

島根原子力発電所第2号機 審査資料	
資料番号	NS2-添 2-003-11改01
提出年月日	2022 年 6 月 21 日

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

2022 年 6 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
(概要)

1. 概要	1-1
-------------	-----

目 次
(円筒胴)

2. 円筒胴の応力計算	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 外荷重条件	2-4
2.2.4 材料	2-4
2.2.5 荷重の組合せ及び許容応力状態	2-4
2.2.6 荷重の組合せ	2-4
2.2.7 許容応力	2-4
2.3 応力計算	2-4
2.3.1 応力評価点	2-4
2.3.2 内圧による応力	2-4
2.3.3 外荷重による応力	2-5
2.3.4 応力の評価	2-5
2.4 応力強さの評価	2-5
2.4.1 一次一般膜応力強さの評価	2-5
2.4.2 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価	2-5
2.4.3 一次＋二次応力強さの評価	2-5
2.5 繰返し荷重の評価	2-6
2.5.1 疲労解析	2-6

図 表 目 次 (円筒胴)

図2-1	形状・寸法・材料・応力評価点	2-2
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	2-7
表2-3	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ	2-8
表2-4	一次＋二次応力強さの評価のまとめ	2-9
表2-5	疲労累積係数	2-10
表2-6	疲労累積係数の評価のまとめ	2-11

目 次

(下鏡)

3. 下鏡の応力計算	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 外荷重条件	3-4
3.2.4 材料	3-4
3.2.5 荷重の組合せ及び許容応力状態	3-4
3.2.6 荷重の組合せ	3-4
3.2.7 許容応力	3-4
3.3 応力計算	3-4
3.3.1 応力評価点	3-4
3.3.2 内圧による応力	3-4
3.3.3 外荷重による応力	3-5
3.3.4 応力の評価	3-5
3.4 応力強さの評価	3-5
3.4.1 一次一般膜応力強さの評価	3-5
3.4.2 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価	3-5
3.4.3 一次＋二次応力強さの評価	3-5
3.5 繰返し荷重の評価	3-6
3.5.1 疲労解析	3-6

図 表 目 次
(下鏡)

図3-1	形状・寸法・材料・応力評価点	3-2
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	3-7
表3-3	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ	3-8
表3-4	一次＋二次応力強さの評価のまとめ	3-9
表3-5	疲労累積係数	3-11
表3-6	疲労累積係数の評価のまとめ	3-14

目 次
(制御棒貫通孔)

4. 制御棒貫通孔の応力計算	4-1
4.1 一般事項	4-1
4.1.1 記号の説明	4-1
4.1.2 形状・寸法・材料	4-1
4.1.3 解析範囲	4-1
4.1.4 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 外荷重条件	4-4
4.2.4 材料	4-4
4.2.5 荷重の組合せ及び許容応力状態	4-4
4.2.6 荷重の組合せ	4-4
4.2.7 許容応力	4-4
4.3 応力計算	4-4
4.3.1 応力評価点	4-4
4.3.2 内圧による応力	4-4
4.3.3 外荷重による応力	4-5
4.3.4 応力の評価	4-5
4.4 応力強さの評価	4-5
4.4.1 一次一般膜応力強さの評価	4-5
4.4.2 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価	4-5
4.4.3 一次＋二次応力強さの評価	4-5
4.5 繰返し荷重の評価	4-6
4.5.1 疲労解析	4-6
4.6 特別な応力の評価	4-6
4.6.1 座屈に対する評価	4-6

図 表 目 次
(制御棒貫通孔)

図4-1	形状・寸法・材料・応力評価点	4-2
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	4-8
表4-3	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ	4-9
表4-4	一次＋二次応力強さの評価のまとめ	4-10
表4-5	疲労累積係数	4-11
表4-6	疲労累積係数の評価のまとめ	4-13
表4-7	座屈に対する評価に用いる荷重	4-14
表4-8	座屈に対する評価	4-14

目 次
(原子炉中性子計装孔)

5. 原子炉中性子計装孔の応力計算	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 外荷重条件	5-4
5.2.4 材料	5-4
5.2.5 荷重の組合せ及び許容応力状態	5-4
5.2.6 荷重の組合せ	5-4
5.2.7 許容応力	5-4
5.3 応力計算	5-4
5.3.1 応力評価点	5-4
5.3.2 内圧による応力	5-4
5.3.3 外荷重による応力	5-5
5.3.4 応力の評価	5-5
5.4 応力強さの評価	5-5
5.4.1 一次一般膜応力強さの評価	5-5
5.4.2 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価	5-5
5.4.3 一次＋二次応力強さの評価	5-5
5.5 繰返し荷重の評価	5-6
5.5.1 疲労解析	5-6

図 表 目 次
(原子炉中性子計装孔)

図5-1	形状・寸法・材料・応力評価点	5-2
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	5-7
表5-3	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ	5-8
表5-4	一次＋二次応力強さの評価のまとめ	5-9
表5-5	疲労累積係数	5-10
表5-6	疲労累積係数の評価のまとめ	5-11

目 次
(再循環水出口ノズル (N1))

6. 再循環水出口ノズル (N1) の応力計算	6-1
6.1 一般事項	6-1
6.1.1 形状・寸法・材料	6-1
6.1.2 解析範囲	6-1
6.1.3 計算結果の概要	6-1
6.2 計算条件	6-4
6.2.1 設計条件	6-4
6.2.2 運転条件	6-4
6.2.3 外荷重条件	6-4
6.2.4 材料	6-4
6.2.5 荷重の組合せ及び許容応力状態	6-4
6.2.6 荷重の組合せ	6-4
6.2.7 許容応力	6-4
6.3 応力計算	6-4
6.3.1 応力評価点	6-4
6.3.2 内圧による応力	6-4
6.3.3 外荷重による応力	6-5
6.3.4 応力の評価	6-5
6.4 応力強さの評価	6-5
6.4.1 一次一般膜応力強さの評価	6-5
6.4.2 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価	6-5
6.4.3 一次＋二次応力強さの評価	6-6
6.5 繰返し荷重の評価	6-6
6.5.1 疲労解析	6-6

図 表 目 次
(再循環水出口ノズル (N1))

図6-1	形状・寸法・材料・応力評価点	6-2
表6-1	計算結果の概要	6-3
表6-2	一次一般膜応力強さの評価のまとめ	6-7
表6-3	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ	6-8
表6-4	一次＋二次応力強さの評価のまとめ	6-9
表6-5	疲労累積係数	6-10
表6-6	疲労累積係数の評価のまとめ	6-13

目 次
(再循環水入口ノズル (N2))

7. 再循環水入口ノズル (N2) の応力計算	7-1
7.1 一般事項	7-1
7.1.1 形状・寸法・材料	7-1
7.1.2 解析範囲	7-1
7.1.3 計算結果の概要	7-1
7.2 計算条件	7-4
7.2.1 設計条件	7-4
7.2.2 運転条件	7-4
7.2.3 外荷重条件	7-4
7.2.4 材料	7-4
7.2.5 荷重の組合せ及び許容応力状態	7-4
7.2.6 荷重の組合せ	7-4
7.2.7 許容応力	7-4
7.3 応力計算	7-4
7.3.1 応力評価点	7-4
7.3.2 内圧及び差圧による応力	7-4
7.3.3 外荷重による応力	7-5
7.3.4 応力の評価	7-5
7.4 応力強さの評価	7-5
7.4.1 一次一般膜応力強さの評価	7-5
7.4.2 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価	7-5
7.4.3 一次＋二次応力強さの評価	7-6
7.5 繰返し荷重の評価	7-6
7.5.1 疲労解析	7-6

図 表 目 次
(再循環水入口ノズル (N2))

図7-1	形状・寸法・材料・応力評価点	7-2
表7-1	計算結果の概要	7-3
表7-2	一次一般膜応力強さの評価のまとめ	7-7
表7-3	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ	7-8
表7-4	一次＋二次応力強さの評価のまとめ	7-9
表7-5	疲労累積係数	7-11
表7-6	疲労累積係数の評価のまとめ	7-15

目 次
(主蒸気ノズル (N3))

8. 主蒸気ノズル (N3) の応力計算	8-1
8.1 一般事項	8-1
8.1.1 形状・寸法・材料	8-1
8.1.2 解析範囲	8-1
8.1.3 計算結果の概要	8-1
8.2 計算条件	8-4
8.2.1 設計条件	8-4
8.2.2 運転条件	8-4
8.2.3 外荷重条件	8-4
8.2.4 材料	8-4
8.2.5 荷重の組合せ及び許容応力状態	8-4
8.2.6 荷重の組合せ	8-4
8.2.7 許容応力	8-4
8.3 応力計算	8-4
8.3.1 応力評価点	8-4
8.3.2 内圧による応力	8-4
8.3.3 外荷重による応力	8-5
8.3.4 応力の評価	8-5
8.4 応力強さの評価	8-5
8.4.1 一次一般膜応力強さの評価	8-5
8.4.2 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価	8-5
8.4.3 一次＋二次応力強さの評価	8-6
8.5 繰返し荷重の評価	8-6
8.5.1 疲労解析	8-6

図 表 目 次
(主蒸気ノズル (N3))

図8-1	形状・寸法・材料・応力評価点	8-2
表8-1	計算結果の概要	8-3
表8-2	一次一般膜応力強さの評価のまとめ	8-7
表8-3	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ	8-8
表8-4	一次＋二次応力強さの評価のまとめ	8-9
表8-5	疲労累積係数	8-10
表8-6	疲労累積係数の評価のまとめ	8-13

目 次
(給水ノズル (N4))

9. 給水ノズル (N4) の応力計算	9-1
9.1 一般事項	9-1
9.1.1 形状・寸法・材料	9-1
9.1.2 解析範囲	9-1
9.1.3 計算結果の概要	9-1
9.2 計算条件	9-4
9.2.1 設計条件	9-4
9.2.2 運転条件	9-4
9.2.3 外荷重条件	9-4
9.2.4 材料	9-4
9.2.5 荷重の組合せ及び許容応力状態	9-4
9.2.6 荷重の組合せ	9-4
9.2.7 許容応力	9-4
9.3 応力計算	9-4
9.3.1 応力評価点	9-4
9.3.2 内圧及び差圧による応力	9-4
9.3.3 外荷重による応力	9-5
9.3.4 応力の評価	9-5
9.4 応力強さの評価	9-5
9.4.1 一次一般膜応力強さの評価	9-5
9.4.2 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価	9-5
9.4.3 一次＋二次応力強さの評価	9-6
9.5 繰返し荷重の評価	9-6
9.5.1 疲労解析	9-6

図 表 目 次
(給水ノズル (N4))

図9-1	形状・寸法・材料・応力評価点	9-2
表9-1	計算結果の概要	9-3
表9-2	一次一般膜応力強さの評価のまとめ	9-7
表9-3	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ	9-9
表9-4	一次＋二次応力強さの評価のまとめ	9-11
表9-5	疲労累積係数	9-13
表9-6	疲労累積係数の評価のまとめ	9-16

目 次
(低圧炉心スプレイノズル (N5))

10. 低圧炉心スプレイノズル (N5) の応力計算	10-1
10.1 一般事項	10-1
10.1.1 形状・寸法・材料	10-1
10.1.2 解析範囲	10-1
10.1.3 計算結果の概要	10-1
10.2 計算条件	10-4
10.2.1 設計条件	10-4
10.2.2 運転条件	10-4
10.2.3 外荷重条件	10-4
10.2.4 材料	10-4
10.2.5 荷重の組合せ及び許容応力状態	10-4
10.2.6 荷重の組合せ	10-4
10.2.7 許容応力	10-4
10.3 応力計算	10-4
10.3.1 応力評価点	10-4
10.3.2 内圧及び差圧による応力	10-4
10.3.3 外荷重による応力	10-5
10.3.4 応力の評価	10-5
10.4 応力強さの評価	10-5
10.4.1 一次一般膜応力強さの評価	10-5
10.4.2 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価	10-5
10.4.3 一次＋二次応力強さの評価	10-6
10.5 繰返し荷重の評価	10-6
10.5.1 疲労解析	10-6

図 表 目 次
(低圧炉心スプレイングル (N5))

図10-1	形状・寸法・材料・応力評価点	10-2
表10-1	計算結果の概要	10-3
表10-2	一次一般膜応力強さの評価のまとめ	10-7
表10-3	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ	10-8
表10-4	一次＋二次応力強さの評価のまとめ	10-9
表10-5	疲労累積係数	10-11
表10-6	疲労累積係数の評価のまとめ	10-14

目 次
(低圧注水ノズル (N6))

11. 低圧注水ノズル (N6) の応力計算	11-1
11.1 一般事項	11-1
11.1.1 形状・寸法・材料	11-1
11.1.2 解析範囲	11-1
11.1.3 計算結果の概要	11-1
11.2 計算条件	11-4
11.2.1 設計条件	11-4
11.2.2 運転条件	11-4
11.2.3 外荷重条件	11-4
11.2.4 材料	11-4
11.2.5 荷重の組合せ及び許容応力状態	11-4
11.2.6 荷重の組合せ	11-4
11.2.7 許容応力	11-4
11.3 応力計算	11-4
11.3.1 応力評価点	11-4
11.3.2 内圧及び差圧による応力	11-4
11.3.3 外荷重による応力	11-5
11.3.4 応力の評価	11-5
11.4 応力強さの評価	11-5
11.4.1 一次一般膜応力強さの評価	11-5
11.4.2 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価	11-5
11.4.3 一次＋二次応力強さの評価	11-6
11.5 繰返し荷重の評価	11-6
11.5.1 疲労解析	11-6

図 表 目 次
(低圧注水ノズル (N6))

図11-1	形状・寸法・材料・応力評価点	11-2
表11-1	計算結果の概要	11-3
表11-2	一次一般膜応力強さの評価のまとめ	11-7
表11-3	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ	11-8
表11-4	一次＋二次応力強さの評価のまとめ	11-9
表11-5	疲労累積係数	11-11
表11-6	疲労累積係数の評価のまとめ	11-14

目 次

(上ぶたスプレイノズル (N7))

12. 上ぶたスプレイノズル (N7) の応力計算	12-1
12.1 一般事項	12-1
12.1.1 形状・寸法・材料	12-1
12.1.2 解析範囲	12-1
12.1.3 計算結果の概要	12-1
12.2 計算条件	12-4
12.2.1 設計条件	12-4
12.2.2 運転条件	12-4
12.2.3 外荷重条件	12-4
12.2.4 材料	12-4
12.2.5 荷重の組合せ及び許容応力状態	12-4
12.2.6 荷重の組合せ	12-4
12.2.7 許容応力	12-4
12.3 応力計算	12-4
12.3.1 応力評価点	12-4
12.3.2 内圧による応力	12-4
12.3.3 外荷重による応力	12-5
12.3.4 ボルト荷重による応力	12-5
12.3.5 応力の評価	12-5
12.4 応力強さの評価	12-5
12.4.1 一次一般膜応力強さの評価	12-5
12.4.2 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価	12-6
12.4.3 一次＋二次応力強さの評価	12-6
12.5 繰返し荷重の評価	12-6
12.5.1 疲労解析	12-6

図 表 目 次
(上ぶたスプレイノズル (N7))

図12-1	形状・寸法・材料・応力評価点	12-2
表12-1	計算結果の概要	12-3
表12-2	一次一般膜応力強さの評価のまとめ	12-7
表12-3	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ	12-8
表12-4	一次＋二次応力強さの評価のまとめ	12-9
表12-5	疲労累積係数	12-10
表12-6	疲労累積係数の評価のまとめ	12-12

目 次
(計測及びベントノズル (N8))

13. 計測及びベントノズル (N8) の応力計算	13-1
13.1 一般事項	13-1
13.1.1 形状・寸法・材料	13-1
13.1.2 解析範囲	13-1
13.1.3 計算結果の概要	13-1
13.2 計算条件	13-4
13.2.1 設計条件	13-4
13.2.2 運転条件	13-4
13.2.3 外荷重条件	13-4
13.2.4 材料	13-4
13.2.5 荷重の組合せ及び許容応力状態	13-4
13.2.6 荷重の組合せ	13-4
13.2.7 許容応力	13-4
13.3 応力計算	13-4
13.3.1 応力評価点	13-4
13.3.2 内圧による応力	13-4
13.3.3 外荷重による応力	13-5
13.3.4 ボルト荷重による応力	13-5
13.3.5 応力の評価	13-5
13.4 応力強さの評価	13-5
13.4.1 一次一般膜応力強さの評価	13-5
13.4.2 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価	13-6
13.4.3 一次＋二次応力強さの評価	13-6
13.5 繰返し荷重の評価	13-6
13.5.1 疲労解析	13-6

図 表 目 次
(計測及びベントノズル (N8))

図13-1	形状・寸法・材料・応力評価点	13-2
表13-1	計算結果の概要	13-3
表13-2	一次一般膜応力強さの評価のまとめ	13-7
表13-3	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ	13-8
表13-4	一次＋二次応力強さの評価のまとめ	13-9
表13-5	疲労累積係数	13-10
表13-6	疲労累積係数の評価のまとめ	13-12

目 次

(ジェットポンプ計測ノズル (N9))

14. ジェットポンプ計測ノズル (N9) の応力計算	14-1
14.1 一般事項	14-1
14.1.1 形状・寸法・材料	14-1
14.1.2 解析範囲	14-1
14.1.3 計算結果の概要	14-1
14.2 計算条件	14-4
14.2.1 設計条件	14-4
14.2.2 運転条件	14-4
14.2.3 外荷重条件	14-4
14.2.4 材料	14-4
14.2.5 荷重の組合せ及び許容応力状態	14-4
14.2.6 荷重の組合せ	14-4
14.2.7 許容応力	14-4
14.3 応力計算	14-4
14.3.1 応力評価点	14-4
14.3.2 内圧による応力	14-4
14.3.3 外荷重による応力	14-5
14.3.4 応力の評価	14-5
14.4 応力強さの評価	14-5
14.4.1 一次一般膜応力強さの評価	14-5
14.4.2 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価	14-5
14.4.3 一次＋二次応力強さの評価	14-6
14.5 繰返し荷重の評価	14-6
14.5.1 疲労解析	14-6

図 表 目 次
(ジェットポンプ計測ノズル (N9))

図14-1	形状・寸法・材料・応力評価点	14-2
表14-1	計算結果の概要	14-3
表14-2	一次一般膜応力強さの評価のまとめ	14-7
表14-3	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ	14-8
表14-4	一次＋二次応力強さの評価のまとめ	14-9
表14-5	疲労累積係数	14-10
表14-6	疲労累積係数の評価のまとめ	14-13

目 次

(ほう酸水注入及び炉心差圧計測ノズル (N11))

15. ほう酸水注入及び炉心差圧計測ノズル (N11) の応力計算	15-1
15.1 一般事項	15-1
15.1.1 形状・寸法・材料	15-1
15.1.2 解析範囲	15-1
15.1.3 計算結果の概要	15-1
15.2 計算条件	15-5
15.2.1 設計条件	15-5
15.2.2 運転条件	15-5
15.2.3 外荷重条件	15-5
15.2.4 材料	15-5
15.2.5 荷重の組合せ及び許容応力状態	15-5
15.2.6 荷重の組合せ	15-5
15.2.7 許容応力	15-5
15.3 応力計算	15-5
15.3.1 応力評価点	15-5
15.3.2 内圧による応力	15-5
15.3.3 外荷重による応力	15-6
15.3.4 応力の評価	15-6
15.4 応力強さの評価	15-6
15.4.1 一次一般膜応力強さの評価	15-6
15.4.2 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価	15-6
15.4.3 一次＋二次応力強さの評価	15-7
15.5 繰返し荷重の評価	15-7
15.5.1 疲労解析	15-7

図 表 目 次
(ほう酸水注入及び炉心差圧計測ノズル (N11))

図15-1	形状・寸法・材料・応力評価点	15-2
表15-1	計算結果の概要	15-3
表15-2	一次一般膜応力強さの評価のまとめ	15-8
表15-3	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ	15-9
表15-4	一次＋二次応力強さの評価のまとめ	15-10
表15-5	疲労累積係数	15-12
表15-6	疲労累積係数の評価のまとめ	15-18

目 次

(計測ノズル (N12))

16. 計測ノズル (N12) の応力計算	16-1
16.1 一般事項	16-1
16.1.1 形状・寸法・材料	16-1
16.1.2 解析範囲	16-1
16.1.3 計算結果の概要	16-1
16.2 計算条件	16-4
16.2.1 設計条件	16-4
16.2.2 運転条件	16-4
16.2.3 外荷重条件	16-4
16.2.4 材料	16-4
16.2.5 荷重の組合せ及び許容応力状態	16-4
16.2.6 荷重の組合せ	16-4
16.2.7 許容応力	16-4
16.3 応力計算	16-4
16.3.1 応力評価点	16-4
16.3.2 内圧による応力	16-4
16.3.3 外荷重による応力	16-5
16.3.4 応力の評価	16-5
16.4 応力強さの評価	16-5
16.4.1 一次一般膜応力強さの評価	16-5
16.4.2 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価	16-5
16.4.3 一次＋二次応力強さの評価	16-5
16.5 繰返し荷重の評価	16-6
16.5.1 疲労解析	16-6

図 表 目 次
(計測ノズル (N12))

図16-1	形状・寸法・材料・応力評価点	16-2
表16-1	計算結果の概要	16-3
表16-2	一次一般膜応力強さの評価のまとめ	16-7
表16-3	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ	16-8
表16-4	一次＋二次応力強さの評価のまとめ	16-9
表16-5	疲労累積係数	16-10
表16-6	疲労累積係数の評価のまとめ	16-13

目 次

(計測ノズル (N13))

17. 計測ノズル (N13) の応力計算	17-1
17.1 一般事項	17-1
17.1.1 形状・寸法・材料	17-1
17.1.2 解析範囲	17-1
17.1.3 計算結果の概要	17-1
17.2 計算条件	17-4
17.2.1 設計条件	17-4
17.2.2 運転条件	17-4
17.2.3 外荷重条件	17-4
17.2.4 材料	17-4
17.2.5 荷重の組合せ及び許容応力状態	17-4
17.2.6 荷重の組合せ	17-4
17.2.7 許容応力	17-4
17.3 応力計算	17-4
17.3.1 応力評価点	17-4
17.3.2 内圧による応力	17-4
17.3.3 外荷重による応力	17-5
17.3.4 応力の評価	17-5
17.4 応力強さの評価	17-5
17.4.1 一次一般膜応力強さの評価	17-5
17.4.2 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価	17-5
17.4.3 一次＋二次応力強さの評価	17-5
17.5 繰返し荷重の評価	17-6
17.5.1 疲労解析	17-6

図 表 目 次
(計測ノズル (N13))

図17-1	形状・寸法・材料・応力評価点	17-2
表17-1	計算結果の概要	17-3
表17-2	一次一般膜応力強さの評価のまとめ	17-7
表17-3	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ	17-8
表17-4	一次＋二次応力強さの評価のまとめ	17-9
表17-5	疲労累積係数	17-10
表17-6	疲労累積係数の評価のまとめ	17-13

目 次
(計測ノズル (N14))

18. 計測ノズル (N14) の応力計算	18-1
18.1 一般事項	18-1
18.1.1 形状・寸法・材料	18-1
18.1.2 解析範囲	18-1
18.1.3 計算結果の概要	18-1
18.2 計算条件	18-4
18.2.1 設計条件	18-4
18.2.2 運転条件	18-4
18.2.3 外荷重条件	18-4
18.2.4 材料	18-4
18.2.5 荷重の組合せ及び許容応力状態	18-4
18.2.6 荷重の組合せ	18-4
18.2.7 許容応力	18-4
18.3 応力計算	18-4
18.3.1 応力評価点	18-4
18.3.2 内圧による応力	18-4
18.3.3 外荷重による応力	18-5
18.3.4 応力の評価	18-5
18.4 応力強さの評価	18-5
18.4.1 一次一般膜応力強さの評価	18-5
18.4.2 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価	18-5
18.4.3 一次＋二次応力強さの評価	18-5
18.5 繰返し荷重の評価	18-6
18.5.1 疲労解析	18-6

図 表 目 次
(計測ノズル (N14))

図18-1	形状・寸法・材料・応力評価点	18-2
表18-1	計算結果の概要	18-3
表18-2	一次一般膜応力強さの評価のまとめ	18-7
表18-3	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ	18-8
表18-4	一次＋二次応力強さの評価のまとめ	18-9
表18-5	疲労累積係数	18-10
表18-6	疲労累積係数の評価のまとめ	18-12

目 次
(ドレンノズル (N15))

19. ドレンノズル (N15) の応力計算	19-1
19.1 一般事項	19-1
19.1.1 形状・寸法・材料	19-1
19.1.2 解析範囲	19-1
19.1.3 計算結果の概要	19-1
19.2 計算条件	19-4
19.2.1 設計条件	19-4
19.2.2 運転条件	19-4
19.2.3 外荷重条件	19-4
19.2.4 材料	19-4
19.2.5 荷重の組合せ及び許容応力状態	19-4
19.2.6 荷重の組合せ	19-4
19.2.7 許容応力	19-4
19.3 応力計算	19-4
19.3.1 応力評価点	19-4
19.3.2 内圧による応力	19-4
19.3.3 外荷重による応力	19-5
19.3.4 応力の評価	19-5
19.4 応力強さの評価	19-5
19.4.1 一次一般膜応力強さの評価	19-5
19.4.2 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価	19-5
19.4.3 一次＋二次応力強さの評価	19-6
19.5 繰返し荷重の評価	19-6
19.5.1 疲労解析	19-6

図 表 目 次
(ドレンノズル (N15))

図19-1	形状・寸法・材料・応力評価点	19-2
表19-1	計算結果の概要	19-3
表19-2	一次一般膜応力強さの評価のまとめ	19-7
表19-3	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ	19-8
表19-4	一次＋二次応力強さの評価のまとめ	19-9
表19-5	疲労累積係数	19-10
表19-6	疲労累積係数の評価のまとめ	19-12

目 次
(高圧炉心スプレイノズル (N16))

20.	高圧炉心スプレイノズル (N16) の応力計算	20-1
20.1	一般事項	20-1
20.1.1	形状・寸法・材料	20-1
20.1.2	解析範囲	20-1
20.1.3	計算結果の概要	20-1
20.2	計算条件	20-4
20.2.1	設計条件	20-4
20.2.2	運転条件	20-4
20.2.3	外荷重条件	20-4
20.2.4	材料	20-4
20.2.5	荷重の組合せ及び許容応力状態	20-4
20.2.6	荷重の組合せ	20-4
20.2.7	許容応力	20-4
20.3	応力計算	20-4
20.3.1	応力評価点	20-4
20.3.2	内圧及び差圧による応力	20-4
20.3.3	外荷重による応力	20-5
20.3.4	応力の評価	20-5
20.4	応力強さの評価	20-5
20.4.1	一次一般膜応力強さの評価	20-5
20.4.2	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価	20-5
20.4.3	一次＋二次応力強さの評価	20-6
20.5	繰返し荷重の評価	20-6
20.5.1	疲労解析	20-6

図 表 目 次
(高圧炉心スプレインズル (N16))

図20-1	形状・寸法・材料・応力評価点	20-2
表20-1	計算結果の概要	20-3
表20-2	一次一般膜応力強さの評価のまとめ	20-7
表20-3	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ	20-8
表20-4	一次＋二次応力強さの評価のまとめ	20-9
表20-5	疲労累積係数	20-11
表20-6	疲労累積係数の評価のまとめ	20-14

目 次
(原子炉压力容器支持スカート)

21. 原子炉压力容器支持スカートの応力計算	21-1
21.1 一般事項	21-1
21.1.1 記号の説明	21-1
21.1.2 形状・寸法・材料	21-1
21.1.3 解析範囲	21-1
21.1.4 計算結果の概要	21-1
21.2 計算条件	21-4
21.2.1 設計条件	21-4
21.2.2 運転条件	21-4
21.2.3 外荷重条件	21-4
21.2.4 材料	21-4
21.2.5 荷重の組合せ及び許容応力状態	21-4
21.2.6 荷重の組合せ	21-4
21.2.7 許容応力	21-4
21.3 応力計算	21-4
21.3.1 応力評価点	21-4
21.3.2 内圧による応力	21-4
21.3.3 外荷重による応力	21-5
21.3.4 応力の評価	21-5
21.4 応力強さの評価	21-5
21.4.1 一次一般膜応力強さの評価	21-5
21.4.2 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価	21-5
21.4.3 一次＋二次応力強さの評価	21-5
21.5 繰返し荷重の評価	21-6
21.5.1 疲労解析	21-6
21.6 特別な応力の評価	21-6
21.6.1 座屈に対する評価	21-6

図 表 目 次
(原子炉圧力容器支持スカート)

図21-1	形状・寸法・材料・応力評価点	21-2
表21-1	計算結果の概要	21-3
表21-2	一次一般膜応力強さの評価のまとめ	21-8
表21-3	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ	21-9
表21-4	一次＋二次応力強さの評価のまとめ	21-10
表21-5	疲労累積係数	21-11
表21-6	疲労累積係数の評価のまとめ	21-12
表21-7	座屈に対する評価に用いる荷重	21-13
表21-8	座屈に対する評価	21-13

目 次
(ブラケット類)

22. ブラケット類の応力計算	22-1
22.1 一般事項	22-1
22.1.1 形状・寸法・材料	22-1
22.1.2 解析範囲	22-1
22.1.3 計算結果の概要	22-1
22.2 計算条件	22-7
22.2.1 設計条件	22-7
22.2.2 材料	22-7
22.2.3 荷重の組合せ及び許容応力状態	22-7
22.2.4 荷重の組合せ	22-7
22.2.5 許容応力	22-7
22.2.6 応力の記号と方向	22-7
22.3 応力計算	22-8
22.3.1 応力評価点	22-8
22.3.2 外荷重による応力	22-8
22.3.3 応力の評価	22-8
22.4 応力強さの評価	22-9
22.4.1 ブラケット付根の応力強さの評価	22-9
22.4.2 ロッド穴周辺の応力強さの評価	22-9

図 表 目 次 (ブラケット類)

図22-1	形状・寸法・材料	22-2
表22-1	計算結果の概要	22-6
表22-2	ブラケット付根の一次一般膜応力強さの評価	22-10
表22-3	ブラケット付根の一次膜＋一次曲げ応力強さの評価	22-11
表22-4	ロッド穴周辺の純せん断応力の評価	22-12
表22-5	ロッド穴周辺の一次膜＋一次曲げ応力強さの評価	22-12

目 次
(原子炉压力容器基礎ボルト)

23. 原子炉压力容器基礎ボルトの応力計算	23-1
23.1 一般事項	23-1
23.1.1 形状・寸法・材料	23-1
23.1.2 解析範囲	23-1
23.1.3 計算結果の概要	23-1
23.2 計算条件	23-4
23.2.1 設計条件	23-4
23.2.2 材料	23-4
23.2.3 荷重の組合せ及び許容応力状態	23-4
23.2.4 荷重の組合せ	23-4
23.2.5 許容応力	23-4
23.2.6 許容応力評価条件	23-4
23.3 応力計算	23-4
23.3.1 外荷重による応力	23-4
23.4 応力の評価	23-5

図 表 目 次
(原子炉压力容器基礎ボルト)

図23-1	形状・寸法・材料	23-2
表23-1	計算結果の概要	23-3
表23-2	許容応力評価条件	23-6
表23-3	計算結果	23-6

1. 概要

本計算書は、原子炉圧力容器の耐震性についての計算書である。

本計算書の各機器は、VI-2-3-3-1-1「原子炉圧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。

本計算書は、原子炉圧力容器であって、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。

- ・ 円筒胴
- ・ 下鏡
- ・ 制御棒貫通孔
- ・ 原子炉中性子計装孔
- ・ 再循環水出口ノズル (N1)
- ・ 再循環水入口ノズル (N2)
- ・ 主蒸気ノズル (N3)
- ・ 給水ノズル (N4)
- ・ 低圧炉心スプレイノズル (N5)
- ・ 低圧注水ノズル (N6)
- ・ 上ぶたスプレイノズル (N7)
- ・ 計測及びベントノズル (N8)
- ・ ジェットポンプ計測ノズル (N9)
- ・ ほう酸水注入及び炉心差圧計測ノズル (N11)
- ・ 計測ノズル (N12, N13, N14)
- ・ ドレンノズル (N15)
- ・ 高圧炉心スプレイノズル (N16)
- ・ 原子炉圧力容器支持スカート
- ・ ブラケット類
- ・ 原子炉圧力容器基礎ボルト

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号及び昭和59年9月17日付け59資庁第8283号にて認可された工事計画の添付書類（「応力解析の方針」の参照図書(1)及び(2)）を「既工認」という。

2. 円筒胴の応力計算

2.1 一般事項

本章は、円筒胴の応力計算について示すものである。

円筒胴は、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，常設重大事故緩和設備及び常設重大事故防止設備（設計基準拡張）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の形状・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，部分ごとに数点の評価点を設けて評価を行い，**応力分類ごとに**厳しくなる評価点を記載する。

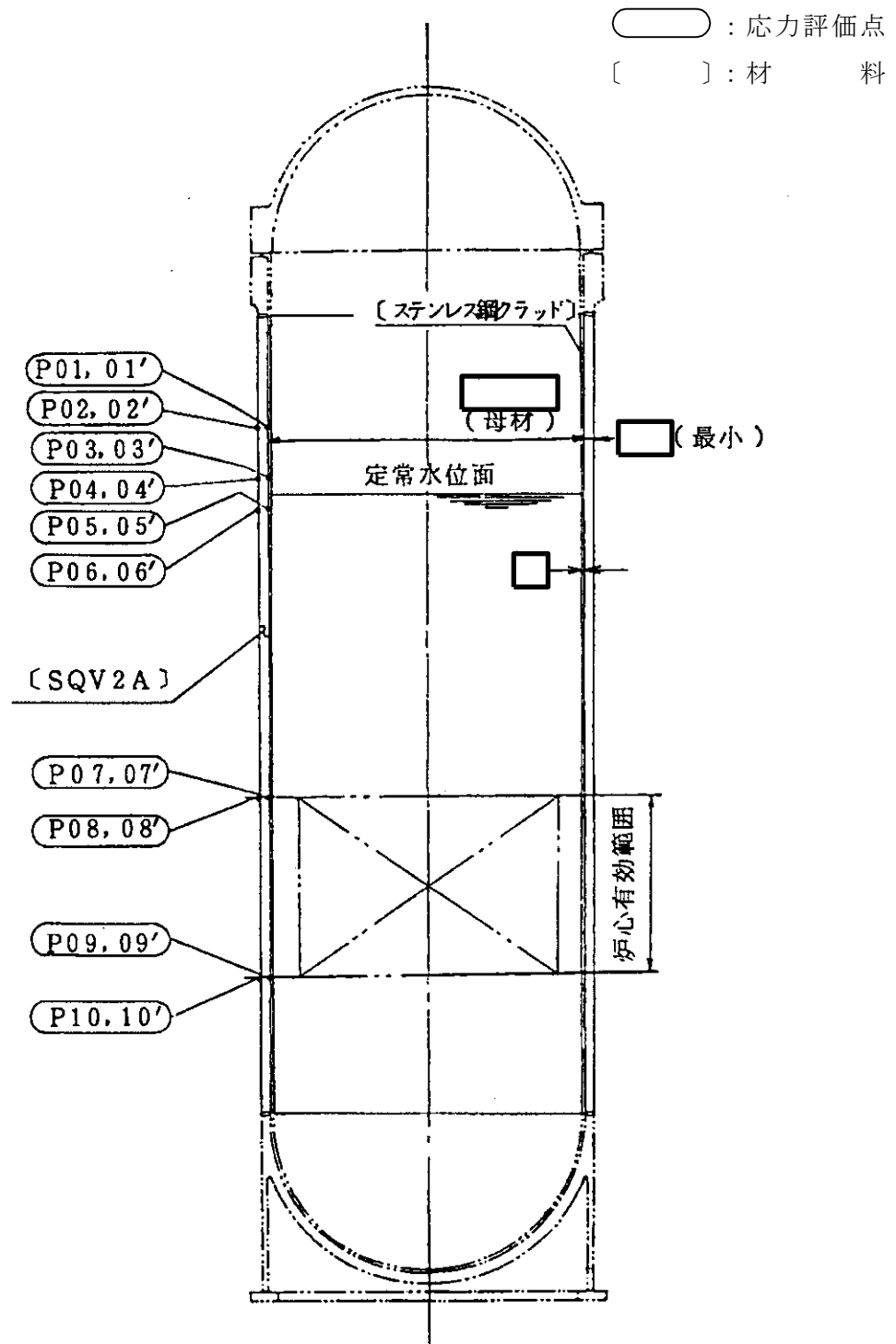


図2-1 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)

表2-1 計算結果の概要

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	許容値	応力 評価点
円筒胴	Ⅲ A S	175	303	P01 - P02	175	395	P01 - P02	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ A S	183	326	P01' - P02'	183	425	P01' - P02'	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ A S	—	—	—	—	—	—	91	552	P02	0.005	1.0	P01
SQV2A	Ⅳ A S	—	—	—	—	—	—	177	552	P02			

注記＊：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。

2.2 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。

2.2.3 外荷重条件

考慮した外荷重条件を「応力解析の方針」の4.3節に示す。

2.2.4 材料

各部の材料を図2-1に示す。

2.2.5 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。

2.2.6 荷重の組合せ

荷重の組合せを「応力解析の方針」の4.4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。

2.2.7 許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の3.5節に示す。

2.3 応力計算

2.3.1 応力評価点

応力評価点の位置を図2-1に示す。

2.3.2 内圧による応力

(1) 荷重条件 (L01)

各運転状態による内圧は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)c.に定めるとおりである。評価圧力は以下のとおりとする。

内圧 : 8.28 MPa

(2) 計算方法

内圧による応力の計算方法は、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。

なお、内圧による応力は、既工認の最高使用圧力による応力に圧力比を乗じて計算する。

2.3.3 外荷重による応力

(1) 荷重条件 (L04, L08, L14及びL16)

外荷重を「応力解析の方針」の表4-1(1)に示す。

(2) 計算方法

外荷重による応力の計算方法は、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。

2.3.4 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5.3.2項に定めるとおりである。

2.4 応力強さの評価

2.4.1 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3.5節に示す許容応力を満足する。

2.4.2 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2-3に示す。

表2-3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。

2.4.3 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2-4に示す。

表2-4より、すべての評価点において $S_n^{\#1}$ 及び $S_n^{\#2}$ は、 $3 \cdot S_m$ 以下であり、「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

2.5 繰返し荷重の評価

2.5.1 疲労解析

円筒胴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

最も厳しい応力評価点における疲労累積係数の計算結果を表2-5に示す。また，各応力評価点における疲労累積係数を表2-6に示す。

表2-6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。

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ⅢA S		許容応力状態ⅣA S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	175	303	181	326
P01' P02'	175	303	183	326
P03 P04	175	303	181	326
P03' P04'	175	303	183	326
P05 P06	175	303	181	326
P05' P06'	175	303	183	326
P07 P08	175	303	181	326
P07' P08'	175	303	183	326
P09 P10	175	303	181	326
P09' P10'	175	303	183	326

表2-3 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ⅢA S		許容応力状態ⅣA S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	175	395	181	425
P01' P02'	175	395	183	425
P03 P04	175	395	181	425
P03' P04'	175	395	183	425
P05 P06	175	395	181	425
P05' P06'	175	395	183	425
P07 P08	175	395	181	425
P07' P08'	175	395	183	425
P09 P10	175	395	181	425
P09' P10'	175	395	183	425

表2-4 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 ($P_L + P_b + Q$)		
	$S_n^{\#1}$	$S_n^{\#2}$	許容値 $3 \cdot S_m$
P01	88	170	552
P01'	88	170	552
P02	91	177	552
P02'	91	177	552
P03	88	170	552
P03'	88	170	552
P04	91	177	552
P04'	91	177	552
P05	88	170	552
P05'	88	170	552
P06	91	177	552
P06'	91	177	552
P07	88	170	552
P07'	88	170	552
P08	91	177	552
P08'	91	177	552
P09	88	170	552
P09'	88	170	552
P10	91	177	552
P10'	91	177	552

表2-5 疲労累積係数

応力評価点 —— P01
材 料 —— SQV2A

No.	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	S _ℓ ^{*1} (MPa)	S _ℓ ^{'*2} (MPa)	N _a	N _c	N _c /N _a
1	87	—	87	44	49	1000000	300	0.000
疲労累積係数 U _{Sd} =								0.001
2	170	—	170	85	95	443118	150	0.000
疲労累積係数 U _{Ss} =								0.001
疲労累積係数 U _n =								0.004
疲労累積係数 U _f = U _n + U _{Ss} =								0.005

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（E₀/E）を乗じた値である。

E₀ = MPa, E = MPa

表2-6 疲労累積係数の評価のまとめ

応力評価点	疲労累積係数				
	U_n	U_{S_d}	U_{S_s}	U_f^*	許容値
P01	0.004	0.001	0.001	0.005	1.0
P01'	0.004	0.001	0.001	0.005	1.0
P02	0.001	0.001	0.001	0.002	1.0
P02'	0.001	0.001	0.001	0.002	1.0
P03	0.003	0.001	0.001	0.004	1.0
P03'	0.003	0.001	0.001	0.004	1.0
P04	0.001	0.001	0.001	0.002	1.0
P04'	0.001	0.001	0.001	0.002	1.0
P05	0.001	0.001	0.001	0.002	1.0
P05'	0.001	0.001	0.001	0.002	1.0
P06	0.001	0.001	0.001	0.002	1.0
P06'	0.001	0.001	0.001	0.002	1.0
P07	0.001	0.001	0.001	0.002	1.0
P07'	0.001	0.001	0.001	0.002	1.0
P08	0.001	0.001	0.001	0.002	1.0
P08'	0.001	0.001	0.001	0.002	1.0
P09	0.001	0.001	0.001	0.002	1.0
P09'	0.001	0.001	0.001	0.002	1.0
P10	0.001	0.001	0.001	0.002	1.0
P10'	0.001	0.001	0.001	0.002	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。

3. 下鏡の応力計算

3.1 一般事項

本章は、下鏡の応力計算について示すものである。

下鏡は、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、常設重大事故緩和設備及び常設重大事故防止設備（設計基準拡張）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の形状・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、部分ごとに数点の評価点を設けて評価を行い、**応力分類ごとに**厳しくなる評価点を記載する。

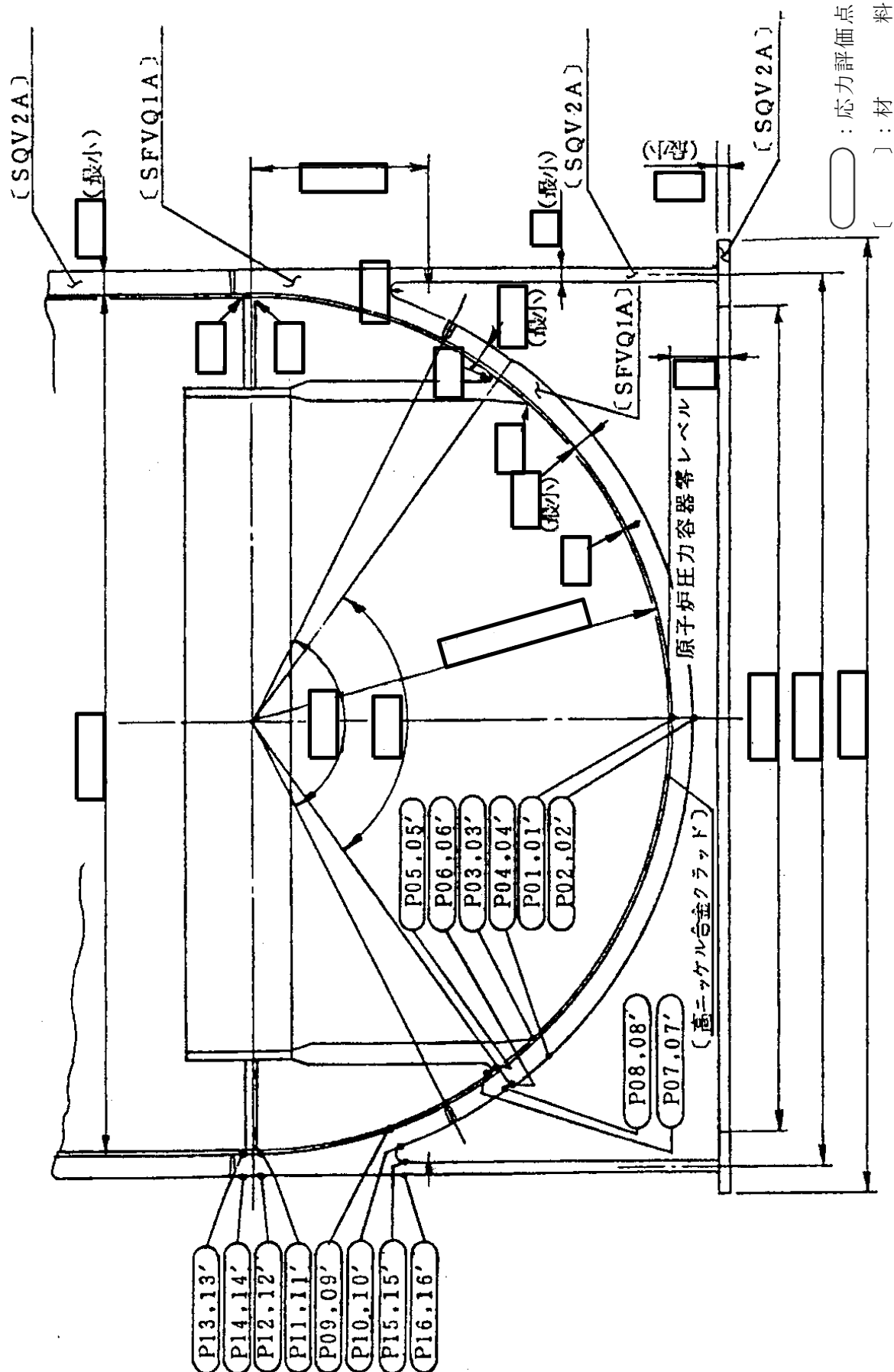


図3-1 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)

表3-1 計算結果の概要

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 強さ	許容 応力	応力 評価点	疲労* 累積係数	許容値	応力 評価点	応力 評価点
下鏡 SFVQ1A	Ⅲ A S	173	303	P01 - P02	202	395	P01 - P02	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ A S	173	320	P01 - P02	212	417	P01 - P02	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ A S	—	—	—	—	—	—	—	—	100	552	P04	0.009	1.0	P10	P10
	Ⅳ A S	—	—	—	—	—	—	—	—	213	552	P04	—	—	—	—
下鏡と円筒胴の 接合部 SFVQ1A	Ⅲ A S	178	303	P13 - P14	100	395	P13 - P14	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ A S	178	320	P13 - P14	115	417	P13 - P14	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ A S	—	—	—	—	—	—	—	—	61	552	P11	0.016	1.0	P13	P13
	Ⅳ A S	—	—	—	—	—	—	—	—	118	552	P11	—	—	—	—
原子炉圧力容器 支持スカートと 円筒胴の接合部 SFVQ1A	Ⅲ A S	72	303	P15' - P16'	72	391	P15' - P16'	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ A S	125	320	P15' - P16'	110	413	P15' - P16'	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ A S	—	—	—	—	—	—	—	—	126	552	P16	0.407	1.0	P15	P15
	Ⅳ A S	—	—	—	—	—	—	—	—	245	552	P16	—	—	—	—

注記*：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。

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。

3.2.3 外荷重条件

考慮した外荷重条件を「応力解析の方針」の4.3節に示す。

3.2.4 材料

各部の材料を図3-1に示す。

3.2.5 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。

3.2.6 荷重の組合せ

荷重の組合せを「応力解析の方針」の4.4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。

3.2.7 許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の3.5節に示す。

3.3 応力計算

3.3.1 応力評価点

応力評価点の位置を図3-1に示す。

なお、応力集中を生じる箇所の応力集中係数の計算方法は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)e.に定めるとおりである。

3.3.2 内圧による応力

(1) 荷重条件 (L01)

各運転状態による内圧は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)e.に定めるとおりである。評価圧力は以下のとおりとする。

内圧 : 8.45 MPa

(2) 計算方法

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

なお、内圧による応力は、既工認の最高使用圧力による応力に圧力比を乗じて計算する。

3.3.3 外荷重による応力

(1) 荷重条件 (L04, L08, L14及びL16)

外荷重を「応力解析の方針」の表4-1(1)に示す。

(2) 計算方法

ボルト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)e.に定めるとおりである。

3.3.4 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5.3.2項に定めるとおりである。

3.4 応力強さの評価

3.4.1 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3.5節に示す許容応力を満足する。

3.4.2 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3-3に示す。

表3-3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。

3.4.3 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3-4に示す。

表3-4より、すべての評価点において $S_n^{\#1}$ 及び $S_n^{\#2}$ は、 $3 \cdot S_m$ 以下であり、「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

3.5 繰返し荷重の評価

3.5.1 疲労解析

下鏡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

最も厳しい応力評価点における疲労累積係数の計算結果を表3-5に示す。また，各応力評価点における疲労累積係数を表3-6に示す。

表3-6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。

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ⅢA S		許容応力状態ⅣA S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	173	303	173	320
P01' P02'	173	303	173	320
P03 P04	101	303	105	320
P03' P04'	92	303	87	320
P05 P06	88	303	88	320
P05' P06'	88	303	88	320
P07 P08	92	303	92	320
P07' P08'	92	303	92	320
P09 P10	92	303	92	320
P09' P10'	92	303	92	320
P11 P12	103	303	113	320
P11' P12'	92	303	92	320
P13 P14	178	303	178	320
P13' P14'	178	303	178	320
P15 P16	45	303	98	320
P15' P16'	72	303	125	320

表3-3 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ⅢA S		許容応力状態ⅣA S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	202	395	212	417
P01' P02'	182	395	173	417
P03 P04	126	395	164	417
P03' P04'	75	395	64	417
P05 P06	106	395	136	417
P05' P06'	56	395	36	417
P07 P08	117	395	145	417
P07' P08'	71	395	48	417
P09 P10	105	395	121	417
P09' P10'	78	395	76	417
P11 P12	93	395	100	417
P11' P12'	92	395	98	417
P13 P14	100	395	115	417
P13' P14'	83	395	77	417
P15 P16	57	391	103	413
P15' P16'	72	391	110	413

表3-4(1) 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 ($P_L + P_b + Q$)		
	$S_n^{\#1}$	$S_n^{\#2}$	許容値 $3 \cdot S_m$
P01	19	37	552
P01'	19	37	552
P02	24	49	552
P02'	24	49	552
P03	94	204	552
P03'	94	204	552
P04	100	213	552
P04'	100	213	552
P05	42	90	552
P05'	42	90	552
P06	71	153	552
P06'	71	153	552
P07	55	115	552
P07'	55	115	552
P08	48	104	552
P08'	48	104	552
P09	38	87	552
P09'	38	87	552
P10	52	107	552
P10'	52	107	552
P11	61	118	552
P11'	61	118	552
P12	27	58	552
P12'	27	58	552
P13	30	61	552
P13'	30	61	552
P14	52	94	552
P14'	52	94	552

表3-4(2) 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 ($P_L + P_b + Q$)		
	$S_n \# 1$	$S_n \# 2$	許容値 $3 \cdot S_m$
P15	94	179	552
P15'	94	179	552
P16	126	245	552
P16'	126	245	552

表3-5(1) 疲労累積係数

応力評価点 —— P10
材 料 —— SFVQ1A

No.	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	S _ℓ ^{*1} (MPa)	S _ℓ ^{'*2} (MPa)	N _a	N _c	N _c /N _a
1	52	—	96	48	56	1000000	300	0.000
疲労累積係数 U _{Sd} =								0.001
2	107	—	196	98	115	186875	150	0.001
疲労累積係数 U _{Ss} =								0.001
疲労累積係数 U _n =								0.008
疲労累積係数 U _f = U _n + U _{Ss} =								0.009

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（E₀/E）を乗じた値である。

E₀ = MPa, E = MPa

表3-5(2) 疲労累積係数

応力評価点 —— P13
材 料 —— SFVQ1A

No.	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	S _ℓ ^{*1} (MPa)	S _ℓ ^{'*2} (MPa)	N _a	N _c	N _c / N _a
1	30	—	66	33	39	1000000	300	0.000
疲労累積係数 U _{Sd} =								0.001
2	19	—	117	59	69	1000000	150	0.000
疲労累積係数 U _{Ss} =								0.001
疲労累積係数 U _n =								0.016
疲労累積係数 U _f = U _n + U _{Sd} =								0.016

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（E₀／E）を乗じた値である。

E₀ = MPa, E = MPa

表3-5(3) 疲労累積係数

応力評価点 —— P15
材 料 —— SFVQ1A

No.	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	S _ℓ ^{*1} (MPa)	S _ℓ ^{'*2} (MPa)	N _a	N _c	N _c /N _a
1	63	—	132	66	78	1000000	300	0.000
疲労累積係数 U _{Sd} =								0.001
2	117	—	244	122	144	79375	150	0.002
疲労累積係数 U _{Ss} =								0.002
疲労累積係数 U _n =								0.405
疲労累積係数 U _f = U _n + U _{Ss} =								0.407

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（E₀/E）を乗じた値である。

E₀ = MPa, E = MPa

表3-6 疲労累積係数の評価のまとめ

応力評価点	疲労累積係数				
	U_n	U_{S_d}	U_{S_s}	U_f^*	許容値
P01	0.002	0.001	0.001	0.002	1.0
P01'	0.002	0.001	0.001	0.002	1.0
P02	0.002	0.001	0.001	0.002	1.0
P02'	0.002	0.001	0.001	0.002	1.0
P03	0.000	0.001	0.002	0.002	1.0
P03'	0.000	0.001	0.002	0.002	1.0
P04	0.000	0.001	0.001	0.001	1.0
P04'	0.000	0.001	0.001	0.001	1.0
P05	0.003	0.001	0.001	0.004	1.0
P05'	0.003	0.001	0.001	0.004	1.0
P06	0.001	0.001	0.001	0.001	1.0
P06'	0.001	0.001	0.001	0.001	1.0
P07	0.000	0.001	0.001	0.001	1.0
P07'	0.000	0.001	0.001	0.001	1.0
P08	0.004	0.001	0.001	0.004	1.0
P08'	0.004	0.001	0.001	0.004	1.0
P09	0.006	0.001	0.001	0.007	1.0
P09'	0.006	0.001	0.001	0.007	1.0
P10	0.008	0.001	0.001	0.009	1.0
P10'	0.008	0.001	0.001	0.009	1.0
P11	0.015	0.001	0.002	0.016	1.0
P11'	0.015	0.001	0.002	0.016	1.0
P12	0.001	0.001	0.001	0.002	1.0
P12'	0.001	0.001	0.001	0.002	1.0
P13	0.016	0.001	0.001	0.016	1.0
P13'	0.016	0.001	0.001	0.016	1.0
P14	0.001	0.001	0.001	0.002	1.0
P14'	0.001	0.001	0.001	0.002	1.0
P15	0.405	0.001	0.002	0.407	1.0
P15'	0.405	0.001	0.002	0.407	1.0
P16	0.027	0.001	0.002	0.029	1.0
P16'	0.027	0.001	0.002	0.029	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。

4. 制御棒貫通孔の応力計算

4.1 一般事項

本章は、制御棒貫通孔の応力計算について示すものである。

制御棒貫通孔は、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、常設重大事故緩和設備及び常設重大事故防止設備（設計基準拡張）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。

注：以下、制御棒駆動機構ハウジングを「ハウジング」、制御棒貫通孔スタブチューブを「スタブチューブ」という。

4.1.1 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。

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
R_i	スタブチューブの内半径	mm
t	スタブチューブの最小厚さ	mm
A	スタブチューブの断面積	mm ²
Z	スタブチューブの断面係数	mm ³
σ_{ca}	許容応力	MPa
L	スタブチューブの最大長さ	m

4.1.2 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図4-1に示す。

4.1.3 解析範囲

解析範囲を図4-1に示す。

4.1.4 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、部分ごとに数点の評価点を設けて評価を行い、**応力分類ごとに**厳しくなる評価点を記載する。

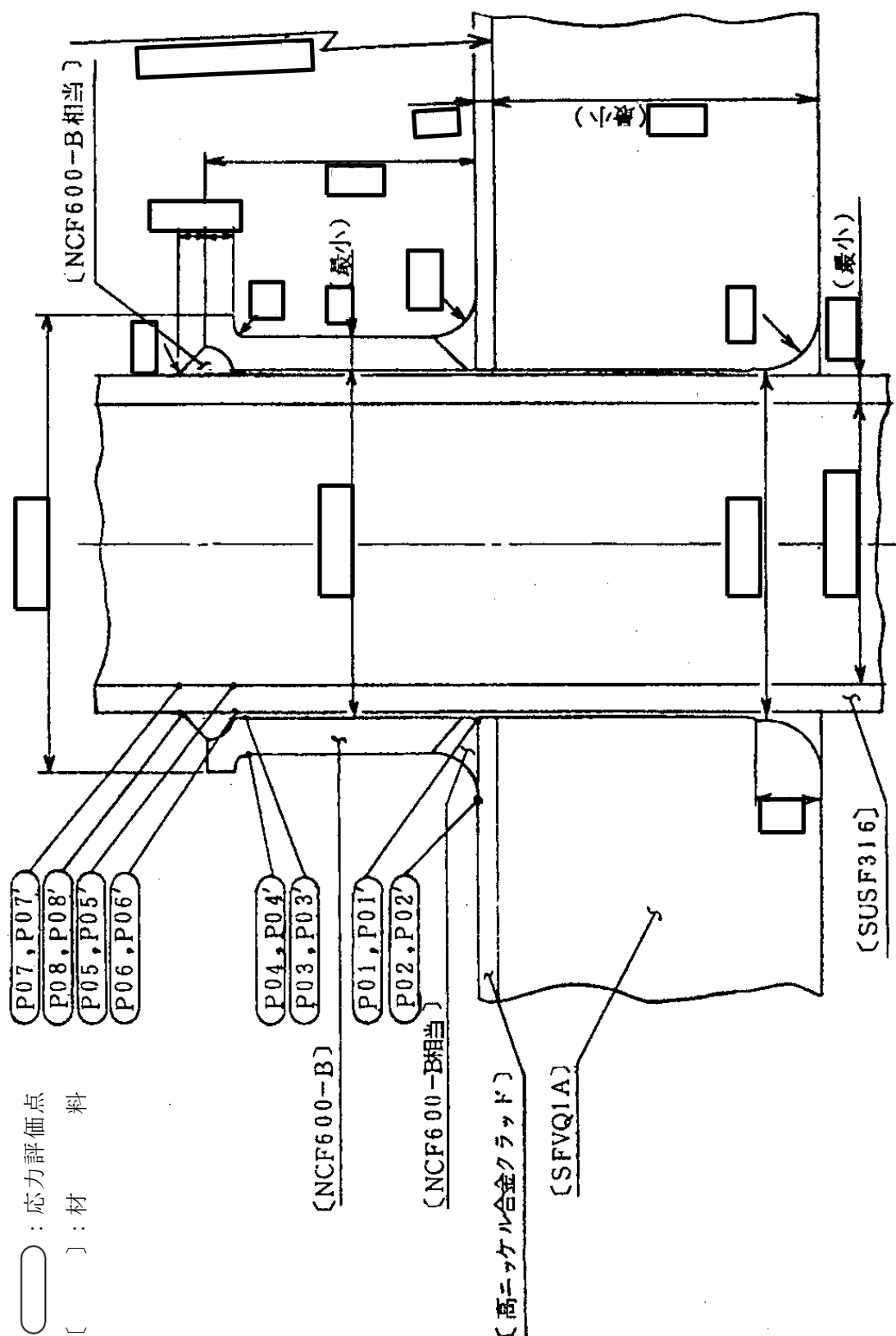


図4-1 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)

表4-1(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	許容値	応力 評価点
スタブチューブ NCF600-B NCF600-B相当	Ⅲ A S	52	196	P01 - P02	83	271	P03 - P04	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ A S	55	334	P01 - P02	123	460	P03 - P04	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ A S	—	—	—	—	—	—	162	492	P03	0.187	1.0	P03
	Ⅳ A S	—	—	—	—	—	—	348	492	P03			
ハウジング SUSF316	Ⅲ A S	61	143	P05' - P06'	89	198	P05' - P06'	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ A S	62	284	P05' - P06'	115	395	P05' - P06'	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ A S	—	—	—	—	—	—	82	360	P06	0.059	1.0	P06
	Ⅳ A S	—	—	—	—	—	—	193	360	P08			

注記＊：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。

表4-1(2) 計算結果の概要

部分及び材料	許容応力状態	座屈に対する評価 (単位：MPa)	
		圧縮応力	許容応力
スタブチューブ NCF600-B	Ⅲ A S	52	99
	Ⅳ A S	103	124

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。

4.2.3 外荷重条件

考慮した外荷重条件を「応力解析の方針」の4.3節に示す。

4.2.4 材料

各部の材料を図4-1に示す。

4.2.5 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。

4.2.6 荷重の組合せ

荷重の組合せを「応力解析の方針」の4.4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。

4.2.7 許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の3.5節に示す。

4.3 応力計算

4.3.1 応力評価点

応力評価点の位置を図4-1に示す。

なお、応力集中を生じる箇所の応力集中係数の計算方法は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)f.に定めるとおりである。

4.3.2 内圧による応力

(1) 荷重条件 (L01)

各運転状態による内圧は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)f.に定めるとおりである。評価圧力は以下のとおりとする。

内圧 : 8.45 MPa

(2) 計算方法

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

なお、内圧による応力は、既工認の最高使用圧力による応力に圧力比を乗じて計算する。

4.3.3 外荷重による応力

(1) 荷重条件 (L04, L08, L14及びL16)

外荷重を「応力解析の方針」の表4-1(2)に示す。

(2) 計算方法

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

4.3.4 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5.3.2項に定めるとおりである。

4.4 応力強さの評価

4.4.1 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4-2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3.5節に示す許容応力を満足する。

4.4.2 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4-3に示す。

表4-3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。

4.4.3 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4-4に示す。

表4-4より、すべての評価点において $S_n^{\#1}$ 及び $S_n^{\#2}$ は、 $3 \cdot S_m$ 以下であり、「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

4.5 繰返し荷重の評価

4.5.1 疲労解析

スタブチューブ及びハウジング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

それぞれの部分で最も厳しい応力評価点における疲労累積係数の計算結果を表4-5に示す。また、各応力評価点における疲労累積係数を表4-6に示す。

表4-6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。

4.6 特別な応力の評価

4.6.1 座屈に対する評価

スタブチューブには、制御棒貫通孔に作用する鉛直力及びモーメントにより、圧縮応力が生じる。したがって、これらの荷重の組合せにより発生する圧縮応力の評価を行う。

(1) 計算データ

スタブチューブの内半径 $R_i = \boxed{} \text{ mm}$

スタブチューブの最小厚さ $t = \boxed{} \text{ mm}$

スタブチューブの断面積

$$A = \pi \cdot \{(R_i + t)^2 - R_i^2\} = \pi \times \boxed{} = \boxed{} \text{ mm}^2$$

スタブチューブの断面係数

$$Z = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{(R_i + t)^4 - R_i^4}{R_i + t} = \frac{\pi}{4} \times \frac{\boxed{}}{\boxed{}} = \boxed{} \text{ mm}^3$$

(2) 荷重

スタブチューブに作用する鉛直力及びモーメントを「応力解析の方針」の表4-1(2)に示す。

(3) 圧縮応力

計算データ（断面性能）を基に、表4-7に示す各許容応力状態の荷重によってスタブチューブに発生する圧縮応力を表4-8に示す。

(4) 許容応力

各許容応力状態における許容応力の計算は、設計・建設規格 PVB-3117を準用して計算する。

a. 許容応力状態ⅢAS

許容応力状態ⅢASにおける許容応力 σ_{ca} は、次のように得られる。

$$\sigma_{ca} = 1.2 \text{MIN}[S_m, B]$$

ここで、

$$S_m = 164 \text{ MPa}$$

$$B = 83 \text{ MPa}$$

(°Cにおける値)

このうちB値は、設計・建設規格 PVB-3117より、次のようにして求める。

設計・建設規格 付録材料図表 Part7 図1より

$$A = \frac{0.125}{R_i / t} = \frac{0.125}{\text{}} = 0.0246063$$

を用いて、設計・建設規格 付録材料図表 Part7 図7より

$$B = 83 \text{ MPa}$$

よって、許容応力 σ_{ca} は、

$$\sigma_{ca} = 1.2 \cdot B = 1.2 \times 83 = 99 \text{ MPa}$$

b. 許容応力状態ⅣAS

許容応力状態ⅣASにおける許容応力 σ_{ca} は、次のように得られる。

$$\sigma_{ca} = 1.5 \text{MIN}[S_m, B]$$

よって、許容応力 σ_{ca} は、

$$\sigma_{ca} = 1.5 \cdot B = 1.5 \times 83 = 124 \text{ MPa}$$

(5) 座屈に対する評価

各許容応力状態における座屈に対する評価を表4-8に示す。

表4-8より、各許容応力状態における圧縮応力は、許容応力を満足するため、座屈は発生しない。

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	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	52	196	55	334
P01' P02'	48	196	48	334
P03 P04	52	196	55	334
P03' P04'	48	196	48	334
P05 P06	59	143	58	284
P05' P06'	61	143	62	284
P07 P08	7	143	11	284
P07' P08'	2	143	6	284

表4-3 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	36	271	77	460
P01' P02'	38	271	78	460
P03 P04	83	271	123	460
P03' P04'	48	271	72	460
P05 P06	44	198	44	395
P05' P06'	89	198	115	395
P07 P08	31	198	70	395
P07' P08'	25	198	65	395

表4-4 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 ($P_L + P_b + Q$)		
	$S_n \# 1$	$S_n \# 2$	許容値 $3 \cdot S_m$
P01	38	80	492
P01'	38	80	492
P02	23	52	492
P02'	23	52	492
P03	162	348	492
P03'	162	348	492
P04	24	54	492
P04'	24	54	492
P05	24	68	360
P05'	24	68	360
P06	82	133	360
P06'	82	133	360
P07	33	53	360
P07'	33	53	360
P08	70	193	360
P08'	70	193	360

表4-5(1) 疲労累積係数

応力評価点 —— P03
材 料 —— NCF600-B

No.	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	S _ℓ ^{*1} (MPa)	S _ℓ ^{'*2} (MPa)	N _a	N _c	N _c / N _a
1	161	—	807	403	397	16554	300	0.018
疲労累積係数 U _{Sd} =								0.019
2	348	—	1740	870	857	870	150	0.172
疲労累積係数 U _{Ss} =								0.173
疲労累積係数 U _n =								0.014
疲労累積係数 U _f = U _n + U _{Ss} =								0.187

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（E₀／E）を乗じた値である。

E₀ = MPa, E = MPa

表4－5(2) 疲労累積係数

応力評価点 —— P06
材 料 —— SUSF316

No.	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	S _ℓ ^{*1} (MPa)	S _ℓ ^{'*2} (MPa)	N _a	N _c	N _c ／N _a
1	81	—	406	203	225	359583	300	0.001
疲労累積係数 U _{S_d} ＝								0.001
2	133	—	663	332	367	24406	150	0.006
疲労累積係数 U _{S_s} ＝								0.007
疲労累積係数 U _n ＝								0.052
疲労累積係数 U _f ＝U _n ＋U _{S_s} ＝								0.059

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（E₀／E）を乗じた値である。

E₀＝MPa, E＝MPa

表4-6 疲労累積係数の評価のまとめ

応力評価点	疲労累積係数				
	U_n	U_{S_d}	U_{S_s}	U_f^*	許容値
P01	0.001	0.000	0.000	0.001	1.0
P01'	0.001	0.000	0.000	0.001	1.0
P02	0.001	0.000	0.000	0.001	1.0
P02'	0.001	0.000	0.000	0.001	1.0
P03	0.014	0.019	0.173	0.187	1.0
P03'	0.014	0.019	0.173	0.187	1.0
P04	0.001	0.000	0.000	0.001	1.0
P04'	0.001	0.000	0.000	0.001	1.0
P05	0.001	0.000	0.000	0.001	1.0
P05'	0.001	0.000	0.000	0.001	1.0
P06	0.052	0.001	0.007	0.059	1.0
P06'	0.052	0.001	0.007	0.059	1.0
P07	0.001	0.000	0.000	0.001	1.0
P07'	0.001	0.000	0.000	0.001	1.0
P08	0.001	0.000	0.000	0.001	1.0
P08'	0.001	0.000	0.000	0.001	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。

表4-7 座屈に対する評価に用いる荷重

許容応力状態	鉛直力 ^{*1} V (kN)	モーメント ^{*2} M (kN・m)
ⅢAS	86.8	12.3
ⅣAS	109.6	27.2

注記*1：「応力解析の方針」の4.2節に示す $V_1 + V_2$ の値

*2：「応力解析の方針」の4.2節に示す $M_1 + M_2 + (H_1 + H_2) \cdot L$ の値

Lは、スタブチューブの最大長さ= mである。

表4-8 座屈に対する評価

(単位：MPa)

許容応力状態	圧縮応力	許容応力
ⅢAS	52	99
ⅣAS	103	124

5. 原子炉中性子計装孔の応力計算

5.1 一般事項

本章は、原子炉中性子計装孔の応力計算について示すものである。

原子炉中性子計装孔は、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，常設重大事故緩和設備及び常設重大事故防止設備（設計基準拡張）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の形状・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，部分ごとに数点の評価点を設けて評価を行い，**応力分類ごとに**厳しくなる評価点を記載する。

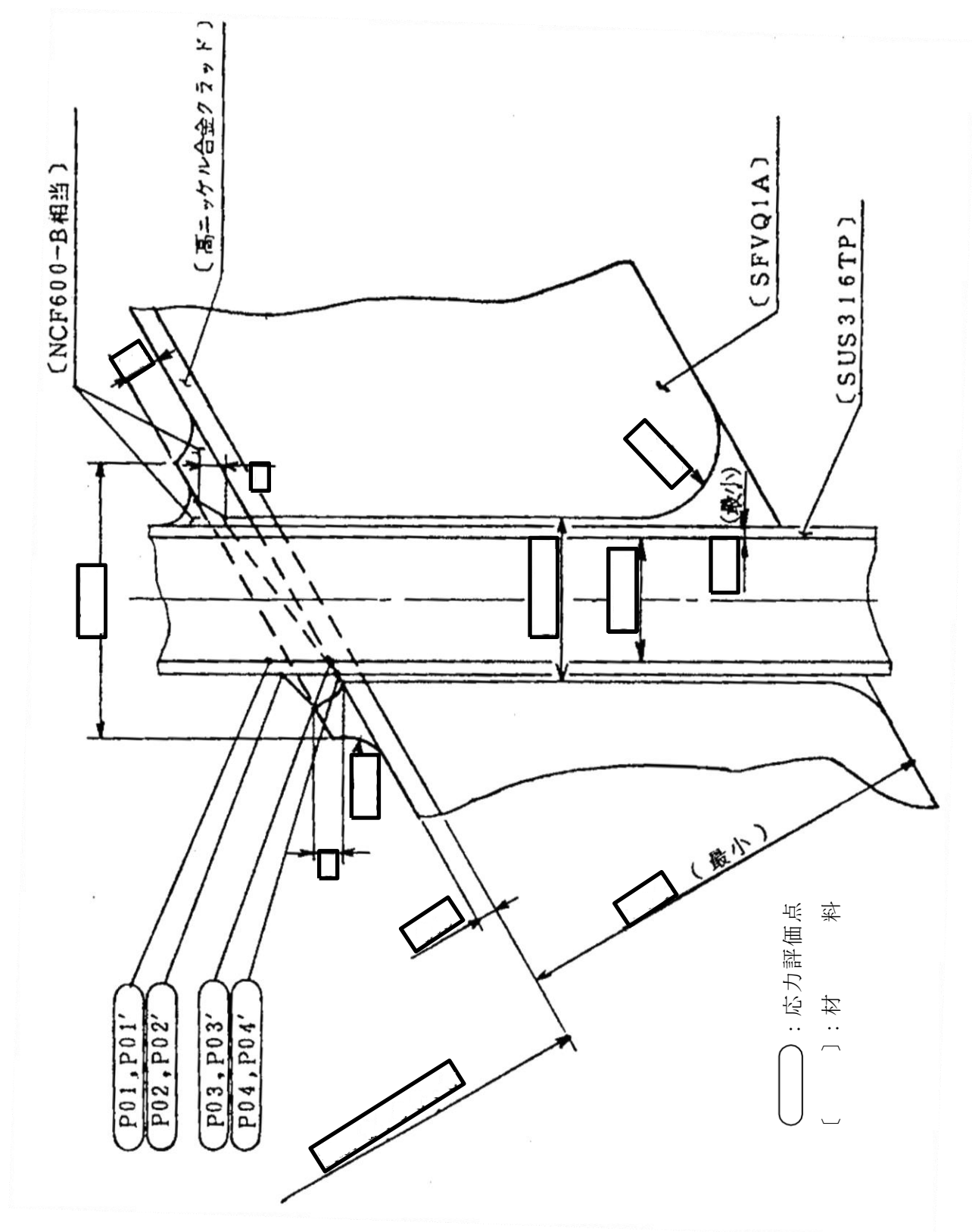


図5-1 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)

表5-1 計算結果の概要

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*1 累積係数	許容値	応力 評価点
原子炉 中性子計装 ハウジング SUS316TP	Ⅲ A S	48	143	P03 - P04	181	202	P01' - P02'	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ A S	102	284	P03' - P04'	240	403	P01' - P02'	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ A S	—	—	—	—	—	—	371*2	360	P02	0.963	1.0	P04
	Ⅳ A S	—	—	—	—	—	—	463*2	360	P02			

注：管台（穴の周辺部）については設計・建設規格 PVB-3510(1)により，応力評価は不要である。

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・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。

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。

5.2.3 外荷重条件

考慮した外荷重条件を「応力解析の方針」の4.3節に示す。

5.2.4 材料

各部の材料を図5-1に示す。

5.2.5 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。

5.2.6 荷重の組合せ

荷重の組合せを「応力解析の方針」の4.4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。

5.2.7 許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の3.5節に示す。

5.3 応力計算

5.3.1 応力評価点

応力評価点の位置を図5-1に示す。

なお、応力集中を生じる箇所の応力集中係数の計算方法は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)g.に定めるとおりである。

5.3.2 内圧による応力

(1) 荷重条件 (L01)

各運転状態による内圧は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)g.に定めるとおりである。評価圧力は以下のとおりとする。

内圧 : 8.59 MPa

(2) 計算方法

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

なお、内圧による応力は、既工認の最高使用圧力による応力に圧力比を乗じて計算する。

5.3.3 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(3)に示す。

(2) 計算方法

外荷重による応力の計算方法は、「応力解析の方針」の参照図書(1)f.と同様である。

5.3.4 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5.3.2項に定めるとおりである。

5.4 応力強さの評価

5.4.1 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3.5節に示す許容応力を満足する。

5.4.2 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5-3に示す。

表5-3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。

5.4.3 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5-4に示す。

表5-4より、以下の評価点を除くすべての評価点において $S_n^{\#1}$ 及び $S_n^{\#2}$ は、 $3 \cdot S_m$ 以下であり、「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

P02, P02', P04及びP04'

一次＋二次応力強さの最大範囲が $3 \cdot S_m$ を超える上記の応力評価点にあつては、「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。

5.5 繰返し荷重の評価

5.5.1 疲労解析

原子炉中性子計装孔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

最も厳しい応力評価点における疲労累積係数の計算結果を表5-5に示す。また、各応力評価点における疲労累積係数を表5-6に示す。

表5-6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。

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	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	3	143	4	284
P01’ P02’	4	143	5	284
P03 P04	48	143	101	284
P03’ P04’	47	143	102	284

表5-3 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	171	202	230	403
P01' P02'	181	202	240	403
P03 P04	81	202	190	403
P03' P04'	57	202	166	403

表5-4 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 ($P_L + P_b + Q$)		
	$S_n \#1$	$S_n \#2$	許容値 $3 \cdot S_m$
P01	61	115	360
P01'	61	115	360
P02	371 *	463 *	360
P02'	371 *	463 *	360
P03	47	38	360
P03'	47	38	360
P04	113	375 *	360
P04'	113	375 *	360

注記＊：簡易弾塑性解析を行う。

表5-5 疲労累積係数

応力評価点 —— P04
材 料 —— SUS316TP

No.	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	S _ℓ ^{*1} (MPa)	S _ℓ ^{'*2} (MPa)	N _a	N _c	N _c / N _a
1	113	—	538	269	298	72769	300	0.004
疲労累積係数 U _{Sd} =								0.005
2	375	1.568	1714	1344	1489	163	150	0.920
疲労累積係数 U _{Ss} =								0.921
疲労累積係数 U _n =								0.042
疲労累積係数 U _f = U _n + U _{Ss} =								0.963

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（E₀／E）を乗じた値である。

E₀ = MPa, E = MPa

表5-6 疲労累積係数の評価のまとめ

応力評価点	疲労累積係数				
	U_n	U_{S_d}	U_{S_s}	U_f^*	許容値
P01	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P01'	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P02	0.000	0.004	0.018	0.018	1.0
P02'	0.000	0.004	0.018	0.018	1.0
P03	0.031	0.000	0.000	0.031	1.0
P03'	0.031	0.000	0.000	0.031	1.0
P04	0.042	0.005	0.921	0.963	1.0
P04'	0.042	0.005	0.921	0.963	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。

6. 再循環水出口ノズル（N1）の応力計算

6.1 一般事項

本章は、再循環水出口ノズル（N1）の応力計算について示すものである。

再循環水出口ノズル（N1）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、常設重大事故緩和設備及び常設重大事故防止設備（設計基準拡張）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。

6.1.1 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図6-1に示す。

6.1.2 解析範囲

解析範囲を図6-1に示す。

6.1.3 計算結果の概要

計算結果の概要を表6-1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、部分ごとに数点の評価点を設けて評価を行い、**応力分類ごとに**厳しくなる評価点を記載する。

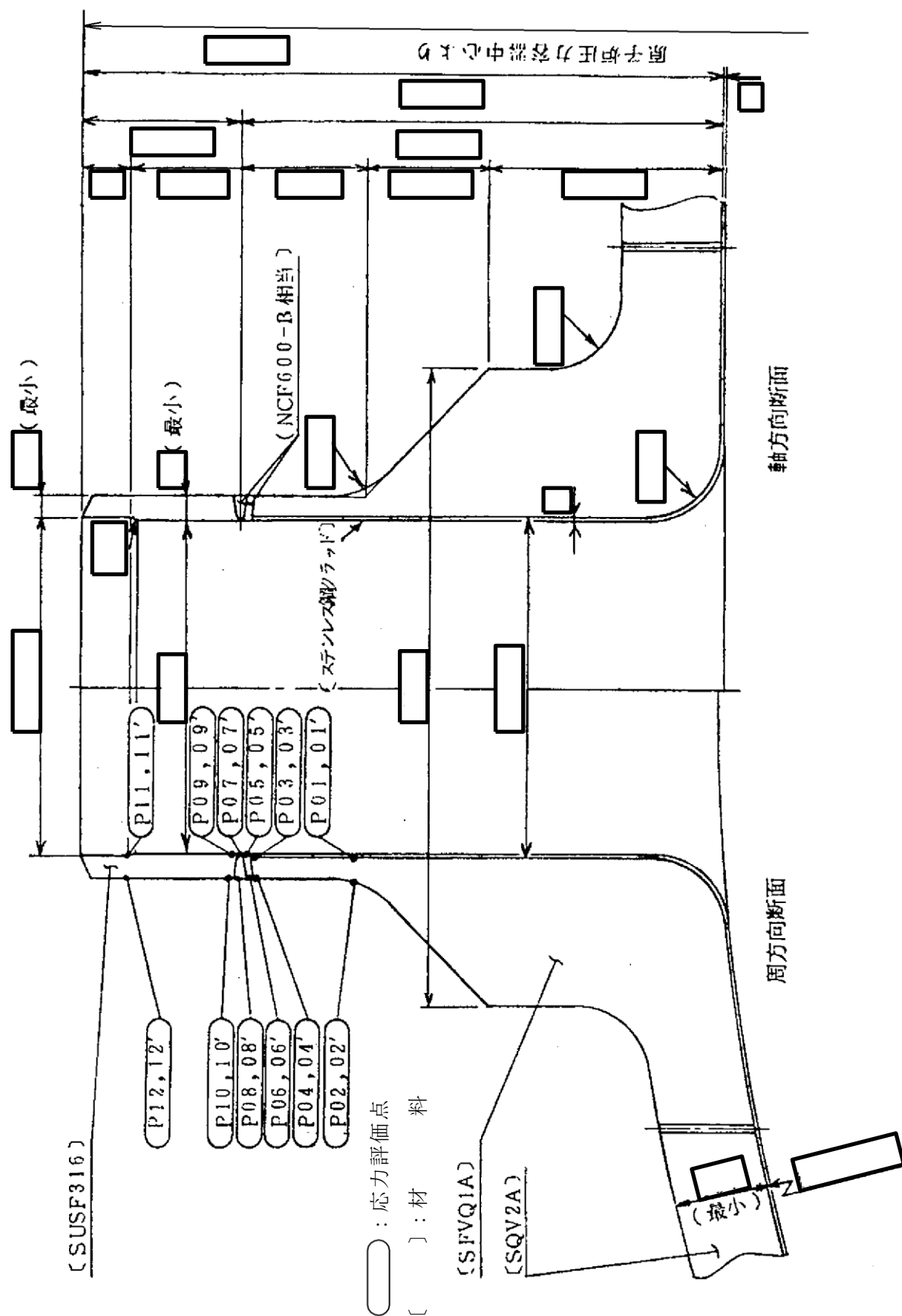


図6-1 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)

表6-1 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*1 累積係数	許容値	応力 評価点
ノズルエンド SFVQ1A	ⅢA S	87	303	P01 - P02	225	406	P01 - P02	—	—	—	—	—	—
	ⅣA S	106	320	P01 - P02	387	429	P01' - P02'	—	—	—	—	—	—
	ⅢA S	—	—	—	—	—	—	337	552	P02	0.137	1.0	P02
	ⅣA S	—	—	—	—	—	—	629*2	552	P02			
ノズル－ セーフエンド 溶接部 NCF600-B相当	ⅢA S	72	196	P05 - P06	175	266	P05 - P06	—	—	—	—	—	—
	ⅣA S	88	334	P05 - P06	300	452	P05' - P06'	—	—	—	—	—	—
	ⅢA S	—	—	—	—	—	—	285	492	P05	0.003	1.0	P05
	ⅣA S	—	—	—	—	—	—	532*2	492	P05			
ノズル セーフエンド SUSF316	ⅢA S	74	143	P11 - P12	173	193	P09 - P10	—	—	—	—	—	—
	ⅣA S	90	284	P11 - P12	296	385	P09' - P10'	—	—	—	—	—	—
	ⅢA S	—	—	—	—	—	—	279	360	P09	0.021	1.0	P09
	ⅣA S	—	—	—	—	—	—	521*2	360	P09			

注：管台（穴の周辺部）については設計・建設規格 PVB-3510(1)により，応力評価は不要である。

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。

6.2 計算条件

6.2.1 設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の4.1節に示す。

6.2.2 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。

6.2.3 外荷重条件

考慮した外荷重条件を「応力解析の方針」の4.3節に示す。

6.2.4 材料

各部の材料を図6-1に示す。

6.2.5 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。

6.2.6 荷重の組合せ

荷重の組合せを「応力解析の方針」の4.4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。

6.2.7 許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の3.5節に示す。

6.3 応力計算

6.3.1 応力評価点

応力評価点の位置を図6-1に示す。

なお、応力集中を生じる箇所の応力集中係数の計算方法は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)h.に定めるとおりである。

6.3.2 内圧による応力

(1) 荷重条件 (L01)

各運転状態による内圧は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)h.に定めるとおりである。評価圧力は以下のとおりとする。

内圧 : 8.28 MPa

(2) 計算方法

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

なお、内圧による応力は、既工認の最高使用圧力による応力に圧力比を乗じて計算する。

6.3.3 外荷重による応力

(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)に示す。

(2) 計算方法

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

6.3.4 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5.3.2項に定めるとおりである。

6.4 応力強さの評価

6.4.1 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6-2に示す。

表6-2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3.5節に示す許容応力を満足する。

6.4.2 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6-3に示す。

表6-3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。

6.4.3 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6-4に示す。

表6-4より、以下の評価点を除くすべての評価点において $S_n^{\#1}$ 及び $S_n^{\#2}$ は、 $3 \cdot S_m$ 以下であり、「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

P02, P02', P05, P05', P06, P06', P07, P07', P08, P08', P09, P09', P10, P10',
P11, P11', P12及びP12'

一次＋二次応力強さの最大範囲が $3 \cdot S_m$ を超える上記の応力評価点にあつては、「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。

6.5 繰返し荷重の評価

6.5.1 疲労解析

ノズルエンド及びノズルセーフエンド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

それぞれの部分で最も厳しい応力評価点における疲労累積係数の計算結果を表6-5に示す。また、各応力評価点における疲労累積係数を表6-6に示す。

表6-6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。

表6-2 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ⅢA S		許容応力状態ⅣA S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	87	303	106	320
P01' P02'	86	303	102	320
P03 P04	87	303	106	320
P03' P04'	86	303	102	320
P05 P06	72	196	88	334
P05' P06'	71	196	84	334
P07 P08	72	196	88	334
P07' P08'	71	196	84	334
P09 P10	72	143	88	284
P09' P10'	71	143	84	284
P11 P12	74	143	90	284
P11' P12'	73	143	86	284

表6-3 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ⅢA S		許容応力状態ⅣA S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	225	406	387	429
P01' P02'	225	406	387	429
P03 P04	208	406	355	429
P03' P04'	208	406	356	429
P05 P06	175	266	300	452
P05' P06'	175	266	300	452
P07 P08	173	266	296	452
P07' P08'	173	266	296	452
P09 P10	173	193	296	385
P09' P10'	173	193	296	385
P11 P12	163	193	275	385
P11' P12'	162	193	276	385

表6-4 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 ($P_L + P_b + Q$)		
	$S_n^{\#1}$	$S_n^{\#2}$	許容値 $3 \cdot S_m$
P01	113	210	552
P01'	113	210	552
P02	337	629 *	552
P02'	337	629 *	552
P03	286	534	552
P03'	286	534	552
P04	273	511	552
P04'	273	511	552
P05	285	532 *	492
P05'	285	532 *	492
P06	271	507 *	492
P06'	271	507 *	492
P07	281	524 *	492
P07'	281	524 *	492
P08	276	515 *	492
P08'	276	515 *	492
P09	279	521 *	360
P09'	279	521 *	360
P10	268	501 *	360
P10'	268	501 *	360
P11	234	438 *	360
P11'	234	438 *	360
P12	267	500 *	360
P12'	267	500 *	360

注記＊：簡易弾塑性解析を行う。

表6-5(1) 疲労累積係数

応力評価点 —— P02
材 料 —— SFVQ1A

No.	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	S _ℓ ^{*1} (MPa)	S _ℓ ^{'*2} (MPa)	N _a	N _c	N _c / N _a
1	336	—	391	196	230	15467	300	0.019
疲労累積係数 U _{S_d} =								0.020
2	629	1.279	731	468	550	1110	150	0.135
疲労累積係数 U _{S_s} =								0.136
疲労累積係数 U _n =								0.001
疲労累積係数 U _f = U _n + U _{S_s} =								0.137

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（E₀ / E）を乗じた値である。

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

表6-5(2) 疲労累積係数

応力評価点 —— P05
材 料 —— NCF600-B相当

No.	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	S _ℓ ^{*1} (MPa)	S _ℓ ^{'*2} (MPa)	N _a	N _c	N _c /N _a
1	284	—	284	142	140	3230615	300	0.000
疲労累積係数 U _{Sd} =								0.000
2	531	1.155	531	307	302	67129	150	0.002
疲労累積係数 U _{Ss} =								0.003
疲労累積係数 U _n =								0.000
疲労累積係数 U _f = U _n + U _{Ss} =								0.003

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（E₀/E）を乗じた値である。

E₀ = MPa, E = MPa

表6-5(3) 疲労累積係数

応力評価点 —— P09
材 料 —— SUSF316

No.	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	S _ℓ ^{*1} (MPa)	S _ℓ ^{'*2} (MPa)	N _a	N _c	N _c /N _a
1	278	—	278	139	154	2159084	300	0.000
疲労累積係数 U _{Sd} =								0.001
2	520	1.647	520	428	475	7444	150	0.020
疲労累積係数 U _{Ss} =								0.021
疲労累積係数 U _n =								0.000
疲労累積係数 U _f = U _n + U _{Ss} =								0.021

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（E₀/E）を乗じた値である。

E₀ = MPa, E = MPa

表6-6 疲労累積係数の評価のまとめ

応力評価点	疲労累積係数				
	U_n	U_{S_d}	U_{S_s}	U_f^*	許容値
P01	0.000	0.001	0.001	0.001	1.0
P01'	0.000	0.001	0.001	0.001	1.0
P02	0.001	0.020	0.136	0.137	1.0
P02'	0.000	0.020	0.136	0.136	1.0
P03	0.002	0.008	0.026	0.028	1.0
P03'	0.000	0.008	0.026	0.026	1.0
P04	0.000	0.007	0.023	0.023	1.0
P04'	0.002	0.007	0.023	0.025	1.0
P05	0.000	0.000	0.003	0.003	1.0
P05'	0.000	0.000	0.003	0.003	1.0
P06	0.000	0.000	0.001	0.001	1.0
P06'	0.000	0.000	0.001	0.001	1.0
P07	0.000	0.000	0.002	0.002	1.0
P07'	0.000	0.000	0.002	0.002	1.0
P08	0.000	0.000	0.002	0.002	1.0
P08'	0.000	0.000	0.002	0.002	1.0
P09	0.000	0.001	0.021	0.021	1.0
P09'	0.000	0.001	0.021	0.021	1.0
P10	0.000	0.001	0.015	0.015	1.0
P10'	0.000	0.001	0.015	0.015	1.0
P11	0.000	0.000	0.006	0.006	1.0
P11'	0.000	0.000	0.006	0.006	1.0
P12	0.000	0.001	0.015	0.015	1.0
P12'	0.000	0.001	0.015	0.015	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。

7. 再循環水入口ノズル（N2）の応力計算

7.1 一般事項

本章は、再循環水入口ノズル（N2）の応力計算について示すものである。

再循環水入口ノズル（N2）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、常設重大事故緩和設備及び常設重大事故防止設備（設計基準拡張）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。

7.1.1 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図7-1に示す。

7.1.2 解析範囲

解析範囲を図7-1に示す。

7.1.3 計算結果の概要

計算結果の概要を表7-1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、部分ごとに数点の評価点を設けて評価を行い、**応力分類ごとに**厳しくなる評価点を記載する。

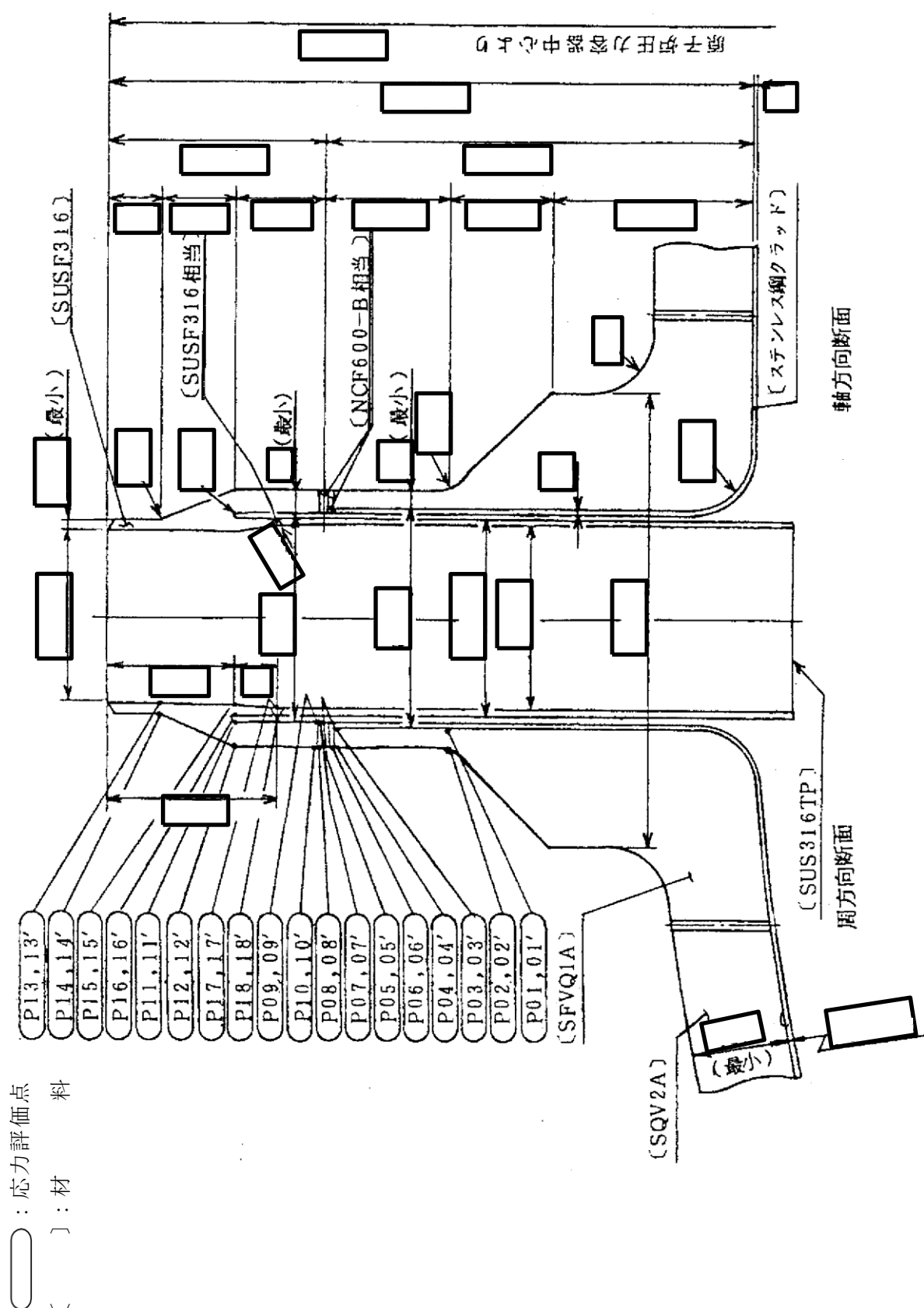


図7-1 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)

表7-1 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*1 累積係数	許容値	応力 評価点
ノズルエンド SFVQ1A	ⅢA S	59	303	P01 - P02	125	414	P01 - P02	—	—	—	—	—	—
	ⅣA S	68	320	P01 - P02	198	438	P01 - P02	—	—	—	—	—	—
	ⅢA S	—	—	—	—	—	—	145	552	P04	0.007	1.0	P02
	ⅣA S	—	—	—	—	—	—	301	552	P04			
ノズル－ セーフエンド 溶接部 NCF600-B相当	ⅢA S	47	196	P05 - P06	103	272	P05 - P06	—	—	—	—	—	—
	ⅣA S	55	334	P05 - P06	161	463	P05 - P06	—	—	—	—	—	—
	ⅢA S	—	—	—	—	—	—	154	492	P08	0.001	1.0	P08
	ⅣA S	—	—	—	—	—	—	320	492	P08			
ノズル セーフエンド SUSF316	ⅢA S	86	143	P13 - P14	177	193	P13 - P14	—	—	—	—	—	—
	ⅣA S	100	284	P13 - P14	295	384	P13' - P14'	—	—	—	—	—	—
	ⅢA S	—	—	—	—	—	—	355	360	P14	0.625	1.0	P11
	ⅣA S	—	—	—	—	—	—	735*2	360	P14			
ノズルセーフエ ンド－サーマル スリーブ溶接部 SUSF316相当	ⅢA S	37	143	P17' - P18'	144	188	P17' - P18'	—	—	—	—	—	—
	ⅣA S	60	284	P17' - P18'	201	375	P17' - P18'	—	—	—	—	—	—
	ⅢA S	—	—	—	—	—	—	262	360	P17	0.002	1.0	P18'
	ⅣA S	—	—	—	—	—	—	542*2	360	P17			

注：管台（穴の周辺部）については設計・建設規格 PVB-3510(1)により，応力評価は不要である。

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。

7.2 計算条件

7.2.1 設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の4.1節に示す。

7.2.2 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。

7.2.3 外荷重条件

考慮した外荷重条件を「応力解析の方針」の4.3節に示す。

7.2.4 材料

各部の材料を図7-1に示す。

7.2.5 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。

7.2.6 荷重の組合せ

荷重の組合せを「応力解析の方針」の4.4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。

7.2.7 許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の3.5節に示す。

7.3 応力計算

7.3.1 応力評価点

応力評価点の位置を図7-1に示す。

なお、応力集中を生じる箇所の応力集中係数の計算方法は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1) i. に定めるとおりである。

7.3.2 内圧及び差圧による応力

(1) 荷重条件 (L01及びVL02)

各運転状態による内圧及び差圧は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1) i. に定めるとおりである。評価圧力は以下のとおりとする。

内圧 : 8.28 MPa

差圧 : 1.73 MPa

(2) 計算方法

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

なお、内圧による応力は、既工認の最高使用圧力による応力に圧力比を乗じて計算する。

7.3.3 外荷重による応力

(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)及び表4-1(5)に示す。

(2) 計算方法

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

7.3.4 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5.3.2項に定めるとおりである。

7.4 応力強さの評価

7.4.1 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7-2に示す。

表7-2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3.5節に示す許容応力を満足する。

7.4.2 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7-3に示す。

表7-3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。

7.4.3 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7-4に示す。

表7-4より、以下の評価点を除くすべての評価点において $S_n^{\#1}$ 及び $S_n^{\#2}$ は、 $3 \cdot S_m$ 以下であり、「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

P11, P11', P14, P14', P17及びP17'

一次＋二次応力強さの最大範囲が $3 \cdot S_m$ を超える上記の応力評価点にあつては、「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。

7.5 繰返し荷重の評価

7.5.1 疲労解析

ノズルエンド、ノズルセーフエンド及びサーマルスリーブ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

それぞれの部分で最も厳しい応力評価点における疲労累積係数の計算結果を表7-5に示す。また、各応力評価点における疲労累積係数を表7-6に示す。

表7-6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。

表7-2 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	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01				
P02	59	303	68	320
P01'				
P02'	58	303	65	320
P03				
P04	59	303	68	320
P03'				
P04'	58	303	65	320
P05				
P06	47	196	55	334
P05'				
P06'	47	196	53	334
P07				
P08	47	196	55	334
P07'				
P08'	47	196	53	334
P09				
P10	47	143	55	284
P09'				
P10'	47	143	53	284
P11				
P12	47	143	55	284
P11'				
P12'	47	143	53	284
P13				
P14	86	143	100	284
P13'				
P14'	85	143	96	284
P15				
P16	20	143	33	284
P15'				
P16'	21	143	34	284
P17				
P18	36	143	57	284
P17'				
P18'	37	143	60	284

表7-3 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	125	414	198	438
P01' P02'	121	414	195	438
P03 P04	123	414	192	438
P03' P04'	119	414	188	438
P05 P06	103	272	161	463
P05' P06'	100	272	158	463
P07 P08	103	272	160	463
P07' P08'	99	272	157	463
P09 P10	103	198	160	395
P09' P10'	99	198	157	395
P11 P12	101	198	156	395
P11' P12'	98	198	153	395
P13 P14	177	193	295	384
P13' P14'	177	193	295	384
P15 P16	80	194	114	387
P15' P16'	86	194	121	387
P17 P18	132	188	189	375
P17' P18'	144	188	201	375

表7-4(1) 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 ($P_L + P_b + Q$)		
	$S_n^{\#1}$	$S_n^{\#2}$	許容値 $3 \cdot S_m$
P01	61	125	552
P01'	61	125	552
P02	144	298	552
P02'	144	298	552
P03	115	238	552
P03'	115	238	552
P04	145	301	552
P04'	145	301	552
P05	119	247	492
P05'	119	247	492
P06	150	310	492
P06'	150	310	492
P07	124	256	492
P07'	124	256	492
P08	154	320	492
P08'	154	320	492
P09	119	247	360
P09'	119	247	360
P10	148	306	360
P10'	148	306	360
P11	261	540 *	360
P11'	261	540 *	360
P12	64	132	360
P12'	64	132	360
P13	91	189	360
P13'	91	189	360
P14	355	735 *	360
P14'	355	735 *	360

注記＊：簡易弾塑性解析を行う。

表7-4(2) 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 ($P_L + P_b + Q$)		
	$S_n^{\#1}$	$S_n^{\#2}$	許容値 $3 \cdot S_m$
P15	71	146	360
P15'	71	146	360
P16	163	338	360
P16'	163	338	360
P17	262	542 *	360
P17'	262	542 *	360
P18	165	341	360
P18'	165	341	360

注記＊：簡易弾塑性解析を行う。

表7-5(1) 疲労累積係数

応力評価点 —— P02
材 料 —— SFVQ1A

No.	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	S _ℓ ^{*1} (MPa)	S _ℓ ^{'*2} (MPa)	N _a	N _c	N _c /N _a
1	144	—	167	83	98	390284	300	0.001
疲労累積係数 U _{S_d} =								0.001
2	298	—	345	173	203	23122	150	0.006
疲労累積係数 U _{S_s} =								0.007
疲労累積係数 U _n =								0.000
疲労累積係数 U _f = U _n + U _{S_s} =								0.007

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（E₀/E）を乗じた値である。

E₀ = MPa, E = MPa

表7-5(2) 疲労累積係数

応力評価点 —— P08
材 料 —— NCF600-B相当

No.	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	S _ℓ ^{*1} (MPa)	S _ℓ ^{'*2} (MPa)	N _a	N _c	N _c /N _a
1	154	—	154	77	76	1000×10 ⁸	300	0.000
疲労累積係数 U _{Sd} =								0.000
2	319	—	319	160	157	1988683	150	0.000
疲労累積係数 U _{Ss} =								0.000
疲労累積係数 U _n =								0.001
疲労累積係数 U _f =U _n +U _{Ss} =								0.001

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（E₀/E）を乗じた値である。

E₀=MPa, E=MPa

表7-5(3) 疲労累積係数

応力評価点 —— P11
材 料 —— SUSF316

No.	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	S _ℓ ^{*1} (MPa)	S _ℓ ^{'*2} (MPa)	N _a	N _c	N _c / N _a
1	260	—	649	324	359	27236	300	0.011
疲労累積係数 U _{Sd} =								0.011
2	540	1.740	1345	1171	1297	241	150	0.622
疲労累積係数 U _{Ss} =								0.623
疲労累積係数 U _n =								0.002
疲労累積係数 U _f = U _n + U _{Ss} =								0.625

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（E₀／E）を乗じた値である。

E₀ = MPa, E = MPa

表7-5(4) 疲労累積係数

応力評価点 —— P18’
材 料 —— SUSF316相当

No.	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	S _ℓ ^{*1} (MPa)	S _ℓ ^{’*2} (MPa)	N _a	N _c	N _c ／N _a
1	164	—	164	82	91	1000×10 ⁸	300	0.000
疲労累積係数 U _{S_d} =								0.000
2	341	—	341	170	189	1094310	150	0.000
疲労累積係数 U _{S_s} =								0.001
疲労累積係数 U _n =								0.001
疲労累積係数 U _f =U _n +U _{S_s} =								0.002

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（E₀／E）を乗じた値である。

E₀=MPa, E=MPa

表7-6(1) 疲労累積係数の評価のまとめ

応力評価点	疲労累積係数				
	U_n	U_{S_d}	U_{S_s}	U_f^*	許容値
P01	0.000	0.001	0.001	0.001	1.0
P01'	0.000	0.001	0.001	0.001	1.0
P02	0.000	0.001	0.007	0.007	1.0
P02'	0.000	0.001	0.007	0.007	1.0
P03	0.001	0.001	0.002	0.003	1.0
P03'	0.001	0.001	0.002	0.003	1.0
P04	0.000	0.001	0.005	0.005	1.0
P04'	0.001	0.001	0.005	0.006	1.0
P05	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P05'	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P06	0.001	0.000	0.000	0.001	1.0
P06'	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P07	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P07'	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P08	0.001	0.000	0.000	0.001	1.0
P08'	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P09	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P09'	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P10	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P10'	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P11	0.002	0.011	0.623	0.625	1.0
P11'	0.001	0.011	0.623	0.624	1.0
P12	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P12'	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P13	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P13'	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P14	0.000	0.001	0.264	0.264	1.0
P14'	0.000	0.001	0.264	0.264	1.0
P15	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P15'	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P16	0.001	0.001	0.010	0.011	1.0
P16'	0.000	0.001	0.010	0.010	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。

表7-6(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				
	U_n	U_{S_d}	U_{S_s}	U_f^*	許容値
P17	0.000	0.001	0.050	0.050	1.0
P17'	0.000	0.001	0.050	0.050	1.0
P18	0.000	0.000	0.001	0.001	1.0
P18'	0.001	0.000	0.001	0.002	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。

8. 主蒸気ノズル（N3）の応力計算

8.1 一般事項

本章は、主蒸気ノズル（N3）の応力計算について示すものである。

主蒸気ノズル（N3）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，常設重大事故緩和設備及び常設重大事故防止設備（設計基準拡張）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。

8.1.1 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図8-1に示す。

8.1.2 解析範囲

解析範囲を図8-1に示す。

8.1.3 計算結果の概要

計算結果の概要を表8-1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，部分ごとに数点の評価点を設けて評価を行い，**応力分類ごとに**厳しくなる評価点を記載する。

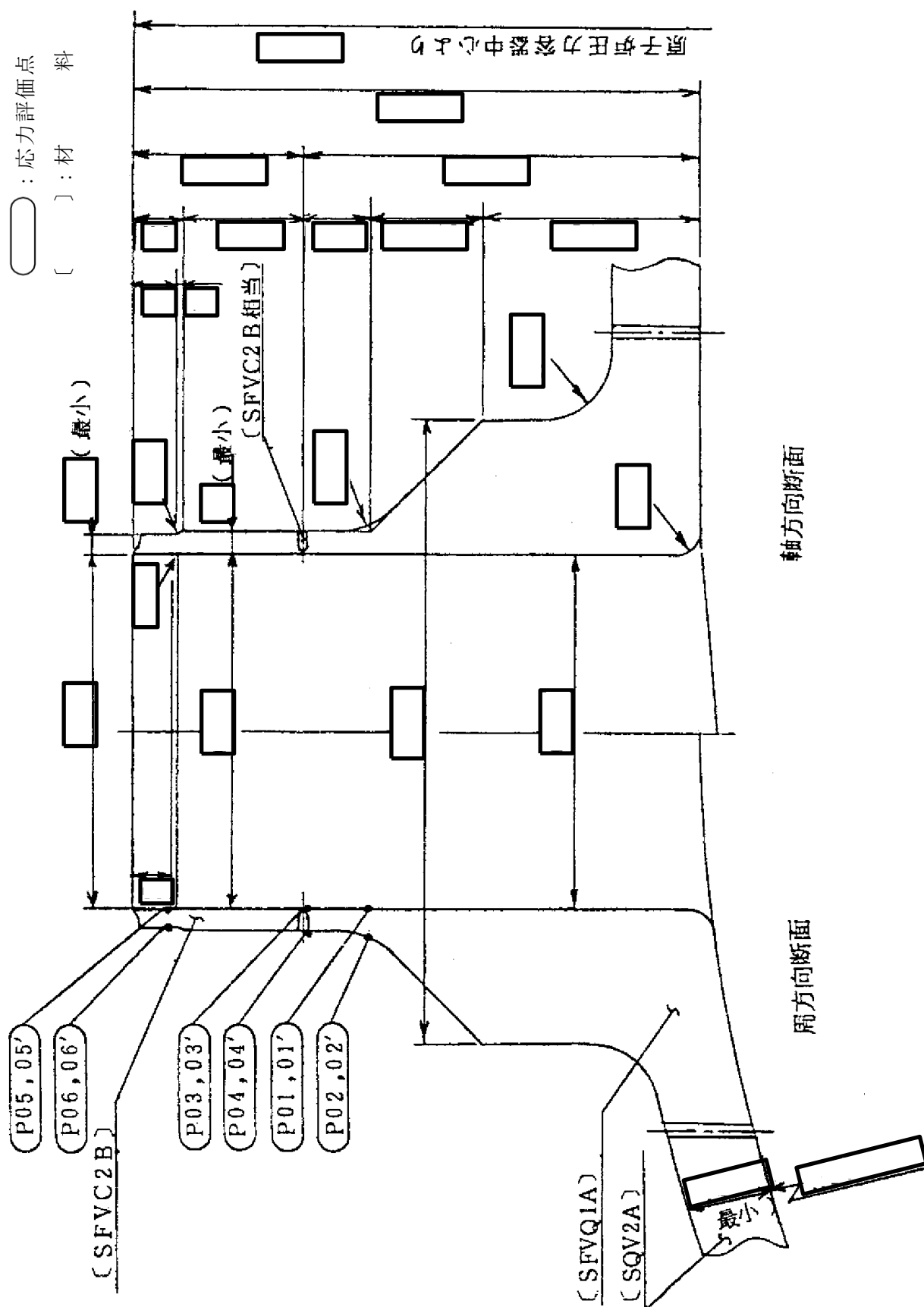


図8-1 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)

表8-1 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*1 累積係数	許容値	応力 評価点
ノズルエンド SFVQ1A	Ⅲ A S	90	303	P01 - P02	227	405	P01 - P02	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ A S	94	320	P01 - P02	258	429	P01 - P02	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ A S	—	—	—	—	—	—	657*2	552	P02	0.444	1.0	P02'
	Ⅳ A S	—	—	—	—	—	—	776*2	552	P02			
ノズル－ セーフエンド 溶接部 SFVC2B相当	Ⅲ A S	90	188	P03 - P04	215	252	P03 - P04	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ A S	94	292	P03 - P04	245	390	P03 - P04	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ A S	—	—	—	—	—	—	582*2	383	P04	0.317	1.0	P04
	Ⅳ A S	—	—	—	—	—	—	688*2	383	P04			
ノズル セーフエンド SFVC2B	Ⅲ A S	106	188	P05 - P06	226	250	P05 - P06	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ A S	110	292	P05 - P06	257	388	P05 - P06	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ A S	—	—	—	—	—	—	714*2	383	P06	0.728	1.0	P06
	Ⅳ A S	—	—	—	—	—	—	844*2	383	P06			

注：管台（穴の周辺部）については設計・建設規格 PVB-3510(1)により、応力評価は不要である。
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。

8.2 計算条件

8.2.1 設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の4.1節に示す。

8.2.2 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。

8.2.3 外荷重条件

考慮した外荷重条件を「応力解析の方針」の4.3節に示す。

8.2.4 材料

各部の材料を図8-1に示す。

8.2.5 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。

8.2.6 荷重の組合せ

荷重の組合せを「応力解析の方針」の4.4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。

8.2.7 許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の3.5節に示す。

8.3 応力計算

8.3.1 応力評価点

応力評価点の位置を図8-1に示す。

なお、応力集中を生じる箇所の応力集中係数の計算方法は、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。

8.3.2 内圧による応力

(1) 荷重条件 (L01)

各運転状態による内圧は、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。評価圧力は以下のとおりとする。

内圧 : 8.28 MPa

(2) 計算方法

内圧による応力の計算方法は、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、内圧による応力は、既工認の最高使用圧力による応力に圧力比を乗じて計算する。

8.3.3 外荷重による応力

(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)に示す。

(2) 計算方法

外荷重による応力の計算方法は、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。

8.3.4 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5.3.2項に定めるとおりである。

8.4 応力強さの評価

8.4.1 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8-2に示す。

表8-2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3.5節に示す許容応力を満足する。

8.4.2 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8-3に示す。

表8-3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。

8.4.3 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8-4に示す。

表8-4より、以下の評価点を除くすべての評価点において $S_n^{\#1}$ 及び $S_n^{\#2}$ は、 $3 \cdot S_m$ 以下であり、「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

P02, P02', P03, P03', P04, P04', P05, P05', P06及びP06'

一次＋二次応力強さの最大範囲が $3 \cdot S_m$ を超える上記の応力評価点にあつては、「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。

8.5 繰返し荷重の評価

8.5.1 疲労解析

ノズルエンド及びノズルセーフエンド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

それぞれの部分で最も厳しい応力評価点における疲労累積係数の計算結果を表8-5に示す。また、各応力評価点における疲労累積係数を表8-6に示す。

表8-6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。

表8-2 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	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	90	303	94	320
P01' P02'	87	303	89	320
P03 P04	90	188	94	292
P03' P04'	87	188	89	292
P05 P06	106	188	110	292
P05' P06'	102	188	105	292

表8-3 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	227	405	258	429
P01' P02'	226	405	258	429
P03 P04	215	252	245	390
P03' P04'	215	252	244	390
P05 P06	226	250	257	388
P05' P06'	226	250	256	388

表8-4 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	247	291	552
P01'	247	291	552
P02	657 *	776 *	552
P02'	657 *	776 *	552
P03	545 *	643 *	383
P03'	545 *	643 *	383
P04	582 *	688 *	383
P04'	582 *	688 *	383
P05	485 *	573 *	383
P05'	485 *	573 *	383
P06	714 *	844 *	383
P06'	714 *	844 *	383

注記＊：簡易弾塑性解析を行う。

表8-5(1) 疲労累積係数

応力評価点 —— P02’
材 料 —— SFVQ1A

No.	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	S _ℓ ^{*1} (MPa)	S _ℓ ^{’*2} (MPa)	N _a	N _c	N _c ／N _a
1	657	1.335	762	508	598	877	300	0.342
疲労累積係数 U _{S_d} =								0.342
2	776	1.606	900	723	851	339	150	0.442
疲労累積係数 U _{S_s} =								0.443
疲労累積係数 U _n =								0.002
疲労累積係数 U _f = U _n + U _{S_s} =								0.444

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（E₀／E）を乗じた値である。

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

表8-5(2) 疲労累積係数

応力評価点 —— P04
材 料 —— SFVC2B相当

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	582	1.717	582	500	556	1079	300	0.278
疲労累積係数 $U_{S_d} =$								0.278
2	688	1.930	688	664	738	475	150	0.316
疲労累積係数 $U_{S_s} =$								0.316
疲労累積係数 $U_n =$								0.001
疲労累積係数 $U_f = U_n + U_{S_s} =$								0.317

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。

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

表8－5(3) 疲労累積係数

応力評価点 —— P06
材 料 —— SFVC2B

No.	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	S _ℓ ^{*1} (MPa)	S _ℓ ^{’*2} (MPa)	N _a	N _c	N _c ／N _a
1	714	1.973	714	704	783	413	300	0.726
疲労累積係数 U _{Sd} ＝								0.727
2	843	2.146	843	905	1007	226	150	0.664
疲労累積係数 U _{Ss} ＝								0.664
疲労累積係数 U _n ＝								0.001
疲労累積係数 U _f ＝U _n ＋U _{Sd} ＝								0.728

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（E₀／E）を乗じた値である。

E₀＝MPa， E＝MPa

表8-6 疲労累積係数の評価のまとめ

応力評価点	疲労累積係数				
	U_n	U_{S_d}	U_{S_s}	U_f^*	許容値
P01	0.002	0.004	0.004	0.006	1.0
P01'	0.001	0.004	0.004	0.005	1.0
P02	0.001	0.342	0.443	0.443	1.0
P02'	0.002	0.342	0.443	0.444	1.0
P03	0.001	0.200	0.231	0.232	1.0
P03'	0.001	0.200	0.231	0.231	1.0
P04	0.001	0.278	0.316	0.317	1.0
P04'	0.001	0.278	0.316	0.316	1.0
P05	0.000	0.152	0.187	0.187	1.0
P05'	0.001	0.152	0.187	0.188	1.0
P06	0.001	0.727	0.664	0.728	1.0
P06'	0.001	0.727	0.664	0.727	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。

9. 給水ノズル（N4）の応力計算

9.1 一般事項

本章は、給水ノズル（N4）の応力計算について示すものである。

給水ノズル（N4）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，常設重大事故緩和設備及び常設重大事故防止設備（設計基準拡張）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。

9.1.1 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図9-1に示す。

9.1.2 解析範囲

解析範囲を図9-1に示す。

9.1.3 計算結果の概要

計算結果の概要を表9-1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，部分ごとに数点の評価点を設けて評価を行い，**応力分類ごとに**厳しくなる評価点を記載する。

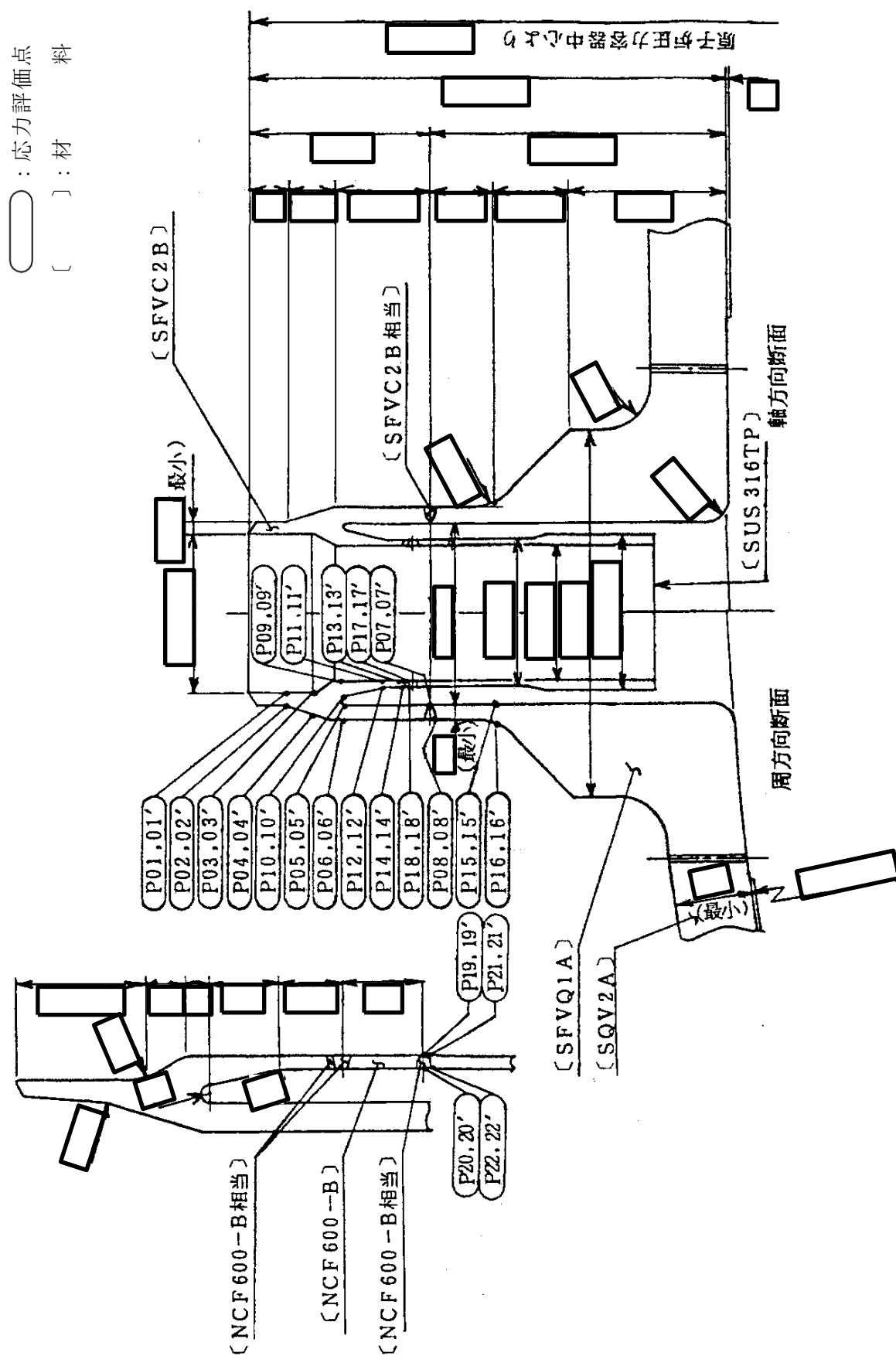


図9-1 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)

表9-1 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*1 累積係数	許容値	応力 評価点
ノズル セーフエンド SFVC2B	ⅢA S	110	188	P01 - P02	247	252	P01' - P02'	—	—	—	—	—	—
	ⅣA S	118	292	P01 - P02	284	390	P01' - P02'	—	—	—	—	—	—
	ⅢA S	—	—	—	—	—	—	604*2	383	P12	0.966	1.0	P05
	ⅣA S	—	—	—	—	—	—	719*2	383	P12	—	—	—
ノズル SFVQ1A	ⅢA S	80	303	P15 - P16	193	409	P15' - P16'	—	—	—	—	—	—
	ⅣA S	84	320	P15 - P16	222	433	P15' - P16'	—	—	—	—	—	—
	ⅢA S	—	—	—	—	—	—	487	552	P16	0.092	1.0	P16
	ⅣA S	—	—	—	—	—	—	580*2	552	P16	—	—	—
サーマル スリーブ NCF600-B相当 SUS316TP	ⅢA S	10	143	P21 - P22	83	189	P21 - P22	—	—	—	—	—	—
	ⅣA S	11	284	P21 - P22	97	377	P21 - P22	—	—	—	—	—	—
	ⅢA S	—	—	—	—	—	—	426	492	P17	0.009	1.0	P21'
	ⅣA S	—	—	—	—	—	—	507*2	492	P17	—	—	—

注：管台（穴の周辺部）については設計・建設規格 PVB-3510(1)により、応力評価は不要である。

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。

9.2 計算条件

9.2.1 設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の4.1節に示す。

9.2.2 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。

9.2.3 外荷重条件

考慮した外荷重条件を「応力解析の方針」の4.3節に示す。

9.2.4 材料

各部の材料を図9-1に示す。

9.2.5 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。

9.2.6 荷重の組合せ

荷重の組合せを「応力解析の方針」の4.4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。

9.2.7 許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の3.5節に示す。

9.3 応力計算

9.3.1 応力評価点

応力評価点の位置を図9-1に示す。

なお、応力集中を生じる箇所の応力集中係数の計算方法は、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。

9.3.2 内圧及び差圧による応力

(1) 荷重条件 (L01及びL02)

各運転状態による内圧及び差圧は、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。評価圧力は以下のとおりとする。

内圧 : 8.28 MPa

差圧 : 0.325 MPa

(2) 計算方法

内圧及び差圧による応力の計算方法は、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、内圧による応力は、既工認の最高使用圧力による応力に圧力比を乗じて計算する。

9.3.3 外荷重による応力

(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)及び表4-1(5)に示す。

(2) 計算方法

外荷重による応力の計算方法は、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。

9.3.4 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5.3.2項に定めるとおりである。

9.4 応力強さの評価

9.4.1 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9-2に示す。

表9-2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3.5節に示す許容応力を満足する。

9.4.2 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9-3に示す。

表9-3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。

9.4.3 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9-4に示す。

表9-4より、以下の評価点を除くすべての評価点において $S_n^{\#1}$ 及び $S_n^{\#2}$ は、 $3 \cdot S_m$ 以下であり、「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

P02, P02', P05, P05', P07, P07', P08, P08', P12, P12', P13, P13', P14, P14',
P16, P16', P17及びP17'

一次＋二次応力強さの最大範囲が $3 \cdot S_m$ を超える上記の応力評価点にあつては、「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。

9.5 繰返し荷重の評価

9.5.1 疲労解析

ノズルセーフエンド、ノズルエンド及びサーマルスリーブ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

それぞれの部分で最も厳しい応力評価点における疲労累積係数の計算結果を表9-5に示す。また、各応力評価点における疲労累積係数を表9-6に示す。

表9-6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。

表9-2(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ⅢA S		許容応力状態ⅣA S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	110	188	118	292
P01' P02'	108	188	115	292
P03 P04	59	188	63	292
P03' P04'	58	188	62	292
P05 P06	80	188	84	292
P05' P06'	78	188	82	292
P07 P08	80	188	84	292
P07' P08'	78	188	82	292
P09 P10	5	188	5	292
P09' P10'	4	188	5	292
P11 P12	14	188	16	292
P11' P12'	13	188	15	292
P13 P14	14	188	16	292
P13' P14'	13	188	15	292
P15 P16	80	303	84	320
P15' P16'	78	303	82	320
P17 P18	10	196	11	334
P17' P18'	9	196	11	334
P19 P20	10	196	11	334
P19' P20'	9	196	11	334

表9-2(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ⅢA S		許容応力状態ⅣA S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P21 P22	10	143	11	284
P21' P22'	9	143	11	284

表9-3(1) 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ⅢA S		許容応力状態ⅣA S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	243	252	279	390
P01' P02'	247	252	284	390
P03 P04	128	261	147	405
P03' P04'	130	261	149	405
P05 P06	174	254	199	394
P05' P06'	177	254	203	394
P07 P08	183	254	210	394
P07' P08'	186	254	214	394
P09 P10	41	259	48	401
P09' P10'	39	259	46	401
P11 P12	130	246	152	382
P11' P12'	125	246	147	382
P13 P14	124	246	146	382
P13' P14'	119	246	141	382
P15 P16	191	409	219	433
P15' P16'	193	409	222	433
P17 P18	87	260	103	442
P17' P18'	84	260	99	442
P19 P20	83	260	97	442
P19' P20'	79	260	94	442

表9-3(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ⅢA S		許容応力状態ⅣA S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P21 P22	83	189	97	377
P21' P22'	79	189	94	377

表9-4(1) 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	267	318	383
P01'	267	318	383
P02	573 *	682 *	383
P02'	573 *	682 *	383
P03	319	380	383
P03'	319	380	383
P04	218	260	383
P04'	218	260	383
P05	526 *	627 *	383
P05'	526 *	627 *	383
P06	235	280	383
P06'	235	280	383
P07	348	414 *	383
P07'	348	414 *	383
P08	346	412 *	383
P08'	346	412 *	383
P09	141	168	383
P09'	141	168	383
P10	150	178	383
P10'	150	178	383
P11	299	356	383
P11'	299	356	383
P12	604 *	719 *	383
P12'	604 *	719 *	383
P13	508 *	604 *	383
P13'	508 *	604 *	383
P14	366	435 *	383
P14'	366	435 *	383

注記＊：簡易弾塑性解析を行う。

表9-4(2) 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 $3 \cdot S_m$
P15	209	249	552
P15'	209	249	552
P16	487	580 *	552
P16'	487	580 *	552
P17	426	507 *	492
P17'	426	507 *	492
P18	321	382	492
P18'	321	382	492
P19	279	333	492
P19'	279	333	492
P20	312	372	492
P20'	312	372	492
P21	268	319	360
P21'	268	319	360
P22	296	353	360
P22'	296	353	360

注記＊：簡易弾塑性解析を行う。

表9－5(1) 疲労累積係数

応力評価点 —— P05
材 料 —— SFVC2B

No.	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	S _ℓ ^{*1} (MPa)	S _ℓ ^{'*2} (MPa)	N _a	N _c	N _c ／N _a
1	505	1.516	942	714	795	399	300	0.752
疲労累積係数 U _{S_d} ＝								0.752
2	601	1.763	1121	988	1100	183	150	0.820
疲労累積係数 U _{S_s} ＝								0.820
疲労累積係数 U _n ＝								0.146
疲労累積係数 U _f ＝U _n ＋U _{S_s} ＝								0.966

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（E₀／E）を乗じた値である。

E₀＝MPa， E＝MPa

表9－5(2) 疲労累積係数

応力評価点 —— P16
材 料 —— SFVQ1A

No.	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	S _ℓ ^{*1} (MPa)	S _ℓ ^{'*2} (MPa)	N _a	N _c	N _c ／N _a
1	487	—	563	282	331	4946	300	0.061
疲労累積係数 U _{Sd} ＝								0.061
2	580	1.185	670	397	467	1713	150	0.088
疲労累積係数 U _{Ss} ＝								0.088
疲労累積係数 U _n ＝								0.004
疲労累積係数 U _f ＝U _n ＋U _{Ss} ＝								0.092

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（E₀／E）を乗じた値である。

E₀＝MPa， E＝MPa

表9-5(3) 疲労累積係数

応力評価点 —— P21’
材 料 —— SUS316TP

No.	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	S _ℓ ^{*1} (MPa)	S _ℓ ^{’*2} (MPa)	N _a	N _c	N _c / N _a
1	1	—	1	1	1	1000×10 ⁸	300	0.000
疲労累積係数 U _{Sd} =								0.000
2	1	—	1	1	1	1000×10 ⁸	150	0.000
疲労累積係数 U _{Ss} =								0.000
疲労累積係数 U _n =								0.009
疲労累積係数 U _f = U _n + U _{Sd} =								0.009

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（E₀／E）を乗じた値である。

E₀ = MPa, E = MPa

表9-6(1) 疲労累積係数の評価のまとめ

応力評価点	疲労累積係数				
	U_n	U_{S_d}	U_{S_s}	U_f^*	許容値
P01	0.038	0.004	0.004	0.042	1.0
P01'	0.010	0.004	0.004	0.013	1.0
P02	0.010	0.387	0.430	0.440	1.0
P02'	0.021	0.387	0.430	0.451	1.0
P03	0.003	0.016	0.014	0.019	1.0
P03'	0.001	0.018	0.016	0.018	1.0
P04	0.001	0.002	0.002	0.003	1.0
P04'	0.001	0.002	0.002	0.002	1.0
P05	0.146	0.752	0.820	0.966	1.0
P05'	0.075	0.752	0.820	0.894	1.0
P06	0.002	0.003	0.003	0.004	1.0
P06'	0.007	0.003	0.003	0.010	1.0
P07	0.001	0.012	0.016	0.017	1.0
P07'	0.001	0.012	0.016	0.016	1.0
P08	0.001	0.011	0.015	0.015	1.0
P08'	0.001	0.011	0.015	0.016	1.0
P09	0.076	0.001	0.001	0.076	1.0
P09'	0.086	0.001	0.001	0.087	1.0
P10	0.017	0.003	0.004	0.020	1.0
P10'	0.016	0.003	0.004	0.019	1.0
P11	0.006	0.007	0.006	0.013	1.0
P11'	0.005	0.007	0.006	0.012	1.0
P12	0.007	0.532	0.544	0.551	1.0
P12'	0.007	0.532	0.544	0.551	1.0
P13	0.003	0.136	0.168	0.171	1.0
P13'	0.003	0.136	0.168	0.171	1.0
P14	0.003	0.013	0.024	0.026	1.0
P14'	0.003	0.013	0.024	0.026	1.0
P15	0.001	0.002	0.002	0.003	1.0
P15'	0.001	0.002	0.002	0.003	1.0
P16	0.004	0.061	0.088	0.092	1.0
P16'	0.002	0.061	0.088	0.089	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。

表9-6(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				
	U_n	U_{S_d}	U_{S_s}	U_f^*	許容値
P17	0.000	0.001	0.001	0.002	1.0
P17'	0.000	0.001	0.001	0.002	1.0
P18	0.000	0.001	0.001	0.001	1.0
P18'	0.000	0.001	0.001	0.001	1.0
P19	0.004	0.000	0.000	0.004	1.0
P19'	0.004	0.000	0.000	0.004	1.0
P20	0.003	0.001	0.001	0.003	1.0
P20'	0.002	0.001	0.001	0.002	1.0
P21	0.009	0.000	0.000	0.009	1.0
P21'	0.009	0.000	0.000	0.009	1.0
P22	0.005	0.000	0.000	0.005	1.0
P22'	0.005	0.000	0.000	0.005	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。

10. 低圧炉心スプレイノズル（N5）の応力計算

10.1 一般事項

本章は、低圧炉心スプレイノズル（N5）の応力計算について示すものである。

低圧炉心スプレイノズル（N5）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，常設重大事故緩和設備及び常設重大事故防止設備（設計基準拡張）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。

10.1.1 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図10－1に示す。

10.1.2 解析範囲

解析範囲を図10－1に示す。

10.1.3 計算結果の概要

計算結果の概要を表10－1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，部分ごとに数点の評価点を設けて評価を行い，**応力分類ごとに**厳しくなる評価点を記載する。

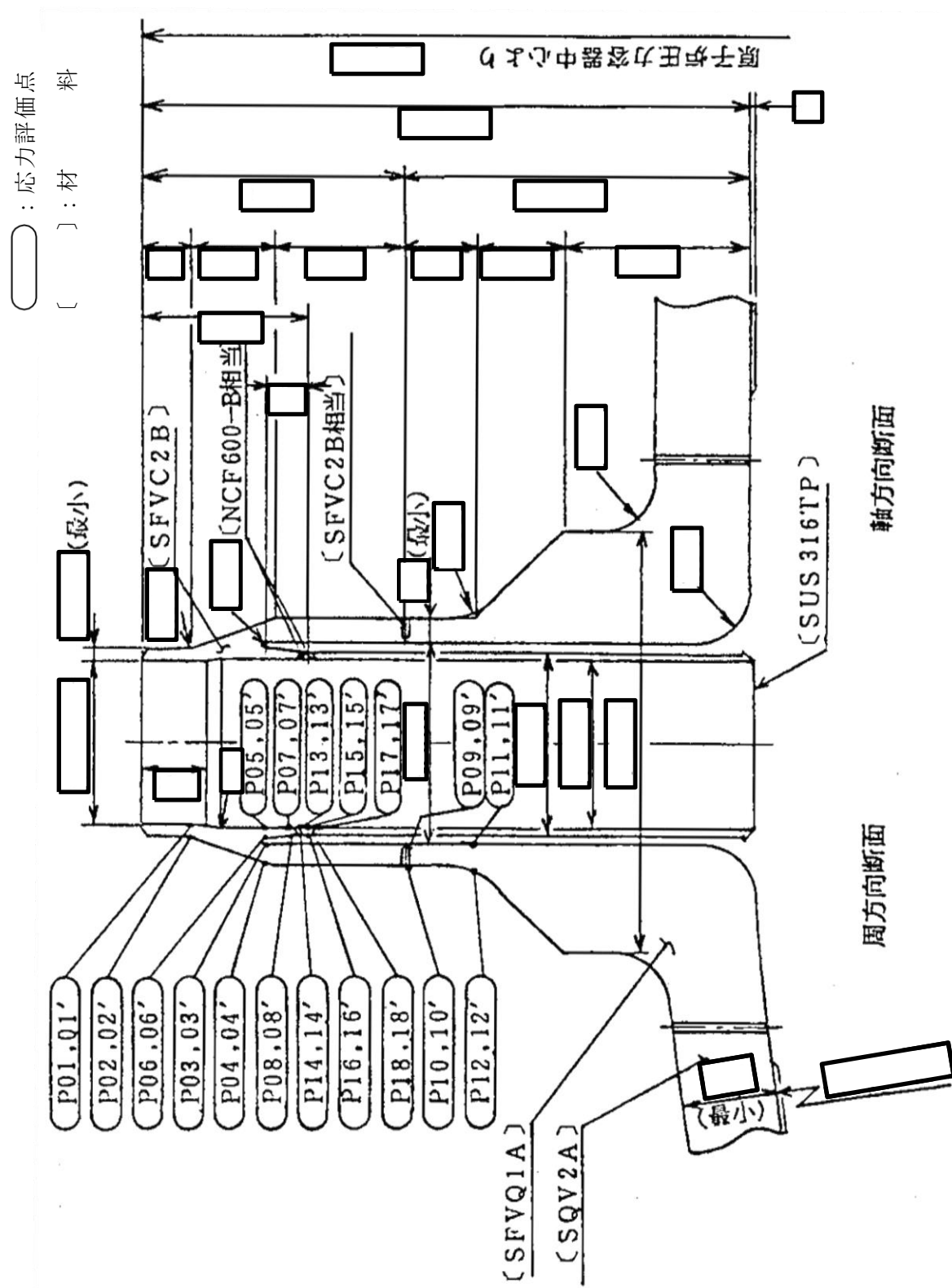


図10-1 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)

表10-1 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*1 累積係数	許容値	応力 評価点
ノズル セーフエンド SFVC2B SFVC2B相当	Ⅲ A S	78	188	P01 - P02	145	246	P07 - P08	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ A S	78	292	P01 - P02	145	382	P07 - P08	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ A S	—	—	—	—	—	—	457*2	383	P08	0.091	1.0	P08'
	Ⅳ A S	—	—	—	—	—	—	457*2	383	P08			
ノズルエンド SFVQ1A	Ⅲ A S	46	303	P11 - P12	79	419	P11' - P12'	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ A S	46	320	P11 - P12	79	443	P11' - P12'	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ A S	—	—	—	—	—	—	154	552	P12	0.001	1.0	P12
	Ⅳ A S	—	—	—	—	—	—	154	552	P12			
サーマル スリーブ NCF600-B相当 SUS316TP	Ⅲ A S	18	143	P17 - P18	102	189	P17 - P18	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ A S	18	284	P17 - P18	102	377	P17 - P18	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ A S	—	—	—	—	—	—	325	360	P17	0.001	1.0	P14
	Ⅳ A S	—	—	—	—	—	—	325	360	P17			

注：管台（穴の周辺部）については設計・建設規格 PVB-3510(1)により、応力評価は不要である。
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。

10.2 計算条件

10.2.1 設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の4.1節に示す。

10.2.2 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。

10.2.3 外荷重条件

考慮した外荷重条件を「応力解析の方針」の4.3節に示す。

10.2.4 材料

各部の材料を図10-1に示す。

10.2.5 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。

10.2.6 荷重の組合せ

荷重の組合せを「応力解析の方針」の4.4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。

10.2.7 許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の3.5節に示す。

10.3 応力計算

10.3.1 応力評価点

応力評価点の位置を図10-1に示す。

なお、応力集中を生じる箇所の応力集中係数の計算方法は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1) Ⅱ. に定めるとおりである。

10.3.2 内圧及び差圧による応力

(1) 荷重条件 (L01及びL02)

各運転状態による内圧及び差圧は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1) Ⅱ. に定めるとおりである。評価圧力は以下のとおりとする。

内圧 : 8.28 MPa

(2) 計算方法

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

なお、内圧による応力は、既工認の最高使用圧力による応力に圧力比を乗じて計算する。

10.3.3 外荷重による応力

(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)及び表4-1(5)に示す。

(2) 計算方法

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

10.3.4 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. 3. 2項に定めるとおりである。

10.4 応力強さの評価

10.4.1 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10-2に示す。

表10-2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3.5節に示す許容応力を満足する。

10.4.2 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10-3に示す。

表10-3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。

10.4.3 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10-4に示す。

表10-4より、以下の評価点を除くすべての評価点において $S_n^{\#1}$ 及び $S_n^{\#2}$ は、 $3 \cdot S_m$ 以下であり、「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

P08及びP08'

一次＋二次応力強さの最大範囲が $3 \cdot S_m$ を超える上記の応力評価点にあつては、「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。

10.5 繰返し荷重の評価

10.5.1 疲労解析

ノズルセーフエンド、ノズルエンド及びサーマルスリーブ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

それぞれの部分で最も厳しい応力評価点における疲労累積係数の計算結果を表10-5に示す。また、各応力評価点における疲労累積係数を表10-6に示す。

表10-6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。

表10-2 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	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	78	188	78	292
P01' P02'	78	188	78	292
P03 P04	52	188	52	292
P03' P04'	52	188	52	292
P05 P06	14	188	14	292
P05' P06'	11	188	11	292
P07 P08	25	188	25	292
P07' P08'	21	188	21	292
P09 P10	46	188	46	292
P09' P10'	46	188	46	292
P11 P12	46	303	46	320
P11' P12'	46	303	46	320
P13 P14	18	196	18	334
P13' P14'	15	196	15	334
P15 P16	18	196	18	334
P15' P16'	15	196	15	334
P17 P18	18	143	18	284
P17' P18'	15	143	15	284

表10-3 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	137	252	137	390
P01' P02'	136	252	136	390
P03 P04	87	258	87	400
P03' P04'	89	258	89	400
P05 P06	80	252	80	390
P05' P06'	72	252	72	390
P07 P08	145	246	145	382
P07' P08'	130	246	130	382
P09 P10	76	260	76	403
P09' P10'	78	260	78	403
P11 P12	77	419	77	443
P11' P12'	79	419	79	443
P13 P14	102	260	102	442
P13' P14'	92	260	92	442
P15 P16	102	260	102	442
P15' P16'	92	260	92	442
P17 P18	102	189	102	377
P17' P18'	92	189	92	377

表10-4(1) 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	76	76	383
P01'	76	76	383
P02	229	229	383
P02'	229	229	383
P03	272	272	383
P03'	272	272	383
P04	55	55	383
P04'	55	55	383
P05	161	161	383
P05'	161	161	383
P06	291	291	383
P06'	291	291	383
P07	345	345	383
P07'	345	345	383
P08	457 *	457 *	383
P08'	457 *	457 *	383
P09	111	111	383
P09'	111	111	383
P10	119	119	383
P10'	119	119	383
P11	62	62	552
P11'	62	62	552
P12	154	154	552
P12'	154	154	552
P13	335	335	492
P13'	335	335	492
P14	395	395	492
P14'	395	395	492

注記＊：簡易弾塑性解析を行う。

表10-4(2) 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 $3 \cdot S_m$
P15	331	331	492
P15'	331	331	492
P16	290	290	492
P16'	290	290	492
P17	325	325	360
P17'	325	325	360
P18	273	273	360
P18'	273	273	360

表10－5(1) 疲労累積係数

応力評価点 —— P08’
材 料 —— SFVC2B

No.	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	S _ℓ ^{*1} (MPa)	S _ℓ ^{’*2} (MPa)	N _a	N _c	N _c ／N _a
1	456	1.338	501	335	373	3394	300	0.088
疲労累積係数 U _{Sd} ＝								0.089
2	456	1.338	501	335	373	3394	150	0.044
疲労累積係数 U _{Ss} ＝								0.045
疲労累積係数 U _n ＝								0.003
疲労累積係数 U _f ＝U _n ＋U _{Sd} ＝								0.091

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（E₀／E）を乗じた値である。

E₀＝MPa， E＝MPa

表10－5(2) 疲労累積係数

応力評価点 —— P12
材 料 —— SFVQ1A

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	154	—	179	89	105	282561	300	0.001
疲労累積係数 $U_{S_d} =$								0.001
2	154	—	179	89	105	282561	150	0.001
疲労累積係数 $U_{S_s} =$								0.001
疲労累積係数 $U_n =$								0.000
疲労累積係数 $U_f = U_n + U_{S_d} =$								0.001

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10－5(3) 疲労累積係数

応力評価点 —— P14
材 料 —— NCF600-B相当

No.	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	S _ℓ ^{*1} (MPa)	S _ℓ ^{'*2} (MPa)	N _a	N _c	N _c ／N _a
1	395	—	433	217	213	494297	300	0.001
疲労累積係数 U _{Sd} ＝								0.001
2	395	—	433	217	213	494297	150	0.000
疲労累積係数 U _{Ss} ＝								0.001
疲労累積係数 U _n ＝								0.000
疲労累積係数 U _f ＝U _n ＋U _{Sd} ＝								0.001

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（E₀／E）を乗じた値である。

E₀＝MPa， E＝MPa

表10-6(1) 疲労累積係数の評価のまとめ

応力評価点	疲労累積係数				
	U_n	U_{S_d}	U_{S_s}	U_f^*	許容値
P01	0.001	0.001	0.001	0.001	1.0
P01'	0.001	0.001	0.001	0.001	1.0
P02	0.003	0.005	0.003	0.008	1.0
P02'	0.002	0.005	0.003	0.007	1.0
P03	0.004	0.054	0.027	0.058	1.0
P03'	0.001	0.054	0.027	0.055	1.0
P04	0.000	0.001	0.001	0.001	1.0
P04'	0.000	0.001	0.001	0.001	1.0
P05	0.007	0.001	0.001	0.007	1.0
P05'	0.007	0.001	0.001	0.007	1.0
P06	0.001	0.025	0.013	0.026	1.0
P06'	0.002	0.025	0.013	0.027	1.0
P07	0.002	0.011	0.006	0.013	1.0
P07'	0.002	0.011	0.006	0.013	1.0
P08	0.002	0.089	0.045	0.090	1.0
P08'	0.003	0.089	0.045	0.091	1.0
P09	0.000	0.001	0.001	0.001	1.0
P09'	0.001	0.001	0.001	0.001	1.0
P10	0.001	0.001	0.001	0.001	1.0
P10'	0.001	0.001	0.001	0.001	1.0
P11	0.000	0.001	0.001	0.001	1.0
P11'	0.001	0.001	0.001	0.001	1.0
P12	0.000	0.001	0.001	0.001	1.0
P12'	0.000	0.001	0.001	0.001	1.0
P13	0.000	0.001	0.000	0.001	1.0
P13'	0.000	0.001	0.000	0.001	1.0
P14	0.000	0.001	0.001	0.001	1.0
P14'	0.000	0.001	0.001	0.001	1.0
P15	0.000	0.001	0.000	0.001	1.0
P15'	0.000	0.001	0.000	0.001	1.0
P16	0.000	0.000	0.000	0.001	1.0
P16'	0.000	0.000	0.000	0.001	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。

表10－6(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				
	U_n	U_{S_d}	U_{S_s}	U_f^*	許容値
P17	0.000	0.001	0.001	0.001	1.0
P17'	0.000	0.001	0.001	0.001	1.0
P18	0.000	0.001	0.000	0.001	1.0
P18'	0.000	0.001	0.000	0.001	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。

11. 低圧注水ノズル（N6）の応力計算

11.1 一般事項

本章は、低圧注水ノズル（N6）の応力計算について示すものである。

低圧注水ノズル（N6）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、常設重大事故緩和設備及び常設重大事故防止設備（設計基準拡張）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。

11.1.1 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図11-1に示す。

11.1.2 解析範囲

解析範囲を図11-1に示す。

11.1.3 計算結果の概要

計算結果の概要を表11-1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、部分ごとに数点の評価点を設けて評価を行い、**応力分類ごとに**厳しくなる評価点を記載する。

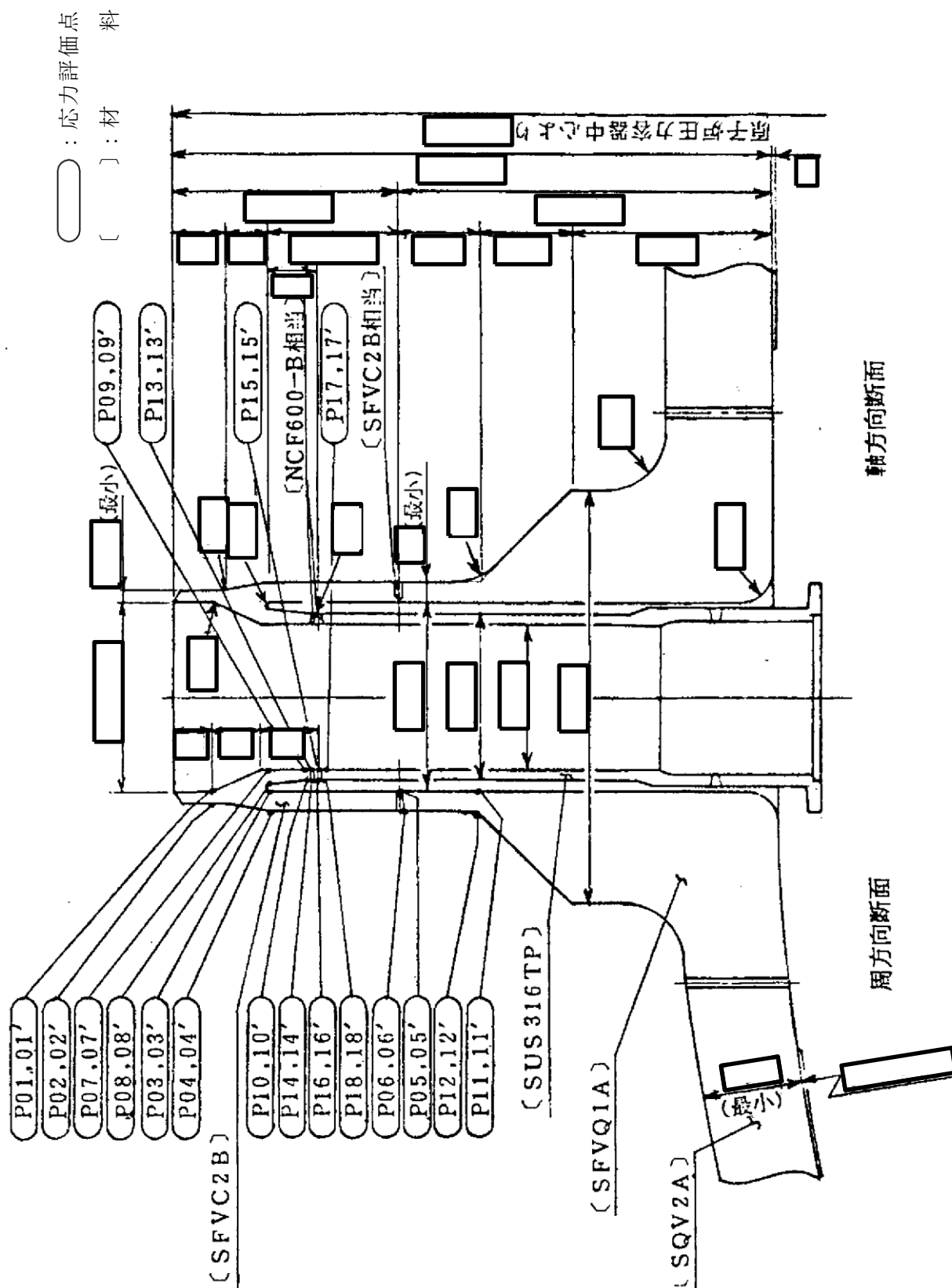


図11-1 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)

表11-1 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*1 累積係数	許容値	応力 評価点
ノズル セーフエント SFVC2B SFVC2B相当	Ⅲ A S	87	188	P01 - P02	236	252	P01 - P02	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ A S	97	292	P01 - P02	346	390	P01' - P02'	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ A S	—	—	—	—	—	—	409*2	383	P01	0.747	1.0	P03
	Ⅳ A S	—	—	—	—	—	—	674*2	383	P01			
ノズルエント SFVQ1A	Ⅲ A S	53	303	P11 - P12	173	418	P11' - P12'	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ A S	58	320	P11 - P12	253	442	P11' - P12'	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ A S	—	—	—	—	—	—	367	552	P12	0.108	1.0	P12
	Ⅳ A S	—	—	—	—	—	—	604*2	552	P12			
サーマル スリーブ NCF600-B相当 SUS316TP	Ⅲ A S	15	143	P17 - P18	61	191	P17 - P18	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ A S	16	284	P17 - P18	79	381	P17 - P18	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ A S	—	—	—	—	—	—	103	360	P18	0.001	1.0	P17'
	Ⅳ A S	—	—	—	—	—	—	170	360	P18			

注：管台（穴の周辺部）については設計・建設規格 PVB-3510(1)により、応力評価は不要である。

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。

11.2 計算条件

11.2.1 設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の4.1節に示す。

11.2.2 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。

11.2.3 外荷重条件

考慮した外荷重条件を「応力解析の方針」の4.3節に示す。

11.2.4 材料

各部の材料を図11-1に示す。

11.2.5 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。

11.2.6 荷重の組合せ

荷重の組合せを「応力解析の方針」の4.4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。

11.2.7 許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の3.5節に示す。

11.3 応力計算

11.3.1 応力評価点

応力評価点の位置を図11-1に示す。

なお、応力集中を生じる箇所の応力集中係数の計算方法は、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。

11.3.2 内圧及び差圧による応力

(1) 荷重条件 (L01及びL02)

各運転状態による内圧及び差圧は、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。評価圧力は以下のとおりとする。

内圧 : 8.28 MPa

(2) 計算方法

内圧及び差圧による応力の計算方法は、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、内圧による応力は、既工認の最高使用圧力による応力に圧力比を乗じて計算する。

11.3.3 外荷重による応力

(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)及び表4-1(5)に示す。

(2) 計算方法

外荷重による応力の計算方法は、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。

11.3.4 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5.3.2項に定めるとおりである。

11.4 応力強さの評価

11.4.1 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11-2に示す。

表11-2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3.5節に示す許容応力を満足する。

11.4.2 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11-3に示す。

表11-3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。

11.4.3 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11-4に示す。

表11-4より、以下の評価点を除くすべての評価点において $S_n^{\#1}$ 及び $S_n^{\#2}$ は、 $3 \cdot S_m$ 以下であり、「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

P01, P01', P02, P02', P03, P03', P05, P05', P06, P06', P12及びP12'

一次＋二次応力強さの最大範囲が $3 \cdot S_m$ を超える上記の応力評価点にあつては、「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。

11.5 繰返し荷重の評価

11.5.1 疲労解析

ノズルセーフエンド、ノズルエンド及びサーマルスリーブ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

それぞれの部分で最も厳しい応力評価点における疲労累積係数の計算結果を表11-5に示す。また、各応力評価点における疲労累積係数を表11-6に示す。

表11-6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。

表11-2 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	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	87	188	97	292
P01' P02'	86	188	93	292
P03 P04	53	188	58	292
P03' P04'	52	188	55	292
P05 P06	53	188	58	292
P05' P06'	52	188	55	292
P07 P08	11	188	12	292
P07' P08'	10	188	11	292
P09 P10	17	188	19	292
P09' P10'	16	188	18	292
P11 P12	53	303	58	320
P11' P12'	52	303	55	320
P13 P14	13	196	14	334
P13' P14'	12	196	13	334
P15 P16	15	196	16	334
P15' P16'	14	196	15	334
P17 P18	15	143	16	284
P17' P18'	14	143	15	284

表11-3 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	236	252	345	390
P01' P02'	236	252	346	390
P03 P04	150	260	218	402
P03' P04'	154	260	223	402
P05 P06	162	260	237	402
P05' P06'	166	260	242	402
P07 P08	48	255	62	395
P07' P08'	38	255	52	395
P09 P10	72	250	93	387
P09' P10'	57	250	78	387
P11 P12	169	418	249	442
P11' P12'	173	418	253	442
P13 P14	53	264	69	449
P13' P14'	42	264	58	449
P15 P16	61	263	79	446
P15' P16'	48	263	66	446
P17 P18	61	191	79	381
P17' P18'	48	191	66	381

表11-4(1) 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	409 *	674 *	383
P01'	409 *	674 *	383
P02	321	529 *	383
P02'	321	529 *	383
P03	339	559 *	383
P03'	339	559 *	383
P04	170	280	383
P04'	170	280	383
P05	255	419 *	383
P05'	255	419 *	383
P06	257	423 *	383
P06'	257	423 *	383
P07	73	120	383
P07'	73	120	383
P08	93	154	383
P08'	93	154	383
P09	132	219	383
P09'	132	219	383
P10	103	170	383
P10'	103	170	383
P11	127	208	552
P11'	127	208	552
P12	367	604 *	552
P12'	367	604 *	552
P13	122	201	492
P13'	122	201	492
P14	98	162	492
P14'	98	162	492

注記＊：簡易弾塑性解析を行う。

表11-4(2) 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 $3 \cdot S_m$
P15	100	166	492
P15'	100	166	492
P16	107	177	492
P16'	107	177	492
P17	99	164	360
P17'	99	164	360
P18	103	170	360
P18'	103	170	360

表11－5(1) 疲労累積係数

応力評価点 —— P03
材 料 —— SFVC2B

No.	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	S _ℓ ^{*1} (MPa)	S _ℓ ^{'*2} (MPa)	N _a	N _c	N _c ／N _a
1	339	—	692	346	385	3070	300	0.098
疲労累積係数 U _{S_d} ＝								0.098
2	558	1.660	1141	947	1054	203	150	0.739
疲労累積係数 U _{S_s} ＝								0.739
疲労累積係数 U _n ＝								0.009
疲労累積係数 U _f ＝U _n ＋U _{S_s} ＝								0.747

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（E₀／E）を乗じた値である。

E₀＝ MPa, E＝ MPa

表11－5(2) 疲労累積係数

応力評価点 —— P12
材 料 —— SFVQ1A

No.	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	S _ℓ ^{*1} (MPa)	S _ℓ ^{'*2} (MPa)	N _a	N _c	N _c ／N _a
1	366	—	423	211	249	11905	300	0.025
疲労累積係数 U _{S_d} ＝								0.026
2	604	1.228	697	428	503	1408	150	0.107
疲労累積係数 U _{S_s} ＝								0.107
疲労累積係数 U _n ＝								0.001
疲労累積係数 U _f ＝U _n ＋U _{S_s} ＝								0.108

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（E₀／E）を乗じた値である。

E₀＝ MPa， E＝ MPa

表11-5(3) 疲労累積係数

応力評価点 —— P17’
材 料 —— SUS316TP

No.	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	S _ℓ ^{*1} (MPa)	S _ℓ ^{’*2} (MPa)	N _a	N _c	N _c ／N _a
1	99	—	99	49	55	1000×10 ⁸	300	0.000
疲労累積係数 U _{Sd} =								0.000
2	164	—	164	82	91	1000×10 ⁸	150	0.000
疲労累積係数 U _{Ss} =								0.000
疲労累積係数 U _n =								0.001
疲労累積係数 U _f =U _n +U _{Sd} =								0.001

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（E₀／E）を乗じた値である。

E₀=MPa, E=MPa

表11－6(1) 疲労累積係数の評価のまとめ

応力評価点	疲労累積係数				
	U_n	U_{S_d}	U_{S_s}	U_f^*	許容値
P01	0.003	0.049	0.435	0.438	1.0
P01'	0.004	0.049	0.435	0.439	1.0
P02	0.001	0.009	0.086	0.086	1.0
P02'	0.001	0.009	0.086	0.086	1.0
P03	0.009	0.098	0.739	0.747	1.0
P03'	0.002	0.098	0.739	0.741	1.0
P04	0.000	0.001	0.003	0.003	1.0
P04'	0.000	0.001	0.003	0.003	1.0
P05	0.000	0.004	0.018	0.018	1.0
P05'	0.001	0.004	0.018	0.018	1.0
P06	0.000	0.004	0.019	0.019	1.0
P06'	0.000	0.004	0.019	0.019	1.0
P07	0.006	0.001	0.001	0.006	1.0
P07'	0.004	0.001	0.001	0.004	1.0
P08	0.002	0.001	0.003	0.005	1.0
P08'	0.001	0.001	0.003	0.003	1.0
P09	0.002	0.001	0.001	0.003	1.0
P09'	0.003	0.001	0.001	0.004	1.0
P10	0.002	0.001	0.001	0.002	1.0
P10'	0.001	0.001	0.001	0.002	1.0
P11	0.001	0.001	0.001	0.002	1.0
P11'	0.000	0.001	0.001	0.001	1.0
P12	0.001	0.026	0.107	0.108	1.0
P12'	0.001	0.026	0.107	0.107	1.0
P13	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P13'	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P14	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P14'	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P15	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P15'	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P16	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P16'	0.000	0.000	0.000	0.000	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。

表11-6(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				
	U_n	U_{S_d}	U_{S_s}	U_f^*	許容値
P17	0.001	0.000	0.000	0.001	1.0
P17'	0.001	0.000	0.000	0.001	1.0
P18	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P18'	0.000	0.000	0.000	0.000	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。

12. 上ぶたスプレイノズル（N7）の応力計算

12.1 一般事項

本章は，上ぶたスプレイノズル（N7）の応力計算について示すものである。

上ぶたスプレイノズル（N7）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，常設重大事故緩和設備及び常設重大事故防止設備（設計基準拡張）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。

12.1.1 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図12-1に示す。

12.1.2 解析範囲

解析範囲を図12-1に示す。

12.1.3 計算結果の概要

計算結果の概要を表12-1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，部分ごとに数点の評価点を設けて評価を行い，**応力分類ごとに**厳しくなる評価点を記載する。

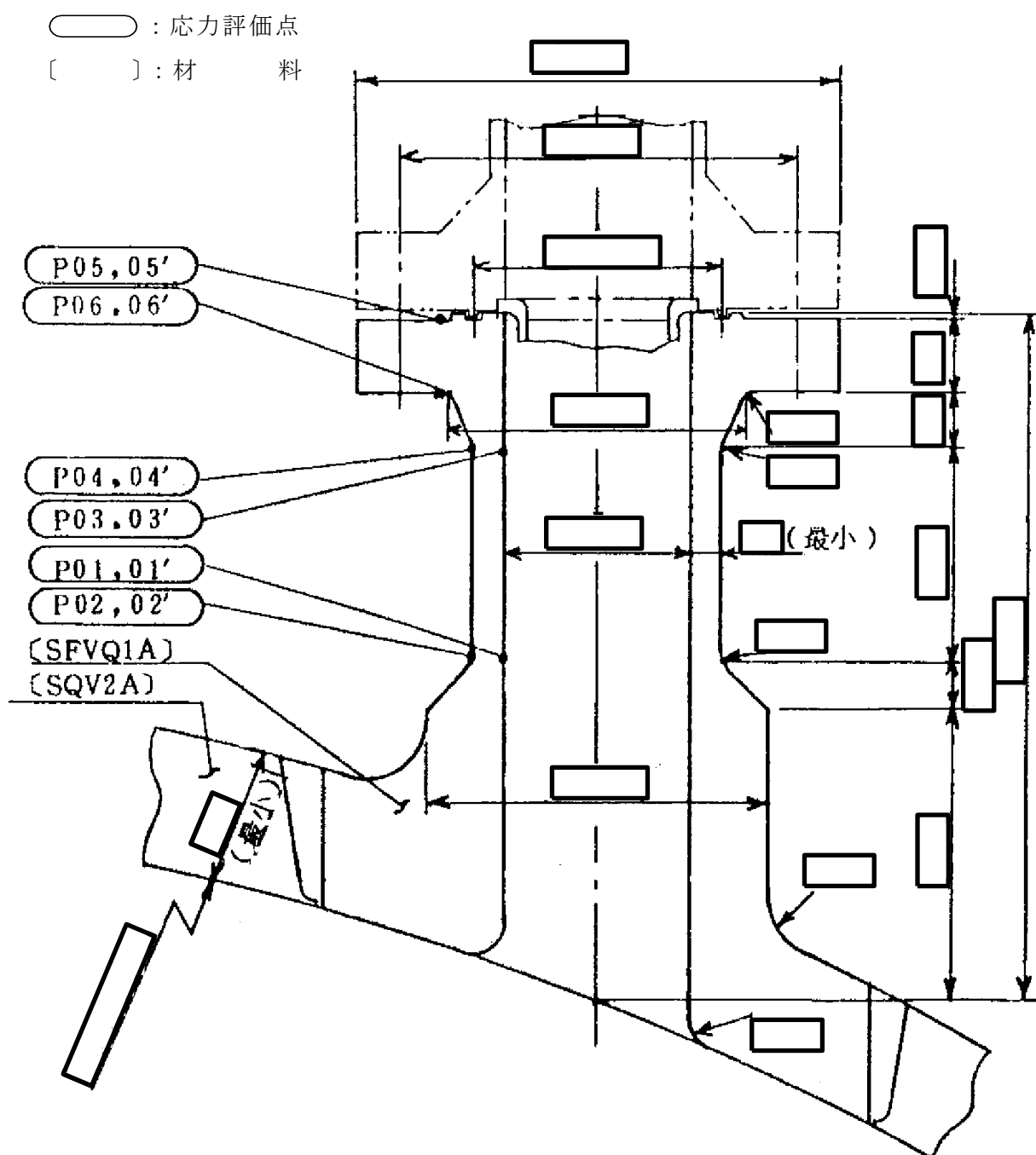


図12-1 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)

表12-1 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*1 累積係数	許容値	応力 評価点
ノズルエンド SFVQ1A	ⅢA S	38	303	P01 - P02	86	426	P01 - P02	—	—	—	—	—	—
	ⅣA S	39	320	P01 - P02	96	451	P01 - P02	—	—	—	—	—	—
	ⅢA S	—	—	—	—	—	—	678*2	552	P02	0.601	1.0	P02
	ⅣA S	—	—	—	—	—	—	791*2	552	P02			
フランジ	ⅢA S	38	303	P03 - P04	94	426	P03' - P04'	—	—	—	—	—	—
	ⅣA S	39	320	P03 - P04	102	451	P03' - P04'	—	—	—	—	—	—
	ⅢA S	—	—	—	—	—	—	587*2	552	P04	0.288	1.0	P04
SFVQ1A	ⅣA S	—	—	—	—	—	—	685*2	552	P04			

注：管台（穴の周辺部）については設計・建設規格 PVB-3510(1)により，応力評価は不要である。

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。

12.2 計算条件

12.2.1 設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の4.1節に示す。

12.2.2 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。

12.2.3 外荷重条件

考慮した外荷重条件を「応力解析の方針」の4.3節に示す。

12.2.4 材料

各部の材料を図12-1に示す。

12.2.5 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。

12.2.6 荷重の組合せ

荷重の組合せを「応力解析の方針」の4.4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。

12.2.7 許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の3.5節に示す。

12.3 応力計算

12.3.1 応力評価点

応力評価点の位置を図12-1に示す。

なお、応力集中を生じる箇所の応力集中係数の計算方法は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)n.に定めるとおりである。

12.3.2 内圧による応力

(1) 荷重条件 (L01)

各運転状態による内圧は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)n.に定めるとおりである。評価圧力は以下のとおりとする。

内圧 : 8.28 MPa

(2) 計算方法

内圧による応力の計算方法は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書

(1)n. に定めるとおりである。

なお、内圧による応力は、既工認の最高使用圧力による応力に圧力比を乗じて計算する。

12.3.3 外荷重による応力

(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)に示す。

(2) 計算方法

外荷重による応力の計算方法は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書

(1)n. に定めるとおりである。

12.3.4 ボルト荷重による応力

(1) 荷重条件 (L11)

ボルト荷重は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)n. に定めるとおりである。

(2) 計算方法

ボルト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)n. に定めるとおりである。

12.3.5 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5.3.2項に定めるとおりである。

12.4 応力強さの評価

12.4.1 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12-2に示す。

表12-2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3.5節に示す許容応力を満足する。

12.4.2 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12-3に示す。

表12-3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。

12.4.3 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12-4に示す。

表12-4より、以下の評価点を除くすべての評価点において $S_n^{\#1}$ 及び $S_n^{\#2}$ は、 $3 \cdot S_m$ 以下であり、「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

P02, P02', P04及びP04'

一次＋二次応力強さの最大範囲が $3 \cdot S_m$ を超える上記の応力評価点にあつては、「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。

12.5 繰返し荷重の評価

12.5.1 疲労解析

ノズルエンド及びフランジ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

それぞれの部分で最も厳しい応力評価点における疲労累積係数の計算結果を表12-5に示す。また、各応力評価点における疲労累積係数を表12-6に示す。

表12-6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。

表12-2 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ⅢA S		許容応力状態ⅣA S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	38	303	39	320
P01' P02'	38	303	38	320
P03 P04	38	303	39	320
P03' P04'	38	303	38	320

表12-3 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	86	426	96	451
P01’ P02’	84	426	95	451
P03 P04	72	426	80	451
P03’ P04’	94	426	102	451
P05 P06	7	454	7	481
P05’ P06’	14	454	14	481

表12-4 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 ($P_L + P_b + Q$)		
	$S_n^{\#1}$	$S_n^{\#2}$	許容値 $3 \cdot S_m$
P01	136	159	552
P01'	136	159	552
P02	678 *	791 *	552
P02'	678 *	791 *	552
P03	112	130	552
P03'	112	130	552
P04	587 *	685 *	552
P04'	587 *	685 *	552
P05	95	111	552
P05'	95	111	552
P06	102	119	552
P06'	102	119	552

注記＊：簡易弾塑性解析を行う。

表12-5(1) 疲労累積係数

応力評価点 —— P02
材 料 —— SFVQ1A

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	677	1.432	856	613	721	504	300	0.595
疲労累積係数 $U_{S_d} =$								0.596
2	791	1.634	999	817	960	253	150	0.593
疲労累積係数 $U_{S_s} =$								0.593
疲労累積係数 $U_n =$								0.005
疲労累積係数 $U_f = U_n + U_{S_d} =$								0.601

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。

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

表12-5(2) 疲労累積係数

応力評価点 —— P04
材 料 —— SFVQ1A

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	587	1.251	722	452	531	1218	300	0.246
疲労累積係数 $U_{S_d} =$								0.247
2	685	1.428	843	602	708	532	150	0.282
疲労累積係数 $U_{S_s} =$								0.282
疲労累積係数 $U_n =$								0.006
疲労累積係数 $U_f = U_n + U_{S_s} =$								0.288

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。

$E_0 =$ MPa, $E =$ MPa

表12-6 疲労累積係数の評価のまとめ

応力評価点	疲労累積係数				
	U_n	U_{S_d}	U_{S_s}	U_f^*	許容値
P01	0.001	0.001	0.001	0.002	1.0
P01'	0.001	0.001	0.001	0.002	1.0
P02	0.005	0.596	0.593	0.601	1.0
P02'	0.004	0.596	0.593	0.600	1.0
P03	0.001	0.001	0.001	0.002	1.0
P03'	0.001	0.001	0.001	0.002	1.0
P04	0.006	0.247	0.282	0.288	1.0
P04'	0.003	0.247	0.282	0.285	1.0
P05	0.000	0.001	0.001	0.001	1.0
P05'	0.000	0.001	0.001	0.001	1.0
P06	0.000	0.001	0.001	0.001	1.0
P06'	0.001	0.001	0.001	0.002	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。

13. 計測及びベントノズル（N8）の応力計算

13.1 一般事項

本章は、計測及びベントノズル（N8）の応力計算について示すものである。

計測及びベントノズル（N8）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，常設重大事故緩和設備及び常設重大事故防止設備（設計基準拡張）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。

13.1.1 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図13-1に示す。

13.1.2 解析範囲

解析範囲を図13-1に示す。

13.1.3 計算結果の概要

計算結果の概要を表13-1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，部分ごとに数点の評価点を設けて評価を行い，**応力分類ごとに**厳しくなる評価点を記載する。

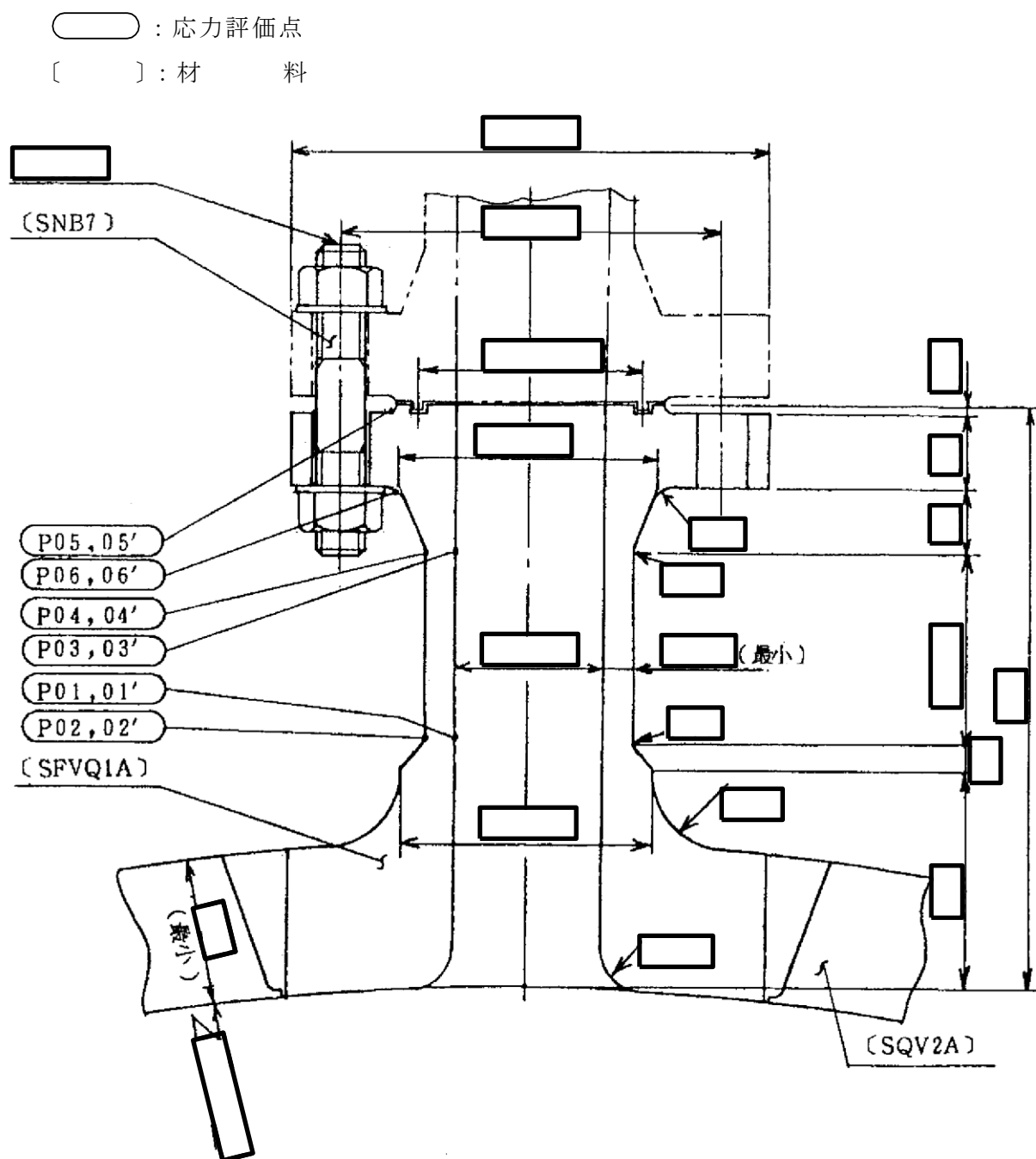


図13-1 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)

表13-1 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*1 累積係数	許容値	応力 評価点
ノズルエンド SFVQ1A	ⅢA S	39	303	P01 - P02	78	425	P01 - P02	—	—	—	—	—	—
	ⅣA S	40	320	P01 - P02	87	449	P01 - P02	—	—	—	—	—	—
	ⅢA S	—	—	—	—	—	—	670*2	552	P02	0.657	1.0	P02
	ⅣA S	—	—	—	—	—	—	769*2	552	P02			
フランジ SFVQ1A	ⅢA S	39	303	P03 - P04	79	425	P03' - P04'	—	—	—	—	—	—
	ⅣA S	40	320	P03 - P04	86	449	P03' - P04'	—	—	—	—	—	—
	ⅢA S	—	—	—	—	—	—	553*2	552	P04	0.178	1.0	P04
	ⅣA S	—	—	—	—	—	—	635*2	552	P04			

注：管台（穴の周辺部）については設計・建設規格 PVB-3510(1)により，応力評価は不要である。

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。

13.2 計算条件

13.2.1 設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の4.1節に示す。

13.2.2 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。

13.2.3 外荷重条件

考慮した外荷重条件を「応力解析の方針」の4.3節に示す。

13.2.4 材料

各部の材料を図13-1に示す。

13.2.5 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。

13.2.6 荷重の組合せ

荷重の組合せを「応力解析の方針」の4.4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。

13.2.7 許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の3.5節に示す。

13.3 応力計算

13.3.1 応力評価点

応力評価点の位置を図13-1に示す。

なお、応力集中を生じる箇所の応力集中係数の計算方法は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)ο.に定めるとおりである。

13.3.2 内圧による応力

(1) 荷重条件 (L01)

各運転状態による内圧は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)ο.に定めるとおりである。評価圧力は以下のとおりとする。

内圧 : 8.28 MPa

(2) 計算方法

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

なお、内圧による応力は、既工認の最高使用圧力による応力に圧力比を乗じて計算する。

13.3.3 外荷重による応力

(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)に示す。

(2) 計算方法

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

13.3.4 ボルト荷重による応力

(1) 荷重条件 (L11)

ボルト荷重は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1) o. に定めるとおりである。

(2) 計算方法

ボルト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) o. に定めるとおりである。

13.3.5 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. 3. 2項に定めるとおりである。

13.4 応力強さの評価

13.4.1 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13-2に示す。

表13-2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. 5節に示す許容応力を満足する。

13.4.2 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13-3に示す。

表13-3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。

13.4.3 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13-4に示す。

表13-4より、以下の評価点を除くすべての評価点において $S_n^{\#1}$ 及び $S_n^{\#2}$ は、 $3 \cdot S_m$ 以下であり、「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

P02, P02', P04及びP04'

一次＋二次応力強さの最大範囲が $3 \cdot S_m$ を超える上記の応力評価点にあつては、「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。

13.5 繰返し荷重の評価

13.5.1 疲労解析

ノズルエンド及びフランジ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

それぞれの部分で最も厳しい応力評価点における疲労累積係数の計算結果を表13-5に示す。また、各応力評価点における疲労累積係数を表13-6に示す。

表13-6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。

表13-2 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	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	39	303	40	320
P01' P02'	39	303	40	320
P03 P04	39	303	40	320
P03' P04'	39	303	40	320

表13-3 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	78	425	87	449
P01' P02'	77	425	86	449
P03 P04	67	425	73	449
P03' P04'	79	425	86	449
P05 P06	4	454	4	481
P05' P06'	4	454	4	481

表13-4 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 ($P_L + P_b + Q$)		
	$S_n^{\#1}$	$S_n^{\#2}$	許容値 $3 \cdot S_m$
P01	97	112	552
P01'	97	112	552
P02	670 *	769 *	552
P02'	670 *	769 *	552
P03	124	143	552
P03'	124	143	552
P04	553 *	635 *	552
P04'	553 *	635 *	552
P05	62	72	552
P05'	62	72	552
P06	79	91	552
P06'	79	91	552

注記＊：簡易弾塑性解析を行う。

表13－5(1) 疲労累積係数

応力評価点 —— P02
材 料 —— SFVQ1A

No.	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	S _ℓ ^{*1} (MPa)	S _ℓ ^{'*2} (MPa)	N _a	N _c	N _c ／N _a
1	670	1.439	887	638	750	457	300	0.656
疲労累積係数 U _{S_d} ＝								0.657
2	769	1.602	1017	815	959	254	150	0.591
疲労累積係数 U _{S_s} ＝								0.591
疲労累積係数 U _n ＝								0.000
疲労累積係数 U _f ＝U _n ＋U _{S_d} ＝								0.657

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（E₀／E）を乗じた値である。

E₀＝MPa， E＝MPa

表13－5(2) 疲労累積係数

応力評価点 —— P04
材 料 —— SFVQ1A

No.	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	S _ℓ ^{*1} (MPa)	S _ℓ ^{’*2} (MPa)	N _a	N _c	N _c ／N _a
1	553	1.183	675	399	469	1693	300	0.177
疲労累積係数 U _{S_d} ＝								0.178
2	634	1.330	775	515	606	843	150	0.178
疲労累積係数 U _{S_s} ＝								0.178
疲労累積係数 U _n ＝								0.000
疲労累積係数 U _f ＝U _n ＋U _{S_s} ＝								0.178

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（E₀／E）を乗じた値である。

E₀＝MPa， E＝MPa

表13-6 疲労累積係数の評価のまとめ

応力評価点	疲労累積係数				
	U_n	U_{S_d}	U_{S_s}	U_f^*	許容値
P01	0.000	0.001	0.001	0.001	1.0
P01'	0.000	0.001	0.001	0.001	1.0
P02	0.000	0.657	0.591	0.657	1.0
P02'	0.000	0.657	0.591	0.657	1.0
P03	0.001	0.001	0.001	0.002	1.0
P03'	0.001	0.001	0.001	0.002	1.0
P04	0.000	0.178	0.178	0.178	1.0
P04'	0.000	0.178	0.178	0.178	1.0
P05	0.000	0.001	0.001	0.001	1.0
P05'	0.000	0.001	0.001	0.001	1.0
P06	0.000	0.001	0.001	0.001	1.0
P06'	0.000	0.001	0.001	0.001	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。

14. ジェットポンプ計測ノズル（N9）の応力計算

14.1 一般事項

本章は、ジェットポンプ計測ノズル（N9）の応力計算について示すものである。

ジェットポンプ計測ノズル（N9）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、常設重大事故緩和設備及び常設重大事故防止設備（設計基準拡張）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。

14.1.1 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図14-1に示す。

14.1.2 解析範囲

解析範囲を図14-1に示す。

14.1.3 計算結果の概要

計算結果の概要を表14-1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、部分ごとに数点の評価点を設けて評価を行い、**応力分類ごとに**厳しくなる評価点を記載する。

○ : 応力評価点
[] : 材 料

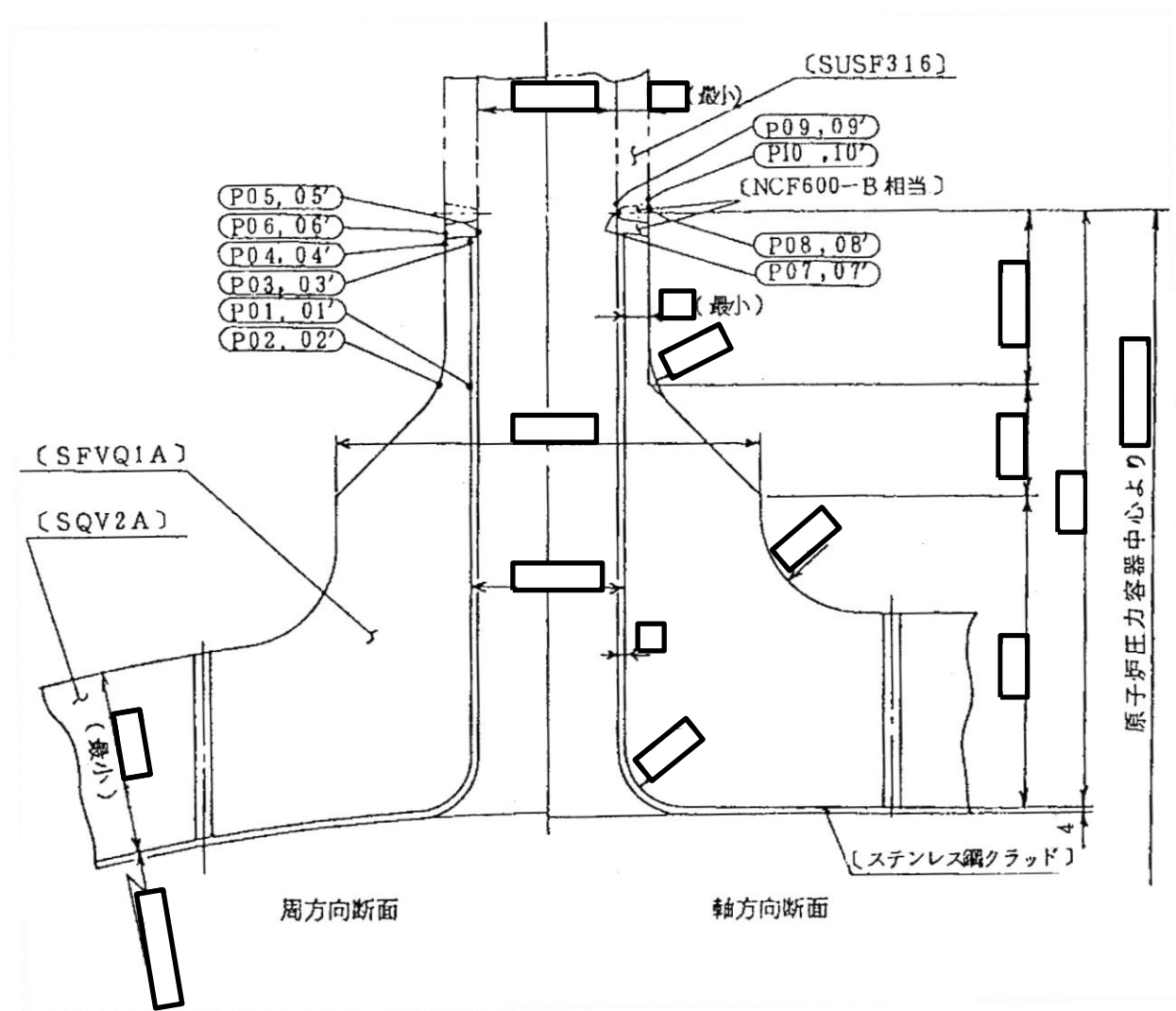


図14-1 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)

表14-1 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*1 累積係数	許容値	応力 評価点
ノズルエンド	Ⅲ A S	92	303	P01' - P02'	276	427	P01' - P02'	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ A S	136	320	P01' - P02'	406	451	P01' - P02'	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ A S	—	—	—	—	—	—	431	552	P02	0.159	1.0	P02
	Ⅳ A S	—	—	—	—	—	—	650*2	552	P02			
SFVQ1A	Ⅲ A S	71	196	P05' - P06'	193	287	P05' - P06'	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ A S	105	334	P05' - P06'	284	487	P05' - P06'	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ A S	—	—	—	—	—	—	426	492	P06	0.020	1.0	P06
	Ⅳ A S	—	—	—	—	—	—	643*2	492	P06			
NCF600-B相当	Ⅲ A S	71	143	P09' - P10'	188	208	P09' - P10'	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ A S	105	284	P09' - P10'	278	416	P09' - P10'	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ A S	—	—	—	—	—	—	394*2	360	P10	0.051	1.0	P10
	Ⅳ A S	—	—	—	—	—	—	595*2	360	P10			
SUSF316													

注：管台（穴の周辺部）については設計・建設規格 PVB-3510(1)により，応力評価は不要である。

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。

14.2 計算条件

14.2.1 設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の4.1節に示す。

14.2.2 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。

14.2.3 外荷重条件

考慮した外荷重条件を「応力解析の方針」の4.3節に示す。

14.2.4 材料

各部の材料を図14-1に示す。

14.2.5 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。

14.2.6 荷重の組合せ

荷重の組合せを「応力解析の方針」の4.4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。

14.2.7 許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の3.5節に示す。

14.3 応力計算

14.3.1 応力評価点

応力評価点の位置を図14-1に示す。

なお、応力集中を生じる箇所の応力集中係数の計算方法は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)p.に定めるとおりである。

14.3.2 内圧による応力

(1) 荷重条件 (L01)

各運転状態による内圧は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)p.に定めるとおりである。評価圧力は以下のとおりとする。

内圧 : 8.28 MPa

(2) 計算方法

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

なお、内圧による応力は、既工認の最高使用圧力による応力に圧力比を乗じて計算する。

14.3.3 外荷重による応力

(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)に示す。

(2) 計算方法

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

14.3.4 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5.3.2項に定めるとおりである。

14.4 応力強さの評価

14.4.1 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14-2に示す。

表14-2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3.5節に示す許容応力を満足する。

14.4.2 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14-3に示す。

表14-3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。

14.4.3 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14-4に示す。

表14-4より、以下の評価点を除くすべての評価点において $S_n^{\#1}$ 及び $S_n^{\#2}$ は、 $3 \cdot S_m$ 以下であり、「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

P02, P02', P04, P04', P06, P06', P08, P08', P09, P09', P10及びP10'

一次＋二次応力強さの最大範囲が $3 \cdot S_m$ を超える上記の応力評価点にあつては、「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。

14.5 繰返し荷重の評価

14.5.1 疲労解析

ノズルエンド及びペネ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

それぞれの部分で最も厳しい応力評価点における疲労累積係数の計算結果を表14-5に示す。また、各応力評価点における疲労累積係数を表14-6に示す。

表14-6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。

表14-2 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	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	90	303	134	320
P01' P02'	92	303	136	320
P03 P04	90	303	134	320
P03' P04'	92	303	136	320
P05 P06	70	196	104	334
P05' P06'	71	196	105	334
P07 P08	70	196	104	334
P07' P08'	71	196	105	334
P09 P10	70	143	104	284
P09' P10'	71	143	105	284

表14-3 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	270	427	396	451
P01' P02'	276	427	406	451
P03 P04	242	427	354	451
P03' P04'	248	427	365	451
P05 P06	188	287	276	487
P05' P06'	193	287	284	487
P07 P08	184	287	269	487
P07' P08'	188	287	278	487
P09 P10	184	208	269	416
P09' P10'	188	208	278	416

表14-4 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 ($P_L + P_b + Q$)		
	$S_n^{\#1}$	$S_n^{\#2}$	許容値 $3 \cdot S_m$
P01	157	237	552
P01'	157	237	552
P02	431	650 *	552
P02'	431	650 *	552
P03	277	419	552
P03'	277	419	552
P04	422	637 *	552
P04'	422	637 *	552
P05	274	414	492
P05'	274	414	492
P06	426	643 *	492
P06'	426	643 *	492
P07	266	402	492
P07'	266	402	492
P08	398	601 *	492
P08'	398	601 *	492
P09	260	393 *	360
P09'	260	393 *	360
P10	394 *	595 *	360
P10'	394 *	595 *	360

注記＊：簡易弾塑性解析を行う。

表14－5(1) 疲労累積係数

応力評価点 —— P02
材 料 —— SFVQ1A

No.	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	S _ℓ ^{*1} (MPa)	S _ℓ ^{'*2} (MPa)	N _a	N _c	N _c ／N _a
1	430	—	498	249	293	7143	300	0.042
疲労累積係数 U _{S_d} ＝								0.042
2	650	1.316	753	495	583	947	150	0.158
疲労累積係数 U _{S_s} ＝								0.159
疲労累積係数 U _n ＝								0.000
疲労累積係数 U _f ＝U _n ＋U _{S_s} ＝								0.159

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（E₀／E）を乗じた値である。

E₀＝MPa, E＝MPa

表14－5(2) 疲労累積係数

応力評価点 —— P06
材 料 —— NCF600-B相当

No.	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	S _ℓ ^{*1} (MPa)	S _ℓ ^{'*2} (MPa)	N _a	N _c	N _c ／N _a
1	425	—	425	213	209	567622	300	0.001
疲労累積係数 U _{Sd} ＝								0.001
2	642	1.491	642	479	471	7648	150	0.020
疲労累積係数 U _{Ss} ＝								0.020
疲労累積係数 U _n ＝								0.000
疲労累積係数 U _f ＝U _n ＋U _{Ss} ＝								0.020

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（E₀／E）を乗じた値である。

E₀＝ MPa， E＝ MPa

表14－5(3) 疲労累積係数

応力評価点 —— P10
材 料 —— SUSF316

No.	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	S _ℓ ^{*1} (MPa)	S _ℓ ^{’*2} (MPa)	N _a	N _c	N _c ／N _a
1	394	1.180	394	232	258	159736	300	0.002
疲労累積係数 U _{S_d} ＝								0.002
2	595	1.829	595	544	603	2951	150	0.051
疲労累積係数 U _{S_s} ＝								0.051
疲労累積係数 U _n ＝								0.000
疲労累積係数 U _f ＝U _n ＋U _{S_s} ＝								0.051

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（E₀／E）を乗じた値である。

E₀＝ MPa， E＝ MPa

表14-6 疲労累積係数の評価のまとめ

応力評価点	疲労累積係数				
	U_n	U_{S_d}	U_{S_s}	U_f^*	許容値
P01	0.000	0.001	0.002	0.002	1.0
P01'	0.000	0.001	0.002	0.002	1.0
P02	0.000	0.042	0.159	0.159	1.0
P02'	0.000	0.042	0.159	0.159	1.0
P03	0.001	0.007	0.013	0.014	1.0
P03'	0.001	0.007	0.013	0.014	1.0
P04	0.000	0.025	0.094	0.094	1.0
P04'	0.001	0.025	0.094	0.095	1.0
P05	0.000	0.000	0.001	0.001	1.0
P05'	0.000	0.000	0.001	0.001	1.0
P06	0.000	0.001	0.020	0.020	1.0
P06'	0.000	0.001	0.020	0.020	1.0
P07	0.000	0.000	0.001	0.001	1.0
P07'	0.000	0.000	0.001	0.001	1.0
P08	0.000	0.001	0.011	0.011	1.0
P08'	0.000	0.001	0.011	0.011	1.0
P09	0.000	0.001	0.001	0.001	1.0
P09'	0.000	0.001	0.001	0.001	1.0
P10	0.000	0.002	0.051	0.051	1.0
P10'	0.000	0.002	0.051	0.051	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。

15. ほう酸水注入及び炉心差圧計測ノズル (N11) の応力計算

15.1 一般事項

本章は, ほう酸水注入及び炉心差圧計測ノズル (N11) の応力計算について示すものである。

ほう酸水注入及び炉心差圧計測ノズル (N11) 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, 常設重大事故緩和設備及び常設重大事故防止設備 (設計基準拡張) 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。

15.1.1 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図15-1に示す。

15.1.2 解析範囲

解析範囲を図15-1に示す。

15.1.3 計算結果の概要

計算結果の概要を表15-1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, 部分ごとに数点の評価点を設けて評価を行い, 応力分類ごとに厳しくなる評価点を記載する。

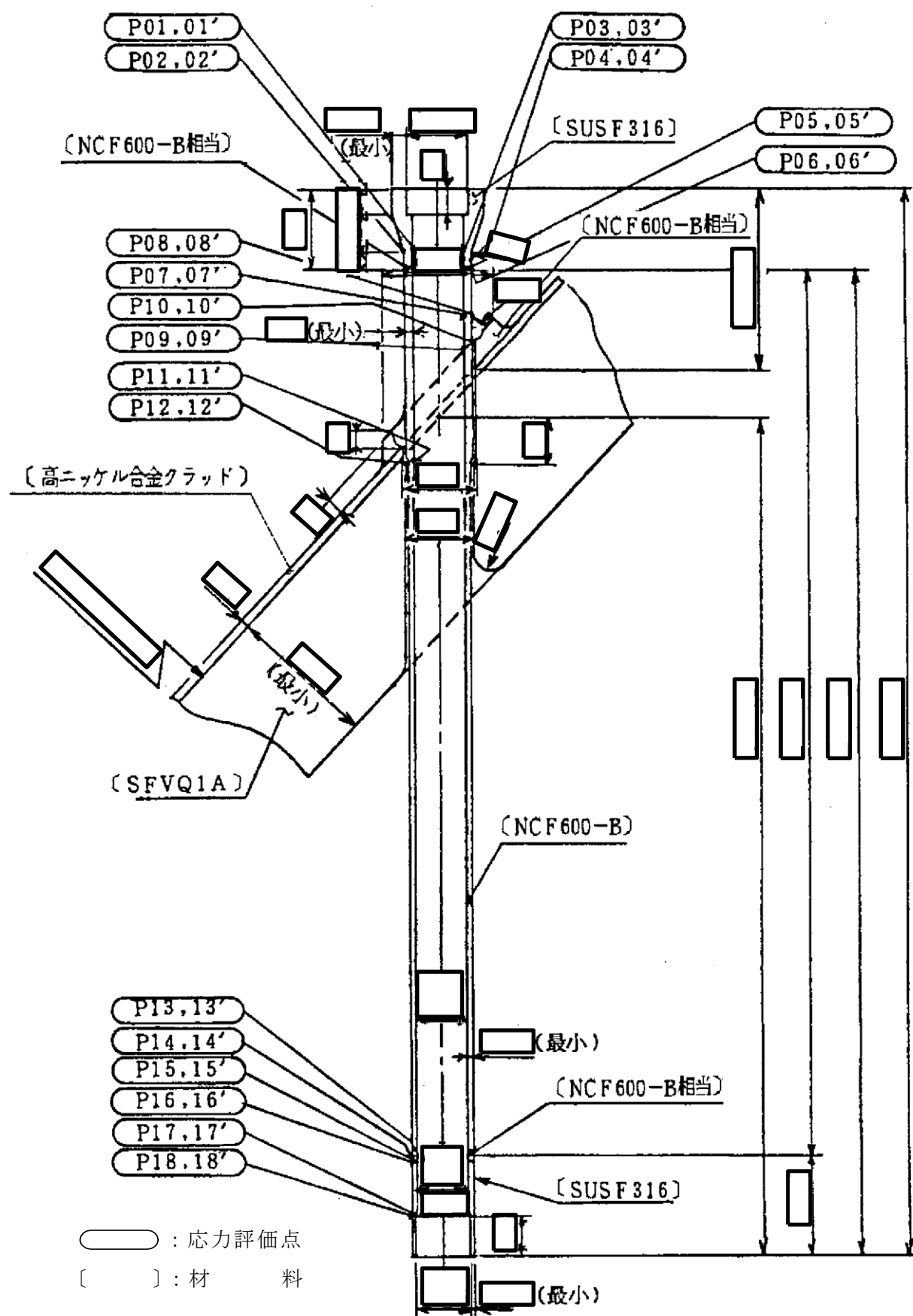


図15-1 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)

表15-1(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*1 累積係数	許容値	応力 評価点
カップリング	ⅢA S	0	143	P01 - P02	0	206	P01 - P02	—	—	—	—	—	—
	ⅣA S	0	284	P01 - P02	0	410	P01 - P02	—	—	—	—	—	—
	ⅢA S	—	—	—	—	—	—	0	360	P01	0.000	1.0	P01
	ⅣA S	—	—	—	—	—	—	0	360	P01	—	—	—
SUSF316	ⅢA S	0	196	P05 - P06	6	283	P07 - P08	—	—	—	—	—	—
	ⅣA S	0	334	P05 - P06	6	481	P07 - P08	—	—	—	—	—	—
	ⅢA S	—	—	—	—	—	—	0	492	P05	0.000	1.0	P05
	ⅣA S	—	—	—	—	—	—	0	492	P05	—	—	—
NCF600-B	ⅢA S	55	196	P11 - P12	101	272	P11 - P12	—	—	—	—	—	—
	ⅣA S	55	334	P11 - P12	101	462	P11 - P12	—	—	—	—	—	—
	ⅢA S	—	—	—	—	—	—	660*2	492	P12	0.868	1.0	P10
	ⅣA S	—	—	—	—	—	—	660*2	492	P12	—	—	—
NCF600-B	ⅢA S	55	196	P13 - P14	71	272	P13 - P14	—	—	—	—	—	—
	ⅣA S	55	334	P13 - P14	71	462	P13 - P14	—	—	—	—	—	—
	ⅢA S	—	—	—	—	—	—	271	492	P14	0.000	1.0	P14
	ⅣA S	—	—	—	—	—	—	271	492	P14	—	—	—

注：管台（穴の周辺部）については設計・建設規格 PVB-3510(1)により，応力評価は不要である。

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。

表15-1(2) 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	許容値	応力 評価点
ノズル セーフエンド	ⅢA S	59	143	P17 - P18	71	197	P17 - P18	—	—	—	—	—	—
	ⅣA S	59	284	P17 - P18	71	392	P17 - P18	—	—	—	—	—	—
	ⅢA S	—	—	—	—	—	—	263	360	P16	0.002	1.0	P16'
SUSF316	ⅣA S	—	—	—	—	—	—	263	360	P16			

注：管台（穴の周辺部）については設計・建設規格 PVB-3510(1)により，応力評価は不要である。
注記＊：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。

15.2 計算条件

15.2.1 設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の4.1節に示す。

15.2.2 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。

15.2.3 外荷重条件

考慮した外荷重条件を「応力解析の方針」の4.3節に示す。

15.2.4 材料

各部の材料を図15-1に示す。

15.2.5 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。

15.2.6 荷重の組合せ

荷重の組合せを「応力解析の方針」の4.4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。

15.2.7 許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の3.5節に示す。

15.3 応力計算

15.3.1 応力評価点

応力評価点の位置を図15-1に示す。

なお、応力集中を生じる箇所の応力集中係数の計算方法は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)q.に定めるとおりである。

15.3.2 内圧による応力

(1) 荷重条件 (L01)

各運転状態による内圧は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)q.に定めるとおりである。評価圧力は以下のとおりとする。

内圧 : 8.45 MPa

(2) 計算方法

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

なお、内圧による応力は、既工認の最高使用圧力による応力に圧力比を乗じて計算する。

15.3.3 外荷重による応力

(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)に示す。

(2) 計算方法

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

15.3.4 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5.3.2項に定めるとおりである。

15.4 応力強さの評価

15.4.1 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15-2に示す。

表15-2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3.5節に示す許容応力を満足する。

15.4.2 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15-3に示す。

表15-3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。

15.4.3 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15－4に示す。

表15－4より、以下の評価点を除くすべての評価点において $S_n^{\#1}$ 及び $S_n^{\#2}$ は、 $3 \cdot S_m$ 以下であり、「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

P12及びP12'

一次＋二次応力強さの最大範囲が $3 \cdot S_m$ を超える上記の応力評価点にあつては、「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。

15.5 繰返し荷重の評価

15.5.1 疲労解析

カップリング、ノズル及びノズルセーフエンド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

それぞれの部分で最も厳しい応力評価点における疲労累積係数の計算結果を表15－5に示す。また、各応力評価点における疲労累積係数を表15－6に示す。

表15－6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。

表15-2 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	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	0	143	0	284
P01' P02'	0	143	0	284
P03 P04	0	143	0	284
P03' P04'	0	143	0	284
P05 P06	0	196	0	334
P05' P06'	0	196	0	334
P07 P08	0	196	0	334
P07' P08'	0	196	0	334
P09 P10	34	196	34	334
P09' P10'	34	196	34	334
P11 P12	55	196	55	334
P11' P12'	55	196	55	334
P13 P14	55	196	55	334
P13' P14'	55	196	55	334
P15 P16	55	143	55	284
P15' P16'	55	143	55	284
P17 P18	59	143	59	284
P17' P18'	59	143	59	284

表15-3 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	0	206	0	410
P01' P02'	0	206	0	410
P03 P04	0	206	0	410
P03' P04'	0	206	0	410
P05 P06	0	283	0	481
P05' P06'	0	283	0	481
P07 P08	6	283	6	481
P07' P08'	6	283	6	481
P09 P10	60	283	60	481
P09' P10'	41	283	41	481
P11 P12	101	272	101	462
P11' P12'	101	272	101	462
P13 P14	71	272	71	462
P13' P14'	68	272	68	462
P15 P16	71	198	71	394
P15' P16'	68	198	68	394
P17 P18	71	197	71	392
P17' P18'	66	197	66	392

表15-4(1) 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 ($P_L + P_b + Q$)		
	$S_n \# 1$	$S_n \# 2$	許容値 $3 \cdot S_m$
P01	0	0	360
P01'	0	0	360
P02	0	0	360
P02'	0	0	360
P03	0	0	360
P03'	0	0	360
P04	0	0	360
P04'	0	0	360
P05	0	0	492
P05'	0	0	492
P06	0	0	492
P06'	0	0	492
P07	0	0	492
P07'	0	0	492
P08	0	0	492
P08'	0	0	492
P09	60	60	492
P09'	60	60	492
P10	472	472	492
P10'	472	472	492
P11	202	202	492
P11'	202	202	492
P12	660 *	660 *	492
P12'	660 *	660 *	492
P13	207	207	492
P13'	207	207	492
P14	271	271	492
P14'	271	271	492

注記＊：簡易弾塑性解析を行う。

表15-4(2) 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 ($P_L + P_b + Q$)		
	$S_n \# 1$	$S_n \# 2$	許容値 $3 \cdot S_m$
P15	203	203	360
P15'	203	203	360
P16	263	263	360
P16'	263	263	360
P17	212	212	360
P17'	212	212	360
P18	255	255	360
P18'	255	255	360

表15－5(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 _ℓ ^{'*2} (MPa)	N _a	N _c	N _c ／N _a
1	0	—	0	0	0	1000×10 ⁸	300	0.000
疲労累積係数 U _{Sd} ＝								0.000
2	0	—	0	0	0	1000×10 ⁸	150	0.000
疲労累積係数 U _{Ss} ＝								0.000
疲労累積係数 U _n ＝								0.000
疲労累積係数 U _f ＝U _n ＋U _{Sd} ＝								0.000

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（E₀／E）を乗じた値である。

E₀＝MPa， E＝MPa

表15－5(2) 疲労累積係数

応力評価点 —— P05
材 料 —— NCF600-B

No.	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	S _ℓ ^{*1} (MPa)	S _ℓ ^{'*2} (MPa)	N _a	N _c	N _c ／N _a
1	0	—	0	0	0	1000×10 ⁸	300	0.000
疲労累積係数 U _{Sd} =								0.000
2	0	—	0	0	0	1000×10 ⁸	150	0.000
疲労累積係数 U _{Ss} =								0.000
疲労累積係数 U _n =								0.000
疲労累積係数 U _f =U _n +U _{Sd} =								0.000

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（E₀／E）を乗じた値である。

E₀=MPa, E=MPa

表15－5(3) 疲労累積係数

応力評価点 —— P10
材 料 —— NCF600-B

No.	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	S _ℓ ^{*1} (MPa)	S _ℓ ^{'*2} (MPa)	N _a	N _c	N _c ／N _a
1	471	1.000	2336	1168	1150	347	300	0.865
疲労累積係数 U _{Sd} ＝								0.865
2	471	1.000	2336	1168	1150	347	150	0.432
疲労累積係数 U _{Ss} ＝								0.433
疲労累積係数 U _n ＝								0.003
疲労累積係数 U _f ＝U _n ＋U _{Sd} ＝								0.868

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（E₀／E）を乗じた値である。

E₀＝ MPa， E＝ MPa

表15－5(4) 疲労累積係数

応力評価点 —— P12
材 料 —— NCF600-B

No.	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	S _ℓ ^{*1} (MPa)	S _ℓ ^{'*2} (MPa)	N _a	N _c	N _c ／N _a
1	660	1.534	904	693	682	1861	300	0.161
疲労累積係数 U _{Sd} ＝								0.162
2	660	1.534	904	693	682	1861	150	0.081
疲労累積係数 U _{Ss} ＝								0.081
疲労累積係数 U _n ＝								0.000
疲労累積係数 U _f ＝U _n ＋U _{Sd} ＝								0.162

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（E₀／E）を乗じた値である。

E₀＝MPa， E＝MPa

表15－5(5) 疲労累積係数

応力評価点 —— P14
材 料 —— NCF600-B相当

No.	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	S _ℓ ^{*1} (MPa)	S _ℓ ^{'*2} (MPa)	N _a	N _c	N _c ／N _a
1	271	1.000	271	135	133	3953859	300	0.000
疲労累積係数 U _{Sd} ＝								0.000
2	271	1.000	271	135	133	3953859	150	0.000
疲労累積係数 U _{Ss} ＝								0.000
疲労累積係数 U _n ＝								0.000
疲労累積係数 U _f ＝U _n ＋U _{Sd} ＝								0.000

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（E₀／E）を乗じた値である。

E₀＝MPa， E＝MPa

表15－5(6) 疲労累積係数

応力評価点 —— P16’
材 料 —— SUSF316

No.	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	S _ℓ ^{*1} (MPa)	S _ℓ ^{’*2} (MPa)	N _a	N _c	N _c ／N _a
1	262	1.000	262	131	145	2763505	300	0.000
疲労累積係数 U _{Sd} ＝								0.001
2	262	1.000	262	131	145	2763505	150	0.000
疲労累積係数 U _{Ss} ＝								0.000
疲労累積係数 U _n ＝								0.001
疲労累積係数 U _f ＝U _n ＋U _{Sd} ＝								0.002

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（E₀／E）を乗じた値である。

E₀＝MPa， E＝MPa

表15－6(1) 疲労累積係数の評価のまとめ

応力評価点	疲労累積係数				
	U_n	U_{S_d}	U_{S_s}	U_f^*	許容値
P01	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P01'	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P02	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P02'	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P03	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P03'	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P04	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P04'	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P05	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P05'	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P06	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P06'	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P07	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P07'	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P08	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P08'	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P09	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P09'	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P10	0.003	0.865	0.433	0.868	1.0
P10'	0.002	0.865	0.433	0.867	1.0
P11	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P11'	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P12	0.000	0.162	0.081	0.162	1.0
P12'	0.000	0.162	0.081	0.162	1.0
P13	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P13'	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P14	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P14'	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P15	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P15'	0.001	0.000	0.000	0.001	1.0
P16	0.000	0.001	0.000	0.001	1.0
P16'	0.001	0.001	0.000	0.002	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。

表15－6(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				
	U_n	U_{S_d}	U_{S_s}	U_f^*	許容値
P17	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P17'	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P18	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P18'	0.000	0.000	0.000	0.000	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。

16. 計測ノズル（N12）の応力計算

16.1 一般事項

本章は、計測ノズル（N12）の応力計算について示すものである。

計測ノズル（N12）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、常設重大事故緩和設備及び常設重大事故防止設備（設計基準拡張）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。

16.1.1 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図16-1に示す。

16.1.2 解析範囲

解析範囲を図16-1に示す。

16.1.3 計算結果の概要

計算結果の概要を表16-1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、部分ごとに数点の評価点を設けて評価を行い、**応力分類ごとに**厳しくなる評価点を記載する。

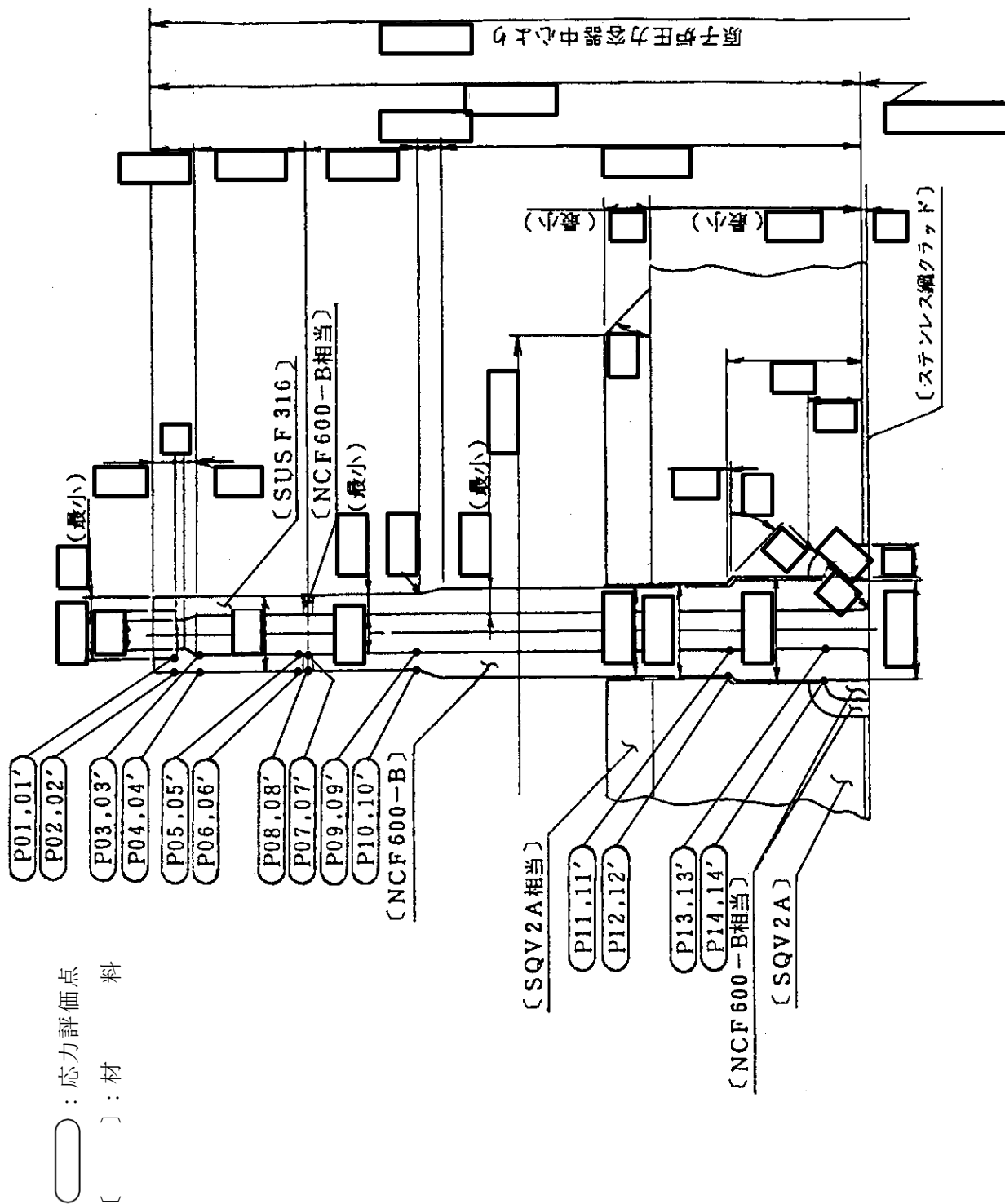


図16-1 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)

表16-1 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*1 累積係数	許容値	応力 評価点
ノズル セーフエンド SUSF316	ⅢA S	72	143	P01' - P02'	182	214	P05' - P06'	—	—	—	—	—	—
	ⅣA S	94	284	P01' - P02'	226	427	P05' - P06'	—	—	—	—	—	—
	ⅢA S	—	—	—	—	—	—	454*2	360	P06	0.172	1.0	P01'
	ⅣA S	—	—	—	—	—	—	597*2	360	P06			
ノズルエンド NCF600-B NCF600-B相当	ⅢA S	67	196	P07' - P08'	212	295	P09' - P10'	—	—	—	—	—	—
	ⅣA S	88	334	P07' - P08'	261	501	P09' - P10'	—	—	—	—	—	—
	ⅢA S	—	—	—	—	—	—	553*2	492	P10	0.318	1.0	P14
	ⅣA S	—	—	—	—	—	—	714*2	492	P10			

注：管台（穴の周辺部）については設計・建設規格 PVB-3510(1)により，応力評価は不要である。

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。

16.2 計算条件

16.2.1 設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の4.1節に示す。

16.2.2 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。

16.2.3 外荷重条件

考慮した外荷重条件を「応力解析の方針」の4.3節に示す。

16.2.4 材料

各部の材料を図16-1に示す。

16.2.5 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。

16.2.6 荷重の組合せ

荷重の組合せを「応力解析の方針」の4.4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。

16.2.7 許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の3.5節に示す。

16.3 応力計算

16.3.1 応力評価点

応力評価点の位置を図16-1に示す。

なお、応力集中を生じる箇所の応力集中係数の計算方法は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)r.に定めるとおりである。

16.3.2 内圧による応力

(1) 荷重条件 (L01)

各運転状態による内圧は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)r.に定めるとおりである。評価圧力は以下のとおりとする。

内圧 : 8.28 MPa

(2) 計算方法

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

なお、内圧による応力は、既工認の最高使用圧力による応力に圧力比を乗じて計算する。

16.3.3 外荷重による応力

(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)に示す。

(2) 計算方法

外荷重による応力の計算方法は、「応力解析の方針」の参照図書(1)h.と同様である。

16.3.4 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5.3.2項に定めるとおりである。

16.4 応力強さの評価

16.4.1 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16-2に示す。

表16-2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3.5節に示す許容応力を満足する。

16.4.2 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16-3に示す。

表16-3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。

16.4.3 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16-4に示す。

表16-4より、以下の評価点を除くすべての評価点において $S_n^{\#1}$ 及び $S_n^{\#2}$ は、 $3 \cdot S_m$ 以下であり、「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

P02, P02', P04, P04', P06, P06', P08, P08', P10及びP10'

一次＋二次応力強さの最大範囲が $3 \cdot S_m$ を超える上記の応力評価点にあつては、「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。

16.5 繰返し荷重の評価

16.5.1 疲労解析

ノズルセーフエンド及びノズルエンド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

それぞれの部分で最も厳しい応力評価点における疲労累積係数の計算結果を表16-5に示す。また、各応力評価点における疲労累積係数を表16-6に示す。

表16-6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。

表16-2 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	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	71	143	94	284
P01' P02'	72	143	94	284
P03 P04	67	143	88	284
P03' P04'	67	143	88	284
P05 P06	67	143	88	284
P05' P06'	67	143	88	284
P07 P08	67	196	88	334
P07' P08'	67	196	88	334
P09 P10	67	196	88	334
P09' P10'	67	196	88	334
P11 P12	35	196	47	334
P11' P12'	36	196	47	334
P13 P14	27	196	35	334
P13' P14'	27	196	35	334

表16-3 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ⅢA S		許容応力状態ⅣA S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	154	214	191	427
P01' P02'	160	214	200	427
P03 P04	149	214	185	427
P03' P04'	154	214	193	427
P05 P06	178	214	219	427
P05' P06'	182	214	226	427
P07 P08	178	295	219	501
P07' P08'	182	295	226	501
P09 P10	209	295	255	501
P09' P10'	212	295	261	501
P11 P12	155	295	187	501
P11' P12'	155	295	188	501
P13 P14	127	295	153	501
P13' P14'	126	295	152	501

表16-4 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	264	351	360
P01'	264	351	360
P02	409 *	545 *	360
P02'	409 *	545 *	360
P03	220	292	360
P03'	220	292	360
P04	403 *	535 *	360
P04'	403 *	535 *	360
P05	235	309	360
P05'	235	309	360
P06	454 *	597 *	360
P06'	454 *	597 *	360
P07	245	321	492
P07'	245	321	492
P08	469	615 *	492
P08'	469	615 *	492
P09	180	238	492
P09'	180	238	492
P10	553 *	714 *	492
P10'	553 *	714 *	492
P11	111	143	492
P11'	111	143	492
P12	366	465	492
P12'	366	465	492
P13	57	74	492
P13'	57	74	492
P14	324	410	492
P14'	324	410	492

注記＊：簡易弾塑性解析を行う。

表16－5(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 _ℓ ^{’*2} (MPa)	N _a	N _c	N _c ／N _a
1	264	―	1179	589	653	2179	300	0.138
疲労累積係数 U _{S_d} ＝								0.138
2	351	―	1544	772	855	875	150	0.171
疲労累積係数 U _{S_s} ＝								0.172
疲労累積係数 U _n ＝								0.000
疲労累積係数 U _f ＝U _n ＋U _{S_s} ＝								0.172

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（E₀／E）を乗じた値である。

E₀＝MPa， E＝MPa

表16－5(2) 疲労累積係数

応力評価点 —— P10
材 料 —— NCF600-B

No.	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	S _ℓ ^{*1} (MPa)	S _ℓ ^{'*2} (MPa)	N _a	N _c	N _c ／N _a
1	553	1.245	714	445	438	10340	300	0.029
疲労累積係数 U _{S_d} ＝								0.029
2	713	1.652	919	759	748	1366	150	0.110
疲労累積係数 U _{S_s} ＝								0.110
疲労累積係数 U _n ＝								0.000
疲労累積係数 U _f ＝U _n ＋U _{S_s} ＝								0.110

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（E₀／E）を乗じた値である。

E₀＝ MPa， E＝ MPa

表16－5(3) 疲労累積係数

応力評価点 —— P14
材 料 —— NCF600-B

No.	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	S _ℓ ^{*1} (MPa)	S _ℓ ^{'*2} (MPa)	N _a	N _c	N _c ／N _a
1	283	—	1674	837	825	983	300	0.305
疲労累積係数 U _{S_d} ＝								0.306
2	358	—	2109	1054	1039	473	150	0.317
疲労累積係数 U _{S_s} ＝								0.318
疲労累積係数 U _n ＝								0.000
疲労累積係数 U _f ＝U _n ＋U _{S_s} ＝								0.318

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（E₀／E）を乗じた値である。

E₀＝MPa， E＝MPa

表16-6 疲労累積係数の評価のまとめ

応力評価点	疲労累積係数				
	U_n	U_{S_d}	U_{S_s}	U_f^*	許容値
P01	0.000	0.138	0.172	0.172	1.0
P01'	0.000	0.138	0.172	0.172	1.0
P02	0.000	0.003	0.029	0.029	1.0
P02'	0.000	0.003	0.029	0.029	1.0
P03	0.000	0.066	0.088	0.088	1.0
P03'	0.000	0.066	0.088	0.088	1.0
P04	0.000	0.003	0.025	0.025	1.0
P04'	0.000	0.003	0.025	0.025	1.0
P05	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P05'	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P06	0.000	0.012	0.052	0.052	1.0
P06'	0.000	0.012	0.052	0.052	1.0
P07	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P07'	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P08	0.000	0.001	0.014	0.014	1.0
P08'	0.000	0.001	0.014	0.014	1.0
P09	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P09'	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P10	0.000	0.029	0.110	0.110	1.0
P10'	0.000	0.029	0.110	0.110	1.0
P11	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P11'	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P12	0.000	0.037	0.046	0.046	1.0
P12'	0.000	0.037	0.046	0.046	1.0
P13	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P13'	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P14	0.000	0.306	0.318	0.318	1.0
P14'	0.000	0.306	0.318	0.318	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。

17. 計測ノズル（N13）の応力計算

17.1 一般事項

本章は、計測ノズル（N13）の応力計算について示すものである。

計測ノズル（N13）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、常設重大事故緩和設備及び常設重大事故防止設備（設計基準拡張）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。

17.1.1 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図17-1に示す。

17.1.2 解析範囲

解析範囲を図17-1に示す。

17.1.3 計算結果の概要

計算結果の概要を表17-1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、部分ごとに数点の評価点を設けて評価を行い、**応力分類ごとに**厳しくなる評価点を記載する。

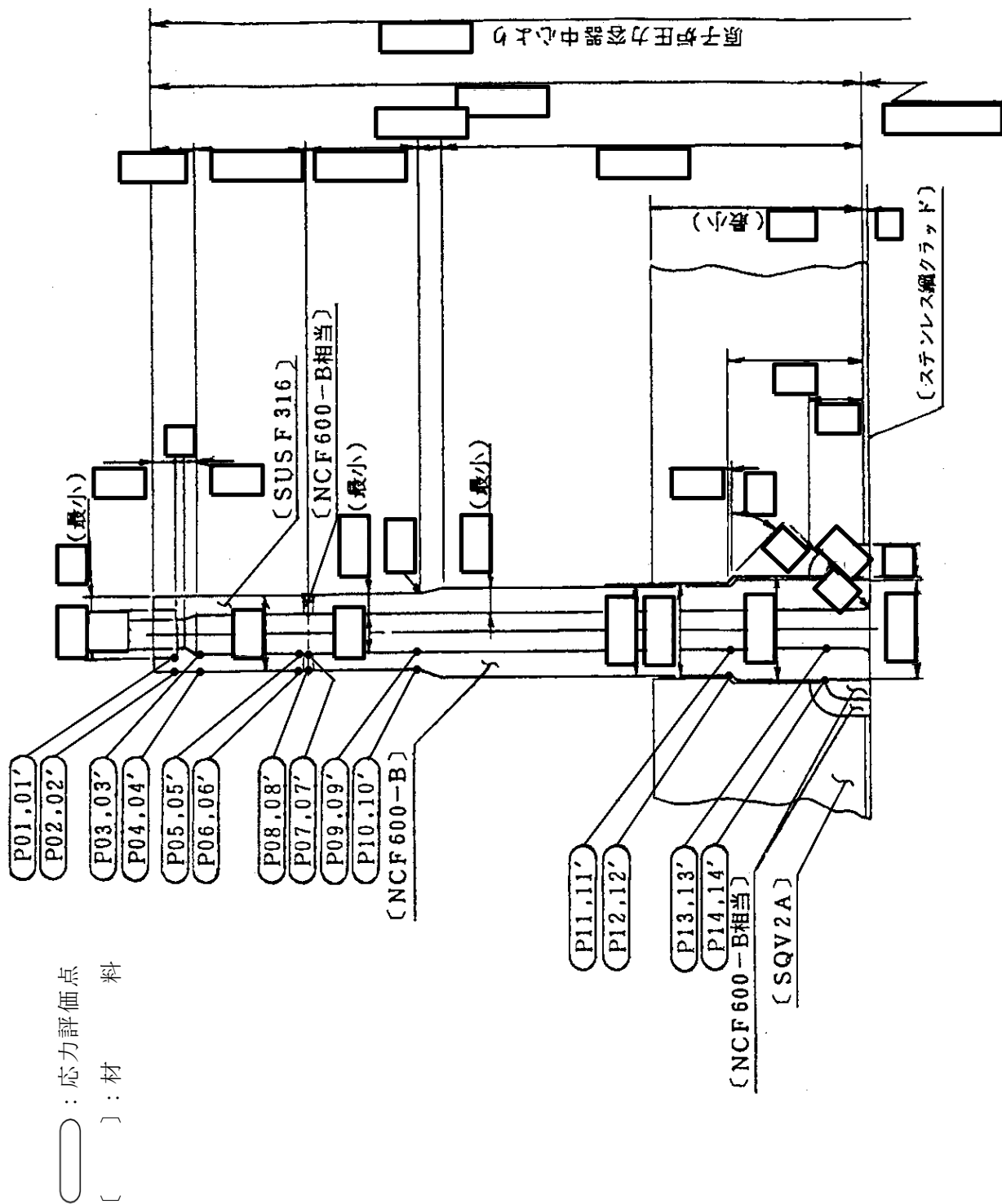


図17-1 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)

表17-1 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*1 累積係数	許容値	応力 評価点
ノズル セーフエンド SUSF316	ⅢA S	72	143	P01' - P02'	182	214	P05' - P06'	—	—	—	—	—	—
	ⅣA S	94	284	P01' - P02'	226	427	P05' - P06'	—	—	—	—	—	—
	ⅢA S	—	—	—	—	—	—	454*2	360	P06	0.172	1.0	P01
	ⅣA S	—	—	—	—	—	—	597*2	360	P06			
ノズルエンド NCF600-B NCF600-B相当	ⅢA S	67	196	P07' - P08'	212	295	P09' - P10'	—	—	—	—	—	—
	ⅣA S	88	334	P07' - P08'	261	501	P09' - P10'	—	—	—	—	—	—
	ⅢA S	—	—	—	—	—	—	553*2	492	P10	0.318	1.0	P14
	ⅣA S	—	—	—	—	—	—	714*2	492	P10			

注：管台（穴の周辺部）については設計・建設規格 PVB-3510(1)により，応力評価は不要である。

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。

17.2 計算条件

17.2.1 設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の4.1節に示す。

17.2.2 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。

17.2.3 外荷重条件

考慮した外荷重条件を「応力解析の方針」の4.3節に示す。

17.2.4 材料

各部の材料を図17-1に示す。

17.2.5 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。

17.2.6 荷重の組合せ

荷重の組合せを「応力解析の方針」の4.4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。

17.2.7 許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の3.5節に示す。

17.3 応力計算

17.3.1 応力評価点

応力評価点の位置を図17-1に示す。

なお、応力集中を生じる箇所の応力集中係数の計算方法は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)r.に定めるとおりである。

17.3.2 内圧による応力

(1) 荷重条件 (L01)

各運転状態による内圧は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)r.に定めるとおりである。評価圧力は以下のとおりとする。

内圧 : 8.28 MPa

(2) 計算方法

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

なお、内圧による応力は、既工認の最高使用圧力による応力に圧力比を乗じて計算する。

17.3.3 外荷重による応力

(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)に示す。

(2) 計算方法

外荷重による応力の計算方法は、「応力解析の方針」の参照図書(1)h.と同様である。

17.3.4 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5.3.2項に定めるとおりである。

17.4 応力強さの評価

17.4.1 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17-2に示す。

表17-2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3.5節に示す許容応力を満足する。

17.4.2 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17-3に示す。

表17-3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。

17.4.3 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17-4に示す。

表17-4より、以下の評価点を除くすべての評価点において $S_n^{\#1}$ 及び $S_n^{\#2}$ は、 $3 \cdot S_m$ 以下であり、「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

P02, P02', P04, P04', P06, P06', P08, P08', P10及びP10'

一次＋二次応力強さの最大範囲が $3 \cdot S_m$ を超える上記の応力評価点にあつては、「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。

17.5 繰返し荷重の評価

17.5.1 疲労解析

ノズルセーフエンド及びノズルエンド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

それぞれの部分で最も厳しい応力評価点における疲労累積係数の計算結果を表17-5に示す。また、各応力評価点における疲労累積係数を表17-6に示す。

表17-6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。

表17-2 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	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	71	143	94	284
P01' P02'	72	143	94	284
P03 P04	67	143	88	284
P03' P04'	67	143	88	284
P05 P06	67	143	88	284
P05' P06'	67	143	88	284
P07 P08	67	196	88	334
P07' P08'	67	196	88	334
P09 P10	67	196	88	334
P09' P10'	67	196	88	334
P11 P12	35	196	47	334
P11' P12'	36	196	47	334
P13 P14	27	196	35	334
P13' P14'	27	196	35	334

表17-3 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ⅢA S		許容応力状態ⅣA S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	154	214	191	427
P01' P02'	160	214	200	427
P03 P04	149	214	185	427
P03' P04'	154	214	193	427
P05 P06	178	214	219	427
P05' P06'	182	214	226	427
P07 P08	178	295	219	501
P07' P08'	182	295	226	501
P09 P10	209	295	255	501
P09' P10'	212	295	261	501
P11 P12	155	295	187	501
P11' P12'	155	295	188	501
P13 P14	127	295	153	501
P13' P14'	126	295	152	501

表17-4 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	264	351	360
P01'	264	351	360
P02	409 *	545 *	360
P02'	409 *	545 *	360
P03	220	292	360
P03'	220	292	360
P04	403 *	535 *	360
P04'	403 *	535 *	360
P05	235	309	360
P05'	235	309	360
P06	454 *	597 *	360
P06'	454 *	597 *	360
P07	245	321	492
P07'	245	321	492
P08	469	615 *	492
P08'	469	615 *	492
P09	180	238	492
P09'	180	238	492
P10	553 *	714 *	492
P10'	553 *	714 *	492
P11	111	143	492
P11'	111	143	492
P12	366	465	492
P12'	366	465	492
P13	57	75	492
P13'	57	75	492
P14	324	410	492
P14'	324	410	492

注記＊：簡易弾塑性解析を行う。

表17-5(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 _ℓ ^{'*2} (MPa)	N _a	N _c	N _c / N _a
1	264	—	1179	589	653	2179	300	0.138
疲労累積係数 U _{Sd} =								0.138
2	351	—	1544	772	855	875	150	0.171
疲労累積係数 U _{Ss} =								0.172
疲労累積係数 U _n =								0.000
疲労累積係数 U _f = U _n + U _{Ss} =								0.172

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（E₀／E）を乗じた値である。

E₀ = MPa, E = MPa

表17-5(2) 疲労累積係数

応力評価点 — P10
材 料 — NCF600-B

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	553	1.245	714	445	438	10340	300	0.029
疲労累積係数 $U_{S_d} =$								0.029
2	713	1.652	919	759	748	1366	150	0.110
疲労累積係数 $U_{S_s} =$								0.110
疲労累積係数 $U_n =$								0.000
疲労累積係数 $U_f = U_n + U_{S_s} =$								0.110

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17-5(3) 疲労累積係数

応力評価点 —— P14
材 料 —— NCF600-B

No.	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	S _ℓ ^{*1} (MPa)	S _ℓ ^{'*2} (MPa)	N _a	N _c	N _c /N _a
1	283	—	1675	838	825	981	300	0.306
疲労累積係数 U _{Sd} =								0.306
2	359	—	2110	1055	1039	473	150	0.317
疲労累積係数 U _{Ss} =								0.318
疲労累積係数 U _n =								0.000
疲労累積係数 U _f = U _n + U _{Ss} =								0.318

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（E₀/E）を乗じた値である。

E₀ = MPa, E = MPa

表17-6 疲労累積係数の評価のまとめ

応力評価点	疲労累積係数				
	U_n	U_{S_d}	U_{S_s}	U_f^*	許容値
P01	0.000	0.138	0.172	0.172	1.0
P01'	0.000	0.138	0.172	0.172	1.0
P02	0.000	0.003	0.029	0.029	1.0
P02'	0.000	0.003	0.029	0.029	1.0
P03	0.000	0.066	0.088	0.088	1.0
P03'	0.000	0.066	0.088	0.088	1.0
P04	0.000	0.003	0.025	0.025	1.0
P04'	0.000	0.003	0.025	0.025	1.0
P05	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P05'	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P06	0.000	0.012	0.052	0.052	1.0
P06'	0.000	0.012	0.052	0.052	1.0
P07	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P07'	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P08	0.000	0.001	0.014	0.014	1.0
P08'	0.000	0.001	0.014	0.014	1.0
P09	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P09'	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P10	0.000	0.029	0.110	0.110	1.0
P10'	0.000	0.029	0.110	0.110	1.0
P11	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P11'	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P12	0.000	0.037	0.046	0.046	1.0
P12'	0.000	0.037	0.046	0.046	1.0
P13	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P13'	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P14	0.000	0.306	0.318	0.318	1.0
P14'	0.000	0.306	0.318	0.318	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。

18. 計測ノズル（N14）の応力計算

18.1 一般事項

本章は、計測ノズル（N14）の応力計算について示すものである。

計測ノズル（N14）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、常設重大事故緩和設備及び常設重大事故防止設備（設計基準拡張）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。

18.1.1 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図18-1に示す。

18.1.2 解析範囲

解析範囲を図18-1に示す。

18.1.3 計算結果の概要

計算結果の概要を表18-1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、部分ごとに数点の評価点を設けて評価を行い、**応力分類ごとに**厳しくなる評価点を記載する。

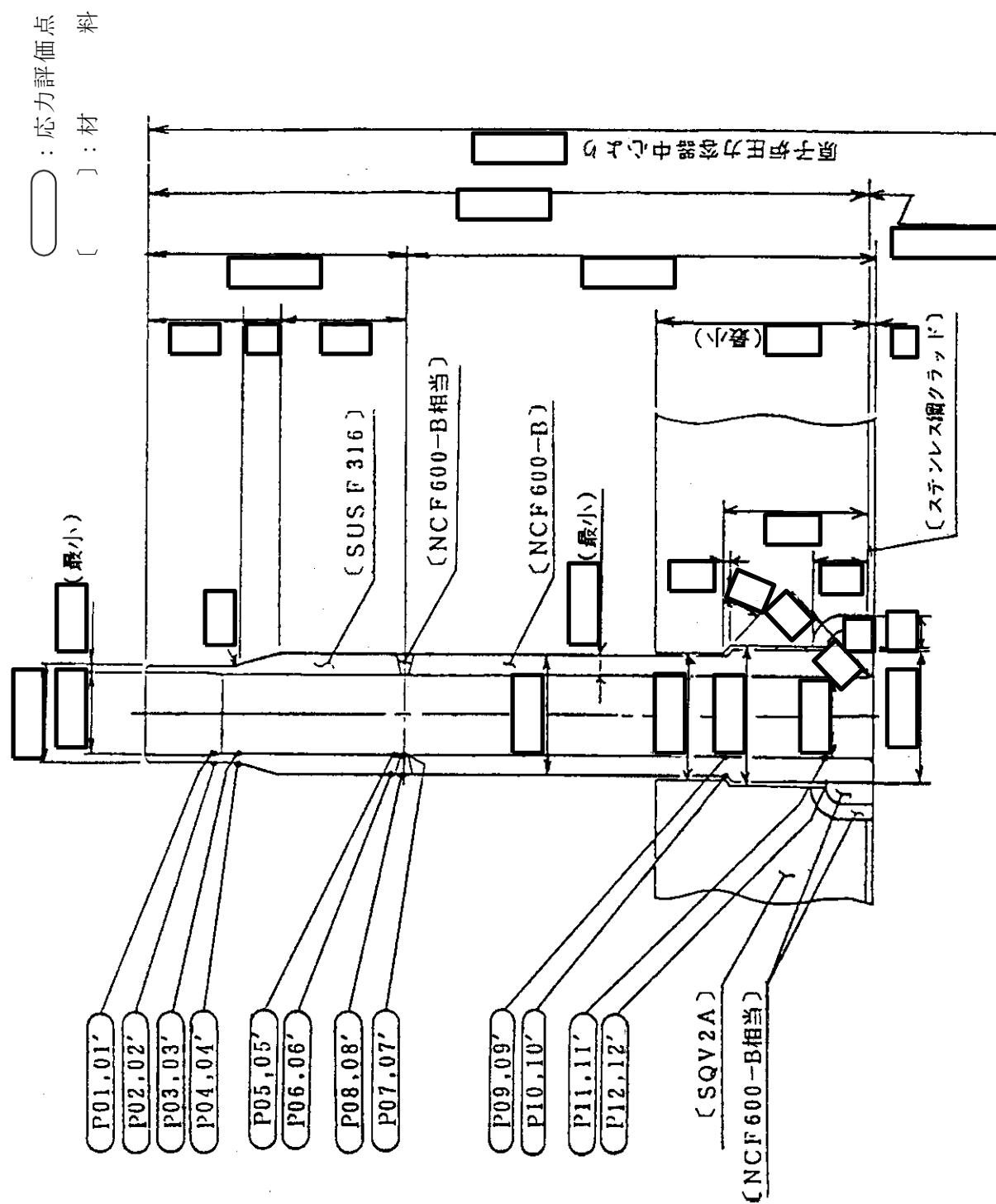


図18-1 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)

表18-1 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*1 累積係数	許容値	応力 評価点
ノズル セーフエンド SUSF316	Ⅲ A S	70	143	P01 - P02	164	197	P01' - P02'	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ A S	89	284	P01' - P02'	200	392	P01' - P02'	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ A S	—	—	—	—	—	—	418*2	360	P04	0.049	1.0	P04
	Ⅳ A S	—	—	—	—	—	—	546*2	360	P04			
ノズルエンド NCF600-B NCF600-B相当	Ⅲ A S	26	196	P07 - P08	91	295	P09 - P10	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ A S	29	334	P07 - P08	108	501	P09' - P10'	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ A S	—	—	—	—	—	—	212	492	P12	0.082	1.0	P12'
	Ⅳ A S	—	—	—	—	—	—	268	492	P12			

注：管台（穴の周辺部）については設計・建設規格 PVB-3510(1)により，応力評価は不要である。

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。

18.2 計算条件

18.2.1 設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の4.1節に示す。

18.2.2 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。

18.2.3 外荷重条件

考慮した外荷重条件を「応力解析の方針」の4.3節に示す。

18.2.4 材料

各部の材料を図18-1に示す。

18.2.5 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。

18.2.6 荷重の組合せ

荷重の組合せを「応力解析の方針」の4.4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。

18.2.7 許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の3.5節に示す。

18.3 応力計算

18.3.1 応力評価点

応力評価点の位置を図18-1に示す。

なお、応力集中を生じる箇所の応力集中係数の計算方法は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)r.に定めるとおりである。

18.3.2 内圧による応力

(1) 荷重条件 (L01)

各運転状態による内圧は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)r.に定めるとおりである。評価圧力は以下のとおりとする。

内圧 : 8.28 MPa

(2) 計算方法

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

なお、内圧による応力は、既工認の最高使用圧力による応力に圧力比を乗じて計算する。

18.3.3 外荷重による応力

(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)に示す。

(2) 計算方法

外荷重による応力の計算方法は、「応力解析の方針」の参照図書(1)h.と同様である。

18.3.4 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5.3.2項に定めるとおりである。

18.4 応力強さの評価

18.4.1 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18-2に示す。

表18-2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3.5節に示す許容応力を満足する。

18.4.2 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18-3に示す。

表18-3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。

18.4.3 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18-4に示す。

表18-4より、以下の評価点を除くすべての評価点において $S_n^{\#1}$ 及び $S_n^{\#2}$ は、 $3 \cdot S_m$ 以下であり、「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

P01, P01', P02, P02', P04及びP04'

一次＋二次応力強さの最大範囲が $3 \cdot S_m$ を超える上記の応力評価点にあつては、「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。

18.5 繰返し荷重の評価

18.5.1 疲労解析

ノズルセーフエンド及びノズルエンド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

それぞれの部分で最も厳しい応力評価点における疲労累積係数の計算結果を表18-5に示す。また、各応力評価点における疲労累積係数を表18-6に示す。

表18-6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。

表18-2 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ⅢA S		許容応力状態ⅣA S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	70	143	87	284
P01' P02'	70	143	89	284
P03 P04	64	143	80	284
P03' P04'	64	143	81	284
P05 P06	26	143	29	284
P05' P06'	26	143	29	284
P07 P08	26	196	29	334
P07' P08'	26	196	29	334
P09 P10	26	196	29	334
P09' P10'	26	196	29	334
P11 P12	22	196	24	334
P11' P12'	21	196	23	334

表18-3 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ⅢA S		許容応力状態ⅣA S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	161	197	194	392
P01' P02'	164	197	200	392
P03 P04	153	198	185	396
P03' P04'	156	198	191	396
P05 P06	66	214	79	427
P05' P06'	66	214	80	427
P07 P08	66	295	79	501
P07' P08'	66	295	80	501
P09 P10	91	295	108	501
P09' P10'	90	295	108	501
P11 P12	76	295	90	501
P11' P12'	75	295	90	501

表18-4 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	337	445 *	360
P01'	337	445 *	360
P02	374 *	495 *	360
P02'	374 *	495 *	360
P03	217	287	360
P03'	217	287	360
P04	418 *	546 *	360
P04'	418 *	546 *	360
P05	92	120	360
P05'	92	120	360
P06	144	187	360
P06'	144	187	360
P07	96	124	492
P07'	96	124	492
P08	149	193	492
P08'	149	193	492
P09	96	123	492
P09'	96	123	492
P10	207	264	492
P10'	207	264	492
P11	36	48	492
P11'	36	48	492
P12	212	268	492
P12'	212	268	492

注記＊：簡易弾塑性解析を行う。

表18－5(1) 疲労累積係数

応力評価点 —— P04
材 料 —— SUSF316

No.	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	S _ℓ ^{*1} (MPa)	S _ℓ ^{'*2} (MPa)	N _a	N _c	N _c ／N _a
1	417	1.289	479	309	342	34973	300	0.009
疲労累積係数 U _{S_d} ＝								0.009
2	546	1.715	625	536	594	3113	150	0.048
疲労累積係数 U _{S_s} ＝								0.049
疲労累積係数 U _n ＝								0.000
疲労累積係数 U _f ＝U _n ＋U _{S_s} ＝								0.049

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（E₀／E）を乗じた値である。

E₀＝MPa, E＝MPa

表18－5(2) 疲労累積係数

応力評価点 —— P12’
材 料 —— NCF600-B

No.	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	S _ℓ ^{*1} (MPa)	S _ℓ ^{’*2} (MPa)	N _a	N _c	N _c ／N _a
1	174	—	1073	537	528	4844	300	0.062
疲労累積係数 U _{S_d} ＝								0.062
2	220	—	1351	676	665	2029	150	0.074
疲労累積係数 U _{S_s} ＝								0.074
疲労累積係数 U _n ＝								0.008
疲労累積係数 U _f ＝U _n ＋U _{S_s} ＝								0.082

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（E₀／E）を乗じた値である。

E₀＝MPa， E＝MPa

表18-6 疲労累積係数の評価のまとめ

応力評価点	疲労累積係数				
	U_n	U_{S_d}	U_{S_s}	U_f^*	許容値
P01	0.000	0.001	0.007	0.007	1.0
P01'	0.000	0.001	0.007	0.007	1.0
P02	0.000	0.001	0.014	0.014	1.0
P02'	0.000	0.001	0.014	0.014	1.0
P03	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P03'	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P04	0.000	0.009	0.049	0.049	1.0
P04'	0.000	0.009	0.049	0.049	1.0
P05	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P05'	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P06	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P06'	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P07	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P07'	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P08	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P08'	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P09	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P09'	0.000	0.000	0.000	0.000	1.0
P10	0.000	0.002	0.003	0.003	1.0
P10'	0.000	0.002	0.003	0.003	1.0
P11	0.001	0.000	0.000	0.001	1.0
P11'	0.001	0.000	0.000	0.001	1.0
P12	0.007	0.062	0.074	0.081	1.0
P12'	0.008	0.062	0.074	0.082	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。

19. ドレンノズル（N15）の応力計算

19.1 一般事項

本章は、ドレンノズル（N15）の応力計算について示すものである。

ドレンノズル（N15）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、常設重大事故緩和設備及び常設重大事故防止設備（設計基準拡張）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。

19.1.1 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図19-1に示す。

19.1.2 解析範囲

解析範囲を図19-1に示す。

19.1.3 計算結果の概要

計算結果の概要を表19-1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、部分ごとに数点の評価点を設けて評価を行い、**応力分類ごとに**厳しくなる評価点を記載する。

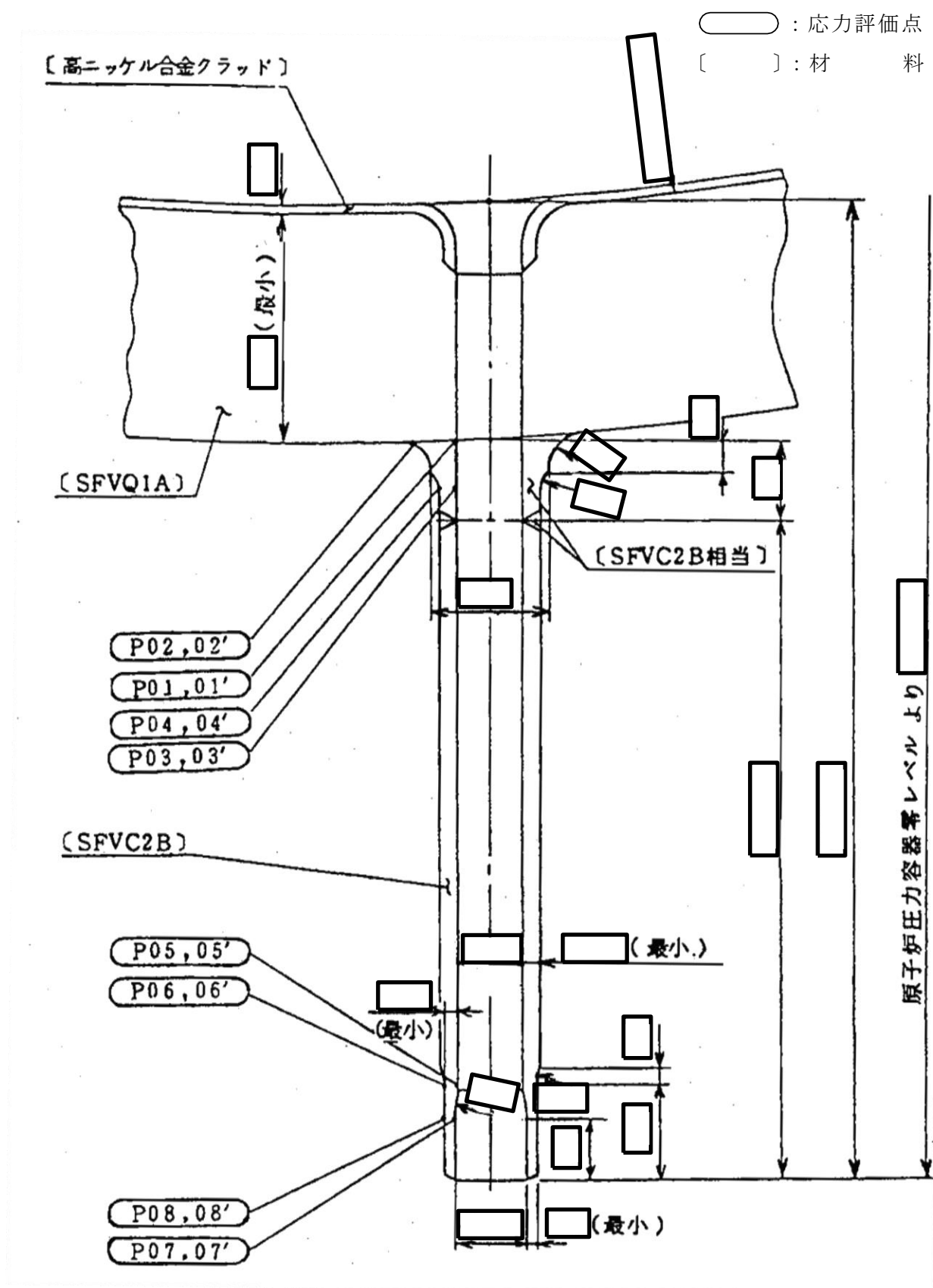


図19-1 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)

表19-1 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*1 累積係数	許容値	応力 評価点
ノズル (肉盛溶接部) SFVC2B相当	ⅢA S	52	188	P03' - P04'	191	271	P03' - P04'	—	—	—	—	—	—
	ⅣA S	82	292	P03' - P04'	307	421	P03' - P04'	—	—	—	—	—	—
	ⅢA S	—	—	—	—	—	—	327	383	P04	0.226	1.0	P04
	ⅣA S	—	—	—	—	—	—	575*2	383	P04			
ノズル セーフエント SFVC2B	ⅢA S	84	188	P07' - P08'	231	261	P07' - P08'	—	—	—	—	—	—
	ⅣA S	133	292	P07' - P08'	367	405	P07' - P08'	—	—	—	—	—	—
	ⅢA S	—	—	—	—	—	—	370	383	P06	0.321	1.0	P06
	ⅣA S	—	—	—	—	—	—	653*2	383	P06			

注：管台（穴の周辺部）については設計・建設規格 PVB-3510(1)により，応力評価は不要である。

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。

19.2 計算条件

19.2.1 設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の4.1節に示す。

19.2.2 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。

19.2.3 外荷重条件

考慮した外荷重条件を「応力解析の方針」の4.3節に示す。

19.2.4 材料

各部の材料を図19-1に示す。

19.2.5 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。

19.2.6 荷重の組合せ

荷重の組合せを「応力解析の方針」の4.4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。

19.2.7 許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の3.5節に示す。

19.3 応力計算

19.3.1 応力評価点

応力評価点の位置を図19-1に示す。

なお、応力集中を生じる箇所の応力集中係数の計算方法は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)s.に定めるとおりである。

19.3.2 内圧による応力

(1) 荷重条件 (L01)

各運転状態による内圧は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)s.に定めるとおりである。評価圧力は以下のとおりとする。

内圧 : 8.45 MPa

(2) 計算方法

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

なお、内圧による応力は、既工認の最高使用圧力による応力に圧力比を乗じて計算する。

19.3.3 外荷重による応力

(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)に示す。

(2) 計算方法

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

19.3.4 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5.3.2項に定めるとおりである。

19.4 応力強さの評価

19.4.1 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19-2に示す。

表19-2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3.5節に示す許容応力を満足する。

19.4.2 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19-3に示す。

表19-3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。

19.4.3 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19－4に示す。

表19－4より，以下の評価点を除くすべての評価点において $S_n^{\#1}$ 及び $S_n^{\#2}$ は， $3 \cdot S_m$ 以下であり，「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

P04, P04', P06, P06', P07, P07', P08及びP08'

一次＋二次応力強さの最大範囲が $3 \cdot S_m$ を超える上記の応力評価点にあつては，「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。

19.5 繰返し荷重の評価

19.5.1 疲労解析

ノズル及びノズルセーフエンド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

それぞれの部分で最も厳しい応力評価点における疲労累積係数の計算結果を表19－5に示す。また，各応力評価点における疲労累積係数を表19－6に示す。

表19－6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。

表19-2 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ⅢA S		許容応力状態ⅣA S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	30	188	45	292
P01' P02'	29	188	45	292
P03 P04	51	188	82	292
P03' P04'	52	188	82	292
P05 P06	74	188	119	292
P05' P06'	75	188	120	292
P07 P08	83	188	132	292
P07' P08'	84	188	133	292

表19-3 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ⅢA S		許容応力状態ⅣA S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	108	282	172	438
P01' P02'	108	282	173	438
P03 P04	190	271	304	421
P03' P04'	191	271	307	421
P05 P06	209	264	331	410
P05' P06'	212	264	338	410
P07 P08	227	261	360	405
P07' P08'	231	261	367	405

表19-4 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 ($P_L + P_b + Q$)		
	$S_{n \#1}$	$S_{n \#2}$	許容値 $3 \cdot S_m$
P01	102	179	383
P01'	102	179	383
P02	62	112	383
P02'	62	112	383
P03	178	314	383
P03'	178	314	383
P04	327	575 *	383
P04'	327	575 *	383
P05	190	338	383
P05'	190	338	383
P06	370	653 *	383
P06'	370	653 *	383
P07	279	494 *	383
P07'	279	494 *	383
P08	342	606 *	383
P08'	342	606 *	383

注記＊：簡易弾塑性解析を行う。

表19－5(1) 疲労累積係数

応力評価点 —— P04
材 料 —— SFVC2B相当

No.	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	S _ℓ ^{*1} (MPa)	S _ℓ ^{’*2} (MPa)	N _a	N _c	N _c ／N _a
1	327	—	393	197	219	18245	300	0.016
疲労累積係数 U _{S_d} ＝								0.017
2	575	1.701	693	589	656	668	150	0.225
疲労累積係数 U _{S_s} ＝								0.225
疲労累積係数 U _n ＝								0.001
疲労累積係数 U _f ＝U _n ＋U _{S_s} ＝								0.226

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（E₀／E）を乗じた値である。

E₀＝ MPa， E＝ MPa

表19－5(2) 疲労累積係数

応力評価点 —— P06
材 料 —— SFVC2B

No.	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	S _ℓ ^{*1} (MPa)	S _ℓ ^{'*2} (MPa)	N _a	N _c	N _c ／N _a
1	370	—	405	202	225	16602	300	0.018
疲労累積係数 U _{S_d} ＝								0.018
2	653	1.868	714	667	743	469	150	0.320
疲労累積係数 U _{S_s} ＝								0.320
疲労累積係数 U _n ＝								0.001
疲労累積係数 U _f ＝U _n ＋U _{S_s} ＝								0.321

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（E₀／E）を乗じた値である。

E₀＝MPa， E＝MPa

表19-6 疲労累積係数の評価のまとめ

応力評価点	疲労累積係数				
	U_n	U_{S_d}	U_{S_s}	U_f^*	許容値
P01	0.000	0.001	0.001	0.001	1.0
P01'	0.000	0.001	0.001	0.001	1.0
P02	0.000	0.001	0.001	0.001	1.0
P02'	0.000	0.001	0.001	0.001	1.0
P03	0.000	0.001	0.004	0.004	1.0
P03'	0.000	0.001	0.004	0.004	1.0
P04	0.001	0.017	0.225	0.226	1.0
P04'	0.000	0.017	0.225	0.225	1.0
P05	0.000	0.001	0.005	0.005	1.0
P05'	0.000	0.001	0.005	0.005	1.0
P06	0.001	0.018	0.320	0.321	1.0
P06'	0.000	0.018	0.320	0.320	1.0
P07	0.000	0.007	0.066	0.066	1.0
P07'	0.000	0.007	0.066	0.066	1.0
P08	0.000	0.011	0.171	0.171	1.0
P08'	0.000	0.011	0.171	0.171	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。

20. 高圧炉心スプレイノズル（N16）の応力計算

20.1 一般事項

本章は、高圧炉心スプレイノズル（N16）の応力計算について示すものである。

高圧炉心スプレイノズル（N16）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，常設重大事故緩和設備及び常設重大事故防止設備（設計基準拡張）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。

20.1.1 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図20－1に示す。

20.1.2 解析範囲

解析範囲を図20－1に示す。

20.1.3 計算結果の概要

計算結果の概要を表20－1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，部分ごとに数点の評価点を設けて評価を行い，**応力分類ごとに**厳しくなる評価点を記載する。

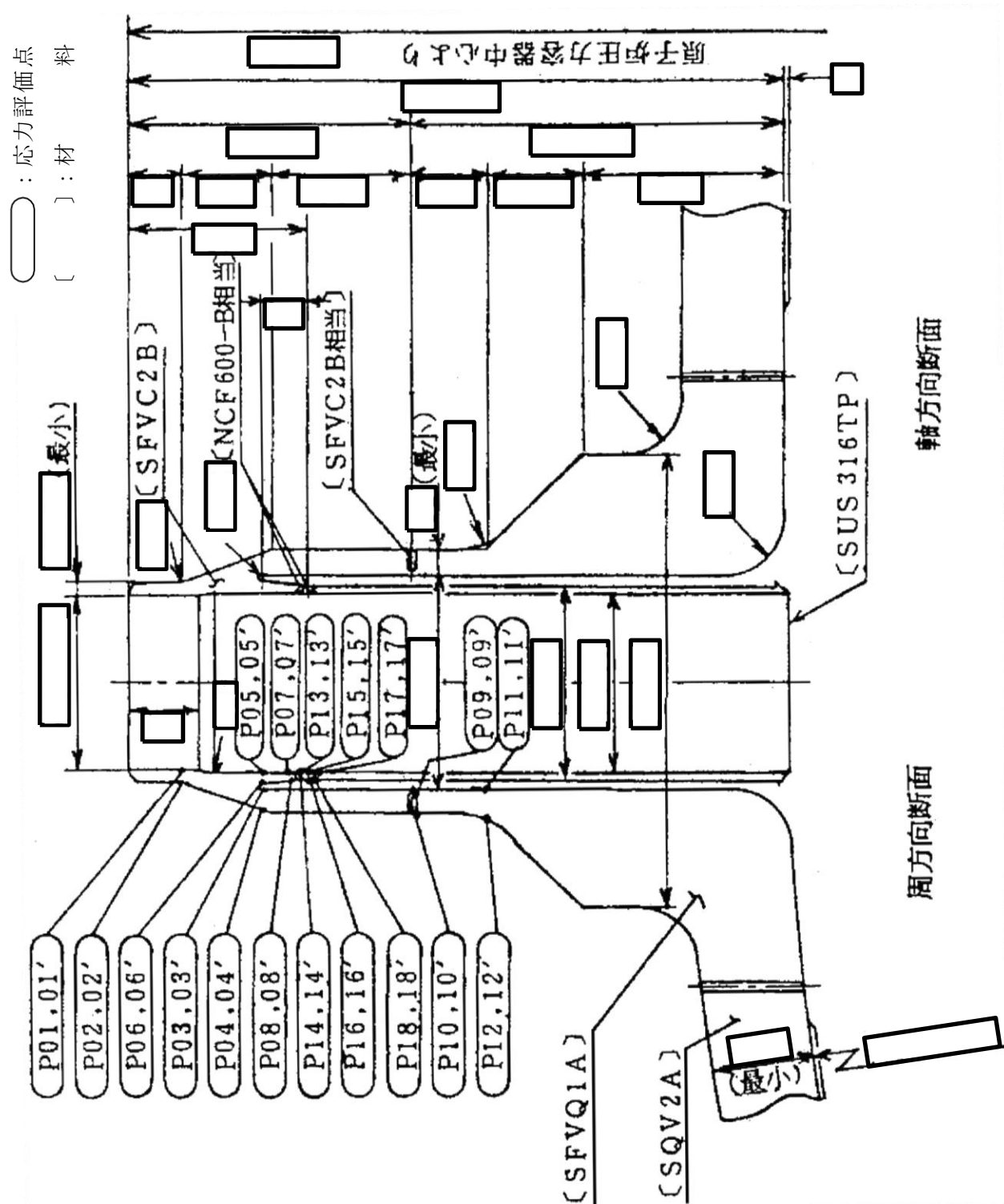


図20-1 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)

表20-1 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*1 累積係数	許容値	応力 評価点
ノズル セーフエンド SFVC2B SFVC2B相当	ⅢA S	79	188	P01 - P02	175	246	P07 - P08	—	—	—	—	—	—
	ⅣA S	79	292	P01 - P02	175	382	P07 - P08	—	—	—	—	—	—
	ⅢA S	—	—	—	—	—	—	580*2	383	P08	0.361	1.0	P08'
	ⅣA S	—	—	—	—	—	—	580*2	383	P08			
ノズルエンド SFVQ1A	ⅢA S	46	303	P11 - P12	87	419	P11' - P12'	—	—	—	—	—	—
	ⅣA S	46	320	P11 - P12	87	443	P11' - P12'	—	—	—	—	—	—
	ⅢA S	—	—	—	—	—	—	206	552	P12	0.004	1.0	P12
	ⅣA S	—	—	—	—	—	—	206	552	P12			
サーマル スリーブ NCF600-B相当 SUS316TP	ⅢA S	20	143	P17 - P18	123	189	P17 - P18	—	—	—	—	—	—
	ⅣA S	20	284	P17 - P18	123	377	P17 - P18	—	—	—	—	—	—
	ⅢA S	—	—	—	—	—	—	414*2	360	P17	0.004	1.0	P17
	ⅣA S	—	—	—	—	—	—	414*2	360	P17			

注：管台（穴の周辺部）については設計・建設規格 PVB-3510(1)により，応力評価は不要である。

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。

20.2 計算条件

20.2.1 設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の4.1節に示す。

20.2.2 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。

20.2.3 外荷重条件

考慮した外荷重条件を「応力解析の方針」の4.3節に示す。

20.2.4 材料

各部の材料を図20-1に示す。

20.2.5 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。

20.2.6 荷重の組合せ

荷重の組合せを「応力解析の方針」の4.4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。

20.2.7 許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の3.5節に示す。

20.3 応力計算

20.3.1 応力評価点

応力評価点の位置を図20-1に示す。

なお、応力集中を生じる箇所の応力集中係数の計算方法は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)t.に定めるとおりである。

20.3.2 内圧及び差圧による応力

(1) 荷重条件 (L01及びL02)

各運転状態による内圧及び差圧は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)t.に定めるとおりである。評価圧力は以下のとおりとする。

内圧 : 8.28 MPa

(2) 計算方法

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

なお、内圧による応力は、既工認の最高使用圧力による応力に圧力比を乗じて計算する。

20.3.3 外荷重による応力

(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)及び表4-1(5)に示す。

(2) 計算方法

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

20.3.4 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5.3.2項に定めるとおりである。

20.4 応力強さの評価

20.4.1 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20-2に示す。

表20-2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3.5節に示す許容応力を満足する。

20.4.2 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20-3に示す。

表20-3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。

20.4.3 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20－4に示す。

表20－4より，以下の評価点を除くすべての評価点において $S_n^{\#1}$ 及び $S_n^{\#2}$ は， $3 \cdot S_m$ 以下であり，「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

P07, P07', P08, P08', P14, P14', P17及びP17'

一次＋二次応力強さの最大範囲が $3 \cdot S_m$ を超える上記の応力評価点にあつては，「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。

20.5 繰返し荷重の評価

20.5.1 疲労解析

ノズルセーフエンド，ノズルエンド及びサーマルスリーブ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

それぞれの部分で最も厳しい応力評価点における疲労累積係数の計算結果を表20－5に示す。また，各応力評価点における疲労累積係数を表20－6に示す。

表20－6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。

表20-2 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	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	79	188	79	292
P01' P02'	79	188	79	292
P03 P04	52	188	52	292
P03' P04'	52	188	52	292
P05 P06	15	188	15	292
P05' P06'	13	188	13	292
P07 P08	29	188	29	292
P07' P08'	24	188	24	292
P09 P10	46	188	46	292
P09' P10'	46	188	46	292
P11 P12	46	303	46	320
P11' P12'	46	303	46	320
P13 P14	20	196	20	334
P13' P14'	17	196	17	334
P15 P16	20	196	20	334
P15' P16'	17	196	17	334
P17 P18	20	143	20	284
P17' P18'	17	143	17	284

表20-3 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	149	252	149	390
P01' P02'	148	252	148	390
P03 P04	97	258	97	400
P03' P04'	99	258	99	400
P05 P06	97	252	97	390
P05' P06'	89	252	89	390
P07 P08	175	246	175	382
P07' P08'	161	246	161	382
P09 P10	85	260	85	403
P09' P10'	87	260	87	403
P11 P12	85	419	85	443
P11' P12'	87	419	87	443
P13 P14	123	260	123	442
P13' P14'	113	260	113	442
P15 P16	123	260	123	442
P15' P16'	113	260	113	442
P17 P18	123	189	123	377
P17' P18'	113	189	113	377

表20-4(1) 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	105	105	383
P01'	105	105	383
P02	322	322	383
P02'	322	322	383
P03	359	359	383
P03'	359	359	383
P04	74	74	383
P04'	74	74	383
P05	210	210	383
P05'	210	210	383
P06	364	364	383
P06'	364	364	383
P07	439 *	439 *	383
P07'	439 *	439 *	383
P08	580 *	580 *	383
P08'	580 *	580 *	383
P09	147	147	383
P09'	147	147	383
P10	158	158	383
P10'	158	158	383
P11	82	82	552
P11'	82	82	552
P12	206	206	552
P12'	206	206	552
P13	427	427	492
P13'	427	427	492
P14	501 *	501 *	492
P14'	501 *	501 *	492

注記＊：簡易弾塑性解析を行う。

表20-4(2) 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 $3 \cdot S_m$
P15	422	422	492
P15'	422	422	492
P16	367	367	492
P16'	367	367	492
P17	414 *	414 *	360
P17'	414 *	414 *	360
P18	346	346	360
P18'	346	346	360

注記＊：簡易弾塑性解析を行う。

表20－5(1) 疲労累積係数

応力評価点 ―― P08’
材 料 ―― SFVC2B

No.	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	S _ℓ ^{*1} (MPa)	S _ℓ ^{’*2} (MPa)	N _a	N _c	N _c ／N _a
1	580	1.713	637	545	607	840	300	0.357
疲労累積係数 U _{S_d} ＝								0.358
2	580	1.713	637	545	607	840	150	0.179
疲労累積係数 U _{S_s} ＝								0.179
疲労累積係数 U _n ＝								0.003
疲労累積係数 U _f ＝U _n ＋U _{S_d} ＝								0.361

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（E₀／E）を乗じた値である。

E₀＝MPa， E＝MPa

表20－5(2) 疲労累積係数

応力評価点 —— P12
材 料 —— SFVQ1A

No.	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	S _ℓ ^{*1} (MPa)	S _ℓ ^{’*2} (MPa)	N _a	N _c	N _c ／N _a
1	205	—	239	119	140	89210	300	0.003
疲労累積係数 U _{Sd} ＝								0.004
2	205	—	239	119	140	89210	150	0.002
疲労累積係数 U _{Ss} ＝								0.002
疲労累積係数 U _n ＝								0.000
疲労累積係数 U _f ＝U _n ＋U _{Sd} ＝								0.004

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（E₀／E）を乗じた値である。

E₀＝MPa， E＝MPa

表20－5(3) 疲労累積係数

応力評価点 —— P17
材 料 —— SUS316TP

No.	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	S _ℓ ^{*1} (MPa)	S _ℓ ^{'*2} (MPa)	N _a	N _c	N _c ／N _a
1	414	1.272	414	263	292	81771	300	0.004
疲労累積係数 U _{Sd} ＝								0.004
2	414	1.272	414	263	292	81771	150	0.002
疲労累積係数 U _{Ss} ＝								0.002
疲労累積係数 U _n ＝								0.000
疲労累積係数 U _f ＝U _n ＋U _{Sd} ＝								0.004

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（E₀／E）を乗じた値である。

E₀＝ MPa， E＝ MPa

表20-6(1) 疲労累積係数の評価のまとめ

応力評価点	疲労累積係数				
	U_n	U_{S_d}	U_{S_s}	U_f^*	許容値
P01	0.001	0.001	0.001	0.002	1.0
P01'	0.001	0.001	0.001	0.001	1.0
P02	0.003	0.014	0.007	0.017	1.0
P02'	0.002	0.014	0.007	0.016	1.0
P03	0.005	0.130	0.065	0.134	1.0
P03'	0.001	0.130	0.065	0.130	1.0
P04	0.000	0.001	0.001	0.001	1.0
P04'	0.000	0.001	0.001	0.001	1.0
P05	0.018	0.001	0.001	0.018	1.0
P05'	0.018	0.001	0.001	0.018	1.0
P06	0.002	0.051	0.026	0.053	1.0
P06'	0.002	0.051	0.026	0.053	1.0
P07	0.002	0.050	0.025	0.052	1.0
P07'	0.002	0.050	0.025	0.051	1.0
P08	0.002	0.358	0.179	0.359	1.0
P08'	0.003	0.358	0.179	0.361	1.0
P09	0.000	0.001	0.001	0.001	1.0
P09'	0.000	0.001	0.001	0.001	1.0
P10	0.000	0.001	0.001	0.001	1.0
P10'	0.000	0.001	0.001	0.001	1.0
P11	0.001	0.001	0.001	0.001	1.0
P11'	0.001	0.001	0.001	0.001	1.0
P12	0.000	0.004	0.002	0.004	1.0
P12'	0.000	0.004	0.002	0.004	1.0
P13	0.000	0.001	0.001	0.001	1.0
P13'	0.000	0.001	0.001	0.001	1.0
P14	0.000	0.004	0.002	0.004	1.0
P14'	0.000	0.004	0.002	0.004	1.0
P15	0.000	0.001	0.001	0.001	1.0
P15'	0.000	0.001	0.001	0.001	1.0
P16	0.000	0.001	0.001	0.001	1.0
P16'	0.000	0.001	0.001	0.001	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。

表20－6(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				
	U_n	U_{S_d}	U_{S_s}	U_f^*	許容値
P17	0.000	0.004	0.002	0.004	1.0
P17'	0.000	0.004	0.002	0.004	1.0
P18	0.000	0.001	0.001	0.001	1.0
P18'	0.000	0.001	0.001	0.001	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。

21. 原子炉压力容器支持スカートの応力計算

21.1 一般事項

本章は，原子炉压力容器支持スカート（以下「支持スカート」という。）の応力計算について示すものである。

支持スカートは，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。

なお，支持スカートは，設計・建設規格 SSB-3010(1)の規定により，設計・建設規格 PVB-3110からPVB-3117，PVB-3130，PVB-3140及びPVB-3310の規定を適用し，「応力解析の方針」に従い解析する。

21.1.1 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。

さらに，本章において，以下の記号を用いる。

記号	記号の説明	単位
R_m	支持スカートの平均半径	mm
t	支持スカートの板厚	mm
A	支持スカートの断面積	mm ²
Z	支持スカートの断面係数	mm ³
ℓ	座屈長さ	mm
f_c	鉛直方向荷重に対する許容圧縮応力	MPa
f_b	曲げモーメントに対する許容曲げ応力	MPa
α	安全率	—
F	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値	MPa

21.1.2 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図21-1に示す。

21.1.3 解析範囲

解析範囲を図21-1に示す。

21.1.4 計算結果の概要

計算結果の概要を表21-1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，部分ごとに数点の評価点を設けて評価を行い，**応力分類ごとに**厳しくなる評価点を記載する。

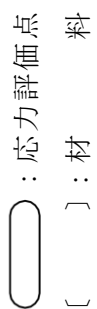


図21-1 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)

表21-1(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	許容値	応力 評価点
支持スカート	Ⅲ A S	85	303	P01' - P02'	75	391	P01' - P02'	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ A S	151	326	P01' - P02'	132	421	P01' - P02'	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ A S	—	—	—	—	—	—	186	552	P02	0.037	1.0	P02
SQV2A	Ⅳ A S	—	—	—	—	—	—	361	552	P02		—	—

注記＊：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。

表21-1(2) 計算結果の概要

部分及び材料	許容応力状態	座屈に対する評価	
		計算結果	許容値
スカート SQV2A	Ⅲ A S	0.3	1
	Ⅳ A S	0.5	1

21.2 計算条件

21.2.1 設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の4.1節に示す。

21.2.2 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。

21.2.3 外荷重条件

考慮した外荷重条件を「応力解析の方針」の4.3節に示す。

21.2.4 材料

各部の材料を図21-1に示す。

21.2.5 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。

21.2.6 荷重の組合せ

荷重の組合せを「応力解析の方針」の4.4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。

21.2.7 許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の3.5節に示す。

21.3 応力計算

21.3.1 応力評価点

応力評価点の位置を図21-1に示す。

なお、応力集中を生じる箇所の応力集中係数の計算方法は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)e.に定めるとおりである。

21.3.2 内圧による応力

(1) 荷重条件 (L01)

各運転状態による内圧は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)e.に定めるとおりである。評価圧力は以下のとおりとする。

内圧 : 8.45 MPa

(2) 計算方法

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

なお、内圧による応力は、既工認の最高使用圧力による応力に圧力比を乗じて計算する。

21.3.3 外荷重による応力

(1) 荷重条件 (L04, L08, L14及びL16)

外荷重を「応力解析の方針」の表4-1(1)に示す。

(2) 計算方法

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

21.3.4 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5.3.2項に定めるとおりである。

21.4 応力強さの評価

21.4.1 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21-2に示す。

表21-2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3.5節に示す許容応力を満足する。

21.4.2 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21-3に示す。

表21-3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。

21.4.3 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21-4に示す。

表21-4より、すべての評価点において $S_n^{\#1}$ 及び $S_n^{\#2}$ は、 $3 \cdot S_m$ 以下であり、「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

21.5 繰返し荷重の評価

21.5.1 疲労解析

支持スカートの変力評価点について、詳細な繰返し荷重の評価を行う。

(1) 疲労累積係数

最も厳しい応力評価点における疲労累積係数の計算結果を表21-5に示す。また、各応力評価点における疲労累積係数を表21-6に示す。

表21-6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。

21.6 特別な応力の評価

21.6.1 座屈に対する評価

支持スカートには、鉛直力及びモーメントにより、圧縮応力が生じる。したがって、これらの荷重の組合せにより発生する圧縮応力の評価を行う。

(1) 計算データ

支持スカートの平均半径 $R_m = \boxed{} \text{ mm}$

支持スカートの板厚 $t = \boxed{} \text{ mm}$ (くされ代を除いた値)

支持スカートの断面積

$$\begin{aligned} A &= \pi \cdot \{(R_m + t/2)^2 - (R_m - t/2)^2\} \\ &= \pi \times \{(\boxed{} + \boxed{}/2)^2 - (\boxed{} - \boxed{}/2)^2\} \\ &= \boxed{} \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

支持スカートの断面係数

$$\begin{aligned} Z &= \frac{\pi}{4} \cdot \frac{(R_m + t/2)^4 - (R_m - t/2)^4}{R_m + t/2} \\ &= \frac{\pi}{4} \times \frac{(\boxed{} + \boxed{}/2)^4 - (\boxed{} - \boxed{}/2)^4}{\boxed{} + \boxed{}/2} \\ &= \boxed{} \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

(2) 荷重

支持スカートに作用する鉛直力及びモーメントを「応力解析の方針」の表4-1(1)に示す。

(3) 評価方法

各許容応力状態において支持スカートに圧縮応力を生じさせる荷重は表21-7に示す鉛直力及びモーメントである。

これらの荷重の組合せにより発生する圧縮応力の評価を以下により行う。

($\ell/R_m=0.75$)

$$\frac{\alpha \cdot (V_1 + V_2 + V_3) / A}{f_c} + \frac{\alpha \cdot (M / Z)}{f_b} \leq 1$$

ここに、

座屈長さ $\ell = \boxed{} \text{ mm}$

鉛直方向荷重に対する許容圧縮応力 $f_c = F = 303 \text{ MPa}$

曲げモーメントに対する許容曲げ応力 $f_b = F = 303 \text{ MPa}$

安全率 $\alpha = 1.0$

設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値 $F = 303 \text{ MPa}$

(4) 座屈に対する評価

各許容応力状態における座屈に対する評価を表21-8に示す。

表21-8より、各許容応力状態における座屈に対する評価は、許容値を満足するため、座屈は発生しない。

表21－2 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ⅢA S		許容応力状態ⅣA S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	57	303	123	326
P01’ P02’	85	303	151	326

表21－3 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ⅢA S		許容応力状態ⅣA S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	50	391	108	421
P01’ P02’	75	391	132	421

表21-4 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 ($P_L + P_b + Q$)		
	$S_n^{\#1}$	$S_n^{\#2}$	許容値 $3 \cdot S_m$
P01	73	140	552
P01'	73	140	552
P02	186	361	552
P02'	186	361	552

表21－5 疲労累積係数

応力評価点 —— P02
材 料 —— SQV2A

No.	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	S _ℓ ^{*1} (MPa)	S _ℓ ^{'*2} (MPa)	N _a	N _c	N _c ／N _a
1	186	—	307	153	172	38244	300	0.008
疲労累積係数 U _{S_d} ＝								0.008
2	361	—	595	298	335	4782	150	0.031
疲労累積係数 U _{S_s} ＝								0.032
疲労累積係数 U _n ＝								0.006
疲労累積係数 U _f ＝U _n ＋U _{S_s} ＝								0.037

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（E₀／E）を乗じた値である。

E₀＝MPa， E＝MPa

表21－6 疲労累積係数の評価のまとめ

応力評価点	疲労累積係数				
	U_n	U_{S_d}	U_{S_s}	U_f^*	許容値
P01	0.010	0.001	0.002	0.012	1.0
P01'	0.010	0.001	0.002	0.012	1.0
P02	0.006	0.008	0.032	0.037	1.0
P02'	0.006	0.008	0.032	0.037	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。

表21-7 座屈に対する評価に用いる荷重

許容応力状態	鉛直力*1			モーメント*2 M (kN・m)
	V ₁ (kN)	V ₂ (kN)	V ₃ (kN)	
ⅢAS				
ⅣAS				

注記*1: 「応力解析の方針」の4.2節に示すV₁, V₂及びV₃の値

*2: 「応力解析の方針」の4.2節に示すMの値

表21-8 座屈に対する評価

許容応力状態	計算結果	許容値
ⅢAS	0.3	1
ⅣAS	0.5	1

22. ブラケット類の応力計算

22.1 一般事項

本章は、ブラケット類の応力計算について示すものである。

ブラケット類は、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。

22.1.1 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図22-1に示す。

22.1.2 解析範囲

解析範囲を図22-1に示す。

22.1.3 計算結果の概要

計算結果の概要を表22-1に示す。

なお、応力評価点の選定に当たっては、モーメントが大きくなるブラケット付根部及び穴により断面の小さくなるロッド穴周辺部に着目し、応力評価上厳しくなる評価点を記載する。

[] : 材 料

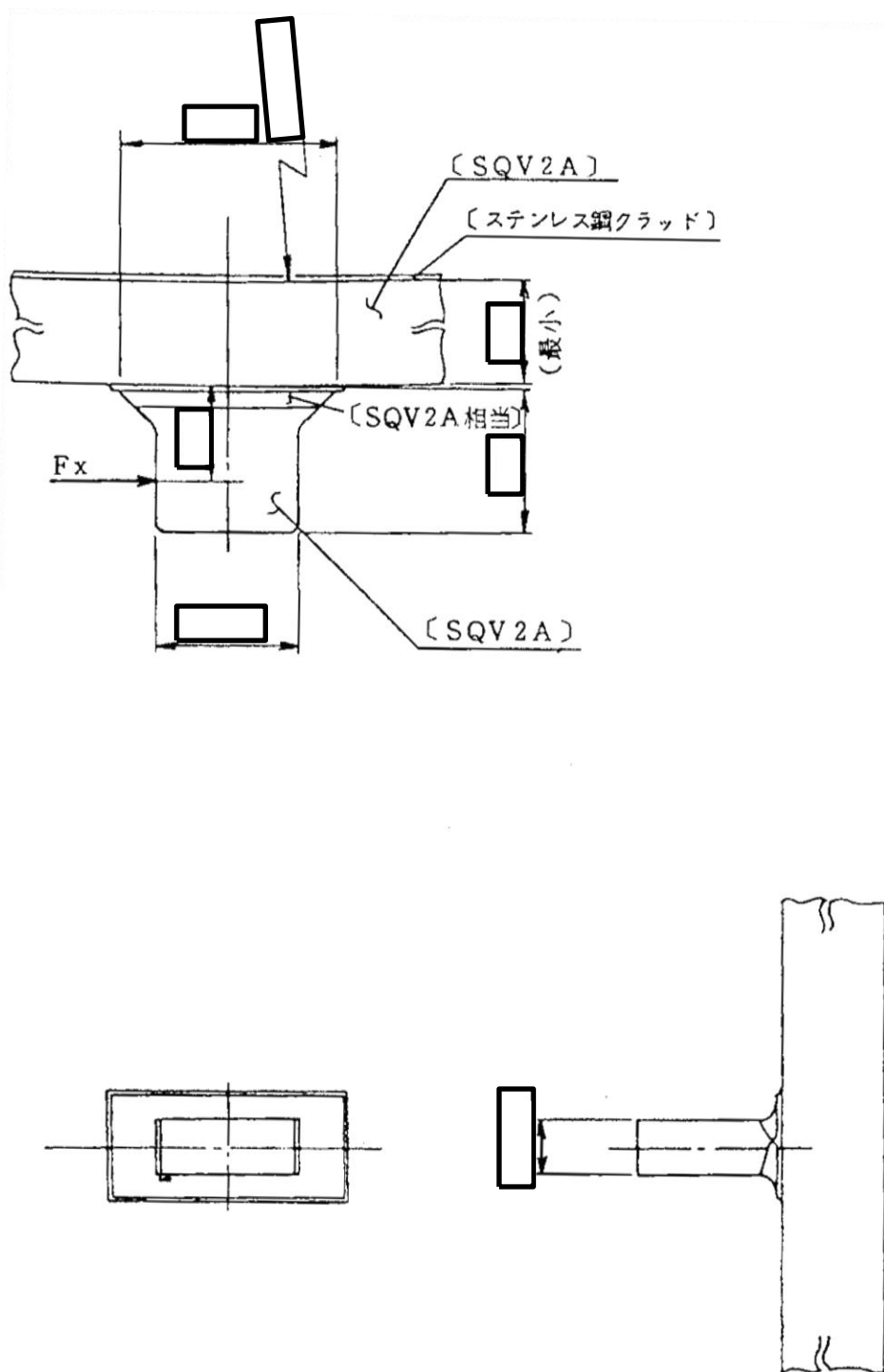


図 22-1(1) 形状・寸法・材料 (単位: mm)
(スタビライザブラケット)

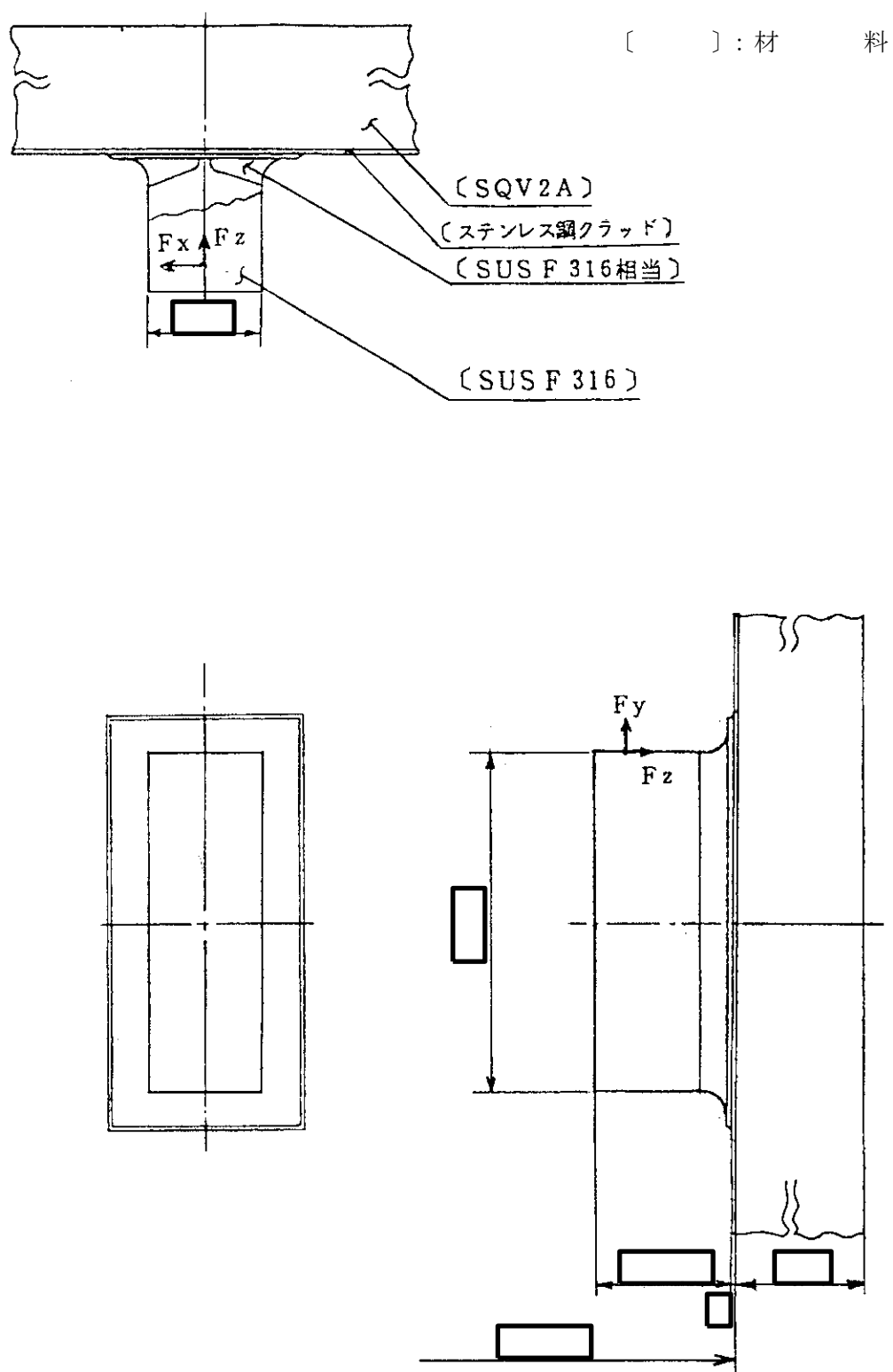


図 22-1(2) 形状・寸法・材料 (単位: mm)
(蒸気乾燥器支持ブラケット)

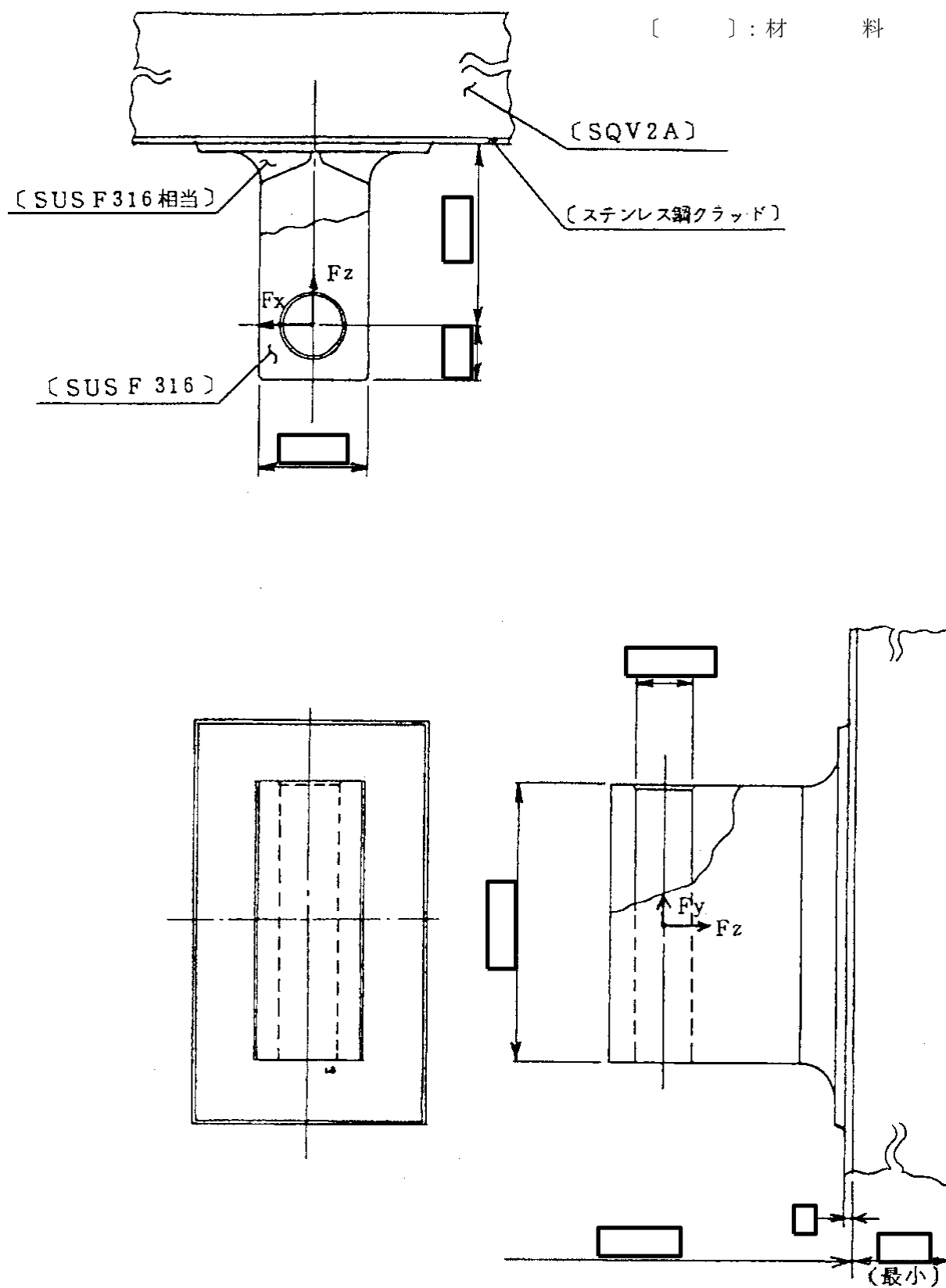


図 22-1(3) 形状・寸法・材料 (単位: mm)
(給水スパージャブケット)

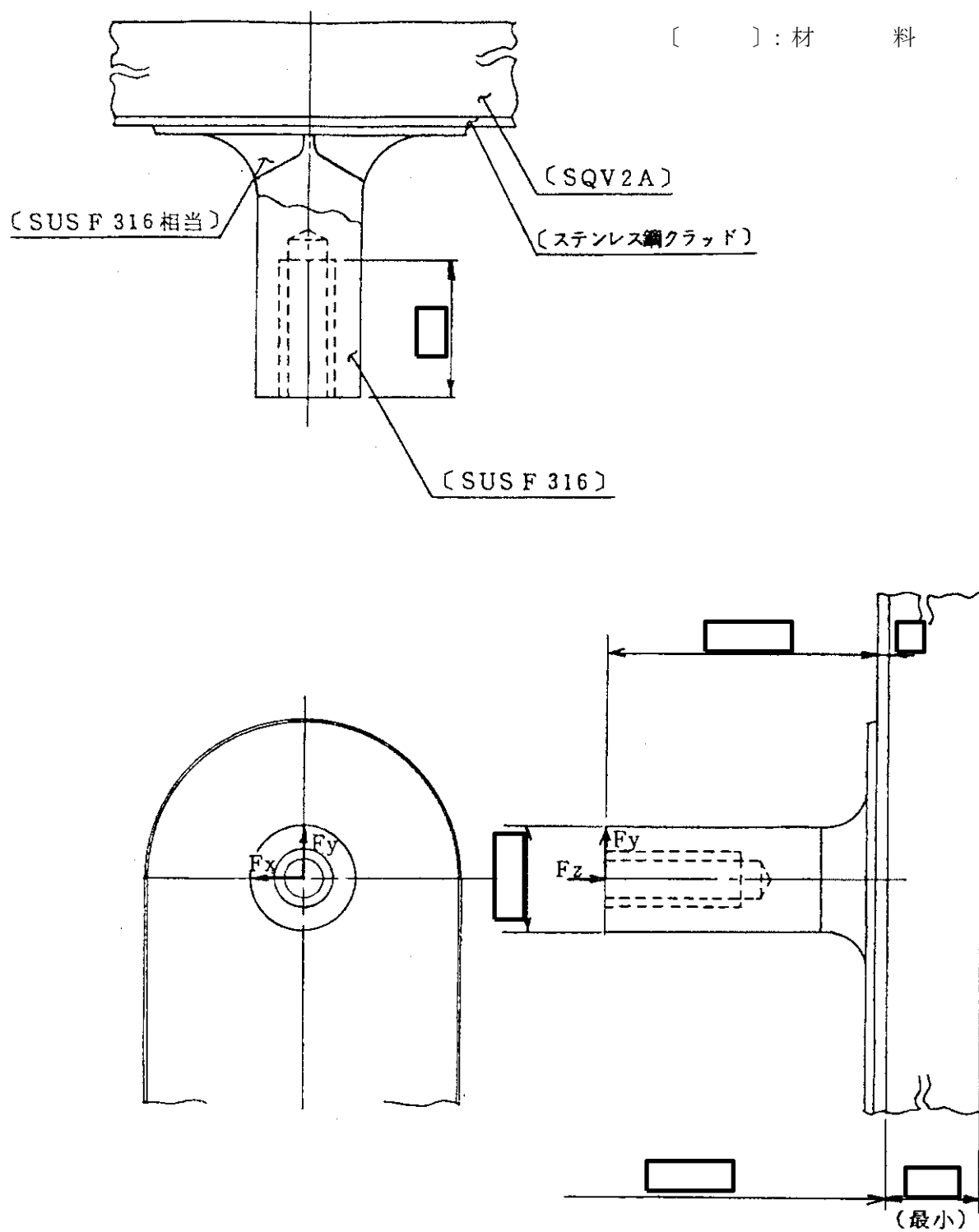


図 22-1(4) 形状・寸法・材料 (単位: mm)
(炉心スプレイブラケット)

表 22-1 計算結果の概要

(単位：MPa)

ブラケット	許容応力 状態	一次一般膜 応力強さ		一次膜＋一次曲げ 応力強さ		純せん断応力	
		応力 強さ	許容 応力	応力 強さ	許容* 応力	応力	許容 応力
スタビライザ ブラケット	Ⅲ A S	140	303	298	454	—	—
	Ⅳ A S	167	326	356	490	—	—
蒸気乾燥器支持 ブラケット	Ⅲ A S	42	143	172	214	—	—
	Ⅳ A S	87	284	340	427	—	—
給水スパージャ ブラケット	Ⅲ A S	3	143	34	214	2	71
	Ⅳ A S	6	284	71	427	4	170
炉心スプレイ ブラケット	Ⅲ A S	7	143	71	214	—	—
	Ⅳ A S	18	284	186	427	—	—

注記＊：中実矩形断面の形状係数 $\alpha = 1.5$ を用いた。

22.2 計算条件

22.2.1 設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の4.1節に示す。

22.2.2 材料

各部の材料を図22-1に示す。

22.2.3 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。

22.2.4 荷重の組合せ

荷重の組合せを「応力解析の方針」の4.4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。

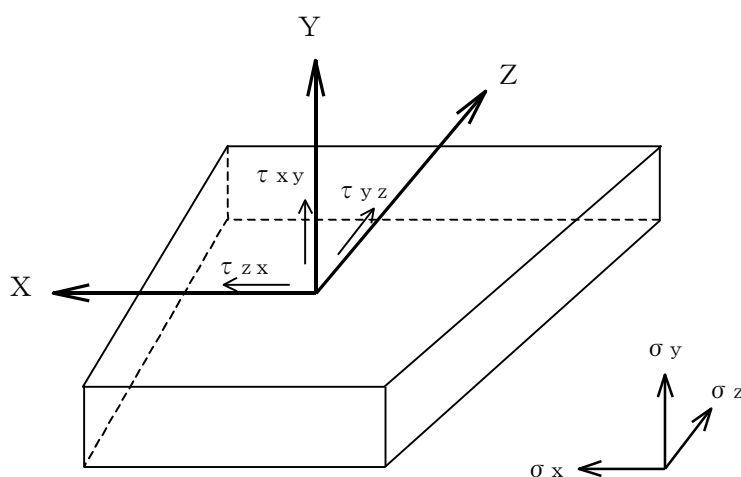
22.2.5 許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の3.5節に示す。

22.2.6 応力の記号と方向

応力の記号とその方向は、以下のとおりとする。

- σ_x : 周方向応力
- σ_y : 軸方向応力
- σ_z : 半径方向応力
- τ_{xy} : せん断応力
- τ_{yz} : せん断応力
- τ_{zx} : せん断応力



22.3 応力計算

22.3.1 応力評価点

応力評価点は、図22-1(1)～図22-1(4)に示すそれぞれのブラケット付根及び図22-1(3)に示すブラケットのロッド穴周辺とする。

22.3.2 外荷重による応力

(1) 荷重条件

ブラケットに作用する外荷重を「応力解析の方針」の表4-1(6)に示す。

ブラケットの荷重作用点を図22-1に示す。

(2) 計算方法

a. ブラケット付根の応力

ブラケット付根の応力の計算は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)v.に定めるとおりである。

なお、ブラケット付根は集中荷重を受ける片持ちばりにモデル化し計算する。

b. ロッド穴周辺の応力

給水スパージャブラケットのロッド穴周辺の応力の計算は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)v.に定めるとおりである。

なお、ロッド穴周辺は矩形断面の円環にモデル化し計算する。

22.3.3 応力の評価

計算された応力から、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5.3.2項に定めるとおりである。

22.4 応力強さの評価

22.4.1 ブラケット付根の応力強さの評価

(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22-2に示す。

表22-2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3.5節に示す許容応力を満足する。

(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22-3に示す。

表22-3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。

22.4.2 ロッド穴周辺の応力強さの評価

(1) 純せん断応力の評価

各許容応力状態における評価を表22-4に示す。

表22-4より、各許容応力状態の純せん断応力は、「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

(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22-5に示す。

表22-5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。

表22-2 ブラケット付根の一次一般膜応力強さの評価

(単位：MPa)

ブラケット	許容応力 状態	応力		主応力			応力強さ	許容応力
		σ_z	τ	σ_1	σ_2	σ_3		
スタビライザ ブラケット	Ⅲ A S	0	70	0	-70	70	140	303
	Ⅳ A S	0	83	0	-83	83	167	326
蒸気乾燥器支持 ブラケット	Ⅲ A S	5	21	0	-18	23	42	143
	Ⅳ A S	7	43	0	-40	47	87	284
給水スパージャ ブラケット	Ⅲ A S	1	1	0	0	2	3	143
	Ⅳ A S	2	3	0	-2	4	6	284
炉心スプレイ ブラケット	Ⅲ A S	2	3	0	-2	4	7	143
	Ⅳ A S	6	8	0	-6	11	18	284

表22-3 ブラケット付根の一次膜＋一次曲げ応力強さの評価

(単位：MPa)

ブラケット	許容応力 状態	応力		主応力			応力強さ	許容応力*
		σ_z	τ	σ_1	σ_2	σ_3		
スタビライザ ブラケット	ⅢA S	263	70	0	-17	281	298	454
	ⅣA S	314	83	0	-21	335	356	490
蒸気乾燥器支持 ブラケット	ⅢA S	167	21	0	-3	169	172	214
	ⅣA S	328	43	0	-6	334	340	427
給水スパージャ ブラケット	ⅢA S	10	1	0	0	10	10	214
	ⅣA S	27	3	0	0	27	28	427
炉心スプレイ ブラケット	ⅢA S	70	3	0	0	70	71	214
	ⅣA S	185	8	0	0	185	186	427

注記＊：中実矩形断面の形状係数 $\alpha = 1.5$ を用いた。

表22-4 ロッド穴周辺の純せん断応力の評価

(単位：MPa)

ブラケット	許容応力状態	純せん断応力	許容応力
給水スパージャ ブラケット	Ⅲ A S	2	71
	Ⅳ A S	4	170

表22-5 ロッド穴周辺の一次膜＋一次曲げ応力強さの評価

(単位：MPa)

ブラケット	許容応力状態	応力強さ	許容応力*
給水スパージャ ブラケット	Ⅲ A S	34	214
	Ⅳ A S	71	427

注記＊：中実矩形断面の形状係数 $\alpha = 1.5$ を用いた。

23. 原子炉圧力容器基礎ボルトの応力計算

23.1 一般事項

本章は、原子炉圧力容器基礎ボルト（以下「基礎ボルト」という。）の応力計算について示すものである。

基礎ボルトは、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。

23.1.1 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図23-1に示す。

23.1.2 解析範囲

解析範囲を図23-1に示す。

23.1.3 計算結果の概要

計算結果の概要を表23-1に示す。

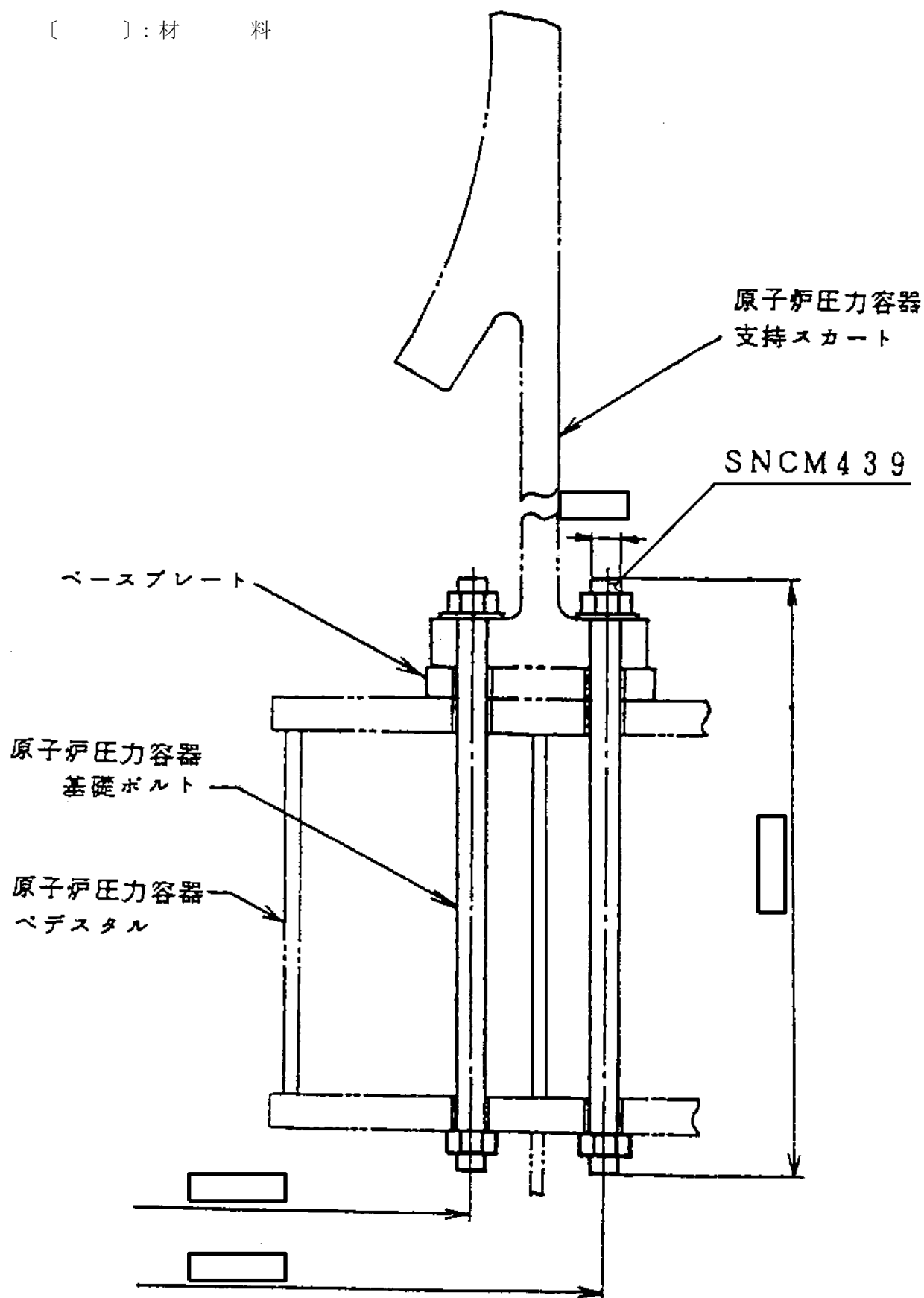


図23-1 形状・寸法・材料 (単位: mm)

表 23-1 計算結果の概要

(単位：MPa)

許容応力状態	地震荷重	応力の種類	計算結果	許容応力
Ⅲ A S	S d *	引張	369	499 ^{*1}
		せん断	67	384
Ⅳ A S	S s	引張	432 ^{*2}	499 ^{*1}
		せん断	82 ^{*2}	384
Ⅳ A S	S d *	引張	369	458 ^{*1}
		せん断	67	353

注記*1： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$

*2：組合せ係数法を適用した結果を示す。組合せ係数 0.4 は、厳しい結果が得られるよう、鉛直方向の動的地震力に乗じる。

23.2 計算条件

23.2.1 設計条件

設計条件は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(2)に定めるとおりである。

23.2.2 材料

各部の材料を図23-1に示す。

23.2.3 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は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(2)に定めるとおりである。

23.2.4 荷重の組合せ

応力評価は、23.2.3項に示す荷重の組合せにより発生する引張応力及びせん断応力について行う。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、地震荷重 S_d に対しては絶対値和を、地震荷重 S_s に対しては組合せ係数法を適用する。

23.2.5 許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の3.5節に示す。

23.2.6 許容応力評価条件

- (1) 許容応力状態ⅢA S及び許容応力状態ⅣA Sの応力の評価には、運転状態Ⅰ及びⅡの荷重と組み合わせる場合には $\square$ °C、冷却材喪失事故後の荷重と組み合わせる場合には $\square$ °Cに対する許容応力を用いる。
- (2) 基礎ボルトの許容応力評価条件を表23-2に示す。

23.3 応力計算

23.3.1 外荷重による応力

(1) 荷重条件

基礎ボルトに作用する外荷重を「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(2)に定めるとおりである。

なお、引張応力は基礎ボルトを断面積の等しい等価な円筒としてモデル化し、せん断応力は基礎ボルトの本数と断面性能より計算する。

23.4 応力の評価

各許容応力状態における評価を表23-3に示す。

表23-3より，各許容応力状態においてボルトに発生する応力は，「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

表 23-2 許容応力評価条件

評価部位	材料	温度条件 (℃)		S_m (MPa)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y (RT) (MPa)
基礎 ボルト	SNCM439	運転状態Ⅰ及びⅡの温度		—	865	951	—
		運転状態Ⅳの温度*		—	774	873	—

注記*：冷却材喪失事故後の温度を表す。

表 23-3 計算結果

許容応力状態	地震荷重	温度 (℃)	応力の種類	計算結果 (MPa)	許容応力 (MPa)
Ⅲ A S	S d *	57	引張	369	499 ^{*1}
			せん断	67	384
Ⅳ A S	S s	57	引張	432 ^{*2}	499 ^{*1}
			せん断	82 ^{*2}	384
Ⅳ A S	S d *	171	引張	369	458 ^{*1}
			せん断	67	353

注記*1： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$

*2：組合せ係数法を適用した結果を示す。組合せ係数 0.4 は、厳しい結果が得られるよう、鉛直方向の動的地震力に乗じる。