

本資料のうち、枠囲みの内容は、機密事項に属しますので公開できません。

柏崎刈羽原子力発電所第6号機 設計及び工事計画審査資料	
資料番号	KK6 添-2-034-9 改0
提出年月日	2023年11月29日

VI-2-3-3-3-3 原子炉压力容器内部構造物の応力計算書

2023年11月
東京電力ホールディングス株式会社

VI-2-3-3-3-3 原子炉压力容器内部構造物の応力計算書

目 次（全体目次）

1. 概要	1-1
2. 給水スパー ज्याの応力計算	2-1
3. 高圧炉心注水スパー ज्याの応力計算	3-1
4. 低圧注水スパー ज्याの応力計算	4-1
5. 高圧炉心注水系配管（原子炉圧力容器内部）の応力計算	5-1

目 次
(給水スパージャ)

2. 給水スパージャの応力計算	2-1
2.1 一般事項	2-1
2.1.1 形状・寸法・材料	2-1
2.1.2 解析範囲	2-1
2.1.3 計算結果の概要	2-1
2.2 計算条件	2-4
2.2.1 設計条件	2-4
2.2.2 運転条件	2-4
2.2.3 材料	2-4
2.2.4 荷重の組合せ及び許容応力状態	2-4
2.2.5 荷重の組合せ及び応力評価	2-4
2.2.6 許容応力	2-4
2.3 外荷重の条件	2-5
2.3.1 計算方法	2-5
2.3.2 解析モデル	2-5
2.3.3 設計震度	2-5
2.3.4 計算結果	2-5
2.4 応力計算	2-6
2.4.1 応力評価点	2-6
2.4.2 差圧による応力	2-6
2.4.3 外荷重による応力	2-6
2.4.4 応力の評価	2-6
2.5 応力強さの評価	2-7
2.5.1 一次一般膜応力強さの評価	2-7
2.5.2 一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価	2-7

図 表 目 次
(給水スパー ज्या)

図 2-1	形状・寸法・材料・応力評価点	2-2
図 2-2	解析モデル	2-8
表 2-1	計算結果の概要	2-3
表 2-2	一次一般膜応力強さの評価のまとめ	2-9
表 2-3	一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ	2-10

目 次
(高圧炉心注水スパー ज्या)

3. 高圧炉心注水スパー ज्याの応力計算	3-1
3.1 一般事項	3-1
3.1.1 形状・寸法・材料	3-1
3.1.2 解析範囲	3-1
3.1.3 計算結果の概要	3-1
3.2 計算条件	3-4
3.2.1 設計条件	3-4
3.2.2 運転条件	3-4
3.2.3 材料	3-4
3.2.4 荷重の組合せ及び許容応力状態	3-4
3.2.5 荷重の組合せ及び応力評価	3-4
3.2.6 許容応力	3-4
3.3 外荷重の条件	3-5
3.3.1 計算方法	3-5
3.3.2 解析モデル	3-5
3.3.3 設計震度	3-5
3.3.4 計算結果	3-5
3.4 応力計算	3-6
3.4.1 応力評価点	3-6
3.4.2 差圧による応力	3-6
3.4.3 外荷重による応力	3-6
3.4.4 応力の評価	3-6
3.5 応力強さの評価	3-7
3.5.1 一次一般膜応力強さの評価	3-7
3.5.2 一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価	3-7

図 表 目 次
(高圧炉心注水スパー ज्या)

図 3-1	形状・寸法・材料・応力評価点	3-2
図 3-2	解析モデル	3-8
表 3-1	計算結果の概要	3-3
表 3-2	一次一般膜応力強さの評価のまとめ	3-9
表 3-3	一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ	3-10

目 次
(低圧注水スパー ज्या)

4. 低圧注水スパー ज्याの応力計算	4-1
4.1 一般事項	4-1
4.1.1 形状・寸法・材料	4-1
4.1.2 解析範囲	4-1
4.1.3 計算結果の概要	4-1
4.2 計算条件	4-4
4.2.1 設計条件	4-4
4.2.2 運転条件	4-4
4.2.3 材料	4-4
4.2.4 荷重の組合せ及び許容応力状態	4-4
4.2.5 荷重の組合せ及び応力評価	4-4
4.2.6 許容応力	4-4
4.3 外荷重の条件	4-5
4.3.1 計算方法	4-5
4.3.2 解析モデル	4-5
4.3.3 設計震度	4-5
4.3.4 計算結果	4-5
4.4 応力計算	4-6
4.4.1 応力評価点	4-6
4.4.2 差圧による応力	4-6
4.4.3 外荷重による応力	4-6
4.4.4 応力の評価	4-6
4.5 応力強さの評価	4-7
4.5.1 一次一般膜応力強さの評価	4-7
4.5.2 一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価	4-7

図 表 目 次
(低圧注水スパー ज्या)

図 4-1	形状・寸法・材料・応力評価点	4-2
図 4-2	解析モデル	4-8
表 4-1	計算結果の概要	4-3
表 4-2	一次一般膜応力強さの評価のまとめ	4-9
表 4-3	一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ	4-10

目 次
(高圧炉心注水系配管 (原子炉压力容器内部))

5.	高圧炉心注水系配管 (原子炉压力容器内部) の応力計算	5-1
5.1	一般事項	5-1
5.1.1	形状・寸法・材料	5-1
5.1.2	解析範囲	5-1
5.1.3	計算結果の概要	5-1
5.2	計算条件	5-4
5.2.1	設計条件	5-4
5.2.2	運転条件	5-4
5.2.3	材料	5-4
5.2.4	荷重の組合せ及び許容応力状態	5-4
5.2.5	荷重の組合せ及び応力評価	5-4
5.2.6	許容応力	5-4
5.3	外荷重の条件	5-5
5.3.1	計算方法	5-5
5.3.2	解析モデル	5-5
5.3.3	設計震度	5-5
5.3.4	計算結果	5-5
5.4	応力計算	5-6
5.4.1	応力評価点	5-6
5.4.2	差圧による応力	5-6
5.4.3	外荷重による応力	5-6
5.4.4	応力の評価	5-6
5.5	応力強さの評価	5-7
5.5.1	一次一般膜応力強さの評価	5-7
5.5.2	一次一般膜+一次曲げ応力強さの評価	5-7

図 表 目 次

(高圧炉心注水系配管 (原子炉压力容器内部))

図 5-1	形状・寸法・材料・応力評価点	5-2
図 5-2	解析モデル	5-8
表 5-1	計算結果の概要	5-3
表 5-2	一次一般膜応力強さの評価のまとめ	5-9
表 5-3	一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ	5-10

1. 概要

本計算書は、原子炉圧力容器内部構造物の応力計算書である。

本計算書の各機器は、原子炉圧力容器内部構造物であるため、VI-2-3-3-3-1「原子炉圧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。）に基づき評価する。

本計算書は、原子炉圧力容器内部構造物であって、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備に分類される下記の機器について、構造強度評価の結果を示すものである。

- ・ 給水スパージャ
- ・ 高圧炉心注水スパージャ
- ・ 低圧注水スパージャ
- ・ 高圧炉心注水系配管（原子炉圧力容器内部）

なお、原子炉圧力容器内部構造物であって、設計基準対象施設に分類される下記の機器については、VI-2-3-3-3-2(1)「原子炉圧力容器内部構造物の耐震計算結果」に構造強度評価の結果を示す。

- ・ 蒸気乾燥器
- ・ 気水分離器及びスタンドパイプ
- ・ シュラウドヘッド
- ・ 中性子束計測案内管

2. 給水スパー ज्याの応力計算

2.1 一般事項

本章は、給水スパー ज्याの応力計算について示すものである。

給水スパー ज्या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。

2.1.1 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所形状・寸法・材料を図 2-1 に示す。

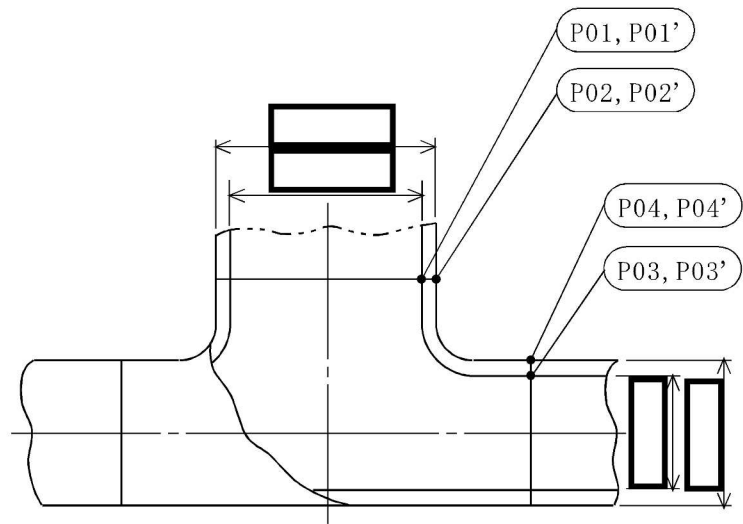
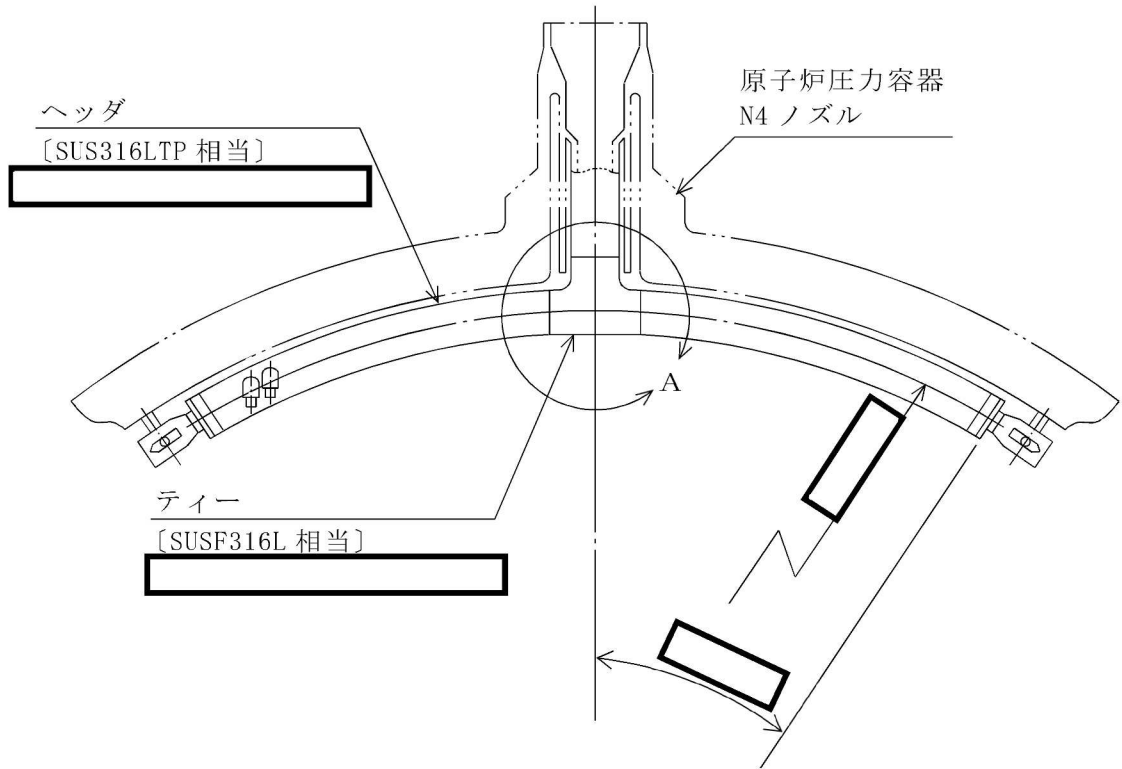
2.1.2 解析範囲

解析範囲を図 2-1 に示す。

2.1.3 計算結果の概要

計算結果の概要を表 2-1 に示す。

なお、応力評価点の選定に当たっては、形状不連続部、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記載する。



A部詳細図

○ : 応力評価点
 [] : 材 料

図 2-1 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)

表 2-1 計算結果の概要

(単位：MPa)

部分及び材料	許容応力状態	一次一般膜応力強さ			一次一般膜＋一次曲げ応力強さ		
		応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価面
テーパー SUSF316L相当 <div style="border: 2px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	Ⅲ A S	6	142	P01-P02	9	213	P01-P02
	Ⅳ A S	7	228	P01-P02	12	342	P01-P02
	Ⅴ A S	7	225	P01-P02	12	338	P01-P02
ヘッダ SUS316LTP相当 <div style="border: 2px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	Ⅲ A S	6	142	P03-P04	23	213	P03-P04
	Ⅳ A S	6	228	P03-P04	27	342	P03-P04
	Ⅴ A S	6	225	P03-P04	27	338	P03-P04

2.2 計算条件

2.2.1 設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の4.1節に示す。

2.2.2 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。

なお、重大事故等時の条件は以下のとおりである。

温度条件：運転状態Ⅲと同じ。

差圧条件：運転状態Ⅳと同じ。

2.2.3 材料

各部の材料を図2-1に示す。

2.2.4 荷重の組合せ及び許容応力状態

荷重の組合せ及び許容応力状態を「応力解析の方針」の3.3節に示す。

2.2.5 荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」の4.3節に示す。

2.2.6 許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の3.4節に示す。

溶接部の継手効率を「応力解析の方針」の3.6節に示す。

2.3 外荷重の条件

2.3.1 計算方法

固有周期，死荷重及び地震荷重は，「2.3.2 解析モデル」に示す解析モデルにより求める。

2.3.2 解析モデル

解析モデルは，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)a.に定めるとおりである。

「応力解析の方針」の参照図書(1)a.に定める解析モデルを図 2-2 に示す。

2.3.3 設計震度

設計震度を下表に示す。

	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	0.98 ^{*1}	0.69 ^{*1}
基準地震動 S _s	1.93 ^{*2}	1.37 ^{*2}

注記*1：設計用最大応答加速度Ⅱ（弾性設計用地震動 S_d）又は静的震度

*2：設計用最大応答加速度Ⅱ（基準地震動 S_s）

2.3.4 計算結果

(1) 固有周期

固有周期を下表に示す。

固有周期は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)a.に示すとおり 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。

モード	固有周期 (s)	水平方向刺激係数		鉛直方向刺激係数
		X 方向	Y 方向	
1 次		—	—	—

(2) 死荷重及び地震荷重

解析により求めた死荷重及び地震荷重を「応力解析の方針」の表 4-1(4)に示す。

2.4 応力計算

2.4.1 応力評価点

応力評価点の位置を図 2-1 に示す。

なお、各応力評価点の断面性状は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)j. に定めるとおりである。

2.4.2 差圧による応力

(1) 荷重条件 (L02)

各運転状態による差圧は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)j. に定めるとおりである。

なお、重大事故等時の差圧は、「2.2.2 運転条件」による。

(2) 計算方法

差圧による応力の計算は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)j. に定めるとおりである。

なお、各許容応力状態での差圧による応力は、内圧を受ける円筒にモデル化し計算する。

2.4.3 外荷重による応力

(1) 荷重条件 (L04, L14 及び L16)

外荷重を「応力解析の方針」の表 4-1(4)に示す。

(2) 計算方法

外荷重による応力の計算は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)j. に定めるとおりである。

なお、外荷重による各応力は、外荷重と各応力評価断面の断面性状により計算する。

2.4.4 応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め、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 5.1.2 項に定めるとおりである。

2.5 応力強さの評価

2.5.1 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表 2-2 に示す。

表 2-2 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 3.4 節及び 3.6 節に示す許容応力を満足する。

2.5.2 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表 2-3 に示す。

表 2-3 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 3.4 節及び 3.6 節に示す許容応力を満足する。

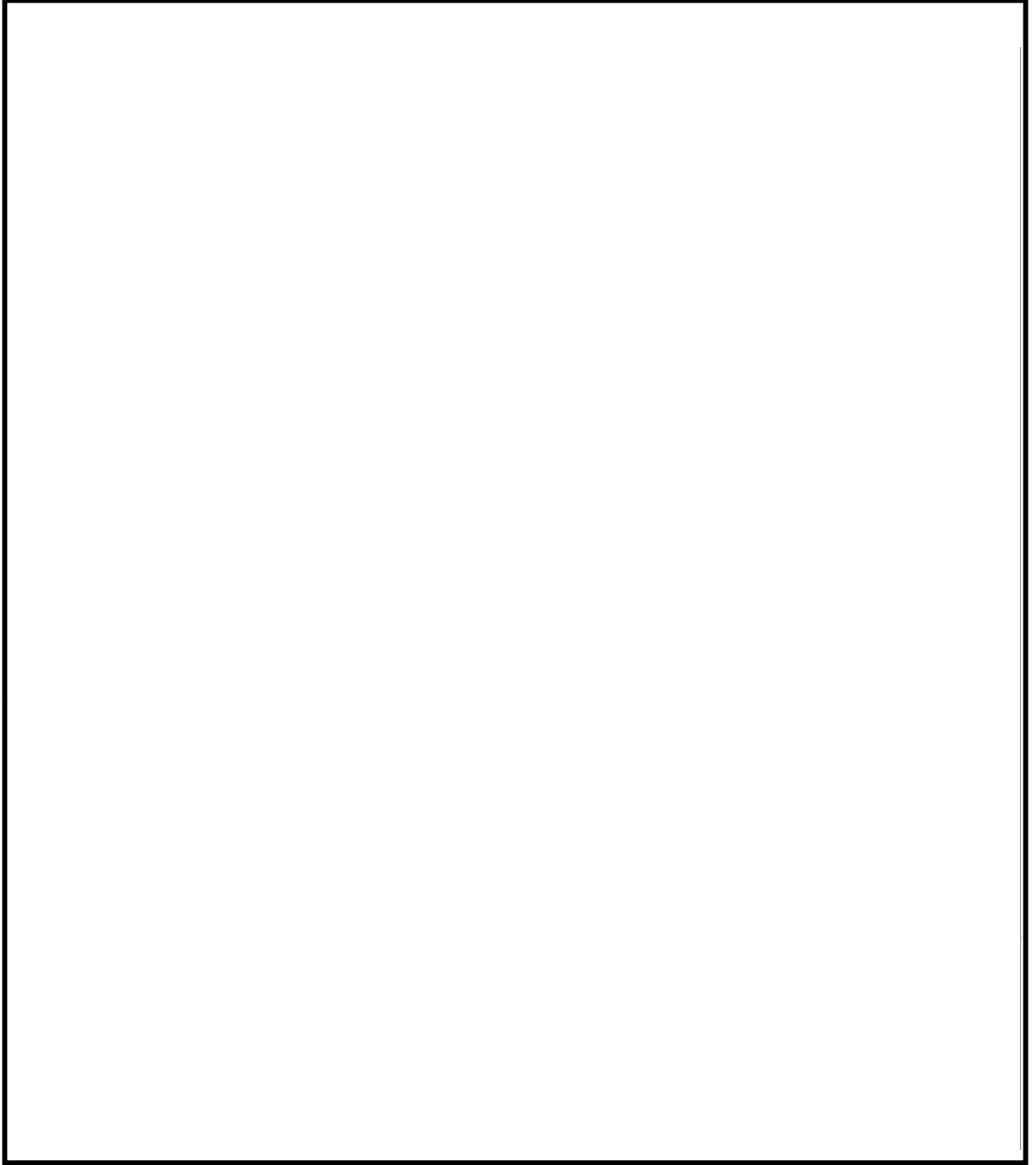


図 2-2 解析モデル

表 2-2 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		許容応力状態Ⅴ A S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	6	142	7	228	7	225
P01' P02'	5	142	4	228	4	225
P03 P04	6	142	6	228	6	225
P03' P04'	5	142	4	228	4	225

表 2-3 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		許容応力状態Ⅴ A S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	9	213	12	342	12	338
P01' P02'	8	213	12	342	12	338
P03 P04	23	213	27	342	27	338
P03' P04'	22	213	26	342	26	338

3. 高圧炉心注水スパーージャの応力計算

3.1 一般事項

本章は、高圧炉心注水スパーージャの応力計算について示すものである。

高圧炉心注水スパーージャは、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。

3.1.1 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所形状・寸法・材料を図3-1に示す。

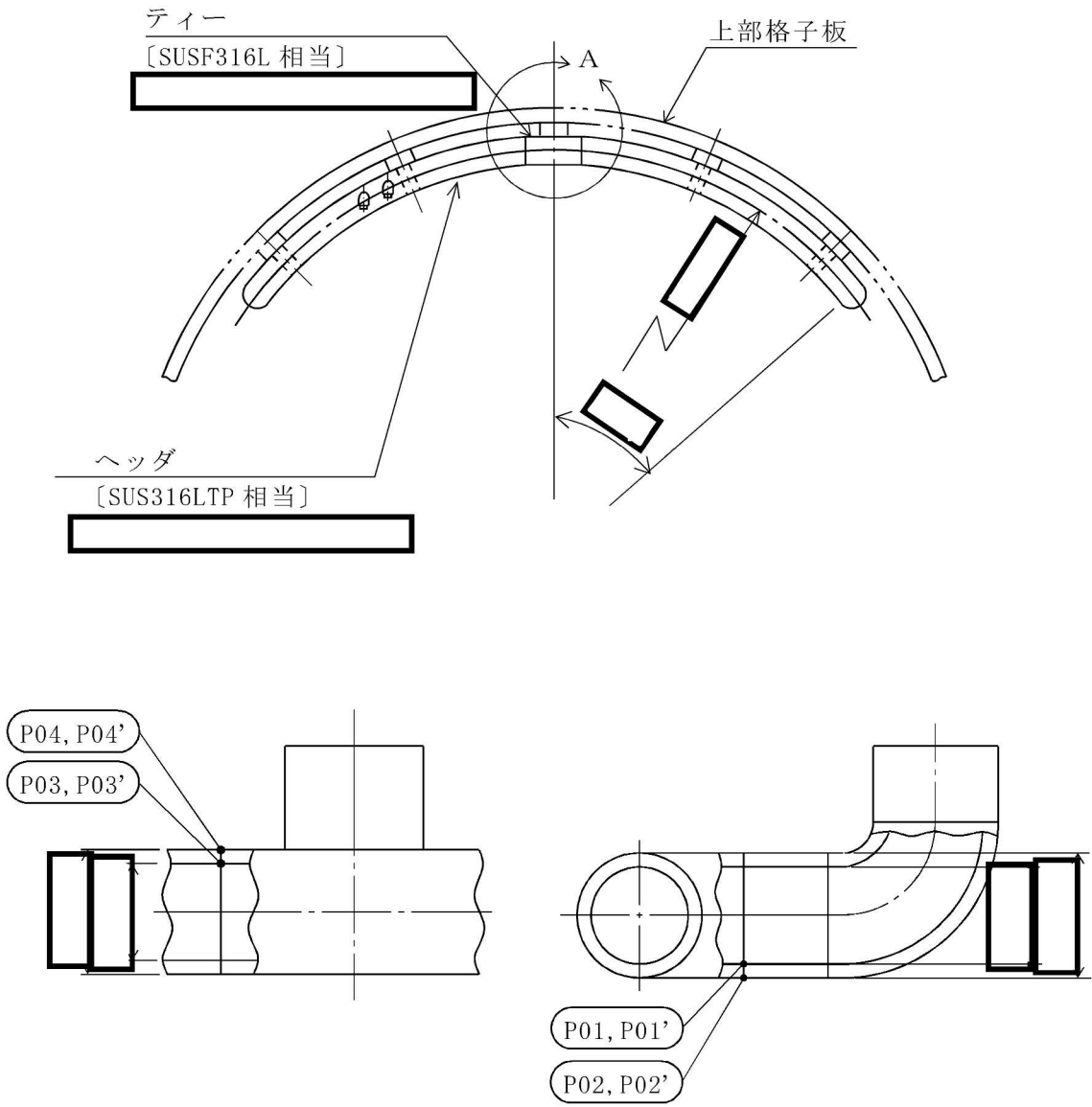
3.1.2 解析範囲

解析範囲を図3-1に示す。

3.1.3 計算結果の概要

計算結果の概要を表3-1に示す。

なお、応力評価点の選定に当たっては、形状不連続部、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記載する。



A部詳細図

○ : 応力評価点
 [] : 材 料

図 3-1 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)

表 3-1 計算結果の概要

(単位：MPa)

部分及び材料	許容応力状態	一次一般膜応力強さ			一次一般膜＋一次曲げ応力強さ		
		応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価面
ティー SUSF316L相当 	Ⅲ A S	15	142	P01-P02	22	213	P01'-P02'
	Ⅳ A S	25	228	P01-P02	38	342	P01'-P02'
	Ⅴ A S	25	225	P01-P02	41	338	P01'-P02'
ヘッダ SUS316LTP相当 	Ⅲ A S	4	142	P03-P04	36	213	P03'-P04'
	Ⅳ A S	6	228	P03-P04	41	342	P03'-P04'
	Ⅴ A S	9	225	P03-P04	45	338	P03'-P04'

3.2 計算条件

3.2.1 設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の4.1節に示す。

3.2.2 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。

なお、重大事故等時の条件は以下のとおりである。

温度条件：運転状態Ⅲと同じ。

差圧条件：運転状態Ⅳと同じ。

3.2.3 材料

各部の材料を図3-1に示す。

3.2.4 荷重の組合せ及び許容応力状態

荷重の組合せ及び許容応力状態を「応力解析の方針」の3.3節に示す。

3.2.5 荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」の4.3節に示す。

3.2.6 許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の3.4節に示す。

溶接部の継手効率を「応力解析の方針」の3.6節に示す。

3.3 外荷重の条件

3.3.1 計算方法

固有周期，死荷重及び地震荷重は，「3.3.2 解析モデル」に示す解析モデルにより求める。

3.3.2 解析モデル

解析モデルは，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)b.に定めるとおりである。

「応力解析の方針」の参照図書(1)b.に定める解析モデルを図3-2に示す。

3.3.3 設計震度

設計震度を下表に示す。

	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	0.74 ^{*1}	0.73 ^{*2}
基準地震動 S _s	1.68 ^{*3}	1.44 ^{*3}

注記*1：設計用最大応答加速度Ⅱ（弾性設計用地震動 S_d）及び静的震度を上回る設計震度

*2：設計用最大応答加速度Ⅱ（弾性設計用地震動 S_d）又は静的震度

*3：設計用最大応答加速度Ⅱ（基準地震動 S_s）

3.3.4 計算結果

(1) 固有周期

固有周期を下表に示す。

固有周期は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)b.に示すとおり 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。

モード	固有周期(s)	水平方向刺激係数		鉛直方向刺激係数
		X方向	Y方向	
1次		—	—	—

(2) 死荷重及び地震荷重

解析により求めた死荷重及び地震荷重を「応力解析の方針」の表4-1(5)に示す。

3.4 応力計算

3.4.1 応力評価点

応力評価点の位置を図 3-1 に示す。

なお、各応力評価点の断面性状は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)k. に定めるとおりである。

3.4.2 差圧による応力

(1) 荷重条件 (L02)

各運転状態による差圧は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)k. に定めるとおりである。

なお、重大事故等時の差圧は、「3.2.2 運転条件」による。

(2) 計算方法

差圧による応力の計算は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)k. に定めるとおりである。

なお、各許容応力状態での差圧による応力は、内圧を受ける円筒にモデル化し計算する。

3.4.3 外荷重による応力

(1) 荷重条件 (L04, L14 及び L16)

外荷重を「応力解析の方針」の表 4-1(5)に示す。

(2) 計算方法

外荷重による応力の計算は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)k. に定めるとおりである。

なお、外荷重による各応力は、外荷重と各応力評価断面の断面性状により計算する。

3.4.4 応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め、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 5.1.2 項に定めるとおりである。

3.5 応力強さの評価

3.5.1 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表 3-2 に示す。

表 3-2 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 3.4 節及び 3.6 節に示す許容応力を満足する。

3.5.2 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表 3-3 に示す。

表 3-3 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 3.4 節及び 3.6 節に示す許容応力を満足する。

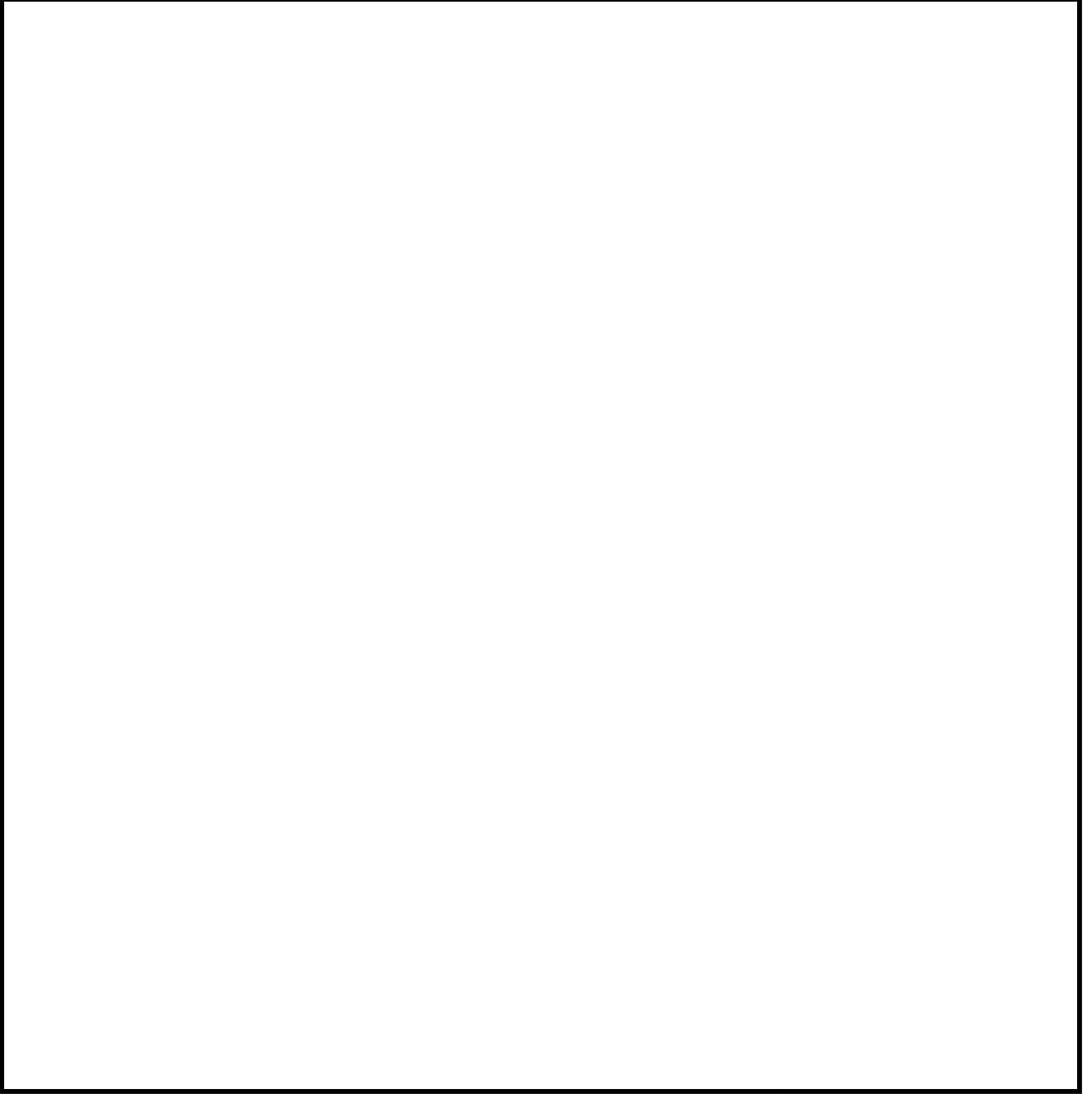


図 3-2 解析モデル

表 3-2 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		許容応力状態Ⅴ A S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	15	142	25	228	25	225
P01' P02'	7	142	17	228	17	225
P03 P04	4	142	6	228	9	225
P03' P04'	1	142	2	228	7	225

表 3-3 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		許容応力状態Ⅴ A S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	22	213	38	342	39	338
P01' P02'	22	213	38	342	41	338
P03 P04	36	213	41	342	44	338
P03' P04'	36	213	41	342	45	338

4. 低圧注水スパー ज्याの応力計算

4.1 一般事項

本章は、低圧注水スパー ज्याの応力計算について示すものである。

低圧注水スパー ज्या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。

4.1.1 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所形状・寸法・材料を図4-1に示す。

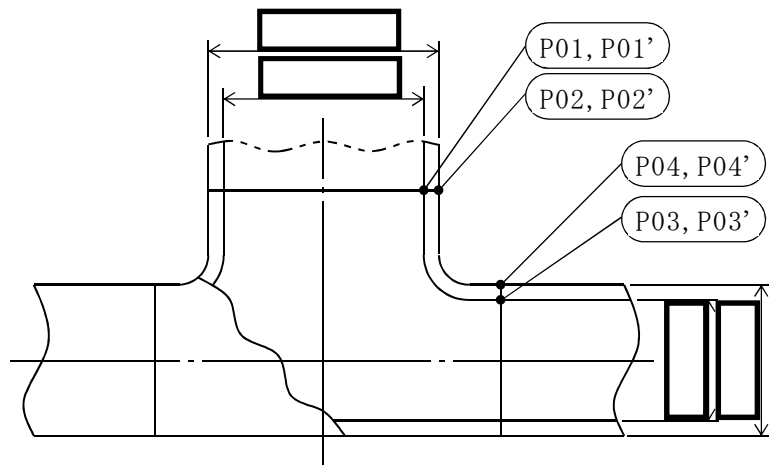
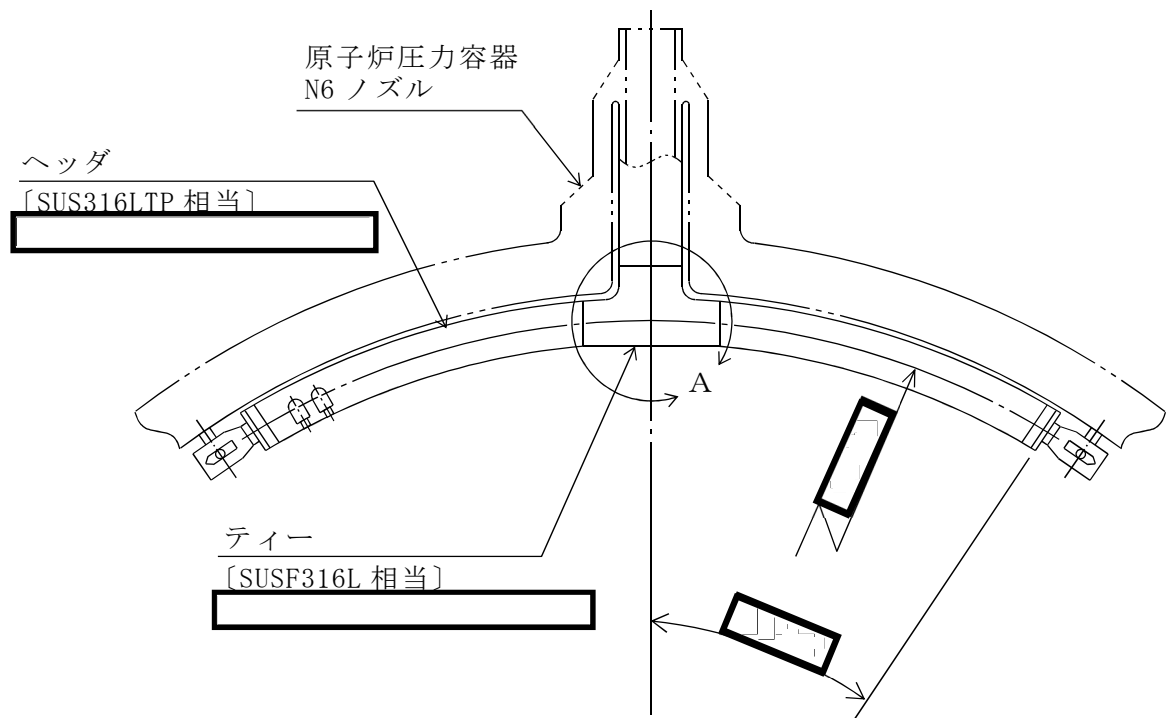
4.1.2 解析範囲

解析範囲を図4-1に示す。

4.1.3 計算結果の概要

計算結果の概要を表4-1に示す。

なお、応力評価点の選定に当たっては、形状不連続部、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記載する。



A部詳細図

○ : 応力評価点
 [] : 材 料

図 4-1 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)

表 4-1 計算結果の概要

(単位：MPa)

部分及び材料	許容応力状態	一次一般膜応力強さ			一次一般膜＋一次曲げ応力強さ		
		応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価面
テーパー SUSF316L相当 <div style="border: 2px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	Ⅲ A S	4	142	P01-P02	8	213	P01'-P02'
	Ⅳ A S	5	228	P01-P02	12	342	P01'-P02'
	Ⅴ A S	5	225	P01-P02	12	338	P01'-P02'
ヘッダ SUS316LTP相当 <div style="border: 2px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>	Ⅲ A S	4	142	P03-P04	19	213	P03'-P04'
	Ⅳ A S	4	228	P03-P04	23	342	P03'-P04'
	Ⅴ A S	5	225	P03-P04	23	338	P03'-P04'

4.2 計算条件

4.2.1 設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の4.1節に示す。

4.2.2 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。

なお、重大事故等時の条件は以下のとおりである。

温度条件：運転状態Ⅲと同じ。

差圧条件：運転状態Ⅳと同じ。

4.2.3 材料

各部の材料を図4-1に示す。

4.2.4 荷重の組合せ及び許容応力状態

荷重の組合せ及び許容応力状態を「応力解析の方針」の3.3節に示す。

4.2.5 荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」の4.3節に示す。

4.2.6 許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の3.4節に示す。

溶接部の継手効率を「応力解析の方針」の3.6節に示す。

4.3 外荷重の条件

4.3.1 計算方法

固有周期，死荷重及び地震荷重は，「4.3.2 解析モデル」に示す解析モデルにより求める。

4.3.2 解析モデル

解析モデルは，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)c.に定めるとおりである。

「応力解析の方針」の参照図書(1)c.に定める解析モデルを図4-2に示す。

4.3.3 設計震度

設計震度を下表に示す。

	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	0.95 ^{*1}	0.69 ^{*1}
基準地震動 S _s	1.89 ^{*2}	1.37 ^{*2}

注記*1：設計用最大応答加速度Ⅱ（弾性設計用地震動 S_d）又は静的震度

*2：設計用最大応答加速度Ⅱ（基準地震動 S_s）

4.3.4 計算結果

(1) 固有周期

固有周期を下表に示す。

固有周期は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)c.に示すとおり 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。

モード	固有周期 (s)	水平方向刺激係数		鉛直方向刺激係数
		X方向	Y方向	
1次		—	—	—

(2) 死荷重及び地震荷重

解析により求めた死荷重及び地震荷重を「応力解析の方針」の表4-1(6)に示す。

4.4 応力計算

4.4.1 応力評価点

応力評価点の位置を図 4-1 に示す。

なお、各応力評価点の断面性状は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)1.に定めるとおりである。

4.4.2 差圧による応力

(1) 荷重条件 (L02)

各運転状態による差圧は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)1.に定めるとおりである。

なお、重大事故等時の差圧は、「4.2.2 運転条件」による。

(2) 計算方法

差圧による応力の計算は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)1.に定めるとおりである。

なお、各許容応力状態での差圧による応力は、内圧を受ける円筒にモデル化し計算する。

4.4.3 外荷重による応力

(1) 荷重条件 (L04, L14 及び L16)

外荷重を「応力解析の方針」の表 4-1(6)に示す。

(2) 計算方法

外荷重による応力の計算は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)1.に定めるとおりである。

なお、外荷重による各応力は、外荷重と各応力評価断面の断面性状により計算する。

4.4.4 応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め、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 5.1.2 項に定めるとおりである。

4.5 応力強さの評価

4.5.1 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表 4-2 に示す。

表 4-2 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 3.4 節及び 3.6 節に示す許容応力を満足する。

4.5.2 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表 4-3 に示す。

表 4-3 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 3.4 節及び 3.6 節に示す許容応力を満足する。

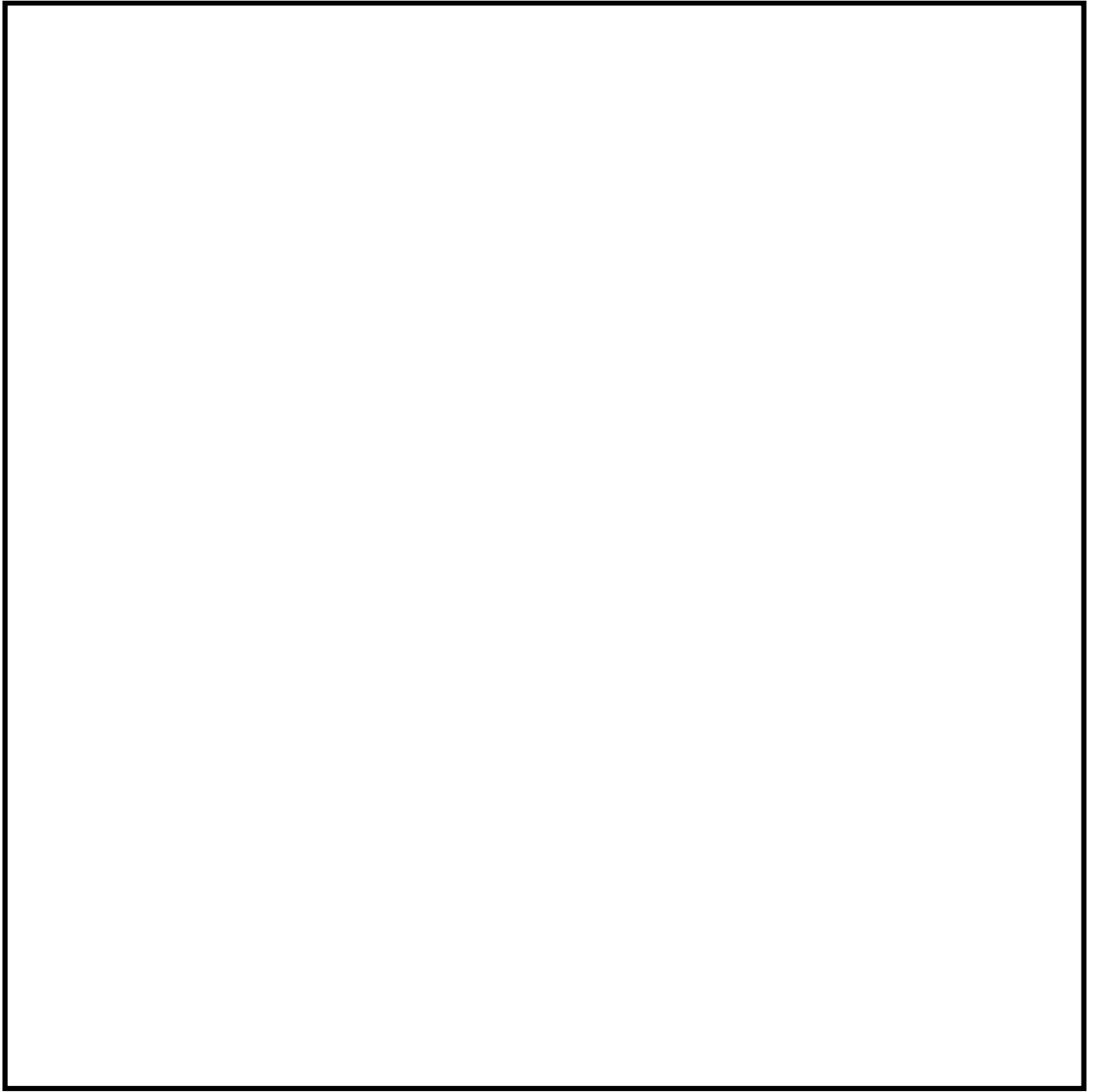


図 4-2 解析モデル

表 4-2 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		許容応力状態Ⅴ A S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	4	142	5	228	5	225
P01' P02'	2	142	2	228	2	225
P03 P04	4	142	4	228	5	225
P03' P04'	2	142	2	228	2	225

表 4-3 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		許容応力状態Ⅴ A S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	7	213	11	342	12	338
P01' P02'	8	213	12	342	12	338
P03 P04	19	213	23	342	23	338
P03' P04'	19	213	23	342	23	338

5. 高圧炉心注水系配管（原子炉圧力容器内部）の応力計算

5.1 一般事項

本章は、高圧炉心注水系配管（原子炉圧力容器内部）（以下「高圧炉心注水系配管」という。）の応力計算について示すものである。

高圧炉心注水系配管は、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。

5.1.1 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所形状・寸法・材料を図5-1に示す。

5.1.2 解析範囲

解析範囲を図5-1に示す。

5.1.3 計算結果の概要

計算結果の概要を表5-1に示す。

なお、応力評価点の選定に当たっては、形状不連続部、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記載する。

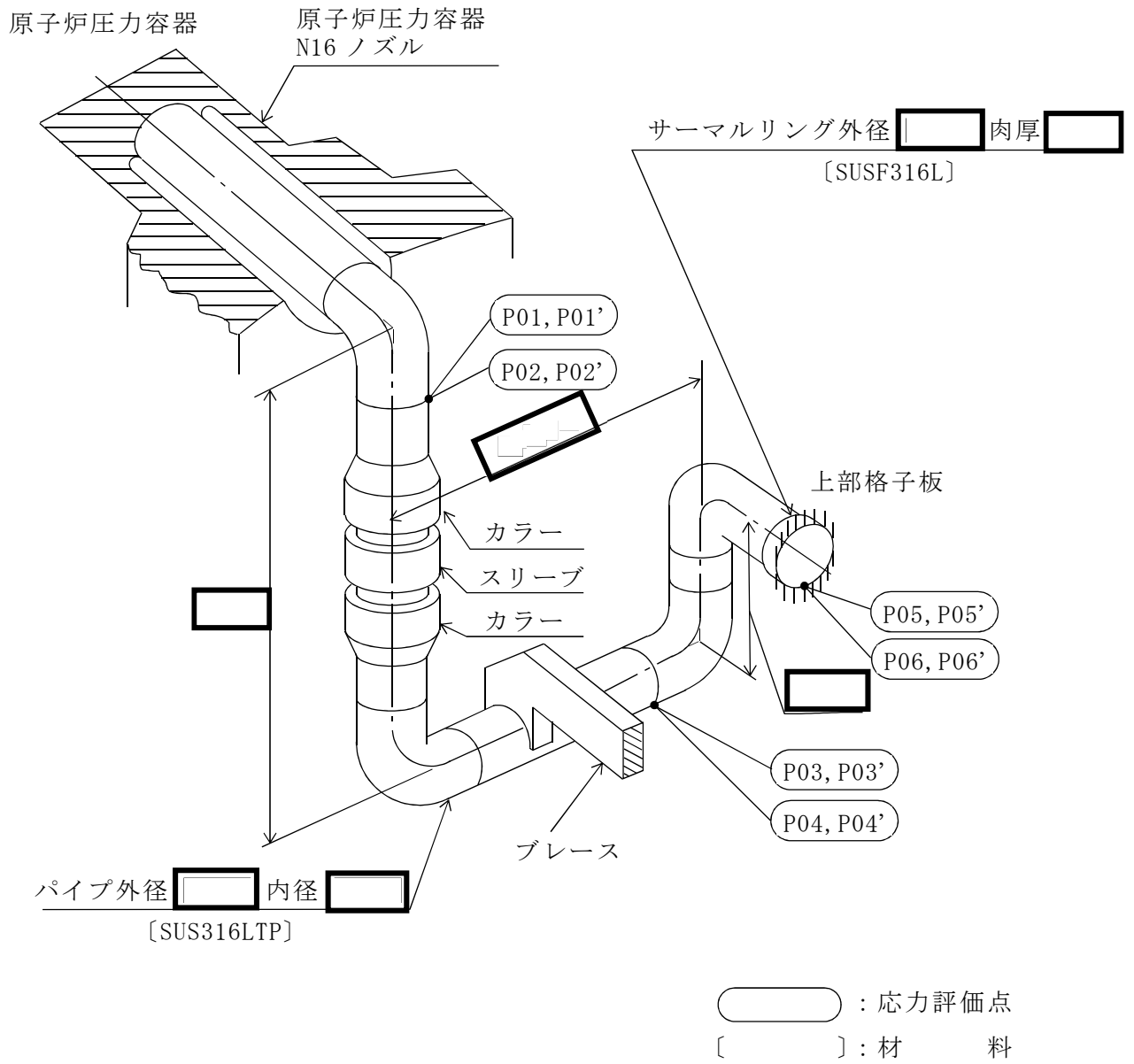


図 5-1 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)

表 5-1 計算結果の概要

(単位：MPa)

部分及び材料	許容応力状態	一次一般膜応力強さ			一次一般膜＋一次曲げ応力強さ		
		応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価面
パイプ SUS316LTP	Ⅲ A S	5	142	P01-P02	21	213	P01'-P02'
	Ⅳ A S	7	228	P01-P02	29	342	P01'-P02'
	Ⅴ A S	16	225	P01-P02	36	338	P01-P02
	Ⅲ A S	4	142	P03-P04	9	213	P03'-P04'
	Ⅳ A S	6	228	P03-P04	12	342	P03'-P04'
	Ⅴ A S	16	225	P03-P04	19	338	P03-P04
サーマル リング SUSF316L	Ⅲ A S	5	128*	P05-P06	7	192*	P05'-P06'
	Ⅳ A S	8	205*	P05-P06	10	308*	P05'-P06'
	Ⅴ A S	14	203*	P05-P06	15	304*	P05-P06

注記*：継手効率 を乗じた値を示す。

5.2 計算条件

5.2.1 設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の4.1節に示す。

5.2.2 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。

なお、重大事故等時の条件は以下のとおりである。

温度条件：運転状態Ⅲと同じ。

差圧条件：運転状態Ⅳと同じ。

5.2.3 材料

各部の材料を図5-1に示す。

5.2.4 荷重の組合せ及び許容応力状態

荷重の組合せ及び許容応力状態を「応力解析の方針」の3.3節に示す。

5.2.5 荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」の4.3節に示す。

5.2.6 許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の3.4節に示す。

溶接部の継手効率を「応力解析の方針」の3.6節に示す。

5.3 外荷重の条件

5.3.1 計算方法

固有周期，死荷重及び地震荷重は，「5.3.2 解析モデル」に示す解析モデルにより求める。

5.3.2 解析モデル

解析モデルは，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)d.に定めるとおりである。

「応力解析の方針」の参照図書(1)d.に定める解析モデルを図5-2に示す。

5.3.3 設計震度

設計震度を下表に示す。

	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	0.92 ^{*1}	0.73 ^{*1}
基準地震動 S _s	1.76 ^{*2}	1.44 ^{*2}

注記*1：設計用最大応答加速度Ⅱ（弾性設計用地震動 S_d）又は静的震度

*2：設計用最大応答加速度Ⅱ（基準地震動 S_s）

5.3.4 計算結果

(1) 固有周期

固有周期を下表に示す。

固有周期は，既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)d.に示すとおり 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。

モード	固有周期 (s)	水平方向刺激係数		鉛直方向刺激係数
		X方向	Y方向	
1次		—	—	—

(2) 死荷重及び地震荷重

解析により求めた死荷重及び地震荷重を「応力解析の方針」の表4-1(7)に示す。

5.4 応力計算

5.4.1 応力評価点

応力評価点の位置を図 5-1 に示す。

なお、各応力評価点の断面性状は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)m.に定めるとおりである。

5.4.2 差圧による応力

(1) 荷重条件 (L02)

各運転状態による差圧は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)m.に定めるとおりである。

なお、重大事故等時の差圧は、「5.2.2 運転条件」による。

(2) 計算方法

差圧による応力の計算は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)m.に定めるとおりである。

なお、各許容応力状態での差圧による応力は、内圧を受ける円筒にモデル化し計算する。

5.4.3 外荷重による応力

(1) 荷重条件 (L04, L14 及び L16)

外荷重を「応力解析の方針」の表 4-1(7)に示す。

(2) 計算方法

外荷重による応力の計算は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)m.に定めるとおりである。

なお、外荷重による各応力は、外荷重と各応力評価断面の断面性状により計算する。

5.4.4 応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め、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 5.1.2 項に定めるとおりである。

5.5 応力強さの評価

5.5.1 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表 5-2 に示す。

表 5-2 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 3.4 節及び 3.6 節に示す許容応力を満足する。

5.5.2 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表 5-3 に示す。

表 5-3 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 3.4 節及び 3.6 節に示す許容応力を満足する。

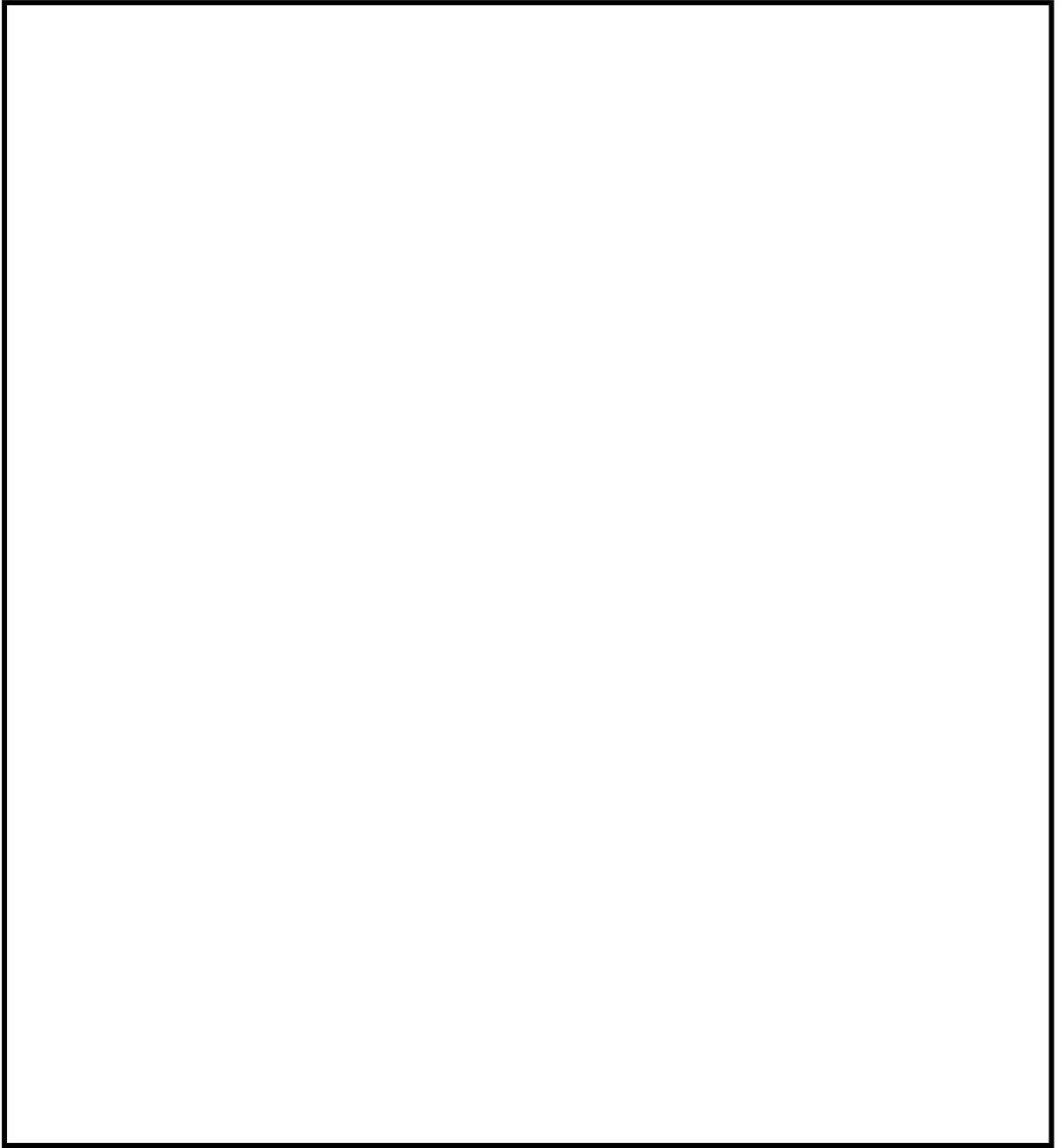


図 5-2 解析モデル

表 5-2 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		許容応力状態Ⅴ A S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	5	142	7	228	16	225
P01' P02'	2	142	3	228	15	225
P03 P04	4	142	6	228	16	225
P03' P04'	2	142	2	228	14	225
P05 P06	5	128*	8	205*	14	203*
P05' P06'	2	128*	4	205*	12	203*

注記* : 継手効率 を乗じた値を示す。

表 5-3 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		許容応力状態Ⅴ A S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	21	213	28	342	36	338
P01' P02'	21	213	29	342	34	338
P03 P04	9	213	11	342	19	338
P03' P04'	9	213	12	342	17	338
P05 P06	6	192*	10	308*	15	304*
P05' P06'	7	192*	10	308*	13	304*

注記* : 継手効率 を乗じた値を示す。