

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-999 改0
提出年月日	平成30年8月7日

V-2-3-4-4-8 残留熱除去系配管（原子炉压力容器内部）  
の耐震性についての計算書

## 目次

1.	一般事項	1
1.1	形状・寸法・材料	1
1.2	記号の説明	1
1.3	考慮する荷重	1
1.4	計算結果の概要	1
2.	計算条件	4
2.1	解析範囲	4
2.2	設計条件	4
2.3	運転条件	4
2.4	材料	4
2.5	物性値及び許容応力	4
2.6	応力の記号と方向	4
3.	荷重条件	5
3.1	計算方法	5
3.2	解析モデル及び諸元	5
3.3	設計震度	5
3.4	計算結果	5
3.4.1	固有周期	5
3.4.2	外荷重	5
4.	応力計算	6
4.1	応力評価点	6
4.2	差圧による応力	6
4.2.1	荷重条件 (L02)	6
4.2.2	計算方法	6
4.3	外荷重による応力	7
4.3.1	荷重条件 (L04, L14 及び L16)	7
4.3.2	計算方法	7
4.4	応力の評価	7
5.	応力強さの評価	8
5.1	一次一般膜応力強さの評価	8
5.2	一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価	8

## 図表目次

図 1-1	形状・寸法・材料・応力評価点	2
図 3-1	計算モデル	9
表 1-1	計算結果の概要	3
表 3-1	節点座標	10
表 3-2	計算モデルのデータ諸元	11
表 3-3	設計震度	12
表 3-4	残留熱除去系配管外荷重	13
表 4-1	断面性状	14
表 5-1	一次一般膜応力強さの評価のまとめ	15
表 5-2	一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ	16

## 1. 一般事項

本計算書は、残留熱除去系配管（原子炉压力容器内部）（以下「残留熱除去系配管」という。）の耐震性についての計算書である。

### 1.1 形状・寸法・材料

本計算書で解析する箇所形状・寸法・材料を図 1-1 に示す。

### 1.2 記号の説明

「V-2-3-4-4-1 原子炉压力容器内部構造物の応力解析の方針」（以下「応力解析の方針」という。）の 2 章による。

さらに、本計算書において、以下の記号を用いる。

記号	記号の説明	単位
A	断面積	mm <sup>2</sup>
D <sub>i</sub>	内径	mm
D <sub>o</sub>	外径	mm
I	断面二次モーメント	mm <sup>4</sup>
t	厚さ	mm

### 1.3 考慮する荷重

考慮した荷重は、次のとおりである。

- a. 差圧
- b. 外荷重

### 1.4 計算結果の概要

計算結果の概要を表 1-1 に示す。

なお、応力評価点の選定に当たっては、形状不連続、溶接部及び厳しい荷重作用点に着目し、応力評価上厳しくなる代表的な評価点を本計算書に記載している。

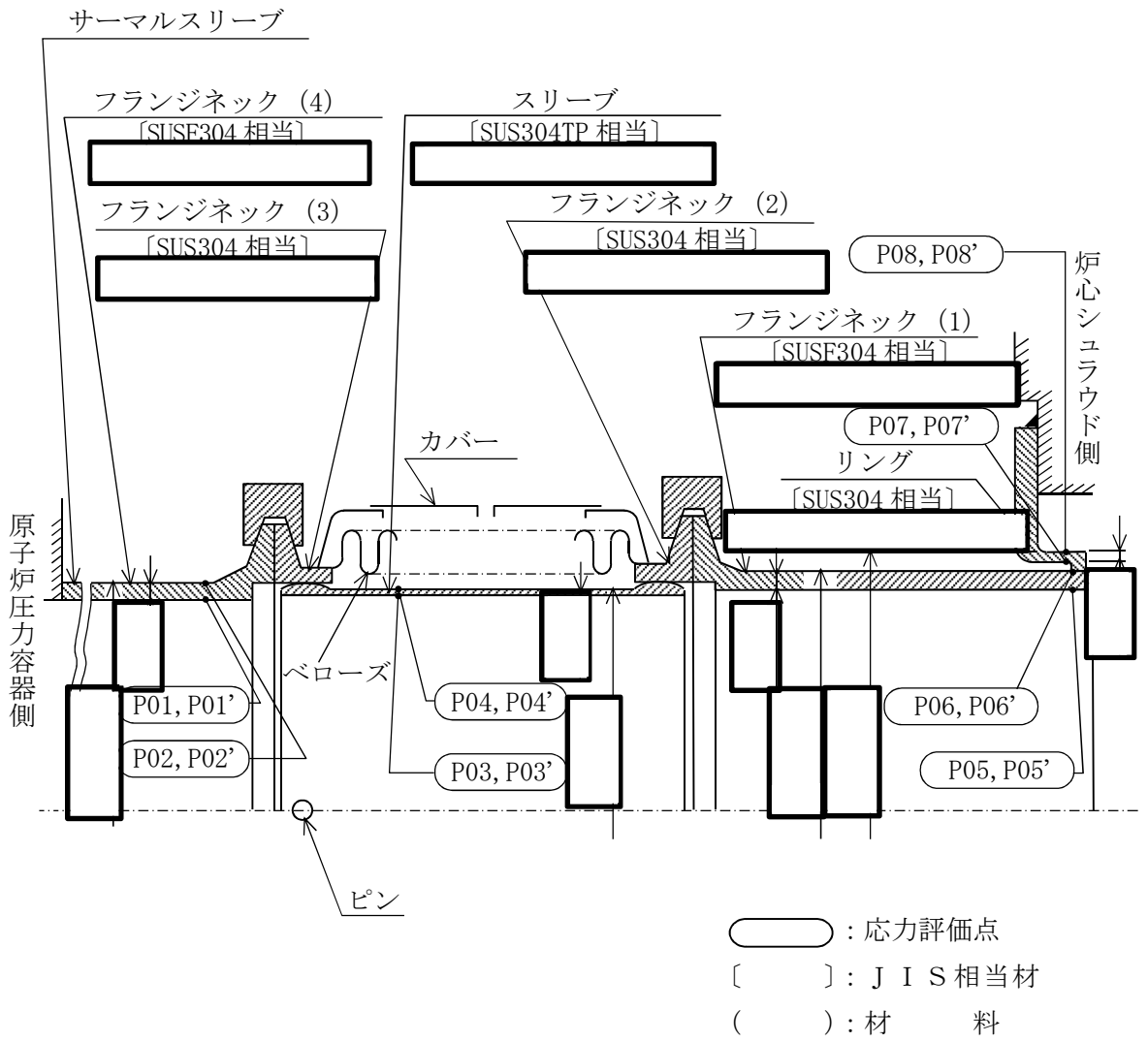


図 1-1 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位 : mm)

表 1-1 計算結果の概要

部分及び材料	供用状態 (許容応力状態)	一次一般膜応力 (MPa)			一次一般膜＋一次曲げ応力 (MPa)		
		応力 強さ	許容値	応力 評価面	応力 強さ	許容値	応力 評価面
フランジネック (4) SUSF304	Ⅲ <sub>A</sub> S	1	111	P01-P02	1	167	P01-P02
	Ⅳ <sub>A</sub> S	1	169	P01-P02	1	254	P01-P02
スリーブ SUS304TP	Ⅲ <sub>A</sub> S	4	172	P03-P04	4	258	P03-P04
	Ⅳ <sub>A</sub> S	4	260	P03-P04	4	391	P03-P04
フランジネック (1) SUSF304	Ⅲ <sub>A</sub> S	2	68	P05-P06	2	103	P05-P06
	Ⅳ <sub>A</sub> S	2	104	P05-P06	2	156	P05-P06
リング SUS304	Ⅲ <sub>A</sub> S	4	172	P07-P08	4	258	P07-P08
	Ⅳ <sub>A</sub> S	5	260	P07-P08	5	391	P07-P08

## 2. 計算条件

### 2.1 解析範囲

解析範囲を図 1-1 に示す。

### 2.2 設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の 4.1 節に示す。

### 2.3 運転条件

考慮した運転条件を「応力解析の方針」の 4.2 節に示す。

### 2.4 材料

各部の材料を図 1-1 に示す。

### 2.5 物性値及び許容応力

物性値及び許容応力は、「応力解析の方針」の 3.4 節及び 3.6 節による。

溶接部の継手効率を「応力解析の方針」の 3.7 節に示す。

### 2.6 応力の記号と方向

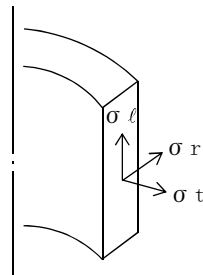
応力の記号と方向は、以下のとおりとする。

$\sigma_t$  : 周方向応力

$\sigma_l$  : 軸方向応力

$\sigma_r$  : 半径方向応力

$\tau_{tl}$  : せん断応力



### 3. 荷重条件

#### 3.1 計算方法

材料及び形状に関するデータから、固有周期を求める。さらに、入力加速度に対する各節点の軸力、せん断力及びモーメントの最大値を求める。

以上の計算は、計算機コード「NASTRAN」を用いて行う。

#### 3.2 解析モデル及び諸元

本機器の形状を図 1-1 に示し、計算モデルを図 3-1 に示す。



#### 3.3 設計震度

残留熱除去系配管の設計震度を表 3-3 に示す。

#### 3.4 計算結果

##### 3.4.1 固有周期

残留熱除去系配管の一次固有周期は、 s であるから十分剛である。

##### 3.4.2 外荷重

残留熱除去系配管の各評価部位に作用する死荷重及び地震荷重を表 3-4 に示す。



## 4. 応力計算

### 4.1 応力評価点

応力評価点の位置を図 1-1 に示す。

また、各応力評価点の断面性状を表 4-1 に示す。

### 4.2 差圧による応力

#### 4.2.1 荷重条件 (L02)

各運転条件における差圧を「応力解析の方針」の 4.2 節に示す。

計算は、設計差圧に対して行い、各供用状態（許容応力状態）での応力は、比例計算により求める。

#### 4.2.2 計算方法

##### (1) 一次一般膜応力

差圧  $P_{135}$  による一次一般膜応力は、次式で求める。

$$\sigma_t = \frac{1}{Y-1} \cdot P_{135}$$

$$\sigma_\ell = \frac{1}{Y^2-1} \cdot P_{135}$$

$$\sigma_r = -\frac{1}{Y+1} \cdot P_{135}$$

$$\text{ここで, } Y = \frac{D_o}{D_i}$$

##### (2) 一次一般膜＋一次曲げ応力

差圧による一次曲げ応力は存在しない。したがって、一次一般膜＋一次曲げ応力は一次一般膜応力と同じである。

### 4.3 外荷重による応力

#### 4.3.1 荷重条件 (L04, L14 及び L16)

残留熱除去系配管に働く外荷重を表 3-4 示す。

#### 4.3.2 計算方法

##### (1) 一次一般膜応力

外荷重による一次一般膜応力は、次式で求める。

$$\sigma_{\ell} = \frac{F_L}{A}$$

$$\tau_{t\ell} = \frac{F_S}{A} + \frac{T}{2 \cdot I} \cdot r_m$$

$$\text{ここで, } r_m = \frac{D_i + D_o}{4}$$

##### (2) 一次一般膜＋一次曲げ応力

外荷重による一次一般膜＋一次曲げ応力は、次式で求める。

$$\sigma_{\ell} = \frac{F_L}{A} \pm \frac{M}{I} \cdot \frac{D_o}{2}$$

$$\tau_{t\ell} = \frac{F_S}{A} + \frac{T}{2 \cdot I} \cdot \frac{D_o}{2}$$

### 4.4 応力の評価

各応力評価点で計算された応力は、応力の分類ごとに重ね合わせ、組合せ応力を求め応力強さを算出する。

応力強さの算出方法は「応力解析の方針」の 5.4 節に示す。

## 5. 応力強さの評価

### 5.1 一次一般膜応力強さの評価

各供用状態（許容応力状態）における評価をまとめて、表 5-1 に示す。

表 5-1 より、各供用状態（許容応力状態）の一次一般膜応力強さは、「応力解析の方針」の 3.6 節及び 3.7 節に示す許容値を満足する。

### 5.2 一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価

各供用状態（許容応力状態）における評価をまとめて、表 5-2 に示す。

表 5-2 より、各供用状態（許容応力状態）の一次一般膜＋一次曲げ応力強さは、「応力解析の方針」の 3.6 節及び 3.7 節に示す許容値を満足する。

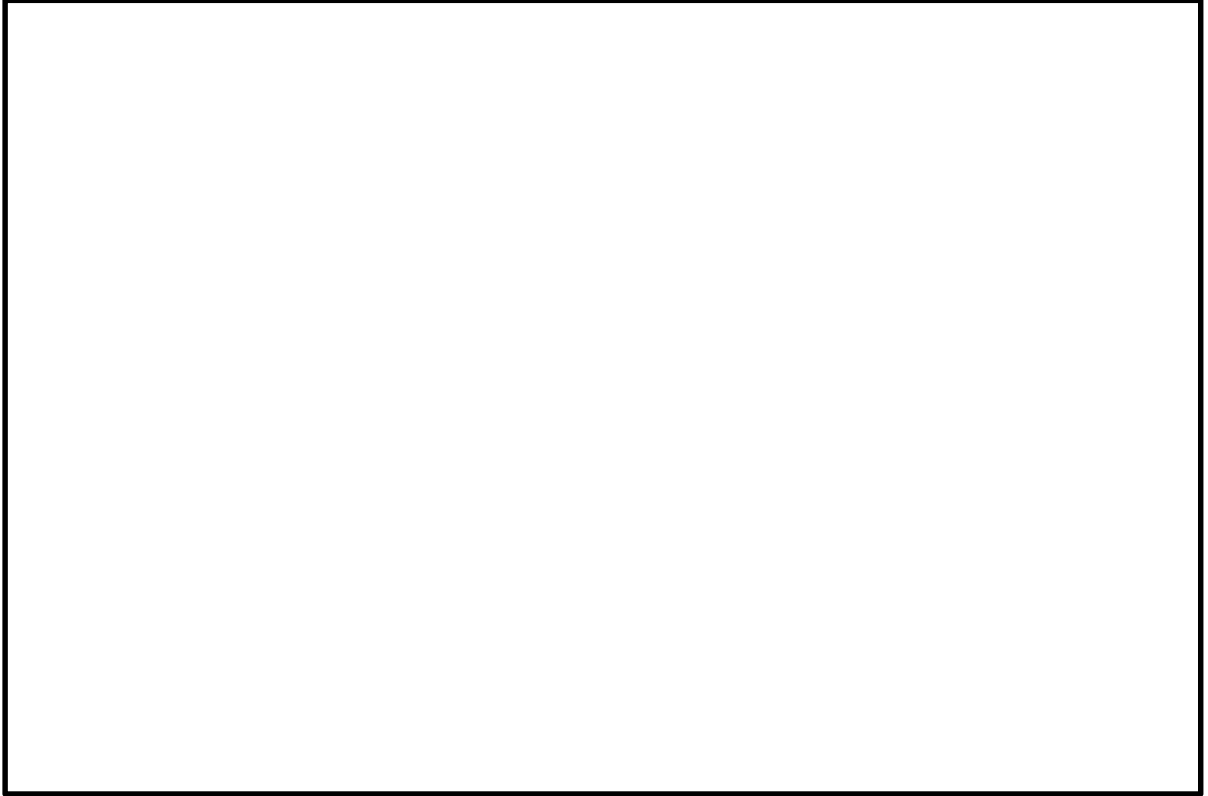


図 3-1 計算モデル

表 3-1 節点座標

(単位 : mm)

節点番号	座標		
	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			

表 3-2 計算モデルのデータ諸元

部材端の節点番号	断面寸法 (mm)		縦弾性係数 (MPa)	ポアソン比	密度 (kg/mm <sup>3</sup> )
	外径	厚さ			
1~10					
10~13					
13~17					
17~20					
20~21					
21~22					

注：節点 12 に対しては，集中荷重  kg を付加させる。  
 節点 18 に対しては，集中荷重  kg を付加させる。

表 3-3 設計震度

	設計震度	
	水平方向	鉛直方向
弾性設計用地震動 $S_d$ 又は静的震度		
基準地震動 $S_s$		

表 3-4 残留熱除去系配管外荷重

記号	荷重名称	荷重 作用点	軸力	せん断力	ねじり モーメント	曲げ モーメント
			F <sub>L</sub> (N)	F <sub>s</sub> (N)	T (N・m)	M (N・m)
L04	死荷重	A				
		B				
		C				
L14	地震荷重 S <sub>d</sub> *	A				
		B				
		C				
L16	地震荷重 S <sub>s</sub>	A				
		B				
		C				

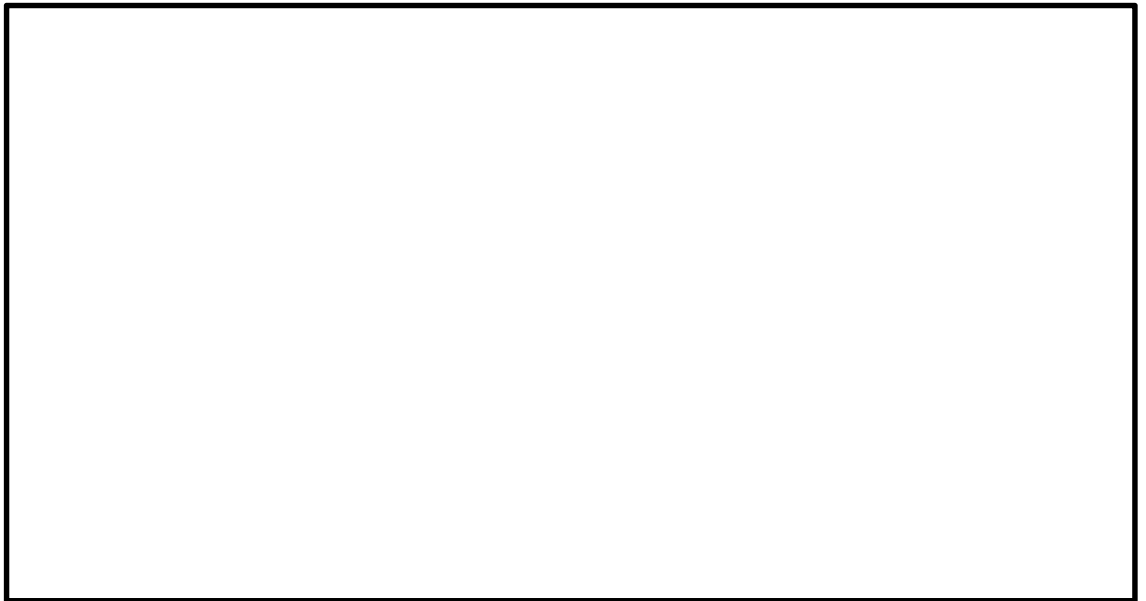




表 4-1 断面性状

応力評価点	t (mm)	D <sub>o</sub> (mm)	A (mm <sup>2</sup> )	I (mm <sup>4</sup> )
P01, P02				
P03, P04				
P05, P06				
P07, P08				

表 5-1 一次一般膜応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力 評価面	許容応力状態 Ⅲ <sub>A</sub> S		許容応力状態 Ⅳ <sub>A</sub> S	
	応力 強さ	許容値	応力 強さ	許容値
	P01 P02	1	111	1
P01' P02'	1	111	1	169
P03 P04	4	172	4	260
P03' P04'	4	172	4	260
P05 P06	2	68	2	104
P05' P06'	2	68	2	104
P07 P08	4	172	5	260
P07' P08'	4	172	4	260

表 5-2 一次一般膜+一次曲げ応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力 評価面	許容応力状態 Ⅲ <sub>A</sub> S		許容応力状態 Ⅳ <sub>A</sub> S	
	応力 強さ	許容値	応力 強さ	許容値
P01 P02	1	167	1	254
P01' P02'	1	167	1	254
P03 P04	4	258	4	391
P03' P04'	4	258	4	391
P05 P06	2	103	2	156
P05' P06'	2	103	2	156
P07 P08	4	258	5	391
P07' P08'	4	258	4	391