合せ $V_L(L) + S_d$ は $V_L(L L) + S_s$ に包絡されるため，評価を省略する。

3.2 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 IA-19

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震クラス	縦弾性係数 (MPa)
1	98~102W, 106W~107W 108W~109A	1.38	66	60.5	3.9	SUS304TP	S	
2	98~137W	2.28	171	60.5	3.9	SUS304TP	S	

弁部の寸法

鳥 瞰 図 IA-19

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
102W~103				103~104			
104~1041				1041~105			
103~106W				107W~108W			

弁部の質量

鳥 瞰 図 IA-19

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
	107W~108W		102W, 106W
	103		104
	105		

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 IA-19

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
9901						
103						
** 1041 **						
109A						
138N						
** 138N **						
** 138N **						
** 138N **						

NT2 補③ V-2-6-6-1-1 R0

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 IA-28

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震クラス	縦弾性係数 (MPa)
1	1A~2W, 7W~11	1.38	66	60.5	3.9	SUS304TP	S	
2	11~26W	2.28	171	60.5	3.9	SUS304TP	S	

弁部の寸法

鳥 瞰 図 IA-28

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
2W~3				3~4			
4~6				3~7W			

弁部の質量

鳥 瞰 図 IA-28

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
	2W, 7W		3
	4		6

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 IA-28

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						
3						
8						
** 8 **						
15						
19						
260N						
** 260N **						
** 260N **						

NT2 補③ V-2-6-6-1-1 R0

3.3 材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

材 料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)			
		S m	S y	S u	S h
SUS304TP	66	—	188	479	126
SUS304TP	171	—	150	413	113

### 3.4 設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答スペクトルを下表に示す。

なお、設計用床応答スペクトルは「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	建物・構築物	標高	減衰定数 (%)
IA-19	原子炉建屋		
IA-28	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 IA-19

耐震クラス		S					
適用する地震動等		S <sub>a</sub> 及び静的震度			S <sub>s</sub>		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度		応答鉛直震度		応答鉛直震度	
		X方向	Z方向	Y方向	Z方向	X方向	Y方向
1次	[ ]						
2次							
3次							
4次							
動的震度							
静的震度							

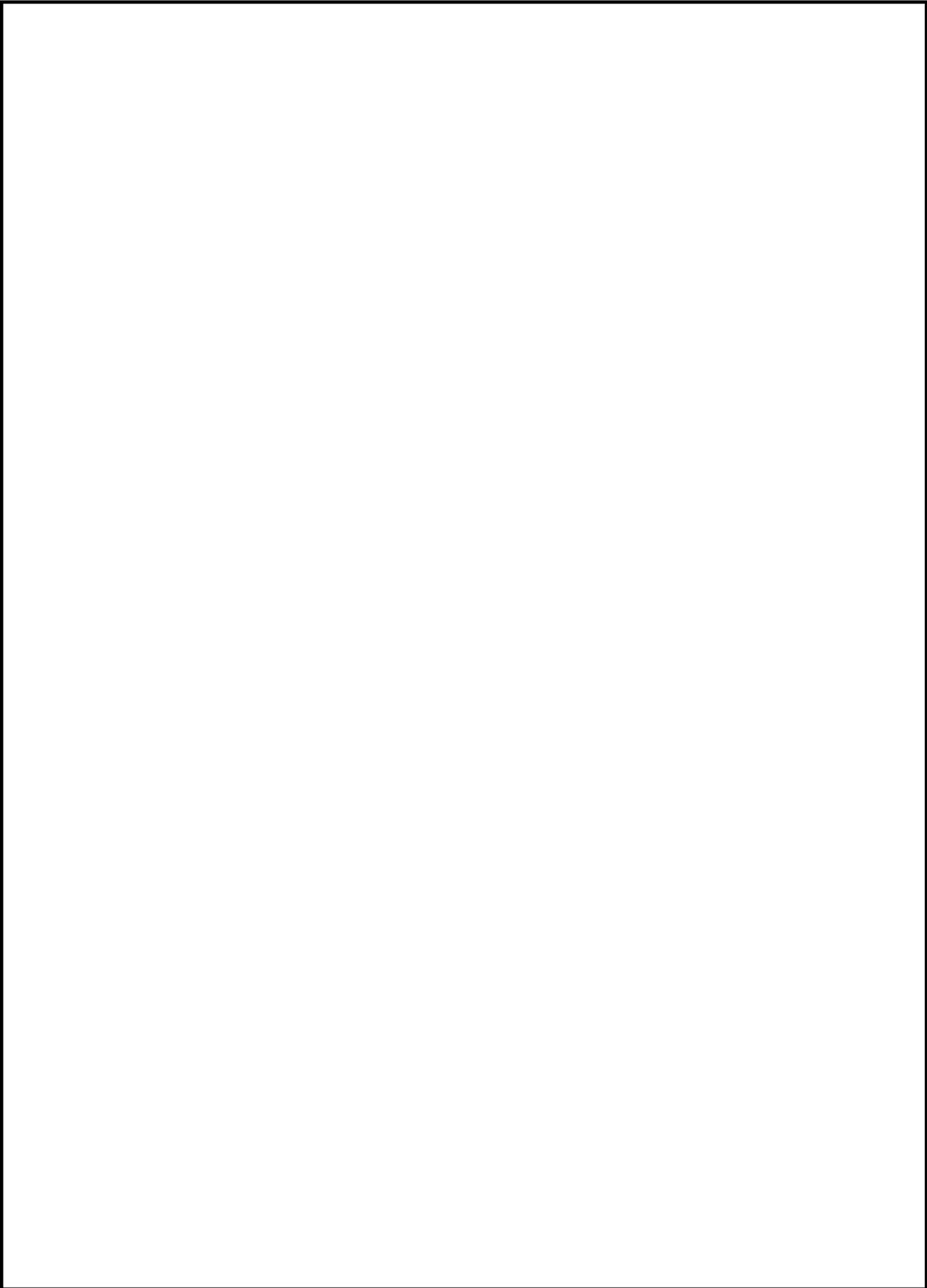
各モードに対応する刺激係数

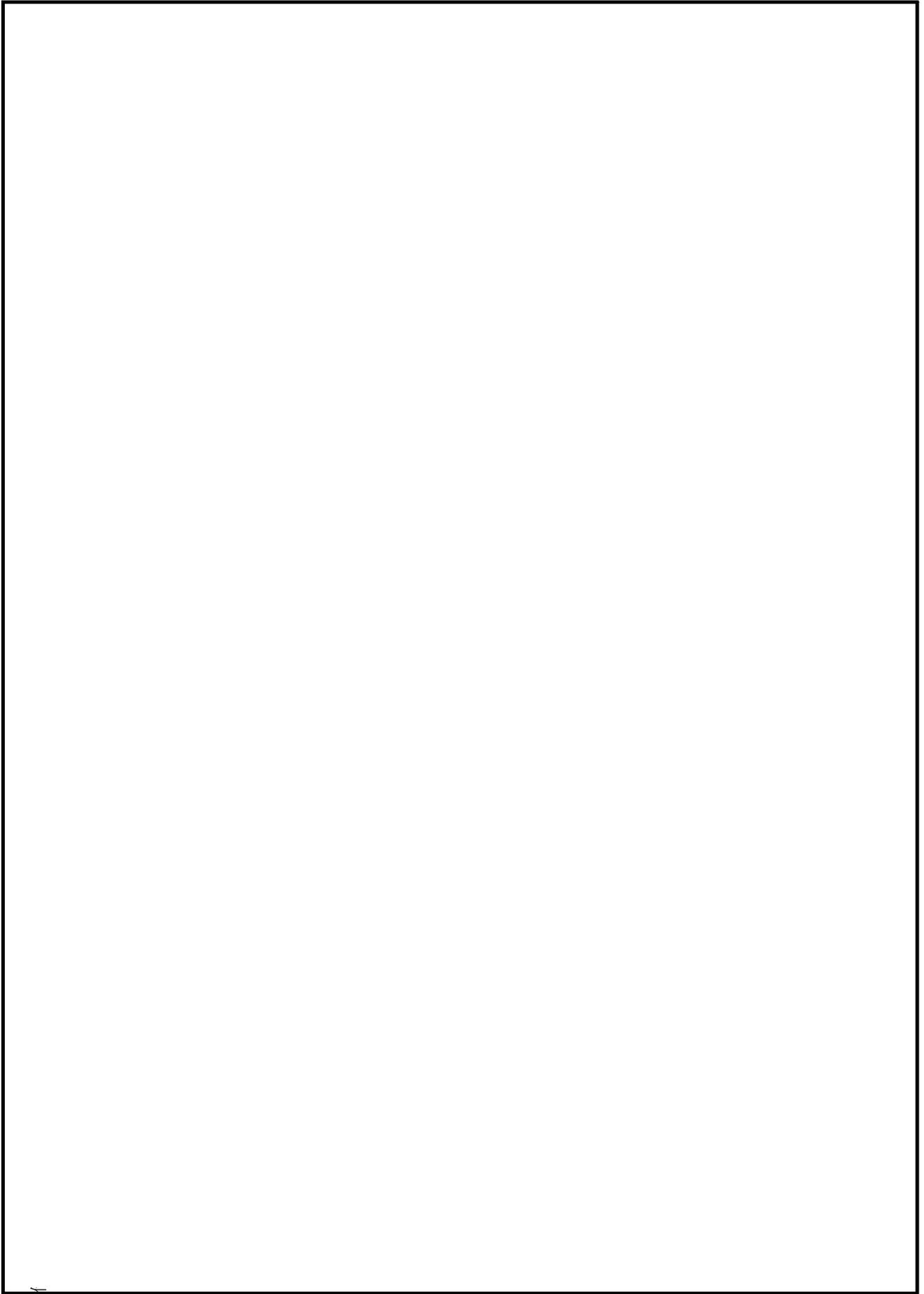
鳥 瞰 図 IA-19

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				

## 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。





NT2 補③ V-2-6-6-1-1 R0

解析結果及び評価  
固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 IA-28

耐震クラス		S					
適用する地震動等		S <sub>a</sub> 及び静的震度			S <sub>s</sub>		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度		応答鉛直震度		応答鉛直震度	
		X方向	Z方向	Y方向	X方向	Z方向	Y方向
1次	[Redacted]						
2次							
3次							
4次							
5次							
6次							
7次							
8次							
動的震度							
静的震度							

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図 IA-28

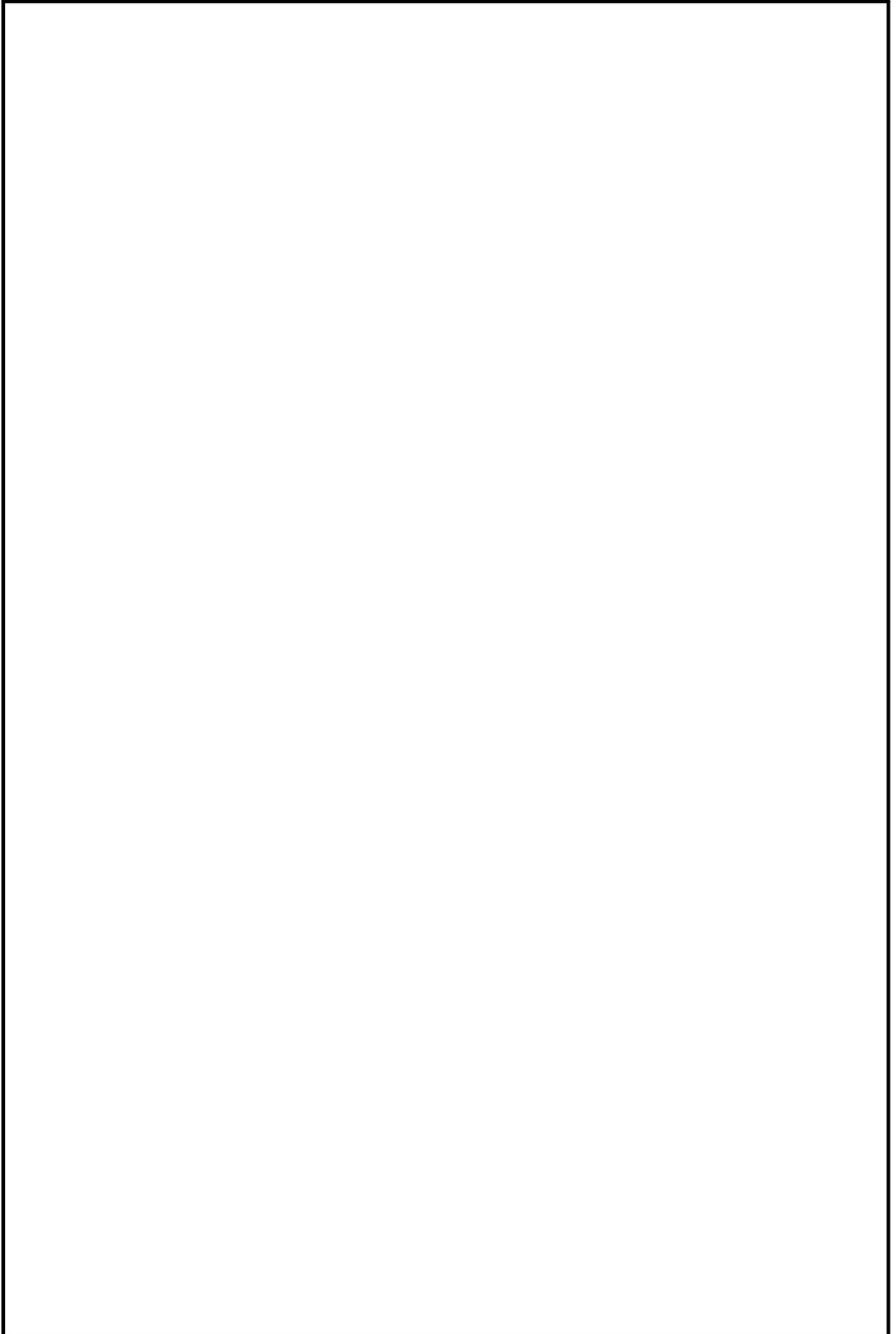
モード	固有周期 (s)	刺激係数		
		X方向	Y方向	Z方向
1次				
2次				
3次				
4次				
5次				
6次				
7次				

NT2 補③ V-2-6-6-1-1 R0

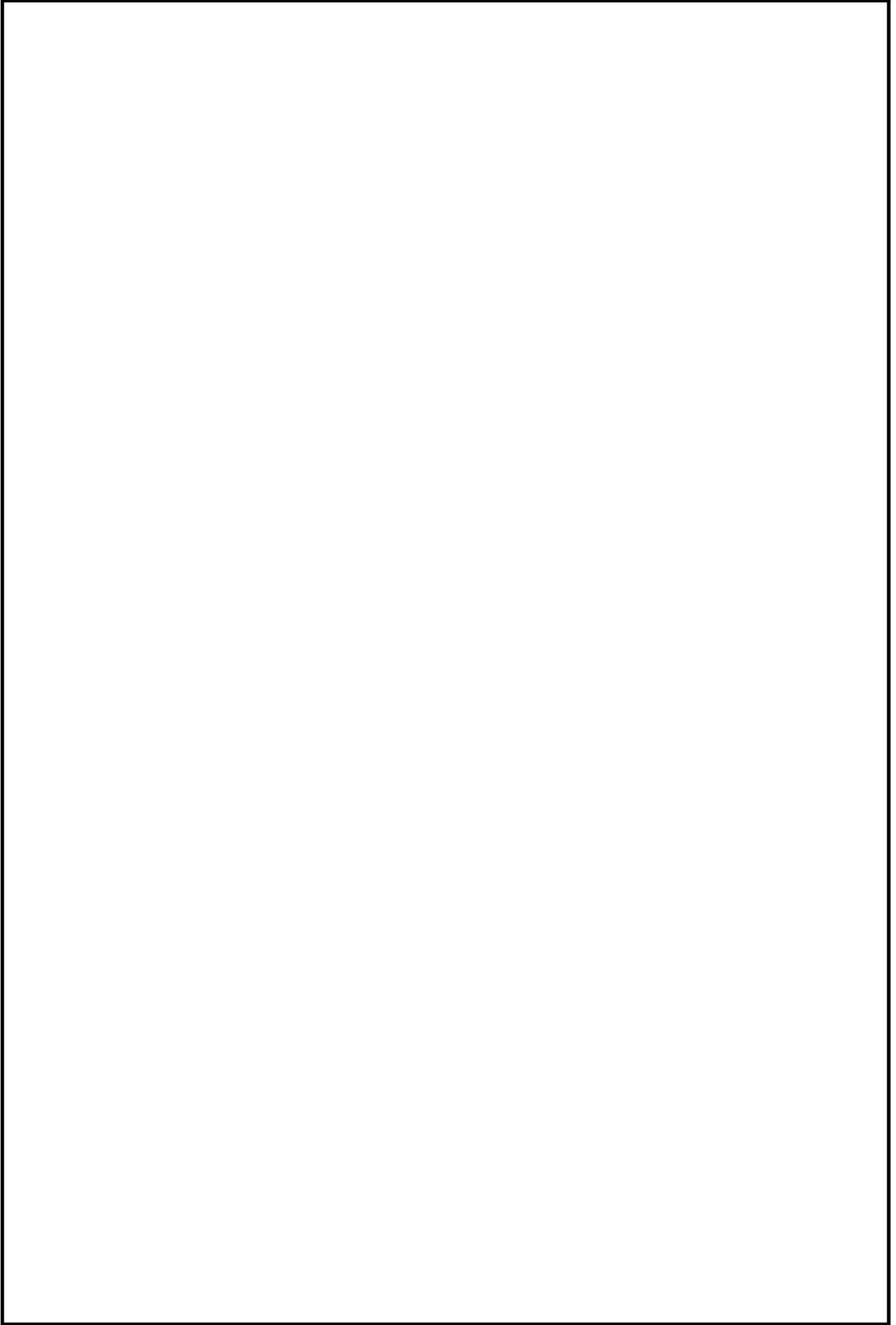
## 代表的振動モード図

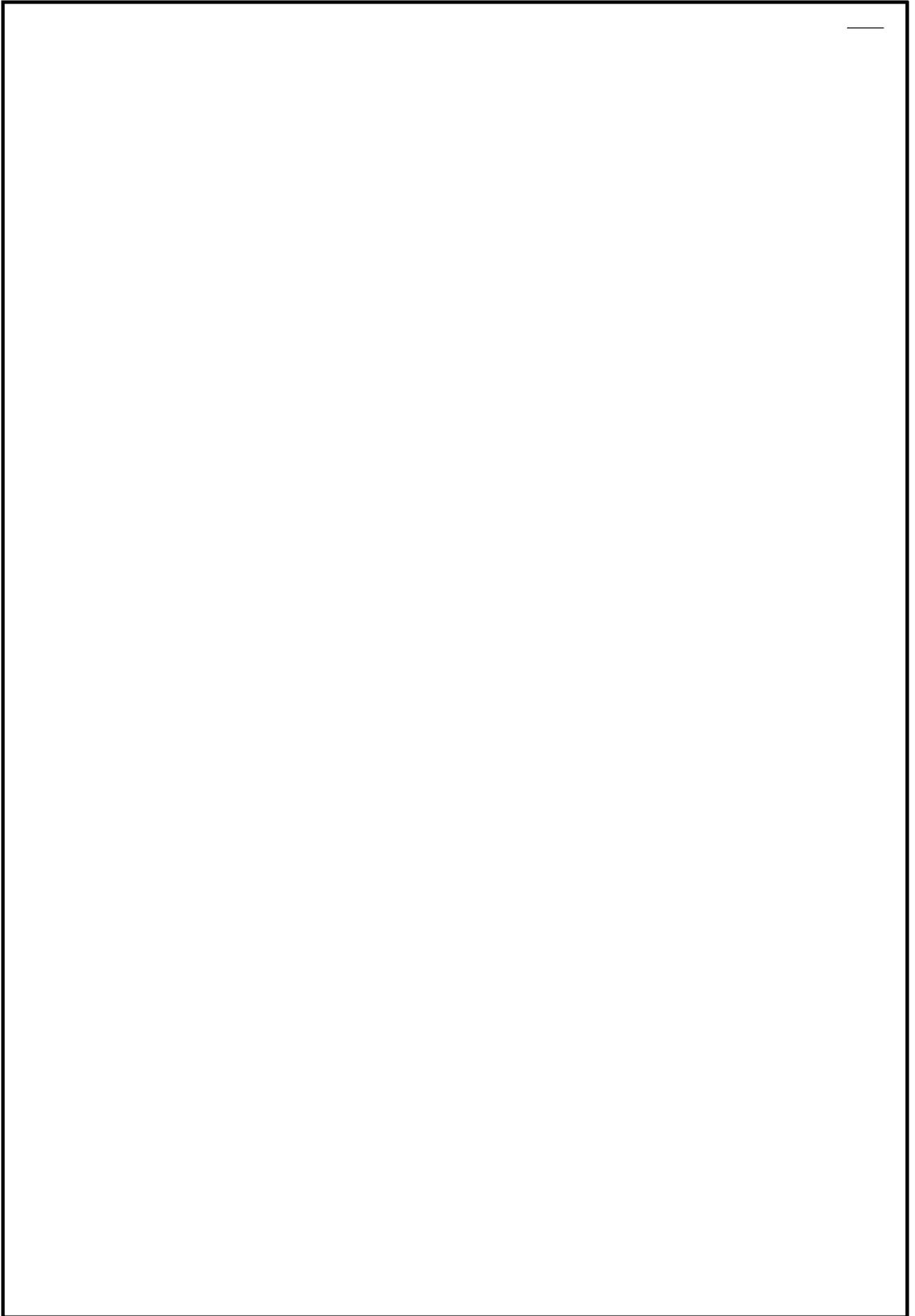
振動モード図は、3次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し、次ページ以降に示す。

NT2 補③ V-2-6-6-1-1 R0



NT2 補③ V-2-6-6-1-1 R0





4.2 評価結果

4.2.1 管の応力評価結果

下表に示すごとく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 (供用状態)	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	
IA-19	III <sub>A</sub> S	102W	Spr <sub>m</sub> (Sd)	74	188	—	—	—
IA-28	IV <sub>A</sub> S	2W	Spr <sub>m</sub> (Ss)	127	431	—	—	—
IA-19	IV <sub>A</sub> S	102W	Sn (Ss)	—	—	277	376	USs

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のうち大きい方とする。

4.2.2 支持構造物評価結果

下表に示すごとく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 (°C)	評価結果	
					計算 荷重 (kN)	許容 荷重 (kN)
SN0-IA-R004	オイルスナツバ	SN-03	「V-2-1-11機器・ 配管の耐震支持設 計方針」参照		3.1	4.5

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 (°C)	支持点荷重							評価結果			
					反力 (kN)			モーメント (kN・m)				応力 分類	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	
					F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>					
AN-IA-P005	アンカ	ラグ	SUS304	200	1.4	0.3	0.1	0.1	0.3	0.1	0.1	0.1	組合せ	46	111
RE-IA-R013	レストレイント	Uプレート	SUS304 STKR400	66	1.2	5.6	0	—	—	—	—	—	せん断	19	117
RH-IA-R009	リジットハンガ	台座	STKR400 SS400	66	0	1.5	0	—	—	—	—	—	圧縮	5	83

4.2.3 弁の動的機能維持評価結果

下表に示すごとく応答加速度が機能確認済加速度以下又は計算応力が許容応力以下である。

弁番号	形式	要求機能	応答加速度 ( $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )		機能確認済加速度 ( $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )		構造強度評価結果 (MPa)	
			水平	鉛直	水平	鉛直	計算応力	許容応力
—	—	—	—	—	—	—	—	—

本資料のうち、枠囲みの内容は、  
営業秘密又は防護上の観点から  
公開できません

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-621 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-9-5-1-1 管の耐震性についての計算書  
(非常用ガス再循環系)

## 目 次

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

## 1. 概要

本計算書は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」，「V-2-1-11 機器・配管の耐震支持設計方針」及び「V-2-1-14-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」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又は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通りである。

### (1) 管

工事計画記載範囲の管のうち，各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また，各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（裕度）が最小となる解析モデルを代表として記載する。

### (2) 支持構造物

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

### (3) 弁

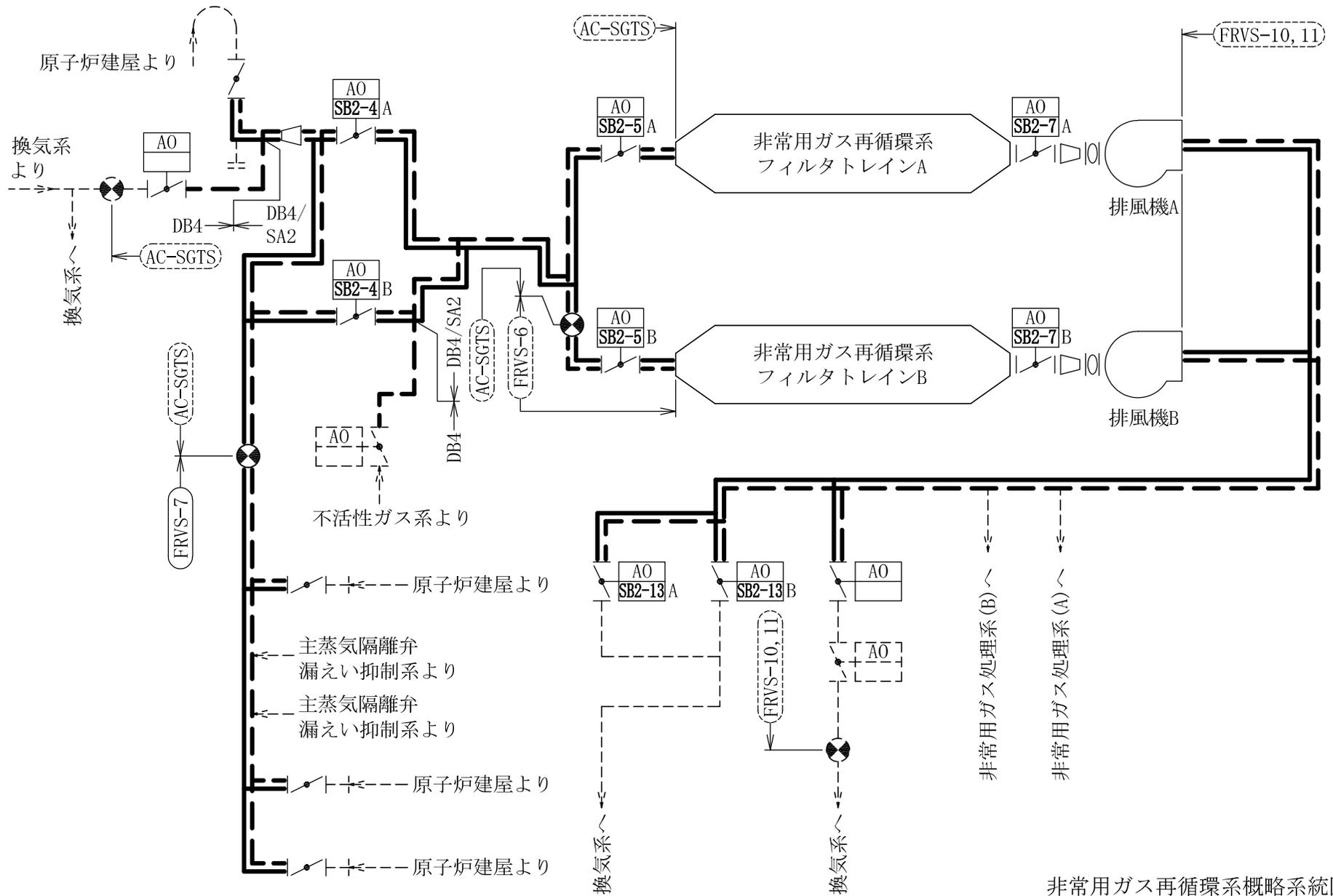
機能確認済加速度の応答加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として評価結果を記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例

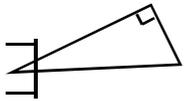
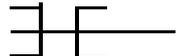
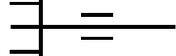
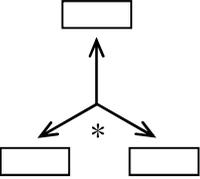
記 号	内 容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (重大事故等対処設備)
 (太破線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (設計基準対象施設)
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他 計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管の うち、他系統の管であって系統の概略を示すために表 記する管
	鳥瞰図番号 (評価結果を記載する範囲)
	鳥瞰図番号 (評価結果の記載を省略する範囲)
	アンカ
[管クラス] DB1 DB2 DB3 DB4 SA2 SA3 DB1/SA2 DB2/SA2 DB3/SA2 DB4/SA2	クラス 1 管 クラス 2 管 クラス 3 管 クラス 4 管 重大事故等クラス 2 管 重大事故等クラス 3 管 重大事故等クラス 2 管であってクラス 1 管 重大事故等クラス 2 管であってクラス 2 管 重大事故等クラス 2 管であってクラス 3 管 重大事故等クラス 2 管であってクラス 4 管



非常用ガス再循環系概略系統図

2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

記号	内容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (重大事故等対処設備の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(SA)」, 設計基準対象施設の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(DB)」とする。)
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本システムの管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち、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。スナッパについても同様とする。)
	スナッパ
	ハンガ
	リジットハンガ
	拘束点の地震による相対変位量(mm) (* は評価点番号, 矢印は拘束方向を示す。また, <span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 1em; height: 1em; vertical-align: middle;"></span> 内に 変位量を記載する。)

注： 鳥瞰図中の寸法の単位はmmである。





3. 計算条件

3.1 荷重の組合せ及び許容応力

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設分類 <sup>*1</sup>	設備分類 <sup>*2</sup>	機器等の区分	耐震クラス	荷重の組合せ <sup>*3,4</sup>	許容応力状態 <sup>*5</sup>
原子炉格納施設	圧力低減設備 その他安全設備	非常用ガス 再循環系	DB	—	クラス4管	S	$I_L + S_d$	$III_A S$
							$II_L + S_d$	
							$I_L + S_s$	$IV_A S$
							$II_L + S_s$	
			SA	常設/緩和	重大事故等クラス2管	—	$V_L + S_s$	$V_A S$

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

\*3: 運転状態の添字Lは荷重が作用している状態を示す。

\*4: 許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

\*5: 許容応力状態 $V_A S$ 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。

3.2 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 FRVS-7

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震クラス	縦弾性係数 (MPa)
1	1A~10F, 8~31F 29~44, 46~53F	0.014	72			SM41A	S	
2	13F~14F, 34F~35F 56F~57F	0.014	72			SM41B	S	
3	44~46	0.014	72			SM400C	S	

フランジ部の質量

鳥 瞰 図 FRVS-7

質量	対応する評価点
	10F, 13F, 31F, 34F, 53F, 56F
	14F, 35F, 57F

弁部の寸法

鳥 瞰 図 FRVS-7

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
10F~11				11~12			
11~13F				31F~32			
32~33				32~34F			
53F~54				54~55			
54~56F							

弁部の質量

鳥 瞰 図 FRVS-7

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
	10F, 13F, 31F, 34F, 53F, 56F		11, 32, 54
	12, 33, 55		

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 FRVS-7

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									
23							—	—	—
37							—	—	—
41							—	—	—
50							—	—	—

## 3.3 材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

材 料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)			
		S m	S y	S u	S h
SM41A	72	—	232	382	—
SM41B	72	—	232	382	—
SM400C	72	—	232	382	—

### 3.4 設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答スペクトルを下表に示す。

なお、設計用床応答スペクトルは「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	建物・構築物	標高	減衰定数 (%)
FRVS-7	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 FRVS-7

耐震クラス		S					
適用する地震動等		S <sub>d</sub> 及び静的震度			S <sub>s</sub>		
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		応答鉛直震度
		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		—	—	—	—	—	—
動的震度		[ ]			[ ]		
静的震度		[ ]			—	—	—

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図 FRVS-7

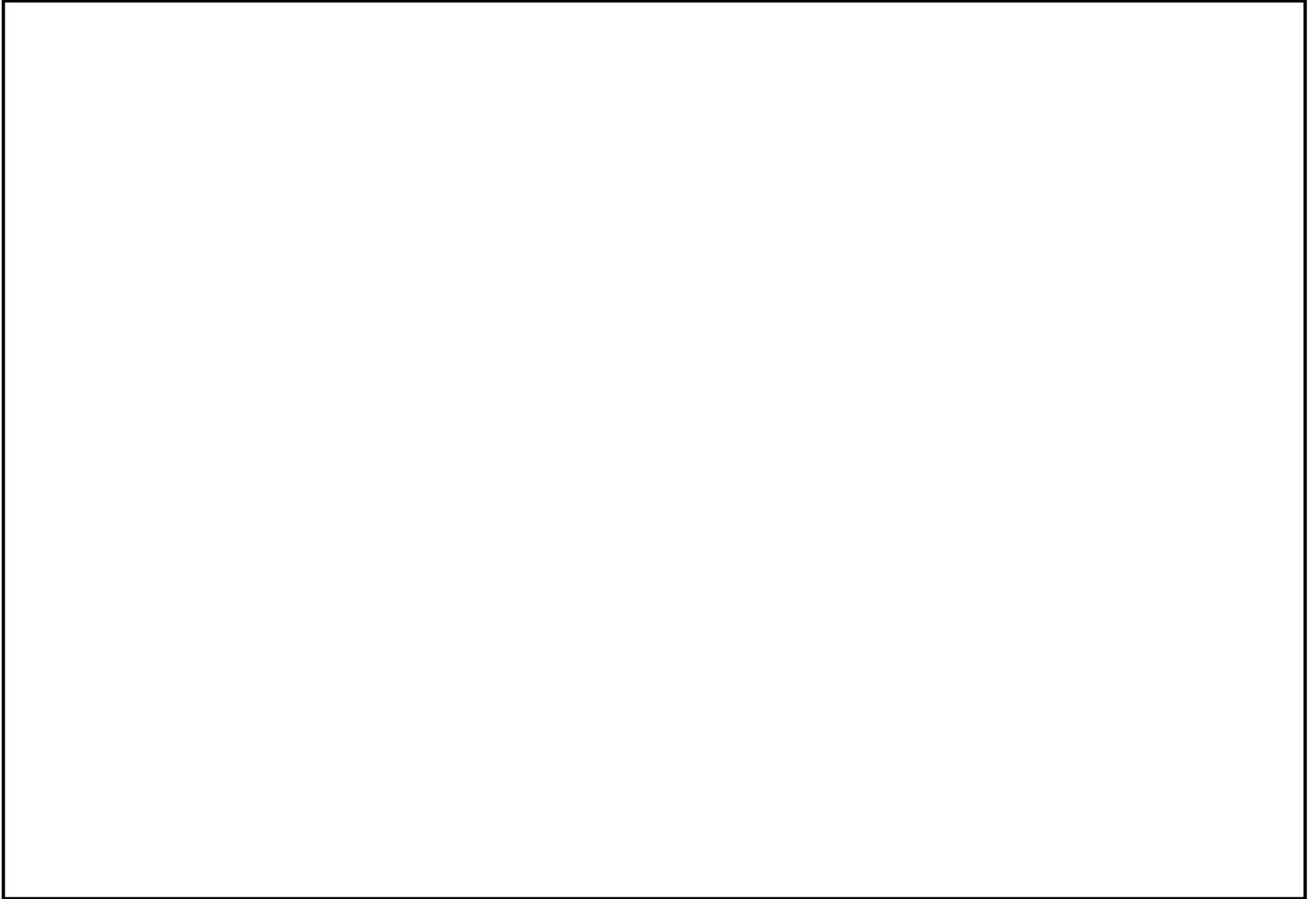
モード	固有周期 (s)	刺激係数		
		X方向	Y方向	Z方向
1次				
2次				
3次				
4次				
5次				
6次				
7次				

## 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。







4.2 評価結果

4.2.1 管の応力評価結果

下表に示すごとく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以下の管及び重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管

鳥瞰図	許容応力 状態 (供用状態)	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 <sub>prm</sub> (S <sub>d</sub> ) S <sub>prm</sub> (S <sub>s</sub> )	許容応力 S <sub>y</sub> * 0.9S <sub>u</sub>	計算応力 S <sub>n</sub> (S <sub>s</sub> )	許容応力 2S <sub>y</sub>	疲労累積係数 U S <sub>s</sub>
FRVS-7	III <sub>A</sub> S	45	S <sub>prm</sub> (S <sub>d</sub> )	122	232	—	—	—
FRVS-7	IV <sub>A</sub> S	45	S <sub>prm</sub> (S <sub>s</sub> )	198	343	—	—	—
FRVS-7	IV <sub>A</sub> S	45	S <sub>n</sub> (S <sub>s</sub> )	—	—	318	464	—

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

4.2.2 支持構造物評価結果

下表に示すごとく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 (°C)	評価結果	
					計算 荷重 (kN)	許容 荷重 (kN)
SNO-FRVS-R003	オイルスナップ	SN-3	「V-2-1-11機器・ 配管の耐震支持設 計方針」参照		23.0	45.0
SH-FRVS-R005	スプリングハンガ	VS-1			18.7	23.1

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 (°C)	支持点荷重						評価結果		
					反力 (kN)			モーメント (kN・m)			応力 分類	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)
					F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>			
AN-FRVS-31	アンカ	ラグ	SM41A	72	31.6	46.2	200.0	69.9	57.4	9.5	せん断	57	69
RE-FRVS-36	レストレイント	ラグ	SM41A	72	55.6	252.0	54.1	—	—	—	組合せ	53	69

## 4.2.3 弁の動的機能維持評価結果

下表に示すごとく応答加速度が機能確認済加速度以下又は計算応力が許容応力以下である。

弁番号	形式	要求機能	応答加速度* ( $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )		機能確認済加速度 ( $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )		構造強度評価結果 (MPa)	
			水平	鉛直	水平	鉛直	計算応力	許容応力
SB2-5A	止め弁	$\beta$ (Sd)	5.6	5.7	6.0	6.0	—	—
SB2-5B	止め弁	$\beta$ (Sd)	2.2	6.0	6.0	6.0	—	—

\* 応答加速度は、打ち切り振動数を50Hzとして計算した結果を示す。

本資料のうち、枠囲みの内容は営業秘密又は防護上の観点から公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-859 改0
提出年月日	平成30年6月29日

#### V-2-11-2-4 チャンネル着脱機の耐震性についての計算書

## 目 次

1. 概 要 .....	1
2. 一般事項 .....	1
2.1 配置概要 .....	1
2.2 構造計画 .....	1
2.3 評価方針 .....	3
2.4 適用基準 .....	4
2.5 記号の説明 .....	5
2.6 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 .....	9
4.3 設計用地震力 .....	14
4.4 解析モデル及び諸言 .....	16
4.5 固有周期 .....	18
4.6 計算方法 .....	19
4.6.1 ガイドレール及びカートの応力 .....	19
4.6.2 吊具の荷重計算方法 .....	22
4.7 計算条件 .....	23
4.8 応力及び荷重の評価 .....	23
4.8.1 ガイドレール及びカートの応力評価 .....	23
4.8.2 吊具の評価 .....	23
5. 評価結果 .....	24
5.1 設計基準対象施設としての評価結果 .....	24
5.2 重大事故等対処設備としての評価結果 .....	24

## 1. 概 要

本計算書は、チャンネル着脱機（以下「着脱機」という。）（耐震設計上の重要度分類B-2クラス）の耐震性についての計算方法と計算結果を示す。着脱機が設計用地震動に対して十分な構造強度を有していることを確認することで、Sクラス設備への波及的影響を及ぼさないことを説明するものであり、その耐震評価は地震応答解析、応力評価、及び荷重評価により行う。

## 2. 一般事項

### 2.1 配置概要

着脱機は、図2-1の位置関係図に示すように、上位クラス施設である使用済燃料プールの壁面に設置されており、落下時に使用済燃料プールに対して波及的影響を及ぼすおそれがある。

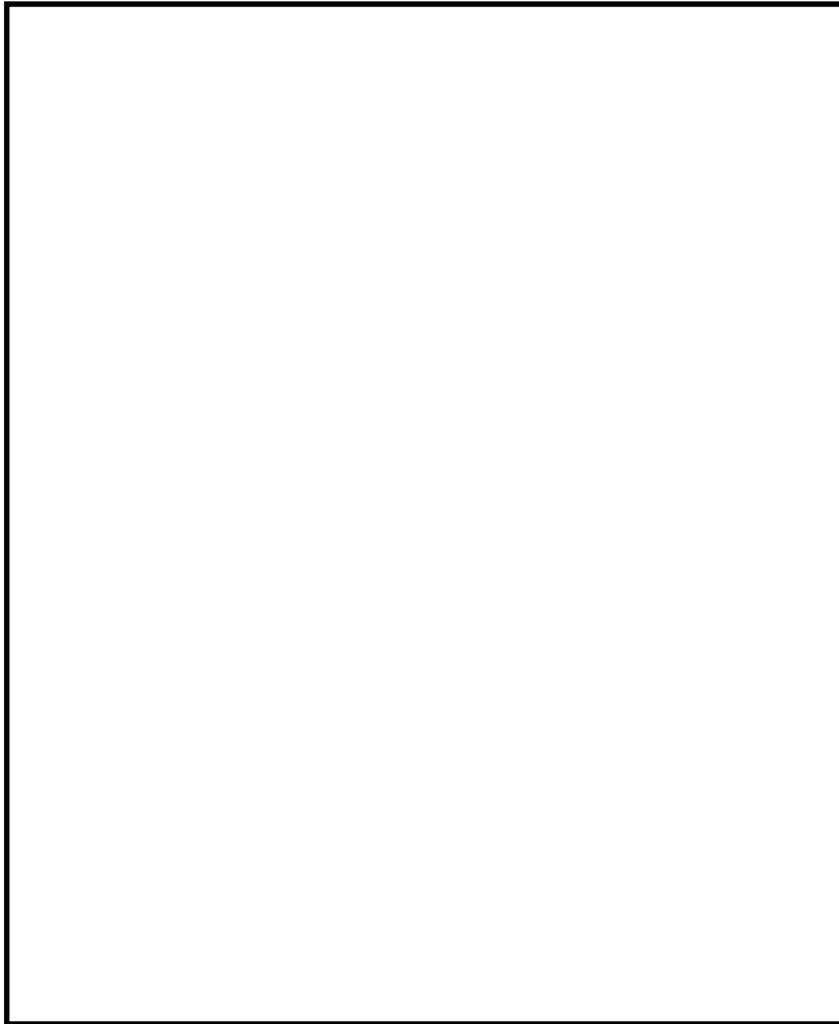
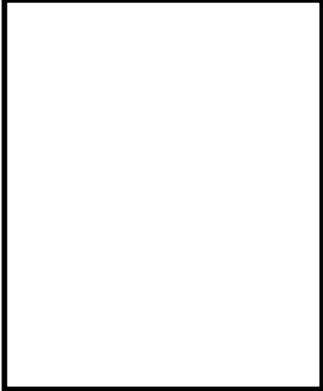
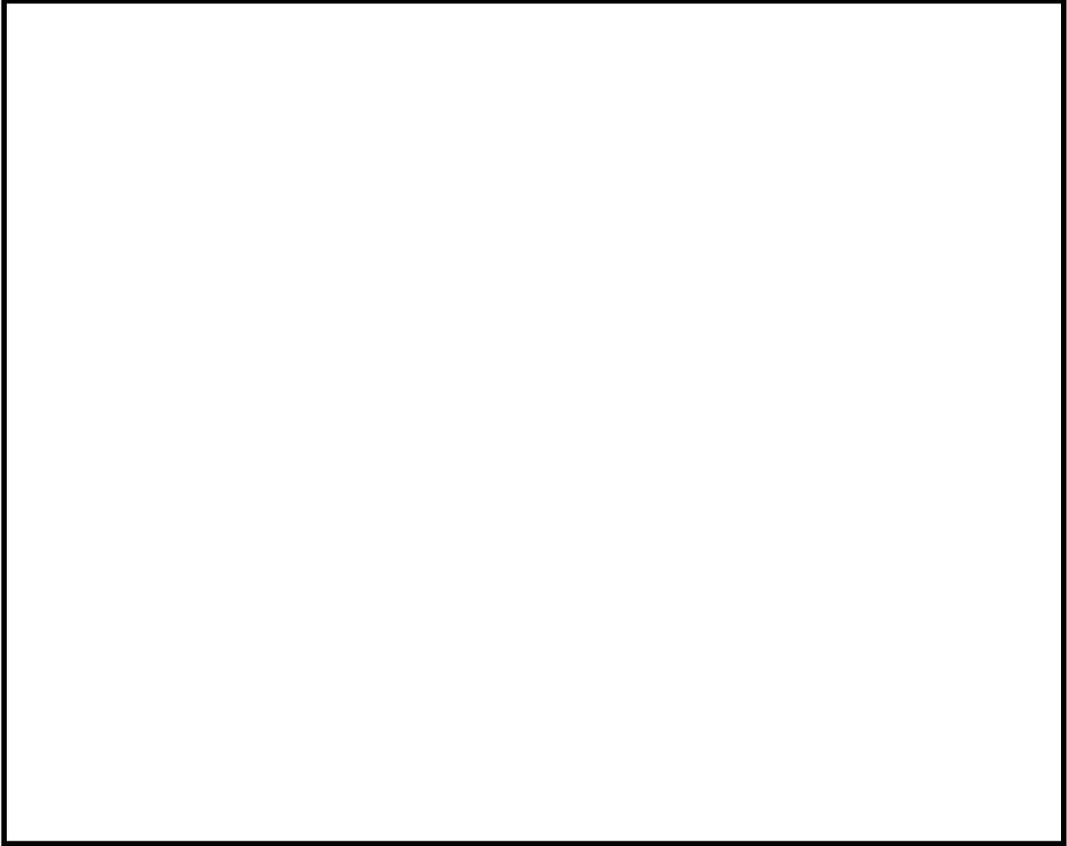


図2-1 チャンネル着脱機と使用済燃料プール等の位置関係

### 2.2 構造計画

着脱機の構造計画を表2-1に示す

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
	ガイドレール カート	

### 2.3 評価方針

着脱機の応力評価は、「V-2-1 耐震設計の基本方針」に基づき、「2.2 構造計画」にて示す着脱機の部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4.4 解析モデル及び諸元」及び「4.5 固有周期」で算出した固有周期及び荷重に基づく応力等が許容限界内に収まることを、「4. 地震応答解析及び構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5. 評価結果」に示す。

着脱機の耐震評価フローを図 2-2 に示す。

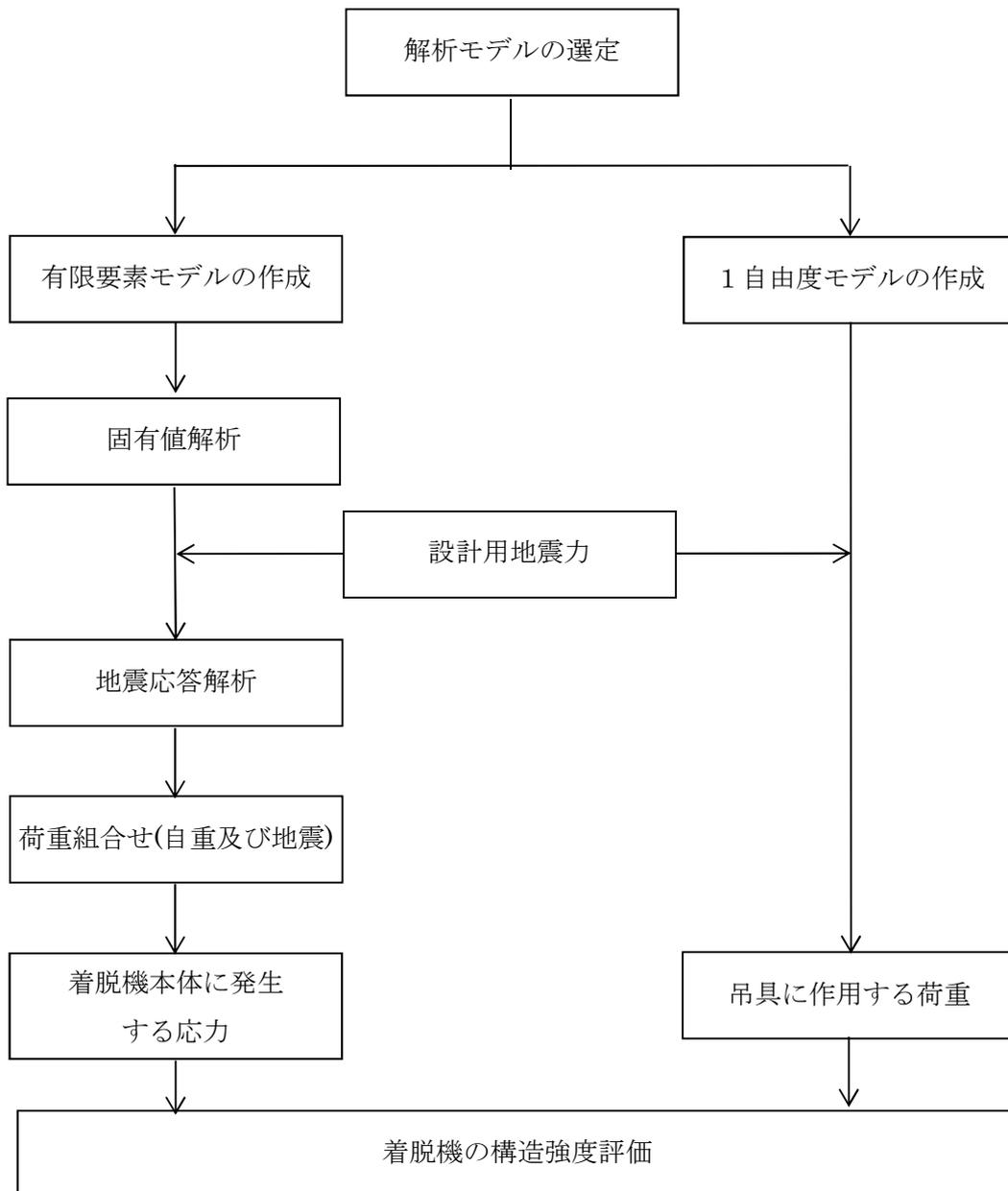


図 2-2 着脱機の耐震評価フロー

## 2.4 適用基準

適用基準を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針（重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補－1984, J E A G 4 6 0 1 －1987 及び J E A G 4 6 0 1 －1991 追補版）（日本電気協会 電気技術基準調査委員会 昭和 59 年 9 月, 昭和 62 年 8 月及び平成 3 年 6 月）
- (2) 発電用原子力設備規格（設計・建設規格（2005 年版（2007 年追補版含む。）） J S M E S N C 1 －2005/2007）（日本機械学会 2007 年 9 月）（以下「設計・建設規格」という。）

## 2.5 記号の説明

記号	記号の説明	単位
$A_{1G}$	ガイドレールの断面積	$\text{mm}^2$
$C_v$	鉛直方向設計震度	—
$E$	ガイドレール及びカートの縦弾性係数	MPa
$F^*$	設計・建設規格 SSB-3121.3 又は SSB-3133 に定める値	MPa
$F_{xG}$	ガイドレールに作用する軸力	N
$F_{yG}$	ガイドレールに作用するせん断力 (y 方向)	N
$F_{zG}$	ガイドレールに作用するせん断力 (z 方向)	N
$F_C$	ローラチェーンに発生する支持荷重	N
$g$	重力加速度 (=9.80665)	$\text{m/s}^2$
$M_{xG}$	ガイドレールのねじりモーメント	$\text{N}\cdot\text{mm}$
$M_{yG}$	ガイドレールの y 軸周り曲げモーメント	$\text{N}\cdot\text{mm}$
$M_{zG}$	ガイドレールの z 軸周り曲げモーメント	$\text{N}\cdot\text{mm}$
$m_G$	ガイドレール質量	kg
$m_F$	カート質量	kg
$m_m$	吊荷の質量	kg
$S_u$	アルミニウムハンドブック (第8版) に定める値	MPa
$S_y$	アルミニウムハンドブック (第8版) に定める値	MPa
$Z_{pG}$	ガイドレールのねじり断面係数	$\text{mm}^3$
$Z_{yG}$	ガイドレールの y 軸周り断面係数 (設計基準対象施設)	$\text{mm}^3$
$Z_{zG}$	ガイドレールの z 軸周り断面係数 (設計基準対象施設)	$\text{mm}^3$
$Z_{pyG}$	ガイドレールの y 軸周り断面係数 (重大事故等対処設備)	$\text{mm}^3$
$Z_{pzG}$	ガイドレールの z 軸周り断面係数 (重大事故等対処設備)	$\text{mm}^3$
$\sigma_{1G}$	ガイドレールの曲げ応力 (設計基準対象施設)	MPa
$\sigma_{p1G}$	ガイドレールの曲げ応力 (重大事故等対処設備)	MPa
$\sigma_{c1G}$	ガイドレールの組合せ応力 (設計基準対象施設)	MPa
$\sigma_{pc1G}$	ガイドレールの組合せ応力 (重大事故等対処設備)	MPa
$\sigma_{xG}$	ガイドレールの曲げ応力成分 (x 方向)	MPa
$\sigma_{yG}$	ガイドレールの曲げ応力成分 (y 方向) (設計基準対象施設)	MPa
$\sigma_{zG}$	ガイドレールの曲げ応力成分 (z 方向) (設計基準対象施設)	MPa
$\sigma_{pyG}$	ガイドレールの曲げ応力成分 (y 方向) (重大事故等対処設備)	MPa
$\sigma_{pzG}$	ガイドレールの曲げ応力成分 (z 方向) (重大事故等対処設備)	MPa
$\tau_{1G}$	ガイドレールのせん断応力	MPa
$\tau_{xG}$	ガイドレールのせん断応力 (x 方向)	MPa

記号	記号の説明	単位
$\tau_{yG}$	ガイドレールのせん断応力（y方向）	MPa
$\tau_{zG}$	ガイドレールのせん断応力（z方向）	MPa

注：記号右端添え字に<sub>G</sub>が付くものは，着脱機ガイドレール用を代表で示したものであり，評価中の着脱機カートについては<sub>G</sub>→<sub>F</sub>に置き換えるものとする。

## 2.6 計算精度と数値の丸め方

精度は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	下記以外の長さ	mm	—	—	整数位 <sup>*1</sup>
	厚さ	mm	—	—	小数点以下第1位
断面積		mm <sup>2</sup>	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 <sup>*2</sup>
モーメント		N・mm	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 <sup>*2</sup>
力		N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 <sup>*2</sup>
算出応力		MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力 <sup>*3</sup>		MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

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

また、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。

\*2 : 絶対値が1000以上のときはべき数表示とする。

\*3 : アルミニウムハンドブックに記載された温度の間における降伏点及び引張強さを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

評価部位は、本体及び吊荷の落下により、使用済燃料プールが損傷することを防止するために、ガイドレール、カート及び吊具（ローラチェーン）を選定する。着脱機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) 着脱機を構成する部材をはり要素にてモデル化した有限要素モデルによるスペクトルモーダル解析を適用する。
- (2) 着脱機のガイドレールは、プール壁面のボルト及び金物により荷重を支持する構造であるため、該当部位の変位を拘束する。
- (3) 着脱機上に設置される吊荷は、解析モデル上では集中質量として設定する。
- (4) 計算機コードは「SAP-IV」を使用する。なお、評価に用いる計算機コード「SAP-IV」の検証及び妥当性確認等の概要については、「V-5-3 計算機プログラム（解析コード）の概要・SAP-IV」に示す。
- (5) 吊具の評価を行う場合は、鉛直方向の設計震度に対応した荷重を算出する。
- (6) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
- (7) 評価ケース

以下に示すケースにて評価を実施する。設計基準対象施設としての条件に対する評価条件では、着脱機の運転状態と待機状態を想定しケース1,2について評価する。重大事故等対処設備としての条件に対する評価条件では、着脱機の待機状態を想定しケース2について評価する。

評価対象		着脱機本体, 吊具	
評価ケース No.		1	2
カート位置	下端	●	●

## 4.2 荷重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

着脱機の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 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

着脱機の許容応力を表 4-3 に示す。

### 4.2.3 使用材料の許容応力及び許容荷重

着脱機の許容応力及び許容荷重のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-4, 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。

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
核燃料物質の取扱施設 及び貯蔵施設	燃料取扱設備	チャンネル 着脱機	B-2	その他の 支持構造物	$D + P_d + M_d + S_s$	$IV_A S$

表 4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
核燃料物質の取扱施設 及び貯蔵施設	燃料取扱設備	チャンネル 着脱機	—	その他の 支持構造物	$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	$V_A S$ ( $V_A S$ として、 $IV_A S$ の許容限界を用いる。)

表4-3 許容応力（その他の支持構造物（設計基準対象施設としての評価及び重大事故等対処設備としての評価））

許容応力状態	許容限界* (ボルト等以外)			許容限界 (ボルト等)	
	一次応力			一次応力	
	曲げ	せん断	組合せ	曲げ	せん断
IV <sub>A</sub> S	1.5・f <sub>t</sub> <sup>*</sup>	1.5・f <sub>s</sub> <sup>*</sup>	1.5・f <sub>t</sub> <sup>*</sup>	1.5・f <sub>t</sub> <sup>*</sup>	1.5・f <sub>s</sub> <sup>*</sup>
V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> Sとして、IV <sub>A</sub> Sの許容限界を用いる。)					

注記\*：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 (設計基準対象施設)

評価部材		材料	温度条件 (°C)		S (MPa)	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (RT) (MPa)
着脱機	ガイドレール		周囲環境温度		—			—
	カート		周囲環境温度		—			—

表 4-5 使用材料の許容荷重 (設計基準対象施設)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		許容荷重 (N)
ローラチェーン		周囲環境温度		

表 4-6 使用材料の許容応力 (重大事故等対処設備)

評価部材		材料	温度条件 (°C)	S (MPa)	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (RT) (MPa)
着脱機	ガイドレール		周囲環境温度		—		—
	カート		周囲環境温度		—		—

表 4-7 使用材料の許容荷重 (重大事故等対象施設)

評価部材	材料	温度条件 (°C)	許容荷重 (N)
ローラチェーン		周囲環境温度	

### 4.3 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 4-8 及び表 4-9 に示す。

表 4-8 設計用地震力 (設計基準対象施設)

耐震クラス	B-2			
据付場所及び床面高さ (m)	原子炉建屋 <input type="text"/>			
固有周期 (s)	<input type="text"/>			
減衰定数 (%)	<input type="text"/>			
地震力	基準地震動 S <sub>s</sub>			
モード	固有周期 (s)	応答水平震度* <sup>5</sup>		応答鉛直震度* <sup>5</sup>
		NS方向	EW方向	
<input type="text"/>	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>	—
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	—	—
動的地震力* <sup>6</sup>		—	—	<input type="text"/>

注記\*1 : 基準床レベルを示す。

\*2 : 3次固有周期について記載。

\*3 : 2次固有周期について記載。

\*4 : 固有周期は十分に小さく、応力解析は省略する。

\*5 : 各モードの固有周期に対し、設計用床応答スペクトル (S<sub>s</sub>) より得られる震度を示す。

\*6 : 基準地震動 S<sub>s</sub> の震度以上の設計震度

表 4-9 設計用地震力（重大事故等対処設備）

耐震クラス		—		
据付場所及び床面高さ (m)		原子炉建屋 [ ]		
固有周期 (s)		[ ]		
減衰定数 (%)		[ ]		
地震力		基準地震動 S s		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度*4		応答鉛直震度*5
		NS方向	EW方向	
[ ]	[ ]	—	[ ]	—
[ ]	[ ]	[ ]	—	—
動的地震力*6		—	—	[ ]

注記\*1 : 基準床レベルを示す。

\*2 : 3次固有周期について記載。

\*3 : 2次固有周期について記載。

\*4 : 固有周期は十分に小さく、応力解析は省略する。

\*5 : 各モードの固有周期に対し、設計用床応答スペクトル (S s) より得られる震度を示す。

\*6 : 基準地震動 S s の震度以上の設計震度

## 4.4 解析モデル及び諸元

着脱機の解析モデルを図4-1に、解析の諸元を表4-10に示す。

- (1) 着脱機を  でモデル化した有限要素モデルを用いる。
- (2) 解析コードは「SAP-IV」を使用し、固有値及び荷重を求める。
- (3) 境界条件として、固定ボルトの6方向を拘束する。  
また、金物のNS及びEW方向を拘束する。  
カートにおいて、チェーン接続部の鉛直方向を拘束する。
- (4) 質量には着脱機自身の質量、燃料の質量及び排除水を考慮する。

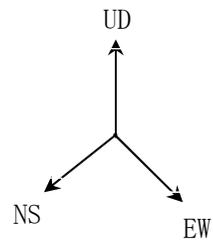


図4-1 解析モデル

表4-10 機器諸元

項目		単位	入力値
ガイドレール質量			
カート質量			
温度条件（周囲環境温度，設計基準対象施設）			
温度条件（周囲環境温度，重大事故等対処設備）			
縦弾性係数	ガイドレール		
	カート		
	ローラチェーン		
材質	ガイドレール		
	カート		
	ローラチェーン		
ポアソン比			
節点数			
要素数			

#### 4.5 固有周期

「SAP-IV」により求めた固有値解析の卓越震度のモード図のうち，設計基準対象施設のモード図を図4-2に，重大事故等対処設備のモード図を図4-3に示す。

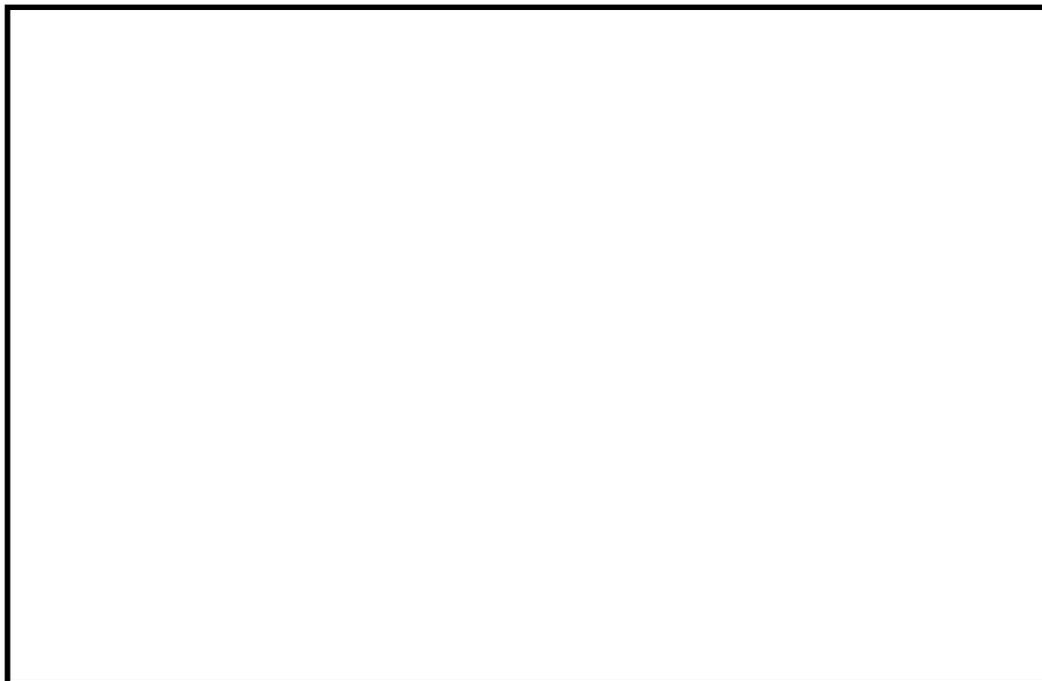


図4-2 固有振動モード（設計基準対象施設）



図4-3 固有振動モード（重大事故等対処設備）

#### 4.6 計算方法

##### 4.6.1 ガイドレール及びカートの応力

ガイドレール及びカートに加わる荷重を図4-1の計算モデルにより計算機コード「SAP-IV」を用いて、モーダルスペクトル解析及び静解析により求める。

##### (1) ガイドレールの応力

ガイドレールの応力を図4-4を用いて計算する。負担力は、並進力 $F_{xG}$ 、 $F_{yG}$ 、 $F_{zG}$ 、モーメント力 $M_{xG}$ 、 $M_{yG}$ 、 $M_{zG}$ とする。

##### a. 応力成分

上記荷重による応力成分は次式となる。

$$\sigma_{xG} = \frac{F_{xG}}{A_{1G}}, \quad \sigma_{yG} = \frac{M_{yG}}{Z_{yG}}, \quad \sigma_{zG} = \frac{M_{zG}}{Z_{zG}} \quad \dots \quad (4.6.1.1)$$

$$\tau_{xG} = \frac{M_{xG}}{Z_{pG}}, \quad \tau_{yG} = \frac{F_{yG}}{A_{1G}}, \quad \tau_{zG} = \frac{F_{zG}}{A_{1G}} \quad \dots \quad (4.6.1.2)$$

$$\sigma_{xG} = \frac{F_{xG}}{A_{1G}}, \quad \sigma_{pyG} = \frac{M_{yG}}{Z_{pyG}}, \quad \sigma_{pzG} = \frac{M_{zG}}{Z_{pzG}} \quad \dots \quad (4.6.1.3)$$

##### b. 曲げ応力

曲げ応力は次式となる。

$$\sigma_{1G} = \sigma_{xG} + \sigma_{yG} + \sigma_{zG} \quad \dots \quad (4.6.1.4)$$

$$\sigma_{p1G} = \sigma_{xG} + \sigma_{pyG} + \sigma_{pzG} \quad \dots \quad (4.6.1.5)$$

##### c. せん断応力

せん断応力は次式となる。

$$\tau_{1G} = \left. \begin{array}{l} \sqrt{(\tau_{xG} + \tau_{yG})^2 + \tau_{zG}^2} \\ \sqrt{\tau_{yG}^2 + (\tau_{xG} + \tau_{zG})^2} \end{array} \right\} \text{大きい方} \quad \dots \quad (4.6.1.6)$$

##### d. 組合せ応力

組合せ応力は次式となる。

$$\sigma_{c1G} = \sqrt{\sigma_{1G}^2 + 3 \cdot \tau_{1G}^2} \quad \dots \quad (4.6.1.7)$$

$$\sigma_{pc1G} = \sqrt{\sigma_{p1G}^2 + 3 \cdot \tau_{1G}^2} \quad \dots \quad (4.6.1.8)$$

(2) カートの応力

カートの応力を図 4-4 を用いて計算する。負担力は、並進力  $F_{xF}$ ,  $F_{yF}$ ,  $F_{zF}$ , モーメント力  $M_{xF}$ ,  $M_{yF}$ ,  $M_{zF}$  とする。

a. 応力成分

上記荷重による応力成分は次式となる。

$$\sigma_{xF} = \frac{F_{xF}}{A_{1F}}, \quad \sigma_{yF} = \frac{M_{yF}}{Z_{yF}}, \quad \sigma_{zF} = \frac{M_{zF}}{Z_{zF}} \quad \dots \quad (4.6.1.9)$$

$$\tau_{xF} = \frac{M_{xF}}{Z_{pF}}, \quad \tau_{yF} = \frac{F_{yF}}{A_{1F}}, \quad \tau_{zF} = \frac{F_{zF}}{A_{1F}} \quad \dots \quad (4.6.1.10)$$

$$\sigma_{pxF} = \frac{F_{xF}}{A_{1F}}, \quad \sigma_{pyF} = \frac{M_{yF}}{Z_{pyF}}, \quad \sigma_{pzF} = \frac{M_{zF}}{Z_{pzF}} \quad \dots \quad (4.6.1.11)$$

b. 曲げ応力

曲げ応力は次式となる。

$$\sigma_{1F} = \sigma_{xF} + \sigma_{yF} + \sigma_{zF} \quad \dots \quad (4.6.1.12)$$

$$\sigma_{p1F} = \sigma_{pxF} + \sigma_{pyF} + \sigma_{pzF} \quad \dots \quad (4.6.1.13)$$

c. せん断応力

せん断応力は次式となる。

$$\tau_{1F} = \left. \begin{array}{l} \sqrt{(\tau_{xF} + \tau_{yF})^2 + \tau_{zF}^2} \\ \sqrt{\tau_{yF}^2 + (\tau_{xF} + \tau_{zF})^2} \end{array} \right\} \text{大きい方} \quad \dots \quad (4.6.1.14)$$

d. 組合せ応力

組合せ応力は次式となる。

$$\sigma_{c1F} = \sqrt{\sigma_{1F}^2 + 3 \cdot \tau_{1F}^2} \quad \dots \quad (4.6.1.15)$$

$$\sigma_{pc1F} = \sqrt{\sigma_{p1F}^2 + 3 \cdot \tau_{1F}^2} \quad \dots \quad (4.6.1.16)$$

ガイドレールの最大応力発生部材を図4-1の①，カートの最大応力発生部位を図4-1の②に示す。

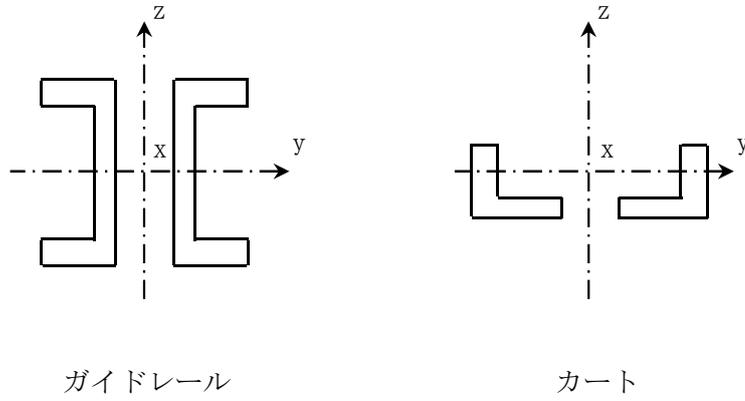
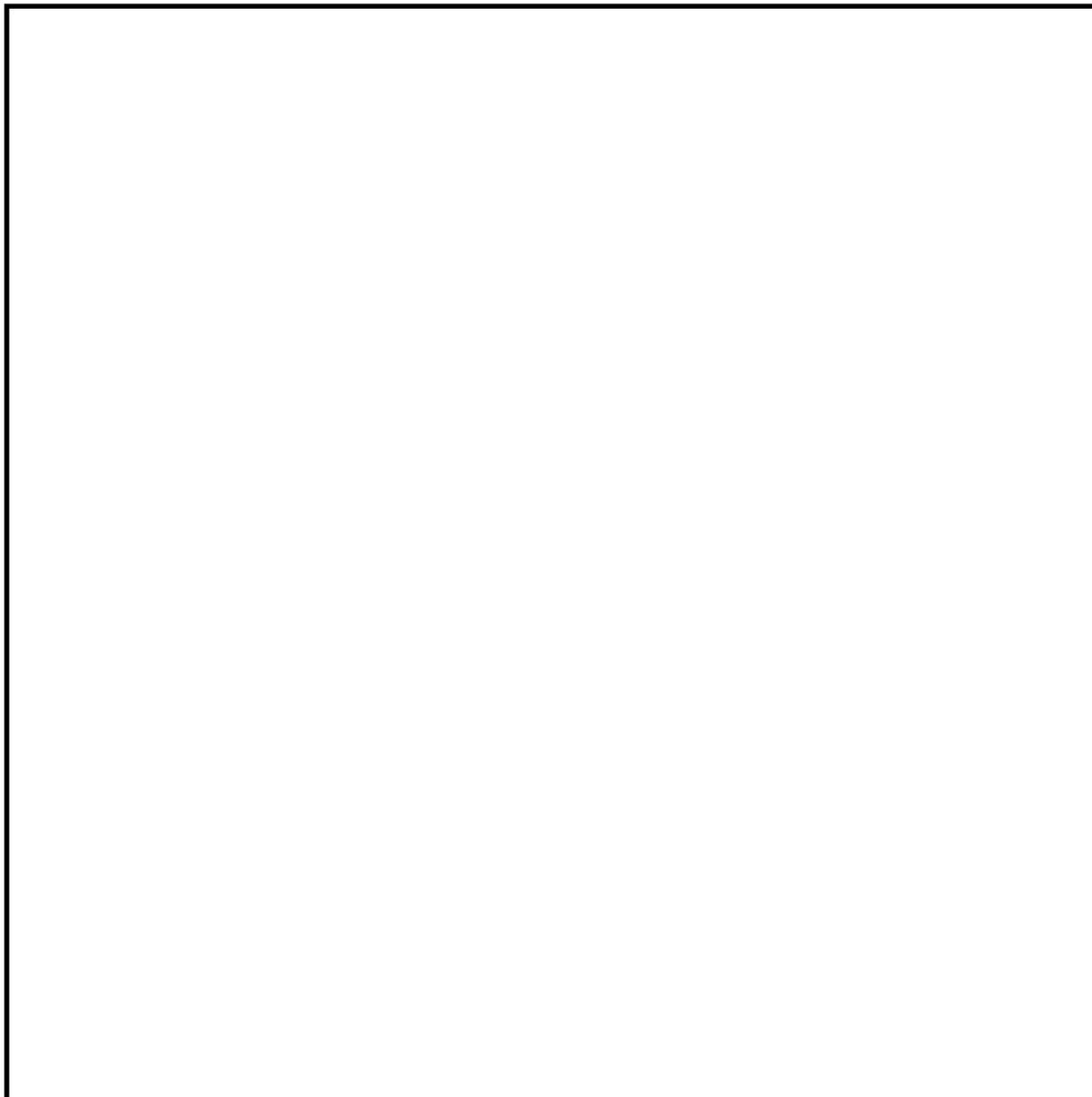


図4-4 最大応力発生部位

#### 4.6.2 吊具の荷重計算方法

着脱機の吊荷荷重を受ける各部は、上部架台及びローラチェーンであり、このうち吊荷を直接吊るもので、損傷・破断により即落下に至る可能性があるローラチェーンを評価対象とする。



#### 4.7 計算条件

震解析に用いる自重（着脱機）及び荷重（地震荷重）は、【着脱機の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

#### 4.8 応力及び荷重の評価

##### 4.8.1 ガイドレール及びカートの応力評価

4.6.1項で求めたガイドレール及びカートの各応力が次式より求めた許容応力以下であること。

	許容曲げ応力	許容せん断応力	許容組合せ応力
計算式	$\frac{F^*}{1.5} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5} \cdot 1.5$

##### 4.8.2 吊具の評価

4.6.2項で求めたローラチェーンの支持荷重が許容荷重以下であること。

## 5. 評価結果

### 5.1 設計基準対象施設としての評価結果

着脱機の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度を有しており、波及的影響を及ぼさないことを確認した。

#### (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

着脱機の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度を有しており、波及的影響を及ぼさないことを確認した。

#### (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。

【着脱機の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

耐震クラス		B-2		
据付場所及び床面高さ (m)		原子炉建屋 <input type="text"/>		
固有周期 (s)		<input type="text"/>		
減衰定数 (%)		<input type="text"/>		
地震力		基準地震動 S <sub>s</sub>		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度* <sup>5</sup>		応答鉛直震度* <sup>5</sup>
		N S 方向	E W 方向	
<input type="text"/>	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>	—
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	—	—
動的地震力* <sup>6</sup>		—	—	<input type="text"/>

注記\*1 : 基準床レベルを示す。

\*2 : 3次固有周期について記載。

\*3 : 2次固有周期について記載。

\*4 : 固有周期は十分に小さく、応力解析は省略する。

\*5 : 各モードの固有周期に対し、設計用床応答スペクトル (S<sub>s</sub>) より得られる震度を示す。

\*6 : 基準地震動 S<sub>s</sub> の震度以上の設計震度

1.2 機器要目

着脱機ガイドレール, カート, ローラチェーン

$m_G$ (kg)	$m_F$ (kg)	$m_m$ (kg)	E (MPa)

$F_{xG}$ (N)	$F_{yG}$ (N)	$F_{zG}$ (N)	$M_{xG}$ (N・mm)	$M_{yG}$ (N・mm)	$M_{zG}$ (N・mm)	$F_{xF}$ (N)	$F_{yF}$ (N)	$F_{zF}$ (N)	$M_{xF}$ (N・mm)	$M_{yF}$ (N・mm)	$M_{zF}$ (N・mm)

$A_{1G}$ (mm <sup>2</sup> )	$Z_{pG}$ (mm <sup>3</sup> )	$Z_{yG}$ (mm <sup>3</sup> )	$Z_{zG}$ (mm <sup>3</sup> )	$A_{1F}$ (mm <sup>2</sup> )	$Z_{pF}$ (mm <sup>3</sup> )	$Z_{yF}$ (mm <sup>3</sup> )	$Z_{zF}$ (mm <sup>3</sup> )

着脱機ガイドレール		
[ ]		
$S_y$ (MPa)	$S_u$ (MPa)	$F^*$ (MPa)
[ ]		

着脱機カート		
[ ]		
$S_y$ (MPa)	$S_u$ (MPa)	$F^*$ (MPa)
[ ]		

注記\*1：厚さ ≤ 12 mm

ローラチェーン
$F_c$ (N)
[ ]

1.3 結論

1.3.1 固有周期

(単位：s)

モード	卓越方向	固有周期

1.3.2 応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	算出応力	許容応力
ガイドレール		曲 げ $\sigma_{1G}$		
		せん断 $\tau_{1G}$		
		組合せ $\sigma_{c1G}$		
カート		曲 げ $\sigma_{1F}$		
		せん断 $\tau_{1F}$		
		組合せ $\sigma_{c1F}$		

すべて許容応力以下である。

1.3.3 荷重

(単位：N)

部材		材料	荷重	算出荷重	許容荷重
吊具	ローラ チェーン	<input type="text"/>	支持荷重 $F_c$	<input type="text"/>	<input type="text"/>

すべて許容荷重以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

耐震クラス		—		
据付場所及び床面高さ (m)		原子炉建屋 <input type="text"/>		
固有周期 (s)		<input type="text"/>		
減衰定数 (%)		<input type="text"/>		
地震力		基準地震動 S s		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度*5		応答鉛直震度*5
		N S 方向	E W 方向	
<input type="text"/>	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>	—
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	—	—
動的地震力*6		—	—	<input type="text"/>

注記\*1 : 基準床レベルを示す。

\*2 : 3次固有周期について記載。

\*3 : 2次固有周期について記載。

\*4 : 固有周期は十分に小さく、応力解析は省略する。

\*5 : 各モードの固有周期に対し、設計用床応答スペクトル (S s) より得られる震度を示す。

\*6 : 基準地震動 S s の震度以上の設計震度

2.2 機器要目

着脱機ガイドレール, カート, ローラチェーン

$m_G$ (kg)	$m_F$ (kg)	$m_m$ (kg)	E (MPa)
[Redacted]			

$F_{xG}$ (N)	$F_{yG}$ (N)	$F_{zG}$ (N)	$M_{xG}$ (N・mm)	$M_{yG}$ (N・mm)	$M_{zG}$ (N・mm)	$F_{xF}$ (N)	$F_{yF}$ (N)	$F_{zF}$ (N)	$M_{xF}$ (N・mm)	$M_{yF}$ (N・mm)	$M_{zF}$ (N・mm)
[Redacted]											

$A_{1G}$ (mm <sup>2</sup> )	$Z_{pG}$ (mm <sup>3</sup> )	$Z_{yG}$ (mm <sup>3</sup> )	$Z_{zG}$ (mm <sup>3</sup> )	$A_{1F}$ (mm <sup>2</sup> )	$Z_{pF}$ (mm <sup>3</sup> )	$Z_{yF}$ (mm <sup>3</sup> )	$Z_{zF}$ (mm <sup>3</sup> )
[Redacted]							

着脱機ガイドレール		
[ ]		
$S_y$ (MPa)	$S_u$ (MPa)	$F^*$ (MPa)
[ ]		

着脱機カート		
[ ]		
$S_y$ (MPa)	$S_u$ (MPa)	$F^*$ (MPa)
[ ]		

注記\*1：厚さ ≤ 12 mm

ローラチェーン
$F_c$ (N)
[ ]

2.3 結論

2.3.1 固有周期

(単位 : s)

モード	卓越方向	固有周期

2.3.2 応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	算出応力	許容応力
ガイドレール		曲 げ $\sigma_{p1G}$		
		せん断 $\tau_{1G}$		
		組合せ $\sigma_{pc1G}$		
カート		曲 げ $\sigma_{p1F}$		
		せん断 $\tau_{1F}$		
		組合せ $\sigma_{pc1F}$		

すべて許容応力以下である。

2.3.3 荷重

(単位：N)

部材		材料	荷重	算出荷重	許容荷重
吊具	ローラ チェーン	<input type="text"/>	支持荷重 $F_c$	<input type="text"/>	<input type="text"/>

すべて許容荷重以下である。

本資料のうち、枠囲みの内容は、  
営業秘密又は防護上の観点から  
公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	TK-1-1363 改0
提出年月日	平成30年6月29日

## 工事計画に係る補足説明資料

補足-500-1 【計算機プログラム（解析コード）の概要に係る

### 補足説明資料】

[V-5-3 計算機プログラム（解析コード）SAPIV]

平成30年6月

日本原子力発電株式会社

## 1. 概要

本資料は、今回申請における添付書類「計算機プログラム（解析コード）の概要」において説明している解析コードについて、補足して説明するものである。

## 2. 工事計画添付書類に係る補足説明資料

添付書類の記載内容を補足するための資料を以下に示す。

資料 No.	資料名	補足説明内容	備考
1	解析コードリスト（耐震・強度以外）	添付書類V-2「耐震性に関する説明書」、添付書類V-3「強度に関する説明書」以外の添付書類において使用した解析コードの補足説明	
2	解析コードリスト（耐震）	添付書類V-2「耐震性に関する説明書」において使用した解析コードの補足説明	
3	解析コードリスト（強度）	添付書類V-3「強度に関する説明書」において使用した解析コードの補足説明	
4	工事の計画*において使用された解析コードとのバージョンの差分について	今回申請において使用した解析コードのうち工事の計画*において使用された解析コードとバージョンが異なる解析コードの補足説明	
5	工事の計画*において使用実績のない解析コードリスト	今回申請において使用した解析コードのうち工事の計画*において使用実績のない解析コードの補足説明	
6	補足説明資料において使用している解析コードリスト	補足説明資料において使用した解析コードの補足説明	

\*：他プラントを含む。また、自プラントについては工事計画認可及び工事計画届出とする。

2. 解析コードリスト (耐震) (1/1)

No.	解析コード名	製造元	使用したバージョン	最新バージョン	対象設備	使用目的	使用実績 (先行プラント含む)						関連添付書類			備考		
							実績	プラント名	対象工認件名	添付書類	バージョン	対象設備	使用目的	原子力産業界 一般産業界	目録番号		分類	目録名称
45	SAP-IV	米国カリフォルニア大学	CNDYN Ver.4.1	CNDYN Ver.4.4 (注1)	使用済燃料貯蔵ラック	3次元有限要素法(シェルモデル)による固有値解析, 応力解析	○							○	V-2-4-2-2	機器・配管系	使用済燃料貯蔵ラックの耐震性についての計算書	
46	SAP-IV	米国カリフォルニア大学	CNDYN Ver.4.1	CNDYN Ver.4.4 (注1)	残留熱除去系熱交換器	3次元有限要素法(はりモデル)による固有値解析, 地震応答解析	○							○	V-2-5-4-1-1	機器・配管系	残留熱除去系熱交換器の耐震性についての計算書	
47	SAP-IV	米国カリフォルニア大学	CNDYN Ver.4.1	CNDYN Ver.4.4 (注1)	水圧制御ユニット	3次元有限要素法(はりモデル)による固有値解析, 地震応答解析	○							○	V-2-6-3-2-1	機器・配管系	制御ユニットの耐震性についての計算書	
48	SAP-IV	米国カリフォルニア大学	CNDYN Ver.4.1	CNDYN Ver.4.4 (注1)	起動領域計装	3次元有限要素法(はりモデル)による固有値解析	○							○	V-2-6-5-1	機器・配管系	起動領域計装の耐震性についての計算書	
49	SAP-IV	米国カリフォルニア大学	CNDYN Ver.4.1	CNDYN Ver.4.4 (注1)	燃料取替機	3次元有限要素法(はりモデル)による固有値解析, 地震応答解析	○							○	V-2-11-2-1	機器・配管系	燃料取替機の耐震性についての計算書	
追加	SAP-IV	米国カリフォルニア大学	CNDYN Ver.4.1	CNDYN Ver.4.4 (注1)	チャンネル着脱機	3次元有限要素法(はりモデル)による固有値解析, 地震応答解析	○							○	V-2-11-2-4	機器・配管系	チャンネル着脱機の耐震性についての計算書	
50	SAP-IV	米国カリフォルニア大学	CNDYN Ver.4.1	CNDYN Ver.4.4 (注1)	制御棒貯蔵ハンガ	3次元有限要素法(シェルモデル)による固有値解析, 応力解析	○							○	V-2-11-2-7	機器・配管系	制御棒貯蔵ハンガの耐震性についての計算書	

注1 : 最新バージョンへの改訂において, 計算結果に大きな影響を与える不具合に伴う改訂が行われていないことを確認した。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-387 改2
提出年月日	平成30年6月29日

V-5-3 計算機プログラム（解析コード）の概要・SAP-IV

## 目次

1. はじめに	1
1.1 使用状況一覧	2
2. 解析コードの概要	3
2.1 SAP-IV CNDYN Ver. 4.1	3

1. はじめに

本資料は、添付書類において使用した計算機プログラム（解析コード）SAP-IVについて説明するものである。

本解析コードを使用した添付書類を示す使用状況一覧、解析コードの概要を以降に記載する。

1.1 使用状況一覧

使用添付書類		バージョン
V-2-4-2-2	使用済燃料貯蔵ラックの耐震性についての計算書	CNDYN Ver. 4.1
V-2-5-4-1-1	残留熱除去系熱交換器の耐震性についての計算書	CNDYN Ver. 4.1
V-2-6-3-2-1	水圧制御ユニットの耐震性についての計算書	CNDYN Ver. 4.1
V-2-6-5-1	起動領域計装の耐震性についての計算書	CNDYN Ver. 4.1
V-2-11-2-1	燃料取替機の耐震性についての計算書	CNDYN Ver. 4.1
V-2-11-2-4	チャンネル着脱機の耐震性についての計算書	CNDYN Ver. 4.1
V-2-11-2-7	制御棒貯蔵ハンガの耐震性についての計算書	CNDYN Ver. 4.1
V-2-別添1-6	供給配管の耐震計算書	(統合版) Ver. 8.0 rev3
V-2-別添2-2	溢水源としない耐震B, Cクラス機器の耐震性についての計算書	(統合版) Ver. 8.0 rev3
V-2-8-3-3-1	緊急時対策所換気系ダクトの耐震性についての計算書	Ver. 1.00

## 2. 解析コードの概要

### 2.1 SAP-IV CNDYN Ver. 4.1

項目 \ コード名	SAP-IV
使用目的	3次元有限要素法（シェルモデル）による固有値解析，応力解析 3次元有限要素法（はりモデル）による固有値解析，地震応答解析
開発機関	米国カリフォルニア大学
開発時期	1973年
使用したバージョン	CNDYN Ver. 4.1
コードの概要	<p>SAP-IV（以下，「本解析コード」という。）は，任意形状の三次元モデル（主にはり要素，シェル要素）に対して，有限要素法を用いて静的解析及び動的解析を行うもので，主として，機器の固有値計算及び自重，運転時荷重及び地震力による応力計算等に用いる。</p> <p>本解析コードは，機械工学，土木工学，航空工学等の分野において，多くの実績を有している。</p>
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p><b>【検証 (Verification)】</b></p> <p>本解析コードの検証の内容は，以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・両持ちはりの単純支持円筒モデルについて，SAP-IVによる解析結果と理論解とを比較して検討し，SAP-IVによる解析結果が妥当であることを確認している。</li> <li>・平板のモデルについて，シェルモデルによる固有値解析，応力解析を行い，SAP-IVによる解析結果と理論解とを比較して検討し，SAP-IVによる解析結果が妥当であることを確認している。</li> <li>・本解析コードの運用環境について，開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。</li> </ul> <p><b>【妥当性確認 (Validation)】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・本解析コードは，機械工学，土木工学，航空工学等の分野において，多くの実績を有しており，妥当性は十分に確認されている。</li> <li>・SAP-IV CNDYN Ver. 4.1のマニュアルにより，今回の工認申請で使用する3次元有限要素法（シェルモデル）による固有値解析，応力解析及び3次元有限要素法（はりモデル）による固有値解析，地震応答解析に，本解析コードが適用できることを確認している。</li> <li>・今回の工事計画における構造に対し使用する要素，解析については，工事の計画において使用された実績がある。</li> <li>・今回の工事計画認可申請において使用するバージョンは，工事の計画において使用されているものと同じであることを確認している。</li> </ul>

本資料のうち、枠囲みの内容は、  
営業秘密又は防護上の観点から  
公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	TK-1-1300 改0
提出年月日	平成30年6月29日

## 工事計画に係る補足説明資料

補足-500-1【計算機プログラム（解析コード）の概要に係る  
補足説明資料】

平成30年6月

日本原子力発電株式会社

## 1. 概要

本資料は、今回申請における添付書類「計算機プログラム（解析コード）の概要」において説明している解析コードについて、補足して説明するものである。

## 2. 工事計画添付書類に係る補足説明資料

添付書類の記載内容を補足するための資料を以下に示す。

資料 No.	資料名	補足説明内容	備考
1	解析コードリスト（耐震・強度以外）	添付書類V-2「耐震性に関する説明書」、添付書類V-3「強度に関する説明書」以外の添付書類において使用した解析コードの補足説明	
2	解析コードリスト（耐震）	添付書類V-2「耐震性に関する説明書」において使用した解析コードの補足説明	
3	解析コードリスト（強度）	添付書類V-3「強度に関する説明書」において使用した解析コードの補足説明	
4	工事の計画*において使用された解析コードとのバージョンの差分について	今回申請において使用した解析コードのうち工事の計画*において使用された解析コードとバージョンが異なる解析コードの補足説明	
5	工事の計画*において使用実績のない解析コードリスト	今回申請において使用した解析コードのうち工事の計画*において使用実績のない解析コードの補足説明	
6	補足説明資料において使用している解析コードリスト	補足説明資料において使用した解析コードの補足説明	

\*：他プラントを含む。また、自プラントについては工事計画認可及び工事計画届出とする。

2. 解析コードリスト (耐震) (1/1)

No.	解析コード名	製造元	使用したバージョン	最新バージョン	対象設備	使用目的	使用実績 (先行プラント含む)						関連添付書類			備考		
							実績	プラント名	対象工認件名	添付書類	バージョン	対象設備	使用目的	原子力産業界 一般産業界	目録番号		分類	目録名称
79	NSAFE	株式会社日立プラントコンストラクション	NSAFE Ver.5	NSAFE Ver.5	使用済燃料プール温度 (SA)	3次元有限要素法(はりモデル)による支持構造物の固有値解析, 応力解析	○							○	V-2-4-2-4	機器・配管系	使用済燃料プール温度計(SA)の耐震性についての計算書	
80	NSAFE	株式会社日立プラントコンストラクション	NSAFE Ver.5	NSAFE Ver.5	サブプレッション・プール水温度	3次元有限要素法(はりモデル)による支持構造物の固有値解析, 応力解析	○							○	V-2-6-5-27	機器・配管系	サブプレッション・プール水温度計の耐震性についての計算書	
81	NSAFE	株式会社日立プラントコンストラクション	NSAFE Ver.5	NSAFE Ver.5	ドライウェル 雰囲気温度	3次元有限要素法(はりモデル)による支持構造物の固有値解析, 応力解析	○							○	V-2-6-5-28	機器・配管系	ドライウェル雰囲気温度計の耐震性についての計算書	
82	NSAFE	株式会社日立プラントコンストラクション	NSAFE Ver.5	NSAFE Ver.5	サブプレッション・チェンバ 雰囲気温度	3次元有限要素法(はりモデル)による支持構造物の固有値解析, 応力解析	○							○	V-2-6-5-29	機器・配管系	サブプレッション・チェンバ雰囲気温度計の耐震性についての計算書	
83	NSAFE	株式会社日立プラントコンストラクション	NSAFE Ver.5	NSAFE Ver.5	格納容器下部水温	3次元有限要素法(はりモデル)による支持構造物の固有値解析, 応力解析	○							○	V-2-6-5-34	機器・配管系	格納容器下部水温計の耐震性についての計算書	
84	NSAFE	株式会社日立プラントコンストラクション	NSAFE Ver.5	NSAFE Ver.5	格納容器下部水位	3次元有限要素法(はりモデル)による支持構造物の固有値解析, 応力解析	○							○	V-2-6-5-42	機器・配管系	格納容器下部水位計の耐震性についての計算書	
85	NSAFE	株式会社日立プラントコンストラクション	NSAFE Ver.5	NSAFE Ver.5	原子炉建屋 水素濃度	3次元有限要素法(はりモデル)による支持構造物の固有値解析, 応力解析	○							○	V-2-6-5-43	機器・配管系	原子炉建屋水素濃度計の耐震性についての計算書	
86	NSAFE	株式会社日立プラントコンストラクション	NSAFE Ver.5	NSAFE Ver.5	静的触媒式 水素再結合器動作監視装置	3次元有限要素法(はりモデル)による支持構造物の固有値解析, 応力解析	○							○	V-2-6-7-12	機器・配管系	静的触媒式水素再結合器動作監視装置の耐震性についての計算書	

4. 工事の計画において使用された解析コードとのバージョンの差分について (1/1)

No.	関連目録番号	解析コード名	製造元	使用したバージョン	対象設備	使用目的	使用実績(先行プラント含む)						バージョン差分内容
							実績	プラント名	対象工認件名	添付書類	バージョン	対象設備	
震-79	V-2-4-2-4	NSAFE	株式会社日立プラントコンストラクション	NSAFE Ver.5	使用済燃料プール温度(SA)	3次元有限要素法(はりモデル)による支持構造物の固有値解析, 応力解析	○						
震-80	V-2-6-5-27				サブプレッション・プール水温度		○						
震-81	V-2-6-5-28				ドライウェル雰囲気温度		○						
震-82	V-2-6-5-29				サブプレッション・チェンバ雰囲気温度		○						
震-83	V-2-6-5-34				格納容器下部水温		○						
震-84	V-2-6-5-42				格納容器下部水位		○						
震-85	V-2-6-5-43				原子炉建屋水素濃度		○						
震-86	V-2-6-7-12				静的触媒式水素再結合器動作監視装置		○						

本工事計画において使用するバージョンは、他プラントの既工事計画において使用されているものをSI単位化しているもので、本解析の使用範囲の結果に影響はない。

本資料のうち、枠囲みの内容は、営業秘密又は防護上の観点から公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-439 改1
提出年月日	平成30年6月29日

V-5-4 計算機プログラム（解析コード）の概要  
・H I S A P 及びN S A F E

## 目次

1. はじめに	1
1.1 使用状況一覧	2
2. 解析コードの概要	4
2.1 HISAP Ver.52	4
2.2 NSAFE Ver.5	5

1. はじめに

本資料は、添付書類において使用した計算機プログラム（解析コード）HISAP及びNSAFEについて説明するものである。

本解析コードを使用した添付書類を示す使用状況一覧、解析コードの概要を以降に記載する。

1.1 使用状況一覧

使用添付書類		バージョン
V-2-4-3-1-1	管の耐震性についての計算書	HISAP Ver. 52
V-2-4-3-2-1	管の耐震性についての計算書	HISAP Ver. 52
V-2-5-2-1-1	管の耐震性についての計算書	HISAP Ver. 52
V-2-5-3-1-3	管の耐震性についての計算書	HISAP Ver. 52
V-2-5-3-2-1	管の耐震性についての計算書	HISAP Ver. 52
V-2-5-3-3-1	管の耐震性についての計算書	HISAP Ver. 52
V-2-5-4-1-4	管の耐震性についての計算書	HISAP Ver. 52
V-2-5-4-2-1	管の耐震性についての計算書	HISAP Ver. 52
V-2-5-5-1-3	管の耐震性についての計算書	HISAP Ver. 52
V-2-5-5-2-3	管の耐震性についての計算書	HISAP Ver. 52
V-2-5-6-1-3	管の耐震性についての計算書	HISAP Ver. 52
V-2-5-7-1-3	管の耐震性についての計算書	HISAP Ver. 52
V-2-5-7-2-3	管の耐震性についての計算書	HISAP Ver. 52
V-2-5-8-1-1	管の耐震性についての計算書	HISAP Ver. 52
V-2-6-3-2-2	管の耐震性についての計算書	HISAP Ver. 52
V-2-6-4-1-3	管の耐震性についての計算書	HISAP Ver. 52
V-2-6-6-1-1	管の耐震性についての計算書	HISAP Ver. 52
V-2-6-6-2-1	管の耐震性についての計算書	HISAP Ver. 52
V-2-9-4-3-5-1	管の耐震性についての計算書	HISAP Ver. 52
V-2-9-5-1-1	管の耐震性についての計算書	HISAP Ver. 52
V-2-9-5-2-1	管の耐震性についての計算書	HISAP Ver. 52
V-2-9-5-3-1	管の耐震性についての計算書	HISAP Ver. 52
V-2-9-6-1-1	管の耐震性についての計算書	HISAP Ver. 52
V-2-9-7-1-1	管の耐震性についての計算書	HISAP Ver. 52
V-2-11-2-8	ウォータレグシールライン（残留熱除去系，高圧炉心スプレイ系及び低圧炉心スプレイ系）の耐震性についての計算書	HISAP Ver. 52
V-2-別添 2-2	溢水源としない耐震 B, C クラス機器の耐震性についての計算書	HISAP Ver. 52
V-3-4-2-1-3	管の応力計算書	HISAP Ver. 52
V-3-4-2-2-2	管の応力計算書	HISAP Ver. 52
V-3-5-1-1-2	管の応力計算書	HISAP Ver. 52
V-3-5-2-1-3	管の応力計算書	HISAP Ver. 52
V-3-5-3-1-6	管の応力計算書	HISAP Ver. 52
V-3-5-3-2-2	管の応力計算書	HISAP Ver. 52
V-3-5-4-1-5	管の応力計算書	HISAP Ver. 52
V-3-5-4-2-5	管の応力計算書	HISAP Ver. 52

使用添付書類		バージョン
V-3-5-5-1-4	管の応力計算書	HISAP Ver. 52
V-3-5-6-1-4	管の応力計算書	HISAP Ver. 52
V-3-5-6-2-4	管の応力計算書	HISAP Ver. 52
V-3-6-1-1-5	管の応力計算書	HISAP Ver. 52
V-3-6-2-1-4	管の応力計算書	HISAP Ver. 52
V-3-6-3-1-2	管の応力計算書	HISAP Ver. 52
V-3-6-3-2-3	管の応力計算書	HISAP Ver. 52
V-3-9-2-3-1-2	管の応力計算書	HISAP Ver. 52
V-3-9-2-3-2-2	管の応力計算書	HISAP Ver. 52
V-3-9-2-4-1-3	管の応力計算書	HISAP Ver. 52
V-3-9-2-5-1-2	管の応力計算書	HISAP Ver. 52
V-2-4-2-4	使用済燃料プール温度計 (SA) の耐震性についての計算書	NSAFE Ver. 5
V-2-6-5-27	サプレッション・プール水温度の耐震性についての計算書	NSAFE Ver. 5
V-2-6-5-28	ドライウェル雰囲気温度の耐震性についての計算書	NSAFE Ver. 5
V-2-6-5-29	サプレッション・チェンバ雰囲気温度の耐震性についての計算書	NSAFE Ver. 5
V-2-6-5-34	格納容器下部水温計の耐震性についての計算書	NSAFE Ver. 5
V-2-6-5-42	格納容器下部水位の耐震性についての計算書	NSAFE Ver. 5
V-2-6-5-43	原子炉建屋水素濃度の耐震性についての計算書	NSAFE Ver. 5
V-2-6-7-12	静的触媒式水素再結合器動作監視装置の耐震性についての計算書	NSAFE Ver. 5

2. 解析コードの概要

2.1 HISAP Ver. 52

<p>項目 \ コード名</p>	<p>HISAP</p>
<p>使用目的</p>	<p>3次元有限要素法（はりモデル）による管の固有値解析，応力解析</p>
<p>開発機関</p>	<p>株式会社日立製作所</p>
<p>開発時期</p>	<p>1978年</p>
<p>使用したバージョン</p>	<p>HISAP Ver. 52</p>
<p>コードの概要</p>	<p>HISAP（以下，「本解析コード」という。）は，配管の強度解析を目的として開発された，汎用構造解析コード <span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 1em; height: 1em; vertical-align: middle;"></span> をメインプログラムとし，応力評価プログラム及びそれらのインターフェイスプログラムのサブプログラムから成る <span style="color: red;">計算機プログラム</span> である。</p> <p>任意の一次元，二次元あるいは三次元形状に対し，静的解析，動的解析を行うことが可能で，反力・モーメント・応力，固有値・刺激係数等の算出が可能である。</p> <p>原子力の分野における使用実績を有している。</p>
<p>検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)</p>	<p><b>【検証 (Verification)】</b></p> <div style="border: 2px solid black; height: 150px; margin: 5px 0;"></div> <p><b>【妥当性確認 (Validation)】</b></p> <div style="border: 2px solid black; height: 150px; margin: 5px 0;"></div>

2.2 NSAFE Ver. 5

項目 \ コード名	NSAFE
使用目的	3次元有限要素法（はりモデル）による支持構造物の固有値解析，応力解析
開発機関	株式会社日立プラントコンストラクション
開発時期	1982年
使用したバージョン	NSAFE Ver. 5
コードの概要	<p>NSAFE（以下、「本解析コード」という。）は，支持構造物の強度解析を目的として開発された，汎用構造解析コード <span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 1em; height: 1em; vertical-align: middle;"></span> をメインプログラムとし，応力評価プログラム及びそれらのインターフェイスプログラムのサブプログラムから成る計算機プログラムである。</p> <p>任意の一次元，二次元あるいは三次元形状に対し，静的解析，動的解析を行うことが可能で，反力・モーメント・応力，固有値・刺激係数等の算出が可能である。</p> <p>原子力の分野における使用実績を有している。</p>
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p style="text-align: center;"><b>【検証 (Verification)】</b></p> <div style="border: 2px solid black; height: 200px; width: 100%;"></div>
	<p style="text-align: center;"><b>【妥当性確認 (Validation)】</b></p> <div style="border: 2px solid black; height: 150px; width: 100%;"></div>

本資料のうち、枠囲みの内容は、  
営業秘密又は防護上の観点から  
公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-828 改0
提出年月日	平成30年6月29日

#### V-2-4-2-4 使用済燃料プール温度（S A）の

#### 耐震性についての計算書

## 目次

1.	概要	1
2.	一般事項	1
2.1	構造計画	1
2.2	評価方針	3
2.3	適用基準	3
2.4	記号の説明	4
2.5	計算精度と数値の丸め方	5
3.	評価部位	6
4.	固有周期	6
4.1	固有周期の計算方法	6
5.	構造強度評価	6
5.1	構造強度評価方法	6
5.1.1	計算条件	6
5.1.2	設計条件	6
5.2	荷重の組合せ及び許容応力	3
5.2.1	荷重の組合せ及び許容応力状態	6
5.2.2	許容応力	6
5.2.3	使用材料の許容応力	6
5.3	応力の計算方法	10
5.3.1	使用済燃料プール温度（S A）架構の応力	10
5.3.2	使用済燃料プール温度（S A）架構基礎ボルトの応力	12
5.4	応力の評価	13
5.4.1	固有周期の評価	13
5.4.2	使用済燃料プール温度（S A）架構の応力評価	13
5.4.3	使用済燃料プール温度（S A）架構基礎ボルトの応力評価	13
6.	機能維持評価	13
6.1	電氣的機能維持評価方法	13
7.	評価結果	14
7.1	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、使用済燃料プール温度（SA）が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

使用済燃料プール温度（SA）は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての電氣的機能維持評価を示す。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

使用済燃料プール温度（SA）の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、架構に固定された保護管に収納されている。                      架構は床に基礎ボルトで固定されている。</p>	<p>測温抵抗体</p>	

## 2.2 評価方針

使用済燃料プール温度（S A）の応力評価は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針 3.1 構造強度上の制限」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示す使用済燃料プール温度（S A）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」で測定した固有振動数に基づく応力等が許容限界内に収まることを、「5. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、使用済燃料プール温度（S A）の機能維持評価は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針 4.2 電氣的機能維持」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを、「6. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「7. 評価結果」に示す。

使用済燃料プール温度（S A）の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

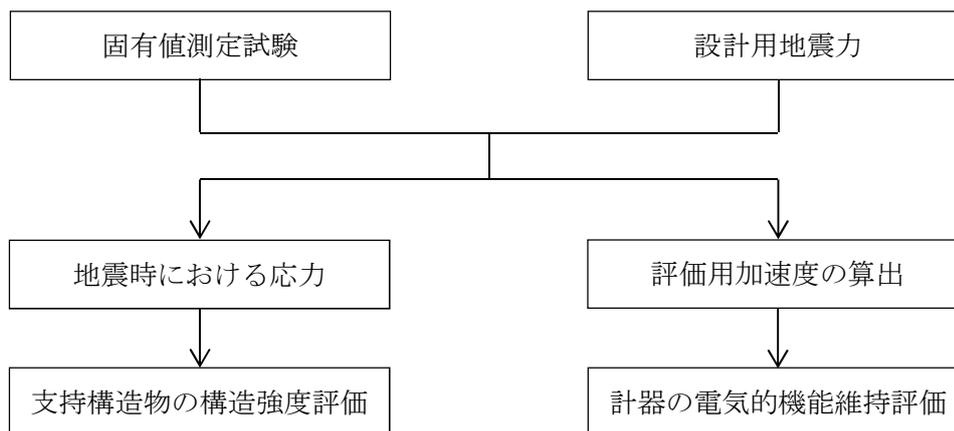


図 2-1 使用済燃料プール温度（S A）の耐震評価フロー

## 2.3 適用基準

適用基準を以下に示す。

- (1) 本計算書における計算方法は、原子力発電所耐震設計技術指針（重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補-1984 及び J E A G 4 6 0 1 -1987）（日本電気協会 電気技術基準調査委員会 昭和 59 年 9 月及び昭和 62 年 8 月）に準拠して評価する

## 2.4 記号の説明

記号	表示内容	単位
d	使用済燃料プール温度(SA)基礎ボルトの呼び径	mm
$A_b$	使用済燃料プール温度(SA)基礎ボルトの軸断面積	mm <sup>2</sup>
n	使用済燃料プール温度(SA)の後打ち金物1枚当たりの基礎ボルトの本数	—
$S_y$	設計・建設規格*1 付録材料図表 Part5 表 8 に定める値	MPa
$S_u$	設計・建設規格*1 付録材料図表 Part5 表 9 に定める値	MPa
$F^*$	設計・建設規格*1 SSB-3131 又は SSB-3133 に定める値	MPa
$F_x$	個別解析にて求められた後打ち金物の X 軸方向に作用する力	N
$F_y$	個別解析にて求められた後打ち金物の Y 軸方向に作用する力	N
$F_z$	個別解析にて求められた後打ち金物の Z 軸方向に作用する力	N
N	使用済燃料プール温度(SA)の基礎ボルトに作用する引張力 (1 本当たり)	N
Q	使用済燃料プール温度(SA)の基礎ボルトに作用するせん断力(1 本当たり)	N
$\sigma_b$	使用済燃料プール温度(SA)の基礎ボルトに生じる引張応力	MPa
$\tau$	使用済燃料プール温度(SA)の基礎ボルトに生じるせん断応力	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
$g$	重力加速度 (=9.80665)	m/s <sup>2</sup>
$\pi$	円周率	—

\*1 : 「設計・建設規格」とは、発電用原子力設備規格 (設計・建設規格 (2005 年版 (2007 年追補版を含む。)) J S M E S N C 1 -2005/2007) (日本機械学会 2007 年 9 月) をいう。

## 2.5 計算精度と数値の丸め方

計算の精度は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
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*1	kg	—	—	整数位
長さ*1	mm	—	—	整数位
面積	mm <sup>2</sup>	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*3
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*3
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

注記\*1 : 設計上定める値が小数点以下の場合は、小数点以下表示とする。

\*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降伏点及び引張強さは比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨て、整数位までの値とする。

\*3 : 絶対値が1000以上のときは、べき数表示とする。

### 3. 評価部位

使用済燃料プール温度（S A）の耐震評価は、「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる架構及び基礎ボルトについて実施する。

使用済燃料プール温度（S A）の耐震評価部位については、表 2-1 の概略構造図に示す。

### 4. 固有周期

#### 4.1 固有周期の計算方法

使用済燃料プール温度（S A）架構の固有周期は、解析モデルにより確認する。

### 5. 構造強度評価

#### 5.1 構造強度評価方法

##### 5.1.1 計算条件

- (1) 使用済燃料プール温度（S A）架構の応力評価は、計算機プログラムを使用し、図-1 に示す解析モデル図で最大応力を算出する。
- (2) 地震力は、水平方向及び鉛直方向から同時に作用するものとする。

##### 5.1.2 設計条件

- (1) 使用済燃料プール温度（S A）の設計荷重（重大事故対処設備）

- (a) 圧力及び温度
 

最高使用圧力	—
最高使用温度	—
周囲環境温度	100℃
- (b) 死荷重
 

運転時質量	241Kg
-------	-------
- (c) 機械的荷重
 

なし	
----	--

#### 5.2 荷重の組合せ及び許容応力

##### 5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

使用済燃料プール温度（S A）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-1 に示す。

##### 5.2.2 許容応力

使用済燃料プール温度（S A）の許容応力を表 3-2 及び表 3-3 に示す。

##### 5.2.3 使用材料の許容応力

使用済燃料プール温度（S A）の使用材料の許容応力のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-4 に示す。

表 3-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	供用状態
核燃料物質の 取扱施設及び 貯蔵施設	使用済燃料貯蔵 設備	使用済燃料プール 温度（S A）	常設／防止 常設／緩和	—*2	D + S s	IV <sub>A</sub> S
						V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> Sとして, IV <sub>A</sub> S の許容限界を用いる。)

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

記号説明

D : 死荷重

S s : 基準地震動 S s により定まる地震力

表 3-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1				
	一次応力				
	引張	せん断	圧縮	曲げ	組合せ
IV <sub>A</sub> S	1.5・f <sub>t</sub> * **2	1.5・f <sub>s</sub> * **2	1.5・f <sub>c</sub> * **2	1.5・f <sub>b</sub> * **2	1.5・f <sub>t</sub> * **2
V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> Sとして、IV <sub>A</sub> S の許容限界を用いる。)					

表 3-3 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

\*2 : その他の支持構造物においてはS<sub>y</sub>を1.2・S<sub>y</sub>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 3-4 使用材料の許容応力評価条件（重大事故対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (RT) (MPa)
架構	<input type="text"/>	周囲環境温度	<input type="text"/>	171	441	205
基礎ボルト	<input type="text"/>	周囲環境温度	<input type="text"/>	171	441	205

### 5.3 応力の計算方法

#### 5.3.1 使用済燃料プール温度（S A）架構の応力

使用済燃料プール温度（S A）架構の応力は，図-1 に示す検出器サポート架構の解析モデル図で最大応力を算出する。

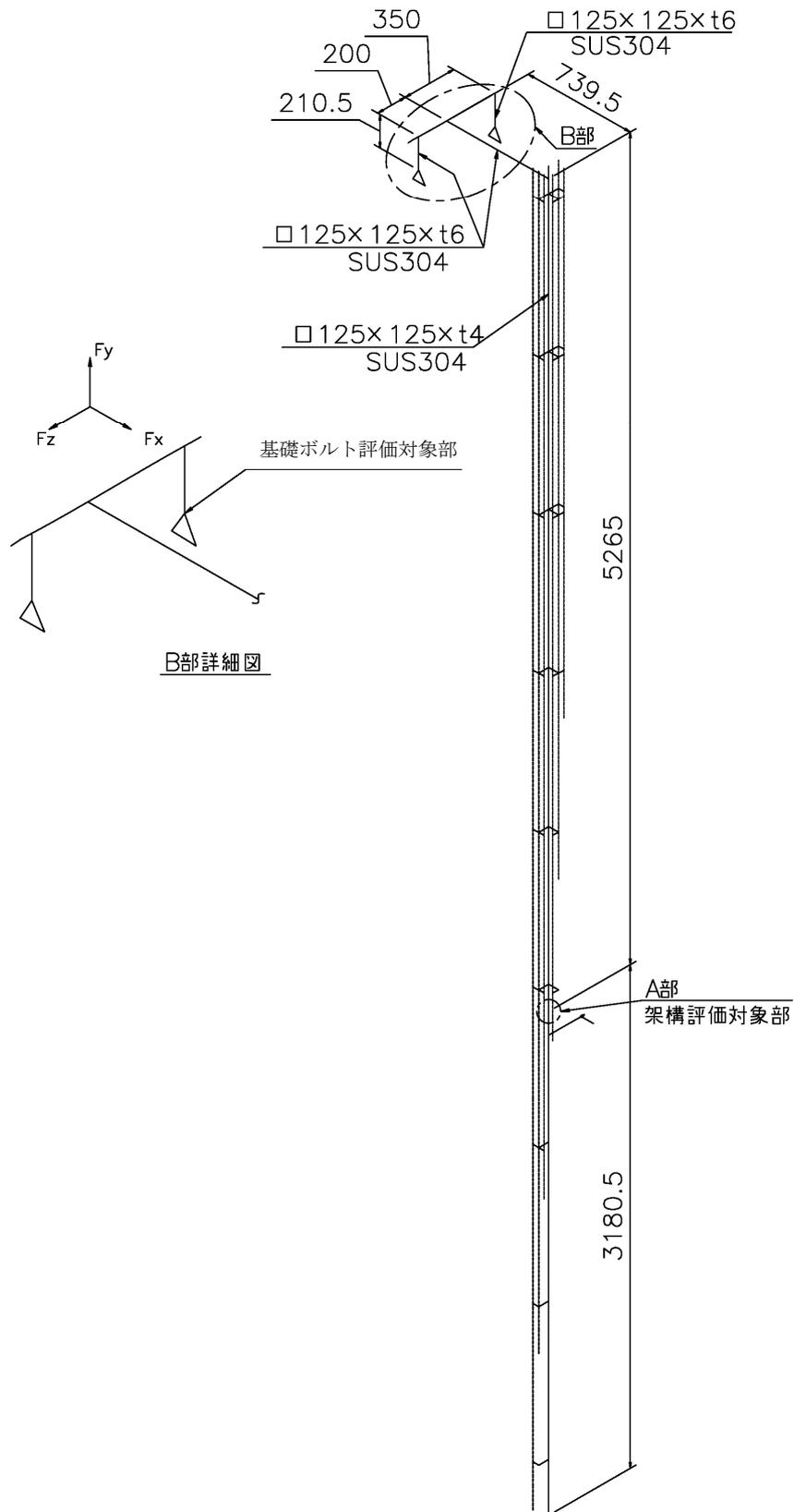


図-1 検出器サポート架構の解析モデル図

### 5.3.2 使用済燃料プール温度（S A）架構基礎ボルトの応力

使用済燃料プール温度（S A）架構基礎ボルトの応力は、地震による引張力とせん断力について計算する。

#### (1) 引張応力

使用済燃料プール温度（S A）架構据付ボルトに対する引張力は、図-1 で使用済燃料プール温度（S A）架構の後打ち金物 1 枚当たりのボルト本数で受けるものとして計算する。

##### a. 引張力

$$N = \frac{F_y}{n} \quad \dots\dots\dots (3.5.2.1)$$

##### b. 引張応力

$$\sigma_b = \frac{N}{A_b} \quad \dots\dots\dots (3.5.2.2)$$

ここで、

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \quad \dots\dots\dots (3.5.2.3)$$

#### (2) せん断応力

使用済燃料プール温度（S A）架構基礎ボルトに対するせん断力は、使用済燃料プール温度（S A）架構の後打ち金物 1 枚当たりのボルト本数で受けるものとして計算する。

##### a. せん断力

$$Q = \frac{\sqrt{F_x^2 + F_z^2}}{n} \quad \dots\dots\dots (3.5.2.4)$$

##### b. せん断応力

$$\tau = \frac{Q}{A_b} \quad \dots\dots\dots (3.5.2.5)$$

5.4 応力の評価

5.4.1 固有周期の評価

解析モデルにより，固有周期が 0.23 秒であることを確認している。

5.4.2 使用済燃料プール温度（S A）架構の応力評価

使用済燃料プール温度（S A）架構の発生応力は，表 3-2 以下であること。

5.4.3 使用済燃料プール温度（S A）架構基礎ボルトの応力評価

基礎ボルトの引張応力  $\sigma_b$  は，下記 2 式より求めた許容引張応力  $f_{ts}$  以下であること。  
せん断応力  $\tau$  は，せん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力  $f_{sb}$  以下であること。

$$f_{ts} = 2.1f_{to} - 1.6\tau \quad \dots\dots\dots (4.3.1)$$

かつ，

$$f_{ts} \leq f_{to} \quad \dots\dots\dots (4.3.2)$$

ただし， $f_{to}$ ， $f_{sb}$  は下表による。

	計算式
許容引張応力 $f_{to}$	$\frac{F^*}{2}$
許容せん断応力 $f_{sb}$	$\frac{F^*}{1.5\sqrt{3}}$

6. 機能維持評価

6.1 電氣的機能維持評価方法

使用済燃料プール温度（S A）の電氣的機能維持評価について以下に示す。

なお，評価用加速度は「V-2-17 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

使用済燃料プール温度（S A）は地震時電氣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 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (単位：×9.8 m/s<sup>2</sup>)

評価部位	方向	機能確認済加速度
使用済燃料プール温度 (S A)	水平	□
	鉛直	

## 7. 評価結果

### 7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

使用済燃料プール温度 (S A) の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

[使用済燃料プール温度 (S A) の耐震性についての計算結果]

1. 重大事故等対処施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震設計上の重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
				水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向加速度	鉛直方向加速度	
使用済燃料プール温度 (S A)	(S <sub>s</sub> 機能維持)	原子炉建屋 [ ]	[ ]	—	—	7.87	7.25	[ ]

注記 \*1 : 基準床レベルを示す

\*2 : 固有周期は解析モデルにより確認済

1.2 機器要目

1.2.1 使用済燃料プール温度 (S A)

部材	m (kg)	d (mm)	A <sub>b</sub> (mm <sup>2</sup> )	n (-)	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (RT) (MPa)	F* (MPa)
								基準地震動 S <sub>s</sub>
使用済燃料プール温度 (S A)	[ ]				171	441	205	205

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位:N)

部材	N		Q	
	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
基礎ボルト	—	$1.855 \times 10^3$	—	$1.299 \times 10^3$

1.4 結論

1.4.1 架構の応力

(単位:MPa)

強度部材 名称	引張応力		圧縮応力		圧縮引張応力		せん断応力		曲げ応力		組合せ応力	
	発生 応力	許容 応力										
架構	—	—	11	42	—	—	14	118	134	205	149	205

すべて許容応力以下である。

1.4.2 ボルトの応力

(単位:MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	□	引張り	—	—	$\sigma_b = 24$	$1.5f_{ts} = 123$
		せん断	—	—	$\tau = 17$	$1.5f_{sb} = 94$

すべて許容応力以下である。

## 1.4.3 電氣的機能の評価結果

(単位： $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )

		評価用加速度	機能確認済加速度
使用済燃料プール 温度 (S A)	水平方向	7.87	
	鉛直方向	7.25	

評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

本資料のうち、枠囲みの内容は、  
営業秘密又は防護上の観点から  
公開できません

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-649 改0
提出年月日	平成30年6月29日

### V-2-6-5-3 主蒸気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. 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
4. 機能維持評価	6
4.1 電氣的機能維持評価方法	6
5. 評価結果	7
5.1 設計基準対象施設としての評価結果	7

## 1. 概要

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

主蒸気流量は、設計基準対象施設においては既設の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、構造強度評価については、取付ボルトに作用する応力の裕度（許容値／発生値の小さい方）が厳しい条件となるものを代表して評価する。

表 1-1 概略構造識別

評価部位	評価方法	構造計画
DPT-E31-N086A (代表)	V-2-1-14-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針	表 2-1 構造計画
DPT-E31-N087A (代表)		
DPT-E31-N088A (代表)		
DPT-E31-N089A (代表)		
DPT-E31-N086B		
DPT-E31-N087B		
DPT-E31-N088B		
DPT-E31-N089B		
DPT-E31-N086C		
DPT-E31-N087C		
DPT-E31-N088C		
DPT-E31-N089C		
DPT-E31-N086D		
DPT-E31-N087D		
DPT-E31-N088D		
DPT-E31-N089D		

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

主蒸気流量の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより計装ラックに取付けられた取付板に固定される。</p> <p>計装ラックは、基礎に埋め込まれた埋込金物に固定したチャンネルベースに取付ボルトで設置する。</p>	<p>検出器</p>	<p>【H22-P015 (DPT-E31-N086A, DPT-E31-N087A, DPT-E31-N088A, DPT-E31-N089A)】</p>

### 3. 構造強度評価

#### 3.1 構造強度評価方法

主蒸気流量の構造は直立形計装ラックのため、構造強度評価は、「V-2-1-14-8 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評価する。

#### 3.2 荷重の組合せ及び許容応力

##### 3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

主蒸気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 3-1 に示す。

##### 3.2.2 許容応力

主蒸気流量の許容応力を表 3-2 に示す。

##### 3.2.3 使用材料の許容応力評価条件

主蒸気流量の使用材料の許容応力評価条件を表 3-3 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	耐震設計上の 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	主蒸気流量	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ <sub>A</sub> S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ <sub>A</sub> S

注記 \* : その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

表 3-2 許容応力（その他の支持構造物）

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

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

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

表 3-3 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (RT) (MPa)
取付ボルト		周囲環境温度		235	400	—

#### 4. 機能維持評価

##### 4.1 電氣的機能維持評価方法

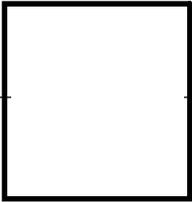
主蒸気流量の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

電氣的機能維持評価は、「V-2-1-14-8 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評価する。

主蒸気流量の機能確認済加速度には、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 機能確認済加速度 (×9.8 m/s<sup>2</sup>)

評価部位	方向	機能確認済加速度
主蒸気流量 (DPT-E31-N086A, DPT-E31-N087A, DPT-E31-N088A, DPT-E31-N089A)	水平	
	鉛直	

## 5. 評価結果

### 5.1 設計基準対象施設としての評価結果

主蒸気流量の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【主蒸気流量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	耐震設計上の重要度分類	据付場所及び床面高さ(m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$		周囲環境温度(°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
主蒸気流量	S	原子炉建屋			$C_H=0.69$	$C_V=0.53$	$C_H=1.13$	$C_V=0.99$	

注記 \* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 主蒸気流量

部材	$m_i$ (kg)	$h_i$ (mm)	$l_{1i}^*$ (mm)	$l_{2i}^*$ (mm)	$A_{bi}$ (mm <sup>2</sup> )	$n_i$	$n_{fi}^*$
取付ボルト (i=2)							2
							2

部材	$S_{yi}$ (MPa)	$S_{ui}$ (MPa)	$F_i$ (MPa)	$F_i^*$ (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
取付ボルト (i=2)	235	400	235	280	長辺方向	長辺方向

注記 \* : 各ボルトにおける上段は弾性設計用地震動  $S_d$  又は静的震度に対する評価時の要目を示し、  
下段は基準地震動  $S_s$  に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F <sub>bi</sub>		Q <sub>bi</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i=2)				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)		引張り	σ <sub>b2</sub> =9	f <sub>ts2</sub> =176*	σ <sub>b2</sub> =18	f <sub>ts2</sub> =210*
		せん断	τ <sub>b2</sub> =3	f <sub>sb2</sub> =135	τ <sub>b2</sub> =4	f <sub>sb2</sub> =161

すべて許容応力以下である。

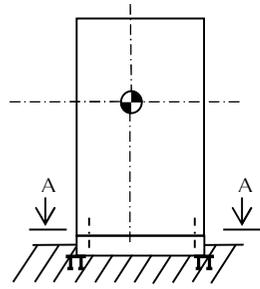
注記 \* : f<sub>ts</sub> = Min[1.4 · f<sub>to</sub> - 1.6 · τ<sub>b</sub>, f<sub>to</sub>]より算出

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

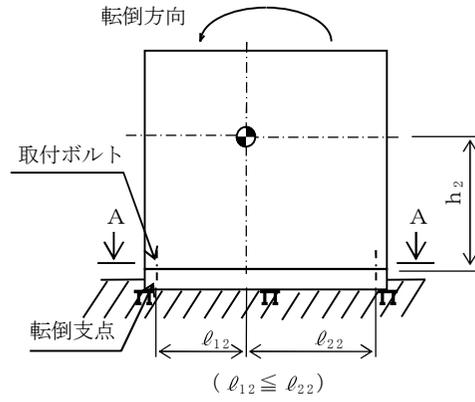
(単位：×9.8 m/s<sup>2</sup>)

		評価用加速度	機能確認済加速度
主蒸気流量	水平方向	0.95	
	鉛直方向	0.83	

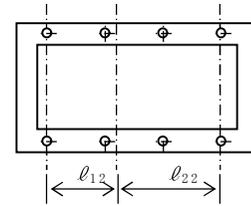
評価用加速度 (1.0ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



【短辺方向】



【長辺方向】



A~A矢视图

本資料のうち、枠囲みの内容は、  
営業秘密又は防護上の観点から  
公開できません

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-709 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-6-5-5 高圧代替注水系系統流量の耐震性についての計算書

## 目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 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
4. 機能維持評価	6
4.1 電氣的機能維持評価方法	6
5. 評価結果	7
5.1 重大事故等対処設備としての評価結果	7

## 1. 概要

本計算書は、「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、高圧代替注水系系統流量が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

高圧代替注水系系統流量は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

高圧代替注水系系統流量の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより計器ステーションに固定される。</p> <p>計器ステーションは、基礎に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>検出器</p>	<p>正面</p> <p>側面</p> <p>検出器</p> <p>計器ステーション</p> <p>計器取付ボルト</p> <p>基礎ボルト (ケミカルアンカ)</p> <p>(正面方向)</p> <p>(側面方向)</p>

### 3. 構造強度評価

#### 3.1 構造強度評価方法

高圧代替注水系系統流量の構造は壁掛形計器スタンションであるため、構造強度評価は、「V-2-1-14-9 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評価する。

#### 3.2 荷重の組合せ及び許容応力

##### 3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

高圧代替注水系系統流量の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-1 に示す。

##### 3.2.2 許容応力

高圧代替注水系系統流量の許容応力を表 3-2 に示す。

##### 3.2.3 使用材料の許容応力評価条件

高圧代替注水系系統流量の使用材料の許容応力評価条件のうち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-3 に示す。

表 3-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	高圧代替注水系系統流量	常設耐震／防止 常設／緩和	— *2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	$IV_A S$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	$V_A S$ ( $V_A S$ として $IV_A S$ の許容限 界を用いる。)

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

\*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 3-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 3-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
基礎ボルト		周囲環境温度		234	385	—

#### 4. 機能維持評価

##### 4.1 電氣的機能維持評価方法

高圧代替注水系系統流量の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

電氣的機能維持評価は、「V-2-1-14-9 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評価する。

高圧代替注水系系統流量に設置される検出器の機能確認済加速度には、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 機能確認済加速度 (×9.8 m/s<sup>2</sup>)

評価部位	方向	機能確認済加速度
高圧代替注水系系統流量 (FT-SA13-N006)	水平	
	鉛直	

## 5. 評価結果

### 5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

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

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次ページ以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次ページ以降の表に示す。

【高圧代替注水系系統流量の耐震性についての評価結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
高圧代替注水系系統 流量	常設耐震／防止 常設／緩和	原子炉建屋 □	□		—	—	$C_H=0.96$	$C_V=0.92$	□

注記 \*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 壁掛形の計器スタンションなので、設置床上階の設計用地震力を使用する。

1.2 機器要目

1.2.1 高圧代替注水系系統流量 (FT-SA13-N006)

部材	m (kg)	$h_2$ (mm)	$l_3$ (mm)	$l_a$ (mm)	$l_b$ (mm)	$A_b$ (mm <sup>2</sup> )	n	$n_{RV}$	$n_{RH}$
基礎ボルト	□							2	2

部材	$S_y$ (MPa)	$S_u$ (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
基礎ボルト	234	385	—	270	—	正面方向

1.3 計算結果

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位: N)

部材	$F_b$		$Q_b$	
	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
基礎ボルト	□			

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト		引張り	—	—	$\sigma_b=4$	$f_{ts}=162^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=1$	$f_{sb}=124$

すべて許容応力以下である。

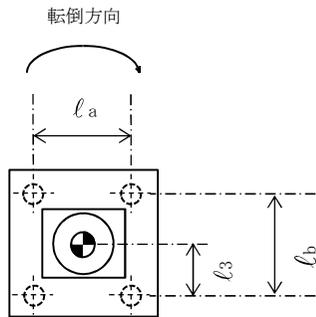
注記\*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$ より算出

1.4.2 電気的機能の評価結果

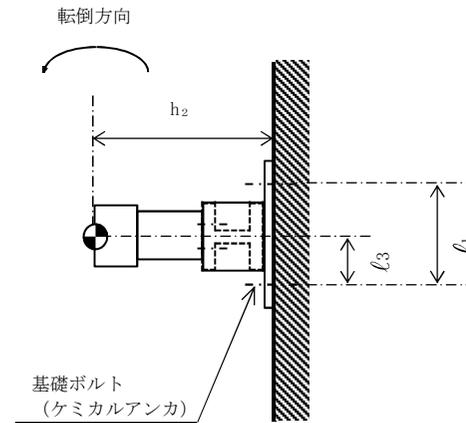
(単位： $\times 9.8\text{m/s}^2$ )

		評価用加速度	機能確認済加速度
高圧代替注水系系統流量 (FT-SA13-N006)	水平方向	0.80	
	鉛直方向	0.77	

評価用加速度 (1.0ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



(正面方向)



(側面方向)

本資料のうち、枠囲みの内容は、営業秘密又は防護上の観点から公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-791 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-6-5-11 代替循環冷却系ポンプ入口温度の耐震性についての  
計算書

## 目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用基準	3
3. 評価部位	3
4. 機能維持評価	4
4.1 電気の機能維持評価方法	4
4.2 加振試験	5

## 1. 概要

本計算書は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している機能維持の設計方針に基づき、代替循環冷却系ポンプ入口温度が設計用地震力に対して十分な電氣的機能を有していることを説明するものである。

代替循環冷却系ポンプ入口温度は、重大事故等対処設備においては常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての電氣的機能維持評価を示す。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

代替循環冷却系ポンプ入口温度の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、代替循環冷却系管に溶接された保護管に固定する。</p>	<p>熱電対</p>	

## 2.2 評価方針

代替循環冷却系ポンプ入口温度の機能維持評価は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針 4.2 電氣的機能維持」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを、「4. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することを実施する。確認結果を「5. 評価結果」に示す。

代替循環冷却系ポンプ入口温度の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

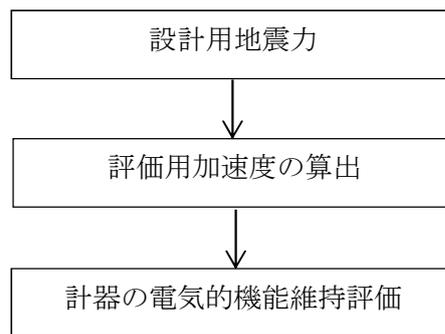


図 2-1 代替循環冷却系ポンプ入口温度の耐震評価フロー

## 2.3 適用基準

本計算書においては、原子力発電所耐震設計技術指針（重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1・補-1984, J E A G 4 6 0 1-1987 及び J E A G 4 6 0 1-1991 追補版）（日本電気協会 電気技術基準調査委員会 昭和 59 年 9 月, 昭和 62 年 8 月及び平成 3 年 6 月）に準拠して評価する。

## 3. 評価部位

代替循環冷却系ポンプ入口温度は、代替循環冷却系管に直接取り付けられた保護管に挿入され固定されることから、代替循環冷却系管が支持している。代替循環冷却系管の構造強度評価は「V-2-5-5-6-2 管の耐震性についての計算書」にて実施しているため、本計算書では、代替循環冷却系管の地震応答解析結果を用いた代替循環冷却系ポンプ入口温度の電氣的機能維持評価について示す。

代替循環冷却系ポンプ入口温度の機能維持評価は、検出器取付位置の加速度により実施する。代替循環冷却系ポンプ入口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. 機能維持評価

##### 4.1 電氣的機能維持評価方法

代替循環冷却系ポンプ入口温度の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

代替循環冷却系ポンプ入口温度は代替循環冷却系管に直接取り付けられた保護管に挿入されることから、評価用加速度は、「V-2-5-5-6-2 管の耐震性についての計算書」に示す重大事故等対処設備の地震応答解析で評価した代替循環冷却系ポンプ入口温度取付部の質点に生じる加速度とし、評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを確認する。機能確認済加速度には、検出器単体の加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。機能確認済加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

評価部位	方向	機能確認済加速度
代替循環冷却系 ポンプ入口温度	水平	
代替循環冷却系 ポンプ入口温度	鉛直	

## 4.2 加振試験

### 4.2.1 基本事項

代替循環冷却系ポンプ入口温度について実際の設置状態を模擬して加振試験を行い、基準地震動 $S_s$ による地震力に対して要求される機能が維持されることを確認する。

### 4.2.2 設計用地震力

表4-2 評価用加速度を上回る加速度で加振を行う。

- ・加振波：正弦波
- ・加振方向：水平2方向（X, Y），鉛直方向（Z）

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

対象機器設置個所	加振方向	評価用加速度
原子炉建屋  (TE-SA17-N001A)	水平	0.96
	鉛直	0.92
原子炉建屋  (TE-SA17-N001A)	水平	0.96
	鉛直	0.92

## 5. 評価結果

### 5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

代替循環冷却系ポンプ入口温度の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。評価用加速度は機能確認済加速度以下であり、設計用地震力に対して電氣的機能が維持されていることを確認した。

#### (1) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【代替循環冷却系ポンプ入口温度の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 電氣的機能の評価結果

(×9.8 m/s<sup>2</sup>)

		評価用加速度	機能確認済加速度
代替循環冷却系ポンプ入口温度 (TE-SA17-N001A)	水平方向	0.96	
	鉛直方向	0.92	
代替循環冷却系ポンプ入口温度 (TE-SA17-N001B)	水平方向	0.96	
	鉛直方向	0.92	

評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

本資料のうち、枠囲みの内容は、営業秘密又は防護上の観点から公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-798 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-6-5-12 残留熱除去系熱交換器入口温度の耐震性についての計算書

## 目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用基準	3
3. 評価部位	3
4. 機能維持評価	4
4.1 電氣的機能維持評価方法	4
4.2 加振試験	5
5. 評価結果	6
5.1 重大事故等対処設備としての評価結果	6

## 1. 概要

本計算書は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している機能維持の設計方針に基づき、残留熱除去系熱交換器入口温度が設計用地震力に対して十分な電氣的機能を有していることを説明するものである。

残留熱除去系熱交換器入口温度は、設計基準対象施設においてはCクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての電氣的機能維持評価を示す。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

残留熱除去系熱交換器入口温度の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、残留熱除去系管に溶接された保護管に固定する。</p>	<p>熱電対</p>	

## 2.2 評価方針

残留熱除去系熱交換器入口温度の機能維持評価は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針 4.2 電氣的機能維持」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを、「4. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5. 評価結果」に示す。

残留熱除去系熱交換器入口温度の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

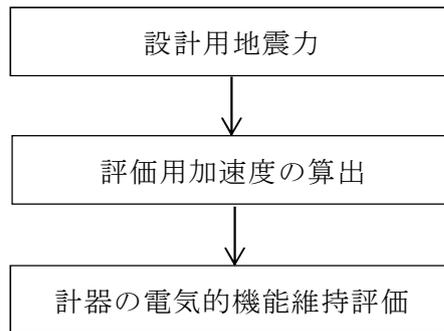


図 2-1 残留熱除去系熱交換器入口温度の耐震評価フロー

## 2.3 適用基準

本計算書においては、原子力発電所耐震設計技術指針（重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1・補-1984, J E A G 4 6 0 1-1987 及び J E A G 4 6 0 1-1991 追補版）（日本電気協会 電気技術基準調査委員会 昭和 59 年 9 月, 昭和 62 年 8 月及び平成 3 年 6 月）に準拠して評価する。

## 3. 評価部位

残留熱除去系熱交換器入口温度は、残留熱除去系管に直接取り付けられた保護管に挿入され固定されることから、残留熱除去系管が支持している。残留熱除去系管の構造強度評価は「V-2-5-4-1-4 管の耐震性についての計算書」にて実施しているため、本計算書では、残留熱除去系管の地震応答解析結果を用いた残留熱除去系熱交換器入口温度の電氣的機能維持評価について示す。

残留熱除去系熱交換器入口温度の機能維持評価は、検出器取付位置の加速度により実施する。残留熱除去系熱交換器入口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. 機能維持評価

##### 4.1 電氣的機能維持評価方法

残留熱除去系熱交換器入口温度の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

残留熱除去系熱交換器入口温度は残留熱除去系管に直接取り付けられた保護管に挿入されることから、評価用加速度は、「V-2-5-4-1-4 管の耐震性についての計算書」に示す重大事故等対処設備の地震応答解析で評価した残留熱除去系熱交換器入口温度取付部の質点に生じる加速度とし、評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを確認する。機能確認済加速度には、検出器単体の加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。機能確認済加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 機能確認済加速度 ( $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )

評価部位	方向	機能確認済加速度
残留熱除去系 熱交換器入口温度	水平	
	鉛直	

## 4.2 加振試験

### 4.2.1 基本事項

残留熱除去系熱交換器入口温度について実際の設置状態を模擬して加振試験を行い、基準地震動  $S_s$  による地震力に対して要求される機能が維持されることを確認する。

### 4.2.2 設計用地震力

表 4-2 評価用加速度を上回る加速度で加振を行う。

- ・加振波 : 正弦波
- ・加振方向 : 水平 2 方向 (X, Y) , 垂直方向 (Z)

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

対象機器設置個所	加振方向	評価用加速度
原子炉建屋 <input type="checkbox"/>	水平	1.13
	鉛直	0.99

## 5. 評価結果

### 5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

残留熱除去系熱交換器入口温度の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。評価用加速度は機能確認済加速度以下であり、設計用地震力に対して電氣的機能が維持されていることを確認した。

#### (1) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【残留熱除去系熱交換器入口温度の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 電氣的機能の評価結果

		(×9.8 m/s <sup>2</sup> )	
		評価用加速度	機能確認済加速度
残留熱除去系熱交換器入口温度	水平方向	1.13	
	鉛直方向	0.99	

評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

本資料のうち、枠囲みの内容は、営業秘密又は防護上の観点から公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番	工認-795 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-6-5-13 残留熱除去系熱交換器出口温度の耐震性についての計算書

## 目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用基準	3
3. 評価部位	3
4. 機能維持評価	4
4.1 電氣的機能維持評価方法	4
4.2 加振試験	5
5. 評価結果	6
5.1 重大事故等対処設備としての評価結果	6

## 1. 概要

本計算書は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している機能維持の設計方針に基づき、残留熱除去系熱交換器出口温度が設計用地震力に対して十分な電氣的機能を有していることを説明するものである。

残留熱除去系熱交換器出口温度は、設計基準対象施設においてはCクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての電氣的機能維持評価を示す。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

残留熱除去系熱交換器出口温度の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、残留熱除去系管に溶接された保護管に固定する。</p>	<p>熱電対</p>	

## 2.2 評価方針

残留熱除去系熱交換器出口温度の機能維持評価は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針 4.2 電氣的機能維持」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを、「4. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。

残留熱除去系熱交換器出口温度の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

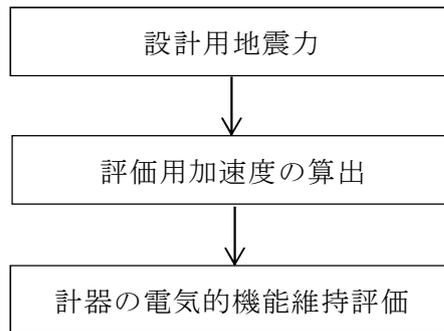


図 2-1 残留熱除去系熱交換器出口温度の耐震評価フロー

## 2.3 適用基準

本計算書においては、原子力発電所耐震設計技術指針（重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1・補-1984, J E A G 4 6 0 1-1987 及び J E A G 4 6 0 1-1991 追補版）（日本電気協会 電気技術基準調査委員会 昭和 59 年 9 月, 昭和 62 年 8 月及び平成 3 年 6 月）に準拠して評価する。

## 3. 評価部位

残留熱除去系熱交換器出口温度は、残留熱除去系管に直接取り付けられた保護管に挿入され固定されることから、残留熱除去系管が支持している。残留熱除去系管の構造強度評価は「V-2-5-4-1-4 管の耐震性についての計算書」にて実施しているため、本計算書では、残留熱除去系管の地震応答解析結果を用いた残留熱除去系熱交換器出口温度の電氣的機能維持評価について示す。

残留熱除去系熱交換器出口温度の機能維持評価は、検出器取付位置の加速度により実施する。残留熱除去系熱交換器出口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。

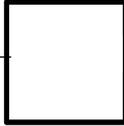
#### 4. 機能維持評価

##### 4.1 電氣的機能維持評価方法

残留熱除去系熱交換器出口温度の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

残留熱除去系熱交換器出口温度は残留熱除去系管に直接取り付けられた保護管に挿入されることから、評価用加速度は、「V-2-5-4-1-4 管の耐震性についての計算書」に示す重大事故等対処設備の地震応答解析で評価した残留熱除去系熱交換器出口温度取付部の質点に生じる加速度とし、評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを確認する。機能確認済加速度には、検出器単体の加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。機能確認済加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 機能確認済加速度 (×9.8 m/s<sup>2</sup>)

評価部位	方向	機能確認済加速度
残留熱除去系 熱交換器出口温度	水平	
	鉛直	

## 4.2 加振試験

### 4.2.1 基本事項

残留熱除去系熱交換器出口温度について実際の設置状態を模擬して加振試験を行い、基準地震動  $S_s$  による地震力に対して要求される機能が維持されることを確認する。

### 4.2.2 設計用地震力

表 4-2 評価用加速度を上回る加速度で加振を行う。

- ・加振波 : 正弦波
- ・加振方向 : 水平 2 方向 (X, Y) , 垂直方向 (Z)

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

対象機器設置個所	加振方向	評価用加速度
原子炉建屋 <input type="text"/>	水平	1.10
	鉛直	0.96

## 5. 評価結果

### 5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

残留熱除去系熱交換器出口温度の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。評価用加速度は機能確認済加速度以下であり、設計用地震力に対して電氣的機能が維持されていることを確認した。

#### (1) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【残留熱除去系熱交換器出口温度の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 電氣的機能の評価結果

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

		評価用加速度	機能確認済加速度
残留熱除去系熱交換器出口温度	水平方向	1.10	<input type="checkbox"/>
	鉛直方向	0.96	

評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

本資料のうち、枠囲みの内容は、  
営業秘密又は防護上の観点から  
公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-829 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-6-5-14 原子炉隔離時冷却系系統流量の耐震性についての計算書

## 目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 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
4. 機能維持評価	7
4.1 電氣的機能維持評価方法	7
5. 評価結果	8
5.1 設計基準対象施設としての評価結果	8
5.2 重大事故等対処設備としての評価結果	8

## 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、原子炉隔離時冷却系系統流量が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

原子炉隔離時冷却系系統流量は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備に分類される。以下、分類に応じた構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

原子炉隔離時冷却系系統流量の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより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。</p> <p>計器スタンションは、基礎に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>計器スタンション</p>	

### 3. 構造強度評価

#### 3.1 構造強度評価方法

原子炉隔離時冷却系系統流量の構造は壁掛形計器スタンションであるため、構造強度評価は、「V-2-1-14-9 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評価する。

#### 3.2 荷重の組合せ及び許容応力

##### 3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉隔離時冷却系系統流量の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち、設計基準対象施設の評価に用いるものを表 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

原子炉隔離時冷却系系統流量の許容応力を表 3-3 に示す。

##### 3.2.3 使用材料の許容応力

原子炉隔離時冷却系系統流量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 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。

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	計測装置	原子炉隔離時冷却系 系統流量	S	— *1	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ <sub>A</sub> S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ <sub>A</sub> S

注記 \*1：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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	計測装置	原子炉隔離時冷却系 系統流量	常設／耐震	— *2	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	Ⅳ <sub>A</sub> S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> Sとして Ⅳ <sub>A</sub> Sの許容限 界を用いる。)

注記 \*1：「常設／耐震」は常設耐震重要重大事故防止設備を示す。

\*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 3-3 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 3-4 使用材料の許容応力（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	<input type="text"/>	周囲環境温度	<input type="text"/>	234	385	—

表 3-5 使用材料の許容応力（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	<input type="text"/>	周囲環境温度	<input type="text"/>	234	385	—

#### 4. 機能維持評価

##### 4.1 電氣的機能維持評価方法

原子炉隔離時冷却系系統流量の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

電氣的機能維持評価は、「V-2-1-14-9 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評価する。

原子炉隔離時冷却系系統流量に設置される検出器の機能確認済加速度には、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 機能確認済加速度 ( $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )

評価部位	方向	機能確認済加速度
原子炉隔離時冷却系 系統流量	水平	
	鉛直	

## 5. 評価結果

### 5.1 設計基準対象施設としての評価結果

原子炉隔離時冷却系系統流量の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

### 5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

原子炉隔離時冷却系系統流量の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【原子炉隔離時冷却系系統流量の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機 器 名 称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉隔離時冷却系 系統流量	S	原子炉建屋 [ ]	[ ]		$C_H=0.52$	$C_V=0.48$	$C_H=0.96$	$C_V=0.92$	[ ]

1.2 機器要目

1.2.1 原子炉隔離時冷却系系統流量

部 材	m (kg)	$h_2$ (mm)	$l_3$ (mm)	$l_a$ (mm)	$l_b$ (mm)	$A_b$ (mm <sup>2</sup> )	n	$n_{FV}$	$n_{FH}$
基礎ボルト	[ ]								

注記 \*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 壁掛形の計器スターションなので、設置床上階の設計用地震力を使用する。

6

部 材	$S_y$ (MPa)	$S_u$ (MPa)	F (MPa)	$F^*$ (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
基礎ボルト	234	385	234	269	平面方向	平面方向

1.3 計算数値

1.3.1 原子炉隔離時冷却系系統流量に作用する力

(単位: N)

部 材	$F_b$		$Q_b$	
	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
基礎ボルト	[ ]			

1.4 結論

1.4.1 原子炉隔離時冷却系系統流量の応力

(単位: MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	□	引張り	$\sigma_b=5$	$f_{ts}=140^*$	$\sigma_b=6$	$f_{ts}=161^*$
		せん断	$\tau_b=1$	$f_{sb}=108^*$	$\tau_b=2$	$f_{sb}=124^*$

すべて許容応力以下である。

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

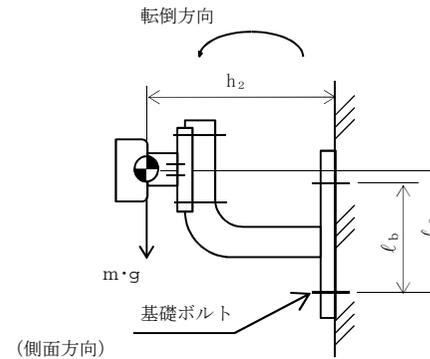
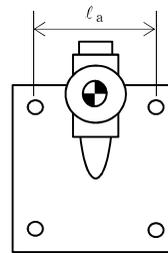
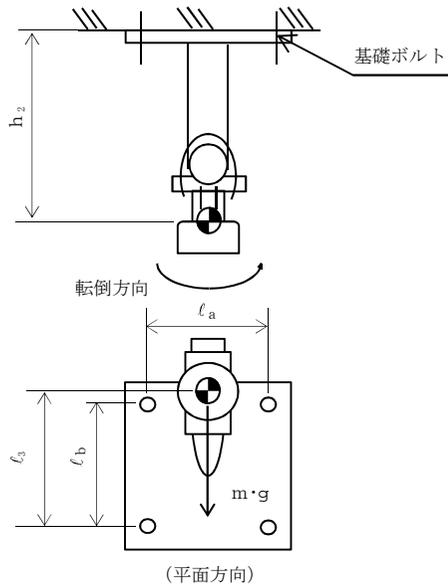
1.4.2 電氣的機能の評価結果

(単位:  $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )

		評価用加速度	機能確認済加速度
原子炉隔離時冷却系 系統流量	水平方向	0.80	□
	鉛直方向	0.77	

評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

10



【原子炉隔離時冷却系系統流量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	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉隔離時冷却系系統流量	常設/耐震	原子炉建屋 [ ]	[ ]		—	—	$C_H=0.96$	$C_V=0.92$	[ ]

2.2 機器要目

2.2.1 原子炉隔離時冷却系系統流量

部 材	m (kg)	$h_2$ (mm)	$l_3$ (mm)	$l_a$ (mm)	$l_b$ (mm)	$A_b$ (mm <sup>2</sup> )	n	$n_{FV}$	$n_{FH}$
基礎ボルト	[ ]								

注記 \*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 壁掛形の計器スタンションなので、設置床上階の設計用地震力を使用する。

11

部 材	$S_y$ (MPa)	$S_u$ (MPa)	F (MPa)	$F^*$ (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
基礎ボルト	234	385	—	269	—	平面方向

2.3 計算数値

2.3.1 原子炉隔離時冷却系系統流量に作用する力

(単位: N)

部 材	$F_b$		$Q_b$	
	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
基礎ボルト	[ ]			

2.4 結論

2.4.1 原子炉隔離時冷却系系統流量の応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	□	引張り	—	—	$\sigma_b=6$	$f_{ts}=161^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=2$	$f_{sb}=124^*$

すべて許容応力以下である。

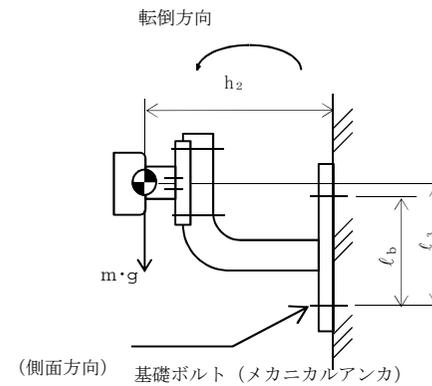
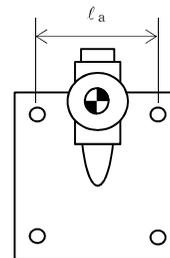
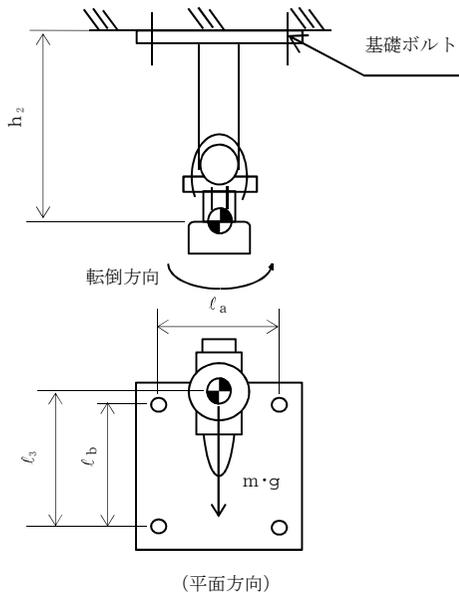
注記\*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$ より算出

2.4.2 電気的機能の評価結果

(単位： $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )

		評価用加速度	機能確認済加速度
原子炉隔離時冷却系 系統流量	水平方向	0.80	□
	鉛直方向	0.77	□

評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



本資料のうち、枠囲みの内容は、  
営業秘密又は防護上の観点から  
公開できません

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-650 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-6-5-15 高圧炉心スプレイ系系統流量の耐震性についての計算書

## 目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 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
4. 機能維持評価	6
4.1 電氣的機能維持評価方法	6
5. 評価結果	7
5.1 設計基準対象施設としての評価結果	7
5.2 重大事故等対処設備としての評価結果	7

## 1. 概要

本計算書は、「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、高圧炉心スプレイ系系統流量が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

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

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

高圧炉心スプレイ系系統流量の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより計装ラックに<u>取り付けられた取付板</u>に固定される。</p> <p>計装ラックは、基礎に埋め込まれた埋込金物に固定<u>された</u>チャンネルベースに取付ボルトで設置する。</p>	<p>検出器</p>	<p>正面</p> <p>側面</p> <p>計装ラック</p> <p>検出器</p> <p>取付ボルト</p> <p>取付板</p> <p>基礎</p> <p>埋込金物</p> <p>チャンネルベース</p> <p>(長辺方向)</p> <p>(短辺方向)</p> <p>計器取付ボルト</p>

### 3. 構造強度評価

#### 3.1 構造強度評価方法

高圧炉心スプレイ系系統流量の構造は直立形計装ラックであるため、構造強度評価は、「V-2-1-14-8 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評価する。

#### 3.2 荷重の組合せ及び許容応力

##### 3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

高圧炉心スプレイ系系統流量の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表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

高圧炉心スプレイ系系統流量の許容応力を表3-3に示す。

##### 3.2.3 使用材料の許容応力評価条件

高圧炉心スプレイ系系統流量の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表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。

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	耐震設計上の 重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	高圧炉心スプレイ系 系統流量	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^{**}$	Ⅲ <sub>A</sub> S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ <sub>A</sub> S

注記 \* : その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

表 3-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類* <sup>1</sup>	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	高圧炉心スプレイ系 系統流量	常設／防止	—* <sup>2</sup>	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	Ⅳ <sub>A</sub> S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> Sとして Ⅳ <sub>A</sub> Sの許容限界 を用いる。)

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

\*<sup>2</sup> : その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

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

表 3-3 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 3-4 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
取付ボルト		周囲環境温度	235	400	—

表 3-5 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
取付ボルト		周囲環境温度	225	385	—

#### 4. 機能維持評価

##### 4.1 電氣的機能維持評価方法

高圧炉心スプレイ系系統流量の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

電氣的機能維持評価は、「V-2-1-14-8 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評価する。

高圧炉心スプレイ系系統流量の機能確認済加速度には、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 機能確認済加速度 ( $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )

評価部位	方向	機能確認済加速度
高圧炉心スプレイ系系統流量	水平	
	鉛直	

## 5. 評価結果

### 5.1 設計基準対象施設としての評価結果

高圧炉心スプレイ系系統流量の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に表わす。

#### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

### 5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

高圧炉心スプレイ系系統流量の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【高圧炉心スプレイ系系統流量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	耐震設計上の 重要度分類	据付場所及び 床面高さ(m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
高圧炉心スプレイ系 系統流量	S	原子炉建屋 <input type="text"/>	<input type="text"/>		$C_H=0.58$	$C_V=0.48$	$C_H=0.96$	$C_V=0.92$	<input type="text"/>

注記 \* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 高圧炉心スプレイ系系統流量

部 材	$m_i$ (kg)	$h_i$ (mm)	$l_{1i}^*$ (mm)	$l_{2i}^*$ (mm)	$A_{bi}$ (mm <sup>2</sup> )	$n_i$	$n_{fi}^*$
取付ボルト (i=2)	<input type="text"/>						2
	<input type="text"/>						2

部 材	$S_{yi}$ (MPa)	$S_{ui}$ (MPa)	$F_i$ (MPa)	$F_{i}^*$ (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動 $S_d$ 又 は静的震度	基準地震動 $S_s$
取付ボルト (i=2)	235	400	235	280	長辺方向	長辺方向

注記 \* : 各ボルトにおける上段は弾性設計用地震動  $S_d$   
又は静的震度に対する評価時の要目を示し、  
下段は基準地震動  $S_s$  に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F <sub>bi</sub>		Q <sub>bi</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i=2)				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)		引張り	$\sigma_{b2}=7$	$f_{ts2}=176^*$	$\sigma_{b2}=14$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2}=135$	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

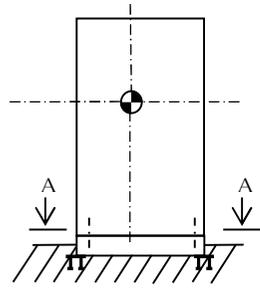
\* :  $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$ より算出

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

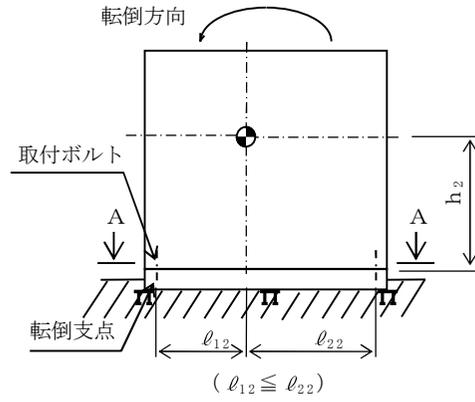
(単位：×9.8 m/s<sup>2</sup>)

		評価用加速度	機能確認済 加速度
高圧炉心スプレイ系系統流量	水平方向	0.80	
	鉛直方向	0.77	

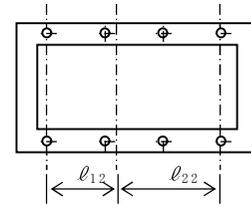
評価用加速度 (1.0ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



【短辺方向】



【長辺方向】



A~A矢视图

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
高圧炉心スプレイ系 系統流量	常設/防止 (設計基準拡張)	原子炉建屋 □	□		—	—	$C_H=0.96$	$C_V=0.92$	□

注記 \* : 基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

2.2.1 高圧炉心スプレイ系系統流量

部 材	$m_i$ (kg)	$h_i$ (mm)	$l_{1i}$ (mm)	$l_{2i}$ (mm)	$A_{bi}$ (mm <sup>2</sup> )	$n_i$	$n_{fi}$
取付ボルト (i=2)	□						2

部 材	$S_{yi}$ (MPa)	$S_{ui}$ (MPa)	$F_i$ (MPa)	$F_{i^*}$ (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用 地震動 $S_d$ 又は 静的震度	基準地震動 $S_s$
取付ボルト (i=2)	225	385	—	270	—	長辺方向

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位: N)

部 材	F <sub>bi</sub>		Q <sub>bi</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i=2)				

2.4 結 論

2.4.1 ボルトの応力 (単位: MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)		引張り	—	—	σ <sub>b2</sub> =14	f <sub>ts2</sub> =202*
		せん断	—	—	τ <sub>b2</sub> =3	f <sub>sb2</sub> =155

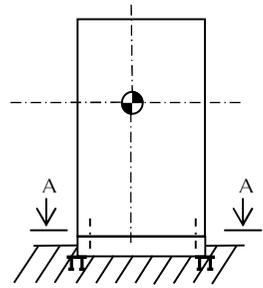
すべて許容応力以下である。

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

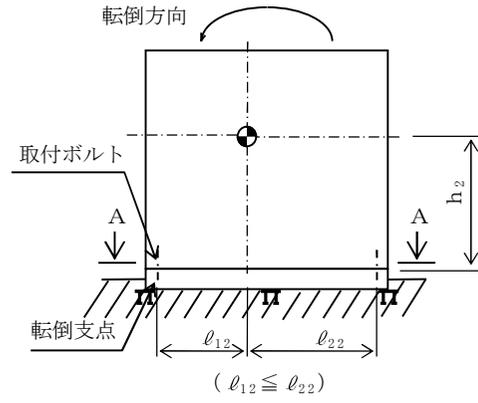
2.4.2 電氣的機能の評価結果 (単位: ×9.8 m/s<sup>2</sup>)

		評価用加速度	機能確認済 加速度
高圧炉心スプレイ系系統流量	水平方向	0.80	
	鉛直方向	0.77	

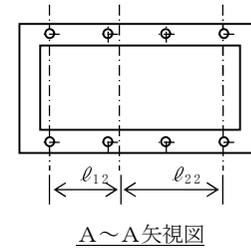
評価用加速度 (1.0ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



【短辺方向】



【長辺方向】



本資料のうち、枠囲みの内容は、  
営業秘密又は防護上の観点から  
公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-651 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-6-5-16 低圧炉心スプレイ系系統流量の耐震性についての計算書

## 目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 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
4. 機能維持評価	7
4.1 電氣的機能維持評価方法	7
5. 評価結果	8
5.1 設計基準対象施設としての評価結果	8
5.2 重大事故等対処設備としての評価結果	8

## 1. 概要

本計算書は、添付書類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、低圧炉心スプレイ系系統流量が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

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

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

低圧炉心スプレイ系系統流量の構造計画を表2-1に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより取付板に固定され、取付板は、取付板取付ボルトにより計装ラックに固定される。</p> <p>計装ラックは、チャンネルベースにラック取付ボルトで固定され、チャンネルベースは壁に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>検出器</p>	

### 3. 構造強度評価

#### 3.1 構造強度評価方法

低圧炉心スプレイ系系統流量の構造は直立形計装ラックであるため、構造強度評価は、「V-2-1-14-8 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評価する。

#### 3.2 荷重の組合せ及び許容応力

##### 3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

低圧炉心スプレイ系系統流量の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表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

低圧炉心スプレイ系系統流量の許容応力を表3-3に示す。

##### 3.2.3 使用材料の許容応力評価条件

低圧炉心スプレイ系系統流量の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表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。

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	耐震設計上の 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	低圧炉心スプレイ系 系統流量	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ <sub>A</sub> S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ <sub>A</sub> S

注記 \* : その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

表 3-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類* <sup>1</sup>	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	低圧炉心スプレイ系 系統流量	常設／防止	—* <sup>2</sup>	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	Ⅳ <sub>A</sub> S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> Sとして Ⅳ <sub>A</sub> Sの許容限界 を用いる。)

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

\*<sup>2</sup> : その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

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

表 3-3 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 3-4 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
取付ボルト		周囲環境温度	235	400	—

表 3-5 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
取付ボルト		周囲環境温度	225	385	—

#### 4. 機能維持評価

##### 4.1 機能維持評価方法

低圧炉心スプレイ系系統流量の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

電氣的機能維持評価は、「V-2-1-14-8 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評価する。

低圧炉心スプレイ系系統流量の機能確認済加速度には、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 機能確認済加速度 (×9.8 m/s<sup>2</sup>)

評価部位	方向	機能確認済 加速度
低圧炉心スプレイ系 系統流量	水平	
	鉛直	

## 5. 評価結果

### 5.1 設計基準対象施設としての評価結果

低圧炉心スプレイ系系統流量の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

### 5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

低圧炉心スプレイ系系統流量の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【低圧炉心スプレイ系系統流量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	耐震設計上の 重要度分類	据付場所及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
低圧炉心スプレイ系 系統流量	S	原子炉建屋 [ ]	[ ]		$C_H=0.58$	$C_V=0.48$	$C_H=0.96$	$C_V=0.92$	[ ]

注記 \* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 低圧炉心スプレイ系系統流量

部 材	$m_i$ (kg)	$h_i$ (mm)	$\rho_{1i}^*$ (mm)	$\rho_{2i}^*$ (mm)	$A_{bi}$ (mm <sup>2</sup> )	$n_i$ (-)	$n_{fi}^*$ (-)
取付ボルト (i=2)	[ ]						

部 材	$S_{yi}$ (MPa)	$S_{ui}$ (MPa)	$F_i$ (MPa)	$F_i^*$ (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動 $S_d$ 又 は静的震度	基準地震動 $S_s$
取付ボルト (i=2)	235	400	235	280	長辺方向	長辺方向

注記 \* : 各ボルトにおける上段は弾性設計用地震動  $S_d$   
又は静的震度に対する評価時の要目を示し、  
下段は基準地震動  $S_s$  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 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
取付ボルト ( $i=2$ )				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト ( $i=2$ )	SS400	引張り	$\sigma_{b2}=6$	$f_{ts2}=176$	$\sigma_{b2}=14$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2}=135$	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

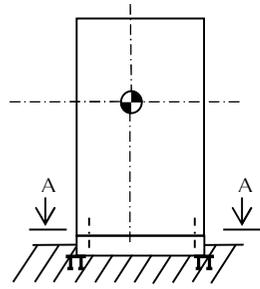
\* :  $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$ より算出

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

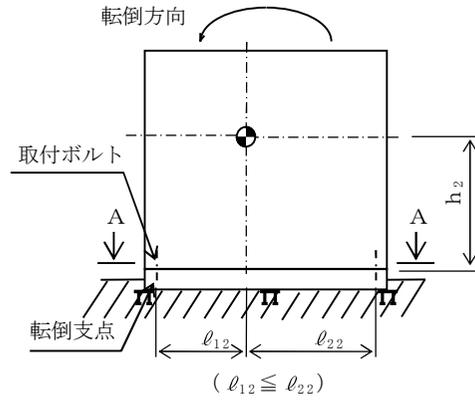
(単位： $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )

		評価用加速度	機能確認済 加速度
低圧炉心スプレイ系 系統流量	水平方向	0.80	
	鉛直方向	0.77	

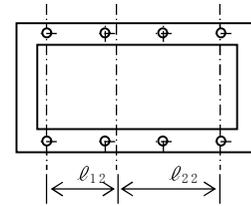
評価用加速度 (1.0ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



【短辺方向】



【長辺方向】



A~A 矢視図

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
低圧炉心スプレイ系 系統流量	常設/防止	原子炉建屋			—	—	$C_H=0.96$	$C_V=0.92$	

注記 \* : 基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

2.2.1 低圧炉心スプレイ系系統流量

部材	$m_i$ (kg)	$h_i$ (mm)	$\varrho_{1i}$ (mm)	$\varrho_{2i}$ (mm)	$A_{bi}$ (mm <sup>2</sup> )	$n_i$	$n_{fi}$
取付ボルト (i=2)							

部材	$S_{yi}$ (MPa)	$S_{ui}$ (MPa)	$F_i$ (MPa)	$F_i^*$ (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用 地震動 $S_d$ 又は 静的震度	基準地震動 $S_s$
取付ボルト (i=2)	225	385	—	270	—	長辺方向

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部 材	F <sub>bi</sub>		Q <sub>bi</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i=2)				

2.4 結 論

2.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	—	—	σ <sub>b2</sub> =14	f <sub>ts2</sub> =202*
		せん断	—	—	τ <sub>b2</sub> =3	f <sub>sb2</sub> =155

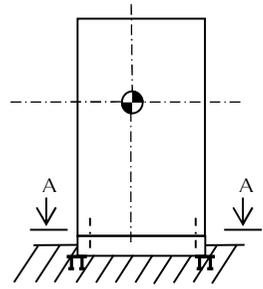
すべて許容応力以下である。

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

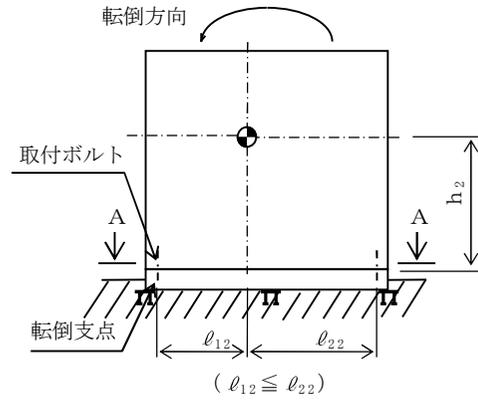
2.4.2 電氣的機能の評価結果 (単位：×9.8 m/s<sup>2</sup>)

		評価用加速度	機能確認済加速度
低圧炉心スプレイ系 系統流量	水平方向	0.80	
	鉛直方向	0.77	

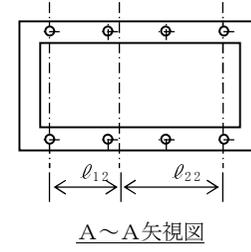
評価用加速度 (1.0ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



【短辺方向】



【長辺方向】



本資料のうち、枠囲みの内容は、  
営業秘密又は防護上の観点から公  
開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-841 改0
提出年月日	平成30年6月29日

## V-2-6-5-17 残留熱除去系系統流量の耐震性についての計算書

## 目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 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
4. 機能維持評価	7
4.1 電氣的機能維持評価方法	7
5. 評価結果	8
5.1 設計基準対象施設としての評価結果	8
5.2 重大事故等対処設備としての評価結果	8

## 1. 概要

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

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

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

残留熱除去系系統流量の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより計装ラックに取り付けられた取付板に固定される。</p> <p>計装ラックは基礎に埋め込まれた埋込金物で固定されたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。</p>	<p>検出器</p>	

### 3. 構造強度評価

#### 3.1 構造強度評価方法

残留熱除去系系統流量の構造は直立形計装ラックであるため、構造強度評価は、「V-2-1-14-8 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評価する。

#### 3.2 荷重の組合せ及び許容応力

##### 3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

残留熱除去系系統流量の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 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

残留熱除去系系統流量の許容応力を表 3-3 に示す。

##### 3.2.3 使用材料の許容応力評価条件

残留熱除去系系統流量の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 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。

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	計測装置	残留熱除去系 系統流量	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ <sub>A</sub> S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ <sub>A</sub> S

注記 \*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 3-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

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

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

\*<sup>2</sup>：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 3-3 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 3-4 使用材料の許容応力評価条件 (設計基準対象施設)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
取付ボルト		周囲環境温度		235	400	—

表 3-5 使用材料の許容応力評価条件 (重大事故等対処設備)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
取付ボルト		周囲環境温度		225	385	—

#### 4. 機能維持評価

##### 4.1 電氣的機能維持評価方法

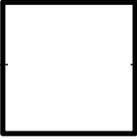
残留熱除去系系統流量の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

電氣的機能維持評価は、「V-2-1-14-8 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評価する。

残留熱除去系系統流量の機能確認済加速度には、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 機能確認済加速度 (×9.8 m/s<sup>2</sup>)

評価部位	形式	方向	機能確認済加速度
残留熱除去系 系統流量	差圧伝送器(流量)	水平	
		鉛直	

## 5. 評価結果

### 5.1 設計基準対象施設としての評価結果

残留熱除去系系統流量の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

### 5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

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

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【残留熱除去系系統流量計の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
残留熱除去系 系統流量	S	原子炉建屋 [ ]	[ ]	[ ]	$C_H=0.58$	$C_V=0.48$	$C_H=0.96$	$C_V=0.92$	[ ]

注記 \* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 残留熱除去系系統流量(H22-P021(B))

部 材	m (kg)	h (mm)	$\ell_1$ (mm)	$\ell_2$ (mm)	$A_b$ (mm <sup>2</sup> )	n	$n_f$
取付ボルト	[ ]						

6

部 材	$S_y$ (MPa)	$S_u$ (MPa)	F (MPa)	$F^*$ (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用 地震動 $S_d$ 又は 静的震度	基準地震動 $S_s$
取付ボルト	235 $16 < t \leq 40$	400 $16 < t \leq 40$	235	280	長辺方向	長辺方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位 : N)

部 材	$F_b$		$Q_b$	
	弾性設計用 地震動 $S_d$ 又は 静的震度	基準地震動 $S_s$	弾性設計用 地震動 $S_d$ 又は 静的震度	基準地震動 $S_s$
取付ボルト	$1.219 \times 10^3$	$2.709 \times 10^3$	$2.560 \times 10^3$	$4.236 \times 10^3$

1.4 結 論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	□	引張り	$\sigma_b=7$	$f_{ts}=176^*$	$\sigma_b=14$	$f_{ts}=210^*$
		せん断	$\tau_b=2$	$f_{sb}=135$	$\tau_b=3$	$f_{sb}=161$

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

すべて許容応力以下である。

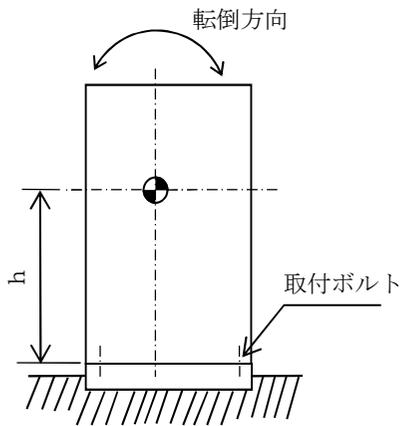
1.4.2 電気的機能の評価結果

(単位： $\times 9.8m/s^2$ )

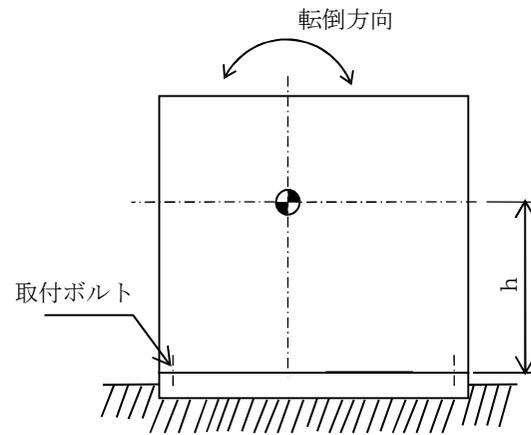
		評価用加速度	機能確認済加速度
残留熱除去系 系統流量 (FT-E12-N015C)	水平方向	0.80	□
	鉛直方向	0.77	

評価用加速度 (1.0ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。

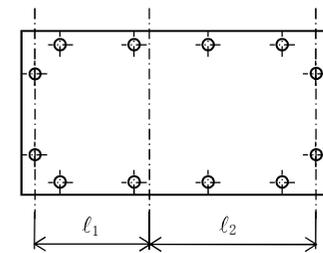
10



(短辺方向)



(長辺方向)



( $l_1 \leq l_2$ )

**A~A**矢視図

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
残留熱除去系 系統流量	常設/防止 (設計基準拡張)	原子炉建屋 <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	—	—	$C_H=0.96$	$C_V=0.92$	<input type="text"/>

注記 \* : 基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

2.2.1 残留熱除去系系統流量(H22-P021(B))

部 材	m (kg)	h (mm)	$\ell_1$ (mm)	$\ell_2$ (mm)	$A_b$ (mm <sup>2</sup> )	n	$n_f$
取付ボルト	<input type="text"/>						2

部 材	$S_y$ (MPa)	$S_u$ (MPa)	F (MPa)	$F^*$ (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用 地震動 $S_d$ 又は 静的震度	基準地震動 $S_s$
取付ボルト	225 $16 < t \leq 40$	385 $16 < t \leq 40$	—	270	—	長辺方向

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位 : N)

部 材	$F_b$		$Q_b$	
	弾性設計用 地震動 $S_d$ 又は 静的震度	基準地震動 $S_s$	弾性設計用 地震動 $S_d$ 又は 静的震度	基準地震動 $S_s$
取付ボルト	—	$2.709 \times 10^3$	—	$4.236 \times 10^3$

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

(単位: MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	□	引張り	—	—	$\sigma_b=14$	$f_{ts}=202^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=3$	$f_{sb}=155$

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

すべて許容応力以下である。

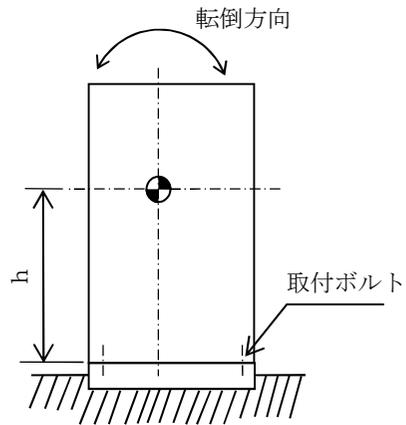
2.4.2 電気的機能の評価結果

(単位:  $\times 9.8m/s^2$ )

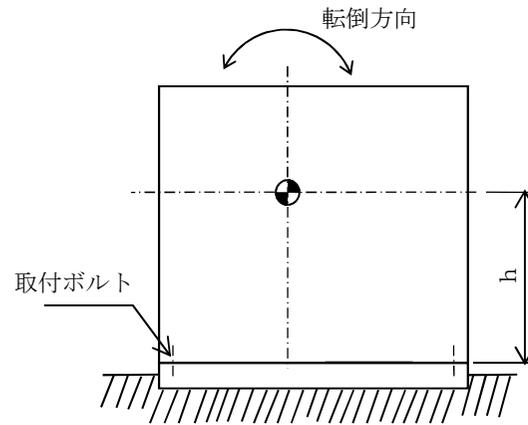
		評価用加速度	機能確認済加速度
残留熱除去系 系統流量 (FT-E12-N015C)	水平方向	0.80	□
	鉛直方向	0.77	

評価用加速度 (1.0ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。

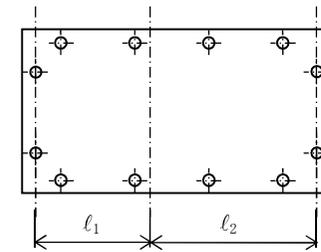
12



(短辺方向)



(長辺方向)



$(l_1 \leq l_2)$

人~人矢組四

本資料のうち、枠囲みの内容は、  
営業秘密又は防護上の観点から  
公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-785 改0
提出年月日	平成30年6月29日

## V-2-6-5-18 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	2
2.1 構造計画	2
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
4. 機能維持評価	6
4.1 電氣的機能維持評価方法	6
5. 評価結果	7
5.1 設計基準対象施設としての評価結果	7
5.2 重大事故等対処設備としての評価結果	7

## 1. 概要

本計算書は、「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、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

なお、構造強度評価については、取付ボルトに作用する応力の裕度（許容値／発生値の小さい方）が厳しい条件となるものを代表して評価する。

表 1-1 概略構造識別

評価部位	評価方法	構造計画
PT-B22-N051A（代表） PT-B22-N051B	V-2-1-14-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針	表 2-1 構造計画
PT-B22-N078A（代表） PT-B22-N078B PT-B22-N078C PT-B22-N078D		

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

原子炉圧力の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器 取付ボルトにより 計装ラックに取付 けられた取付板に 固定される。</p> <p>計器ラックは、 チャンネルベース に取付ボルトで設 置する。</p>	<p>検出器</p>	<p>正面 (長辺方向)</p> <p>側面 (短辺方向)</p>

### 3. 構造強度評価

#### 3.1 構造強度評価方法

原子炉圧力の構造は直立形計装ラックであるため、構造強度評価は、「V-2-1-14-8 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評価する。

#### 3.2 荷重の組合せ及び許容応力

##### 3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

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 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

原子炉圧力の許容応力を表 3-3 に示す。

##### 3.2.3 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 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。

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	耐震設計上の 重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	原子炉圧力	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ <sub>A</sub> S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ <sub>A</sub> S

注記 \* : その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 3-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類* <sup>1</sup>	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	原子炉圧力	常設耐震／防止 常設／緩和	—* <sup>2</sup>	$D + P_D + M_D + S_s^*$ <sup>3</sup>	Ⅳ <sub>A</sub> S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> Sとして Ⅳ <sub>A</sub> Sの許容限界 を用いる。)

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

\*<sup>2</sup> : その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

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

表 3-3 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

5

表 3-4 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (RT) (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト	<input type="text"/>	周囲環境温度	<input type="text"/>	235	400	—

表 3-5 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (RT) (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト	<input type="text"/>	周囲環境温度	<input type="text"/>	225	385	—

#### 4. 機能維持評価

##### 4.1 電氣的機能維持評価方法

原子炉圧力の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

電氣的機能維持評価は、「V-2-1-14-8 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評価する。

原子炉圧力の機能確認済加速度には、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 機能確認済加速度 ( $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )

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

## 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。発生値は評価基準値を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有することを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

### 5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

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

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【原子炉圧力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	耐震設計上の重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
原子炉圧力	S	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	$C_H=0.78$	$C_V=0.54$	$C_H=1.34$	$C_V=1.01$	<input type="text"/>

注記 \* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目 \*1

1.2.1 原子炉圧力

部材	$m_i$ (kg)	$h_i$ (mm)	$\ell_{1i}^*$ (mm)	$\ell_{2i}^*$ (mm)	$A_{bi}$ (mm <sup>2</sup> )	$n_i$	$n_{fi}^*$
取付ボルト (i=2)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	2				
			<input type="text"/>	<input type="text"/>			2

部材	$S_{yi}$ (MPa)	$S_{ui}$ (MPa)	$F_i$ (MPa)	$F_i^*$ (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
取付ボルト (i=2)	235 $16 < t \leq 40$	400 $16 < t \leq 40$	235	280	長辺方向	長辺方向

注記 \* : 各ボルトにおける上段は弾性設計用地震動  $S_d$

又は静的震度に対する評価時の要目を示し、

下段は基準地震動  $S_s$  に対する評価時の要目を示す

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位: N)

部 材	F <sub>bi</sub>		Q <sub>bi</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i=2)	□	□	□	□

1.4 結 論

1.4.1 ボルトの応力 (単位: MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	□	引張り	$\sigma_{b2}=7$	$f_{ts2}=176^*$	$\sigma_{b2}=17$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=135$	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=161$

6

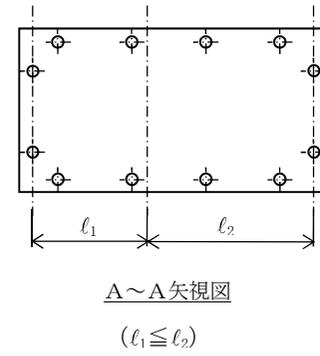
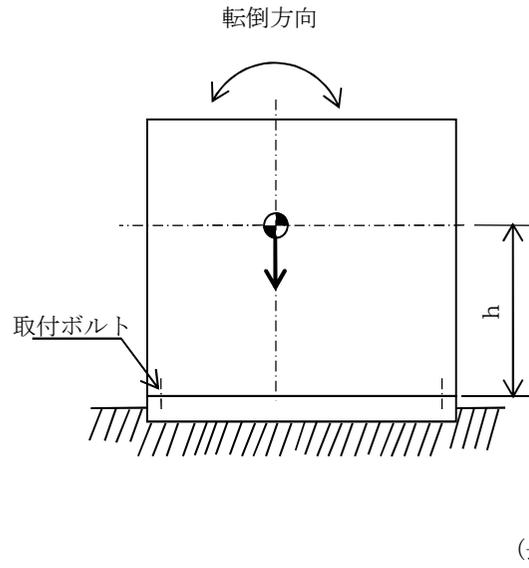
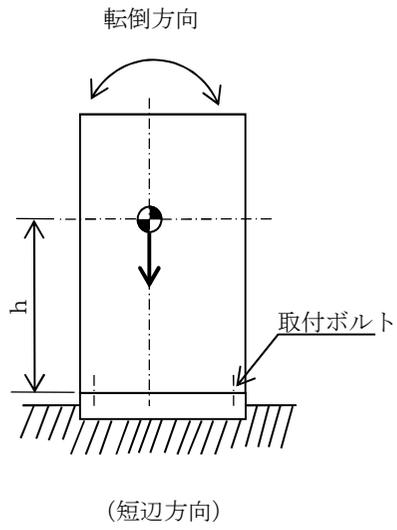
すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電氣的機能の評価結果 (単位:  $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )

		評価用加速度	機能確認済加速度
原子炉圧力	水平方向	1.11	□
	鉛直方向	0.84	□

評価用加速度 (1.0ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉圧力	常設耐震/防止 常設/緩和	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	—	—	$C_H=1.34$	$C_V=1.01$	<input type="text"/>

注記 \* : 基準床レベルを示す。

2.2 機器要目\*

2.2.1 原子炉圧力

部材	$m_i$ (kg)	$h_i$ (mm)	$l_{1i}$ (mm)	$l_{2i}$ (mm)	$A_{bi}$ (mm <sup>2</sup> )	$n_i$	$n_{fi}$
取付ボルト ( $i=2$ )	<input type="text"/>	<input type="text"/>	2				

部材	$S_{yi}$ (MPa)	$S_{ui}$ (MPa)	$F_i$ (MPa)	$F_{i^*}$ (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用 地震動 $S_d$ 又は 静的震度	基準地震動 $S_s$
取付ボルト ( $i=2$ )	225 $16 < t \leq 40$	385 $16 < t \leq 40$	—	270	—	長辺方向

注記 \* :

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F <sub>bi</sub>		Q <sub>bi</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i=2)	□	□	□	□

2.4 結 論

2.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	□	引張り	—	—	σ <sub>b2</sub> =17	f <sub>ts2</sub> =202*
		せん断	—	—	τ <sub>b2</sub> =4	f <sub>sb2</sub> =155

すべて許容応力以下である。

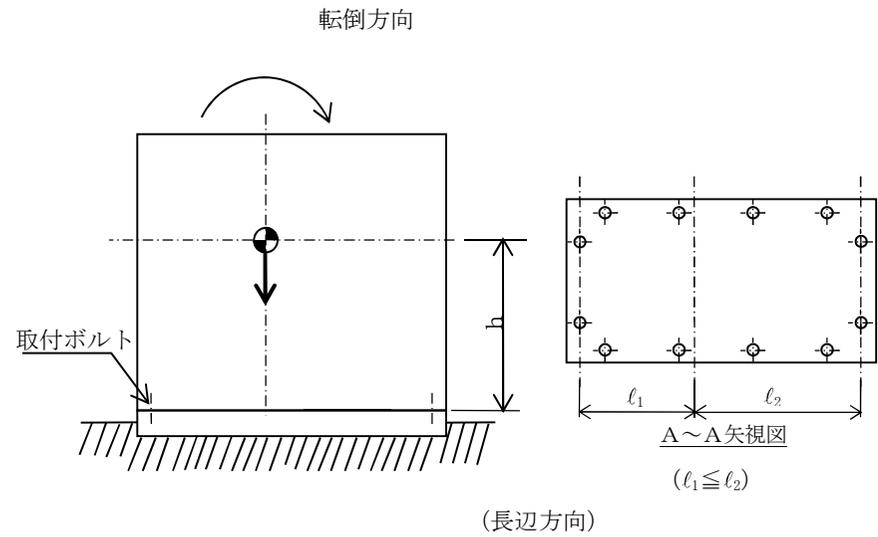
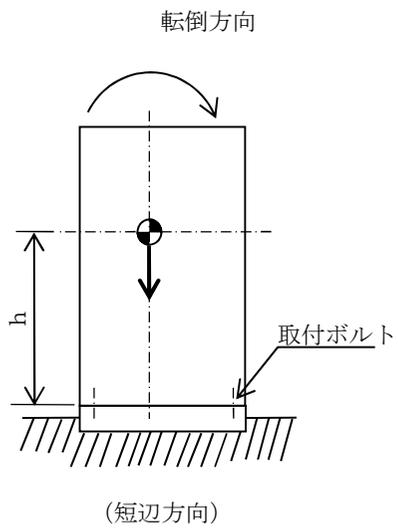
注記 \* :  $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$ より算出

2.4.2 電氣的機能の評価結果

(単位：×9.8 m/s<sup>2</sup>)

		評価用加速度	機能確認済加速度
原子炉圧力	水平方向	1.11	□
	鉛直方向	0.84	□

評価用加速度 (1.0ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



本資料のうち、枠囲みの内容は、  
営業秘密又は防護上の観点から  
公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-654 改0
提出年月日	平成30年6月29日

## V-2-6-5-20 原子炉水位の耐震性についての計算書

## 目次

1.	概要	1
2.	一般事項	1
2.1	構造計画	1
3.	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
4.	機能維持評価	7
4.1	電氣的機能維持評価方法	7
5.	評価結果	7
5.1	設計基準対象施設としての評価結果	7

## 1. 概要

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

原子炉水位は、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、構造強度評価については、取付ボルトに作用する応力の裕度（許容値／発生値の小さい方）が厳しい条件となるものを代表して評価する。

表 1-1 概略構造識別

評価部位	評価方法	構造計画
LT-B22-N073A (代表)	V-2-1-14-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針	表 2-1 構造計画
LT-B22-N073B		
LT-B22-N073C (代表)		
LT-B22-N073D		
LT-B22-N080A (代表)		
LT-B22-N080B		
LT-B22-N080C		
LT-B22-N080D		
LT-B22-N081A (代表)		
LT-B22-N081B		
LT-B22-N081C		
LT-B22-N081D		
LT-B22-N095A		
LT-B22-N095B		

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

原子炉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	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより計装ラックに取付けられた取付板に固定される。</p> <p>計装ラックは、基礎に埋め込まれた埋込金物で固定されたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。</p>	<p>検出器</p>	<p>【H22-P004A(LT-B22-N073A, LT-B22-N073C, LT-B22-N080A, LT-B22-N081A)】</p> <p>正面 (長辺方向)</p> <p>側面 (短辺方向)</p>

### 3. 構造強度評価

#### 3.1 構造強度評価方法

原子炉水位の構造は直立形計装ラックであるため、構造強度評価は、「V-2-1-14-8 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評価する。

#### 3.2 荷重の組合せ及び許容応力

##### 3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉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 3-1 に示す。

##### 3.2.2 許容応力

原子炉水位の許容応力を表 3-2 に示す。

##### 3.2.3 使用材料の許容応力評価条件

原子炉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 3-3 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	耐震設計上の 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	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ <sub>A</sub> S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ <sub>A</sub> S

注記 \* : その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

表 3-2 許容応力（その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界 <sup>*1, *2</sup> (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
Ⅲ <sub>A</sub> S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
Ⅳ <sub>A</sub> S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

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

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

表 3-3 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
取付ボルト		周囲環境温度		235	400	—

#### 4. 機能維持評価

##### 4.1 電氣的機能維持評価方法

原子炉水位の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

電氣的機能維持評価は、「V-2-1-14-8 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評価する。

原子炉水位の機能確認済加速度には、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 機能確認済加速度 (×9.8 m/s<sup>2</sup>)

評価部位	方向	機能確認済加速度
原子炉水位 (LT-B22-N073A LT-B22-N073C LT-B22-N080A LT-B22-N081A)	水平	<div style="border: 2px solid black; width: 60px; height: 100px; margin: 0 auto;"></div>
	鉛直	

#### 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氣的機能を有していることを確認した。

##### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

##### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【原子炉水位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	耐震設計上の 重要度分類	据付場所及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉水位	S	原子炉建屋 □	□		$C_H=0.78$	$C_V=0.54$	$C_H=1.34$	$C_V=1.01$	□

注記 \*1 : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 原子炉水位

部 材	$m_i$ (kg)	$h_i$ (mm)	$l_{1i}^*$ (mm)	$l_{2i}^*$ (mm)	$A_{bi}$ (mm <sup>2</sup> )	$n_i$	$n_{/i}^*$
取付ボルト (i=2)	□						2
	□						2

部 材	$S_{yi}$ (MPa)	$S_{ui}$ (MPa)	$F_i$ (MPa)	$F_i^*$ (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用 地震動 $S_d$ 又は 静的震度	基準地震動 $S_s$
取付ボルト (i=2)	235	400	235	280	長辺方向	長辺方向

注記 \* : 各ボルトにおける上段は弾性設計用地震動  $S_d$  又は静的震度に対する評価時の要目を示し、下段は基準地震動  $S_s$  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 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
取付ボルト (i=2)	[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 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	[Redacted]	引張り	$\sigma_{b2}=7$	$f_{ts2}=176^*$	$\sigma_{b2}=17$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2}=135$	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

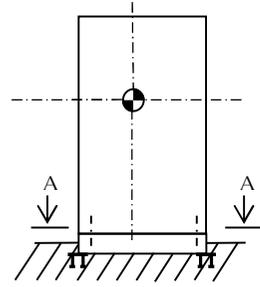
注記 \* :  $f_{t si} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{t oi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{t oi}]$ より算出

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

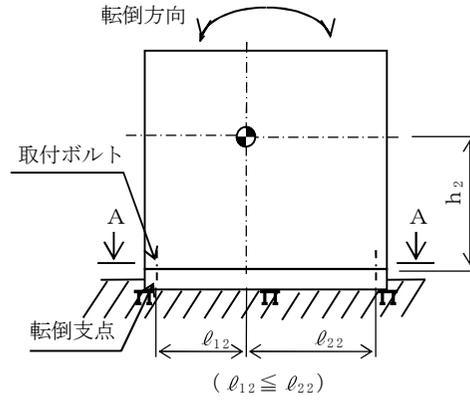
(単位： $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )

		評価用加速度	機能確認済 加速度
原子炉水位	水平方向	1.11	[Redacted]
	鉛直方向	0.84	

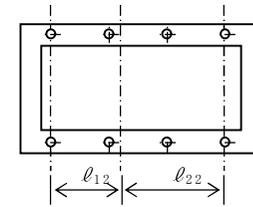
評価用加速度 (1.0ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



【短辺方向】



【長辺方向】



A~A矢视图

本資料のうち、枠囲みの内容は、  
営業秘密又は防護上の観点から  
公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-661 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-6-5-21 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. 構造強度評価 .....	4
3.1 構造強度評価方法 .....	4
3.2 荷重の組合せ及び許容応力 .....	4
4. 機能維持評価 .....	8
4.1 電氣的機能維持評価方法 .....	8
5. 評価結果 .....	8
5.1 設計基準対象施設としての評価結果 .....	8
5.2 重大事故等対処設備としての評価結果 .....	8

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

なお、構造強度評価については、取付ボルトまたは基礎ボルトに作用する応力の裕度（許容値／発生値の小さい方）が厳しい条件となるものを代表して評価する。

表 1-1 概略構造識別

評価部位	評価方法	構造計画
LT-B22-N091A LT-B22-N091B（代表） LT-B22-N091C LT-B22-N091D（代表）	V-2-1-14-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針	表 2-1 構造計画
LT-B22-N079A（代表） LT-B22-N079B LT-B22-N079C LT-B22-N079D	V-2-1-14-9 計装スターションの耐震性についての計算書作成の基本方針	表 2-2 構造計画

## 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 及び表 2-2 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより計装ラックに取付けられた取付板に固定される。</p> <p>計装ラックは基礎に埋め込まれた埋込金物で固定されたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。</p>	<p>検出器</p>	<p>【H22-P027B(LT-B22-091B, LT-B22-091D)】</p> <p>正面</p> <p>計装ラック</p> <p>取付ボルト</p> <p>基礎</p> <p>埋込金物</p> <p>チャンネルベース</p> <p>(長辺方向)</p> <p>側面</p> <p>検出器</p> <p>取付板</p> <p>計器取付ボルト</p> <p>(短辺方向)</p>

表 2-2 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより計器スタンションに取付けられた取付板に固定される。</p> <p>計器スタンションは、基礎に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>計器スタンション</p>	<p>【LT-B22-N079A】</p> <p>The diagram illustrates the assembly of the detector station. It includes three views: a top view (平面) showing a rectangular mounting plate with four mounting holes; a front view (正面) showing the detector station (計器スタンション) mounted on a base (基礎) using base bolts (基礎ボルト); and a side view (側面) showing the detector (検出器) attached to the station via a mounting plate (取付板) using detector mounting bolts (計器取付ボルト). The base is shown resting on a bed surface (床面).</p>

### 3. 構造強度評価

#### 3.1 構造強度評価方法

原子炉水位の構造は直立形計装ラック及び直立形計器スタンションであるため、構造強度評価は、「V-2-1-14-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」及び「V-2-1-14-9 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評価する。

#### 3.2 荷重の組合せ及び許容応力

##### 3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

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 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

原子炉水位（広帯域）の許容応力を表 3-3 に示す。

##### 3.2.3 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 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。

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	耐震設計上の 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) (LT-B22-091B LT-B22-091D)	S	—*2	$D + P_D + M_D + S_d^{*3}$	Ⅲ <sub>A</sub> S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ <sub>A</sub> S

注記 \*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

表 3-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	原子炉水位 (広帯域) (LT-B22-N079A LT-B22-N091B LT-B22-N091D)	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	Ⅳ <sub>A</sub> S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> Sとして Ⅳ <sub>A</sub> Sの許容限界 を用いる。)

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

\*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

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

表 3-3 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 <sup>*1, *2</sup> (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
Ⅲ <sub>A</sub> S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
Ⅳ <sub>A</sub> S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> SとしてⅣ <sub>A</sub> Sの 許容限界を用いる。)		

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

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

表 3-4 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R <sub>T</sub> ) (MPa)
取付ボルト		周囲環境温度		235	400	—

表 3-5 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R <sub>T</sub> ) (MPa)
取付ボルト		周囲環境温度		225	385	—
基礎ボルト		周囲環境温度		234	385	—

4. 機能維持評価

4.1 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について、以下に示す。

電気的機能維持評価は、「V-2-1-14-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」及び「V-2-1-14-9 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評価する。

原子炉水位（広帯域）の機能確認済加速度には、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 4-1 に示す。

表 4-1 機能確認済加速度 (×9.8 m/s<sup>2</sup>)

評価部位	方向	機能確認済加速度
原子炉水位（広帯域） (LT-B22-N091B LT-B22-N091D LT-B22-N079A)	水平	□
	鉛直	

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。

5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

原子炉水位（広帯域）の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び電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）(H22-P027B(LT-B22-N091B,D))の耐震性についての計算結果（計装ラック）】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震設計上の重要度分類	据付場所及び床面高さ(m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$		周囲環境温度(°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
原子炉水位(広帯域)	S	原子炉建屋 [ ]	[ ]		$C_H=0.78$	$C_V=0.54$	$C_H=1.34$	$C_V=1.01$	[ ]

注記 \*1: 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）

部材	$m_i$ (kg)	$h_i$ (mm)	$l_{1i}^*$ (mm)	$l_{2i}^*$ (mm)	$A_{bi}$ (mm <sup>2</sup> )	$n_i$	$n_{f1}^*$
取付ボルト(i=2)	[ ]						2
	[ ]						2

部材	$S_{yi}$ (MPa)	$S_{ui}$ (MPa)	$F_i$ (MPa)	$F_i^*$ (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
取付ボルト(i=2)	235	400	235	280	長辺方向	長辺方向

注記 \* : 各ボルトにおける上段は弾性設計用地震動  $S_d$  又は静的震度に対する評価時の要目を示し、下段は基準地震動  $S_s$  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 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
取付ボルト (i=2)				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)		引張り	$\sigma_{b2}=10$	$f_{ts2}=176^*$	$\sigma_{b2}=20$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=135$	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

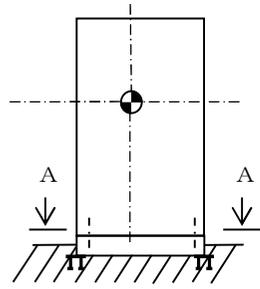
注記 \* :  $f_{t_{si}} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{t_{oi}} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{t_{oi}}]$  より算出

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

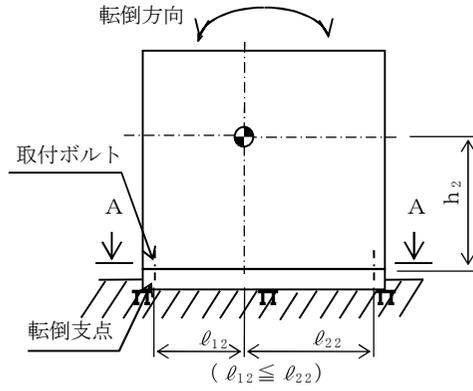
(単位： $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )

		評価用加速度	機能確認済 加速度
原子炉水位 (広帯域)	水平方向	1.11	
	鉛直方向	0.84	

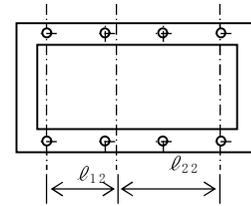
評価用加速度 (1.0ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



【短辺方向】



【長辺方向】



A~A矢视图

【原子炉水位（広帯域）（H22-P027B(LT-B22-N091B,D)）の耐震性についての計算結果（計装ラック）】

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び 床面高さ(m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉水位 (広帯域)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋 [ ]	[ ]		—	—	$C_H=1.34$	$C_V=1.01$	[ ]

注記 \*1: 基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

2.2.1 原子炉水位（広帯域）

部 材	$m_i$ (kg)	$h_i$ (mm)	$l_{1i}$ (mm)	$l_{2i}$ (mm)	$A_{bi}$ (mm <sup>2</sup> )	$n_i$	$n_{fi}$
取付ボルト (i=2)	[ ]						2

部 材	$S_{yi}$ (MPa)	$S_{ui}$ (MPa)	$F_i$ (MPa)	$F_i^*$ (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
取付ボルト (i=2)	225	385	—	270	—	長辺方向

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F <sub>bi</sub>		Q <sub>bi</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i=2)				

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)		引張り	—	—	$\sigma_{b2}=20$	$f_{ts2}=202^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=155$

すべて許容応力以下である。

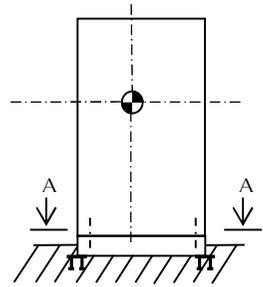
注記 \* :  $f_{t\ si} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{t\ oi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{t\ oi}]$ より算出

2.4.2 電氣的機能維持の評価結果

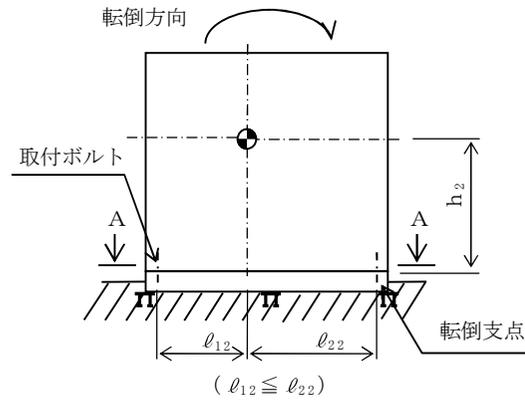
(単位：×9.8 m/s<sup>2</sup>)

		評価用加速度	機能確認済 加速度
原子炉水位 (広帯域)	水平方向	1.11	
	鉛直方向	0.84	

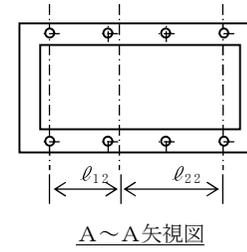
評価用加速度 (1.0ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



【短辺方向】



【長辺方向】



【原子炉水位(広帯域)(LT-B22-N079A)の耐震性についての評価結果(計器スタンション)】

3. 重大事故等対処設備

3.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ(m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$		周囲環境温度(°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
原子炉水位(広帯域)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建物 [ ]	[ ]	[ ]	—	—	$C_H=1.34$	$C_V=1.01$	[ ]

注記 \*1: 基準床レベルを示す。

3.2 機器要目

3.2.1 原子炉水位(広帯域)

部材	m(kg)	h(mm)	$\ell_1$ (mm)	$\ell_2$ (mm)	$A_b$ (mm <sup>2</sup> )	n	$n_f$
基礎ボルト	[ ]						2

部材	$S_y$ (MPa)	$S_u$ (MPa)	F(MPa)	F*(MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
基礎ボルト	234	385	—	270	側面方向	側面方向

3.3 計算数値

3.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

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

3.4 結論

3.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト		引張り	—	—	$\sigma_{bl}=16$	$f_{ts1}=162^*$
		せん断	—	—	$\tau_{bl}=2$	$f_{sbl}=124$

すべて許容応力以下である。

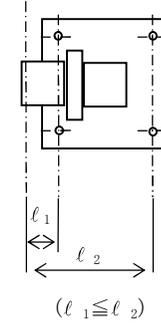
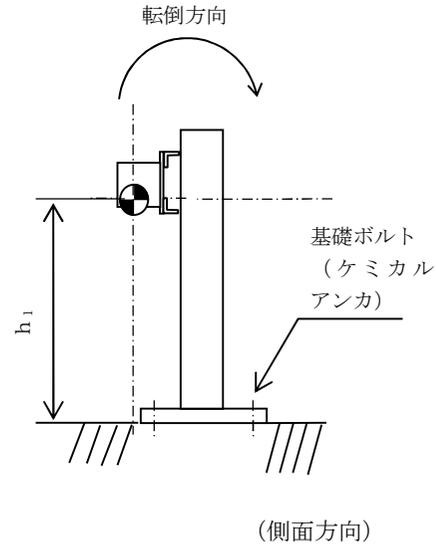
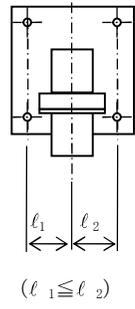
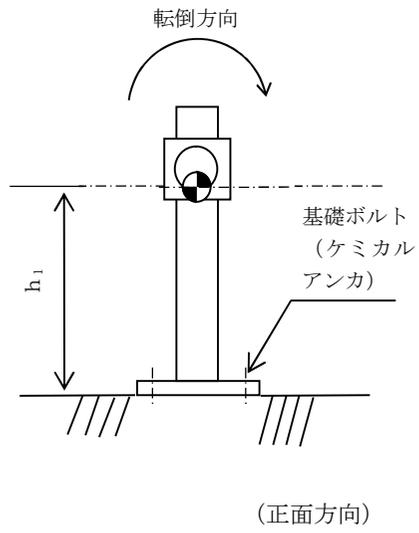
注記 \* :  $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$ より算出

3.4.2 電氣的機能の評価結果

(単位：×9.8 m/s<sup>2</sup>)

		評価用加速度	機能確認済加速度
原子炉水位 (広帯域)	水平方向	1.11	
	鉛直方向	0.84	

評価用加速度 (1.0ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



本資料のうち、枠囲みの内容は、  
営業秘密又は防護上の観点から  
公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-662 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-6-5-22 原子炉水位（燃料域）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. 構造強度評価	4
3.1 構造強度評価方法	4
3.2 荷重の組合せ及び許容応力	4
4. 機能維持評価	8
4.1 電氣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、原子炉水位（燃料域）が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電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（燃料域）は、設計基準対象施設においては既設のSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

原子炉水位（燃料域）の構造計画を表 2-1 及び表 2-2 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより計装ラックに取付けられた取付板に固定される。</p> <p>計装ラックは、基礎に埋め込まれた埋込金物で固定されたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。</p>	<p>検出器</p>	

表 2-2 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより計器スターションに取付けられた計器取付板に固定される。</p> <p>計器スターションは、基礎に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>検出器</p>	

### 3. 構造強度評価

#### 3.1 構造強度評価方法

原子炉水位（燃料域）の構造は直立形計装ラックであるため、構造強度評価は、「V-2-1-14-8 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評価する。

#### 3.2 荷重の組合せ及び許容応力

##### 3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉水位（燃料域）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 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

原子炉水位（燃料域）の許容応力を表 3-3 に示す。

##### 3.2.3 使用材料の許容応力評価条件

原子炉水位（燃料域）の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 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。

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	耐震設計上の 重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	原子炉水位 (燃料域)	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ <sub>A</sub> S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ <sub>A</sub> S

注記 \* : その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

表 3-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類* <sup>1</sup>	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	原子炉水位 (燃料域)	常設耐震／防止 常設／緩和	—* <sup>2</sup>	$D + P_D + M_D + S_s^*$ <sup>3</sup>	Ⅳ <sub>A</sub> S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> SとしてⅣ <sub>A</sub> Sの許容限界を 用いる。)

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

\*<sup>2</sup> : その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

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

表 3-3 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 3-4 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
取付ボルト		周囲環境温度	235	400	—
基礎ボルト		周囲環境温度	221	373	—

表 3-5 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
取付ボルト		周囲環境温度	225	385	—
基礎ボルト		周囲環境温度	225	385	—

#### 4. 機能維持評価

##### 4.1 電氣的機能維持評価方法

原子炉水位（燃料域）の地震後の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

電氣的機能維持評価は、「V-2-1-14-8 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評価する。

原子炉水位（燃料域）の機能確認済加速度には、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 機能確認済加速度 (×9.8 m/s<sup>2</sup>)

評価部位	方向	機能確認済加速度
原子炉水位 (燃料域) (LT-B22-N044A)	水平	
	鉛直	
原子炉水位 (燃料域) (LT-B22-N044B)	水平	
	鉛直	

## 5. 評価結果

### 5.1 設計基準対象施設としての評価結果

原子炉水位（燃料域）の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は評価基準値を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有することを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

### 5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

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

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【原子炉水位（燃料域）(H22-P010(A)LT-B22-N044A)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	耐震設計上の重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
原子炉水位 (燃料域)	s	原子炉建屋 [ ]	[ ]	[ ]	$C_H=0.69$	$C_V=0.53$	$C_H=1.13$	$C_V=0.99$	[ ]

注記 \* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 原子炉水位（燃料域）

部材	$m_i$ (kg)	$h_i$ (mm)	$l_{1i}^*$ (mm)	$l_{2i}^*$ (mm)	$A_{bi}$ (mm <sup>2</sup> )	$n_i$	$n_{fi}^*$
取付ボルト (i=2)	[ ]						2
	[ ]						2

部材	$S_{yi}$ (MPa)	$S_{ui}$ (MPa)	$F_i$ (MPa)	$F_i^*$ (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
取付ボルト (i=2)	235	400	235	280	長辺方向	長辺方向

注記 \* : 取付ボルトにおける上段は弾性設計用地震動  $S_d$  又は静的震度に対する評価時の要目を示し、下段は基準地震動  $S_s$  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 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
取付ボルト (i=2)	[ ]			

1.4 結 論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト ( $i=2$ )		引張り	$\sigma_b=6$	$f_{ts}=176^*$	$\sigma_b=14$	$f_{ts}=210^*$
		せん断	$\tau_b=2$	$f_{sb}=135$	$\tau_b=3$	$f_{sb}=161$

すべて許容応力以下である。

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

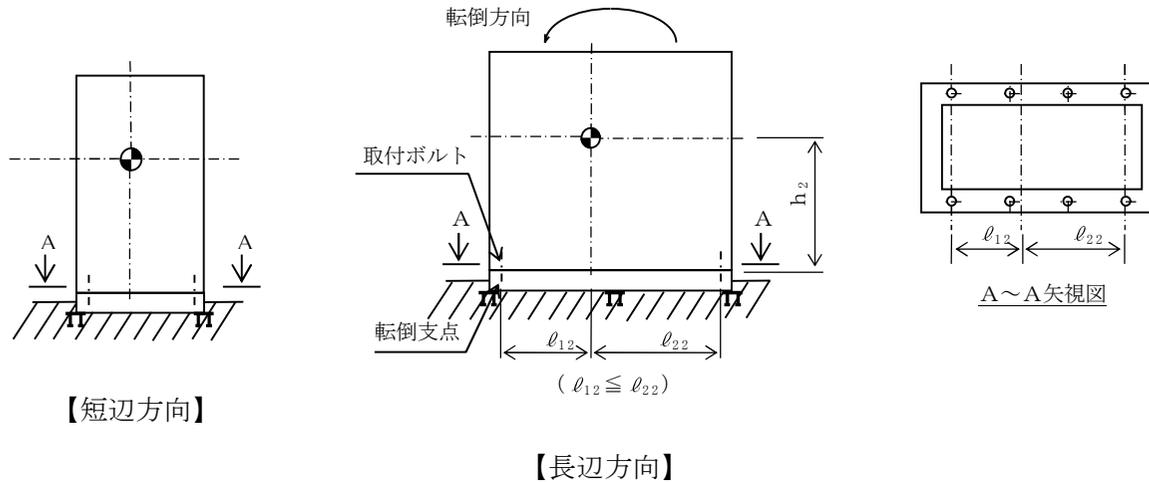
1.4.2 電気的機能の評価結果

(単位： $\times 9.8\text{m/s}^2$ )

		評価用加速度	機能確認済加速度
原子炉水位 (燃料域)	水平方向	0.95	
	鉛直方向	0.83	

評価用加速度 (1.0ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。

11



2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉水位 (燃料域)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋 [ ]	[ ]	[ ]	-	-	$C_H=1.13$	$C_V=0.99$	[ ]

注記 \* : 基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

2.2.1 原子炉水位 (燃料域)

部 材	$m_i$ (kg)	$h_i$ (mm)	$l_{1i}$ (mm)	$l_{2i}$ (mm)	$A_{bi}$ (mm <sup>2</sup> )	$n_i$	$n_{fi}^*$
取付ボルト ( $i=2$ )	[ ]					12	2

部 材	$S_{yi}$ (MPa)	$S_{ui}$ (MPa)	$F_i$ (MPa)	$F_{i^*}$ (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用 地震動 $S_d$ 又は 静的震度	基準地震動 $S_s$
取付ボルト ( $i=2$ )	225	385	-	270	-	長辺方向

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位: N)

部 材	$F_{bi}$		$Q_{bi}$	
	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$	弾性設計用 地震動 $S_d$ 又は 静的震度	基準地震動 $S_s$
取付ボルト ( $i=2$ )	[ ]			

2.4 結 論

2.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト ( $i=2$ )	□	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=14$	$f_{ts2}=202^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=155$

すべて許容応力以下である。

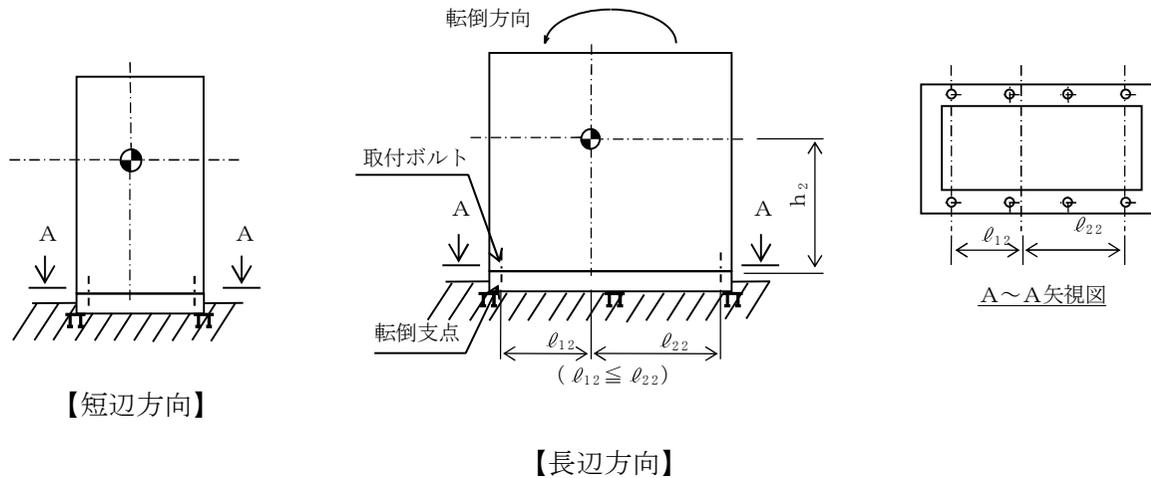
注記 \* :  $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$  より算出

2.4.2 電氣的機能の評価結果

(単位： $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )

		評価用加速度	機能確認済加速度
原子炉水位 (燃料域)	水平方向	0.95	□
	鉛直方向	0.83	□

評価用加速度 (1.0ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



【原子炉水位（燃料域）（LT-B22-N044B）の耐震性についての計算結果】

3. 設計基準対象設備

3.1 設計条件

機器名称	耐震設計上の重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
原子炉水位(燃料域)	S	原子炉建屋 [ ]	[ ]	[ ]	$C_H=0.69$	$C_V=0.53$	$C_H=1.13$	$C_V=0.99$	[ ]

注記\*：基準床レベルを示す。

3.2 機器要目

3.2.1 原子炉水位(燃料域) (LT-B22-N044B)

部材	m (kg)	$h_1$ (mm)	$\ell_1$ (mm)	$\ell_2$ (mm)	$A_b$ (mm <sup>2</sup> )	n	$n_f$
基礎ボルト	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	2

部材	$S_y$ (MPa)	$S_u$ (MPa)	F (MPa)	$F^*$ (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
基礎ボルト	221	373	221	261	側面方向	側面方向

3.3 計算数値

3.3.1 原子炉水位(燃料域) (LT-B22-N044B) に作用する力 (単位：N)

部材	$F_b$		$Q_b$	
	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
基礎ボルト	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]

3.4 結論

3.4.1 原子炉水位(燃料域)(LT-B22-N044B)の応力

(単位: MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	□	引張り	$\sigma_b=9$	$f_{ts}=132^*$	$\sigma_b=15$	$f_{ts}=156^*$
		せん断	$\tau_b=1$	$f_{sb}=102^*$	$\tau_b=2$	$f_{sb}=120^*$

すべて許容応力以下である。

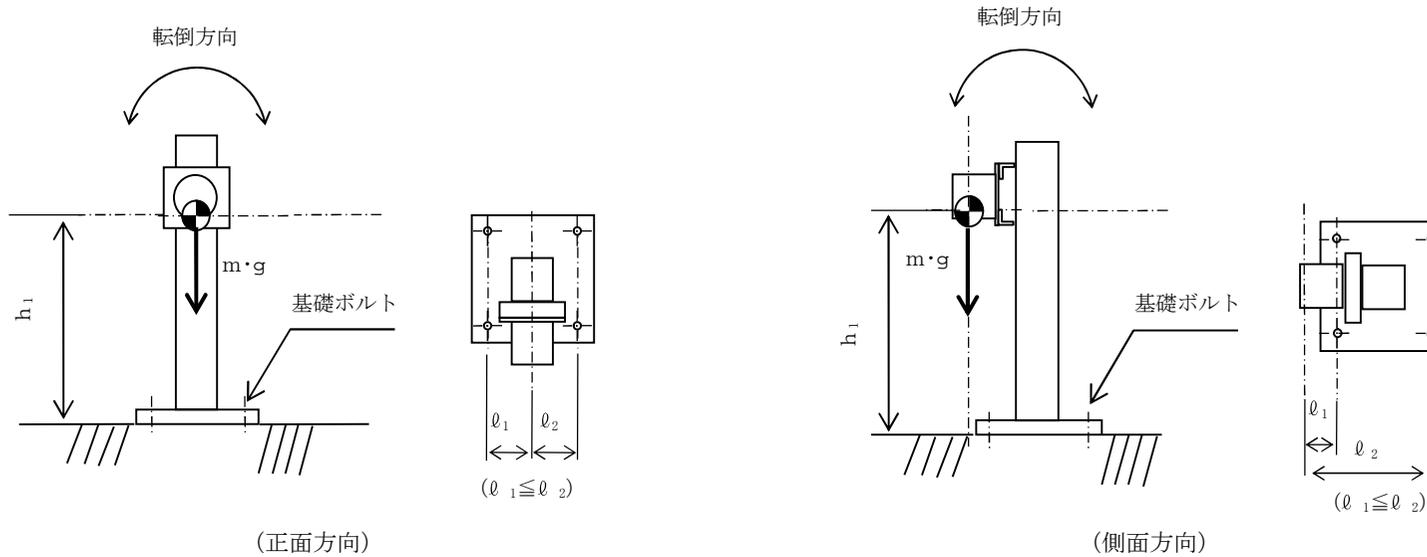
注記 \*:  $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$ より算出

3.4.2 電氣的機能の評価結果

(単位:  $\times 9.8\text{m/s}^2$ )

		評価用加速度	機能確認済加速度
原子炉水位(燃料域) (LT-B22-N044B)	水平方向	0.95	□
	鉛直方向	0.83	

評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



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 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉水位(燃料域)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋 [ ]	[ ]	[ ]	—	—	$C_H=1.13$	$C_V=0.99$	[ ]

注記\* : 基準床レベルを示す。

4.2 機器要目

4.2.1 原子炉水位(燃料域) (LT-B22-N044B)

部材	m (kg)	$h_1$ (mm)	$\ell_1$ (mm)	$\ell_2$ (mm)	$A_b$ (mm <sup>2</sup> )	n	$n_f$
基礎ボルト	[ ]						2

部材	$S_y$ (MPa)	$S_u$ (MPa)	F (MPa)	$F^*$ (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
基礎ボルト	234	385	—	270	側面方向	側面方向

4.3 計算数値

4.3.1 原子炉水位(燃料域) (LT-B22-N044B) に作用する力 (単位 : N)

部材	$F_b$		$Q_b$	
	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
基礎ボルト	[ ]			

4.4 結論

4.4.1 原子炉水位(燃料域) (LT-B22-N044B) の応力

(単位: MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト		引張り	—	—	$\sigma_b=15$	$f_{ts}=162^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=2$	$f_{sb}=124^*$

すべて許容応力以下である。

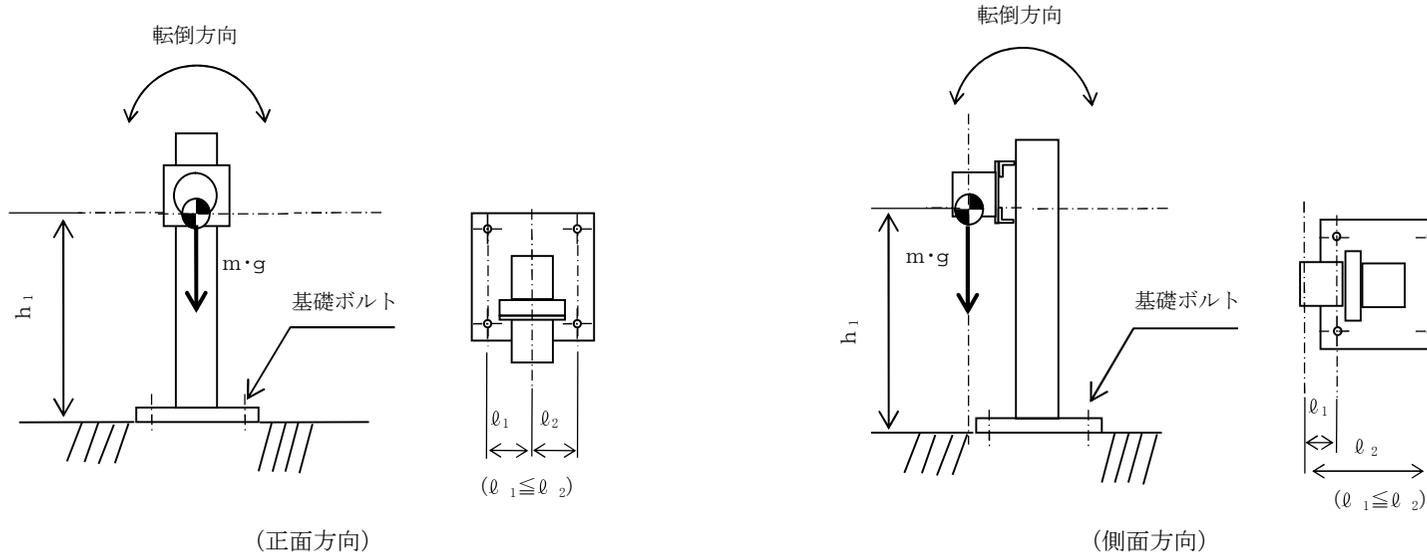
注記 \* :  $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$  より算出

4.4.2 電氣的機能の評価結果

(単位:  $\times 9.8\text{m/s}^2$ )

		評価用加速度	機能確認済加速度
原子炉水位(燃料域) (LT-B22-N044B)	水平方向	0.95	
	鉛直方向	0.83	

評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



本資料のうち、枠囲みの内容は、  
営業秘密又は防護上の観点から  
公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-635 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-6-5-25 ドライウェル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. 構造強度評価	5
3.1 構造強度評価方法	5
3.2 荷重の組合せ及び許容応力	5
4. 機能維持評価	9
4.1 電氣的機能維持評価方法	9
5. 評価結果	11
5.1 設計基準対象施設としての評価結果	11
5.2 重大事故等対処設備としての評価結果	11

## 1. 概要

本計算書は、「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、ドライウェル圧力が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

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

なお、構造強度評価については、裕度の厳しいものを代表して評価する。

表 1-1 概略構造識別

評価部位	評価方法	構造計画
PT-B22-N067A PT-B22-N067B PT-B22-N067C PT-B22-N067D PT-B22-N094A PT-B22-N094B PT-B22-N094C PT-B22-N094D PT-C72-N050A (代表) PT-C72-N050B PT-C72-N050C PT-C72-N050D	V-2-1-14-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針	表 2-1 構造計画
PT-26-79.51A (代表) PT-26-79.51B	V-2-1-14-9 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	表 2-2 構造計画
PT-26-79.60		表 2-3 構造計画

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

ドライウェル圧力の構造計画を表 2-1、表 2-2、表 2-3 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより計装ラックに取付けられた取付板に固定される。</p> <p>計装ラックは、基礎に埋め込まれた埋込金物で固定されたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。</p>	<p>検出器</p>	<p>【PT-C72-N050A】</p>

表 2-2 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより計器ステーションに取付けられた計器取付板に固定される。</p> <p>計器ステーションは、基礎に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>検出器</p>	<p>【PT-26-79.51A】</p> <p>The diagram illustrates the construction of a detector assembly. It includes three views: a top view (平面) showing a square base with four mounting holes and a central rectangular component; a front view (正面) showing a vertical post with a circular meter station at the top, mounted on a base with a central hole, secured by a base bolt (基礎ボルト) into a foundation (基礎/床面); and a side view (側面) showing the detector (検出器) mounted on a plate (取付板) which is attached to the meter station (計器ステーション) via a mounting bolt (計器取付ボルト). The side view also shows the detector's position relative to the base and foundation.</p>

表 2-3 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより計器スターションに取付けられた計器取付板に固定される。</p> <p>計器スターションは、基礎に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>検出器</p>	<p>【PT-26-79.60】</p> <p>平面</p> <p>正面</p> <p>計器スターション (正面方向)</p> <p>側面</p> <p>基礎ボルト</p> <p>基礎 (壁面)</p> <p>検出器</p> <p>計器取付ボルト</p> <p>取付板 (側面方向)</p>

### 3. 構造強度評価

#### 3.1 構造強度評価方法

ドライウエル圧力の構造は直立形計装ラック及び直立形計器スタンションであるため、構造強度評価は、「V-2-1-14-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」及び「V-2-1-14-9 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評価する。

#### 3.2 荷重の組合せ及び許容応力

##### 3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

ドライウエル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 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

ドライウエル圧力の許容応力を表 3-3 に示す。

##### 3.2.3 使用材料の許容応力評価条件

ドライウエル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 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。

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	耐震設計上の 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	ドライウエル圧力	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ <sub>A</sub> S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ <sub>A</sub> S

注記 \*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

表 3-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類* <sup>1</sup>	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	ドライウエル圧力	常設耐震／防止 常設／緩和	—* <sup>2</sup>	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	Ⅳ <sub>A</sub> S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> Sとして Ⅳ <sub>A</sub> Sの許容限 界を用いる。)

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

\*<sup>2</sup>：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 3-3 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 3-4 使用材料の許容応力評価条件 (設計基準対象施設)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
取付ボルト		周囲環境温度		235	400	—
基礎ボルト		周囲環境温度		235	400	—

表 3-5 使用材料の許容応力評価条件 (重大事故等対処設備)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
基礎ボルト		周囲環境温度		221	373	—

#### 4. 機能維持評価

##### 4.1 電氣的機能維持評価方法

ドライウエル圧力の地震後の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

電氣的機能維持評価は、「V-2-1-14-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」及び「V-2-1-14-9 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評価する。

ドライウエル圧力の機能確認済加速度には、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 機能確認済加速度 (×9.8 m/s<sup>2</sup>)

評価部位	方向	機能確認済加速度
ドライウエル圧力 (PT-C72-N050A)	水平	[ ]
	鉛直	
ドライウエル圧力 (PT-26-79.51A)	水平	
	鉛直	
ドライウエル圧力 (PT-26-79.60)	水平	
	鉛直	

## 5. 評価結果

### 5.1 設計基準対象施設としての評価結果

ドライウェル圧力の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

### 5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

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

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【ドライウエル圧力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	耐震設計上の 重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
ドライウエル圧力	S				$C_H=0.78$	$C_V=0.54$	$C_H=1.34$	$C_V=1.01$	

注記 \* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 ドライウエル圧力 (PT-C72-N050A)

部 材	$m_i$ (kg)	$h_i$ (mm)	$l_{1i}^*$ (mm)	$l_{2i}^*$ (mm)	$A_{bi}$ (mm <sup>2</sup> )	$n_i$	$n_{f1}^*$
取付ボルト (i=2)							2
							2

部 材	$S_{yi}$ (MPa)	$S_{ui}$ (MPa)	$F_i$ (MPa)	$F_i^*$ (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用 地震動 $S_d$ 又は 静的震度	基準地震動 $S_s$
取付ボルト (i=2)	235	400	235	280	長辺方向	長辺方向

注記 \* : 各ボルトにおける上段は弾性設計用地震動  $S_d$  又は静的震度に対する評価時の要目を示し、  
下段は基準地震動  $S_s$  に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F <sub>bi</sub>		Q <sub>bi</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i=2)				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト		引張り	$\sigma_{b2}=17$	$f_{ts2}=176^*$	$\sigma_{b2}=31$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=135$	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=161$

すべて許容応力以下である。

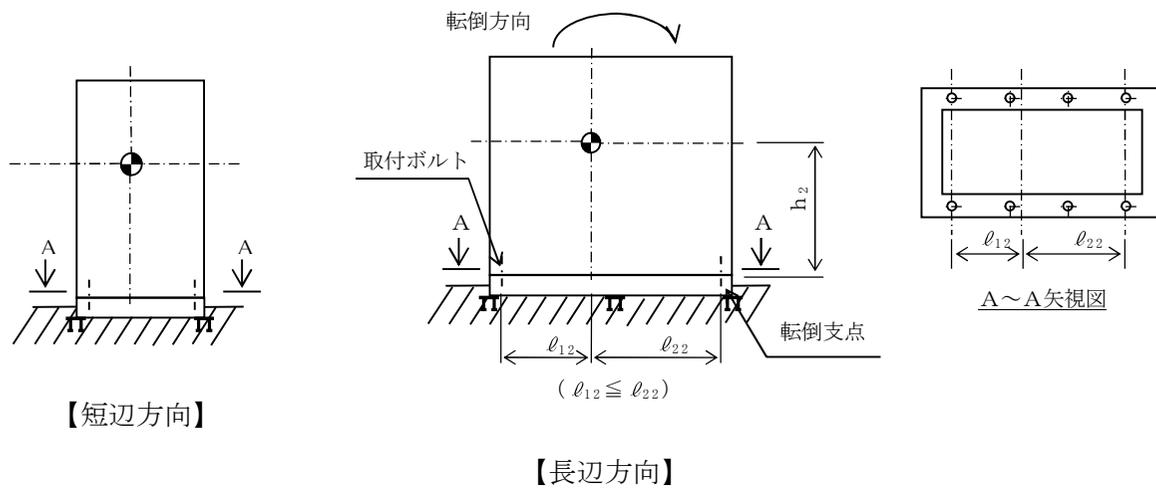
注記\*： $f_{t si} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{t oi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{t oi}]$ より算出

1.4.2 電氣的機能の評価結果

(単位：×9.8m/s<sup>2</sup>)

		評価用加速度	機能確認済加速度
ドライウェル圧力 (PT-C72-N050A)	水平方向	1.11	
	鉛直方向	0.84	

評価用加速度 (1.0ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



【ドライウエル圧力の耐震性についての計算結果】

2. 設計基準対象施設

2.1 設計条件

機器名称	耐震設計上の重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
ドライウエル圧力	S	原子炉建屋			$C_H=0.78$	$C_V=0.54$	$C_H=1.34$	$C_V=1.01$	

注記 \* : 基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

2.2.1 ドライウエル圧力 (PT-26-79.51A)

部材	m (kg)	h (mm)	$l_1^*$ (mm)	$l_2^*$ (mm)	$A_b$ (mm <sup>2</sup> )	n	$n_f$
基礎ボルト							2
							2

部材	$S_y$ (MPa)	$S_u$ (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
基礎ボルト	245	400	245	280	側面方向	側面方向

注記 \* : 各ボルトにおける上段は弾性設計用地震動  $S_d$  又は静的震度に対する評価時の要目を示し、下段は基準地震動  $S_s$  に対する評価時の要目を示す。

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位 : N)

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

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	□	引張り	$\sigma_b=7$	$f_{ts}=183^*$	$\sigma_b=13$	$f_{ts}=210^*$
		せん断	$\tau_b=1$	$f_{sb}=141$	$\tau_b=2$	$f_{sb}=161$

すべて許容応力以下である。

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

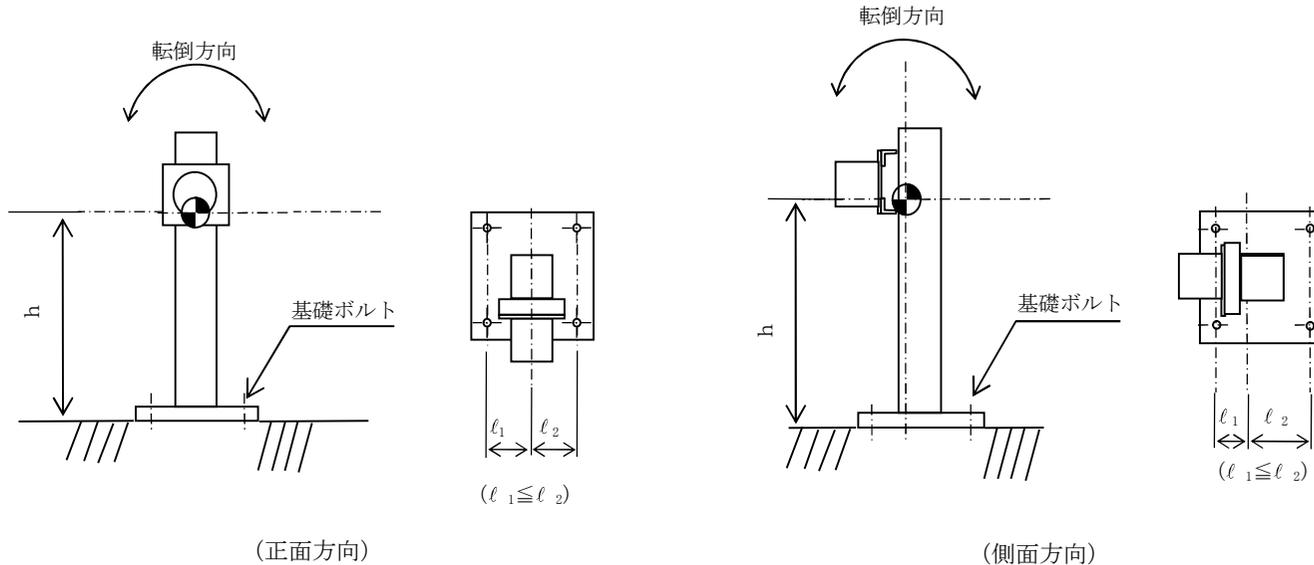
2.4.2 電氣的機能の評価結果

(単位： $\times 9.8\text{m/s}^2$ )

		評価用加速度	機能確認済加速度
ドライウェル圧力 (PT-26-79.51A)	水平方向	1.11	□
	鉛直方向	0.84	

評価用加速度 (1.0ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。

15



【ドライウエル圧力の耐震性についての評価結果】

3. 重大事故等対処設備

3.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
ドライウエル圧力	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋 [ ]	[ ]		—	—	$C_H=1.64$	$C_V=1.34$	[ ]

注記 \*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 天井設置の計器スタンションなので基準床上階の設計用地震力を使用する。

3.2 機器要目

3.2.1 ドライウエル圧力 (PT-26-79.60)

部材	m (kg)	h (mm)	$l_1$ (mm)	$l_2$ (mm)	$A_b$ (mm <sup>2</sup> )	n	$n_f$
基礎ボルト	[ ]						

部材	$S_y$ (MPa)	$S_u$ (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
基礎ボルト	221	373	—	261	—	側面方向

3.3 計算数値

3.3.1 ボルトに作用する力

(単位: N)

部材	$F_b$		$Q_b$	
	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
基礎ボルト	[ ]			

3.4 結論

3.4.1 ボルトの応力

(単位: MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	□	引張り	—	—	$\sigma_b=11$	$f_{ts}=156^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=1$	$f_{sb}=120^*$

すべて許容応力以下である。

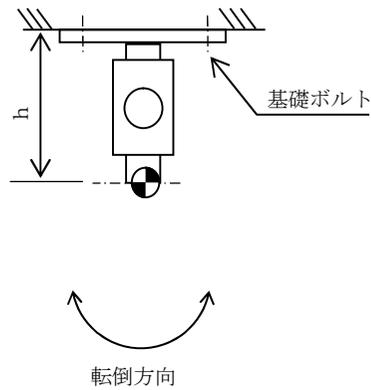
注記\*:  $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$ より算出

3.4.2 電気的機能の評価結果

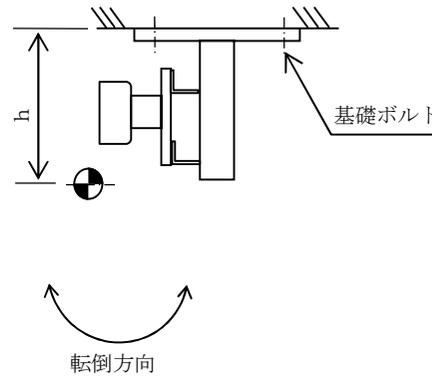
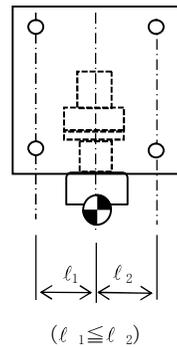
(単位:  $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )

		評価用加速度	機能確認済加速度
ドライウェル圧力計 (PT-26-79.60)	水平方向	1.37	□
	鉛直方向	1.00	

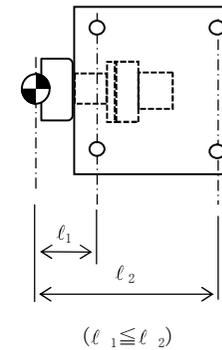
評価用加速度 (1.0ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



(正面方向)



(側面方向)



本資料のうち、枠囲みの内容は、  
営業秘密又は防護上の観点から公  
開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-839 改0
提出年月日	平成30年6月29日

## V-2-6-5-26 サプレッション・チェンバ圧力の

### 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
2.2 評価方針	5
2.3 適用基準	7
2.4 記号の説明(PT-26-79. 52A 及び PT-26-79. 61)	8
2.5 記号の説明(PT-26-79. 52B)	10
2.6 計算精度と数値の丸め方	11
3. 評価部位	12
3.1 PT-26-79. 52A 及び PT-26-9. 61 の評価部位	12
3.2 PT-26-79. 52B の評価部位	12
4. 固有周期	13
4.1 PT-26-79. 52A 及び PT-26-79. 61 の基本方針	13
4.2 PT-26-79. 52A 及び PT-26-79. 61 の固有周期の算出方法	13
4.3 PT-26-79. 52B の固有値解析方法	13
4.4 PT-26-79. 52B の解析モデル及び諸元	13
4.5 固有値解析結果	14
5. 構造強度評価	15
5.1 構造強度評価方法	15
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	16
5.3 設計用地震力	21
5.4 計算方法	22
5.5 計算条件	29
5.6 応力の評価	30
6. 機能維持評価	31
6.1 電氣的機能維持評価方法	31
7. 評価結果	32
7.1 設計基準対象施設としての評価結果	32
7.2 重大事故等対処設備としての評価結果	32

## 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・チェンバ圧力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。

サプレッション・チェンバ圧力のうち、機器番号 PT-26-79.52A 及び PT-26-79.52B は、設計基準対象施設においては S クラス施設に、機器番号 PT-26-79.61 は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

サプレッション・チェンバ圧力の構造計画を表 2-1, 2-2, 2-3 に示す。

表 2-1 構造計画 (PT-26-79.52A)

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより取付板に固定され、取付板は、取付板取付ボルトにより計器スタンションに固定される。</p> <p>計器スタンションは、基礎に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>検出器</p>	<p>The diagram illustrates the assembly structure in two views: a front view (正面) and a side view (側面).          - In the front view, the detector (検出器) is mounted on a mounting plate (取付板) using detector mounting bolts (計器取付ボルト). The mounting plate is attached to the meter station (計器スタンション) using mounting plate mounting bolts (取付板取付ボルト).          - In the side view, the meter station (計器スタンション) is shown mounted on a base (基礎) using base bolts (基礎ボルト). The base is a wall (壁面).          - A top-down view (平面) shows the detector and mounting plate assembly from above.          - Labels include: 平面 (Top view), 正面 (Front view), 側面 (Side view), 平面方向 (Front view direction), 側面方向 (Side view direction), 計器スタンション (Meter station), 取付板 (Mounting plate), 計器取付ボルト (Detector mounting bolt), 検出器 (Detector), 取付板取付ボルト (Mounting plate mounting bolt), 基礎ボルト (Base bolt), and 基礎(壁面) (Base/Wall).</p>

表 2-2 構造計画 (PT-26-79.52B)

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより取付板に固定され、取付板は、取付板取付ボルトにより計器スタンションに固定される。</p> <p>計器スタンションは、埋込金物に溶接で設置する。</p>	<p>検出器</p>	<p>The diagram illustrates the detector assembly in two views: a front view (正面) and a side view (側面). The front view shows a detector (検出器) mounted on a mounting plate (取付板), which is secured to a meter station (計器スタンション) by a detector mounting bolt (計器取付ボルト). The side view shows the mounting plate (取付板) attached to a wall-mounted base (基礎(壁面)) using a mounting plate mounting bolt (取付板取付ボルト). The detector (検出器) is welded (溶接部) to a cast-in metal part (埋込金物). Labels also indicate the 'plane' (平面) and 'plane direction' (平面方向) views.</p>

表 2-3 構造計画 (PT-26-79.61)

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより取付板に固定され、取付板は、取付板取付ボルトにより計器スタンションに固定される。</p> <p>計器スタンションは、基礎に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>検出器</p>	

## 2.2 評価方針

### 2.2.1 PT-26-79.52A 及び PT-26-79.61 の評価方針

サプレッション・チェンバ圧力 (PT-26-79.52A 及び PT-26-79.61) の応力評価は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針 3.1 構造強度上の制限」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示すサプレッション・チェンバ圧力 (PT-26-79.52A 及び PT-26-79.61) 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応力等が許容限界内に収まることを、「5. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、サプレッション・チェンバ圧力 (PT-26-79.52A 及び PT-26-79.61) の機能維持評価は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針 4.3 電氣的機能維持」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを、「6. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「7. 評価結果」に示す。

サプレッション・チェンバ圧力 (PT-26-79.52A 及び PT-26-79.61) の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

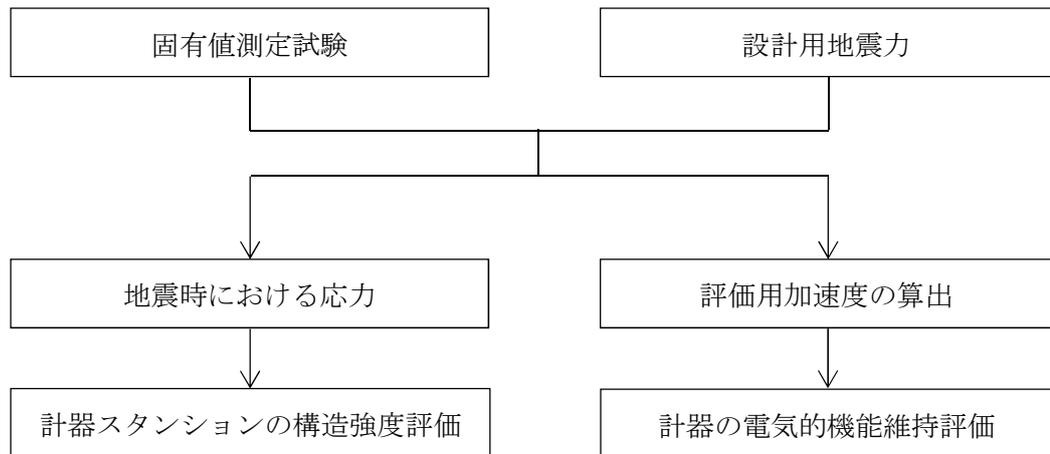


図 2-1 サプレッション・チェンバ圧力 (PT-26-79.52A 及び PT-26-79.61) の耐震評価フロー

## 2.2.2 PT-26-79.52B の評価方針

サプレッション・チェンバ圧力 (PT-26-79.52B) の応力評価は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針 3.1 構造強度上の制限」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示すサプレッション・チェンバ圧力 (PT-26-79.52B) 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応力等が許容限界内に収まることを、「5. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、サプレッション・チェンバ圧力 (PT-26-79.52B) の機能維持評価は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針 4.3 電氣的機能維持」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを、「6. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「7. 評価結果」に示す。

サプレッション・チェンバ圧力 (PT-26-79.52B) の耐震評価フローを図 2-2 に示す。

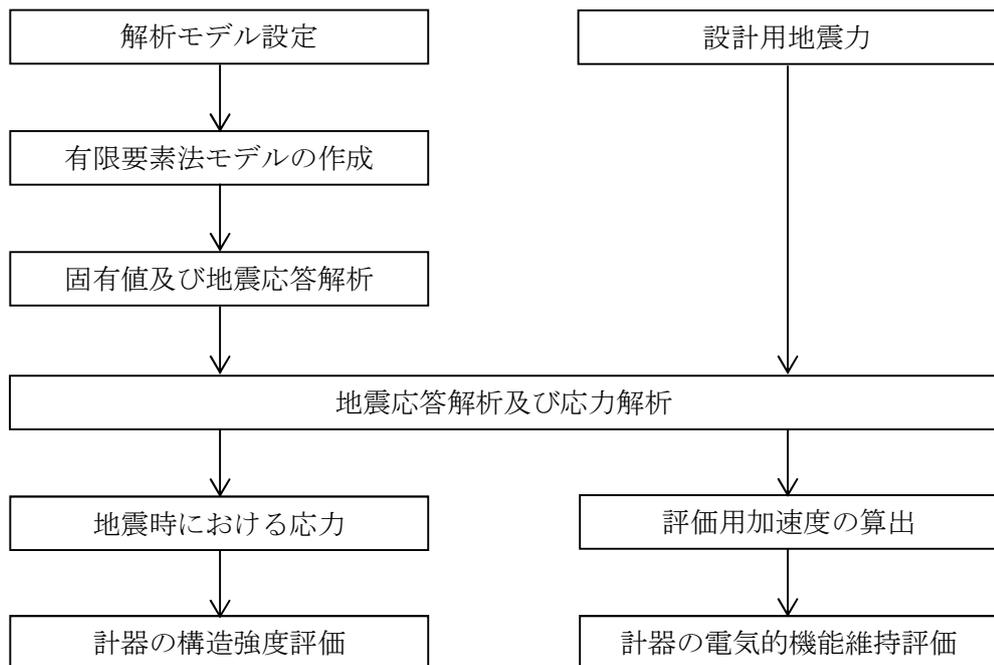


図 2-2 サプレッション・チェンバ圧力 (PT-26-79.52B) の耐震評価フロー

### 2.3 適用基準

適用基準を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針（重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984, J E A G 4 6 0 1 -1987及びJ E A G 4 6 0 1 -1991 追補版）（日本電気協会 電気技術基準調査委員会 昭和59年9月, 昭和62年8月及び平成3年6月）
- (2) 発電用原子力設備規格（設計・建設規格（2005年版（2007年追補版含む。）） J S M E S N C 1 -2005/2007）（日本機械学会 2007年9月）（以下「設計・建設規格」という。）

2.4 記号の説明 (PT-26-79.52A 及び PT-26-79.61)

記号	記号の説明	単位
$A_b$	基礎ボルトの軸断面積	$\text{mm}^2$
$C_H$	水平方向設計震度	—
$C_V$	鉛直方向設計震度	—
$d$	基礎ボルトの呼び径	mm
$F$	設計・建設規格 SSB-3131 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
$F_{b1}$	鉛直方向地震及び壁掛盤取付面に対し左右方向の水平方向地震により基礎ボルトに作用する引張力 (1本当たり) (壁掛形)	N
$F_{b2}$	鉛直方向地震及び壁掛盤取付面に対し前後方向の水平方向地震により基礎ボルトに作用する引張力 (1本当たり) (壁掛形)	N
$f_{sb}$	せん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力	MPa
$f_{to}$	引張力のみを受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
$f_{ts}$	引張力とせん断力を同時に受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
$g$	重力加速度 (=9.80665)	$\text{m/s}^2$
$h_1$	取付面から重心までの距離	mm
$h_2$	取付面から重心までの距離 (壁掛形)	mm
$l_1$	重心と基礎ボルト間の水平方向距離* <sup>1</sup>	mm
$l_2$	重心と基礎ボルト間の水平方向距離* <sup>1</sup>	mm
$l_3$	重心と下側基礎ボルト間の距離 (壁掛形)	mm
$l_a$	側面 (左右) 基礎ボルト間の距離 (壁掛形)	mm
$l_b$	上下基礎ボルト間の距離 (壁掛形)	mm
$m$	計器スタンプの質量	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	—
$n_{fV}$	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 (側面方向転倒) (壁掛形)	—
$n_{fH}$	評価上引張力を受けるとして期待する基礎ボルトの本数 (平面方向転倒) (壁掛形)	—
$Q_b$	基礎ボルトに作用するせん断力	N
$Q_{b1}$	水平方向地震により基礎ボルトに作用するせん断力	N
$Q_{b2}$	鉛直方向地震により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 Part 5 表9に定める値	MPa
$S_y$	設計・建設規格 付録材料図表 Part 5 表8に定	M

記号	記号の説明	単位
$\pi$	円周率	—
$\sigma_b$	基礎ボルトに生じる引張応力	MPa
$\tau_b$	基礎ボルトに生じるせん断応力	MPa

注記\*1 :  $\theta_1 \leq \theta_2$

2.5 記号の説明 (PT-26-79.52B)

記号	記号の説明	単位
a	溶接部の有効のど厚	mm
$A_w$	溶接部の有効断面積	mm <sup>2</sup>
$A_{wY}$	溶接部の $F_Y$ に対する有効断面積	mm <sup>2</sup>
$A_{wZ}$	溶接部の $F_Z$ に対する有効断面積	mm <sup>2</sup>
$C_H$	水平方向設計震度	—
$C_V$	鉛直方向設計震度	—
D	計器スタンプの径	mm
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
$F_X$	溶接部に作用する力 (X方向)	N
$F_Y$	溶接部に作用する力 (Y方向)	N
$F_Z$	溶接部に作用する力 (Z方向)	N
$f_s$	溶接部の許容せん断応力	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s <sup>2</sup>
$Z_Y$	溶接全断面におけるY軸方向の断面係数	mm <sup>3</sup>
$Z_Z$	溶接全断面におけるZ軸方向の断面係数	mm <sup>3</sup>
$Z_p$	溶接全断面におけるねじり断面係数	mm <sup>3</sup>
$\ell$	据付面から計器荷重点、計器固定金具荷重点までの距離	mm
$M_X$	溶接部に作用するモーメント (X軸周り)	N・m
$M_Y$	溶接部に作用するモーメント (Y軸周り)	N・m
$M_Z$	溶接部に作用するモーメント (Z軸周り)	N・m
s	溶接脚長	mm
$S_u$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa
$S_y$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa
W	計器, 計器固定金具の荷重	N
$\pi$	円周率	—
$\sigma_t$	溶接部に生じる引張応力	MPa
$\sigma_b$	溶接部に生じる曲げ応力	MPa
$\sigma_w$	溶接部に生じる組合せ応力	MPa
$\tau$	溶接部に生じるせん断応力	MPa

## 2.6 計算精度と数値の丸め方

精度は6桁以上を確保する。表示する数値の丸め方は表2-2に示すとおりとする。

表 2-2 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第4位	四捨五入	小数点以下第3位
震度	—	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位
温度	°C	—	—	整数位
質量*1	kg	—	—	整数位
長さ*1	mm	—	—	整数位
面積	mm <sup>2</sup>	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
断面係数	mm <sup>3</sup>	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
モーメント	N・mm	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力*3	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

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

\*2:絶対値が1000以上のときは,べき数表示とする。

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

### 3. 評価部位

#### 3.1 PT-26-79.52A 及び PT-26-79.61 の評価部位

サプレッション・チェンバ圧力計（PT-26-79.52A 及び PT-26-79.61）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。サプレッション・チェンバ圧力（PT-26-79.52A 及び PT-26-79.61）の耐震評価部位については、表 2-1 の概略構造図に示す。

#### 3.2 PT-26-79.52B の評価部位

サプレッション・チェンバ圧力（PT-26-79.52B）の耐震評価は、「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる溶接部を選定して実施する。サプレッション・チェンバ圧力（PT-26-79.52B）の耐震評価部位については、表 2-2 の概略構造図に示す。

#### 4. 固有周期

##### 4.1 PT-26-79.52A 及び PT-26-79.61 の基本方針

サプレッション・チェンバ圧力 (PT-26-79.52A 及び PT-26-79.61) の固有周期は、加振試験 (自由振動試験) にて求める。なお、加振試験が行われていない計器スタンションについては、構造が同等であり、同様な振動特性を持つ計器スタンションに対する加振試験の結果算定された固有周期を使用する。

##### 4.2 PT-26-79.52A 及び PT-26-79.61 の固有周期の算出方法

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

##### 4.3 PT-26-79.52B の固有値解析方法

サプレッション・チェンバ圧力 (PT-26-79.52B) の固有値解析方法を以下に示す。

- (1) サプレッション・チェンバ圧力 (PT-26-79.52B) は、4.2 解析モデル及び諸元に示す 3 次元はりモデルとして考える。

##### 4.4 PT-26-79.52B の解析モデル及び諸元

サプレッション・チェンバ圧力 (PT-26-79.52B) 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、機器の諸元を表 4-1 に示す。

- (1) サプレッション・チェンバ圧力 (PT-26-79.52B) の質量は、それぞれの重心に集中するものとする。
- (2) サプレッション・チェンバ圧力 (PT-26-79.52B) 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) 計算機コードは、「SAP-V」を使用し、固有値及び荷重を求める。なお、評価に用いる計算機コードの検証及び妥当性確認等の概要については、「V-5-4 計算機プログラム (解析コード) の概要 ・ HISAP 及び NSAFE」に示す。
- (4) 拘束条件として、基礎部の XYZ 方向を固定する。

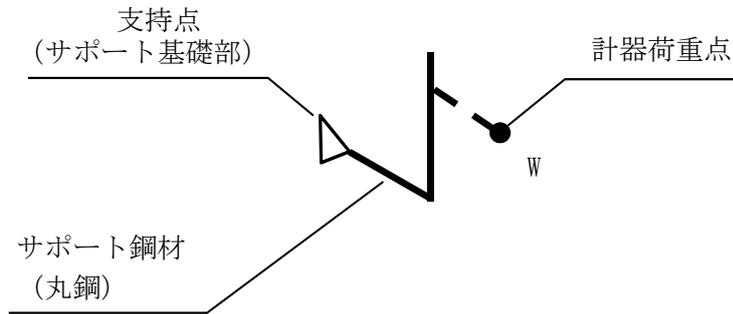


図 4-1 解析モデル

表 4-1 機器諸元 (PT-26-79.52B)

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	
質量	m	kg	
温度条件 (雰囲気温度)	T	°C	
縦弾性係数	E	MPa	
ポアソン比	$\nu$	—	
要素数	—	個	
節点数	—	個	

#### 4.5 固有値解析結果

固有値解析結果を表 4-2 に示す。

表 4-2 固有値解析結果 (s)

モード	卓越方向	固有周期
1 次	—	0.05 以下
2 次	—	—
3 次	—	—

## 5. 構造強度評価

### 5.1 構造強度評価方法

#### 5.1.1 PT-26-79.52A 及び PT-26-79.61 の構造強度評価方法

4.2 項のほか、次の条件で計算する。

- (1) 計器スタンションの質量は重心に集中しているものとする。
- (2) 地震力は計器スタンションに対して、水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
- (3) 計器スタンションは溶接及び基礎ボルトで壁面に固定されており、固定端とする。
- (4) 転倒方向は、平面方向及び側面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) 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) 設計用地震力は「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。
- (7) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

#### 5.1.2 PT-26-79.52B の構造強度評価方法

4.4 項(1)～(4)のほか、次の条件で計算する。

- (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) 地震力は圧力計及び計器固定金具に対して、水平方向及び鉛直方向から同時に作用するものとする。
- (3) 計器スタンションは、溶接により壁面に固定された固定端とする。ここで、基礎については、剛となるように設計する。
- (4) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

## 5.2 荷重の組合せ及び許容応力

### 5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

サプレッション・チェンバ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 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

サプレッション・チェンバ圧力 (PT-26-79.52A 及び PT-26-79.61) の許容応力を表 5-3 に、サプレッション・チェンバ圧力 (PT-26-79.52B) の許容応力を表 5-4 に示す。

### 5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

サプレッション・チェンバ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 5-5 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-6 に示す。

表 5-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	サプレッション・チェンバ 圧力	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	ⅢA S
					$D + P_D + M_D + S_s$	ⅣA S

注記 \*1：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 5-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	サプレッション・チェンバ 圧力	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	ⅣA S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V A S (V A Sとし てⅣA Sの許 容限界を用い る。)

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

\*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 5-3 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 5-4 許容応力（その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界 <sup>*1, *2</sup> (ボルト以外)			
	一次応力			
	引張り	せん断	圧縮	曲げ
Ⅲ <sub>A</sub> S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$	$1.5 \cdot f_c$	$1.5 \cdot f_b$
Ⅳ <sub>A</sub> S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$1.5 \cdot f_c^*$	$1.5 \cdot f_b^*$

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 5-5 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 (°C)	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
溶接部		周囲環境温度	188	373	—
基礎ボルト		周囲環境温度	221	373	—

表 5-6 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
基礎ボルト		周囲環境温度	221	373	—

### 5.3 設計用地震力

#### 5.3.1 PT-26-79.52A 及び PT-26-79.61 の設計用地震力

「基準地震動  $S_s$ 」による地震力は、「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づく。

#### 5.3.2 PT26-79.52B の設計用地震力

耐震評価に用いる設計用地震力を表 5-7 に示す。

「基準地震動  $S_s$ 」による地震力は、「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づく。

表 5-7 設計地震力（設計基準対象施設）

耐震設計上の重要度分類	据付場所及び床面高さ(m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$	
		水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度
S				$C_H=0.69$	$C_V=0.53$	$C_H=1.13$	$C_V=0.99$

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：天井設置の計器スタンションなので、基準床上階の設計用地震力を使用する。

5.4 計算方法

5.4.1 PT-26-79.52A 及び PT-26-79.61 の応力の計算方法

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。

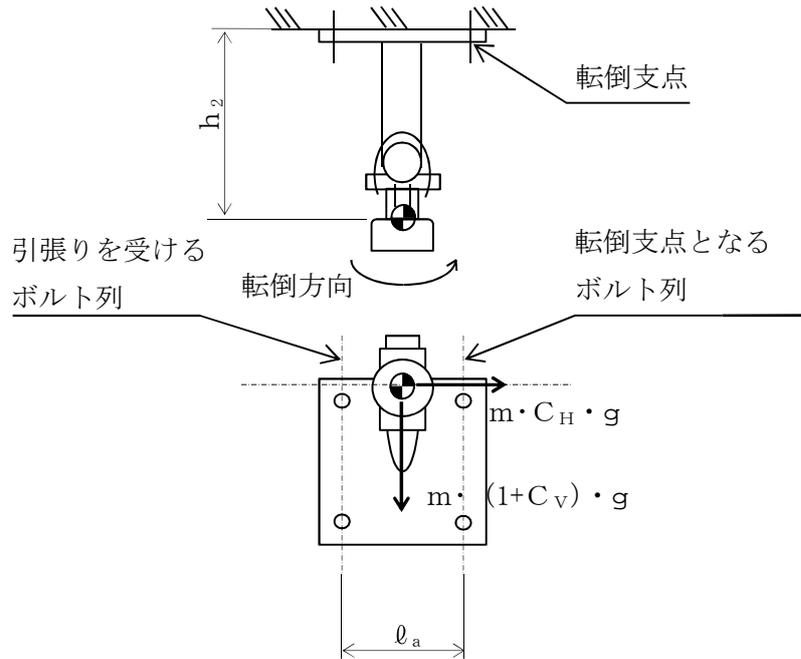


図5-1(1) PT-26-79.52A 計算モデル  
(壁掛形 平面方向転倒の場合)

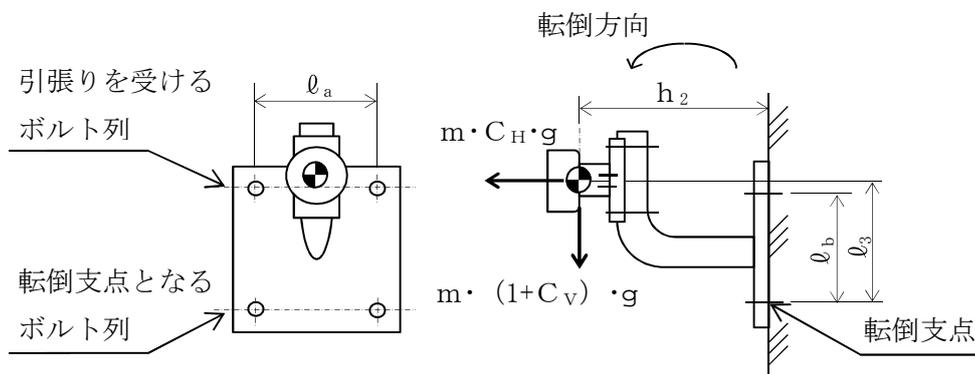
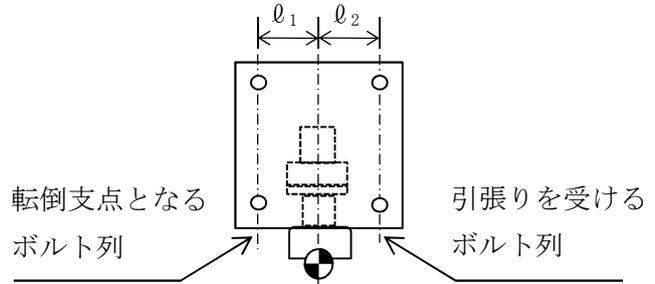
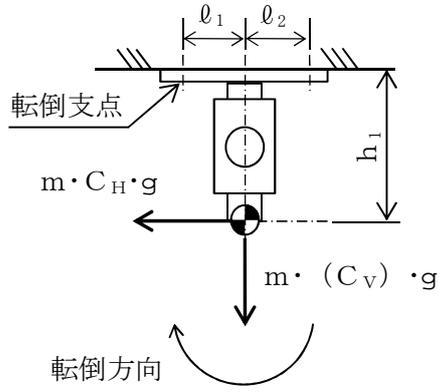
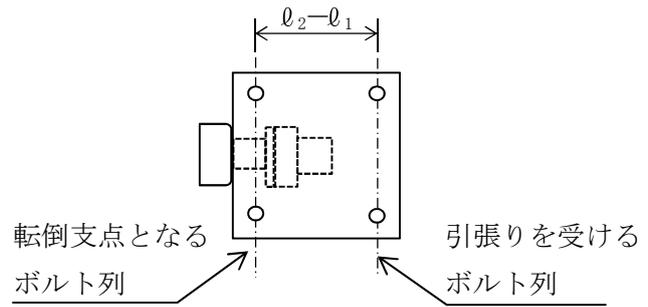
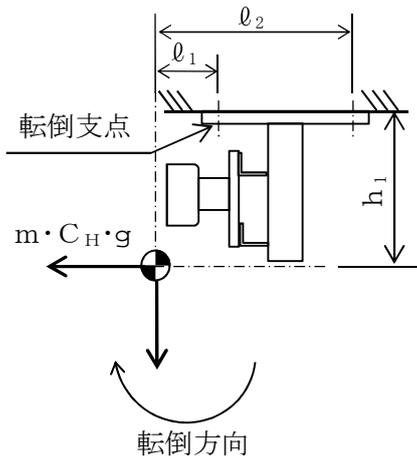


図5-1(2) PT-26-79.52A 計算モデル  
(壁掛形 側面方向転倒の場合)



$(l_1 \leq l_2)$

図5-1(3) PT-26-79.61 計算モデル  
(直立形 正面方向転倒の場合)



$(l_1 \leq l_2)$

図5-1(4) PT-26-79.61 計算モデル  
(直立形 側面方向転倒の場合)

## (1) 引張応力

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

引張力 ( $F_b$ )

計算モデル図5-1 (1)の場合の引張力

$$F_{b1} = m \cdot g \cdot \left( \frac{C_H \cdot h_2}{n_{fH} \cdot \ell_a} + \frac{(1 + C_V) \cdot h_2}{n_{fV} \cdot \ell_b} \right) \dots\dots\dots (5.4.1.1.1)$$

計算モデル図5-1 (2)の場合の引張力

$$F_{b2} = m \cdot g \cdot \left( \frac{C_H \cdot \ell_3 + (1 + C_V) \cdot h_2}{n_{fV} \cdot \ell_b} \right) \dots\dots\dots (5.4.1.1.2)$$

計算モデル図5-1 (3)の場合の引張力

$$F_b = \frac{m \cdot g \cdot C_H \cdot h_1 - m \cdot g \cdot (1 - C_V) \cdot \ell_1}{n_f \cdot (\ell_1 + \ell_2)} \dots\dots\dots (5.4.1.1.3)$$

計算モデル図5-1 (4)の場合の引張力

$$F_b = \frac{m \cdot g \cdot C_H \cdot h_1 + m \cdot g \cdot (1 + C_V) \cdot \ell_2}{n_f \cdot (\ell_2 - \ell_1)} \dots\dots\dots (5.4.1.1.4)$$

引張応力 ( $\sigma_b$ )

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b} \dots\dots\dots (5.4.1.1.5)$$

ここで、基礎ボルトの軸断面積  $A_b$  は次式により求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \dots\dots\dots (5.4.1.1.6)$$

## (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 ( $Q_b$ )

a. 直立形の場合

$$Q_b = m \cdot g \cdot C_H \cdots \cdots (5.4.1.1.7)$$

b. 壁掛形の場合

$$Q_{b1} = m \cdot g \cdot C_H \cdots \cdots (5.4.1.1.8)$$

$$Q_{b2} = m \cdot g \cdot (1 + C_V) \cdots \cdots (5.4.1.1.9)$$

$$Q_b = \sqrt{(Q_{b1})^2 + (Q_{b2})^2} \cdots \cdots (5.4.1.1.10)$$

せん断応力 ( $\tau_b$ )

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n \cdot A_b} \cdots \cdots (5.4.1.1.11)$$

5.4.2 PT-26-79.52B の溶接部の応力

3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。

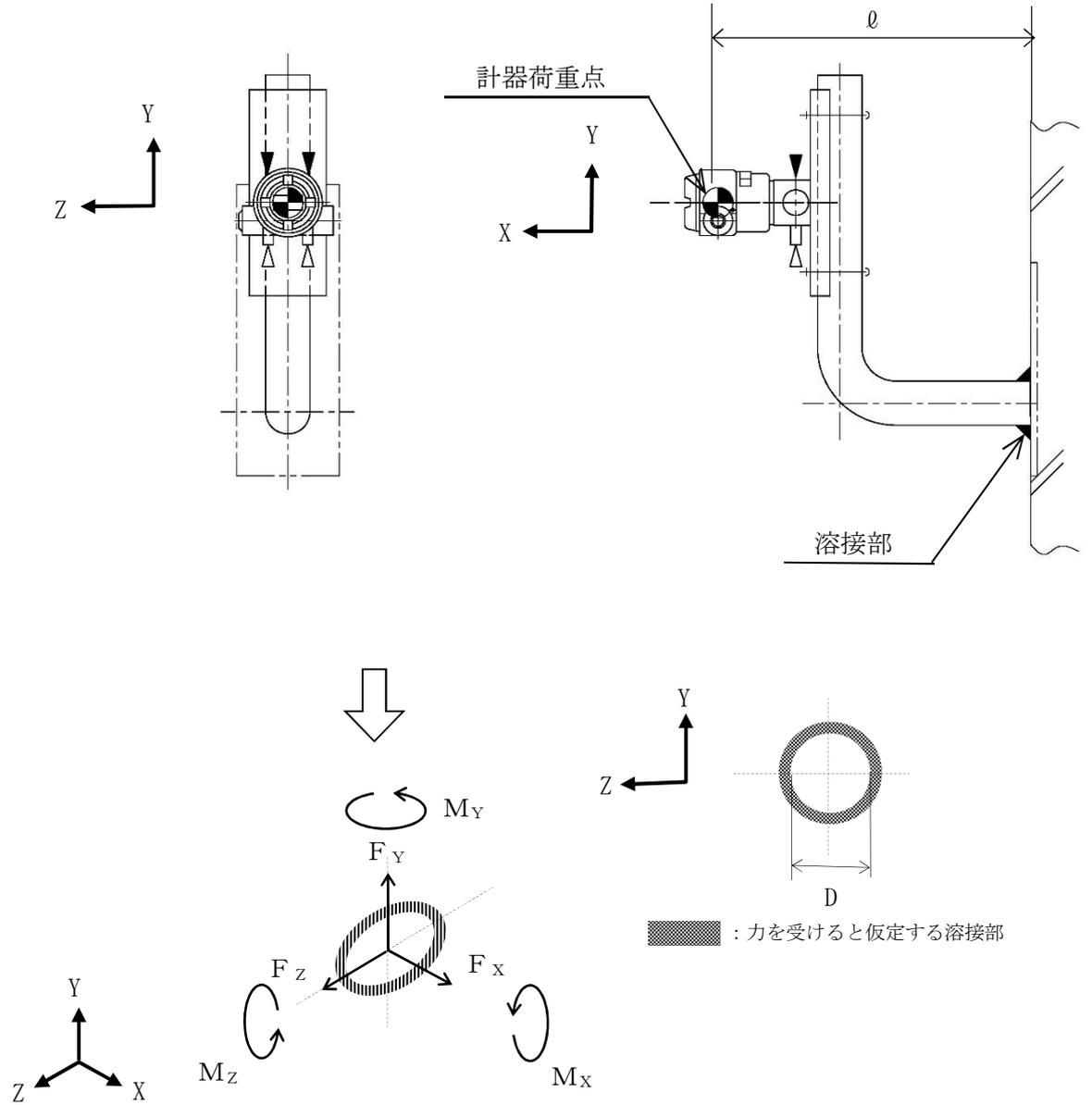


図 5-2 計算モデル (溶接部)

個別解析によって得られた溶接部評価点の最大反力とモーメントを表 5-8 に示す。

表5-8 溶接部発生反力, モーメント

対象計器	供用状態	反力(N)			モーメント(N・m)		
		F <sub>X</sub>	F <sub>Y</sub>	F <sub>Z</sub>	M <sub>X</sub>	M <sub>Y</sub>	M <sub>Z</sub>
PT-26-79.52B	C (Ⅲ <sub>A</sub> S)	96.9	214.9	96.9	19.41	32.35	91.14
	D (Ⅳ <sub>A</sub> S)	158.7	279.5	158.7	31.80	52.98	125.1

(1) 引張応力

溶接部に対する引張応力は, 全溶接断面積で受けるものとして計算する。

引張応力 (σ<sub>t</sub>)

$$\sigma_t = \frac{F_X}{A_w} \dots\dots\dots (5.4.2.1)$$

ここで, 引張り力を受ける溶接部の有効断面積A<sub>w</sub>は, 次式により求める。

$$A_w = \frac{\pi}{4} \{(D+2 \cdot a)^2 - D^2\} \dots\dots\dots (5.4.2.2)$$

ただし, 溶接部の有効のど厚 a は,

$$a = 0.7 \cdot s \dots\dots\dots (5.4.2.3)$$

(2) せん断応力

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

せん断応力 (τ)

$$\tau = \sqrt{\left(\frac{F_Y}{A_{wY}} + \frac{M_X}{Z_p}\right)^2 + \left(\frac{F_Z}{A_{wZ}} + \frac{M_X}{Z_p}\right)^2} \dots\dots\dots (5.4.2.4)$$

ここで, A<sub>wY</sub>, A<sub>wZ</sub>はせん断力を受ける各方向の有効断面積, Z<sub>p</sub>は溶接断面におけるねじり断面係数を示す。

A<sub>wY</sub>, A<sub>wZ</sub>は, 次式により求める。

$$A_{wY} = \frac{1}{2} \cdot \frac{\pi}{4} \{(D+2 \cdot a)^2 - D^2\} \dots\dots\dots (5.4.2.5)$$

$$A_{wZ} = \frac{1}{2} \cdot \frac{\pi}{4} \{(D+2 \cdot a)^2 - D^2\} \dots\dots\dots (5.4.2.6)$$

(3) 曲げ応力

溶接部に対する曲げモーメントは、図5-2でY軸方向、Z軸方向に対する曲げモーメントを最も外側の溶接部で受けるものとして計算する。

曲げ応力 ( $\sigma_b$ )

$$\sigma_b = \frac{M_Y}{Z_Y} + \frac{M_Z}{Z_Z} \dots\dots\dots (5.4.2.7)$$

$Z_Y$ ,  $Z_Z$ は溶接断面のY軸及びZ軸に関する断面係数を示す。

(4) 組合せ応力

溶接に対する組合せ応力は、各応力を足し合わせたものとして計算する。

$$\sigma_w = \sqrt{(\sigma_t + \sigma_b)^2 + \tau^2} \dots\dots\dots (5.4.2.8)$$

## 5.5 計算条件

### 5.5.1 PT-26-79.52A及びPT-26-79.61の基礎ボルトの応力計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【サプレッション・チェンバ圧力 (PT-26-79.52A) の耐震性についての計算結果】及び【サプレッション・チェンバ圧力 (PT-26-79.61) の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器様目に示す。

### 5.5.2 PT-26-79.52Bの溶接部の応力計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【サプレッション・チェンバ圧力 (PT-26-79.52B) の耐震性についての計算結果】の設計条件および機器要目に示す。

5.6 応力の評価

5.6.1 PT-26-79.52A 及び PT-26-79.61 のボルトの応力評価

5.4.1.1 項で求めたボルトの引張応力  $\sigma_b$  は次式より求めた許容引張応力  $f_{ts}$  以下であること。

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

$$f_{ts} = 1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b \dots\dots\dots (5.6.1.1)$$

かつ、

$$f_{ts} \leq f_{to} \dots\dots\dots (5.6.1.2)$$

ただし、 $f_{to}$  及び  $f_{sb}$  は下表による。

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

5.6.2 PT-26-79.52B の溶接部の評価

5.4.2 項で求めた溶接部に発生する応力は、許容応力  $f_s$  以下であること。

ただし、 $f_s$  は下表による。

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

6. 機能維持評価

6.1 電気的機能維持評価方法

サプレッション・チェンバ圧力の電気的機能維持評価について以下に示す。

電気的機能維持評価は、「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

サプレッション・チェンバ圧力の機能確認済加速度には、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 (単位:  $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )

評価部位	形式	方向	機能確認済加速度	
サプレッション・チェンバ圧力 (PT-26-79.52A)	差圧伝送器(圧力)	水平		
		鉛直		
サプレッション・チェンバ圧力 (PT-26-79.52B)	差圧伝送器(圧力)	水平		
		鉛直		
サプレッション・チェンバ圧力 (PT-26-79.61)	差圧伝送器(圧力)	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

サプレッション・チェンバ圧力の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

### 7.2 重大事故等対処設備としての評価結果

サプレッション・チェンバ圧力の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【サブプレッション・チェンバ圧力(PT-26-79.52A)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(PT-26-79.52A)

機器名称	耐震設計上の重要度分類	据付場所及び床面高さ(m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$		周囲環境温度(°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
サブプレッション・チェンバ圧力(PT-26-79.52A)	S				$C_H=0.69^{*3}$	$C_V=0.53^{*3}$	$C_H=1.13^{*4}$	$C_V=0.99^{*4}$	

1.2 機器要目

1.2.1 サブプレッション・チェンバ圧力(PT-26-79.52A)

部材	m(kg)	$h_2$ (mm)	$l_3$ (mm)	$l_a$ (mm)	$l_b$ (mm)	$A_b$ (mm <sup>2</sup> )	n	$n_{LV}$	$n_{FH}$
基礎ボルト									2

注記\*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 壁掛形の計器スタンションなので、設置床上階の設計用地震力を使用する。

\*3: 弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度を上回る設計震度

\*4: 基準地震動 $S_s$ の震度を上回る設計震度

部材	$S_y$ (MPa)	$S_u$ (MPa)	F(MPa)	F*(MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
基礎ボルト	221	373	221	261	平面方向	平面方向

1.3 計算数値

1.3.1 サブプレッション・チェンバ圧力(PT-26-79.52A)に作用する力

(単位: N)

部材	$F_b$		$F_{b1}$		$F_{b2}$		$Q_b$	
	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$						
基礎ボルト								

1.4 結論

1.4.1 サプレッション・チェンバ圧力計(PT-26-79.52A)の応力

(単位: MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト		引張り	$\sigma_b=4$	$f_{ts}=132^*$	$\sigma_b=6$	$f_{ts}=156^*$
		せん断	$\tau_b=1$	$f_{sb}=102^*$	$\tau_b=2$	$f_{sb}=120^*$

すべて許容応力以下である。

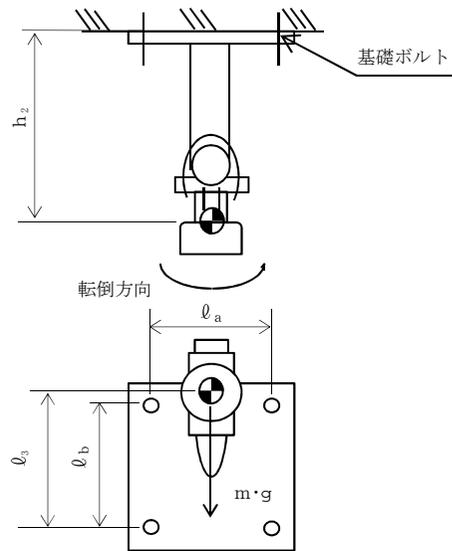
注記\*: (5.4.1)式より算出

1.4.2 電氣的機能の評価結果

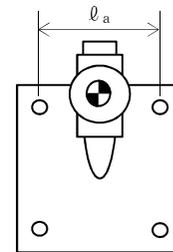
(単位:  $\times 9.8m/s^2$ )

		評価用加速度	機能確認済加速度
サプレッション・チェンバ圧力計 (PT-26-79.52A)	水平方向	0.95	
	鉛直方向	0.83	

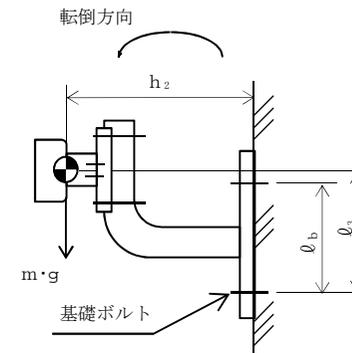
評価用加速度 (1.0ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



(平面方向)



(側面方向)



【サブプレッション・チェンバ圧力計(PT-26-79.52B)の耐震性についての計算結果】

2. 設計基準対象施設

2.1 設計条件(PT-26-79.52B)

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
サブプレッション・チェンバ 圧力計 (PT-26-79.52B)	S	原子炉建物		—*5	$C_H=0.69^{*3}$	$C_V=0.53^{*3}$	$C_H=1.13^{*4}$	$C_V=0.99^{*4}$	

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：壁掛形の計器スタンションなので、設置床上階の設計用地震力を使用する。

\*3：弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度を上回る設計震度

\*4：基準地震動 $S_s$ の震度を上回る設計震度

\*5：固有周期は十分に小さく計算は省略する

2.2 機器要目

2.2.1 サプレッション・チェンバ圧力計(PT-26-79.52B)溶接部

部 材	W (N)	ℓ (mm)	s (mm)	a (mm)	D (mm)	$A_w$ (mm <sup>2</sup> )	$A_{wY}$ (mm <sup>2</sup> )	$A_{wZ}$ (mm <sup>2</sup> )	$Z_Y$ (mm <sup>3</sup> )	$Z_Z$ (mm <sup>3</sup> )	$Z_p$ (mm <sup>3</sup> )	$S_y$ (MPa)	$S_u$ (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
溶接部 (PT-26-79.52B)															

2.3 計算数値

2.3.1 溶接部に作用する力

(単位：N)

部 材	F <sub>x</sub>		F <sub>y</sub>		F <sub>z</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
溶接部 (PT-26-79.52B)	[Redacted]					

2.3.2 溶接部に作用するモーメント

(単位：N・m)

部 材	M <sub>x</sub>		M <sub>y</sub>		M <sub>z</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
溶接部 (PT-26-79.52B)	[Redacted]					

2.4 結 論

2.4.1 溶接部の応力

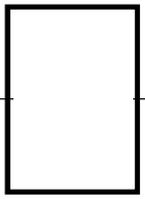
(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
溶接部 (PT-26-79.52B)	[Redacted]	引張り	1	108	1	129
		せん断	4	108	6	129
		曲げ	22	108	31	129
		組合せ	22	108	32	129

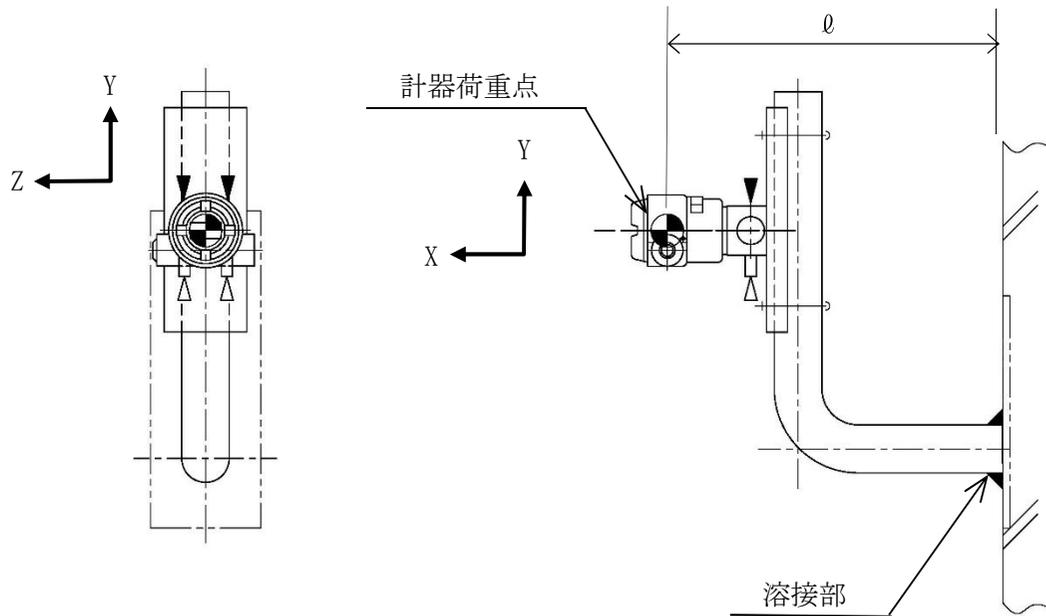
すべて許容応力以下である。

2.4.3 電氣的機能の評価結果

(単位 :  $\times 9.8\text{m/s}^2$ )

		評価用加速度	機能確認済加速度
溶接部 (PT-26-79.52B)	水平方向	0.95	
	鉛直方向	0.83	

評価用加速度 (1.0ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



【サブプレッション・チェンバ圧力計(PT-26-79.61)の耐震性についての計算結果】

3. 重大事故等対処設備

3.1 設計条件(PT-26-79.61)

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
サブプレッション・チェンバ 圧力計 (PT-26-79.61)	- (Ss)	原子炉建屋 <div style="border: 2px solid black; width: 100px; height: 20px;"></div>	0.05 以下	0.05 以下	-	-	$C_H=1.13^{*3}$	$C_V=0.99^{*3}$	<div style="border: 2px solid black; width: 50px; height: 40px;"></div>

注記\*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 天井設置の計器スタンションなので、基準床上階の設計用地震力を使用する。

\*3: 基準地震動 $S_s$ の震度を上回る設計震度

3.2 機器要目

3.2.1 サプレッション・チェンバ圧力計(PT-26-79.61)

部 材	m (kg)	$h_1$ (mm)	$l_1$ (mm)	$l_2$ (mm)	$A_b$ (mm <sup>2</sup> )	n	$n_f$
基礎ボルト							

部 材	$S_y$ (MPa)	$S_u$ (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
基礎ボルト	221	373	-	261	-	側面方向

3.3 計算数値

3.3.1 サプレッション・チェンバ圧力計(PT-26-79.61)に作用する力 (単位: N)

部 材	$F_b$		$Q_b$	
	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
基礎ボルト				

3.4 結論

3.4.1 サプレッション・チェンバ圧力計(PT-26-79.61)の応力

(単位: MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト		引張り	—	—	$\sigma_b=9$	$f_{ts}=156^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=1$	$f_{sb}=120^*$

すべて許容応力以下である。

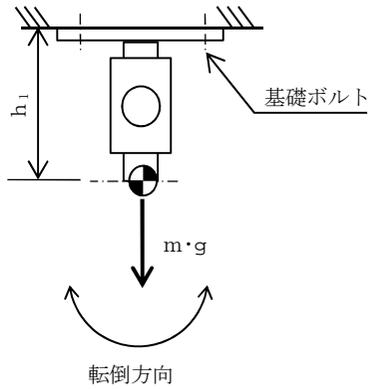
注記\*: (5.4.1)式より算出

3.4.2 電氣的機能の評価結果

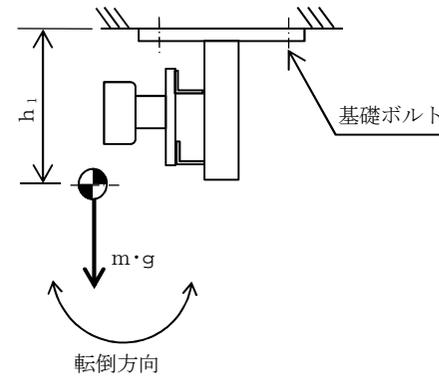
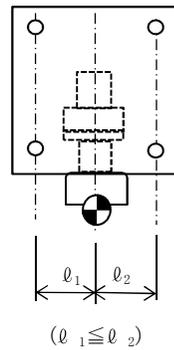
(単位:  $\times 9.8m/s^2$ )

		評価用加速度	機能確認済加速度
サプレッション・チェンバ圧力計 (PT-26-79.61)	水平方向	0.95	
	鉛直方向	0.83	

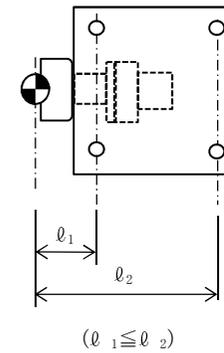
評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



(正面方向)



(側面方向)



本資料のうち、枠囲みの内容は、  
営業秘密又は防護上の観点から公  
開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資 料 番 号	工認-797 改0
提 出 年 月 日	平成30年6月29日

V-2-6-5-27 サプレッション・プール水温度の  
耐震性についての計算書

## 目次

1. 概要 .....	1
2. 一般事項 .....	1
2.1 構造計画 .....	1
2.2 評価方針 .....	5
2.3 適用基準 .....	5
3. 評価部位 .....	5
4. 機能維持評価 .....	6
4.1 機能維持評価方法 .....	6
4.2 加振試験 .....	7
5. 評価結果 .....	8
5.1 設計基準対象施設としての評価結果 .....	8
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」にて設定している機能維持の設計方針に基づき、サプレッション・プール水温度が設計用地震力に対して十分な電氣的機能を有していることを説明するものである。

サプレッション・プール水温度は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設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、分類に応じた電氣的機能維持評価を示す。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

サプレッション・プール水温度の構造計画を表 2-1, 表 2-2 及び表 2-3 に示す。

表 2-1 構造計画（設計基準対象施設）

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>温度計は、温度計保護管内に設置し、温度計保護管は、温度計サポートを介して、溶接により架構に設置する。</p>	<p>温度計</p>	<p>【TE-T23-N001B, N001C, N002B, N002C, N003B, N003C, N007, N009, N011, N012, N013, N014】</p>

表 2-2 構造計画 (設計基準対象施設)

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>温度計は、温度計保護管内に設置し、温度計保護管は、温度計サポートを介して、溶接によりコラムサポートに設置する。</p>	<p>温度計</p>	<p>【TE-T23-N004B, N004C, N005B, N005C, N006B, N006C, N015, N017, N019, N020, N021, N022】</p>

表 2-3 構造計画（重大事故等対処設備）

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>温度計は、温度計保護管内に設置し、温度計保護管は、温度計サポートを介して、溶接によりコラムサポートに設置する。</p>	<p>温度計</p>	<p>【TE-T23-N030, N040, N050】</p>

## 2.2 評価方針

サブプレッション・プール水温度の機能維持評価は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針 4.2 電氣的機能維持」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを、「4. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5. 評価結果」に示す。

サブプレッション・プール水温度の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

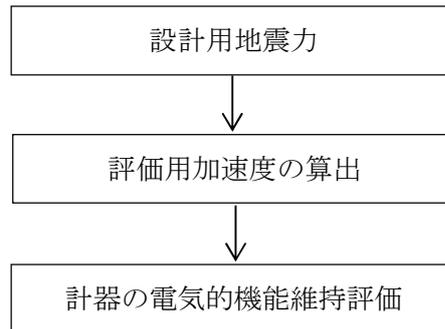


図 2-1 サプレッション・プール水温度の耐震評価フロー

## 2.3 適用基準

本計算書においては、原子力発電所耐震設計技術指針（重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984, J E A G 4 6 0 1 -1987及び J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版）（日本電気協会 電気技術基準調査委員会 昭和59年9月、昭和62年8月及び平成3年6月）に準拠して評価する。

## 3. 評価部位

サブプレッション・プール水温度は、サブプレッション・チェンバ内の架構に直接取り付けられた温度計サポートに挿入され固定されることから、サブプレッション・チェンバが支持している。サブプレッション・チェンバの構造強度評価は「V-2-9-2-1 原子炉格納容器本体の耐震性についての計算書」にて実施しているため、本計算書では、原子炉格納容器本体の地震応答解析結果を用いたサブプレッション・プール水温度の電氣的機能維持評価について示す。

サブプレッション・プール水温度の機能維持評価は、検出器取付位置の加速度により実施する。サブプレッション・プール水温度の耐震評価箇所については、表 2-1、表 2-2 及び表 2-3 の概略構造図に示す。

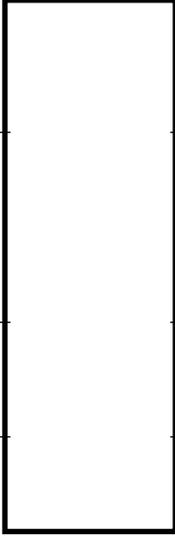
#### 4. 機能維持評価

##### 4.1 電氣的機能維持評価方法

サプレッション・プール水温度の電氣的機能維持評価について以下に示す。

サプレッション・プール水温度はサプレッション・チェンバの架構に直接取り付けられた温度計サポートに挿入されることから、評価用加速度は、「V-2-9-2-1 原子炉格納容器本体の耐震性についての計算書」に示す重大事故等対処設備の地震応答解析で評価したサプレッション・プール水温度取付部の質点に生じる加速度とし、評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを確認する。機能確認済加速度には、検出器単体の加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。機能確認済加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 機能確認済加速度 (×9.8 m/s<sup>2</sup>)

評価部位	方向	機能確認済加速度
サプレッション・プール水温度 (TE-T23-N001B～N006B) (TE-T23-N001C～N006C) (TE-T23-N007, N009) (TE-T23-N011～N015) (TE-T23-N017) (TE-T23-N019～N022)	水平	
	鉛直	
サプレッション・プール水温度 (TE-T23-N030) (TE-T23-N040) (TE-T23-N050)	水平	
	鉛直	

## 4.2 加振試験

### 4.2.1 基本事項

サプレッション・プール水温度について実際の設置状態を模擬して加振試験を行い、基準地震動  $S_s$  による地震力に対して要求される機能が維持されることを確認する。

### 4.2.2 設計用地震力

表 4-2 評価用加速度を上回る加速度で加振を行う。

- ・加振波 : 正弦波
- ・加振方向 : 水平 2 方向 (X, Y), 垂直方向 (Z)

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

対象機器設置個所	加振方向	評価用加速度
原子炉建屋	水平	1.00
<input type="text"/>	鉛直	0.93

## 5. 評価結果

### 5.1 設計基準対象施設としての評価結果

サプレッション・プール水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氣的機能を有することを確認した。

#### (1) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

## 5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

サプレッション・プール水温度の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。

発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有することを確認した。

### (1) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【サプレッション・プール水温度の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象設備
  - 1.1 電氣的機能の評価結果

(単位：×9.8 m/s<sup>2</sup>)

		評価用加速度	機能確認済加速度
サプレッション・プール水温度 (TE-T23-N001B~N006B) (TE-T23-N001C~N006C) (TE-T23-N007, N009) (TE-T23-N011~N015) (TE-T23-N017) (TE-T23-N019~N022)	水平方向	1.00	
	鉛直方向	0.93	

評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備
  - 2.1 電氣的機能の評価結果

(単位：×9.8 m/s<sup>2</sup>)

		評価用加速度	機能確認済加速度
サプレッション・プール水温度 (TE-T23-N030) (TE-T23-N040) (TE-T23-N050)	水平方向	1.00	
	鉛直方向	0.93	

評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

本資料のうち、枠囲みの内容は、  
営業秘密又は防護上の観点から公開  
できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資 料 番 号	工認-823 改0
提 出 年 月 日	平成30年6月29日

V-2-6-5-28 ドライウェル雰囲気温度の耐震性についての計算書

## 目次

1.	概要	1
2.	一般事項	1
2.1	構造計画	1
2.2	評価方針	4
2.3	適用基準	4
3.	評価部位	4
4.	機能維持評価	5
4.1	電気的機能維持評価方法	5
4.2	加振試験	6
4.2.1	基本事項	6
4.2.1	設計用地震力	6
5.	評価結果	7
5.1	重大事故等対処設備としての評価結果	7

## 1. 概要

本計算書は、「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、ドライウェル雰囲気温度が設計用地震力に対して十分な電氣的機能を有していることを説明するものである。

ドライウェル雰囲気温度は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての電氣的機能維持評価を示す。

## 2. 一般事項

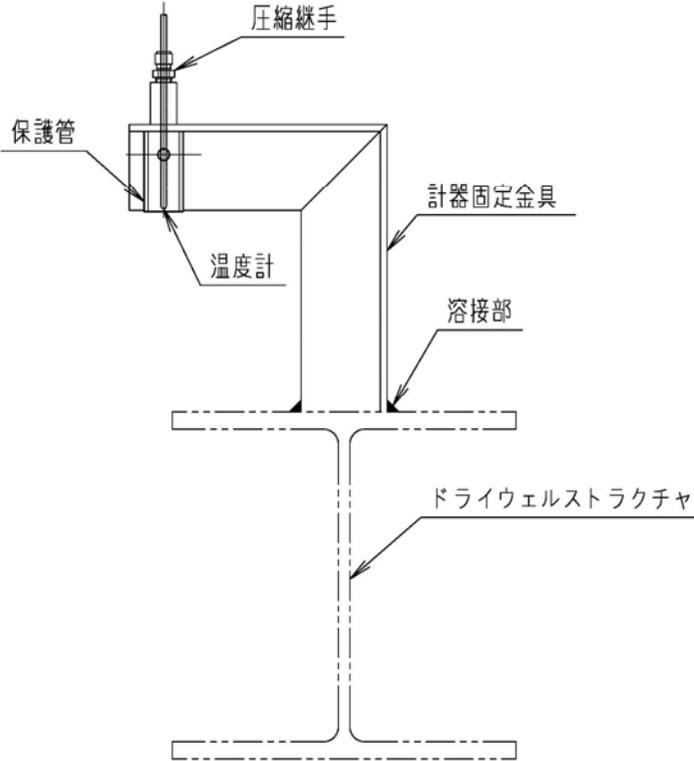
### 2.1 構造計画

ドライウェル雰囲気温度の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図 ( I 形 )
基礎・支持構造	主体構造	
<p>温度計は，計器固定金具に圧縮継手により固定する。</p> <p>計器固定金具は，溶接によりドライウェルストラクチャ，またはペデスタルに設置する。</p>	<p>温度計</p>	<p>【TE-26-79.61A, B, TE-26-79.63A, B, TE-26-79.64A, B】</p>

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図 (L形)
基礎・支持構造	主体構造	
<p>温度計は、計器固定金具に圧縮継手により固定する。 計器固定金具は、溶接によりドライウェルストラクチャに設置する。</p>	<p>温度計</p>	<p>【TE-26-79. 62A, B】</p> 

## 2.2 評価方針

ドライウエル雰囲気温度の機能維持評価は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針 4.2 電氣的機能維持」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを、「4. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5. 評価結果」に示す。

ドライウエル雰囲気温度の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

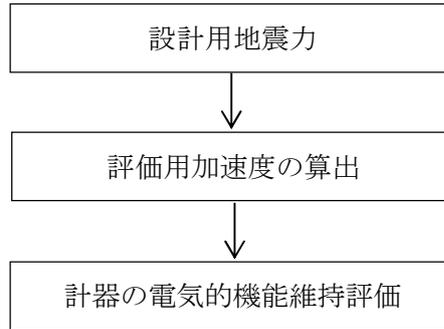


図 2-1 ドライウエル雰囲気温度の耐震評価フロー

## 2.3 適用基準

適用基準を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針（重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補-1984, J E A G 4 6 0 1 -1987及び J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版）（日本電気協会 電気技術基準調査委員会 昭和59年9月, 昭和62年8月及び平成3年6月）
- (2) 発電用原子力設備規格（設計・建設規格（2005年版（2007年追補版含む。）） J S M E S N C 1 -2005/2007）（日本機械学会 2007年9月）（以下「設計・建設規格」という。）

## 3. 評価部位

ドライウエル雰囲気温度は、計器固定金具に圧縮継手により固定され、計器固定金具は溶接によりドライウエルストラクチャまたはペDESTALに設置することから、ドライウエルまたはペDESTALが支持している。ドライウエル、ペDESTALの構造強度評価は「V-2-9-2-1 原子炉格納容器本体の耐震性についての計算書」にて実施しているため、本計算書では、原子炉格納容器本体の地震応答解析結果を用いたドライウエル雰囲気温度の電氣的機能維持評価について示す。

ドライウエル雰囲気温度の機能維持評価は、検出器取付位置の加速度により実施する。ドライウエル雰囲気温度の耐震評価箇所については、表 2-1 の概略構造図に示す。

#### 4. 機能維持評価

##### 4.1 電氣的機能維持評価方法

ドライウエル雰囲気温度の電氣的機能維持評価について以下に示す。

ドライウエル雰囲気温度はドライウエルまたはペデスタルに設置することから，評価用加速度は，「V-2-9-2-1 原子炉格納容器本体の耐震性についての計算書」に示す重大事故等対処設備の地震応答解析で評価したドライウエル雰囲気温度取付部の質点に生じる加速度とし，評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを確認する。機能確認済加速度には，検出器単体の加振試験において，電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。機能確認済加速度を表 6-1 に示す。

表 6-1 機能確認済加速度 (単位：×9.8 m/s<sup>2</sup>)

評価部位	方向	機能確認済加速度	
ドライウエル雰囲気温度 (TE-26-79.61A)	水平		
	鉛直		
ドライウエル雰囲気温度 (TE-26-79.61B)	水平		
	鉛直		
ドライウエル雰囲気温度 (TE-26-79.62A)	水平		
	鉛直		
ドライウエル雰囲気温度 (TE-26-79.62B)	水平		
	鉛直		
ドライウエル雰囲気温度 (TE-26-79.63A)	水平		
	鉛直		
ドライウエル雰囲気温度 (TE-26-79.63B)	水平		
	鉛直		
ドライウエル雰囲気温度 (TE-26-79.64A)	水平		
	鉛直		

評価部位	方向	機能確認済加速度
ドライウエル雰囲気温度 (TE-26-79.64B)	水平	□
	鉛直	

#### 4.2 加振試験

##### 4.2.1 基本事項

ドライウエル雰囲気温度について実際の設置状態を模擬して加振試験を行い、基準地震動 S<sub>s</sub> による地震力に対して要求される機能が維持されることを確認する。

##### 4.2.2 設計用地震力

表 4-2 評価用加速度を上回る加速度で加振を行う。

- ・加振波 : 正弦波
- ・加振方向 : 水平 2 方向 (X, Y), 垂直方向 (Z)

表 4-2 評価用加速度 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

対象機器設置個所	加振方向	評価用加速度
原子炉建屋 □	水平	1.17
	鉛直	0.98
原子炉建屋 □	水平	1.77
	鉛直	1.17

## 5. 評価結果

### 5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

ドライウェル雰囲気温度の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。  
評価用加速度は機能確認済加速度以下であり、設計用地震力に対して電氣的機能が維持されていることを確認した。

#### (1) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【ドライウエル雰囲気温度の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 電氣的機能の評価結果

(単位 :  $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )

		評価用加速度	機能確認済加速度
ドライウエル雰囲気温度 (TE-26-79.61A)	水平方向	1.17	
	鉛直方向	0.98	
ドライウエル雰囲気温度 (TE-26-79.61B)	水平方向	1.17	
	鉛直方向	0.98	
ドライウエル雰囲気温度 (TE-26-79.62A)	水平方向	1.77	
	鉛直方向	1.17	
ドライウエル雰囲気温度 (TE-26-79.62B)	水平方向	1.77	
	鉛直方向	1.17	
ドライウエル雰囲気温度 (TE-26-79.63A)	水平方向	1.77	
	鉛直方向	1.17	
ドライウエル雰囲気温度 (TE-26-79.63B)	水平方向	1.77	
	鉛直方向	1.17	
ドライウエル雰囲気温度 (TE-26-79.64A)	水平方向	1.77	
	鉛直方向	1.17	
ドライウエル雰囲気温度 (TE-26-79.64B)	水平方向	1.77	
	鉛直方向	1.17	

評価用加速度 (1.0ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。

本資料のうち、枠囲みの内容は、  
営業秘密又は防護上の観点から公  
開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資 料 番 号	工認-824 改0
提 出 年 月 日	平成30年6月29日

V-2-6-5-29 サプレッション・チェンバ雰囲気温度の  
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	適用基準	3
3.	評価部位	3
4.	機能維持評価	4
4.1	電気的機能維持評価方法	4
4.2	加振試験	5
4.2.1	基本事項	5
4.2.1	設計用地震力	5
5.	評価結果	6
5.1	重大事故等対処設備としての評価結果	6

## 1. 概要

本計算書は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している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・チェンバ雰囲気温度が設計用地震力に対して十分な電氣的機能を有していることを説明するものである。

サプレッション・チェンバ雰囲気温度は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての電氣的機能維持評価を示す。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

サプレッション・チェンバ雰囲気温度の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>温度計は、計器固定金具に圧縮継手により固定する。 計器固定金具は、溶接により壁面に設置する。</p>	<p>温度計</p>	

## 2.2 評価方針

サプレッション・チェンバ雰囲気温度の機能維持評価は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針 4.2 電氣的機能維持」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを、「4. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5. 評価結果」に示す。

サプレッション・チェンバ雰囲気温度の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

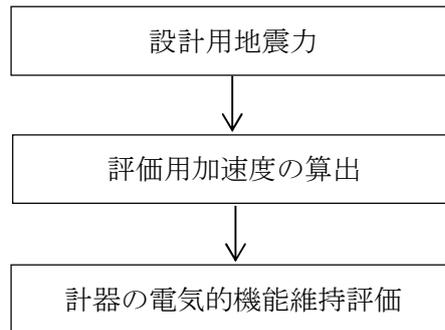


図 2-1 サプレッション・チェンバ雰囲気温度の耐震評価フロー

## 2.3 適用基準

適用基準を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針（重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・ 補 - 1984, J E A G 4 6 0 1 - 1987 及び J E A G 4 6 0 1 - 1991 追補版）（日本電気協会 電気技術基準調査委員会 昭和59年9月, 昭和62年8月及び平成3年6月）
- (2) 発電用原子力設備規格（設計・建設規格（2005年版（2007年追補版含む。）） J S M E S N C 1 - 2005/2007）（日本機械学会 2007年9月）（以下「設計・建設規格」という。）

## 3. 評価部位

サプレッション・チェンバ雰囲気温度は、計器固定金具に圧縮継手により固定され、計器固定金具は溶接によりサプレッション・チェンバ壁面に設置することから、サプレッション・チェンバが支持している。サプレッション・チェンバの構造強度評価は「V-2-9-2-1 原子炉格納容器本体の耐震性についての計算書」にて実施しているため、本計算書では、原子炉格納容器本体の地震応答解析結果を用いたサプレッション・チェンバの電氣的機能維持評価について示す。

サプレッション・チェンバ雰囲気温度の機能維持評価は、検出器取付位置の加速度により実施する。ドライウェル雰囲気温度の耐震評価箇所については、表 2-1 の概略構造図に示す。

#### 4. 機能維持評価

##### 4.1 機能維持評価方法

サプレッション・チェンバ雰囲気温度の電氣的機能維持評価について以下に示す。サプレッション・チェンバ雰囲気温度はサプレッション・チェンバ壁面に設置することから、評価用加速度は、「V-2-9-2-1 原子炉格納容器本体の耐震性についての計算書」に示す重大事故等対処設備の地震応答解析で評価したサプレッション・チェンバ雰囲気温度取付部の質点に生じる加速度とし、評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを確認する。機能確認済加速度には、検出器単体の加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。機能確認済加速度を表4-1に示す。

表 6-1 機能確認済加速度 (単位：×9.8 m/s<sup>2</sup>)

評価部位	方向	機能確認済加速度
サプレッション・チェンバ雰囲気温度 (TE-26-79.65A)	水平	
	鉛直	
サプレッション・チェンバ雰囲気温度 (TE-26-79.65B)	水平	
	鉛直	

## 4.2 加振試験

### 4.2.1 基本事項

サプレッション・チェンバ雰囲気温度について実際の設置状態を模擬して加振試験を行い、基準地震動  $S_s$  による地震力に対して要求される機能が維持されることを確認する。

### 4.2.2 設計用地震力

表 4-2 評価用加速度を上回る加速度で加振を行う。

- ・加振波 : 正弦波
- ・加振方向 : 水平 2 方向 (X, Y), 垂直方向 (Z)

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

対象機器設置個所	加振方向	評価用加速度
原子炉建屋	水平	1.17
<input type="text"/>	鉛直	0.98

## 5. 評価結果

### 5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

サプレッション・チェンバ雰囲気温度の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。評価用加速度は機能確認済加速度以下であり，設計用地震力に対して電氣的機能が維持されていることを確認した。

#### (1) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【サブプレッション・チェンバ雰囲気温度の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 電気的機能の評価結果

(単位：×9.8 m/s<sup>2</sup>)

		評価用加速度	機能確認済加速度	
サブプレッション・チェンバ雰囲気温度 (TE-26-79.65A)	水平方向	1.00		
	鉛直方向	0.93		
サブプレッション・チェンバ雰囲気温度 (TE-26-79.65B)	水平方向	1.00		
	鉛直方向	0.93		

評価用加速度 (1.0ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。

本資料のうち、枠囲みの内容は、  
営業秘密又は防護上の観点から  
公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-786 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-6-5-30 格納容器内水素濃度の耐震性についての計算書

## 目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 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
4. 機能維持評価	6
4.1 電気的機能維持評価方法	6
5. 評価結果	6
5.1 設計基準対象施設としての評価結果	6

## 1. 概要

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

格納容器内水素濃度及び格納容器内酸素濃度は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に分類される。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、本計算書では、「V-2-6-5-32 格納容器内酸素濃度の耐震性についての計算書」の評価も併せて説明する。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

格納容器内水素濃度及び格納容器内酸素濃度の構造計画を表2-1に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより計装ラックに取付けられた取付板に固定される。</p> <p>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。</p>	<p>検出器</p>	

### 3. 構造強度評価

#### 3.1 構造強度評価方法

格納容器内水素濃度及び格納容器内酸素濃度の構造は直立形計装ラックであるため、構造強度評価は、「V-2-1-14-8 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評価する。

#### 3.2 荷重の組合せ及び許容応力

##### 3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

格納容器内水素濃度及び格納容器内酸素濃度の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 3-1 に示す。

##### 3.2.2 許容応力

格納容器内水素濃度及び格納容器内酸素濃度の許容応力を表 3-2 に示す。

##### 3.2.3 使用材料の許容応力評価条件

格納容器内水素濃度及び格納容器内酸素濃度の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 3-3 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	耐震設計上の 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	格納容器内水素濃度 格納容器内酸素濃度	S	-*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	III <sub>A</sub> S
					$D + P_D + M_D + S_s$	IV <sub>A</sub> S

注記 \*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 3-2 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
Ⅲ <sub>A</sub> S	$1.5 \cdot f_{ti}$	$1.5 \cdot f_{si}$
Ⅳ <sub>A</sub> S	$1.5 \cdot f_{ti}^*$	$1.5 \cdot f_{si}^*$

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

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

表 3-3 使用材料の許容応力評価条件 (設計基準対象施設)

評価部材	材料	温度条件 (°C)	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (RT) (MPa)
取付ボルト		周囲環境温度	211	394	—

4. 機能維持評価

4.1 電氣的機能維持評価方法

格納容器内水素濃度及び格納容器内酸素濃度の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

電氣的機能維持評価は、「V-2-1-14-8 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評価する。

格納容器内水素濃度及び格納容器内酸素濃度の機能確認済加速度には、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 機能確認済加速度 (×9.8 m/s<sup>2</sup>)

評価部位	方向	機能確認済加速度
格納容器内水素濃度 格納容器内酸素濃度	水平	
	鉛直	

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

格納容器内水素濃度及び格納容器内酸素濃度の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【直立形計装ラックのつけ意】

【格納容器内水素濃度、格納容器内酸素濃度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	耐震設計上の重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
格納容器内水素濃度 格納容器内酸素濃度	S				$C_H=0.78$	$C_V=0.54$	$C_H=1.34$	$C_V=1.01$	

注記 \*1: 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 格納容器内水素濃度 (D23-H2E-N002A), 格納容器内酸素濃度 (D23-O2E-N001A)

部材	$m_i$ (kg)	$h_i$ (mm)	$\ell_{1i}^{*2}$ (mm)	$\ell_{2i}^{*2}$ (mm)	$A_{bi}$ (mm <sup>2</sup> )	$n_i$	$n_{ri}^{*2}$
取付ボルト (i=2)							12
							2

部材	$S_{yi}$ (MPa)	$S_{ui}$ (MPa)	$F_i$ (MPa)	$F_{i^*}$ (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
取付ボルト (i=2)	211	394	211	253	短辺方向	長辺方向

注記 \*1: 重心位置を保守的な位置に設定して評価する。

\*2: 取付けボルトにおける, 上段は弾性設計用地震動  $S_d$  又は静的震度に対する評価時の要目を示し, 下段は基準地震動  $S_s$  に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F <sub>bi</sub>		Q <sub>bi</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i=2)				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)		引張り	σ <sub>b2</sub> =9	f <sub>ts2</sub> =158	σ <sub>b2</sub> =18	f <sub>ts2</sub> =190*
		せん断	τ <sub>b2</sub> =2	f <sub>sb2</sub> =122	τ <sub>b2</sub> =4	f <sub>sb2</sub> =146

すべて許容応力以下である。

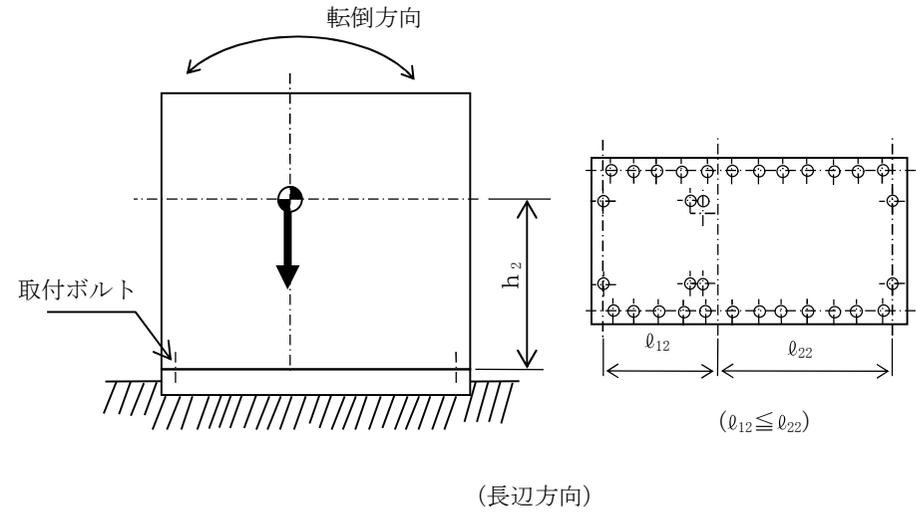
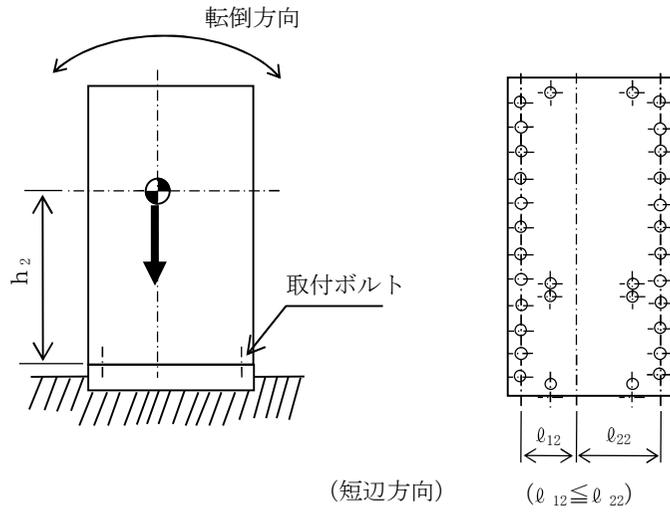
注記 \* :  $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$ より算出

1.4.2 電氣的機能の評価結果

(単位：×9.8 m/s<sup>2</sup>)

		評価用加速度	機能確認済加速度
格納容器内水素濃度	水平方向	1.11	
格納容器内酸素濃度	鉛直方向	0.84	

評価用加速度 (1.0ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



【格納容器内水素濃度，格納容器内酸素濃度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	耐震設計上の 重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
格納容器内水素濃度 格納容器内酸素濃度	S				$C_H=0.88$	$C_V=0.62$	$C_H=1.55$	$C_V=1.17$	

注記 \*1：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 格納容器内水素濃度(D23-H2E-N002B)，格納容器内酸素濃度(D23-02E-N001B)

部 材	$m_i$ (kg)	$h_i$ (mm)	$\ell_{1i}^{*2}$ (mm)	$\ell_{2i}^{*2}$ (mm)	$A_{bi}$ (mm <sup>2</sup> )	$n_i$	$n_{i1}^{*2}$
取 付 ボ ル ト (i=2)							12
							2

部 材	$S_{yi}$ (MPa)	$S_{ui}$ (MPa)	$F_i$ (MPa)	$F_{i^*}$ (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用 地震動 $S_d$ 又 は静的震度	基準地震動 $S_s$
取 付 ボ ル ト (i=2)	211	394	211	253	短辺方向	長辺方向

注記 \*1：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。

\*2：取付けボルトにおける，上段は弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度に対する評価時の要目を示し，下段は基準地震動 $S_s$ に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F <sub>bi</sub>		Q <sub>bi</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i=2)				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)		引張り	$\sigma_{b2}=10$	$f_{ts2}=158$	$\sigma_{b2}=24$	$f_{ts2}=190^*$
		せん断	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=122$	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=146$

すべて許容応力以下である。

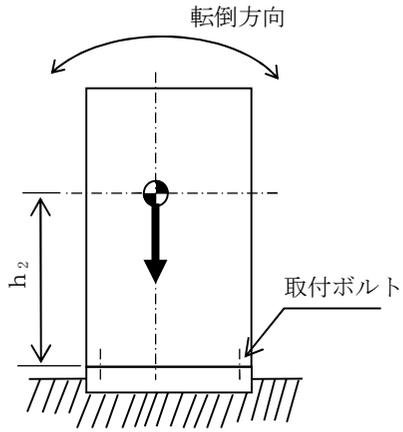
注記 \* :  $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$ より算出

1.4.2 電氣的機能の評価結果

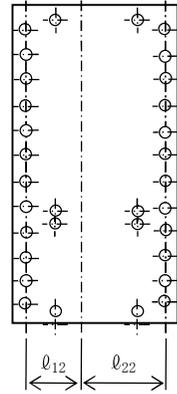
(単位：×9.8 m/s<sup>2</sup>)

		評価用加速度	
格納容器内水素濃度	水平方向	1.29	
格納容器内酸素濃度	鉛直方向	0.98	

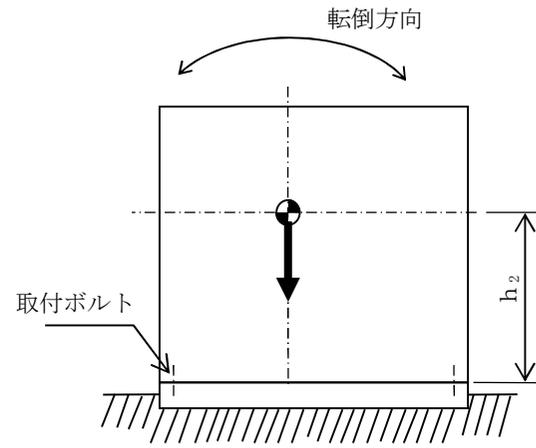
評価用加速度 (1.0ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



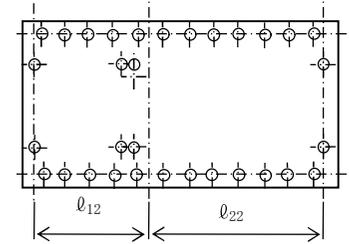
(短辺方向)



( $l_{12} \leq l_{22}$ )



(長辺方向)



( $l_{12} \leq l_{22}$ )

本資料のうち、枠囲みの内容は、  
営業秘密又は防護上の観点から  
公開できません

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-787 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-6-5-31 格納容器内水素濃度（S A）の耐震性についての計算書

## 目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
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
4. 機能維持評価	7
4.1 電氣的機能維持評価方法	7
5. 評価結果	8
5.1 重大事故等対処設備としての評価結果	8

## 1. 概要

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

格納容器内水素濃度（S A）、格納容器内酸素濃度（S A）及び格納容器内雰囲気ガスサンプリング装置は、重大事故等対処設備においては常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

なお、本計算書では、「V-2-6-5-33 格納容器内酸素濃度（S A）の耐震性についての計算書」及び「V-2-6-7-10 格納容器内雰囲気ガスサンプリング装置の耐震性についての計算書」の評価も併せて説明する。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

格納容器内水素濃度（S A）、格納容器内酸素濃度（S A）格納容器内雰囲気ガスサンプリング装置の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトによりガスサンプリング装置に取付けられた取付板に固定される。</p> <p>格納容器内雰囲気ガスサンプリング装置は、取付ボルトによりチャンネルベースに固定する。</p> <p>チャンネルベースは床面に設置された後打プレートに固定する。</p> <p>後打プレートは基礎ボルトにより床面に設置する。</p>	<p>検出器</p>	

### 3. 構造強度評価

#### 3.1 構造強度評価方法

格納容器内水素濃度（S A）、格納容器内酸素濃度（S A）及び格納容器内雰囲気ガスサンプリング装置の構造は直立形計装ラックであるため、構造強度評価は、「V-2-1-14-8 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評価する。

#### 3.2 荷重の組合せ及び許容応力

##### 3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

格納容器内水素濃度（S A）、格納容器内酸素濃度（S A）及び格納容器内雰囲気ガスサンプリング装置の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-1 に示す。

##### 3.2.2 許容応力

格納容器内水素濃度（S A）、格納容器内酸素濃度（S A）及び格納容器内雰囲気ガスサンプリング装置の許容応力を表 3-2 に示す。

##### 3.2.3 使用材料の許容応力評価条件

格納容器内水素濃度（S A）、格納容器内酸素濃度（S A）及び格納容器内雰囲気ガスサンプリング装置の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-3 に示す。

表 3-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	格納容器内水素濃度（S A） 格納容器内酸素濃度（S A）	常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IV <sub>A</sub> S
		格納容器内雰囲気 ガスサンプリング装置			$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> Sとして IV <sub>A</sub> Sの許容限 界を用いる。)

注記 \*1：「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

\*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 3-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 3-3 使用材料の許容応力評価条件 (重大事故等対処設備)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		$S_{y_i}$ (MPa)	$S_{u_i}$ (MPa)	$S_{y_i}(RT)$ (MPa)
基礎ボルト		周囲環境温度		212	373	—
取付ボルト		周囲環境温度		221	373	—

#### 4. 機能維持評価

##### 4.1 電気的機能維持評価方法

格納容器内水素濃度（S A）及び格納容器内酸素濃度（S A）の電気的機能維持評価について、以下に示す。

電気的機能維持評価は、「V-2-1-14-8 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評価する。

格納容器内水素濃度（S A）及び格納容器内酸素濃度（S A）の機能確認済加速度には、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 4-1 に示す。

表 4-1 機能確認済加速度 (×9.8 m/s<sup>2</sup>)

評価部位	方向	機能確認済加速度
格納容器内雰囲気 ガスサンプリング装置	水平	
	鉛直	

## 5. 評価結果

### 5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

格納容器内水素濃度（S A）、格納容器内酸素濃度（S A）及び格納容器内雰囲気ガスサンプリング装置の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【直立形計装ラックの重大事故等対処設備としての評価結果】

【格納容器内水素濃度計（S A）（H2E-SA19-N002A），格納容器内酸素濃度計（S A）（O2E-SA19-N001A）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
格納容器内雰囲気 ガスサンプリング装置	常設/緩和	原子炉建屋			—	—	$C_H=1.34$	$C_V=1.01$	

注記 \* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 格納容器内雰囲気ガスサンプリング装置

部 材	$m_i$ (kg)	$h_i$ (mm)	$l_{1i}$ (mm)	$l_{2i}$ (mm)	$A_{bi}$ (mm <sup>2</sup> )	$n_i$	$n_{fi}$
基礎ボルト (i=1)							4
取付ボルト (i=2)							4

部 材	$S_{yi}$ (MPa)	$S_{ui}$ (MPa)	$F_i$ (MPa)	$F_i$ (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用 地震動 $S_d$ 又は 静的震度	基準地震動 $S_s$
基礎ボルト (i=1)	212 $16 < t \leq 40$	373 $16 < t \leq 40$	—	254	—	短辺方向
取付ボルト (i=2)	221 $t \leq 16$	373 $t \leq 16$	—	261	—	短辺方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F <sub>bi</sub>		Q <sub>bi</sub>	
	弾性設計用 地震動 S <sub>d</sub> 又は 静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用 地震動 S <sub>d</sub> 又は 静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト (i=1)	[ ]			
取付ボルト (i=2)				

1.4 結 論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	[ ]	引張り	—	—	$\sigma_{b1}=17$	$f_{ts1}=152^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=4$	$f_{sb1}=117$
取付ボルト	[ ]	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=30$	$f_{ts2}=195^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=6$	$f_{sb2}=150$

すべて許容応力以下である。

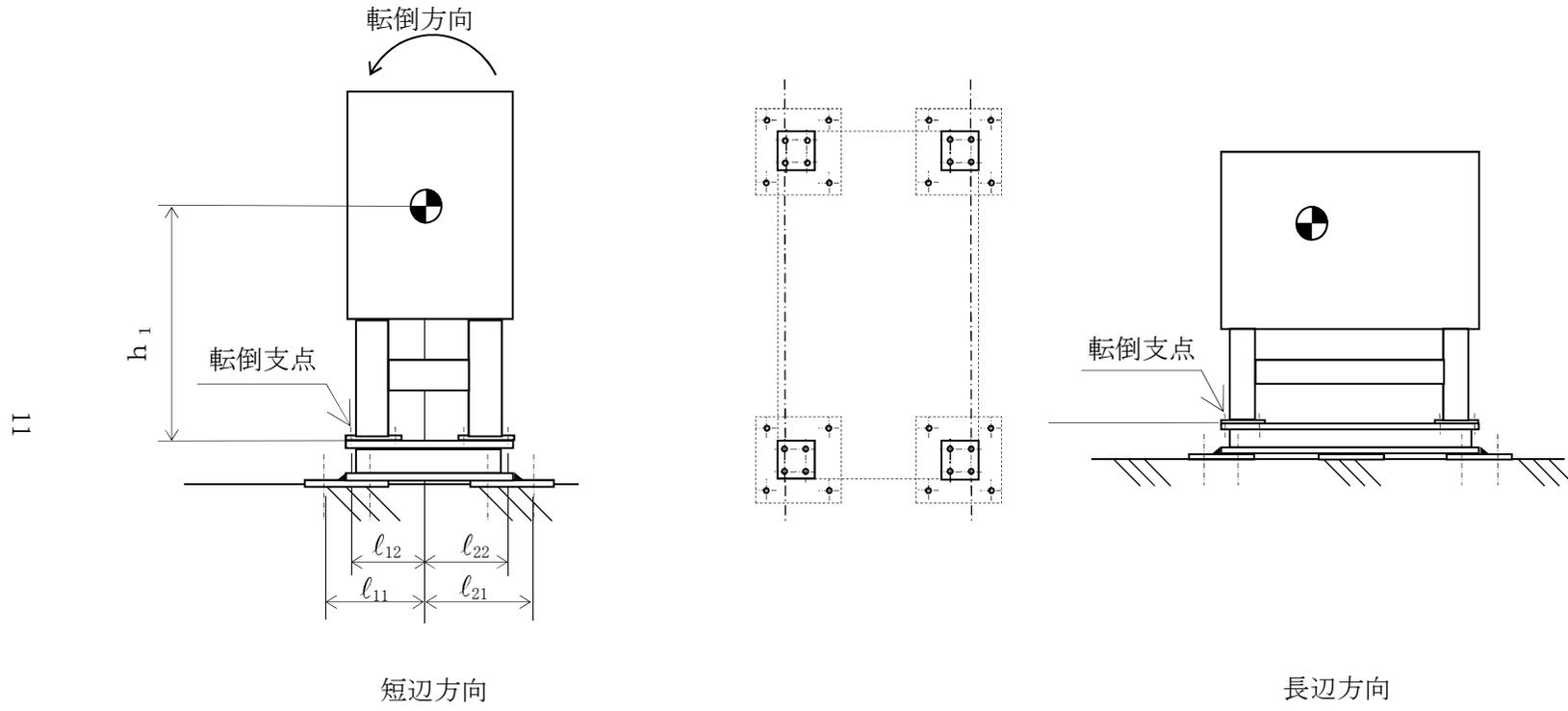
注記 \* :  $f_{ts1} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to1} - 1.6 \cdot \tau_{b1}, f_{to1}]$  より算出

1.4.2 電氣的機能の評価結果

(単位：×9.8m/s<sup>2</sup>)

		評価用加速度	機能確認済加速度
格納容器内雰囲気 ガスサンプリング装置	水平方向	1.11	[ ]
	鉛直方向	0.84	

評価用加速度 (1.0ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



【直立形計装ラックの重大事故等対処設備としての評価結果】

【格納容器内水素濃度計（S A）（H2E-SA19-N002B），格納容器内酸素濃度計（S A）（O2E-SA19-N001B）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
格納容器内雰囲気 ガスサンプリング装置	常設/緩和	原子炉建屋 [ ]	[ ]		—	—	$C_H=1.13$	$C_V=0.99$	[ ]

注記 \* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 格納容器内雰囲気ガスサンプリング装置

部 材	$m_i$ (kg)	$h_i$ (mm)	$l_{1i}$ (mm)	$l_{2i}$ (mm)	$A_{bi}$ (mm <sup>2</sup> )	$n_i$	$n_f$
基礎ボルト (i=1)	[ ]						4
取付ボルト (i=2)	[ ]						4

部 材	$S_{yi}$ (MPa)	$S_{ui}$ (MPa)	$F_i$ (MPa)	$F_i^*$ (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用 地震動 $S_d$ 又は 静的震度	基準地震動 $S_s$
基礎ボルト (i=1)	212 $16 < t \leq 40$	373 $16 < t \leq 40$	—	254	—	短辺方向
取付ボルト (i=2)	221 $t \leq 16$	373 $t \leq 16$	—	261	—	短辺方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位: N)

部 材	F <sub>bi</sub>		Q <sub>bi</sub>	
	弾性設計用 地震動 S <sub>d</sub> 又は 静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用 地震動 S <sub>d</sub> 又は 静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト (i=1)	[Blank Box]			
取付ボルト (i=2)				

1.4 結 論

1.4.1 ボルトの応力 (単位: MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	[Blank Box]	引張り	—	—	$\sigma_{b1}=14$	$f_{ts1}=152^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=4$	$f_{sb1}=117$
取付ボルト	[Blank Box]	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=25$	$f_{ts2}=195^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=6$	$f_{sb2}=150$

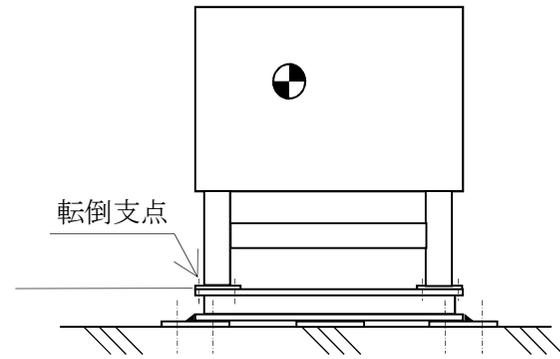
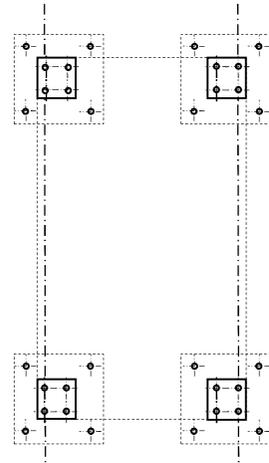
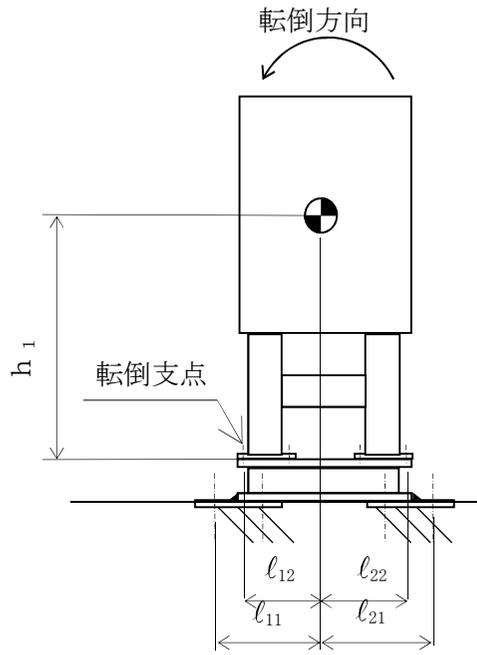
すべて許容応力以下である。

注記 \* :  $f_{ts1} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to1} - 1.6 \cdot \tau_{b1}, f_{to1}]$  より算出

1.4.2 電気の機能の評価結果 (単位:  $\times 9.8\text{m/s}^2$ )

		評価用加速度	機能確認済加速度
格納容器内雰囲気 ガスサンプリング装置	水平方向	0.95	[Blank Box]
	鉛直方向	0.83	

評価用加速度 (1.0ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-840 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-6-5-32 格納容器内酸素濃度の耐震性についての計算書

格納容器内酸素濃度の耐震計算は、「V-2-6-5-30 格納容器内水素濃度の耐震性についての計算書」で説明する。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-788 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-6-5-33 格納容器内酸素濃度（S A）の耐震性についての計算書

格納容器内酸素濃度計（S A）の耐震性についての耐震計算は、「V-2-6-5-31 格納容器内水素濃度（S A）の耐震性についての計算書」で説明する。

本資料のうち、枠囲みの内容は、  
営業秘密又は防護上の観点から  
公開できません

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-825 改0
提出年月日	平成30年6月29日

## V-2-6-5-36 西側淡水貯水設備水位の耐震性についての計算書

## 目次

1.	概要	1
2.	一般事項	1
2.1	構造計画	1
2.2	評価方針	3
2.3	適用基準	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	固有振動数の算出方法	7
4.3	固有値解析結果	7
5.	構造強度評価	8
5.1	構造強度評価方法	8
5.2	荷重の組合せ及び許容応力	8
5.2.1	荷重の組合せ及び許容応力状態	8
5.2.2	許容応力	8
5.2.3	使用材料の許容応力	8
5.3	設計用地震力	12
5.4	計算方法	13
5.4.1	応力の計算方法	13
5.4.1.1	基礎ボルトの計算方法	13
5.4.1.2	取付ボルトの計算方法	15
5.5	計算条件	17
5.5.1	基礎ボルトの応力計算条件	17
5.5.2	取付ボルトの応力計算条件	18
5.6	応力評価	19
5.6.1	ボルトの応力評価	19
6.	機能維持評価	20
6.1	電氣的機能維持評価方法	20
7.	評価結果	21
7.1	重大事故等対処設備としての評価結果	21

## 1. 概要

本計算書は、「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、西側淡水貯水設備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。

西側淡水貯水設備水位は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

西側淡水貯水設備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	
<p>検出器は、計器取付ボルトによりベースに固定され、ベースは基礎に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>検出器</p>	

## 2.2 評価方針

西側淡水貯水設備水位の応力評価は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針 3.1 構造強度上の制限」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」にて示す西側淡水貯水設備水位の部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 固有周期」で測定した固有振動数に基づく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、西側淡水貯水設備水位の機能維持評価は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針 4.2 電氣的機能維持」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを、「6. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「7. 評価結果」に示す。

西側淡水貯水設備水位の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

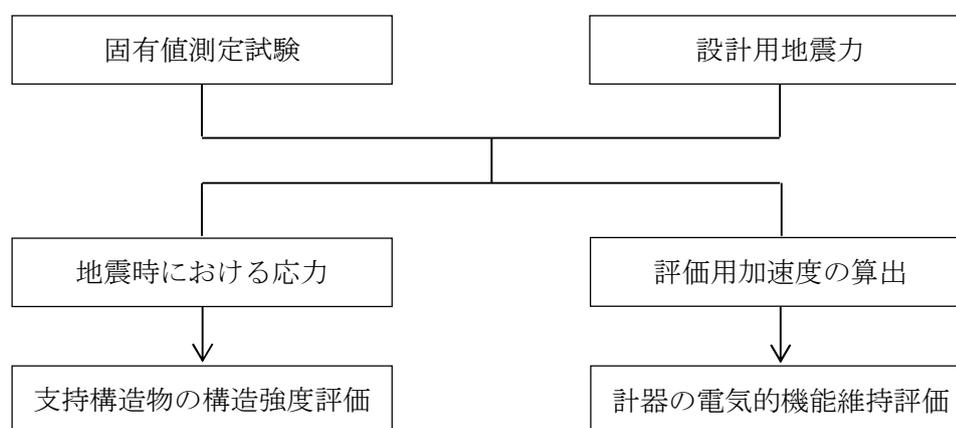


図 2-1 西側淡水貯水設備水位の耐震評価フロー

### 2.3 適用基準

適用基準を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針（重要度分類・許容応力編 JEAG 4601・補一1984, JEAG 4601-1987及びJEAG 4601-1991 追補版）（日本電気協会電気技術基準調査委員会 昭和59年9月, 昭和62年8月及び平成3年6月）
- (2) 発電用原子力設備規格（設計・建設規格（2005年版（2007年追補版含む。））JSME SNC1-2005/2007）（日本機械学会 2007年9月）（以下「設計・建設規格」という。）

## 2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
$A_{bi}$	ボルトの軸断面積* <sup>1</sup>	mm <sup>2</sup>
$C_H$	水平方向設計震度	—
$C_V$	鉛直方向設計震度	—
$D$	取付ボルトのピッチ円直径	mm
$d_i$	ボルトの呼び径* <sup>1</sup>	mm
$F_i^*$	設計・建設規格 SSB-3133に定める値* <sup>1</sup>	MPa
$F_{bi}$	ボルトに作用する引張力（1本あたり）* <sup>1</sup>	N
$f_{sbi}$	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力* <sup>1</sup>	MPa
$f_{toi}$	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力* <sup>1</sup>	MPa
$f_{tsi}$	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力* <sup>1</sup>	MPa
$g$	重力加速度（=9.80665）	m/s <sup>2</sup>
$h_i$	据付面又は取付面から重心までの距離	mm
$L$	支点としている基礎ボルトより最大引張応力がかかるボルトまでの距離	mm
$l$	重心と基礎ボルト間の水平方向距離	mm
$m_i$	検出器又は検出器+ベースの質量* <sup>2</sup>	kg
$n_i$	ボルトの本数* <sup>1</sup>	—
$n_{fi}$	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数* <sup>1</sup>	—
$Q_{bi}$	ボルトに作用するせん断力* <sup>1</sup>	N
$S_{ui}$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値* <sup>1</sup>	MPa
$S_{yi}$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値* <sup>1</sup>	MPa
$S_{yi}(RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料の40°Cにおける値* <sup>1</sup>	MPa
$\pi$	円周率	—
$\sigma_{bi}$	ボルトに生じる引張応力* <sup>1</sup>	MPa
$\tau_{bi}$	ボルトに生じるせん断応力* <sup>1</sup>	MPa

注記 \*<sup>1</sup>:  $A_{bi}$ ,  $d_i$ ,  $F_i^*$ ,  $F_{bi}$ ,  $f_{sbi}$ ,  $f_{toi}$ ,  $f_{tsi}$ ,  $h_i$ ,  $n_i$ ,  $n_{fi}$ ,  $Q_{bi}$ ,  $S_{ui}$ ,  $S_{yi}$ ,  $\sigma_{bi}$ ,  $\tau_{bi}$  の添え字  $i$  の意味は、以下のとおりとする。

$i = 1$ : 基礎ボルト

$i = 2$ : 取付ボルト

\*<sup>2</sup>:  $m_i$  の添字  $i$  の意味は、以下のとおりとする。

$i = 1$ : 検出器+ベース

$i = 2$ : 検出器

## 2.5 計算精度と数値の丸め方

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

注記 \*1：設計上定める値が小数点以下の場合は、小数点以下表示とする。

\*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

西側淡水貯水設備水位の耐震評価は、「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる基礎ボルト及び取付ボルトについて実施する。

西側淡水貯水設備水位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

西側淡水貯水設備水位の固有周期は、振動試験（加振試験）にて求める。

#### 4.2 固有周期の算出方法

振動試験装置にて西側淡水貯水設備水位検出器の応答を測定する。西側淡水貯水設備水位の外形図を表 2-1 の概略構造図に示す。

#### 4.3 固有周期算出結果

固有周期の算出結果を以下に示す。

西側淡水貯水設備水位の固有周期(S)	
水平	
鉛直	

## 5. 構造強度評価

### 5.1 構造強度評価方法

- (1) 西側淡水貯水設備水位の質量は、重心に集中しているものとする。
- (2) 地震力は西側淡水貯水設備水位に対して、水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
- (3) 西側淡水貯水設備水位は取付ボルトでベースに固定されており、ベースは基礎ボルトで基礎に固定されており、固定端とする。
- (4) ボルトの配置については取付ボルトは円形配置とし、基礎ボルトは矩形配置とする。
- (5) 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

西側淡水貯水設備水位の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-1 に示す。

#### 5.2.2 許容応力

西側淡水貯水設備水位の許容応力を表 5-2 に示す。

#### 5.2.3 使用材料の許容応力

西側淡水貯水設備水位の使用材料の許容応力のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-3 に示す。

表 5-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	西側淡水貯水設備水位	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	$IV_A S$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	$V_A S$ ( $V_A S$ として $IV_A S$ の許容限 界を用いる。)

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

\*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 5-2 許容応力 (重大事故等その他の支持構造物)

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

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

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

表 5-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
基礎ボルト		周囲環境温度		205	520	205
取付ボルト		周囲環境温度		205	520	205

### 5.3 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 5-4 に示す。

「基準地震動  $S_s$ 」による地震力は、「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づく。

表 5-4 設計用地震力（重大事故等対処設備）

設備分類	据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$	
		水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
常設耐震 ／防止 常設／緩和	常設代替高圧 電源装置置場 [ ]	[ ]		—	—	$C_H=0.81$	$C_V=0.71$

注記 \*1：基準床レベルを示す。

## 5.4 計算方法

### 5.4.1 応力の計算方法

#### 5.4.1.1 基礎ボルトの計算方法

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

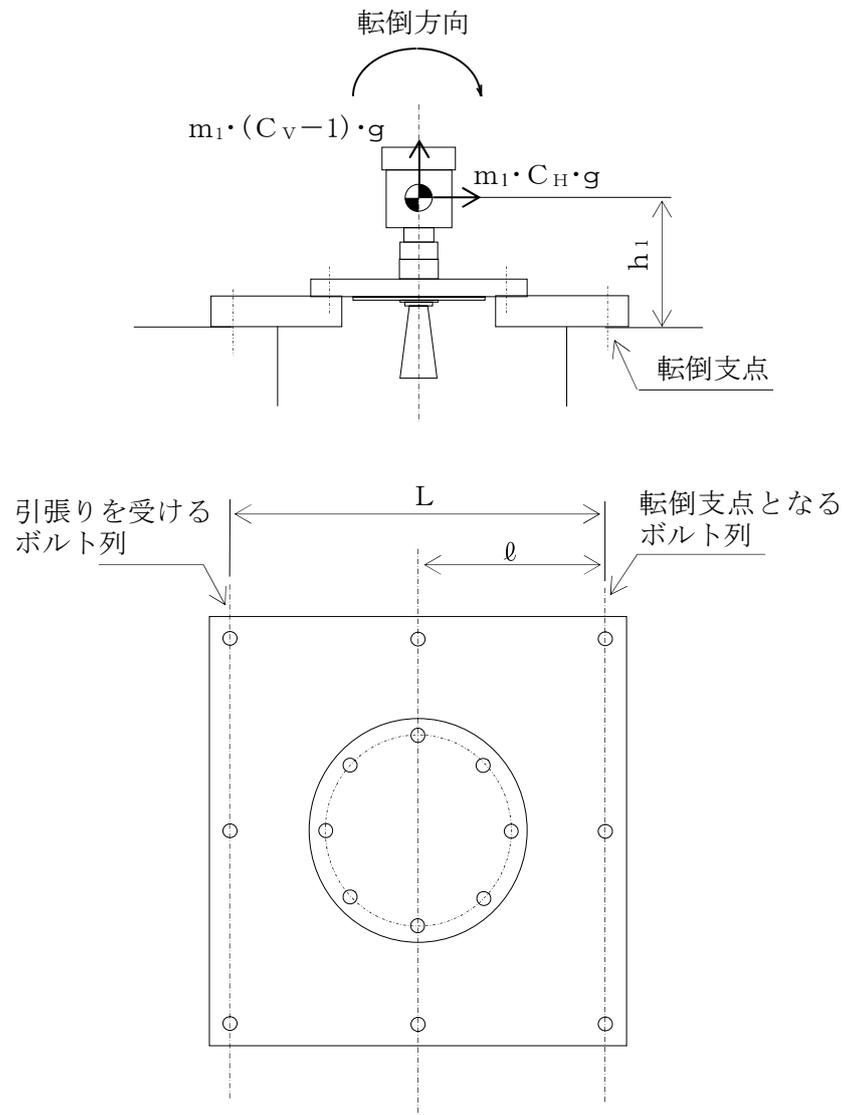


図 5-1 計算モデル

(1) 引張応力

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

引張力

$$F_{b1} = \frac{m_1 \cdot C_H \cdot h_1 \cdot g + m_1 \cdot (C_V - 1) \cdot \ell \cdot g}{n_{f1} \cdot L} \dots\dots\dots (5.4.1.1.1)$$

引張応力

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

ここで、基礎ボルトの軸断面積  $A_{b1}$  は次式により求める。

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

(2) せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b1} = m_1 \cdot C_H \cdot g \dots\dots\dots (5.4.1.1.4)$$

せん断応力

$$\tau_{b1} = \frac{Q_{b1}}{n_1 \cdot A_{b1}} \dots\dots\dots (5.4.1.1.5)$$

5.4.1.2 取付ボルトの計算方法

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

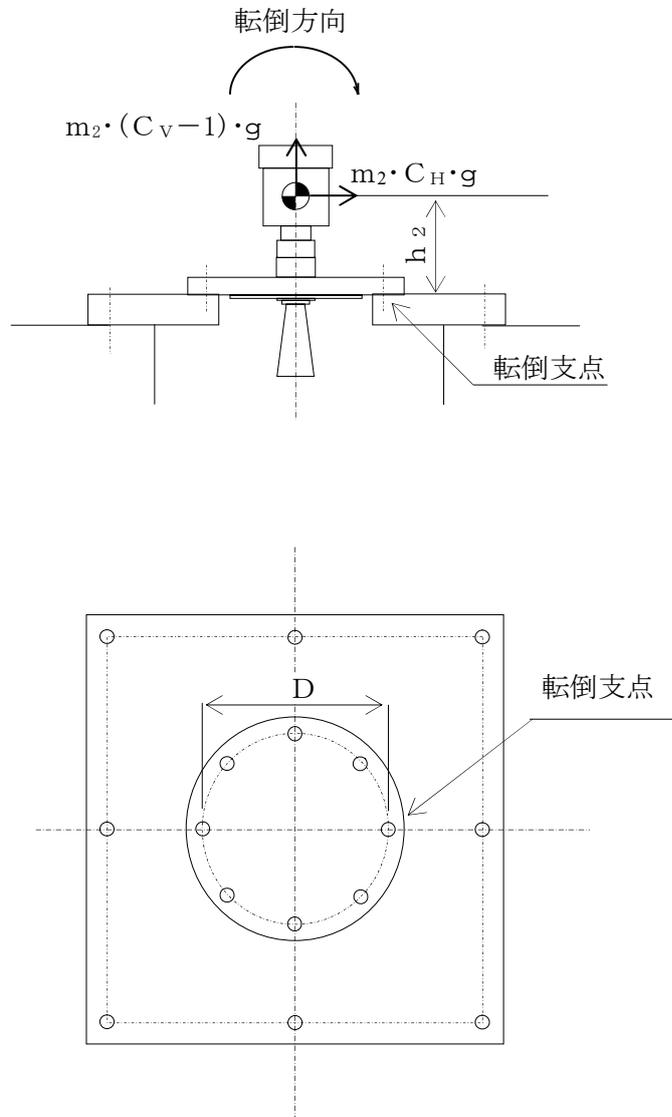


図 5-2 計算モデル

(1) 引張応力

取付ボルトに対する引張力は、図5-2に示すボルトを支点とする転倒を考え、これを片側のボルトで受けるものとして計算する。

引張力

$$F_{b2} = \frac{8}{3D} \cdot \frac{m_2 \cdot C_H \cdot h_2 \cdot g + m_2 \cdot (C_V - 1) \cdot 0.5 \cdot D \cdot g}{n_{f2}} \dots\dots\dots (5.4.1.2.1)$$

引張応力

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

ここで、取付ボルトの軸断面積  $A_{b2}$  は次式により求める。

$$A_{b2} = \frac{\pi}{4} \cdot d_2^2 \dots\dots\dots (5.4.1.2.3)$$

(2) せん断応力

取付ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b2} = m_2 \cdot C_H \cdot g \dots\dots\dots (5.4.1.2.4)$$

せん断応力

$$\tau_{b2} = \frac{Q_{b2}}{n_2 \cdot A_{b2}} \dots\dots\dots (5.4.1.2.5)$$

## 5.5 計算条件

### 5.5.1 基礎ボルトの応力計算条件

基礎ボルトの応力計算に用いる数値を表 5-5 に示す。

表 5-5 基礎ボルトの応力計算条件

項目	記号	単位	数値等
材質	—	—	
温度条件（周囲環境温度）	—	℃	
ボルトの呼び径	$d_1$	mm	
検出器+ベースの質量	$m_1$	kg	
重力加速度	$g$	$m/s^2$	
据付面から重心までの距離	$h_1$	mm	
重心とボルト間の水平方向距離	$\ell$	mm	
支点としているボルトより最大引張応力がかかるボルトまでの距離	$L$	mm	
ボルトの本数	$n_1$	—	
評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数	$n_{f1}$	—	

### 5.5.2 取付ボルトの応力計算条件

取付ボルトの応力計算に用いる数値を表 5-6 に示す。

表 5-6 取付ボルトの応力計算条件

項目	記号	単位	数値等
材質	—	—	
温度条件（周囲環境温度）	—	℃	
ボルトの呼び径	$d_2$	mm	
検出器の質量	$m_2$	kg	
重力加速度	$g$	$m/s^2$	
取付面から重心までの距離	$h_2$	mm	
ボルトのピッチ円直径	$D$	mm	
ボルトの本数	$n_2$	—	
評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数	$n_{f2}$	—	

## 5.6 応力の評価

### 5.6.1 ボルトの応力評価

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

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

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

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

## 6. 機能維持評価

### 6.1 電氣的機能維持評価方法

西側淡水貯水設備水位計の電氣的機能維持評価について以下に示す。

なお、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。

西側淡水貯水設備水位計は地震時電氣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」に基づき、加振試験により確認した加速度を適用する。

西側淡水貯水設備水位の機能確認済加速度には、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 6-1 に示す。

表 6-1 機能確認済加速度

(単位：×9.8 m/s<sup>2</sup>)

評価部位	方向	機能確認済加速度
西側淡水貯水設備水位	水平	
	鉛直	

## 7. 評価結果

### 7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

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

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【西側淡水貯水設備水位の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ(m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$		周囲環境温度(°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
西側淡水貯水設備水位	常設耐震/防止 常設/緩和	常設代替高压電源 装置置場			—	—	$C_H=0.81$	$C_V=0.71$	

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, 取付ボルト

部 材	$m_i$ (kg)	$h_i$ (mm)	$\phi$ (mm)	L (mm)	D (mm)	$A_{b_i}$ (mm <sup>2</sup> )	$n_i$	$n_{r_i}$	$S_{y_i}$ (MPa)	$S_{u_i}$ (MPa)	$S_{y_i}$ (RT) (MPa)	$F_i^*$ (MPa)	転倒方向	
													弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
基礎ボルト (i=1)								3	205	520	205	246	—	—
取付ボルト (i=2)								8	205	520	205	246	—	—

1.3 計算数値

1.3.1 基礎ボルト, 取付ボルトに作用する力

(単位 : N)

部 材	$F_{b_i}$		$Q_{b_i}$	
	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
基礎ボルト (i=1)	—	—	—	$2.145 \times 10^3$
取付ボルト (i=2)	—	1.553	—	158.9

1.4 結 論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	[ ]	引張り	—	—	—	$f_{ts1}=147$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=1$	$f_{sb1}=113$
取付ボルト	[ ]	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=0$	$f_{ts2}=184$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=0$	$f_{sb2}=142$

すべて許容応力以下である。

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

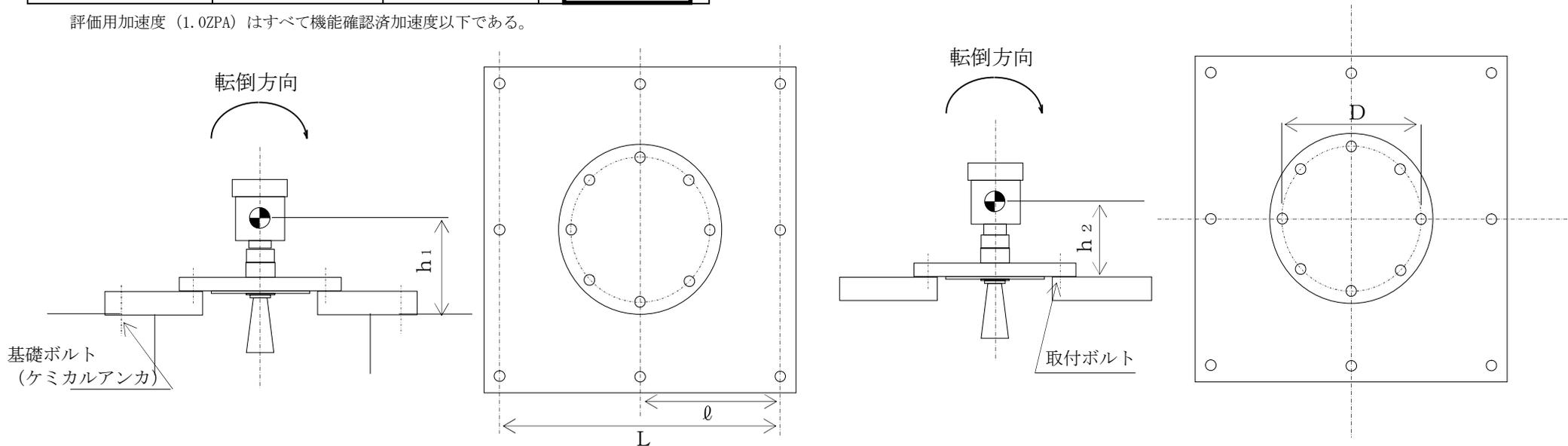
1.4.2 電気的機能の評価結果

(単位： $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )

		評価用加速度	機能確認済加速度
西側淡水貯水設備水位	水平方向	0.68	[ ]
	鉛直方向	0.59	[ ]

評価用加速度 (1.0ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。

23



本資料のうち、枠囲みの内容は、  
営業秘密又は防護上の観点から  
公開できません

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-826 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-6-5-40 代替循環冷却系格納容器スプレイ流量の  
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. 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
4. 機能維持評価	6
4.1 電氣的機能維持評価方法	6
5. 評価結果	7
5.1 重大事故等対処設備としての評価結果	7

## 1. 概要

本計算書は、「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、代替循環冷却系格納容器スプレイ流量が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

代替循環冷却系格納容器スプレイ流量は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、分類に応じた構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、構造強度評価については、基礎ボルトに作用する応力の裕度（許容値／発生値の小さい方）が厳しい条件となるものを代表して評価する。

表 1-1 概略構造識別

評価部位	評価方法	構造計画
FT-SA17-N018A（代表） FT-SA17-N018B	V-2-1-14-9 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	表 2-1 構造計画

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

代替循環冷却系格納容器スプレイ流量の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器スタンションに取付けられた計器取付板に固定される。</p> <p>計器スタンションは、基礎に基礎ボルトで設置する。</p>	計器スタンション	<p>平面</p> <p>正面</p> <p>計器スタンション</p> <p>取付板</p> <p>検出器</p> <p>側面</p> <p>基礎ボルト</p> <p>計器取付ボルト</p> <p>基礎(壁面)</p> <p>(平面方向)</p> <p>(側面方向)</p>

### 3. 構造強度評価

#### 3.1 構造強度評価方法

代替循環冷却系格納容器スプレイ流量の構造は壁掛形計器スタンションであるため、構造強度評価は、「V-2-1-14-9 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評価する。

#### 3.2 荷重の組合せ及び許容応力

##### 3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

代替循環冷却系格納容器スプレイ流量の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-1 に示す。

##### 3.2.2 許容応力

代替循環冷却系格納容器スプレイ流量の許容応力を表 3-2 に示す。

##### 3.2.3 使用材料の許容応力

代替循環冷却系格納容器スプレイ流量の使用材料の許容応力のうち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-3 に示す。

表 3-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	代替循環冷却系 格納容器スプレイ流量 (FT-SA17-N018A)	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IVAS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS (VASとして IVASの許容限 界を用いる。)

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

\*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 3-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

57

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

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

表 3-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		基礎ボルト	<input type="text"/>	周囲環境温度	<input type="text"/>	221

#### 4. 機能維持評価

##### 4.1 電氣的機能維持評価方法

代替循環冷却系格納容器スプレイ流量の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

電氣的機能維持評価は、「V-2-1-14-9 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評価する。

代替循環冷却系格納容器スプレイ流量計に設置される検出器の機能確認済加速度には、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 機能確認済加速度 (×9.8 m/s<sup>2</sup>)

評価部位	方向	機能確認済加速度
代替循環冷却系 格納容器スプレイ流量 (FT-SA17-N018A)	水平	
	鉛直	

## 5. 評価結果

### 5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

代替循環冷却系格納容器スプレイ流量の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【代替循環冷却系格納容器スプレイ流量計 (FT-SA17-N018A) の耐震性についての評価結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
代替循環冷却系 格納容器スプレイ流量計	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋 [ ]	[ ]	[ ]	—	—	$C_H=0.96$	$C_V=0.92$	[ ]

注記 \* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 代替循環冷却系格納容器スプレイ流量

部 材	m (kg)	$h_2$ (mm)	$l_3$ (mm)	$l_a$ (mm)	$l_b$ (mm)	$A_b$ (mm <sup>2</sup> )	n	$n_{fV}$	$n_{fH}$
基礎ボルト	[ ]								2

∞

部 材	$S_y$ (MPa)	$S_u$ (MPa)	F (MPa)	$F^*$ (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
基礎ボルト	221	373	—	261	—	平面方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位 : N)

部 材	$F_b$		$F_{b1}$		$F_{b2}$		$Q_b$	
	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$						
基礎ボルト	[ ]							

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位: MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト		引張り	—	—	$\sigma_b=3$	$f_{ts}=156^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=2$	$f_{sb}=120^*$

すべて許容応力以下である。

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

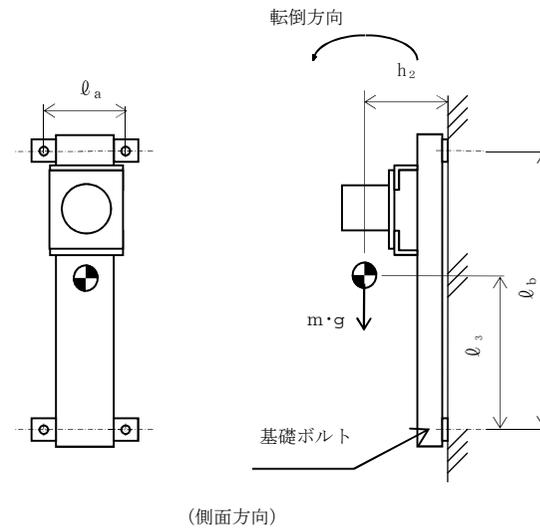
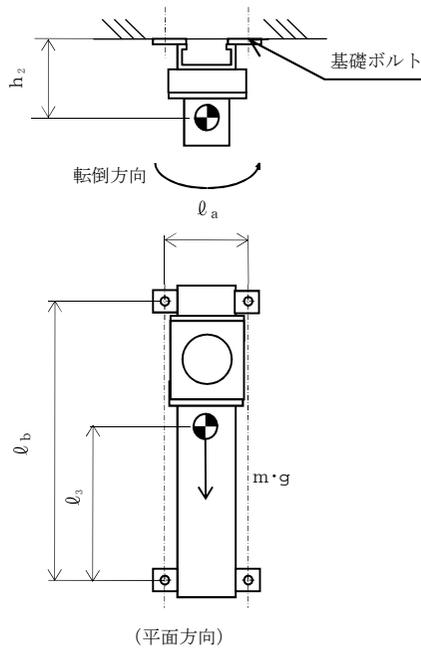
1.4.2 電氣的機能の評価結果

(単位:  $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )

		評価用加速度	機能確認済加速度
代替循環冷却系 格納容器スプレィ 流量計	水平方向	0.80	
	鉛直方向	0.77	

評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

6



本資料のうち、枠囲みの内容は、  
営業秘密又は防護上の観点から公開  
できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-830 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-6-5-41 サプレッション・プール水位の耐震性についての計算書

## 目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	5
2.3 適用基準	7
2.4 記号の説明(LT-26-79.5A)	8
2.5 記号の説明(LT-26-79.5B, LT-26-79.60)	9
2.6 計算精度と数値の丸め方	10
3. 評価部位	11
3.1 LT-26-79.5A の評価部位	11
3.2 LT-26-79.5B 及び LT-26-79.60 の評価部位	11
4. 固有周期	12
4.1 LT-26-79.5A の固有値解析方法	12
4.2 LT-26-79.5A の解析モデル及び諸元	12
4.3 固有値解析結果	13
5. 構造強度評価	14
5.1 構造強度評価方法	14
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	15
5.3 設計用地震力	20
5.4 計算方法	21
5.5 計算条件	26
5.6 応力の評価	27
6. 機能維持評価	28
6.1 電氣的機能維持評価方法	28
7. 評価結果	29
7.1 設計基準対象施設としての評価結果	29
7.2 重大事故等対処設備としての評価結果	29

## 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・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氣的機能維持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・プール水位のうち、機器番号 LT-26-79.5A 及び LT-26-79.5B は、設計基準対象施設においては S クラス施設に、機器番号 LT-26-79.60 は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、分類に応じた構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

サプレッション・プール水位の構造計画を表 2-1、表 2-2、表 2-3 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより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。</p> <p>計器スタンションは、埋込金物に溶接で設置する。</p>	<p>計器スタンション</p>	<p>【LT-26-79.5A】</p>

表 2-2 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>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。</p> <p>計器スタンションは、基礎に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>計器スタンション</p>	<p>【LT-26-79.5B】</p> <p>The diagram illustrates the assembly of a detector. It includes three views: a top view (平面) showing the detector mounted on a vertical post; a front view (正面) showing the detector on a square mounting plate (取付板) with four mounting holes; and a side view (側面) showing the mounting plate attached to a detector station (計器スタンション) which is anchored into a concrete base (基礎) using chemical anchors (ケミカルアンカ) and base bolts (基礎ボルト). Labels include: 平面 (Top View), 正面 (Front View), 側面 (Side View), 平面方向 (Top View Direction), 側面方向 (Side View Direction), 計器スタンション (Detector Station), 取付板 (Mounting Plate), 計器取付ボルト (Detector Mounting Bolt), 検出器 (Detector), 基礎ボルト (Base Bolt), ケミカルアンカ (Chemical Anchor), and 基礎(壁面) (Base/Wall).</p>

表 2-3 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>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。</p> <p>計器スタンションは、基礎に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>計器スタンション</p>	<p>【LT-26-79.60】</p> <p>The diagram illustrates the assembly in three views:         <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Top View (平面):</b> Shows the detector mounted on a plate, which is secured to a station by bolts.</li> <li><b>Front View (正面):</b> Shows the station with the detector mounted on top. Labels include '計器スタンション' (Instrument Station) and '(平面方向)' (Planar direction).</li> <li><b>Side View (側面):</b> Shows the station mounted on a wall (基礎(壁面)). Labels include '検出器' (Detector), '取付板取付ボルト' (Mounting plate mounting bolt), '取付板' (Mounting plate), '基礎ボルト' (Foundation bolt), 'ケミカルアンカ' (Chemical anchor), and '計器取付ボルト' (Instrument mounting bolt). The direction is labeled '(側面方向)' (Side view direction).</li> </ul> </p>

## 2.2 評価方針

### 2.2.1 LT-26-79.5A の評価方針

サプレッション・プール水位 (LT-26-79.5A) の応力評価は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針 3.1 構造強度上の制限」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示すサプレッション・プール水位 (LT-26-79.5A) 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応力等が許容限界内に収まることを、「5. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、サプレッション・プール水位 (LT-26-79.5A) の機能維持評価は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針 4.2 電氣的機能維持」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを、「6. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「7. 評価結果」に示す。

サプレッション・プール水位 (LT-26-79.5A) の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

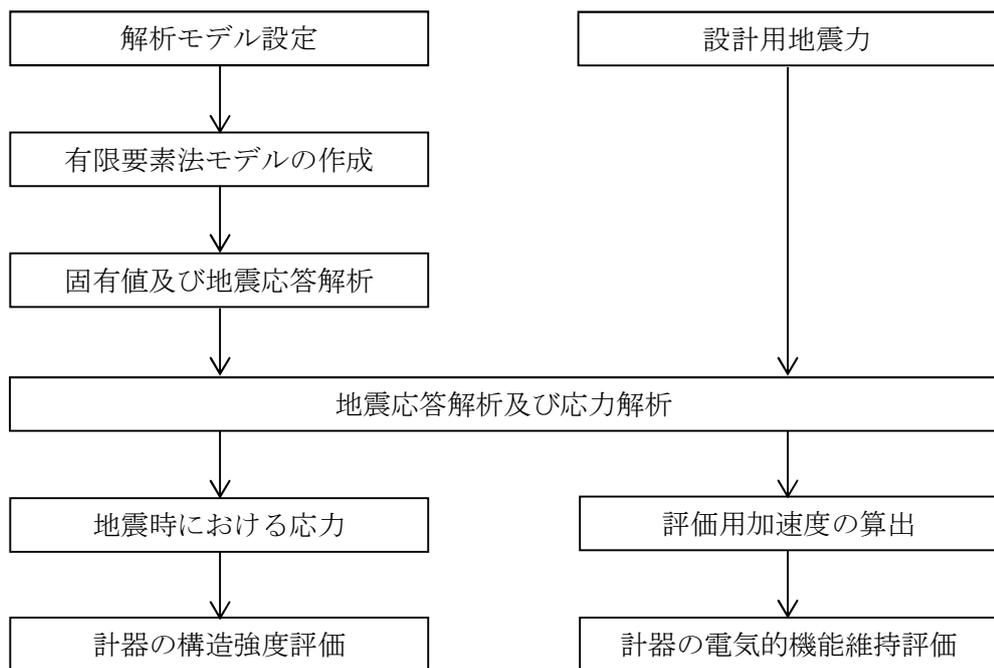


図 2-1 サプレッション・プール水位 (LT-26-79.5A) の耐震評価フロー

## 2.2.2 LT-26-79.5B 及び LT-26-79.60 の評価方針

サプレッション・プール水位 (LT-26-79.5B 及び LT-26-79.60) の応力評価は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針 3.1 構造強度上の制限」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 固有周期」で算出した固有周期に基づく応力等が許容限界内に収まることを、「5. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、サプレッション・プール水位 (LT-26-79.5B 及び LT-26-79.60) の機能維持評価は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針 4.2 電氣的機能維持」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを、「6. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「7. 評価結果」に示す。

サプレッション・プール水位 (LT-26-79.5B 及び LT-26-79.60) の耐震評価フローを図 2-2 に示す。

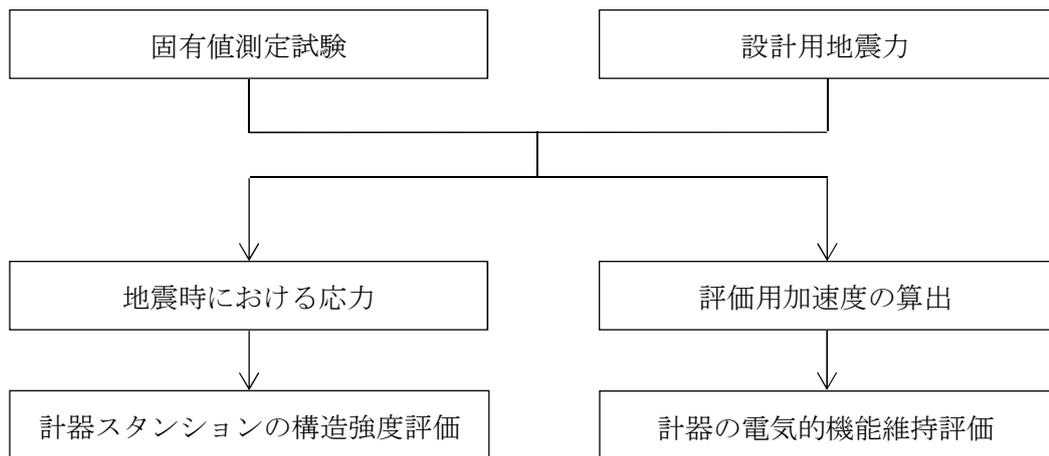


図 2-2 サプレッション・プール水位 (LT-26-79.5B 及び LT-26-79.60) の耐震評価フロー

### 2.3 適用基準

適用基準を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針（重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補－1984, J E A G 4 6 0 1 －1987及びJ E A G 4 6 0 1 －1991 追補版）（日本電気協会 電気技術基準調査委員会 昭和59年9月, 昭和62年8月及び平成3年6月）
- (2) 発電用原子力設備規格（設計・建設規格（2005年版（2007年追補版含む。））J S M E S N C 1 －2005/2007）（日本機械学会 2007年9月）（以下「設計・建設規格」という。）

2.4 記号の説明 (LT-26-79.5A)

記号	記号の説明	単位
a	溶接部の有効のど厚	mm
$A_w$	溶接部の有効断面積	mm <sup>2</sup>
$A_{wY}$	溶接部の $F_Y$ に対する有効断面積	mm <sup>2</sup>
$A_{wZ}$	溶接部の $F_Z$ に対する有効断面積	mm <sup>2</sup>
$C_H$	水平方向設計震度	—
$C_V$	鉛直方向設計震度	—
D	計器スタクションの径	mm
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
$F_X$	溶接部に作用する力 (X方向)	N
$F_Y$	溶接部に作用する力 (Y方向)	N
$F_Z$	溶接部に作用する力 (Z方向)	N
$f_s$	溶接部の許容せん断応力	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s <sup>2</sup>
$Z_Y$	溶接全断面におけるY軸方向の断面係数	mm <sup>3</sup>
$Z_Z$	溶接全断面におけるZ軸方向の断面係数	mm <sup>3</sup>
$Z_p$	溶接全断面におけるねじり断面係数	mm <sup>3</sup>
$\ell$	据付面から計器荷重点, 計器固定金具荷重点までの距離	mm
$M_X$	溶接部に作用するモーメント (X軸周り)	N・m
$M_Y$	溶接部に作用するモーメント (Y軸周り)	N・m
$M_Z$	溶接部に作用するモーメント (Z軸周り)	N・m
s	溶接脚長	mm
$S_u$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa
$S_y$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa
W	計器, 計器固定金具の荷重	N
$\pi$	円周率	—
$\sigma_t$	溶接部に生じる引張応力	MPa
$\sigma_b$	溶接部に生じる曲げ応力	MPa
$\sigma_w$	溶接部に生じる組合せ応力	MPa
$\tau$	溶接部に生じるせん断応力	MPa

2.5 記号の説明 (LT-26-79.5B, LT-26-79.60)

記号	記号の説明	単位
$A_b$	ボルトの軸断面積又は有効断面積	$\text{mm}^2$
$C_H$	水平方向設計震度	—
$C_V$	鉛直方向設計震度	—
$d$	ボルトの呼び径	mm
$F$	設計・建設規格 SSB-3131 に定める値	MPa
$F^*$	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値	MPa
$F_b$	ボルトに作用する引張力 (1本あたり)	N
$F_{b1}$	鉛直方向地震及び壁掛盤取付面に対し左右方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力 (1本あたり)	N
$F_{b2}$	鉛直方向地震及び壁掛盤取付面に対し前後方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力 (1本あたり)	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)	$\text{m/s}^2$
$h_2$	取付面から重心までの距離	mm
$l_3$	重心と下側ボルト間の距離	mm
$l_a$	側面 (左右) ボルト間の距離	mm
$l_b$	上下ボルト間の距離	mm
$m$	計器スタンプの質量	kg
$n$	ボルトの本数	—
$n_{fv}$	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 (側面方向転倒) (壁掛形)	—
$n_{fh}$	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 (平面方向転倒) (壁掛形)	—
$Q_b$	ボルトに作用するせん断力	N
$Q_{b1}$	水平方向地震によりボルトに作用するせん断力	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
$S_u$	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
$\pi$	円周率	—
$\sigma_b$	ボルトに生じる引張応力	MPa
$\tau_b$	ボルトに生じるせん断応力	MPa

## 2.6 計算精度と数値の丸め方

精度は6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表2-4に示すとおりとする。

表2-4 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第4位	四捨五入	小数点以下第3位
震度	—	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位
温度	°C	—	—	整数位
質量*1	kg	—	—	整数位
長さ*1	mm	—	—	整数位
面積	mm <sup>2</sup>	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
断面係数	mm <sup>3</sup>	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
モーメント	N・mm	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力*3	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

注記 \*1：設計上定める値が小数点以下の場合は、小数点以下表示とする。

\*2：絶対値が1000以上のときは、べき数表示とする。

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

### 3. 評価部位

#### 3.1 LT-26-79.5A の評価部位

サブプレッション・プール水位 (LT-26-79.5A) の耐震評価は、「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる溶接部を選定して実施する。サブプレッション・プール水位の耐震評価箇所については、表 2-1 の概略構造図に示す。

#### 3.2 LT-26-79.5B 及び LT-26-79.60 の評価部位

サブプレッション・プール水位 (LT-26-79.5B 及び LT-26-79.60) 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評価を実施する。

#### 4. 固有周期

##### 4.1 LT-26-79.5A の固有値解析方法

サプレッション・プール水位 (LT-26-79.5A) の固有値解析方法を以下に示す。

- (1) サプレッション・プール水位 (LT-26-79.5A) は、「4.2 解析モデル及び諸元」に示す3次元はりモデルとして考える。

##### 4.2 LT-26-79.5A の解析モデル及び諸元

サプレッション・プール水位 (LT-26-79.5A) 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、機器の諸元を表4-1に示す。

- (1) サプレッション・プール水位 (LT-26-79.5A) の質量は、それぞれの重心に集中するものとする。
- (2) サプレッション・プール水位 (LT-26-79.5A) の重心位置については、計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定するものとする。
- (3) 拘束条件として、基礎部のXYZ方向を固定する。
- (4) 計算機コードは、「NSAFE」を使用し、固有値及び荷重を求める。なお、評価に用いる計算機コードの検証及び妥当性確認等の概要については、「V-5-4 計算機プログラム (解析コード) の概要・HISAP及びNSAFE」に示す。

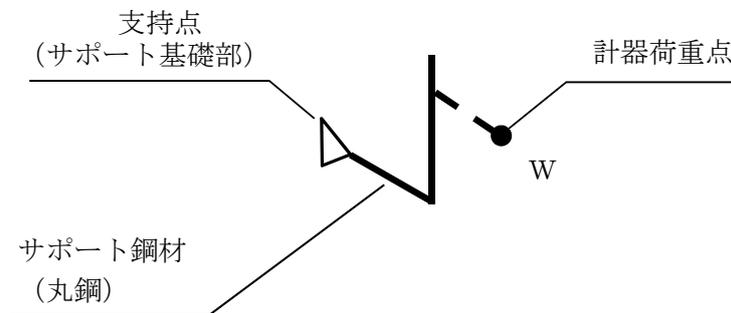


図4-1 解析モデル

表 4-1 機器諸元

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	STK400
質量	m	kg	13
温度条件 (雰囲気温度)	T	℃	100
縦弾性係数	E	MPa	198000
ポアソン比	$\nu$	—	0.3
要素数	—	個	5
節点数	—	個	6

#### 4.3 固有値解析結果

固有値解析結果を表 4-2 に示す。

表 4-2 固有値解析結果(s)

モード	卓越方向	固有周期
1 次	—	
2 次	—	
3 次	—	

## 5. 構造強度評価

### 5.1 構造強度評価方法

#### 5.1.1 LT-26-79.5A の構造強度評価方法

4.2 項(1)～(4)のほか、次の条件で計算する。

- (1) 地震力は温度計及び計器固定金具に対して、水平方向及び鉛直方向から同時に作用するものとする。
- (2) 計器スターションは、溶接により壁面に固定された固定端とする。ここで、基礎については、剛となるように設計する。

#### 5.1.2 LT-26-79.5B 及びLT-26-79.60 の構造強度評価方法

- (1) 計器スターションの質量は重心に集中しているものとする。
- (2) 地震力は計器スターションに対して、水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
- (3) 計器スターションは基礎ボルトで壁面に固定されており、固定端とする。
- (4) 転倒方向は、平面方向及び側面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) 計器スター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) 設計用地震力は「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。
- (7) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

## 5.2 荷重の組合せ及び許容応力

### 5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

サプレッション・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 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

サプレッション・プール水位 (LT-26-79.5A) の許容応力を表 5-3 に、サプレッション・プール水位 (LT-26-79.5B 及び LT-26-79.60) の許容応力を表 5-4 に示す。

### 5.2.3 使用材料の許容応力

サプレッション・プール水位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 5-5 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-6 に示す。

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	耐震設計上の 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・プール 水位	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ <sub>A</sub> S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ <sub>A</sub> S

注記 \*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 5-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類* <sup>1</sup>	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	サプレッション・プール 水位	常設耐震／防止 常設／緩和	—* <sup>2</sup>	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	Ⅳ <sub>A</sub> S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> Sとし てⅣ <sub>A</sub> Sの許 容限界を用い る。)

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

\*<sup>2</sup>：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 5-3 許容応力（その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界 <sup>*1, *2</sup> (ボルト以外)			
	一次応力			
	引張り	せん断	圧縮	曲げ
Ⅲ <sub>A</sub> S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$	$1.5 \cdot f_c$	$1.5 \cdot f_b$
Ⅳ <sub>A</sub> S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$1.5 \cdot f_c^*$	$1.5 \cdot f_b^*$

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 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 5-5 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 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
溶 接 部		周囲環境温度		188	373	—
基 礎 ボ ル ト		周囲環境温度		221	373	—

表 5-6 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
基 礎 ボ ル ト		周囲環境温度		221	373	—

### 5.3 設計用地震力

#### 5.3.1 LT-26-79.5A の設計用地震力

耐震評価に用いる設計用地震力を表 5-7 に示す。

「弾性設計用地震動  $S_d$  又は静的震度」及び「基準地震動  $S_s$ 」による地震力は、「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づく。

表 5-7 設計用地震力

耐震設計上の 重要度分類	据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$	
			水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
S	LT-26-79.5A 原子炉建屋 <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 15px; margin-top: 5px;"></div>					

注記 \* : 基準床レベルを示す。

#### 5.3.2 LT-26-79.5B 及び LT-26-79.60 の設計用地震力

弾性設計用地震動  $S_d$  又は静的震度及び基準地震動  $S_s$  による地震力は、「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づく。なお、壁掛形の計器スタンションの設計用地震力については、設置床上階の設計用地震力を使用する。

## 5.4 計算方法

### 5.4.1 LT-26-79.5A の溶接部の応力

3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。

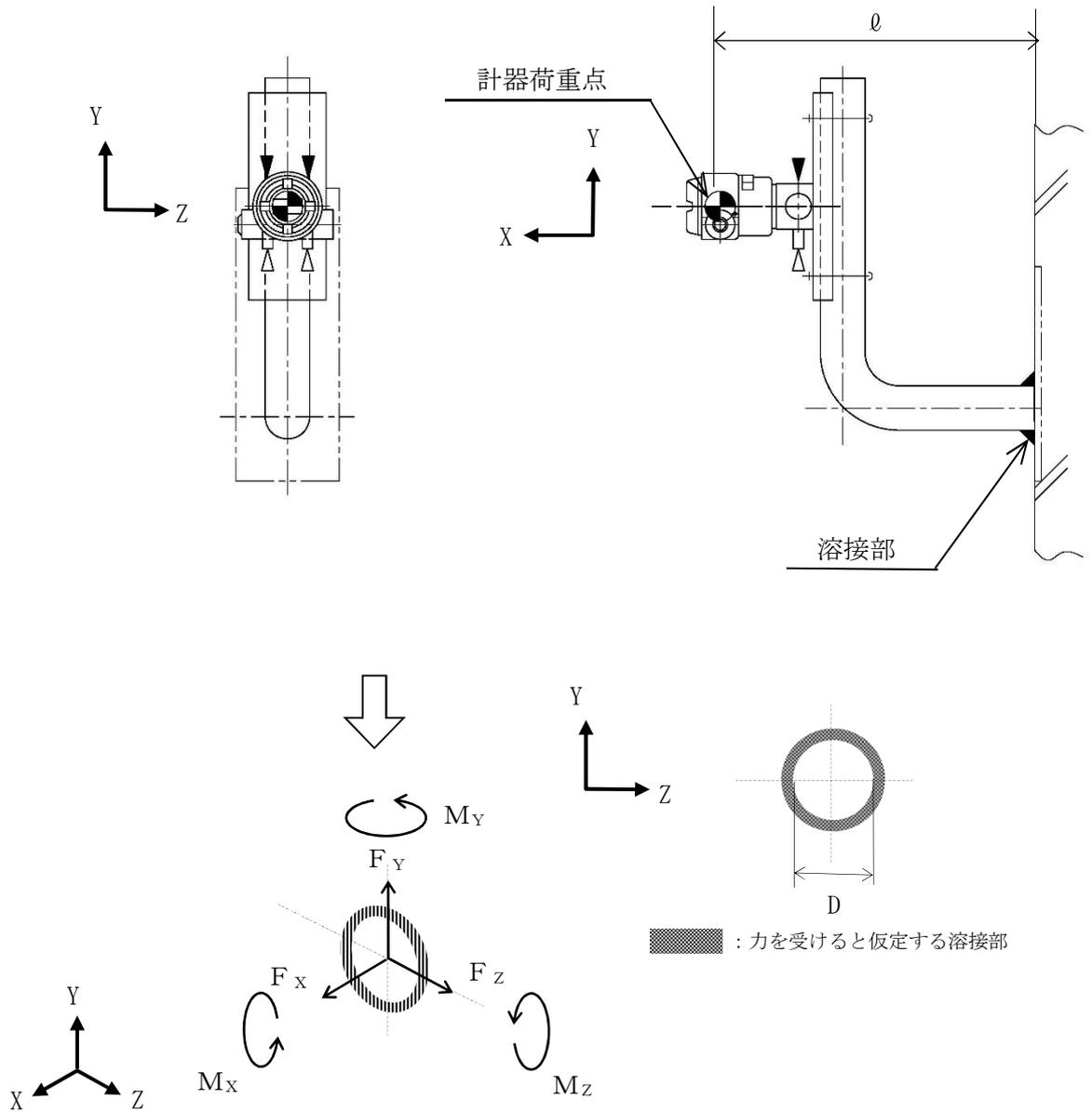


図 5-1 計算モデル (溶接部)

個別解析によって得られた溶接部評価点の最大反力とモーメントを表5-8に示す。

表5-8 溶接部発生反力, モーメント

対象計器	供用状態	反力(N)			モーメント(N・m)		
		F <sub>X</sub>	F <sub>Y</sub>	F <sub>Z</sub>	M <sub>X</sub>	M <sub>Y</sub>	M <sub>Z</sub>
LT-26-79.5A	C (Ⅲ <sub>A</sub> S)	95.6	243.9	95.6	23.31	31.75	104.3
	D (Ⅳ <sub>A</sub> S)	158.2	316.5	158.2	38.59	52.56	143.7

(1) 引張応力

溶接部に対する引張応力は、全溶接断面積で受けるものとして計算する。

引張応力 ( $\sigma_t$ )

$$\sigma_t = \frac{F_X}{A_w} \dots\dots\dots (5.4.1.1)$$

ここで、引張り力を受ける溶接部の有効断面積 $A_w$ は、次式により求める。

$$A_w = \frac{\pi}{4} \{ (D+2 \cdot a)^2 - D^2 \} \dots\dots\dots (5.4.1.2)$$

ただし、溶接部の有効のど厚 $a$ は、

$$a = 0.7 \cdot s \dots\dots\dots (5.4.1.3)$$

(2) せん断応力

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

せん断応力 ( $\tau$ )

$$\tau = \sqrt{\left(\frac{F_Y}{A_{wY}} + \frac{M_X}{Z_p}\right)^2 + \left(\frac{F_Z}{A_{wZ}} + \frac{M_X}{Z_p}\right)^2} \dots\dots\dots (5.4.1.4)$$

ここで、 $A_{wY}$ 、 $A_{wZ}$ はせん断力を受ける各方向の有効断面積、 $Z_p$ は溶接断面におけるねじり断面係数を示す。

$A_{wY}$ 、 $A_{wZ}$ は、次式により求める。

$$A_{wY} = \frac{1}{2} \cdot \frac{\pi}{4} \{ (D+2 \cdot a)^2 - D^2 \} \dots\dots\dots (5.4.1.5)$$

$$A_{wZ} = \frac{1}{2} \cdot \frac{\pi}{4} \{ (D+2 \cdot a)^2 - D^2 \} \dots\dots\dots (5.4.1.6)$$

## (3) 曲げ応力

溶接部に対する曲げモーメントは、図5-1でY軸方向、Z軸方向に対する曲げモーメントを最も外側の溶接部で受けるものとして計算する。

曲げ応力 ( $\sigma_b$ )

$$\sigma_b = \frac{M_Y}{Z_Y} + \frac{M_Z}{Z_Z} \dots\dots\dots (5.4.1.7)$$

$Z_Y$ ,  $Z_Z$ は溶接断面のY軸及びZ軸に関する断面係数を示す。

## (4) 組合せ応力

溶接に対する組合せ応力は、各応力を足し合わせたものとして計算する。

$$\sigma_w = \sqrt{(\sigma_t + \sigma_b)^2 + \tau^2} \dots\dots\dots (5.4.1.8)$$

5.4.2 LT-26-79.5B 及び LT-26-79.60 の応力の計算方法

5.4.2.1 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。

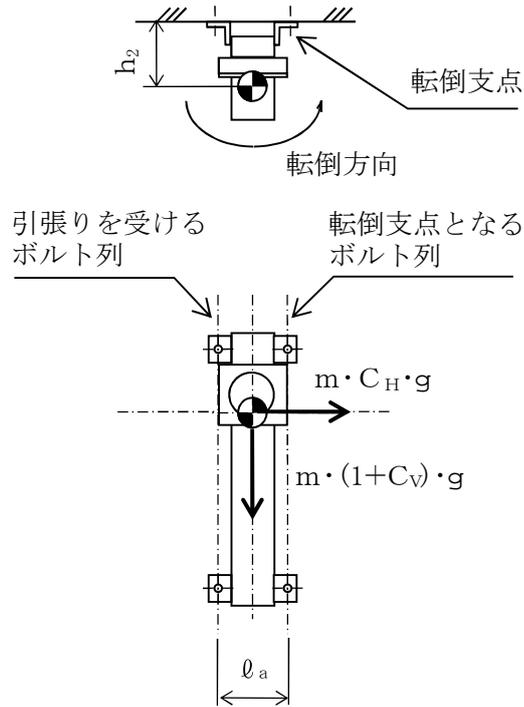


図5-2(1) 計算モデル  
(壁掛形 平面方向転倒の場合)

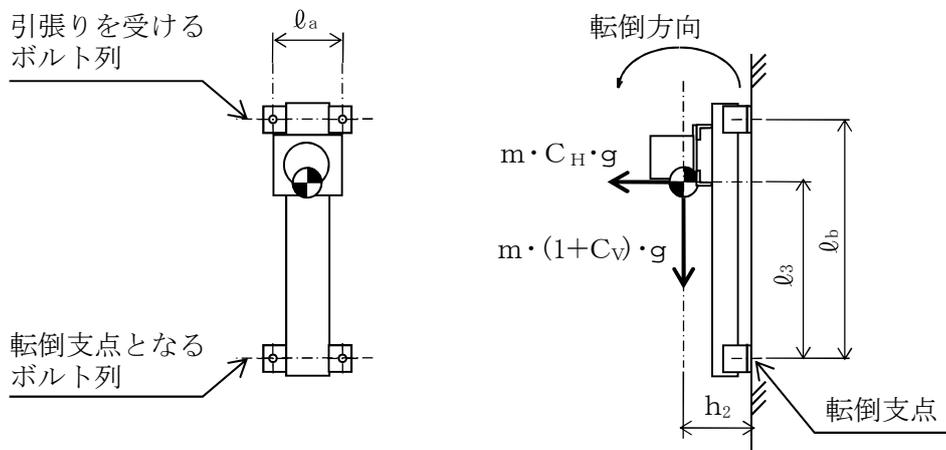


図5-2(2) 計算モデル  
(壁掛形 側面方向転倒の場合)

## (1) 引張応力

ボルトに対する引張力は、最も厳しい条件として、図5-2で最外列のボルトを支点とする転倒を考え、これを片側の最外列のボルトで受けるものとして計算する。

引張力 ( $F_b$ )

計算モデル図5-2(1)の場合の引張力

$$F_{b1} = m \cdot g \cdot \left( \frac{C_H \cdot h_2}{n_{fH} \cdot l_a} + \frac{(1 + C_V) \cdot h_2}{n_{fV} \cdot l_b} \right) \dots\dots\dots (5.4.2.1.1)$$

計算モデル図5-2(2)の場合の引張力

$$F_{b2} = m \cdot g \cdot \left( \frac{C_H \cdot l_3 + (1 + C_V) \cdot h_2}{n_{fV} \cdot l_b} \right) \dots\dots\dots (5.4.2.1.2)$$

引張応力 ( $\sigma_b$ )

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b} \dots\dots\dots (5.4.2.1.3)$$

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \dots\dots\dots (5.4.2.1.4)$$

## (2) せん断応力

ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b1} = m \cdot g \cdot C_H \dots\dots\dots (5.4.2.1.5)$$

$$Q_{b2} = m \cdot g \cdot (1 + C_V) \dots\dots\dots (5.4.2.1.6)$$

$$Q_b = \sqrt{(Q_{b1})^2 + (Q_{b2})^2} \dots\dots\dots (5.4.2.1.7)$$

せん断応力

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n \cdot A_b} \dots\dots\dots (5.4.2.1.8)$$

## 5.5 計算条件

### 5.5.1 LT-26-79.5Aの溶接部の応力計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【サプレッション・プール水位 (LT-26-79.5A) の耐震性についての計算結果】の設計条件および機器要目に示す。

### 5.5.2 LT-26-79.5B及びLT-26-79.60の基礎ボルトの応力計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【サプレッション・プール水位 (LT-26-79.5B) の耐震性についての計算結果】及び【サプレッション・プール水位 (LT-26-79.60) の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器様目に示す。

5.6 応力の評価

5.6.1 LT-26-79.5Aの溶接部の評価

5.4.1項で求めた溶接部に発生する応力は、許容応力  $f_s$  以下であること。  
 ただし、 $f_s$  は下表による。

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

5.6.2 ボルトの応力評価

5.4.2.1項で求めたボルトの引張応力  $\sigma_b$  は次式より求めた許容引張応力  $f_{ts}$  以下であること。ただし、 $f_{to}$  は下表による。

$$f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}] \quad \dots\dots\dots (5.6.2.1)$$

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

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

6. 機能維持評価

6.1 電氣的機能維持評価方法

サプレッション・プール水位の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

なお、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。

サプレッション・プール水位は地震時電氣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 6-1 に示す。

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

評価部位	方向	機能確認済加速度
サプレッション・プール水位 (LT-26-79.5A)	水平	<div style="border: 2px solid black; width: 100px; height: 150px; margin: 0 auto;"></div>
	鉛直	
サプレッション・プール水位 (LT-26-79.5B)	水平	
	鉛直	
サプレッション・プール水位 (LT-26-79.60)	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

サプレッション・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

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

### 7.2 重大事故等対処設備としての評価結果

サプレッション・プール水位の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び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

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【サブプレッション・プール水位(LT-26-79.5A)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(LT-26-79.5A)

機器名称	耐震設計上の重要度分類	据付場所及び床面高さ(m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$		周囲環境温度(°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
サブプレッション・プール水位(LT-26-79.5A)	S	原子炉建屋			$C_H=0.58$	$C_V=0.48$	$C_H=0.96$	$C_V=0.92$	

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

1.2.1 サプレッション・プール水位(LT-26-79.5A)溶接部

部材	W(N)	$\ell$ (mm)	s(mm)	a(mm)	D(mm)	$A_w$ (mm <sup>2</sup> )	$A_{wY}$ (mm <sup>2</sup> )	$A_{wZ}$ (mm <sup>2</sup> )	$Z_Y$ (mm <sup>3</sup> )	$Z_Z$ (mm <sup>3</sup> )	$Z_p$ (mm <sup>3</sup> )	$S_y$ (MPa)	$S_u$ (MPa)	F(MPa)	F*(MPa)
溶接部(LT-26-79.5A)															

1.3 計算数値

1.3.1 溶接部に作用する力

(単位：N)

部 材	F <sub>x</sub>		F <sub>y</sub>		F <sub>z</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
溶接部 (LT-26-79.5A)						

1.3.2 溶接部に作用するモーメント

(単位：N・m)

部 材	M <sub>x</sub>		M <sub>y</sub>		M <sub>z</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
溶接部 (LT-26-79.5A)						

1.4 結論

1.4.1 溶接部の応力

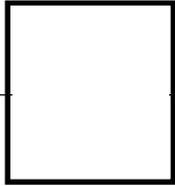
(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
溶接部 (LT-26-79.5A)		引張り	1	108	1	129
		せん断	5	108	7	129
		曲げ	24	108	34	129
		組合せ	24	108	35	129

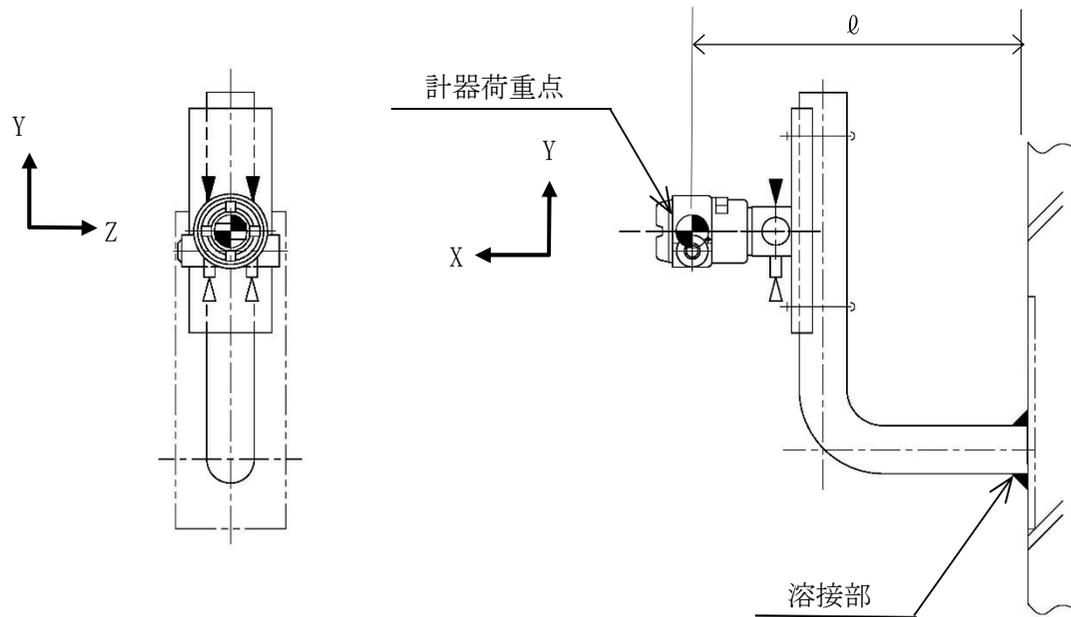
すべて許容応力以下である。

1.4.3 電氣的機能の評価結果

(単位：×9.8 m/s<sup>2</sup>)

		評価用加速度	機能確認済加速度
溶接部 (LT-26-79.5A)	水平方向	0.80	
	鉛直方向	0.77	

評価用加速度 (1.0ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



【サブプレッション・プール水位(LT-26-79.5B)の耐震性についての計算結果】

2. 設計基準対象施設

2.1 設計条件(LT-26-79.5B)

機器名称	耐震設計上の重要度分類	据付場所及び床面高さ(m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$		周囲環境温度(°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
サブプレッション・プール水位 (LT-26-79.5B)	S	原子炉建屋			$C_H=0.58$	$C_V=0.48$	$C_H=0.96$	$C_V=0.92$	

注記 \* : 基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

2.2.1 サブプレッション・プール水位(LT-26-79.5B)

部材	m (kg)	$h_2$ (mm)	$l_3$ (mm)	$l_a$ (mm)	$l_b$ (mm)	$A_b$ (mm <sup>2</sup> )	n	$n_{fV}$	$n_{fH}$
基礎ボルト								2	2

部材	$S_y$ (MPa)	$S_u$ (MPa)	F (MPa)	$F^*$ (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
基礎ボルト	221	373	221	261	側面方向	側面方向

2.3 計算数値

2.3.1 サブプレッション・プール水位(LT-26-79.5B)に作用する力

(単位: N)

部材	$F_b$		$F_{b1}$		$F_{b2}$		$Q_b$	
	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$						
基礎ボルト								

2.4 結論

2.4.1 サプレッション・プール水位(LT-26-79.5B)の応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	[ ]	引張り	$\sigma_b=4$	$f_{ts}=132^*$	$\sigma_b=5$	$f_{ts}=156^*$
		せん断	$\tau_b=1$	$f_{sb}=102^*$	$\tau_b=2$	$f_{sb}=120$

すべて許容応力以下である。

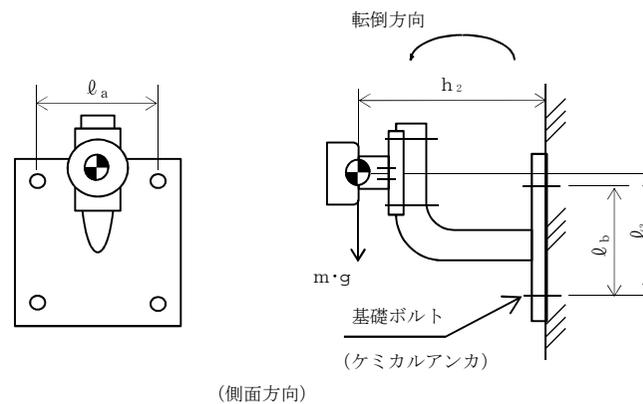
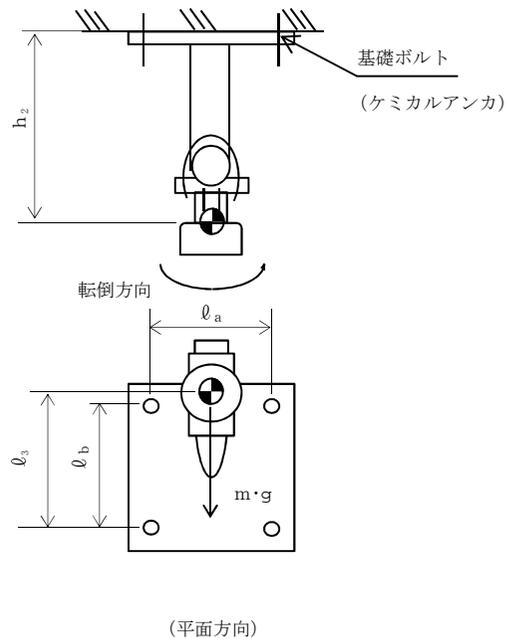
注記\* :  $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$ より算出

2.4.2 電氣的機能の評価結果

(単位： $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )

		評価用加速度	機能確認済加速度
サプレッション・プール水位 (LT-26-79.5B)	水平方向	0.80	[ ]
	鉛直方向	0.77	[ ]

評価用加速度 (1.0ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



【サブプレッション・プール水位(LT-26-79.60)の耐震性についての計算結果】

3. 重大事故等対処設備

3.1 設計条件(LT-26-79.60)

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ(m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$		周囲環境温度(°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
サブプレッション・プール水位(LT-26-79.60)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋 □	□		—	—	$C_H=0.96^{*3}$	$C_V=0.92^{*3}$	□

注記 \* : 基準床レベルを示す。

3.2 機器要目

3.2.1 サプレッション・プール水位(LT-26-79.60)

部材	m(kg)	$h_z$ (mm)	$l_3$ (mm)	$l_a$ (mm)	$l_b$ (mm)	$A_b$ (mm <sup>2</sup> )	n	$n_{FV}$	$n_{FH}$
基礎ボルト	□							2	2

部材	$S_y$ (MPa)	$S_u$ (MPa)	F(MPa)	F*(MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
基礎ボルト	221	373	—	261	—	平面方向

3.3 計算数値

3.3.1 サプレッション・プール水位(LT-26-79.60)に作用する力

(単位 : N)

部材	$F_b$		$F_{b1}$		$F_{b2}$		$Q_b$	
	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$						
基礎ボルト	□							

3.4 結論

3.4.1 サプレッション・プール水位(LT-26-79.60)の応力

(単位: MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	—	—	$\sigma_b=3$	$f_{ts}=164^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=2$	$f_{sb}=126$

すべて許容応力以下である。

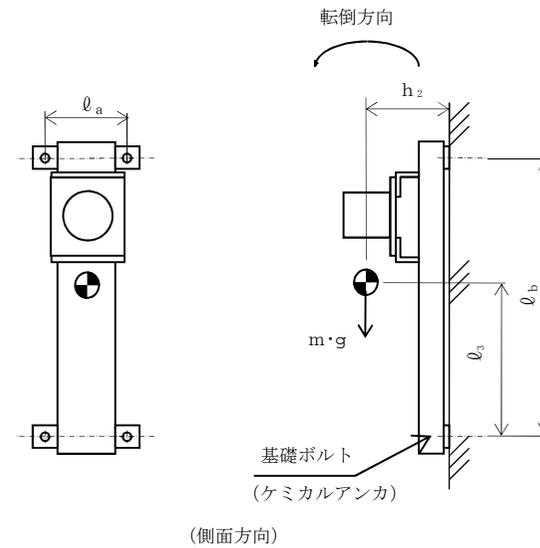
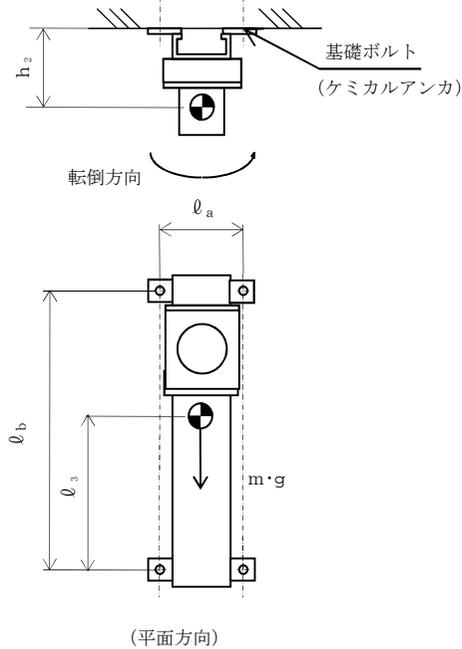
注記\*:  $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$ より算出

3.4.2 電氣的機能の評価結果

(単位:  $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )

		評価用加速度	機能確認済加速度
サプレッション・プール水位 (LT-26-79.60)	水平方向	0.80	
	鉛直方向	0.77	

評価用加速度 (1.0ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



本資料のうち、枠囲みの内容は、  
営業秘密又は防護上の観点から  
公開できません

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-789 改0
提出年月日	平成30年6月29日

#### V-2-6-7-8 原子炉再循環ポンプ遮断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. 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
4. 機能維持評価	7
4.1 電氣的機能維持評価方法	7
5. 評価結果	8
5.1 重大事故等対処設備としての評価結果	8

## 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、原子炉再循環ポンプ遮断器が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

原子炉再循環ポンプ遮断器は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

原子炉再循環ポンプ遮断器の構造計画を表 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	
原子炉再循環ポンプ遮断器は、基礎に埋め込まれた埋込金物で固定されたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。	直立形	<p>(短辺方向)</p> <p>(長辺方向)</p>

### 3. 構造強度評価

#### 3.1 構造強度評価方法

原子炉再循環ポンプ遮断器の構造は直立形盤であるため、構造強度評価は、「V-2-1-14-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

#### 3.2 荷重の組合せ及び許容応力

##### 3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉再循環ポンプ遮断器の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-1 に示す。

##### 3.2.2 許容応力

原子炉再循環ポンプ遮断器の許容応力を表 3-2 に示す。

##### 3.2.3 使用材料の許容応力評価条件

原子炉再循環ポンプ遮断器の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-3 に示す。

表 3-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	その他の 計測制御 設備	原子炉再循環ポンプ遮断器	常設耐震／防止	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	$IV_A S$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	$V_A S$ ( $V_A S$ として $IV_A S$ の許容限 界を用いる。)

注記 \*1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備を示す。

\*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

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

表 3-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 3-3 使用材料の許容応力（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
取付ボルト		周囲環境温度		225	385	—

#### 4. 機能維持評価

##### 4.1 電氣的機能維持評価方法

原子炉再循環ポンプ遮断器の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

電氣的機能維持評価は、「V-2-1-14-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

原子炉再循環ポンプ遮断器に設置される器具の機能確認済加速度には、同形式の器具の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 機能確認済加速度 ( $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )

方向	機能確認済加速度	
水平		
鉛直		

## 5. 評価結果

### 5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

原子炉再循環ポンプ遮断器の重大事故等対処設備としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【原子炉再循環ポンプ遮断器の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉再循環ポンプ トリップ用メタクラ 2A	常設耐震/防止	原子炉建屋 [ ]	[ ]		C <sub>H</sub> = -	C <sub>V</sub> = -	C <sub>H</sub> =1.55*2	C <sub>V</sub> =1.17*2	[ ]

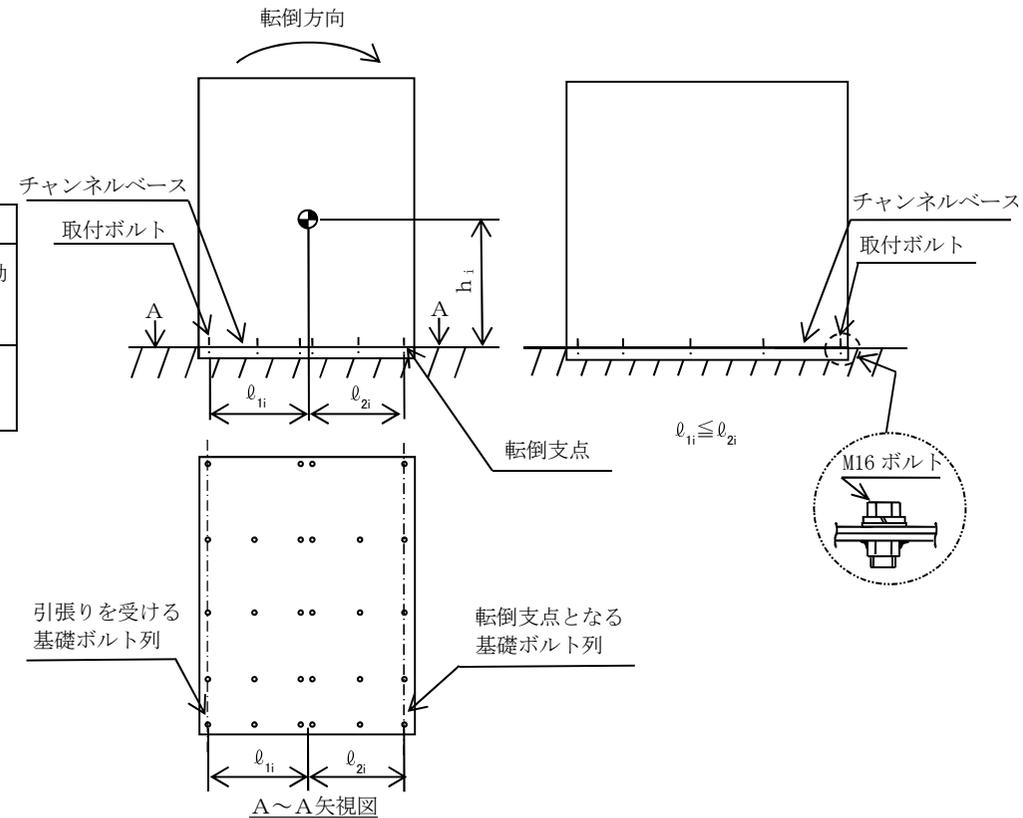
注記 \*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 基準地震動S<sub>s</sub>の震度と同等以上の設計震度

1.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	ℓ <sub>1i</sub> (mm)	ℓ <sub>2i</sub> (mm)	A <sub>bi</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	n <sub>fi</sub>
取付ボルト (i=2)	[ ]						5

部材	S <sub>yi</sub> (MPa)	S <sub>ui</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> <sup>*</sup> (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用 地震動S <sub>d</sub> 又 は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i=2)	225	385	-	270	-	短辺方向



1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F <sub>bi</sub>		Q <sub>bi</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i=2)				

1.4 結 論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	□	引張り	—	—	σ <sub>b2</sub> =77	f <sub>ts2</sub> =202*
		せん断	—	—	τ <sub>b2</sub> =22	f <sub>sb2</sub> =155

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電氣的機能の評価結果

(単位：×9.8 m/s<sup>2</sup>)

		評価用加速度	機能確認済加速度
真空遮断器	水平方向	1.29	□
	鉛直方向	0.98	

評価用加速度 (1.0ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。

【原子炉再循環ポンプ遮断器の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉再循環ポンプ トリップ用メタクラ 2B	常設耐震/防止	原子炉建屋 [ ]	[ ]	[ ]	C <sub>H</sub> = -	C <sub>V</sub> = -	C <sub>H</sub> =1.55*2	C <sub>V</sub> =1.17*2	[ ]

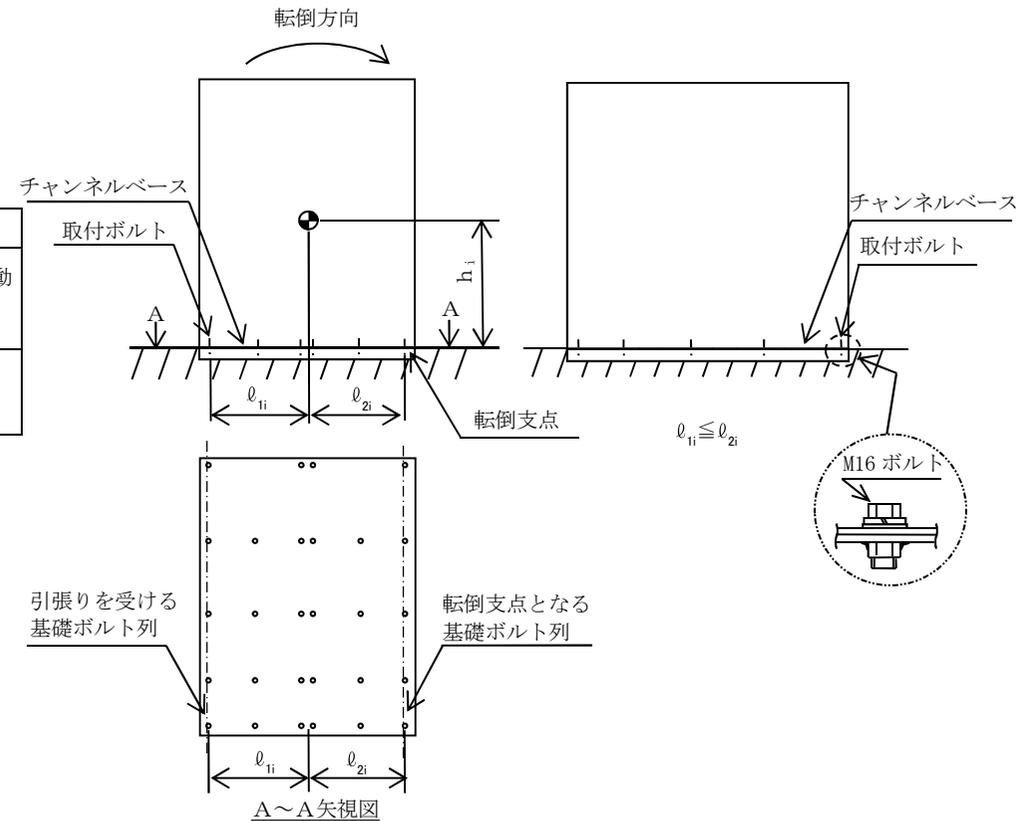
注記 \*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 基準地震動S<sub>s</sub>の震度と同等以上の設計震度

1.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	ℓ <sub>1i</sub> (mm)	ℓ <sub>2i</sub> (mm)	A <sub>bi</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	n <sub>fi</sub>
取付ボルト (i=2)	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	5

部材	S <sub>yi</sub> (MPa)	S <sub>ui</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> <sup>*</sup> (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用 地震動S <sub>d</sub> 又 は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i=2)	225	385	-	270	-	短辺方向



11

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位: N)

部 材	F <sub>bi</sub>		Q <sub>bi</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i=2)				

1.4 結 論

1.4.1 ボルトの応力 (単位: MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	□	引張り	—	—	$\sigma_{ts2}=77$	$f_{ts2}=202^*$
		せん断	—	—	$\tau_{ts2}=22$	$f_{sb2}=155$

すべて許容応力以下である。

注記 \* :  $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{t0i} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{t0i}]$  より算出

1.4.2 電氣的機能の評価結果 (単位:  $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )

		評価用加速度	機能確認済加速度
真空遮断器	水平方向	1.29	□
	鉛直方向	0.98	

評価用加速度 (1.0ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。

本資料のうち、枠囲みの内容は、  
営業秘密又は防護上の観点から  
公開できません

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-790 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-6-7-9 原子炉再循環ポンプ低速度用電源装置遮断器の  
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. 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
4. 機能維持評価	7
4.1 電氣的機能維持評価方法	7
5. 評価結果	8
5.1 重大事故等対処設備としての評価結果	8

## 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、原子炉再循環ポンプ低速度用電源装置遮断器が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

原子炉再循環ポンプ低速度用電源装置遮断器は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

原子炉再循環ポンプ低速度用電源装置遮断器の構造計画を表 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	
原子炉再循環ポンプ低速度用電源装置遮断器は、基礎に埋め込まれた埋込金物で固定されたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。	直立形	

### 3. 構造強度評価

#### 3.1 構造強度評価方法

原子炉再循環ポンプ低速度用電源装置遮断器の構造は直立形盤であるため、構造強度評価は、「V-2-1-14-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

#### 3.2 荷重の組合せ及び許容応力

##### 3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉再循環ポンプ低速度用電源装置遮断器の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-1 に示す。

##### 3.2.2 許容応力

原子炉再循環ポンプ低速度用電源装置遮断器の許容応力を表 3-2 に示す。

##### 3.2.3 使用材料の許容応力評価条件

原子炉再循環ポンプ低速度用電源装置遮断器の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-3 に示す。

表 3-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統設備	その他の 計測制御 設備	原子炉再循環ポンプ 低速度用電源装置遮断器	常設耐震／防止	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	$IV_A S$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	$V_A S$ ( $V_A S$ として $IV_A S$ の許容限 界を用いる。)

注記 \*1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備を示す。

\*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

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

表 3-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 3-3 使用材料の許容応力（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
取付ボルト		周囲環境温度		225	385	—

#### 4. 機能維持評価

##### 4.1 電氣的機能維持評価方法

原子炉再循環ポンプ低速度用電源装置遮断器の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

電氣的機能維持評価は、「V-2-1-14-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

原子炉再循環ポンプ低速度用電源装置遮断器に設置される器具の機能確認済加速度には、同形式の器具の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 機能確認済加速度 ( $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )

方向	機能確認済加速度
水平	
鉛直	

## 5. 評価結果

### 5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

原子炉再循環ポンプ低速度用電源装置遮断器の重大事故等対処設備としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【原子炉再循環ポンプ低速度用電源装置遮断器の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉再循環 ポンプ 2 A 低速駆動用メタクラ	常設耐震/防止	原子炉建屋 [ ]	[ ]	[ ]	C <sub>H</sub> = -	C <sub>V</sub> = -	C <sub>H</sub> =1.55*2	C <sub>V</sub> =1.17*2	[ ]

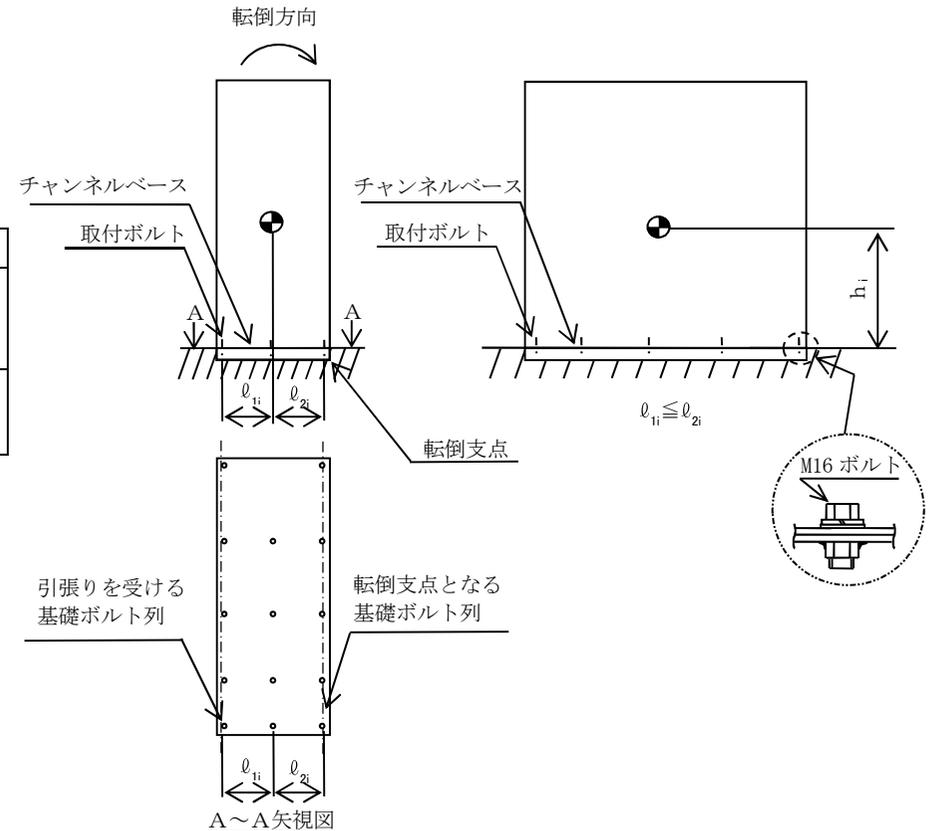
注記 \*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 基準地震動 S s の震度と同等以上の設計震度

1.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	ℓ <sub>1i</sub> (mm)	ℓ <sub>2i</sub> (mm)	A <sub>bi</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	n <sub>fi</sub>
取付ボルト (i=2)	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	5

部材	S <sub>yi</sub> (MPa)	S <sub>ui</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> <sup>*</sup> (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用 地震動 S d 又 は静的震度	基準地震動 S s
取付ボルト (i=2)	225	385	-	270	-	短辺方向



1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部 材	F <sub>b2</sub>		Q <sub>b2</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i=2)				

1.4 結 論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト		引張り	—	—	$\sigma_{b2}=63$	$f_{ts2}=202^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=18$	$f_{sb2}=155$

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電氣的機能の評価結果 (単位：×9.8 m/s<sup>2</sup>)

		評価用加速度	機能確認済加速度
真空遮断器	水平方向	1.29	
	鉛直方向	0.98	

評価用加速度 (1.0ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。

【原子炉再循環ポンプ低速度用電源装置遮断器の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉再循環 ポンプ 2 B 低速駆動用メタクラ	常設耐震/防止	原子炉建屋 [ ]	[ ]	[ ]	$C_H = -$	$C_V = -$	$C_H = 1.55^{*2}$	$C_V = 1.17^{*2}$	[ ]

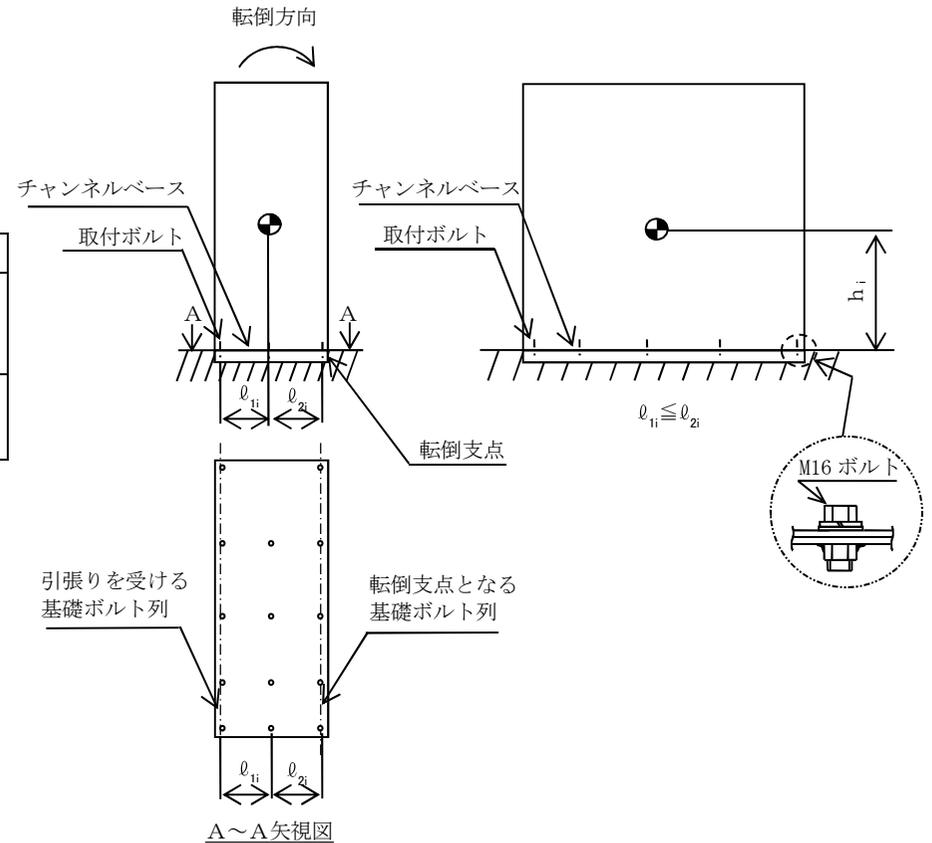
注記 \*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 基準地震動 S s の震度と同等以上の設計震度

1.2 機器要目

部材	$m_i$ (kg)	$h_i$ (mm)	$l_{1i}$ (mm)	$l_{2i}$ (mm)	$A_{bi}$ (mm <sup>2</sup> )	$n_i$	$n_{fi}$
取付ボルト (i=2)	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	5

部材	$S_{yi}$ (MPa)	$S_{ui}$ (MPa)	$F_i$ (MPa)	$F_i^*$ (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用 地震動 S d 又 は静的震度	基準地震動 S s
取付ボルト (i=2)	225	385	-	270	-	短辺方向



1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部 材	F <sub>b2</sub>		Q <sub>b2</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i=2)				

1.4 結 論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	□	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=63$	$f_{ts2}=202^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=18$	$f_{sb2}=155$

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 電氣的機能の評価結果 (単位：×9.8 m/s<sup>2</sup>)

		評価用加速度	機能確認済加速度
真空遮断器	水平方向	1.29	□
	鉛直方向	0.98	

評価用加速度 (1.0ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-842 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-6-7-10 格納容器内雰囲気ガスサンプリング装置  
の耐震性についての計算書

格納容器内雰囲気ガスサンプリング装置の耐震性についての耐震計算は、「V-2-6-5-31 格納容器内水素濃度（S A）の耐震性についての計算書」で説明する。

本資料のうち、枠囲みの内容は、  
営業秘密又は防護上の観点から  
公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-638 改0
提出年月日	平成30年6月29日

### V-2-6-7-13 フィルタ装置水位の耐震性についての計算書

## 目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 構造強度評価	4
3.1 構造強度評価方法	4
3.2 荷重の組合せ及び許容応力	4
4. 機能維持評価	8
4.1 電氣的機能維持評価方法	8
5. 評価結果	8
5.1 重大事故等対処設備としての評価結果	8

## 1. 概要

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

フィルタ装置水位は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

フィルタ装置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	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより計器ステーションに取付けられた計器取付板に固定される。</p> <p>計器ステーションは、基礎に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>検出器</p>	<p>【LT-SA14-N101A】</p> <p>正面</p> <p>計器ステーション</p> <p>検出器</p> <p>側面</p> <p>計器取付ボルト</p> <p>チャンネルベース</p> <p>基礎ボルト</p> <p>基礎 (床面)</p> <p>取付板</p> <p>(正面方向)</p> <p>(側面方向)</p>

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより計器スターションに取付けられた計器取付板に固定される。</p> <p>計器スターションは、基礎に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>検出器</p>	<p>【LT-SA14-N101B】</p> <p>The diagram illustrates the assembly of the detector (LT-SA14-N101B). It includes three views: a top view (平面) showing the detector's footprint and mounting holes; a front view (正面) showing the detector mounted on a vertical post (計器スターション) which is secured to a base (基礎) with base bolts (基礎ボルト); and a side view (側面) showing the detector's connection to the mounting plate (取付板) via a detector mounting bolt (計器取付ボルト). The base is shown resting on a bed surface (床面).</p>

### 3. 構造強度評価

#### 3.1 構造強度評価方法

フィルタ装置水位の構造は直立形計器スタンションであるため、構造強度評価は、「V-2-1-14-9 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評価する。

#### 3.2 荷重の組合せ及び許容応力

##### 3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

フィルタ装置水位の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-1 に示す。

##### 3.2.2 許容応力

フィルタ装置水位の許容応力を表 3-2 に示す。

##### 3.2.3 使用材料の許容応力評価条件

フィルタ装置水位の使用材料の許容応力評価条件のうち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-3 に示す。

表 3-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

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

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

\*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 3-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 3-3 使用材料の許容応力評価条件 (重大事故等対処設備)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
基礎ボルト (LT-SA14-N101A)		周囲環境温度		225	385	—
基礎ボルト (LT-SA14-N101B)		周囲環境温度		206	385	—

#### 4. 機能維持評価

##### 4.1 電氣的機能維持評価方法

フィルタ装置水位の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

電氣的機能維持評価は、「V-2-1-14-9 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評価する。

フィルタ装置水位の機能確認済加速度には、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 機能確認済加速度 ( $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )

評価部位	方向	機能確認済加速度
フィルタ装置水位	水平	□
	鉛直	

#### 5. 評価結果

##### 5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

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

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【フィルタ装置水位(LT-SA14-N101A)の耐震性についての評価結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
フィルタ装置水位	常設耐震/防止 常設/緩和				—	—	$C_H=2.15^{*2}$	$C_V=1.07^{*2}$	

注記 \*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 基準地震動 $S_s$ の震度と同等以上の設計震度

1.2 機器要目

1.2.1 フィルタ装置水位

部材	m (kg)	$h_1$ (mm)	$\ell_1$ (mm)	$\ell_2$ (mm)	$A_b$ (mm <sup>2</sup> )	n	$n_f$
基礎ボルト							3

部材	$S_y$ (MPa)	$S_u$ (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用 地震動 $S_d$ 又 は静的震度	基準地震動 $S_s$
基礎ボルト	225	385	—	270	—	側面方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位: N)

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

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	□	引張り	—	—	$\sigma_b=16$	$f_{ts}=202^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=5$	$f_{sb}=155^*$

すべて許容応力以下である。

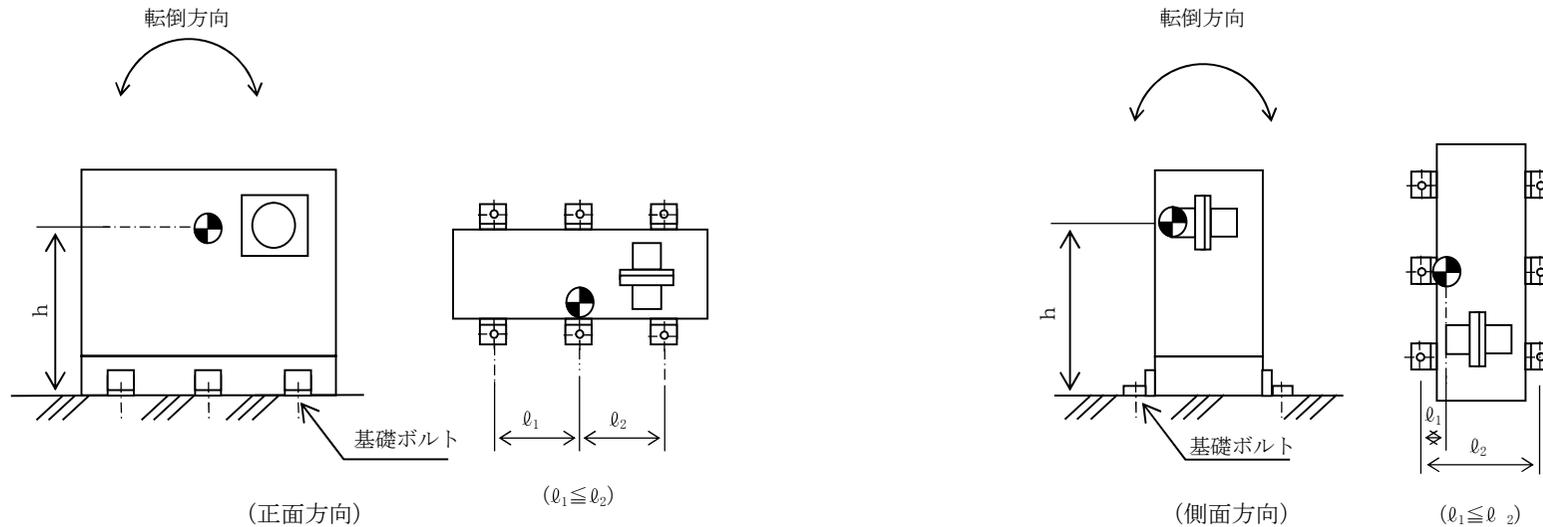
注記\*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$ より算出

1.4.2 電氣的機能の評価結果

(単位： $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )

		評価用加速度	機能確認済加速度
フィルタ装置水位	水平方向	1.79	□
	鉛直方向	0.89	□

評価用加速度 (1.0ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



【フィルタ装置水位(LT-SA14-N101B)の耐震性についての評価結果】

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
フィルタ装置水位	常設耐震/防止 常設/緩和	フィルターベント設備 EL. -12.8* <sup>1</sup>	0.05 以下	0.05 以下	—	—	$C_H=2.15^{*2}$	$C_V=1.07^{*2}$	66

注記 \*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 基準地震動 $S_s$ の震度と同等以上の設計震度

2.2 機器要目

2.2.1 フィルタ装置水位

部材	m (kg)	H (mm)	$\ell_1$ (mm)	$\ell_2$ (mm)	$A_b$ (mm <sup>2</sup> )	n	nf
基礎ボルト	51	900	61.2	261.2	113.1 (M12)	4	2

部材	$S_y$ (MPa)	$S_u$ (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用 地震動 $S_d$ 又 は静的震度	基準地震動 $S_s$
基礎ボルト	206	385	—	270	—	側面方向

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位: N)

部材	$F_b$		$Q_b$	
	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
基礎ボルト	—	$2.578 \times 10^3$	—	$1.075 \times 10^3$

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	—	—	$\sigma_b=23$	$f_{ts}=185^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=3$	$f_{sb}=142^*$

すべて許容応力以下である。

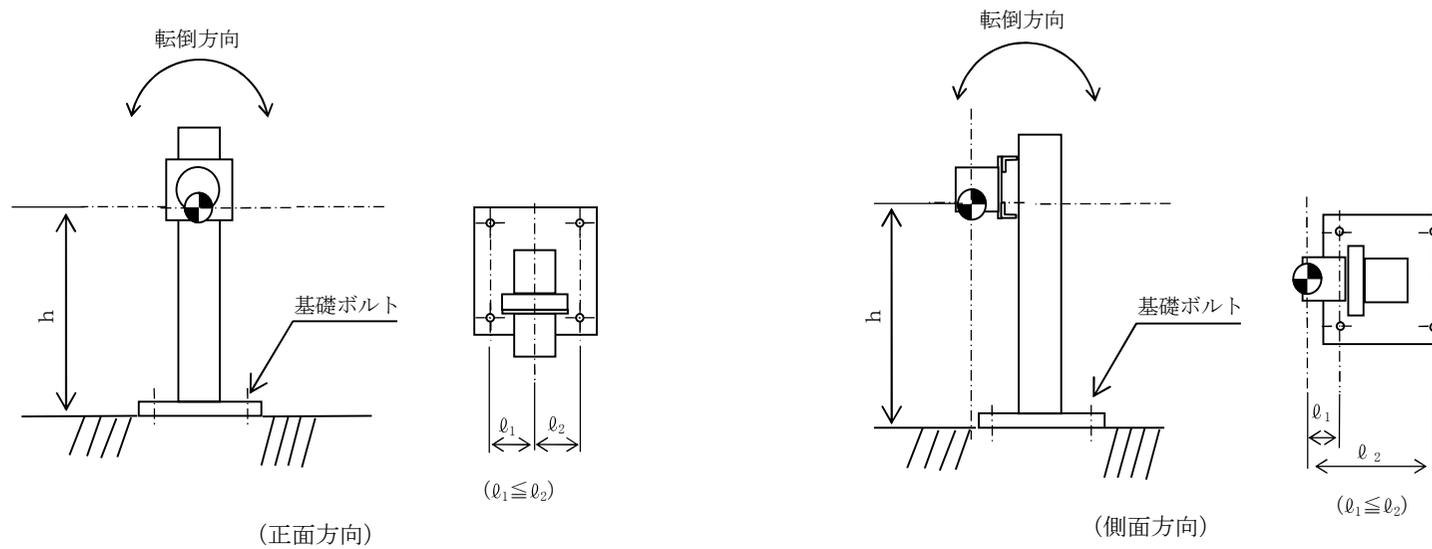
注記\*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$ より算出

2.4.2 電氣的機能の評価結果

(単位： $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )

		評価用加速度	機能確認済加速度
フィルタ装置水位	水平方向	1.79	3.00
	鉛直方向	0.89	3.00

評価用加速度 (1.0ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



本資料のうち、枠囲みの内容は、  
営業秘密又は防護上の観点から  
公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-639 改0
提出年月日	平成30年6月29日

## V-2-6-7-14 フィルタ装置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. 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
4. 機能維持評価	7
4.1 電氣的機能維持評価方法	7
5. 評価結果	7
5.1 重大事故等対処設備としての評価結果	7

## 1. 概要

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

フィルタ装置圧力は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、分類に応じた構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

フィルタ装置圧力の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより計器スタンションに取付けられた計器取付板に固定される。</p> <p>計器スタンションは、基礎に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>検出器</p>	<p>正面</p> <p>計器スタンション</p> <p>検出器</p> <p>チャンネルベース</p> <p>基礎ボルト</p> <p>基礎 (床面)</p> <p>(正面方向)</p> <p>側面</p> <p>計器取付ボルト</p> <p>取付板</p> <p>(側面方向)</p>

### 3. 構造強度評価

#### 3.1 構造強度評価方法

フィルタ装置圧力の構造は直立形計器スタンションであるため、構造強度評価は、「V-2-1-14-9 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評価する。

#### 3.2 荷重の組合せ及び許容応力

##### 3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

フィルタ装置圧力の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-1 に示す。

##### 3.2.2 許容応力

フィルタ装置圧力の許容応力を表 3-2 に示す。

##### 3.2.3 使用材料の許容応力評価条件

フィルタ装置圧力の使用材料の許容応力評価条件のうち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-3 に示す。

表 3-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

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

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

\*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 3-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 3-3 使用材料の許容応力評価条件 (重大事故等対処設備)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (RT) (MPa)
基礎ボルト		周囲環境温度		234	385	—

#### 4. 機能維持評価

##### 4.1 電氣的機能維持評価方法

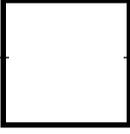
フィルタ装置圧力の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

電氣的機能維持評価は、「V-2-1-14-9 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評価する。

フィルタ装置圧力の機能確認済加速度には、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 機能確認済加速度 (×9.8 m/s<sup>2</sup>)

評価部位	方向	機能確認済加速度
フィルタ装置圧力	水平	
	鉛直	

#### 5. 評価結果

##### 5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

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

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【フィルタ装置圧力の耐震性についての評価結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
フィルタ装置圧力	常設耐震/防止 常設/緩和				—	—	$C_H=2.15^{*2}$	$C_V=1.07^{*2}$	

注記 \*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 基準地震動 $S_s$ の震度と同等以上の設計震度

1.2 機器要目

1.2.1 フィルタ装置圧力

部材	m (kg)	$h_1$ (mm)	$\ell_1$ (mm)	$\ell_2$ (mm)	$A_b$ (mm <sup>2</sup> )	n	$n_f$
基礎ボルト							3

∞

部材	$S_y$ (MPa)	$S_u$ (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	* 転倒方向	
					弾性設計用 地震動 $S_d$ 又は 静的震度	基準地震動 $S_s$
基礎ボルト	234	385	—	270	—	側面方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位: N)

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

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	□	引張り	—	—	$\sigma_b=16$	$f_{ts}=162^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=5$	$f_{sb}=124^*$

すべて許容応力以下である。

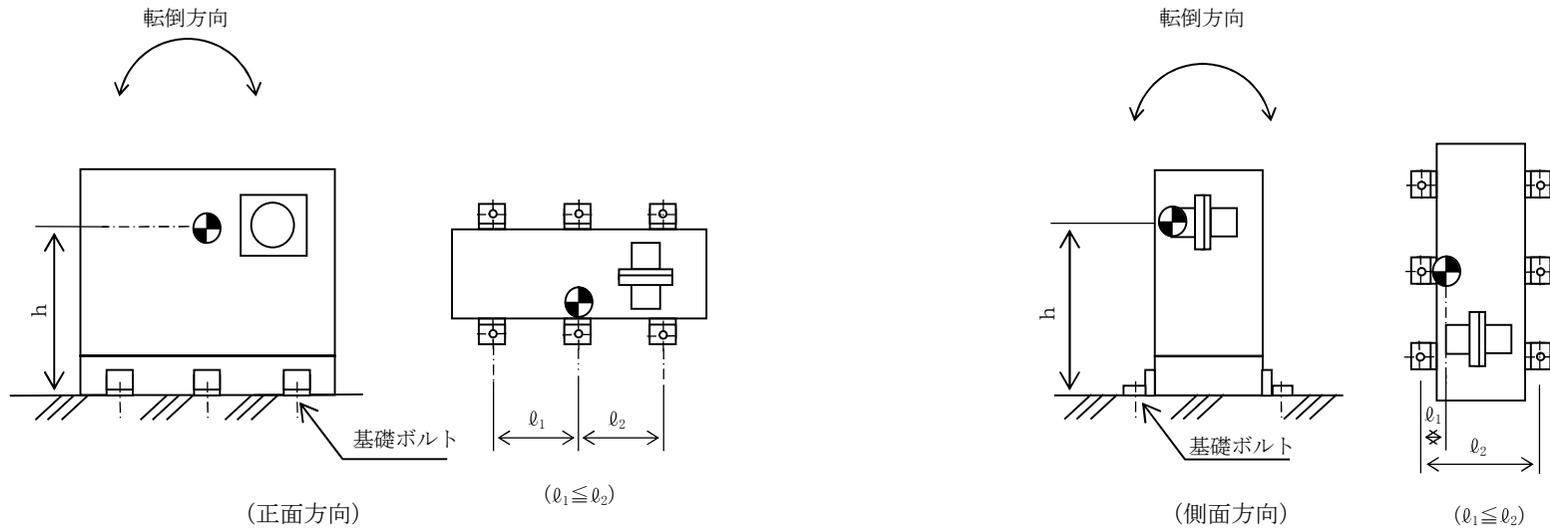
注記\*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$ より算出

1.4.2 電氣的機能の評価結果

(単位： $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )

		評価用加速度	機能確認済加速度
フィルタ装置圧力	水平方向	1.79	□
	鉛直方向	0.89	□

評価用加速度 (1.0ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



本資料のうち、枠囲みの内容は、営業秘密又は防護上の観点から公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番	工認-793 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-6-7-15 フィルタ装置スクラビング水温度の耐震性についての計算書

## 目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用基準	3
3. 評価部位	3
4. 機能維持評価	4
4.1 電氣的機能維持評価方法	4
4.2 加振試験	5
5. 評価結果	6
5.1 重大事故等対処設備としての評価結果	6

## 1. 概要

本計算書は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している機能維持の設計方針に基づき、フィルタ装置スクラビング水温度が設計用地震力に対して十分な電氣的機能を有していることを説明するものである。

フィルタ装置スクラビング水温度は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、分類に応じた電氣的機能維持評価を示す。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

フィルタ装置スクラビング水温度の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
フィルタ装置に直接取り付けられたパッドにボルトを用いて固定する。	熱電対	

## 2.2 評価方針

フィルタ装置スクラビング水温度の機能維持評価は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針 4.2 電氣的機能維持」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを、「4. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5. 評価結果」に示す。

フィルタ装置スクラビング水温度の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

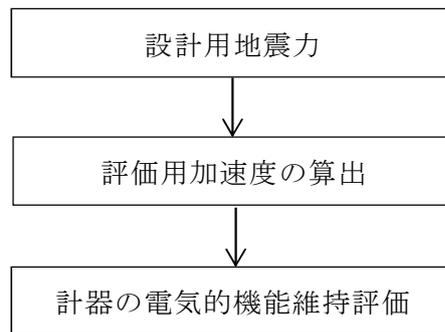


図 2-1 フィルタ装置スクラビング水温度の耐震評価フロー

## 2.3 適用基準

本計算書においては、原子力発電所耐震設計技術指針（重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補-1984, J E A G 4 6 0 1 -1987 及び J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版）（日本電気協会 電気技術基準調査委員会 昭和 59 年 9 月, 昭和 62 年 8 月及び平成 3 年 6 月）に準拠して評価する。

## 3. 評価部位

フィルタ装置スクラビング水温度は、フィルタ装置に直接取り付けられたパッドに挿入され固定されることから、フィルタ装置が支持している。フィルタ装置の構造強度評価は「V-2-9-7-1-2 フィルタ装置の耐震性についての計算書」にて実施しているため、本計算書では、フィルタ装置の地震応答解析結果を用いたフィルタ装置スクラビング水温度の電氣的機能維持評価について示す。

フィルタ装置スクラビング水温度の機能維持評価は、検出器取付位置の加速度により実施する。フィルタ装置スクラビング水温度の耐震評価部位については、表 2-1 の概略構造図に示す。

#### 4. 機能維持評価

##### 4.1 電氣的機能維持評価方法

フィルタ装置スクラビング水温度の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

フィルタ装置スクラビング水温度はフィルタ装置に直接取り付けられたパッドに挿入されることから、評価用加速度は、「V-2-9-7-1-2 フィルタ装置の耐震性についての計算書」に示すフィルタ装置の地震応答解析で評価したフィルタ装置スクラビング水温度取付部の質点に生じる加速度とし、評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを確認する。機能確認済加速度には、検出器単体の加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。機能確認済加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 機能確認済加速度 ( $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )

評価部位	方向	機能確認済加速度
フィルタ装置 スクラビング水温度	水平	□
	鉛直	

## 4.2 加振試験

### 4.2.1 基本事項

フィルタ装置スクラビング水温度について実際の設置状態を模擬して加振試験を行い、基準地震動  $S_s$  による地震力に対して要求される機能が維持されることを確認する。

### 4.2.2 設計用地震力

表 4-2 評価用加速度を上回る加速度で加振を行う。

- ・加振波 : 正弦波
- ・加振方向 : 水平 2 方向 (X, Y) , 垂直方向 (Z)

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

対象機器設置個所	加振方向	評価用加速度
原子炉建屋	水平	1.79
<input type="text"/>	鉛直	0.89

## 5. 評価結果

### 5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

フィルタ装置スクラビング水温度の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。評価用加速度は機能確認済加速度以下であり，設計用地震力に対して電氣的機能が維持されていることを確認した。

#### (1) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【フィルタ装置スクラビング水温度の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 電氣的機能の評価結果

			( $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )
		評価用加速度	機能確認済加速度
フィルタ装置スクラビング水温度	水平方向	1.79	<input type="checkbox"/>
	鉛直方向	0.89	

評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

本資料のうち、枠囲みの内容は、  
営業秘密又は防護上の観点から  
公開できません

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-640 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-6-7-16 残留熱除去系海水系系統流量の耐震性についての計算書

## 目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 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
4. 機能維持評価	7
4.1 電氣的機能維持評価方法	7
5. 評価結果	8
5.1 設計基準対象施設としての評価結果	8
5.2 重大事故等対処設備としての評価結果	8

## 1. 概要

本計算書は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、残留熱除去系海水系系統流量が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

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

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

残留熱除去系海水系系統流量の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより計器スターションに取付けられた計器取付板に固定される。</p> <p>計器スターションは、基礎に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>検出器</p>	<p>The diagram illustrates the detector assembly in three views:         <ul style="list-style-type: none"> <li><b>平面 (Top view):</b> Shows the detector mounted on a horizontal plate, which is supported by a vertical post from above.</li> <li><b>正面 (Front view):</b> Shows the detector mounted on a square instrument station plate with four mounting holes.</li> <li><b>側面 (Side view):</b> Shows the detector mounted on a vertical plate (取付板) which is secured to a foundation wall (基礎(壁面)) by a foundation bolt (基礎ボルト). The detector is held in place by instrument mounting bolts (計器取付ボルト).</li> </ul> </p>

### 3. 構造強度評価

#### 3.1 構造強度評価方法

残留熱除去系海水系系統流量の構造は壁掛形計器スタンションであるため、構造強度評価は、「V-2-1-14-9 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評価する。

#### 3.2 荷重の組合せ及び許容応力

##### 3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

残留熱除去系海水系系統流量の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-1 に示す。

##### 3.2.2 許容応力

残留熱除去系海水系系統流量の許容応力を表 3-2 に示す。

##### 3.2.3 使用材料の許容応力評価条件

残留熱除去系海水系系統流量の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-3 に示す。

表 3-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	その他の 計測制御 設備	残留熱除去系海水系 系統流量	常設／防止	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	$IV_{AS}$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	$V_{AS}$ ( $V_{AS}$ として $IV_{AS}$ の許容限 界を用いる。)

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

\*2:その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 3-2 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
IV <sub>A</sub> S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

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

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

表 3-3 使用材料の許容応力評価条件 (重大事故等対処設備)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
基礎ボルト		周囲環境温度		234	385	—
				239	392	—

#### 4. 機能維持評価

##### 4.1 電氣的機能維持評価方法

残留熱除去系海水系系統流量の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

電氣的機能維持評価は、「V-2-1-14-9 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評価する。

残留熱除去系海水系系統流量に設置される検出器の機能確認済加速度には、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 機能確認済加速度 ( $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )

評価部位	方向	機能確認済加速度
残留熱除去系海水系 系統流量	水平	
	鉛直	

## 5. 評価結果

### 5.1 設計基準対象施設としての評価結果

残留熱除去系海水系系統流量の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

### 5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

残留熱除去系海水系系統流量の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【残留熱除去系海水系系統流量(FT-E12-N007A)の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
残留熱除去系海水系 系統流量	常設/防止				—	—	C <sub>H</sub> =0.96	C <sub>V</sub> =0.92	

1.2 機器要目

1.2.1 残留熱除去系海水系系統流量計

部材	m (kg)	h <sub>2</sub> (mm)	ℓ <sub>3</sub> (mm)	ℓ <sub>a</sub> (mm)	ℓ <sub>b</sub> (mm)	A <sub>b</sub> (mm <sup>2</sup> )	n	n <sub>NV</sub>	n <sub>TH</sub>
基礎ボルト								2	2

注記 \*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 壁掛形の計器スタンションなので、設置床上階の設計用  
地震力を使用する。

部材	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
基礎ボルト	234	385	—	269	—	平面方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位: N)

部材	F <sub>b</sub>		Q <sub>b</sub>	
	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
基礎ボルト	—	591.8	—	568.4

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	□	引張り	—	—	$\sigma_b=6$	$f_{ts}=161^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=2$	$f_{sb}=124^*$

すべて許容応力以下である。

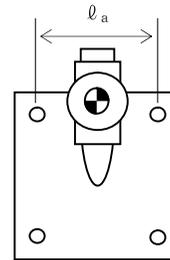
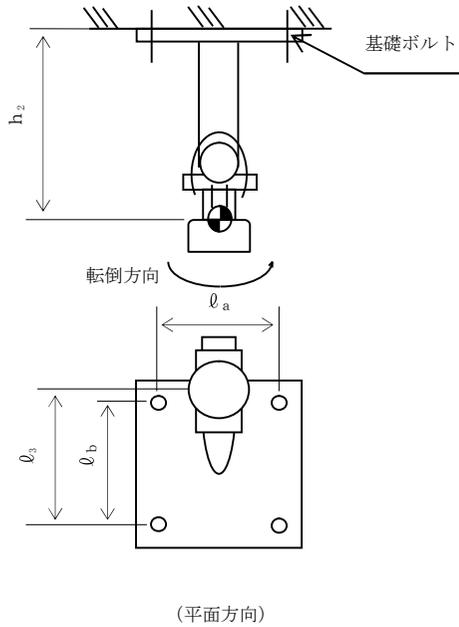
注記 \* :  $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$  より算出

1.4.2 電気的機能の評価結果

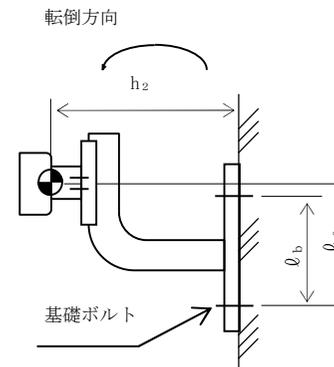
( $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )

		評価用加速度	機能確認済加速度
残留熱除去系海水系 系統流量計	水平方向	0.80	□
	鉛直方向	0.77	□

評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



(側面方向)



【残留熱除去系海水系系統流量(FT-E12-N007B)の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
残留熱除去系海水系 系統流量	常設/防止 (設計基準拡張)				-	-	C <sub>H</sub> =1.10	C <sub>V</sub> =0.96	

1.2 機器要目

1.2.1 残留熱除去系海水系系統流量計

部材	m (kg)	h <sub>2</sub> (mm)	ℓ <sub>3</sub> (mm)	ℓ <sub>a</sub> (mm)	ℓ <sub>b</sub> (mm)	A <sub>b</sub> (mm <sup>2</sup> )	n	n <sub>NV</sub>	n <sub>EH</sub>
基礎ボルト								2	2

注記 \*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 壁掛形の計器スタンションなので、設置床上階の設計用  
地震力を使用する。

部材	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト	239	392	-	275	-	平面方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位: N)

部材	F <sub>b</sub>		Q <sub>b</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト	-	628.7	-	595.1

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	□	引張り	—	—	$\sigma_b=6$	$f_{ts}=164^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=2$	$f_{sb}=126^*$

すべて許容応力以下である。

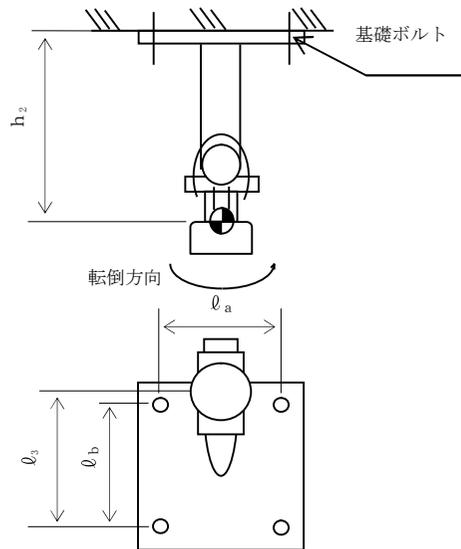
注記 \* :  $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$  より算出

1.4.2 電氣的機能の評価結果

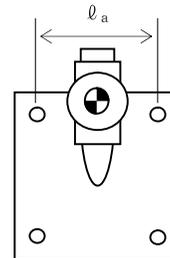
( $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )

		評価用加速度	機能確認済加速度
残留熱除去系海水系 系統流量計	水平方向	0.92	□
	鉛直方向	0.80	□

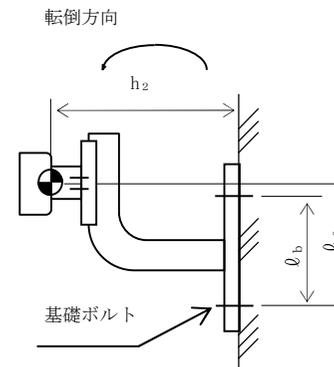
評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



(平面方向)



(側面方向)



本資料のうち、枠囲みの内容は、  
営業秘密又は防護上の観点から  
公開できません

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-827 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-6-7-19 常設高圧代替注水系ポンプ吐出圧力の耐震性  
についての計算書

## 目次

1.	概要	1
2.	一般事項	2
2.1	構造計画	2
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
4.	機能維持評価	6
4.1	電氣的機能維持評価方法	6
5.	評価結果	7
5.1	重大事故等対処設備としての評価結果	7

## 1. 概要

本計算書は、添付書類「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、常設高圧代替注水系ポンプ吐出圧力が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

常設高圧代替注水系ポンプ吐出圧力は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

常設高圧代替注水系ポンプ吐出圧力の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより計装ラックに取付けられた取付板に固定される。</p> <p>計装ラックは、基礎に埋め込まれた埋込金物で固定されたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。</p>	<p>検出器</p>	<p>正面</p> <p>側面</p> <p>計装ラック</p> <p>取付ボルト</p> <p>基礎</p> <p>埋込金物</p> <p>チャンネルベース</p> <p>(長辺方向)</p> <p>検出器</p> <p>取付板</p> <p>計器取付ボルト</p> <p>(短辺方向)</p>

### 3. 構造強度評価

#### 3.1 構造強度評価方法

常設高圧代替注水系ポンプ吐出圧力の構造は直立形計装ラックであるため、構造強度評価は、「V-2-1-14-8 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評価する。

#### 3.2 荷重の組合せ及び許容応力

##### 3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

常設高圧代替注水系ポンプ吐出圧力の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-1 に示す。

##### 3.2.2 許容応力

常設高圧代替注水系ポンプ吐出圧力の許容応力を表 3-2 に示す。

##### 3.2.3 使用材料の許容応力評価条件

常設高圧代替注水系ポンプ吐出圧力の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-3 に示す。

表 3-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	その他の 計測制御 設備	常設高圧代替注水系 ポンプ吐出圧力	常設耐震／防止 常設／緩和	— *2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	$IV_A S$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	$V_A S$ ( $V_A S$ として $IV_A S$ の許容限 界を用いる。)

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

\*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 3-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 3-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R <sub>T</sub> ) (MPa)
取付ボルト		周囲環境温度	225	385	—

#### 4. 機能維持評価

##### 4.1 電氣的機能維持評価方法

常設高圧代替注水系ポンプ吐出圧力の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

電氣的機能維持評価は、「V-2-1-14-8 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評価する。

常設高圧代替注水系ポンプ吐出圧力の機能確認済加速度には、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 機能確認済加速度 ( $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )

評価部位	方向	機能確認済加速度
常設高圧代替注水系ポンプ吐出圧力 (PT-SA13-N005)	水平	
	鉛直	

## 5. 評価結果

### 5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

常設高圧代替注水系ポンプ吐出圧力の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【常設高圧代替注水系ポンプ吐出圧力の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
常設高圧代替注水系 ポンプ吐出圧力	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋 [ ]	[ ]	[ ]	—	—	$C_H=0.96$	$C_V=0.92$	[ ]

注記 \* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 常設高圧代替注水系ポンプ吐出圧力 (PT-SA13-N005)

部 材	$m_i$ (kg)	$h_i$ (mm)	$\varrho_{1i}$ (mm)	$\varrho_{2i}$ (mm)	$A_{bi}$ (mm <sup>2</sup> )	$n_i$	$n_{fi}$
取付ボルト ( $i=2$ )	[ ]						2

部 材	$S_{yi}$ (MPa)	$S_{ui}$ (MPa)	$F_i$ (MPa)	$F_i^*$ (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
取付ボルト ( $i=2$ )	225	385	—	270	—	長辺方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位 : N)

部 材	$F_{bi}$		$Q_{bi}$	
	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
取付ボルト ( $i=2$ )	[ ]			

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	応 力	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$	
		算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト ( $i=2$ )	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=9$	$f_{ts2}=202^*$
	せん断	—	—	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2}=155$

すべて許容応力以下である。

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

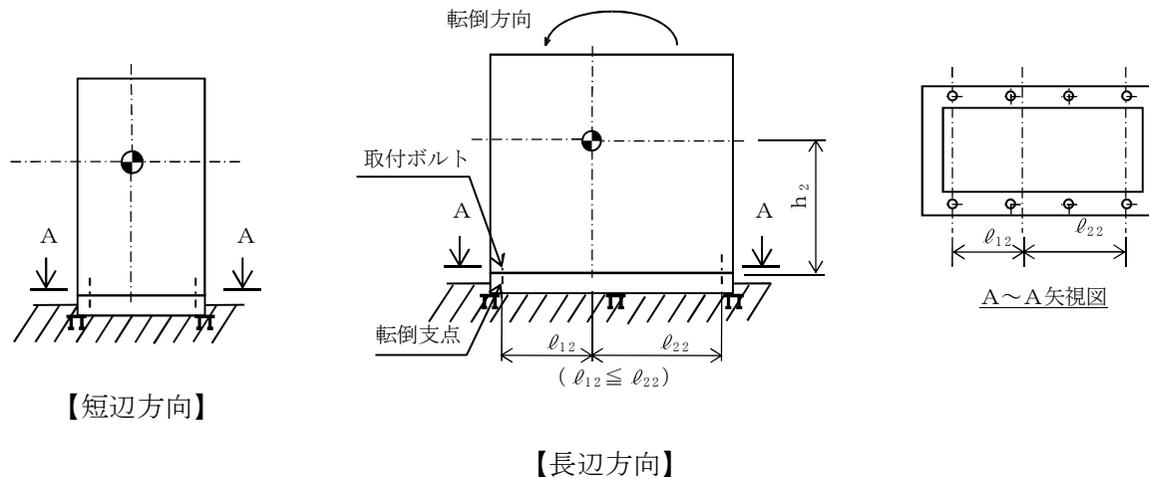
1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

(単位： $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )

		評価用加速度	機能確認済加速度
常設高圧代替注水系ポンプ吐出圧力 (PT-SA13-N005)	水平方向	0.80	
	鉛直方向	0.77	

評価用加速度 (1.0ZPA) は機能確認済加速度以下である。

6



本資料のうち、枠囲みの内容は、  
営業秘密又は防護上の観点から  
公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-657 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-6-7-22 原子炉隔離時冷却系ポンプ吐出圧力の  
耐震性についての計算書

## 目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 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
4. 機能維持評価	6
4.1 電氣的機能維持評価方法	6
5. 評価結果	6
5.1 重大事故等対処設備としての評価結果	6

## 1. 概要

本計算書は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、原子炉隔離時冷却系ポンプ吐出圧力が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

原子炉隔離時冷却系ポンプ吐出圧力は、設計基準対象施設においてはCクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

原子炉隔離時冷却系ポンプ吐出圧力の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより計装ラックに取付けられた取付板に固定される。</p> <p>計装ラックは、基礎に埋め込まれた埋込金物で固定されたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。</p>	<p>検出器</p>	<p>正面 (長辺方向)</p> <p>側面 (短辺方向)</p> <p>計装ラック</p> <p>取付ボルト</p> <p>基礎</p> <p>埋込金物</p> <p>チャンネルベース</p> <p>検出器</p> <p>取付板</p> <p>計器取付ボルト</p>

### 3. 構造強度評価

#### 3.1 構造強度評価方法

原子炉隔離時冷却系ポンプ吐出圧力の構造は直立形計装ラックであるため、構造強度評価は、「V-2-1-14-8 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評価する。

#### 3.2 荷重の組合せ及び許容応力

##### 3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉隔離時冷却系ポンプ吐出圧力の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-1 に示す。

##### 3.2.2 許容応力

原子炉隔離時冷却系ポンプ吐出圧力の許容応力を表 3-2 に示す。

##### 3.2.3 使用材料の許容応力評価条件

原子炉隔離時冷却系ポンプ吐出圧力の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-3 に示す。

表 3-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	その他の 計測制御 設備	原子炉隔離時冷却系 ポンプ吐出圧力	常設耐震／防止 常設／緩和	— *2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	$IV_A S$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	$V_A S$ ( $V_A S$ として $IV_A S$ の許容限 界を用いる。)

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

\*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 3-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

5

表 3-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
取付ボルト		周囲環境温度		225	385	—

#### 4. 機能維持評価

##### 4.1 電氣的機能維持評価方法

原子炉隔離時冷却系ポンプ吐出圧力の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

電氣的機能維持評価は、「V-2-1-14-8 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評価する。

原子炉隔離時冷却系ポンプ吐出圧力の機能確認済加速度には、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 機能確認済加速度 (×9.8 m/s<sup>2</sup>)

評価部位	方向	機能確認済加速度
原子炉隔離時冷却系ポンプ 吐出圧力	水平	
	鉛直	

#### 5. 評価結果

##### 5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

原子炉隔離時冷却系ポンプ吐出圧力の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【原子炉隔離時冷却系ポンプ吐出圧力の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉隔離時冷却系 ポンプ吐出圧力	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋 [ ]	[ ]	[ ]	—	—	$C_H=0.96$	$C_V=0.92$	[ ]

注記 \* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 原子炉隔離時冷却系ポンプ吐出圧力

部材	$m_i$ (kg)	$h_i$ (mm)	$l_{1i}$ (mm)	$l_{2i}$ (mm)	$A_{bi}$ (mm <sup>2</sup> )	$n_i$	$n_{fi}$
取付ボルト (i=2)	[ ]						2

部材	$S_{yi}$ (MPa)	$S_{ui}$ (MPa)	$F_i$ (MPa)	$F_{i^*}$ (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用 地震動 $S_d$ 又は 静的震度	基準地震動 $S_s$
取付ボルト (i=2)	225	385	—	270	—	長辺方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部 材	F <sub>bi</sub>		Q <sub>bi</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i=2)				

1.4 結 論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)		引張り	—	—	σ <sub>b2</sub> =9	f <sub>ts2</sub> =202*
		せん断	—	—	τ <sub>b2</sub> =2	f <sub>sb2</sub> =155

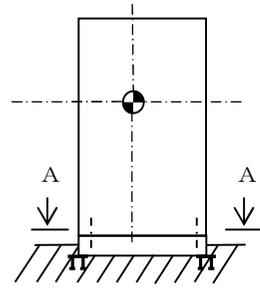
すべて許容応力以下である。

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

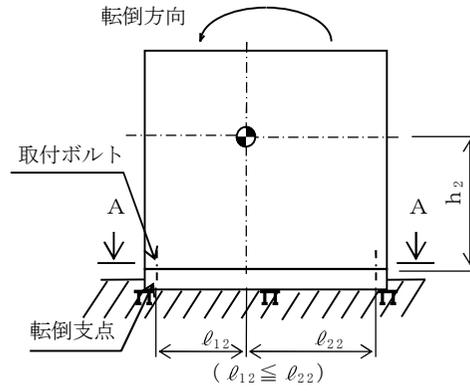
1.4.2 電氣的機能の評価結果 (単位：×9.8 m/s<sup>2</sup>)

		評価用加速度	機能確認済加速度
原子炉隔離時冷却系 ポンプ吐出圧力	水平方向	0.80	
	鉛直方向	0.77	

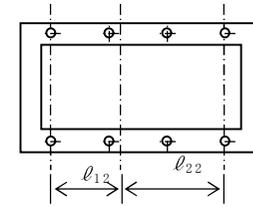
評価用加速度 (1.0ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



【短辺方向】



【長辺方向】



A~A矢视图

本資料のうち、枠囲みの内容は、  
営業秘密又は防護上の観点から  
公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-658 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-6-7-23 高圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力の  
耐震性についての計算書

## 目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 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
4. 機能維持評価	6
4.1 電氣的機能維持評価方法	6
5. 評価結果	6
5.1 重大事故等対処設備としての評価結果	6

## 1. 概要

本計算書は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、高圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

高圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力は、設計基準対象施設においてはCクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

高圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより計装ラックに取付けられた取付板に固定される。</p> <p>計装ラックは、基礎に埋め込まれた埋込金物で固定されたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。</p>	<p>検出器</p>	<p>正面</p> <p>側面</p> <p>計装ラック</p> <p>取付ボルト</p> <p>基礎</p> <p>埋込金物</p> <p>(長辺方向)</p> <p>チャンネルベース</p> <p>検出器</p> <p>取付板</p> <p>計器取付ボルト</p> <p>(短辺方向)</p>

### 3. 構造強度評価

#### 3.1 構造強度評価方法

高圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力の構造は直立形計装ラックであるため、構造強度評価は、「V-2-1-14-8 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評価する。

#### 3.2 荷重の組合せ及び許容応力

##### 3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

高圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-1 に示す。

##### 3.2.2 許容応力

高圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力の許容応力を表 3-2 に示す。

##### 3.2.3 使用材料の許容応力評価条件

高圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-3 に示す。

表 3-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	その他 計測装置	高圧炉心スプレイ系 ポンプ吐出圧力	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	$IV_A S$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	$V_A S$ ( $V_A S$ として $IV_A S$ の許容限 界を用いる。)

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

\*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 3-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

5

表 3-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
取付ボルト		周囲環境温度		225	385	—

#### 4. 機能維持評価

##### 4.1 電氣的機能維持評価方法

高圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

電氣的機能維持評価は、「V-2-1-14-8 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評価する。

高圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力の機能確認済加速度には、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 機能確認済加速度 (×9.8 m/s<sup>2</sup>)

評価部位	方向	機能確認済加速度
高圧炉心スプレイ系ポンプ 吐出圧力	水平	□
	鉛直	

#### 5. 評価結果

##### 5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

高圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

###### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

###### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【高圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
高圧炉心スプレイ系 ポンプ吐出圧力	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋 □	□		—	—	$C_H=0.96$	$C_V=0.92$	□

注記 \* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 高圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力

部 材	$m_i$ (kg)	$h_i$ (mm)	$l_{1i}$ (mm)	$l_{2i}$ (mm)	$A_{bi}$ (mm <sup>2</sup> )	$n_i$	$n_{fi}$
取 付 ボ ル ト (i=2)	□						2

部 材	$S_{yi}$ (MPa)	$S_{ui}$ (MPa)	$F_i$ (MPa)	$F_{i^*}$ (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用 地震動 $S_d$ 又は 静的震度	基準地震動 $S_s$
取 付 ボ ル ト (i=2)	225	385	—	270	—	長辺方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部 材	F <sub>bi</sub>		Q <sub>bi</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i=2)	[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 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	[Redacted]	引張り	—	—	σ <sub>b2</sub> =14	f <sub>ts2</sub> =202*
		せん断	—	—	τ <sub>b2</sub> =3	f <sub>sb2</sub> =155

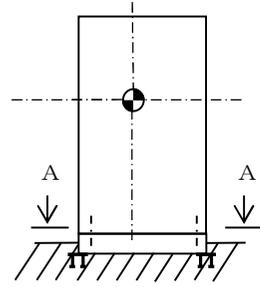
すべて許容応力以下である。

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

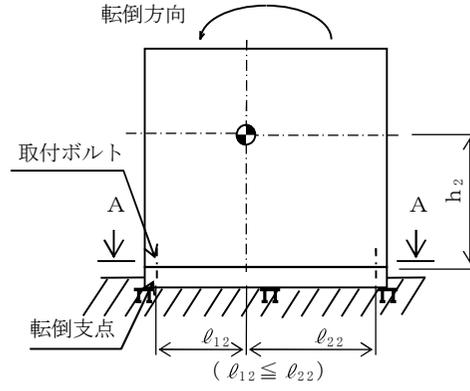
1.4.2 電気的機能の評価結果 (単位：×9.8 m/s<sup>2</sup>)

		評価用加速度	機能確認済加速度
高圧炉心スプレイ系 ポンプ吐出圧力	水平方向	0.80	[Redacted]
	鉛直方向	0.77	

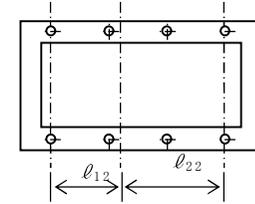
評価用加速度 (1.0ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



【短辺方向】



【長辺方向】



A~A 矢视图

本資料のうち、枠囲みの内容は、  
営業秘密又は防護上の観点から  
公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-659 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-6-7-24 低圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力の  
耐震性についての計算書

## 目次

1.	概要	1
2.	一般事項	1
2.1	構造計画	1
3.	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
4.	機能維持評価	6
4.1	機能維持評価方法	6
5.	評価結果	6
5.1	重大事故等対処設備としての評価結果	6

## 1. 概要

本計算書は、添付書類「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、低圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

低圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力は、設計基準対象施設においてはCクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

低圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより計装ラックに取付けられた取付板に固定される。</p> <p>計装ラックは、基礎に埋め込まれた埋込金物に固定したチャンネルベースに取付ボルトで設置する。</p>	<p>検出器</p>	<p>正面</p> <p>側面</p> <p>計装ラック</p> <p>取付ボルト</p> <p>基礎</p> <p>埋込金物</p> <p>チャンネルベース</p> <p>(長辺方向)</p> <p>検出器</p> <p>取付板</p> <p>計器取付ボルト</p> <p>(短辺方向)</p>

### 3. 構造強度評価

#### 3.1 構造強度評価方法

低圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力の構造は直立形計装ラックであるため、構造強度評価は、「V-2-1-14-8 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評価する。

#### 3.2 荷重の組合せ及び許容応力

##### 3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

低圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-1 に示す。

##### 3.2.2 許容応力

低圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力の許容応力を表 3-2 に示す。

##### 3.2.3 使用材料の許容応力評価条件

低圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力の使用材料の許容応力評価条件のうち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-3 に示す。

表 3-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類 <sup>*1</sup>	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	その他の 計測制御 設備	低圧炉心スプレイ系 ポンプ吐出圧力	常設耐震／防止 常設／緩和	— <sup>*2</sup>	$D + P_D + M_D + S_s$ <sup>*3</sup>	$IV_A S$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	$V_A S$ ( $V_A S$ として $IV_A S$ の許容限界 を用いる。)

注記 \*1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和（設計基準拡張）」は常設重大事故緩和設備を示す。

\*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

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

表 3-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 3-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
取付ボルト		周囲環境温度		225	385	—

#### 4. 機能維持評価

##### 4.1 電氣的機能維持評価方法

低圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

電氣的機能維持評価は、「V-2-1-14-8 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評価する。

低圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力の機能確認済加速度には、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 機能確認済加速度 (×9.8 m/s<sup>2</sup>)

評価部位	方向	機能確認済加速度
低圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力	水平	□
	鉛直	

#### 5. 評価結果

##### 5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

低圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

###### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

###### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【低圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ(m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$		周囲環境温度(°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
低圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋 □	□		—	—	$C_H=0.96$	$C_V=0.92$	□

注記 \* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 低圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力

部材	$m_i$ (kg)	$h_i$ (mm)	$l_{1i}$ (mm)	$l_{2i}$ (mm)	$A_{bi}$ (mm <sup>2</sup> )	$n_i$	$n_{fi}$
取付ボルト (i=2)	□						2

部材	$S_{yi}$ (MPa)	$S_{ui}$ (MPa)	$F_i$ (MPa)	$F_i^*$ (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
取付ボルト (i=2)	225	385	—	270	—	長辺方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位 : N)

部材	$F_{bi}$		$Q_{bi}$	
	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
取付ボルト (i=2)	□			

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト ( $i=2$ )	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=14$	$f_{ts2}=202^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=155$

すべて許容応力以下である。

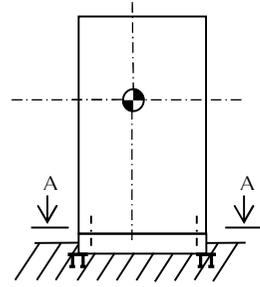
注記 \* :  $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$  より算出

1.4.2 電氣的機能の評価結果

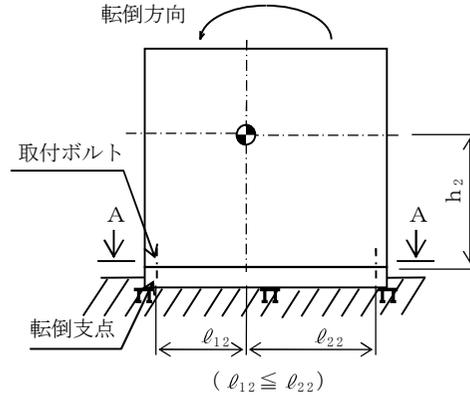
(単位： $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )

		評価用加速度	機能確認済 加速度
低圧炉心スプレイ系 ポンプ吐出圧力	水平方向	0.80	
	鉛直方向	0.77	

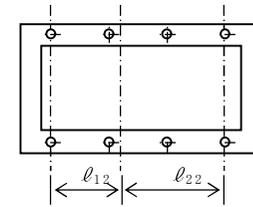
評価用加速度 (1.0ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



【短辺方向】



【長辺方向】



A~A矢视图

本資料のうち、枠囲みの内容は、  
営業秘密又は防護上の観点から  
公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-660 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-6-7-25 残留熱除去系ポンプ吐出圧力の耐震性についての計算書

## 目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 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
4. 機能維持評価	6
4.1 機能維持評価方法	6
5. 評価結果	6
5.1 重大事故等対処設備としての評価結果	6

## 1. 概要

本計算書は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、残留熱除去系ポンプ吐出圧力が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

残留熱除去系ポンプ吐出圧力は、設計基準対象施設においてはCクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

残留熱除去系ポンプ吐出圧力の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより計装ラックに取付けられた取付板に固定される。</p> <p>計装ラックは、基礎に埋め込まれた埋込金物に固定したチャンネルベースに取付ボルトで設置する。</p>	<p>検出器</p>	<p>正面 (長辺方向)</p> <p>側面 (短辺方向)</p> <p>計器ラック</p> <p>取付ボルト</p> <p>基礎</p> <p>埋込金物</p> <p>チャンネルベース</p> <p>検出器</p> <p>計器取付ボルト</p> <p>取付板</p>

### 3. 構造強度評価

#### 3.1 構造強度評価方法

残留熱除去系ポンプ吐出圧力の構造は直立形計装ラックであるため、構造強度評価は、「V-2-1-14-8 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評価する。

#### 3.2 荷重の組合せ及び許容応力

##### 3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

残留熱除去系ポンプ吐出圧力の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-1 に示す。

##### 3.2.2 許容応力

残留熱除去系ポンプ吐出圧力の許容応力を表 3-2 に示す。

##### 3.2.3 使用材料の許容応力評価条件

残留熱除去系ポンプ吐出圧力の使用材料の許容応力評価条件のうち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-3 に示す。

表 3-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	その他の 計測制御 設備	残留熱除去系 ポンプ吐出圧力*2	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	$IV_A S$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	$V_A S$ ( $V_A S$ として $IV_A S$ の許容限界 を用いる。)

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

\*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

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

表 3-2 許容応力 (重大事故等その他の支持構造物)

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

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

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

表 3-3 使用材料の許容応力 (重大事故等対処設備)

評価部材	材料	温度条件 (°C)	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
取付ボルト		周囲環境温度	225	385	—

#### 4. 機能維持評価

##### 4.1 機能維持評価方法

残留熱除去系ポンプ吐出圧力の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

電氣的機能維持評価は、「V-2-1-14-8 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評価する。

残留熱除去系ポンプ吐出圧力の機能確認済加速度には、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 機能確認済加速度 (×9.8 m/s<sup>2</sup>)

評価部位	方向	機能確認済加速度
残留熱除去系ポンプ吐出圧力	水平	□
	鉛直	

#### 5. 評価結果

##### 5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

残留熱除去系ポンプ吐出圧力の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

###### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

###### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【残留熱除去系ポンプ吐出圧力の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ(m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$		周囲環境温度(°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
残留熱除去系ポンプ吐出圧力	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋 □	□		—	—	$C_H=0.96$	$C_V=0.92$	□

注記 \* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 残留熱除去系ポンプ吐出圧力

部材	$m_i$ (kg)	$h_i$ (mm)	$\ell_{1i}$ (mm)	$\ell_{2i}$ (mm)	$A_{bi}$ (mm <sup>2</sup> )	$n_i$	$n_{fi}$
取付ボルト ( $i=2$ )	□						2

部材	$S_{yi}$ (MPa)	$S_{ui}$ (MPa)	$F_i$ (MPa)	$F_{i^*}$ (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
取付ボルト ( $i=2$ )	225	385	—	270	—	長辺方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位 : N)

部材	$F_{bi}$		$Q_{bi}$	
	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
取付ボルト ( $i=2$ )	□			

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

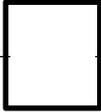
(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト ( $i=2$ )		引張り	—	—	$\sigma_b=14$	$f_{ts}=202^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=3$	$f_{sb}=155$

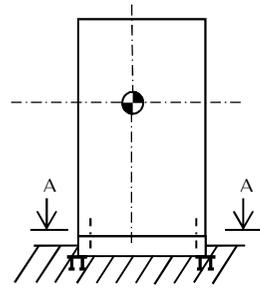
すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能の評価結果

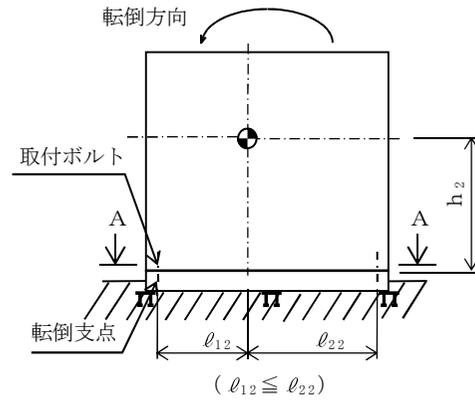
(単位： $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )

		評価用加速度	機能確認済 加速度
残留熱除去系ポンプ 吐出圧力	水平方向	0.80	
	鉛直方向	0.77	

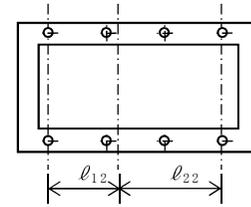
評価用加速度 (1.0ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



【短辺方向】



【長辺方向】



A~A矢视图

本資料のうち、枠囲みの内容は、  
営業秘密又は防護上の観点から  
公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-642 改0
提出年月日	平成30年6月29日

## V-2-6-7-26 非常用窒素供給系供給圧力の

### 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. 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
4. 機能維持評価	6
4.1 電氣的機能維持評価方法	6
5. 評価結果	7
5.1 重大事故等対処設備としての評価結果	7

## 1. 概要

本計算書は、「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、非常用窒素供給系供給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。

非常用窒素供給系供給圧力は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

非常用窒素供給系供給圧力の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより取付板に固定され、取付板は、取付板取付ボルトにより計器スタンションに固定される。</p> <p>計器スタンションは、基礎に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>検出器</p>	

### 3. 構造強度評価

#### 3.1 構造強度評価方法

非常用窒素供給系供給圧力の構造は直立形計器スタンションであるため、構造強度評価は、「V-2-1-14-9 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評価する。

#### 3.2 荷重の組合せ及び許容応力

##### 3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

非常用窒素供給系供給圧力の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-1 に示す。

##### 3.2.2 許容応力

非常用窒素供給系供給圧力の許容応力を表 3-2 に示す。

##### 3.2.3 使用材料の許容応力評価条件

非常用窒素供給系供給圧力の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-3 に示す。

表 3-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	その他の 計測制御 設備	非常用窒素供給系 供給圧力	常設耐震／防止	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	$IV_{AS}$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	$V_{AS}$ ( $V_{AS}$ として $IV_{AS}$ の許容限 界を用いる。)

注記 \*1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備を示す。

\*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 3-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 3-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
基礎ボルト		周囲環境温度	234	385	—

#### 4. 機能維持評価

##### 4.1 電氣的機能維持評価方法

非常用窒素供給系供給圧力の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

電氣的機能維持評価は、「V-2-1-14-9 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評価する。

非常用窒素供給系供給圧力の機能確認済加速度には、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 機能確認済加速度 (×9.8 m/s<sup>2</sup>)

評価部位	方向	機能確認済加速度
非常用窒素供給系 供給圧力	水平	
	鉛直	

## 5. 評価結果

### 5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

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

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【非常用窒素供給系供給圧力の耐震性についての評価結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
非常用窒素供給系 供給圧力	常設耐震/防止	原子炉建屋 [ ]	[ ]	[ ]	—	—	$C_H=1.34$	$C_V=1.01$	[ ]

注記\* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 非常用窒素供給系供給圧力

部材	m (kg)	h (mm)	$l_1$ (mm)	$l_2$ (mm)	$A_b$ (mm <sup>2</sup> )	n	nf
基礎ボルト	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	2

∞

部材	$S_y$ (MPa)	$S_u$ (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
基礎ボルト	234	385	—	270	—	側面方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位 : N)

部材	$F_b$		$Q_b$	
	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
基礎ボルト	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位: MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	—	—	$\sigma_b=10$	$f_{ts}=202^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=1$	$f_{sb}=155^*$

すべて許容応力以下である。

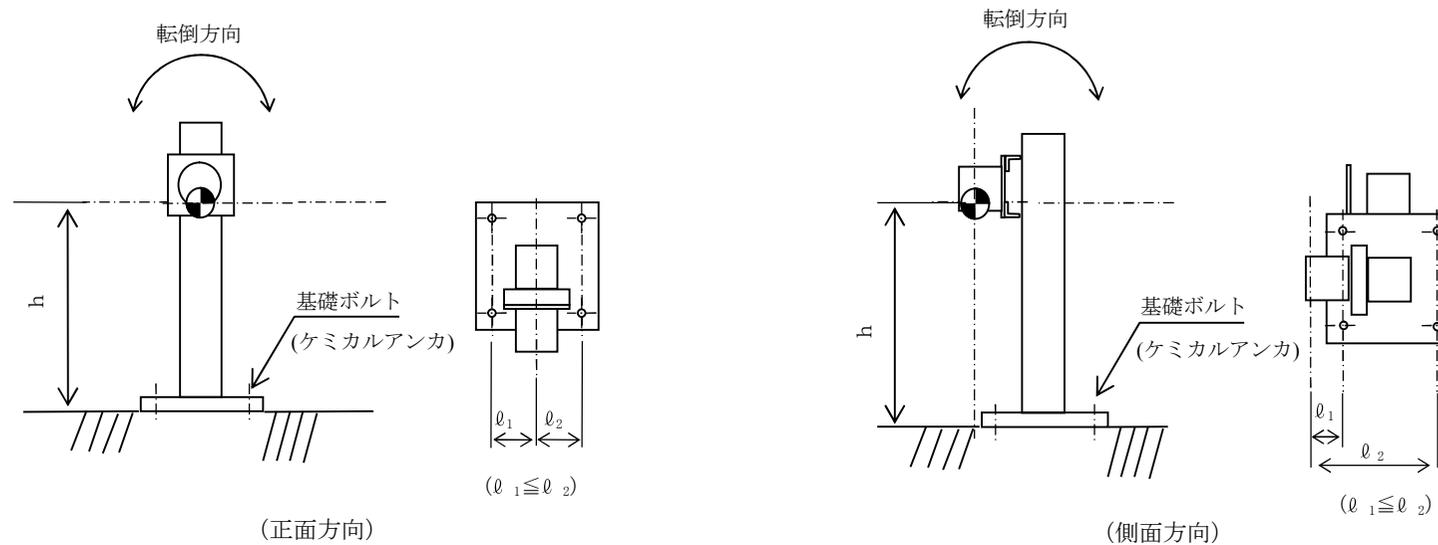
注記\*:  $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$ より算出

1.4.2 電氣的機能の評価結果

(単位:  $\times 9.8m/s^2$ )

		評価用加速度	機能確認済加速度
非常用窒素供給系 供給圧力	水平方向	1.11	□
	鉛直方向	0.84	

評価用加速度 (1.0ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



本資料のうち、枠囲みの内容は、  
営業秘密又は防護上の観点から  
公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-643 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-6-7-27 非常用窒素供給系高圧窒素ポンベ圧力の

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. 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
4. 機能維持評価	6
4.1 電氣的機能維持評価方法	6
5. 評価結果	7
5.1 重大事故等対処設備としての評価結果	7

## 1. 概要

本計算書は、「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、非常用窒素供給系高圧窒素ポンベ圧力が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

非常用窒素供給系高圧窒素ポンベ圧力は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

非常用窒素供給系高圧窒素ポンベ圧力の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより取付板に固定され、取付板は、取付板取付ボルトにより計器スタンションに固定される。</p> <p>計器スタンションは、基礎に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>検出器</p>	

### 3. 構造強度評価

#### 3.1 構造強度評価方法

非常用窒素供給系高圧窒素ポンベ圧力の構造は直立形計器スタンションであるため、構造強度評価は、「V-2-1-14-9 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評価する。

#### 3.2 荷重の組合せ及び許容応力

##### 3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

非常用窒素供給系高圧窒素ポンベ圧力の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-1 に示す。

##### 3.2.2 許容応力

非常用窒素供給系高圧窒素ポンベ圧力の許容応力を表 3-2 に示す。

##### 3.2.3 使用材料の許容応力評価条件

非常用窒素供給系高圧窒素ポンベ圧力の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-3 に示す。

表 3-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	その他の 計測制御 設備	非常用窒素供給系 高圧窒素ボンベ圧力	常設耐震／防止	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	$IV_A S$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	$V_A S$ ( $V_A S$ として $IV_A S$ の許容限 界を用いる。)

注記 \*1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備を示す。

\*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 3-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 3-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
基礎ボルト		周囲環境温度	221	373	—

#### 4. 機能維持評価

##### 4.1 電氣的機能維持評価方法

非常用窒素供給系高圧窒素ポンベ圧力の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

電氣的機能維持評価は、「V-2-1-14-9 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評価する。

非常用窒素供給系高圧窒素ポンベ圧力の機能確認済加速度には、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 機能確認済加速度 (×9.8 m/s<sup>2</sup>)

評価部位	方向	機能確認済加速度
非常用窒素供給系 高圧窒素ポンベ圧力	水平	□
	鉛直	

## 5. 評価結果

### 5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

非常用窒素供給系高圧窒素ポンベ圧力の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【非常用窒素供給系高圧窒素ポンペ圧力の耐震性についての評価結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
非常用窒素供給系 高圧窒素ポンペ圧力	常設耐震/防止	原子炉建屋 [ ]	[ ]	[ ]	—	—	$C_H=1.34$	$C_V=1.01$	[ ]

注記\*1：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 非常用窒素供給系高圧窒素ポンペ圧力

部材	m (kg)	h (mm)	$\ell_1$ (mm)	$\ell_2$ (mm)	$A_b$ (mm <sup>2</sup> )	n	$n f^*$
基礎ボルト	[ ]						2

∞

部材	$S_y$ (MPa)	$S_u$ (MPa)	F (MPa)	$F^*$ (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
基礎ボルト	221	373	—	261	—	側面方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	$F_b$		$Q_b$	
	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
基礎ボルト	—	$1.069 \times 10^3$	—	473.1

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位: MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト		引張り	—	—	$\sigma_b=10$	$f_{ts}=156^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=1$	$f_{sb}=120$

すべて許容応力以下である。

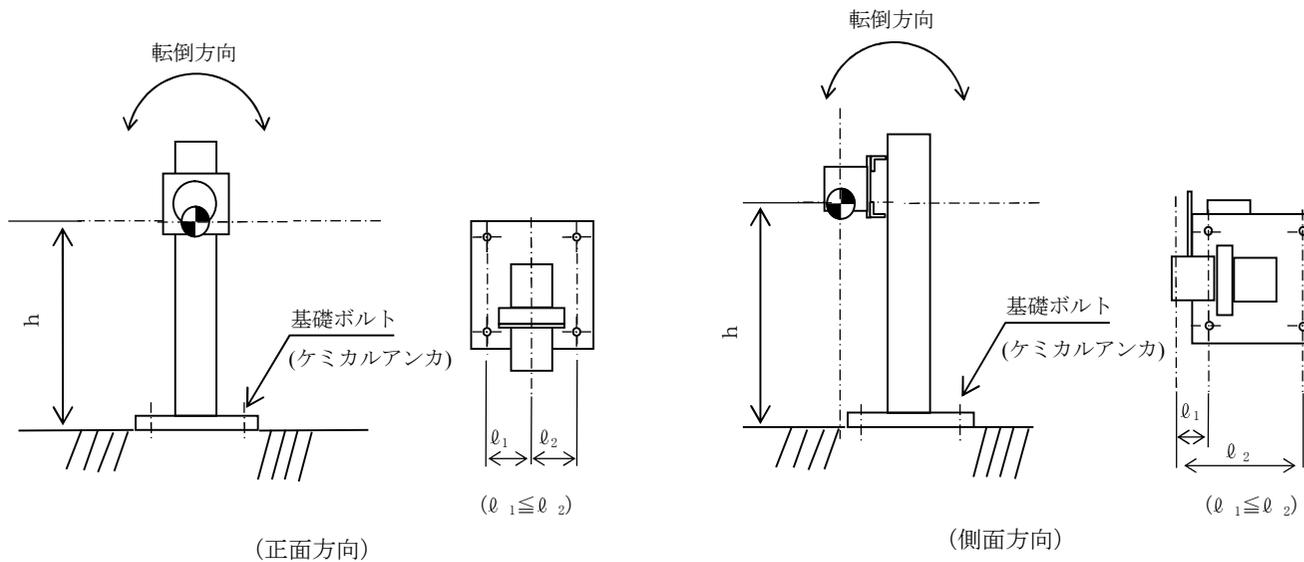
注記\*:  $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$ より算出

1.4.2 電気的機能の評価結果

(単位:  $\times 9.8m/s^2$ )

		評価用加速度	機能確認済加速度
非常用窒素供給系 高圧窒素ポンベ出口圧力	水平方向	1.11	
	鉛直方向	0.84	

評価用加速度 (1.0ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



本資料のうち、枠囲みの内容は、  
営業秘密又は防護上の観点から  
公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-644 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-6-7-28 非常用逃がし安全弁駆動系供給圧力の

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. 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
4. 機能維持評価	6
4.1 電氣的機能維持評価方法	6
5. 評価結果	7
5.1 重大事故等対処設備としての評価結果	7

## 1. 概要

本計算書は、「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、非常用逃がし安全弁駆動系供給圧力が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

非常用逃がし安全弁駆動系供給圧力は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

非常用逃がし安全弁駆動系供給圧力の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより取付板に固定され、取付板は、取付板取付ボルトにより計器スタンションに固定される。</p> <p>計器スタンションは、基礎に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>検出器</p>	

### 3. 構造強度評価

#### 3.1 構造強度評価方法

非常用逃がし安全弁駆動系供給圧力の構造は直立形計器スタンションであるため、構造強度評価は、「V-2-1-14-9 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評価する。

#### 3.2 荷重の組合せ及び許容応力

##### 3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

非常用逃がし安全弁駆動系供給圧力の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-1 に示す。

##### 3.2.2 許容応力

非常用逃がし安全弁駆動系供給圧力の許容応力を表 3-2 に示す。

##### 3.2.3 使用材料の許容応力評価条件

非常用逃がし安全弁駆動系供給圧力の使用材料の許容応力評価条件のうち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-3 に示す。

表 3-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類* <sup>1</sup>	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	その他の 計測制御 設備	非常用逃がし安全弁駆動 系供給圧力	常設耐震／防止	—* <sup>2</sup>	$D + P_D + M_D + S_s$ * <sup>3</sup>	$IV_{AS}$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	$V_{AS}$ ( $V_{AS}$ として $IV_{AS}$ の許容限 界を用いる。)

注記 \*1:「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備を示す。

\*2:その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 3-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 3-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (RT) (MPa)
基礎ボルト		周囲環境温度	221	373	—

#### 4. 機能維持評価

##### 4.1 電氣的機能維持評価方法

非常用逃がし安全弁駆動系供給圧力の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

電氣的機能維持評価は、「V-2-1-14-9 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評価する。

非常用逃がし安全弁駆動系供給圧力の機能確認済加速度には、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 機能確認済加速度 (×9.8 m/s<sup>2</sup>)

評価部位	方向	機能確認済加速度
非常用逃がし安全弁 駆動系供給圧力	水平	□
	鉛直	

## 5. 評価結果

### 5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

非常用逃がし安全弁駆動系供給圧力の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【非常用逃がし安全弁駆動系供給圧力の耐震性についての評価結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
非常用逃がし安全弁 駆動系供給圧力	常設耐震/防止	原子炉建屋 [ ]	[ ]	[ ]	—	—	$C_H=1.34$	$C_V=1.01$	[ ]

注記\*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 非常用逃がし安全弁駆動系供給圧力

部材	m (kg)	h (mm)	$\ell_1$ (mm)	$\ell_2$ (mm)	$A_b$ (mm <sup>2</sup> )	n	nf
基礎ボルト	[ ]						

∞

部材	$S_y$ (MPa)	$S_u$ (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
基礎ボルト	221	373	—	261	—	側面方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	$F_b$		$Q_b$	
	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
基礎ボルト	[ ]			

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	—	—	$\sigma_b=10$	$f_{ts}=156^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=1$	$f_{sb}=120$

すべて許容応力以下である。

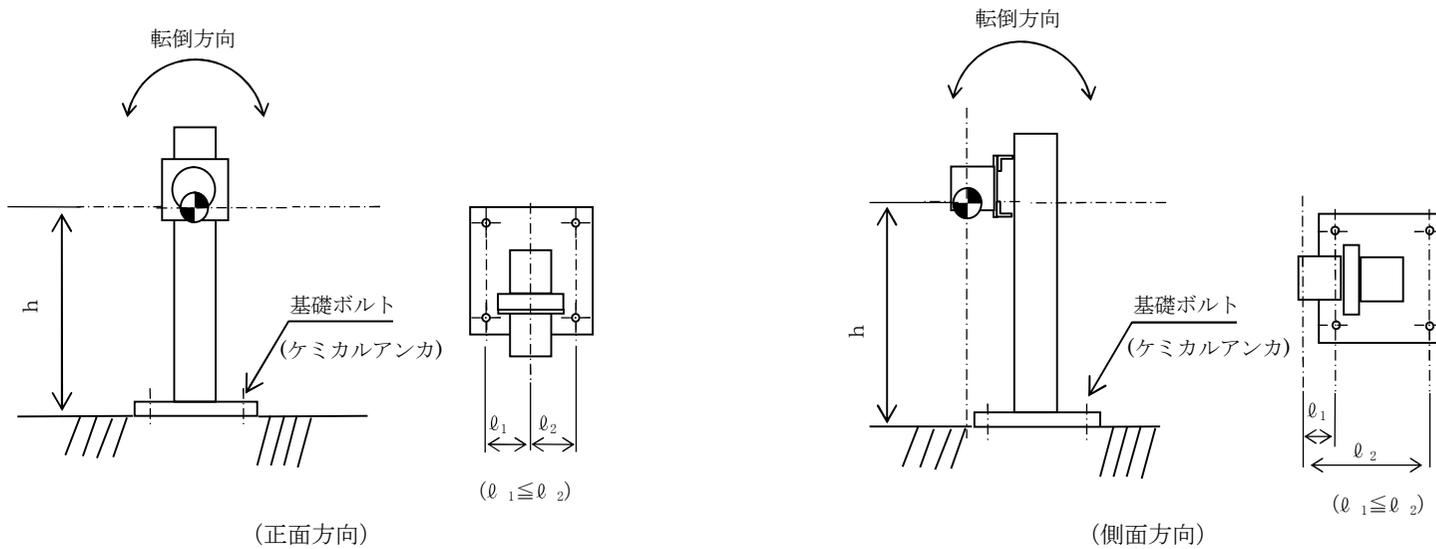
注記\*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$ より算出

1.4.2 電氣的機能の評価結果

(単位： $\times 9.8\text{m/s}^2$ )

		評価用加速度	機能確認済加速度
非常用逃がし安全弁 駆動系供給圧力	水平方向	1.11	
	鉛直方向	0.84	

評価用加速度 (1.0ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



本資料のうち、枠囲みの内容は、  
営業秘密又は防護上の観点から  
公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-645 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-6-7-29 非常用逃がし安全弁駆動系高圧窒素ボンベ圧力

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. 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
4. 機能維持評価 .....	7
4.1 電氣的機能維持評価方法 .....	7
5. 評価結果 .....	8
5.1 重大事故等対処設備としての評価結果 .....	8

## 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、非常用逃がし安全弁駆動系高圧窒素ポンベ圧力が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

非常用逃がし安全弁駆動系高圧窒素ポンベ圧力は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

非常用逃がし安全弁駆動系高圧窒素ポンベ圧力の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより取付板に固定され、取付板は、取付板取付ボルトにより計器スタンションに固定される。</p> <p>計器スタンションは、基礎に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>検出器</p>	

### 3. 構造強度評価

#### 3.1 構造強度評価方法

非常用逃がし安全弁駆動系高圧窒素ボンベ圧力の構造は直立形計器スタンションであるため、構造強度評価は、「V-2-1-14-9 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評価する。

#### 3.2 荷重の組合せ及び許容応力

##### 3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

非常用逃がし安全弁駆動系高圧窒素ボンベ圧力の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-1 に示す。

##### 3.2.2 許容応力

非常用逃がし安全弁駆動系高圧窒素ボンベ圧力の許容応力を表 3-2 に示す。

##### 3.2.3 使用材料の許容応力評価条件

非常用逃がし安全弁駆動系高圧窒素ボンベ圧力の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-3 に示す。

表 3-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	その他の 計測制御 設備	非常用逃がし安全弁駆動 系高圧窒素ポンベ圧力	常設耐震／防止	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	$IV_A S$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	$V_A S$ ( $V_A S$ として $IV_A S$ の許容限 界を用いる。)

注記 \*1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備を示す。

\*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 3-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 3-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R <sub>T</sub> ) (MPa)
基礎ボルト		周囲環境温度	221	373	—

#### 4. 機能維持評価

##### 4.1 電氣的機能維持評価方法

非常用逃がし安全弁駆動系高圧窒素ポンベ圧力の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

電氣的機能維持評価は、「V-2-1-14-9 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評価する。

非常用逃がし安全弁駆動系高圧窒素ポンベ圧力の機能確認済加速度には、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 機能確認済加速度 (×9.8 m/s<sup>2</sup>)

評価部位	方向	機能確認済加速度
非常用逃がし安全弁駆動系 高圧窒素ポンベ圧力	水平	
	鉛直	

## 5. 評価結果

### 5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

非常用逃がし安全弁駆動系高圧窒素ポンベ圧力の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【非常用逃がし安全弁駆動系高圧窒素ポンペ圧力の耐震性についての評価結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
非常用逃がし安全弁駆動系 高圧窒素ポンペ圧力	常設耐震/防止	原子炉建屋 [ ]	[ ]	[ ]	—	—	$C_H=1.34$	$C_V=1.01$	[ ]

注記\*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 非常用逃がし安全弁駆動系高圧窒素ポンペ圧力

部材	m (kg)	h (mm)	$\ell_1$ (mm)	$\ell_2$ (mm)	$A_b$ (mm <sup>2</sup> )	n	$n_f$
基礎ボルト	[ ]						

部材	$S_y$ (MPa)	$S_u$ (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
基礎ボルト	221	373	—	261	—	側面方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	$F_b$		$Q_b$	
	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
基礎ボルト	—	$1.069 \times 10^3$	—	473.1

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	—	—	$\sigma_b=10$	$f_{ts}=156^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=1$	$f_{sb}=120$

すべて許容応力以下である。

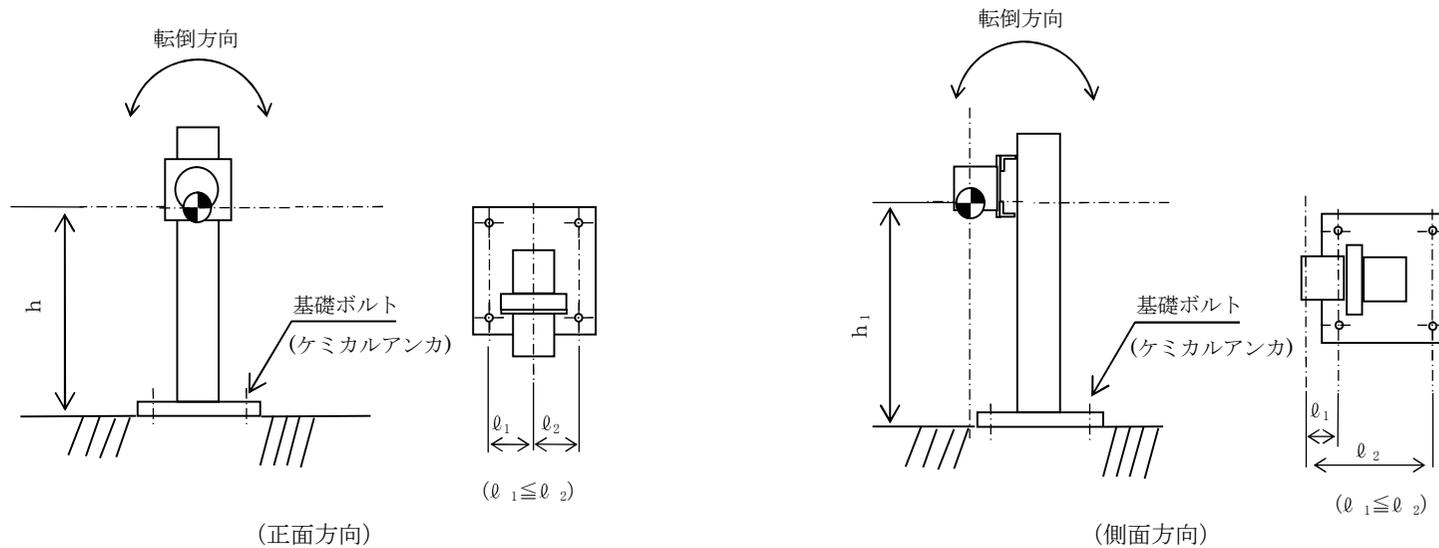
注記\*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$ より算出

1.4.2 電氣的機能の評価結果

(単位： $\times 9.8m/s^2$ )

		評価用加速度	機能確認済加速度
非常用逃がし安全弁 駆動系 高圧窒素ボンベ圧力	水平方向	1.11	
	鉛直方向	0.84	

評価用加速度 (1.0ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



本資料のうち、枠囲みの内容は、  
営業秘密又は防護上の観点から公  
開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-796 改0
提出年月日	平成30年6月29日

## V-2-8-2-1 主蒸気管放射線モニタの耐震性についての計算書

## 目次

1.	概要	1
2.	一般事項	1
2.1	構造計画	1
2.2	評価方針	3
2.3	適用基準	4
2.4	記号の説明	5
2.5	計算精度と数値の丸め方	6
3.	評価部位	7
4.	固有周期	7
4.1	固有値解析方法	7
4.2	解析モデル及び緒元	7
4.3	固有値解析結果	8
5.	構造強度評価	8
5.1	構造強度評価方法	8
5.2	荷重の組合せ及び許容応力	9
5.3	設計用地震力	12
5.4	計算方法	13
5.5	評価条件	15
5.6	応力の評価	15
6.	機能維持評価	16
6.1	機能維持評価方法	16
7.	評価結果	16
7.1	設計基準対象施設としての評価結果	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及び機能維持の設計方針に基づき、主蒸気管放射線モニタが設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

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

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

主蒸気管放射線モニタの構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、検出器取付金具により、検出器用ウェルに固定され、検出器用ウェルはプレートを介し、埋込金物に溶接で設置する。</p>	<p>放射線モニタ</p>	

## 2.2 評価方針

主蒸気管放射線モニタの応力評価は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針 3.1 構造強度上の制限」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示す主蒸気管放射線モニタの部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 固有周期」で算出した固有周期に基づく応力等が許容限界内に収まることを、「5. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、主蒸気管放射線モニタの機能維持評価は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針 4.2 電氣的機能維持」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを、「6. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「7. 評価結果」に示す。

主蒸気管放射線モニタの耐震評価フローを図2-1に示す。

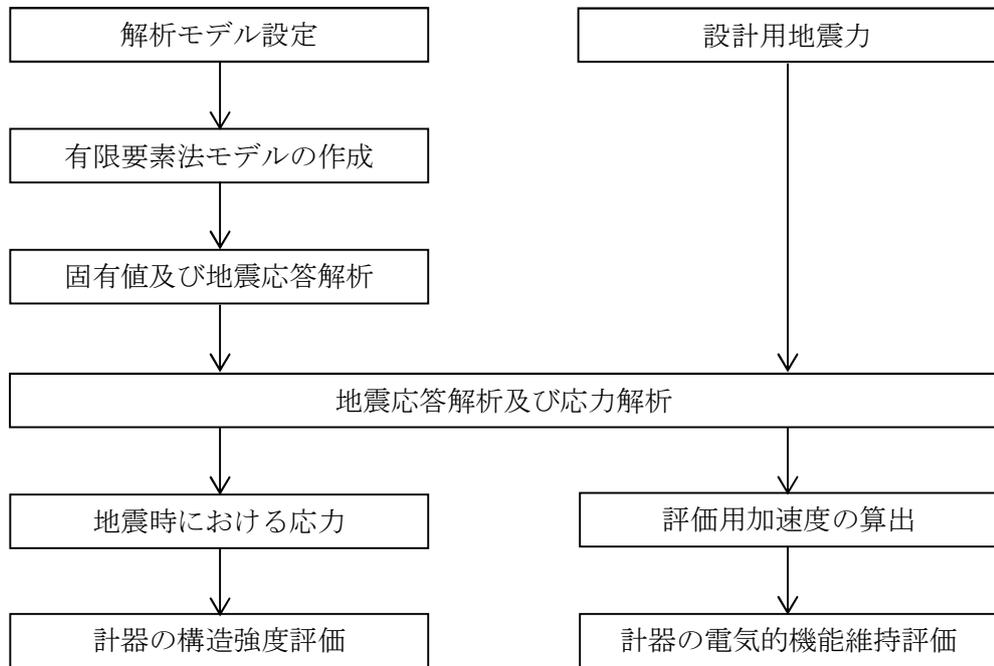


図2-1 主蒸気管放射線モニタの耐震評価フロー

### 2.3 適用基準

本計算書においては、原子力発電所耐震設計技術指針（重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補-1984, J E A G 4 6 0 1 -1987 及び J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版）（日本電気協会 電気技術基準調査委員会 昭和 59 年 9 月, 昭和 62 年 8 月及び平成 3 年 6 月）に準拠して評価する。

## 2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
a	溶接部の有効のど厚	mm
$A_w$	溶接部の有効断面積	$\text{mm}^2$
$A_{wX}$	溶接部の $F_x$ に対する有効断面積	$\text{mm}^2$
$A_{wZ}$	溶接部の $F_z$ に対する有効断面積	$\text{mm}^2$
$C_H$	水平方向設計震度	—
$C_V$	鉛直方向設計震度	—
D	検出器用ウェルの径	mm
$F^*$	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
$F_X$	溶接部に作用する力 (X方向)	N
$F_Y$	溶接部に作用する力 (Y方向)	N
$F_Z$	溶接部に作用する力 (Z方向)	N
$f_s$	溶接部の許容せん断応力	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	$\text{m/s}^2$
$Z_X$	溶接全断面におけるX軸方向の断面係数	$\text{mm}^3$
$Z_Z$	溶接全断面におけるZ軸方向の断面係数	$\text{mm}^3$
$Z_p$	溶接全断面におけるねじり断面係数	$\text{mm}^3$
$l$	据付面から計器荷重点, 計器固定金具荷重点までの距離	mm
$M_x$	溶接部に作用するモーメント (X軸周り)	$\text{N}\cdot\text{m}$
$M_y$	溶接部に作用するモーメント (Y軸周り)	$\text{N}\cdot\text{m}$
$M_z$	溶接部に作用するモーメント (Z軸周り)	$\text{N}\cdot\text{m}$
s	溶接脚長	mm
$S_u$	設計・建設規格* 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa
$S_y$	設計・建設規格* 付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa
W	検出器, 検出器取付金具の荷重	N
$\pi$	円周率	—
$\sigma_t$	溶接部に生じる引張応力	MPa
$\sigma_b$	溶接部に生じる曲げ応力	MPa
$\sigma_w$	溶接部に生じる組合せ応力	MPa
$\tau$	溶接部に生じるせん断応力	MPa

注記 \* : 「設計・建設規格」とは, 発電用原子力設備規格 (設計・建設規格 (2005年版 (2007年追補版含む。)) J S M E S N C 1 - 2005/2007) (日本機械学会 2007年9月) をいう。

## 2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は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*1	kg	—	—	整数位
長さ*1	mm	—	—	整数位
面積	mm <sup>2</sup>	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
断面係数	mm <sup>3</sup>	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
モーメント	N・mm	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力*3	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

注記 \*1：設計上定める値が小数点以下の場合は、小数点以下表示とする。

\*2：絶対値が1000以上のときは、べき数表示とする。

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

### 3. 評価部位

主蒸気管放射線モニタの耐震評価は、「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる溶接部を選定して実施する。主蒸気管放射線モニタの耐震評価箇所については、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

主蒸気管放射線モニタの固有値解析方法を以下に示す。

- (1) 主蒸気管放射線モニタは、「4.2 解析モデル及び諸元」に示す三次元はりモデルとして考える。

#### 4.2 解析モデル及び諸元

主蒸気管放射線モニタの解析モデルを図 4-1 に、解析モデルの概要を以下に示す。また、機器の諸元を表 4-1 に示す。

- (1) 主蒸気管放射線モニタの質量は、それぞれの重心に集中するものとする。
- (2) 主蒸気管放射線モニタ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) 計算機コードは、「NSAFE」を使用し、固有値及び荷重を求める。なお、評価に用いる計算機コードの検証及び妥当性確認等の概要については、「V-5-4 計算機プログラム（解析コード）の概要・HISAP及びNSAFE」に示す。
- (4) 拘束条件として、基礎部のXYZ方向を固定する。

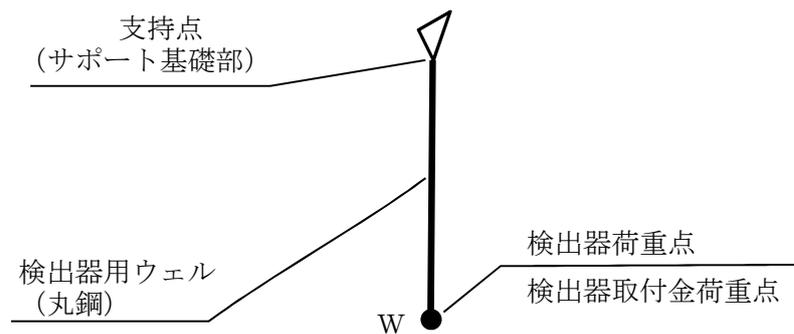


図 4-1 解析モデル

表 4-1 機器諸元

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	
質量	m	kg	
温度条件 (雰囲気温度)	T	°C	
縦弾性係数	E	MPa	
ポアソン比	$\nu$	—	
要素数	—	個	
節点数	—	個	

## 4.3 固有値解析結果

固有値解析結果を表 4-2 に示す。

表 4-2 固有値解析結果(s)

モード	卓越方向	固有周期
一次		
二次		
三次		

## 5. 構造強度評価

## 5.1 構造強度評価方法

- (1) 検出器及び検出器取付金具の質量は重心に集中しているものとする。
- (2) 地震力は検出器及び検出器取付金具に対して、水平方向及び鉛直方向から同時に作用するものとする。
- (3) 検出器及び検出器取付金具は検出器用ウェル及びプレートを介して溶接により天井の埋込金物に固定された固定端とする。ここで、基礎については、剛となるように設計する。
- (4) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

## 5.2 荷重の組合せ及び許容応力

### 5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

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

### 5.2.2 許容応力

主蒸気管放射線モニタの許容応力を表 5-2 に示す。

### 5.2.3 使用材料の許容応力

主蒸気管放射線モニタ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	設備分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	主蒸気管放射線モニタ	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ <sub>A</sub> S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ <sub>A</sub> S

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 (ボルト以外)			
	一次応力			
	引張り	せん断	圧縮	曲げ
Ⅲ <sub>A</sub> S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$	$1.5 \cdot f_c$	$1.5 \cdot f_b$
Ⅳ <sub>A</sub> S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$1.5 \cdot f_c^*$	$1.5 \cdot f_b^*$

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 (設計基準対象施設)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
溶接部	<input type="text"/>	周囲環境温度	<input type="text"/>	170	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。

上記の設計用地震力は、「弾性設計用地震動 S d 又は静的震度」及び「基準地震動 S s」による地震力に対して、保守的に設定した地震力である。

「弾性設計用地震動 S d 又は静的震度」及び「基準地震動 S s」による地震力については、添付書類「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づく。

表 5-4 設計用地震力

耐震設計上の 重要度分類	据付場所 及び 床面高さ(m)	固有周期 (s)	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
			水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
S	D17-N003A D17-N003B D17-N003C D17-N003D 原子炉建屋		$C_H=0.78$	$C_V=0.54$	$C_H=1.34$	$C_V=1.01$

注記 \* : 基準床レベルを示す。

## 5.4 計算方法

### 5.4.1 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。

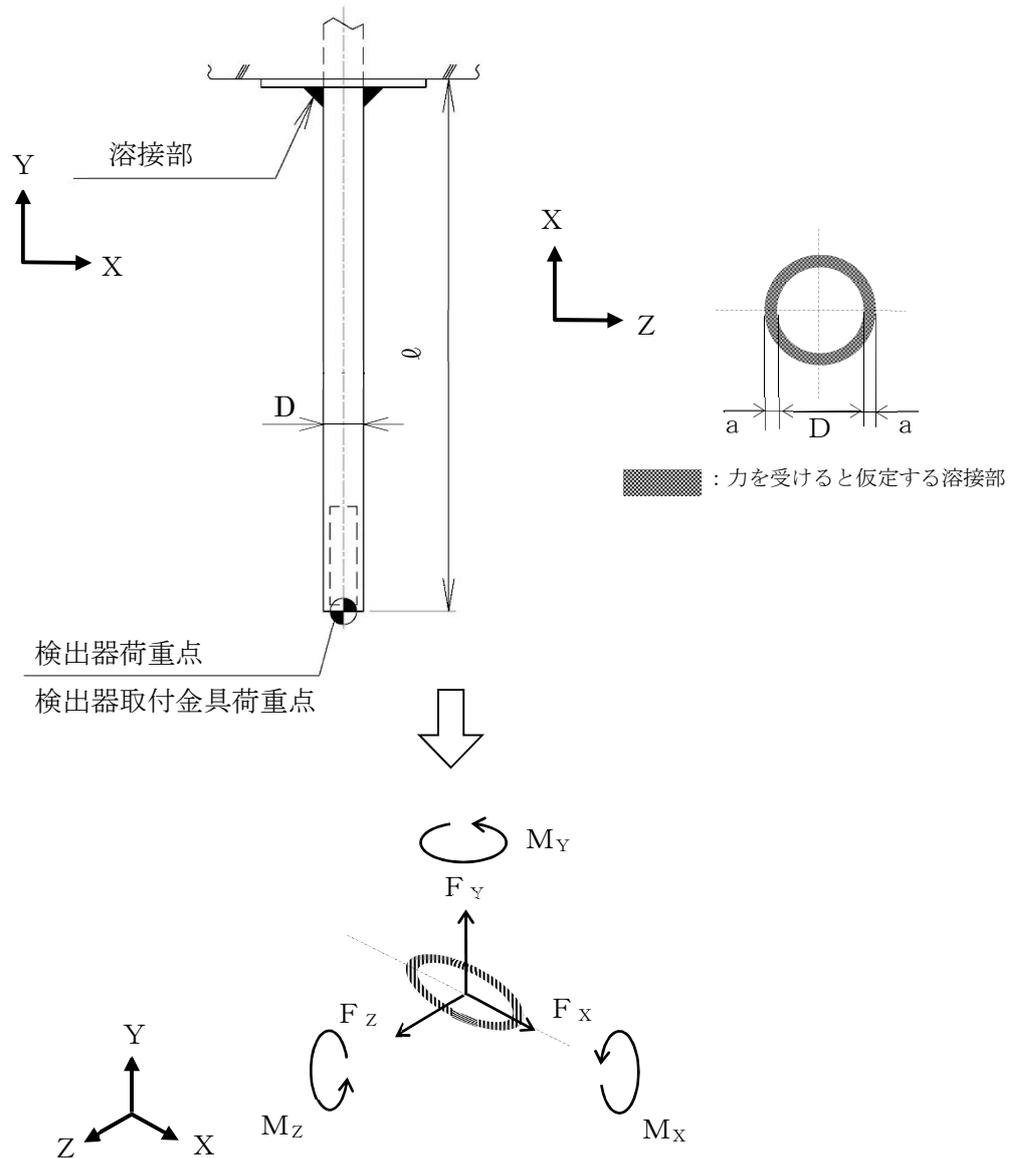


図 5-1 計算モデル (溶接部)

個別解析によって得られた溶接部評価点の最大反力とモーメントを表 5-5 に示す。

表5-5 溶接部発生反力，モーメント

対象計器	供用状態	反力(N)			モーメント(N・m)		
		F <sub>X</sub>	F <sub>Y</sub>	F <sub>Z</sub>	M <sub>X</sub>	M <sub>Y</sub>	M <sub>Z</sub>
D17-N003A D17-N003B	C (Ⅲ <sub>A</sub> S)	312.2	616.4	312.2	220.1	0	220.1
D17-N003C D17-N003D	D (Ⅳ <sub>A</sub> S)	536.4	804.6	536.4	378.2	0	378.2

(1) 引張応力

溶接部に対する引張応力は，全溶接断面積で受けるものとして計算する。

引張応力 (σ<sub>t</sub>)

$$\sigma_t = \frac{F_Y}{A_w} \dots\dots\dots (5.4.1)$$

ここで，引張り力を受ける溶接部の有効断面積A<sub>w</sub>は，次式により求める。

$$A_w = \frac{\pi}{4} \{(D+2 \cdot a)^2 - D^2\} \dots\dots\dots (5.4.2)$$

ただし，溶接部の有効のど厚aは，

$$a = 0.7 \cdot s \dots\dots\dots (5.4.3)$$

(2) せん断応力

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

せん断応力 (τ)

$$\tau = \sqrt{\left(\frac{F_X}{A_{wX}} + \frac{M_Y}{Z_p}\right)^2 + \left(\frac{F_Z}{A_{wZ}} + \frac{M_Y}{Z_p}\right)^2} \dots\dots\dots (5.4.4)$$

ここで，A<sub>wX</sub>，A<sub>wZ</sub>はせん断力を受ける各方向の有効断面積，Z<sub>p</sub>は溶接断面におけるねじり断面係数を示す。

A<sub>wX</sub>，A<sub>wZ</sub>は，次式により求める。

$$A_{wX} = \frac{1}{2} \cdot \frac{\pi}{4} \{(D+2 \cdot a)^2 - D^2\} \dots\dots\dots (5.4.5)$$

$$A_{wZ} = \frac{1}{2} \cdot \frac{\pi}{4} \{(D+2 \cdot a)^2 - D^2\} \dots\dots\dots (5.4.6)$$

(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。

曲げ応力 ( $\sigma_b$ )

$$\sigma_b = \frac{M_x}{Z_x} + \frac{M_z}{Z_z} \dots\dots\dots (5.4.7)$$

$Z_x$ ,  $Z_z$ 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。

$$\sigma_w = \sqrt{(\sigma_t + \sigma_b)^2 + \tau^2} \dots\dots\dots (5.4.8)$$

5.5 評価条件

5.5.1 溶接部の応力計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【主蒸気管放射線モニタの耐震性についての計算結果】の設計条件および機器要目に示す。

5.6 応力の評価

5.6.1 溶接部の応力評価

5.4.1項で求めた溶接部に発生する応力は、許容応力  $f_s$  以下であること。  
ただし、 $f_s$  は下表による。

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

6. 機能維持評価

6.1 機能維持評価方法

主蒸気管放射線モニタの電氣的機能維持評価について、以下に示す。

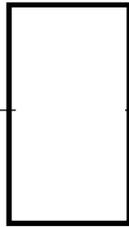
なお、評価用加速度は「V-2-1-7 設計用応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

主蒸気管放射線モニタは地震時電氣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」に基づき、加振試験により確認した加速度を適用する。

主蒸気管放射線モニタの機能確認済加速度には、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 6-1 に示す。

表 6-1 機能確認済加速度 (単位：×9.8 m/s<sup>2</sup>)

評価部位	方向	機能確認済加速度
主蒸気管放射線モニタ (D17-N003A) (D17-N003B) (D17-N003C) (D17-N003D)	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

主蒸気管放射線モニタの設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【主蒸気管放射線モニタの耐震性についての評価結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
主蒸気管放射線モニタ	S	原子炉建屋 □	□		C <sub>H</sub> =0.78	C <sub>V</sub> =0.54	C <sub>H</sub> =1.34	C <sub>V</sub> =1.01	□

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

1.2.1 溶接部

部材	W <sub>1</sub> (N)	ℓ (mm)	s (mm)	a (mm)	D (mm)	A <sub>w</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>wX</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>wZ</sub> (mm <sup>2</sup> )	Z <sub>X</sub> (mm <sup>3</sup> )	Z <sub>Z</sub> (mm <sup>3</sup> )	Z <sub>P</sub> (mm <sup>3</sup> )	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
溶接部	□											170	373	170	204

1.3 計算数値

1.3.1 溶接部に作用する力

(単位: N)

部材	F <sub>X</sub>		F <sub>Y</sub>		F <sub>Z</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
溶接部	312.2	536.4	616.4	804.6	312.2	536.4

1.3.2 溶接部に作用するモーメント

(単位: N・m)

部材	M <sub>X</sub>		M <sub>Y</sub>		M <sub>Z</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
溶接部	220.1	378.2	0	0	220.1	378.2

1.4 結論

1.4.1 溶接部の応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
溶接部		引張り	1	98	2	117
		せん断	2	98	3	117
		曲げ	22	98	37	117
		組合せ	23	98	39	117

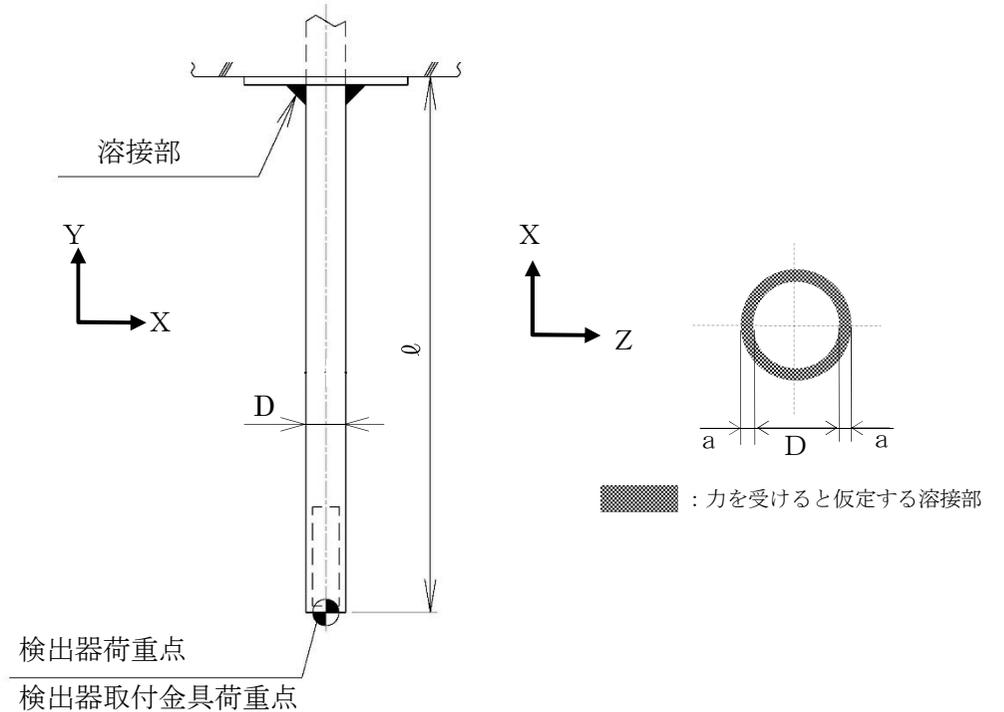
すべて許容応力以下である。

1.4.2 電気的機能の評価結果

(単位：×9.8 m/s<sup>2</sup>)

		評価用加速度	機能確認済加速度
溶接部	水平方向	1.11	
	鉛直方向	0.84	

評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



本資料のうち、枠囲みの内容は、  
営業秘密又は防護上の観点から公  
開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-784 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-8-2-2 格納容器雰囲気放射線モニタ（D/W）の  
耐震性についての計算書

## 目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用基準	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 固有周期の算出方法	7
4.3 固有値解析結果	7
5. 構造強度評価	8
5.1 構造強度評価方法	8
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	8
5.3 設計用地震力	12
5.4 計算方法	13
5.5 計算条件	15
5.6 応力の評価	16
6. 機能維持評価	17
6.1 電氣的機能維持評価方法	17
7. 評価結果	18
7.1 設計基準対象施設としての評価結果	18
7.2 重大事故等対処設備としての評価結果	18

## 1. 概要

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

格納容器雰囲気放射線モニタ（D/W）は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては、常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、分類に応じた構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

格納容器雰囲気放射線モニタ（D/W）の構造計画を表2-1に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、取付ボルトで原子炉格納容器貫通部に固定する。</p>	<p>検出器</p>	

## 2.2 評価方針

格納容器雰囲気放射線モニタ (D/W) の応力評価は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針 3.1 構造強度上の制限」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示す格納容器雰囲気放射線モニタ (D/W) の部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 固有周期」で測定した固有振動数に基づく応力等が許容限界内に収まることを、「5. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、格納容器雰囲気放射線モニタ (D/W) の機能維持評価は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針 4.2 電氣的機能維持」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを、「6. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「7. 評価結果」に示す。

格納容器雰囲気放射線モニタ (D/W) の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

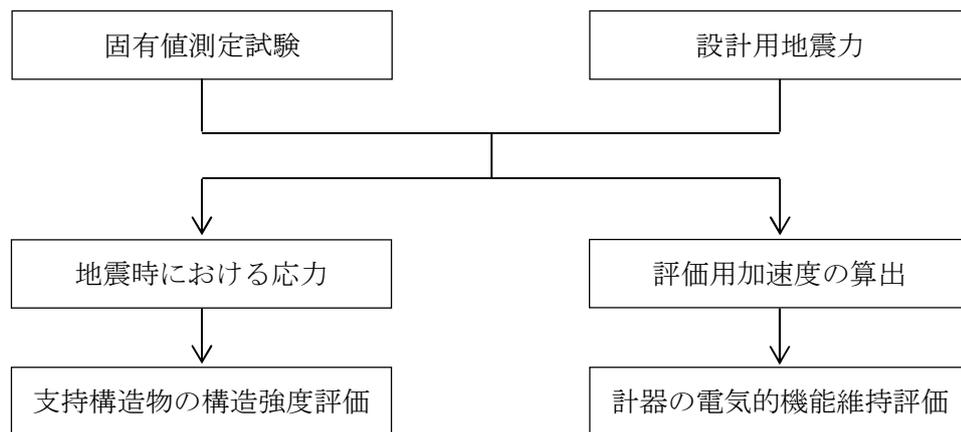


図 2-1 格納容器雰囲気放射線モニタ (D/W) の耐震評価フロー

### 2.3 適用基準

適用基準を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針（重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補—1984, J E A G 4 6 0 1 —1987及びJ E A G 4 6 0 1 —1991 追補版）（日本電気協会 電気技術基準調査委員会 昭和59年9月, 昭和62年8月及び平成3年6月）
- (2) 発電用原子力設備規格（設計・建設規格（2005年版（2007年追補版含む。）） J S M E S N C 1 —2005/2007）（日本機械学会 2007年9月）（以下「設計・建設規格」という。）

## 2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
$A_b$	取付ボルトの軸断面積	$\text{mm}^2$
$C_H$	水平方向設計震度	—
$C_V$	鉛直方向設計震度	—
$d$	取付ボルトの呼び径	mm
$F$	設計・建設規格 SSB-3131に定める値	MPa
$F^*$	設計・建設規格 SSB-3133に定める値	MPa
$F_b$	取付ボルトに作用する引張力 (1本当たり)	N
$f_{t_o}$	引張力のみを受ける取付ボルトの許容引張応力	MPa
$f_{t_s}$	引張力とせん断力を同時に受ける取付ボルトの許容引張応力	MPa
$g$	重力加速度 (=9.80665)	$\text{m/s}^2$
$m$	検出器の質量	kg
$n$	取付ボルトの本数	—
$S_u$	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
$\pi$	円周率	—
$\sigma_b$	取付ボルトに生じる引張応力	MPa

## 2.5 計算精度と数値の丸め方

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

注記\*1：設計上定める値が小数点以下の場合は、小数点以下表示とする。

\*2：絶対値が1000以上のときは、べき数表示とする。

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

### 3. 評価部位

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

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

### 4. 固有周期

#### 4.1 基本方針

格納容器雰囲気放射線モニタ (D/W) 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器に対する振動試験（加振試験）の結果算定された固有周期を使用する。

#### 4.2 固有周期の算出方法

振動試験装置にて格納容器雰囲気放射線モニタ (D/W) の応答を測定する。格納容器雰囲気放射線モニタ (D/W) の外形図を表 2-1 の概略構造図に示す。

#### 4.3 固有値解析結果

固有周期の結果を以下に示す。

格納容器雰囲気放射線モニタ (D/W) の固有周期			
水平			
鉛直			

## 5. 構造強度評価

### 5.1 構造強度評価方法

- (1) 格納容器雰囲気放射線モニタ (D/W) の質量は重心に集中しているものとする。
- (2) 格納容器雰囲気放射線モニタ (D/W) は鉛直方向はペネスリーブにより固定されているため、取付ボルトには水平方向の地震力が作用する。
- (3) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

### 5.2 荷重の組合せ及び許容応力

#### 5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

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

#### 5.2.2 許容応力

格納容器雰囲気放射線モニタ (D/W) の許容応力を表 5-3 に示す。

#### 5.2.3 使用材料の許容応力

格納容器雰囲気放射線モニタ (D/W) 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 5-4 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	耐震設計上の重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
放射線管理施設	放射線管理用計測装置	格納容器雰囲気放射線モニタ（D/W）	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ <sub>A</sub> S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ <sub>A</sub> S

注記\*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 5-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

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

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

\*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 5-3 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 5-4 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
取付ボルト		周囲環境温度		192	373	—

表 5-5 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
取付ボルト		周囲環境温度		185	373	—

5.3 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 5-6、表 5-7 に示す。

「基準地震動  $S_s$ 」による地震力は、「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づく。

表 5-6 設計用地震力 (設計基準対象施設)

耐震設計上の重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$	
		水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度
S	原子炉建屋 [ ]	[ ]	[ ]	$C_H=$ 0.88	$C_V=$ 0.66	$C_H=$ 1.61	$C_V=$ 1.25
S	原子炉建屋 [ ]	[ ]	[ ]	$C_H=$ 0.88	$C_V=$ 0.64	$C_H=$ 1.54	$C_V=$ 1.21

注記 \* : 基準床レベルを示す。

表 5-7 設計用地震力 (重大事故等対処設備)

設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		基準地震動 $S_s$	
		水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度
常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋 [ ]	[ ]	[ ]	$C_H=$ 1.61	$C_V=$ 1.25
常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋 [ ]	[ ]	[ ]	$C_H=$ 1.54	$C_V=$ 1.21

注記 \* : 基準床レベルを示す。

5.4 計算方法

5.4.1 応力の計算方法

5.4.1.1 取付ボルトの計算方法

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

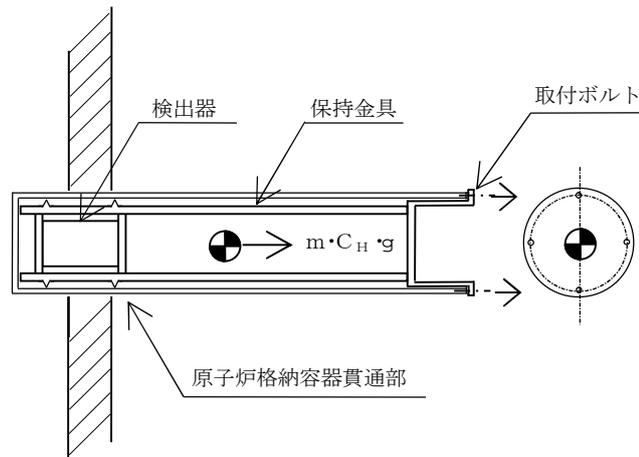


図5-1 計算モデル

## (1) 引張応力

取付ボルトに対する引張力は、図5-1で示すように取付ボルト全本数で受けるものとして計算する。

引張力 ( $F_b$ )

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

引張応力 ( $\sigma_b$ )

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

ここで、取付ボルトの軸断面積 $A_b$ は次式により求める。

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

## (2) せん断力

鉛直方向はペネスリーブにより固定されており、取付ボルトに対するせん断力は生じないため、計算しない。

## 5.5 計算条件

### 5.5.1 取付ボルトの応力計算条件

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

5.6 応力の評価

5.6.1 ボルトの応力評価

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

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

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

## 6. 機能維持評価

### 6.1 電氣的機能維持評価方法

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

なお、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。

格納容器雰囲気放射線モニタ（D/W）は地震時電氣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 6-1 に示す。

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

評価部位	方向	機能確認済加速度
格納容器雰囲気放射線モニタ (D/W) (D23-N003A, D23-N003B)	水平	
	鉛直	

## 7. 評価結果

### 7.1 設計基準対象施設としての評価結果

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

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

### 7.2 重大事故等対処設備としての評価結果

格納容器雰囲気放射線モニタ（D/W）の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【格納容器雰囲気放射線モニタ (D/W) 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	耐震設計上の 重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
格納容器雰囲気 放射線モニタ (D/W)	S	原子炉建屋 [ ]	[ ]	[ ]	$C_H=0.88$	$C_V=0.66$	$C_H=1.61$	$C_V=1.25$	[ ]

注記\* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 格納容器雰囲気放射線モニタ (D/W) (D23-N003A)

部 材	m (kg)	$A_b$ (mm <sup>2</sup> )	n	$S_y$ (MPa)	$S_u$ (MPa)	F (MPa)	$F^*$ (MPa)
取付ボルト	[ ]	[ ]	[ ]	192	373	192	231

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位 : N)

部 材	$F_b$	
	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
取付ボルト	88.46	161.8

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取 付 ボ ル ト		引張り	$\sigma_b=2$	$f_{ts}=144^*$	$\sigma_b=4$	$f_{ts}=173^*$

すべて許容応力以下である。

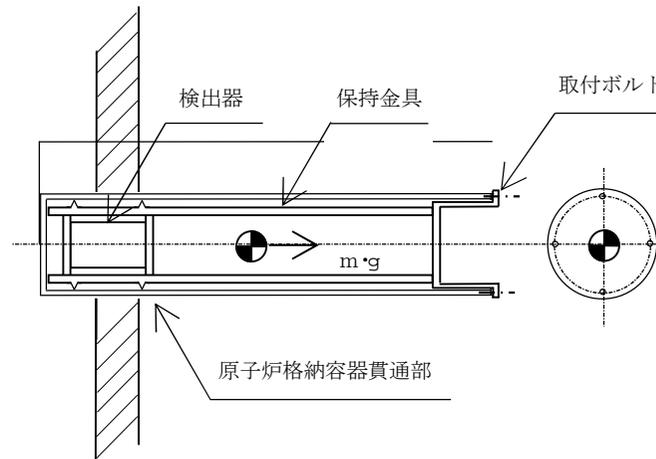
注記 \* :  $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$  より算出

1.4.2 電気的機能の評価結果

(単位： $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )

		評価用加速度	機能確認済加速度
格納容器雰囲気 放射線モニタ (D/W) (D23-N003A)	水平方向	1.34	
	鉛直方向	1.04	

評価用加速度 (1.0ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
格納容器雰囲気放射線モニタ (D/W)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋 [ ]	[ ]	[ ]	—	—	$C_H=1.61$	$C_V=1.25$	[ ]

注記\* : 基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

2.2.1 格納容器雰囲気放射線モニタ (D/W) (D23-N003A)

部材	m (kg)	$A_b$ (mm <sup>2</sup> )	n	$S_y$ (MPa)	$S_u$ (MPa)	$F^*$ (MPa)
取付ボルト	[ ]	[ ]	[ ]	185	373	222

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位 : N)

部材	$F_b$	
	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
取付ボルト	—	161.8

2.4 結 論

2.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取 付 ボ ル ト		引張り	—	—	$\sigma_b=4$	$f_{ts}=166^*$

すべて許容応力以下である。

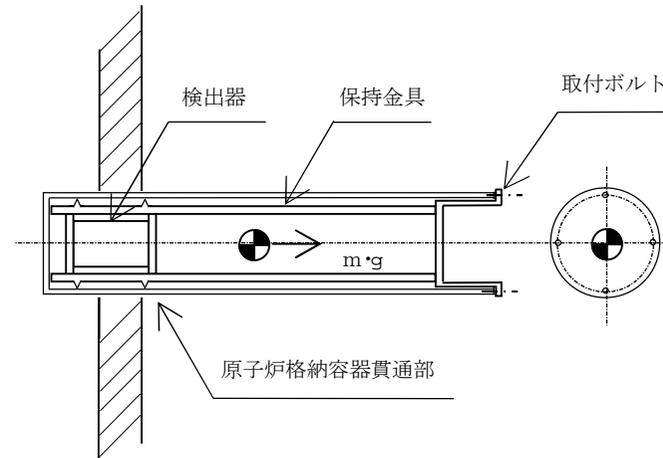
注記 \* :  $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$  より算出

2.4.2 電気的機能の評価結果

(単位： $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )

		評価用加速度	機能確認済加速度
格納容器雰囲気 放射線モニタ (D/W) (D23-N003A)	水平方向	1.34	
	鉛直方向	1.04	

評価用加速度 (1.0ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



【格納容器雰囲気放射線モニタ (D/W) 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	耐震設計上の 重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
格納容器雰囲気 放射線モニタ (D/W)	S	原子炉建屋 [ ]	[ ]	[ ]	$C_H=0.88$	$C_V=0.64$	$C_H=1.54$	$C_V=1.21$	[ ]

注記\* : 基準床レベルを示す。

3.2 機器要目

3.2.1 格納容器雰囲気放射線モニタ (D/W) (D23-N003B)

部 材	m (kg)	$A_b$ (mm <sup>2</sup> )	n	$S_y$ (MPa)	$S_u$ (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
取 付 ボ ル ト	[ ]	[ ]	[ ]	192	373	192	231

3.3 計算数値

3.3.1 ボルトに作用する力

(単位 : N)

部 材	$F_b$	
	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
取 付 ボ ル ト	88.46	154.8

3.4 結 論

3.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト		引張り	$\sigma_b=2$	$f_{ts}=144^*$	$\sigma_b=4$	$f_{ts}=173^*$

すべて許容応力以下である。

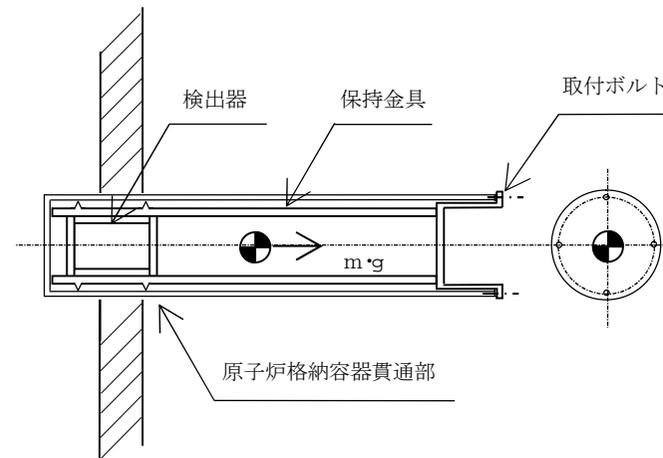
注記 \* :  $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$  より算出

3.4.2 電氣的機能の評価結果

(単位： $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )

		評価用加速度	機能確認済加速度
格納容器雰囲気 放射線モニタ (D/W) (D23-N003B)	水平方向	1.29	
	鉛直方向	1.01	

評価用加速度 (1.0ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



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 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
格納容器雰囲気放射線モニタ (D/W)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋 [ ]	[ ]	[ ]	—	—	$C_H=1.54$	$C_V=1.21$	[ ]

注記\* : 基準床レベルを示す。

4.2 機器要目

4.2.1 格納容器雰囲気放射線モニタ (D/W) (D23-N003B)

部材	m (kg)	$A_b$ (mm <sup>2</sup> )	n	$S_y$ (MPa)	$S_u$ (MPa)	$F^*$ (MPa)
取付ボルト	[ ]	[ ]	[ ]	185	373	222

4.3 計算数値

4.3.1 ボルトに作用する力 (単位: N)

部材	$F_b$	
	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
取付ボルト	—	154.8

4.4 結 論

4.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト		引張り	—	—	$\sigma_b=4$	$f_{ts}=166^*$

すべて許容応力以下である。

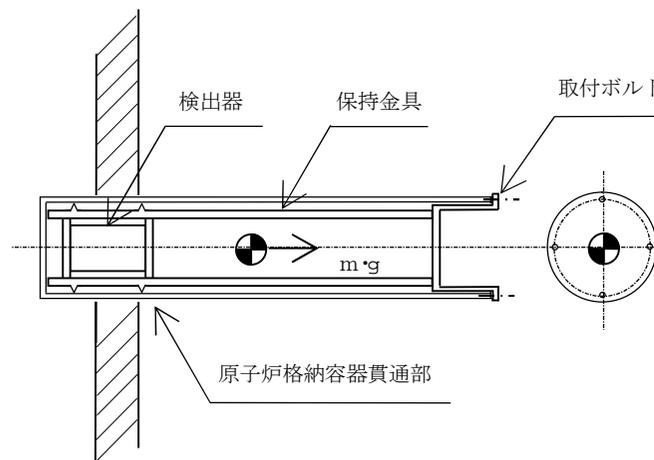
注記 \* :  $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$  より算出

4.4.2 電氣的機能の評価結果

(単位： $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )

		評価用加速度	機能確認済加速度
格納容器雰囲気 放射線モニタ (D/W) (D23-N003B)	水平方向	1.29	
	鉛直方向	1.01	

評価用加速度 (1.0ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



本資料のうち、枠囲みの内容は、  
営業秘密又は防護上の観点から公  
開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資 料 番 号	工認-646 改0
提 出 年 月 日	平成30年6月29日

V-2-8-2-3 格納容器雰囲気放射線モニタ（S/C）の  
耐震性についての計算書

## 目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
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
4. 機能維持評価	7
4.1 電氣的機能維持評価方法	7
5. 評価結果	8
5.1 設計基準対象施設としての評価結果	8
5.2 重大事故等対処設備としての評価結果	8

## 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、格納容器雰囲気放射線モニタ（S/C）が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

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

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

格納容器雰囲気放射線モニタ（S/C）の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより計器スターションに取付けられた計器取付板に固定される。</p> <p>計器スターションは、基礎に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>検出器</p>	<p>平面</p> <p>正面</p> <p>側面</p> <p>計器取付板</p> <p>検出器</p> <p>計器スターション</p> <p>基礎ボルト</p> <p>基礎 (壁面)</p> <p>計器取付ボルト</p> <p>平面方向</p> <p>側面方向</p>

### 3. 構造強度評価

#### 3.1 構造強度評価方法

格納容器雰囲気放射線モニタ（S/C）の構造は壁掛形計器スタンションであるため、構造強度評価は、「V-2-1-14-9 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評価する。

#### 3.2 荷重の組合せ及び許容応力

##### 3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

格納容器雰囲気放射線モニタ（S/C）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち、設計基準対象施設の評価に用いるものを表 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

格納容器雰囲気放射線モニタ（S/C）の許容応力を表 3-3 に示す。

##### 3.2.3 使用材料の許容応力評価条件

格納容器雰囲気放射線モニタ（S/C）の使用材料の許容応力評価条件のうち、設計基準対象施設の評価に用いるものを表 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。

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	耐震設計上の 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	格納容器雰囲気放射線 モニタ (S/C)	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ <sub>A</sub> S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ <sub>A</sub> S

注記 \*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 3-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類* <sup>1</sup>	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	格納容器雰囲気放射線 モニタ (S/C)	「常設耐震／防止」 「常設／緩和」	—* <sup>2</sup>	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	Ⅳ <sub>A</sub> S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> Sとして Ⅳ <sub>A</sub> Sの許容限 界を用いる。)

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

\*<sup>2</sup>：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 3-3 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 3-4 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R <sub>T</sub> ) (MPa)
基礎ボルト		周囲環境温度		201	373	—

表 3-5 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R <sub>T</sub> ) (MPa)
基礎ボルト		周囲環境温度		207	373	—

#### 4. 機能維持評価

##### 4.1 電氣的機能維持評価方法

格納容器雰囲気放射線モニタ (S/C) の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

電氣的機能維持評価は、「V-2-1-14-9 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評価する。

格納容器雰囲気放射線モニタ (S/C) の機能確認済加速度には、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 機能確認済加速度 (×9.8 m/s<sup>2</sup>)

評価部位	方向	機能確認済加速度
格納容器雰囲気放射線 モニタ (S/C)	水平	
	鉛直	

## 5. 評価結果

### 5.1 設計基準対象施設としての評価結果

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

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

### 5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

格納容器雰囲気放射線モニタ（S/C）の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【格納容器雰囲気放射線モニタ (S/C) 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	耐震設計上の重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
格納容器雰囲気放射線モニタ (S/C)	S	原子炉建屋 □	□		$C_H=0.63^*$	$C_V=0.49^*$	$C_H=1.01$	$C_V=0.93$	□

注記 \* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 格納容器雰囲気放射線モニタ (S/C)

部材	m (kg)	$h_2$ (mm)	$l_3$ (mm)	$l_a$ (mm)	$l_b$ (mm)	$A_b$ (mm <sup>2</sup> )	n	$n_{FV}$	$n_{FH}$
基礎ボルト	□							2	2

6

部材	$S_y$ (MPa)	$S_u$ (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
基礎ボルト	201	373	201	241	平面方向	平面方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位 : N)

部材	$F_b$		$F_{b1}$		$F_{b2}$		$Q_b$	
	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$						
基礎ボルト	□							

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	□	引張り	$\sigma_b=2$	$f_{ts}=120^*$	$\sigma_b=3$	$f_{ts}=144^*$
		せん断	$\tau_b=1$	$f_{sb}=92$	$\tau_b=2$	$f_{sb}=111$

すべて許容応力以下である。

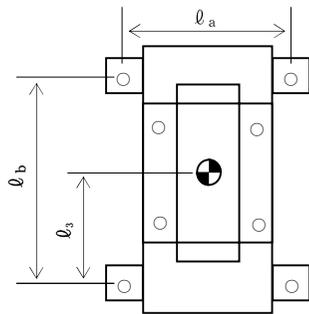
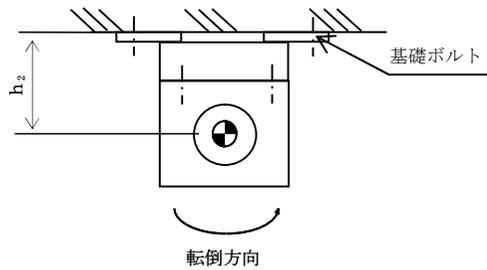
注記\*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$ より算出

1.4.2 電気的機能の評価結果

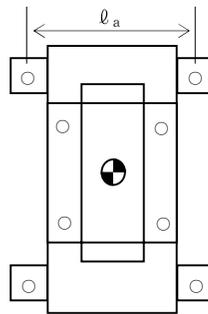
(単位： $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )

		評価用加速度	機能確認済加速度
格納容器雰囲気 放射線モニタ (S/C)	水平方向	0.84	□
	鉛直方向	0.78	□

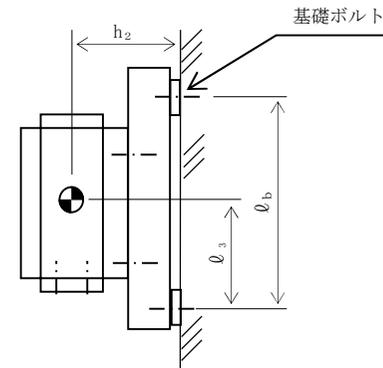
評価用加速度 (1.0ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



(平面方向)



(側面方向)



【格納容器雰囲気放射線モニタ (S/C) 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	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
格納容器雰囲気放射線モニタ (S/C)	S	原子炉建屋 [ ]	[ ]		-	-	C <sub>H</sub> =1.01	C <sub>V</sub> =0.93	[ ]

注記 \* : 基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

2.2.1 格納容器雰囲気放射線モニタ (S/C)

部材	m (kg)	h <sub>2</sub> (mm)	ℓ <sub>3</sub> (mm)	ℓ <sub>a</sub> (mm)	ℓ <sub>b</sub> (mm)	A <sub>b</sub> (mm <sup>2</sup> )	n	n <sub>FV</sub>	n <sub>HI</sub>
基礎ボルト	[ ]							2	2

部材	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト	207	373	-	249	-	平面方向

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位 : N)

部材	F <sub>b</sub>		F <sub>b1</sub>		F <sub>b2</sub>		Q <sub>b</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト	[ ]							

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	□	引張り	—	—	$\sigma_b=3$	$f_{ts}=149^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=2$	$f_{sb}=115$

すべて許容応力以下である。

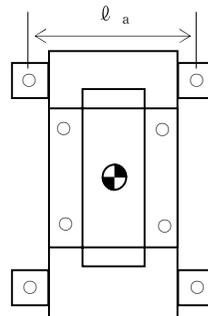
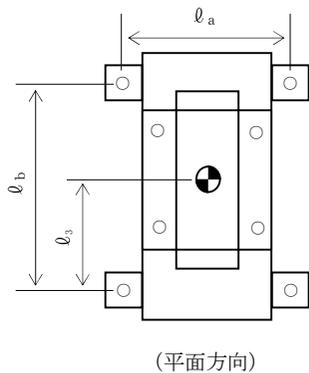
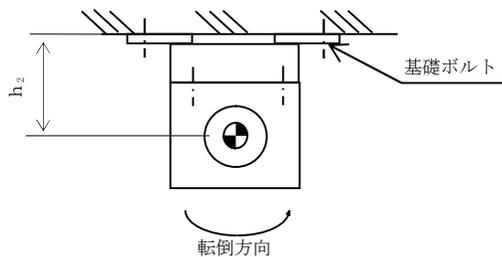
注記\*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$ より算出

2.4.2 電気的機能の評価結果

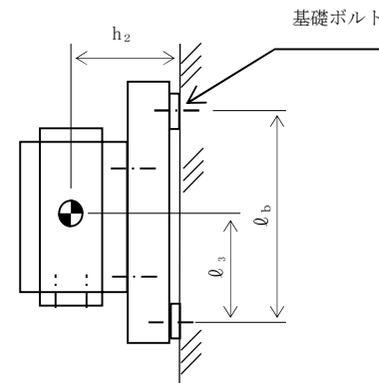
(単位： $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )

		評価用加速度	機能確認済加速度
格納容器雰囲気 放射線モニタ (S/C)	水平方向	0.84	□
	鉛直方向	0.78	□

評価用加速度 (1.0ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



(側面方向)



本資料のうち、枠囲みの内容は、  
営業秘密又は防護上の観点から  
公開できません

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-794 改0
提出年月日	平成30年6月29日

#### V-2-8-2-4 原子炉建屋換気系（ダクト）放射線モニタの

#### 耐震性についての計算書

## 目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	4
3.1 固有周期の算出方法	4
4. 構造強度評価	5
4.1 構造強度評価方法	5
4.2 荷重の組み合わせ及び許容応力	5
5. 機能維持評価	9
5.1 電氣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、原子炉建屋換気系（ダクト）放射線モニタが設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

原子炉建屋換気系（ダクト）放射線モニタは、設計基準対象施設においてはSクラス施設に分類される。以下、設計基準対象施設としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

原子炉建屋換気系（ダクト）放射線モニタの構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器ステーションに固定され、取付ボルトにより計器取付板に固定される。計器取付板は、基礎に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>半導体検出器</p>	<p>【RE-D17-N300A, B, C, D】</p>

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付板 に取付ボルトにより固 定され、計器取付板は 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。</p>	<p>半導体検出器</p>	<p>【RE-D17-N009A, B, C, D】</p> <p>The diagram illustrates the construction plan for the detector assembly. It includes three views: a top view (平面) showing the detector and mounting plate; a front view (正面) showing the detector, instrument station (計器スタンション), and mounting plate (計器取付板) secured with mounting bolts (取付ボルト); and a side view (側面) showing the instrument station and mounting plate. The instrument station is mounted on a foundation (基礎) using foundation bolts (基礎ボルト). The side view also shows the foundation wall (基礎(壁面)).</p>

### 3. 固有周期

#### 3.1 固有周期の算出方法

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。固有周期を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期 (s)

対象計器	水平方向	鉛直方向
RE-D17-N300A		
RE-D17-N300B		
RE-D17-N300C		
RE-D17-N300D		
RE-D17-N009A, B		
RE-D17-N009C, D		

注記 \* : 鉛直方向については、剛構造とみなす。

#### 4. 構造強度評価

##### 4.1 構造強度評価方法

原子炉建屋換気系（ダクト）放射線モニタの構造は壁掛形計器スタンションであるため、構造強度評価は、「V-2-1-14-9 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評価する。

##### 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

原子炉建屋換気系（ダクト）放射線モニタの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち、設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-1 に示す。

###### 4.2.2 許容応力

原子炉建屋換気系（ダクト）放射線モニタの許容応力を表 4-2 に示す。

###### 4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

原子炉建屋換気系（ダクト）放射線モニタの使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-3 に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
放射線 管理施設	放射線管理用 計測装置	原子炉建屋換気系 (ダクト) 放射線モニタ	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d$ *	Ⅲ <sub>A</sub> S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ <sub>A</sub> S

注記\*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 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 <sup>*1, *2</sup> (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
Ⅲ <sub>A</sub> S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
Ⅳ <sub>A</sub> S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

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

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

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (RT) (MPa)
基礎ボルト (RE-D17-N300A, B, C, D)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	245	400	—
基礎ボルト (RE-D17-N009A, B, C, D)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	205	520	205

\* : 新 JIS における SS400 相当

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

原子炉建屋換気系（ダクト）放射線モニタの電氣的機能維持評価について、以下に示す。

電氣的機能維持評価は、「V-2-1-14-9 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評価する。

原子炉建屋換気系（ダクト）放射線モニタの機能確認済加速度には、同型式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8 m/s<sup>2</sup>)

評価部位	方向	機能確認済加速度
原子炉建屋換気系（ダクト） 放射線モニタ	水平	<input type="text"/>
	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

原子炉建屋換気系（ダクト）放射線モニタの設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【原子炉建屋換気系（ダクト）放射線モニタ（RE-D17-N300A, B, C, D）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	耐震設計上の重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉建屋換気系（ダクト） 放射線モニタ	S				$C_H=1.23$	$C_V=0.94$	$C_H=2.09$	$C_V=1.77$	

注記 \*1：基準床レベルを示す。

\*2：壁掛形の計器スタンションなので、設置床上階の設計用地震力を使用する。

1.2 機器要目

1.2.1 原子炉建屋換気系（ダクト）放射線モニタ

部 材	m (kg)	$h_2$ (mm)	$l_3$ (mm)	$l_a$ (mm)	$l_b$ (mm)	$A_b$ (mm <sup>2</sup> )	n	$n_{RV}$	$n_{RH}$
基礎ボルト								2	2

部 材	$S_y$ (MPa)	$S_u$ (MPa)	F (MPa)	$F^*$ (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
基礎ボルト	245	400	245	280	平面方向	平面方向

1.3 計算数値

1.3.1 原子炉建屋換気系（ダクト）放射線モニタに作用する力

(単位：N)

部 材	$F_b$		$Q_b$	
	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
基礎ボルト				

1.4 結論

1.4.1 原子炉建屋換気系（ダクト）放射線モニタの応力

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト		引張り	$\sigma_b=1$	$f_{ts}=147$	$\sigma_b=2$	$f_{ts}=168^*$
		せん断	$\tau_b=1$	$f_{sb}=113$	$\tau_b=1$	$f_{sb}=129$

すべて許容応力以下である。

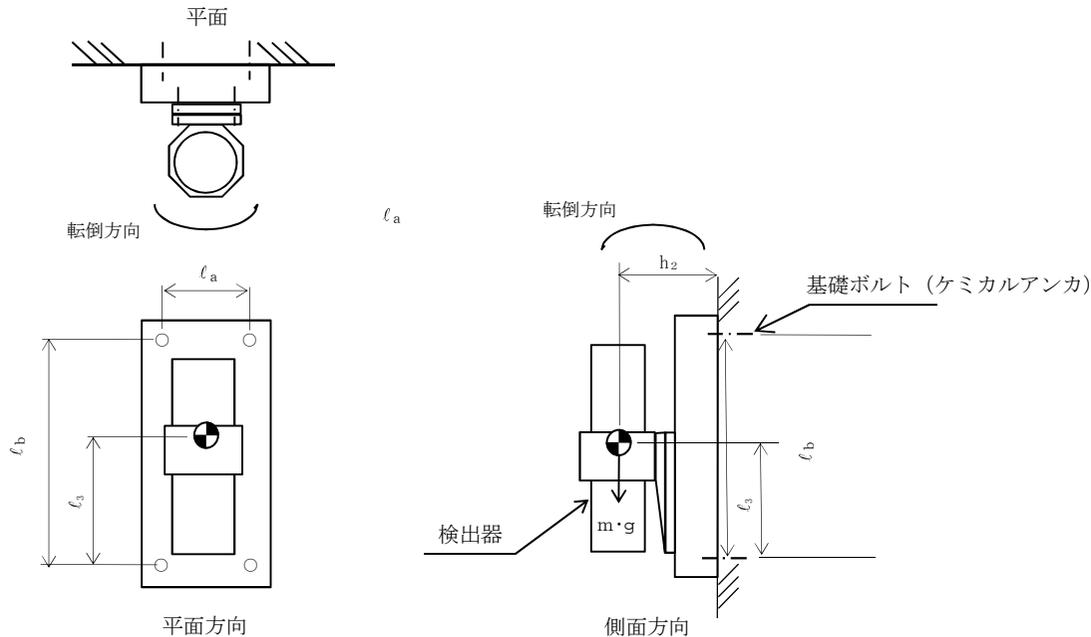
注記\* :  $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$ より算出

1.4.2 電気的機能の評価結果

(単位 :  $\times 9.8 \text{m/s}^2$ )

		評価用加速度	機能確認済加速度
原子炉建屋換気系（ダクト） 放射線モニタ	水平方向	1.74	
	鉛直方向	1.47	

評価用加速度 (1.0ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



【原子炉建屋換気系（ダクト）放射線モニタ（RE-D17-N009A, B, C, D）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	耐震設計上の重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉建屋換気系（ダクト） 放射線モニタ	S				$C_H=0.79$	$C_V=0.62$	$C_H=1.55$	$C_V=1.17$	

注記 \*1：基準床レベルを示す。

\*2：壁掛形の計器スタンションなので、設置床上階の設計用地震力を使用する。

1.2 機器要目

1.2.1 原子炉建屋換気系（ダクト）放射線モニタ

部 材	m (kg)	$h_2$ (mm)	$l_3$ (mm)	$l_a$ (mm)	$l_b$ (mm)	$A_b$ (mm <sup>2</sup> )	n	$n_{NV}$	$n_{RH}$
基礎ボルト								2	2

部 材	$S_y$ (MPa)	$S_u$ (MPa)	F (MPa)	$F^*$ (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
基礎ボルト	205	520	205	246	平面方向	平面方向

1.3 計算数値

1.3.1 原子炉建屋換気系（ダクト）放射線モニタに作用する力

(単位：N)

部 材	$F_b$		$Q_b$	
	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
基礎ボルト				

1.4 結論

1.4.1 原子炉建屋換気系（ダクト）放射線モニタの応力

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	□	引張り	$\sigma_b=2$	$f_{ts}=123$	$\sigma_b=3$	$f_{ts}=147^*$
		せん断	$\tau_b=2$	$f_{sb}=94$	$\tau_b=2$	$f_{sb}=113$

すべて許容応力以下である。

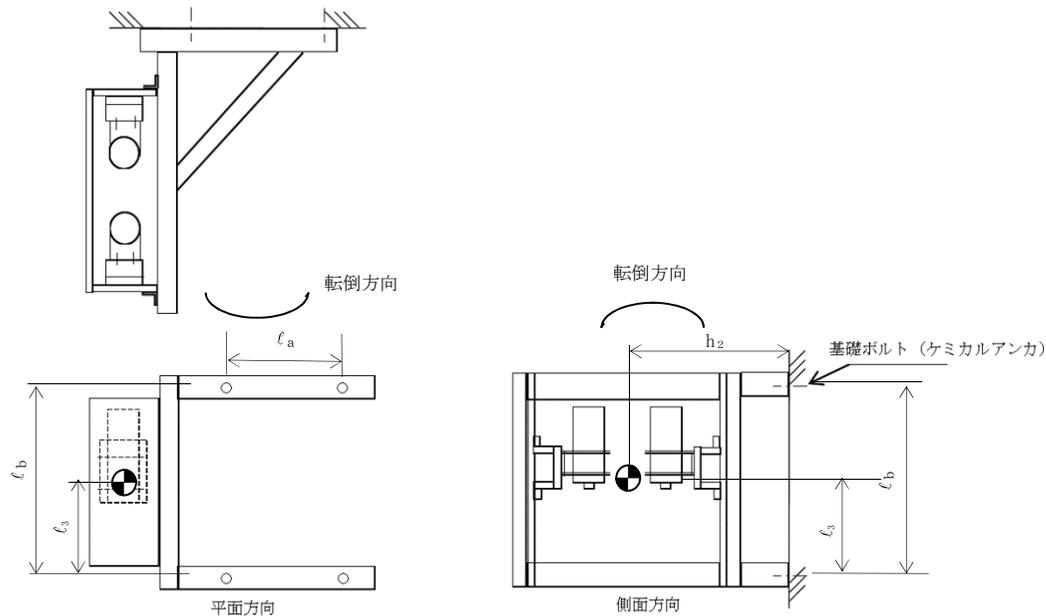
注記\* :  $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$  より算出

1.4.2 電氣的機能の評価結果

(単位 :  $\times 9.8m/s^2$ )

		評価用加速度	機能確認済加速度
原子炉建屋換気系（ダクト） 放射線モニタ	水平方向	1.29	□
	鉛直方向	0.98	□

評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である



本資料のうち、枠囲みの内容は、  
営業秘密又は防護上の観点から公  
開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資 料 番 号	工認-647 改0
提 出 年 月 日	平成30年6月29日

#### V-2-8-2-8 使用済燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）

の耐震性についての計算書

## 目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
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
4. 機能維持評価	7
4.1 電氣的機能維持評価方法	7
5. 評価結果	7
5.1 重大事故等対処設備としての評価結果	8

## 1. 概要

本計算書は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、使用済燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

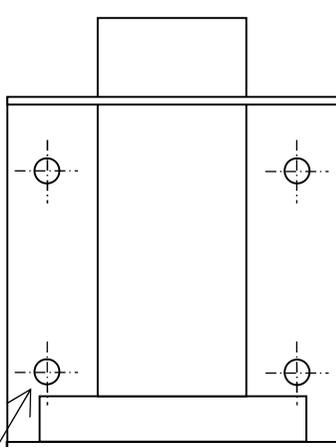
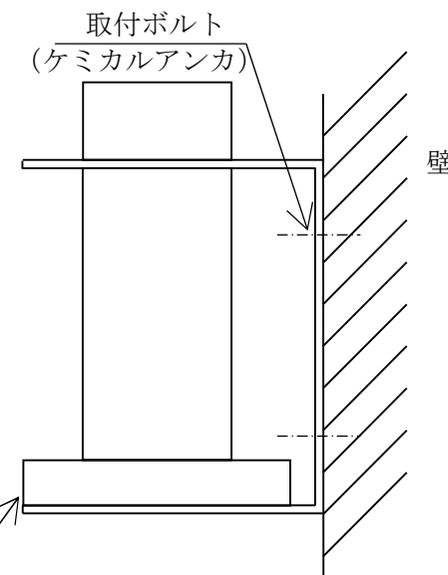
使用済燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

使用済燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
検出器は、取付ボルトで壁に設置する。	検出器	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>正面図</p>  <p>取付ボルト</p> <p>検出器</p> <p>(水平方向)</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>側面図</p>  <p>取付ボルト (ケミカルアンカ)</p> <p>壁</p> <p>(鉛直方向)</p> </div> </div>

### 3. 構造強度評価

#### 3.1 構造強度評価方法

使用済燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）の構造は壁掛形スタンションであるため、構造強度評価は、「V-2-1-14-9 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評価する。

#### 3.2 荷重の組合せ及び許容応力

##### 3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

使用済燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-1 に示す。

##### 3.2.2 許容応力

使用済燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）の許容応力を表 3-2 に示す。

##### 3.2.3 使用材料の許容応力評価条件

使用済燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-3 に示す。

表 3-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
放射線管理 施設	放射線 管理用 計測装置	使用済燃料プールエリア 放射線モニタ(低レンジ)	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	$IV_A S$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	$V_A S$ ( $V_A S$ として $IV_A S$ の許容限 界を用いる。)

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

\*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 3-2 許容応力 (重大事故等その他の支持構造物)

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

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

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

表 3-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
取付ボルト		周囲環境温度		221	373	—

#### 4. 機能維持評価

##### 4.1 電氣的機能維持評価方法

使用済燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

電氣的機能維持評価は、「V-2-1-14-9 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評価する。

使用済燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）の機能確認済加速度には、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 機能確認済加速度

(単位： $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )

評価部位	方向	機能確認済加速度
使用済燃料プールエリア放射線 モニタ（低レンジ）	水平	
	鉛直	

## 5. 評価結果

### 5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

使用済燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【使用済燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
使用済燃料プール エリア 放射線モニタ (低レンジ)	常設耐重/防止 常設/緩和	原子炉建屋 □	□		—	—	$C_H=2.09$	$C_V=1.77$	□

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：壁掛形なので、設置床上階の設計用地震力を使用する。

1.2 機器要目

1.2.1 使用済燃料プールエリア放射線モニタ（低レンジ）

部材	m (kg)	h (mm)	$l_1$ (mm)	$l_2$ (mm)	$l_3$ (mm)	$A_b$ (mm <sup>2</sup> )	n	$n_{NV}$	$n_{FH}$
取付ボルト	□						2	2	

部材	$S_y$ (MPa)	$S_u$ (MPa)	$F^*$ (MPa)	転倒方向	
				弾性設計用 地震動 $S_d$ 又 は静的震度	基準地震動 $S_s$
取付ボルト	221 ( $t \leq 16mm$ )	373	261	—	水平方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F <sub>b</sub>		Q <sub>b</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取 付 ボ ル ト	—	239.6	—	544.5

1.4 結 論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取 付 ボ ル ト	<input type="text"/>	引張り	—	—	$\sigma_b=3$	$f_{ts}=195^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=2$	$f_{sb}=150$

すべて許容応力以下である。

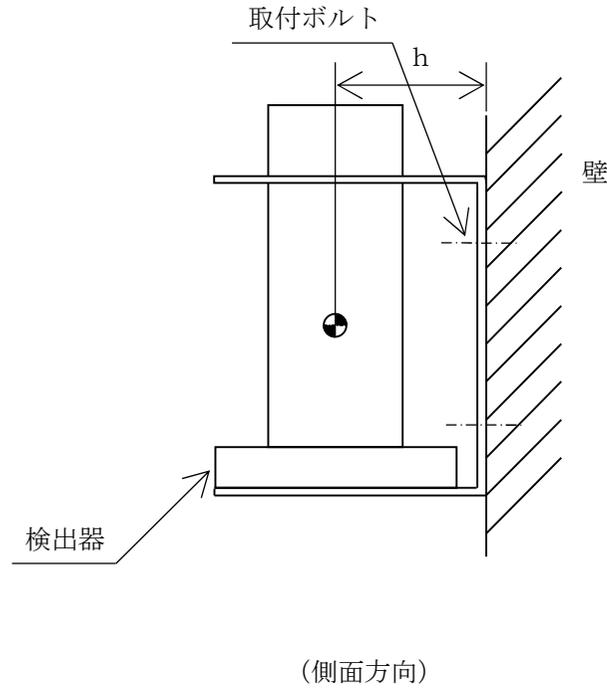
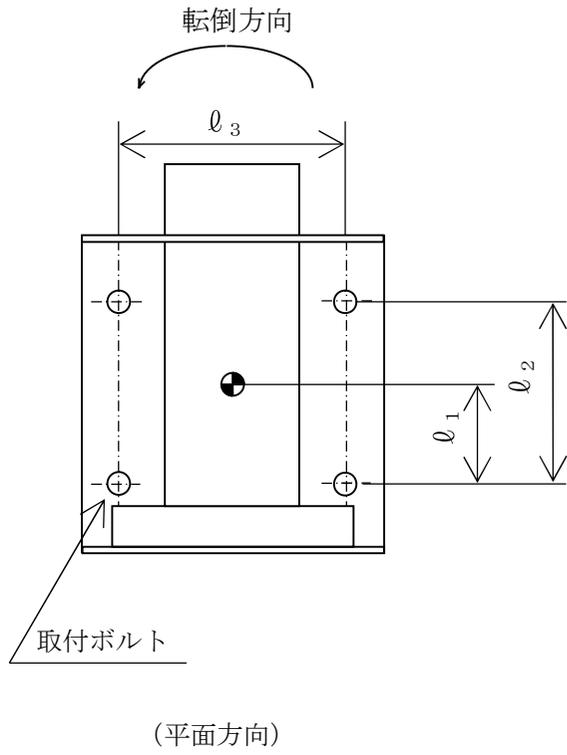
注記 \* :  $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$ より算出

1.4.2 電氣的機能の評価結果

(単位：×9.8 m/s<sup>2</sup>)

		評価用加速度	機能確認済加速度
使用済燃料プール エリア 放射線モニタ (低レンジ)	水平方向	1.74	<input type="text"/>
	鉛直方向	1.47	

評価用加速度 (1.0ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



本資料のうち、枠囲みの内容は、  
営業秘密又は防護上の観点から公  
開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-648 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-8-2-9 使用済燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）  
の耐震性についての計算書

## 目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
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
4. 機能維持評価	7
4.1 電氣的機能維持評価方法	7
5. 評価結果	7
5.1 重大事故等対処設備としての評価結果	8

## 1. 概要

本計算書は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、使用済燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

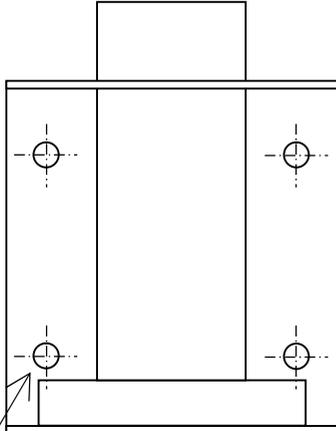
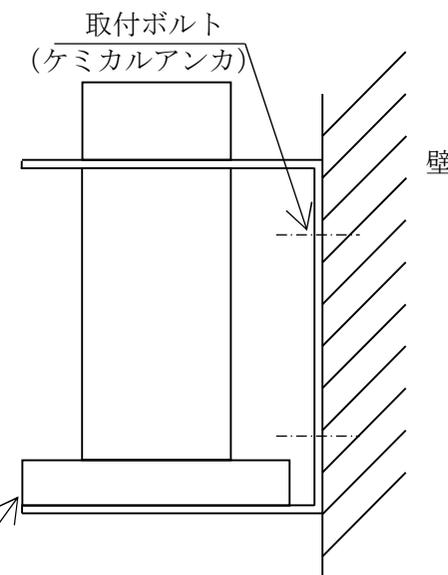
使用済燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、分類に応じた構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

使用済燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
検出器は、取付ボルトで壁に設置する。	検出器	<p>正面図</p>  <p>取付ボルト</p> <p>検出器</p> <p>(水平方向)</p> <p>側面図</p>  <p>取付ボルト (ケミカルアンカ)</p> <p>壁</p> <p>(鉛直方向)</p>

### 3. 構造強度評価

#### 3.1 構造強度評価方法

使用済燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）の構造は壁掛形スタンションであるため、構造強度評価は、「V-2-1-14-9 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評価する。

#### 3.2 荷重の組合せ及び許容応力

##### 3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

使用済燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-1 に示す。

##### 3.2.2 許容応力

使用済燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）の許容応力を表 3-2 に示す。

##### 3.2.3 使用材料の許容応力評価条件

使用済燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-3 に示す。

表 3-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
放射線管理 施設	放射線 管理用 計測装置	使用済燃料プールエリア 放射線モニタ(高レンジ)	常設耐震/防止 常設/緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	$IV_A S$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	$V_A S$ ( $V_A S$ として $IV_A S$ の許容限 界を用いる。)

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

\*2: その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 3-2 許容応力 (重大事故等その他の支持構造物)

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

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

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

表 3-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
取付ボルト		周囲環境温度		221	373	—

#### 4. 機能維持評価

##### 4.1 電氣的機能維持評価方法

使用済燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）の電氣的機能維持評価について以下に示す。

電氣的機能維持評価は、「V-2-1-14-9 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評価する使用済燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）の機能確認済加速度には、同形式の器具の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 機能確認済加速度 (単位： $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )

評価部位	方向	機能確認済加速度
使用済燃料プールエリア放射線 モニタ（高レンジ）	水平	
	鉛直	

## 5. 評価結果

### 5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

使用済燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【使用済燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
使用済燃料プール エリア 放射線モニタ (高レンジ)	常設耐重/防止 常設/緩和	原子炉建屋 [ ]	[ ]	[ ]	—	—	$C_H=2.09$	$C_V=1.77$	[ ]

注記 \*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 壁掛形なので、設置床上階の設計用地震力を使用する。

1.2 機器要目

1.2.1 使用済燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ）

部材	m (kg)	h (mm)	$l_1$ (mm)	$l_2$ (mm)	$l_3$ (mm)	$A_b$ (mm <sup>2</sup> )	n	$n_{NV}$	$n_{FH}$
取付ボルト	[ ]								2

部材	$S_y$ (MPa)	$S_u$ (MPa)	$F^*$ (MPa)	転倒方向	
				弾性設計用 地震動 $S_d$ 又は 静的震度	基準地震動 $S_s$
取付ボルト	221 ( $t \leq 16$ mm)	373	261	—	水平方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F <sub>b</sub>		Q <sub>b</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取 付 ボ ル ト				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取 付 ボ ル ト	SS400	引張り	—	—	σ <sub>b</sub> =3	f <sub>ts</sub> =195
		せん断	—	—	τ <sub>b</sub> =1	f <sub>sb</sub> =150

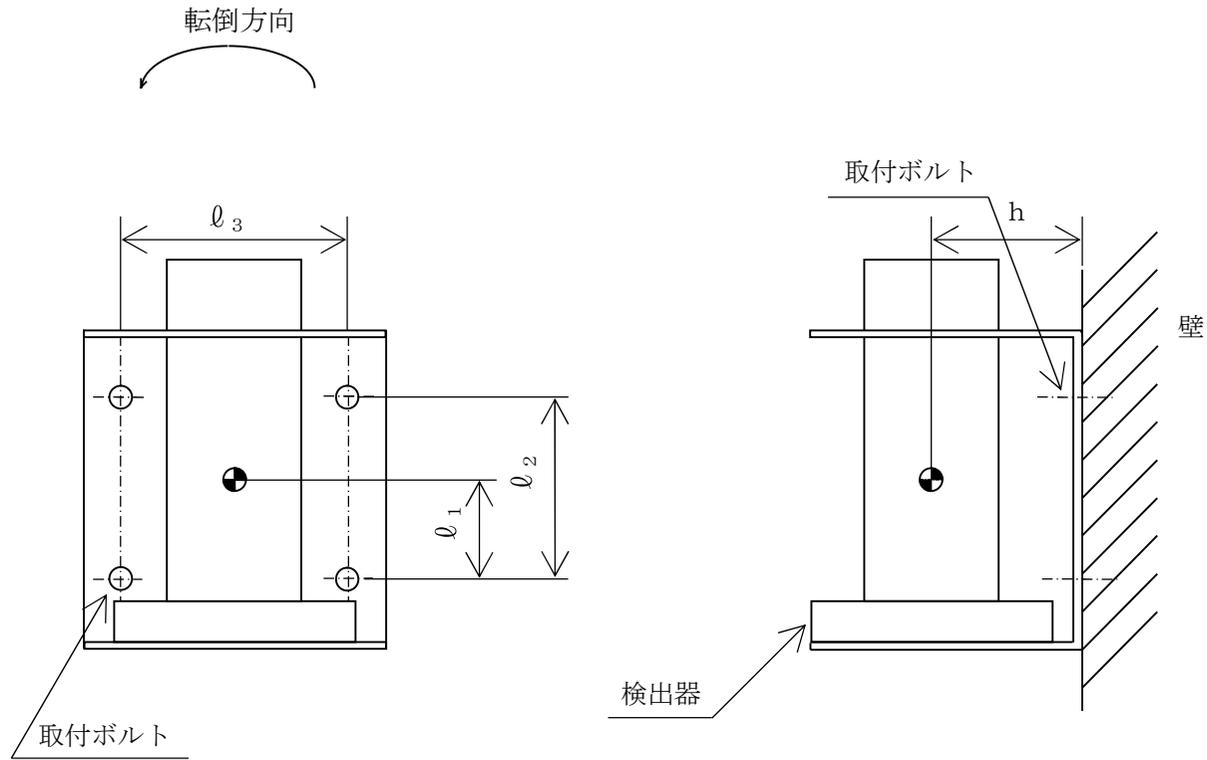
すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能の評価結果

(単位：×9.8 m/s<sup>2</sup>)

		評価用加速度	機能確認済加速度
使用済燃料プール エリア 放射線モニタ (高レンジ)	水平方向	1.74	
	鉛直方向	1.47	

評価用加速度 (1.0ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



本資料のうち、枠囲みの内容は、  
営業秘密又は防護上の観点から公開  
できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-747改0
提出年月日	平成30年6月29日

## V-2-8-3-2-2 中央制御室待避室差圧の耐震性についての計算書

## 目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
3.1 固有周期の算出方法	3
4. 構造強度評価	3
4.1 構造強度評価方法	3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	3
5. 機能維持評価	6
5.1 機能維持評価方法	6
6. 評価結果	7
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	7

## 1. 概要

本計算書は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、中央制御室待避室差圧が設計用地震力に対して十分な構造強度及び機能を有していることを説明するものである。

中央制御室待避室差圧は、重大事故等対処設備においては常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び機能維持評価を示す。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

中央制御室待避室差圧の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>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、溶接により計器ステーションに固定される。</p> <p>計器ステーションは、壁面に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>検出器</p>	<p>The diagram illustrates the assembly components and their installation. On the left, a vertical detector station (計器ステーション) is shown with mounting holes at the top and bottom. On the right, a side view shows the detector station mounted to a wall using foundation bolts (基礎ボルト) with chemical anchors (ケミカルアンカ). A mounting plate (取付板) is welded to the station, and a detector (検出器) is attached to this plate using detector mounting bolts (計器取付ボルト).</p>

### 3. 固有周期

#### 3.1 固有周期の算出方法

振動試験装置により固有振動数（共振周波数）を測定する。固有周期を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期 (s)

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

### 4. 構造強度評価

#### 4.1 構造強度評価方法

中央制御室待避室差圧の構造は壁掛形計器スタンションであるため、構造強度評価は、「V-2-1-14-9 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評価する。

#### 4.2 荷重の組合せ及び許容応力

##### 4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

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

##### 4.2.2 許容応力

中央制御室待避室差圧の許容応力を表 4-2 に示す。

##### 4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

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

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	中央制御室待避室差圧	常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	$IV_{AS}$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	$V_{AS}$ ( $V_{AS}$ として $IV_{AS}$ の許容限 界を用いる。)

注記 \*1：「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

\*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)	
基礎ボルト		周囲環境温度		245	400	—

## 5. 機能維持評価

### 5.1 機能維持評価方法

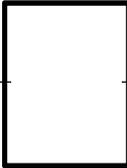
中央制御室待避室差圧の機能維持評価について、以下に示す。

機能維持評価は、「V-2-1-14-9 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評価する。

中央制御室待避室差圧の機能確認済加速度には、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、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 (×9.8 m/s<sup>2</sup>)

評価部位	方向	機能確認済加速度
中央制御室待避室 差圧 (DPI-SA31-001)	水平	
	鉛直	

## 6. 評価結果

### 6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

中央制御室待避室差圧の重大事故時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び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

機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【中央制御室待避室差圧の重大事故等対処設備としての評価結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機 器 名 称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
中央制御室待避室差圧	常設/緩和	原子炉建屋			—	—	C <sub>H</sub> =1.34	C <sub>V</sub> =1.01	

注記 \* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 中央制御室待避室差圧(DPI-SA31-001)

部 材	m (kg)	h <sub>2</sub> (mm)	ℓ <sub>3</sub> (mm)	ℓ <sub>a</sub> (mm)	ℓ <sub>b</sub> (mm)	A <sub>b</sub> (mm <sup>2</sup> )	n	n <sub>FV</sub>	n <sub>HI</sub>
基礎ボルト								2	2

∞

部 材	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト	245	400	—	280	—	平面方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位 : N)

部 材	F <sub>b</sub>		Q <sub>b</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト	—	426.8	—	852.8

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位: MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト		引張り	—	—	$\sigma_b=4$	$f_{ts}=168^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=2$	$f_{sb}=129$

すべて許容応力以下である。

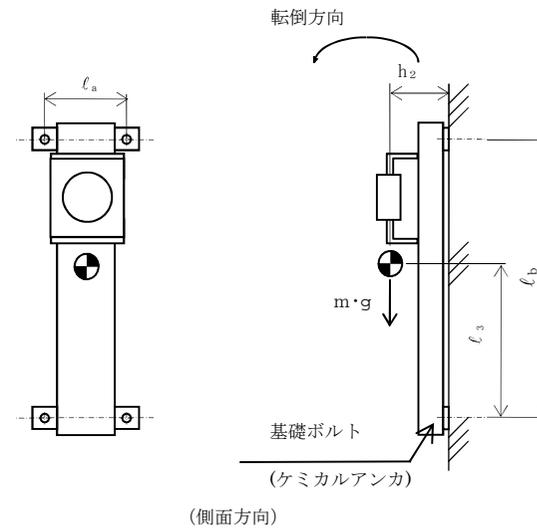
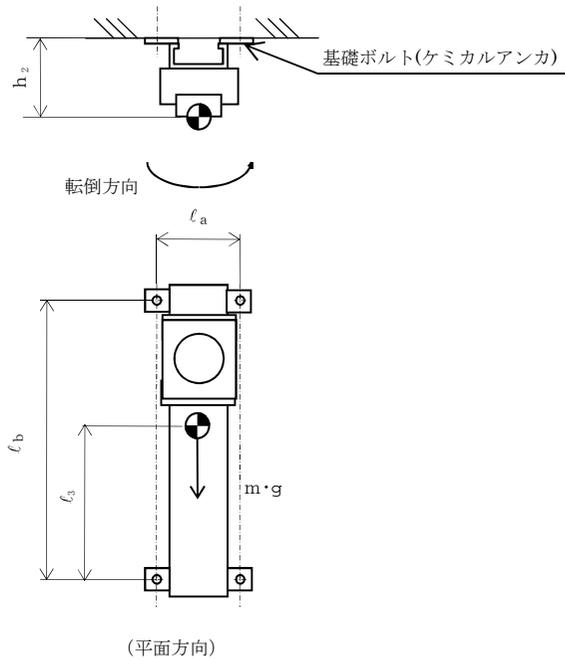
注記 \* :  $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$ より算出

1.4.2 機能の評価結果

(単位:  $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )

		評価用加速度	機能確認済加速度
中央制御室待避室 差圧 (DPI-SA31-001)	水平方向	1.34	
	鉛直方向	1.01	

評価用加速度 (1.0ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



本資料のうち、枠囲みの内容は、  
営業秘密又は防護上の観点から公  
開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-748 改 0
提出年月日	平成 30 年 6 月 29 日

## V-2-8-3-4-2 第二弁操作室差圧の耐震性についての計算書

## 目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
3.1 固有周期の算出方法	3
4. 構造強度評価	3
4.1 構造強度評価方法	3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	3
5. 機能維持評価	6
5.1 機能維持評価方法	6
6. 評価結果	7
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	7

## 1. 概要

本計算書は、「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、第二弁操作室差圧が設計用地震力に対して十分な構造強度及び機能を有していることを説明するものである。

第二弁操作室差圧は、重大事故等対処設備においては常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び機能維持評価を示す。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

第二弁操作室差圧の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>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、溶接により計器ステーションに固定される。</p> <p>計器ステーションは、壁面に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>検出器</p>	<p>The diagram illustrates the assembly components and their installation. On the left, a vertical detector station (計器ステーション) is shown with a mounting plate (取付板) at the top. A detector (検出器) is mounted on the plate using detector mounting bolts (計器取付ボルト). On the right, the station is shown installed on a wall, secured by foundation bolts (基礎ボルト) using chemical anchors (ケミカルアンカ).</p>

### 3. 固有周期

#### 3.1 固有周期の算出方法

振動試験装置により固有振動数（共振周波数）を測定する。固有周期を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期 (s)

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

### 4. 構造強度評価

#### 4.1 構造強度評価方法

第二弁操作室差圧の構造は壁掛形計器スタンションであるため、構造強度評価は、「V-2-1-14-9 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評価する。

#### 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

第二弁操作室差圧の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-1 に示す。

##### 4.2.2 許容応力

第二弁操作室差圧の許容応力を表 4-2 に示す。

##### 4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

第二弁操作室差圧の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-3 に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	第二弁操作室差圧	常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	$IV_{AS}$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	$V_{AS}$ ( $V_{AS}$ として $IV_{AS}$ の許容限 界を用いる。)

注記 \*1：「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

\*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 4-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
基礎ボルト		周囲環境温度		245	400	—

## 5. 機能維持評価

### 5.1 機能維持評価方法

第二弁操作室差圧の機能維持評価について、以下に示す。

機能維持評価は、「V-2-1-14-9 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評価する。

第二弁操作室差圧の機能確認済加速度には、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 ( $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )

評価部位	方向	機能確認済加速度
第二弁操作室 差圧 (DPI-SA32-001)	水平	
	鉛直	

## 6. 評価結果

### 6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

第二弁操作室差圧の重大事故時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び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

機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【第二弁操作室差圧の重大事故等対処設備としての評価結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
第二弁操作室差圧	常設/緩和	原子炉建屋 □	□	□	—	—	C <sub>H</sub> =1.55	C <sub>V</sub> =1.17	□

注記 \* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 第二弁操作室差圧(DPI-SA32-001)

部 材	m (kg)	h <sub>2</sub> (mm)	ℓ <sub>3</sub> (mm)	ℓ <sub>a</sub> (mm)	ℓ <sub>b</sub> (mm)	A <sub>b</sub> (mm <sup>2</sup> )	n	n <sub>FV</sub>	n <sub>HI</sub>
基礎ボルト	□							2	2

∞

部 材	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト	245	400	—	280	—	平面方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位 : N)

部 材	F <sub>b</sub>		Q <sub>b</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト	—	488.0	—	941.5

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位: MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	□	引張り	—	—	$\sigma_b=5$	$f_{ts}=168^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=3$	$f_{sb}=129$

すべて許容応力以下である。

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

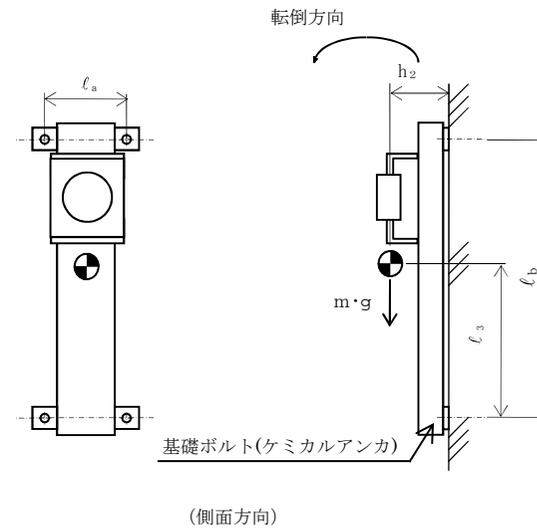
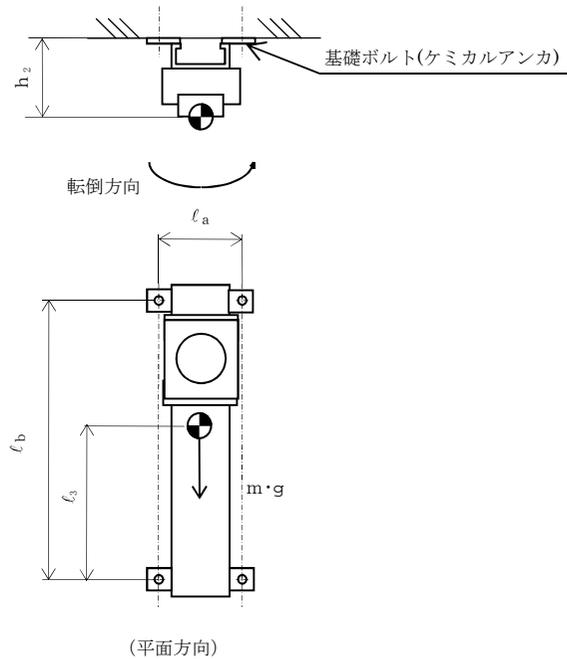
1.4.2 機能の評価結果

(単位:  $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )

		評価用加速度	機能確認済加速度
第二弁操作室 差圧 (DPI-SA32-001)	水平方向	1.55	□
	鉛直方向	1.17	□

評価用加速度 (1.0ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。

6



本資料のうち、枠囲みの内容は、  
営業秘密又は防護上の観点から  
公開できません

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-513 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-6-5-6 低圧代替注水系原子炉注水流量（常設ライン用）の耐震性  
についての計算書

## 目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 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
4. 機能維持評価	6
4.1 電氣的機能維持評価方法	6
5. 評価結果	7
5.1 重大事故等対処設備としての評価結果	7

## 1. 概要

本計算書は、「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、低圧代替注水系原子炉注水流量（常設ライン用）が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

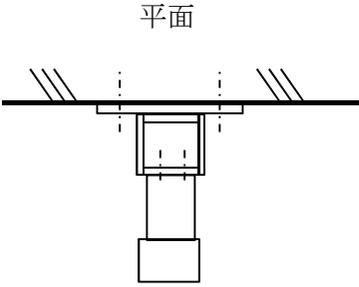
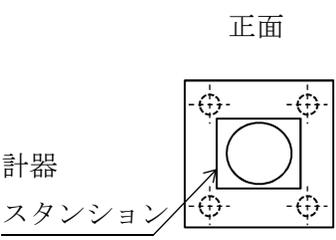
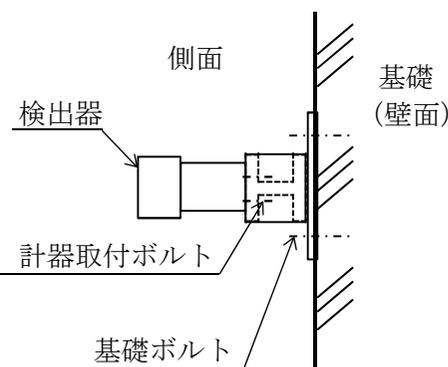
低圧代替注水系原子炉注水流量（常設ライン用）は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、分類に応じた構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

低圧代替注水系原子炉注水流量（常設ライン用）の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより計器スタンションに固定される。</p> <p>計器スタンションは、基礎に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>検出器</p>	<p>平面</p>  <p>正面</p>  <p>計器 スタンション</p> <p>(平面方向)</p> <p>側面</p>  <p>検出器</p> <p>計器取付ボルト</p> <p>基礎ボルト</p> <p>基礎 (壁面)</p> <p>(側面方向)</p>

### 3. 構造強度評価

#### 3.1 構造強度評価方法

低圧代替注水系原子炉注水流量（常設ライン用）の構造は壁掛形計器スタンションであるため、構造強度評価は「V-2-1-14-9 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評価する。

#### 3.2 荷重の組合せ及び許容応力

##### 3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

低圧代替注水系原子炉注水流量（常設ライン用）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-1 に示す。

##### 3.2.2 許容応力

低圧代替注水系原子炉注水流量（常設ライン用）の許容応力を表 3-2 に示す。

##### 3.2.3 使用材料の許容応力評価条件

低圧代替注水系原子炉注水流量（常設ライン用）の使用材料の許容応力評価条件のうち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-3 に示す。

表 3-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類 <sup>*1</sup>	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	低圧代替注水系 原子炉注水流量 (常設ライン用)	常設耐震／防止 常設／緩和	— <sup>*2</sup>	$D + P_D + M_D + S_s$ <sup>*3</sup>	$IV_A S$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	$V_A S$ ( $V_A S$ として $IV_A S$ の許容限界 を用いる。)

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

\*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

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

表 3-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界 <sup>*1,*2</sup> (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
IV <sub>A</sub> S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

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

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

表 3-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
基礎ボルト	<input type="text"/>	周囲環境温度	<input type="text"/>	221	373	—

#### 4. 機能維持評価

##### 4.1 電氣的機能維持評価方法

低圧代替注水系原子炉注水流量（常設ライン用）の電氣的機能維持評価について、以下に示す。電氣的機能維持評価は、「V-2-1-14-9 計器スタンス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評価する。

低圧代替注水系原子炉注水流量（常設ライン用）に設置される検出器の機能確認済加速度には、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 機能確認済加速度 (×9.8 m/s<sup>2</sup>)

評価部位	方向	機能確認済加速度
低圧代替注水系原子炉注水 流量（常設ライン用）	水平	□
	鉛直	

## 5. 評価結果

### 5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

低圧代替注水系原子炉注水流量（常設ライン用）の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【低圧代替注水系原子炉注水流量（常設ライン用）の耐震性についての評価結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
低圧代替注水系原子炉注水 流量（常設ライン用）	常設耐震／防止 常設／緩和	原子炉建屋 [ ]	[ ]		—	—	$C_H=1.55^{*3}$	$C_V=1.17^{*3}$	[ ]

注記 \*1：基準床レベルを示す。  
 \*2：壁掛形の計器スタンションなので、設置床上階の設計用地震力を使用する。  
 \*3：基準地震動  $S_s$  の震度と同等以上の設計震度

1.2 機器要目

1.2.1 低圧代替注水系原子炉注水流量（常設ライン用）

部材	m (kg)	$h_2$ (mm)	$l_3$ (mm)	$l_a$ (mm)	$l_b$ (mm)	$A_b$ (mm <sup>2</sup> )	n	$n_{LV}$	$n_{FH}$
基礎ボルト	[ ]								

8

部材	$S_y$ (MPa)	$S_u$ (MPa)	F (MPa)	$F^*$ (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
基礎ボルト	221	373	—	261	—	平面方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	$F_b$		$Q_b$	
	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
基礎ボルト	—	483.2	—	418.4

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位: MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	□	引張り	—	—	$\sigma_b=5$	$f_{ts}=156^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=1$	$f_{sb}=120$

すべて許容応力以下である。

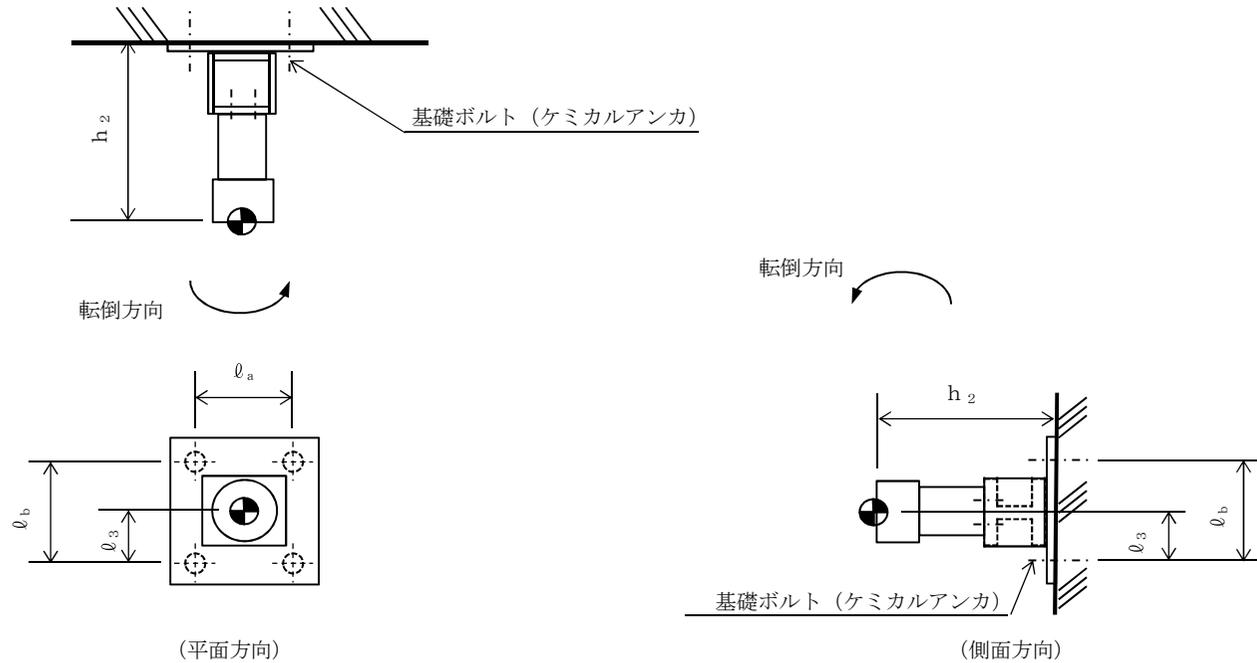
注記 \*:  $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$  より算出

1.4.2 電気的機能の評価結果

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

		評価用加速度	機能確認済加速度
低圧代替注水系原子炉注水 流量 (常設ライン用)	水平方向	1.29	□
	鉛直方向	0.98	

評価用加速度 (1.0ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



本資料のうち、枠囲みの内容は、  
営業秘密又は防護上の観点から  
公開できません

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-514 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-6-5-7 低圧代替注水系原子炉注水流量（常設ライン狭帯域用）の  
耐震性についての計算書

## 目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 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
4. 機能維持評価	6
4.1 電氣的機能維持評価方法	6
5. 評価結果	7
5.1 重大事故等対処設備としての評価結果	7

## 1. 概要

本計算書は、「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、低圧代替注水系原子炉注水流量（常設ライン狭帯域用）が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

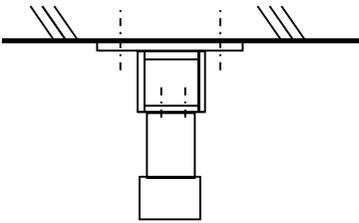
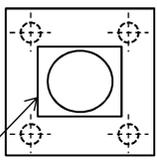
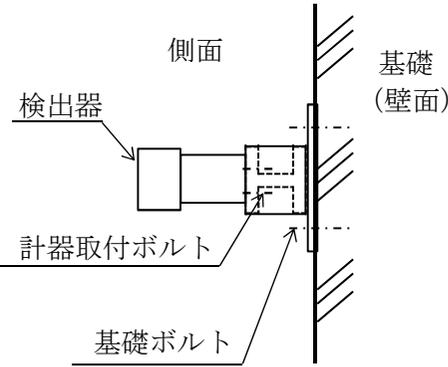
低圧代替注水系原子炉注水流量（常設ライン狭帯域用）は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、分類に応じた構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

低圧代替注水系原子炉注水流量（常設ライン狭帯域用）の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより計器スタンションに固定される。</p> <p>計器スタンションは、基礎に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>検出器</p>	<p>平面</p>  <p>正面</p>  <p>計器 スタンション</p> <p>(平面方向)</p> <p>側面</p>  <p>検出器</p> <p>計器取付ボルト</p> <p>基礎ボルト</p> <p>基礎 (壁面)</p> <p>(側面方向)</p>

### 3. 構造強度評価

#### 3.1 構造強度評価方法

低圧代替注水系原子炉注水流量（常設ライン狭帯域用）の構造は壁掛形計器スタンションであるため、構造強度評価は「V-2-1-14-9 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評価する。

#### 3.2 荷重の組合せ及び許容応力

##### 3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

低圧代替注水系原子炉注水流量（常設ライン狭帯域用）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-1 に示す。

##### 3.2.2 許容応力

低圧代替注水系原子炉注水流量（常設ライン狭帯域用）の許容応力を表 3-2 に示す。

##### 3.2.3 使用材料の許容応力評価条件

低圧代替注水系原子炉注水流量（常設ライン狭帯域用）の使用材料の許容応力評価条件のうち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-3 に示す。

表 3-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類 <sup>*1</sup>	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	低圧代替注水系 原子炉注水流量 (常設ライン狭帯域用)	常設耐震／防止 常設／緩和	— <sup>*2</sup>	$D + P_D + M_D + S_s$ <sup>*3</sup>	$IV_A S$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	$V_A S$ ( $V_A S$ として $IV_A S$ の許容限界 を用いる。)

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

\*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 3-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界 <sup>*1,*2</sup> (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
IV <sub>A</sub> S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

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

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

表 3-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (RT) (MPa)
基礎ボルト	<input type="text"/>	周囲環境温度	<input type="text"/>	221	373	—

#### 4. 機能維持評価

##### 4.1 電氣的機能維持評価方法

低圧代替注水系原子炉注水流量（常設ライン狭帯域用）の電氣的機能維持評価について、以下に示す。電氣的機能維持評価は、「V-2-1-14-9 計器スタンス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評価する。

低圧代替注水系原子炉注水流量（常設ライン狭帯域用）に設置される検出器の機能確認済加速度には、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 機能確認済加速度 (×9.8 m/s<sup>2</sup>)

評価部位	方向	機能確認済加速度
低圧代替注水系原子炉 注水流量 (常設ライン狭帯域用)	水平	□
	鉛直	

## 5. 評価結果

### 5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

低圧代替注水系原子炉注水流量（常設ライン狭帯域用）の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【低圧代替注水系原子炉注水流量（常設ライン狭帯域用）の耐震性についての評価結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
低圧代替注水系原子炉 注水流量 (常設ライン狭帯域用)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋 [ ]	[ ]		—	—	$C_H=1.55^{*3}$	$C_V=1.17^{*3}$	[ ]

注記 \*1: 基準床レベルを示す。  
 \*2: 壁掛形の計器スタンションなので、設置床上階の設計用地震力を使用する。  
 \*3: 基準地震動  $S_s$  の震度と同等以上の設計震度

1.2 機器要目

1.2.1 低圧代替注水系原子炉注水流量（常設ライン狭帯域用）

部材	m (kg)	$h_2$ (mm)	$l_3$ (mm)	$l_a$ (mm)	$l_b$ (mm)	$A_b$ (mm <sup>2</sup> )	n	$n_{LV}$	$n_{FH}$
基礎ボルト	[ ]								

8

部材	$S_y$ (MPa)	$S_u$ (MPa)	F (MPa)	$F^*$ (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
基礎ボルト	221	373	—	261	—	平面方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位: N)

部材	$F_b$		$Q_b$	
	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
基礎ボルト	—	483.2	—	418.4

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位: MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	□	引張り	—	—	$\sigma_b=5$	$f_{ts}=156^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=1$	$f_{sb}=120$

すべて許容応力以下である。

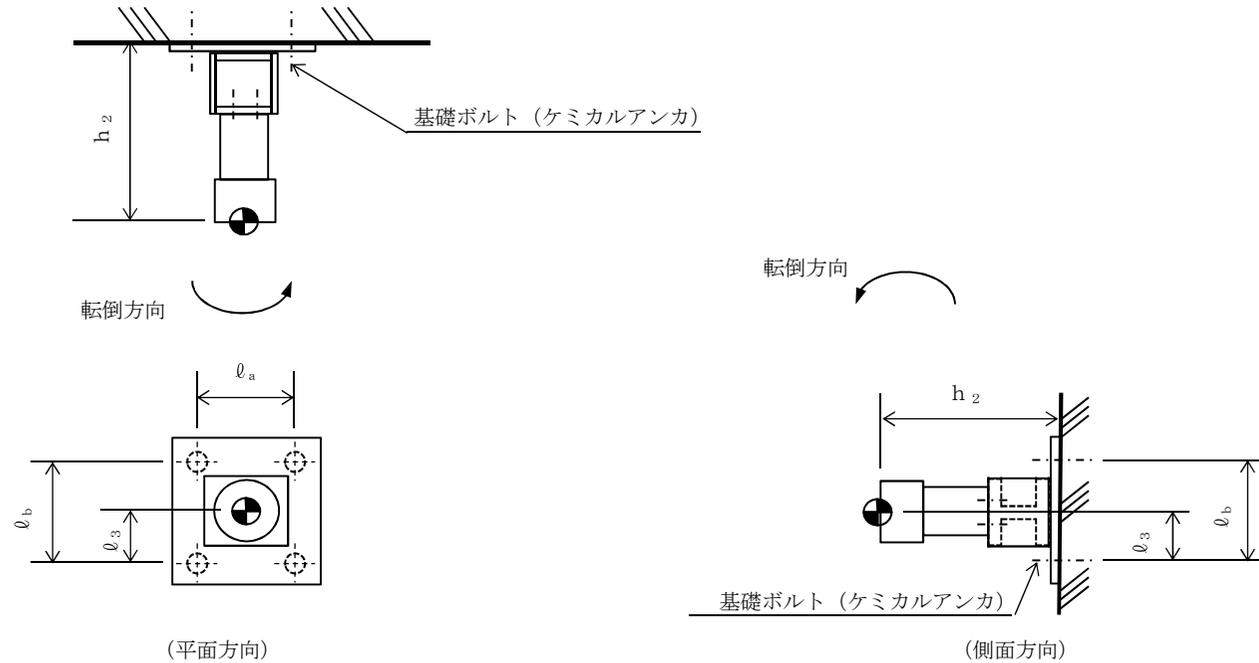
注記 \* :  $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$  より算出

1.4.2 電気的機能の評価結果

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

		評価用加速度	機能確認済加速度
低圧代替注水系原子炉 注水流量 (常設ライン狭帯域用)	水平方向	1.29	□
	鉛直方向	0.98	□

評価用加速度 (1.0ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



本資料のうち、枠囲みの内容は、  
営業秘密又は防護上の観点から  
公開できません

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-515 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-6-5-8 低圧代替注水系原子炉注水流量（可搬ライン用）の耐震性  
についての計算書

## 目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 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
4. 機能維持評価	6
4.1 電氣的機能維持評価方法	6
5. 評価結果	7
5.1 重大事故等対処設備としての評価結果	7

## 1. 概要

本計算書は、「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、低圧代替注水系原子炉注水流量（可搬ライン用）が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

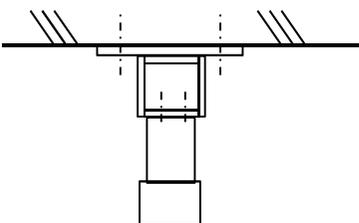
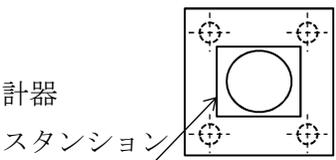
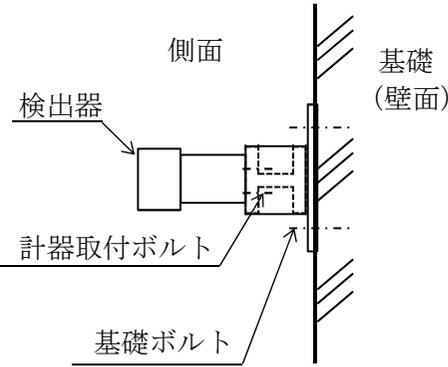
低圧代替注水系原子炉注水流量（可搬ライン用）は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、分類に応じた構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

低圧代替注水系原子炉注水流量（可搬ライン用）の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより計器スタンションに固定される。</p> <p>計器スタンションは、基礎に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>検出器</p>	<p>平面</p>  <p>正面</p>  <p>計器 スタンション</p> <p>(平面方向)</p> <p>側面</p>  <p>検出器</p> <p>計器取付ボルト</p> <p>基礎ボルト</p> <p>基礎 (壁面)</p> <p>(側面方向)</p>

### 3. 構造強度評価

#### 3.1 構造強度評価方法

低圧代替注水系原子炉注水流量（可搬ライン用）の構造は壁掛形計器スタンションであるため、構造強度評価は「V-2-1-14-9 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評価する。

#### 3.2 荷重の組合せ及び許容応力

##### 3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

低圧代替注水系原子炉注水流量（可搬ライン用）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-1 に示す。

##### 3.2.2 許容応力

低圧代替注水系原子炉注水流量（可搬ライン用）の許容応力を表 3-2 に示す。

##### 3.2.3 使用材料の許容応力評価条件

低圧代替注水系原子炉注水流量（可搬ライン用）の使用材料の許容応力評価条件のうち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-3 に示す。

表 3-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類 <sup>*1</sup>	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	低圧代替注水系 原子炉注水流量 (可搬ライン用)	常設耐震／防止 常設／緩和	— <sup>*2</sup>	$D + P_D + M_D + S_s$ <sup>*3</sup>	$IV_A S$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	$V_A S$ ( $V_A S$ として $IV_A S$ の許容限界 を用いる。)

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

\*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 3-2 許容応力 (重大事故等その他の支持構造物)

許容応力状態	許容限界 <sup>*1,*2</sup> (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
IV <sub>A</sub> S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

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

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

表 3-3 使用材料の許容応力評価条件 (重大事故等対処設備)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
基礎ボルト	<input type="text"/>	周囲環境温度	<input type="text"/>	221	373	—

#### 4. 機能維持評価

##### 4.1 電氣的機能維持評価方法

低圧代替注水系原子炉注水流量（可搬ライン用）の電氣的機能維持評価について、以下に示す。電氣的機能維持評価は、「V-2-1-14-9 計器スタンス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評価する。

低圧代替注水系原子炉注水流量（可搬ライン用）に設置される検出器の機能確認済加速度には、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 機能確認済加速度 ( $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )

評価部位	方向	機能確認済加速度
低圧代替注水系原子炉注水 流量（可搬ライン用）	水平	□
	鉛直	

## 5. 評価結果

### 5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

低圧代替注水系原子炉注水流量（可搬ライン用）の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【低圧代替注水系原子炉注水流量（可搬ライン用）の耐震性についての評価結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
低圧代替注水系原子炉注水 流量（可搬ライン用）	常設耐震／防止 常設／緩和	原子炉建屋 [ ]	[ ]	[ ]	—	—	$C_H=1.34^{*3}$	$C_V=1.01^{*3}$	[ ]

注記 \*1：基準床レベルを示す。  
 \*2：壁掛形の計器スタンションなので、設置床上階の設計用地震力を使用する。  
 \*3：基準地震動  $S_s$  の震度と同等以上の設計震度

1.2 機器要目

1.2.1 低圧代替注水系原子炉注水流量（可搬ライン用）

部材	m (kg)	$h_2$ (mm)	$l_3$ (mm)	$l_a$ (mm)	$l_b$ (mm)	$A_b$ (mm <sup>2</sup> )	n	$n_{LV}$	$n_{FH}$
基礎ボルト	[ ]								

8

部材	$S_y$ (MPa)	$S_u$ (MPa)	F (MPa)	$F^*$ (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
基礎ボルト	221	373	—	273	—	平面方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	$F_b$		$Q_b$	
	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
基礎ボルト	—	435.1	—	379.0

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位: MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	□	引張り	—	—	$\sigma_b=4$	$f_{ts}=156^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=1$	$f_{sb}=120$

すべて許容応力以下である。

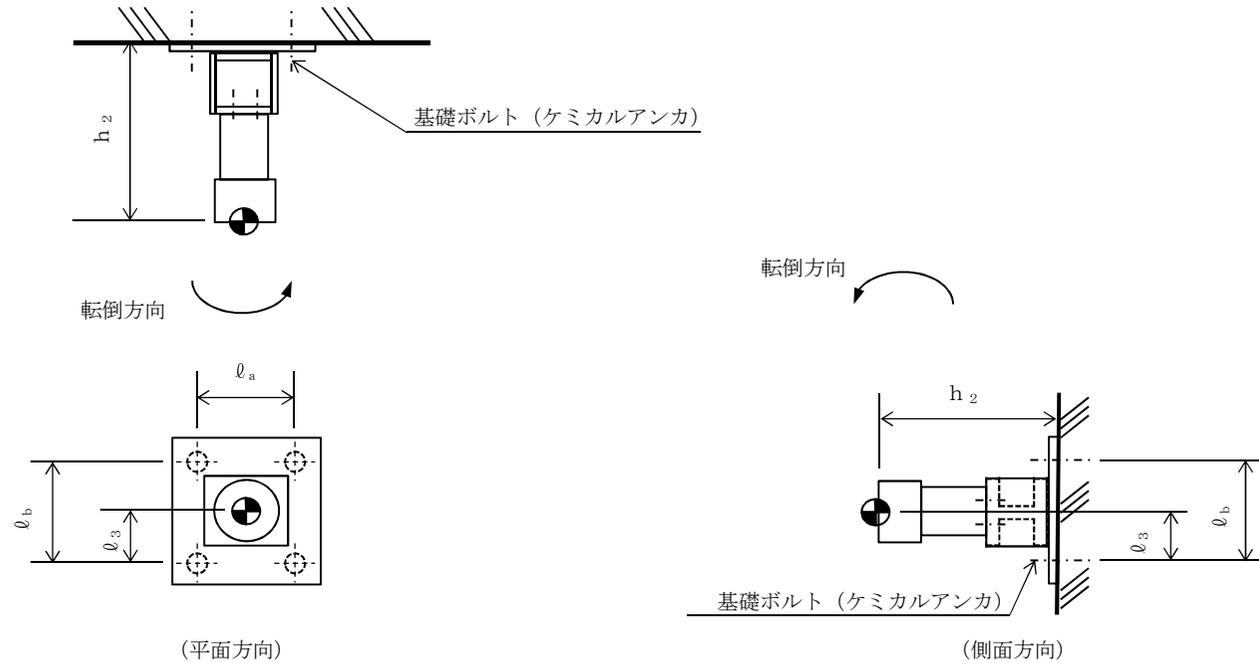
注記 \* :  $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$  より算出

1.4.2 電気的機能の評価結果

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

		評価用加速度	機能確認済加速度
低圧代替注水系原子炉注水 流量 (可搬ライン用)	水平方向	1.11	□
	鉛直方向	0.84	

評価用加速度 (1.0ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



本資料のうち、枠囲みの内容は、  
営業秘密又は防護上の観点から  
公開できません

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-516 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-6-5-9 低圧代替注水系原子炉注水流量（可搬ライン狭帯域用）の  
耐震性についての計算書

## 目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 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
4. 機能維持評価	6
4.1 電氣的機能維持評価方法	6
5. 評価結果	7
5.1 重大事故等対処設備としての評価結果	7

## 1. 概要

本計算書は、「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、低圧代替注水系原子炉注水流量（可搬ライン狭帯域用）が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

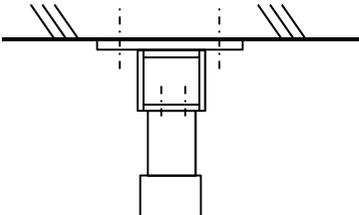
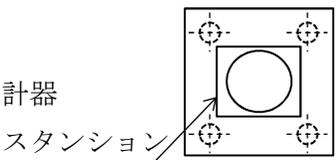
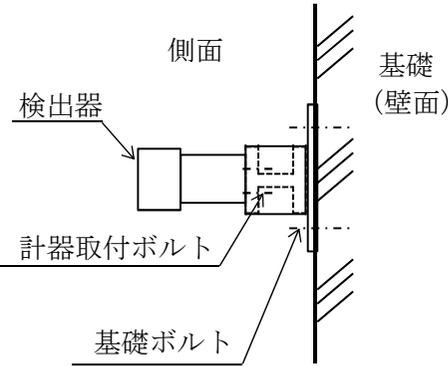
低圧代替注水系原子炉注水流量（可搬ライン狭帯域用）は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、分類に応じた構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

低圧代替注水系原子炉注水流量（可搬ライン狭帯域用）の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより計器スタンションに固定される。</p> <p>計器スタンションは、基礎に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>検出器</p>	<div style="text-align: center;"> <p>平面</p>  </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;"> <p>正面</p>  <p>計器 スタンション</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>側面</p>  <p>検出器 計器取付ボルト 基礎ボルト 基礎 (壁面)</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <p>(平面方向)</p> <p>(側面方向)</p> </div>

### 3. 構造強度評価

#### 3.1 構造強度評価方法

低圧代替注水系原子炉注水流量（可搬ライン狭帯域用）の構造は壁掛形計器スタンションであるため、構造強度評価は「V-2-1-14-9 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評価する。

#### 3.2 荷重の組合せ及び許容応力

##### 3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

低圧代替注水系原子炉注水流量（可搬ライン狭帯域用）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-1 に示す。

##### 3.2.2 許容応力

低圧代替注水系原子炉注水流量（可搬ライン狭帯域用）の許容応力を表 3-2 に示す。

##### 3.2.3 使用材料の許容応力評価条件

低圧代替注水系原子炉注水流量（可搬ライン狭帯域用）の使用材料の許容応力評価条件のうち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-3 に示す。

表 3-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類 <sup>*1</sup>	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	低圧代替注水系 原子炉注水流量 (可搬ライン狭帯域用)	常設耐震／防止 常設／緩和	— <sup>*2</sup>	$D + P_D + M_D + S_s$ <sup>*3</sup>	$IV_A S$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	$V_A S$ ( $V_A S$ として $IV_A S$ の許容限界 を用いる。)

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

\*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 3-2 許容応力 (重大事故等その他の支持構造物)

許容応力状態	許容限界 <sup>*1,*2</sup> (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
IV <sub>A</sub> S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

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

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

表 3-3 使用材料の許容応力評価条件 (重大事故等対処設備)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
基礎ボルト	<input type="text"/>	周囲環境温度	<input type="text"/>	221	373	—

#### 4. 機能維持評価

##### 4.1 電氣的機能維持評価方法

低圧代替注水系原子炉注水流量（可搬ライン狭帯域用）の電氣的機能維持評価について、以下に示す。電氣的機能維持評価は、「V-2-1-14-9 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評価する。

低圧代替注水系原子炉注水流量（可搬ライン狭帯域用）に設置される検出器の機能確認済加速度には、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 機能確認済加速度 (×9.8 m/s<sup>2</sup>)

評価部位	方向	機能確認済加速度
低圧代替注水系原子炉 注水流量 (可搬ライン狭帯域用)	水平	□
	鉛直	

## 5. 評価結果

### 5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

低圧代替注水系原子炉注水流量（可搬ライン狭帯域用）の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【低圧代替注水系原子炉注水流量（可搬ライン狭帯域用）の耐震性についての評価結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
低圧代替注水系原子炉 注水流量 (可搬ライン狭帯域用)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋 [ ]	[ ]		—	—	$C_H=1.34^{*3}$	$C_V=1.01^{*3}$	[ ]

注記 \*1: 基準床レベルを示す。  
 \*2: 壁掛形の計器スタンションなので、設置床上階の設計用地震力を使用する。  
 \*3: 基準地震動  $S_s$  の震度と同等以上の設計震度

1.2 機器要目

1.2.1 低圧代替注水系原子炉注水流量（可搬ライン狭帯域用）

部材	m (kg)	$h_2$ (mm)	$l_3$ (mm)	$l_a$ (mm)	$l_b$ (mm)	$A_b$ (mm <sup>2</sup> )	n	$n_{LV}$	$n_{FH}$
基礎ボルト	[ ]								

8

部材	$S_y$ (MPa)	$S_u$ (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
基礎ボルト	221	373	—	261	—	平面方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位: N)

部材	$F_b$		$Q_b$	
	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
基礎ボルト	—	435.1	—	379.0

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	□	引張り	—	—	$\sigma_b=4$	$f_{ts}=156^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=1$	$f_{sb}=120$

すべて許容応力以下である。

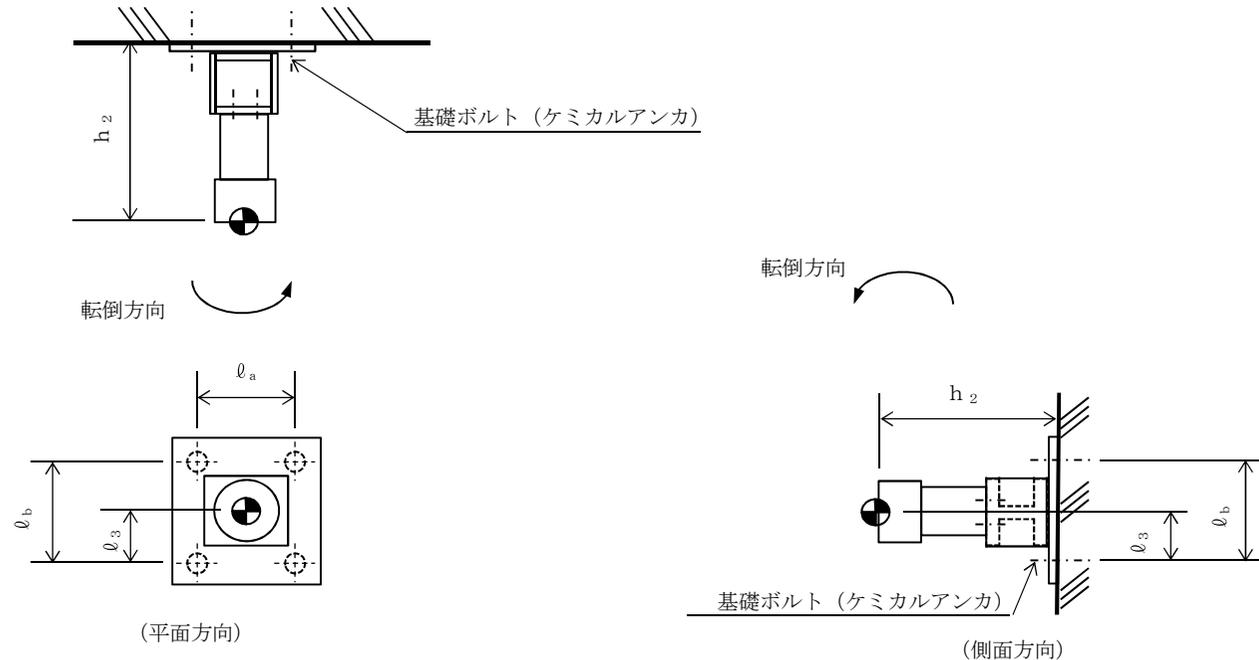
注記 \* :  $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$  より算出

1.4.2 電氣的機能の評価結果

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

		評価用加速度	機能確認済加速度
低圧代替注水系原子炉 注水流量 (可搬ライン狭帯域用)	水平方向	1.11	□
	鉛直方向	0.84	□

評価用加速度 (1.0ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



本資料のうち、枠囲みの内容は、  
営業秘密又は防護上の観点から公  
開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資 料 番 号	工認-824 改0
提 出 年 月 日	平成30年6月29日

V-2-6-5-29 サプレッション・チェンバ雰囲気温度の  
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	適用基準	3
3.	評価部位	3
4.	機能維持評価	4
4.1	電気的機能維持評価方法	4
4.2	加振試験	5
4.2.1	基本事項	5
4.2.1	設計用地震力	5
5.	評価結果	6
5.1	重大事故等対処設備としての評価結果	6

## 1. 概要

本計算書は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している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・チェンバ雰囲気温度が設計用地震力に対して十分な電氣的機能を有していることを説明するものである。

サプレッション・チェンバ雰囲気温度は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての電氣的機能維持評価を示す。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

サプレッション・チェンバ雰囲気温度の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>温度計は、計器固定金具に圧縮継手により固定する。 計器固定金具は、溶接により壁面に設置する。</p>	<p>温度計</p>	

## 2.2 評価方針

サプレッション・チェンバ雰囲気温度の機能維持評価は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針 4.2 電氣的機能維持」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを、「4. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5. 評価結果」に示す。

サプレッション・チェンバ雰囲気温度の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

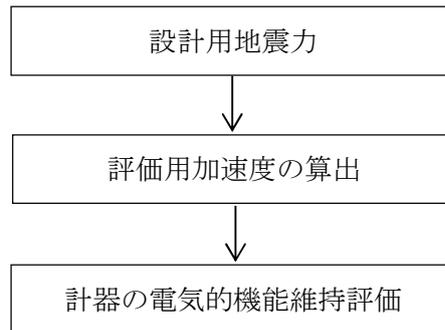


図 2-1 サプレッション・チェンバ雰囲気温度の耐震評価フロー

## 2.3 適用基準

適用基準を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針（重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1・補-1984, J E A G 4 6 0 1-1987及び J E A G 4 6 0 1-1991 追補版）（日本電気協会 電気技術基準調査委員会 昭和59年9月, 昭和62年8月及び平成3年6月）
- (2) 発電用原子力設備規格（設計・建設規格（2005年版（2007年追補版含む。）） J S M E S N C 1-2005/2007）（日本機械学会 2007年9月）（以下「設計・建設規格」という。）

## 3. 評価部位

サプレッション・チェンバ雰囲気温度は、計器固定金具に圧縮継手により固定され、計器固定金具は溶接によりサプレッション・チェンバ壁面に設置することから、サプレッション・チェンバが支持している。サプレッション・チェンバの構造強度評価は「V-2-9-2-1 原子炉格納容器本体の耐震性についての計算書」にて実施しているため、本計算書では、原子炉格納容器本体の地震応答解析結果を用いたサプレッション・チェンバの電氣的機能維持評価について示す。

サプレッション・チェンバ雰囲気温度の機能維持評価は、検出器取付位置の加速度により実施する。ドライウェル雰囲気温度の耐震評価箇所については、表 2-1 の概略構造図に示す。

#### 4. 機能維持評価

##### 4.1 機能維持評価方法

サプレッション・チェンバ雰囲気温度の電氣的機能維持評価について以下に示す。サプレッション・チェンバ雰囲気温度はサプレッション・チェンバ壁面に設置することから、評価用加速度は、「V-2-9-2-1 原子炉格納容器本体の耐震性についての計算書」に示す重大事故等対処設備の地震応答解析で評価したサプレッション・チェンバ雰囲気温度取付部の質点に生じる加速度とし、評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを確認する。機能確認済加速度には、検出器単体の加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。機能確認済加速度を表4-1に示す。

表 6-1 機能確認済加速度 (単位：×9.8 m/s<sup>2</sup>)

評価部位	方向	機能確認済加速度
サプレッション・チェンバ雰囲気温度 (TE-26-79.65A)	水平	
	鉛直	
サプレッション・チェンバ雰囲気温度 (TE-26-79.65B)	水平	
	鉛直	

## 4.2 加振試験

### 4.2.1 基本事項

サプレッション・チェンバ雰囲気温度について実際の設置状態を模擬して加振試験を行い、基準地震動  $S_s$  による地震力に対して要求される機能が維持されることを確認する。

### 4.2.2 設計用地震力

表 4-2 評価用加速度を上回る加速度で加振を行う。

- ・加振波 : 正弦波
- ・加振方向 : 水平 2 方向 (X, Y), 垂直方向 (Z)

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

対象機器設置個所	加振方向	評価用加速度
原子炉建屋	水平	1.17
<input type="text"/>	鉛直	0.98

## 5. 評価結果

### 5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

サプレッション・チェンバ雰囲気温度の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。評価用加速度は機能確認済加速度以下であり，設計用地震力に対して電氣的機能が維持されていることを確認した。

#### (1) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【サブプレッション・チェンバ雰囲気温度の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 電気的機能の評価結果

(単位：×9.8 m/s<sup>2</sup>)

		評価用加速度	機能確認済加速度	
サブプレッション・チェンバ雰囲気温度 (TE-26-79.65A)	水平方向	1.00		
	鉛直方向	0.93		
サブプレッション・チェンバ雰囲気温度 (TE-26-79.65B)	水平方向	1.00		
	鉛直方向	0.93		

評価用加速度 (1.0ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。

本資料のうち、枠囲みの内容は、  
営業秘密又は防護上の観点から  
公開できません

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-517 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-6-5-37 低圧代替注水系格納容器スプレイ流量（常設ライン用）の  
耐震性についての計算書

## 目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 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
4. 機能維持評価	6
4.1 電氣的機能維持評価方法	6
5. 評価結果	7
5.1 重大事故等対処設備としての評価結果	7

## 1. 概要

本計算書は、「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、低圧代替注水系格納容器スプレイ流量（常設ライン用）が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

低圧代替注水系格納容器スプレイ流量（常設ライン用）は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、分類に応じた構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

低圧代替注水系格納容器スプレイ流量（常設ライン用）の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより計器スタンションに固定される。</p> <p>計器スタンションは、基礎に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>検出器</p>	<p>(平面方向)</p> <p>(側面方向)</p>

### 3. 構造強度評価

#### 3.1 構造強度評価方法

低圧代替注水系格納容器スプレイ流量（常設ライン用）の構造は壁掛形計器スタンションであるため、構造強度評価は「V-2-1-14-9 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評価する。

#### 3.2 荷重の組合せ及び許容応力

##### 3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

低圧代替注水系格納容器スプレイ流量（常設ライン用）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-1 に示す。

##### 3.2.2 許容応力

低圧代替注水系格納容器スプレイ流量（常設ライン用）の許容応力を表 3-2 に示す。

##### 3.2.3 使用材料の許容応力評価条件

低圧代替注水系格納容器スプレイ流量（常設ライン用）の使用材料の許容応力評価条件のうち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-3 に示す。

表 3-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	低圧代替注水系 格納容器スプレイ流量 (常設ライン用)	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	$IV_A S$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	$V_A S$ ( $V_A S$ として $IV_A S$ の許容限界 を用いる。)

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

\*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 3-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界 <sup>*1,*2</sup> (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
IV <sub>A</sub> S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

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

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

表 3-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
基礎ボルト	<input type="text"/>	周囲環境温度	<input type="text"/>	221	373	—

#### 4. 機能維持評価

##### 4.1 電氣的機能維持評価方法

低圧代替注水系格納容器スプレイ流量（常設ライン用）の電氣的機能維持評価について、以下に示す。電氣的機能維持評価は、「V-2-1-14-9 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評価する。

低圧代替注水系格納容器スプレイ流量（常設ライン用）に設置される検出器の機能確認済加速度には、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 機能確認済加速度 (×9.8 m/s<sup>2</sup>)

評価部位	方向	機能確認済加速度
低圧代替注水系格納容器 スプレイ流量 (常設ライン用)	水平	□
	鉛直	

## 5. 評価結果

### 5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

低圧代替注水系格納容器スプレイ流量（常設ライン用）の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【低圧代替注水系格納容器スプレイ流量（常設ライン用）の耐震性についての評価結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
低圧代替注水系格納容器 スプレイ流量 (常設ライン用)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋 [ ]	[ ]	[ ]	—	—	$C_H=1.10^{*3}$	$C_V=0.96^{*3}$	[ ]

注記 \*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 壁掛形の計器スタンションなので、設置床上階の設計用地震力を使用する。

\*3: 基準地震動  $S_s$  の震度と同等以上の設計震度

1.2 機器要目

1.2.1 低圧代替注水系格納容器スプレイ流量（常設ライン用）

部材	m (kg)	$h_2$ (mm)	$l_3$ (mm)	$l_a$ (mm)	$l_b$ (mm)	$A_b$ (mm <sup>2</sup> )	n	$n_{LV}$	$n_{FH}$
基礎ボルト	[ ]								

8

部材	$S_y$ (MPa)	$S_u$ (MPa)	F (MPa)	$F^*$ (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
基礎ボルト	221	373	—	261	—	平面方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位: N)

部材	$F_b$		$Q_b$	
	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
基礎ボルト	—	397.4	—	352.7

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	□	引張り	—	—	$\sigma_b=4$	$f_{ts}=156^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=1$	$f_{sb}=120$

すべて許容応力以下である。

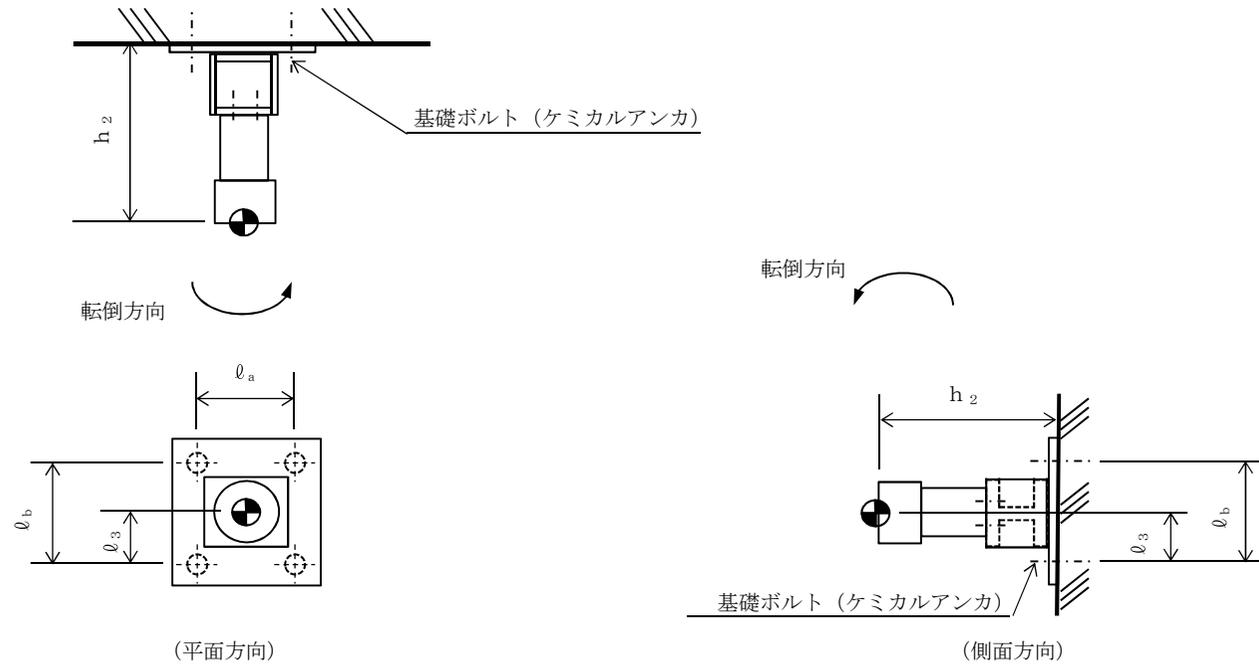
注記 \* :  $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$  より算出

1.4.2 電気的機能の評価結果

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

		評価用加速度	機能確認済加速度
低圧代替注水系格納容器 スプレー流量 (常設ライン用)	水平方向	0.92	□
	鉛直方向	0.80	

評価用加速度 (1.0ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



本資料のうち、枠囲みの内容は、  
営業秘密又は防護上の観点から  
公開できません

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-518 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-6-5-38 低圧代替注水系格納容器スプレイ流量（可搬ライン用）の  
耐震性についての計算書

## 目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 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
4. 機能維持評価	6
4.1 電氣的機能維持評価方法	6
5. 評価結果	7
5.1 重大事故等対処設備としての評価結果	7

## 1. 概要

本計算書は、「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、低圧代替注水系格納容器スプレイ流量（可搬ライン用）が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

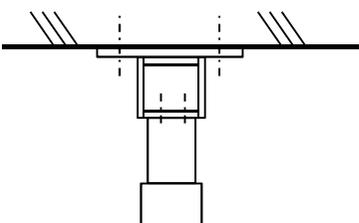
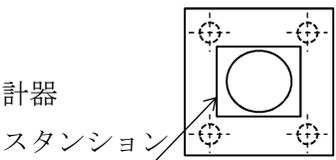
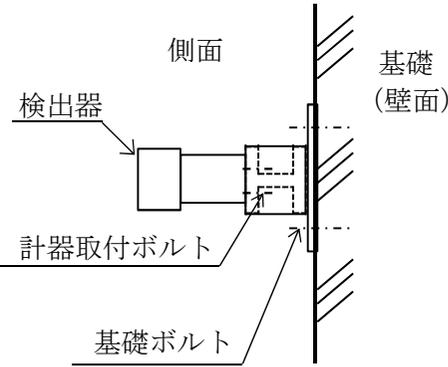
低圧代替注水系格納容器スプレイ流量（可搬ライン用）は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

低圧代替注水系格納容器スプレイ流量（可搬ライン用）の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより計器スタンションに固定される。</p> <p>計器スタンションは、基礎に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>検出器</p>	<p>平面</p>  <p>正面</p>  <p>計器 スタンション</p> <p>(平面方向)</p> <p>側面</p>  <p>検出器</p> <p>計器取付ボルト</p> <p>基礎ボルト</p> <p>基礎 (壁面)</p> <p>(側面方向)</p>

### 3. 構造強度評価

#### 3.1 構造強度評価方法

低圧代替注水系格納容器スプレイ流量（可搬ライン用）の構造は壁掛形計器ステーションであるため、構造強度評価は「V-2-1-14-9 計器ステー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評価する。

#### 3.2 荷重の組合せ及び許容応力

##### 3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

低圧代替注水系格納容器スプレイ流量（可搬ライン用）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-1 に示す。

##### 3.2.2 許容応力

低圧代替注水系格納容器スプレイ流量（可搬ライン用）の許容応力を表 3-2 に示す。

##### 3.2.3 使用材料の許容応力評価条件

低圧代替注水系格納容器スプレイ流量（可搬ライン用）の使用材料の許容応力評価条件のうち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-3 に示す。

表 3-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	低圧代替注水系 格納容器スプレイ流量 (可搬ライン用)	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IV <sub>A</sub> S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> Sとして IV <sub>A</sub> Sの許容限界 を用いる。)

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

\*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 3-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界 <sup>*1,*2</sup> (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
IV <sub>A</sub> S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

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

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

表 3-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (RT) (MPa)
基礎ボルト	<input type="text"/>	周囲環境温度	<input type="text"/>	221	373	—

#### 4. 機能維持評価

##### 4.1 電氣的機能維持評価方法

低圧代替注水系格納容器スプレイ流量（可搬ライン用）の電氣的機能維持評価について、以下に示す。電氣的機能維持評価は、「V-2-1-14-9 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評価する。

低圧代替注水系格納容器スプレイ流量（可搬ライン用）に設置される検出器の機能確認済加速度には、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 機能確認済加速度 ( $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )

評価部位	方向	機能確認済加速度
低圧代替注水系格納容器 スプレイ流量 (可搬ライン用)	水平	
	鉛直	

## 5. 評価結果

### 5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

低圧代替注水系格納容器スプレイ流量（可搬ライン用）の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【低圧代替注水系格納容器スプレイ流量（可搬ライン用）の耐震性についての評価結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
低圧代替注水系格納容器 スプレイ流量 (可搬ライン用)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋 [ ]	[ ]		—	—	$C_H=1.55^{*3}$	$C_V=1.17^{*3}$	[ ]

注記 \*1: 基準床レベルを示す。  
 \*2: 壁掛形の計器スタンションなので、設置床上階の設計用地震力を使用する。  
 \*3: 基準地震動  $S_s$  の震度と同等以上の設計震度

1.2 機器要目

1.2.1 低圧代替注水系格納容器スプレイ流量（可搬ライン用）

部材	m (kg)	$h_2$ (mm)	$l_3$ (mm)	$l_a$ (mm)	$l_b$ (mm)	$A_b$ (mm <sup>2</sup> )	n	$n_{LV}$	$n_{FH}$
基礎ボルト	[ ]								

8

部材	$S_y$ (MPa)	$S_u$ (MPa)	F (MPa)	$F^*$ (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
基礎ボルト	221	373	—	261	—	平面方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位: N)

部材	$F_b$		$Q_b$	
	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
基礎ボルト	—	483.2	—	418.4

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	□	引張り	—	—	$\sigma_b=5$	$f_{ts}=156^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=1$	$f_{sb}=120$

すべて許容応力以下である。

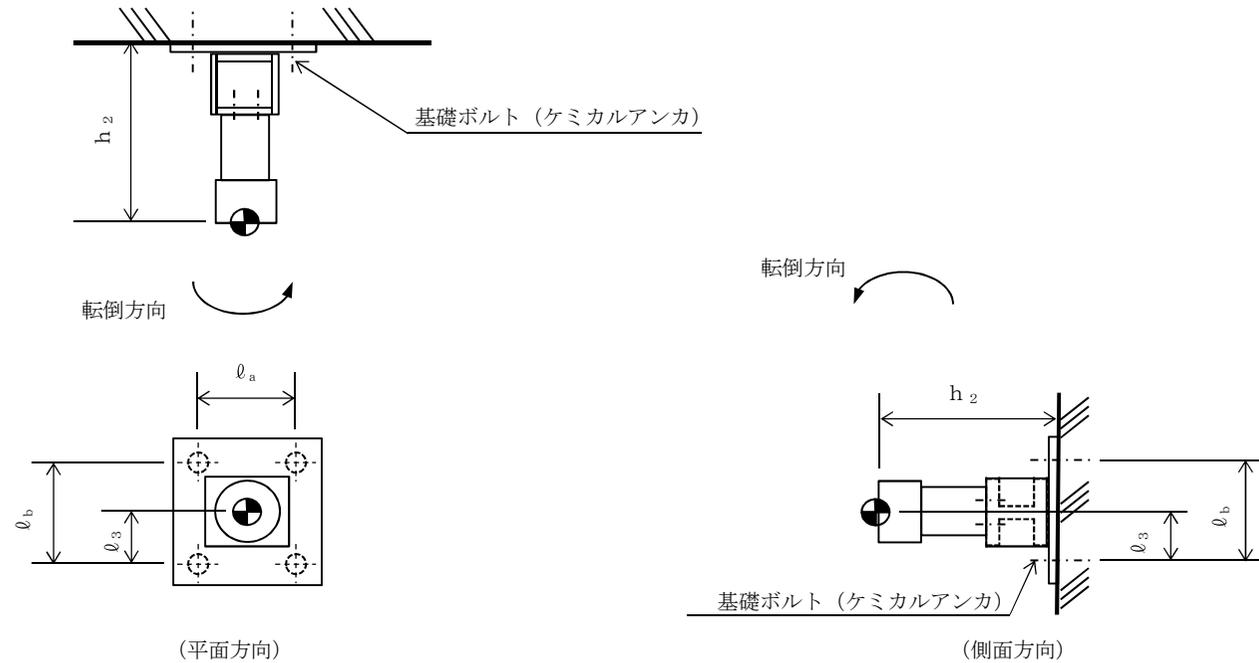
注記 \* :  $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$  より算出

1.4.2 電気的機能の評価結果

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

		評価用加速度	機能確認済加速度
低圧代替注水系格納容器 スプレイ流量 (可搬ライン用)	水平方向	1.29	□
	鉛直方向	0.98	

評価用加速度 (1.0ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



本資料のうち、枠囲みの内容は、  
営業秘密又は防護上の観点から  
公開できません

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-519 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-6-5-39 低圧代替注水系格納容器下部注水流量の耐震性について  
の計算書

## 目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
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
4. 機能維持評価	6
4.1 電氣的機能維持評価方法	6
5. 評価結果	7
5.1 重大事故等対処設備としての評価結果	7

## 1. 概要

本計算書は、「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、低圧代替注水系格納容器下部注水流量が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

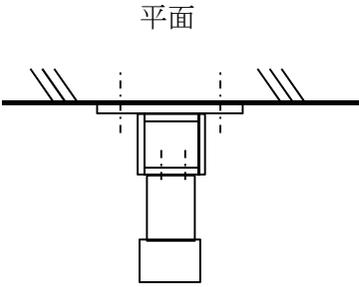
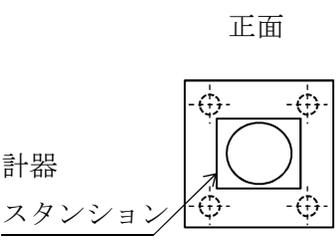
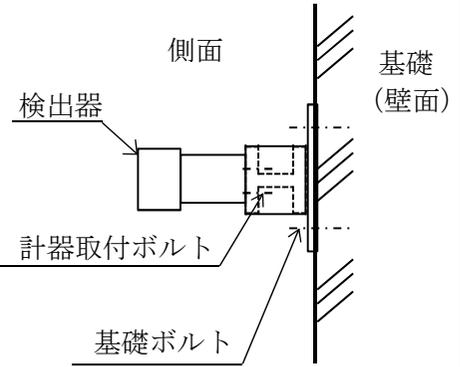
低圧代替注水系格納容器下部注水流量は、重大事故等対処設備においては常設重大事故緩和設備に分類される。以下、分類に応じた構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

低圧代替注水系格納容器下部注水流量の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより計器スタンションに固定される。</p> <p>計器スタンションは、基礎に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>検出器</p>	<p>平面</p>  <p>正面</p>  <p>計器 スタンション</p> <p>(平面方向)</p> <p>側面</p>  <p>検出器</p> <p>計器取付ボルト</p> <p>基礎ボルト</p> <p>基礎 (壁面)</p> <p>(側面方向)</p>

### 3. 構造強度評価

#### 3.1 構造強度評価方法

低圧代替注水系格納容器下部注水流量の構造は壁掛形計器スタンションであるため、構造強度評価は「V-2-1-14-9 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評価する。

#### 3.2 荷重の組合せ及び許容応力

##### 3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

低圧代替注水系格納容器下部注水流量の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-1 に示す。

##### 3.2.2 許容応力

低圧代替注水系格納容器下部注水流量の許容応力を表 3-2 に示す。

##### 3.2.3 使用材料の許容応力評価条件

低圧代替注水系格納容器下部注水流量の使用材料の許容応力評価条件のうち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-3 に示す。

表 3-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	低圧代替注水系 格納容器下部注水流量	常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	$IV_A S$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	$V_A S$ ( $V_A S$ として $IV_A S$ の許容限界 を用いる。)

注記 \*1：「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

\*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 3-2 許容応力 (重大事故等その他の支持構造物)

許容応力状態	許容限界 <sup>*1,*2</sup> (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
IV <sub>A</sub> S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

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

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

表 3-3 使用材料の許容応力評価条件 (重大事故等対処設備)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (RT) (MPa)
基礎ボルト	<input type="text"/>	周囲環境温度	<input type="text"/>	221	373	—

#### 4. 機能維持評価

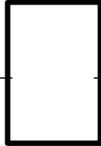
##### 4.1 電氣的機能維持評価方法

低圧代替注水系格納容器下部注水流量の電氣的機能維持評価について、以下に示す。電氣的機能維持評価は、「V-2-1-14-9 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評価する。

低圧代替注水系格納容器下部注水流量に設置される検出器の機能確認済加速度には、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 機能確認済加速度 ( $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )

評価部位	方向	機能確認済加速度
低圧代替注水系格納容器 下部注水流量	水平	
	鉛直	

## 5. 評価結果

### 5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

低圧代替注水系格納容器下部注水流量の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【低圧代替注水系格納容器下部注水流量の耐震性についての評価結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
低圧代替注水系格納容器 下部注水流量	常設/緩和	原子炉建屋 [ ]	[ ]	[ ]	—	—	$C_H=1.55^{*3}$	$C_V=1.17^{*3}$	[ ]

注記 \*1: 基準床レベルを示す。  
 \*2: 壁掛形の計器スタンションなので、設置床上階の設計用地震力を使用する。  
 \*3: 基準地震動  $S_s$  の震度と同等以上の設計震度

1.2 機器要目

1.2.1 低圧代替注水系格納容器下部注水流量

部材	m (kg)	$h_2$ (mm)	$l_3$ (mm)	$l_a$ (mm)	$l_b$ (mm)	$A_b$ (mm <sup>2</sup> )	n	$n_{LV}$	$n_{FH}$
基礎ボルト	[ ]								

8

部材	$S_y$ (MPa)	$S_u$ (MPa)	F (MPa)	$F^*$ (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
基礎ボルト	221 (径 $\leq 16$ )	373 (径 $\leq 16$ )	—	261	—	平面方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位: N)

部材	$F_b$		$Q_b$	
	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
基礎ボルト	—	483.2	—	418.4

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	□	引張り	—	—	$\sigma_b=5$	$f_{ts}=156^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=1$	$f_{sb}=120$

すべて許容応力以下である。

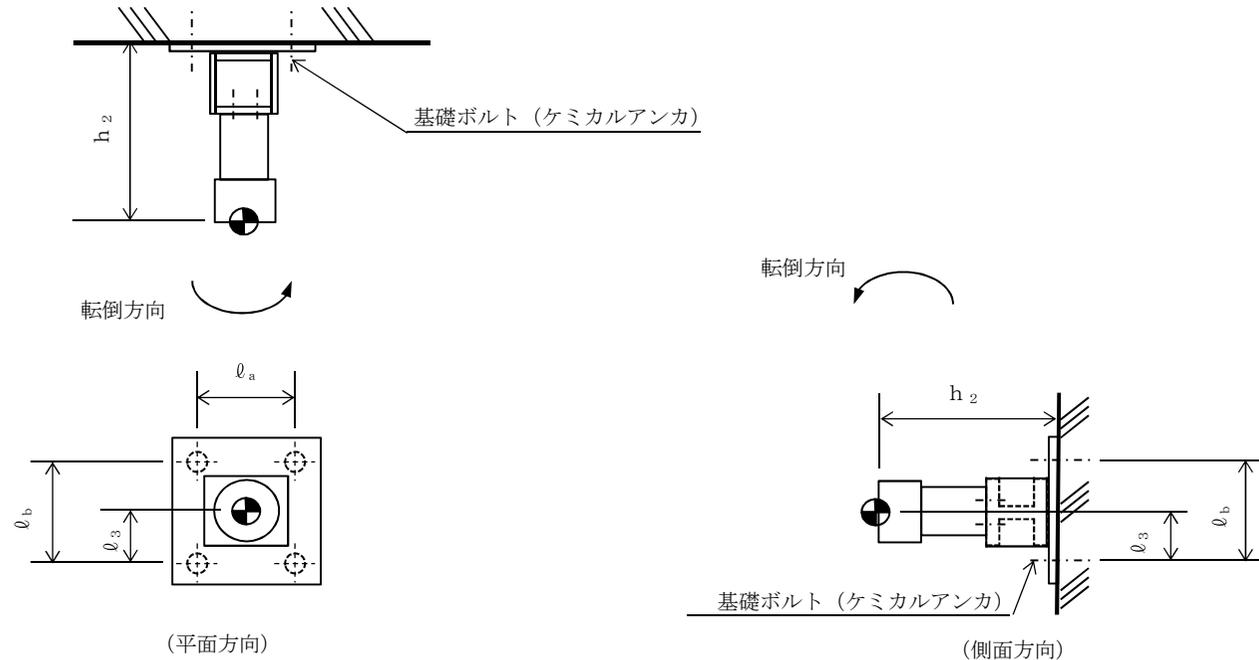
注記 \* :  $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$  より算出

1.4.2 電気的機能の評価結果

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

		評価用加速度	機能確認済加速度
低圧代替注水系格納容器 下部注水流量	水平方向	1.29	□
	鉛直方向	0.98	

評価用加速度 (1.0ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



本資料のうち、枠囲みの内容は、  
営業秘密又は防護上の観点から  
公開できません

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-792 改0
提出年月日	平成30年6月29日

#### V-2-6-7-1 計測制御設備の盤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. 構造強度評価	6
3.1 構造強度評価方法	6
3.2 荷重の組合せ及び許容応力	6
4. 機能維持評価	12
4.1 電氣的機能維持評価方法	12
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及び機能維持の設計方針に基づき、計測制御設備の盤が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

評価に当たり、盤の構造により分類し、取付ボルトまたは基礎ボルトに作用する応力の裕度（許容値／発生値の小さい方）が厳しい条件となる盤を代表として選定する。

代表盤

盤 構 造	盤 名 称
ベンチ形	緊急時炉心冷却系操作盤
直立形	格納容器雰囲気監視系操作盤
壁掛形	ほう酸水注入ポンプ操作盤

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

代表盤以外の計測制御設備の盤については、以下に示す。

盤 構 造	盤 名 称
ベンチ形	所内電気操作盤
	原子炉補機操作盤
	原子炉制御操作盤
直立形	プロセス計装盤
	タービン補機盤
	窒素置換－空調換気制御盤
	非常用ガス処理系，非常用ガス循環系操作盤
	タービン補機補助継電器盤
	プロセス放射線モニタ計装盤
	出力領域モニタ計装盤
	原子炉保護系継電器盤
	残留熱除去系（B），（C）補助継電器盤
	原子炉隔離時冷却系継電器盤
	原子炉格納容器隔離系継電器盤
	高圧炉心スプレイ系継電器盤
	自動減圧系継電器盤
	低圧炉心スプレイ系，残留熱除去系（A）補助継電器盤
	漏えい検出系操作盤
プロセス放射線モニタ，起動時領域モニタ操作盤	

盤 構 造	盤 名 称
直立形	サプレッション・プール温度記録計盤
	原子炉保護系トリップユニット盤
	緊急時炉心冷却系トリップユニット盤
	高圧炉心スプレイ系トリップユニット盤
	R C I Cタービン制御盤
	原子炉遠隔停止操作盤
	S A設備新設盤
壁掛形	ほう酸水注入ポンプ操作盤

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

計測制御設備の盤の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
緊急時炉心冷却系操作盤は、チャンネルベースに、取付ボルトで設置する。	ベンチ形	<p>概略構造図</p> <p>盤</p> <p>取付ボルト</p> <p>基礎</p> <p>チャンネルベース</p> <p>(長辺方向)</p> <p>(短辺方向)</p>

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
格納容器雰囲気監視系 操作盤は、チャンネル ベースに、取付ボルト で設置する。	直立形	

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>ほう酸水注入ポンプ操作盤は、壁に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>壁掛形</p>	<p>(長辺方向)</p> <p>(短辺方向)</p>

### 3. 構造強度評価

#### 3.1 構造強度評価方法

計測制御設備の盤の構造はそれぞれ、緊急時炉心冷却系操作盤はベンチ形、格納容器雰囲気監視系操作盤は直立形、ほう酸水注入ポンプ操作盤は壁掛形であるため、構造強度評価は、「V-2-1-14-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

#### 3.2 荷重の組合せ及び許容応力

##### 3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

計測制御設備の盤の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 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

計測制御設備の盤の許容応力を表 3-3 に示す。

##### 3.2.3 使用材料の許容応力評価条件

計測制御設備の盤の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 3-4-1、表 3-4-2 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-5-1、表 3-5-2 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	耐震設計上の 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 系統設備	その他	緊急時炉心冷却系 操作盤	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ <sub>A</sub> S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ <sub>A</sub> S
計測制御 系統設備	その他	格納容器雰囲気監視系 操作盤	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ <sub>A</sub> S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ <sub>A</sub> S
計測制御 系統設備	その他	ほう酸水注入ポンプ 操作盤	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ <sub>A</sub> S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ <sub>A</sub> S

注記 \*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 3-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統設備	その他	緊急時炉心冷却系 操作盤	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IVAS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS (VASとして IVASの許容限 界を用いる。)
計測制御 系統設備	その他	ほう酸水注入ポンプ 操作盤	常設耐震／防止	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IVAS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS (VASとして IVASの許容限 界を用いる。)

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

\*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 3-3 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 3-4-1 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）  
（緊急時炉心冷却操作盤、格納容器雰囲気監視系操作盤）

評価部材	材料	温度条件 (°C)	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
取付ボルト		周囲環境温度	215	400	—

表 3-4-2 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）  
（ほう酸水注入ポンプ操作盤）

評価部材	材料	温度条件 (°C)	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
基礎ボルト		周囲環境温度	245	400	—

表 3-5-1 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）  
（緊急時炉心冷却操作盤）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト		周囲環境温度		215	400	—

表 3-5-2 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）  
（ほう酸水注入ポンプ操作盤）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト		周囲環境温度		234	385	—

#### 4. 機能維持評価

##### 4.1 電氣的機能維持評価方法

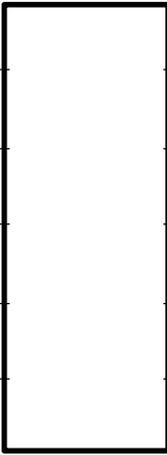
計測制御設備の盤の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

電氣的機能維持評価は、「V-2-1-14-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

計測制御設備の盤に設置される器具の機能確認済加速度には、同形式の器具の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した器具の最大加速度を適用する。

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

評価部位	方向	機能確認済加速度
緊急時炉心冷却操作盤	水平	
	鉛直	
格納容器雰囲気監視系 操作盤	水平	
	鉛直	
ほう酸水注入ポンプ操 作盤	水平	
	鉛直	

## 5. 評価結果

### 5.1 設計基準対象施設としての評価結果

計測制御設備の盤の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

### 5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

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

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【緊急時炉心冷却系操作盤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	耐震設計上の重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
緊急時炉心冷却系操作盤	S				C <sub>H</sub> =0.78* <sup>2</sup>	C <sub>V</sub> =0.54* <sup>2</sup>	C <sub>H</sub> =1.34* <sup>3</sup>	C <sub>V</sub> =1.01* <sup>3</sup>	

注記 \*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 弾性設計用地震動 S<sub>d</sub> 又は静的震度と同等以上の設計震度

\*3: 基準地震動 S<sub>s</sub> の震度と同等以上の設計震度

1.2 機器要目

部材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	ℓ <sub>1i</sub> (mm)	ℓ <sub>2i</sub> (mm)	A <sub>bi</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	n <sub>fi</sub>
取付ボルト (i=2)							3
							3

部材	S <sub>yi</sub> (MPa)	S <sub>ui</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> <sup>*</sup> (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i=2)	235 (16mm<径≦40mm)	400	235	280	短辺	短辺

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部 材	F <sub>bi</sub>		Q <sub>bi</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i=2)	4.799×10 <sup>3</sup>	1.159×10 <sup>4</sup>	2.295×10 <sup>4</sup>	3.942×10 <sup>4</sup>

1.4 結 論

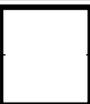
1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト		引張り	σ <sub>b2</sub> =24	f <sub>ts2</sub> =176*	σ <sub>b2</sub> =58	f <sub>ts2</sub> =210*
		せん断	τ <sub>b2</sub> =2	f <sub>sb2</sub> =135	τ <sub>b2</sub> =4	f <sub>sb2</sub> =161

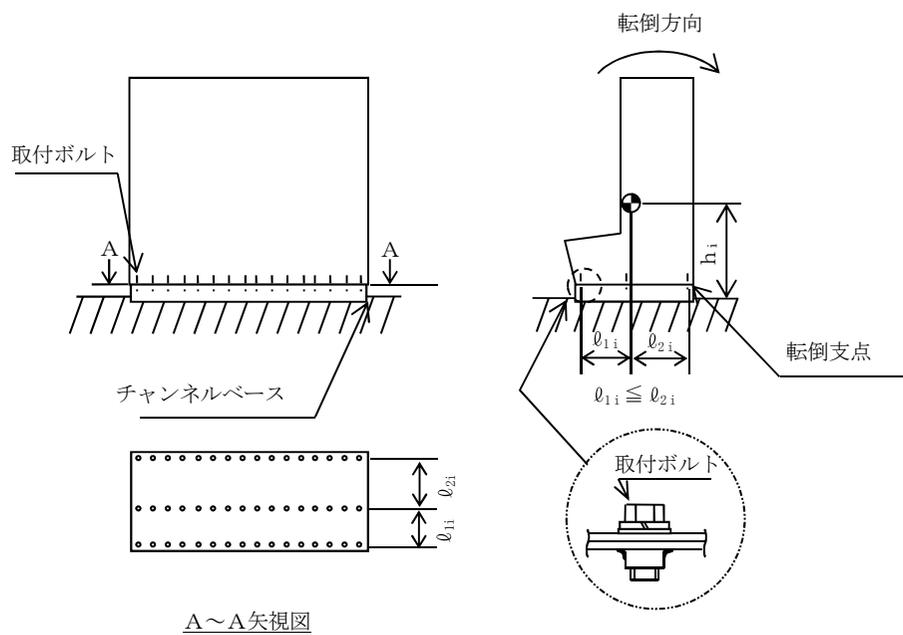
すべて許容応力以下である。

注記\* : f<sub>ts</sub> = Min[1.4 · f<sub>to</sub> - 1.6 · τ<sub>b</sub>, f<sub>to</sub>]より算出

1.4.2 電氣的機能の評価結果 (単位：×9.8m/s<sup>2</sup>)

		評価用加速度	機能確認済加速度
緊急時炉心冷却系 操作盤	水平方向	1.11	
	鉛直方向	0.84	

評価用加速度(1.0ZPA)はすべて機能確認済加速度以下である。



2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
緊急時炉心冷却系 操作盤	常設耐震/防止 常設/緩和				—	—	$C_H=1.34^{*2}$	$C_V=1.01^{*2}$	

注記 \*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 基準地震動 S s の震度と同等以上の設計震度

2.2 機器要目

部材	$m_i$ (kg)	$h_i$ (mm)	$l_{1i}$ (mm)	$l_{2i}$ (mm)	$A_{bi}$ (mm <sup>2</sup> )	$n_i$	$n f_i$
取付ボルト (i=2)							3

部材	$S_{yi}$ (MPa)	$S_{ui}$ (MPa)	$F_i$ (MPa)	$F_i^*$ (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用 地震動 S d 又 は静的震度	基準地震動 S s
取付ボルト (i=2)	235 (16mm<径≤40mm)	400	235	280	—	短辺

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部 材	F <sub>bi</sub>		Q <sub>bi</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i=2)	—	1.159×10 <sup>4</sup>	—	3.942×10 <sup>4</sup>

2.4 結 論

2.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	□	引張り	—	—	σ <sub>b2</sub> =58	f <sub>ts2</sub> =210*
		せん断	—	—	τ <sub>b2</sub> =4	f <sub>sb2</sub> =161

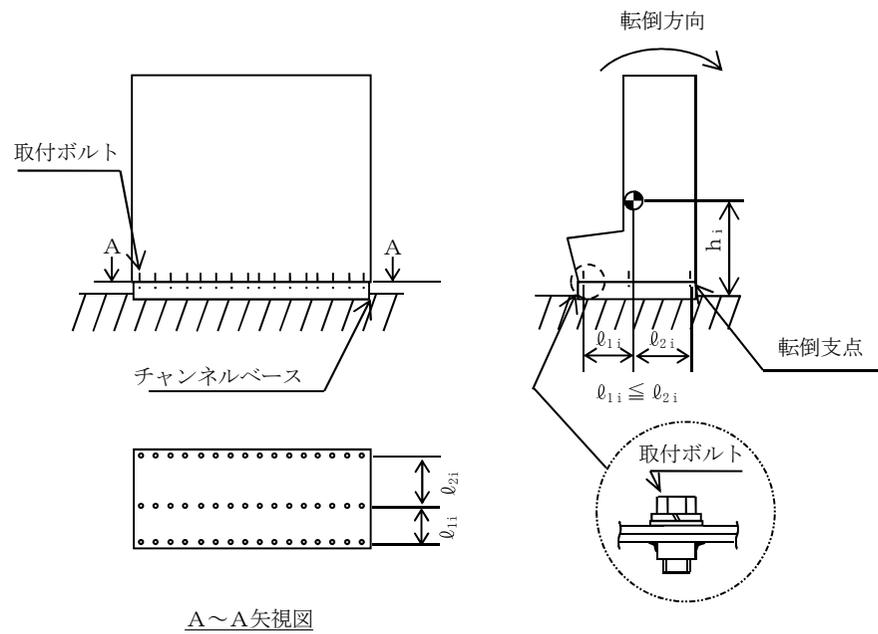
すべて許容応力以下である。

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

2.4.2 電氣的機能の評価結果 (単位：×9.8m/s<sup>2</sup>)

		評価用加速度	機能確認済加速度
緊急時炉心冷却系 操作盤	水平方向	1.11	□
	鉛直方向	0.84	□

評価用加速度(1.0ZPA)はすべて機能確認済加速度以下である。



【格納容器雰囲気監視系操作盤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	耐震設計上の重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
格納容器雰囲気監視系(A)操作盤	S				$C_H=0.78^{*2}$	$C_V=0.54^{*2}$	$C_H=1.34^{*3}$	$C_V=1.01^{*3}$	

注記 \*1: 基準床レベルを示す。  
 \*2: 弾性設計用地震動  $S_d$  又は静的震度と同等以上の設計震度  
 \*3: 基準地震動  $S_s$  の震度と同等以上の設計震度

1.2 機器要目

部材	$m_i$ (kg)	$h_i$ (mm)	$\ell_{1i}$ (mm)	$\ell_{2i}$ (mm)	$A_{bi}$ (mm <sup>2</sup> )	$n_i$	$n_{fi}$
取付ボルト (i=2)							2
							2

部材	$S_{yi}$ (MPa)	$S_{ui}$ (MPa)	$F_i$ (MPa)	$F_i^*$ (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
取付ボルト (i=2)	235 (16mm<径≤40mm)	400	235	280	短辺	短辺

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位: N)

部 材	F <sub>bi</sub>		Q <sub>bi</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
取付ボルト (i=2)	8.604×10 <sup>3</sup>	1.643×10 <sup>4</sup>	7.649×10 <sup>3</sup>	1.314×10 <sup>4</sup>

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位: MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	□	引張り	σ <sub>b2</sub> =43	f <sub>ts2</sub> =161	σ <sub>b2</sub> =82	f <sub>ts2</sub> =210
		せん断	τ <sub>b2</sub> =10	f <sub>sb2</sub> =124	τ <sub>b2</sub> =17	f <sub>sb2</sub> =161

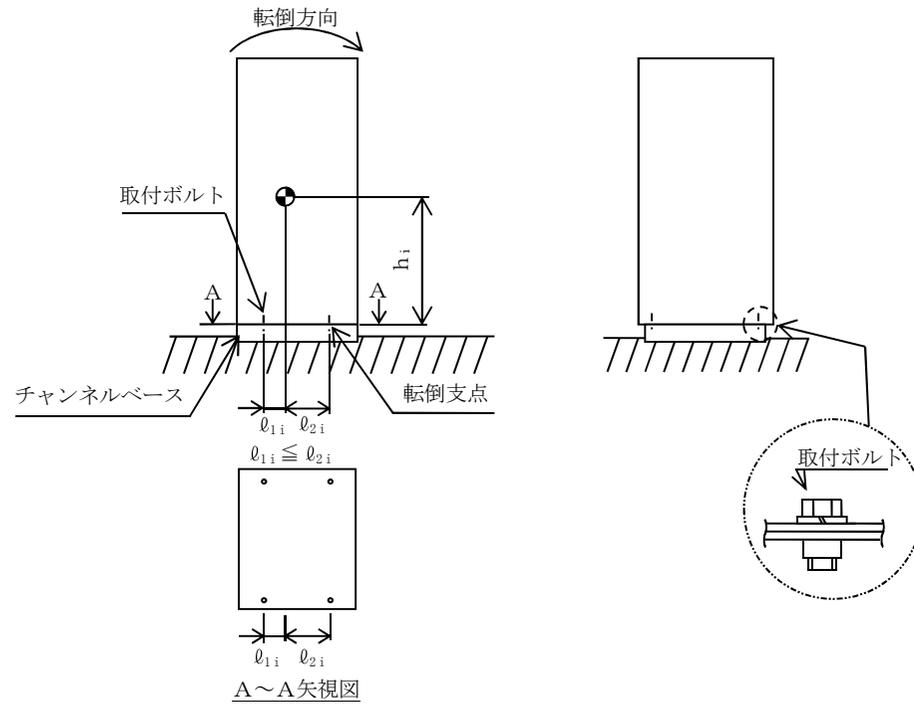
すべて許容応力以下である。

注記\*: f<sub>ts</sub> = Min[1.4 · f<sub>to</sub> - 1.6 · τ<sub>b</sub>, f<sub>to</sub>]より算出

1.4.2 電氣的機能の評価結果 (単位: ×9.8m/s<sup>2</sup>)

		評価用加速度	機能確認済加速度
格納容器雰囲気 監視系(A) 操作盤盤	水平方向	1.11	□
	鉛直方向	0.84	

評価用加速度(1.0ZPA)はすべて機能確認済加速度以下である。



【ほう酸水注入ポンプ操作盤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	耐震設計上の重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度*4		基準地震動 $S_s$		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
ほう酸水注入ポンプ操作盤	S				$C_H=1.17$	$C_V=0.80$	$C_H=1.74$	$C_V=1.52$	

注記 \*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 壁掛形の盤なので、設置床上階の設計用地震力を使用する。

1.2 機器要目

部材	$m_i$ (kg)	$h_i$ (mm)	$l_{1i}$ (mm)	$l_{2i}$ (mm)	$l_{3i}$ (mm)	$A_{bi}$ (mm <sup>2</sup> )	$n_i$	$n_{Fi}$	$n_{Mi}$
基礎ボルト (i=2)								2	2
								2	2

注記 \*: 重心位置を保守的な位置に設定して評価する。

部材	$S_{yi}$ (MPa)	$S_{ui}$ (MPa)	$F_i$ (MPa)	$F_i^*$ (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
基礎ボルト (i=2)	245 (径 $\leq 16$ mm)	400	245	280	鉛直	鉛直

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F <sub>bi</sub>		Q <sub>bi</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト (i=2)	331.4	474.0	842.1	1.201×10 <sup>3</sup>

1.4 結 論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	□	引張り	σ <sub>b1</sub> =3	f <sub>ts1</sub> =147*	σ <sub>b1</sub> =5	f <sub>ts1</sub> =168*
		せん断	τ <sub>b1</sub> =2	f <sub>sb1</sub> =113	τ <sub>b1</sub> =3	f <sub>sb1</sub> =129

すべて許容応力以下である。

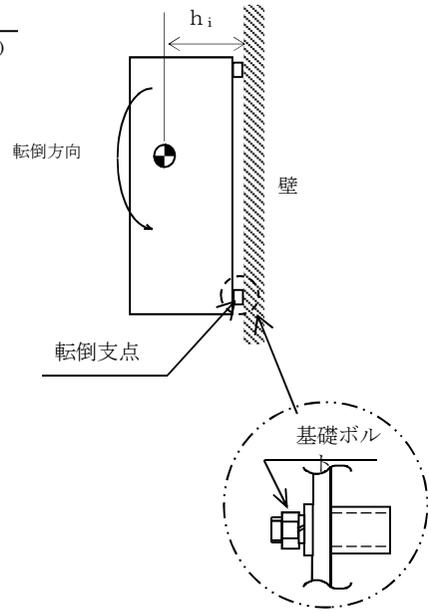
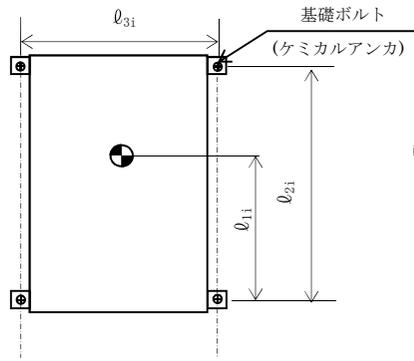
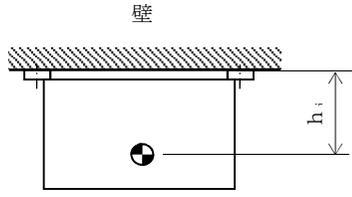
注記 \* :  $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$ より算出

1.4.2 電氣的機能の評価結果

(単位：×9.8m/s<sup>2</sup>)

		評価用加速度	機能確認済加速度
ほう酸水注入ポンプ 操作盤盤	水平方向	1.10	□
	鉛直方向	0.94	

評価用加速度(1.0ZPA)はすべて機能確認済加速度以下である。



【ほう酸水注入ポンプ操作盤の耐震性についての計算結果】

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
ほう酸水注入ポンプ 操作盤	常設耐震/防止				—	—	$C_H=1.74$	$C_V=1.52$	

注記 \*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 壁掛形の盤なので、設置床上階の設計用地震力を使用する。

2.2 機器要目

部材	$m_i$ (kg)	$h_i$ (mm)	$l_{1i}$ (mm)	$l_{2i}$ (mm)	$l_{3i}$ (mm)	$A_{bi}$ (mm <sup>2</sup> )	$n_i$	$n_{Ai}$	$n_{Hi}$
基礎ボルト ( $i=2$ )							2	2	

注記 \*: 重心位置を保守的な位置に設定して評価する。

部材	$S_{yi}$ (MPa)	$S_{ui}$ (MPa)	$F_i$ (MPa)	$F_i^*$ (MPa)	転倒方向
基礎ボルト ( $i=2$ )	234 ( $\text{径} \leq 16 \text{ mm}$ )	385	—	270	鉛直方向

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F <sub>bi</sub>		Q <sub>bi</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト (i=2)	—	474.0	—	1.201×10 <sup>3</sup>

2.4 結 論

2.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	□	引張り	—	—	σ <sub>b1</sub> =5	f <sub>ts1</sub> =162*
		せん断	—	—	τ <sub>b1</sub> =3	f <sub>sb1</sub> =124

すべて許容応力以下である。

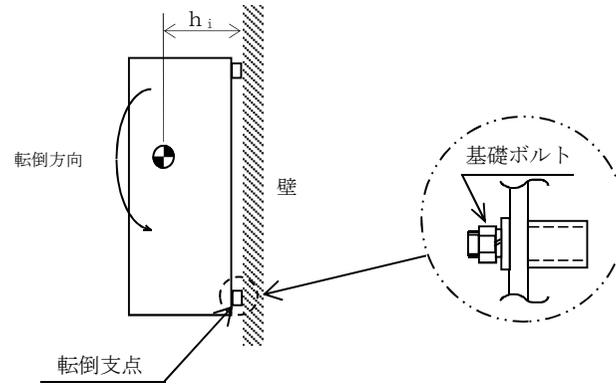
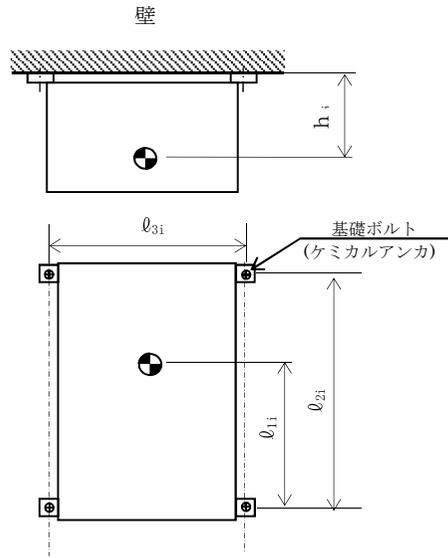
注記 \* :  $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$ より算出

2.4.2 電氣的機能の評価結果

(単位：×9.8m/s<sup>2</sup>)

		評価用加速度	機能確認済加速度
ほう酸水注入ポンプ 操作盤	水平方向	1.10	□
	鉛直方向	0.94	

評価用加速度(1.0ZPA)はすべて機能確認済加速度以下である。



本資料のうち、枠囲みの内容は、  
営業秘密又は防護上の観点から  
公開できません

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-520 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-6-7-20 常設低圧代替注水系ポンプ吐出圧力の耐震性についての  
計算書

## 目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 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
4. 機能維持評価	6
4.1 電氣的機能維持評価方法	6
5. 評価結果	7
5.1 重大事故等対処設備としての評価結果	7

## 1. 概要

本計算書は、「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、常設低圧代替注水系ポンプ吐出圧力が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

常設低圧代替注水系ポンプ吐出圧力は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、分類に応じた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

常設低圧代替注水系ポンプ吐出圧力の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより計器スタンションに固定される。</p> <p>計器スタンションは、基礎に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>検出器</p>	<p>(平面方向)</p> <p>(側面方向)</p>

### 3. 構造強度評価

#### 3.1 構造強度評価方法

常設低圧代替注水系ポンプ吐出圧力の構造は壁掛形計器スタンションであるため、構造強度評価は「V-2-1-14-9 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評価する。

#### 3.2 荷重の組合せ及び許容応力

##### 3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

常設低圧代替注水系ポンプ吐出圧力の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-1 に示す。

##### 3.2.2 許容応力

常設低圧代替注水系ポンプ吐出圧力の許容応力を表 3-2 に示す。

##### 3.2.3 使用材料の許容応力評価条件

常設低圧代替注水系ポンプ吐出圧力の使用材料の許容応力評価条件のうち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-3 に示す。

表 3-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類 <sup>*1</sup>	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	常設低圧代替注水系 ポンプ吐出圧力	常設耐震／防止 常設／緩和	— <sup>*2</sup>	$D + P_D + M_D + S_s$ <sup>*3</sup>	$IV_A S$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	$V_A S$ ( $V_A S$ として $IV_A S$ の許容限界 を用いる。)

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

\*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 3-2 許容応力 (重大事故等その他の支持構造物)

許容応力状態	許容限界 <sup>*1,*2</sup> (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
IV <sub>A</sub> S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

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

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

表 3-3 使用材料の許容応力評価条件 (重大事故等対処設備)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
基礎ボルト	<input type="text"/>	周囲環境温度	<input type="text"/>	245	400	—

#### 4. 機能維持評価

##### 4.1 電氣的機能維持評価方法

常設低圧代替注水系ポンプ吐出圧力の電氣的機能維持評価について、以下に示す。電氣的機能維持評価は、「V-2-1-14-9 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評価する。

常設低圧代替注水系ポンプ吐出圧力に設置される検出器の機能確認済加速度には、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 機能確認済加速度 (×9.8 m/s<sup>2</sup>)

評価部位	方向	機能確認済加速度
常設低圧代替注水系ポンプ 吐出圧力 (PT-SA11-N213A)	水平	[Redacted]
	鉛直	
常設低圧代替注水系ポンプ 吐出圧力 (PT-SA11-N213B)	水平	
	鉛直	

## 5. 評価結果

### 5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

常設低圧代替注水系ポンプ吐出圧力の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電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。

【常設低圧代替注水系ポンプ吐出圧力(PT-SA11-N213A, B)の耐震性についての評価結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
常設低圧代替注水系 ポンプ吐出圧力	常設耐震/防止 常設/緩和	常設低圧代替注水系 ポンプ室 [ ]	[ ]		—	—	$C_H=0.56^{*2}$	$C_V=1.86^{*2}$	[ ]

注記 \*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 基準地震動  $S_s$  の震度と同等以上の設計震度

1.2 機器要目

1.2.1 常設低圧代替注水系ポンプ吐出圧力

部 材	m (kg)	$h_2$ (mm)	$l_3$ (mm)	$l_a$ (mm)	$l_b$ (mm)	$A_b$ (mm <sup>2</sup> )	n	$n_{LV}$	$n_{FH}$
基礎ボルト	[ ]								

8

部 材	$S_y$ (MPa)	$S_u$ (MPa)	F (MPa)	$F^*$ (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
基礎ボルト	245 (径≤16)	400 (径≤16)	—	280	—	平面方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位: N)

部 材	$F_b$		$Q_b$	
	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
基礎ボルト	—	415.0	—	428.7

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	□	引張り	—	—	$\sigma_b=4$	$f_{ts}=168^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=1$	$f_{sb}=129$

すべて許容応力以下である。

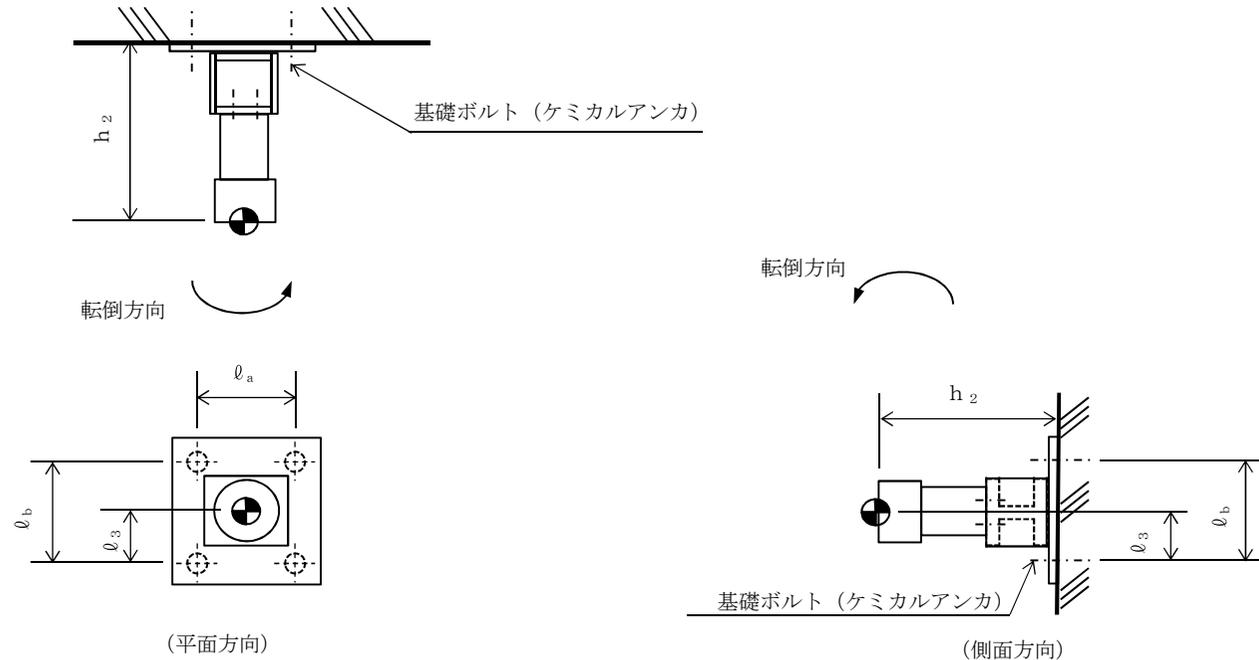
注記 \* :  $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$  より算出

1.4.2 電気的機能の評価結果

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

		評価用加速度	機能確認済加速度
常設低圧代替注水系 ポンプ吐出圧力	水平方向	0.46	□
	鉛直方向	1.55	□

評価用加速度 (1.0ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



本資料のうち、枠囲みの内容は、  
営業秘密又は防護上の観点から  
公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-641 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-6-7-21 代替循環冷却系ポンプ吐出圧力の耐震性  
についての計算書

## 目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 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
4. 機能維持評価	6
4.1 電氣的機能維持評価方法	6
5. 評価結果	7
5.1 重大事故等対処設備としての評価結果	7

## 1. 概要

本計算書は、「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、代替循環冷却系ポンプ吐出圧力が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

代替循環冷却系ポンプ吐出圧力は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

代替循環冷却系ポンプ吐出圧力の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより計器スターションに取付けられた計器取付板に固定される。</p> <p>計器スターションは、基礎に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>検出器</p>	<p>平面</p> <p>正面</p> <p>側面</p> <p>検出器</p> <p>計器スターション</p> <p>取付板</p> <p>基礎ボルト</p> <p>ケミカルアンカ</p> <p>計器取付ボルト</p> <p>基礎 (壁面)</p> <p>(平面方向)</p> <p>(側面方向)</p>

### 3. 構造強度評価

#### 3.1 構造強度評価方法

代替循環冷却系ポンプ吐出圧力の構造は壁掛形計器スタンションであるため、構造強度評価は、「V-2-1-14-9 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評価する。

#### 3.2 荷重の組合せ及び許容応力

##### 3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

代替循環冷却系ポンプ吐出圧力の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-1 に示す。

##### 3.2.2 許容応力

代替循環冷却系ポンプ吐出圧力の許容応力を表 3-2 に示す。

##### 3.2.3 使用材料の許容応力評価条件

代替循環冷却系ポンプ吐出圧力の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-3 に示す。

表 3-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	その他の 計測制御 設備	代替循環冷却系 ポンプ吐出圧力	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	$IV_{AS}$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	$V_{AS}$ ( $V_{AS}$ として $IV_{AS}$ の許容限 界を用いる。)

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

\*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 3-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

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

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

表 3-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
基礎ボルト		周囲環境温度		234	385	—

#### 4. 機能維持評価

##### 4.1 電氣的機能維持評価方法

代替循環冷却系ポンプ吐出圧力の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

電氣的機能維持評価は、「V-2-1-14-9 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評価する。

代替循環冷却系ポンプ吐出圧力の機能確認済加速度には、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 機能確認済加速度 ( $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )

評価部位	方向	機能確認済加速度	
代替循環冷却系 ポンプ吐出圧力	水平		
	鉛直		

## 5. 評価結果

### 5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

代替循環冷却系ポンプ吐出圧力の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【代替循環冷却系ポンプ吐出圧力の耐震性についての評価結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
代替循環冷却系 ポンプ吐出圧力	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋 [ ]	[ ]	[ ]	—	—	$C_H=0.96$	$C_V=0.92$	[ ]

注記 \*1: 基準床レベルを示す。

\*2: 壁掛形の計器スタンションなので、設置床上階の設計用地震力を使用する。

1.2 機器要目

1.2.1 代替循環冷却系ポンプ吐出圧力

部材	m (kg)	h (mm)	$\varnothing_3$ (mm)	$\varnothing_a$ (mm)	$\varnothing_b$ (mm)	$A_b$ (mm <sup>2</sup> )	n	$n_{LV}$	$n_{FH}$
基礎ボルト	[ ]							2	2

∞

部材	$S_y$ (MPa)	$S_u$ (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
基礎ボルト	234	385	—	270	—	平面方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位: N)

部材	$F_b$		$F_{b1}$		$F_{b2}$		$Q_b$	
	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$						
基礎ボルト	—	184.8	—	184.8	—	152.7	—	589.4

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位: MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト		引張り	—	—	$\sigma_b=2$	$f_{ts}=162^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=2$	$f_{sb}=124$

すべて許容応力以下である。

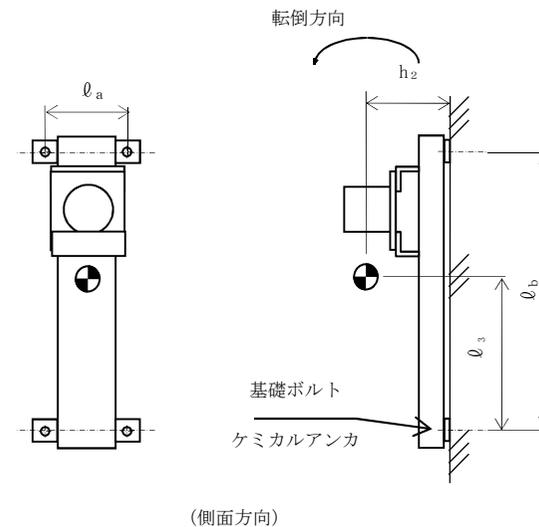
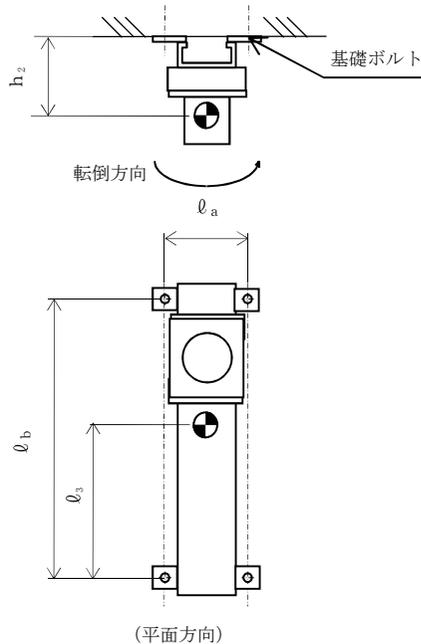
注記 \* :  $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$  より算出

1.4.2 電氣的機能の評価結果

(単位:  $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )

		評価用加速度	機能確認済加速度
代替循環冷却系 ポンプ吐出圧力	水平方向	0.80	
	鉛直方向	0.77	

評価用加速度 (1.0ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



本資料のうち、枠囲みの内容は、  
営業秘密又は防護上の観点から  
公開できません

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-860 改0
提出年月日	平成30年6月29日

#### V-2-8-3-3-4 緊急時対策所用差圧の耐震性についての計算書

## 目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 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
4. 機能維持評価	6
4.1 電氣的機能維持評価方法	6
5. 評価結果	6
5.1 重大事故等対処施設としての評価結果	6

## 1. 概要

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

緊急時対策所用差圧は、重大事故等対処施設においては常設重大事故緩和設備に分類される。以下、分類に応じた構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

緊急時対策所用差圧の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより計器スタンションに計器取付板に固定され、取付板に固定される。</p> <p>計器スタンションは、基礎ボルトにより壁面に設置する。</p>	<p>検出器</p>	<p>The diagram illustrates the assembly components and their installation. On the left, a vertical '計器スタンション' (meter station) is shown with a '検出器' (detector) mounted on top. The station is fixed to a '(壁面)' (wall) using '基礎ボルト (ケミカルアンカ)' (foundation bolts/chemical anchors). The detector is secured to the station by '計器取付ボルト' (meter mounting bolts) and an '取付板' (mounting plate).</p>

### 3. 構造強度評価

#### 3.1 構造強度評価方法

緊急時対策所用差圧の構造は壁掛形計器スタンションであるため、構造強度評価は、「V-2-1-14-9 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評価する。

#### 3.2 荷重の組合せ及び許容応力

##### 3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

緊急時対策所用差圧の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処施設の評価に用いるものを表 3-1 に示す。

##### 3.2.2 許容応力

緊急時対策所用差圧の許容応力を表 3-2 に示す。

##### 3.2.3 使用材料の許容応力評価条件

緊急時対策所用差圧の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処施設の評価に用いるものを表 3-3 に示す。

表 3-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処施設）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	緊急時対策所用差圧	常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	$IV_{AS}$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	$V_{AS}$ ( $V_{AS}$ として $IV_{AS}$ の許容限 界を用いる。)

注記\*1：「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

\*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

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

表 3-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

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

注記\*：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。

表 3-3 使用材料の許容応力（重大事故等対処施設）

評価部材	材料	温度条件		S <sub>y</sub>	S <sub>u</sub>	S <sub>y</sub> (RT)
		(°C)		(MPa)	(MPa)	(MPa)
基礎ボルト	SS400 (径≤16 mm)	周囲環境温度	40	245	400	—

#### 4. 機能維持評価

##### 4.1 電氣的機能維持評価方法

緊急時対策所用差圧の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

電氣的機能維持評価は、「V-2-1-14-9 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評価する。

緊急時対策所用差圧の機能確認済加速度には、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 機能確認済加速度

評価部位	方向	機能確認済加速度 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )
緊急時対策所用差圧	水平	3.0
	鉛直	3.0

#### 5. 評価結果

##### 5.1 重大事故等対処施設としての評価結果

緊急時対策所用差圧の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

###### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

###### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【緊急時対策所用差圧の耐震評価結果】

重大事故等対処施設

5.1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
緊急時対策所用 差圧	常設/緩和				—	—	C <sub>H</sub> =1.62	C <sub>V</sub> =1.41	40

注記\*：基準床レベルを示す。

5.1.2 機器要目

部 材	m (kg)	h <sub>2</sub> (mm)	l <sub>3</sub>	l <sub>a</sub>	l <sub>b</sub>	A <sub>b</sub> (mm <sup>2</sup> )	n	n <sub>fV</sub>	n <sub>fH</sub>
基礎ボルト							2	2	

注記\*：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。

部 材	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト	245	400	—	280	—	水平方向

5.1.3 計算数値

ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F <sub>b</sub>		Q <sub>b</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト	—	842.4	—	882.8

5.1.4 結 論

5.1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト		引張り	—	—	$\sigma_b = 8$	$f_{ts} = 210^*$
		せん断	—	—	$\tau_b = 2$	$f_{sb} = 161$

すべて許容応力以下である。

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

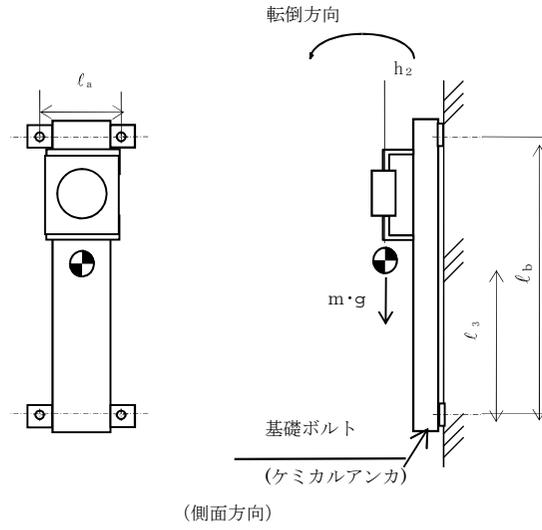
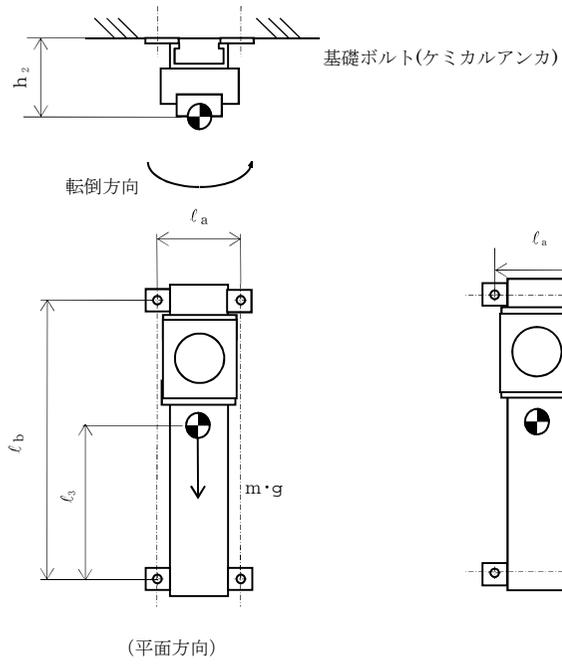
5.1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

(単位：×9.8m/s<sup>2</sup>)

		評価用加速度	機能確認済加速度
緊急時対策所 用差圧	水平方向	1.35	3.0
	鉛直方向	1.17	3.0

評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

6



東海第二発電所工事計画審査資料	
資料番号	工認-876 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-別添1-6 ハロン消火設備制御盤の耐震計算書

## 目次

1.	概要	1
2.	基本方針	2
2.1	位置	2
2.2	構造概要	2
2.3	評価方針	4
2.4	適用規格	4
3.	固有値解析	6
3.1	基本方針	6
3.2	解析方法	6
3.3	設計用地震力	6
3.4	固有値解析結果	7
4.	応力評価	8
4.1	基本方針	8
4.2	評価対象部位	8
4.3	荷重及び荷重の組合せ	8
4.4	評価方法	10
5.	機能維持評価	14
5.1	基本方針	14
5.2	評価対象部位	14
5.3	許容限界	14
5.4	評価方法	14
6.	評価条件	15
6.1	応力評価条件	15
6.2	機能維持評価条件	17
7.	耐震評価結果	18

## 1. 概要

本資料は、V-2-別添 1-1「火災防護設備の耐震計算の方針」（以下、「別添 1-1」という。）に示すとおり、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、ハロン消火設備制御盤が、地震時及び地震後においても、火災を早期に感知する機能を保持するための耐震性を有することを確認するものである。

## 2. 基本方針

別添 1-1 の「2.1 評価対象設備」に示すハロン消火設備制御盤の構造計画を「2.1 位置」及び「2.2 構造概要」に示す。

### 2.1 位置

ハロン消火設備制御盤は、火災が発生している火災区域又は火災区画からの火災の火炎及び熱による直接的な影響のみならず、煙、流出流体、爆発等の二次的影響を受けず、火災防護上重要な機器等及び重大事故等対処施設に悪影響を及ぼさないよう、消火対象となる火災区域又は火災区画とは別のエリアに設置する。

### 2.2 構造概要

ハロン消火設備制御盤の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

機器名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
ハロン消火 設備制御盤	ハロン消火 設備制御盤	ハロン消火設備 制御盤は、基礎 ボルトにより、 建屋躯体に据え 付ける。	<p>ハロン消火設備 制御盤</p> <p>建屋躯体</p> <p>基礎ボルト</p> <p>鉛直方向</p> <p>水平方向</p>

### 2.3 評価方針

ハロン消火設備制御盤は、別添 1-1 の「4.2 応力評価」に示す応力評価の方針に従い、応力評価を実施する。

ハロン消火設備制御盤の応力評価は、「3. 固有値解析」及び「4. 応力評価」に示す方法により、「6. 評価条件」に示す評価条件を用いて計算し、「7. 耐震評価結果」においてハロン消火設備制御盤の評価対象部位に発生する応力が許容限界に収まることを確認する。

ハロン消火設備制御盤は、別添 1-1 の「4.3 機能維持評価」に示す機能維持評価の方針に従い、電氣的機能維持評価を実施する。

ハロン消火設備制御盤の電氣的機能維持評価は、「3. 固有値解析」及び「5. 機能維持評価」に示す方法により、「6. 評価条件」に示す評価条件を用い、「7. 耐震評価結果」においてハロン消火設備制御盤の最大床加速度が機能確認済加速度を超えないことを確認する。

ハロン消火設備制御盤の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

### 2.4 適用規格

適用する規格，基準等を以下に示す。

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

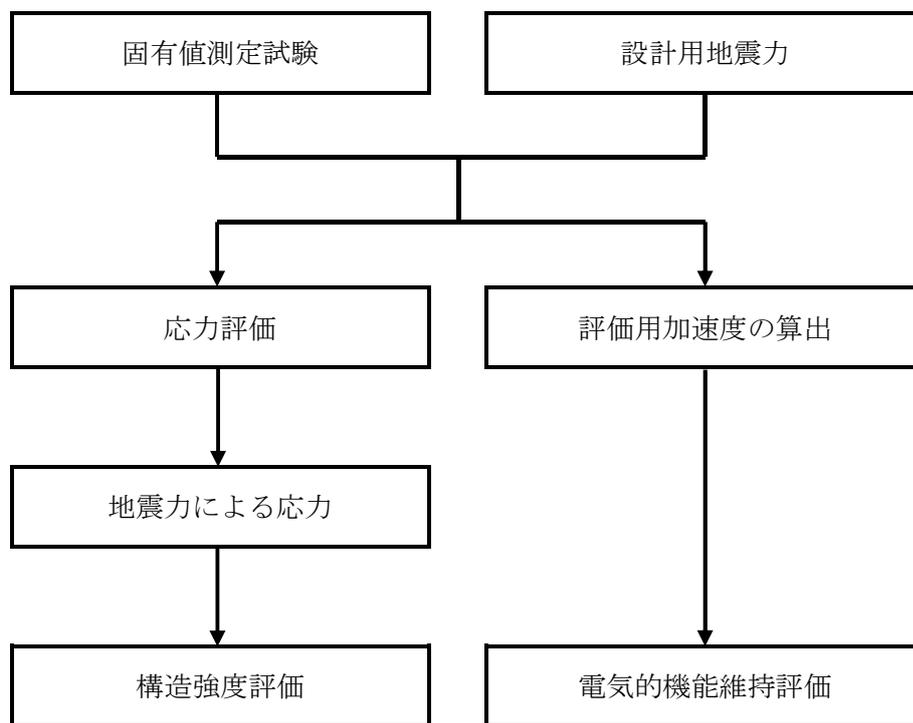


図 2-1 耐震評価フロー

### 3. 固有値解析

#### 3.1 基本方針

ハロン消火設備制御盤は、別添 1-1 の「4.1 地震応答解析」に示す評価方針に従い、「3.2 解析方法」に示す方法により、「3.4 固有値解析結果」においてハロン消火設備制御盤の固有振動数を評価する。

#### 3.2 解析方法

ハロン消火設備制御盤は、ハロン消火設備制御盤の設置状態を模擬し、正弦波掃引試験を実施する。

#### 3.3 設計用地震力

ハロン消火設備制御盤の耐震計算に用いる入力地震力には、V-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」にて設定した床応答の作成方針に基づき、表 3-1 に示す条件により作成した設計用床応答曲線を使用する。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 3-1 設計用地震力

地震動	設置場所 及び 床面高さ (m)	設計用床応答曲線			備考
		建屋* 及び高さ (m)	方向	減衰 定数 (%)	
基準 地震動 $S_s$	原子炉建屋 EL. 38.8	原子炉建屋 EL. 46.5	水平	1.0	水平方向，鉛 直方向ともに $S_s-1\sim 8$ の 包絡曲線を用 いる。
		原子炉建屋 EL. 46.5	鉛直	1.0	

注記 \*：ハロン消火設備制御盤は、壁掛形のため、設置床上階の設計用床応答曲線を用いる。

### 3.4 固有値解析結果

ハロン消火設備制御盤の固有値解析結果を表 3-2 に示す。

表 3-2 より、ハロン消火設備制御盤の固有振動数は、20 Hz 以上であることを確認した。

表 3-2 固有値解析結果 (単位: Hz)

機器名称	固有振動数
ハロン消火設備制御盤	20 以上

## 4. 応力評価

### 4.1 基本方針

ハロン消火設備制御盤は、別添 1-1 の「4.2 応力評価」に示す評価方針に従い、応力評価を実施する。

ハロン消火設備制御盤の応力評価は、「4.2 評価対象部位」に示す評価対象部位が、「4.3 荷重及び荷重の組合せ」に示す荷重及び荷重の組合せに対し「4.3.3 許容応力」に示す許容限界に収まることを、「4.4 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

### 4.2 評価対象部位

ハロン消火設備制御盤の評価対象部位は、別添 1-1 の「3.2 許容限界」に示すとおり、評価対象部位である基礎ボルトとする。

### 4.3 荷重及び荷重の組合せ

応力評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、別添 1-1 の「3.1 荷重及び荷重の組合せ」に示す荷重及び荷重の組合せを使用する。

#### 4.3.1 荷重の種類

応力評価に用いる荷重は、以下の荷重を使用する。

##### (1) 死荷重(D)

死荷重は、固定金具等を含めたハロン消火設備制御盤の自重とする。

##### (2) 地震荷重( $S_s$ )

地震荷重は、基準地震動  $S_s$  による地震力とする。

#### 4.3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態

応力評価に用いる荷重の組合せ及び許容応力状態は、ハロン消火設備制御盤の評価対象部位ごとに設定する。荷重の組合せ及び許容応力状態を表 4-1 に示す。

#### 4.3.3 許容応力

ハロン消火設備制御盤の基礎ボルトの許容応力を表 4-2 に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電 用原子炉の 附属施設	火災防護 設備	ハロン消火設備制御盤	C (S <sub>s</sub> 機能維持)	-*	D + S <sub>s</sub>	IV <sub>A</sub> S

注記 \*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

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（ボルト等）*1, *2	
	一次応力	
	引張り	せん断
IV <sub>A</sub> S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

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

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

#### 4.4 評価方法

ハロン消火設備制御盤の応力評価は、「4.4.2 応力評価モデル及び評価式」に示す評価式より評価対象部位である基礎ボルトの発生応力を計算し、許容応力以下となることを次のとおり確認する。

- ・ 応力評価モデルは1質点系モデルとし、設備の重心位置に地震荷重が作用するものとする。
- ・ 許容応力について J S M E S N C 1 - 2005/2007 の付録材料図表を用いて計算する際に、温度が図表記載温度の中間の値の場合は、比例法を使用して計算する。ただし、比例法を用いる場合の端数処理は、小数第1位以下を切り捨てた値を使用するものとする。
- ・ 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

##### 4.4.1 記号の定義

基礎ボルトの応力評価に用いる記号の定義を表4-3に示す。

表 4-3 応力評価に用いる記号の定義

記号	記号の説明	単位
$A_b$	ボルトの軸断面積	$\text{mm}^2$
$C_H$	水平方向設計震度	—
$C_V$	鉛直方向設計震度	—
$d$	ボルトの呼び径	mm
$F_b$	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盤取付面に対し左右方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力 (1 本当たり) (壁掛形)	N
$F_{b2}$	鉛直方向地震及び壁掛盤取付面に対し前後方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力 (1 本当たり) (壁掛形)	N
$g$	重力加速度 (=9.80665)	$\text{m/s}^2$
$h_1$	取付面から重心までの距離	mm
$l_1$	重心と下側ボルト間の鉛直方向距離 (壁掛形)	mm
$l_2$	上側ボルトと下側ボルト間の鉛直方向距離 (壁掛形)	mm
$l_3$	左側ボルトと右側ボルト間の水平方向距離 (壁掛形)	mm
$m$	盤の質量	kg
$n$	ボルトの本数	—
$n_{fV}$	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 (鉛直方向) (壁掛形)	—
$n_{fH}$	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 (水平方向) (壁掛形)	—
$Q_b$	ボルトに作用するせん断力	N
$Q_{b1}$	水平方向地震によりボルトに作用するせん断力 (壁掛形)	N
$Q_{b2}$	鉛直方向地震によりボルトに作用するせん断力 (壁掛形)	N
$\pi$	円周率	—
$\sigma_b$	ボルトに生じる引張応力	MPa
$\tau_b$	ボルトに生じるせん断応力	MPa

#### 4.4.2 応力評価モデル及び評価式

応力評価モデルは、1質点系モデルであり、ハロン消火設備制御盤の重心位置に地震荷重が作用するものとする。

ハロン消火設備制御盤は、「2.2 構造概要」の表 2-1 に示すとおり、基礎ボルトにより据え付けるため、基礎ボルトの応力評価モデル及び評価式にて評価する。

##### (1) 応力評価

「6. 評価条件」に示す評価条件を用いて、以下の式により壁掛形における基礎ボルトの発生応力を算出する。

壁掛形における基礎ボルトの応力評価モデルを図 4-1 に示す。

##### a. 引張応力計算

基礎ボルトに対する引張力は、最も厳しい条件として、図 4-1 で最外列のボルトを支点とする転倒を考え、これを片側の最外列のボルトで受けるものとして計算する。

##### (a) 引張力

イ. 水平方向転倒による引張力 ( $F_{b1}$ )

$$F_{b1} = \frac{m \cdot (1 + C_V) \cdot h_1 \cdot g}{n_{fV} \cdot \ell_2} + \frac{m \cdot C_H \cdot h_1 \cdot g}{n_{fH} \cdot \ell_3} \quad \dots (4.4.2.1)$$

ロ. 鉛直方向転倒による引張力 ( $F_{b2}$ )

$$F_{b2} = \frac{m \cdot (1 + C_V) \cdot h_1 \cdot g + m \cdot C_H \cdot \ell_1 \cdot g}{n_{fV} \cdot \ell_2} \quad \dots (4.4.2.2)$$

ハ. 基礎ボルトに作用する引張力 ( $F_b$ )

$$F_b = \text{Max} (F_{b1}, F_{b2}) \quad \dots (4.4.2.3)$$

##### (b) 引張応力

イ. 基礎ボルトに生じる引張応力 ( $\sigma_b$ )

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b} \quad \dots (4.4.2.4)$$

ロ. ボルトの軸断面積 ( $A_b$ )

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \quad \dots (4.4.2.5)$$

b. せん断応力計算

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。

(a) せん断力

イ. 水平方向のせん断力 ( $Q_{b1}$ )

$$Q_{b1} = m \cdot C_H \cdot g \quad \dots \dots \dots (4.4.2.6)$$

ロ. 鉛直方向のせん断力 ( $Q_{b2}$ )

$$Q_{b2} = m \cdot (1 + C_V) \cdot g \quad \dots \dots \dots (4.4.2.7)$$

ハ. 基礎ボルトに作用するせん断力 ( $Q_b$ )

$$Q_b = \sqrt{(Q_{b1})^2 + (Q_{b2})^2} \quad \dots \dots \dots (4.4.2.8)$$

(b) せん断応力

イ. 基礎ボルトに生じるせん断応力 ( $\tau_b$ )

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n \cdot A_b} \quad \dots \dots \dots (4.4.2.9)$$

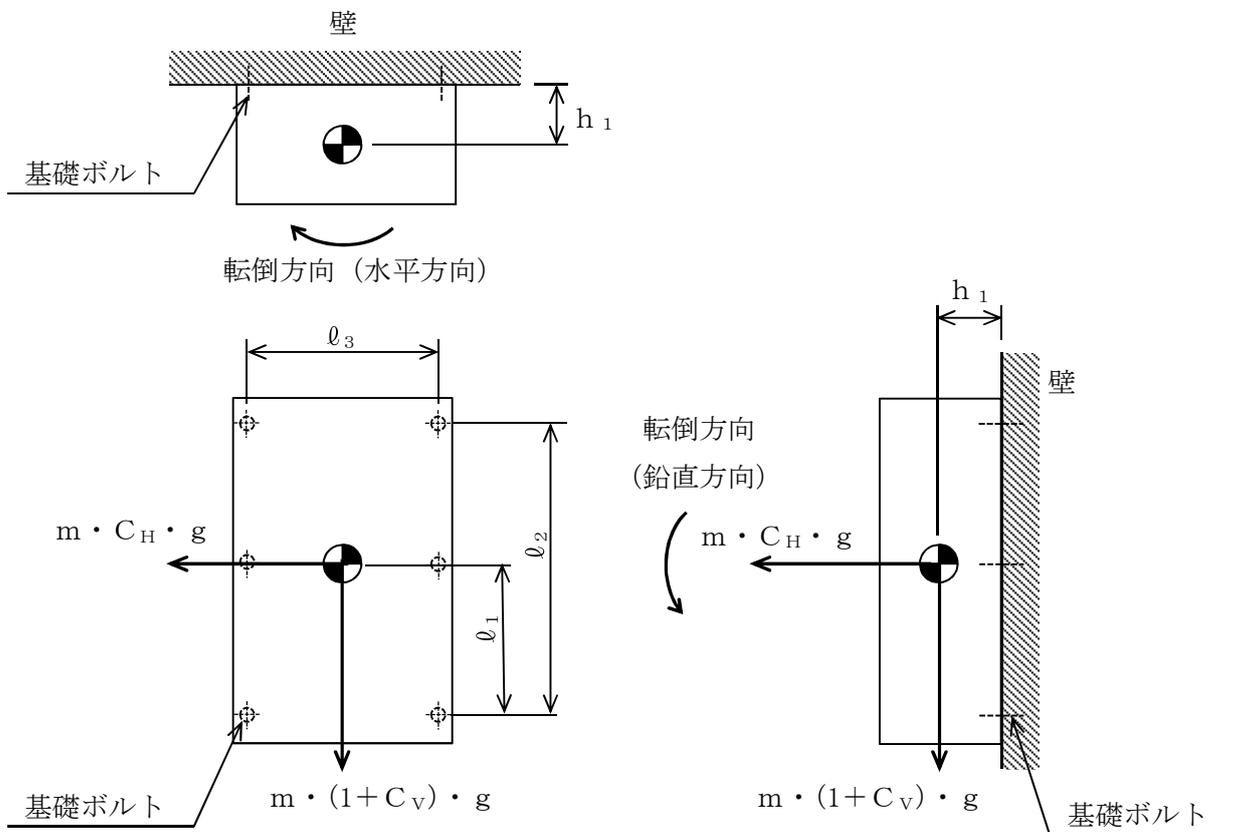


図 4-1 壁掛形の応力評価モデル

## 5. 機能維持評価

### 5.1 基本方針

ハロン消火設備制御盤は、別添 1-1 の「4.3 機能維持評価」に示す評価方針に従い、機能維持評価を実施する。

ハロン消火設備制御盤の機能維持評価は、「5.2 評価対象部位」に示す評価対象部位が「5.3 許容限界」に示す許容限界に収まることを「5.4 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

### 5.2 評価対象部位

ハロン消火設備制御盤の評価対象部位は、別添 1-1 の「4.3 機能維持評価」の評価方針に示すとおり、地震時及び地震後に電氣的機能の保持が必要なハロン消火設備制御盤本体とする。

### 5.3 許容限界

ハロン消火設備制御盤の許容限界は、別添 1-1 の「4.3 機能維持評価」に示す機能確認済加速度とする。

ハロン消火設備制御盤の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 (単位： $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )

機器名称	方向	機能確認済加速度
ハロン消火設備制御盤	水平	4.00
	鉛直	3.00

### 5.4 評価方法

ハロン消火設備制御盤の機能維持評価は、別添 1-1 の「4.3 機能維持評価」に示す評価方針に従い、ハロン消火設備制御盤の評価用加速度が機能確認済加速度以下となることを確認する。

## 6. 評価条件

「4. 応力評価」及び「5. 機能維持評価」に用いる評価条件を以下に示す。

### 6.1 応力評価条件

#### 6.1.1 設計用地震力

ハロン消火設備制御盤の耐震計算に用いる入力地震力には、V-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」にて設定した床応答の作成方針に基づき、表3-1に示す条件により作成した設計用床応答曲線を使用する。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。

#### 6.1.2 許容応力評価条件

ハロン消火設備制御盤における基礎ボルトの許容応力評価条件を表6-1に示す。

表6-1 許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価対象 部位	材料	温度条件 (°C)	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
基礎ボルト	SS400	40 (雰囲気温度)	245	400	—	280

#### 6.1.3 応力評価モデルの諸元及び応力評価に用いる設計震度

ハロン消火設備制御盤及び固定金具は、固有振動数が20 Hz以上で、剛構造であることを確認しているため、ハロン消火設備制御盤における基礎ボルトの応力評価に用いる設計震度は、最大床加速度の1.2倍を使用する。

ハロン消火設備制御盤における基礎ボルトの応力評価モデルの諸元を表6-2に、応力評価に用いる設計震度を表6-3に示す。

表 6-2 応力評価モデルの諸元

項目	記号	単位	入力値
ボルトの軸断面積	$A_b$	$\text{mm}^2$	113.1
ボルトの呼び径	$d$	mm	12
重力加速度	$g$	$\text{m/s}^2$	9.80665
取付面から重心までの距離	$h_1$	mm	145
重心と下側ボルト間の鉛直方向距離 (壁掛形)	$l_1$	mm	400
上側ボルトと下側ボルト間の鉛直方向距離 (壁掛形)	$l_2$	mm	830
左側ボルトと右側ボルト間の水平方向距離 (壁掛形)	$l_3$	mm	440
盤の質量	$m$	kg	84
ボルトの本数	$n$	—	6
評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 (鉛直方向) (壁掛形)	$n_{fV}$	—	2
評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 (水平方向) (壁掛形)	$n_{fH}$	—	3

表 6-3 応力評価に用いる設計震度 (単位：—)

項目	記号	設計震度
水平方向設計震度	$C_H$	1.74
鉛直方向設計震度	$C_V$	1.52

## 6.2 機能維持評価条件

### 6.2.1 設計用地震力

ハロン消火設備制御盤の機能維持評価に用いる設計用地震力は、「6.1.1 設計用地震力」に示す。

### 6.2.2 評価用加速度

ハロン消火設備制御盤の機能維持評価に用いる評価用加速度は、「6.2.1 設計用地震力」に示す設計用床応答曲線の最大床加速度を使用する。

ハロン消火設備制御盤の評価用加速度を表 6-4 に示す。

表 6-4 評価用加速度 (単位： $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )

機器名称	方向	評価用加速度
ハロン消火設備制御盤	水平	1.46
	鉛直	1.26

## 7. 耐震評価結果

ハロン消火設備制御盤の応力評価結果及び電氣的機能維持評価結果を表 7-1 及び表 7-2 に示す。

基礎ボルトの発生応力は許容応力以下であり、ハロン消火設備制御盤の評価用加速度は、機能確認済加速度以下である。

したがって、ハロン消火設備制御盤は、地震時及び地震後においても、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、火災を早期に感知する機能を保持するため、耐震性を有する。

表 7-1 応力評価結果

(単位：MPa)

機器名称	評価部位	応力分類	発生応力	許容応力
ハロン消火設備制御盤	基礎ボルト	引張応力	5	210
		せん断応力	4	161

表 7-2 電氣的機能維持評価結果

(単位： $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )

機器名称	機能確認済加速度との比較				
	加速度確認箇所	水平		鉛直	
		評価用加速度	機能確認済加速度	評価用加速度	機能確認済加速度
ハロン消火設備制御盤	加振台への取付位置	1.46	4.00	1.26	3.00

東海第二発電所工事計画審査資料	
資料番号	工認-877 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-別添1-7 二酸化炭素ポンベ設備の耐震計算書

## 目次

1.	概要	1
2.	基本方針	2
2.1	位置	2
2.2	構造概要	2
2.3	評価方針	4
2.4	適用規格	4
3.	地震応答解析	6
3.1	基本方針	6
3.2	解析方法	6
3.3	設計用地震力	7
3.4	解析モデル及び諸元	8
3.5	固有値解析結果	11
4.	応力評価	13
4.1	基本方針	13
4.2	評価対象部位	13
4.3	荷重及び荷重の組合せ	13
4.4	評価方法	15
5.	機能維持評価	17
5.1	基本方針	17
5.2	評価対象部位	17
5.3	許容限界	17
5.4	評価方法	17
6.	評価条件	18
6.1	応力評価条件	18
6.2	機能維持評価条件	19
7.	耐震評価結果	20

## 1. 概要

本資料は、V-2-別添 1-1「火災防護設備の耐震計算の方針」（以下、「別添 1-1」という。）に示すとおり、基準地震動 $S_s$ による地震力に対し、二酸化炭素ポンベ設備が地震時及び地震後においても、火災を早期に消火する機能を保持するために、耐震性を有することを確認するものである。

## 2. 基本方針

別添 1-1 の「2.1 評価対象設備」に示す二酸化炭素ボンベ設備の構造計画を「2.1 位置」及び「2.2 構造概要」に示す。

### 2.1 位置

二酸化炭素ボンベ設備は、火災が発生している火災区域又は火災区画からの火災の火炎及び熱による直接的な影響のみならず、煙、流出流体、爆発等の二次的影響を受けず、火災防護上重要な機器等及び重大事故等対処施設に悪影響を及ぼさないよう、消火対象となる火災区域又は火災区画とは別のエリアに設置する。

### 2.2 構造概要

二酸化炭素ボンベ設備の構造計画を表 2-1 に、外観図を図 2-1 に、容器弁の外観図を図 2-2 に示す。

表 2-1 二酸化炭素ボンベ設備の構造計画

設備名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
二酸化炭素ボンベ設備	ガスボンベ及び容器弁	容器弁は、ガスボンベにねじ込み固定する。ガスボンベはラックに固定し、基礎ボルトによりラックを建屋床のコンクリート躯体に据え付ける。	図 2-1 図 2-2

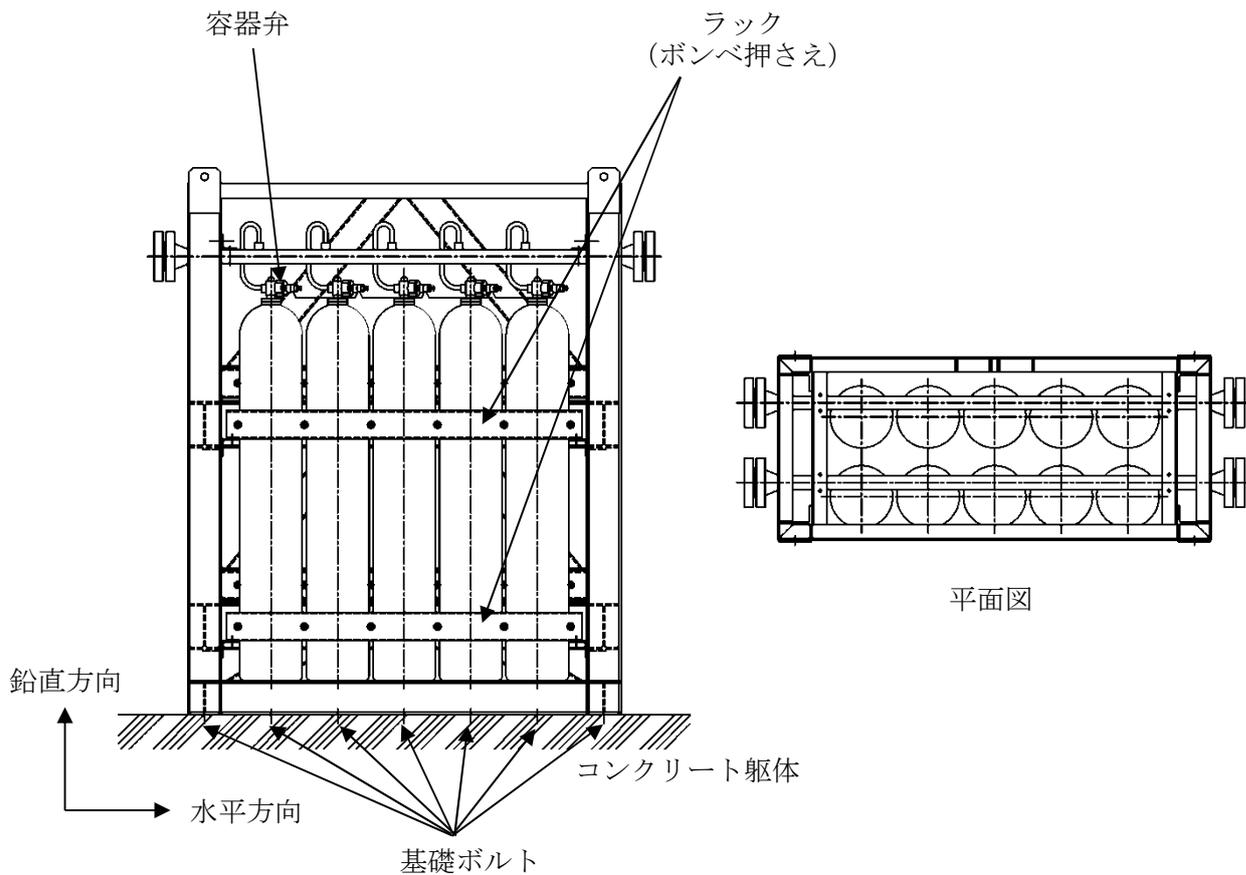


図 2-1 二酸化炭素ポンベ設備 外観図

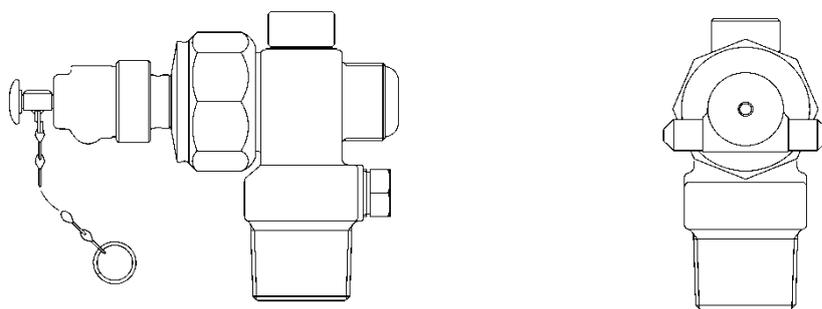


図 2-2 容器弁 外観図

### 2.3 評価方針

二酸化炭素ポンベ設備は、別添 1-1 の「4.2 応力評価」に示す応力評価の方針に従い、応力評価を実施する。

二酸化炭素ポンベ設備の応力評価は、「3. 地震応答解析」及び「4. 応力評価」に示す方法により、「6. 評価条件」に示す評価条件を用いて計算し、「7. 耐震評価結果」において二酸化炭素ポンベ設備の評価対象部位に発生する応力が許容限界に収まることを確認する。

二酸化炭素ポンベ設備の構成品である容器弁は、別添 1-1 の「4.3 機能維持評価」に示す機能維持評価の方針に従い、動的機能維持評価を実施する。

二酸化炭素ポンベ設備の容器弁の動的機能維持評価は、「3. 地震応答解析」及び「5. 機能維持評価」に示す方法により、「6. 評価条件」に示す評価条件を用い、「7. 耐震評価結果」において容器弁の最大床加速度が機能確認済加速度を超えないことを確認する。

二酸化炭素ポンベ設備の耐震評価（応力評価）フローを図 2-3 に、容器弁の耐震評価（機能維持評価）フローを図 2-4 に示す。

### 2.4 適用規格

適用する規格，基準等を以下に示す。

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

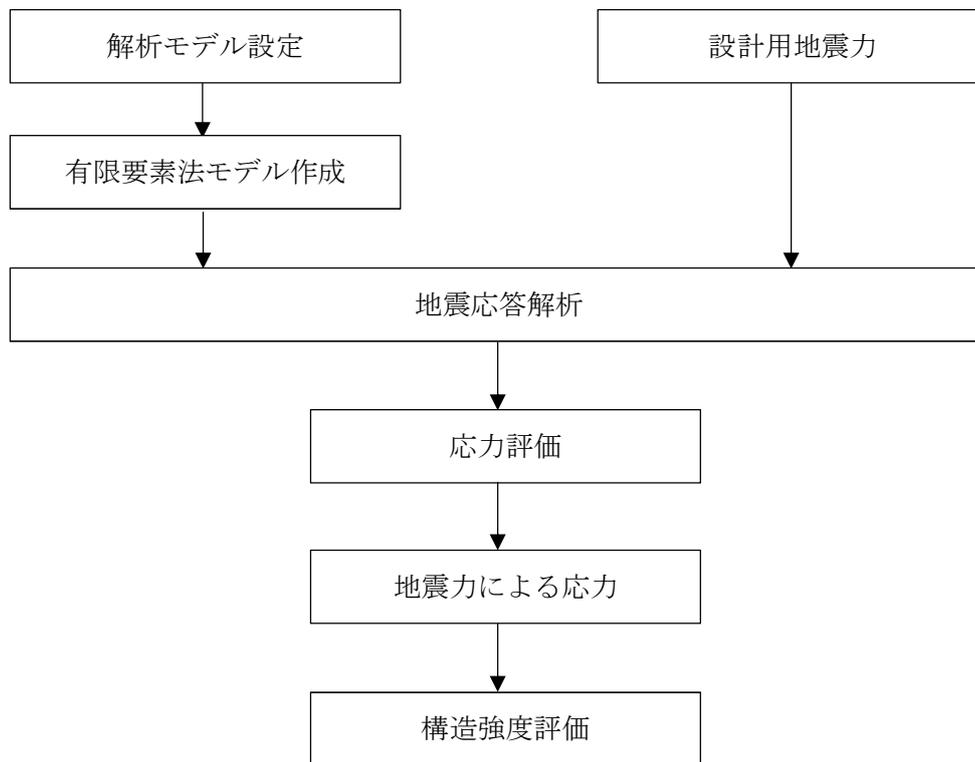


図 2-3 二酸化炭素ポンペ設備の耐震評価（応力評価）フロー

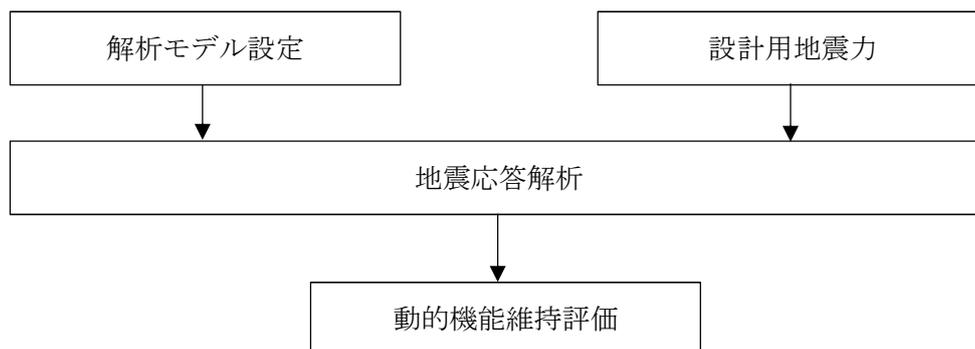


図 2-4 二酸化炭素ポンペ設備容器弁の耐震評価（機能維持評価）フロー

### 3. 地震応答解析

#### 3.1 基本方針

二酸化炭素ポンベ設備は、別添 1-1 の「4.1 地震応答解析」に示す評価方針に従い、地震応答解析を実施する。

二酸化炭素ポンベ設備の地震応答解析は、「3.2 解析方法」に示す方法により、「3.3 設計用地震力」に示す設計用地震力及び「3.4 解析モデル及び諸元」に示す解析モデルを用いて計算し、「3.5 固有値解析結果」において二酸化炭素ポンベ設備の固有振動数を評価する。

二酸化炭素ポンベ設備の構成品である容器弁の地震応答解析は、「3.2 解析方法」に示す方法により、「3.5 固有値解析結果」において容器弁の固有振動数を評価する。

#### 3.2 解析方法

二酸化炭素ポンベ設備の解析方法を「3.2.1 二酸化炭素ポンベ設備」に、二酸化炭素ポンベ設備の構成品である容器弁の解析方法を「3.2.2 容器弁」に示す。

##### 3.2.1 二酸化炭素ポンベ設備

- (1) 二酸化炭素ポンベ設備の構成品であるガスポンベ及びラックをはり要素としてモデル化した 3 次元 FEM モデルによる地震応答解析を実施する。
- (2) 解析コードは MSC NASTRAN を使用する。なお、評価に用いる解析コード MSC NASTRAN の検証及び妥当性確認等の概要については、V-5-1「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。
- (3) 拘束条件として、基礎ボルト点を並進 3 方向固定として設定する。
- (4) 許容応力について J S M E S N C 1 - 2005/2007 の付録材料図表を用いて計算する際に、温度が図表記載温度の中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。ただし、比例法を用いる場合の端数処理は、小数第 1 位以下を切り捨てた値を用いるものとする。
- (5) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

##### 3.2.2 容器弁

容器弁は、支持構造物も含めた容器弁の設置状態を模擬し、正弦波掃引試験を実施する。

### 3.3 設計用地震力

二酸化炭素ポンベ設備の耐震計算に用いる入力地震力には、V-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」にて設定した床応答の作成方針に基づき、表3-1に示す条件により作成した設計用床応答曲線を使用する。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。

二酸化炭素ポンベ設備の設置場所は1箇所限定されず複数箇所に設置されるため、設計用床応答曲線は、設置建屋の各場所における最大床加速度( $S_s$ )のうち、最大の加速度となる場所を選定する。

表3-1 設計用地震力

地震動	設置場所 及び 床面高さ (m)	設計用床応答曲線			備考
		建屋 及び高さ (m)	方向	減衰 定数 (%)	
基準 地震動 $S_s$	ガス ポンベ庫 EL. 22.5	原子炉 建屋 EL. 29.0*	水平	1.0	水平方向, 鉛直方向ともに $S_s-1\sim 8$ の包絡曲線を用いる。
		原子炉 建屋 EL. 29.0*	鉛直	1.0	

\* : 二酸化炭素ポンベ設備は原子炉建屋に付随するガスポンベ庫に設置するため、原子炉建屋の設計用床応答曲線を用いる。

### 3.4 解析モデル及び諸元

「3.2.1 二酸化炭素ポンベ設備」に示す二酸化炭素ポンベ設備の解析モデルを図3-1に、解析モデルの諸元を表3-2に、二酸化炭素ポンベ設備の外形図を図3-2に示す。

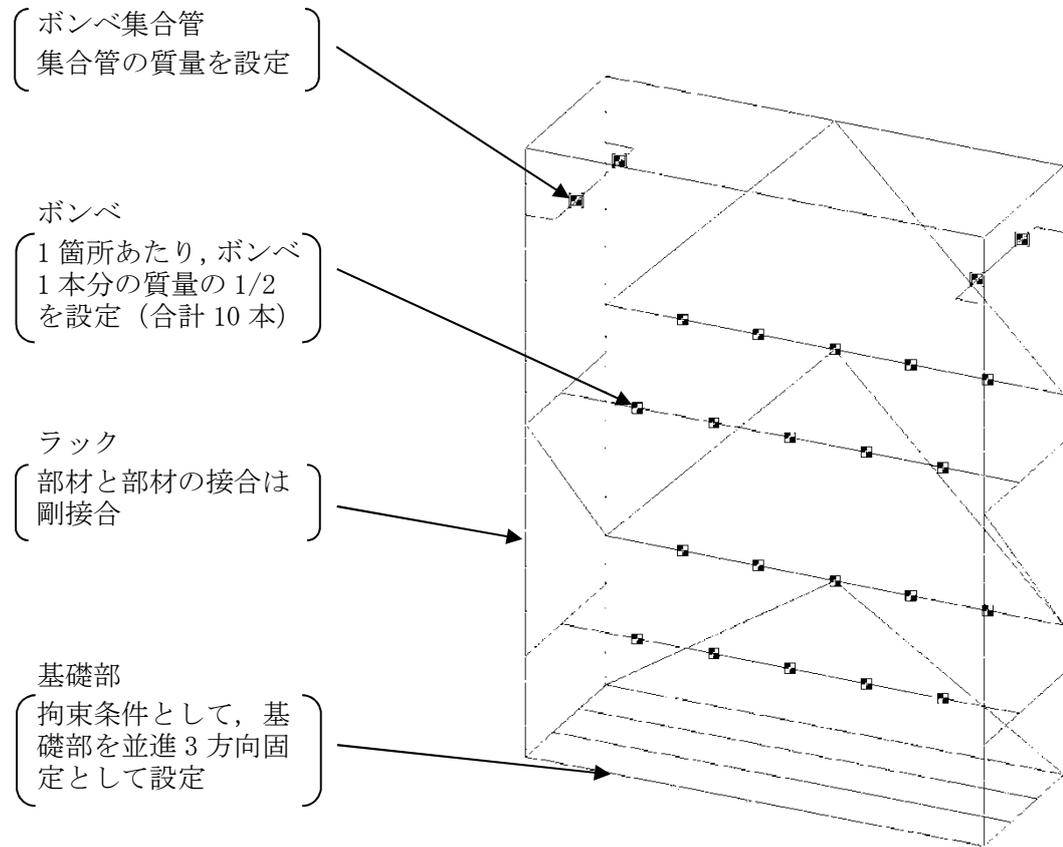


図3-1 解析モデル

表 3-2 解析モデルの諸元

	材質 (数値)	諸元(数値)	縦弾数係数 (MPa)	断面積 (mm <sup>2</sup> )	断面積二次モーメント (mm <sup>4</sup> )	
					強軸	弱軸
ラック	SS400	H150×150×7×t10	$2.02 \times 10^5$	3965	$1.620 \times 10^7$	$5.630 \times 10^6$
	SS400	H194×150×6×t9	$2.02 \times 10^5$	3811	$2.630 \times 10^7$	$5.070 \times 10^6$
	SS400	L65×65×t6	$2.02 \times 10^5$	752.7	$2.940 \times 10^5$	$2.940 \times 10^5$
	SS400	C125×65×6×t8	$2.02 \times 10^5$	1711	$4.240 \times 10^6$	$6.180 \times 10^5$
基礎 ボルト (mm)	SNB7	M16×14 本	—	—	—	—
温度条件 (°C)	—	40	—	—	—	—
質量(kg)	—	2771	—	—	—	—
ポアソン 比	—	0.3	—	—	—	—

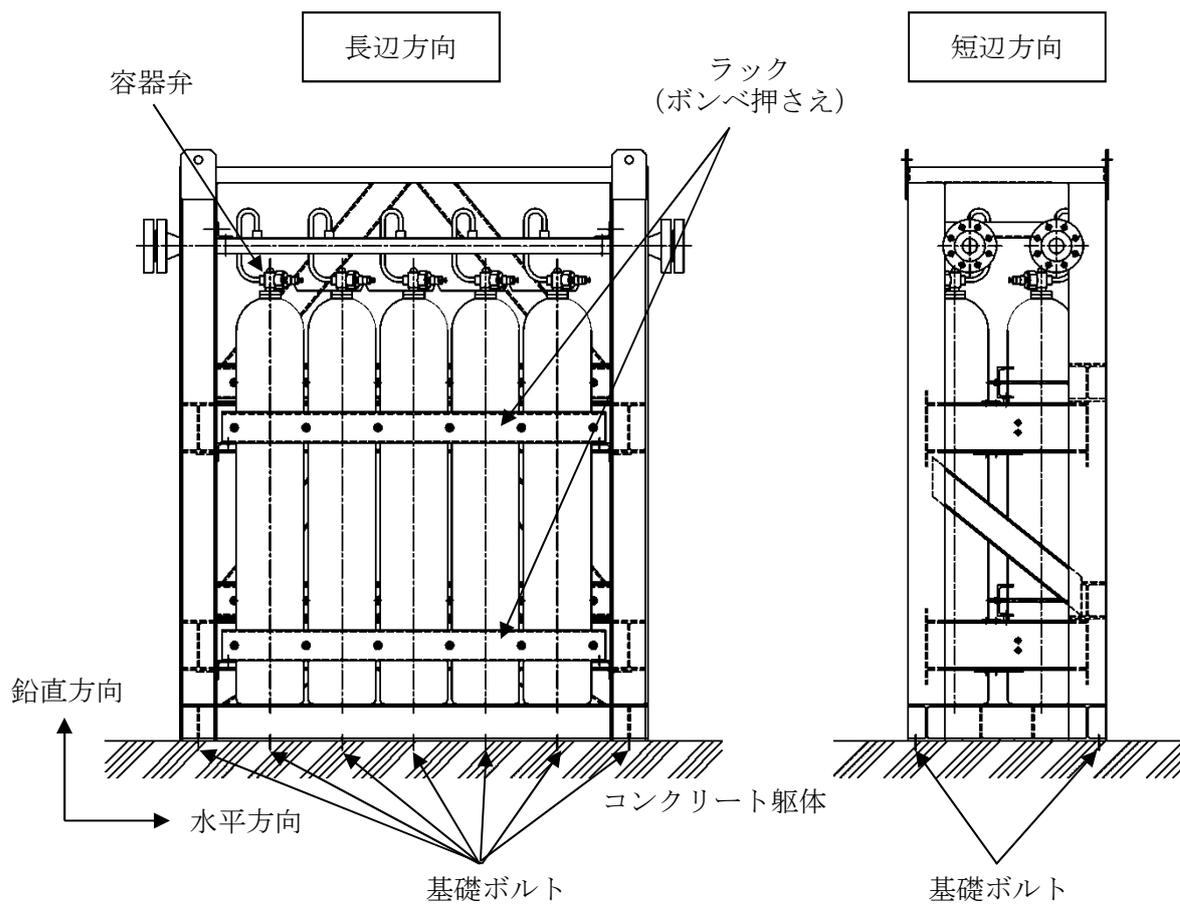


図 3-2 二酸化炭素ポンベ設備 外形図

### 3.5 固有値解析結果

二酸化炭素ポンベ設備の固有値解析結果を「3.5.1 二酸化炭素ポンベ設備」に、二酸化炭素ポンベ設備の容器弁の固有値解析結果を「3.5.2 容器弁」に示す。

#### 3.5.1 二酸化炭素ポンベ設備

二酸化炭素ポンベ設備の固有値解析結果を表 3-3 に、振動モード図を図 3-3 に示す。

#### 3.5.2 容器弁

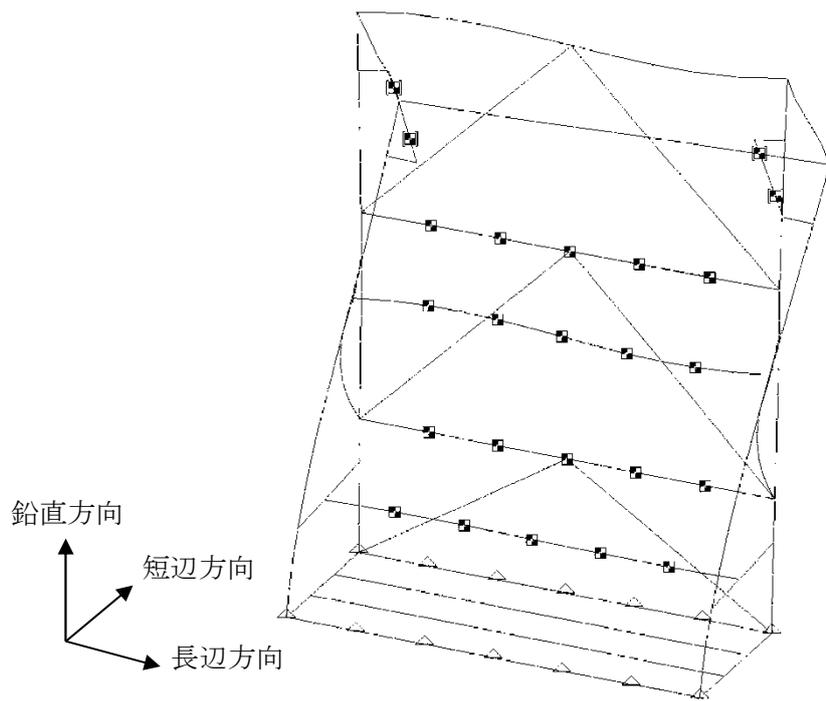
容器弁の固有値解析結果を表 3-4 に示す。表 3-4 より、容器弁は、剛構造である。

表 3-3 二酸化炭素ポンベ設備の固有振動数 (単位: Hz)

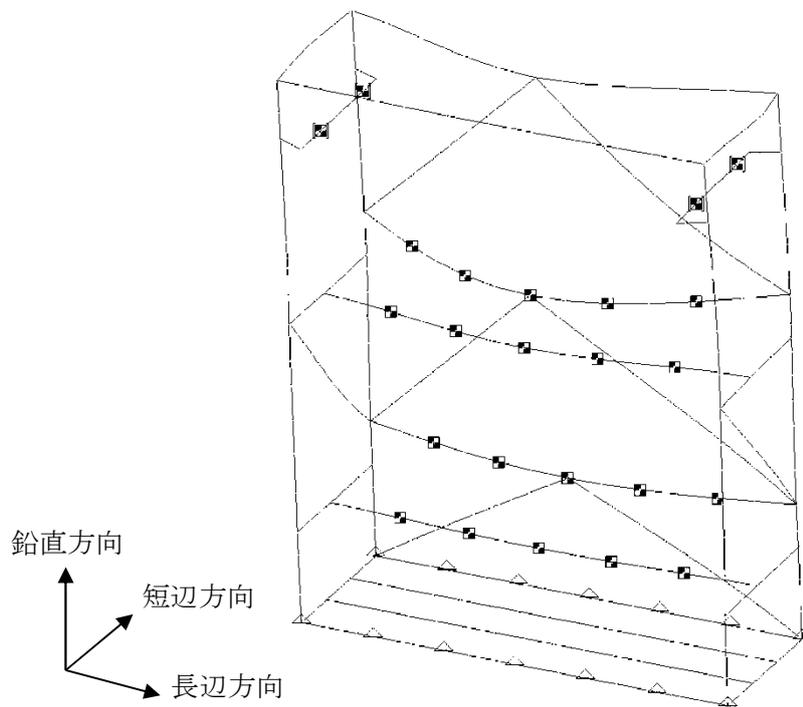
設備名称	方向	固有振動数
二酸化炭素ポンベ設備	長辺方向	20 以上
	短辺方向	20 以上

表 3-4 容器弁の固有振動数 (単位: Hz)

機器名称	固有振動数
容器弁	20 以上



(a) 長辺方向モード



(b) 短辺方向モード

図 3-3 振動モード図

## 4. 応力評価

### 4.1 基本方針

二酸化炭素ポンベ設備は、別添 1-1 の「4.2 応力評価」に示す評価方針に従い、応力評価を実施する。

二酸化炭素ポンベ設備の応力評価は、「4.2 評価対象部位」に示す評価対象部位が、「4.3 荷重及び荷重の組合せ」に示す荷重及び荷重の組合せに対し「4.3.3 許容応力」に示す許容限界に収まることを、「4.5 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

### 4.2 評価対象部位

二酸化炭素ポンベ設備の評価対象部位は、別添 1-1 の「3.2 許容限界」に示すとおり、評価対象部位であるラック及び基礎ボルトとする。

### 4.3 荷重及び荷重の組合せ

応力評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、別添 1-1 の「3.1 荷重及び荷重の組合せ」に示す荷重及び荷重の組合せを使用する。

#### 4.3.1 荷重の種類

応力評価に用いる荷重は、以下の荷重を使用する。

##### (1) 死荷重(D)

死荷重は、二酸化炭素ポンベ設備の自重とする。

##### (2) 地震荷重( $S_s$ )

地震荷重は、基準地震動  $S_s$  による地震力とする。

#### 4.3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態

応力評価に用いる荷重の組合せ及び許容応力状態は、二酸化炭素ポンベ設備の評価対象部位ごとに設定する。荷重の組合せ及び許容応力状態を表 4-1 に示す。

#### 4.3.3 許容応力

二酸化炭素ポンベ設備の基礎ボルトの許容応力を表 4-2 に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電 用原子炉の 附属施設	火災防護 設備	二酸化炭素ポンベ設備	C (S <sub>s</sub> 機能維持)	-*	D + S <sub>s</sub>	IV <sub>A</sub> S

注記 \*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

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（ボルト等）*1, *2	
	一次応力	
	引張り	せん断
IV <sub>A</sub> S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

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

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

#### 4.4 評価方法

二酸化炭素ポンベ設備ポンベ設備の応力評価は、別添 1-1 の「4.2 応力評価」に示すラックの評価式により評価対象部位の発生応力を計算し、許容応力以下となることを確認する。

##### 4.4.1 記号の定義

応力評価に使用する記号の定義を表 4-4 に示す。

表 4-4 ラック及び基礎ボルトの応力評価に使用する記号の定義

記号	単位	記号の定義
A	mm <sup>2</sup>	基礎ボルト断面積
F <sub>s</sub>	N	基礎ボルトのせん断力
F <sub>t</sub>	N	基礎ボルトの引張力
σ	MPa	ラックの組合せ応力
σ <sub>a</sub>	MPa	ラックの軸応力
σ <sub>b</sub>	MPa	ラックの曲げ応力
σ <sub>bt</sub>	MPa	基礎ボルトに発生する引張応力
τ	MPa	ラックのせん断応力
τ <sub>b</sub>	MPa	基礎ボルトに発生するせん断応力
τ <sub>t</sub>	MPa	ねじりモーメントによるせん断応力

#### 4.4.2 応力評価モデル及び評価式

二酸化炭素ポンベ設備は、3次元 FEM モデルによる地震応答解析から求めた荷重を用いて応力評価を実施する。

二酸化炭素ポンベ設備は、「2.2 構造概要」の表 2-1 に示すとおり、ポンベをラックに固定し、ラックを基礎ボルトにより据え付けるため、ラック及び基礎ボルト、それぞれに対し応力評価を実施する。

##### (1) ラックの構造強度評価

「3. 地震応答解析」にて算出するラックの軸応力、曲げ応力及びせん断応力を用いて、以下の式によりラックの組合せ応力を算出する。

$$\sigma = \sqrt{(\sigma_a + \sigma_b)^2 + 3(\tau + \tau_t)^2}$$

##### (2) 基礎ボルトの構造強度評価

###### a. 基礎ボルトに発生する引張応力の算出

「3. 地震応答解析」にて算出する基礎ボルトの引張力及び基礎ボルトの断面積を用いて、以下の式により基礎ボルトの引張応力を算出する。

$$\sigma_{bt} = \frac{F_t}{A}$$

###### b. 基礎ボルトに発生するせん断応力の算出

「3. 地震応答解析」にて算出する基礎ボルトのせん断力及び基礎ボルトの断面積を用いて、以下の式により基礎ボルトのせん断応力を算出する。

$$\tau_b = \frac{F_s}{A}$$

## 5. 機能維持評価

### 5.1 基本方針

二酸化炭素ポンベ設備は、別添 1-1 の「4.3 機能維持評価」に示す評価方針に従い、機能維持評価を実施する。

二酸化炭素ポンベ設備の機能維持評価は、「5.2 評価対象部位」に示す評価対象部位が、「5.3 許容限界」に示す許容限界に収まることを、「5.4 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

### 5.2 評価対象部位

二酸化炭素ポンベ設備の評価対象部位は、別添 1-1 の「4.3 機能維持評価」の評価方針に示すとおり、地震時及び地震後に動的機能の保持が必要な容器弁とする。

### 5.3 許容限界

二酸化炭素ポンベ設備の許容限界は、別添 1-1 の「4.3 機能維持評価」に示す機能確認済加速度とする。

容器弁の機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 容器弁の機能確認済加速度 (単位： $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )

機器名称	方向	機能確認済加速度
容器弁	水平	4.00
	鉛直	2.00

### 5.4 評価方法

容器弁の機能維持評価は、別添 1-1 の「4.3 機能維持評価」に示す評価方針に従い、容器弁の評価用加速度が機能確認済加速度以下となることを確認する。

## 6. 評価条件

「4. 応力評価」及び「5. 機能維持評価」に用いる評価条件を以下に示す。

### 6.1 応力評価条件

#### 6.1.1 許容応力評価条件

二酸化炭素ポンベ設備の許容応力評価条件を表 6-1 に示す。

表 6-1 二酸化炭素ポンベ設備の許容応力評価条件

評価対象 部位	材 料	評価用温度 (°C)	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	F* (MPa)
ラック	SS400	40 (雰囲気温度)	245	400	280
基礎ボルト	SNB7	40 (雰囲気温度)	725	860	602

#### 6.1.2 応力評価に用いる設計震度

二酸化炭素ポンベ設備は、固有振動数が 20 Hz 以上で、剛構造であることを確認しているため、応力評価に用いる設計震度は、最大床加速度の 1.2 倍を使用する。

二酸化炭素ポンベ設備の応力評価に用いる設計震度を表 6-2 に示す。

表 6-2 二酸化炭素ポンベ設備の応力評価に用いる設計震度 (単位：-)

項目	設計震度
水平方向設計震度	1.55
鉛直方向設計震度	1.17

## 6.2 機能維持評価条件

### 6.2.1 設計用地震力

容器弁の耐震計算に用いる入力地震力には、V-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」にて設定した床応答の作成方針に基づき、表3-1に示す条件により作成した設計用床応答曲線を使用する。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。

容器弁の設置場所は1箇所に限定されず複数箇所に設置されるため、設計用床応答曲線は、設置建屋の各場所における最大床加速度( $S_s$ )のうち、最大の加速度となる場所を選定する。

### 6.2.2 評価用加速度

容器弁の機能維持評価に用いる評価用加速度は、「6.2.1 設計用地震力」に示す設計用床応答曲線及び固有値解析結果より、二酸化炭素ポンペ設備の頂部における応答加速度を使用する。

容器弁の評価用加速度を表6-3に示す。

表 6-3 容器弁の評価用加速度 (単位:  $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )

機器名称	方向	評価用加速度
容器弁	水平	1.29
	鉛直	0.98

## 7. 耐震評価結果

二酸化炭素ポンベ設備の応力評価結果及び動的機能維持評価結果を表7-1及び表7-2に示す。

ラック及び基礎ボルトの発生応力は許容応力以下であり、容器弁の評価用加速度は機能確認済加速度以下である。

したがって、二酸化炭素ポンベ設備は、地震時及び地震後においても、基準地震動 $S_s$ による地震力に対し、火災を早期に消火する機能を保持するため、耐震性を有する。

表 7-1 二酸化炭素ポンベ設備の応力評価結果

(単位：MPa)

設備名称	評価部位	応力分類	発生応力	許容応力
二酸化炭素ポンベ設備	ラック	組合せ応力	49	280
	基礎ボルト	引張応力	133	451
		せん断応力	85	347

表 7-2 容器弁の動的機能維持評価結果

(単位 :  $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )

設備名称	機能確認済加速度との比較				
	加速度確認箇所	水平		鉛直	
		評価用加速度	機能確認済加速度	評価用加速度	機能確認済加速度
二酸化炭素ポンプ設備 容器弁	加振台への 取付位置	1.29	4.00	0.98	2.00

東海第二発電所工事計画審査資料	
資料番号	工認-878 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-別添1-8 二酸化炭素供給選択の耐震計算書

## 目次

1.	概要	1
2.	基本方針	2
2.1	位置	2
2.2	構造概要	2
2.3	評価方針	4
2.4	適用規格	4
3.	地震応答解析	6
3.1	基本方針	6
3.2	解析方法	6
3.3	設計用地震力	7
3.4	解析モデル及び諸元	8
3.5	固有値解析結果	11
4.	応力評価	13
4.1	基本方針	13
4.2	評価対象部位	13
4.3	荷重及び荷重の組合せ	13
4.4	評価方法	15
5.	機能維持評価	17
5.1	基本方針	17
5.2	評価対象部位	17
5.3	許容限界	17
5.4	評価方法	17
6.	評価条件	18
6.1	応力評価条件	18
6.2	機能維持評価条件	19
7.	耐震評価結果	20

## 1. 概要

本資料は、V-2-別添 1-1「火災防護設備の耐震計算の方針」（以下、「別添 1-1」という。）に示すとおり、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、二酸化炭素供給選択弁ユニットが地震時及び地震後においても、火災を早期に消火する機能を保持するために、耐震性を有することを確認するものである。

## 2. 基本方針

別添 1-1 の「2.1 評価対象設備」に示す二酸化炭素供給選択弁ユニットの構造計画を「2.1 位置」及び「2.2 構造概要」に示す。

### 2.1 位置

二酸化炭素供給選択弁ユニットは、火災が発生している火災区域又は火災区画からの火災の火炎及び熱による直接的な影響のみならず、煙、流出流体、爆発等の二次的影響を受けず、火災防護上重要な機器等及び重大事故等対処施設に悪影響を及ぼさないよう、消火対象となる火災区域又は火災区画とは別のエリアに設置する。

### 2.2 構造概要

二酸化炭素供給選択弁ユニットの構造計画を表 2-1 に、外観図を図 2-1 に、選択弁の外観図を図 2-2 に示す。

表 2-1 二酸化炭素供給選択弁ユニットの構造計画

設備名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
二酸化炭素供給選択弁ユニット	選択弁及び集合管	選択弁は集合管に取り付けて固定する。集合管はラックに固定し、基礎ボルトによりラックを建屋床のコンクリート躯体に据え付ける。	図 2-1 図 2-2

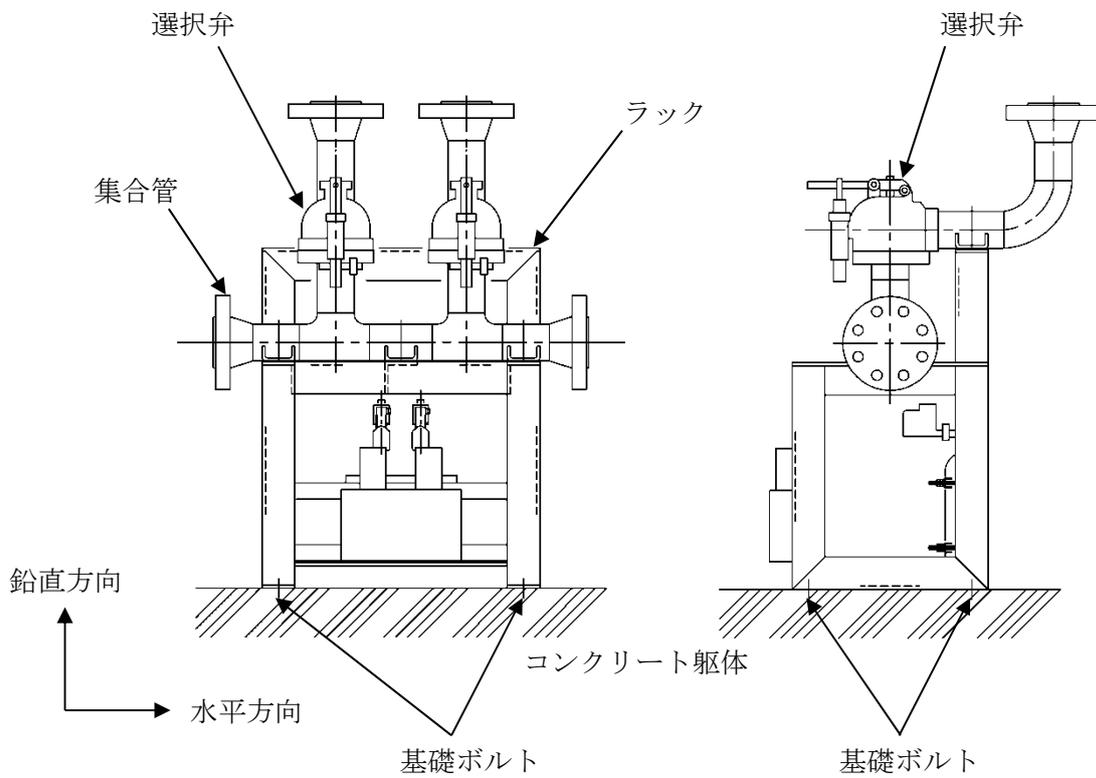


図 2-1 二酸化炭素供給選択弁ユニット 外観図

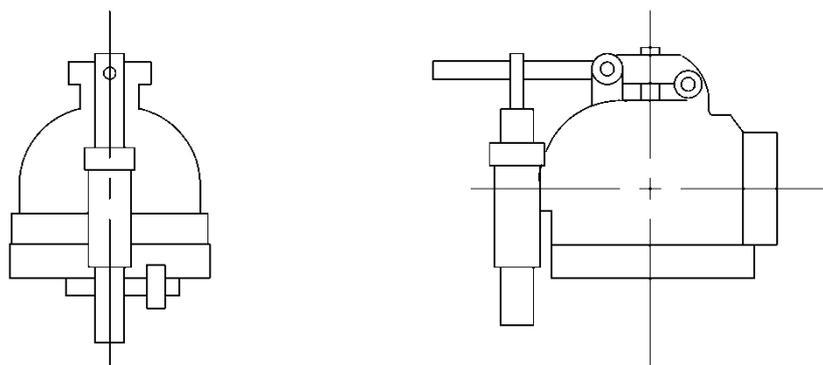


図 2-2 選択弁 外観図

### 2.3 評価方針

二酸化炭素供給選択弁ユニットは、別添 1-1 の「4.2 応力評価」に示す応力評価の方針に従い、応力評価を実施する。

二酸化炭素供給選択弁ユニットの応力評価は、「3. 地震応答解析」及び「4. 応力評価」に示す方法により、「6. 評価条件」に示す評価条件を用いて計算し、「7. 耐震評価結果」において二酸化炭素供給選択弁ユニットの評価対象部位に発生する応力が許容限界に収まることを確認する。

二酸化炭素供給選択弁ユニットの構成品である選択弁は、別添 1-1 の「4.3 機能維持評価」に示す機能維持評価の方針に従い、動的機能維持評価を実施する。

二酸化炭素供給選択弁ユニットの選択弁の動的機能維持評価は、「3. 地震応答解析」及び「5. 機能維持評価」に示す方法により、「6. 評価条件」に示す評価条件を用い、「7. 耐震評価結果」において選択弁の最大床加速度が機能確認済加速度を超えないことを確認する。

二酸化炭素供給選択弁ユニットの耐震評価（応力評価）フローを図 2-3 に、選択弁の耐震評価（機能維持評価）フローを図 2-4 に示す。

### 2.4 適用規格

適用する規格、基準等を以下に示す。

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

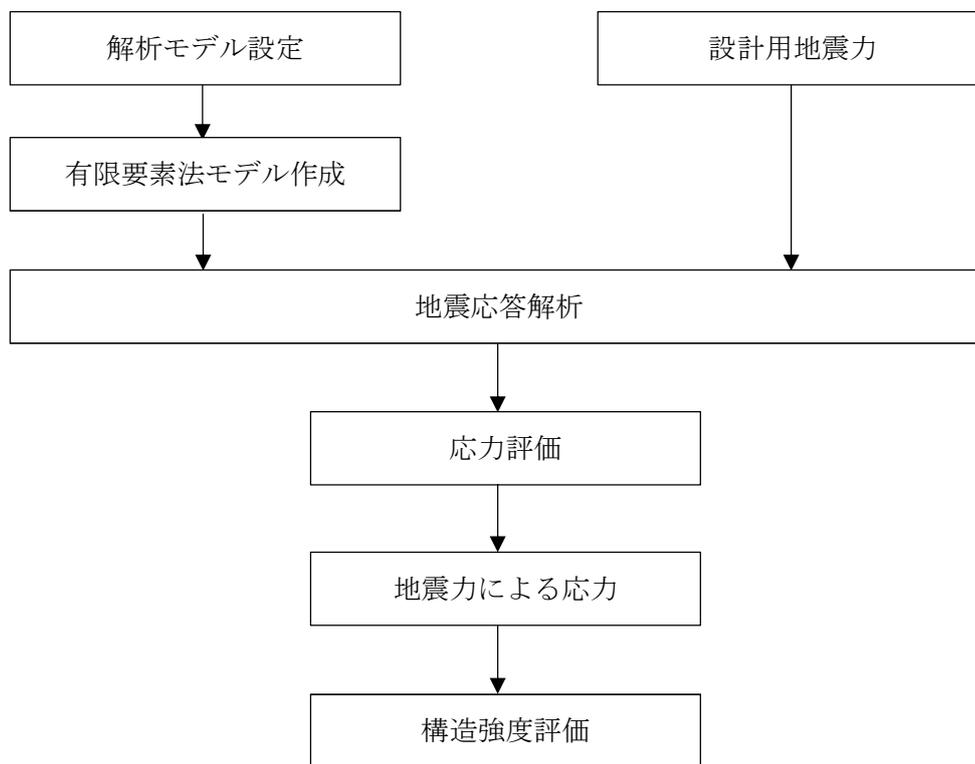


図 2-3 二酸化炭素供給選択弁ユニットの耐震評価（応力評価）フロー

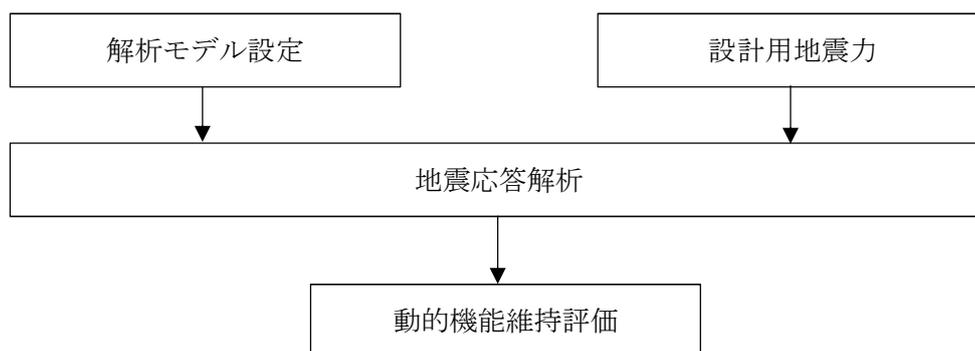


図 2-4 選択弁の耐震評価（機能維持評価）フロー

### 3. 地震応答解析

#### 3.1 基本方針

二酸化炭素供給選択弁ユニットは、別添 1-1 の「4.1 地震応答解析」に示す評価方針に従い、地震応答解析を実施する。

二酸化炭素供給選択弁ユニットの地震応答解析は、「3.2 解析方法」に示す方法により、「3.3 設計用地震力」に示す設計用地震力及び「3.4 解析モデル及び諸元」に示す解析モデルを用いて計算し、「3.5 固有値解析結果」において二酸化炭素供給選択弁ユニットの固有振動数を評価する。

二酸化炭素供給選択弁ユニットの構成部品である選択弁の地震応答解析は、「3.2 解析方法」に示す方法により、「3.5 固有値解析結果」において選択弁の固有振動数を評価する。

#### 3.2 解析方法

二酸化炭素供給選択弁ユニットの解析方法を「3.2.1 二酸化炭素供給選択弁ユニット」に、二酸化炭素供給選択弁ユニットの構成部品である選択弁の解析方法を「3.2.2 選択弁」に示す。

##### 3.2.1 二酸化炭素供給選択弁ユニット

- (1) 二酸化炭素供給選択弁ユニットの構成部品である選択弁、集合管及びラックをはり要素としてモデル化した 3 次元 FEM モデルによる地震応答解析を実施する。
- (2) 解析コードは MSC NASTRAN を使用する。なお、評価に用いる解析コード MSC NASTRAN 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) 拘束条件として、基礎ボルト点を並進 3 方向固定として設定する。
- (4) 許容応力について J S M E S N C 1 - 2005/2007 の付録材料図表を用いて計算する際に、温度が図表記載温度の中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。ただし、比例法を用いる場合の端数処理は、小数第 1 位以下を切り捨てた値を用いるものとする。
- (5) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

##### 3.2.2 選択弁

選択弁は、支持構造物も含めた選択弁の設置状態を模擬し、正弦波掃引試験を実施する。

### 3.3 設計用地震力

二酸化炭素供給選択弁ユニットの耐震計算に用いる入力地震力には、V-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」にて設定した床応答の作成方針に基づき、表3-1に示す条件により作成した設計用床応答曲線を使用する。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3-1 設計用地震力

地震動	設置場所 及び 床面高さ (m)	設計用床応答曲線			備考
		建屋 及び高さ (m)	方向	減衰 定数 (%)	
基準 地震動 S <sub>s</sub>	ガス ボンベ庫 EL. 22.5	原子炉 建屋 EL. 29.0*	水平	1.0	水平方向, 鉛直方向ともにS <sub>s</sub> -1~8の包絡曲線を用いる。
		原子炉 建屋 EL. 29.0*	鉛直	1.0	

\* : ボンベ設備は原子炉建屋に付随するガスボンベ庫に設置するため、原子炉建屋の設計用床応答曲線を用いる。

### 3.4 解析モデル及び諸元

「3.2.1 二酸化炭素供給選択弁ユニット」に示す二酸化炭素供給選択弁ユニットの解析モデルを図3-1に、解析モデルの諸元を表3-2に、二酸化炭素供給選択弁ユニットの外形図を図3-2に示す。

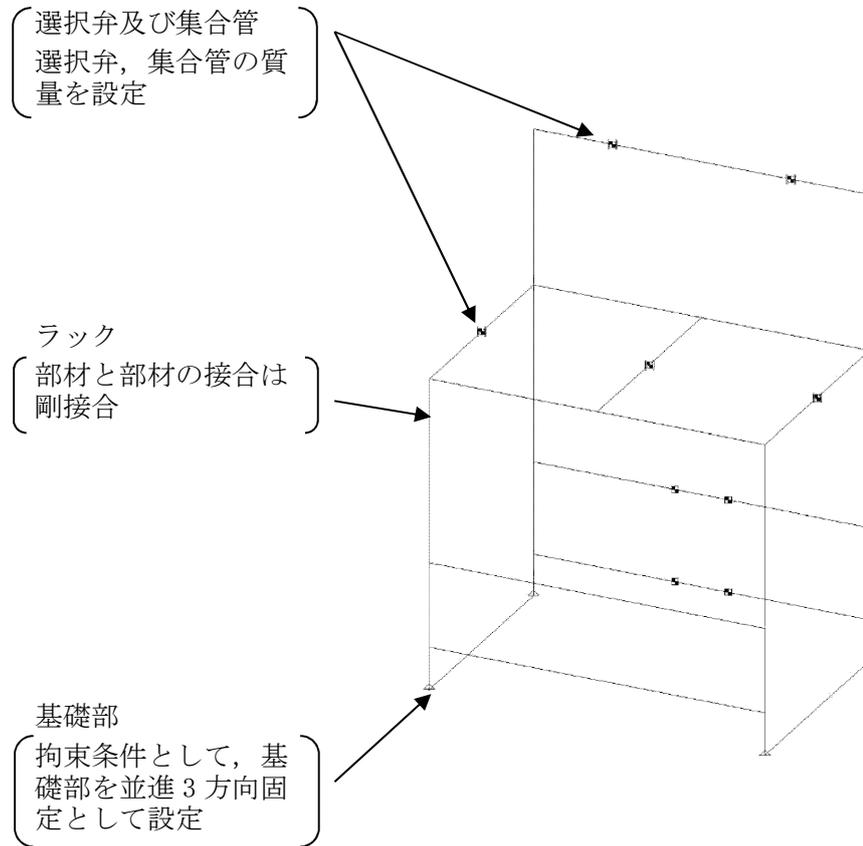


図3-1 解析モデル

表 3-2 解析モデルの諸元

	材質 (数値)	諸元(数値)	縦弾数係数 (MPa)	断面積 (mm <sup>2</sup> )	断面積二次モーメント (mm <sup>4</sup> )	
					強軸	弱軸
ラック	SS400	L50×50×t4	$2.02 \times 10^5$	389.2	$9.060 \times 10^4$	$9.060 \times 10^4$
	SS400	L100×100×t10	$2.02 \times 10^5$	1900	$1.750 \times 10^6$	$1750 \times 10^6$
	SS400	L40×40×t3*	$2.02 \times 10^5$	168	$2.777 \times 10^4$	$4.208 \times 10^3$
基礎 ボルト (mm)	SS400	M16×4本	—	—	—	—
温度条件 (°C)	—	40	—	—	—	—
質量(kg)	—	554	—	—	—	—
ポアソン 比	—	0.3	—	—	—	—

\*等辺山形鋼の片側フランジを先端から 21 mm 切欠いた断面を示す。

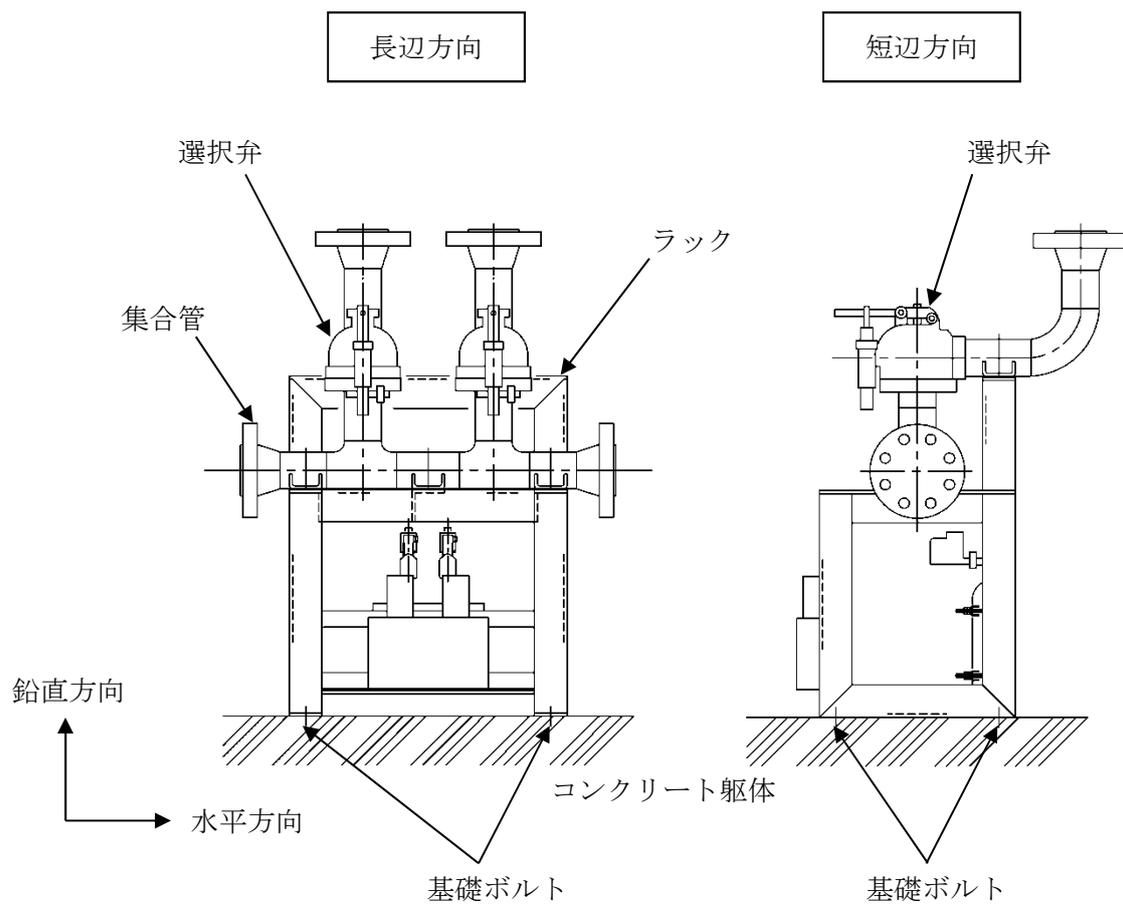


図 3-2 二酸化炭素供給選択弁ユニット 外形図

### 3.5 固有値解析結果

二酸化炭素供給選択弁ユニットの固有値解析結果を「3.5.1 二酸化炭素供給選択弁ユニット」に、選択弁の固有値解析結果を「3.5.2 選択弁」に示す。

#### 3.5.1 二酸化炭素供給選択弁ユニット

二酸化炭素供給選択弁ユニットの固有値解析結果を表 3-3 に、振動モード図を図 3-3 に示す。

#### 3.5.2 選択弁

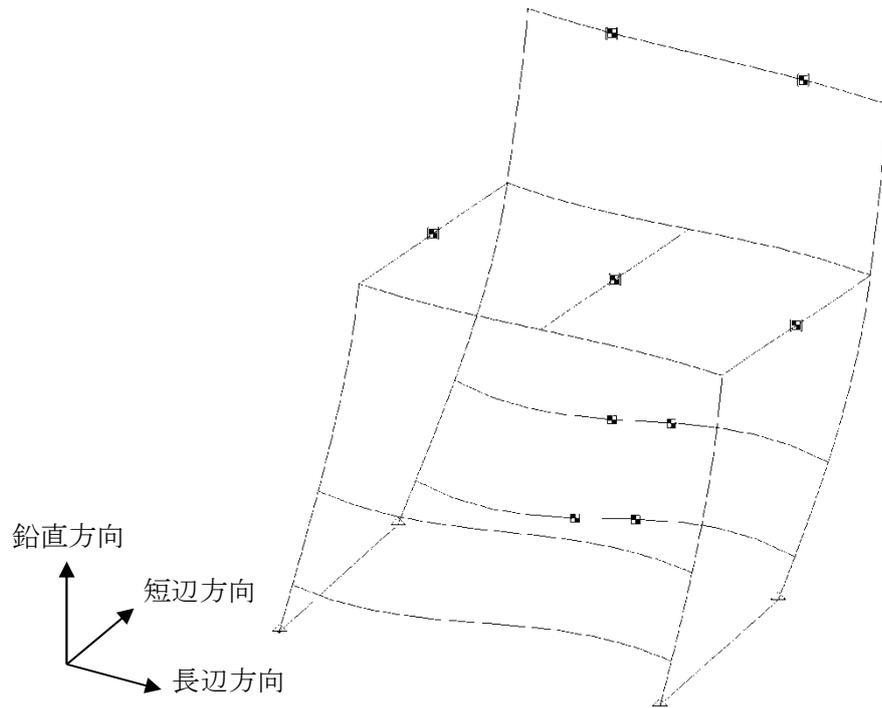
選択弁の固有値解析結果を表 3-4 に示す。表 3-4 より、選択弁は、剛構造である。

表 3-3 二酸化炭素供給選択弁ユニットの固有振動数 (単位: Hz)

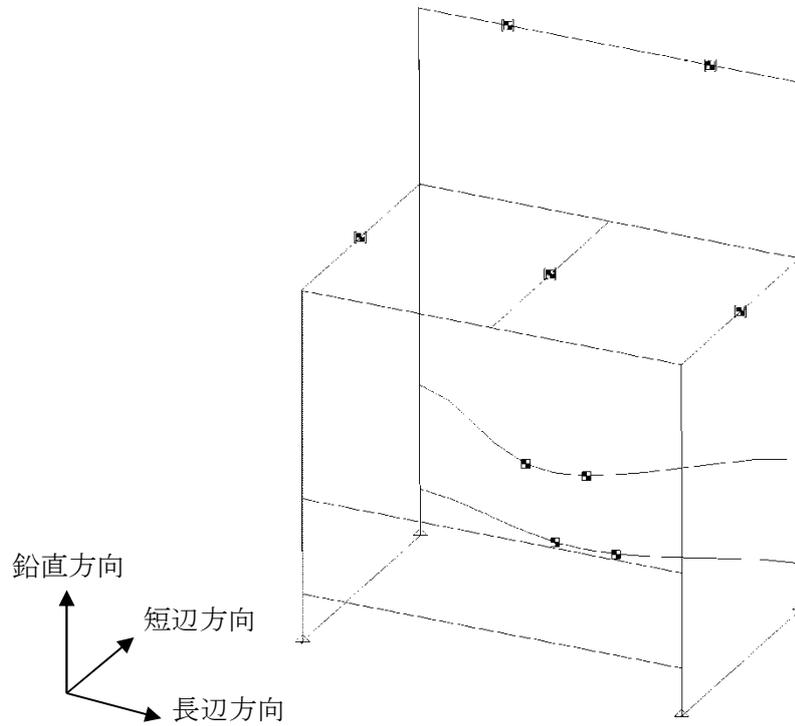
設備名称	方向	固有振動数
二酸化炭素供給選択弁 ユニット	長辺方向	20 以上
	短辺方向	20 以上

表 3-4 選択弁の固有振動数 (単位: Hz)

機器名称	固有振動数
選択弁	20 以上



(a) 長辺方向モード



(b) 短辺方向モード

図 3-3 振動モード図

## 4. 応力評価

### 4.1 基本方針

二酸化炭素供給選択弁ユニットは、別添 1-1 の「4.2 応力評価」に示す評価方針に従い、応力評価を実施する。

二酸化炭素供給選択弁ユニットの応力評価は、「4.2 評価対象部位」に示す評価対象部位が、「4.3 荷重及び荷重の組合せ」に示す荷重及び荷重の組合せに対し「4.3.3 許容応力」に示す許容限界に収まることを、「4.4 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

### 4.2 評価対象部位

二酸化炭素供給選択弁ユニットの評価対象部位は、別添 1-1 の「3.2 許容限界」に示すとおり、評価対象部位であるラック及び基礎ボルトとする。

### 4.3 荷重及び荷重の組合せ

応力評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、別添 1-1 の「3.1 荷重及び荷重の組合せ」に示す荷重及び荷重の組合せを使用する。

#### 4.3.1 荷重の種類

応力評価に用いる荷重は、以下の荷重を使用する。

##### (1) 死荷重(D)

死荷重は、二酸化炭素供給選択弁ユニットの自重とする。

##### (2) 地震荷重( $S_s$ )

地震荷重は、基準地震動  $S_s$  による地震力とする。

#### 4.3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態

応力評価に用いる荷重の組合せ及び許容応力状態は、二酸化炭素供給選択弁ユニットの評価対象部位ごとに設定する。荷重の組合せ及び許容応力状態を表 4-1 に示す。

#### 4.3.3 許容応力

二酸化炭素供給選択弁ユニットの基礎ボルトの許容限界を表 4-2 に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電 用原子炉の 附属施設	火災防護 設備	二酸化炭素供給選択弁 ユニット	C (S <sub>s</sub> 機能維持)	—*	D + S <sub>s</sub>	IV <sub>A</sub> S

注記 \*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

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（ボルト等）*1, *2	
	一次応力	
	引張り	せん断
IV <sub>A</sub> S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

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

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

#### 4.4 評価方法

二酸化炭素供給選択弁ユニットの応力評価は、別添 1-1 の「4.2 応力評価」に示すラックの評価式により評価対象部位の発生応力を計算し、許容応力以下となることを確認する。

##### 4.4.1 記号の定義

応力評価に使用する記号の定義を表 4-4 に示す。

表 4-4 ラック及び基礎ボルトの応力評価に使用する記号の定義

記号	単位	記号の定義
A	mm <sup>2</sup>	基礎ボルト断面積
F <sub>s</sub>	N	基礎ボルトのせん断力
F <sub>t</sub>	N	基礎ボルトの引張力
σ	MPa	ラックの組合せ応力
σ <sub>a</sub>	MPa	ラックの軸応力
σ <sub>b</sub>	MPa	ラックの曲げ応力
σ <sub>bt</sub>	MPa	基礎ボルトに発生する引張応力
τ	MPa	ラックのせん断応力
τ <sub>b</sub>	MPa	基礎ボルトに発生するせん断応力
τ <sub>t</sub>	MPa	ラックのねじりモーメントによるせん断応力

#### 4.4.2 応力評価モデル及び評価式

二酸化炭素供給選択弁ユニットは、3次元 FEM モデルによる地震応答解析から求めた荷重を用いて応力評価を実施する。

二酸化炭素供給選択弁ユニットは、「2.2 構造概要」の表 2-1 に示すとおり、集合管をラックに固定し、ラックを基礎ボルトにより据え付けるため、ラック及び基礎ボルト、それぞれに対し応力評価を実施する。

##### (1) ラックの構造強度評価

「3. 地震応答解析」にて算出するラックの軸応力、曲げ応力及びせん断応力を用いて、以下の式によりラックの組合せ応力を算出する。

$$\sigma = \sqrt{(\sigma_a + \sigma_b)^2 + 3(\tau + \tau_t)^2}$$

##### (2) 基礎ボルトの構造強度評価

###### a. 基礎ボルトに発生する引張応力の算出

「3. 地震応答解析」にて算出する基礎ボルトの引張力及び基礎ボルトの断面積を用いて、以下の式により基礎ボルトの引張応力を算出する。

$$\sigma_{bt} = \frac{F_t}{A}$$

###### b. 基礎ボルトに発生するせん断応力の算出

「3. 地震応答解析」にて算出する基礎ボルトのせん断力及び基礎ボルトの断面積を用いて、以下の式により基礎ボルトのせん断応力を算出する。

$$\tau_b = \frac{F_s}{A}$$

## 5. 機能維持評価

### 5.1 基本方針

二酸化炭素供給選択弁ユニットは、別添 1-1 の「4.3 機能維持評価」に示す評価方針に従い、機能維持評価を実施する。

二酸化炭素供給選択弁ユニットの機能維持評価は、「5.2 評価対象部位」に示す評価対象部位が、「5.3 許容限界」に示す許容限界に収まることを、「5.4 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

### 5.2 評価対象部位

二酸化炭素供給選択弁ユニットの評価対象部位は、別添 1-1 の「4.3 機能維持評価」の評価方針に示すとおり、地震時及び地震後に動的機能の保持が必要な選択弁とする。

### 5.3 許容限界

二酸化炭素供給選択弁ユニットの許容限界は、別添 1-1 の「4.3 機能維持評価」に示す機能確認済加速度とする。

選択弁の機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 選択弁の機能確認済加速度 (単位： $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )

機器名称	方向	機能確認済加速度
選択弁	水平	4.00
	鉛直	2.00

### 5.4 評価方法

選択弁の機能維持評価は、別添 1-1 の「4.3 機能維持評価」に示す評価方針に従い、選択弁の評価用加速度が機能確認済加速度以下となることを確認する。

## 6. 評価条件

「4. 応力評価」及び「5. 機能維持評価」に用いる評価条件を以下に示す。

### 6.1 応力評価条件

#### 6.1.1 許容応力評価条件

二酸化炭素供給選択弁ユニットの許容応力評価条件を表 6-1 に示す。

表 6-1 二酸化炭素供給選択弁ユニットの許容応力評価条件

評価対象 部位	材 料	評価用温度 (°C)	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	F* (MPa)
ラック	SS400	40 (雰囲気温度)	245	400	280
基礎ボルト	SS400	40 (雰囲気温度)	245	400	280

#### 6.1.2 応力評価に用いる設計震度

二酸化炭素供給選択弁ユニットは、固有振動数が 20 Hz 以上で、剛構造であることを確認しているため、応力評価に用いる設計震度は、最大床加速度の 1.2 倍を使用する。

二酸化炭素供給選択弁ユニットの応力評価に用いる設計震度を表 6-2 に示す。

表 6-2 二酸化炭素供給選択弁ユニットの応力評価に用いる設計震度 (単位：ー)

項目	設計震度
水平方向設計震度	1.55
鉛直方向設計震度	1.17

## 6.2 機能維持評価条件

### 6.2.1 設計用地震力

選択弁の機能維持評価に用いる設計用地震力は、V-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」にて設定した床応答の作成方針に基づき、表3-1に示す条件により作成した設計用床応答曲線を使用する。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。

### 6.2.2 評価用加速度

選択弁の機能維持評価に用いる評価用加速度は、「6.2.1 設計用地震力」に示す設計用床応答曲線の最大床加速度を使用する。

選択弁の評価用加速度を表6-3に示す。

表 6-3 選択弁の評価用加速度 (単位： $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )

機器名称	方向	評価用加速度
選択弁	水平	1.29
	鉛直	0.98

## 7. 耐震評価結果

二酸化炭素供給選択弁ユニットの応力評価結果及び動的機能維持評価結果を表7-1及び表7-2に示す。

ラック及び基礎ボルトの発生応力は許容応力以下であり、選択弁の評価用加速度は機能確認済加速度以下である。

したがって、二酸化炭素供給選択弁ユニットは、地震時及び地震後においても、基準地震動 $S_s$ による地震力に対し、火災を早期に消火する機能を保持するため、耐震性を有する。

表 7-1 二酸化炭素供給選択弁ユニットの応力評価結果

(単位：MPa)

設備名称	評価部位	応力分類	発生応力	許容応力
二酸化炭素供給選択弁 ユニット	ラック	組合せ応力	64	280
	基礎ボルト	引張応力	15	210
		せん断応力	8	161

表 7-2 選択弁の動的機能維持評価結果

(単位 :  $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )

設備名称	機能確認済加速度との比較				
	加速度確認箇所	水平		鉛直	
		評価用加速度	機能確認済加速度	評価用加速度	機能確認済加速度
選択弁	加振台への取付位置	1.29	4.00	0.98	2.00

東海第二発電所工事計画審査資料	
資料番号	工認-879 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-別添1-9 二酸化炭素消火設備制御盤の耐震計算書

## 目次

1.	概要	1
2.	基本方針	2
2.1	位置	2
2.2	構造概要	2
2.3	評価方針	4
2.4	適用規格	4
3.	固有値解析	6
3.1	基本方針	6
3.2	解析方法	6
3.3	設計用地震力	6
3.4	固有値解析結果	7
4.	応力評価	8
4.1	基本方針	8
4.2	評価対象部位	8
4.3	荷重及び荷重の組合せ	8
4.4	評価方法	10
5.	機能維持評価	14
5.1	基本方針	14
5.2	評価対象部位	14
5.3	許容限界	14
5.4	評価方法	14
6.	評価条件	15
6.1	応力評価条件	15
6.2	機能維持評価条件	17
7.	耐震評価結果	18

## 1. 概要

本資料は、V-2-別添 1-1「火災防護設備の耐震計算の方針」（以下、「別添 1-1」という。）に示すとおり、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、二酸化炭素消火設備制御盤が、地震時及び地震後においても、火災を早期に感知する機能を保持するための耐震性を有することを確認するものである。

## 2. 基本方針

別添 1-1 の「2.1 評価対象設備」に示す二酸化炭素消火設備制御盤の構造計画を「2.1 位置」及び「2.2 構造概要」に示す。

### 2.1 位置

二酸化炭素消火設備制御盤は、火災が発生している火災区域又は火災区画からの火災の火炎及び熱による直接的な影響のみならず、煙、流出流体、爆発等の二次的影響を受けず、火災防護上重要な機器等及び重大事故等対処施設に悪影響を及ぼさないよう、消火対象となる火災区域又は火災区画とは別のエリアに設置する。

### 2.2 構造概要

二酸化炭素消火設備制御盤の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

機器名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
二酸化炭素 消火設備制 御盤	二酸化炭素 消火設備制 御盤	二酸化炭素消火 設備制御盤は、 基礎ボルトによ り、建屋躯体に 据え付ける。	<p>The diagram illustrates the installation of the CO2 fire extinguishing equipment control panel. The panel is shown as a rectangular unit mounted on a vertical building structure (建屋躯体). It is secured by foundation bolts (基礎ボルト) at the bottom. A coordinate system is provided, with the vertical direction (鉛直方向) pointing upwards and the horizontal direction (水平方向) pointing to the left.</p>

### 2.3 評価方針

二酸化炭素消火設備制御盤は、別添 1-1 の「4.2 応力評価」に示す応力評価の方針に従い、応力評価を実施する。

二酸化炭素消火設備制御盤の応力評価は、「3. 固有値解析」及び「4. 応力評価」に示す方法により、「6. 評価条件」に示す評価条件を用いて計算し、「7. 耐震評価結果」において二酸化炭素消火設備制御盤の評価対象部位に発生する応力が許容限界に収まることを確認する。

二酸化炭素消火設備制御盤は、別添 1-1 の「4.3 機能維持評価」に示す機能維持評価の方針に従い、電氣的機能維持評価を実施する。

二酸化炭素消火設備制御盤の電氣的機能維持評価は、「3. 固有値解析」及び「5. 機能維持評価」に示す方法により、「6. 評価条件」に示す評価条件を用い、「7. 耐震評価結果」において二酸化炭素消火設備制御盤の最大床加速度が機能確認済加速度を超えないことを確認する。

二酸化炭素消火設備制御盤の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

### 2.4 適用規格

適用する規格，基準等を以下に示す。

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

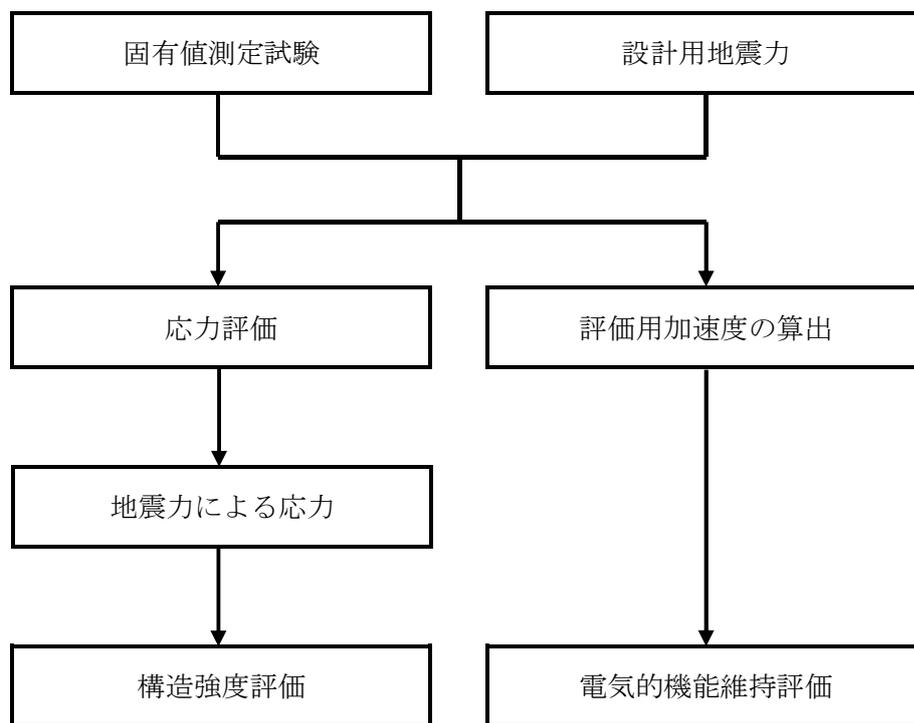


図 2-1 耐震評価フロー

### 3. 固有値解析

#### 3.1 基本方針

二酸化炭素消火設備制御盤は、別添 1-1 の「4.1 地震応答解析」に示す評価方針に従い、「3.2 解析方法」に示す方法により、「3.4 固有値解析結果」において二酸化炭素消火設備制御盤の固有振動数を評価する。

#### 3.2 解析方法

二酸化炭素消火設備制御盤は、二酸化炭素消火設備制御盤の設置状態を模擬し、正弦波掃引試験を実施する。

#### 3.3 設計用地震力

二酸化炭素消火設備制御盤の耐震計算に用いる入力地震力には、V-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」にて設定した床応答の作成方針に基づき、表 3-1 に示す条件により作成した設計用床応答曲線を使用する。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 3-1 設計用地震力

地震動	設置場所 及び 床面高さ (m)	設計用床応答曲線			備考
		建屋* 及び高さ (m)	方向	減衰 定数 (%)	
基準 地震動 S <sub>s</sub>	原子炉建屋 付属棟 EL. 2.00	原子炉建屋 EL. 8.20	水平	1.0	水平方向，鉛 直方向ともに S <sub>s</sub> -1~8 の 包絡曲線を用 いる。
		原子炉建屋 EL. 8.20	鉛直	1.0	

注記 \*：二酸化炭素消火設備制御盤は、壁掛形のため、設置床上階の設計用床応答曲線を用いる。

### 3.4 固有値解析結果

二酸化炭素消火設備制御盤の固有値解析結果を表 3-2 に示す。

表 3-2 より、二酸化炭素消火設備制御盤の固有振動数は、20 Hz 以上であることを確認した。

表 3-2 固有値解析結果 (単位 : Hz)

機器名称	固有振動数
二酸化炭素消火設備制御盤	20 以上

## 4. 応力評価

### 4.1 基本方針

二酸化炭素消火設備制御盤は、別添 1-1 の「4.2 応力評価」に示す評価方針に従い、応力評価を実施する。

二酸化炭素消火設備制御盤の応力評価は、「4.2 評価対象部位」に示す評価対象部位が、「4.3 荷重及び荷重の組合せ」に示す荷重及び荷重の組合せに対し「4.3.3 許容応力」に示す許容限界に収まることを、「4.4 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

### 4.2 評価対象部位

二酸化炭素消火設備制御盤の評価対象部位は、別添 1-1 の「3.2 許容限界」に示すとおり、評価対象部位である基礎ボルトとする。

### 4.3 荷重及び荷重の組合せ

応力評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、別添 1-1 の「3.1 荷重及び荷重の組合せ」に示す荷重及び荷重の組合せを使用する。

#### 4.3.1 荷重の種類

応力評価に用いる荷重は、以下の荷重を使用する。

##### (1) 死荷重(D)

死荷重は、固定金具等を含めた二酸化炭素消火設備制御盤の自重とする。

##### (2) 地震荷重( $S_s$ )

地震荷重は、基準地震動  $S_s$  による地震力とする。

#### 4.3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態

応力評価に用いる荷重の組合せ及び許容応力状態は、二酸化炭素消火設備制御盤の評価対象部位ごとに設定する。荷重の組合せ及び許容応力状態を表 4-1 に示す。

#### 4.3.3 許容応力

二酸化炭素消火設備制御盤の基礎ボルトの許容応力を表 4-2 に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電 用原子炉の 附属施設	火災防護 設備	二酸化炭素消火設備制 御盤	C (S <sub>s</sub> 機能維持)	-*	D + S <sub>s</sub>	IV <sub>A</sub> S

注記 \*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

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（ボルト等）*1, *2	
	一次応力	
	引張り	せん断
IV <sub>A</sub> S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

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

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

#### 4.4 評価方法

二酸化炭素消火設備制御盤の応力評価は、「4.4.2 応力評価モデル及び評価式」に示す評価式より評価対象部位である基礎ボルトの発生応力を計算し、許容応力以下となることを次のとおり確認する。

- ・ 応力評価モデルは1質点系モデルとし、設備の重心位置に地震荷重が作用するものとする。
- ・ 許容応力について J SME S NC 1-2005/2007 の付録材料図表を用いて計算する際に、温度が図表記載温度の中間の値の場合は、比例法を使用して計算する。ただし、比例法を用いる場合の端数処理は、小数第1位以下を切り捨てた値を使用するものとする。
- ・ 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

##### 4.4.1 記号の定義

基礎ボルトの応力評価に用いる記号の定義を表4-3に示す。

表 4-3 応力評価に用いる記号の定義

記号	記号の説明	単位
$A_b$	ボルトの軸断面積	$\text{mm}^2$
$C_H$	水平方向設計震度	—
$C_V$	鉛直方向設計震度	—
$d$	ボルトの呼び径	mm
$F_b$	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盤取付面に対し左右方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力 (1 本当たり) (壁掛形)	N
$F_{b2}$	鉛直方向地震及び壁掛盤取付面に対し前後方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力 (1 本当たり) (壁掛形)	N
$g$	重力加速度 (=9.80665)	$\text{m/s}^2$
$h_1$	取付面から重心までの距離	mm
$l_1$	重心と下側ボルト間の鉛直方向距離 (壁掛形)	mm
$l_2$	上側ボルトと下側ボルト間の鉛直方向距離 (壁掛形)	mm
$l_3$	左側ボルトと右側ボルト間の水平方向距離 (壁掛形)	mm
$m$	盤の質量	kg
$n$	ボルトの本数	—
$n_{fV}$	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 (鉛直方向) (壁掛形)	—
$n_{fH}$	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 (水平方向) (壁掛形)	—
$Q_b$	ボルトに作用するせん断力	N
$Q_{b1}$	水平方向地震によりボルトに作用するせん断力 (壁掛形)	N
$Q_{b2}$	鉛直方向地震によりボルトに作用するせん断力 (壁掛形)	N
$\pi$	円周率	—
$\sigma_b$	ボルトに生じる引張応力	MPa
$\tau_b$	ボルトに生じるせん断応力	MPa

#### 4.4.2 応力評価モデル及び評価式

応力評価モデルは、1 質点系モデルであり、二酸化炭素消火設備制御盤の重心位置に地震荷重が作用するものとする。

二酸化炭素消火設備制御盤は、「2.2 構造概要」の表 2-1 に示すとおり、基礎ボルトにより据え付けるため、基礎ボルトの応力評価モデル及び評価式にて評価する。

##### (1) 応力評価

「6. 評価条件」に示す評価条件を用いて、以下の式により壁掛形における基礎ボルトの発生応力を算出する。

壁掛形における基礎ボルトの応力評価モデルを図 4-1 に示す。

##### a. 引張応力計算

基礎ボルトに対する引張力は、最も厳しい条件として、図 4-1 で最外列のボルトを支点とする転倒を考え、これを片側の最外列のボルトで受けるものとして計算する。

##### (a) 引張力

イ. 水平方向転倒による引張力 ( $F_{b1}$ )

$$F_{b1} = \frac{m \cdot (1 + C_V) \cdot h_1 \cdot g}{n_{fV} \cdot \ell_2} + \frac{m \cdot C_H \cdot h_1 \cdot g}{n_{fH} \cdot \ell_3} \quad \dots (4.4.2.1)$$

ロ. 鉛直方向転倒による引張力 ( $F_{b2}$ )

$$F_{b2} = \frac{m \cdot (1 + C_V) \cdot h_1 \cdot g + m \cdot C_H \cdot \ell_1 \cdot g}{n_{fV} \cdot \ell_2} \quad \dots (4.4.2.2)$$

ハ. 基礎ボルトに作用する引張力 ( $F_b$ )

$$F_b = \text{Max} (F_{b1}, F_{b2}) \quad \dots (4.4.2.3)$$

##### (b) 引張応力

イ. 基礎ボルトに生じる引張応力 ( $\sigma_b$ )

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b} \quad \dots (4.4.2.4)$$

ロ. ボルトの軸断面積 ( $A_b$ )

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \quad \dots (4.4.2.5)$$

b. せん断応力計算

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。

(a) せん断力

イ. 水平方向のせん断力 ( $Q_{b1}$ )

$$Q_{b1} = m \cdot C_H \cdot g \quad \dots \dots \dots (4.4.2.6)$$

ロ. 鉛直方向のせん断力 ( $Q_{b2}$ )

$$Q_{b2} = m \cdot (1 + C_V) \cdot g \quad \dots \dots \dots (4.4.2.7)$$

ハ. 基礎ボルトに作用するせん断力 ( $Q_b$ )

$$Q_b = \sqrt{(Q_{b1})^2 + (Q_{b2})^2} \quad \dots \dots \dots (4.4.2.8)$$

(b) せん断応力

イ. 基礎ボルトに生じるせん断応力 ( $\tau_b$ )

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n \cdot A_b} \quad \dots \dots \dots (4.4.2.9)$$

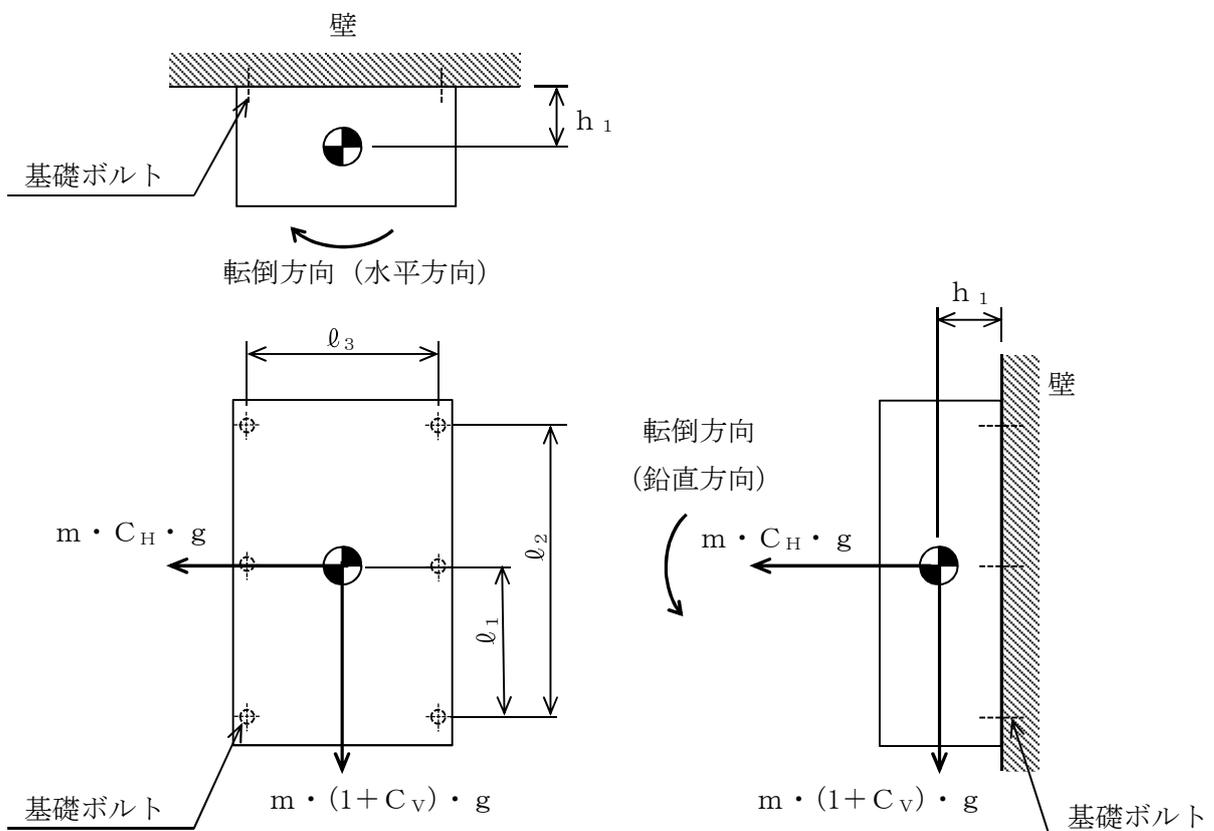


図 4-1 壁掛形の応力評価モデル

## 5. 機能維持評価

### 5.1 基本方針

二酸化炭素消火設備制御盤は、別添 1-1 の「4.3 機能維持評価」に示す評価方針に従い、機能維持評価を実施する。

二酸化炭素消火設備制御盤の機能維持評価は、「5.2 評価対象部位」に示す評価対象部位が「5.3 許容限界」に示す許容限界に収まることを「5.4 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

### 5.2 評価対象部位

二酸化炭素消火設備制御盤の評価対象部位は、別添 1-1 の「4.3 機能維持評価」の評価方針に示すとおり、地震時及び地震後に電氣的機能の保持が必要な二酸化炭素消火設備制御盤本体とする。

### 5.3 許容限界

二酸化炭素消火設備制御盤の許容限界は、別添 1-1 の「4.3 機能維持評価」に示す機能確認済加速度とする。

二酸化炭素消火設備制御盤の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 (単位： $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )

機器名称	方向	機能確認済加速度
二酸化炭素消火設備制御盤	水平	4.00
	鉛直	3.00

### 5.4 評価方法

二酸化炭素消火設備制御盤の機能維持評価は、別添 1-1 の「4.3 機能維持評価」に示す評価方針に従い、二酸化炭素消火設備制御盤の評価用加速度が機能確認済加速度以下となることを確認する。

## 6. 評価条件

「4. 応力評価」及び「5. 機能維持評価」に用いる評価条件を以下に示す。

### 6.1 応力評価条件

#### 6.1.1 設計用地震力

二酸化炭素消火設備制御盤の耐震計算に用いる入力地震力には、V-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」にて設定した床応答の作成方針に基づき、表3-1に示す条件により作成した設計用床応答曲線を使用する。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。

#### 6.1.2 許容応力評価条件

二酸化炭素消火設備制御盤における基礎ボルトの許容応力評価条件を表6-1に示す。

表6-1 許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価対象 部位	材料	温度条件 (°C)	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
基礎ボルト	SS400	40 (雰囲気温度)	245	400	—	280

#### 6.1.3 応力評価モデルの諸元及び応力評価に用いる設計震度

二酸化炭素消火設備制御盤及び固定金具は、固有振動数が20 Hz以上で、剛構造であることを確認しているため、二酸化炭素消火設備制御盤における基礎ボルトの応力評価に用いる設計震度は、最大床加速度の1.2倍を使用する。

二酸化炭素消火設備制御盤における基礎ボルトの応力評価モデルの諸元を表6-2に、応力評価に用いる設計震度を表6-3に示す。

表 6-2 応力評価モデルの諸元

項目	記号	単位	入力値
ボルトの軸断面積	$A_b$	$\text{mm}^2$	113.1
ボルトの呼び径	$d$	mm	12
重力加速度	$g$	$\text{m/s}^2$	9.80665
取付面から重心までの距離	$h_1$	mm	145
重心と下側ボルト間の鉛直方向距離 (壁掛形)	$l_1$	mm	400
上側ボルトと下側ボルト間の鉛直方向距離 (壁掛形)	$l_2$	mm	830
左側ボルトと右側ボルト間の水平方向距離 (壁掛形)	$l_3$	mm	440
盤の質量	$m$	kg	84
ボルトの本数	$n$	—	6
評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 (鉛直方向) (壁掛形)	$n_{fV}$	—	2
評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 (水平方向) (壁掛形)	$n_{fH}$	—	3

表 6-3 応力評価に用いる設計震度 (単位: —)

項目	記号	設計震度
水平方向設計震度	$C_H$	1.10
鉛直方向設計震度	$C_V$	0.96

## 6.2 機能維持評価条件

### 6.2.1 設計用地震力

二酸化炭素消火設備制御盤の機能維持評価に用いる設計用地震力は、「6.1.1 設計用地震力」に示す。

### 6.2.2 評価用加速度

二酸化炭素消火設備制御盤の機能維持評価に用いる評価用加速度は、「6.2.1 設計用地震力」に示す設計用床応答曲線の最大床加速度を使用する。

二酸化炭素消火設備制御盤の評価用加速度を表 6-4 に示す。

表 6-4 評価用加速度 (単位:  $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )

機器名称	方向	評価用加速度
二酸化炭素消火設備制御盤	水平	0.92
	鉛直	0.80

## 7. 耐震評価結果

二酸化炭素消火設備制御盤の応力評価結果及び電氣的機能維持評価結果を表 7-1 及び表 7-2 に示す。

基礎ボルトの発生応力は許容応力以下であり、二酸化炭素消火設備制御盤の評価用加速度は、機能確認済加速度以下である。

したがって、二酸化炭素消火設備制御盤は、地震時及び地震後においても、基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、火災を早期に感知する機能を保持するため、耐震性を有する。

表 7-1 応力評価結果

(単位 : MPa)

機器名称	評価部位	応力分類	発生応力	許容応力
二酸化炭素消火設備制御盤	基礎ボルト	引張応力	4	210
		せん断応力	3	161

表 7-2 電氣的機能維持評価結果

(単位 :  $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )

機器名称	機能確認済加速度との比較				
	加速度確認箇所	水平		鉛直	
		評価用加速度	機能確認済加速度	評価用加速度	機能確認済加速度
二酸化炭素消火設備制御盤	加振台への取付位置	0.92	4.00	0.80	3.00

東海第二発電所工事計画審査資料	
資料番号	工認-880 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-別添1-11 火災防護設備の水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価

## 目次

1. 概要	1
2. 火災感知設備及び消火設備に関する影響評価	2
2.1 基本方針	2
2.2 評価条件及び評価方法	2

## 1. 概要

本資料は、別添1-1「火災防護設備の耐震計算の方針」の「2. 耐震評価の基本方針」に基づき、火災感知設備及び消火設備について、基準地震動 $S_s$ による地震力に対する耐震性を確認しているため、動的地震力の水平2方向及び鉛直方向の組合せに関する影響評価について説明するものである。

## 2. 火災感知設備及び消火設備に関する影響評価

### 2.1 基本方針

火災感知設備及び消火設備に関する、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価については、V-2-1-8「水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針」の「4.2 機器・配管系」の評価方針及び評価方法を踏まえて、構造上の特徴を踏まえた抽出を行い、設備が有する耐震性に及ぼす影響を評価する。

### 2.2 評価条件及び評価方法

V-2-1-8「水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針」の「4. 各施設における水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方針」を踏まえて、基準地震動 $S_s$ による地震力に対して耐震評価を実施する設備のうち、従来の設計手法における水平1方向及び鉛直方向地震力の組み合わせた耐震計算（以下「従来の計算」という。）に対して、設備の構造特性から水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の可能性のあるものを抽出し、設備が有する耐震性に及ぼす影響を評価する。

#### (1) 評価対象となる設備の整理

火災感知設備及び消火設備のうち、基準地震動 $S_s$ による地震力に対してその機能が保持できることを確認する設備を評価対象とする。

#### (2) 構造上の特徴による抽出

構造上の特徴から水平2方向の地震力が重複する観点にて検討を行い、水平2方向地震力による影響の可能性のある設備を抽出する。

#### (3) 発生値の増分による抽出

水平2方向の地震力による影響の可能性のある設備に対して、水平2方向の地震力が各方向1:1で入力された場合に各部にかかる荷重や応力等を求め、従来の水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せによる設計に対して、水平2方向及び鉛直方向地震力を考慮した発生値の増分を用いて影響を検討し、耐震性への影響が懸念される設備を抽出する。

#### (4) 水平2方向及び鉛直方向地震力の影響評価

上記の検討において算出された荷重や応力等を用いて、設備が有する耐震性への影響を検討する。

本資料のうち、枠囲みの内容は、  
営業秘密又は防護上の観点から  
公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-867 改0
提出年月日	平成30年6月29日

#### V-2-8-4-4 中央制御室待避室遮蔽の耐震性についての計算書

## 目次

1.	概要	1
2.	設計方針	1
2.1	設計条件	1
3.	基本事項	3
3.1	適用法令等	3
3.2	使用材料及び材料の許容応力度	3
3.3	設計荷重	4
4.	床スラブの設計	5
4.1	モデル化の基本方針	5
4.2	評価結果	6
5.	遮蔽壁の設計	7
5.1	モデル化の基本方針	7
5.2	評価結果	7

1. 概要

本資料は、中央制御室待避室の遮蔽壁が、地震荷重に対して短期許容応力度以下であることを確認するための計算方法及び結果について示すものである。

2. 設計方針

2.1 設計条件

遮蔽壁に作用する地震荷重は、後施工鉄筋を介して既設のコンクリート床スラブやコンクリート壁に伝達されることから、地震荷重に対する評価対象部位は、コンクリート壁、コンクリート床スラブ及び後施工鉄筋とする。

図 2-1 に中央制御室待避室の遮蔽壁設置状況の概要図を示す。

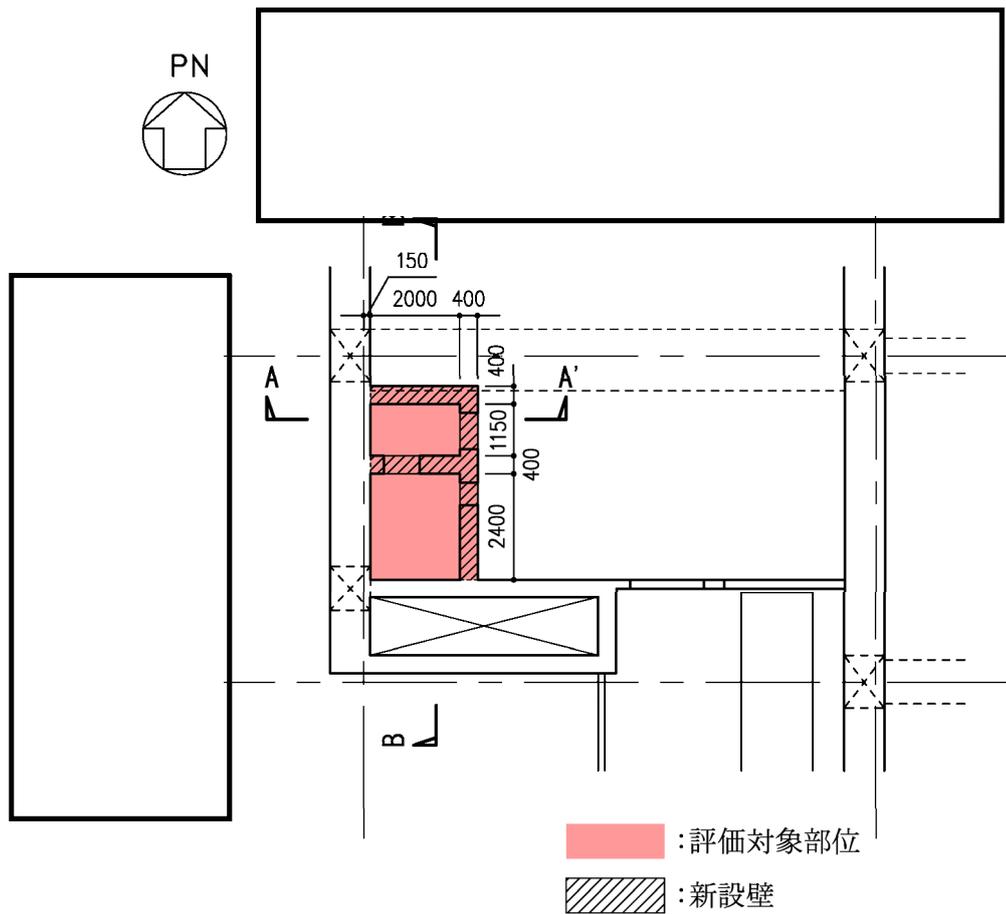


図 2-1 (1/2) 中央制御室待避室 遮蔽壁設置概要図 (単位: mm)

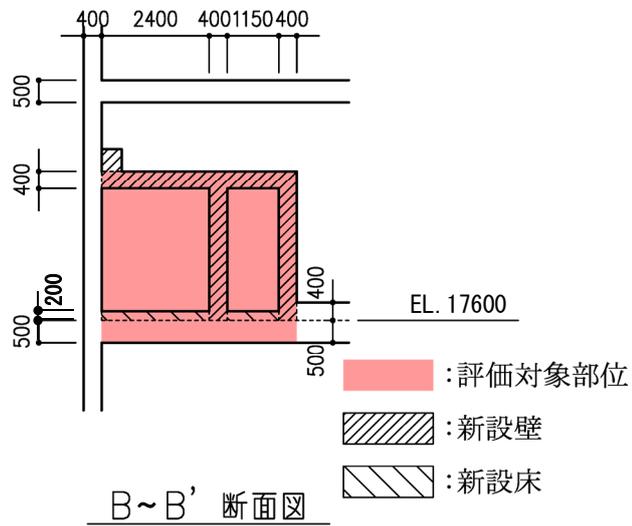
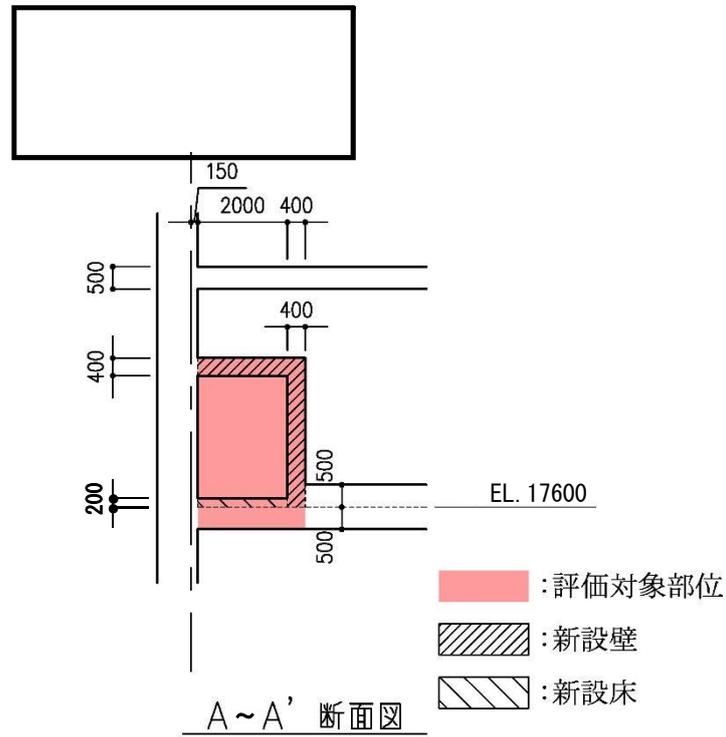


図 2-1 (2/2) 中央制御室待避室 遮蔽壁設置概要図 (単位: mm)

### 3. 基本事項

#### 3.1 適用法令等

検討は以下の関連諸法規，規準及び規格に準拠する。

- (1) 建築基準法及び同施行令
- (2) 原子力発電所耐震設計技術規程（J E A C 4 6 0 1 -2008）（日本電気協会）
- (3) 鉄筋コンクリート構造計算規準・同基準（日本建築学会 2010年改定）
- (4) 原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同基準（日本建築学会 2005年改定）
- (5) 各種合成構造設計指針・同解説（日本建築学会 2010年改定）
- (6) 2015年版 建築物の構造関係技術基準解説書

#### 3.2 使用材料及び材料の許容応力度

使用材料の許容応力度を表3-1，表3-2にそれぞれ示す。

表3-1 コンクリートの許容応力度（単位：N/mm<sup>2</sup>）

種別	Fc	長期		短期	
		圧縮	せん断	圧縮	せん断
普通コンクリート	22.1	7.3	0.71	14.6	1.06

表3-2 鉄筋の許容応力度（単位：N/mm<sup>2</sup>）

種別	呼び名	長期		短期	
		引張り及び 圧縮	せん断	引張り及び 圧縮	せん断
SD295A	D10～D16	195	195	295	295
SD345	D19～D25	215	195	345	345
SD345	D29～D38	195	195	345	345

### 3.3 設計荷重

検討に当たっては、以下の荷重を考慮する。

- a. 固定荷重 (DL)  
コンクリート厚さ  $t$  に応じ  $(24 \times t)$   $\text{kN/m}^2$  とする。
- b. 積載荷重 (LL)  
 $9.5 \text{ kN/m}^2$  とする。
- c. 配管荷重 (PL)  
 $3.0 \text{ kN/m}^2$  とする。
- d. 地震荷重 (Ss)

基準地震動  $S_s$  による地震応答解析によって求めた該当階の最大せん断ひずみから求められるせん断応力度を、図 3-1 はせん断応力度-せん断ひずみ関係のグラフを、表 3-3 には地震応答解析より求められるせん断応力度・せん断ひずみ表を示す。

また、基準地震動  $S_s$  による地震応答解析によって求めた該当階の鉛直震度は  $K_v=0.84$  である。

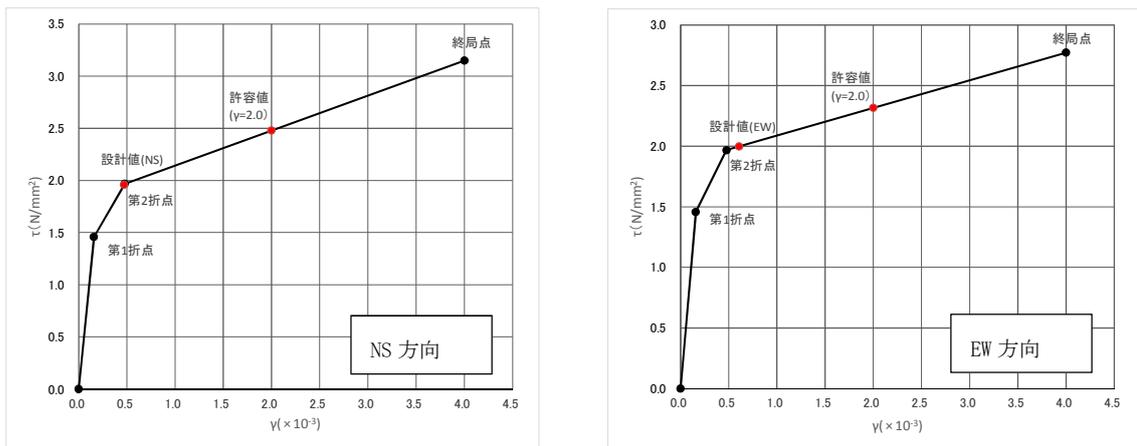


図 3-1 遮蔽壁の  $\tau - \gamma$  関係

表 3-3 地震応答解析より求められるせん断応力度・せん断ひずみ

設置階 EL. (m)	最大せん断ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )		最大せん断応力度 ( $\text{N/mm}^2$ )	
	NS 方向	EW 方向	NS 方向	EW 方向
17.6	0.471	0.607	1.96	2.00

#### 4. 床スラブの設計

##### 4.1 モデル化の基本方針

スラブにおいて、壁及び梁で囲まれた範囲のうち鉛直地震動による影響に対する対象として、  
 図4-1に示す範囲をモデル化する。

スラブの解析モデルは、3辺固定スラブとして評価する。スラブの解析モデルを図4-2示す。

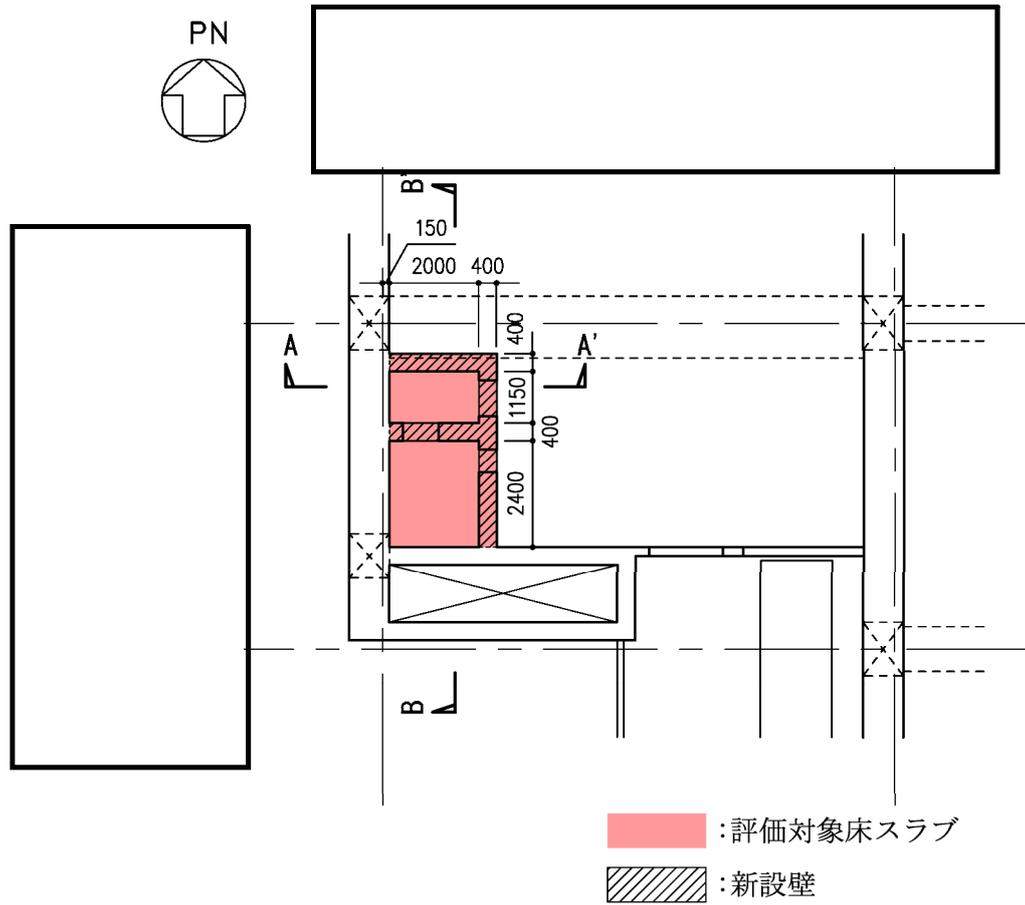


図4-1 床スラブ評価対象範囲図 (単位: mm)

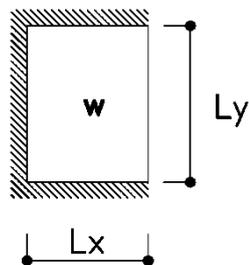


図4-2 床スラブ解析モデル

#### 4.2 評価結果

地震時における床スラブの評価結果を以下に示す。

地震時の評価として、鉛直地震荷重に対する床スラブ発生応力を算出し、短期許容応力以下であることを確認する。

地震時の評価結果を表 4-1 に示す。

表 4-1 地震時の床スラブ評価結果

評価対象部位	材料	発生応力		許容応力
床スラブ	SD345	短辺曲げ (kNm)	427.6	709.5
	SD345	長辺曲げ (kNm)	451.3	473.0
	Fc22.1	短辺せん断 (kN)	805.4	1537.3
	Fc22.1	長辺せん断 (kN)	701.8	1049.0

## 5. 遮蔽壁の設計

### 5.1 モデル化の基本方針

基準地震動  $S_s$  による地震応答解析によって求めた該当階のせん断力が、各方向の遮蔽壁に作用するものとする。各方向の考慮する遮蔽壁を図 5-1 に示す。

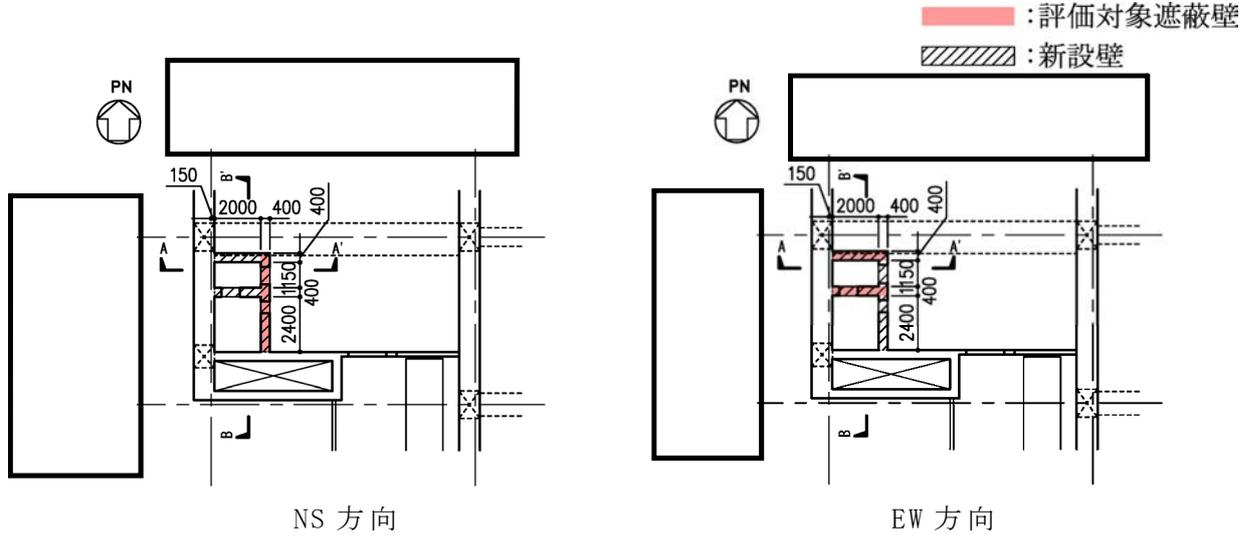


図 5-1 遮蔽壁の検討対象部位 (単位: mm)

### 5.2 評価結果

地震時における遮蔽壁の評価結果を以下に示す。

地震時の評価として、水平及び鉛直地震荷重に対する遮蔽壁の発生応力を算出し、短期許容応力以下であることを確認する。

地震時の評価結果を表 5-1 に示す。

表 5-1 地震時の遮蔽壁評価結果

評価対象部位	方向	材料	せん断 断面積 (m <sup>2</sup> )	発生応力		許容応力
				せん断 (kN)		
遮蔽壁	NS	SD345	1.212	せん断 (kN)	2375.6	3535.6
	EW	SD345	1.600	せん断 (kN)	3200.0	3869.1

本資料のうち、枠囲みの内容は、  
営業秘密又は防護上の観点から  
公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-868 改0
提出年月日	平成30年6月29日

#### V-2-8-4-6 第二弁操作室遮蔽の耐震性についての計算書

## 目次

1.	概要	1
2.	設計方針	1
2.1	設計条件	1
3.	基本事項	3
3.1	適用法令等	3
3.2	使用材料及び材料の許容応力度	3
3.3	設計荷重	4
4.	床スラブの設計	5
4.1	モデル化の基本方針	5
4.2	評価結果	6
5.	遮蔽壁の設計	7
5.1	モデル化の基本方針	7
5.2	評価結果	7

1. 概要

本資料は、第二弁操作室の遮蔽壁が、地震荷重に対して短期許容応力度以下であることを確認するための計算方法及び結果について示すものである。

2. 設計方針

2.1 設計条件

遮蔽壁に作用する地震荷重は、後施工鉄筋を介して既設のコンクリート床スラブやコンクリート壁に伝達されることから、地震荷重に対する評価対象部位は、コンクリート壁、コンクリート床スラブ及び後施工鉄筋とする。

図 2-1 に第二弁操作室の遮蔽壁設置状況の概要図を示す。

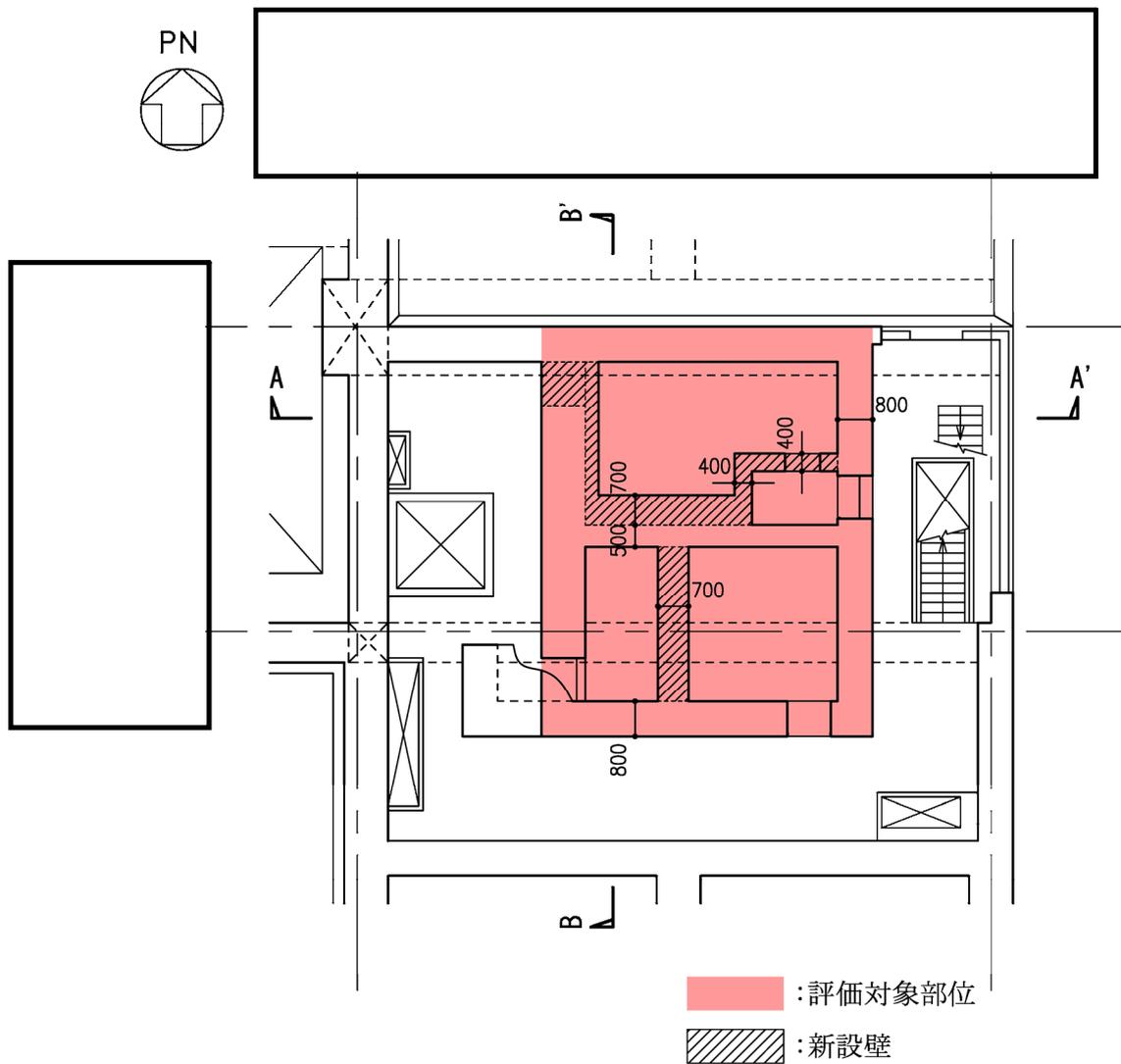


図 2-1 (1/2) 第二弁操作室 遮蔽壁設置概要図 (単位: mm)

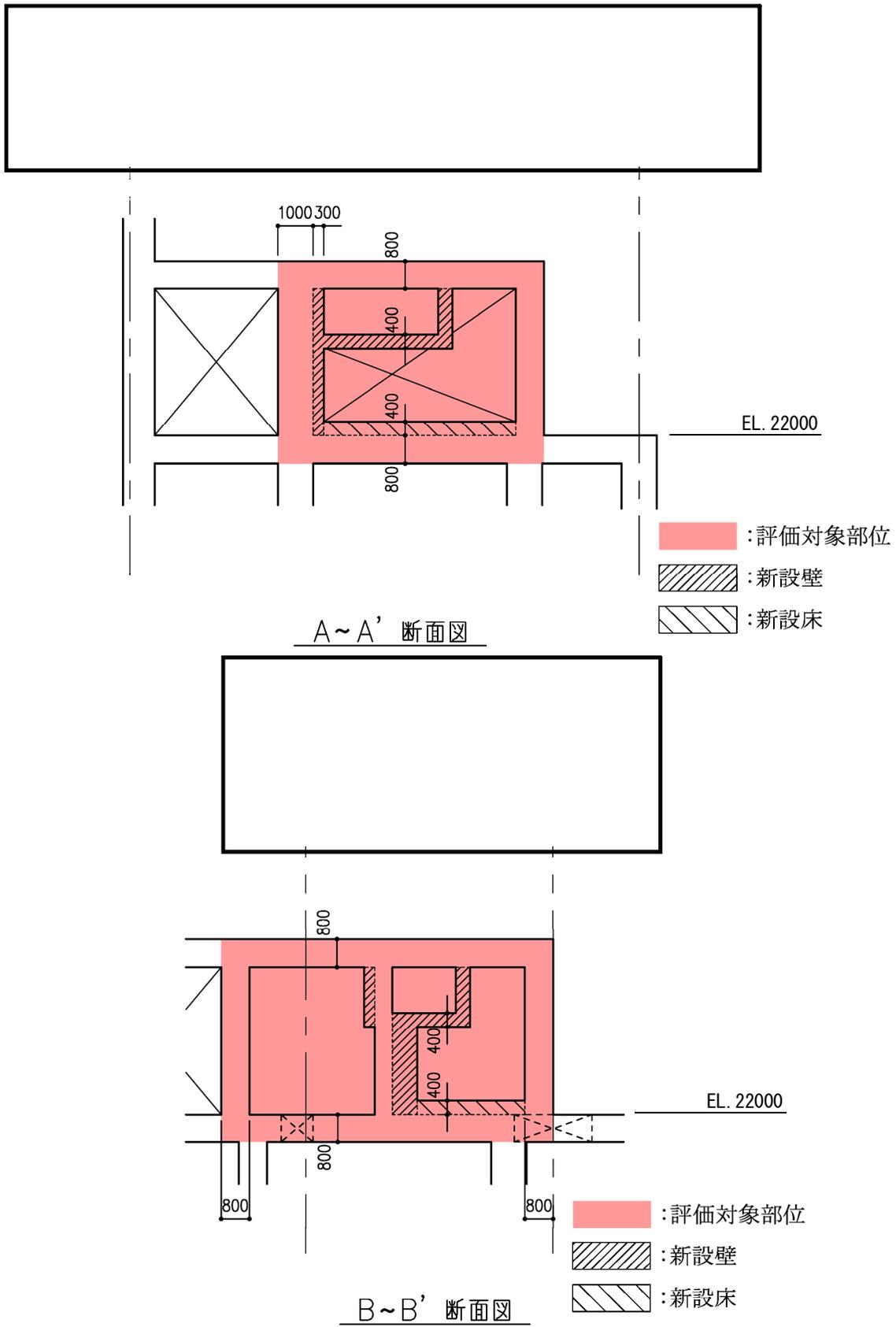


图 2-1 (2/2) 第二弁操作室 遮蔽壁設置概要図 (单位: mm)

### 3. 基本事項

#### 3.1 適用法令等

検討は以下の関連諸法規，規準及び規格に準拠する。

- (1) 建築基準法及び同施行令
- (2) 原子力発電所耐震設計技術規程（J E A C 4 6 0 1 -2008）（日本電気協会）
- (3) 鉄筋コンクリート構造計算規準・同基準（日本建築学会 2010年改定）
- (4) 原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同基準（日本建築学会 2005年改定）
- (5) 各種合成構造設計指針・同解説（日本建築学会 2010年改定）
- (6) 2015年版 建築物の構造関係技術基準解説書

#### 3.2 使用材料及び材料の許容応力度

使用材料の許容応力度を表3-1，表3-2にそれぞれ示す。

表3-1 コンクリートの許容応力度（単位：N/mm<sup>2</sup>）

種別	Fc	長期		短期	
		圧縮	せん断	圧縮	せん断
普通コンクリート	22.1	7.3	0.71	14.6	1.06

表3-2 鉄筋の許容応力度（単位：N/mm<sup>2</sup>）

種別	呼び名	長期		短期	
		引張り及び 圧縮	せん断	引張り及び 圧縮	せん断
SD295A	D10～D16	195	195	295	295
SD345	D19～D25	215	195	345	345
SD345	D29～D38	195	195	345	345

### 3.3 設計荷重

検討に当たっては、以下の荷重を考慮する。

- a. 固定荷重 (DL)  
コンクリート厚さ  $t$  に応じ  $(24 \times t)$   $\text{kN/m}^2$  とする。
- b. 積載荷重 (LL)  
 $9.5 \text{ kN/m}^2$  とする。
- c. 配管荷重 (PL)  
 $3.0 \text{ kN/m}^2$  とする。
- d. 地震荷重 (Ss)

基準地震動  $S_s$  による地震応答解析によって求めた該当階の最大せん断ひずみから求められるせん断応力度を図 3-1 はせん断応力度-せん断ひずみ関係のグラフを、表 3-3 には地震応答解析より求められるせん断応力度・せん断ひずみ表を示す。

また、基準地震動  $S_s$  による地震応答解析によって求めた該当階の鉛直震度は  $K_v=0.84$  である。

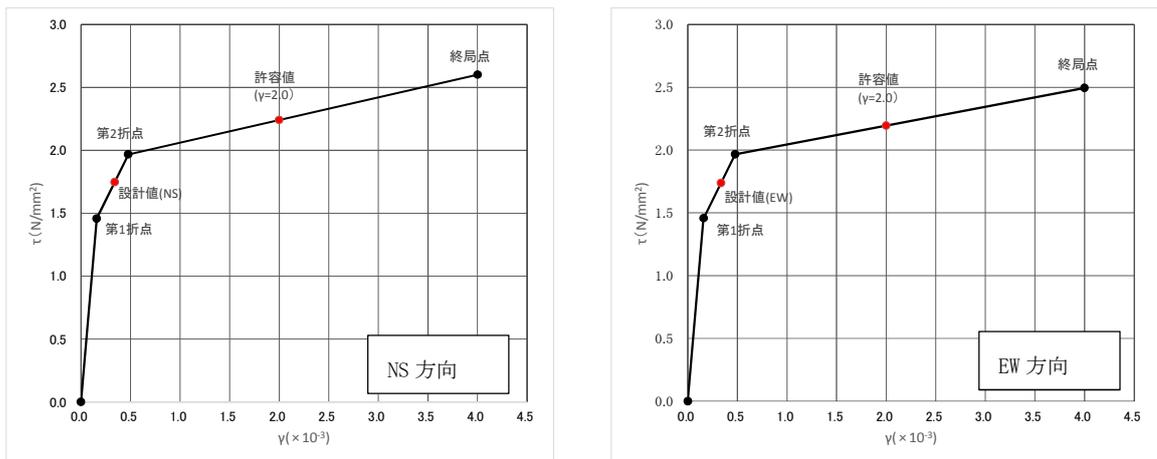


図 3-1 遮蔽壁の  $\tau - \gamma$  関係

表 3-3 地震応答解析より求められるせん断応力度・せん断ひずみ

設置階 EL. (m)	最大せん断ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )		最大せん断応力度 ( $\text{N/mm}^2$ )	
	NS 方向	EW 方向	NS 方向	EW 方向
22.0	0.340	0.335	1.75	1.74

#### 4. 床スラブの設計

##### 4.1 モデル化の基本方針

スラブにおいて、壁及び梁で囲まれた範囲のうち鉛直地震動による影響に対する対象として、  
 図4-1に示す範囲をモデル化する。

スラブの解析モデルは、4辺固定スラブとして評価する。スラブの解析モデルを図4-2示す。

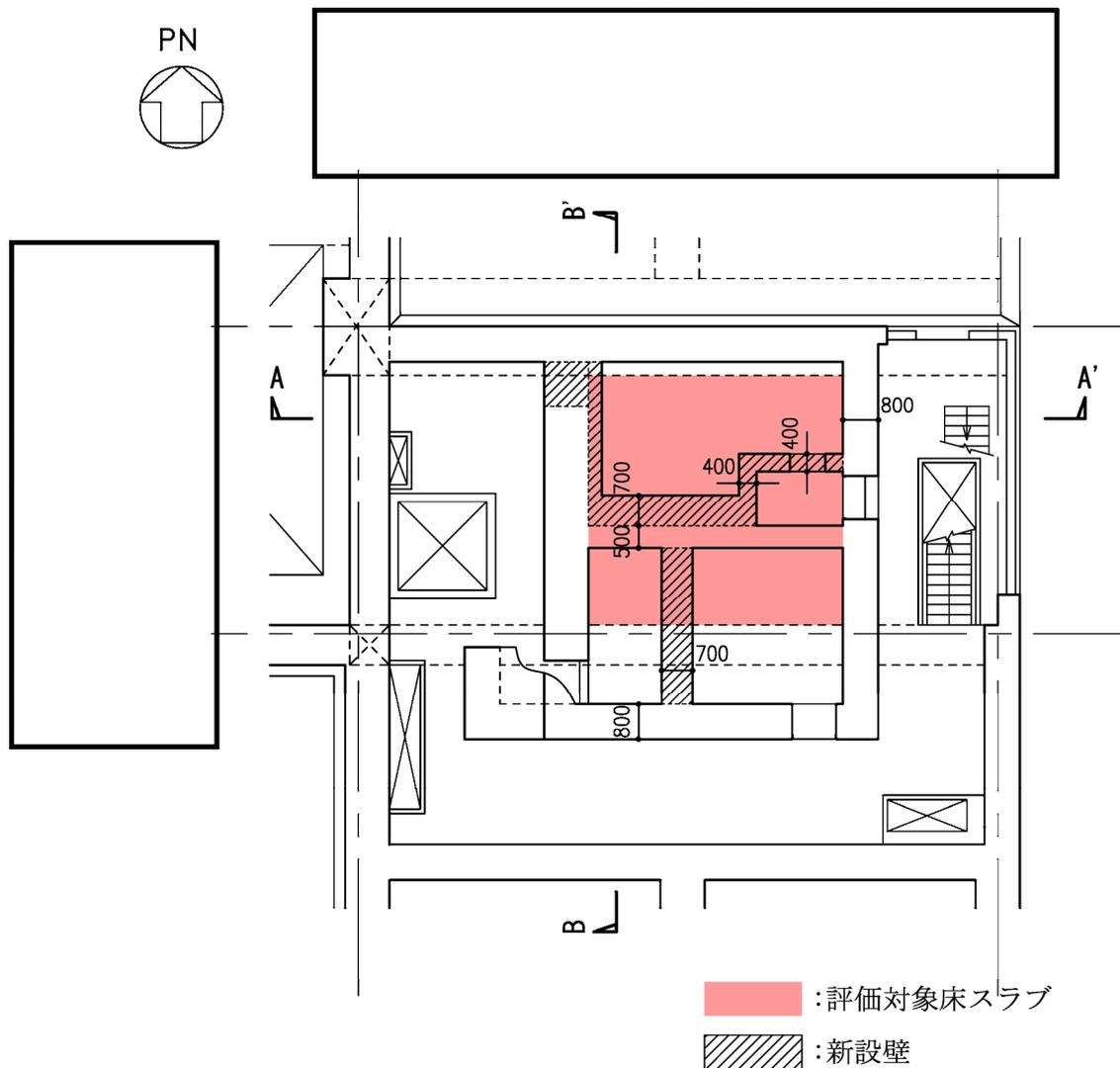


図4-1 床スラブ評価対象範囲図 (単位: mm)

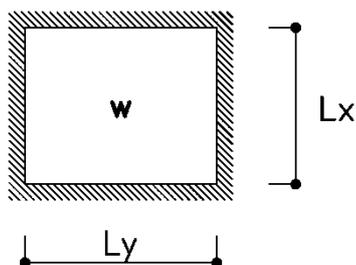


図4-2 床スラブ解析モデル

#### 4.2 評価結果

地震時における床スラブの評価結果を以下に示す。

地震時の評価として、鉛直地震荷重に対する床スラブ発生応力を算出し、短期許容応力以下であることを確認する。

地震時の評価結果を表 4-1 に示す。

表 4-1 地震時の床スラブ評価結果

評価対象部位	材料	発生応力		許容応力
床スラブ	SD345	短辺曲げ (kNm)	836.0	1692.8
	SD345	長辺曲げ (kNm)	656.0	1047.9
	Fc22.1	短辺せん断 (kN)	1595.6	2783.8
	Fc22.1	長辺せん断 (kN)	1402.4	1843.1

## 5. 遮蔽壁の設計

### 5.1 モデル化の基本方針

基準地震動  $S_s$  による地震応答解析によって求めた該当階のせん断力が、各方向の遮蔽壁に作用するものとする。各方向の考慮する遮蔽壁を図 5-1 に示す。

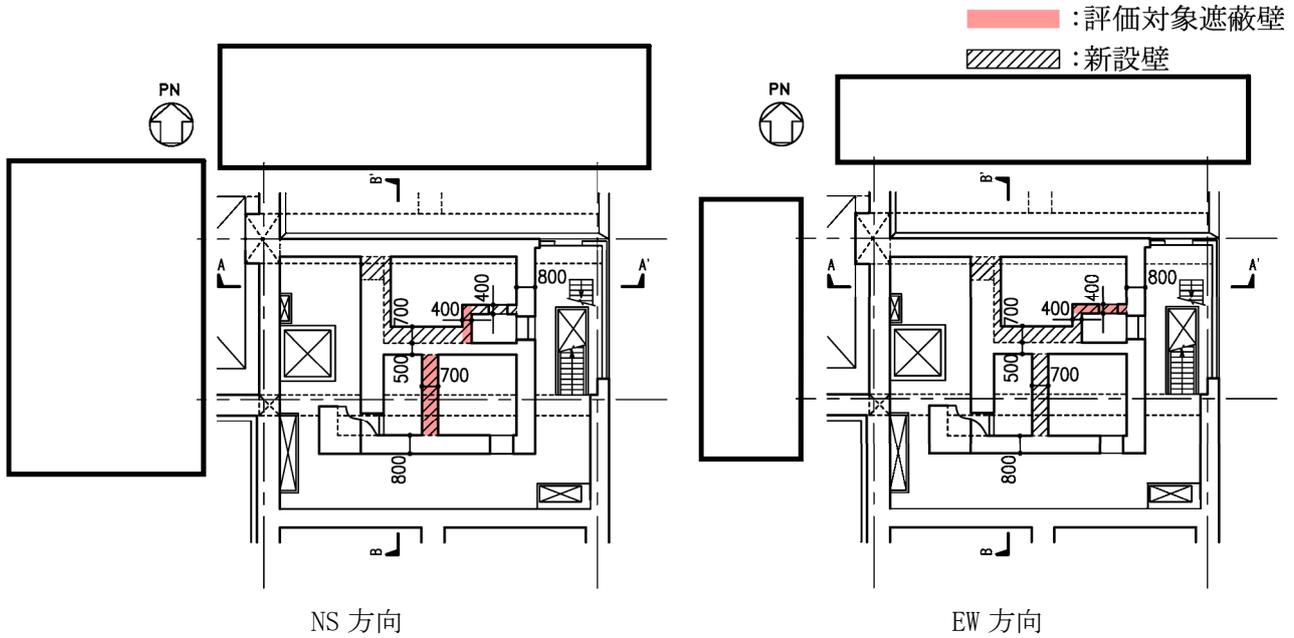


図 5-1 遮蔽壁の検討対象部位 (単位: mm)

### 5.2 評価結果

地震時における遮蔽壁の評価結果を以下に示す。

地震時の評価として、水平及び鉛直地震荷重に対する遮蔽壁の発生応力を算出し、短期許容応力以下であることを確認する。

地震時の評価結果を表 5-1 に示す。

表 5-1 地震時の遮蔽壁評価結果

評価対象部位	方向	材料	せん断面積 (m <sup>2</sup> )	発生応力		許容応力
				せん断 (kN)	せん断 (kN)	
遮蔽壁	NS	SD345	3.145	5503.8		6165.6
	EW	SD345	0.460	800.4		1734.4

本資料のうち、枠囲みの内容は営業秘密  
又は防護上の観点から公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-248 改2
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-10-2-5-7 格納容器圧力逃がし装置格納槽点検用

水密ハッチの耐震性についての計算書

## 目次

1. 概要	1
2. 基本方針	1
2.1 位置	1
2.2 構造概要	3
2.3 評価方針	3
2.4 適用規格	3
3. 耐震評価箇所	4
4. 固有値解析	4
4.1 基本方針	4
4.2 固有振動数の計算方法	5
4.3 固有値解析結果	6
5. 応力評価	6
5.1 基本方針	6
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	6
5.3 設計用地震力	8
5.4 応力評価方法	8
5.5 応力評価条件	9
6. 評価結果	9

## 1. 概要

本資料は、添付資料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に基づき、浸水防護施設のうち格納容器圧力逃がし装置格納槽点検用水密ハッチ（以下、「水密ハッチ」という。）が設計用地震力に対して、主要な構造部材が十分な構造健全性を有することを説明するものである。その耐震評価は水密ハッチの固有値解析及び応力評価により行う。

## 2. 基本方針

### 2.1 位置

水密ハッチは、屋外設備に設置し、浸水を防止するために設置する設計とする。水密ハッチの設置場所を図1に示す。

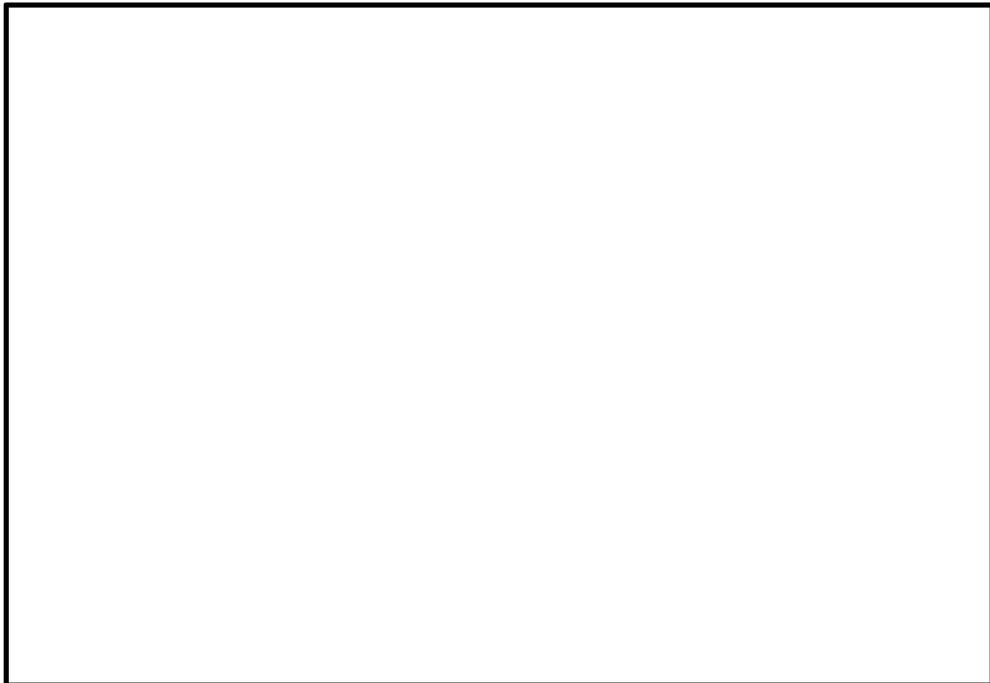


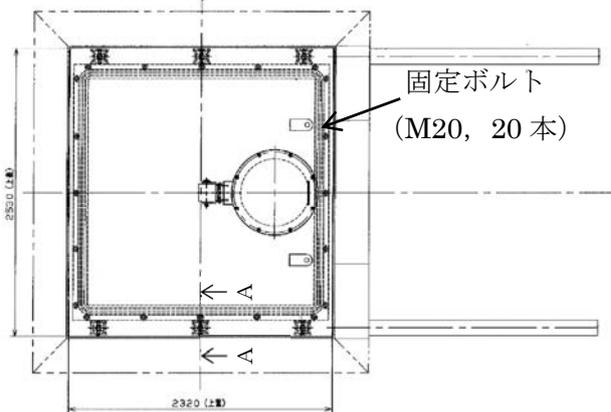
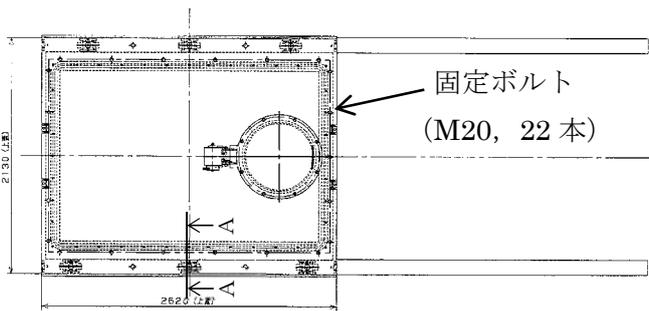
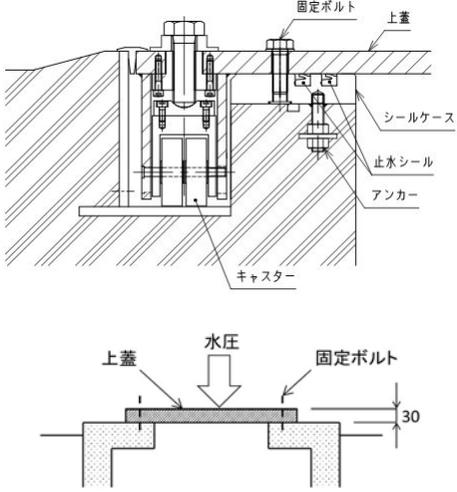
図1 水密ハッチの設置場所

## 2.2 構造概要

水密ハッチの構造は、鋼板構造であり、格納容器圧力逃がし装置格納槽に固定ボルトにより固定することで止水性を確保する構造とする。

水密ハッチの構造計画を表1に示す。

表1 水密ハッチ構造計画

設備名称	平面図	
水密ハッチ	 <p>固定ボルト (M20, 20本)</p> <p>格納容器圧力逃がし装置格納槽点検用水密ハッチA</p>	
	 <p>固定ボルト (M20, 22本)</p> <p>格納容器圧力逃がし装置格納槽点検用水密ハッチB</p>	
計画の概要		
主体構造	支持構造	説明図(A-A)
鋼製の上蓋により構成する。	床と一体化した鋼製のシールケースにボルトで固定する。	 <p>固定ボルト 上蓋 シールケース 止水シール アンカー キャスター</p> <p>上蓋 水圧 固定ボルト 30</p>

### 2.3 評価方針

水密ハッチの応力評価は、添付資料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 構造の説明」にて示す水密ハッチの部位を踏まえ「3. 耐震評価箇所」にて設定する箇所において、「4. 固有値解析」で算出した固有振動数に基づく応力が許容限界内に収まることを、「5. 応力評価」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。

水密ハッチの耐震評価フローを図2に示す。

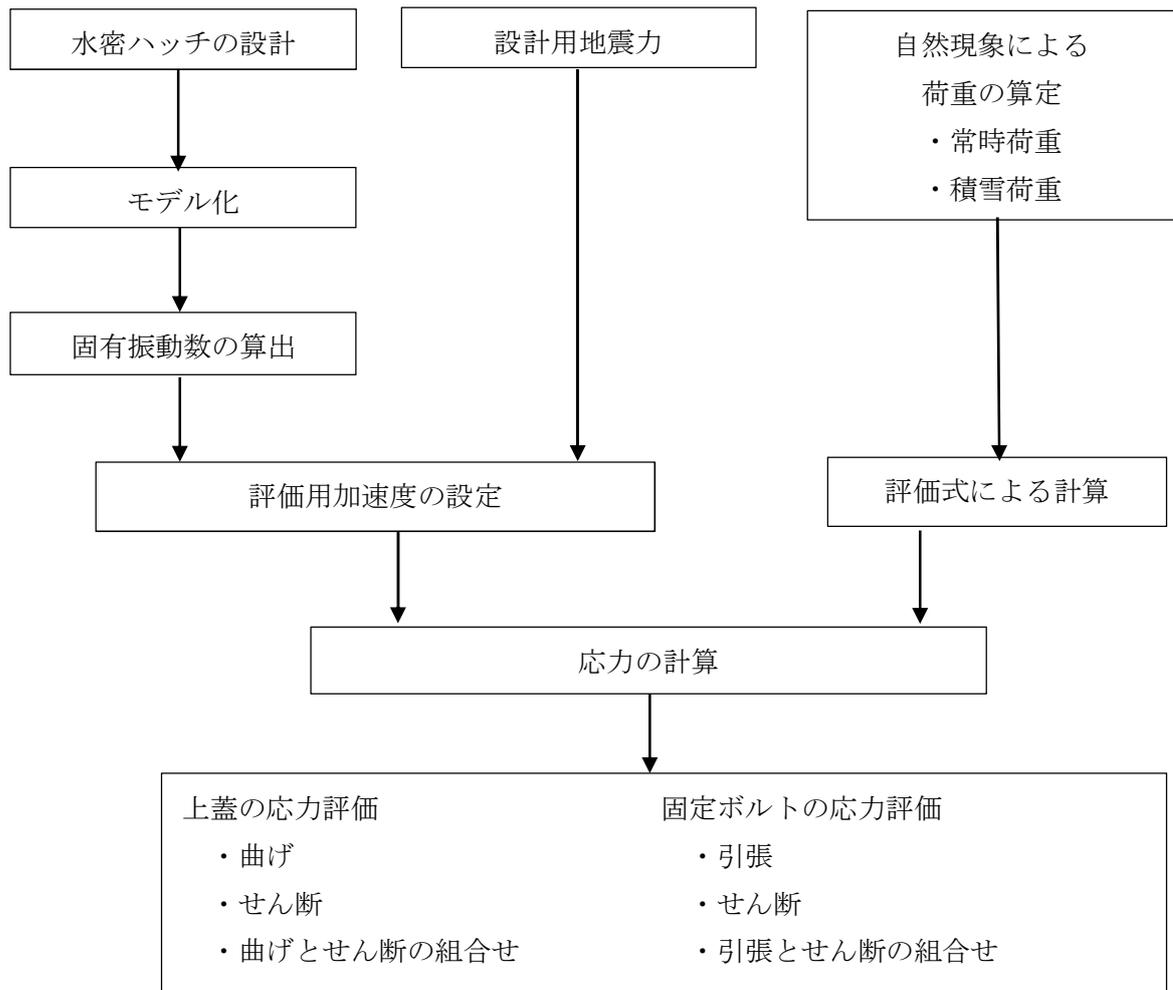


図2 水密ハッチの耐震評価フロー

## 2.4 適用規格

適用する規格，基準等を以下に示す。

- ・発電用原子力設備規格 設計・建設規格 J S M E S N C 1 - 2005 / 2007 ((社)日本機械学会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補—1984 ((社)日本電気協会 昭和59年)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 —1987 ((社)日本電気協会 昭和62年)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 —1991 追補版 ((社)日本電気協会 平成3年)
- ・機械工学便覧 改訂第5版 (日本機械学会編 1968年)
- ・港湾の施設の技術上の基準・同解説 ((社)日本港湾協会 平成19年)

## 3. 耐震評価箇所

水密ハッチの評価対象部位は、「2.2 構造概要」にて示している構造を踏まえて，津波に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し設定する。

水密ハッチに対して浸水津波及び積雪，地震 ( $S_s$ ) による荷重が作用し，これらの荷重は鋼製の上蓋から上蓋を固定している鋼製の固定ボルトに伝達することから，主要構成部材である上蓋及び固定ボルトを評価対象部位として設定する。鉛直震度が 1G を超えるため上蓋の浮き上がりによる固定ボルトの引張の評価も行なう。

水密ハッチの耐震評価における評価対象部位について図3に示す。

なお，入力地震動は，添付資料 V-2-1-2 「基準地震動  $S_s$  及び弾性設計用地震動  $S_d$  の策定概要」に基づく基準地震動  $S_s$  とする。

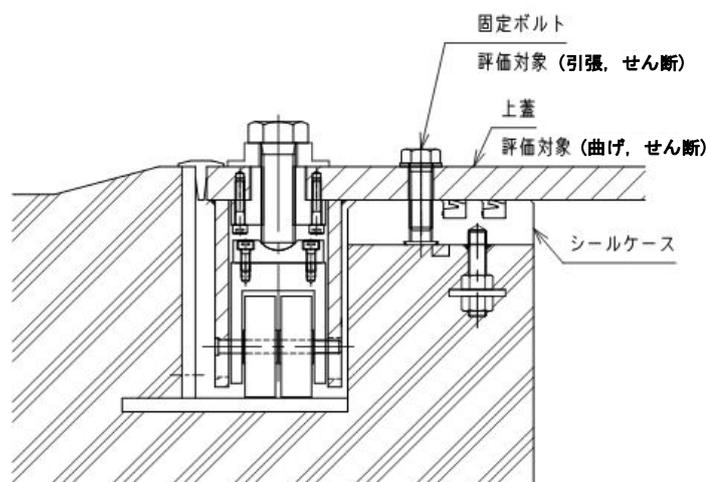


図3 評価対象部位

#### 4. 固有値解析

##### 4.1 基本方針

- (1) 水密ハッチの構造に応じて、固有振動数を算出する。
- (2) 水密ハッチの応力評価において、地震荷重の算出に用いる応答加速度として、設置床面の最大床加速度を適用するために、固有振動数が 20Hz 以上であることを確認する。

##### 4.2 固有振動数の計算方法

###### 4.2.1 記号の説明

水密ハッチの固有振動数算出に用いる記号を表 2 に示す。

表 2 水密ハッチの固有振動数算出に用いる記号

記号	単位	記号の説明
a	mm	モデル化に用いる蓋材の幅（長辺）
b	mm	モデル化に用いる蓋材の長さ（短辺）
E	MPa	縦弾性係数
f	Hz	1 次固有振動数
g	$m/s^2$	重力加速度
t	mm	上蓋の厚さ
m	kg	上蓋の重量
$\rho$	$kg/m^3$	上蓋の密度
$\nu$	-	ポアソン比
$\lambda$	-	振動数係数(板モデルの固有振動数算出)

###### 4.2.2 モデル

水密ハッチは、シールケースにボルト止めされた構造であることから、荷重がかかる上蓋は周辺固定の長方形板モデルとする。(図 4)

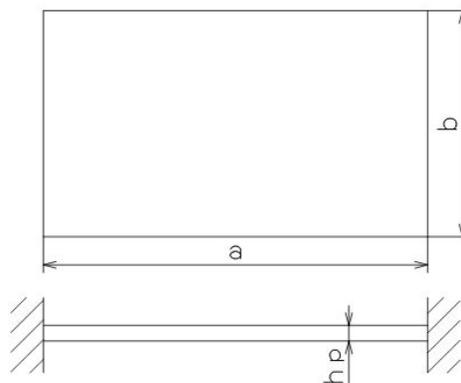


図 4 水密ハッチ概略モデル

#### 4.2.3 固有振動数の算出方法

##### (1) 上蓋

- a. 上蓋は、全周囲を固定ボルトにより支持されていることから、周辺固定の長方形板モデルとする。周辺固定の長方形板モデルの一次固有振動数  $f$  は、「機械工学便覧（1986年）、日本機械学会」より、次式を用いて算出する。

$$f = \frac{\lambda \cdot \pi \cdot \frac{t}{2}}{2 \cdot b^2} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot g}{3 \cdot (1 - \nu^2) \cdot \rho}}$$

#### 4.2.4 固有振動数の計算条件

表3に上蓋の固有振動数の計算条件を示す。

表3 上蓋の固有振動数の算出条件

	材質	上蓋の公称 厚さ $h_p$ (mm)	モデル化に用 いる上蓋の幅 $a$ (mm)	モデル化に用 いる上蓋の長 さ $b$ (mm)	振動数係数 $\lambda$ ※1※2
水密ハッチA	SUS304	30	2580	2320	2.74
水密ハッチB	SUS304	30	2620	2130	2.74

重力加速度 $g$ ( $m/s^2$ )	ポアソン比 $\nu$	材料の密度 $\rho$ ( $kg/m^3$ )	温度条件 ( $^{\circ}C$ )
9.80665	0.3	7930	40

注記 ※1 水密ハッチAの振動数係数  $\lambda$  は  $a/b \doteq 1.1$  の場合の定数  $\lambda$  が無いため、より小さな値として算出される  $a/b = 1.5$  の場合の定数  $\lambda = 2.74$  を用いた。

※2 水密ハッチBの振動数係数  $\lambda$  は  $a/b \doteq 1.2$  の場合の定数  $\lambda$  が無いため、より小さな値として算出される  $a/b = 1.5$  の場合の定数  $\lambda = 2.74$  を用いた。

縦弾性係数は J S M E S N C 1 - 2005 / 2007 の付録材料図表 Part6 表1を用いて計算する。温度条件  $40^{\circ}C$  を考慮して直線補間の次式を用いて算出する。

$$E = E_{20} - \frac{(t_{40} - t_{20}) \cdot (E_{50} - E_{20})}{(t_{50} - t_{20})}$$

ここで、

$t_{20}$ ,  $t_{40}$ ,  $t_{50}$  : 温度 (各  $20^{\circ}C$ ,  $40^{\circ}C$ ,  $50^{\circ}C$ )

$E_{20}$ ,  $E_{50}$  : 各温度時のオーステナイト系ステンレス鋼縦弾性係数  
( $E_{20}$  :  $20^{\circ}C$  の時  $195000MPa$ ,  $E_{50}$  :  $50^{\circ}C$  の時  $193000MPa$ )

### 4.3 固有値解析結果

上記計算の結果、蓋板の固有振動数は水密ハッチAが 35Hz、水密ハッチBが 42Hz であり、水密ハッチの固有振動数が 20Hz 以上であることから剛構造であることを確認した。

## 5. 応力評価

### 5.1 基本方針

(1) 水密ハッチの各部位の応力評価を実施し、発生応力を算出する。

(2) 各部位の発生応力と許容応力を比較し、発生応力が許容応力以下であることを確認する。

(3) 許容応力について、JSME S NC1-2005 の付録材料図表を用いて計算する際に、温度が付録材料図表記載値の中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。

ただし、比例法を用いる場合の端数処理は、少数第 1 位以下を切り捨てた値を用いるものとする。

#### 5.1.1 記号の説明

耐震評価に用いる記号を表 4 に示す。

表 4 耐震評価に用いる記号

記号	単位	記号の説明
$C_{HSS}$	-	基準時振動 $S_s$ による水平方向の評価用震度
$C_{VSS}$	-	基準時振動 $S_s$ による鉛直方向の評価用震度
$a$	mm	上蓋の荷重負担幅
$b$	mm	上蓋の荷重負担長さ
$A$	$\text{mm}^2$	上蓋の面積
$\omega$	Pa/cm	積雪の単位荷重
$t$	mm	上蓋の板厚 (公称値)
$\beta_2$	-	上蓋の曲げ応力算定に用いる係数
$\rho$	$\text{kg/m}^3$	上蓋の密度
$\sigma_{bSS}$	MPa	曲げ応力
$\tau_{SS}$	MPa	せん断応力
$Ab$	$\text{mm}^2$	固定ボルト谷径断面積
$n$	本	固定ボルト本数
$\sigma_{tSS}$	MPa	固定ボルトの引張応力
$\tau_{kSS}$	MPa	固定ボルトの引張応力せん断応力

## 5.2 荷重の組合せ及び許容応力

### 5.2.1 荷重の設定

強度評価に用いる荷重は以下の荷重を用いる。

(1) 常時作用する荷重(D)

常時作用する荷重として水密ハッチの自重を考慮する。

(2) 積雪荷重(P<sub>s</sub>)

積雪荷重を考慮する。

積雪荷重P<sub>s</sub>については、添付資料「V-1-1-2 発電用原子炉施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書」に基づき 30cm の積雪量を想定し、平均的な積雪荷重を与えるための係数 0.35 を考慮する。

積雪荷重による質量は次式を用いて算出する。

$$P_s = 0.35 \cdot \omega \cdot 30$$

(3) 地震荷重(S<sub>s</sub>)

基準地震動S<sub>s</sub>による荷重を考慮する。

ここで、応力評価に用いる静的震度は格納容器圧力逃がし装置格納槽上版における最大加速度を重力加速度で除して算出し、各方向での最大値を用いる。表5に応力評価に用いる静的震度（評価用震度）を示す。

表5 設計用地震動

設置場所 及び床面 高さ(m)	水平方向			鉛直方向		
	設計用地震動	裕度	評価用震度 C <sub>HSS</sub>	設計用地震動 (表2-2より)	裕度	評価用震度 C <sub>VSS</sub>
8.2	1.10	2.5	2.75	0.96	1.2	1.152

追而

### 5.2.2 荷重の組合せ

水密ハッチの設計にて考慮する荷重の組合せを表6に示す。

表6 考慮する荷重の組合せ

施設区分	機器名称	荷重の組合せ※1	許容応力状態
浸水防止設備	屋外設備用 水密ハッチ	D + S <sub>s</sub> + P <sub>s</sub>	供用状態C

注記 ※1 Dは常時作用する荷重(自重), S<sub>s</sub>は地震荷重, P<sub>s</sub>は積雪荷重を示す。

### 5.2.3 許容限界

水密ハッチの設計にて考慮する許容応力状態を表7に、許容応力算定用基準値を表8に示す。また、評価部位に応じた許容応力算定値を表9に示す。

表7 水密ハッチの設計にて考慮する許容限界（許容応力）

供用状態 (許容応力状態)	許容限界 <sup>※1※2</sup>				
	上蓋			固定ボルト	
	一次応力			一次応力	
	曲げ	せん断	組合せ <sup>※3</sup>	引張	せん断
C (Ⅲ <sub>A</sub> S)	$1.5 \cdot f_b$	$1.5 \cdot f_s$	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_t$ or $1.4ft - 1.6\tau$	$1.5 \cdot f_s$

注記 ※1 曲げ及びせん断は、J E A G 4 6 0 1・補—1984 を準用し、「その他の支持構造物」の許容限界を適用する。組合せは、J S M E S N C 1—2005/2007 による。

※2  $f_b$  : 許容曲げ応力,  $f_s$  : 許容せん断応力,  $f_t$  : 許容引張応力を示す。

※3 曲げとせん断の組合せである。

表8 許容応力算定用基準値

評価部位	材料	温度条件 (°C)	$S_y$ <sup>※1</sup> (MPa)	$S_u$ <sup>※1</sup> (MPa)	F <sup>※1※2</sup> (MPa)
上蓋	SUS304	40	205	520	205
固定ボルト					

注記 ※1  $S_y$  : 設計降伏点,  $S_u$  : 設計引張強さ, F : 許容応力算定用基準値を示す。

※2  $F = \text{Min} [S_y, 0.7 \cdot S_u]$  とする。

表9 許容応力算定値

評価部位	材料	温度条件 (°C)	$1.5 \cdot f_b$ (MPa)	$1.5 \cdot f_t$ (MPa)	$1.5 \cdot f_s$ (MPa)
上蓋	SUS304	40	204	204	117
固定ボルト			—	153	

### 5.3 応力評価方法

#### (1) 上蓋

四辺を固定された長方形板に等分布荷重（鉛直地震含む）が作用している板に発生する曲げ応力及びせん断応力は「機械工学便覧（1986年），日本機械学会」より以下の式にて算出する。

##### a. 曲げ応力

$$\sigma_{bss} = \frac{\beta_2 \cdot \left( \frac{D + P_{VSS}}{A} + P_s \right) \cdot a^2}{t^2}$$

ここで，

$$P_{VSS} = C_V \cdot (D + P_s \cdot A)$$

##### b. せん断力

$$\tau_{ss} = \frac{D + P_{VSS} + P_s \cdot A}{t \cdot (a + b) \cdot 2}$$

##### c. 組合せ応力評価

前項にて算出した垂直応力やせん断応力について，次式にて組合せ応力を算出する。

$$\sigma = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \cdot \sigma_y + 3 \cdot \tau_{xy}^2} \quad *1$$

ここで，

$\sigma$  : 組合せ応力 (MPa)

$\sigma_x, \sigma_y$  : 互いに直交する垂直応力 (MPa)

$\tau_{xy}$  :  $\sigma_x, \sigma_y$ の作用する面内のせん断応力 (MPa)

注記 ※1 J SME S NC 1-2005/2007 SSB-3121.1

#### (2) 固定ボルト

鉛直地震により水密ハッチに作用する荷重は，固定ボルトに引張力，水平地震はせん断力として作用することから，以下の式より算出する。

##### a. 引張応力

$$\sigma_{tss} = \frac{P_{VSS} - D - P_s \cdot A}{n \cdot A_b}$$

ここで，

$\sigma_{tss}$  : 鉛直方向の地震荷重( $S_s$ )による固定ボルトに作用する引張応力 (MPa)

b. せん断応力

$$\tau_{kSS} = \frac{P_{HSS}}{n \cdot A_b}$$

ここで、

$$P_{HSS} = C_{HSS} \cdot (D + P_s \cdot A)$$

$\tau_{kSS}$  : 水平方向の地震荷重 ( $S_s$ ) による固定ボルトに作用するせん断応力 (MPa)

c. 組合せ応力

地震 ( $S_s$ ) 荷重が作用した際の固定ボルトの引張応力とせん断応力を同時に受けるボルトは「J S M E S N C 1 - 2005 / 2007 SSB-3132」より、その影響を許容値にて考慮する。

5.4 応力評価条件

表 10 に上蓋の各緒元を、表 11 にその他の各緒元を示す。

表 10 上蓋の各緒元

	上蓋の質量 m (kg)	荷重負担幅 a (mm)	荷重負担長 さ b (mm)	係数 $\beta_2$	上蓋の板厚 t (mm)
水密ハッチ A	1700	2320	2580	0.33	30
水密ハッチ B	1600	2130	2620	0.45	30

表 11 その他の各緒元

	固定ボルト の呼び径 (mm)	呼び径断面積 $A_b$ (mm <sup>2</sup> )	固定ボルト 本数 n (本)	積雪の 単位荷重 $\omega$ (Pa/cm)	上蓋面積 A (m <sup>2</sup> )
水密ハッチ A	20	314.159265	20	20	$2.32 \times 2.58 = 5.9856$
水密ハッチ B	20	314.159265	22	20	$2.13 \times 2.62 = 5.5806$

6. 評価結果

水密ハッチの耐震評価結果を以下に示す。発生値は評価基準値を満足しており、耐震性を有することを確認した。

基準地震動 Ss に対する評価結果を表 13 に示す。

表 13 基準地震動 Ss による評価結果

評価対象部位		評価応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
水密ハッチ A	上蓋	曲げ	13	204
		せん断	1	117
		組合せ※ <sup>1</sup>	33	204
	固定ボルト	引張	1	153
		せん断	8	117
水密ハッチ B	上蓋	曲げ	15	204
		せん断	1	117
		組合せ※ <sup>1</sup>	32	204
	固定ボルト	引張	1	153
		せん断	7	117

注記 ※1 曲げとせん断の組合せである。

本資料のうち、枠囲みの内容は営業秘密  
又は防護上の観点から公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-249 改2
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-10-2-5-8 常設低圧代替注水系格納槽点検用水密ハッチの  
耐震性についての計算書

## 目次

1. 概要	1
2. 基本方針	1
2.1 位置	1
2.2 構造概要	2
2.3 評価方針	3
2.4 適用規格	4
3. 耐震評価箇所	4
4. 固有値解析	5
4.1 基本方針	5
4.2 固有振動数の計算方法	5
4.3 固有値解析結果	7
5. 応力評価	7
5.1 基本方針	7
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	8
5.3 応力評価方法	10
5.4 応力評価条件	11
6. 評価結果	12

## 1. 概要

本資料は、添付資料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に基づき、浸水防護施設のうち常設低圧代替注水系格納槽点検用水密ハッチ（以下、「水密ハッチ」という。）が設計用地震力に対して、主要な構造部材が十分な構造健全性を有することを説明するものである。その耐震評価は水密ハッチの固有値解析及び応力評価により行う。

## 2. 基本方針

### 2.1 位置

水密ハッチは、屋外設備に設置し、浸水を防止するために設置する設計とする。水密ハッチの設置場所を図1に示す。

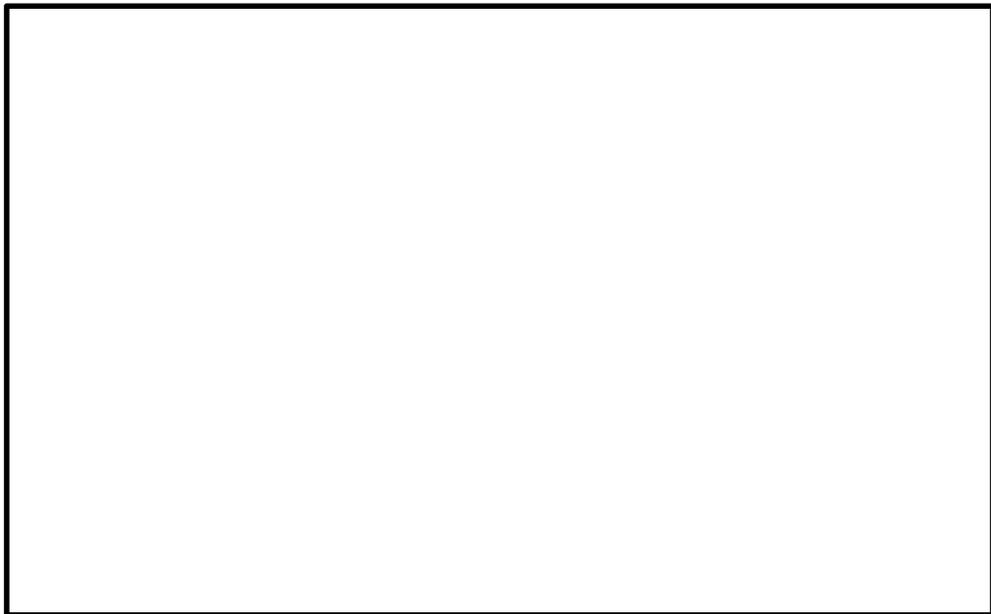


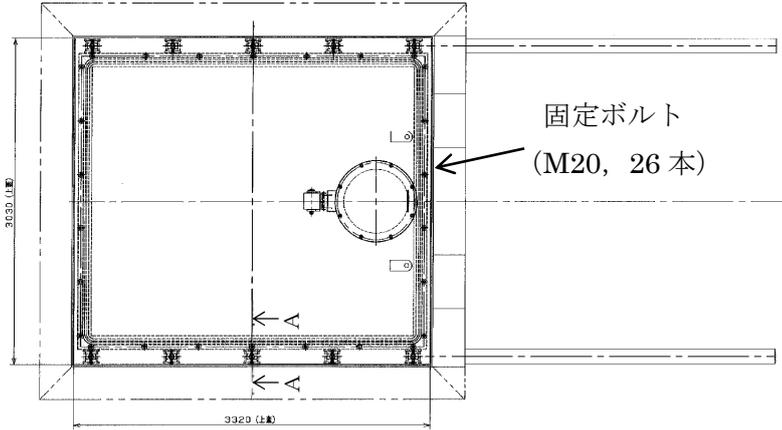
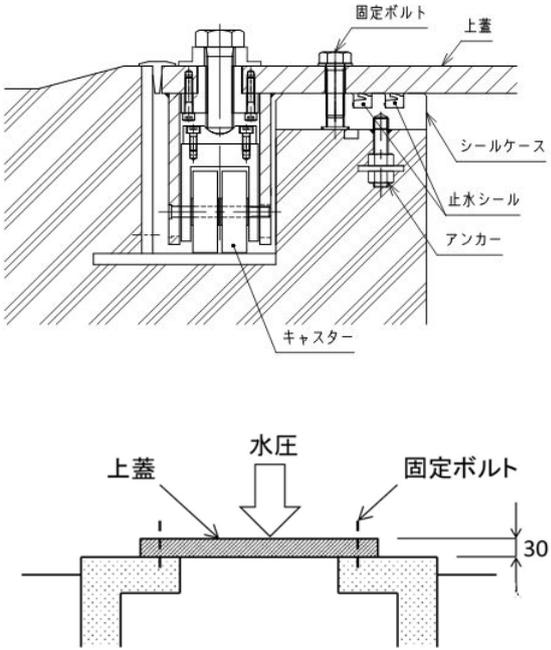
図1 水密ハッチの設置場所

## 2.2 構造概要

水密ハッチは屋外に設置し、海水がハッチ内部に浸入することを防止する。

水密ハッチの構造計画を表1に示す。

表1 水密ハッチ構造計画

設備名称	平面図		
水密ハッチ			
	計画の概要		
	主体構造	支持構造	説明図(A-A)
	<p>鋼製の上蓋により構成する。</p>	<p>床と一体化した鋼製のシールケースにボルトで固定する。</p>	

### 2.3 評価方針

水密ハッチの応力評価は、添付資料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 構造の説明」にて示す水密ハッチの部位を踏まえ「3. 耐震評価箇所」にて設定する箇所において、「4. 固有値解析」で算出した固有振動数に基づく応力が許容限界内に収まることを、「5. 応力評価」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。

水密ハッチの耐震評価フローを図2に示す。

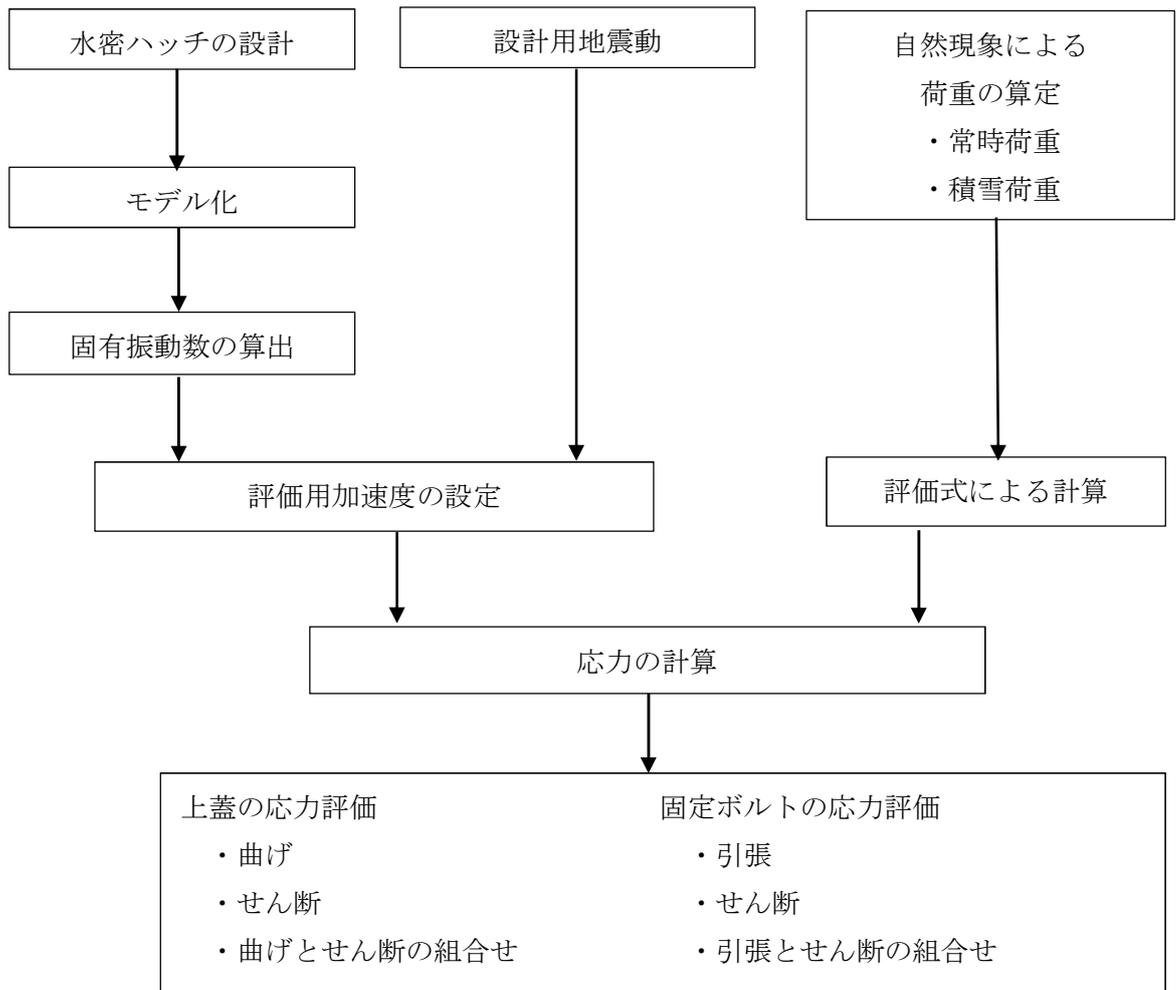


図2 水密ハッチの耐震評価フロー

## 2.4 適用規格

適用する規格，基準等を以下に示す。

- ・発電用原子力設備規格 設計・建設規格 J S M E S N C 1 - 2005 / 2007 ((社)日本機械学会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補—1984 ((社)日本電気協会 昭和59年)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 —1987 ((社)日本電気協会 昭和62年)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 —1991 追補版 ((社)日本電気協会 平成3年)
- ・機械工学便覧 改訂第5版 (日本機械学会編 1968年)
- ・港湾の施設の技術上の基準・同解説 ((社)日本港湾協会 平成19年)

## 3. 耐震評価箇所

水密ハッチの評価対象部位は、「2.2 構造概要」にて示している構造を踏まえて，津波に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し設定する。

水密ハッチに対して浸水津波及び積雪，地震 ( $S_s$ ) による荷重が作用し，これらの荷重は鋼製の上蓋から上蓋を固定している鋼製の固定ボルトに伝達することから，主要構成部材である上蓋及び固定ボルトを評価対象部位として設定する。鉛直震度が  $1G$  を超えるため上蓋の浮き上がりによる固定ボルトの引張の評価も行なう。

水密ハッチの耐震評価における評価対象部位について図3に示す。

なお，入力地震動は，添付資料V-2-1-2「基準地震動  $S_s$  及び弾性設計用地震動  $S_d$  の策定概要」に基づく基準地震動  $S_s$  とする。

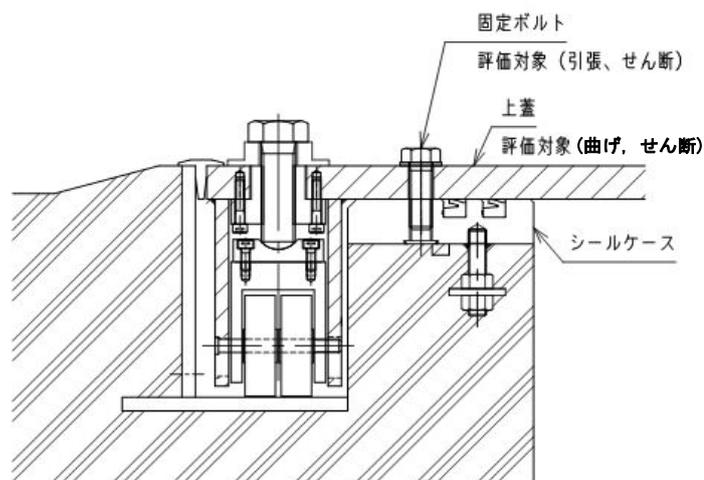


図3 評価対象部位

#### 4. 固有値解析

##### 4.1 基本方針

- (1) 水密ハッチの構造に応じて、固有振動数を算出する。
- (2) 水密ハッチの応力評価において、地震荷重の算出に用いる応答加速度として、設置床面の最大床加速度を適用するために、固有振動数が 20Hz 以上であることを確認する。

##### 4.2 固有振動数の計算方法

###### 4.2.1 記号の説明

水密ハッチの固有振動数算出に用いる記号を表 2 に示す。

表 2 水密ハッチの固有振動数算出に用いる記号

記号	単位	記号の説明
a	mm	モデル化に用いる蓋材の幅（長辺）
b	mm	モデル化に用いる蓋材の長さ（短辺）
E	MPa	縦弾性係数
f	Hz	1 次固有振動数
g	m/s <sup>2</sup>	重力加速度
t	mm	上蓋の厚さ
m	kg	上蓋の重量
$\rho$	kg/m <sup>3</sup>	上蓋の密度
$\nu$	-	ポアソン比
$\lambda$	-	振動数係数(板モデルの固有振動数算出)

###### 4.2.2 モデル

水密ハッチは、シールケースにボルト止めされた構造であることから、荷重がかかる上蓋は周辺固定の長方形板モデルとする。(図 4)

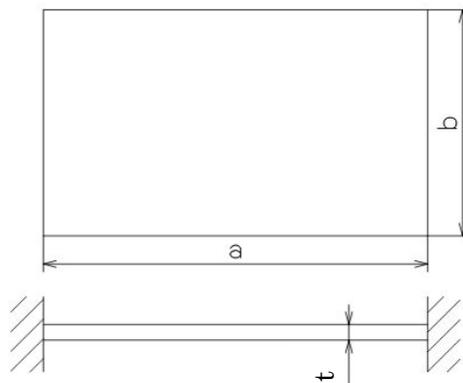


図 4 水密ハッチ概略モデル

#### 4.2.3 固有振動数の算出方法

##### (1) 上蓋

- a. 上蓋は、全周囲を固定ボルトにより支持されていることから、周辺固定の長方形板モデルとする。周辺固定の長方形板モデルの一次固有振動数  $f$  は、「機械工学便覧（1986年）、日本機械学会」より、次式を用いて算出する。

$$f = \frac{\lambda \cdot \pi \cdot \frac{t}{2}}{2 \cdot b^2} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot g}{3 \cdot (1 - \nu^2) \cdot \rho}}$$

#### 4.2.4 固有振動数の計算条件

表3に上蓋の固有振動数の計算条件を示す。

表3 上蓋の固有振動数の算出条件

	材質	上蓋の厚さ t (mm)	上蓋の幅 a (mm)	上蓋の長さ b (mm)	振動数係数 $\lambda$ ※1※2
水密ハッチ	SUS304	30	3320	3080	2.74

重力加速度 g (m/s <sup>2</sup> )	ポアソン比 $\nu$	材料の密度 $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	温度条件 (°C)
9.80665	0.3	7930	40

注記 ※1 水密ハッチAの振動数係数 $\lambda$ は $a/b \approx 1.1$ の場合の定数 $\lambda$ が無いいため、より小さな値として算出される $a/b = 1.5$ の場合の定数 $\lambda = 2.74$ を用いた。

※2 水密ハッチBの振動数係数 $\lambda$ は $a/b \approx 1.2$ の場合の定数 $\lambda$ が無いいため、より小さな値として算出される $a/b = 1.5$ の場合の定数 $\lambda = 2.74$ を用いた。

縦弾性係数はJ S M E S N C 1-2005/2007の付録材料図表 Part6 表1を用いて計算する。温度条件40°Cを考慮して直線補間の次式を用いて算出する。

$$E = E_{20} - \frac{(t_{40} - t_{20}) \cdot (E_{50} - E_{20})}{(t_{50} - t_{20})}$$

ここで、

$t_{20}$ ,  $t_{40}$ ,  $t_{50}$  : 温度 (各 20°C, 40°C, 50°C)

$E_{20}$ ,  $E_{50}$  : 各温度時のオーステナイト系ステンレス鋼縦弾性係数

( $E_{20}$  : 20°Cの時 195000MPa,  $E_{50}$  : 50°Cの時 193000MPa)

#### 4.3 固有値解析結果

上記計算の結果、蓋板の固有振動数は 20.3Hz であり、水密ハッチの固有振動数が 20Hz 以上であることから剛構造であることを確認した。

### 5. 応力評価

#### 5.1 基本方針

- (1) 水密ハッチの各部位の応力評価を実施し、発生応力を算出する。
- (2) 各部位の発生応力と許容応力を比較し、発生応力が許容応力以下であることを確認する。
- (3) 許容応力について、JSME S NC1-2005 の付録材料図表を用いて計算する際に、温度が付録材料図表記載値の中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。  
ただし、比例法を用いる場合の端数処理は、少数第 1 位以下を切り捨てた値を用いるものとする。

##### 5.1.1 記号の説明

耐震評価に用いる記号を表 4 に示す。

表 4 耐震評価に用いる記号

記号	単位	記号の説明
$C_{HSS}$	-	基準地振動 $S_s$ による水平方向の評価用震度
$C_{VSS}$	-	基準地振動 $S_s$ による鉛直方向の評価用震度
$a$	mm	上蓋の荷重負担幅
$b$	mm	上蓋の荷重負担長さ
$A$	mm <sup>2</sup>	上蓋の面積
$\omega$	Pa/cm	積雪の単位荷重
$t$	mm	上蓋の板厚 (公称値)
$\beta_2$	-	上蓋の曲げ応力算定に用いる係数
$\rho$	kg/m <sup>3</sup>	上蓋の密度
$\sigma_{bSS}$	MPa	曲げ応力
$\tau_{SS}$	MPa	せん断応力
$A_b$	mm <sup>2</sup>	ボルトの呼び径断面積
$n$	本	固定ボルト本数
$\sigma_{tSS}$	MPa	固定ボルトの引張応力
$\tau_{kSS}$	MPa	固定ボルトの引張応力せん断応力

## 5.2 荷重の組合せ及び許容応力

### 5.2.1 荷重の設定

強度評価に用いる荷重は以下の荷重を用いる。

(1) 常時作用する荷重(D)

常時作用する荷重として水密ハッチの自重を考慮する。

(2) 積雪荷重( $P_s$ )

積雪荷重を考慮する。

積雪荷重 $P_s$ については、添付資料「V-1-1-2 発電用原子炉施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書」に基づき 30cm の積雪量を想定し、平均的な積雪荷重を与えるための係数 0.35 を考慮する。

積雪荷重による質量は次式を用いて算出する。

$$P_s = 0.35 \cdot \omega \cdot 30$$

(3) 地震荷重( $S_s$ )

基準地震動 $S_s$ による荷重を考慮する。

ここで、応力評価に用いる静的震度は水密ハッチを設置している上版における最大加速度を重力加速度で除して算出し、各方向での最大値を用いる。表 5 に応力評価に用いる評価用震度を示す。

表 5 設計用地震動

設置場所 及び床面 高さ(m)	水平方向			鉛直方向		
	設計用震度	裕度	評価用震度 $C_{HSS}$	設計用震度	裕度	評価用震度 $C_{VSS}$
8.2	1.10	2.5	2.75	0.96	1.2	1.15

追而

### 5.2.2 荷重の組合せ

水密ハッチの設計にて考慮する荷重の組合せを表 6 に示す。

表 6 考慮する荷重の組合せ

施設区分	機器名称	荷重の組合せ※1
浸水防止設備	屋外設備用 水密ハッチ	$D + S_s + P_s$

注記 ※1 Dは常時作用する荷重(自重),  $S_s$ は地震荷重,  $P_s$ は積雪荷重を示す。

### 5.2.3 許容限界

水密ハッチの設計にて考慮する許容応力状態を表7に、許容応力算定用基準値を表8に示す。

表7 水密ハッチの設計にて考慮する許容限界（許容応力）

許容応力状態	許容限界 <sup>※1※2</sup>					
	上蓋			固定ボルト		
	一次応力			一次応力		
	曲げ	せん断	組合せ <sup>※3</sup>	引張	せん断	組合せ <sup>※4</sup>
Ⅲ <sub>A</sub> S	$1.5 \cdot f_b$	$1.5 \cdot f_s$	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$	$1.5 \cdot f_{ts}$
(MPa)	204	117	204	153	117	153

注記 ※1 曲げ及びせん断は、J E A G 4 6 0 1・補—1984 を準用し、「その他の支持構造物」の許容限界を適用する。組合せは、J S M E S N C 1—2005/2007による。

※2  $f_b$ ：許容曲げ応力， $f_s$ ：許容せん断応力， $f_t$ ：許容引張応力を示す。

※3 曲げとせん断の組合せである。

※4 せん断応力と引張応力を同時に受けるボルトの許容引張応力  $f_{ts}$  は、次のいずれか小さい方の値。

$$f_{ts} = 1.4 \cdot 1.5 \cdot f_{t0} - 1.6 \tau$$

$$f_{ts} = f_{t0}$$

ここで、

$f_{t0}$ ：ボルトの許容引張応力

$\tau$ ：ボルトに作用するせん断応力

表8 許容応力算定用基準値

評価部位	材料	温度条件 (°C)	$S_y$ <sup>※1</sup> (MPa)	$S_u$ <sup>※1</sup> (MPa)	F <sup>※1※2</sup> (MPa)
上蓋	SUS304	40	205	520	205
固定ボルト					

注記 ※1  $S_y$ ：設計降伏点， $S_u$ ：設計引張強さ，F：許容応力算定用基準値を示す。

※2  $F = \text{Min} [S_y, 0.7 \cdot S_u]$  とする。

### 5.3 応力評価方法

#### (1) 上蓋

四辺を固定された長方形板に等分布荷重（鉛直地震含む）が作用している板に発生する曲げ応力及びせん断応力は「機械工学便覧（1986年），日本機械学会」より以下の式にて算出する。

##### a. 曲げ応力

$$\sigma_{bss} = \frac{\beta_2 \cdot \left( \frac{D + P_{VSS}}{A} + P_s \right) \cdot a^2}{t^2}$$

ここで，

$$P_{VSS} = C_V \cdot (D + P_s \cdot A)$$

##### b. せん断力

$$\tau_{ss} = \frac{D + P_{VSS} + P_s \cdot A}{t \cdot (a + b) \cdot 2}$$

##### c. 組合せ応力評価

前項にて算出した垂直応力やせん断応力について，次式にて組合せ応力を算出する。

$$\sigma = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \cdot \sigma_y + 3 \cdot \tau_{xy}^2} \quad *1$$

ここで，

$\sigma$  : 組合せ応力 (MPa)

$\sigma_x, \sigma_y$  : 互いに直交する垂直応力 (MPa)

$\tau_{xy}$  :  $\sigma_x, \sigma_y$ の作用する面内のせん断応力 (MPa)

注記 ※1 J SME S NC 1-2005/2007 SSB-3121.1

#### (2) 固定ボルト

鉛直地震により水密ハッチに作用する荷重は，固定ボルトに引張力，水平地震はせん断力として作用することから，以下の式より算出する。

##### a. 引張応力

$$\sigma_{tss} = \frac{P_{VSS} - D - P_s \cdot A}{n \cdot A_b}$$

ここで，

$\sigma_{tss}$  : 鉛直方向の地震荷重( $S_s$ )による固定ボルトに作用する引張応力 (MPa)

b. せん断応力

$$\tau_{kSS} = \frac{P_{HSS}}{n \cdot A_b}$$

ここで、

$$P_{HSS} = C_{HSS} \cdot (D + P_s \cdot A)$$

$\tau_{kSS}$  : 水平方向の地震荷重 ( $S_s$ ) による固定ボルトに作用するせん断応力 (MPa)

c. 組合せ応力

地震 ( $S_s$ ) 荷重が作用した際の固定ボルトの引張応力とせん断応力を同時に受けるボルトは「J S M E S N C 1 - 2005 / 2007 SSB-3132」より、その影響を許容値にて考慮する。

5.4 応力評価条件

表 9 に上蓋の各緒元を、表 10 にその他の各緒元を示す。

表 9 上蓋の各緒元

	上蓋の質量 m (kg)	荷重負担幅 a (mm)	荷重負担長さ b (mm)	係数 $\beta_2$	上蓋の板厚 t (mm)
水密ハッチ	2800	3080	3320	0.32	30

表 10 その他の各緒元

	固定ボルト の呼び径 (mm)	呼び径断面積 $A_b$ (mm <sup>2</sup> )	固定ボルト 本数 n (本)	積雪の 単位荷重 $\omega$ (Pa/cm)	上蓋面積 A (m <sup>2</sup> )
水密ハッチ	20	314.159265	26	20	$3.08 \times 3.32 = 10.2256$

## 6. 評価結果

水密ハッチの耐震評価結果を以下に示す。発生値は評価基準値を満足しており、耐震性を有することを確認した。

基準地震動 Ss に対する評価結果を表 11 に示す。

表 11 基準地震動 Ss による評価結果

評価対象部位		評価応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
水密ハッチ	上蓋	曲げ	22	204
		せん断	1	117
		組合せ※1	23	204
	固定ボルト	引張	1	153
		せん断	10	117

注記 ※1 曲げとせん断の組合せである。

本資料のうち、枠囲みの内容は営業秘密  
又は防護上の観点から公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-250 改1
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-10-2-5-9 常設低圧代替注水系格納槽可搬型ポンプ用

水密ハッチの耐震性についての計算書

## 目次

1. 概要	1
2. 基本方針	1
2.1 位置	1
2.2 構造概要	2
2.3 評価方針	3
2.4 適用規格	4
3. 耐震評価箇所	4
4. 固有値解析	5
4.1 基本方針	5
4.2 固有振動数の計算方法	5
4.3 固有値解析結果	7
5. 応力評価	7
5.1 基本方針	7
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	8
5.3 応力評価方法	10
5.4 応力評価条件	11
6. 評価結果	12

## 1. 概要

本資料は、添付資料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に基づき、浸水防護施設のうち常設低圧代替注水系格納槽可搬型ポンプ用水密ハッチ（以下、「水密ハッチ」という。）が設計用地震力に対して、主要な構造部材が十分な構造健全性を有することを説明するものである。その耐震評価は水密ハッチの固有値解析及び応力評価により行う。

## 2. 基本方針

### 2.1 位置

水密ハッチは、屋外設備に設置し、浸水を防止するために設置する設計とする。水密ハッチの設置場所を図1に示す。

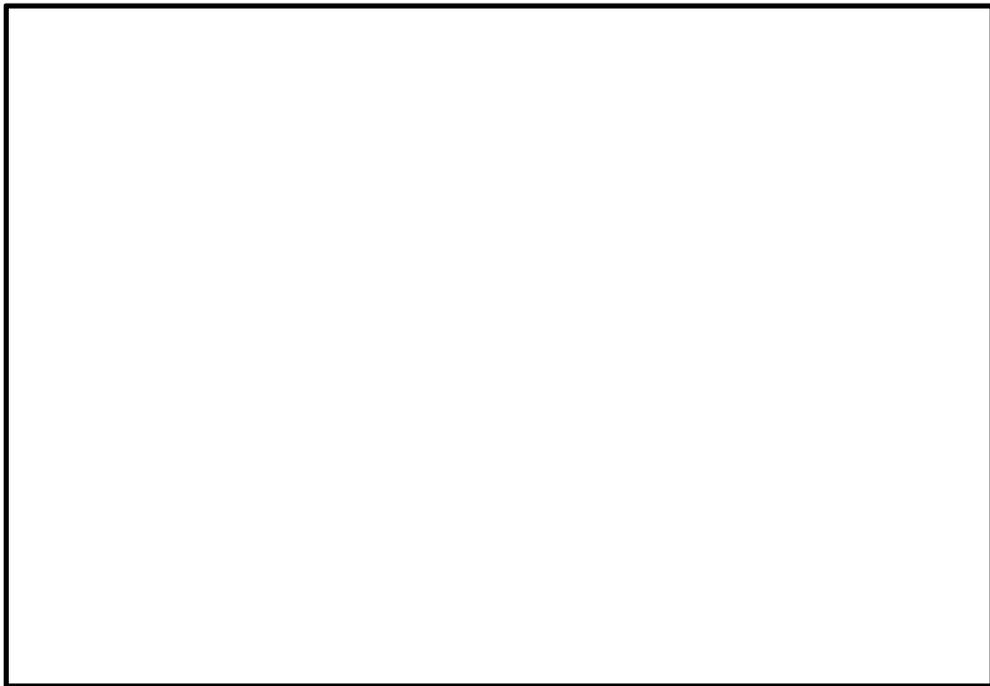
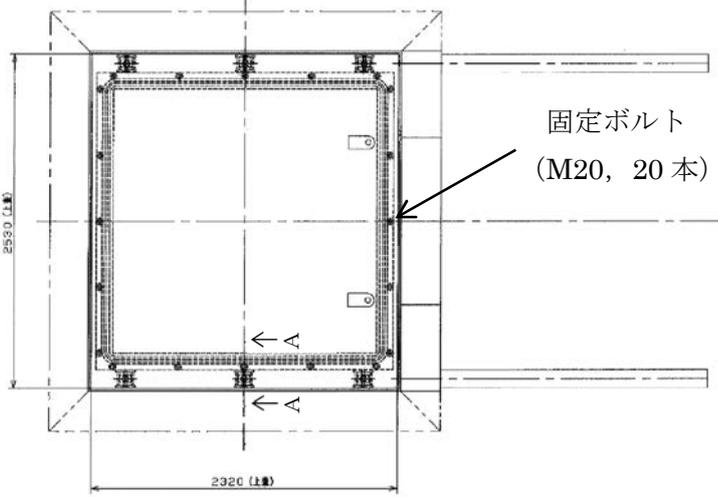
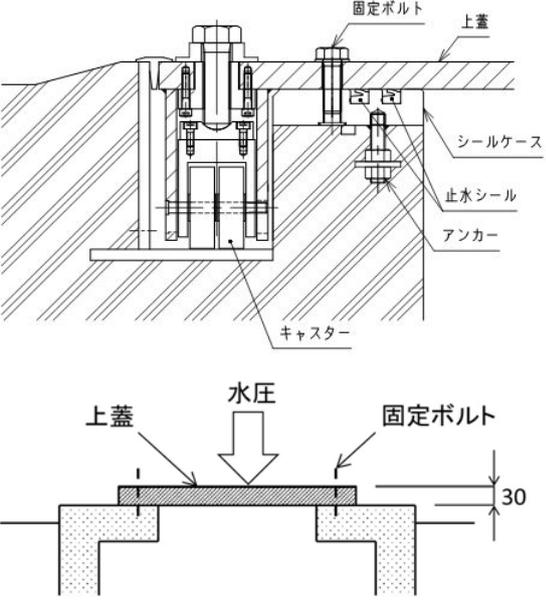


図1 水密ハッチの設置場所

## 2.2 構造概要

水密ハッチは屋外に設置し、海水がハッチ内部に浸入することを防止する。  
水密ハッチの構造計画を表1に示す。

表1 水密ハッチ構造計画

設備名称	平面図		
	 <p style="text-align: center;">常設低圧代替注水系格納槽可搬型ポンプ用水密ハッチ</p>		
	<p style="text-align: center;">計画の概要</p>		
水密ハッチ	主体構造	支持構造	説明図(A-A)
	<p>鋼製の上蓋により構成する。</p>	<p>床と一体化した鋼製のシールケースにボルトで固定する。</p>	

### 2.3 評価方針

水密ハッチの応力評価は、添付資料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 構造の説明」にて示す水密ハッチの部位を踏まえ「3. 耐震評価箇所」にて設定する箇所において、「4. 固有値解析」で算出した固有振動数に基づく応力が許容限界内に収まることを、「5. 応力評価」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。

水密ハッチの耐震評価フローを図2に示す。

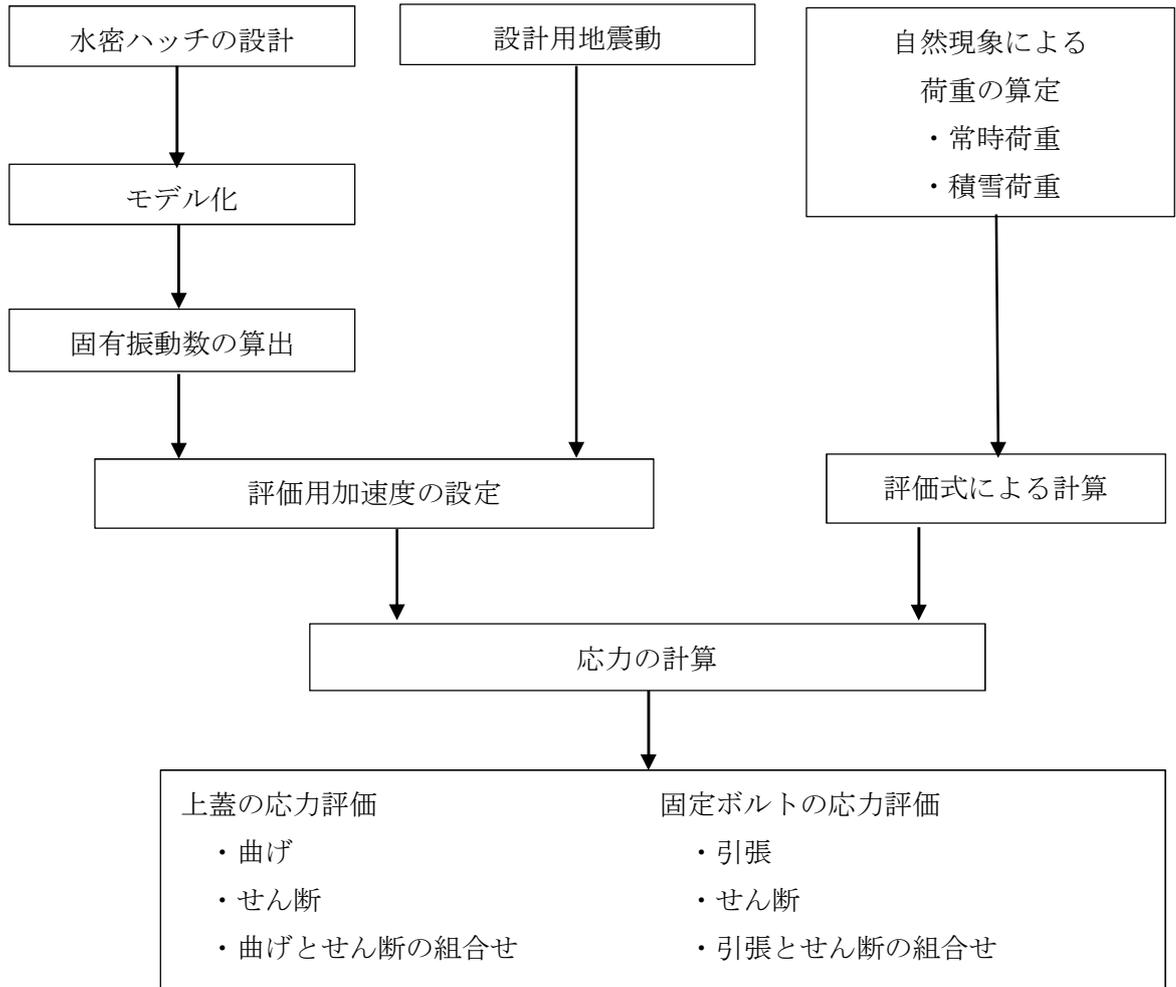


図2 水密ハッチの耐震評価フロー

## 2.4 適用規格

適用する規格，基準等を以下に示す。

- ・発電用原子力設備規格 設計・建設規格 J S M E S N C 1 - 2005 / 2007 ((社)日本機械学会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補—1984 ((社)日本電気協会 昭和59年)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 —1987 ((社)日本電気協会 昭和62年)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 —1991 追補版 ((社)日本電気協会 平成3年)
- ・機械工学便覧 改訂第5版 (日本機械学会編 1968年)
- ・港湾の施設の技術上の基準・同解説 ((社)日本港湾協会 平成19年)

## 3. 耐震評価箇所

水密ハッチの評価対象部位は、「2.2 構造概要」にて示している構造を踏まえて，津波に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し設定する。

水密ハッチに対して浸水津波及び積雪，地震 ( $S_s$ ) による荷重が作用し，これらの荷重は鋼製の上蓋から上蓋を固定している鋼製の固定ボルトに伝達することから，主要構成部材である上蓋及び固定ボルトを評価対象部位として設定する。鉛直震度が  $1G$  を超えるため上蓋の浮き上がりによる固定ボルトの引張の評価も行なう。

水密ハッチの耐震評価における評価対象部位について図3に示す。

なお，入力地震動は，添付資料V-2-1-2「基準地震動  $S_s$  及び弾性設計用地震動  $S_d$  の策定概要」に基づく基準地震動  $S_s$  とする。

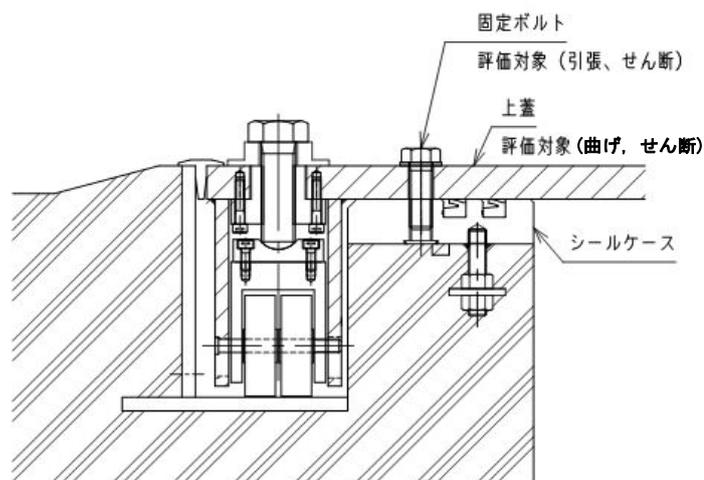


図3 評価対象部位

#### 4. 固有値解析

##### 4.1 基本方針

- (1) 水密ハッチの構造に応じて、固有振動数を算出する。
- (2) 水密ハッチの応力評価において、地震荷重の算出に用いる応答加速度として、設置床面の最大床加速度を適用するために、固有振動数が 20Hz 以上であることを確認する。

##### 4.2 固有振動数の計算方法

###### 4.2.1 記号の説明

水密ハッチの固有振動数算出に用いる記号を表 2 に示す。

表 2 水密ハッチの固有振動数算出に用いる記号

記号	単位	記号の説明
a	mm	モデル化に用いる蓋材の幅（長辺）
b	mm	モデル化に用いる蓋材の長さ（短辺）
E	MPa	縦弾性係数
f	Hz	1 次固有振動数
g	m/s <sup>2</sup>	重力加速度
t	mm	上蓋の厚さ
m	kg	上蓋の重量
$\rho$	kg/m <sup>3</sup>	上蓋の密度
$\nu$	-	ポアソン比
$\lambda$	-	振動数係数(板モデルの固有振動数算出)

###### 4.2.2 モデル

水密ハッチは、シールケースにボルト止めされた構造であることから、荷重がかかる上蓋は周辺固定の長方形板モデルとする。(図 4)

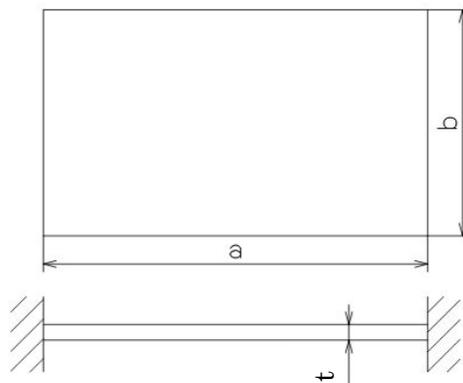


図 4 水密ハッチ概略モデル

#### 4.2.3 固有振動数の算出方法

##### (1) 上蓋

- a. 上蓋は、全周囲を固定ボルトにより支持されていることから、周辺固定の長方形板モデルとする。周辺固定の長方形板モデルの一次固有振動数  $f$  は、「機械工学便覧（1986年）、日本機械学会」より、次式を用いて算出する。

$$f = \frac{\lambda \cdot \pi \cdot \frac{t}{2}}{2 \cdot b^2} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot g}{3 \cdot (1 - \nu^2) \cdot \rho}}$$

#### 4.2.4 固有振動数の計算条件

表3に上蓋の固有振動数の計算条件を示す。

表3 上蓋の固有振動数の算出条件

	材質	上蓋の厚さ t (mm)	上蓋の幅 a (mm)	上蓋の長さ b (mm)	振動数係数 $\lambda^*$
水密ハッチ	SUS304	30	2580	2320	2.74

重力加速度 g (m/s <sup>2</sup> )	ポアソン比 $\nu$	材料の密度 $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	温度条件 (°C)
9.80665	0.3	7930	40

注記 ※ 水密ハッチの振動数係数  $\lambda$  は  $a/b \approx 1.1$  の場合の定数  $\lambda$  が無いため、より小さな値として算出される  $a/b = 1.5$  の場合の定数  $\lambda = 2.74$  を用いた。

縦弾性係数は J S M E S N C 1 - 2005 / 2007 の付録材料図表 Part6 表 1 を用いて計算する。温度条件 40°C を考慮して直線補間の次式を用いて算出する。

$$E = E_{20} - \frac{(t_{40} - t_{20}) \cdot (E_{50} - E_{20})}{(t_{50} - t_{20})}$$

ここで、

$t_{20}$ ,  $t_{40}$ ,  $t_{50}$  : 温度 (各 20°C, 40°C, 50°C)

$E_{20}$ ,  $E_{50}$  : 各温度時のオーステナイト系ステンレス鋼縦弾性係数  
( $E_{20}$  : 20°C の時 195000MPa,  $E_{50}$  : 50°C の時 193000MPa)

#### 4.3 固有値解析結果

上記計算の結果、蓋板の固有振動数は 35.8Hz であり、水密ハッチの固有振動数が 20Hz 以上であることから剛構造であることを確認した。

### 5. 応力評価

#### 5.1 基本方針

- (1) 水密ハッチの各部位の応力評価を実施し、発生応力を算出する。
- (2) 各部位の発生応力と許容応力を比較し、発生応力が許容応力以下であることを確認する。
- (3) 許容応力について、JSME S NC1-2005 の付録材料図表を用いて計算する際に、温度が付録材料図表記載値の中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。  
ただし、比例法を用いる場合の端数処理は、少数第 1 位以下を切り捨てた値を用いるものとする。

##### 5.1.1 記号の説明

耐震評価に用いる記号を表 4 に示す。

表 4 耐震評価に用いる記号

記号	単位	記号の説明
$C_{HSS}$	-	基準地振動 $S_s$ による水平方向の評価用震度
$C_{VSS}$	-	基準地振動 $S_s$ による鉛直方向の評価用震度
$a$	mm	上蓋の荷重負担幅
$b$	mm	上蓋の荷重負担長さ
$A$	mm <sup>2</sup>	上蓋の面積
$\omega$	Pa/cm	積雪の単位荷重
$t$	mm	上蓋の板厚（公称値）
$\beta_2$	-	上蓋の曲げ応力算定に用いる係数
$\rho$	kg/m <sup>3</sup>	上蓋の密度
$\sigma_{bSS}$	MPa	曲げ応力
$\tau_{SS}$	MPa	せん断応力
$A_b$	mm <sup>2</sup>	ボルトの呼び径断面積
$n$	本	固定ボルト本数
$\sigma_{tSS}$	MPa	固定ボルトの引張応力
$\tau_{kSS}$	MPa	固定ボルトの引張応力せん断応力

## 5.2 荷重の組合せ及び許容応力

### 5.2.1 荷重の設定

強度評価に用いる荷重は以下の荷重を用いる。

#### (1) 常時作用する荷重(D)

常時作用する荷重として水密ハッチの自重を考慮する。

#### (2) 積雪荷重(P<sub>s</sub>)

積雪荷重を考慮する。

積雪荷重P<sub>s</sub>については、添付資料「V-1-1-2 発電用原子炉施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書」に基づき30cmの積雪量を想定し、平均的な積雪荷重を与えるための係数0.35を考慮する。

積雪荷重による質量は次式を用いて算出する。

$$P_s = 0.35 \cdot \omega \cdot 30$$

#### (3) 地震荷重(S<sub>s</sub>)

基準地震動S<sub>s</sub>による荷重を考慮する。

ここで、応力評価に用いる静的震度は水密ハッチを設置している上版における最大加速度を重力加速度で除して算出し、各方向での最大値を用いる。表5に応力評価に用いる評価用震度を示す。

表5 設計用地震動

設置場所 及び床面 高さ(m)	水平方向			鉛直方向		
	設計用震度	裕度	評価用震度 C <sub>HSS</sub>	設計用震度	裕度	評価用震度 C <sub>VSS</sub>
8.2	1.10	2.5	2.75	0.96	1.2	1.15

追

### 5.2.2 荷重の組合せ

水密ハッチの設計にて考慮する荷重の組合せを表6に示す。

表6 考慮する荷重の組合せ

施設区分	機器名称	荷重の組合せ※1
浸水防止設備	屋外設備用 水密ハッチ	D + S <sub>s</sub> + P <sub>s</sub>

注記 ※1 Dは常時作用する荷重(自重), S<sub>s</sub>は地震荷重, P<sub>s</sub>は積雪荷重を示す。

### 5.2.3 許容限界

水密ハッチの設計にて考慮する許容応力状態を表7に、許容応力算定用基準値を表8に示す。

表7 水密ハッチの設計にて考慮する許容限界（許容応力）

許容応力状態	許容限界 <sup>※1※2</sup>					
	上蓋			固定ボルト		
	一次応力			一次応力		
	曲げ	せん断	組合せ <sup>※3</sup>	引張	せん断	組合せ <sup>※4</sup>
Ⅲ <sub>A</sub> S	$1.5 \cdot f_b$	$1.5 \cdot f_s$	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$	$1.5 \cdot f_{ts}$
(MPa)	204	117	204	153	117	153

注記 ※1 曲げ及びせん断は、J E A G 4 6 0 1・補—1984 を準用し、「その他の支持構造物」の許容限界を適用する。組合せは、J S M E S N C 1—2005/2007 による。

※2  $f_b$  : 許容曲げ応力,  $f_s$  : 許容せん断応力,  $f_t$  : 許容引張応力を示す。

※3 曲げとせん断の組合せである。

※4 せん断応力と引張応力を同時に受けるボルトの許容引張応力  $f_{ts}$  は、次のいずれか小さい方の値。

$$f_{ts} = 1.4 \cdot 1.5 \cdot f_{t0} - 1.6 \tau$$

$$f_{ts} = f_{t0}$$

ここで、

$f_{t0}$ : ボルトの許容引張応力

$\tau$  : ボルトに作用するせん断応力

表8 許容応力算定用基準値

評価部位	材料	温度条件 (°C)	$S_y$ <sup>※1</sup> (MPa)	$S_u$ <sup>※1</sup> (MPa)	F <sup>※1※2</sup> (MPa)
上蓋	SUS304	40	205	520	205
固定ボルト					

注記 ※1  $S_y$  : 設計降伏点,  $S_u$  : 設計引張強さ, F : 許容応力算定用基準値を示す。

※2  $F = \text{Min} [S_y, 0.7 \cdot S_u]$  とする。

### 5.3 応力評価方法

#### (1) 上蓋

四辺を固定された長方形板に等分布荷重（鉛直地震含む）が作用している板に発生する曲げ応力及びせん断応力は「機械工学便覧（1986年），日本機械学会」より以下の式にて算出する。

##### a. 曲げ応力

$$\sigma_{bss} = \frac{\beta_2 \cdot \left( \frac{D + P_{VSS}}{A} + P_s \right) \cdot a^2}{t^2}$$

ここで，

$$P_{VSS} = C_V \cdot (D + P_s \cdot A)$$

##### b. せん断力

$$\tau_{ss} = \frac{D + P_{VSS} + P_s \cdot A}{t \cdot (a + b) \cdot 2}$$

##### c. 組合せ応力評価

前項にて算出した垂直応力やせん断応力について，次式にて組合せ応力を算出する。

$$\sigma = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \cdot \sigma_y + 3 \cdot \tau_{xy}^2} \quad ※1$$

ここで，

$\sigma$  : 組合せ応力 (MPa)

$\sigma_x, \sigma_y$  : 互いに直交する垂直応力 (MPa)

$\tau_{xy}$  :  $\sigma_x, \sigma_y$ の作用する面内のせん断応力 (MPa)

注記 ※1 J SME S NC 1 - 2005 / 2007 SSB-3121.1

#### (2) 固定ボルト

鉛直地震により水密ハッチに作用する荷重は，固定ボルトに引張力，水平地震はせん断力として作用することから，以下の式より算出する。

##### a. 引張応力

$$\sigma_{tss} = \frac{P_{VSS} - D - P_s \cdot A}{n \cdot A_b}$$

ここで，

$\sigma_{tss}$  : 鉛直方向の地震荷重( $S_s$ )による固定ボルトに作用する引張応力 (MPa)

b. せん断応力

$$\tau_{kSS} = \frac{P_{HSS}}{n \cdot A_b}$$

ここで、

$$P_{HSS} = C_{HSS} \cdot (D + P_s \cdot A)$$

$\tau_{kSS}$  : 水平方向の地震荷重 ( $S_s$ ) による固定ボルトに作用するせん断応力 (MPa)

c. 組合せ応力

地震 ( $S_s$ ) 荷重が作用した際の固定ボルトの引張応力とせん断応力を同時に受けるボルトは「J S M E S N C 1 - 2005 / 2007 SSB-3132」より、その影響を許容値にて考慮する。

5.4 応力評価条件

表 9 に上蓋の各緒元を、表 10 にその他の各緒元を示す。

表 9 上蓋の各緒元

	上蓋の質量 m (kg)	荷重負担幅 a (mm)	荷重負担長さ b (mm)	係数 $\beta_2$	上蓋の板厚 t (mm)
水密ハッチ	1600	2320	2580	0.33	30

表 10 その他の各緒元

	固定ボルト の呼び径 (mm)	呼び径断面積 $A_b$ (mm <sup>2</sup> )	固定ボルト 本数 n (本)	積雪の 単位荷重 $\omega$ (Pa/cm)	上蓋面積 A (m <sup>2</sup> )
水密ハッチ	20	314.159265	20	20	$2.32 \times 2.58 = 5.9856$

## 6. 評価結果

水密ハッチの耐震評価結果を以下に示す。発生値は評価基準値を満足しており、耐震性を有することを確認した。

基準地震動 Ss に対する評価結果を表 11 に示す。

表 11 基準地震動 Ss による評価結果

評価対象部位		評価応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
水密ハッチ	上蓋	曲げ	13	204
		せん断	1	117
		組合せ※1	14	204
	固定ボルト	引張	1	153
		せん断	8	117

注記 ※1 曲げとせん断の組合せである。

本資料のうち、枠囲みの内容は、  
営業秘密又は防護上の観点から  
公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-820 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-10-2-5-5 緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の  
耐震性についての計算書

## 目 次

1. 概要.....	1
2. 基本方針.....	2
2.1 位置.....	2
2.2 構造概要.....	3
2.3 評価方針.....	4
2.4 適用規格.....	5
3. 耐震評価.....	6
3.1 記号の定義.....	6
3.2 評価対象部位.....	7
3.3 荷重の種類及び荷重の組合せ.....	8
3.4 許容限界.....	9
3.5 評価方法.....	10
4. 評価条件.....	14
5. 耐震評価結果.....	15

## 1. 概要

本資料は、V-2-1-1「耐震設計の基本方針」にて設定している構造強度に基づき、浸水防護設備のうち緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋が設計用地震力に対して、主要な構造部材が十分な構造健全性を有することを説明するものである。その耐震評価は緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の固有値解析及び応力評価により行う。

## 2. 基本方針

### 2.1 位置

緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋は、海水ポンプ点検用ピット最上部のスラブ部分（頂版部）に設置する。

緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の設置位置図を図 2-1 に示す。

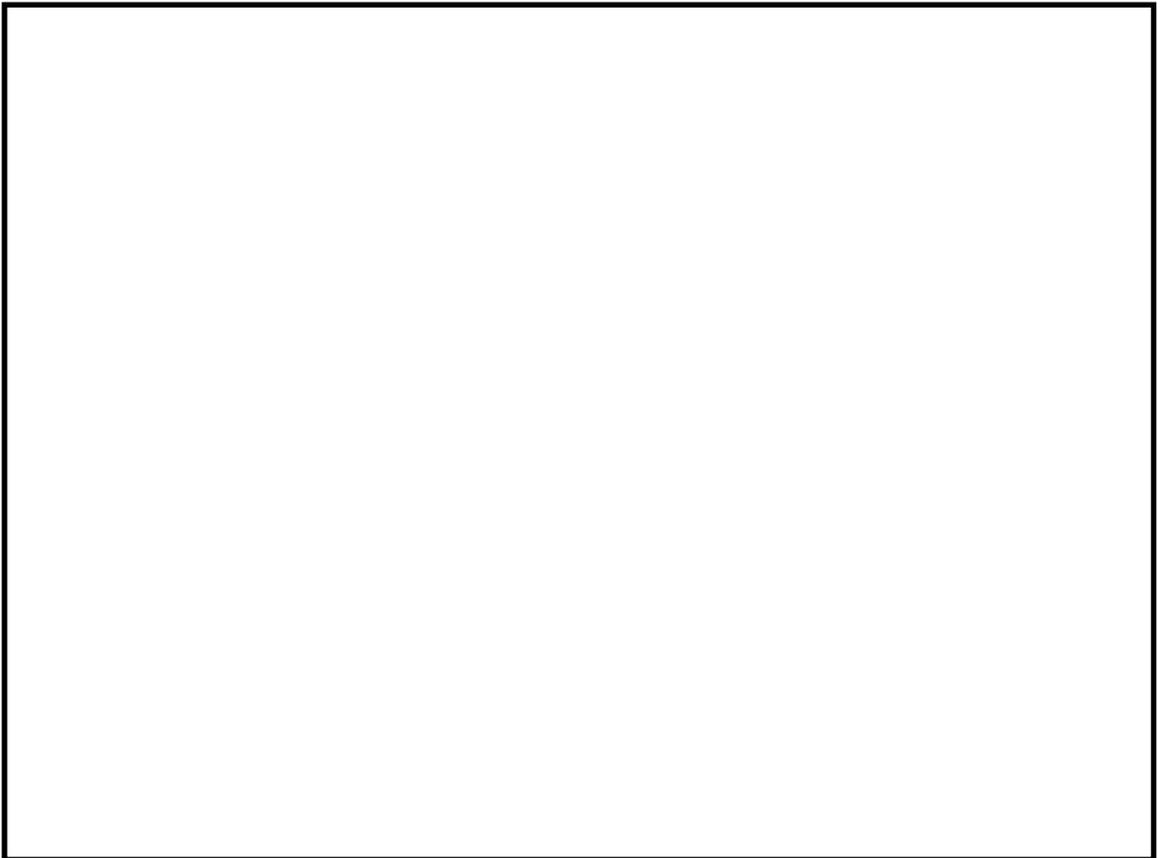


図 2-1 緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋配置図

## 2.2 構造概要

緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の構造は、長方形の鋼板に主桁（溝形鋼）及び補助桁（T形鋼）を組合せた構造とする。

緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋は、本体を海水ポンプ点検用ピット最上部のスラブ部分（頂版部）に設置する固定ボルトで固定する。緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の構造概要図を図 2-2 に示す。

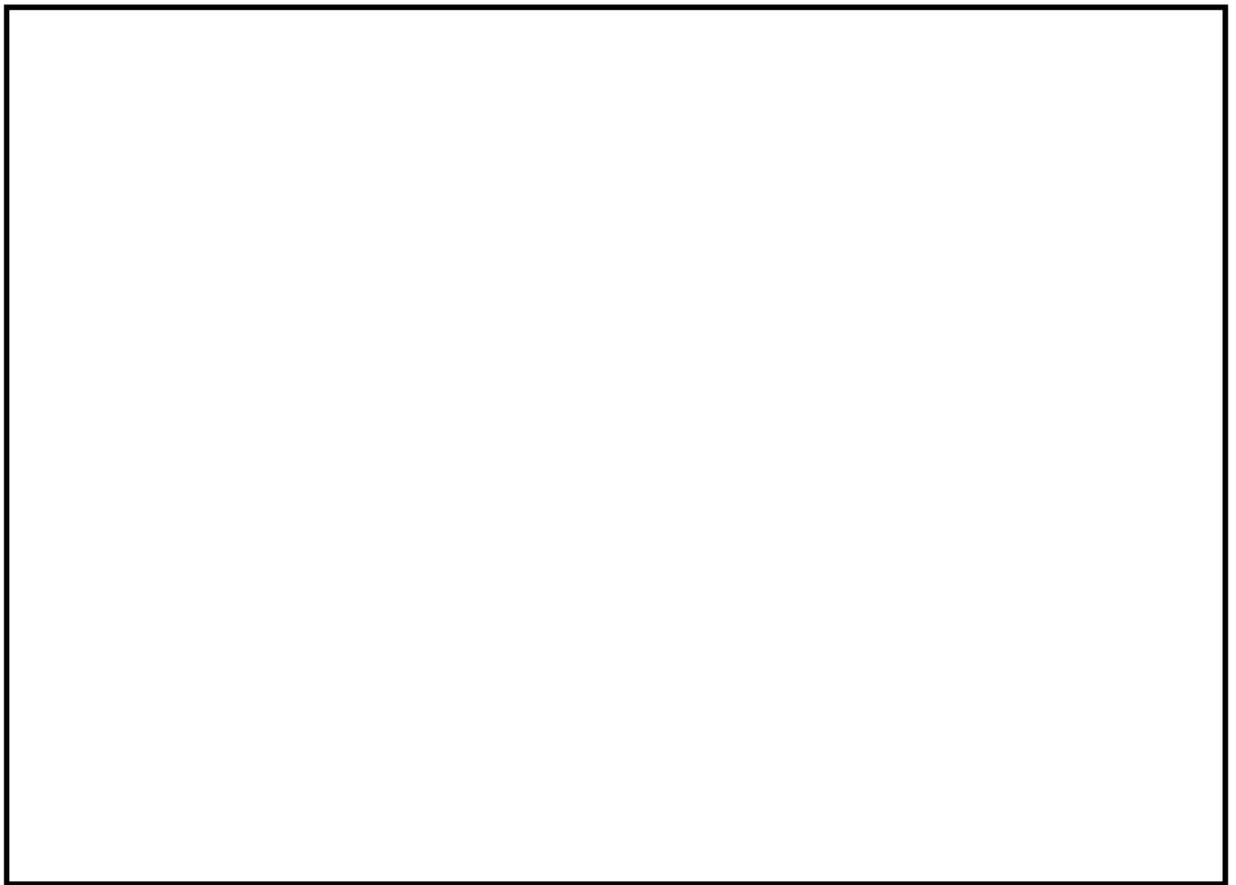


図 2-2 緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の構造概要

### 2.3 評価方針

緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋は、Sクラス施設である浸水防護施設に分類される。

緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の耐震計算は、緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の評価対象部位に作用する応力が許容限界以下であることを「3. 耐震評価方法」に示す方法により、「4. 評価条件」に示す評価条件を用いて評価し、「5. 耐震評価結果」にて確認する。

緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の耐震評価では、地震発生時に各部に作用する荷重を考慮する。耐震評価フローを図 2-3 に示す。

また、上記評価を実施するにあたり、緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋をモデル化した固有値解析を行う。

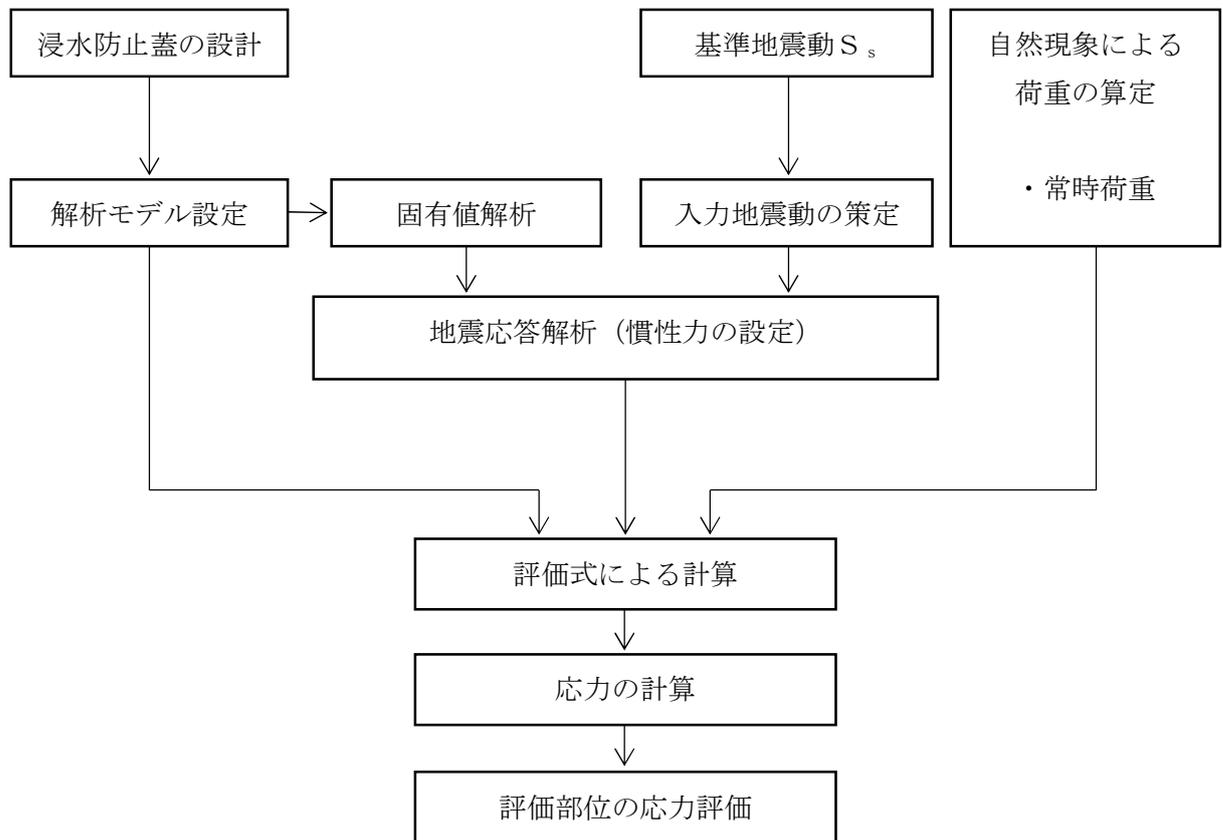


図 2-3 耐震評価フロー

## 2.4 適用規格

適用する規格，基準等を以下に示す。

- 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 ((社) 日本電気協会)
- 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補-1984 ((社) 日本電気協会)
- 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版 ((社) 日本電気協会)
- 日本工業規格 (J I S)
- ダム・堰施設技術基準 (案) (基準解説編・マニュアル編) ((社) ダム・堰施設技術協会, 平成 25 年 6 月)

### 3. 耐震評価方法

緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の耐震評価は、「3.2 評価対象部位」に示す評価対象部位に対し、「3.3 荷重の種類及び荷重の組合せ」及び「3.4 許容限界」に示す荷重の種類及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえ、「3.5 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

#### 3.1 記号の定義

緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の耐震計算に用いる記号を表 3-1 に示す。

表 3-1 緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋(上部)の耐震計算に用いる記号

記号	単位	定義
$g$	$m/s^2$	重力加速度
$\sigma_v$	$N/mm^2$	日本工業規格に規定される材料の設計降伏点
$\sigma_u$	$N/mm^2$	日本工業規格に規定される材料の設計引張強さ
$\sigma_a$	$N/mm^2$	許容圧縮応力度, 許容引張応力度・許容曲げ応力度 ダム・堰施設技術基準 (案) $\sigma_a = \sigma_v / F$
$\tau_a$	$N/mm^2$	許容せん断応力度 ダム・堰施設技術基準 (案) $\tau_a = \sigma_a / \sqrt{3}$
$\sigma_{ca}$	$N/mm^2$	許容支圧応力度 ダム・堰施設技術基準 (案) $\sigma_{ca} = 1.5 \sigma_a$

### 3.2 評価対象部位

緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の評価対象部位は、「2.2 構造概要」にて設定している構造を踏まえて、地震に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し設定する。

なお、緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の耐震計算における評価対象部位は、浸水防止蓋及び固定ボルトとする。

緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の耐震評価における評価対象部位を、図 3-1 に示す。

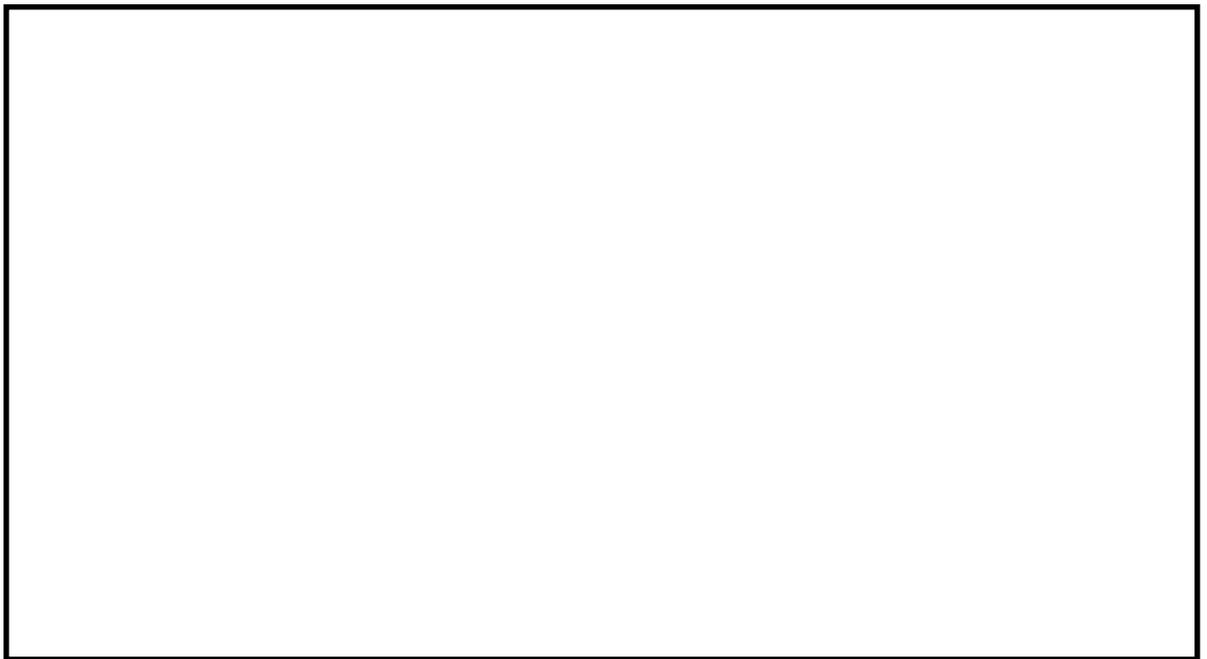


図 3-1 評価対象部位

### 3.3 荷重の種類及び荷重の組合せ

耐震評価に用いる荷重の種類及び荷重の組合せに関して以下に示す。

#### 3.3.1 荷重の設定

耐震評価に用いる荷重は、以下のとおり。

(1) 常時作用する荷重 (D)

常時作用する荷重として、自重Dを考慮する。自重Dについては、緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋（上部）の構成部材の質量を用いる。

(2) 地震荷重 ( $S_s$ )

耐震計算に用いる地震荷重 ( $S_s$ ) は地震応答解析より得られる蓋の照査用応答値を用いる。

(3) 積雪荷重 ( $P_s$ )

積雪荷重  $P_s$  については、30 cm の積雪量を想定する。

#### 3.3.2 荷重の組合せ

緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋は、緊急用海水ポンプ点検用ピット最上部の頂版部に設置されているため、風荷重の影響は考慮しない。

荷重の組合せを表 3-2 に示す。

表 3-2 荷重の組合せ

施設区分	機器名称	荷重の組合せ*
浸水防止設備	緊急用海水ポンプ点検用 開口部浸水防止蓋	$D + S_s + P_s$

注記 \* : D : 自重,  $S_s$  : 地震荷重,  $P_s$  : 積雪荷重

### 3.4 許容限界

緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の各部材の許容限界は、評価対象部位ごとに、「ダム・堰施設技術基準（案）」に規定される許容応力度を用いる。

各評価対象部位の許容限界を表 3-3 に示す。

表 3-3 各評価対象部位の許容限界

状態	許容限界 <sup>*1, *2</sup>			
	浸水防止蓋		固定ボルト	
	一次応力		一次応力	
短期	曲げ	せん断	引張	せん断
	$1.5\sigma_a$	$1.5\tau_a$	$1.5\sigma_a$	$1.5\tau_a$

注記 \*1: 「ダム・堰施設技術基準（案）」に準じ、短期時許容値割増 1.5 とする。

\*2:  $\sigma_a$ : 許容曲げ応力度,  $\tau_a$ : 許容せん断応力度

### 3.5 評価方法

緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の耐震評価は、地震荷重による各部材の発生応力が許容限界以下であることを確認するものとする。

#### 3.5.1 荷重条件

##### (1) 固定荷重 (D)

固定荷重による質量を考慮する。

##### (2) 地震荷重 ( $S_s$ )

地震荷重  $S_s$  は、以下のとおりとする。

なお、鉛直震度は、自重と同じ鉛直下向きに考慮する。

$$W_{hg} = K_h \cdot D \cdot g$$

$$W_{vg} = K_v \cdot D \cdot g$$

$$w_{vg} = W_{vg} / A$$

ここで、

$K_h$  : 設計水平震度 (G)

$K_v$  : 設計鉛直震度 (G)

$W_{hg}$  : 全体の水平地震荷重 (N)

$W_{vg}$  : 全体の鉛直地震荷重 (N)

$w_{vg}$  : 鉛直地震分布荷重 (N/mm<sup>2</sup>)

D : 固定荷重による全体質量 (kg)

g : 重力加速度 (m/s<sup>2</sup>)

A : 浸水防止蓋の投影面積 (mm<sup>2</sup>)

##### (3) 積雪荷重 ( $P_s$ )

積雪荷重として、30 cm の積雪荷重を考慮する。

#### 3.5.2 耐震評価

##### (1) 浸水防止蓋

浸水防止蓋の荷重条件は、地震荷重を等分布荷重とし、浸水防止蓋を構成する主桁及び補助桁に発生する最大曲げモーメント及び最大せん断力は「ダム・堰施設技術基準 (案)」に規定される計算式を用いる。

## (a) 曲げ応力

浸水防止蓋の主桁に発生する最大曲げ応力度  $\sigma$  は、次式により算出する。

$$\sigma = M / Z$$

ここで、

$\sigma$  : 最大曲げ応力度

$M$  : 主桁に発生する曲げモーメント

$Z$  : 主桁及び補助桁の断面係数

## (b) せん断応力

浸水防止蓋の主桁に発生する最大せん断応力度  $\tau$  は次式により算出する。

$$\tau = S / A_w$$

ここで、

$\tau$  : 最大せん断応力度

$S$  : 主桁に発生する最大せん断力

$A_w$  : 主桁及び補助桁のウェブ断面積

## (2) 固定ボルト

固定ボルトに作用する荷重は、固定ボルト設置位置及び間隔から浸水防止蓋に対する負担面積を設定し、鉛直方向荷重及び水平方向荷重に対して評価を行う。

## (a) 引張応力

固定ボルト 1 本あたりの引張応力度  $\sigma_b$  は、次式により算出する。

$$\sigma_b = P_b / A_b$$

ここで、

$\sigma_b$  : 固定ボルト 1 本あたりの引張応力度

$P_b$  : 固定ボルト 1 本あたりに作用する引張応力

$A_b$  : 固定ボルトの有効断面積

## (b) せん断応力

固定ボルト 1 本あたりのせん断応力度  $\tau_b$  は、次式により算出する。

$$\tau_b = S_b / A_b$$

ここで、

$\tau_b$  : 固定ボルト 1 本あたりのせん断応力度

$S_b$  : 固定ボルト 1 本あたりに作用するせん断荷重

$A_b$  : 固定ボルトの有効断面積

(c) 組合せ応力

固定ボルトに発生する曲げ応力度  $\sigma_b$  及びせん断応力度  $\tau_b$  による組合せ荷重  $\sigma_{bm}$  を「ダム・堰施設技術基準(案)」記載の次式により算出する。

$$\sigma_{bm} = \sqrt{\sigma_b^2 + 3\tau_b^2}$$

### 3.5.3 固有値解析

緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の耐震評価にあたり、「2.3 評価方針」に記載したとおり、当該設備をモデル化した固有値解析を実施する。

#### (1) 解析モデル

緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋の主桁を単純支持梁としてモデル化する。

#### (2) 固有振動数の計算

緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋は、主桁を単純支持梁としてモデル化し、評価を行う。「構造力学公式集（1988年）、土木学会」より、両端支持梁の一次固有振動数は次のとおり与えられる。

$$f = \frac{\pi^2}{2\pi L^2} \sqrt{\frac{E \cdot I}{m}}$$

各記号の定義並びに評価に必要な諸元を表 3-4 に示す。

表 3-4 固有振動数の計算における記号の定義と評価に必要な諸元

記号	定義	数値	単位	備考
f	一次固有振動数	—	Hz	
E	縦弾性係数	1.93 × 10 <sup>11</sup>	N/m <sup>2</sup>	
I	主桁の断面 2 次モーメント	1.054 × 10 <sup>-4</sup>	m <sup>4</sup>	
m	主桁の単位長さ当りの重量	53.7	kg/m	
L	主桁の長さ	2.73	m	

#### (3) 固有値解析結果

固有振動数の算出結果を表 3-5 に示す。固有振動数は、20 Hz 以上であることから、剛構造である。

表 3-5 固有振動数の算出結果

(単位 : Hz)

機器名称	固有振動数
緊急用海水ポンプピット 点検用開口部浸水防止蓋	130

#### 4. 評価条件

緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の強度評価に関する評価条件を以下に説明する。

##### (1) 評価対象部位の諸元

評価対象部位である，浸水防止蓋及び固定ボルトの各諸元を，表 4-1，表 4-2 に示す。

表 4-1 評価対象部位の各諸元（浸水防止蓋）

項目	材質	鋼材仕様
浸水防止蓋	スキンプレート	SUS304 PL-12
	主桁	SUS304 B [-330×100×12×16(端部) B [-330×100×12×16(中間部)

表 4-2 評価対象部位の各諸元（固定ボルト）

材質	呼び径 (mm)
SUS304	30

5. 耐震評価結果

蓋、固定ボルトの耐震評価結果を表 5-1 に示す。緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋の各部位の発生応力は、許容応力以下であり、地震荷重に対して構造部材が十分な健全性を有することを確認した。

表 5-1 強度評価結果

(単位：N/mm<sup>2</sup>)

		評価応力	発生応力	許容応力
端部桁	蓋	曲げ	2.6	150
		せん断	0.7	90
		組合せ	2.9	150
	固定ボルト	引張	4.4	150
中間桁	蓋	曲げ	5.2	150
		せん断	1.6	90
		組合せ	5.9	150
	固定ボルト	引張	8.9	150

本資料のうち、枠囲みの内容は、  
営業秘密又は防護上の観点から  
公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-821 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-10-2-5-6 緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋の  
耐震性についての計算書

## 目 次

1. 概要.....	1
2. 基本方針.....	2
2.1 位置.....	2
2.2 構造概要.....	3
2.3 評価方針.....	4
2.4 適用規格.....	5
3. 耐震評価.....	6
3.1 記号の定義.....	6
3.2 評価対象部位.....	7
3.3 荷重の種類及び荷重の組合せ.....	8
3.4 許容限界.....	8
3.5 評価方法.....	9

## 1. 概要

本資料は、V-2-1-1「耐震設計の基本方針」にて設定している構造強度に基づき、浸水防護設備のうち緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋が設計用地震力に対して、主要な構造部材が十分な構造健全性を有することを説明するものである。その耐震評価は緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋の固有値解析及び応力評価により行う。

## 2. 基本方針

### 2.1 位置

緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋は、海水ポンプ点検用ピット最上部のスラブ部分（頂版部）に設置する。

緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋の設置位置図を図 2-1 に示す。

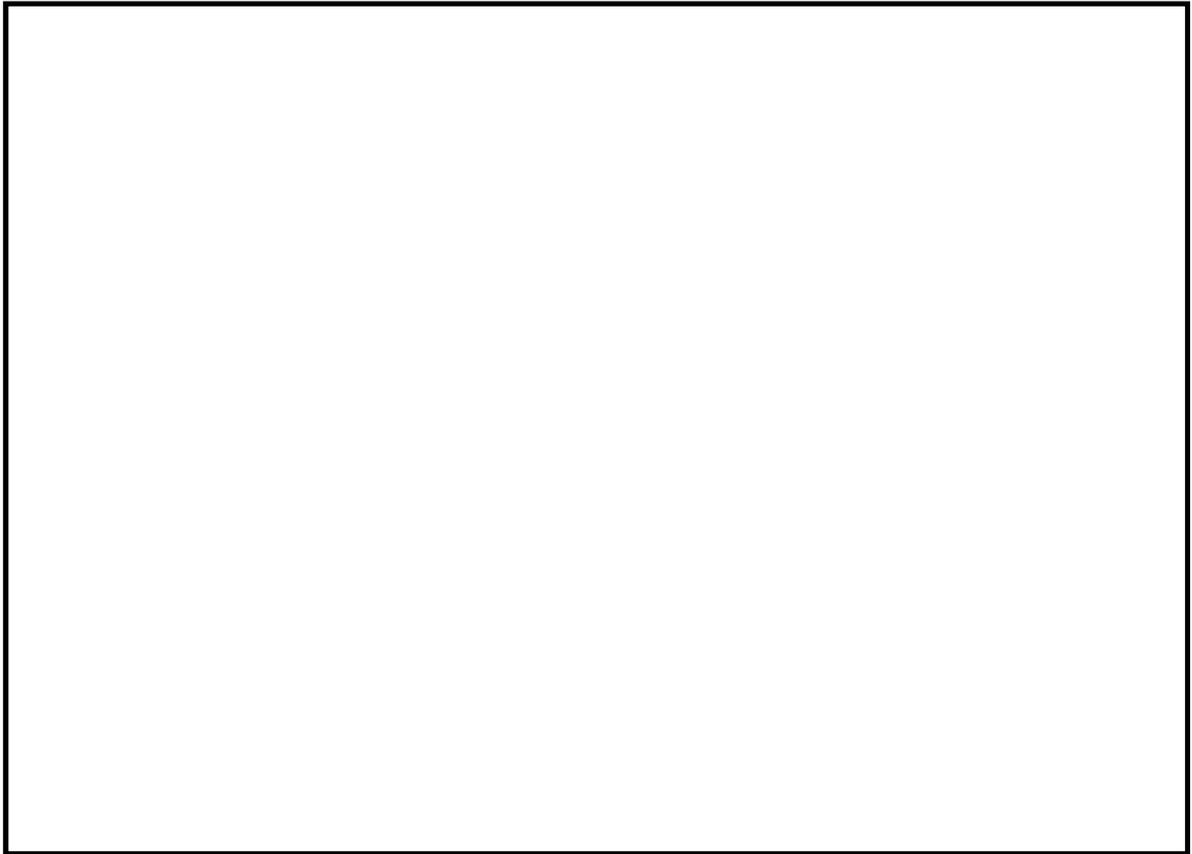
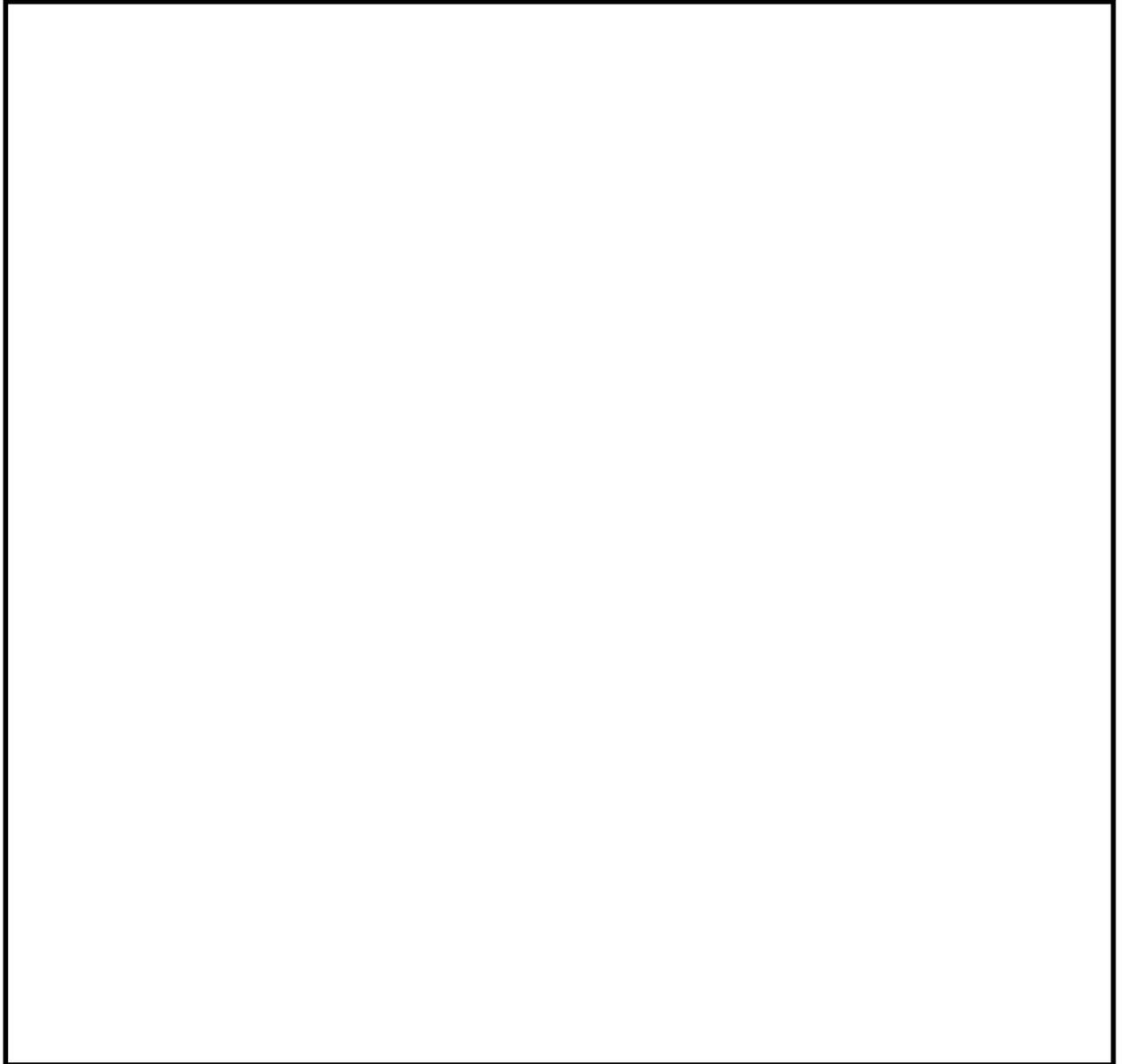


図 2-1 緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋配置図

## 2.2 構造概要

緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋の構造は、長方形の鋼板に主桁（溝形鋼）及び補助桁（T形鋼）を組合せた構造とする。

緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋は、本体を海水ポンプ点検用ピット最上部のスラブ部分（頂版部）に設置する固定ボルトで固定する。緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋の構造概要図を図 2-2 に示す。



第 2-2 図 緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋の構造概要

### 2.3 評価方針

緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋は、Sクラス施設である浸水防護施設に分類される。

緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋の耐震計算は、緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋の評価対象部位に作用する応力が許容限界内に収まることを「3. 耐震評価方法」に示す方法により、「4. 評価条件」に示す評価条件を用いて評価し、「5. 耐震評価結果」にて確認する。

緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋の耐震評価では、地震発生時に各部に作用する荷重を考慮する。耐震評価フロー図第2-3に示す。

また、上記評価を実施するにあたり、緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋をモデル化した固有値解析を行う。

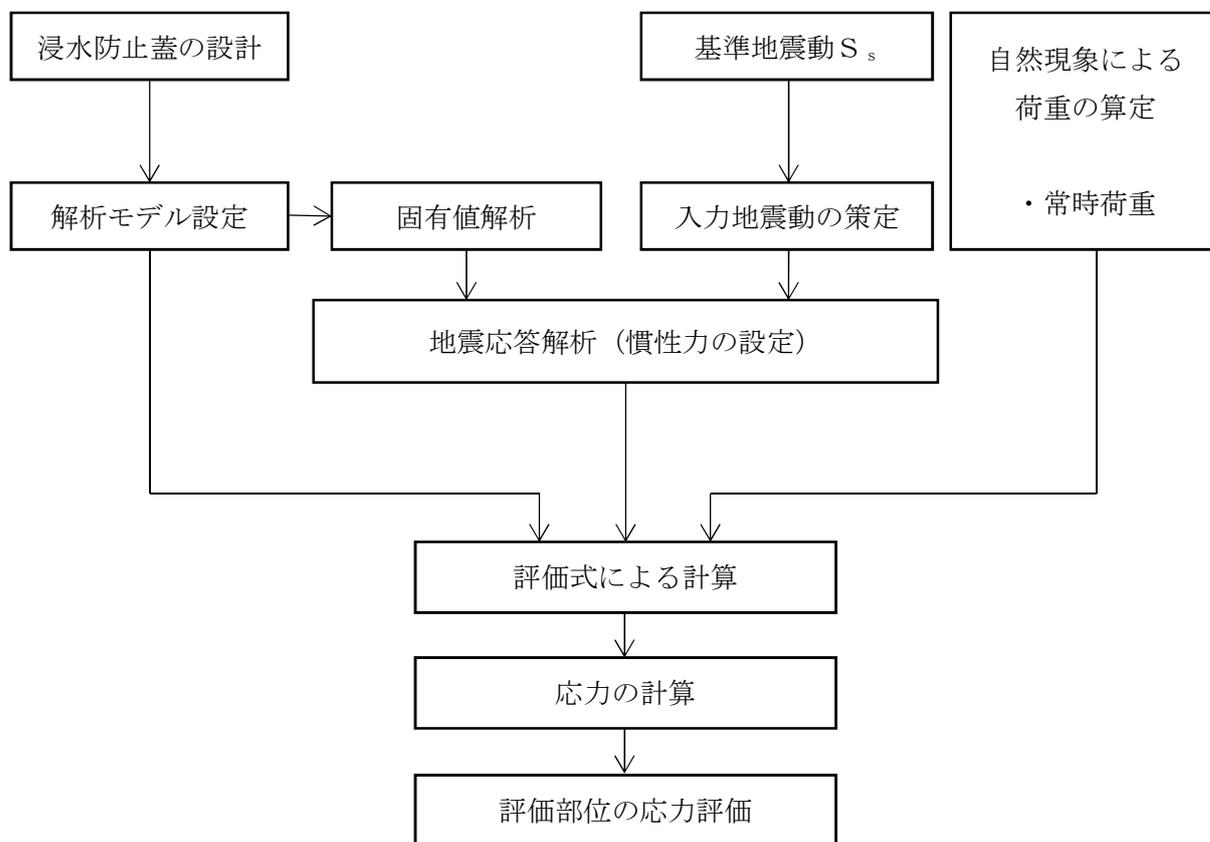


図 2-3 耐震評価フロー

## 2.4 適用規格

適用する規格，基準等を以下に示す。

- 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 ((社) 日本電気協会)
- 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補-1984((社) 日本電気協会)
- 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版 ((社) 日本電気協会)
- 日本工業規格 ( J I S )
- ダム・堰施設技術基準 (案) (基準解説編・マニュアル編) ((社) ダム・堰施設技術協会, 平成 25 年 6 月)

### 3. 耐震評価

緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋の耐震評価は、「3.2 評価対象部位」に示す評価対象部位に対し、「3.3 荷重の種類及び荷重の組合せ」及び「3.4 許容限界」に示す荷重の種類及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえ、「3.5 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

#### 3.1 記号の定義

緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋の耐震計算に用いる記号を表 3-1 に示す。

表 3-1 緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋の耐震計算に用いる記号

記号	単位	定義
$g$	$m/s^2$	重力加速度
$\sigma_v$	$N/mm^2$	日本工業規格に規定される材料の設計降伏点
$\sigma_u$	$N/mm^2$	日本工業規格に規定される材料の設計引張強さ
$\sigma_a$	$N/mm^2$	許容圧縮応力度, 許容引張応力度, 許容曲げ応力度 ダム・堰施設技術基準 (案) $\sigma_a = \sigma_v / F$
$\tau_a$	$N/mm^2$	許容せん断応力度 ダム・堰施設技術基準 (案) $\tau_a = \sigma_a / \sqrt{3}$
$\sigma_{ca}$	$N/mm^2$	許容支圧応力度 ダム・堰施設技術基準 (案) $\sigma_{ca} = 1.5 \sigma_a$

### 3.2 評価対象部位

緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋の評価対象部位は、「2.2 構造概要」にて設定している構造を踏まえて、地震に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し設定する。

なお、緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋の耐震計算における評価対象部位は、浸水防止蓋及び固定ボルトとする。

緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋の耐震評価における評価対象部位を、図 3-1 に示す。

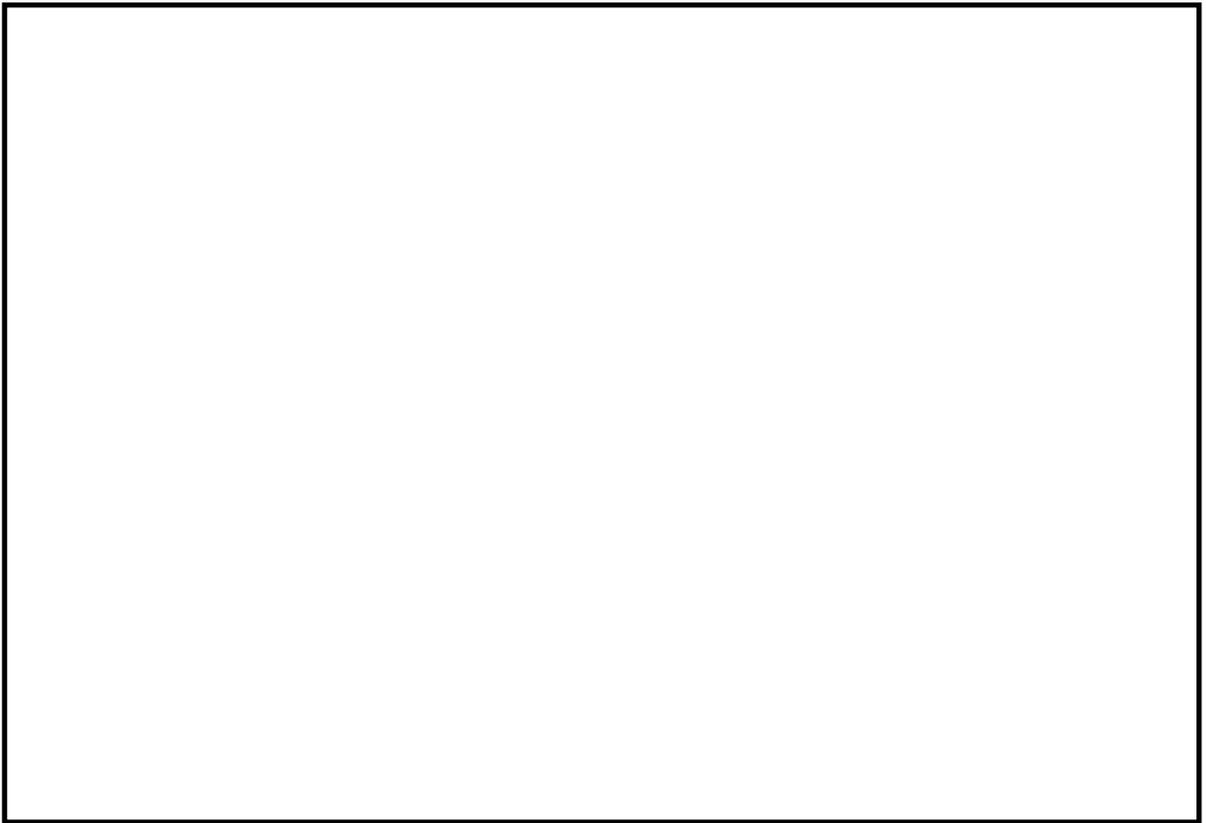


図 3-1 評価対象部位

### 3.3 荷重の種類及び荷重の組合せ

耐震評価に用いる荷重の種類及び荷重の組合せに関して以下に示す。

#### 3.3.1 荷重の設定

耐震評価に用いる荷重は、以下のとおり。

##### (1) 常時作用する荷重 (G)

常時作用する荷重として、自重Gを考慮する。自重Gについては、緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋の構成部材の質量を用いる。

##### (2) 地震荷重 ( $K_s$ )

耐震計算に用いる地震荷重 ( $K_s$ ) は地震応答解析より得られる蓋の照査用応答値を用いる。

#### 3.3.2 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 3-2 に示す。

表 3-2 荷重の組合せ

施設区分	機器名称	荷重の組合せ*
浸水防止設備	緊急用海水ポンプ室 人員用開口部浸水防止蓋	$G + K_s$

注記 \* : G : 自重,  $K_s$  : 地震荷重

### 3.4 許容限界

緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋の各部材の許容限界は、評価対象部位ごとに、「ダム・堰施設技術基準 (案)」に規定される許容応力度を用いる。

各評価対象部位の許容限界を表 3-3 に示す。

表 3-3 各評価対象部位の許容限界

状態	許容限界*1, *2			
	浸水防止蓋		固定ボルト	
	一次応力		一次応力	
短期	曲げ	せん断	引張	せん断
	$1.5 \sigma_a$	$1.5 \tau_a$	$1.5 \sigma_a$	$1.5 \tau_a$

注記 \*1 : 「ダム・堰施設技術基準 (案)」に準じ、短期時許容値割増 1.5 とする。

\*2 :  $\sigma_a$  : 許容曲げ応力度,  $\tau_a$  : 許容せん断応力度

### 3.5 評価方法

緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋の耐震評価は、地震荷重による各部材の発生応力が許容限界以下であることを確認するものとする。

#### 3.5.1 荷重条件

(1) 固定荷重 (G)

固定荷重による質量を考慮する。

(2) 地震荷重 ( $K_s$ )

地震荷重  $S_s$  は、以下のとおりとする。

なお、鉛直震度は、自重と同じ鉛直下向きに考慮する。

$$W_{hg} = K_h \cdot D \cdot g$$

$$W_{vg} = K_v \cdot D \cdot g$$

$$w_{vg} = W_{vg} / A$$

ここで、

$K_h$  : 設計水平震度 (G)

$K_v$  : 設計鉛直震度 (G)

$W_{hg}$  : 全体の水平地震荷重 (N)

$W_{vg}$  : 全体の鉛直地震荷重 (N)

$w_{vg}$  : 鉛直地震分布荷重 (N/mm<sup>2</sup>)

D : 固定荷重による全体質量 (kg)

g : 重力加速度 (m/s<sup>2</sup>)

A : 浸水防止蓋の投影面積 (mm<sup>2</sup>)

### 3.5.2 耐震評価

#### (1) 浸水防止蓋

浸水防止蓋の荷重条件は、地震荷重を等分布荷重とし、浸水防止蓋を構成する主桁及び補助桁に発生する最大曲げモーメント及び最大せん断力は「ダム・堰施設技術基準（案）」に規定される計算式を用いる。

##### (a) 曲げ応力

浸水防止蓋の主桁に発生する最大曲げ応力度  $\sigma$  は、次式により算出する。

$$\sigma = M / Z$$

ここで、

$\sigma$  : 最大曲げ応力度

$M$  : 主桁に発生する曲げモーメント

$Z$  : 主桁及び補助桁の断面係数

##### (b) せん断応力

浸水防止蓋の主桁に発生する最大せん断応力度  $\tau$  は次式により算出する。

$$\tau = S / A_w$$

ここで、

$\tau$  : 最大せん断応力度

$S$  : 主桁に発生する最大せん断力

$A_w$  : 主桁及び補助桁のウェブ断面積

#### (2) 固定ボルト

固定ボルトに作用する荷重は、固定ボルト設置位置及び間隔から浸水防止蓋に対する負担面積を設定し、鉛直方向荷重及び水平方向荷重に対して評価を行う。

##### (a) 引張応力

固定ボルト 1 本あたりの引張応力度  $\sigma_b$  は、次式により算出する。

$$\sigma_b = P_b / A_b$$

ここで、

$\sigma_b$  : 固定ボルト 1 本あたりの引張応力度

$P_b$  : 固定ボルト 1 本あたりに作用する引張応力

$A_b$  : 固定ボルトの有効断面積

##### (b) せん断応力

固定ボルト 1 本あたりのせん断応力度  $\tau_b$  は、次式により算出する。

$$\tau_b = S_b / A_b$$

ここで、

$\tau_b$  : 固定ボルト 1 本あたりのせん断応力度

$S_b$  : 固定ボルト 1 本あたりに作用するせん断荷重

$A_b$  : 固定ボルトの有効断面積

(c) 組合せ応力

固定ボルトに発生する曲げ応力度  $\sigma_b$  及びせん断応力度  $\tau_b$  による組合せ荷重  $\sigma_{bm}$  を「ダム・堰施設技術基準(案)」記載の次式により算出する。

$$\sigma_{bm} = \sqrt{\sigma_b^2 + 3\tau_b^2}$$

### 3.5.3 固有値解析

緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋の耐震評価にあたり、「2.3 評価方針」に記載したとおり、当該設備をモデル化した固有値解析を実施する。

#### (1) 解析モデル

緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋の主桁を単純支持梁としてモデル化する。

#### (2) 固有振動数の計算

緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋は、主桁を単純支持梁としてモデル化し、評価を行う。「構造力学公式集（1988年）、土木学会」より、両端支持梁の一次固有振動数は次のとおり与えられる。

$$f = \frac{\pi^2}{2\pi L^2} \sqrt{\frac{E \cdot I}{m}}$$

各記号の定義並びに評価に必要な諸元を表 3-4 に示す。

表 3-4 固有振動数の計算における記号の定義と評価に必要な諸元

記号	定義	数値	単位
f	一次固有振動数	—	Hz
g	重力加速度	9.80665	m/s <sup>2</sup>
E	縦弾性係数	1.93×10 <sup>11</sup>	N/m <sup>2</sup>
I	主桁の断面 2 次モーメント	8.40×10 <sup>-5</sup>	m <sup>4</sup>
m	主桁の単位長さ当りの重量	314	kg/m
L	主桁の長さ	1.37	m

#### (3) 固有値解析結果

固有振動数の算出結果を表 3-5 に示す。固有振動数は、20 Hz 以上であることから、剛構造である。

表 3-5 固有振動数の算出結果

(単位：Hz)

機器名称	固有振動数
緊急用海水ポンプ室 人員用開口部浸水防止蓋	189

4. 評価条件

緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋の強度評価に関する評価条件を以下に説明する。

(1) 評価対象部位の諸元

評価対象部位である，浸水防止蓋及び固定ボルトの各諸元を，表 4-1，表 4-2 に示す。

表 4-1 評価対象部位の各諸元（浸水防止蓋）

項目		材質	鋼材仕様
浸水防止蓋	スキンプレート	SUS304	PL-10
	主桁	SUS304	B [-150×80×9×12(端部) BH-150×100×9×12(端部以外)

表 4-2 評価対象部位の各諸元（固定ボルト）

材質	呼び径 (mm)
SUS304	30

5. 耐震評価結果

蓋、固定ボルトの耐震評価結果を表 5-1 に示す。緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋の各部位の発生応力は、許容応力以下であり、地震荷重に対して構造部材が十分な健全性を有することを確認した。

表 5-1 強度評価結果

(単位：N/mm<sup>2</sup>)

		評価応力	発生応力	許容応力
端部桁	蓋	曲げ	2.5	150
		せん断	1.3	90
	固定ボルト	引張	1.9	150
端部桁	蓋	曲げ	4.1	150
		せん断	2.6	90
	固定ボルト	引張	3.7	150

本資料のうち、枠囲みの内容は、  
営業秘密又は防護上の観点から  
公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-865 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-8-3-3-1 緊急時対策所非常用送風機の耐震性  
についての計算書

## 目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 構造強度評価	2
3.1 構造強度評価方法	2
3.2 荷重の組合せ及び許容応力	2
4. 機能維持評価	5
4.1 動的機能維持評価方法	5
5. 評価結果	5
5.1 重大事故等対処設備としての評価結果	5

1. 概要

本計算書は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、緊急時対策所非常用送風機が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

緊急時対策所非常用送風機は、重大事故等対処設備においては常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び動的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

緊急時対策所非常用送風機の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

主要区分	計画の概要		概略構造図
	基礎・支持構造	主体構造	
横軸ポンプ	ファンはファンベースに固定され、ファンベースは基礎ボルトで基礎に据え付ける。	遠心式	

### 3. 構造強度評価

#### 3.1 構造強度評価方法

構造強度評価は、「V-2-1-14-4 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評価する。

#### 3.2 荷重の組合せ及び許容応力

##### 3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

緊急時対策所非常用送風機の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-1 に示す。

##### 3.2.2 許容応力

緊急時対策所非常用送風機の許容応力を表 3-2 に示す。

##### 3.2.3 使用材料の許容応力評価条件

緊急時対策所非常用送風機の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-3 に示す。

表 3-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
放射線管理施設	緊急時対策所 換気系	緊急時対策所 非常用送風機*2	常設／緩和	—	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IVAS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS (VASとして IVASの許容限 界を用いる。)

注記\*1：「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

\*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

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

表 3-2 許容応力（支持構造物）

許容応力状態	許容限界（ボルト等）		
	一次応力		
	引張り	せん断	組合せ
IV <sub>A</sub> S	1.5・f <sub>t</sub> <sup>*</sup>	1.5・f <sub>s</sub> <sup>*</sup>	Min{1.5・f <sub>t</sub> <sup>*</sup> , (2.1・f <sub>t</sub> <sup>*</sup> - 1.6・τ <sub>b</sub> )}
V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> Sとして IV <sub>A</sub> Sの許容限 界を用いる。)			

表 3-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

部材	材料	温度条件 (°C)		S <sub>y i</sub>	S <sub>u i</sub>
基礎ボルト (i=1)		周囲環境温度		198	504
原動機 取付ボルト (i=3)		周囲環境温度		241	394

#### 4. 機能維持評価

##### 4.1 動的機能維持評価方法

緊急時対策所非常用送風機の評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを確認する。緊急時対策所非常用送風機は地震時動的機能維持が確認された機種と類似の構造及び振動特性を持っているため、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」1 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

評価部位	型式	方向	機能確認済加速度 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )
ファン	遠心直動型ファン	水平	2.6
		鉛直	1.0
電動機	横形ころがり 軸受電動機	水平	4.7
		鉛直	1.0

#### 5. 評価結果

##### 5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

緊急時対策所非常用送風機の重大事故時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は評価基準値を満足しており、耐震性を有することを確認した。

###### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

###### (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。

【緊急時対策所非常用送風機の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>		ファン振動 による震度	最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
				水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度			
緊急時対策所 非常用送風機	常設/緩和	緊急時対策所 EL. 37.0 *1	— *2	C <sub>H</sub> = — *3	C <sub>V</sub> = — *3	C <sub>H</sub> = 1.64 *4	C <sub>V</sub> = 1.00 *4	C <sub>D</sub> = 0.21	<input type="text"/>	<input type="text"/>

注記 \*1: 基準床レベルを示す。

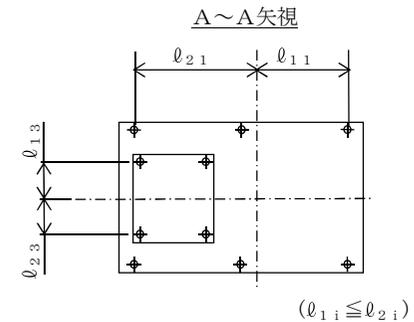
\*3: 弾性設計用地震動 S<sub>d</sub> の震度以上の設計震度又は静的震度

\*2: 固有周期は十分に小さく、計算は省略する。

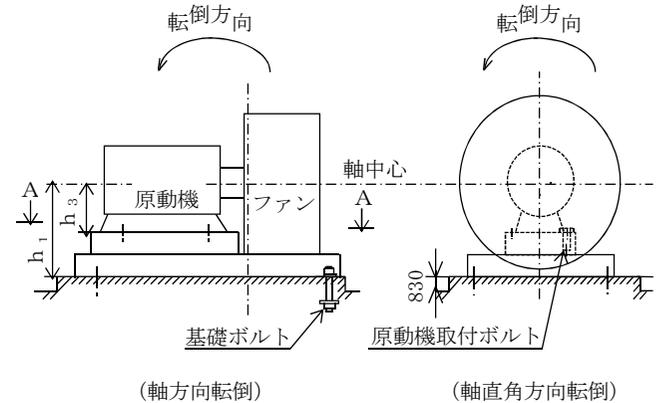
\*4: 基準地震動 S<sub>s</sub> の震度以上の設計震度

1.2 機器要目

部 材	m <sub>i</sub> (kg)	h <sub>i</sub> (mm)	ℓ <sub>1i</sub> (mm)	ℓ <sub>2i</sub> (mm)	A <sub>bi</sub> (mm <sup>2</sup> )	n <sub>i</sub>	n <sub>fi</sub>
基礎ボルト (i=1)						6	2
原動機取付ボルト (i=3)						4	2



部 材	S <sub>yi</sub> (MPa)	S <sub>ui</sub> (MPa)	F <sub>i</sub> * (MPa)		転倒方向	M <sub>D</sub> (N・mm)
			弾性設計用地 震動 S <sub>d</sub> 又は 静的震度	基準 地震動 S <sub>s</sub>		
基礎ボルト (i=1)	198 *5	504 *5	—	205	軸	—
原動機取付ボルト (i=3)	241 *5 (径 ≤ 16mm)	394 *5	—	241	軸直角	4.775 × 10 <sup>4</sup>



注記 \*5: 周囲環境温度で算出

予想最大両振幅 (μm)	回転速度 (rpm)
<input type="text"/>	<input type="text"/>

1. 3 計算数値

1. 3. 1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F <sub>b i</sub>		Q <sub>b i</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト (i=1)	—	8.253×10 <sup>3</sup>	—	1.488×10 <sup>4</sup>
原動機取付ボルト (i=3)	—	9.619×10 <sup>2</sup>	—	3.628×10 <sup>3</sup>

1. 4 結論

1. 4. 1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)		引張り	—	—		
		せん断	—	—		
原動機取付ボルト (i=3)		引張り	—	—		
		せん断	—	—		

すべて許容応力以下である。

1. 4. 2 動的機能維持の評価

(単位：×9.8m/s<sup>2</sup>)

		評価用加速度	機能確認済加速度
ファン	水平方向	1.36	2.6
	鉛直方向	1.0	1.0
原動機	水平方向	1.36	4.7
	鉛直方向	1.0	1.0

評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

本資料のうち、枠囲みの内容は、  
営業秘密又は防護上の観点から  
公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-730 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-5-5-6-1 代替循環冷却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
4. 機能維持評価	7
4.1 動的機能維持評価方法	7
5. 評価結果	8
5.1 重大事故等対処設備としての評価結果	8

## 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、代替循環冷却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。

代替循環冷却系ポンプは、重大事故等対処設備においては常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び動的機能維持評価を示す。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

代替循環冷却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	
<p>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。</p>	<p>ターボ形</p>	

### 3. 構造強度評価

#### 3.1 構造強度評価方法

代替循環冷却系ポンプの構造は横軸ポンプであるため、構造強度評価は、「V-2-1-14-4 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評価する。

#### 3.2 荷重の組合せ及び許容応力

##### 3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

代替循環冷却系ポンプの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-1 に示す。

##### 3.2.2 許容応力

代替循環冷却系ポンプの許容応力を表 3-2 に示す。

##### 3.2.3 使用材料の許容応力評価条件

代替循環冷却系ポンプの使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-3 に示す。

表 3-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類 <sup>*1</sup>	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
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	代替循環冷却系 ポンプ	常設／緩和	重大事故等 クラス 2 ポンプ <sup>*2</sup>	$D + P_D + M_D + S_S$ <sup>*3</sup>	IV <sub>A</sub> S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_S$	V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> Sとして IV <sub>A</sub> Sの許容限 界を用いる。)

注記 \*1：「常設／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：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_S$ 」の評価に包絡されるため、評価結果の記載を省略する。

表 3-2 許容応力（重大事故等クラス 2 支持構造物）

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

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

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

表 3-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S (MPa)	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (RT) (MPa)
基礎ボルト		周囲環境温度		—	171	441	205
ポンプ取付ボルト		周囲環境温度		—	673	759	—
原動機取付ボルト		周囲環境温度		—	673	759	—

#### 4. 機能維持評価

##### 4.1 動的機能維持評価方法

代替循環冷却系ポンプの地震後の動的機能維持評価について、以下に示す。

代替循環冷却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

(単位： $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )

評価部位	形式	方向	機能確認済加速度
ポンプ	横形多段遠心式 ポンプ	水平	1.4
		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 重大事故等対処設備としての評価結果

代替循環冷却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。

【代替循環冷却系ポンプの耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$		ポンプ振動による震度	最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度			
代替循環冷却系ポンプ	常設/緩和	原子炉建屋 EL. -4.00*1	—*2	—*2	—	—	$C_H=0.87$	$C_V=0.90$	$C_P=0.09$	—	

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

1.2 機器要目

部材	$m_i$ (kg)	$h_i$ (mm)	$l_{1i}$ (mm)	$l_{2i}$ (mm)	$A_{bi}$ (mm <sup>2</sup> )	$n_i$	$n_{fi}$	
							弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
基礎ボルト (i=1)						8	—	4
ポンプ取付ボルト (i=2)						4	—	2
原動機取付ボルト (i=3)						4	—	2

部材	$S_{yi}$ (MPa)	$S_{ui}$ (MPa)	$F_i$ (MPa)	$F_i^*$ (MPa)	転倒方向		$M_P$ (N・mm)	
					弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
基礎ボルト (i=1)	171*	441*	—	230	—	軸直角	—	—
ポンプ取付ボルト (i=2) (径≤63mm)	673* (径≤63mm)	759* (径≤63mm)	—	531	—	軸	—	—
原動機取付ボルト (i=3) (径≤63mm)	673* (径≤63mm)	759* (径≤63mm)	—	531	—	軸直角	—	$8.403 \times 10^5$

注記 \*: 周囲環境温度で算出

予想最大両振幅 (μm)	回転速度 (min <sup>-1</sup> )

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F <sub>bi</sub>		Q <sub>bi</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト (i=1)	—	1.126×10 <sup>4</sup>	—	6.468×10 <sup>4</sup>
ポンプ取付ボルト (i=2)	—	1.189×10 <sup>4</sup>	—	4.124×10 <sup>4</sup>
原動機取付ボルト (i=3)	—	4.265×10 <sup>3</sup>	—	1.101×10 <sup>4</sup>

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト		引張り	—	—		
		せん断	—	—		
ポンプ取付ボルト		引張り	—	—		
		せん断	—	—		
原動機取付ボルト		引張り	—	—		
		せん断	—	—		

すべて許容応力以下である。

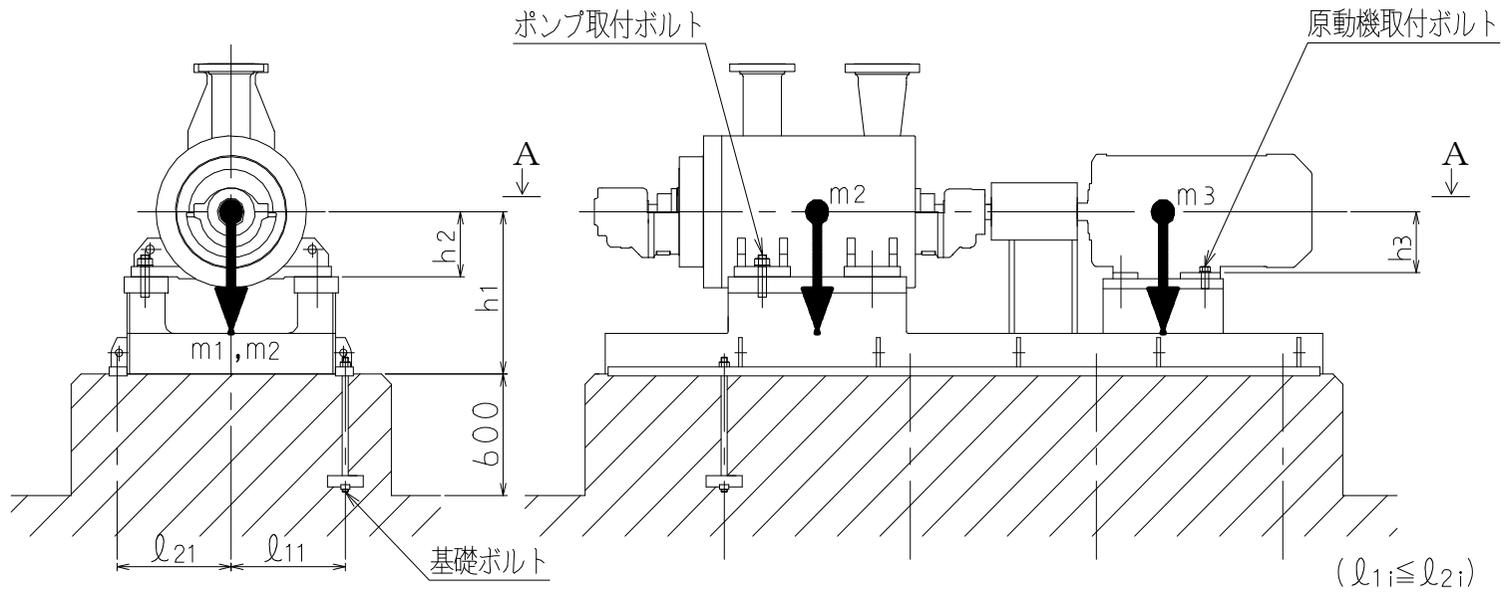
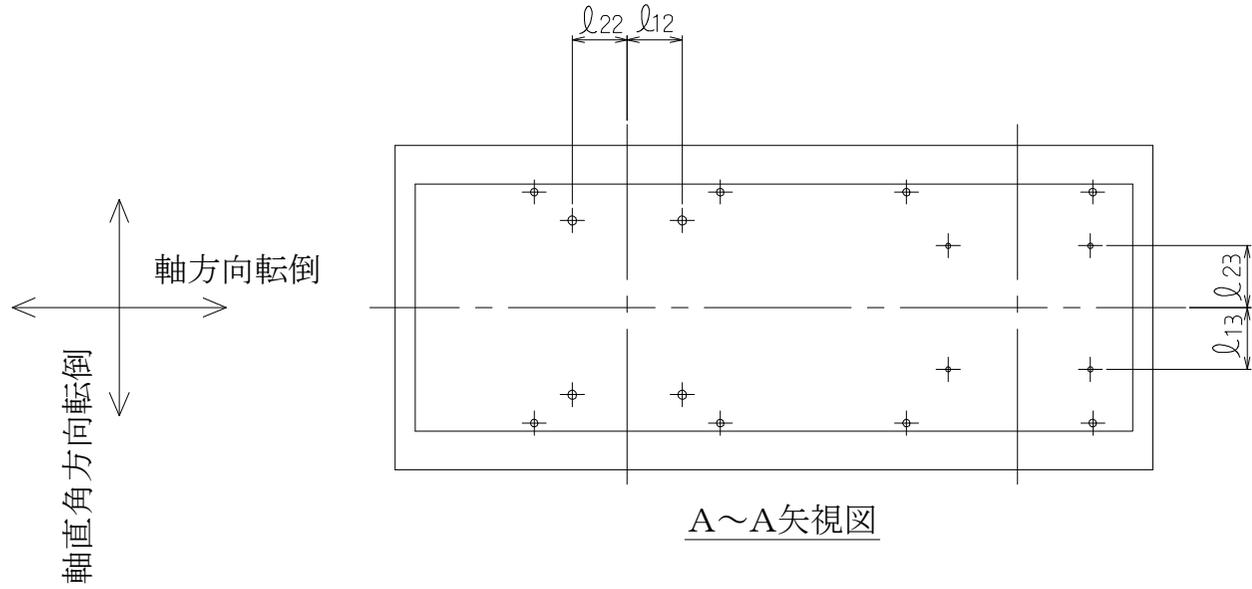
注記 \* :  $f_{t s i} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{t o i} - 1.6 \cdot \tau b i, f_{t o i}]$ より算出

1.4.2 動的機能の評価結果

(単位：×9.8m/s<sup>2</sup>)

		評価用加速度	機能確認済加速度
ポンプ	水平方向	0.72	1.4
	鉛直方向	0.75	1.0
原動機	水平方向	0.72	4.7
	鉛直方向	0.75	1.0

評価用加速度 (1.0ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



本資料のうち、枠囲みの内容は、  
営業秘密又は防護上の観点から  
公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-811 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-4-3-3-2 代替燃料プール冷却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
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 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、代替燃料プール冷却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。

代替燃料プール冷却系ポンプは、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、分類に応じた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

代替燃料プール冷却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	
<p>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。</p>	<p>ターボ形</p>	<p>原動機取付ボルト</p> <p>ポンプ取付ボルト</p> <p>ポンプ</p> <p>原動機</p> <p>ポンプベース</p> <p>基礎ボルト</p>

### 3. 構造強度評価

#### 3.1 構造強度評価方法

代替燃料プール冷却系ポンプの構造は横軸ポンプであるため、構造強度評価は、「V-2-1-14-4 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評価する。

#### 3.2 荷重の組合せ及び許容応力

##### 3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

代替燃料プール冷却系ポンプの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-1 に示す。

##### 3.2.2 許容応力

代替燃料プール冷却系ポンプの許容応力を表 3-2～表 3-3 に示す。

##### 3.2.3 使用材料の許容応力

代替燃料プール冷却系ポンプの使用材料の許容応力のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-4 に示す。

表 3-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類 <sup>*1</sup>	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
核燃料物質 の取扱施設 及び貯蔵施 設	使用済燃料 貯蔵槽冷却 浄化設備	代替燃料プール冷却系 ポンプ	常設耐震／防止 常設／緩和	重大事故等 クラス 2 ポンプ <sup>*2</sup>	$D + P_D + M_D + S_s$ <sup>*3</sup>	IV <sub>A</sub> S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> Sとして IV <sub>A</sub> Sの許容限 界を用いる。)

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

\*2：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 3-2 許容応力（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
III <sub>A</sub> S	S <sub>y</sub> と0.6・S <sub>u</sub> 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 <sub>d</sub> 又は基準地震動S <sub>s</sub> 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 <sub>y</sub> 以下であれば、疲労解析は行わない。	
IV <sub>A</sub> S	0.6・S <sub>u</sub>	左欄の1.5倍の値		
V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> SとしてIV <sub>A</sub> Sの許容限界を用いる。)			基準地震動S <sub>s</sub> 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 <sub>y</sub> 以下であれば、疲労解析は行わない。	

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 3-3 許容応力（重大事故等クラス 2 支持構造物）

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

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

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

表 3-4 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S (MPa)	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (RT) (MPa)
基礎ボルト	[ ]	周囲環境温度	[ ]	—	171	441	205
ポンプ取付ボルト		周囲環境温度		—	673	759	—
原動機取付ボルト		周囲環境温度		—	673	759	—

#### 4. 機能維持評価

##### 4.1 動的機能維持評価方法

代替燃料プール冷却系ポンプの地震後の動的機能維持評価について、以下に示す。

代替燃料プール冷却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

(単位： $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )

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	横形ころがり 軸受電動機	水平	4.7
		鉛直	1.0

## 5. 評価結果

### 5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

代替燃料プール冷却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。

【代替燃料プール冷却系ポンプの耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$		ポンプ振動による震度	最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度			
代替燃料プール冷却系ポンプ	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋 EL. 29.00*1	—*2	—*2	—	—	$C_H=1.55$	$C_V=1.17$	$C_P=0.21$	—	

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

1.2 機器要目

部 材	$m_i$ (kg)	$h_i$ (mm)	$l_{1i}$ (mm)	$l_{2i}$ (mm)	$A_{bi}$ (mm <sup>2</sup> )	$n_i$	$n_{fi}$	
							弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
基礎ボルト (i=1)						6	—	3
ポンプ取付ボルト (i=2)						4	—	2
原動機取付ボルト (i=3)						4	—	2

部 材	$S_{yi}$ (MPa)	$S_{ui}$ (MPa)	$F_i$ (MPa)	$F_i^*$ (MPa)	転倒方向		$M_P$ (N・mm)	
					弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$	弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度	基準地震動 $S_s$
基礎ボルト (i=1)	171*	441*	—	230	—	軸直角	—	—
ポンプ取付ボルト (i=2)	673* (径≤63mm)	759* (径≤63mm)	—	531	—	軸	—	—
原動機取付ボルト (i=3)	673* (径≤63mm)	759* (径≤63mm)	—	531	—	軸直角	—	$9.549 \times 10^4$

注記 \*: 周囲環境温度で算出

予想最大両振幅 ( $\mu m$ )	回転速度 ( $min^{-1}$ )

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F <sub>bi</sub>		Q <sub>bi</sub>	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト (i=1)	—	6.648×10 <sup>3</sup>	—	2.779×10 <sup>4</sup>
ポンプ取付ボルト (i=2)	—	1.601×10 <sup>4</sup>	—	9.320×10 <sup>3</sup>
原動機取付ボルト (i=3)	—	2.122×10 <sup>3</sup>	—	5.351×10 <sup>3</sup>

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	□	引張り	—	—	□	□
		せん断	—	—		
ポンプ取付ボルト	□	引張り	—	—	□	□
		せん断	—	—		
原動機取付ボルト	□	引張り	—	—	□	□
		せん断	—	—		

すべて許容応力以下である。

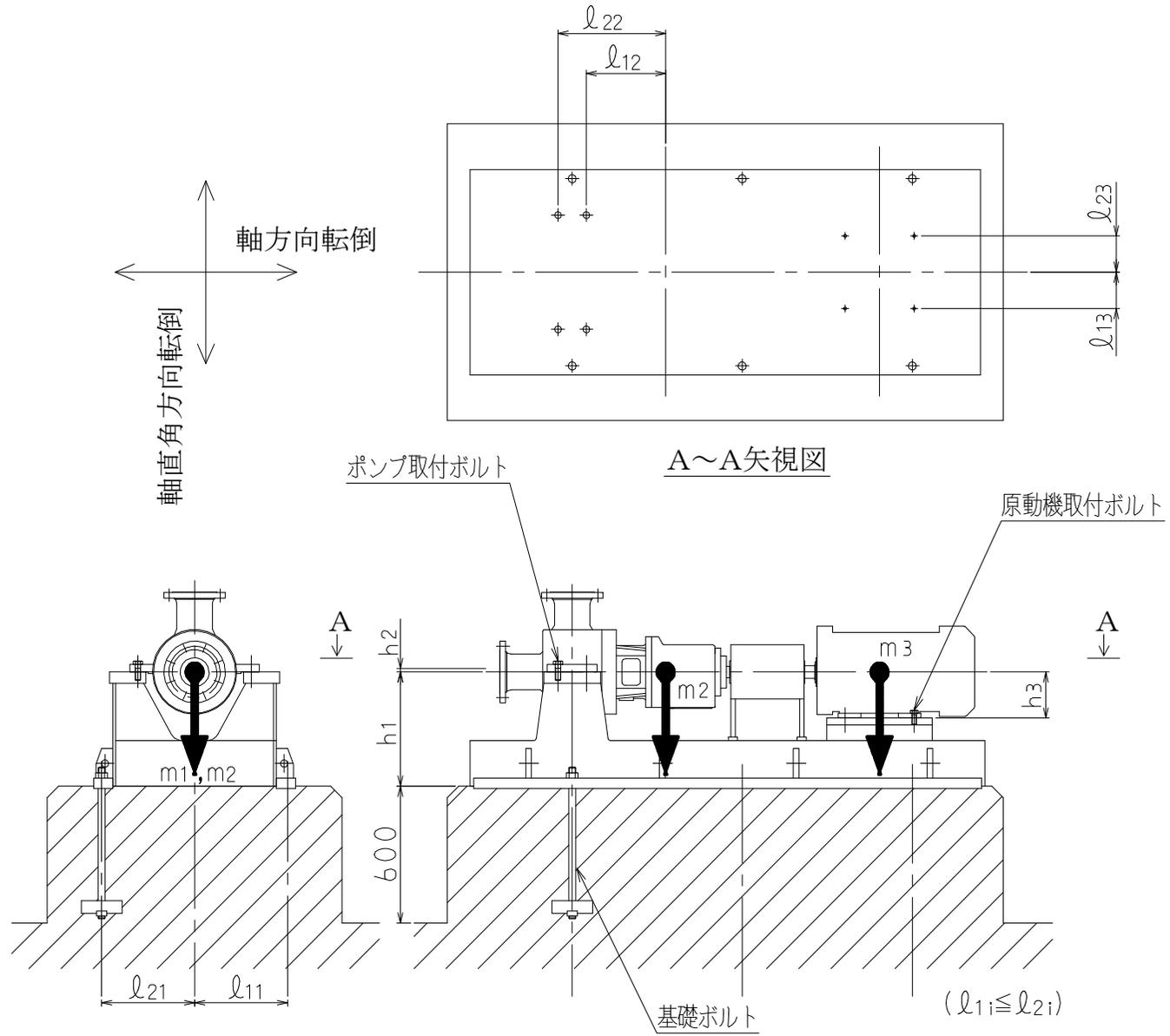
注記 \* :  $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$ より算出

1.4.2 動的機能の評価結果

(単位：×9.8m/s<sup>2</sup>)

		評価用加速度	機能確認済加速度
ポンプ	水平方向	1.29	1.4
	鉛直方向	0.98	1.0
原動機	水平方向	1.29	4.7
	鉛直方向	0.98	1.0

評価用加速度 (1.0ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



本資料のうち、枠囲みの内容は、  
営業秘密又は防護上の観点から  
公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-812 改0
提出年月日	平成30年6月29日

V-2-5-7-2-1 緊急用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. 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
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 重大事故等対処設備としての評価結果	9

## 1. 概要

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

緊急用海水ポンプは、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、分類に応じた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

緊急用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	
<p>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。</p>	<p>ターボ形</p>	

### 3. 構造強度評価

#### 3.1 構造強度評価方法

緊急用海水ポンプの構造はたて軸ポンプであるため、構造強度評価は、「V-2-1-14-5 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評価する。

#### 3.2 荷重の組合せ及び許容応力

##### 3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

緊急用海水ポンプの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-1 に示す。

##### 3.2.2 許容応力

緊急用海水ポンプの許容応力を表 3-2～表 3-3 に示す。

##### 3.2.3 使用材料の許容応力

緊急用海水ポンプの使用材料の許容応力のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-4 に示す。

表 3-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉冷却 系統施設	原子炉補機 冷却設備	緊急用海水ポンプ	常設耐震／防止 常設／緩和	重大事故等 クラス 2 ポンプ*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	$IV_A S$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	$V_A S$ ( $V_A S$ として $IV_A S$ の許容限 界を用いる。)

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

\*2：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 3-2 許容応力（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
Ⅲ <sub>A</sub> S	S <sub>y</sub> と0.6・S <sub>u</sub> 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 <sub>d</sub> 又は基準地震動S <sub>s</sub> のみによる疲 勞解析を行い、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 <sub>y</sub> 以下であれば、疲労解析は行わない。	
Ⅳ <sub>A</sub> S				
V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> SとしてⅣ <sub>A</sub> Sの 許容限界を用いる。)	0.6・S <sub>u</sub>	左欄の1.5倍の値	基準地震動S <sub>s</sub> 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 <sub>y</sub> 以下であれば、疲労解析は行わない。	

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 3-3 許容応力（重大事故等クラス 2 支持構造物）

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

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

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

表 3-4 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S (MPa)	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
		コラムパイプ	[Redacted]	周囲環境温度	[Redacted]	108	159
基礎ボルト	周囲環境温度			—	188	479	205
ポンプ取付ボルト	周囲環境温度			—	188	479	205
原動機台取付ボルト	周囲環境温度			—	188	479	205
原動機取付ボルト	周囲環境温度			—	188	479	205

#### 4. 機能維持評価

##### 4.1 動的機能維持評価方法

緊急用海水ポンプの地震後の動的機能維持評価について、以下に示す。

緊急用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 (単位： $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )

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	立形ころがり 軸受電動機	水平	2.5
		鉛直	1.0

## 5. 評価結果

### 5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

緊急用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。

【緊急用海水ポンプの耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		基準地震動 $S_s$		ポンプ振動による震度	最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)	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				
緊急用海水ポンプ	常設耐震/防止 常設/緩和	格納槽内 EL. 0.8*	0.031	0.021	—	—	$C_H=1.83$	$C_V=1.05$	$C_p=0.09$	—		2.45

注記 \* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

(1) ボルト

部材	$m_i$ (kg)	$D_i$ (mm)	$A_{b_i}$ (mm <sup>2</sup> )	$n_i$	$n_{f_i}$	$M_p$ (N・mm)	$S_{y_i}$ (MPa)	$S_{u_i}$ (MPa)	$F_i$ (MPa)	$F_i^*$ (MPa)
基礎ボルト (i=1)							188*	479*	—	246
ポンプ取付ボルト (i=2)							188*	479*	—	246
原動機台取付ボルト (i=3)							188*	479*	—	246
原動機取付ボルト (i=4)							188*	479*	—	246

注記 \* : 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	108*	159*	459*	350.0	14.0

注記 \* : 周囲環境温度で算出

予想最大両振幅 ( $\mu$ m)	回転速度 (min <sup>-1</sup> )

1.3 計算数値

(1) ボルトに作用する力

部 材	M <sub>i</sub> (N・mm)		F <sub>b i</sub> (N)		Q <sub>b i</sub> (N)	
	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
基礎ボルト (i=1)	—	2.779×10 <sup>8</sup>	—	5.667×10 <sup>4</sup>	—	1.895×10 <sup>5</sup>
ポンプ取付ボルト (i=2)	—	4.895×10 <sup>6</sup>	—	1.925×10 <sup>3</sup>	—	3.222×10 <sup>4</sup>
原動機台取付ボルト (i=3)	—	2.597×10 <sup>8</sup>	—	3.380×10 <sup>4</sup>	—	1.573×10 <sup>5</sup>
原動機取付ボルト (i=4)	—	6.959×10 <sup>7</sup>	—	2.578×10 <sup>4</sup>	—	1.227×10 <sup>5</sup>

(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 S <sub>d</sub> 又は静的震度	基準地震動 S <sub>s</sub>
コラムパイプ	—	2.718×10 <sup>7</sup>

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	
鉛直1次	

11

1.4.2 ボルトの応力 (単位: MPa)

部 材	材料	応力	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度		基準地震動 S <sub>s</sub>	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
			基礎ボルト	引張り	—	—
	せん断	—	—			
ポンプ取付ボルト	引張り	—	—			
	せん断	—	—			
原動機台取付ボルト	引張り	—	—			
	せん断	—	—			
原動機取付ボルト	引張り	—	—			
	せん断	—	—			

すべて許容応力以下である。

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

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		
		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度	算出応力	許容応力
コラムパイプ	SUS316L	—	—	—
		基準地震動 S <sub>s</sub>		

すべて許容応力以下である。

1.4.4 動的機能の評価結果

1.4.4.1 機能確認済加速度との比較

(単位：×9.8 m/s<sup>2</sup>)

		評価用加速度	機能確認済加速度
ポンプ	水平方向	1.52*	10.0
	鉛直方向	0.87*	1.0
原動機	水平方向	1.52*	2.5
	鉛直方向	0.87*	1.0

注記 \*：評価用加速度は 1.0ZPA

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			
41			
42			
43			
44			
45			
46			
47			
48			
49			

NT2 補② V-2-5-7-2-1 R2

(続き)

節点番号	節点座標 (mm)		
	x	y	z
50			
51			
52			
53			

## (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 <sup>2</sup> )	断面二次 モーメント (mm <sup>4</sup> )	断面二次 極モーメント (mm <sup>4</sup> )
1	1-2	1		4.909×10 <sup>6</sup>	9.817×10 <sup>6</sup>
2	2-3	1		4.909×10 <sup>6</sup>	9.817×10 <sup>6</sup>
3	3-4	1		4.909×10 <sup>6</sup>	9.817×10 <sup>6</sup>
4	4-5	1		4.909×10 <sup>6</sup>	9.817×10 <sup>6</sup>
5	5-6	1		4.909×10 <sup>6</sup>	9.817×10 <sup>6</sup>
6	6-7	1		4.909×10 <sup>6</sup>	9.817×10 <sup>6</sup>
7	7-8	1		4.909×10 <sup>6</sup>	9.817×10 <sup>6</sup>
8	8-9	1		4.909×10 <sup>6</sup>	9.817×10 <sup>6</sup>
9	9-10	1		4.528×10 <sup>6</sup>	9.055×10 <sup>6</sup>
10	10-11	1		8.585×10 <sup>6</sup>	1.717×10 <sup>7</sup>
11	11-12	1		1.018×10 <sup>7</sup>	2.036×10 <sup>7</sup>
12	12-13	1		8.585×10 <sup>6</sup>	1.717×10 <sup>7</sup>
13	13-14	1		8.585×10 <sup>6</sup>	1.717×10 <sup>7</sup>
14	14-15	1		1.018×10 <sup>7</sup>	2.036×10 <sup>7</sup>
15	15-16	1		4.528×10 <sup>6</sup>	9.055×10 <sup>6</sup>
16	16-17	1		4.528×10 <sup>6</sup>	9.055×10 <sup>6</sup>
17	17-18	1		4.528×10 <sup>6</sup>	9.055×10 <sup>6</sup>
18	18-19	1		4.909×10 <sup>6</sup>	9.817×10 <sup>6</sup>
19	19-20	2		2.170×10 <sup>7</sup>	4.340×10 <sup>7</sup>
20	20-21	5		3.998×10 <sup>6</sup>	7.996×10 <sup>6</sup>
21	21-22	5		1.886×10 <sup>7</sup>	3.771×10 <sup>7</sup>
22	22-23	5		1.886×10 <sup>7</sup>	3.771×10 <sup>7</sup>
23	23-24	5		4.909×10 <sup>6</sup>	9.817×10 <sup>6</sup>
24	25-26	1		9.502×10 <sup>7</sup>	1.900×10 <sup>8</sup>
25	26-27	1		1.227×10 <sup>9</sup>	2.454×10 <sup>9</sup>
26	27-28	1		1.227×10 <sup>9</sup>	2.454×10 <sup>9</sup>
27	28-29	1		1.227×10 <sup>9</sup>	2.454×10 <sup>9</sup>
28	29-30	1		1.227×10 <sup>9</sup>	2.454×10 <sup>9</sup>
29	30-31	1		1.227×10 <sup>9</sup>	2.454×10 <sup>9</sup>
30	31-32	1		1.227×10 <sup>9</sup>	2.454×10 <sup>9</sup>
31	32-33	1		1.227×10 <sup>9</sup>	2.454×10 <sup>9</sup>
32	33-34	1		1.227×10 <sup>9</sup>	2.454×10 <sup>9</sup>
33	34-35	1		1.227×10 <sup>9</sup>	2.454×10 <sup>9</sup>
34	35-36	1		2.655×10 <sup>8</sup>	5.311×10 <sup>8</sup>
35	36-37	1		2.655×10 <sup>8</sup>	5.311×10 <sup>8</sup>
36	37-38	1		2.655×10 <sup>8</sup>	5.311×10 <sup>8</sup>
37	38-39	1		2.655×10 <sup>8</sup>	5.311×10 <sup>8</sup>
38	39-40	1		2.655×10 <sup>8</sup>	5.311×10 <sup>8</sup>
39	40-41	1		2.869×10 <sup>8</sup>	5.738×10 <sup>8</sup>
40	41-42	1		2.869×10 <sup>8</sup>	5.738×10 <sup>8</sup>
41	42-43	1		2.869×10 <sup>8</sup>	5.738×10 <sup>8</sup>
42	51-44	3		2.172×10 <sup>11</sup>	4.344×10 <sup>11</sup>
43	51-45	3		3.075×10 <sup>11</sup>	6.149×10 <sup>11</sup>
44	45-46	3		3.955×10 <sup>10</sup>	7.909×10 <sup>10</sup>
45	46-47	4		2.774×10 <sup>9</sup>	5.547×10 <sup>9</sup>
46	47-48	4		2.774×10 <sup>9</sup>	5.547×10 <sup>9</sup>
47	48-49	4		2.774×10 <sup>9</sup>	5.547×10 <sup>9</sup>
48	49-50	4		1.774×10 <sup>9</sup>	3.548×10 <sup>9</sup>

(3) ばね結合部の指定

ばねの両端の節点番号		ばね定数
2	27	
5	30	
7	32	
9	34	
11	36	
14	39	
21	47	
23	49	
26	52	
37	53	
23	49	
41	44	
41	44	

(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	
41	
42	
43	
44	
45	
46	
47	
48	
49	

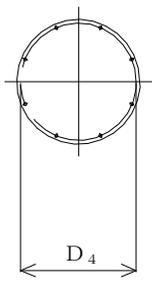
(続き)

節点番号	質量 (kg)
50	
51	
52	
53	

(5) 材料物性値

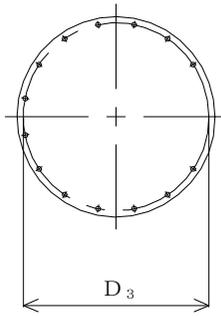
材料番号	温度 (°C)	縦弾性係数 (MPa)	質量密度 (kg/mm <sup>3</sup> )	ポアソン比 ( - )	材 質
1		$1.92 \times 10^5$	$7.92 \times 10^{-6}$	0.3	
2		$1.98 \times 10^5$	$7.74 \times 10^{-6}$	0.3	
3		$2.00 \times 10^5$	$7.86 \times 10^{-6}$	0.3	
4		$1.99 \times 10^5$	$7.86 \times 10^{-6}$	0.3	
5		$1.98 \times 10^5$	$7.85 \times 10^{-6}$	0.3	

原動機取付ボルト



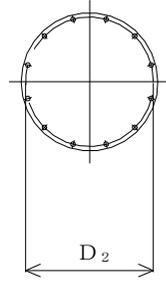
A~A矢视图

原動機台取付ボルト



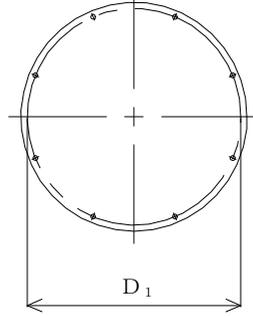
B~B矢视图

ポンプ取付ボルト

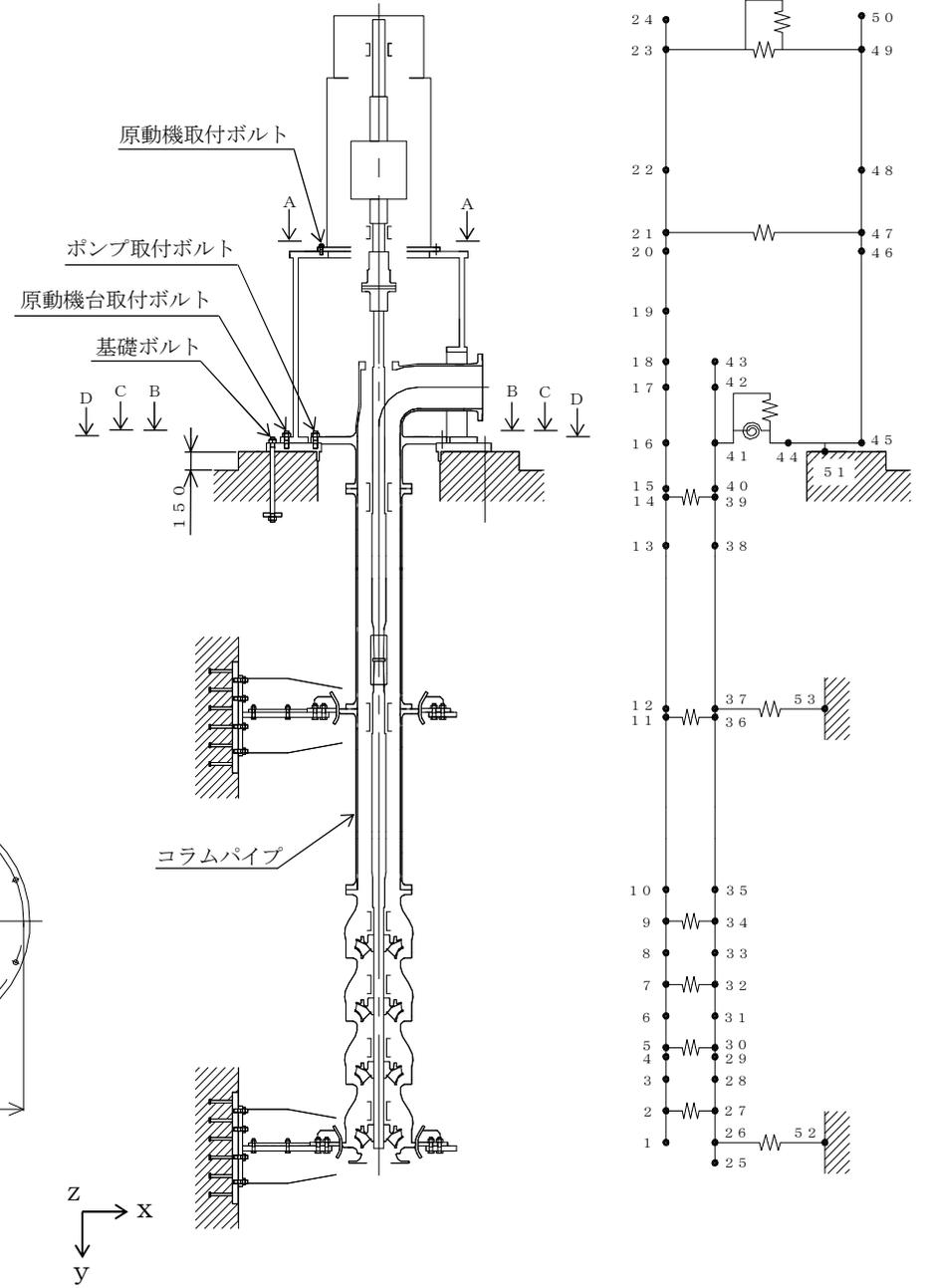


C~C矢视图

基礎ボルト



D~D矢视图



本資料のうち、枠囲みの内容は、  
営業秘密又は防護上の観点から  
公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-731 改0
提出年月日	平成30年6月29日

## V-2-5-5-6-2 管の耐震性についての計算書

## 目 次

1.	概要	1
2.	概略系統図及び鳥瞰図	2
2.1	概略系統図	2
2.2	鳥瞰図	4
3.	計算条件	8
3.1	荷重の組合せ及び許容応力状態	8
3.2	設計条件	9
3.3	材料及び許容応力	18
3.4	設計用地震力	19
4.	解析結果及び評価	20
4.1	固有周期及び設計震度	20
4.2	評価結果	26
4.2.1	管の応力評価結果	26
4.2.2	支持構造物評価結果	27

## 1. 概要

本計算書は、「V-2-1-9 機能維持の基本方針」,「V-2-1-11 機器・配管の耐震支持設計方針」及び「V-2-1-14-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき,管及び支持構造物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。

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の評価結果を解析モデル単位に記載する。また,各応力区分における最大応力評価点の許容値/発生値(裕度)が最小となる解析モデルを代表として記載する。

### (2) 支持構造物

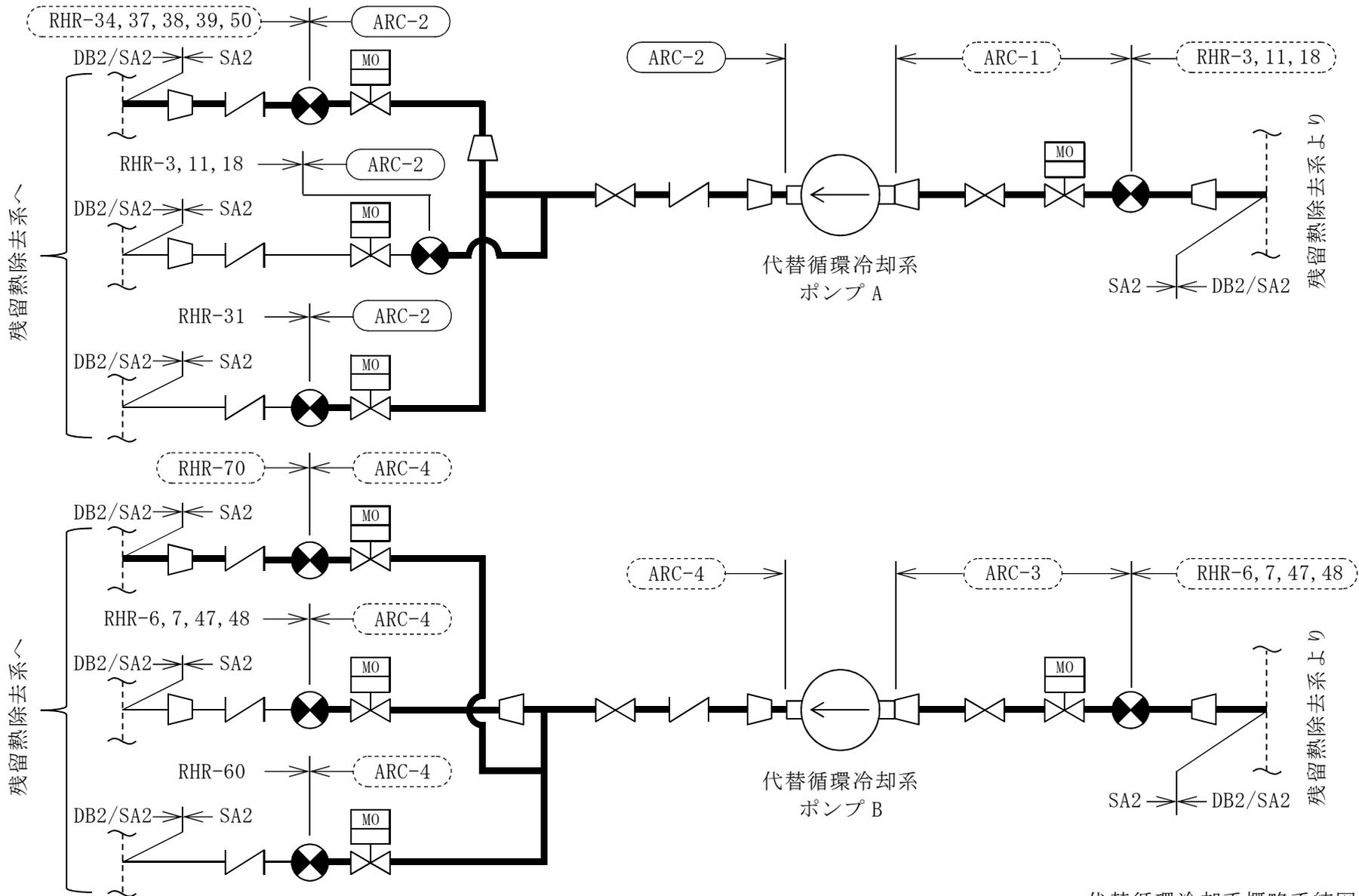
工事計画記載範囲の支持点のうち,種類及び型式ごとの反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例

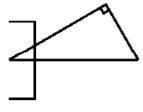
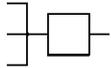
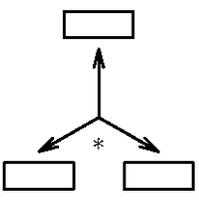
記号	内容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (重大事故等対処設備)
 (太破線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (設計基準対象施設)
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算 書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のう ち、他系統の管であって系統の概略を示すために表記する 管
	鳥瞰図番号 (評価結果を記載する範囲)
	鳥瞰図番号 (評価結果の記載を省略する範囲)
	アンカ
[管クラス] DB1 DB2 DB3 DB4 SA2 SA3 DB1/SA2 DB2/SA2 DB3/SA2 DB4/SA2	クラス1管 クラス2管 クラス3管 クラス4管 重大事故等クラス2管 重大事故等クラス3管 重大事故等クラス2管であってクラス1管 重大事故等クラス2管であってクラス2管 重大事故等クラス2管であってクラス3管 重大事故等クラス2管であってクラス4管



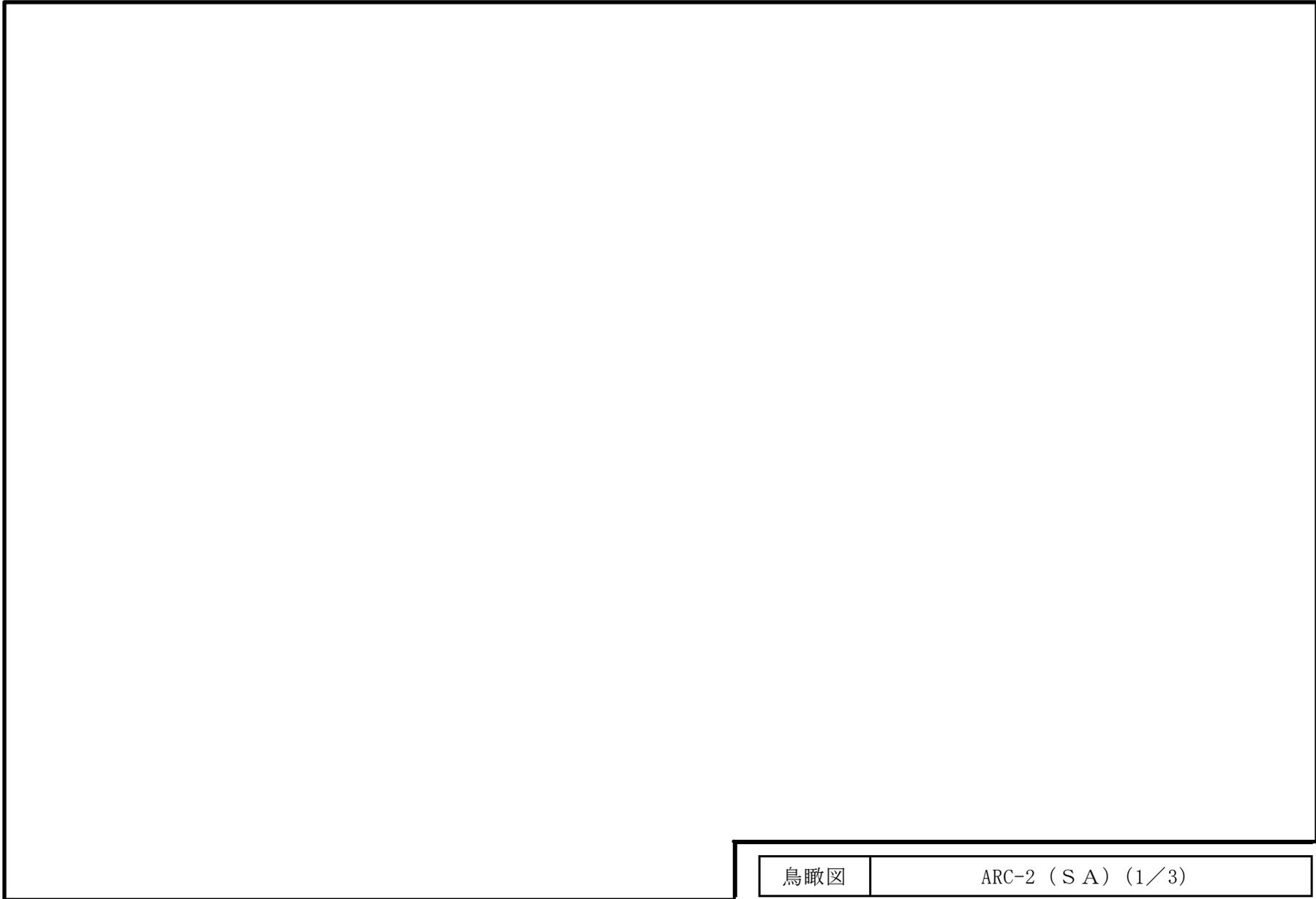
代替循環冷却系概略系統図

2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

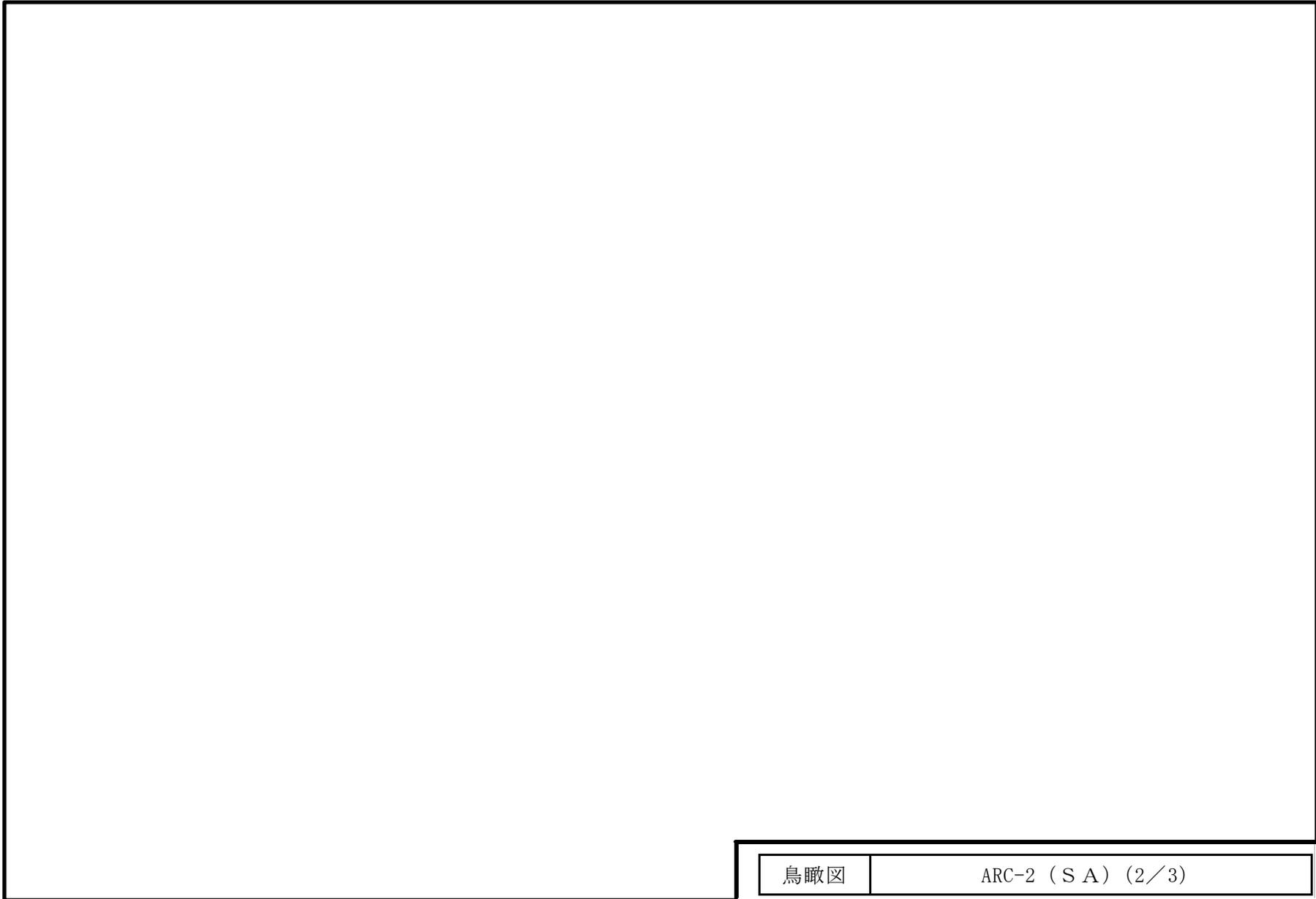
記号	内容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (重大事故等対処設備の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(S A)」, 設計基準対象施設の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(D B)」とする。)
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって解析モデルの概略を示すために表記する管
	節 点
	質 点
	ア ン カ
	レストレイント (本図は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。スナッパについても同様とする。)
	スナッパ
	ハンガ
	拘束点の地震による相対変位量 (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： 鳥瞰図中の寸法の単位は mm である。



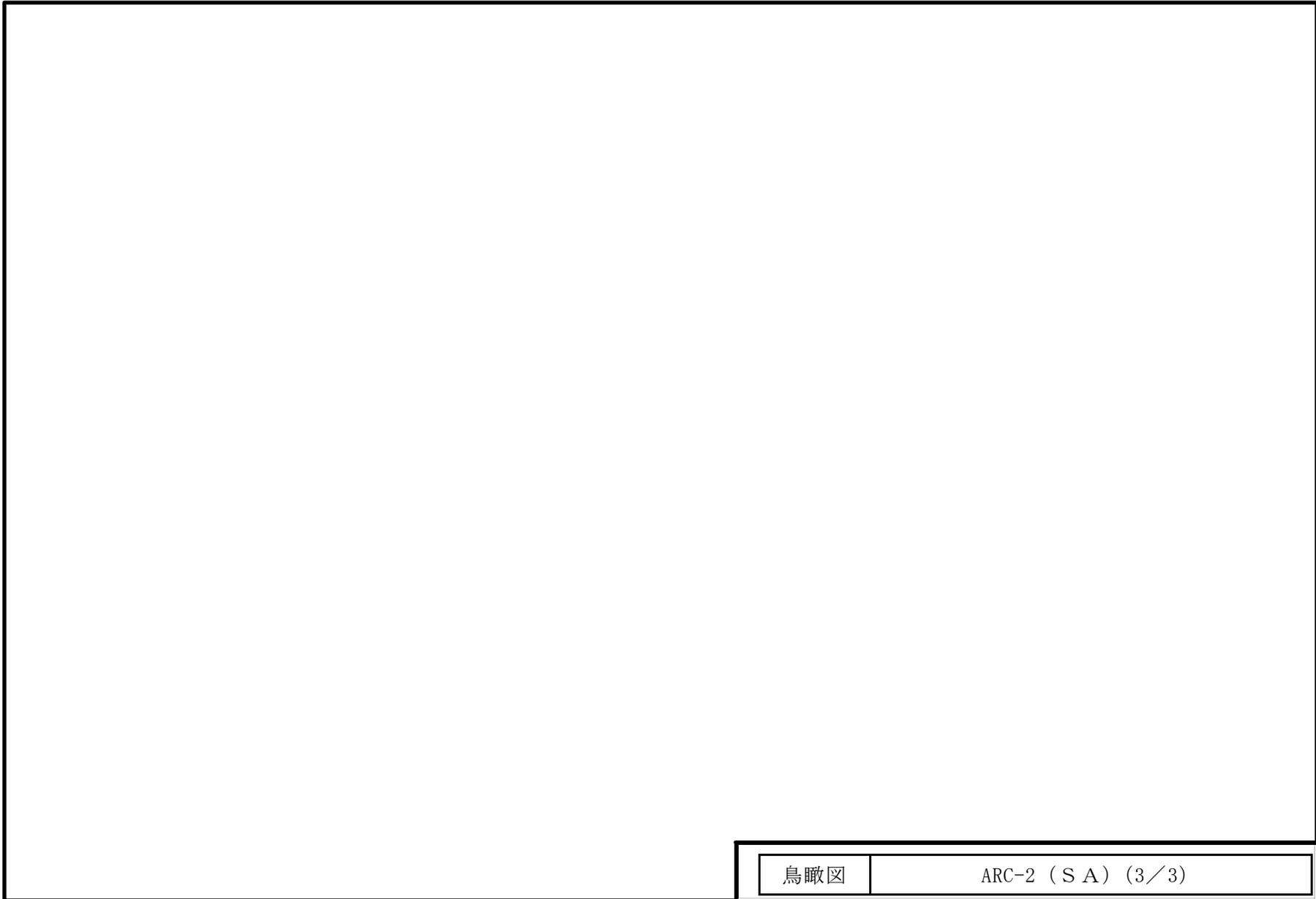
鳥瞰図

ARC-2 (S A) (1/3)



鳥瞰図

ARC-2 (S A) (2/3)



鳥瞰図

ARC-2 (S A) (3/3)

## 3. 計算条件

## 3.1 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	耐震クラス	荷重の組合せ*3,4	許容応力状態*5
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	代替循環冷却系	S A	常設／緩和	重大事故等 クラス2管	—	$V_L + S_s$	$V_{AS}$

注記 \*1: S Aは重大事故等対処設備を示す。

\*2: 「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

\*3: 運転状態の添字Lは荷重を示す。

\*4: 許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

\*5: 許容応力状態 $V_{AS}$ 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。

3.2 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 ARC-2

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震クラス	縦弾性係数 (MPa)
1	212, 502, 2, 4, 600, 311 901, 312, 6, 801, 503, 7 601, 9, 802, 321, 902, 322 11, 803, 504, 12, 14, 602 15, 17, 505, 804, 603, 506 805, 412, 411, 413, 421, 221 423, 621, 829, 622, 96, 98 830, 99, 623, 101, 102, 104 831, 105, 624, 107, 832, 341 904	3.45	80	216.3	8.2	STPT410	—	<input type="text"/>
2	904, 342, 108, 625, 110, 833 111, 113, 114, 626, 116, 834	0.86	80	216.3	8.2	STPT410	—	<input type="text"/>

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 ARC-2

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震クラス	縦弾性係数 (MPa)
3	1001, 501, 211, 411, 414, 604 806, 18, 20, 21, 23, 605 807, 507, 606, 24, 26, 808 27, 29, 701, 30, 32, 809 607, 33, 35, 810, 36, 38 39, 41, 811	3.45	80	165.2	7.1	STPT410	—	

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 ARC-2

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震クラス	縦弾性係数 (MPa)
4	222, 812, 42, 44, 608, 45 47, 813, 48, 50, 609, 814 610, 815, 611, 51, 53, 816 54, 56, 612, 57, 59, 60 62, 817, 63, 65, 66, 68 613, 69, 71, 72, 74, 818 75, 77, 819, 78, 80, 81 614, 83, 820, 615, 821, 616 508, 822, 84, 86, 823, 87 89, 824, 617, 825, 618, 826 619, 331, 903, 332, 827, 90 92, 620, 93, 95, 828	3.45	80	114.3	6.0	STPT410	—	<input type="text"/>

配管の付加質量

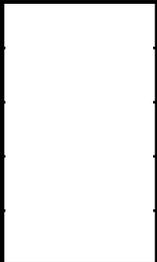
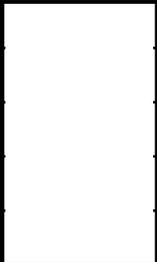
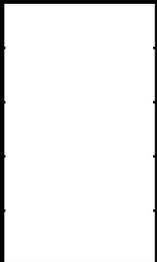
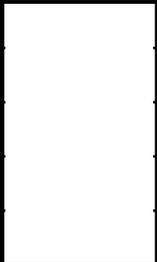
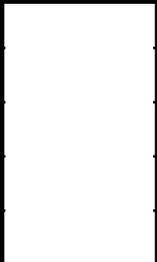
鳥 瞰 図 ARC-2

質量	対応する評価点
<div style="border: 2px solid black; width: 100%; height: 100%;"></div>	212, 502, 2, 4, 600, 311, 901, 312, 6, 801, 503, 7, 601, 9 802, 321, 902, 322, 11, 803, 504, 12, 14, 602, 15, 17, 505, 804 603, 506, 805, 412, 411, 413, 421, 221, 423, 621, 829, 622, 96, 98 830, 99, 623, 101, 102, 104, 831, 105, 624, 107, 832, 341, 904, 342 108, 625, 110, 833, 111, 113, 114, 626, 116, 834
	1001, 501, 211, 411, 414, 604, 806, 18, 20, 21, 23, 605, 807, 507 606, 24, 26, 808, 27, 29, 701, 30, 32, 809, 607, 33, 35, 810 36, 38, 39, 41, 811
	222, 812, 42, 44, 608, 45, 47, 813, 48, 50, 609, 814, 610, 815 611, 51, 53, 816, 54, 56, 612, 57, 59, 60, 62, 817, 63, 65 66, 68, 613, 69, 71, 72, 74, 818, 75, 77, 819, 78, 80, 81 614, 83, 820, 615, 821, 616, 508, 822, 84, 86, 823, 87, 89, 824 617, 825, 618, 826, 619, 331, 903, 332, 827, 90, 92, 620, 93, 95 828

NT2 補② V-2-5-5-6-2 R0

フランジ部の質量

鳥 瞰 図 ARC-2

質量	対応する評価点
	501
	502, 503, 504, 505
	506
	507
	508

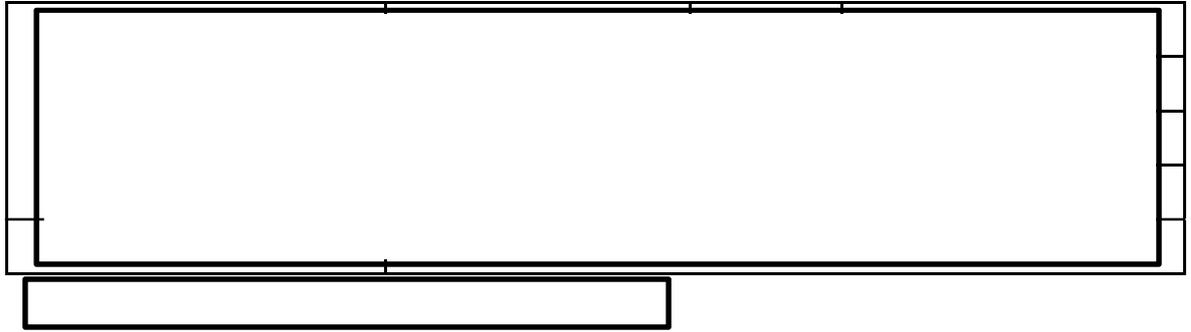
弁部の質量

鳥 瞰 図 ARC-2

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
	901		902
	903		953
	904		954

弁部の寸法

鳥瞰図 ARC-2



NT2 補② V-2-5-5-6-2 R0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 ARC-2

支持点番号	各軸方向ばね定数 (N/mm)			各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1001						
801						
802						
803						
804						
805						
806						
807						
808						
809						
810						
811						
812						
813						
814						
815						
816						
817						
818						
819						
820						
821						
822						
823						
824						
825						
826						
827						
828						

NT2 補② V-2-5-5-6-2 R0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 ARC-2

支持点番号	各軸方向ばね定数 (N/mm)			各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
829						
830						
831						
832						
833						
834						

## 3.3 材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

材料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)			
		$S_m$	$S_y$	$S_u$	$S_h$
STPT410	80	—	225	406	103

### 3.4 設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答スペクトルを下表に示す。

なお、設計用床応答スペクトルは、「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	建物・構築物	標高		減衰定数(%)	
ARC-2	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

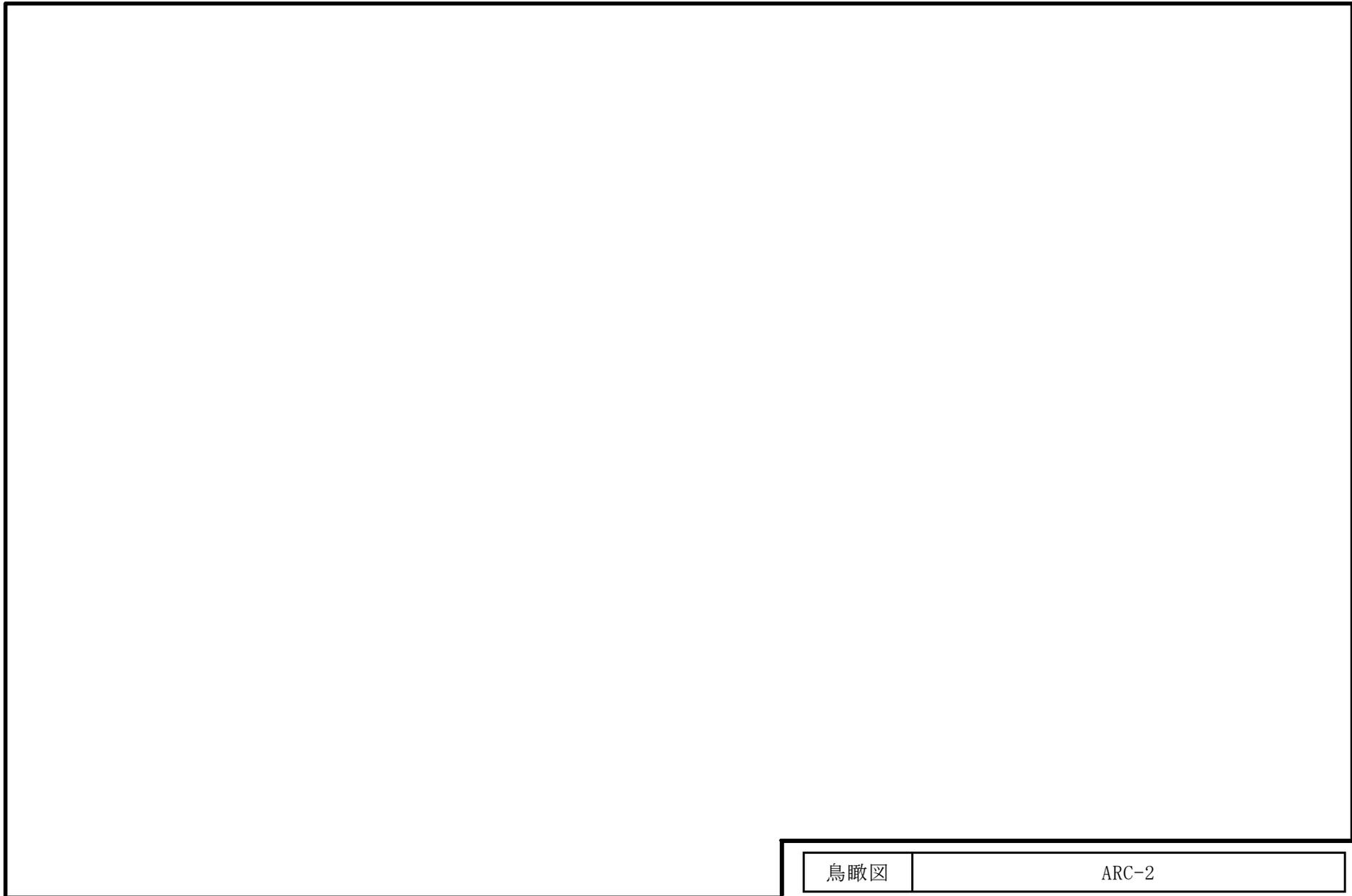
鳥 瞰 図 ARC-2

耐震クラス		—		
適用する地震動等		S <sub>s</sub>		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度		応答鉛直 震度
		X方向	Z方向	Y方向
動的震度				



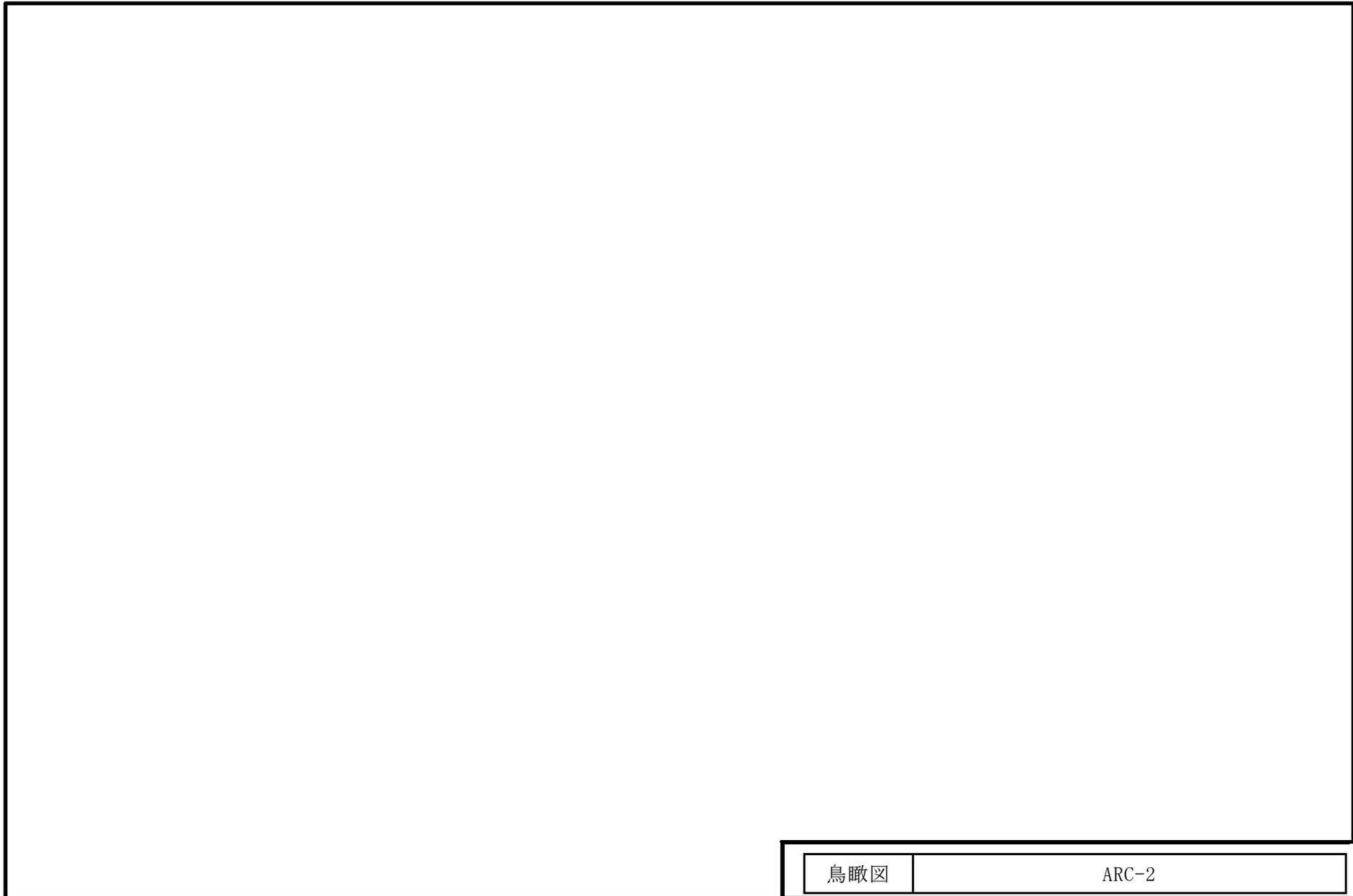
## 代表的振動モード図

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



鳥瞰図

ARC-2



鳥瞰図

ARC-2

25

鳥瞰図

ARC-2

4.2 評価結果

4.2.1 管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2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 $S_{pr m}(S_s)$	許容応力 $0.9S_u$	計算応力 $S_n(S_s)$	許容応力 $2S_y$	疲労累積係数 $US_s$
ARC-2	$V_A S$	68	$S_{pr m}(S_s)$	186	365	—	—	—
ARC-2	$V_A S$	68	$S_n(S_s)$	—	—	316	450	—

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)
SNO-ARC-1-002	オイルスナップ	SN-3	「V-2-1-11 機器・配管の耐震支持設計方針」参照		20	45
RO-ARC-1-003	ロッドレストレイント	RSA-3			40	54

27

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 (°C)	支持点荷重						評価結果		
					反力(kN)			モーメント(kN・m)			応力 分類	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)
					F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>			
RE-ARC-2-032	レストレイント	Uボルト	SS400	80	—	6.8	33	—	—	—	組合せ	125	277
AN-ARC-2-004	アンカ	ラグ	STPT410	80	15.8	22	42	46	11.2	15.6	組合せ	117	155