

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-1001 改0
提出年月日	平成30年8月7日

V-2-3-4-4-10 差圧検出・ほう酸水注入管（原子炉圧力容器内部）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 形状・寸法	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	計算結果（固有周期）	13
表 3-5	差圧検出・ほう酸水注入管外荷重	14
表 4-1	断面性状	15
表 5-1	一次一般膜応力強さの評価のまとめ	16
表 5-2	一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ	17

1. 一般事項

本計算書は、差圧検出・ほう酸水注入管（原子炉压力容器内部）（以下「差圧検出・ほう酸水注入管」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の形状・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 ²
D _i	内径	mm
D _o	外径	mm
I	断面二次モーメント	mm ⁴
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。

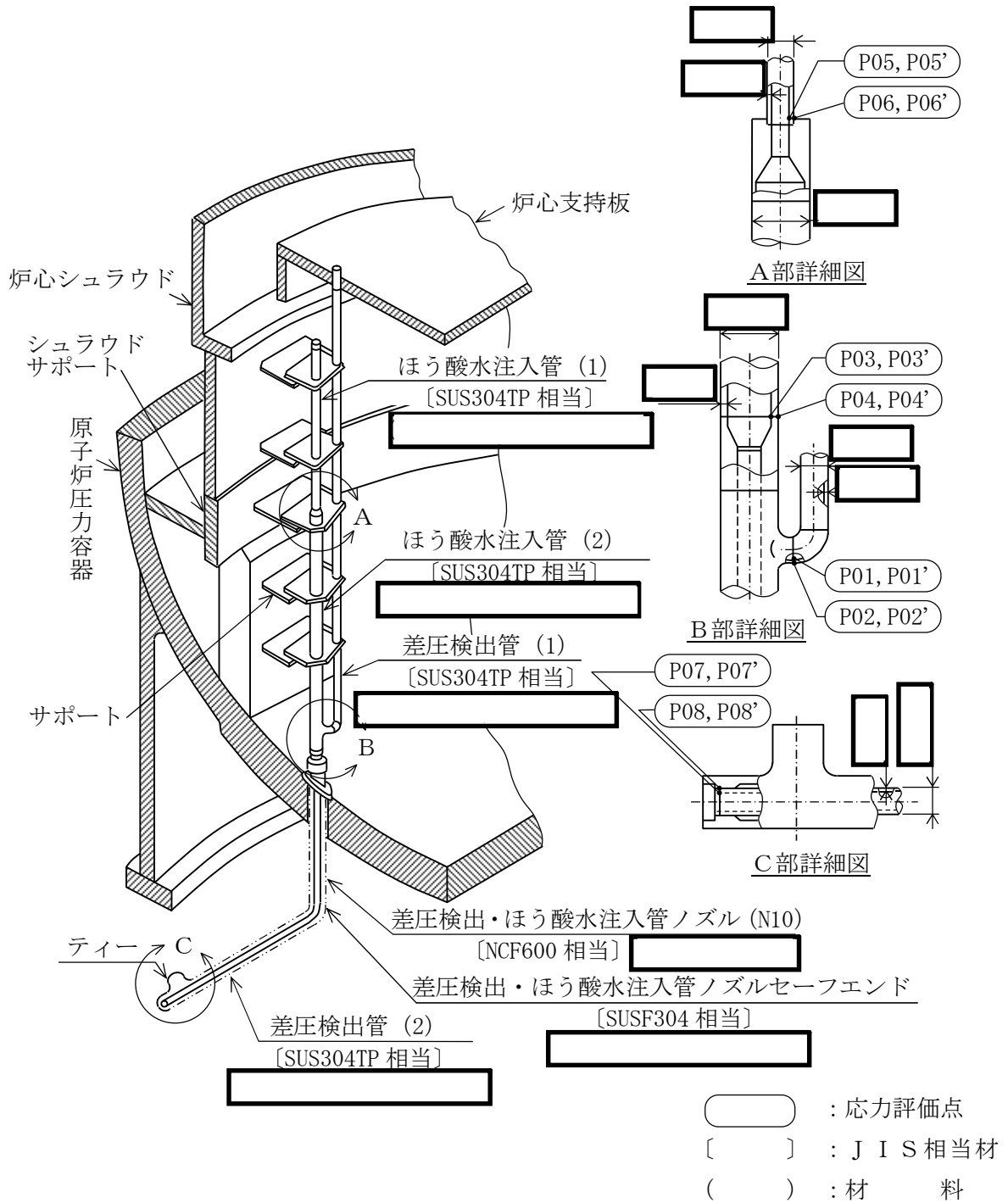


図 1-1 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)

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
差圧検出管 SUS304TP	Ⅲ _A S	2	111	P01-P02	8	167	P01-P02
	Ⅳ _A S	2	169	P01-P02	10	254	P01-P02
ほう酸水注入管 SUS304TP	Ⅲ _A S	6	68	P07-P08	39	103	P07-P08
	Ⅳ _A S	7	104	P07-P08	47	156	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

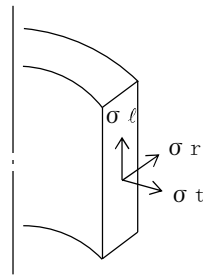
応力の記号と方向は、以下のとおりとする。

σ_t : 周方向応力

σ_l : 軸方向応力

σ_r : 半径方向応力

τ_{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

差圧検出・ほう酸水注入管（原子炉压力容器内部）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

差圧検出・ほう酸水注入管（原子炉压力容器内部）の固有周期を表 3-4 に示す。

3.4.2 外荷重

地震力は、動的解析及び静的解析より算出する。

差圧検出・ほう酸水注入管（原子炉压力容器内部）の各評価部位に作用する死荷重及び地震荷重を表 3-5 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_{13} 、 P_{81} 及び P_{83} による一次一般膜応力は、次式で求める。

$$\sigma_t = -\frac{Y}{Y-1} \cdot P_{13} \quad , \quad \sigma_t = \frac{1}{Y-1} \cdot P_{81} \quad , \quad \sigma_t = \frac{1}{Y-1} \cdot P_{83}$$

$$\sigma_l = -\frac{Y^2}{Y^2-1} \cdot P_{13} \quad , \quad \sigma_l = \frac{1}{Y^2-1} \cdot P_{81} \quad , \quad \sigma_l = \frac{1}{Y^2-1} \cdot P_{83}$$

$$\sigma_r = -\frac{Y}{Y+1} \cdot P_{13} \quad , \quad \sigma_r = -\frac{1}{Y+1} \cdot P_{81} \quad , \quad \sigma_r = -\frac{1}{Y+1} \cdot P_{83}$$

$$\text{ここで,} \quad Y = \frac{D_o}{D_i}$$

(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)

差圧検出・ほう酸水注入管に働く外荷重を表 3-5 に示す。

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、応力を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。

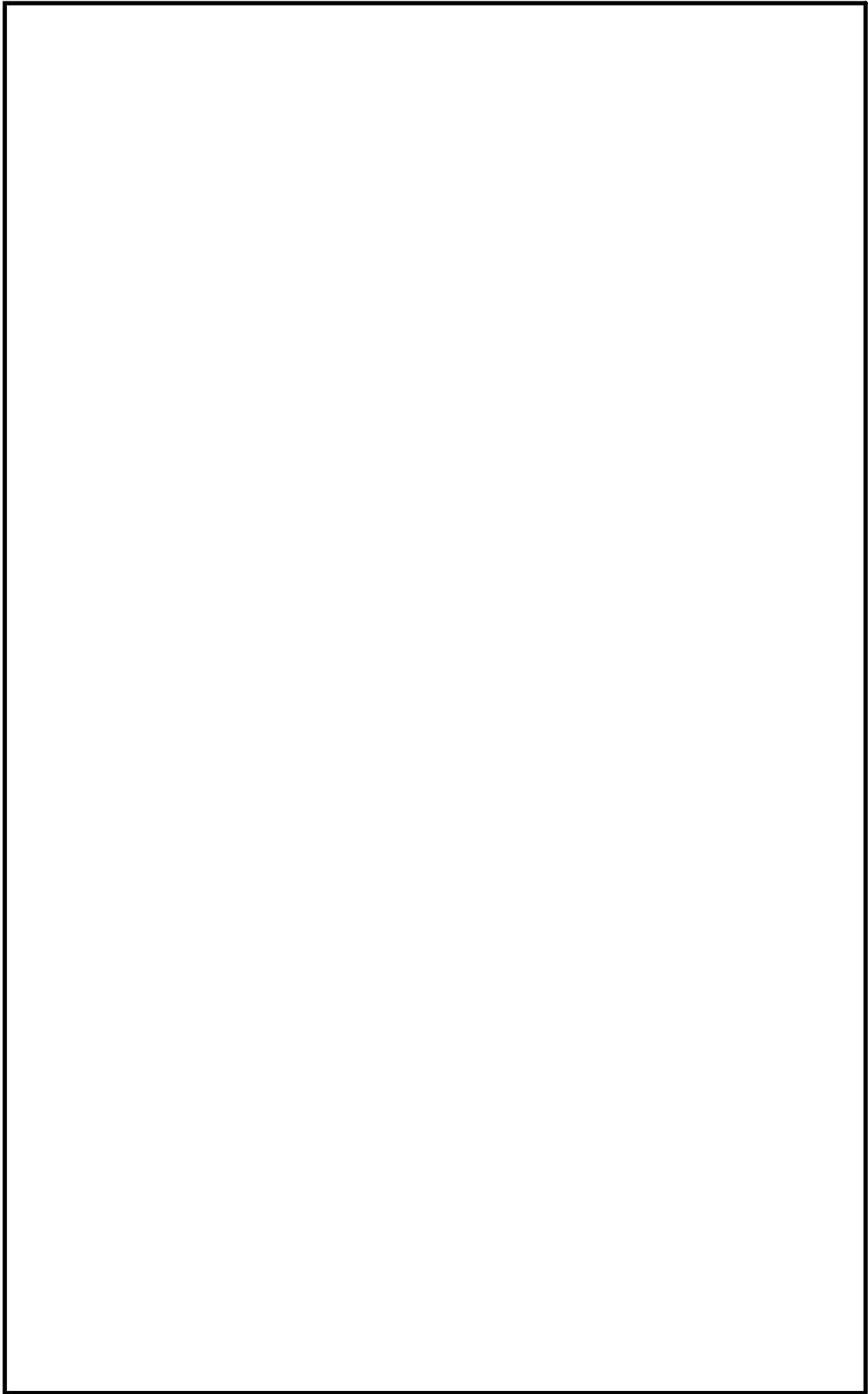


図 3-1 計算モデル

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			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			

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 ³)
	外径	厚さ			
1～ 2					
2～ 3					
3～ 5					
5～ 9					
9～11					
4-12, 12～19					
1-20					
20～21					
21～24					
5-25, 25～29, 29-24					

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	据付位置における 設計用床応答スペクトル より算定される震度	据付位置における 設計用床応答スペクトル より算定される震度
	□	□
基準地震動 S_s	据付位置における 設計用床応答スペクトル より算定される震度	据付位置における 設計用床応答スペクトル より算定される震度
	□	□

表 3-4 計算結果（固有周期）

次数	固有周期
	(s)
1	
2	

表 3-5 差圧検出・ほう酸水注入管外荷重

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 _L (N)	F _s (N)	T (N・mm)	M (N・mm)
L04	死荷重	A				
		B				
		C				
		D				
L14	地震荷重 S _d *	A				
		B				
		C				
		D				
L16	地震荷重 S _s	A				
		B				
		C				
		D				

注記 * : 流体反力を含む。



表 4-1 断面性状

応力評価点	t (mm)	D _o (mm)	A (mm ²)	I (mm ⁴)
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 _A S		許容応力状態 Ⅳ _A S	
	応力 強さ	許容値	応力 強さ	許容値
	P01 P02	2	111	2
P01' P02'	2	111	2	169
P03 P04	8	111	8	169
P03' P04'	8	111	8	169
P05 P06	6	68	6	104
P05' P06'	6	68	6	104
P07 P08	6	68	7	104
P07' P08'	6	68	7	104

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 _A S		許容応力状態 Ⅳ _A S	
	応力 強さ	許容値	応力 強さ	許容値
P01 P02	8	167	10	254
P01' P02'	7	167	10	254
P03 P04	8	167	8	254
P03' P04'	8	167	8	254
P05 P06	6	103	6	156
P05' P06'	6	103	6	156
P07 P08	39	103	47	156
P07' P08'	39	103	47	156