

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-683 改 3
提出年月日	平成 30 年 8 月 28 日

## V-2-9-4-3-5-2 附属設備の耐震性の計算書

本書は、ペDESTAL排水系の耐震性の計算書のうち、付属設備の耐震性に関する計算を示すものである。計算書の構成は以下のとおりとする。

第1章 コリウムシールドの耐震性の計算書

第2章 管の耐震性についての計算書

第3章 導入管カバーの耐震性の計算書

第1章 コリウムシールドの耐震性の計算書

## 目 次

1. 概要	1-1
2. 構造説明	1-2
2.1 構造計画	1-2
2.2 評価方針	1-3
2.3 適用基準	1-3
2.4 記号の説明	1-4
2.5 計算精度と数値の丸め方	1-5
3. 評価部位	1-6
4. 構造強度評価	1-7
4.1 構造強度評価方法	1-7
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	1-8
4.3 設計用地震力	1-9
4.4 計算方法	1-10
5. 評価結果	1-15
5.1 重大事故等対処設備としての評価結果	1-15
6. 床ドレンサンプライナの機能維持について	1-17
6.1 構造の概要	1-17
6.2 機能維持の方針	1-18
6.3 評価内容	1-19

## 1. 概要

本計算書は、重大事故等対処設備であるコリウムシールドに要求される機能が基準地震動  $S_s$  により定まる地震力に対して確保されていることを説明するものである。

コリウムシールドは、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、分類に応じた耐震評価を行う。

2. 構造説明

2.1 構造計画

コリウムシールドの構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>・コリウムシールドは原子炉本体の基礎（上部円筒部）にサポートを介して支持される。</p>	<p>・コリウムシールドは熔融炉心から原子炉本体の基礎（コンクリート）を保護するため、原子炉本体の基礎（上部円筒部及び中間スラブ）に設置される構造物である。</p> <p>・コリウムシールドは融点の高いブロック状のシールド材とサポートからなる構造物である。</p>	<p>鉛直支持プレート</p> <p>水平支持型鋼, 水平支持ボルト</p> <p>コリウムシールド (高さ 1880mm, 厚さ 150mm)</p> <p>鉛直支持ボルト</p> <p>原子炉本体の基礎</p>

## 2.2 評価方針

コリウムシールドは、地震荷重に対する機能維持評価を行う。なお、強度評価部位はシールド材を原子炉本体の基礎（上部円筒部）に固定するためのサポートとする。

また、設計荷重は、シールド材に作用する水平地震荷重及び鉛直地震荷重とする。

コリウムシールドの応力評価は、「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」にて示すコリウムシールドの部位を踏まえ「3. 形状及び主要寸法」にて設定する箇所において、「4.1 設計荷重」で算出した荷重に基づく応力等が許容限界内に収まることを、「4.2 材料及び許容応力」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。

コリウムシールドの耐震評価フローを図 2-1 に示す。

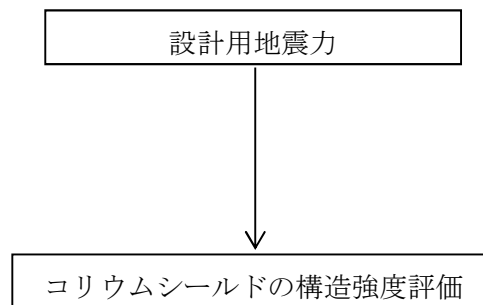


図 2-1 コリウムシールドの耐震評価フロー

## 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) 鋼構造設計基準—許容応力度設計法— (2005 改定)  
(日本建築学会 2005 年 9 月) (以下「鋼構造設計基準」という。)

## 2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
$\rho$	密度	kg/m <sup>3</sup>
F	許容応力度の基準値	MPa
$f_b$	許容曲げ応力	MPa
$f_s$	許容せん断応力	MPa
$f_t$	許容引張応力・組合せ応力	MPa
W	荷重	N
M	モーメント	N・mm
F	せん断力・引張力	N
$S_s$	基準地震動 $S_s$ により定まる地震力	—
A	面積	mm <sup>2</sup>
Z	断面係数	mm <sup>3</sup>
$\sigma_t$	引張応力	MPa
$\sigma_b$	曲げ応力	MPa
$\tau$	せん断応力	MPa
$\sigma$	組合せ応力	MPa
L	長さ	mm
$S_y$	材料の設計降伏点	MPa
$S_u$	材料の設計引張強さ	MPa
$C_H$	水平方向設計震度	—
$C_V$	鉛直方向設計震度	—
K	係数	—
D	死荷重	N
$F_c$	コンクリートの設計基準強度	kg/cm <sup>2</sup>



## 2.5 計算精度と数値の丸め方

表示する数値の丸め方を表 2-2 に示す。

表 2-2 表示数値の丸め方

数値の種類		単位	処理桁	処理法	表示桁
許容応力	鋼材／アンカーボルト	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数
許容引抜力	コンクリート	N	小数点以下第 5 位	切捨て	小数点以下第 4 位
算出応力	鋼材／アンカーボルト	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数
引抜力	コンクリート	N	小数点以下第 5 位	四捨五入	小数点以下第 4 位

### 3. 評価部位

コリウムシールドの耐震評価は、「4.1 構造強度評価手法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる水平支持型鋼、水平支持ボルト、鉛直支持プレート、鉛直支持ボルトについて実施する。コリウムシールドの耐震評価部位については、表 2-1 の概略構造図に示す。また、コリウムシールドの形状及び主要寸法を図 3-1 に示す。

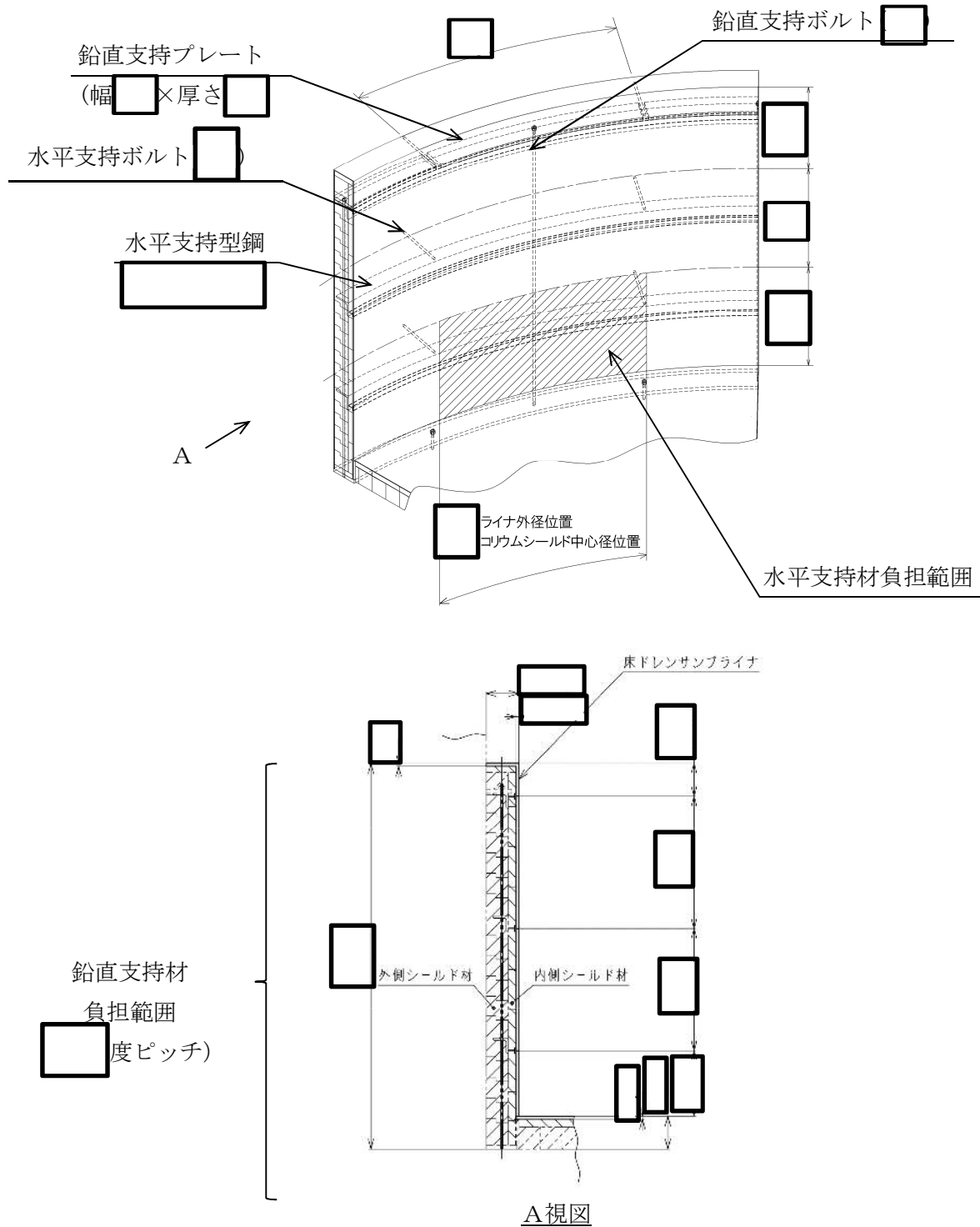


図 3-1 コリウムシールドの形状及び主要寸法 (単位 : mm)

#### 4. 構造強度評価

##### 4.1 構造強度評価方法

次の条件で計算する。

##### (1) 死荷重

図 3-1 に示すとおり，水平支持材及び鉛直支持材が負担する荷重範囲は，水平支持ボルト及び鉛直支持ボルトの支持スパンをそれぞれ考慮し，周方向は  度ピッチとする。その範囲のシールド材に作用する地震加速度によって，水平方向及び鉛直方向に負荷される荷重を以下に示す。

シールド材の密度 $\rho$	<input type="text"/> kg/m <sup>3</sup>
シールド材の死荷重（方向は図 3-1 参照）	
水平支持材が荷重を負担する範囲の荷重 $W_H$	<input type="text"/> N
鉛直支持材が荷重を負担する範囲の荷重 $W_V$	<input type="text"/> N

##### (2) 水荷重

コリウムシールドに囲まれる空間には，通常運転時の液体廃棄物の検知機能を維持する目的と，重大事故時の溶融炉心の冷却機能を維持する目的で，常時水張りをしている。これらの水による水頭圧は最大でも  MPa であり，コリウムシールドに圧縮荷重として作用した場合でもシールド材の圧縮耐力である  MPa に比べ十分小さいため，水荷重による応力は評価対象としない。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

(1) 材料

- 水平支持型鋼
- 水平支持ボルト
- 鉛直支持プレート
- 鉛直支持ボルト



(2) 荷重の組合せ及び許容応力

基準地震動の策定に伴う地震荷重との組合せの評価として、荷重の組合せを表 4-1 に示し、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

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	荷重の種類
常設重大事故 緩和設備	コリウム シールド	— (S <sub>s</sub> 機能維持)	—	D + S <sub>s</sub>	短期荷重

注：D…死荷重

S<sub>s</sub>…基準地震動 S<sub>s</sub>により定まる地震動

表4-2 許容応力

(単位：MPa)

材料	荷重の種類	基準応力 F*1	許容応力*2			
			引張応力 1.5・f <sub>t</sub>	曲げ応力 1.5・f <sub>b</sub>	せん断応力 1.5・f <sub>s</sub>	組合せ応力 1.5・f <sub>t</sub>
	短期荷重	205	205	205	118	205
	短期荷重	315	315	363	181	315

注記 \*1：基準応力 F は以下の計算式で求める。

$$F = \text{Min} (S_y, 0.7 \cdot S_u)$$

ここで、

S<sub>y</sub>：材料の設計降伏点

S<sub>u</sub>：材料の設計引張強さ

注記 \*2：f<sub>t</sub>、f<sub>b</sub>、f<sub>s</sub> はそれぞれ以下の計算式で求める。

$$f_t = F / 1.5$$

$$f_b = F / 1.5 \text{ 又は } F / 1.3$$

$$f_s = F / (1.5 \cdot \sqrt{3})$$

#### 4.3 設計用地震力

##### (1) 地震荷重

コリウムシールドは、ブロック状のシールド材を原子炉本体の基礎の上部円筒部および中間スラブに隙間なく敷設することにより、原子炉本体の基礎と一体の地震応答挙動を示すことから、設計用地震荷重として、「2-3-2 炉心，原子炉圧力容器及び圧力容器内部構造物並びに原子炉本体の基礎の地震応答計算書」によって算出された設計震度を適用する。コリウムシールドの設計震度を表 4-3 に示す。

表 4-3 設計震度

据付場所及び 床面高さ (m)	基準地震動 $S_s$	
原子炉本体の基礎 □	水平方向 $C_H$	□
	鉛直方向 $C_V$	□

注記 \*1:基準床レベルを示す。

#### 4.4 計算方法

##### 4.4.1 応力評価点

応力評価点を表 4-4 及び図 4-1 に示す。

表 4-4 応力評価点

応力評価点番号	応力評価点
P 1	水平支持型鋼
P 2	水平支持ボルト
P 3	鉛直支持プレート
P 4	鉛直支持ボルト

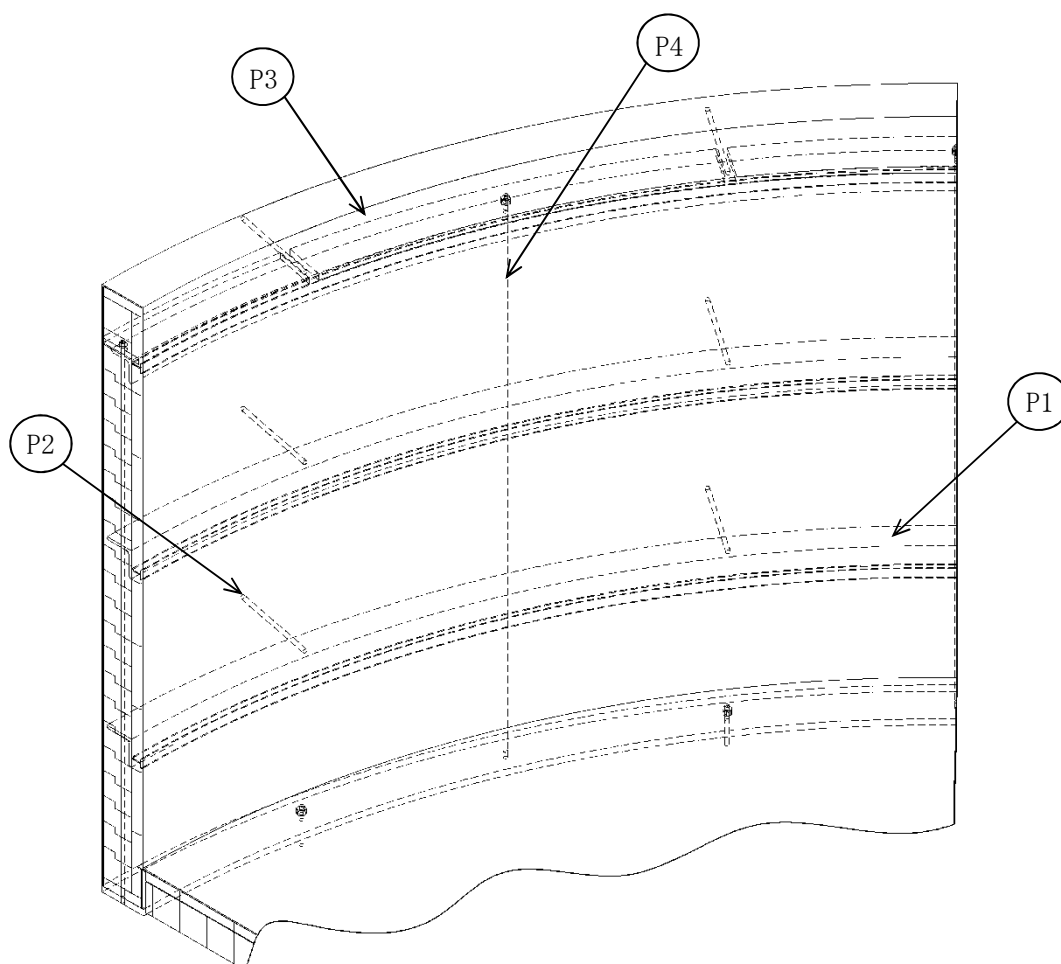


図 4-1 応力評価点

#### 4.4.2 水平支持材の応力計算（応力評価点 P 1 及び P 2）

##### (1) 計算モデル

図 3-1 に示す水平支持材が荷重を負担する範囲のシールド材の水平地震荷重が，水平支持型鋼に等分布荷重として作用することとなる。水平支持型鋼は，水平支持ボルトと溶接によって接続されるため，計算モデルは図 4-2 に示す両端固定はりとして計算する。

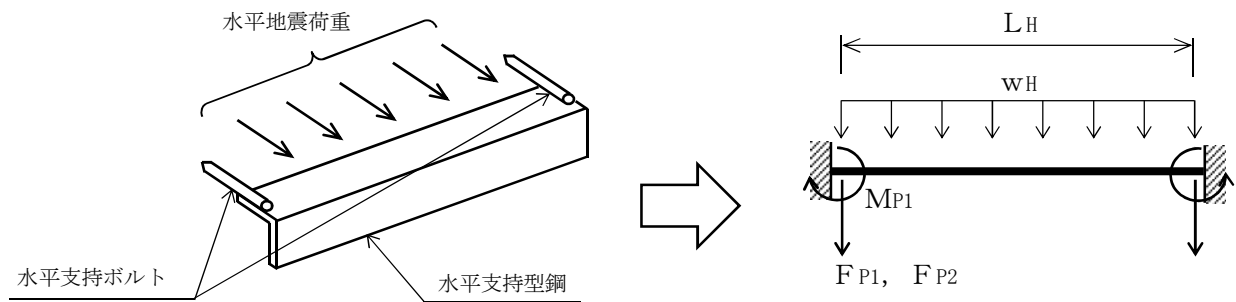


図 4-2 計算モデル

- a. 水平方向地震による等分布荷重

$$w_H = \frac{W_H \cdot C_H}{L_H}$$

ここで，

$L_H$  : 水平支持スパン =  mm

- b. 水平支持型鋼に作用する曲げモーメント

$$M_{P1} = \frac{w_H \cdot L_H^2}{12}$$

- c. 水平支持型鋼に作用するせん断力

$$F_{P1} = w_H \cdot \left( \frac{L_H}{2} \right)$$

- d. 水平支持ボルトに作用する引張力

$$F_{P2} = 2 \cdot F_{P1}$$

##### (2) 応力計算

- a. 水平支持型鋼の曲げ応力

$$\sigma_{bP1} = \frac{M_{P1}}{Z_{P1}}$$

ここで，

$Z_{P1}$  =  mm<sup>3</sup>

- b. 水平支持型鋼のせん断応力

$$\tau_{P1} = \frac{F_{P1}}{A_{P1}}$$

ここで,

$$A_{P1} : \text{水平支持型鋼のせん断断面積} = \boxed{\phantom{0000}} \text{ mm}^2$$

- c. 水平支持型鋼の組合せ応力

$$\sigma_{P1} = \sqrt{\sigma_{bP1}^2 + 3 \cdot \tau_{P1}^2}$$

- d. 水平支持ボルトの引張応力

$$\sigma_{tP2} = \frac{F_{P2}}{A_{P2}}$$

ここで,

$$A_{P2} : \text{ボルト有効断面積} = \boxed{\phantom{0000}} \text{ mm}^2$$

- e. アンカー部の引抜力に対するコンクリートの評価

水平支持ボルトのアンカー部の許容引抜力  $P_{CP2}$  は以下の式で算出する。

$$P_{CP2} = 0.8^{*1} \cdot K_1 \cdot A_{CP2} \cdot \sqrt{F_c}$$

ここで,

$K_1$  : コンクリートがコーン状破壊する場合の引張耐力の低減係数 = 0.6

$A_{CP2}$  : コンクリートのコーン状破壊面の有効投影面積 =  $\boxed{\phantom{0000}}$   $\text{cm}^2$

$F_c$  : コンクリートの設計基準強度 =  $\boxed{\phantom{0000}}$   $\text{kg/cm}^2$

注記 \*1:後付けアンカー部は「2.3 適用基準」(1)の規定に基づき 20%の低減を行う。



#### 4.4.3 鉛直支持材の応力計算（応力評価点 P 3 及び P 4）

##### (1) 計算モデル

図 3-1 に示す鉛直支持材が荷重を負担する範囲のシールド材の鉛直地震荷重が、鉛直支持プレートに等分布荷重として作用する場合、図 4-3 に示す片持ちはりとして計算することができる。ただし、4.1 項に示すとおり、コリウムシールドに作用する鉛直震度は 1.0 未満であり、実際にはシールド材の浮き上がりによる荷重は作用しないため、発生応力は生じない。

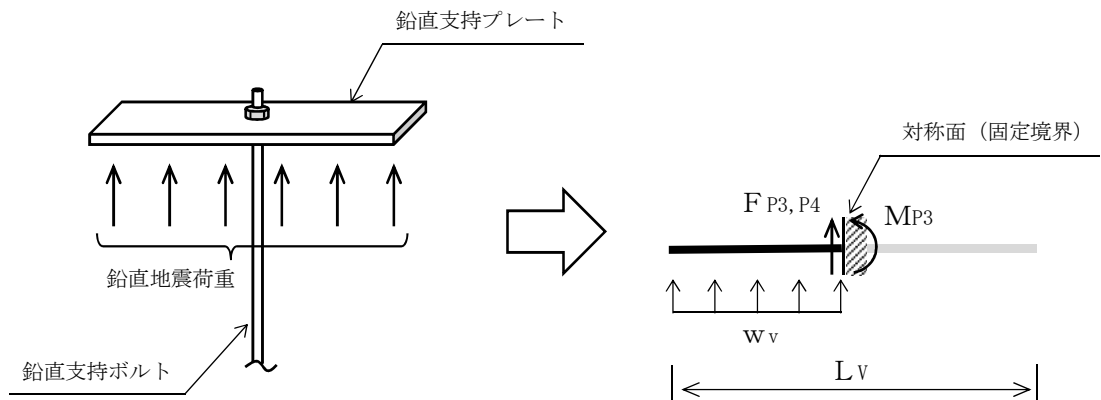


図 4-3 計算モデル

- a. 鉛直方向地震による等分布荷重

$$w_v = \frac{W_v \cdot C_v}{L_v}$$

ここで、

$L_v$  : 荷重を負担する範囲の鉛直支持プレート長さ =  mm

- b. 鉛直支持プレートに作用する曲げモーメント

$$M_{P3} = \frac{w_v \cdot \left(\frac{L_v}{2}\right)^2}{2}$$

- c. 鉛直支持プレートに作用するせん断力

$$F_{P3} = w_v \cdot \left(\frac{L_v}{2}\right)$$

- d. 鉛直支持ボルトに作用する支持反力

$$F_{P4} = 2 \cdot F_{P3}$$

## (2) 応力計算

- a. 鉛直支持プレートの曲げ応力

$$\sigma_{bP3} = \frac{M_{P3}}{Z_{P3}}$$

ここで,

$$Z_{P3} = \boxed{\phantom{00000}} \text{ mm}^3$$

- b. 鉛直支持プレートのせん断応力

$$\tau_{P3} = \frac{F_{P3}}{A_{P3}}$$

ここで,

$$A_{P3} : \text{鉛直支持プレートのせん断断面積} = \boxed{\phantom{00000}} \text{ mm}^2$$

- c. 鉛直支持プレートの組合せ応力

$$\sigma_{P3} = \sqrt{\sigma_{bP3}^2 + 3 \cdot \tau_{P3}^2}$$

- d. 鉛直支持ボルトの引張応力

$$\sigma_{tP4} = \frac{F_{P4}}{A_{P4}}$$

ここで,

$$A_{P4} : \text{ボルト有効断面積} = \boxed{\phantom{00000}} \text{ mm}^2$$

- e. アンカー部の引抜力に対する評価

鉛直支持ボルトのアンカー部の許容引抜力  $P_{CP4}$  は以下の式で算出する。

$$P_{CP4} = 0.8^{*1} \cdot K_1 \cdot A_{CP4} \cdot \sqrt{F_c}$$

ここで,

 $K_1$  : コンクリートがコーン状破壊する場合の引張耐力の低減係数 = 0.6 $A_{CP4}$  : コンクリートのコーン状破壊面の有効投影面積 =  $\boxed{\phantom{00000}}$   $\text{cm}^2$  $F_c$  : コンクリートの設計基準強度 =  $\boxed{\phantom{00000}}$   $\text{kg/cm}^2$ 

注記 \*1:後付けアンカー部は「2.3 適用基準」(1)の規定に基づき 20%  
の低減を行う。

## 5. 評価結果

### 5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

コリウムシールド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

短期荷重に対する構造強度評価結果を次頁以降の表に示す。

表 5-1 短期荷重に対する応力評価結果 (D + S<sub>s</sub>)

評価対象設備	評価部位		応力分類	短期荷重		判定	備考
				発生値	評価基準値		
				(MPa)	(MPa)		
コリウムシールド	P 1	水平支持型鋼	曲げ応力	47	205	○	
			せん断応力	6	118	○	
			組合せ応力	49	205	○	
	P 2	水平支持ボルト	引張応力	69	205	○	
	P 3	鉛直支持プレート	曲げ応力	0	363	○	
			せん断応力	0	181	○	
			組合せ応力	0	315	○	
	P 4	鉛直支持ボルト	引張応力	0	315	○	

すべて許容値以下である。

表 5-2 アンカー部の引抜力に対する評価結果 (D + S<sub>s</sub>)

評価部位		荷重の種類	短期荷重		判定	備考
			発生値	許容引抜力		
			(N)	(N)		
P 2	水平支持ボルト	引抜力	$5.743 \times 10^3$	$8.338 \times 10^4$	○	
P 4	鉛直支持ボルト	引抜力	0	$8.338 \times 10^4$	○	

すべて許容値以下である。

## 6. 床ドレンサンプライナの機能維持について

### 6.1 構造の概要

床ドレンサンプライナは、原子炉本体の基礎の側面及び底面に敷き詰められたコリウムシールドのシールド材の表面に、ステンレス製のライナを内張りした構造となっており、耐漏洩機能を有するよう設計されている。

床ドレンサンプライナは、コリウムシールドに囲まれる空間が、通常運転時の液体廃棄物の検知機能を維持する目的と、重大事故時の熔融炉心の冷却機能を維持する目的で常時水張りを実施しているため、原子炉本体の基礎内（ドライウェル部）に水位を形成及び維持できるように設置されている。

床ドレンサンプライナの概要を図6-1に示す。

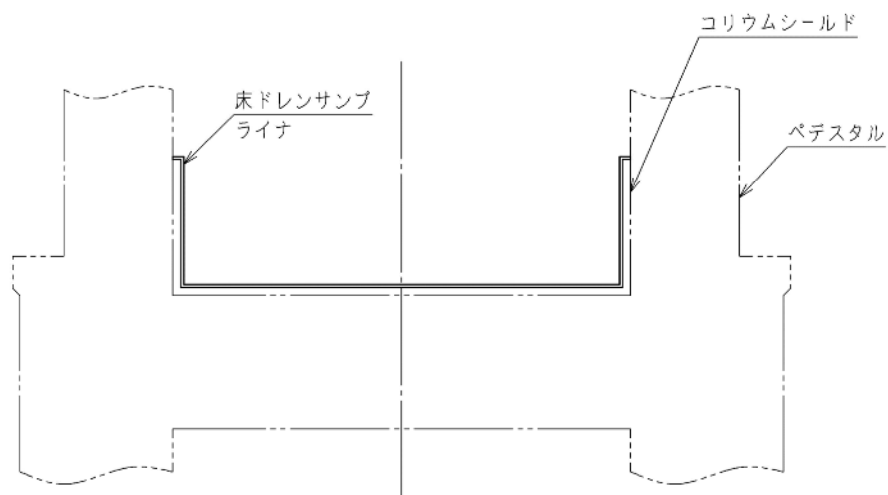


図6-1 床ドレンサンプライナの概要

## 6.2 機能維持の方針

床ドレンサンプライナの構造、形状及び寸法を図6-2に示す。

床ドレンサンプライナは、原子炉本体の基礎の側面及び底面に敷き詰められたシールド材の表面に、ステンレス製のライナが内張りされる構造となっており、耐漏洩機能を有している。そのため、地震時に対してライナは強度部材として扱わず、分割したシールド材をコリウムシールドのサポートにより支持する構造としている。また、4.3項に示すとおり、コリウムシールドに作用する鉛直震度は1.0未満であり、浮き上がりが生じない構造であるため、床ドレンサンプライナに対する鉛直地震荷重は作用しない。

内側シールド材は、目地材により外側シールド材に接着されており、水平方向支持材で内側シールド材の一部を拘束する構造となっている。本書では、内側シールド材にライナ方向の水平荷重が作用した場合に、全て床ドレンサンプライナが荷重負担することを仮定し、耐震評価を実施する。鉛直地震荷重に対しては、床ドレンサンプライナに対する荷重が伝達されないため、底面部のライナは評価対象外とする。

床ドレンサンプライナの評価にあたっては、水平方向支持材の高さ方向のピッチに着目し、保守的なピッチ ( ) mm) を設定する。

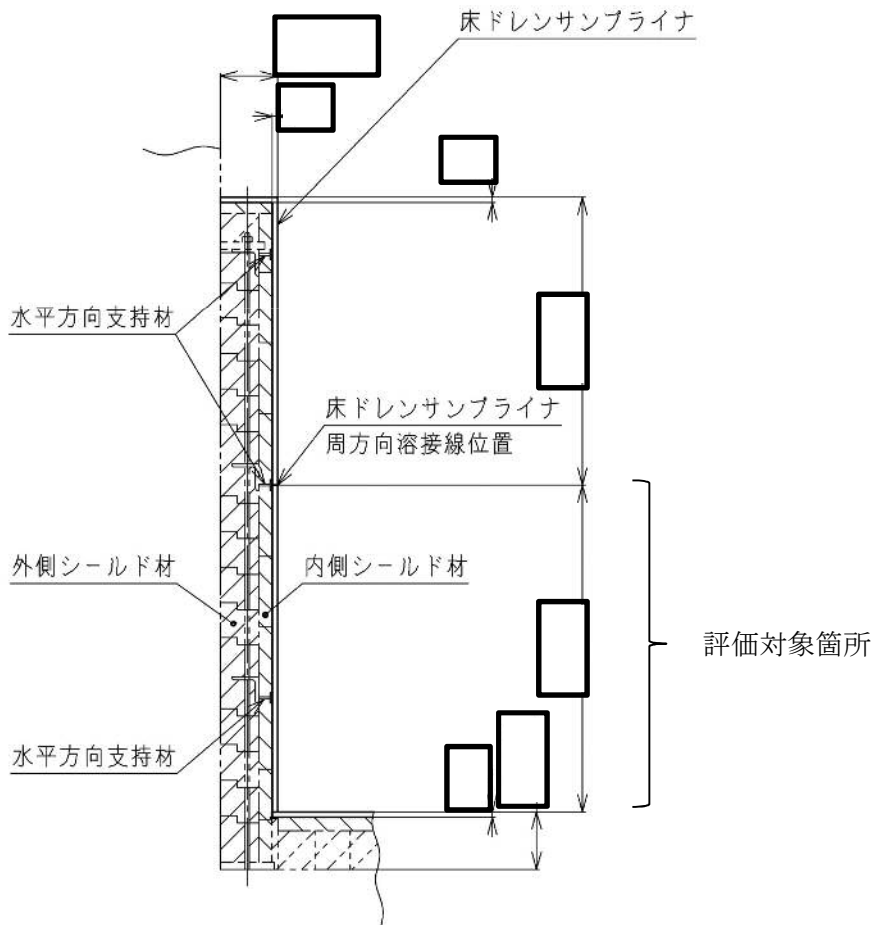


図6-2 床ドレンサンプライナの構造、形状及び寸法

### 6.3 評価内容

#### 6.3.1 応力評価方法

##### (1) 曲げ応力

図 6-2 に示す範囲の内側シールド材の水平地震荷重がライナに等分布荷重として作用するものと考え、図 6-3 に示す両端固定はりとして計算する。

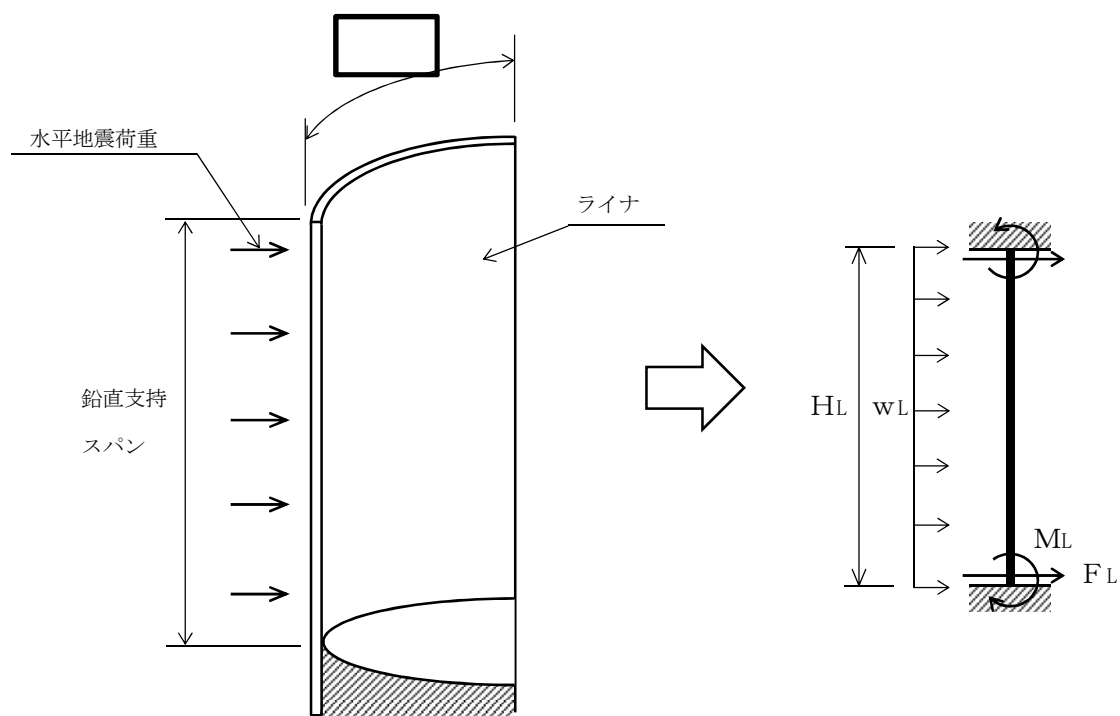


図 6-3 計算モデル

a. 水平方向地震による等分布荷重

$$w_L = \frac{W_L \cdot C_H}{H_L}$$

ここで、

$W_L$  : ライナが負担する死荷重 =  N

$H_L$  : 鉛直支持スパン =  mm

b. ライナに作用する曲げモーメント

$$M_L = \frac{w_L \cdot H_L^2}{12}$$

c. ライナに作用するせん断力

$$F_L = w_L \cdot \left( \frac{H_L}{2} \right)$$

(2) 応力計算

a. ライナの曲げ応力

$$\sigma_{bL} = \frac{M_L}{Z_L}$$

ここで、

$$Z_L = \boxed{\phantom{00000}} \text{ mm}^3$$

b. ライナのせん断応力

$$\tau_L = \frac{F_L}{A_L}$$

ここで、

$$A_L : \text{ライナのせん断断面積} = \boxed{\phantom{00000}} \text{ mm}^2$$

c. ライナの組合せ応力

$$\sigma_L = \sqrt{\sigma_{bL}^2 + 3 \cdot \tau_L^2}$$

6.3.2 応力評価結果

床ドレンサンプルライナの応力評価結果を表 6-1 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。

表 6-1 短期荷重に対する応力評価結果 (D + S<sub>s</sub>)

評価対象設備	評価部位	応力分類	短期荷重		判定	備考
			発生値 (MPa)	評価基準値 (MPa)		
床ドレンサンプル ライナ	ライナ (SUS304)	曲げ応力	51	236	○	
		せん断応力	1	118	○	
		組合せ応力	51	205	○	

すべて許容値以下である。



第2章 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	1
2.1 概略系統図	1
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状態	7
3.2 設計条件	8
3.3 材料及び許容応力	12
3.4 設計用地震力	13
4. 解析結果及び評価	14
4.1 固有周期及び設計震度	14
4.2 評価結果	20
4.2.1 管の応力評価結果	20
4.2.2 支持構造物評価結果	21
4.2.3 弁の動的機能維持評価結果	22
4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	23

## 1. 概要

本計算書は、添付書類「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-2-1-13-6 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、全6モデルのうち、各応力区分における最大応力評価点の許容値/発生値(裕度)が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を4.2.4に記載する。

### (2) 支持構造物

工事計画記載範囲の支持点のうち、種類及び型式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。





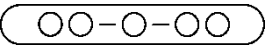
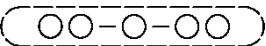

### (3) 弁

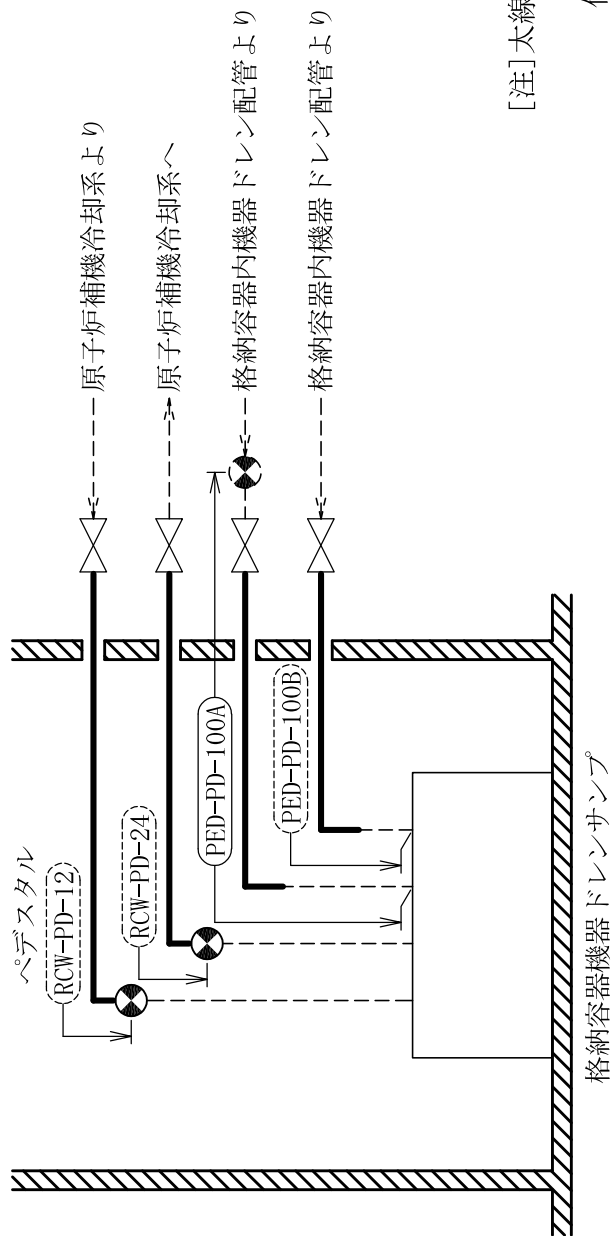
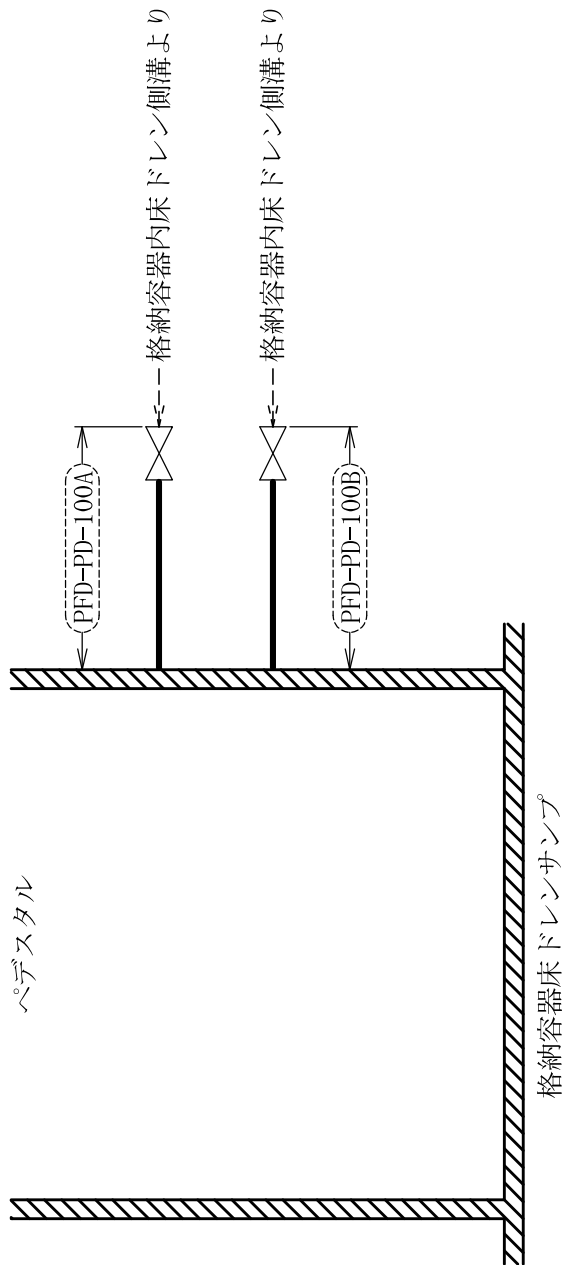
機能確認済加速度の応答加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として評価結果を記載する。

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 (鳥瞰図, 計算条件及び評価結果を記載する範 囲)
	鳥瞰図番号 (評価結果のみ記載する範囲)
	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



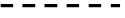


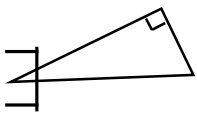
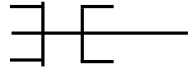

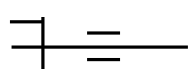
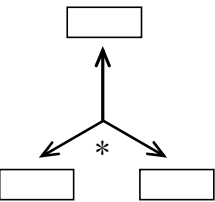



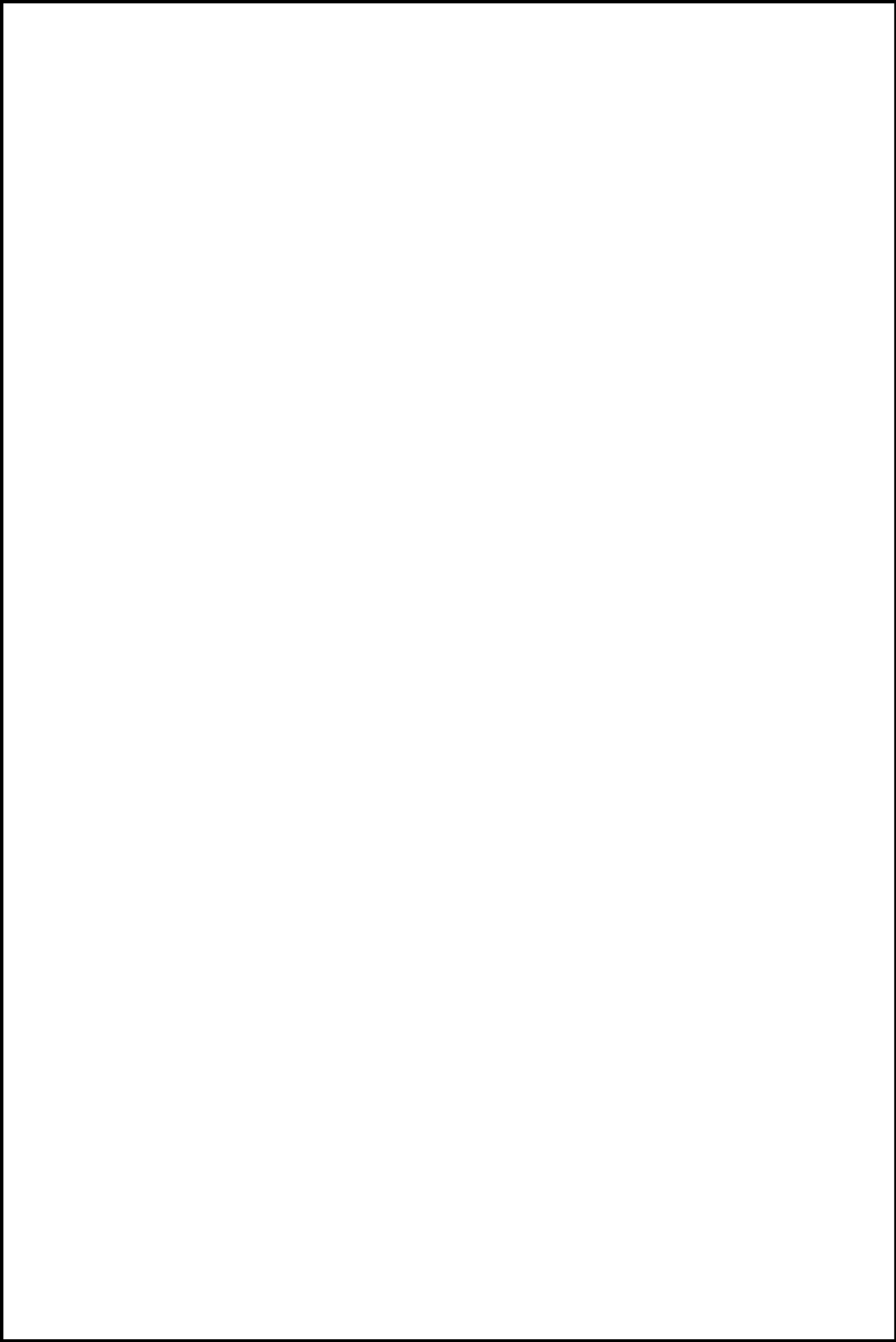
[注] 太線範囲の管クラス：SA2

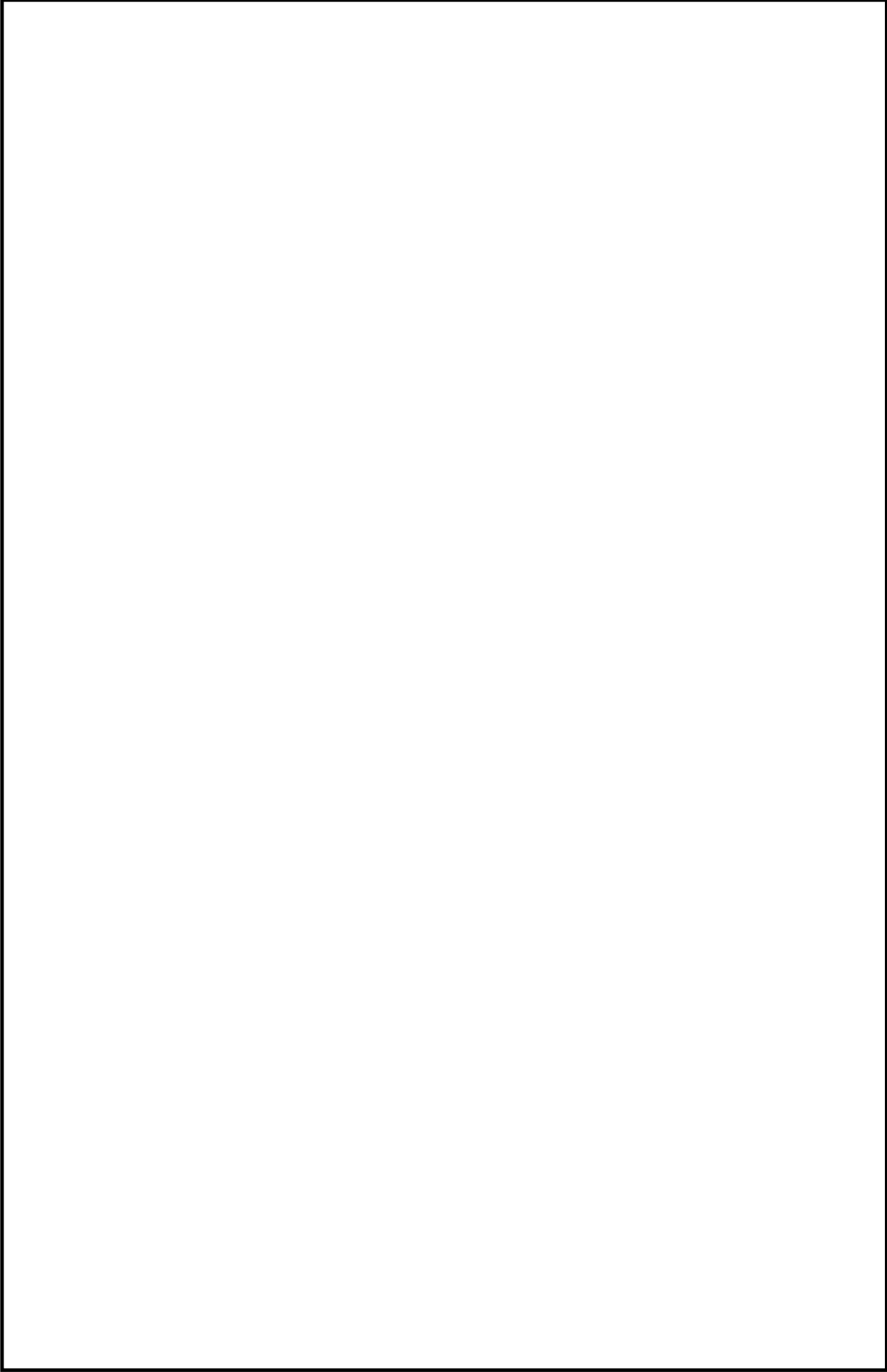
付属設備の概略系統図

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、他システムの管であって解析モデルの概略を示すために表記する管
	質 点
	ア ン カ
	レストレイント (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。スナップについても同様とする。)
	スナップ
	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,  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

PED-PD-100A (SA) (2/2)



## 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	耐震設計上の 重要度分類	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	ペDESTAL 排水系	S A	常設／緩和	重大事故等クラス2管	—	$V_L + S_s$	$V_A S$

注記\*1: S Aは重大事故等対処設備を示す。

\*2: 「常設／緩和」は常設耐震重要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 $V_A S$ 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 PED-PD-100A

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	耐震設計上の 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	7W～11S	0.62	200	60.5	3.9	SUS316TP	—	
2	11S～25	0.62	200	60.5	3.9	SUS316TP	—	

弁部の寸法

鳥 瞰 図 PED-PD-100A

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			
4~5				5~6			
3~7W							

弁部の質量

鳥 瞰 図 PED-PD-100A

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
<input type="text"/>	2W, 7W	<input type="text"/>	3
<input type="text"/>	4	<input type="text"/>	6

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 PED-PD-100A

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
** 5 **						
** 5 **						
25						
** 25 **						

NT2 補③ V-2-9-4-3-5-1 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)			
		$S_m$	$S_y$	$S_u$	$S_h$
SUS316TP	200	—	149	440	127

### 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備評価用床応答曲線を下表に示す。

なお、設備評価用床応答曲線は添付書類「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき策定したものをを用いる。また、減衰定数は添付書類「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 (%)
PED-PD-100A	ペデスタル		

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 PED-PD-100A

耐震設計上の重要度分類		—		
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
1次	□	□		
2次				
3次				
動的震度				



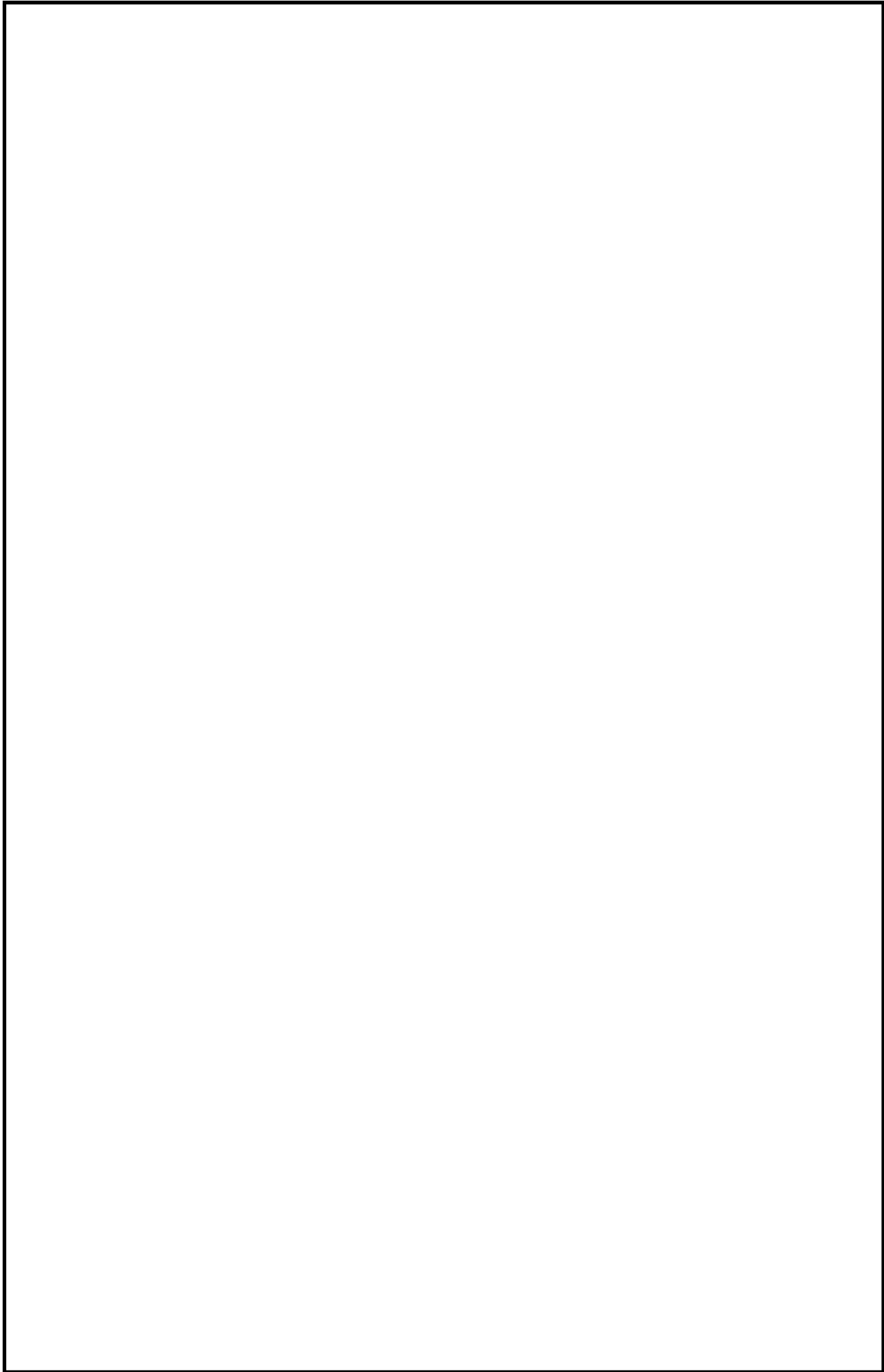
各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図 PED-PD-100A

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				

## 代表的振動モード図

振動モード図は、2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 (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 $S_{pr m}(S_s)$	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 $US_s$
PED-PD-100A	$V_{AS}$	7W	$S_{pr m}(S_s)$	158	396	—	—	—
PED-PD-100A	$V_{AS}$	7W	$S_n(S_s)$	—	—	261	298	—

## 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 (°C)	評価結果	
					計算 荷重 (kN)	許容 荷重 (kN)
R0-RCW-P006	ロッドレストレント	RTS-06	「V-2-1-11 機器・ 配管の耐震支持設計 方針」参照		4.9	10.8

## 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-RCW-P001	アンカ	ラグ	SGV410	200	0.9	3.0	1.0	1.1	1.1	2.7	組合せ	84	129
RE-RCW-P012	レストレイント	Uプレート	SM400B STKR400B	200	1.8	4.6	0	—	—	—	せん断	19	115

## 4.2.3 弁の動的機能維持評価結果

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

弁番号	型式	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
—	—	—	—	—	—	—	—	—

4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

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

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（重大事故等クラス2管範囲）

No	配管モデル	許容応力状態 $V_A S$												
		一次応力					一次+二次応力					疲労評価		
		評価点	計算応力 [MPa]	許容応力 [MPa]	裕度	代表	評価点	計算応力 [MPa]	許容応力 [MPa]	裕度	代表	評価点	疲労累積 係数	代表
1	PED-PD-100A	7W	158	396	2.50	○	7W	261	298	1.14	○	—	—	—
2	PED-PD-100B	11W	27	396	14.66	—	11W	28	298	10.64	—	—	—	—
3	PFD-PD-100A	6	59	396	6.71	—	6	114	298	2.61	—	—	—	—
4	PFD-PD-100B	6	59	396	6.71	—	6	114	298	2.61	—	—	—	—
5	RCW-PD-12	29A	98	363	3.70	—	29A	150	414	2.76	—	—	—	—
6	RCW-PD-24	1A	132	363	2.75	—	1A	223	414	1.85	—	—	—	—



第3章 導入管カバーの耐震性の計算書

## 目 次

1. 概要	3-1
2. 一般事項	3-1
2.1 構造計画	3-1
2.2 評価方針	3-2
2.3 適用基準	3-2
2.4 記号の説明	3-3
2.5 計算精度と数値の丸め方	3-3
3. 評価部位	3-4
4. 地震応答解析及び構造強度評価	3-4
4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法	3-4
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	3-4
4.3 解析モデル及び緒元	3-5
4.4 固有周期	3-7
4.5 設計用地震力	3-8
4.6 計算方法	3-8
4.7 計算条件	3-8
4.8 応力の評価	3-8
5. 評価結果	3-9
5.1 評価結果	3-9

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」に基づき、導入管カバー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。

2. 一般事項

2.1 構造計画

導入管カバーの概略構造を表 2-1 に示す。

表2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
支持構造	主体構造	
<p>ペDESTAL内壁から角型鋼管を介して支持される構造とする。</p>	<p>梁及び柱を強度部材として、導入管の四方をパンチングメタル、天井にプレートを設置した構造とする。</p>	

## 2.2 評価方針

導入管カバーは、機器ドレン側と床ドレン側との2箇所を設置するが、応力発生点の裕度（許容値／発生値）が最小となる導入管カバーの評価結果を代表として本計算書に記載する。

導入管カバーの耐震評価フローを図 2-1 に示す。

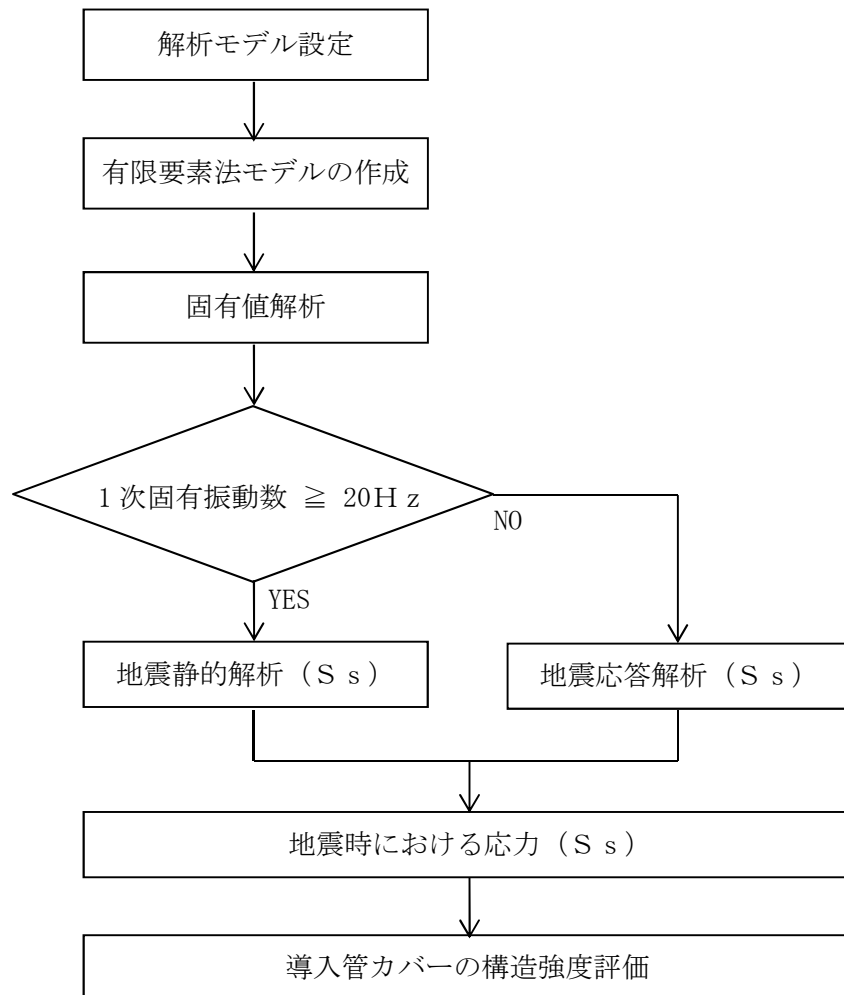


図 2-1 導入管カバーの耐震評価フロー

## 2.3 適用基準

鋼構造設計基準（2005 改訂）（日本建築学会）

## 2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
D	死荷重	—
E	縦弾性係数	MPa
$f_s$	許容せん断応力度	MPa
$S_y$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa
$S_s$	基準地震動 $S_s$ により定まる地震動	—
T	温度	°C
$\sigma$	組合せ応力	MPa
$\sigma_b$	曲げ応力	MPa
$\sigma_s$	せん断応力	MPa
$\sigma_t$	引張応力	MPa
$\rho$	密度	N/mm <sup>3</sup>
$\nu$	ポアソン比	—

注：「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）

## 2.5 計算精度と数値の丸め方

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
長さ	mm	—	—	整数位
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

### 3. 評価部位

導入管カバーの評価部位は鋼材と溶接部である。本計算書では、応力発生点の裕度（許容値／発生値）が最小となる溶接部の評価結果を記載する。

### 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

地震力は、導入管カバーに対して水平及び鉛直方向に作用するものとし、応力評価において組合せるものとする。

設計用地震力により発生する応力が、鋼構造設計基準（2005 改訂）（日本建築学会）により定まる許容応力以下であることを示す。

#### 4.2 荷重の組合せ及び許容応力

本計算における荷重の組合せ及び溶接部の許容応力を表 4-1, 4-2 に示す。

表 4-1 荷重の組合せ

施設区分	名称	耐震重要度 分類	機器等 の区分	荷重の組合せ	荷重の種類
その他	導入管カバー	—	—	D + S <sub>s</sub>	短期荷重

注 D：死荷重

S<sub>s</sub>：基準地震動 S<sub>s</sub> により定まる地震動

表 4-2 許容応力

材料	評価部位	基準応力 F (MPa)	許容応力度 f <sub>s</sub> (MPa)
SUS304	溶接	205	117

#### 4.3 解析モデル及び緒元

導入管カバーはビーム要素でモデル化する。拘束条件は壁面の支持点の評価点番号 1, 6, 10, 14, 16 を完全拘束, 床面の評価点番号 39, 40, 41, 42 を鉛直下向き拘束とし固定する。モデル図を図 4-1 に示す。

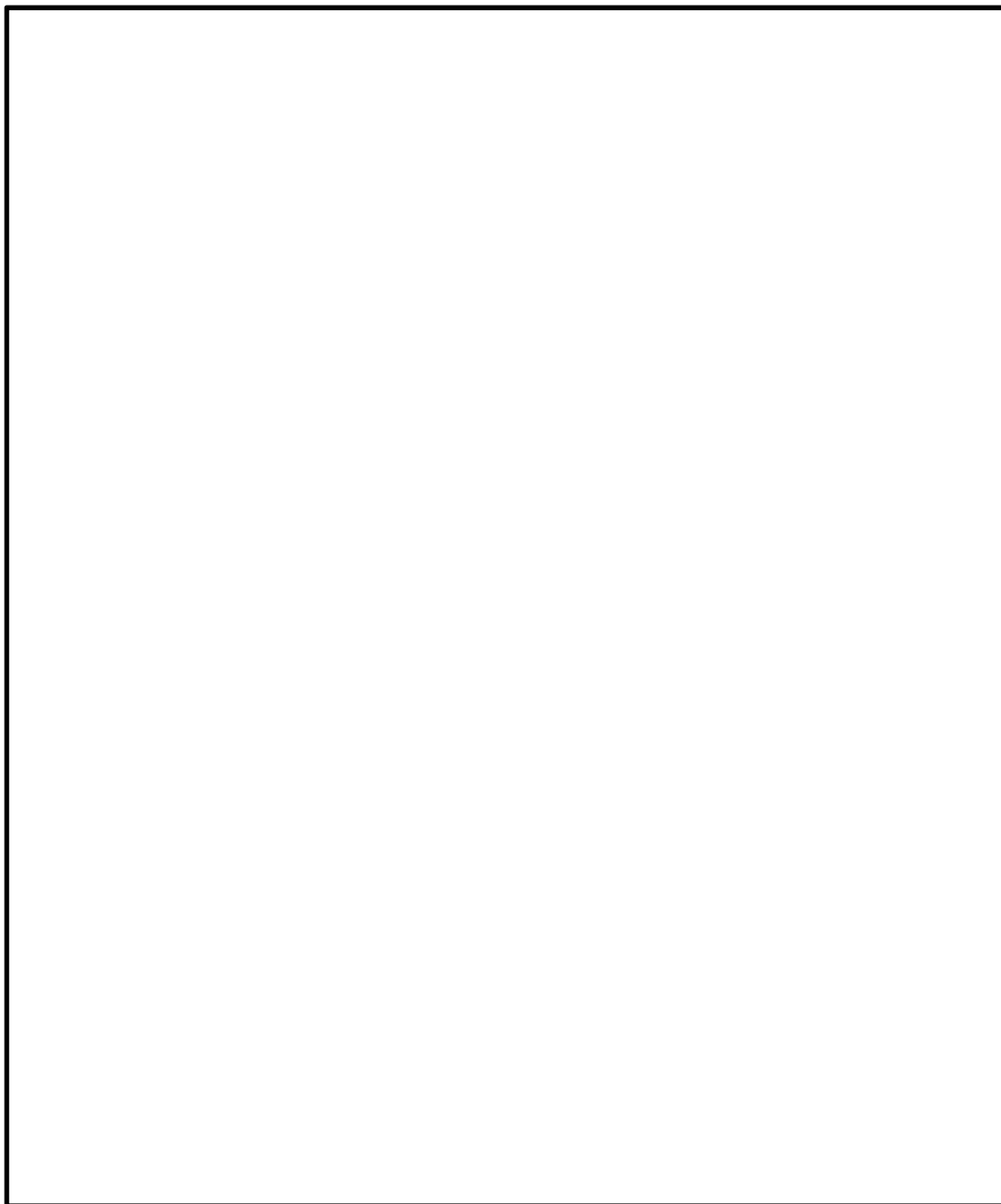


図 4-1 導入管カバー鳥瞰図

表 4-3 導入管カバー諸元

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	
密度	$\rho$	N/mm <sup>3</sup>	
温度条件	T	°C	
縦弾性係数	E	MPa	
ポアソン比	$\nu$		
要素数	—	個	
節点数	—	個	



#### 4.4 固有周期

機器ドレン側及び床ドレン側導入管カバーにおいて、最大応力発生点の裕度が同等であったため、1次固有振動数が最小となる機器ドレン側導入管カバーの固有値解析結果を表4-4に、1次振動モード図を図4-2に示す。

1次固有振動数が20Hzを超えることから、静的地震解析にて構造強度評価を行う。

表4-4 固有値解析結果

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
1次				
動的震度				

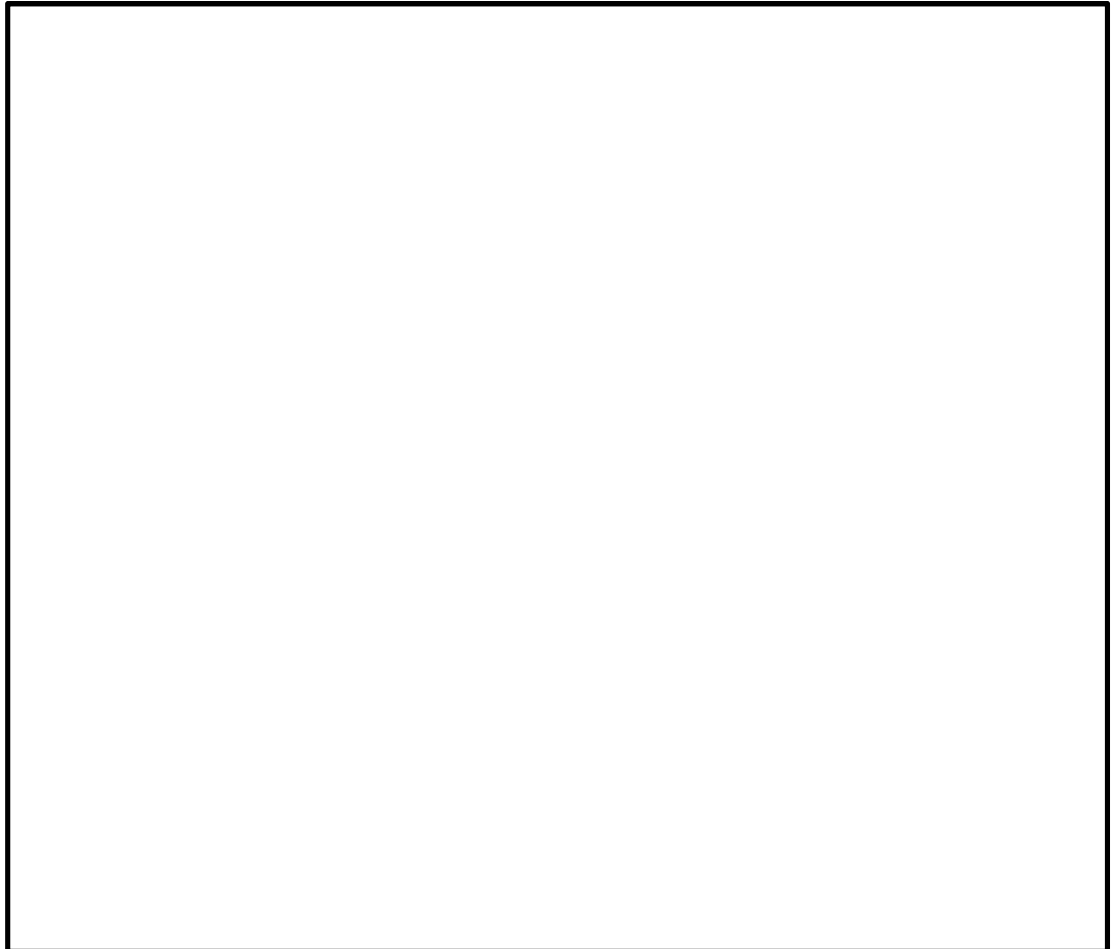


図4-2 振動モード図 (1次)

#### 4.5 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 4-5 に示す。

表 4-5 設計用地震力

建物・構造物	標高	設計用震度	
		水平方向	鉛直方向
ペDESTAL			

#### 4.6 計算方法

本計算の計算機プログラムは「NSAFE」を使用し固有値及び応力を求める。

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-5-4 計算機プログラム（解析コード）の概要 HISAP及びNSAFE」に示す。

設計用地震力を用いた静的地震解析にて発生応力を算出し、耐震評価を行う。

#### 4.7 計算条件

本計算に用いた材料、降伏点を表 4-6 に示す。

表 4-6 材料と降伏点

材料	耐震クラス	$S_y$ (MPa)
SUS304	—	205

#### 4.8 応力の評価

溶接部の発生組合せ応力が、許容せん断応力  $f_s$  以下であること。 $f_s$  は表 4-7 による。

表 4-7 許容せん断応力

許容せん断応力 $f_s$	
長期	短期
$F / (1.5 \cdot \sqrt{3})$	長期許容せん断応力 $\cdot 1.5$

## 5. 評価結果

## 5.1 評価結果

表 5-1 に示すとおり計算応力は許容応力以下である。

表 5-1 導入管カバー応力評価結果

名称	評価点	材料	発生応力 (MPa)			評価結果		
			引張 $\sigma_t$ (MPa)	せん断 $\sigma_s$ (MPa)	曲げ $\sigma_b$ (MPa)	応力 分類	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)
導入管カバー	32	SUS304	0	6	75	組合せ	76	117

組合せ応力計算方法

$$\sigma = \sqrt{(\sigma_t + \sigma_b)^2 + \sigma_s^2}$$

すべて許容応力以下である。