

島根原子力発電所第2号機 審査資料	
資料番号	NS2-添 2-003-15
提出年月日	2022年4月12日

VI-2-3-3-2-4 ジェットポンプ計測配管貫通部シールの耐震性についての計算書

2022年4月

中国電力株式会社

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

目 次

1. 一般事項	1
1.1 記号の説明	2
1.2 形状・寸法・材料	2
1.3 解析範囲	2
1.4 計算結果の概要	2
2. 計算条件	5
2.1 設計条件	5
2.2 運転条件	5
2.3 材料	5
2.4 荷重の組合せ及び許容応力状態	5
2.5 荷重の組合せ及び応力評価	5
2.6 許容応力	5
3. 応力計算	6
3.1 応力評価点	6
3.2 内圧による応力	6
3.2.1 荷重条件 (L01)	6
3.2.2 計算方法	6
3.3 外荷重による応力	6
3.3.1 荷重条件 (L04, L07, L14, L15, L16 及び L17)	6
3.3.2 計算方法	6
3.4 応力の評価	6
4. 応力強さの評価	7
4.1 一次一般膜応力強さの評価	7
4.2 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価	7
4.3 一次＋二次応力強さの評価	7
5. 繰返し荷重の評価	8
5.1 疲労解析	8
6. 参照図書	9

図 表 目 次

図 1-1	形状・寸法・材料・応力評価点	3
図 3-1	応力計算のモデル	10
表 1-1	計算結果の概要	4
表 4-1	一次一般膜応力強さの評価のまとめ	11
表 4-2	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ	11
表 4-3	一次＋二次応力強さの評価のまとめ	12
表 5-1	疲労累積係数	13
表 5-2	疲労累積係数の評価のまとめ	14

1. 一般事項

本計算書は、ジェットポンプ計測配管貫通部シール（以下「貫通部シール」という。）の耐震計算書である。

貫通部シールは設計基準対象施設においてはSクラス施設に分類される。

以下、設計基準対象施設としての構造強度評価を示す。

貫通部シールは、クラス1配管であるが、設計・建設規格 PPB-3112により、設計・建設規格 PVB-3100を適用し、VI-2-3-3-1-1「原子炉压力容器の応力解析の方針」（以下「応力解析の方針」という。）に基づき評価する。

注：本計算書においては、昭和60年12月25日付け60資庁第11431号にて認可された工事計画の添付書類を「既工認」という。

1.1 記号の説明

記号の説明を「応力解析の方針」の2.4節に示す。

1.2 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。

1.3 解析範囲

解析範囲を図1-1に示す。なお，ノズルと貫通部シールの溶接部については，VI-2-3-3-1-2「原子炉圧力容器の耐震性についての計算書」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。

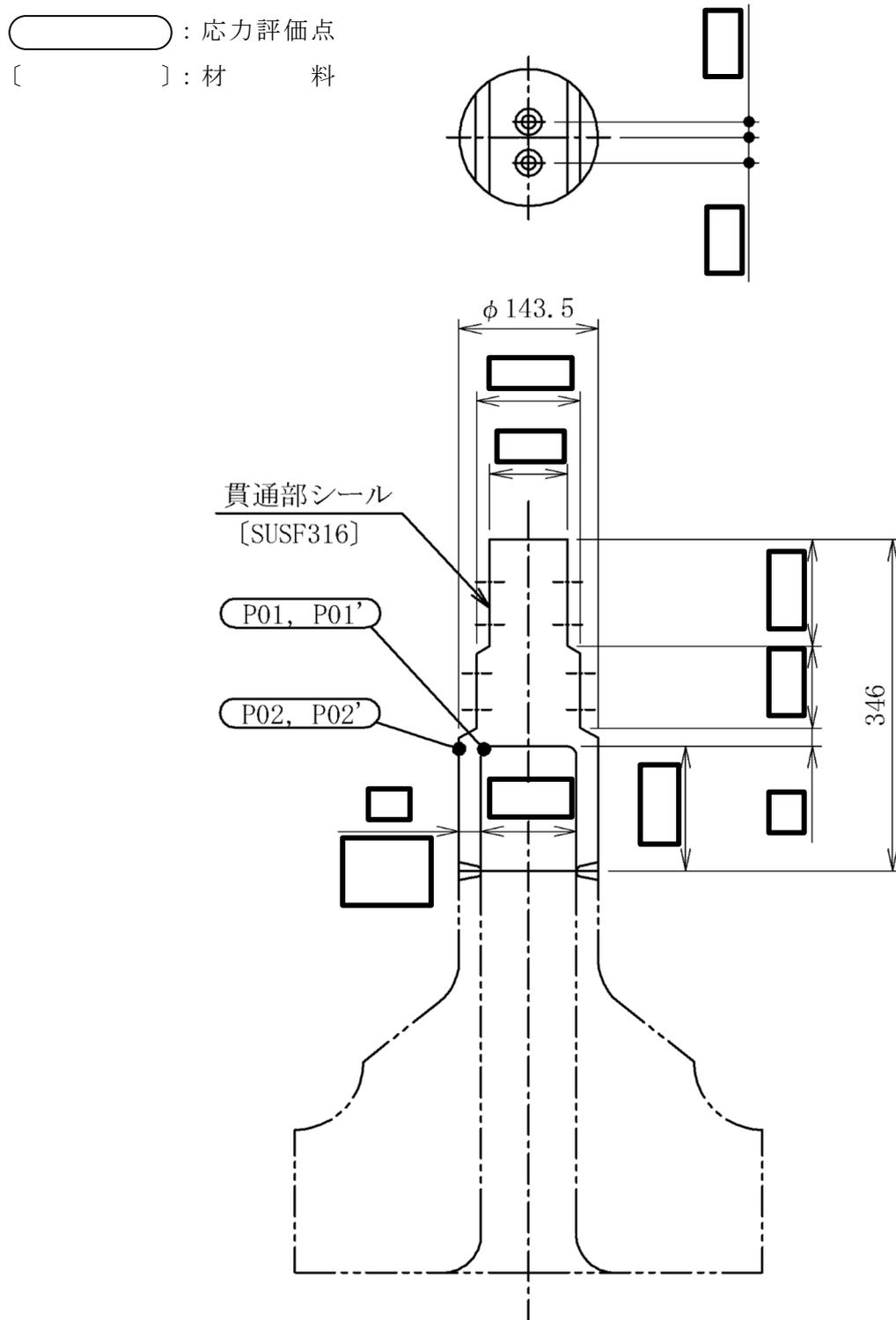


図1-1 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)

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)			一次膜+一次曲げ 応力強さ (MPa)			一次+二次応力強さ (MPa)			疲労解析		
		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	応力 強さ	許容 応力	応力 評価点	疲労 累積 係数*1	許容値	応力 評価点
貫通部シール SUSF316	Ⅲ A S	71	143	P01' - P02'	190	208	P01' - P02'	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ A S	105	284	P01' - P02'	279	416	P01' - P02'	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ A S	—	—	—	—	—	—	402*2	360	P02	0.255	1.0	P01
	Ⅳ A S	—	—	—	—	—	—	607*2	360	P02			

注記*1：疲労累積係数は、運転状態Ⅰ及びⅡに地震荷重 S_d^* 又は地震荷重 S_s のいずれか大きい方を加えた値である。

*2：許容値 $3 \cdot S_m$ を超えるため、設計・建設規格 PVB-3300 の簡易弾塑性解析を行う。

2. 計算条件

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 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。

2.3 材料

各部の材料を図 1-1 に示す。

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 3.4 節に示す。

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。また、水平方向及び鉛直方向の動的地震力による荷重の組合せには、絶対値和を適用する。

2.6 許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の 3.5 節に示す。

3. 応力計算

3.1 応力評価点

応力評価点の位置を図 1-1 に示す。

3.2 内圧による応力

3.2.1 荷重条件 (L01)

各運転状態による内圧は、既工認から変更なく、参照図書(1)に定めるとおりである。

3.2.2 計算方法

内圧による応力の計算は、二次元軸対称の有限要素でモデル化し、計算機コード「ABAQUS」により行う。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、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

応力計算のモデル及び仮定した境界条件（拘束条件）を図 3-1(a)に示す。

なお、各許容応力状態での内圧による応力は、単位圧力での応力を用いて、圧力比を乗じて計算する。

3.3 外荷重による応力

3.3.1 荷重条件 (L04, L07, L14, L15, L16 及び L17)

外荷重を「応力解析の方針」の表 4-1(4)「ジェットポンプ計測ノズル (N9)」に示す。

3.3.2 計算方法

外荷重による応力の計算は、二次元軸対称の有限要素でモデル化し、計算機コード「ABAQUS」により行う。

応力計算のモデル及び仮定した境界条件（拘束条件）を図 3-1(b)に示す。

なお、各荷重での応力は、単位荷重（水平力、軸力等）での応力を用いて、荷重比を乗じて計算する。

3.4 応力の評価

各応力評価点で荷重ごとに計算した応力を重ね合わせ、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. 応力強さの評価

4.1 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 4-1 に示す。

表 4-1 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 3.5 節に示す許容応力を満足する。

4.2 一次膜＋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 4-2 に示す。

表 4-2 より，各許容応力状態の一次膜＋一次曲げ応力強さは，「応力解析の方針」の 3.5 節に示す許容応力を満足する。

4.3 一次＋二次応力強さの評価

地震荷重のみにおける評価を表 4-3 に示す。

表 4-3 より，すべての評価点において一次＋二次応力強さの最大範囲が $3 \cdot S_m$ を超えるため，「応力解析の方針」の 5.2 節に示す簡易弾塑性解析の方法を適用する。

5. 繰返し荷重の評価

5.1 疲労解析

貫通部シールの応力評価点について、詳細な繰返し荷重の評価を行う。

(1) 疲労累積係数

最も厳しい評価点における疲労累積係数の計算結果を表 5-1 に示す。また、各応力評価点における疲労累積係数を表 5-2 に示す。

表 5-2 より、各応力評価点において疲労累積係数は 1.0 以下であり、「応力解析の方針」の 3.5 節に示す許容値を満足する。

6. 参照図書

- (1) 島根原子力発電所第2号機 第5回工事計画認可申請書 添付書類
IV-3-1-3-3 「ジェットポンプ計測配管貫通部シールの応力計算書」

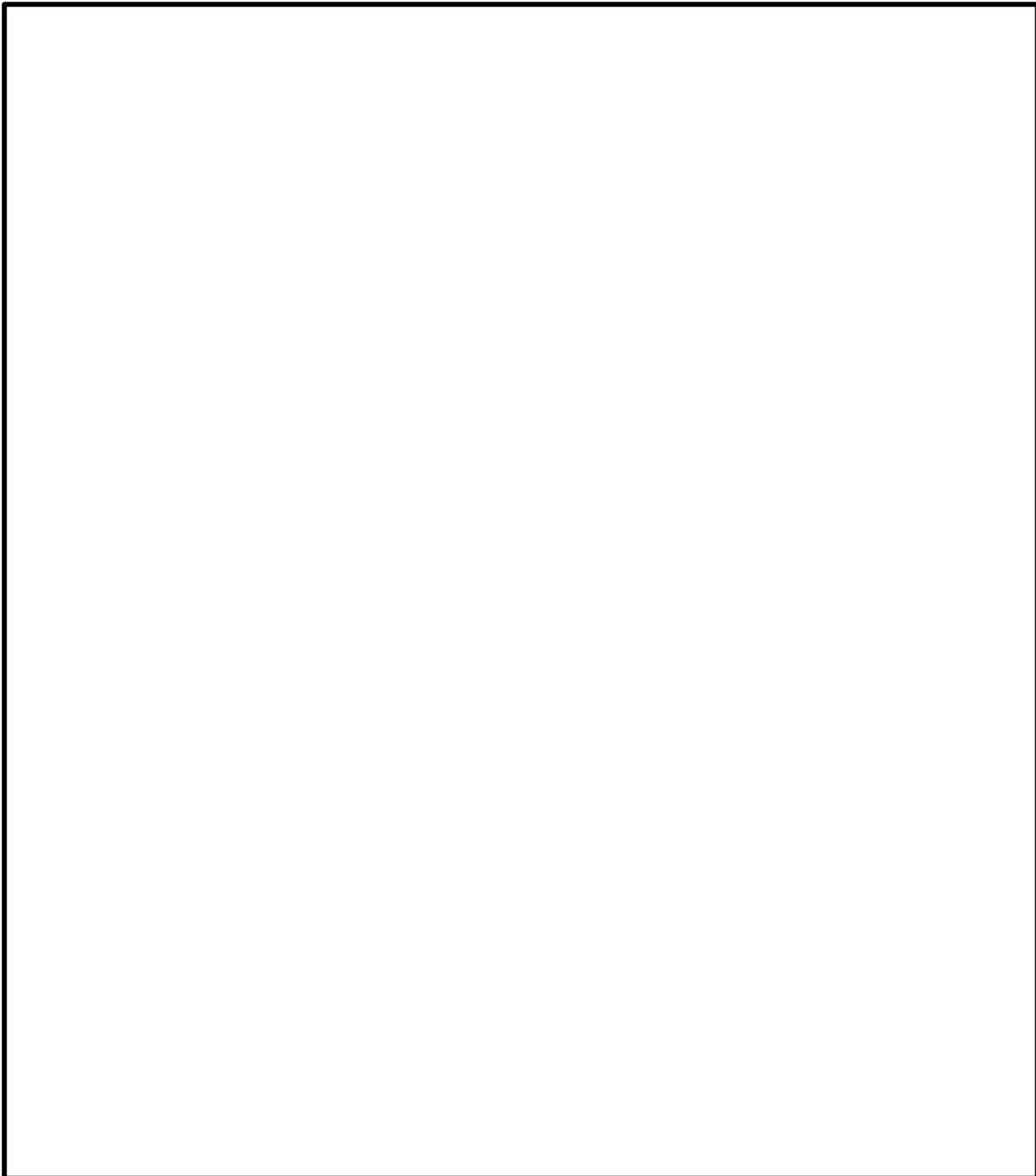


図 3-1 応力計算のモデル

表 4-1 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	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	70	143	104	284
P01' P02'	71	143	105	284

表 4-2 一次膜+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	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	185	208	271	416
P01' P02'	190	208	279	416

表 4-3 一次+二次応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価点	一次+二次応力差最大範囲 ($P_L + P_b + Q$)		
	$S_n^{\#1}$	$S_n^{\#2}$	許容応力 $3 \cdot S_m$
P01	381*	576*	360
P01'	381*	576*	360
P02	402*	607*	360
P02'	402*	607*	360

注記*：簡易弾塑性解析を行う。

表 5-1 疲労累積係数
 応力評価点 — P01
 材料 — SUSF316

No.	S_n (MPa)	K_e	S_p (MPa)	S_ℓ^{*1} (MPa)	$S_\ell'^{*2}$ (MPa)	N_a	N_c	N_c/N_a
1	576	1.788	976	873	967	592	150	0.254
疲労累積係数 $U_{S_s} = 0.254$								
疲労累積係数 $U_n = 0.001$								
疲労累積係数 $U_f = U_n + U_{S_s} = 0.255$								
2	381	1.328	646	429	476	7356	300	0.041
疲労累積係数 $U_{S_d} = 0.041$								
疲労累積係数 $U_n = 0.001$								
疲労累積係数 $U_f = U_n + U_{S_d} = 0.042$								

注：疲労累積係数の求め方は、「応力解析の方針」の 5.2.1 項（疲労解析）に示す。

注記*1：設計・建設規格 PVB-3315(1)又は(2)により求めた値である。

*2： S_ℓ に (E_0/E) を乗じた値である。

$$E_0 = \boxed{} \text{MPa}, E = \boxed{} \text{MPa}$$

表 5-2 疲労累積係数の評価のまとめ

応力評価点	疲労累積係数				許容値
	U_n	U_{S_d}	U_{S_s}	U_f^*	
P01	0.001	0.041	0.254	0.255	1.0
P01'	0.001	0.041	0.254	0.255	1.0
P02	0.000	0.003	0.066	0.066	1.0
P02'	0.001	0.003	0.066	0.067	1.0

注記*：疲労累積係数 U_f は、運転状態Ⅰ及びⅡに地震荷重 S_d^* 又は地震荷重 S_s のいずれか大きい方を加えた値である。