

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-1002 改2
提出年月日	平成30年8月23日

V-2-3-4-4-11 中性子計測案内管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 限界	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 死荷重	5
3.4 固有周期	5
3.5 地震荷重	5
3.5.1 設計用地震力	5
3.5.2 地震荷重	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	解析モデル	9
図 3-2	中性子計測案内管と中性子計測案内管スタビライザの配置及びグループ分割	10
図 3-3	振動モード図	14
表 1-1	計算結果の概要	3
表 3-1	節点座標	11
表 3-2	解析モデルのデータ諸元	12
表 3-3	固有周期	13
表 3-4	設計用地震力（設計基準対象施設）	18
表 3-5	設計用地震力（重大事故等対処設備）	18
表 3-6	中性子計測案内管外荷重	19
表 4-1	断面性状	20
表 5-1	一次一般膜応力強さの評価のまとめ	21
表 5-2	一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ	22

1. 一般事項

本計算書は、中性子計測案内管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

添付書類「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

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

差圧の値を「応力解析の方針」の 4 章に示す。外荷重の値を「3. 荷重条件」に示す。

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。

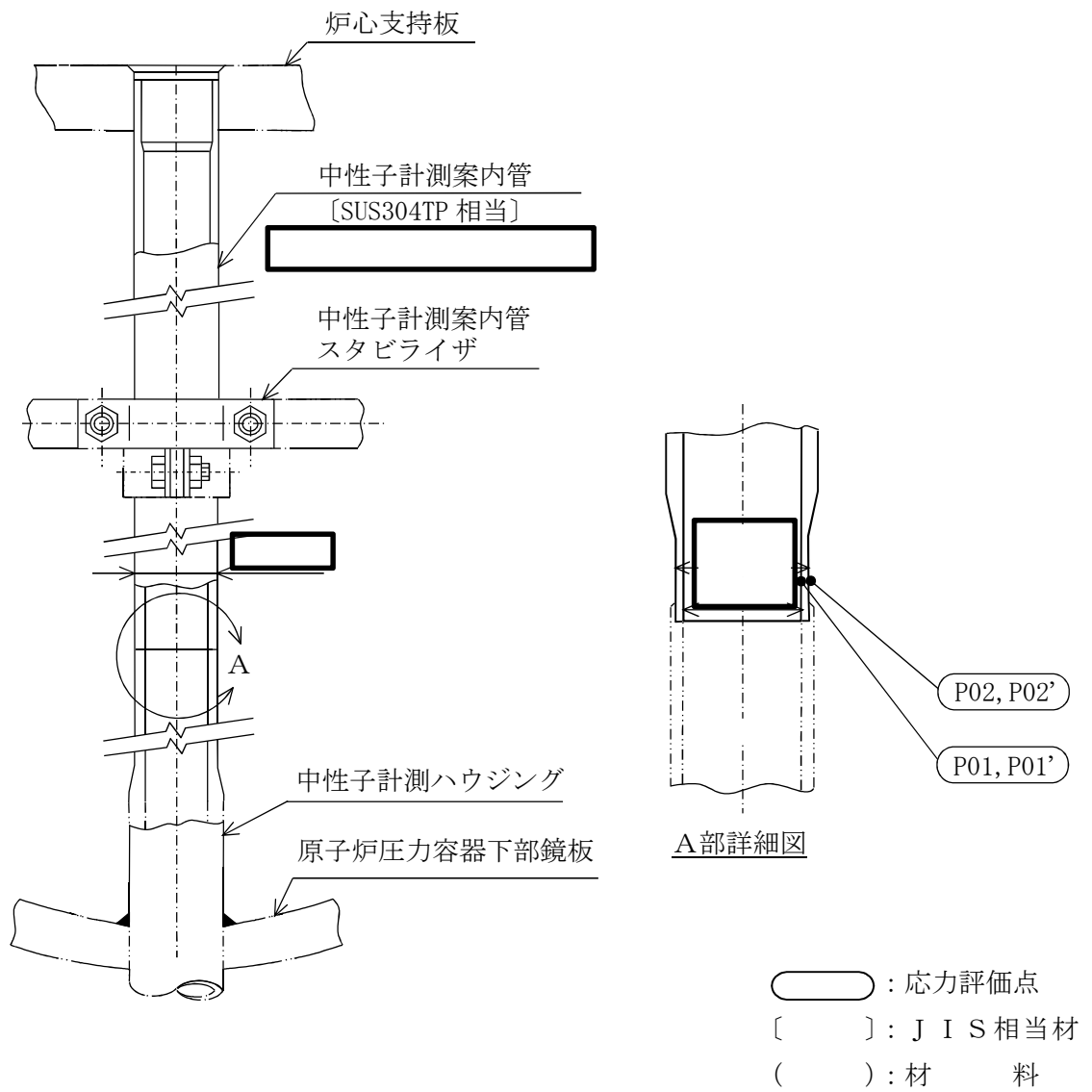


図 1-1 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)

表 1-1 計算結果の概要

部分及び材料	許容応力状態	一次一般膜応力強さ (MPa)			一次一般膜+一次曲げ応力強さ (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
中性子計測案内管 SUS304TP	Ⅲ _A S	3	68	P01'- P02'	62	103	P01'- P02'
	Ⅳ _A S	4	104	P01'- P02'	102	156	P01'- P02'

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**限界**

物性値及び許容**限界**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

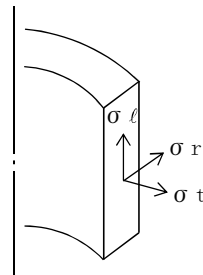
応力の記号と方向は、以下のとおりとする。

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、解析コード「MSC 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、解析モデルを図 3-1 に示す。

また、各節点の座標及び解析モデルのデータ諸元を表 3-1 及び表 3-2 に示す。

支持条件は、

とする。

本解析モデルは、図 3-2 に示すように

したモデルである。

3.3 死荷重

中性子計測案内管の評価に用いる死荷重を表 3-6 に示す。

3.4 固有周期

中性子計測案内管の固有周期を表 3-3 に示す。

鉛直方向については、0.05 秒以下であり、剛であることを確認した。

3.5 地震荷重

3.5.1 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、添付書類「V-2-3-2 炉心、原子炉圧力容器及び原子炉内部構造物並びに原子炉格納容器及び原子炉本体の基礎の地震応答計算書」及び「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。また、減衰定数は添付書類「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。

評価に用いる設計用地震力を表 3-4、表 3-5 に示す。

3.5.2 地震荷重

図 3-1 に示す解析モデルに 3.4.1 節で設定した地震力を入力することにより、中性子計測案内管の評価位置に発生する荷重を地震荷重とする。

算出された地震荷重を表 3-6 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_{110} による一次一般膜応力は、次式で求める。

$$\sigma_t = -\frac{Y}{Y-1} \cdot P_{110}$$

$$\sigma_\ell = 0$$

$$\sigma_r = -\frac{Y}{Y+1} \cdot P_{110}$$

$$\text{ここで, } Y = \frac{D_o}{D_i}$$

(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)

中性子計測案内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。

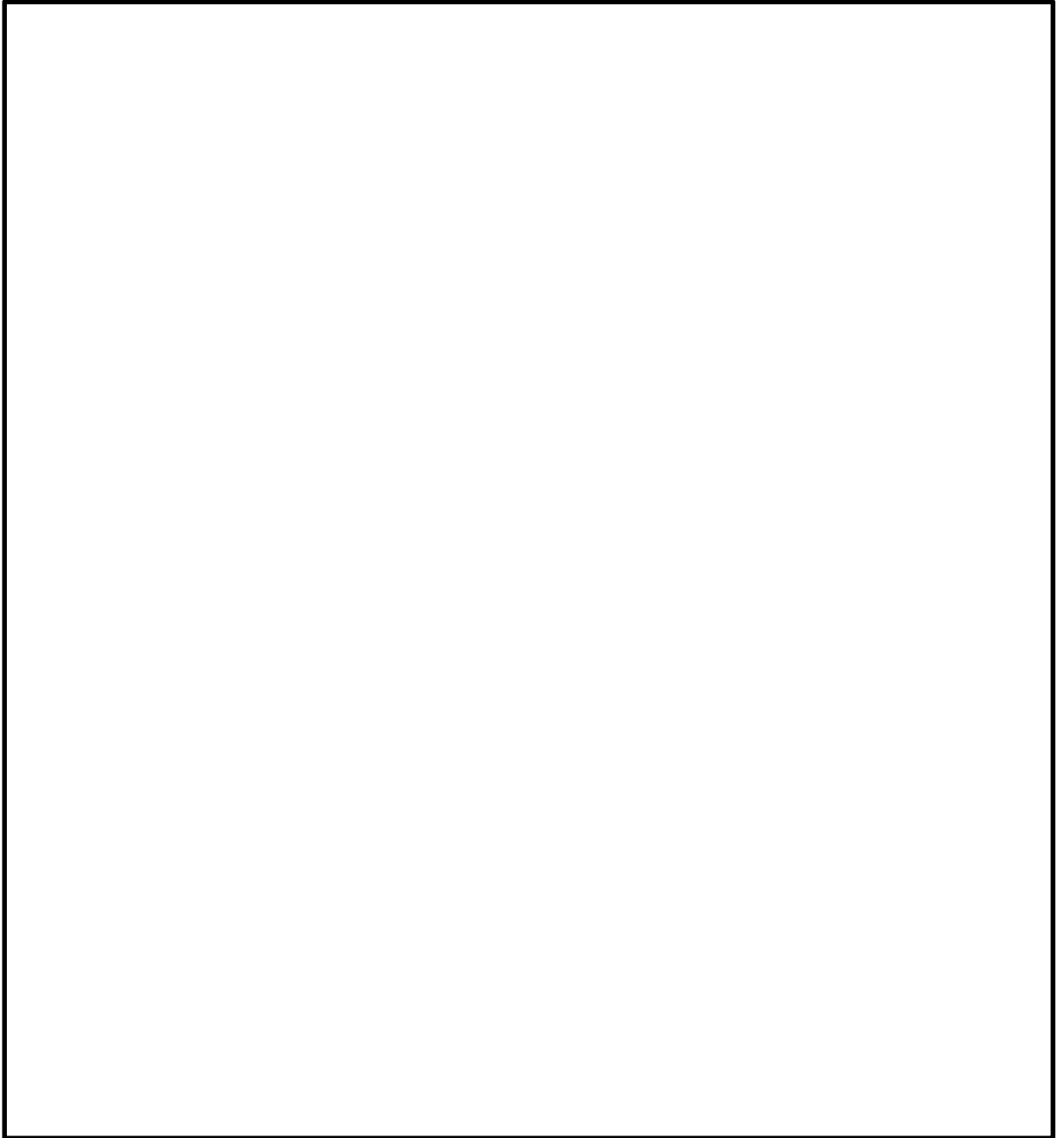


図 3-1 解析モデル

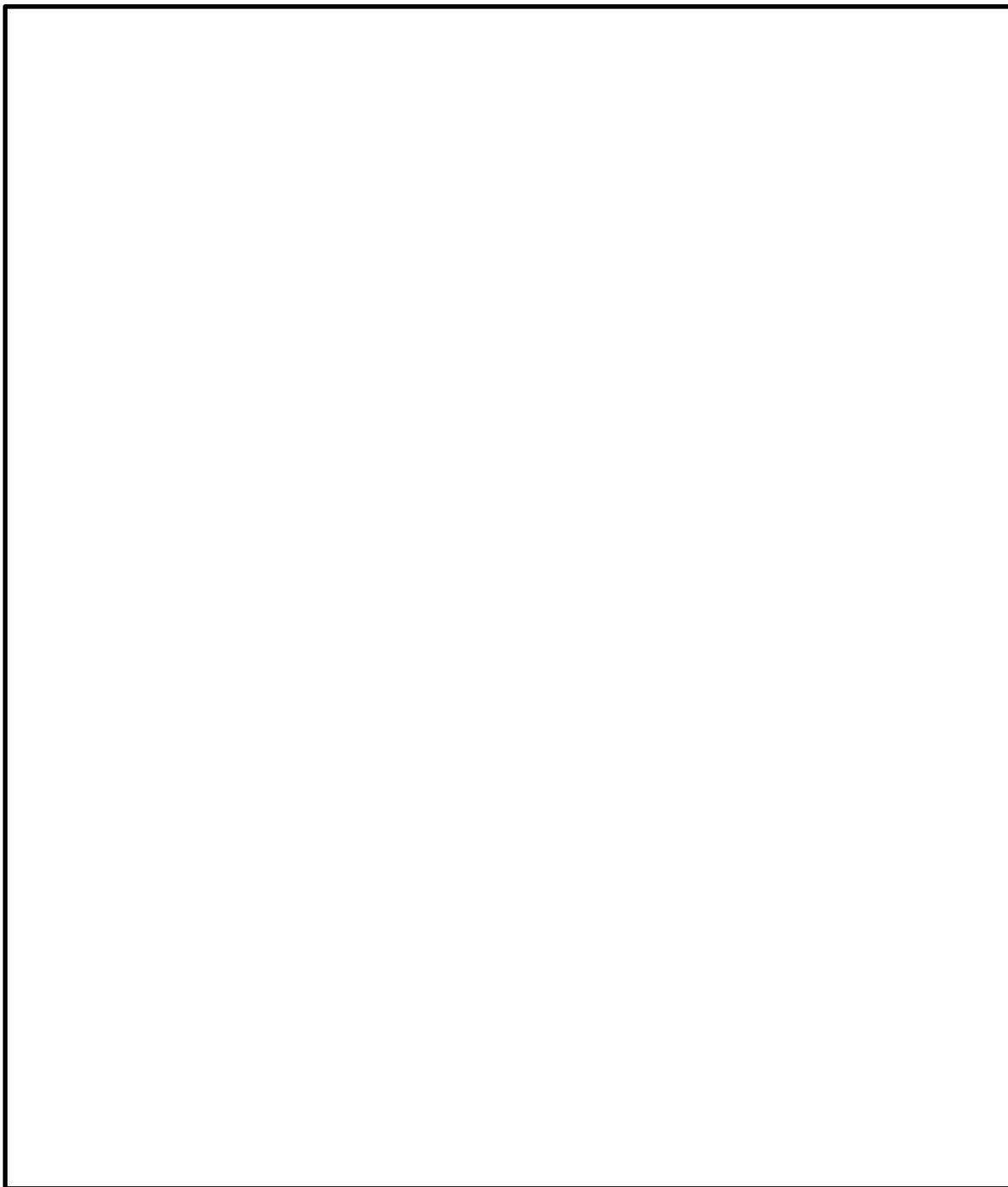


図 3-2 中性子計測案内管と中性子計測案内管スタビライザの
配置及びグループ分割

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			
30			
31			
32			
33			
34			
35			
36			
37			
38			
39			
40			
41			
42			
43			
44			
45			
46			
47			
48			

表 3-2 解析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			
1～7					
7～8					
9～15					
15～16					
17～23					
23～24					
25～31					
31～32					
33～38					
38～39					
39～40					
41～47					
47～48					
4-12					
12-20					
12-28					
20-28					
20-36					
20-44					
28-36					
28-44					
36-44					

注記 * : () 内は, G5 グループ中の取り替えた中性子計測ハウジングの寸法を示す。

表 3-3 固有周期

(単位 : s)

次数	固有周期	刺激係数		
	(s)	X	Y	Z
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				

注 : 鉛直方向については, 0.05 秒以下であり, 剛であることを確認した。

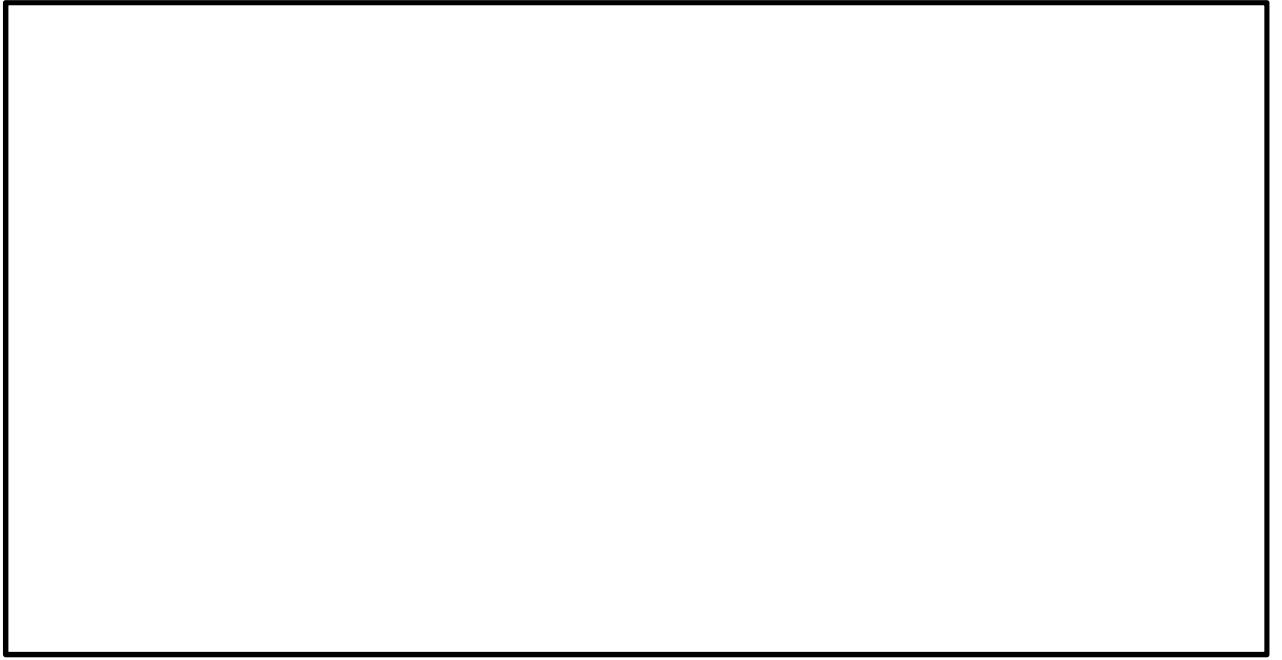


図 3-3(1) 振動モード図 (1 次)

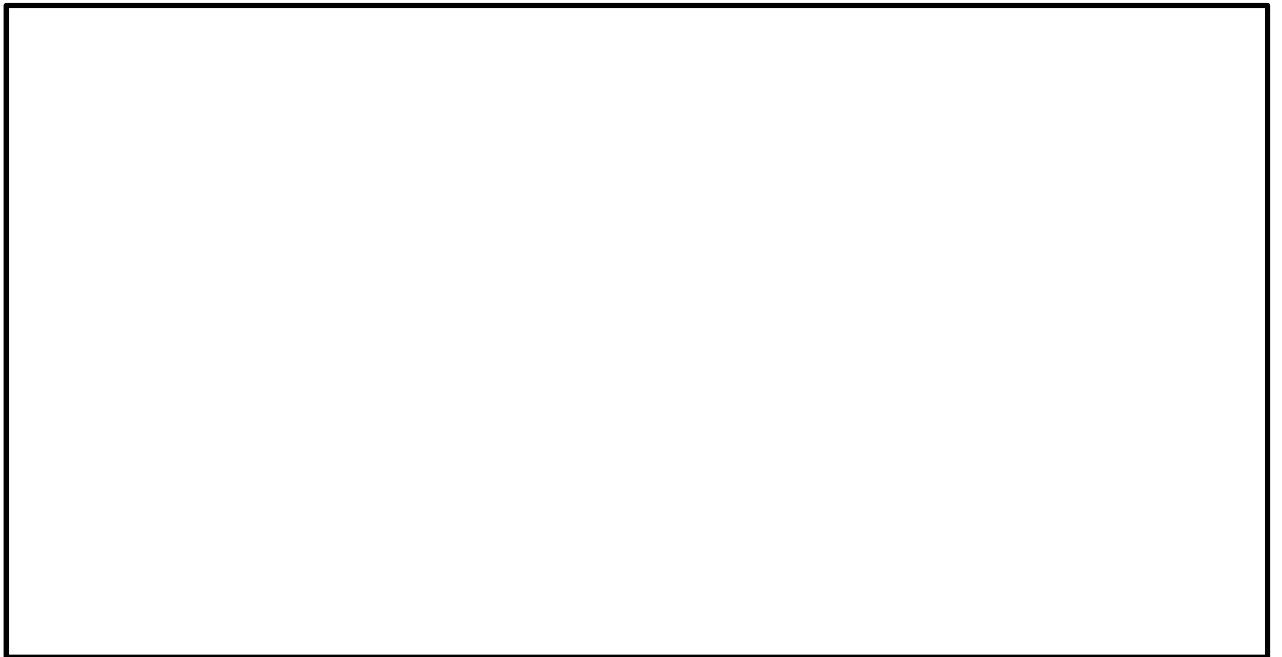


図 3-3(2) 振動モード図 (2 次)

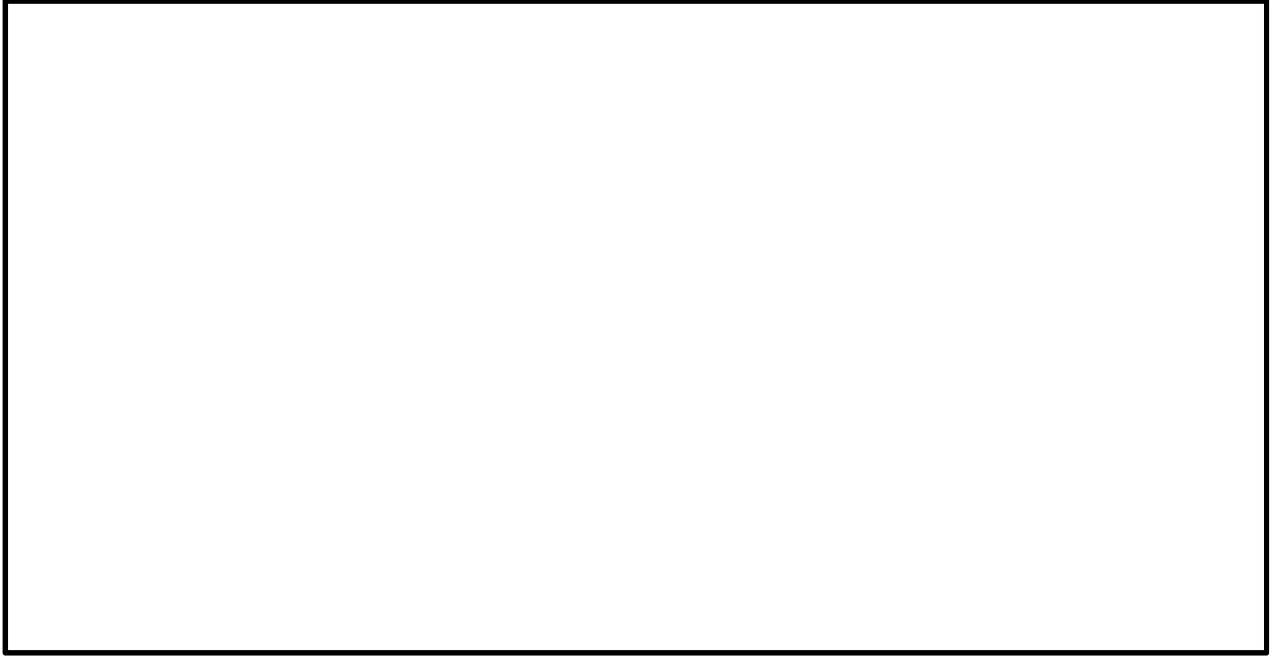


図 3-3(3) 振動モード図 (3 次)

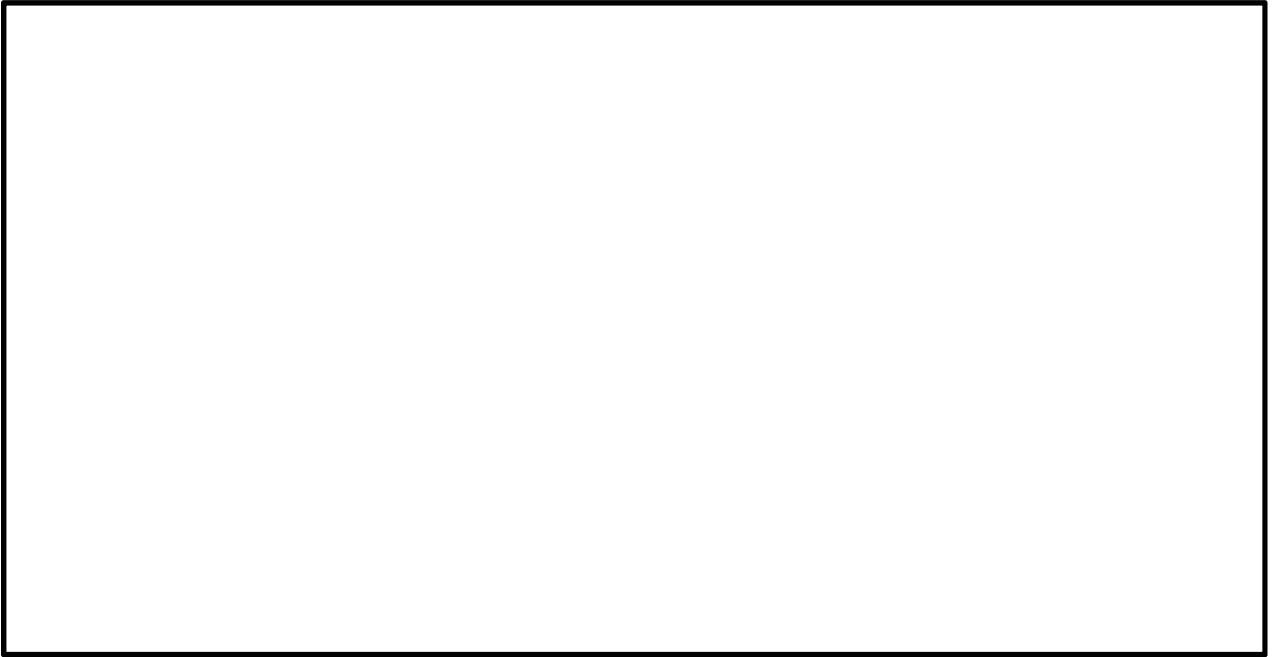


図 3-3(4) 振動モード図 (4 次)

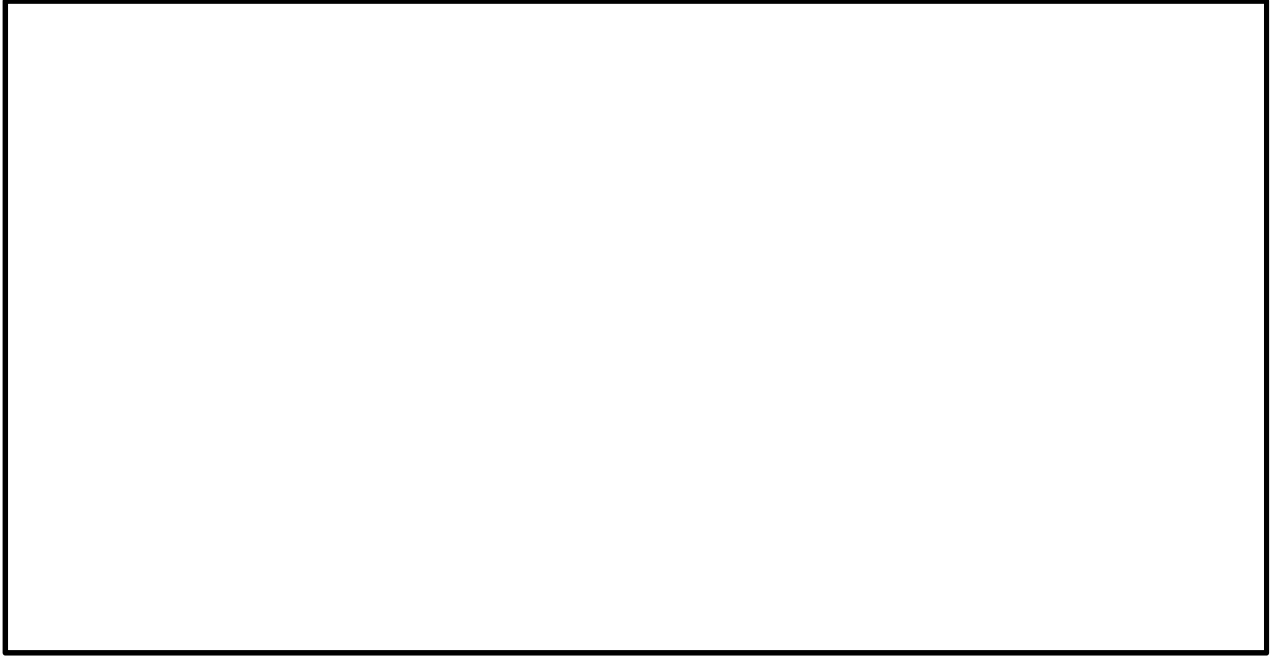


図 3-3(5) 振動モード図 (5 次)

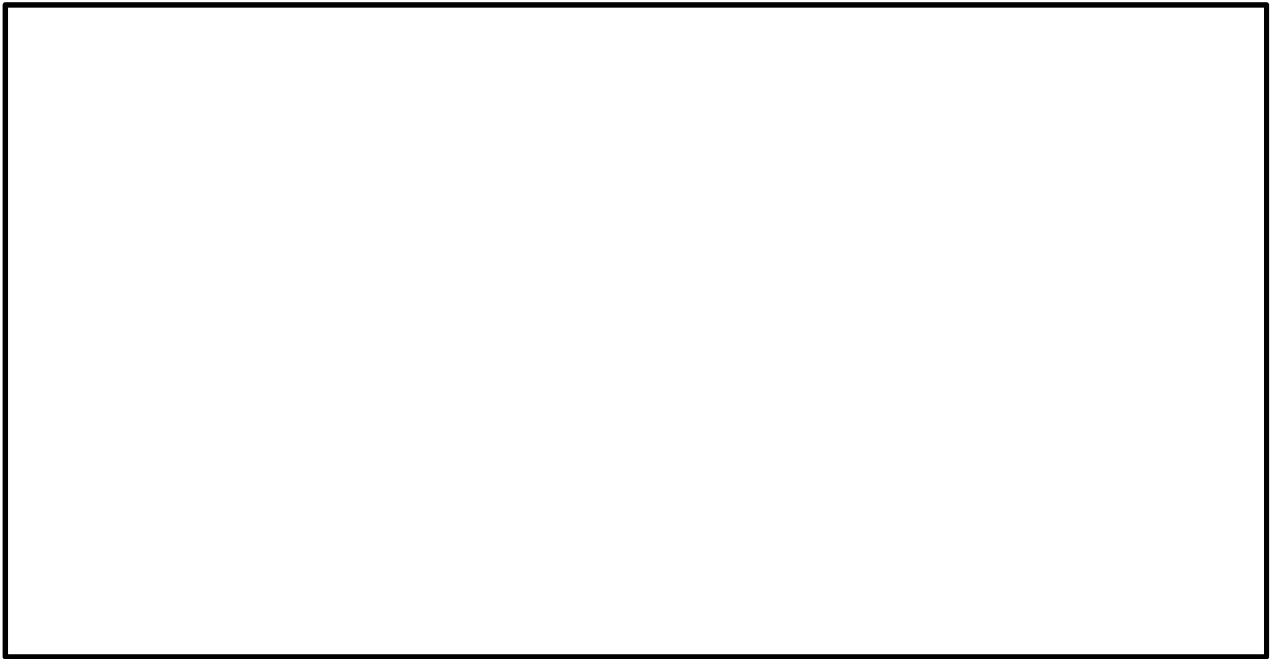


図 3-3(6) 振動モード図 (6 次)

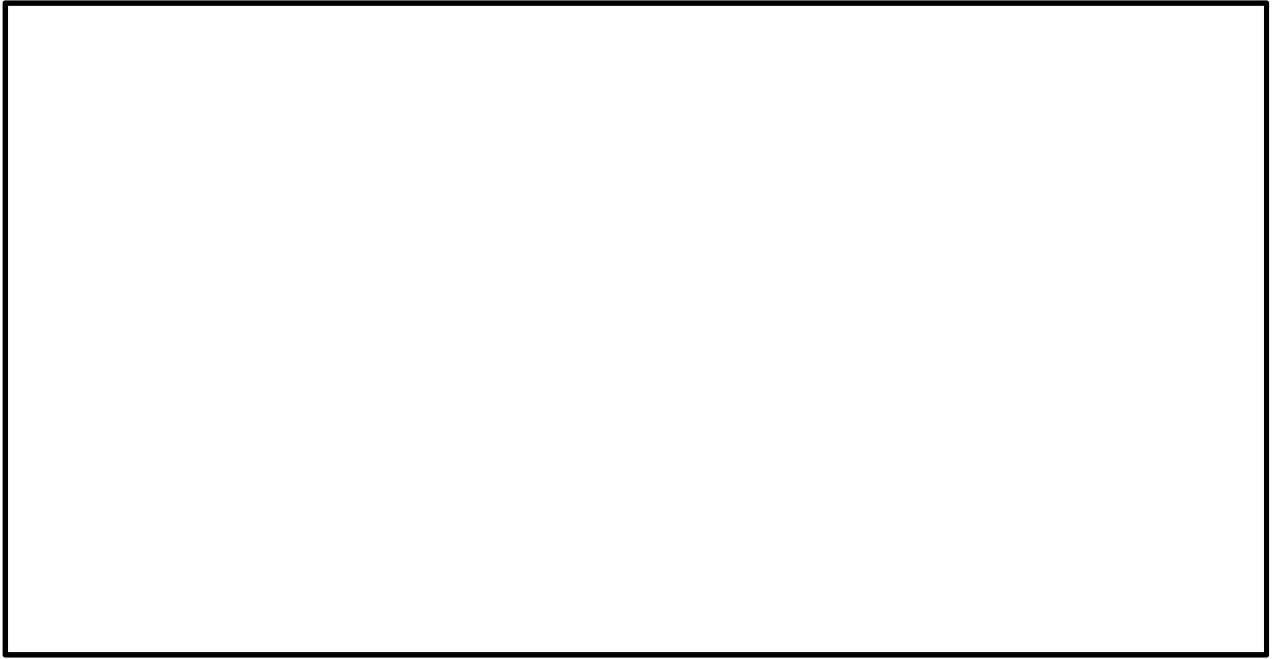


図 3-3(7) 振動モード図 (7 次)

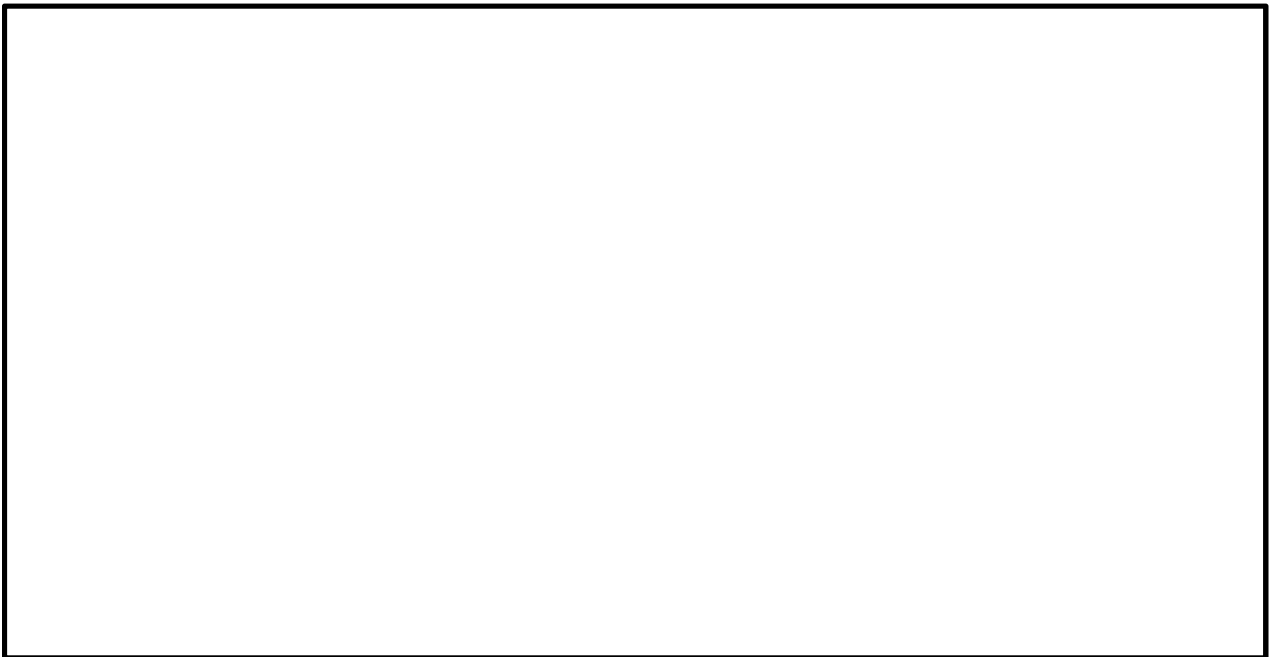


図 3-3(8) 振動モード図 (8 次)

表 3-4 設計用地震力 (設計基準対象施設)

据付場所 及び 設置高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S_a 又は静的震度		基準地震動 S_s		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 方向	鉛直 方向
原子炉压力容器内 EL. <input type="text"/> m	<input type="text"/>	0.05 以下*1	$C_H=0.97$ 又は*2	$C_V=0.74$	$C_H=1.62$ 又は*3	$C_H=1.37$	1.0	—

注記 *1: 固有値解析より 0.05 秒以下であり剛であることを確認した。

*2: 基準地震動 S_a に基づく設備評価用床応答曲線より得られる値

*3: 基準地震動 S_s に基づく設備評価用床応答曲線より得られる値

表 3-5 設計用地震力 (重大事故対処設備)

据付場所 及び 設置高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S_a 又は静的震度		基準地震動 S_s		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 方向	鉛直 方向
原子炉压力容器内 EL. <input type="text"/> m	<input type="text"/>	0.05 以下*1	—	—	$C_H=1.62$ 又は*2	$C_H=1.37$	1.0	—

注記 *1: 固有値解析より 0.05 秒以下であり剛であることを確認した。

*2: 基準地震動 S_s に基づく設備評価用床応答曲線より得られる値

表 3-6 中性子計測案内管外荷重

記号	荷重名称	荷重 作用点	軸力	せん断力	曲げ モーメント
			FL (N)	Fs (N)	M (N・m)
L04	死荷重	A			
L14	地震荷重 S d *	A			
L16	地震荷重 S s	A			

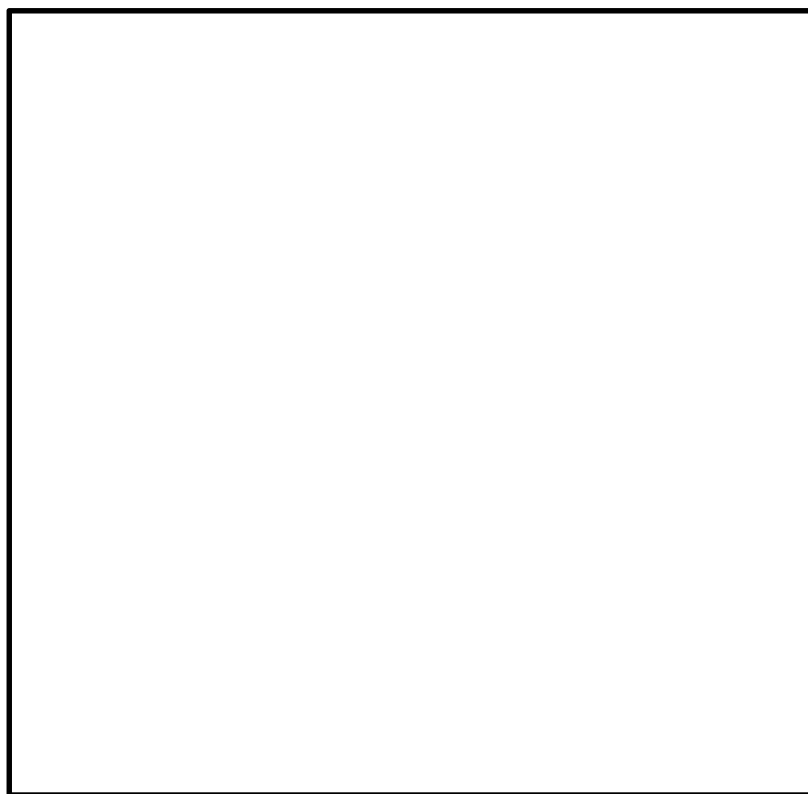


表 4-1 断面性状

応力評価点	D _o (mm)	D _i (mm)	A (mm ²)	I (mm ⁴)
P01, P02				

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	68*	3	104*
P01' P02'	3	68*	4	104*

注記 *：継手効率を乗じた値を示す。

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	61	103*	102	156*
P01' P02'	62	103*	102	156*

注記 *：継手効率を乗じた値を示す。