

本資料のうち、枠囲みの内容は、
営業秘密又は防護上の観点から
公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-724 改3
提出年月日	平成30年8月30日

V-2-3-4-1-3 原子炉压力容器の耐震性についての計算書（その2）

目次

1. 胴板の耐震性についての計算	2
1.1 一般事項	2
1.1.1 形状・寸法・材料	2
1.1.2 考慮する荷重	2
1.1.3 計算結果の概要	2
1.2 計算条件	5
1.2.1 解析範囲	5
1.2.2 運転条件	5
1.2.3 材料	5
1.2.4 物性値及び許容限界	5
1.3 応力計算	5
1.3.1 応力評価点	5
1.3.2 外荷重による応力	5
1.3.2.1 荷重条件 (L12, L13, L18, L19, L14及びL16)	5
1.4 応力強さの評価	5
1.4.1 一次一般膜応力強さの評価	5
1.4.2 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価	5
1.4.3 一次＋二次応力強さの評価	6
1.5 繰返し荷重の評価	6
1.5.1 疲労解析	6
1.5.1.1 疲労累積係数	6
2. 制御棒駆動機構ハウジング貫通部の耐震性についての計算	12
2.1 一般事項	12
2.1.1 形状・寸法・材料	12
2.1.2 考慮する荷重	12
2.1.3 計算結果の概要	12
2.2 計算条件	15
2.2.1 解析範囲	15
2.2.2 運転条件	15
2.2.3 材料	15

2.2.4	物性値及び許容限界	15
2.3	応力計算	15
2.3.1	応力評価点	15
2.3.2	外荷重による応力	15
2.3.2.1	荷重条件 (L12, L13, L14及びL16)	15
2.4	応力強さの評価	15
2.4.1	一次一般膜応力強さの評価	15
2.4.2	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価	15
2.4.3	一次＋二次応力強さの評価	16
2.5	繰返し荷重の評価	16
2.5.1	疲労解析	16
2.5.1.1	疲労累積係数	16
2.6	特別な評価	16
2.6.1	座屈に対する評価	16
2.6.1.1	計算データ	16
2.6.1.2	座屈に対する評価	17
3.	再循環水出口ノズル (N1) の耐震性についての計算	25
3.1	一般事項	25
3.1.1	形状・寸法・材料	25
3.1.2	考慮する荷重	25
3.1.3	計算結果の概要	25
3.2	計算条件	28
3.2.1	解析範囲	28
3.2.2	運転条件	28
3.2.3	材料	28
3.2.4	物性値及び許容限界	28
3.3	応力計算	28
3.3.1	応力評価点	28
3.3.2	外荷重による応力	28
3.3.2.1	荷重条件 (L04, L07, L14, L15, L16及びL17)	28
3.4	応力強さの評価	28

3.4.1	一次一般膜応力強さの評価	28
3.4.2	一次膜+一次曲げ応力強さの評価	28
3.4.3	一次+二次応力強さの評価	29
3.5	繰返し荷重の評価	29
3.5.1	疲労解析	29
3.5.1.1	疲労累積係数	29
4.	再循環水入口ノズル (N2) の耐震性についての計算	35
4.1	一般事項	35
4.1.1	形状・寸法・材料	35
4.1.2	考慮する荷重	35
4.1.3	計算結果の概要	35
4.2	計算条件	38
4.2.1	解析範囲	38
4.2.2	運転条件	38
4.2.3	材料	38
4.2.4	物性値及び許容限界	38
4.3	応力計算	38
4.3.1	応力評価点	38
4.3.2	外荷重による応力	38
4.3.2.1	荷重条件 (L04, L07, L14, L15, L16及びL17)	38
4.4	応力強さの評価	38
4.4.1	一次一般膜応力強さの評価	38
4.4.2	一次膜+一次曲げ応力強さの評価	38
4.4.3	一次+二次応力強さの評価	39
4.5	繰返し荷重の評価	39
4.5.1	疲労解析	39
4.5.1.1	疲労累積係数	39
5.	主蒸気ノズル (N3) の耐震性についての計算	46
5.1	一般事項	46
5.1.1	形状・寸法・材料	46
5.1.2	考慮する荷重	46

5.1.3	計算結果の概要	46
5.2	計算条件	49
5.2.1	解析範囲	49
5.2.2	運転条件	49
5.2.3	材料	49
5.2.4	物性値及び許容限界	49
5.3	応力計算	49
5.3.1	応力評価点	49
5.3.2	外荷重による応力	49
5.3.2.1	荷重条件 (L04, L07, L14, L15, L16及びL17)	49
5.4	応力強さの評価	49
5.4.1	一次一般膜応力強さの評価	49
5.4.2	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価	49
5.4.3	一次＋二次応力強さの評価	50
5.5	繰返し荷重の評価	50
5.5.1	疲労解析	50
5.5.1.1	疲労累積係数	50
6.	炉心スプレイングズル (N5) の耐震性についての計算	56
6.1	一般事項	56
6.1.1	形状・寸法・材料	56
6.1.2	考慮する荷重	56
6.1.3	計算結果の概要	56
6.2	計算条件	60
6.2.1	解析範囲	60
6.2.2	運転条件	60
6.2.3	材料	60
6.2.4	物性値及び許容限界	60
6.3	応力計算	60
6.3.1	応力評価点	60
6.3.2	外荷重による応力	60
6.3.2.1	荷重条件 (L04, L07, L14, L15, L16及びL17)	60

6.4	応力強さの評価	60
6.4.1	一次一般膜応力強さの評価	60
6.4.2	一次膜+一次曲げ応力強さの評価	60
6.4.3	一次+二次応力強さの評価	61
6.5	繰返し荷重の評価	61
6.5.1	疲労解析	61
6.5.1.1	疲労累積係数	61
7.	差圧検出・ほう酸水注入管ノズル (N10) の耐震性についての計算	74
7.1	一般事項	74
7.1.1	形状・寸法・材料	74
7.1.2	考慮する荷重	74
7.1.3	計算結果の概要	74
7.2	計算条件	77
7.2.1	解析範囲	77
7.2.2	運転条件	77
7.2.3	材料	77
7.2.4	物性値及び許容限界	77
7.3	応力計算	77
7.3.1	応力評価点	77
7.3.2	外荷重による応力	77
7.3.2.1	荷重条件 (L04, L07, L14, L15, L16及びL17)	77
7.4	応力強さの評価	77
7.4.1	一次一般膜応力強さの評価	77
7.4.2	一次膜+一次曲げ応力強さの評価	77
7.4.3	一次+二次応力強さの評価	78
7.5	繰返し荷重の評価	78
7.5.1	疲労解析	78
7.5.1.1	疲労累積係数	78
8.	低圧注水ノズル (N17) の耐震性についての計算	85
8.1	一般事項	85
8.1.1	形状・寸法・材料	85

8.1.2	考慮する荷重	85
8.1.3	計算結果の概要	85
8.2	計算条件	88
8.2.1	解析範囲	88
8.2.2	運転条件	88
8.2.3	材料	88
8.2.4	物性値及び許容限界	88
8.3	応力計算	88
8.3.1	応力評価点	88
8.3.2	外荷重による応力	88
8.3.2.1	荷重条件 (L04, L07, L14, L15, L16及びL17)	88
8.4	応力強さの評価	88
8.4.1	一次一般膜応力強さの評価	88
8.4.2	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価	88
8.4.3	一次＋二次応力強さの評価	89
8.5	繰返し荷重の評価	89
8.5.1	疲労解析	89
8.5.1.1	疲労累積係数	89
9.	上鏡スプレインノズル (N6) の耐震性についての計算	96
9.1	一般事項	96
9.1.1	形状・寸法・材料	96
9.1.2	考慮する荷重	96
9.1.3	計算結果の概要	96
9.2	計算条件	99
9.2.1	解析範囲	99
9.2.2	運転条件	99
9.2.3	材料	99
9.2.4	物性値及び許容限界	99
9.3	応力計算	99
9.3.1	応力評価点	99
9.3.2	外荷重による応力	99
9.3.2.1	荷重条件 (L04, L07, L11, L14, L15, L16及びL17)	99

9.4	応力強さの評価	99
9.4.1	一次一般膜応力強さの評価	99
9.4.2	一次膜+一次曲げ応力強さの評価	99
9.4.3	一次+二次応力強さの評価	100
9.5	繰返し荷重の評価	100
9.5.1	疲労解析	100
9.5.1.1	疲労累積係数	100
10.	ベントノズル (N7) の耐震性についての計算	106
10.1	一般事項	106
10.1.1	形状・寸法・材料	106
10.1.2	考慮する荷重	106
10.1.3	計算結果の概要	106
10.2	計算条件	109
10.2.1	解析範囲	109
10.2.2	運転条件	109
10.2.3	材料	109
10.2.4	物性値及び許容限界	109
10.3	応力計算	109
10.3.1	応力評価点	109
10.3.2	外荷重による応力	109
10.3.2.1	荷重条件 (L04, L07, L11, L14, L15, L16及びL17)	109
10.4	応力強さの評価	109
10.4.1	一次一般膜応力強さの評価	109
10.4.2	一次膜+一次曲げ応力強さの評価	109
10.4.3	一次+二次応力強さの評価	110
10.5	繰返し荷重の評価	110
10.5.1	疲労解析	110
10.5.1.1	疲労累積係数	110
11.	ジェットポンプ計測管貫通部ノズル (N8) の耐震性についての計算	116
11.1	一般事項	116
11.1.1	形状・寸法・材料	116

11.1.2	考慮する荷重	116
11.1.3	計算結果の概要	116
11.2	計算条件	119
11.2.1	解析範囲	119
11.2.2	運転条件	119
11.2.3	材料	119
11.2.4	物性値及び許容限界	119
11.3	応力計算	119
11.3.1	応力評価点	119
11.3.2	外荷重による応力	119
11.3.2.1	荷重条件 (L04, L07, L14, L15, L16及びL17)	119
11.4	応力強さの評価	119
11.4.1	一次一般膜応力強さの評価	119
11.4.2	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価	119
11.4.3	一次＋二次応力強さの評価	120
11.5	繰返し荷重の評価	120
11.5.1	疲労解析	120
11.5.1.1	疲労累積係数	120
12.	計装ノズル (N11, N12, N16) の耐震性についての計算	127
12.1	一般事項	127
12.1.1	形状・寸法・材料	127
12.1.2	考慮する荷重	127
12.1.3	計算結果の概要	127
12.2	計算条件	132
12.2.1	解析範囲	132
12.2.2	運転条件	132
12.2.3	材料	132
12.2.4	物性値及び許容限界	132
12.3	応力計算	132
12.3.1	応力評価点	132
12.3.2	外荷重による応力	132
12.3.2.1	荷重条件 (L04, L07, L14, L15, L16及びL17)	132

12.4	応力強さの評価	132
12.4.1	一次一般膜応力強さの評価	132
12.4.2	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価	132
12.4.3	一次＋二次応力強さの評価	133
12.5	繰返し荷重の評価	133
12.5.1	疲労解析	133
12.5.1.1	疲労累積係数	133
13.	ドレンノズル (N15) の耐震性についての計算	149
13.1	一般事項	149
13.1.1	形状・寸法・材料	149
13.1.2	考慮する荷重	149
13.1.3	計算結果の概要	149
13.2	計算条件	152
13.2.1	解析範囲	152
13.2.2	運転条件	152
13.2.3	材料	152
13.2.4	物性値及び許容限界	152
13.3	応力計算	152
13.3.1	応力評価点	152
13.3.2	外荷重による応力	152
13.3.2.1	荷重条件 (L04, L07, L14, L15, L16及びL17)	152
13.4	応力強さの評価	152
13.4.1	一次一般膜応力強さの評価	152
13.4.2	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価	152
13.4.3	一次＋二次応力強さの評価	153
13.5	繰返し荷重の評価	153
13.5.1	疲労解析	153
13.5.1.1	疲労累積係数	153
14.	ブラケット類の耐震性についての計算	159
14.1	一般事項	159
14.2	計算条件	159

14.2.1	解析範囲	159
14.2.2	解析条件	159
14.2.3	許容応力	159
14.3	特別な評価	159
14.3.1	ロッド穴周辺の応力	159
14.4	計算結果	160
15.	基礎ボルトの耐震性についての計算	164
15.1	一般事項	164
15.2	計算条件	164
15.2.1	解析範囲	164
15.3	記号の説明	166
15.4	設計条件	167
15.4.1	荷重の組合せ及び許容応力	167
15.4.2	外荷重条件	167
15.5	基礎式	168
15.5.1	引張応力の計算方法	168
15.5.2	せん断応力の計算方法	169
15.6	応力計算	171
15.7	計算結果	172

図表目次

図1-1 形状・寸法・材料・応力評価点（胴板）	3
図2-1 形状・寸法・材料・応力評価点 （制御棒駆動機構ハウジング貫通部）	13
図3-1 形状・寸法・材料・応力評価点（再循環水出口ノズル（N1））	26
図4-1 形状・寸法・材料・応力評価点（再循環水入口ノズル（N2））	36
図5-1 形状・寸法・材料・応力評価点（主蒸気ノズル（N3））	47
図6-1 形状・寸法・材料・応力評価点（炉心スプレイノズル（N5））	57
図7-1 形状・寸法・材料・応力評価点 （差圧検出・ほう酸水注入管ノズル（N10））	75
図8-1 形状・寸法・材料・応力評価点（低圧注水ノズル（N17））	86
図9-1 形状・寸法・材料・応力評価点（上鏡スプレイノズル（N6））	97
図10-1 形状・寸法・材料・応力評価点（ベントノズル（N7））	107
図11-1 形状・寸法・材料・応力評価点 （ジェットポンプ計測管貫通部ノズル（N8））	117
図12-1 形状・寸法・材料・応力評価点 （計装ノズル（N11, N12, N16））	128
図13-1 形状・寸法・材料・応力評価点（ドレンノズル（N15））	150
図14-1 形状・寸法・材料（ブラケット類）	161
図15-1 形状・寸法・材料（基礎ボルト）	165
図15-2 基礎ボルトの等価円筒及び応力分布	170

表1-1	胴板の計算結果の概要	4
表1-2	胴板の一次一般膜応力強さの評価のまとめ	7
表1-3	胴板の一次膜+一次曲げ応力強さの評価のまとめ	8
表1-4	胴板の一次+二次応力強さの評価のまとめ	9
表1-5	胴板の疲労累積係数	10
表1-6	胴板の疲労累積係数の評価のまとめ	11
表2-1	制御棒駆動機構ハウジング貫通部の計算結果の概要	14
表2-2	制御棒駆動機構ハウジング貫通部の 一次一般膜応力強さの評価のまとめ	19
表2-3	制御棒駆動機構ハウジング貫通部の 一次膜+一次曲げ応力強さの評価のまとめ	20
表2-4	制御棒駆動機構ハウジング貫通部の 一次+二次応力強さの評価のまとめ	21
表2-5	制御棒駆動機構ハウジング貫通部の疲労累積係数	22
表2-6	制御棒駆動機構ハウジング貫通部の 疲労累積係数の評価のまとめ	23
表2-7	スタブチューブの座屈に対する評価に用いる荷重	24
表2-8	スタブチューブの座屈に対する評価	24
表3-1	再循環水出口ノズル (N1) の計算結果の概要	27
表3-2	再循環水出口ノズル (N1) の 一次一般膜応力強さの評価のまとめ	30
表3-3	再循環水出口ノズル (N1) の 一次膜+一次曲げ応力強さの評価のまとめ	31
表3-4	再循環水出口ノズル (N1) の 一次+二次応力強さの評価のまとめ	32
表3-5	再循環水出口ノズル (N1) の疲労累積係数	33
表3-6	再循環水出口ノズル (N1) の疲労累積係数の評価のまとめ	34
表4-1	再循環水入口ノズル (N2) の計算結果の概要	37
表4-2	再循環水入口ノズル (N2) の 一次一般膜応力強さの評価のまとめ	40

表4-3	再循環水入口ノズル (N2) の 一次膜+一次曲げ応力強さの評価のまとめ	41
表4-4	再循環水入口ノズル (N2) の 一次+二次応力強さの評価のまとめ	42
表4-5	再循環水入口ノズル (N2) の疲労累積係数	43
表4-6	再循環水入口ノズル (N2) の疲労累積係数の評価のまとめ	44
表5-1	主蒸気ノズル (N3) の計算結果の概要	48
表5-2	主蒸気ノズル (N3) の一次一般膜応力強さの評価のまとめ	51
表5-3	主蒸気ノズル (N3) の 一次膜+一次曲げ応力強さの評価のまとめ	52
表5-4	主蒸気ノズル (N3) の一次+二次応力強さの評価のまとめ	53
表5-5	主蒸気ノズル (N3) の疲労累積係数	54
表5-6	主蒸気ノズル (N3) の疲労累積係数の評価のまとめ	55
表6-1	炉心スプレイノズル (N5) の計算結果の概要	58
表6-2	炉心スプレイノズル (N5) の 一次一般膜応力強さの評価のまとめ	62
表6-3	炉心スプレイノズル (N5) の 一次膜+一次曲げ応力強さの評価のまとめ	64
表6-4	炉心スプレイノズル (N5) の 一次+二次応力強さの評価のまとめ	66
表6-5	炉心スプレイノズル (N5) の疲労累積係数	68
表6-6	炉心スプレイノズル (N5) の疲労累積係数の評価のまとめ	72
表7-1	差圧検出・ほう酸水注入管ノズル (N10) の計算結果の概要	76
表7-2	差圧検出・ほう酸水注入管ノズル (N10) の 一次一般膜応力強さの評価のまとめ	79
表7-3	差圧検出・ほう酸水注入管ノズル (N10) の 一次膜+一次曲げ応力強さの評価のまとめ	80
表7-4	差圧検出・ほう酸水注入管ノズル (N10) の 一次+二次応力強さの評価のまとめ	81
表7-5	差圧検出・ほう酸水注入管ノズル (N10) の疲労累積係数	82
表7-6	差圧検出・ほう酸水注入管ノズル (N10) の 疲労累積係数の評価のまとめ	84

表8-1	低圧注水ノズル (N17) の計算結果の概要	87
表8-2	低圧注水ノズル (N17) の一次一般膜応力強さの評価のまとめ	90
表8-3	低圧注水ノズル (N17) の 一次膜+一次曲げ応力強さの評価のまとめ	91
表8-4	低圧注水ノズル (N17) の一次+二次応力強さの評価のまとめ	92
表8-5	低圧注水ノズル (N17) の疲労累積係数	93
表8-6	低圧注水ノズル (N17) の疲労累積係数の評価のまとめ	95
表9-1	上鏡スプレイノズル (N6) の計算結果の概要	98
表9-2	上鏡スプレイノズル (N6) の 一次一般膜応力強さの評価のまとめ	101
表9-3	上鏡スプレイノズル (N6) の 一次膜+一次曲げ応力強さの評価のまとめ	102
表9-4	上鏡スプレイノズル (N6) の 一次+二次応力強さの評価のまとめ	103
表9-5	上鏡スプレイノズル (N6) の疲労累積係数	104
表9-6	上鏡スプレイノズル (N6) の疲労累積係数の評価のまとめ	105
表10-1	ベントノズル (N7) の計算結果の概要	108
表10-2	ベントノズル (N7) の一次一般膜応力強さの評価のまとめ	111
表10-3	ベントノズル (N7) の 一次膜+一次曲げ応力強さの評価のまとめ	112
表10-4	ベントノズル (N7) の一次+二次応力強さの評価のまとめ	113
表10-5	ベントノズル (N7) の疲労累積係数	114
表10-6	ベントノズル (N7) の疲労累積係数の評価のまとめ	115
表11-1	ジェットポンプ計測管貫通部ノズル (N8) の計算結果の概要	118
表11-2	ジェットポンプ計測管貫通部ノズル (N8) の 一次一般膜応力強さの評価のまとめ	121
表11-3	ジェットポンプ計測管貫通部ノズル (N8) の 一次膜+一次曲げ応力強さの評価のまとめ	122
表11-4	ジェットポンプ計測管貫通部ノズル (N8) の 一次+二次応力強さの評価のまとめ	123
表11-5	ジェットポンプ計測管貫通部ノズル (N8) の疲労累積係数	124

表11-6	ジェットポンプ計測管貫通部ノズル (N8) の 疲労累積係数の評価のまとめ	126
表12-1	計装ノズル (N11, N12, N16) の計算結果の概要	129
表12-2	計装ノズル (N11, N12, N16) の 一次一般膜応力強さの評価のまとめ	134
表12-3	計装ノズル (N11, N12, N16) の 一次膜+一次曲げ応力強さの評価のまとめ	137
表12-4	計装ノズル (N11, N12, N16) の 一次+二次応力強さの評価のまとめ	140
表12-5	計装ノズル (N11, N12, N16) の疲労累積係数	143
表12-6	計装ノズル (N11, N12, N16) の疲労累積係数の評価のまとめ	146
表13-1	ドレンノズル (N15) の計算結果の概要	151
表13-2	ドレンノズル (N15) の一次一般膜応力強さの評価のまとめ	154
表13-3	ドレンノズル (N15) の 一次膜+一次曲げ応力強さの評価のまとめ	155
表13-4	ドレンノズル (N15) の一次+二次応力強さの評価のまとめ	156
表13-5	ドレンノズル (N15) の疲労累積係数	157
表13-6	ドレンノズル (N15) の疲労累積係数の評価のまとめ	158
表14-1	ブラケット類の計算結果	163
表15-1	基礎ボルトの荷重の組合せ及び許容応力状態	167
表15-2	基礎ボルトの応力計算に用いた数値	171
表15-3	基礎ボルトの計算結果	172

本計算書は、原子炉圧力容器及び原子炉圧力容器基礎ボルトの耐震性についての計算書である。

1. 胴板の耐震性についての計算

1.1 一般事項

本章は、原子炉压力容器胴板の耐震性についての計算である。

1.1.1 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図1-1に示す。

1.1.2 考慮する荷重

考慮した各荷重を「V-2-3-4-1-1 原子炉压力容器の応力解析の方針」（以下「応力解析の方針」という。）の5章に示す。

1.1.3 計算結果の概要

計算結果の概要を表1-1に示す。

なお、応力評価点の選定に当たっては、各部分ごとに数点の評価点を設けて評価を行い、疲労累積係数が厳しくなる評価点を、各部分を代表する評価点として記載している。

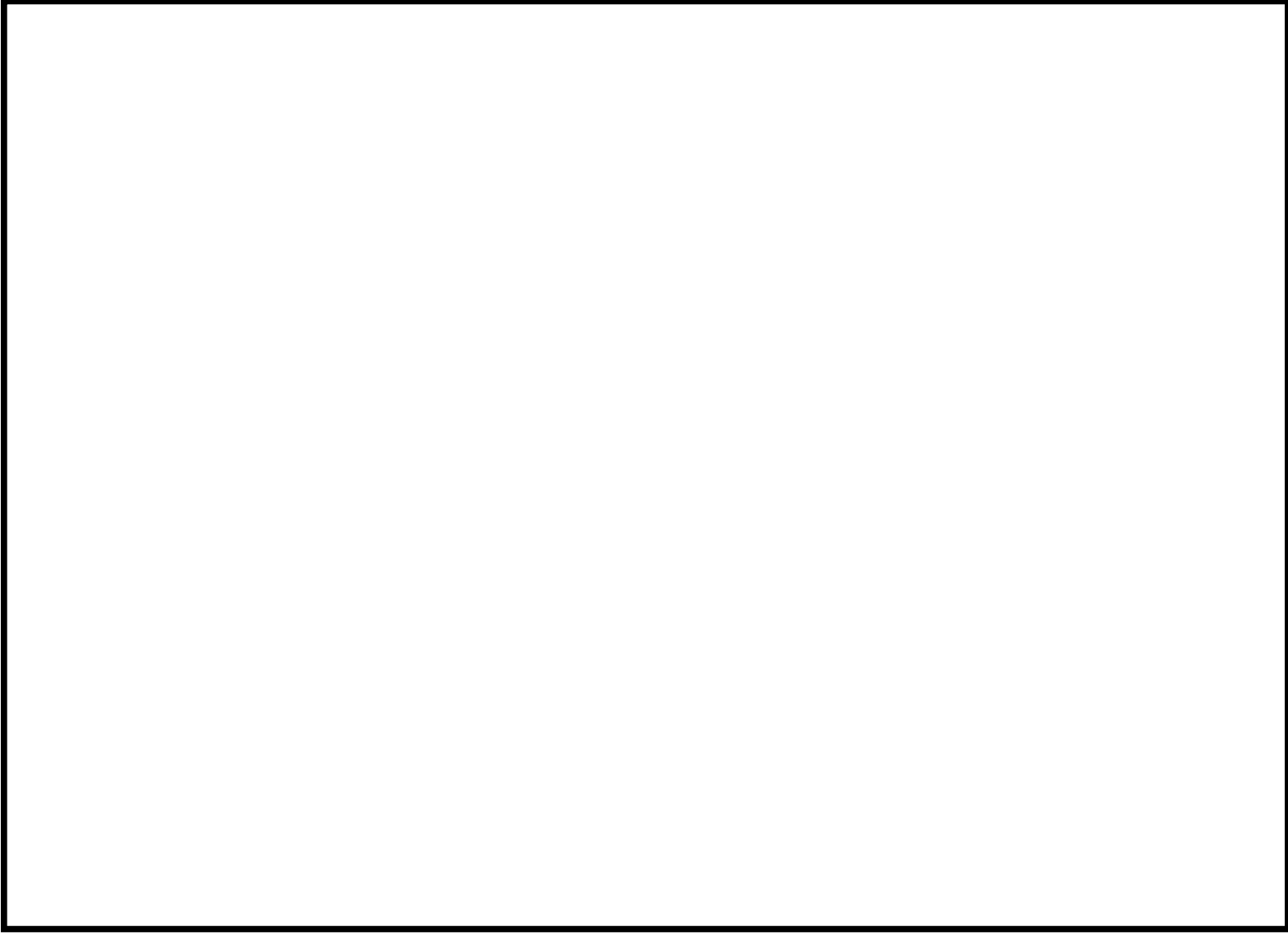


図1-1 形状・寸法・材料・応力評価点 (胴板) (単位：mm)

表1-1 胴板の計算結果の概要

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	許容値	応力評価面	応力 強さ	許容値	応力評価面	応力 強さ	許容値	応力 評価点	疲労 累積係数	許容値	応力 評価点
胴板 SQV2A	Ⅲ A S	172	302	P01 - P02	172	454	P01 - P02	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ A S	172	326	P01 - P02	172	490	P01 - P02	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ A S	—	—	—	—	—	—	22	552	P02	0.0036	1	P03
	Ⅳ A S	—	—	—	—	—	—	39	552	P02			

注：疲労累積係数は、供用状態A及びBに許容応力状態Ⅲ A S又は許容応力状態Ⅳ A Sのいずれか大きい方を加えた値である。

1.2 計算条件

1.2.1 解析範囲

解析範囲を図1-1に示す。

1.2.2 運転条件

考慮した運転条件とその回数を「応力解析の方針」の5.2節に示す。

1.2.3 材料

各部の材料を図1-1に示す。

1.2.4 物性値及び許容限界

物性値及び許容限界は、「応力解析の方針」の4.4節及び4.6節による。

1.3 応力計算

1.3.1 応力評価点

応力評価点の位置を図1-1に示す。

1.3.2 外荷重による応力

1.3.2.1 荷重条件 (L12, L13, L18, L19, L14及びL16)

胴板に作用する外荷重を「応力解析の方針」の5.4節に示す。

1.4 応力強さの評価

応力強さの評価は、胴板について行う。

1.4.1 一次一般膜応力強さの評価

許容応力状態ⅢAS及び許容応力状態ⅣASにおける評価をまとめて、表1-2に示す。

表1-2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4.6節に示す許容限界を満足する。

1.4.2 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価

許容応力状態ⅢAS及び許容応力状態ⅣASにおける評価をまとめて、表1-3に示す。

表1-3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4.6節に示す許容限界を満足する。

1.4.3 一次＋二次応力強さの評価

地震荷重のみにおける評価をまとめて、表1-4に示す。

表1-4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4.6節に示す許容限界を満足する。

1.5 繰返し荷重の評価

1.5.1 疲労解析

胴板の応力評価点について、詳細な繰返し荷重の評価を行う。

1.5.1.1 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1-5に示す。また、各応力評価点における疲労累積係数をまとめて、表1-6に示す。

表1-6より、各応力評価点において疲労累積係数は1以下であり、「応力解析の方針」の6.3節の許容限界を満足する。

表1-2 胴板の一次一般膜応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

評価面	許容応力状態 ⅢA S		許容応力状態 ⅣA S	
	応力 強さ	許容値	応力 強さ	許容値
P01 P02	172	302	172	326
P01' P02'	172	302	172	326
P03 P04	172	302	172	326
P03' P04'	172	302	172	326
P05 P06	172	302	172	326
P05' P06'	172	302	172	326
P07 P08	172	302	172	326
P07' P08'	172	302	172	326

表1-3 胴板の一次膜+一次曲げ応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

評価面	許容応力状態 Ⅲ A S		許容応力状態 Ⅳ A S	
	応力 強さ	許容値	応力 強さ	許容値
P01 P02	172	454	172	490
P01' P02'	172	454	172	490
P03 P04	172	454	172	490
P03' P04'	172	454	172	490
P05 P06	172	454	172	490
P05' P06'	172	454	172	490
P07 P08	172	454	172	490
P07' P08'	172	454	172	490

表1-4 胴板の一次+二次応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

分類	一次+二次応力差最大範囲 ($P_L + P_b + Q$)		
	*1 $S_n^{\#1}$	*2 $S_n^{\#2}$	許容値 $3 \cdot S_m$
P01	22	38	552
P01'	22	38	552
P02	22	39	552
P02'	22	39	552
P03	22	38	552
P03'	22	38	552
P04	22	39	552
P04'	22	39	552
P05	22	38	552
P05'	22	38	552
P06	22	39	552
P06'	22	39	552
P07	22	38	552
P07'	22	38	552
P08	22	39	552
P08'	22	39	552

注記 *1： $S_n^{\#1}$ は許容応力状態ⅢA Sによる一次+二次応力差の最大範囲を示す。
 *2： $S_n^{\#2}$ は許容応力状態ⅣA Sによる一次+二次応力差の最大範囲を示す。

表1-5 胴板の疲労累積係数

応力評価点 — P03
材 料 — SQV2A

No.	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	*1 S _ℓ (MPa)	*2 S _ℓ ' (MPa)	N _a	N _c	N _c /N _a
1	3							0.0002
疲労累積係数 U _{Ss} =								0.0002
疲労累積係数 U _n =								0.0035
疲労累積係数 U _f = U _n + U _{Ss} =								0.0036

注：疲労累積係数の求め方は、「応力解析の方針」の6.2.1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。

$$E_0 = 2.07 \times 10^5 \text{ MPa}, E = 1.84 \times 10^5 \text{ MPa}$$

表1-6 胴板の疲労累積係数の評価のまとめ

分類	疲労累積係数				許容値
	U_n	U_{S_d}	U_{S_s}	U_f	
P01	0.0033	0.0002	0.0002	0.0035	1
P01'	0.0033	0.0002	0.0002	0.0035	1
P02	0.0012	0.0002	0.0002	0.0014	1
P02'	0.0012	0.0002	0.0002	0.0014	1
P03	0.0035	0.0002	0.0002	0.0036	1
P03'	0.0035	0.0002	0.0002	0.0036	1
P04	0.0014	0.0002	0.0002	0.0016	1
P04'	0.0014	0.0002	0.0002	0.0016	1
P05	0.0019	0.0002	0.0002	0.0020	1
P05'	0.0019	0.0002	0.0002	0.0020	1
P06	0.0012	0.0002	0.0002	0.0014	1
P06'	0.0012	0.0002	0.0002	0.0014	1
P07	0.0013	0.0002	0.0002	0.0015	1
P07'	0.0013	0.0002	0.0002	0.0015	1
P08	0.0014	0.0002	0.0002	0.0016	1
P08'	0.0014	0.0002	0.0002	0.0016	1

2. 制御棒駆動機構ハウジング貫通部の耐震性についての計算

2.1 一般事項

本章は、制御棒駆動機構ハウジング貫通部の耐震性についての計算である。

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 考慮する荷重

考慮した各荷重を「応力解析の方針」の5章に示す。

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、各部分ごとに数点の評価点を設けて評価を行い、疲労累積係数が厳しくなる評価点を、各部分を代表する評価点として記載している。

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

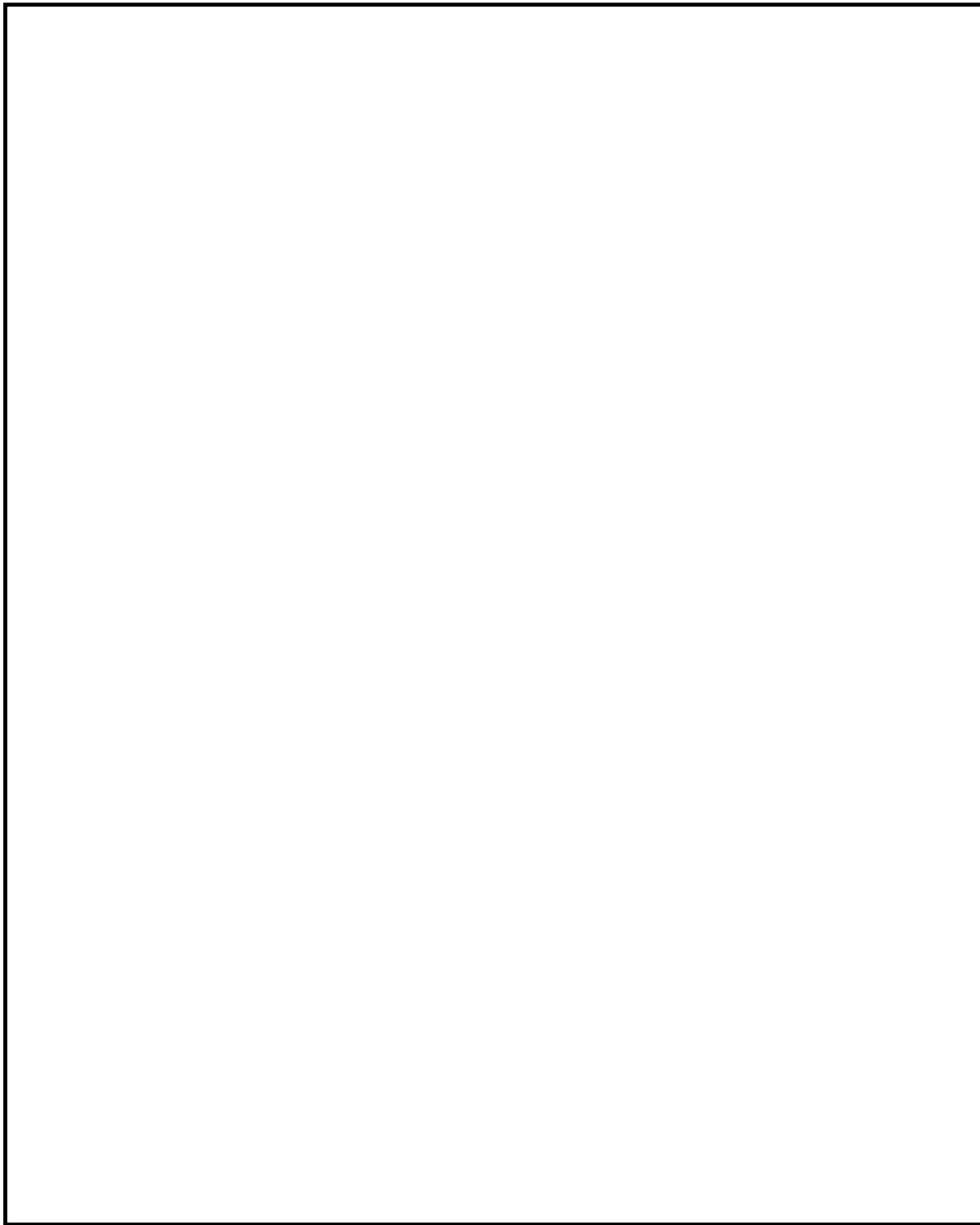


図2-1 形状・寸法・材料・応力評価点（制御棒駆動機構ハウジング貫通部）（単位：mm）

表2-1 制御棒駆動機構ハウジング貫通部の計算結果の概要

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	許容値	応力評価面	応力強さ	許容値	応力評価面	応力強さ	許容値	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 NCF600相当	Ⅲ A S	48	196	P03 - P04	149	280	P01' - P02'	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ A S	48	334	P03 - P04	155	476	P01' - P02'	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ A S	—	—	—	—	—	—	81	492	P03	0.0565	1	P03
	Ⅳ A S	—	—	—	—	—	—	125	492	P03			
ハウジング SUS304TP	Ⅲ A S	41	137	P05 - P06	45	192	P05 - P06	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ A S	41	260	P05 - P06	49	363	P07 - P08	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ A S	—	—	—	—	—	—	69	348	P08	0.0015	1	P06
	Ⅳ A S	—	—	—	—	—	—	120	348	P08			

注：疲労累積係数は、供用状態A及びBに許容応力状態Ⅲ A S又は許容応力状態Ⅳ A 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 解析範囲

解析範囲を図2-1に示す。

2.2.2 運転条件

考慮した運転条件とその回数を「応力解析の方針」の5.2節に示す。

2.2.3 材料

各部の材料を図2-1に示す。

2.2.4 物性値及び許容限界

物性値及び許容限界は、「応力解析の方針」の4.4節及び4.6節による。

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 外荷重による応力

2.3.2.1 荷重条件 (L12, L13, L14及びL16)

スタブチューブ及びハウジングに作用する外荷重を「応力解析の方針」の5.4節に示す。

2.4 応力強さの評価

応力強さの評価は、スタブチューブ及びハウジングについて行う。

2.4.1 一次一般膜応力強さの評価

許容応力状態ⅢAS及び許容応力状態ⅣASにおける評価をまとめて、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4.6節に示す許容限界を満足する。

2.4.2 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価

許容応力状態ⅢAS及び許容応力状態ⅣASにおける評価をまとめて、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4.6節に示す許容限界を満足する。

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まとめて、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4.6節に示す許容限界を満足する。

2.5 繰返し荷重の評価

2.5.1 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。

2.5.1.1 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2-5に示す。また、各応力評価点における疲労累積係数をまとめて、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以下であり、「応力解析の方針」の6.3節の許容限界を満足する。

2.6 特別な評価

2.6.1 座屈に対する評価

2.6.1.1 計算データ

スタブチューブの内半径 $R_i =$ mm

スタブチューブの最小厚さ $t =$ mm

スタブチューブの断面積

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

$$= \pi \times \text{} = \text{} \text{ mm}^2$$

スタブチューブの断面係数

$$Z = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{\{(R_i + t)^4 - R_i^4\}}{R_i + t}$$

$$= \frac{\pi}{4} \times \text{} = \text{} \text{ mm}^3$$

2.6.1.2 座屈に対する評価

許容応力状態ⅢAS及び許容応力状態ⅣASにおいてスタブチューブに圧縮応力を生じさせる荷重は、表2-7に示す鉛直力及びモーメントである。これらの組合せにより発生する圧縮応力の評価を行う。

(1) 圧縮応力

表2-7に示す荷重によって生じる許容応力状態ⅢAS及び許容応力状態ⅣASでの圧縮応力は以下のように求める。

a. 許容応力状態ⅢAS

$$\sigma_c = \frac{V}{A} + \frac{M}{Z} = \boxed{} + \boxed{} = 32 \text{ MPa}$$

b. 許容応力状態ⅣAS

$$\sigma_c = \frac{V}{A} + \frac{M}{Z} = \boxed{} + \boxed{} = 44 \text{ MPa}$$

(2) 許容圧縮応力

許容応力状態ⅢAS及び許容応力状態ⅣASにおける許容圧縮応力は、以下の2つの値のうち小さい方の値を用いる。

a. 許容応力状態ⅢAS

$$1.2 \cdot S_m = 1.2 \times 164 = 196 \text{ MPa}$$

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

ここで、

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

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

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

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

を用いて、設計・建設規格 付録材料図表 Part7 図7より

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

(供用状態A及びBの最高温度301℃における値)

よって、許容圧縮応力は、

$$\sigma_{ca} = 99 \text{ MPa}$$

b. 許容応力状態IVAS

$$1.5 \cdot S_m = 1.5 \times 164 = 246 \text{ MPa}$$

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

(供用状態A及びBの最高温度301 °Cにおける値)

よって、許容圧縮応力は、

$$\sigma_{ca} = 124 \text{ MPa}$$

各許容応力状態における座屈に対する評価結果を表2-8に示す。
表2-8より、各許容応力状態における座屈に対する評価は、許容限界を満足する。

表2-2 制御棒駆動機構ハウジング貫通部の一次一般膜応力強さの評価のまとめ

(単位 : MPa)

評価面	許容応力状態 Ⅲ A S		許容応力状態 Ⅳ A S	
	応力 強さ	許容値	応力 強さ	許容値
P01 P02	32	196	32	334
P01' P02'	32	196	32	334
P03 P04	48	196	48	334
P03' P04'	48	196	48	334
P05 P06	41	137	41	260
P05' P06'	41	137	41	260
P07 P08	2	137	2	260
P07' P08'	5	137	6	260

表2-3 制御棒駆動機構ハウジング貫通部の一次膜+一次曲げ応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

評価面	許容応力状態 Ⅲ A S		許容応力状態 Ⅳ A S	
	応力 強さ	許容値	応力 強さ	許容値
P01 P02	129	280	124	476
P01' P02'	149	280	155	476
P03 P04	26	271	29	460
P03' P04'	45	271	54	460
P05 P06	45	192	45	363
P05' P06'	33	192	33	363
P07 P08	33	192	49	363
P07' P08'	25	192	40	363

表2-4 制御棒駆動機構ハウジング貫通部の一次+二次応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

分類	一次+二次応力差最大範囲 ($P_L + P_b + Q$)		
	*1 $S_n^{\#1}$	*2 $S_n^{\#2}$	許容値 $3 \cdot S_m$
P01	22	34	492
P01'	22	34	492
P02	34	53	492
P02'	34	53	492
P03	81	125	492
P03'	81	125	492
P04	16	25	492
P04'	16	25	492
P05	33	58	348
P05'	33	58	348
P06	16	37	348
P06'	16	37	348
P07	7	11	348
P07'	7	11	348
P08	69	120	348
P08'	69	120	348

注記 *1： $S_n^{\#1}$ は許容応力状態ⅢA Sによる一次+二次応力差の最大範囲を示す。
*2： $S_n^{\#2}$ は許容応力状態ⅣA Sによる一次+二次応力差の最大範囲を示す。

表2-5 (1) 制御棒駆動機構ハウジング貫通部の疲労累積係数

応力評価点 — P03
材 料 — NCF600

No.	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	*1 S _ℓ (MPa)	*2 S _ℓ ' (MPa)	N _a	N _c	N _c /N _a
1	125							0.0021
疲労累積係数 U _{Ss} =								0.0021
疲労累積係数 U _n =								0.0544
疲労累積係数 U _f = U _n + U _{Ss} =								0.0565

注：疲労累積係数の求め方は、「応力解析の方針」の6.2.1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。

$$E_0 = 1.95 \times 10^5 \text{ MPa}, E = 1.98 \times 10^5 \text{ MPa}$$

表2-5 (2) 制御棒駆動機構ハウジング貫通部の疲労累積係数

応力評価点 — P06
材 料 — SUS304TP

No.	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	*1 S _ℓ (MPa)	*2 S _ℓ ' (MPa)	N _a	N _c	N _c /N _a
1	13							0.0000
疲労累積係数 U _{Ss} =								0.0000
疲労累積係数 U _n =								0.0015
疲労累積係数 U _f = U _n + U _{Ss} =								0.0015

注：疲労累積係数の求め方は、「応力解析の方針」の6.2.1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。

$$E_0 = 1.95 \times 10^5 \text{ MPa}, E = 1.76 \times 10^5 \text{ MPa}$$

表2-6 制御棒駆動機構ハウジング貫通部の疲労累積係数の評価のまとめ

分類	疲労累積係数				許容値
	U_n	U_{S_d}	U_{S_s}	U_f	
P01	0.0004	0.0000	0.0000	0.0004	1
P01'	0.0004	0.0000	0.0000	0.0004	1
P02	0.0013	0.0000	0.0000	0.0013	1
P02'	0.0013	0.0000	0.0000	0.0013	1
P03	0.0544	0.0002	0.0021	0.0565	1
P03'	0.0544	0.0002	0.0021	0.0565	1
P04	0.0003	0.0000	0.0000	0.0003	1
P04'	0.0003	0.0000	0.0000	0.0003	1
P05	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1
P05'	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1
P06	0.0015	0.0000	0.0000	0.0015	1
P06'	0.0015	0.0000	0.0000	0.0015	1
P07	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1
P07'	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1
P08	0.0002	0.0000	0.0000	0.0002	1
P08'	0.0002	0.0000	0.0000	0.0002	1

表2-7 スタブチューブの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)
Ⅲ A S		
Ⅳ A S		

注記 *1: 「応力解析の方針」の5.4節に示す $V_1 + V_2$ の値

*2: 「応力解析の方針」の5.4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2-8 スタブチューブの座屈に対する評価

許容応力状態	軸圧縮応力 σ_c (MPa)	許容圧縮応力 σ_{ca} (MPa)
Ⅲ A S	32	99
Ⅳ A S	44	124

3. 再循環水出口ノズル (N1) の耐震性についての計算

3.1 一般事項

本章は、原子炉圧力容器再循環水出口ノズル (N1) の耐震性についての計算である。

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 考慮する荷重

考慮した各荷重を「応力解析の方針」の5章に示す。

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、各部分ごとに数点の評価点を設けて評価を行い、疲労累積係数が厳しくなる評価点を、各部分を代表する評価点として記載している。

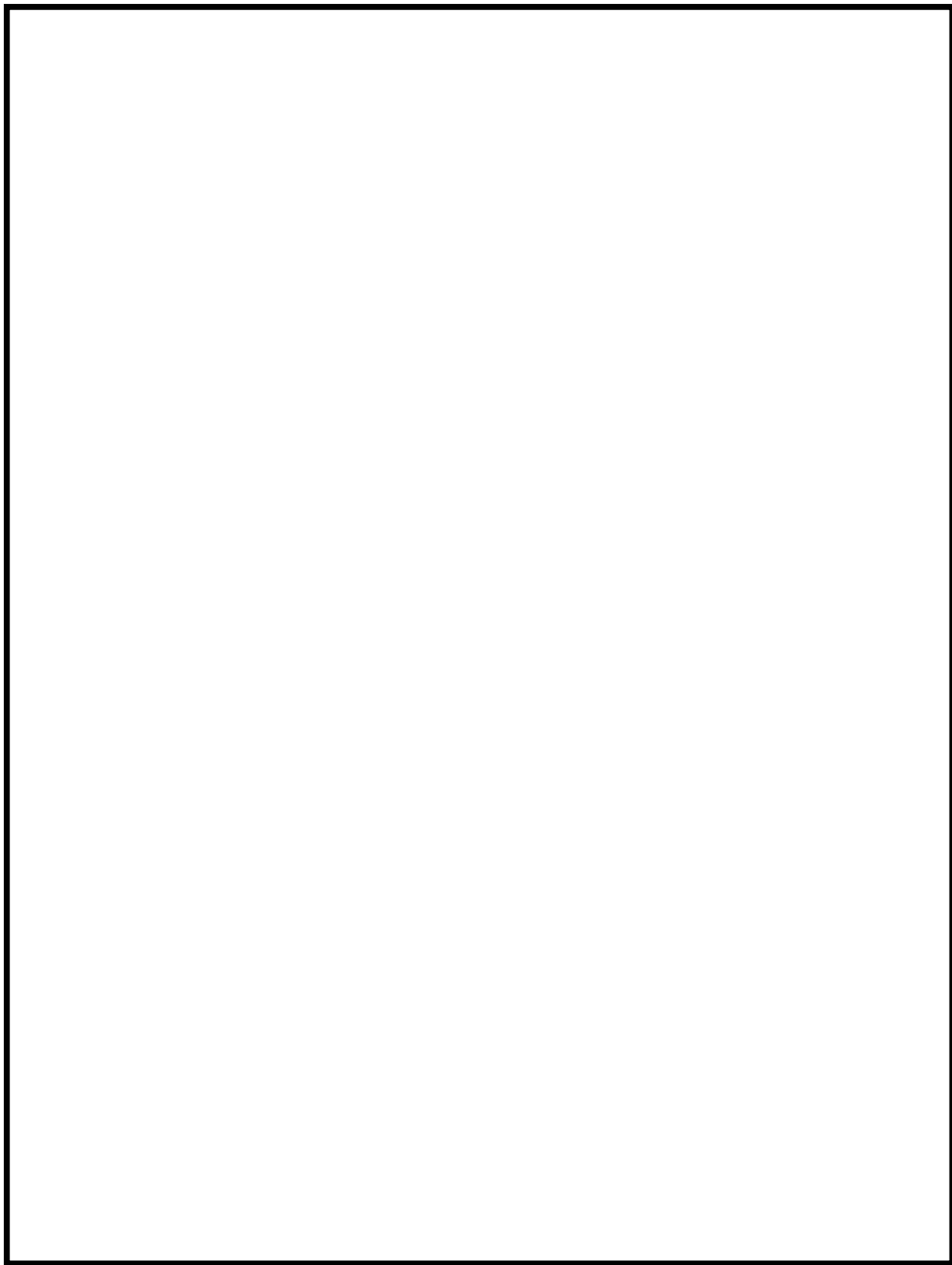


図3-1 形状・寸法・材料・応力評価点（再循環水出口ノズル（N1））（単位：mm）

表3-1 再循環水出口ノズル (N1) の計算結果の概要

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	許容値	応力評価面	応力強さ	許容値	応力評価面	応力強さ	許容値	応力評価点	疲労累積係数	許容値	応力評価点
ノズル	Ⅲ A S	101	137	P01-P02	167	184	P01'-P02'	—	—	—	—	—	—
セーフエンド	Ⅳ A S	101	248	P01-P02	167	331	P01'-P02'	—	—	—	—	—	—
SUSF304	Ⅲ A S	—	—	—	—	—	—	315	348	P06	0.0003	1	P04
SUSF304相当	Ⅳ A S	—	—	—	—	—	—	315	348	P06			
ノズルエンド SFVQ2A	Ⅲ A S	104	302	P07-P08	197	404	P07'-P08'	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ A S	104	320	P07-P08	197	427	P07'-P08'	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ A S	—	—	—	—	—	—	271	552	P08	0.0039	1	P08
	Ⅳ A S	—	—	—	—	—	—	271	552	P08			

注1：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2：疲労累積係数は、供用状態A及びBに許容応力状態Ⅲ A S又は許容応力状態Ⅳ A 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 解析範囲

解析範囲を図3-1に示す。

3.2.2 運転条件

考慮した運転条件とその回数を「応力解析の方針」の5.2節に示す。

3.2.3 材料

各部の材料を図3-1に示す。

3.2.4 物性値及び許容限界

物性値及び許容限界は、「応力解析の方針」の4.4節及び4.6節による。

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。

3.3.2 外荷重による応力

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

再循環水出口ノズル (N1) に作用する外荷重を「応力解析の方針」の5.4節に示す。

3.4 応力強さの評価

応力強さの評価は、再循環水出口ノズル (N1) について行う。

3.4.1 一次一般膜応力強さの評価

許容応力状態ⅢAS及び許容応力状態ⅣASにおける評価をまとめて、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4.6節に示す許容限界を満足する。

3.4.2 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価

許容応力状態ⅢAS及び許容応力状態ⅣASにおける評価をまとめて、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4.6節に示す許容限界を満足する。

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まとめて、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4.6節に示す許容限界を満足する。

3.5 繰返し荷重の評価

3.5.1 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。

3.5.1.1 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3-5に示す。また、各応力評価点における疲労累積係数をまとめて、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以下であり、「応力解析の方針」の6.3節の許容値を満足する。

表3-2 再循環水出口ノズル (N1) の一次一般膜応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

評価面	許容応力状態 Ⅲ A S		許容応力状態 Ⅳ A S	
	応力 強さ	許容値	応力 強さ	許容値
P01 P02	101	137	101	248
P01' P02'	99	137	99	248
P03 P04	99	137	99	248
P03' P04'	97	137	97	248
P05 P06	83	137	83	248
P05' P06'	81	137	81	248
P07 P08	104	302	104	320
P07' P08'	102	302	102	320

表3-3 再循環水出口ノズル (N1) の一次膜+一次曲げ応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

評価面	許容応力状態 ⅢA S		許容応力状態 ⅣA S	
	応力 強さ	許容値	応力 強さ	許容値
P01 P02	165	184	165	331
P01' P02'	167	184	167	331
P03 P04	164	184	164	332
P03' P04'	166	184	166	332
P05 P06	149	186	149	335
P05' P06'	151	186	151	335
P07 P08	195	404	195	427
P07' P08'	197	404	197	427

表3-4 再循環水出口ノズル (N1) の一次+二次応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

分類	一次+二次応力差最大範囲 ($P_L + P_b + Q$)		
	*1 $S_n^{\#1}$	*2 $S_n^{\#2}$	許容値 $3 \cdot S_m$
P01	252	252	348
P01'	252	252	348
P02	293	293	348
P02'	293	293	348
P03	237	237	348
P03'	237	237	348
P04	305	305	348
P04'	305	305	348
P05	192	192	348
P05'	192	192	348
P06	315	315	348
P06'	315	315	348
P07	199	199	552
P07'	199	199	552
P08	271	271	552
P08'	271	271	552

注記 *1： $S_n^{\#1}$ は許容応力状態ⅢA Sによる一次+二次応力差の最大範囲を示す。
 *2： $S_n^{\#2}$ は許容応力状態ⅣA Sによる一次+二次応力差の最大範囲を示す。

表3-5 (1) 再循環水出口ノズル (N1) の疲労累積係数

応力評価点 — P04
材 料 — SUSF304

No.	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	*1 S _ℓ (MPa)	*2 S _ℓ ' (MPa)	N _a	N _c	N _c /N _a
1	305							0.0003
疲労累積係数 U _{Sd} =								0.0003
疲労累積係数 U _n =								0.0000
疲労累積係数 U _f = U _n + U _{Sd} =								0.0003

注：疲労累積係数の求め方は、「応力解析の方針」の6.2.1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。

$$E_0 = 1.95 \times 10^5 \text{ MPa}, E = 1.76 \times 10^5 \text{ MPa}$$

表3-5 (2) 再循環水出口ノズル (N1) の疲労累積係数

応力評価点 — P08
材 料 — SFVQ2A

No.	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	*1 S _ℓ (MPa)	*2 S _ℓ ' (MPa)	N _a	N _c	N _c /N _a
1	270							0.0038
疲労累積係数 U _{Sd} =								0.0039
疲労累積係数 U _n =								0.0001
疲労累積係数 U _f = U _n + U _{Sd} =								0.0039

注：疲労累積係数の求め方は、「応力解析の方針」の6.2.1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。

$$E_0 = 2.07 \times 10^5 \text{ MPa}, E = 1.76 \times 10^5 \text{ MPa}$$

表3-6 再循環水出口ノズル (N1) の疲労累積係数の評価のまとめ

分類	疲労累積係数				許容値
	U_n	U_{S_d}	U_{S_s}	U_f	
P01	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	1
P01'	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	1
P02	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	1
P02'	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	1
P03	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	1
P03'	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	1
P04	0.0000	0.0003	0.0003	0.0003	1
P04'	0.0000	0.0003	0.0003	0.0003	1
P05	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1
P05'	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1
P06	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	1
P06'	0.0000	0.0002	0.0002	0.0002	1
P07	0.0008	0.0009	0.0009	0.0017	1
P07'	0.0006	0.0009	0.0009	0.0015	1
P08	0.0001	0.0039	0.0039	0.0039	1
P08'	0.0001	0.0039	0.0039	0.0039	1

4. 再循環水入口ノズル (N2) の耐震性についての計算

4.1 一般事項

本章は、原子炉圧力容器再循環水入口ノズル (N2) の耐震性についての計算である。

4.1.1 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図4-1に示す。

4.1.2 考慮する荷重

考慮した各荷重を「応力解析の方針」の5章に示す。

4.1.3 計算結果の概要

計算結果の概要を表4-1に示す。

なお、応力評価点の選定に当たっては、各部分ごとに数点の評価点を設けて評価を行い、疲労累積係数が厳しくなる評価点を、各部分を代表する評価点として記載している。

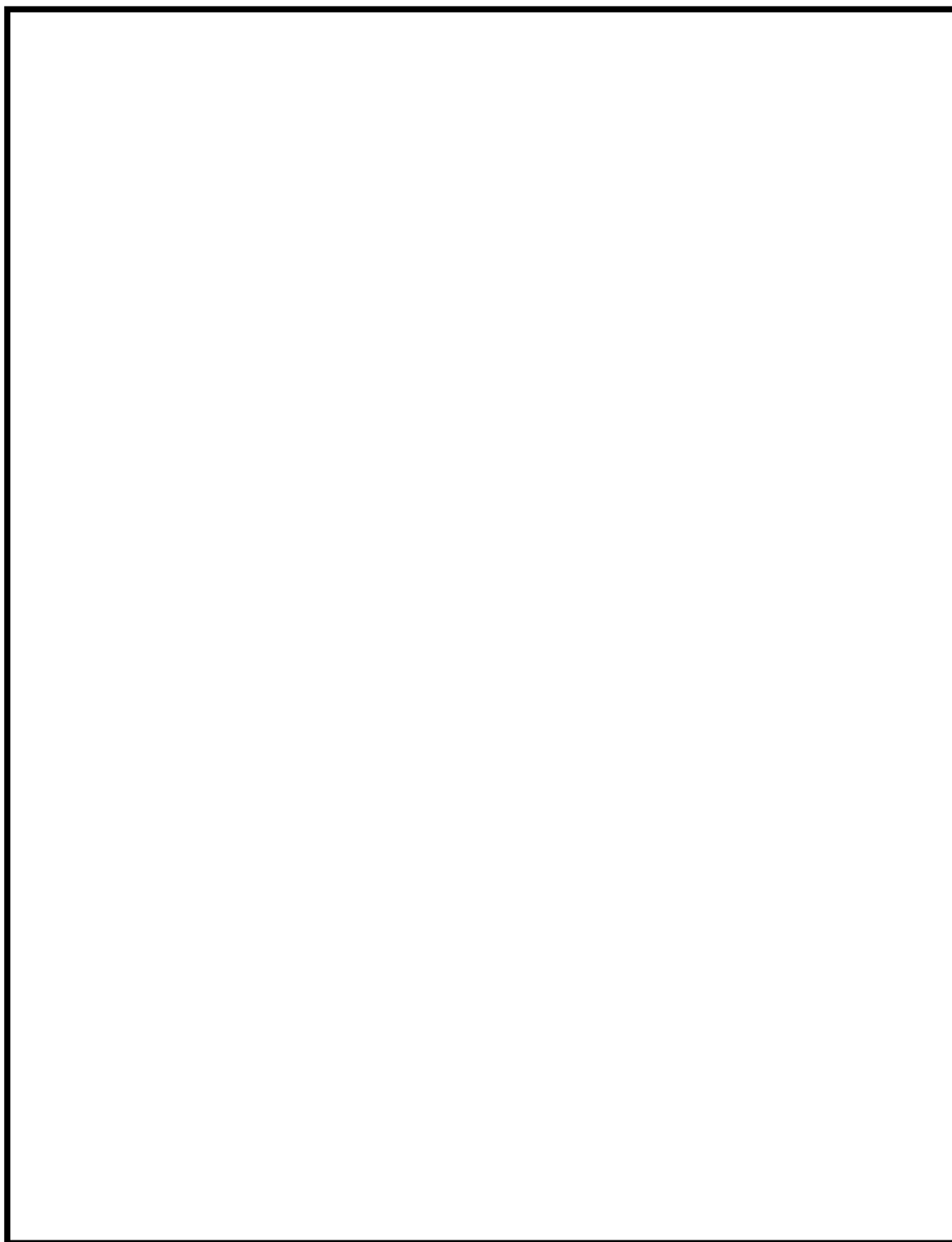


図4-1 形状・寸法・材料・応力評価点（再循環水入口ノズル（N2））（単位：mm）

表4-1 再循環水入口ノズル (N2) の計算結果の概要

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	許容値	応力評価面	応力 強さ	許容値	応力評価面	応力 強さ	許容値	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 SUSF304 SUSF304相当	Ⅲ A S	84	137	P01 - P02	178	187	P01' - P02'	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ A S	90	248	P01 - P02	215	336	P01' - P02'	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ A S	—	—	—	—	—	—	274	348	P02	0.0689	1	P03
	Ⅳ A S	—	—	—	—	—	—	347	348	P02			
ノズルエンド SFVQ2A	Ⅲ A S	57	302	P09 - P10	164	418	P09 - P10	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ A S	62	320	P09 - P10	198	442	P09 - P10	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ A S	—	—	—	—	—	—	329	552	P10	0.0213	1	P10
	Ⅳ A S	—	—	—	—	—	—	427	552	P10			
サーマル スリーブ SUS304LTP	Ⅲ A S	27	116	P11 - P12	126	153	P11' - P12'	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ A S	28	232	P11 - P12	145	306	P11' - P12'	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ A S	—	—	—	—	—	—	176	294	P11	0.0001	1	P11
	Ⅳ A S	—	—	—	—	—	—	262	294	P11			

注1：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2：疲労累積係数は，供用状態A及びBに許容応力状態Ⅲ A S又は許容応力状態Ⅳ A Sのいずれか大きい方を加えた値である。

4.2 計算条件

4.2.1 解析範囲

解析範囲を図4-1に示す。

4.2.2 運転条件

考慮した運転条件とその回数を「応力解析の方針」の5.2節に示す。

4.2.3 材料

各部の材料を図4-1に示す。

4.2.4 物性値及び許容限界

物性値及び許容限界は、「応力解析の方針」の4.4節及び4.6節による。

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。

4.3.2 外荷重による応力

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

再循環水入口ノズル (N2) に作用する外荷重を「応力解析の方針」の5.4節に示す。

4.4 応力強さの評価

応力強さの評価は、再循環水入口ノズル (N2) について行う。

4.4.1 一次一般膜応力強さの評価

許容応力状態ⅢAS及び許容応力状態ⅣASにおける評価をまとめて、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4.6節に示す許容限界を満足する。

4.4.2 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価

許容応力状態ⅢAS及び許容応力状態ⅣASにおける評価をまとめて、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4.6節に示す許容限界を満足する。

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まとめて、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4.6節に示す許容限界を満足する。

4.5 繰返し荷重の評価

4.5.1 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。

4.5.1.1 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まとめて、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以下であり、「応力解析の方針」の6.3節の許容限界を満足する。

表4-2 再循環水入口ノズル (N2) の一次一般膜応力強さの評価のまとめ

(単位 : MPa)

評価面	許容応力状態 Ⅲ A S		許容応力状態 Ⅳ A S	
	応力 強さ	許容値	応力 強さ	許容値
P01 P02	84	137	90	248
P01' P02'	82	137	87	248
P03 P04	45	137	49	248
P03' P04'	44	137	47	248
P05 P06	45	137	49	248
P05' P06'	44	137	47	248
P07 P08	16	137	16	248
P07' P08'	15	137	16	248
P09 P10	57	302	62	320
P09' P10'	56	302	59	320
P11 P12	27	116	28	232
P11' P12'	27	116	27	232

表4-3 再循環水入口ノズル (N2) の一次膜+一次曲げ応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

評価面	許容応力状態 Ⅲ A S		許容応力状態 Ⅳ A S	
	応力 強さ	許容値	応力 強さ	許容値
P01 P02	177	187	213	336
P01' P02'	178	187	215	336
P03 P04	124	194	149	349
P03' P04'	122	194	148	349
P05 P06	130	194	157	349
P05' P06'	129	194	156	349
P07 P08	78	186	90	335
P07' P08'	84	186	97	335
P09 P10	164	418	198	442
P09' P10'	162	418	196	442
P11 P12	115	153	134	306
P11' P12'	126	153	145	306

表4-4 再循環水入口ノズル (N2) の一次+二次応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

分 類	一次+二次応力差最大範囲 ($P_L + P_b + Q$)		
	*1 $S_n^{\#1}$	*2 $S_n^{\#2}$	許容値 $3 \cdot S_m$
P01	240	313	348
P01'	240	313	348
P02	274	347	348
P02'	274	347	348
P03	240	318	348
P03'	240	318	348
P04	145	185	348
P04'	145	185	348
P05	137	178	348
P05'	137	178	348
P06	248	323	348
P06'	248	323	348
P07	39	50	348
P07'	39	50	348
P08	136	213	348
P08'	136	213	348
P09	124	161	552
P09'	124	161	552
P10	329	427	552
P10'	329	427	552
P11	176	262	294
P11'	176	262	294
P12	128	193	294
P12'	128	193	294

注記 *1： $S_n^{\#1}$ は許容応力状態ⅢA Sによる一次+二次応力差の最大範囲を示す。

*2： $S_n^{\#2}$ は許容応力状態ⅣA Sによる一次+二次応力差の最大範囲を示す。

表4-5 (1) 再循環水入口ノズル (N2) の疲労累積係数

応力評価点 — P03
材 料 — SUSF304

No.	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	*1 S _ℓ (MPa)	*2 S _ℓ ' (MPa)	N _a	N _c	N _c /N _a
1	299							0.0687
疲労累積係数 U _{Ss} =								0.0687
疲労累積係数 U _n =								0.0002
疲労累積係数 U _f = U _n + U _{Ss} =								0.0689

注：疲労累積係数の求め方は、「応力解析の方針」の6.2.1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。

$$E_0 = 1.95 \times 10^5 \text{ MPa}, E = 1.76 \times 10^5 \text{ MPa}$$

表4-5 (2) 再循環水入口ノズル (N2) の疲労累積係数

応力評価点 — P10
材 料 — SFVQ2A

No.	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	*1 S _ℓ (MPa)	*2 S _ℓ ' (MPa)	N _a	N _c	N _c /N _a
1	427							0.0213
疲労累積係数 U _{Ss} =								0.0213
疲労累積係数 U _n =								0.0001
疲労累積係数 U _f = U _n + U _{Ss} =								0.0213

注：疲労累積係数の求め方は、「応力解析の方針」の6.2.1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。

$$E_0 = 2.07 \times 10^5 \text{ MPa}, E = 1.76 \times 10^5 \text{ MPa}$$

表4-5 (3) 再循環水入口ノズル (N2) の疲労累積係数

応力評価点 — P11
材 料 — SUS304LTP

No.	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	*1 S _ℓ (MPa)	*2 S _ℓ ' (MPa)	N _a	N _c	N _c /N _a
1	262							0.0001
疲労累積係数 U _{Ss} =								0.0001
疲労累積係数 U _n =								0.0000
疲労累積係数 U _f = U _n + U _{Ss} =								0.0001

注：疲労累積係数の求め方は、「応力解析の方針」の6.2.1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。

$$E_0 = 1.95 \times 10^5 \text{ MPa}, E = 1.76 \times 10^5 \text{ MPa}$$

表4-6 再循環水入口ノズル (N2) の疲労累積係数の評価のまとめ

分類	疲労累積係数				許容値
	U_n	U_{S_d}	U_{S_s}	U_f	
P01	0.0000	0.0001	0.0004	0.0004	1
P01'	0.0000	0.0001	0.0004	0.0004	1
P02	0.0000	0.0002	0.0005	0.0005	1
P02'	0.0000	0.0002	0.0005	0.0005	1
P03	0.0002	0.0229	0.0687	0.0689	1
P03'	0.0000	0.0229	0.0687	0.0687	1
P04	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1
P04'	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1
P05	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1
P05'	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1
P06	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	1
P06'	0.0000	0.0001	0.0002	0.0002	1
P07	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1
P07'	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1
P08	0.0001	0.0003	0.0032	0.0032	1
P08'	0.0001	0.0003	0.0032	0.0032	1
P09	0.0002	0.0002	0.0004	0.0005	1
P09'	0.0001	0.0002	0.0004	0.0004	1
P10	0.0001	0.0092	0.0213	0.0213	1
P10'	0.0001	0.0092	0.0213	0.0213	1
P11	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	1
P11'	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	1
P12	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1
P12'	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1

5. 主蒸気ノズル (N3) の耐震性についての計算

5.1 一般事項

本章は、原子炉圧力容器主蒸気ノズル (N3) の耐震性についての計算である。

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 考慮する荷重

考慮した各荷重を「応力解析の方針」の5章に示す。

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、各部分ごとに数点の評価点を設けて評価を行い、疲労累積係数が厳しくなる評価点を、各部分を代表する評価点として記載している。

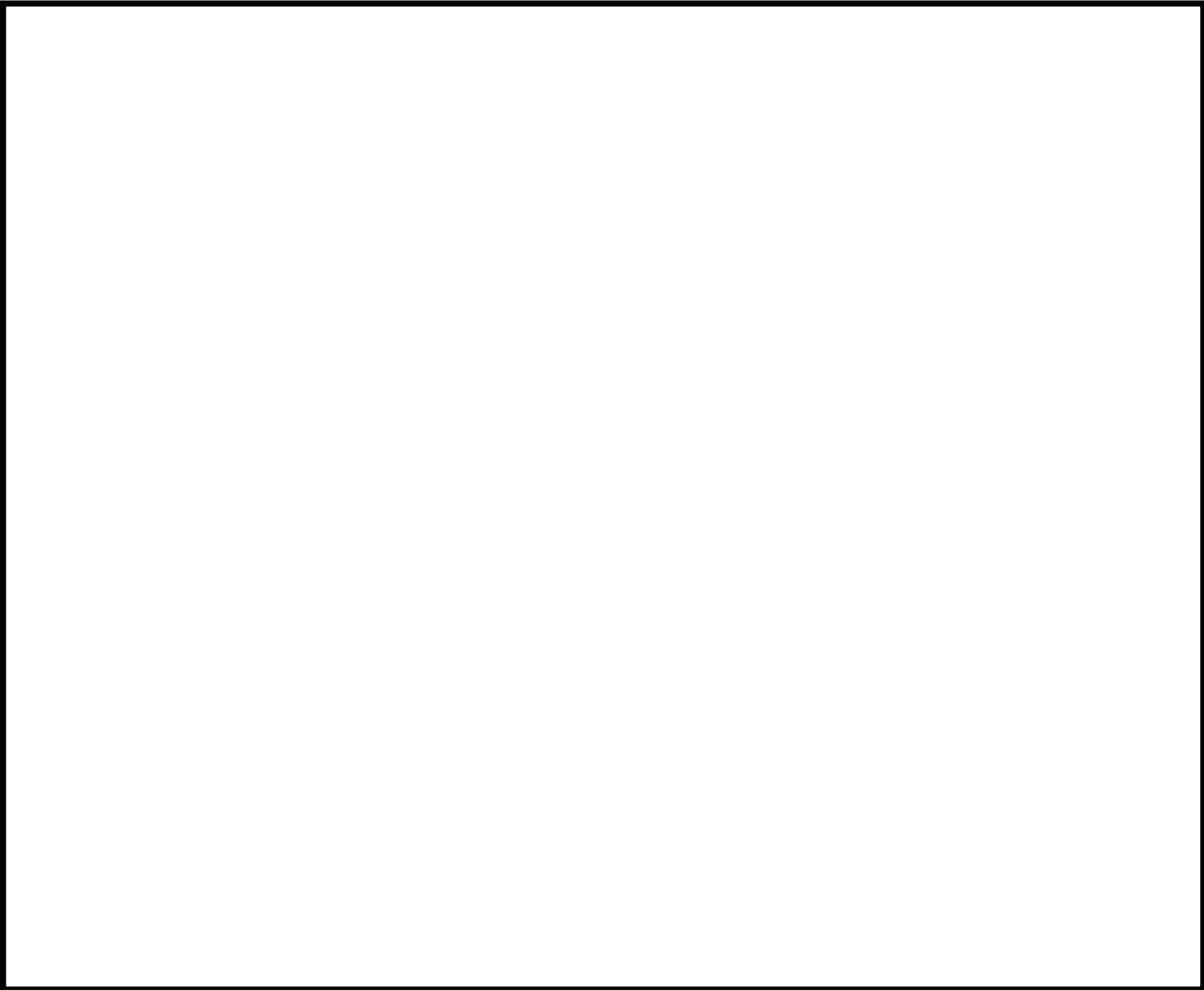


図5-1 形状・寸法・材料・応力評価点（主蒸気ノズル（N3））（単位：mm）

表5-1 主蒸気ノズル (N3) の計算結果の概要

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	許容値	応力評価面	応力強さ	許容値	応力評価面	応力強さ	許容値	応力評価点	疲労累積係数	許容値	応力評価点
ノズル	Ⅲ A S	104	187	P01 - P02	203	250	P03' - P04'	—	—	—	—	—	—
セーフエンド	Ⅳ A S	104	292	P01 - P02	203	389	P03' - P04'	—	—	—	—	—	—
SFVC2B	Ⅲ A S	—	—	—	—	—	—	353	383	P04	0.0102	1	P04
SFVC2B相当	Ⅳ A S	—	—	—	—	—	—	353	383	P04			
ノズルエンド SFVQ2A	Ⅲ A S	102	302	P05 - P06	212	404	P05' - P06'	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ A S	102	320	P05 - P06	212	427	P05' - P06'	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ A S	—	—	—	—	—	—	460	552	P06	0.0265	1	P06'
	Ⅳ A S	—	—	—	—	—	—	460	552	P06			

注1：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2：疲労累積係数は，供用状態A及びBに許容応力状態Ⅲ A S又は許容応力状態Ⅳ A Sのいずれか大きい方を加えた値である。

5.2 計算条件

5.2.1 解析範囲

解析範囲を図5-1に示す。

5.2.2 運転条件

考慮した運転条件とその回数を「応力解析の方針」の5.2節に示す。

5.2.3 材料

各部の材料を図5-1に示す。

5.2.4 物性値及び許容限界

物性値及び許容限界は、「応力解析の方針」の4.4節及び4.6節による。

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。

5.3.2 外荷重による応力

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

主蒸気ノズル (N3) に作用する外荷重を「応力解析の方針」の5.4節に示す。

5.4 応力強さの評価

応力強さの評価は、主蒸気ノズル (N3) について行う。

5.4.1 一次一般膜応力強さの評価

許容応力状態ⅢAS及び許容応力状態ⅣASにおける評価をまとめて、表5-2に示す。

表5-2より、各許容応力状態の一次一般膜応力強さは、「応力解析の方針」の4.6節に示す許容限界を満足する。

5.4.2 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価

許容応力状態ⅢAS及び許容応力状態ⅣASにおける評価をまとめて、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4.6節に示す許容限界を満足する。

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まとめて、表5-4に示す。

表5-4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4.6節に示す許容限界を満足する。

5.5 繰返し荷重の評価

5.5.1 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。

5.5.1.1 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5-5に示す。また、各応力評価点における疲労累積係数をまとめて、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以下であり、「応力解析の方針」の6.3節の許容限界を満足する。

表5-2 主蒸気ノズル (N3) の一次一般膜応力強さの評価のまとめ

(単位 : MPa)

評価面	許容応力状態 Ⅲ A S		許容応力状態 Ⅳ A S	
	応力 強さ	許容値	応力 強さ	許容値
P01 P02	104	187	104	292
P01' P02'	102	187	102	292
P03 P04	102	187	102	292
P03' P04'	100	187	100	292
P05 P06	102	302	102	320
P05' P06'	100	302	100	320

表5-3 主蒸気ノズル (N3) の一次膜+一次曲げ応力強さの評価のまとめ

(単位 : MPa)

評価面	許容応力状態 Ⅲ A S		許容応力状態 Ⅳ A S	
	応力 強さ	許容値	応力 強さ	許容値
P01 P02	194	250	194	389
P01' P02'	196	250	196	389
P03 P04	202	250	202	389
P03' P04'	203	250	203	389
P05 P06	210	404	210	427
P05' P06'	212	404	212	427

表5-4 主蒸気ノズル (N3) の一次+二次応力強さの評価のまとめ

(単位 : MPa)

分 類	一次+二次応力差最大範囲 ($P_L + P_b + Q$)		
	*1 $S_n^{\#1}$	*2 $S_n^{\#2}$	許容値 $3 \cdot S_m$
P01	320	320	383
P01'	320	320	383
P02	301	301	383
P02'	301	301	383
P03	285	285	383
P03'	285	285	383
P04	353	353	383
P04'	353	353	383
P05	192	192	552
P05'	192	192	552
P06	460	460	552
P06'	460	460	552

注記 *1 : $S_n^{\#1}$ は許容応力状態Ⅲ_ASによる一次+二次応力差の最大範囲を示す。
 *2 : $S_n^{\#2}$ は許容応力状態Ⅳ_ASによる一次+二次応力差の最大範囲を示す。

表5-5 (1) 主蒸気ノズル (N3) の疲労累積係数

応力評価点 — P04
材 料 — SFVC2B相当

No.	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	*1 S _ℓ (MPa)	*2 S _ℓ ' (MPa)	N _a	N _c	N _c /N _a
1	353							0.0101
疲労累積係数 U _{Sd} =								0.0102
疲労累積係数 U _n =								0.0001
疲労累積係数 U _f = U _n + U _{Sd} =								0.0102

注：疲労累積係数の求め方は、「応力解析の方針」の6.2.1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。

$$E_0 = 2.07 \times 10^5 \text{ MPa}, E = 1.86 \times 10^5 \text{ MPa}$$

表5-5 (2) 主蒸気ノズル (N3) の疲労累積係数

応力評価点 — P06'
材 料 — SFVQ2A

No.	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	*1 S _ℓ (MPa)	*2 S _ℓ ' (MPa)	N _a	N _c	N _c /N _a
1	459							0.0264
疲労累積係数 U _{Sd} =								0.0265
疲労累積係数 U _n =								0.0001
疲労累積係数 U _f = U _n + U _{Sd} =								0.0265

注：疲労累積係数の求め方は、「応力解析の方針」の6.2.1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。

$$E_0 = 2.07 \times 10^5 \text{ MPa}, E = 1.76 \times 10^5 \text{ MPa}$$

表5-6 主蒸気ノズル (N3) の疲労累積係数の評価のまとめ

分類	疲労累積係数				許容値
	U_n	U_{S_d}	U_{S_s}	U_f	
P01	0.0005	0.0059	0.0059	0.0064	1
P01'	0.0003	0.0059	0.0059	0.0062	1
P02	0.0003	0.0038	0.0038	0.0041	1
P02'	0.0001	0.0038	0.0038	0.0039	1
P03	0.0002	0.0033	0.0033	0.0034	1
P03'	0.0002	0.0033	0.0033	0.0034	1
P04	0.0001	0.0102	0.0102	0.0102	1
P04'	0.0001	0.0102	0.0102	0.0102	1
P05	0.0005	0.0008	0.0008	0.0013	1
P05'	0.0004	0.0008	0.0008	0.0012	1
P06	0.0001	0.0265	0.0265	0.0265	1
P06'	0.0001	0.0265	0.0265	0.0265	1

6. 炉心スプレイノズル (N5) の耐震性についての計算

6.1 一般事項

本章は、原子炉圧力容器炉心スプレイノズル (N5) (低圧/高圧) の耐震性についての計算である。

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 考慮する荷重

考慮した各荷重を「応力解析の方針」の5章に示す。

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、各部分ごとに数点の評価点を設けて評価を行い、疲労累積係数が厳しくなる評価点を、各部分を代表する評価点として記載している。

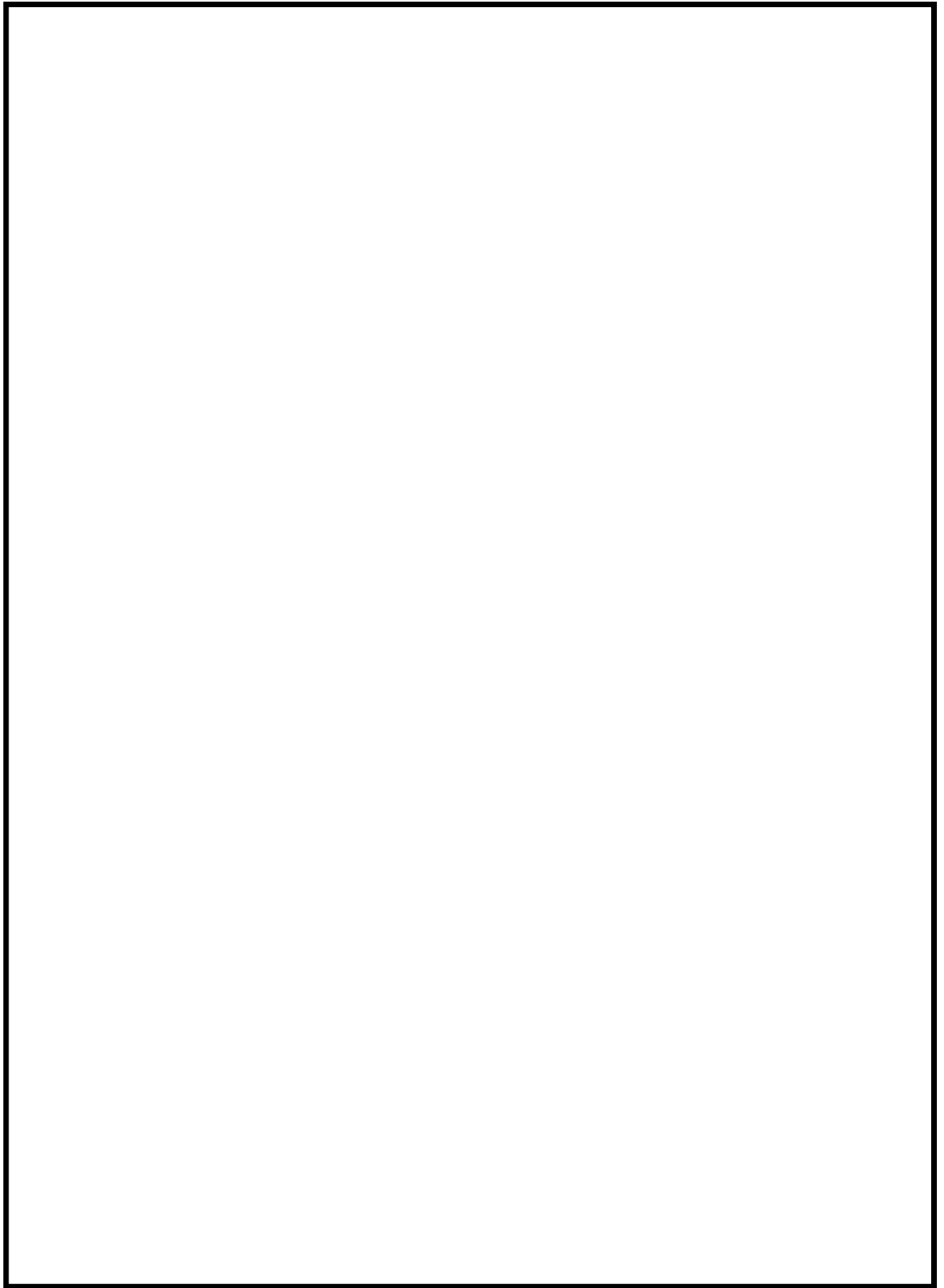


図 6-1 形状・寸法・材料・応力評価点（炉心スプレイングル（N5））（単位：mm）

表6-1 (1) 低圧炉心スプレイノズル (N5) の計算結果の概要

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	許容値	応力評価面	応力強さ	許容値	応力評価面	応力強さ	許容値	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 SFVC2B	Ⅲ A S	91	187	P01 - P02	148	249	P01 - P02	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ A S	91	292	P01 - P02	148	388	P01 - P02	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ A S	—	—	—	—	—	—	426*	383	P03	0.5968	1	P03
	Ⅳ A S	—	—	—	—	—	—	536*	383	P03			
ノズルエンド SFVQ2A	Ⅲ A S	46	302	P07 - P08	70	418	P07' - P08'	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ A S	47	320	P07 - P08	77	442	P07' - P08'	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ A S	—	—	—	—	—	—	189	552	P08	0.0028	1	P08
	Ⅳ A S	—	—	—	—	—	—	226	552	P08			
サーマル スリーブ SUS304LTP相当	Ⅲ A S	21	116	P09' - P10'	54	154	P09' - P10'	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ A S	33	232	P09' - P10'	83	309	P09' - P10'	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ A S	—	—	—	—	—	—	214	294	P09	0.0020	1	P09
	Ⅳ A S	—	—	—	—	—	—	345*	294	P09			

注1：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2：疲労累積係数は、供用状態A及びBに許容応力状態Ⅲ A S又は許容応力状態Ⅳ A Sのいずれか大きい方を加えた値である。

注記 *：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6-1 (2) 高圧炉心スプレイノズル (N5) の計算結果の概要

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	許容値	応力評価面	応力強さ	許容値	応力評価面	応力強さ	許容値	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 SFVC2B	Ⅲ A S	93	187	P01 - P02	148	249	P01 - P02	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ A S	93	292	P01 - P02	148	388	P01 - P02	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ A S	—	—	—	—	—	—	412*	383	P02	0.1668	1	P03
	Ⅳ A S	—	—	—	—	—	—	416*	383	P03			
ノズルエンド SFVQ2A	Ⅲ A S	46	302	P07 - P08	67	418	P07' - P08'	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ A S	46	320	P07 - P08	71	442	P07' - P08'	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ A S	—	—	—	—	—	—	167	552	P08	0.0013	1	P08'
	Ⅳ A S	—	—	—	—	—	—	185	552	P08			
サーマル スリーブ SUS304LTP相当	Ⅲ A S	19	116	P09' - P10'	44	154	P09' - P10'	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ A S	28	232	P09' - P10'	60	309	P09' - P10'	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ A S	—	—	—	—	—	—	160	294	P09	0.0002	1	P10
	Ⅳ A S	—	—	—	—	—	—	229	294	P09			

注1：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2：疲労累積係数は、供用状態A及びBに許容応力状態Ⅲ A S又は許容応力状態Ⅳ A Sのいずれか大きい方を加えた値である。

注記 *：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 解析範囲

解析範囲を図6-1に示す。

6.2.2 運転条件

考慮した運転条件とその回数を「応力解析の方針」の5.2節に示す。

6.2.3 材料

各部の材料を図6-1に示す。

6.2.4 物性値及び許容限界

物性値及び許容限界は、「応力解析の方針」の4.4節及び4.6節による。

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。

6.3.2 外荷重による応力

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

炉心スプレイノズル (N5) (低圧/高圧) に作用する外荷重を「応力解析の方針」の5.4節に示す。

6.4 応力強さの評価

応力強さの評価は、炉心スプレイノズル (N5) (低圧/高圧) について行う。

6.4.1 一次一般膜応力強さの評価

許容応力状態ⅢAS及び許容応力状態ⅣASにおける評価をまとめて、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4.6節に示す許容限界を満足する。

6.4.2 一次膜+一次曲げ応力強さの評価

許容応力状態ⅢAS及び許容応力状態ⅣASにおける評価をまとめて、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4.6節に示す許容限界を満足する。

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まとめて、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4.6節に示す許容応力を満足する。

低圧炉心スプレイノズル：P02, P02' , P03, P03' , P06, P06' , P09及びP09'

高圧炉心スプレイノズル：P02, P02' , P03及び P03'

一次＋二次応力強さの最大範囲が $3 \cdot S_m$ を超える応力評価点にあつては、「応力解析の方針」の6章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。

6.5.1.1 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まとめて、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以下であり、「応力解析の方針」の6.3節の許容値を満足する。

表6-2 (1) 低圧炉心スプレイングズル (N5) の一次一般膜応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

評価面	許容応力状態 ⅢA S		許容応力状態 ⅣA S	
	応力 強さ	許容値	応力 強さ	許容値
P01 P02	91	187	91	292
P01' P02'	91	187	91	292
P03 P04	85	187	86	292
P03' P04'	84	187	86	292
P05 P06	26	187	42	292
P05' P06'	27	187	43	292
P07 P08	46	302	47	320
P07' P08'	46	302	46	320
P09 P10	20	116	32	232
P09' P10'	21	116	33	232

表6-2 (2) 高圧炉心スプレインズル (N5) の一次一般膜応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

評価面	許容応力状態 ⅢA S		許容応力状態 ⅣA S	
	応力 強さ	許容値	応力 強さ	許容値
P01				
P02	93	187	93	292
P01'				
P02'	93	187	93	292
P03				
P04	84	187	86	292
P03'				
P04'	84	187	85	292
P05				
P06	24	187	35	292
P05'				
P06'	25	187	36	292
P07				
P08	46	302	46	320
P07'				
P08'	46	302	46	320
P09				
P10	19	116	27	232
P09'				
P10'	19	116	28	232

表6-3 (1) 低圧炉心スプレインズル (N5) の一次膜+一次曲げ応力強さの評価のまとめ

(単位 : MPa)

評価面	許容応力状態 Ⅲ A S		許容応力状態 Ⅳ A S	
	応力 強さ	許容値	応力 強さ	許容値
P01 P02	148	249	148	388
P01' P02'	147	249	147	388
P03 P04	126	250	142	389
P03' P04'	131	250	146	389
P05 P06	62	247	99	384
P05' P06'	72	247	110	384
P07 P08	68	418	75	442
P07' P08'	70	418	77	442
P09 P10	46	154	75	309
P09' P10'	54	154	83	309

表6-3 (2) 高圧炉心スプレインズル (N5) の一次膜+一次曲げ応力強さの評価のまとめ

(単位 : MPa)

評価面	許容応力状態 Ⅲ A S		許容応力状態 Ⅳ A S	
	応力 強さ	許容値	応力 強さ	許容値
P01 P02	148	249	148	388
P01' P02'	148	249	148	388
P03 P04	120	250	128	389
P03' P04'	124	250	132	389
P05 P06	46	247	67	384
P05' P06'	58	247	79	384
P07 P08	65	418	69	442
P07' P08'	67	418	71	442
P09 P10	35	154	51	309
P09' P10'	44	154	60	309

表6-4 (1) 低圧炉心スプレイノズル (N5) の一次+二次応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

分類	一次+二次応力差最大範囲 ($P_L + P_b + Q$)		
	*1 $S_n^{\#1}$	*2 $S_n^{\#2}$	許容値 $3 \cdot S_m$
P01	155	161	383
P01'	155	161	383
P02	412 *3	410 *3	383
P02'	412 *3	410 *3	383
P03	426 *3	536 *3	383
P03'	426 *3	536 *3	383
P04	149	175	383
P04'	149	175	383
P05	170	235	383
P05'	170	235	383
P06	213	414 *3	383
P06'	213	414 *3	383
P07	69	85	552
P07'	69	85	552
P08	189	226	552
P08'	189	226	552
P09	214	345 *3	294
P09'	214	345 *3	294
P10	149	261	294
P10'	149	261	294

注記 *1： $S_n^{\#1}$ は許容応力状態ⅢA Sによる一次+二次応力差の最大範囲を示す。
 *2： $S_n^{\#2}$ は許容応力状態ⅣA Sによる一次+二次応力差の最大範囲を示す。
 *3：簡易弾塑性解析を行う。

表6-4 (2) 高圧炉心スプレイノズル (N5) の一次+二次応力強さの評価のまとめ

(単位 : MPa)

分類	一次+二次応力差最大範囲 ($P_L + P_b + Q$)		
	*1 $S_n^{\#1}$	*2 $S_n^{\#2}$	許容値 $3 \cdot S_m$
P01	153	156	383
P01'	153	156	383
P02	412 *3	412 *3	383
P02'	412 *3	412 *3	383
P03	363	416 *3	383
P03'	363	416 *3	383
P04	148	165	383
P04'	148	165	383
P05	156	188	383
P05'	156	188	383
P06	147	242	383
P06'	147	242	383
P07	60	68	552
P07'	60	68	552
P08	167	185	552
P08'	167	185	552
P09	160	229	294
P09'	160	229	294
P10	106	166	294
P10'	106	166	294

注記 *1 : $S_n^{\#1}$ は許容応力状態ⅢA Sによる一次+二次応力差の最大範囲を示す。
 *2 : $S_n^{\#2}$ は許容応力状態ⅣA Sによる一次+二次応力差の最大範囲を示す。
 *3 : 簡易弾塑性解析を行う。

表6-5 (1) 低圧炉心スプレインズル (N5) の疲労累積係数

応力評価点 — P03
材 料 — SFVC2B

No.	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	*1 S _ℓ (MPa)	*2 S _ℓ ' (MPa)	N _a	N _c	N _c /N _a
1	535							0.5948
疲労累積係数 U _{Ss} =								0.5948
疲労累積係数 U _n =								0.0020
疲労累積係数 U _f = U _n + U _{Ss} =								0.5968

注：疲労累積係数の求め方は、「応力解析の方針」の6.2.1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。

$$E_0 = 2.07 \times 10^5 \text{ MPa}, E = 1.86 \times 10^5 \text{ MPa}$$

表6-5 (2) 低圧炉心スプレインズル (N5) の疲労累積係数

応力評価点 — P08
材 料 — SFVQ2A

No.	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	*1 S _ℓ (MPa)	*2 S _ℓ ' (MPa)	N _a	N _c	N _c /N _a
1	226							0.0028
疲労累積係数 U _{Ss} =								0.0028
疲労累積係数 U _n =								0.0001
疲労累積係数 U _f = U _n + U _{Ss} =								0.0028

注：疲労累積係数の求め方は、「応力解析の方針」の6.2.1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。

$$E_0 = 2.07 \times 10^5 \text{ MPa}, E = 1.76 \times 10^5 \text{ MPa}$$

表6-5 (3) 低圧炉心スプレイング (N5) の疲労累積係数

応力評価点 — P09

材 料 — SUS304LTP相当

No.	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	*1 S _ℓ (MPa)	*2 S _ℓ ' (MPa)	N _a	N _c	N _c / N _a
1	345							0.0009
疲労累積係数 U _{Ss} =								0.0009
疲労累積係数 U _n =								0.0011
疲労累積係数 U _f = U _n + U _{Ss} =								0.0020

注：疲労累積係数の求め方は、「応力解析の方針」の6.2.1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。

$$E_0 = 1.95 \times 10^5 \text{ MPa}, E = 1.76 \times 10^5 \text{ MPa}$$

表6-5 (4) 高圧炉心スプレインズル (N5) の疲労累積係数

応力評価点 — P03
材 料 — SFVC2B

No.	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	*1 S _ℓ (MPa)	*2 S _ℓ ' (MPa)	N _a	N _c	N _c /N _a
1	416							0.1586
疲労累積係数 U _{Ss} =								0.1586
疲労累積係数 U _n =								0.0082
疲労累積係数 U _f = U _n + U _{Ss} =								0.1668

注：疲労累積係数の求め方は、「応力解析の方針」の6.2.1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。

$$E_0 = 2.07 \times 10^5 \text{ MPa}, E = 1.86 \times 10^5 \text{ MPa}$$

表6-5 (5) 高圧炉心スプレインズル (N5) の疲労累積係数

応力評価点 — P08'
材 料 — SFVQ2A

No.	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	*1 S _ℓ (MPa)	*2 S _ℓ ' (MPa)	N _a	N _c	N _c /N _a
1	185							0.0011
疲労累積係数 U _{Ss} =								0.0012
疲労累積係数 U _n =								0.0002
疲労累積係数 U _f = U _n + U _{Ss} =								0.0013

注：疲労累積係数の求め方は、「応力解析の方針」の6.2.1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。

$$E_0 = 2.07 \times 10^5 \text{ MPa}, E = 1.76 \times 10^5 \text{ MPa}$$

表6-5 (6) 高圧炉心スプレイング (N5) の疲労累積係数

応力評価点 — P10

材 料 — SUS304LTP相当

No.	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	*1 S _ℓ (MPa)	*2 S _ℓ ' (MPa)	N _a	N _c	N _c /N _a
1	165							0.0000
疲労累積係数 U _{Ss} =								0.0000
疲労累積係数 U _n =								0.0002
疲労累積係数 U _f = U _n + U _{Ss} =								0.0002

注：疲労累積係数の求め方は、「応力解析の方針」の6.2.1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。

$$E_0 = 1.95 \times 10^5 \text{ MPa}, E = 1.76 \times 10^5 \text{ MPa}$$

表6-6 (1) 低圧炉心スプレインズル (N5) の疲労累積係数の評価のまとめ

分類	疲労累積係数				許容値
	U _n	U _{S d}	U _{S s}	U _f	
P01	0.0004	0.0002	0.0003	0.0006	1
P01'	0.0005	0.0002	0.0003	0.0007	1
P02	0.0003	0.0210	0.0204	0.0213	1
P02'	0.0004	0.0210	0.0204	0.0214	1
P03	0.0020	0.2364	0.5948	0.5968	1
P03'	0.0004	0.2364	0.5948	0.5952	1
P04	0.0001	0.0002	0.0004	0.0005	1
P04'	0.0001	0.0002	0.0004	0.0005	1
P05	0.0121	0.0004	0.0014	0.0135	1
P05'	0.0122	0.0004	0.0014	0.0135	1
P06	0.0026	0.0048	0.0715	0.0741	1
P06'	0.0034	0.0048	0.0715	0.0749	1
P07	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	1
P07'	0.0001	0.0002	0.0002	0.0003	1
P08	0.0001	0.0013	0.0028	0.0028	1
P08'	0.0000	0.0013	0.0028	0.0028	1
P09	0.0011	0.0001	0.0009	0.0020	1
P09'	0.0011	0.0001	0.0009	0.0020	1
P10	0.0007	0.0000	0.0001	0.0007	1
P10'	0.0005	0.0000	0.0001	0.0006	1

表6-6 (2) 高圧炉心スプレインズル (N5) の疲労累積係数の評価のまとめ

分類	疲労累積係数				許容値
	U _n	U _{S d}	U _{S s}	U _f	
P01	0.0005	0.0002	0.0002	0.0007	1
P01'	0.0004	0.0002	0.0002	0.0006	1
P02	0.0001	0.0213	0.0210	0.0214	1
P02'	0.0002	0.0213	0.0210	0.0215	1
P03	0.0082	0.0453	0.1586	0.1668	1
P03'	0.0051	0.0453	0.1586	0.1636	1
P04	0.0002	0.0002	0.0003	0.0004	1
P04'	0.0002	0.0002	0.0003	0.0004	1
P05	0.0420	0.0002	0.0006	0.0425	1
P05'	0.0428	0.0002	0.0006	0.0433	1
P06	0.0094	0.0010	0.0064	0.0158	1
P06'	0.0135	0.0010	0.0064	0.0199	1
P07	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	1
P07'	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	1
P08	0.0002	0.0008	0.0012	0.0013	1
P08'	0.0002	0.0008	0.0012	0.0013	1
P09	0.0001	0.0000	0.0001	0.0001	1
P09'	0.0001	0.0000	0.0001	0.0001	1
P10	0.0002	0.0000	0.0000	0.0002	1
P10'	0.0002	0.0000	0.0000	0.0002	1

7. 差圧検出・ほう酸水注入管ノズル (N10) の耐震性についての計算

7.1 一般事項

本章は、原子炉圧力容器差圧検出・ほう酸水注入管ノズル (N10) の耐震性についての計算である。

7.1.1 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所形状・寸法・材料を図7-1に示す。

7.1.2 考慮する荷重

考慮した各荷重を「応力解析の方針」の5章に示す。

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、各部分ごとに数点の評価点を設けて評価を行い、疲労累積係数が厳しくなる評価点を、各部分を代表する評価点として記載している。

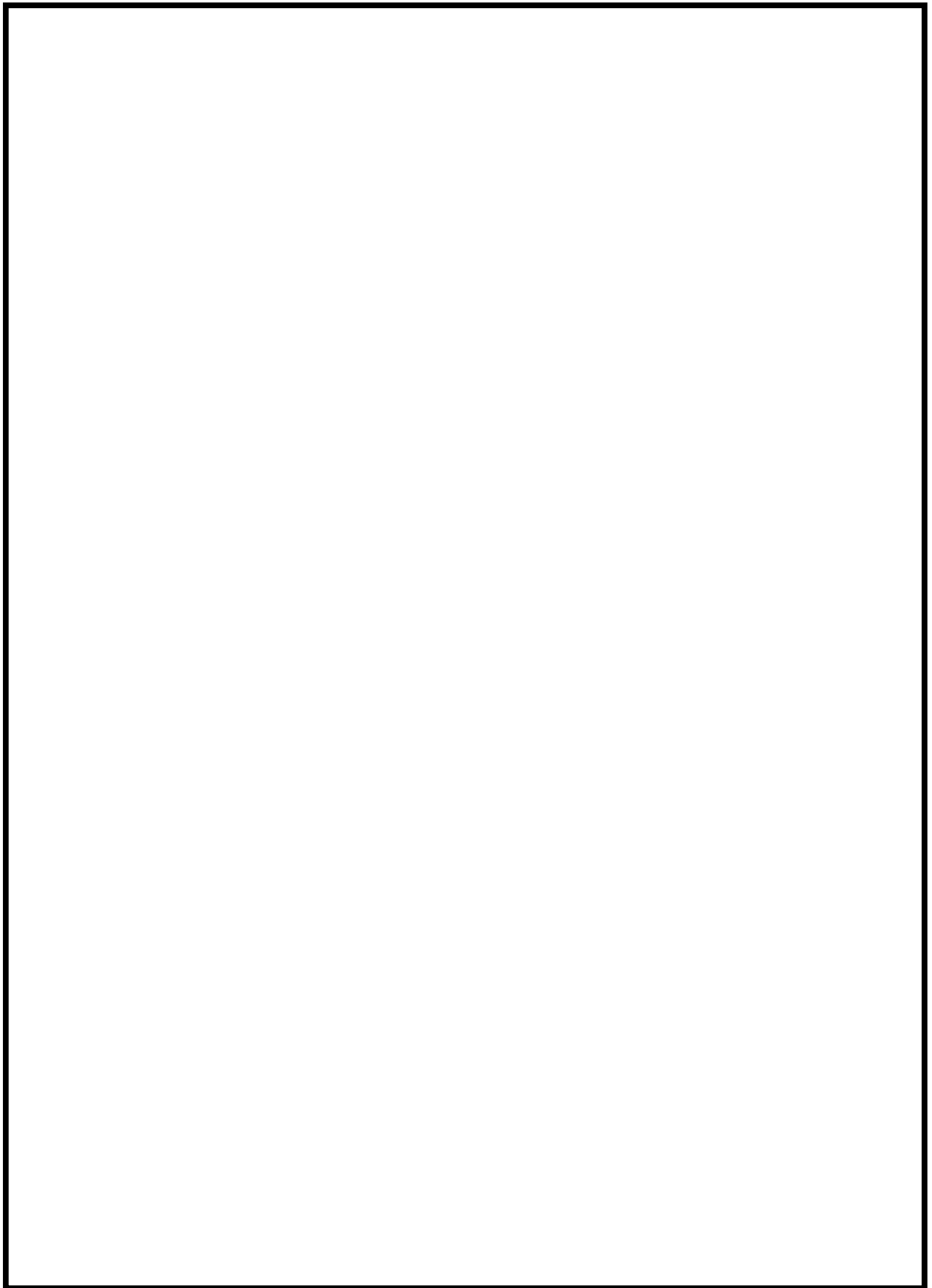


図7-1 形状・寸法・材料・応力評価点（差圧検出・ほう酸水注入管ノズル（N10））
（単位：mm）

表7-1 差圧検出・ほう酸水注入管ノズル (N10) の計算結果の概要

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	許容値	応力評価面	応力強さ	許容値	応力評価面	応力強さ	許容値	応力評価点	疲労累積係数	許容値	応力評価点
カップリング SUSF304	Ⅲ A S	3	137	P01' - P02'	4	197	P01' - P02'	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ A S	3	248	P01' - P02'	4	355	P01' - P02'	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ A S	—	—	—	—	—	—	11	348	P01	0.0414	1	P01'
	Ⅳ A S	—	—	—	—	—	—	11	348	P01			
溶接部 NCF600相当	Ⅲ A S	10	196	P03' - P04'	10	295	P03' - P04'	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ A S	10	334	P03' - P04'	10	501	P03' - P04'	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ A S	—	—	—	—	—	—	22	492	P04	0.0153	1	P03'
	Ⅳ A S	—	—	—	—	—	—	21	492	P04			
ノズル NCF600	Ⅲ A S	29	196	P07 - P08	103	283	P07' - P08'	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ A S	29	334	P07 - P08	107	481	P07' - P08'	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ A S	—	—	—	—	—	—	60	492	P08	0.0896	1	P08'
	Ⅳ A S	—	—	—	—	—	—	104	492	P08			
ノズル セーフエンド SUSF304	Ⅲ A S	46	137	P09 - P10	45	191	P09' - P10'	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ A S	46	248	P09 - P10	44	343	P09 - P10	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ A S	—	—	—	—	—	—	57	348	P10	0.0001	1	P09
	Ⅳ A S	—	—	—	—	—	—	45	348	P10			

注：疲労累積係数は、供用状態A及びBに許容応力状態Ⅲ A S又は許容応力状態Ⅳ A Sのいずれか大きい方を加えた値である。

7.2 計算条件

7.2.1 解析範囲

解析範囲を図7-1に示す。

7.2.2 運転条件

考慮した運転条件とその回数を「応力解析の方針」の5.2節に示す。

7.2.3 材料

各部の材料を図7-1に示す。

7.2.4 物性値及び許容限界

物性値及び許容限界は、「応力解析の方針」の4.4節及び4.6節による。

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。

7.3.2 外荷重による応力

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

差圧検出・ほう酸水注入管ノズル (N10) に作用する外荷重を「応力解析の方針」の5.4節に示す。

7.4 応力強さの評価

応力強さの評価は、差圧検出・ほう酸水注入管ノズル (N10) について行う。

7.4.1 一次一般膜応力強さの評価

許容応力状態ⅢAS及び許容応力状態ⅣASにおける評価をまとめて、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4.6節に示す許容限界を満足する。

7.4.2 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価

許容応力状態ⅢAS及び許容応力状態ⅣASにおける評価をまとめて、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4.6節に示す許容限界を満足する。

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まとめて、表7-4に示す。

表7-4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4.6節に示す許容限界を満足する。

7.5 繰返し荷重の評価

7.5.1 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。

7.5.1.1 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まとめて、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以下であり、「応力解析の方針」の6.3節の許容限界を満足する。

表7-2 差圧検出・ほう酸水注入管ノズル (N10) の一次一般膜応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

評価面	許容応力状態 ⅢA S		許容応力状態 ⅣA S	
	応力 強さ	許容値	応力 強さ	許容値
P01				
P02	3	137	3	248
P01'				
P02'	3	137	3	248
P03				
P04	9	196	9	334
P03'				
P04'	10	196	10	334
P05				
P06	6	196	6	334
P05'				
P06'	6	196	6	334
P07				
P08	29	196	29	334
P07'				
P08'	29	196	29	334
P09				
P10	46	137	46	248
P09'				
P10'	46	137	46	248

表7-3 差圧検出・ほう酸水注入管ノズル (N10) の一次膜+一次曲げ応力強さの評価のまとめ

(単位: MPa)

評価面	許容応力状態 ⅢA S		許容応力状態 ⅣA S	
	応力 強さ	許容値	応力 強さ	許容値
P01				
P02	4	197	4	355
P01'				
P02'	4	197	4	355
P03				
P04	9	295	9	501
P03'				
P04'	10	295	10	501
P05				
P06	11	283	11	481
P05'				
P06'	12	283	12	481
P07				
P08	90	283	88	481
P07'				
P08'	103	283	107	481
P09				
P10	44	191	44	343
P09'				
P10'	45	191	44	343

表7-4 差圧検出・ほう酸水注入管ノズル (N10) の一次+二次応力強さの評価のまとめ

(単位 : MPa)

分 類	一次+二次応力差最大範囲 ($P_L + P_b + Q$)		
	*1 $S_n^{\#1}$	*2 $S_n^{\#2}$	許容値 $3 \cdot S_m$
P01	11	11	348
P01'	11	11	348
P02	11	11	348
P02'	11	11	348
P03	18	18	492
P03'	18	18	492
P04	22	21	492
P04'	22	21	492
P05	22	32	492
P05'	22	32	492
P06	29	31	492
P06'	29	31	492
P07	19	23	492
P07'	19	23	492
P08	60	104	492
P08'	60	104	492
P09	45	37	348
P09'	45	37	348
P10	57	45	348
P10'	57	45	348

注記 *1 : $S_n^{\#1}$ は許容応力状態ⅢA Sによる一次+二次応力差の最大範囲を示す。

*2 : $S_n^{\#2}$ は許容応力状態ⅣA Sによる一次+二次応力差の最大範囲を示す。

表7-5 (1) 差圧検出・ほう酸水注入管ノズル (N10) の疲労累積係数

応力評価点 — P01'
材 料 — SUSF304

No.	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	*1 S _ℓ (MPa)	*2 S _ℓ ' (MPa)	N _a	N _c	N _c /N _a
1	9							0.0000
疲労累積係数 U _{Sd} =								0.0000
疲労累積係数 U _n =								0.0414
疲労累積係数 U _f = U _n + U _{Sd} =								0.0414

注：疲労累積係数の求め方は、「応力解析の方針」の6.2.1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。

$$E_0 = 1.95 \times 10^5 \text{ MPa}, E = 1.76 \times 10^5 \text{ MPa}$$

表7-5 (2) 差圧検出・ほう酸水注入管ノズル (N10) の疲労累積係数

応力評価点 — P03'
材 料 — NCF600相当

No.	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	*1 S _ℓ (MPa)	*2 S _ℓ ' (MPa)	N _a	N _c	N _c /N _a
1	9							0.0000
疲労累積係数 U _{Sd} =								0.0000
疲労累積係数 U _n =								0.0153
疲労累積係数 U _f = U _n + U _{Sd} =								0.0153

注：疲労累積係数の求め方は、「応力解析の方針」の6.2.1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。

$$E_0 = 1.95 \times 10^5 \text{ MPa}, E = 1.98 \times 10^5 \text{ MPa}$$

表7-5 (3) 差圧検出・ほう酸水注入管ノズル (N10) の疲労累積係数

応力評価点 — P08'
材 料 — NCF600

No.	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	*1 S _ℓ (MPa)	*2 S _ℓ ' (MPa)	N _a	N _c	N _c /N _a
1	87							0.0013
疲労累積係数 U _{Ss} =								0.0013
疲労累積係数 U _n =								0.0883
疲労累積係数 U _f = U _n + U _{Ss} =								0.0896

注：疲労累積係数の求め方は、「応力解析の方針」の6.2.1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。

$$E_0 = 1.95 \times 10^5 \text{ MPa}, E = 1.98 \times 10^5 \text{ MPa}$$

表7-5 (4) 差圧検出・ほう酸水注入管ノズル (N10) の疲労累積係数

応力評価点 — P09
材 料 — SUSF304

No.	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	*1 S _ℓ (MPa)	*2 S _ℓ ' (MPa)	N _a	N _c	N _c /N _a
1	40							0.0000
疲労累積係数 U _{Sd} =								0.0000
疲労累積係数 U _n =								0.0001
疲労累積係数 U _f = U _n + U _{Sd} =								0.0001

注：疲労累積係数の求め方は、「応力解析の方針」の6.2.1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。

$$E_0 = 1.95 \times 10^5 \text{ MPa}, E = 1.76 \times 10^5 \text{ MPa}$$

表7-6 差圧検出・ほう酸水注入管ノズル (N10) の疲労累積係数の評価のまとめ

分類	疲労累積係数				許容値
	U _n	U _{S d}	U _{S s}	U _f	
P01	0.0414	0.0000	0.0000	0.0414	1
P01'	0.0414	0.0000	0.0000	0.0414	1
P02	0.0001	0.0000	0.0000	0.0001	1
P02'	0.0001	0.0000	0.0000	0.0001	1
P03	0.0136	0.0000	0.0000	0.0136	1
P03'	0.0153	0.0000	0.0000	0.0153	1
P04	0.0023	0.0000	0.0000	0.0023	1
P04'	0.0044	0.0000	0.0000	0.0044	1
P05	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1
P05'	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1
P06	0.0002	0.0000	0.0000	0.0002	1
P06'	0.0001	0.0000	0.0000	0.0001	1
P07	0.0017	0.0000	0.0000	0.0017	1
P07'	0.0019	0.0000	0.0000	0.0019	1
P08	0.0524	0.0001	0.0013	0.0537	1
P08'	0.0883	0.0001	0.0013	0.0896	1
P09	0.0001	0.0000	0.0000	0.0001	1
P09'	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1
P10	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1
P10'	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1

8. 低圧注水ノズル (N17) の耐震性についての計算

8.1 一般事項

本章は、原子炉圧力容器低圧注水ノズル (N17) の耐震性についての計算である。

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 考慮する荷重

考慮した各荷重を「応力解析の方針」の5章に示す。

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、各部分ごとに数点の評価点を設けて評価を行い、疲労累積係数が厳しくなる評価点を、各部分を代表する評価点として記載している。

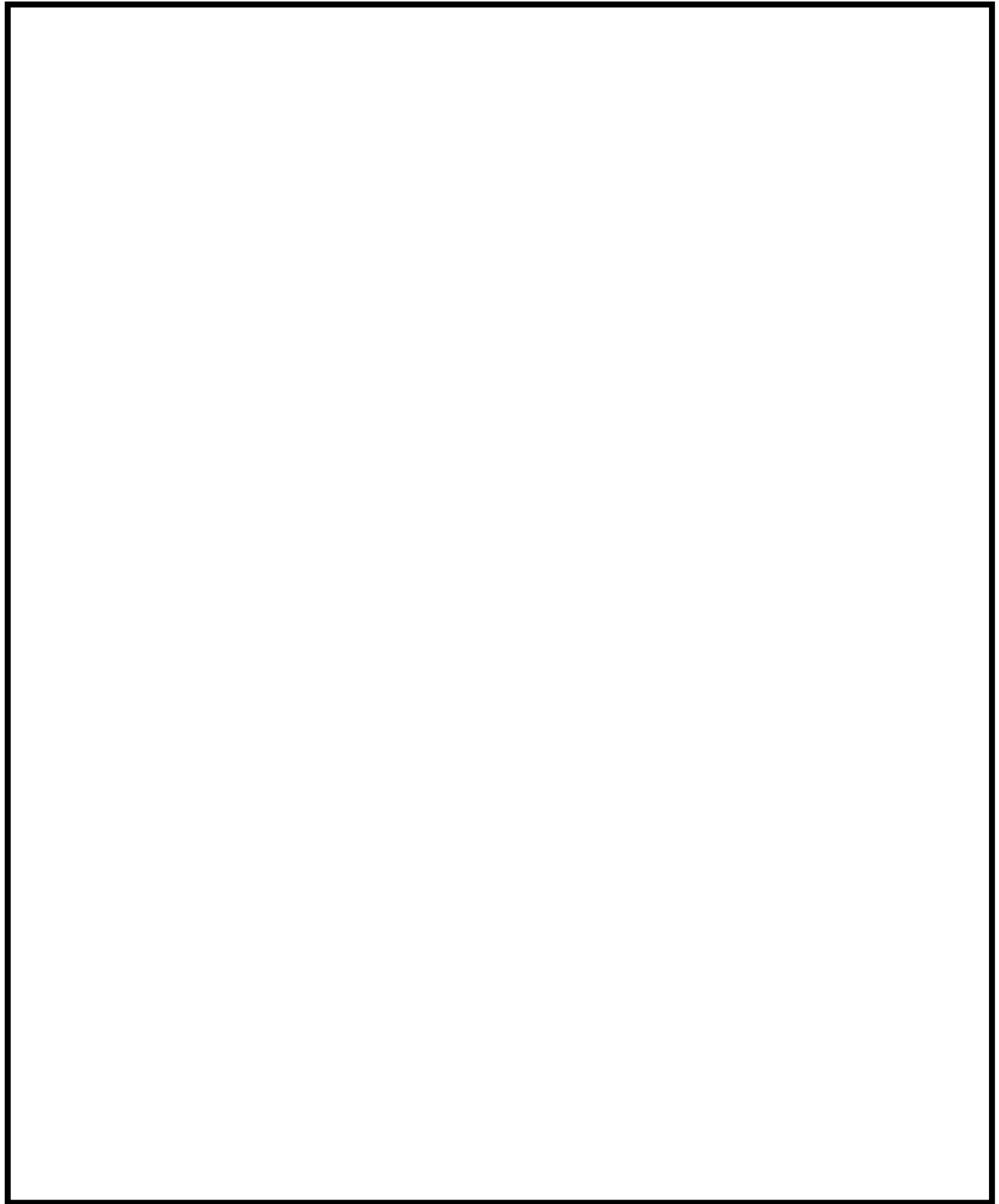


図8-1 形状・寸法・材料・応力評価点（低圧注水ノズル（N17））（単位：mm）

表8-1 低圧注水ノズル (N17) の計算結果の概要

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	許容値	応力評価面	応力強さ	許容値	応力評価面	応力強さ	許容値	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 SFVC2B	Ⅲ A S	95	187	P01 - P02	200	249	P01 - P02	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ A S	95	292	P01 - P02	200	387	P01 - P02	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ A S	—	—	—	—	—	—	373	383	P02	0.0263	1	P03
	Ⅳ A S	—	—	—	—	—	—	370	383	P02			
ノズルエンド SFVQ2A	Ⅲ A S	45	302	P07 - P08	99	419	P07' - P08'	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ A S	45	320	P07 - P08	99	443	P07' - P08'	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ A S	—	—	—	—	—	—	204	552	P08	0.0018	1	P08
	Ⅳ A S	—	—	—	—	—	—	206	552	P08			
サーマル スリーブ SUS304LTP相当	Ⅲ A S	7	116	P09' - P10'	20	153	P09' - P10'	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ A S	7	232	P09' - P10'	21	307	P09' - P10'	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ A S	—	—	—	—	—	—	29	294	P09	0.0012	1	P09
	Ⅳ A S	—	—	—	—	—	—	34	294	P10			

注1：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2：疲労累積係数は，供用状態A及びBに許容応力状態Ⅲ A S又は許容応力状態Ⅳ A Sのいずれか大きい方を加えた値である。

8.2 計算条件

8.2.1 解析範囲

解析範囲を図8-1に示す。

8.2.2 運転条件

考慮した運転条件とその回数を「応力解析の方針」の5.2節に示す。

8.2.3 材料

各部の材料を図8-1に示す。

8.2.4 物性値及び許容限界

物性値及び許容限界は、「応力解析の方針」の4.4節及び4.6節による。

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。

8.3.2 外荷重による応力

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

低圧注水ノズル (N17) に作用する外荷重を「応力解析の方針」の5.4節に示す。

8.4 応力強さの評価

応力強さの評価は、低圧注水ノズル (N17) について行う。

8.4.1 一次一般膜応力強さの評価

許容応力状態ⅢAS及び許容応力状態ⅣASにおける評価をまとめて、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4.6節に示す許容限界を満足する。

8.4.2 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価

許容応力状態ⅢAS及び許容応力状態ⅣASにおける評価をまとめて、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4.6節に示す許容限界を満足する。

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まとめて、表8-4に示す。

表8-4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4.6節に示す許容限界を満足する。

8.5 繰返し荷重の評価

8.5.1 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。

8.5.1.1 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まとめて、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以下であり、「応力解析の方針」の6.3節の許容値を満足する。

表8-2 低圧注水ノズル (N17) の一次一般膜応力強さの評価のまとめ

(単位 : MPa)

評価面	許容応力状態 Ⅲ A S		許容応力状態 Ⅳ A S	
	応力 強さ	許容値	応力 強さ	許容値
P01 P02	95	187	95	292
P01' P02'	94	187	94	292
P03 P04	59	187	59	292
P03' P04'	58	187	58	292
P05 P06	9	187	9	292
P05' P06'	10	187	10	292
P07 P08	45	302	45	320
P07' P08'	44	302	44	320
P09 P10	7	116	7	232
P09' P10'	7	116	7	232

表8-3 低圧注水ノズル (N17) の一次膜+一次曲げ応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

評価面	許容応力状態 ⅢA S		許容応力状態 ⅣA S	
	応力 強さ	許容値	応力 強さ	許容値
P01 P02	200	249	200	387
P01' P02'	200	249	200	387
P03 P04	121	255	122	397
P03' P04'	125	255	125	397
P05 P06	13	245	16	381
P05' P06'	28	245	31	381
P07 P08	96	419	97	443
P07' P08'	99	419	99	443
P09 P10	9	153	11	307
P09' P10'	20	153	21	307

表8-4 低圧注水ノズル (N17) の一次+二次応力強さの評価のまとめ

(単位 : MPa)

分 類	一次+二次応力差最大範囲 ($P_L + P_b + Q$)		
	*1 $S_n^{\#1}$	*2 $S_n^{\#2}$	許容値 $3 \cdot S_m$
P01	261	265	383
P01'	261	265	383
P02	373	370	383
P02'	373	370	383
P03	225	230	383
P03'	225	230	383
P04	152	151	383
P04'	152	151	383
P05	44	42	383
P05'	44	42	383
P06	27	34	383
P06'	27	34	383
P07	70	70	552
P07'	70	70	552
P08	204	206	552
P08'	204	206	552
P09	29	29	294
P09'	29	29	294
P10	28	34	294
P10'	28	34	294

注記 *1 : $S_n^{\#1}$ は許容応力状態Ⅲ_A Sによる一次+二次応力差の最大範囲を示す。
 *2 : $S_n^{\#2}$ は許容応力状態Ⅳ_A Sによる一次+二次応力差の最大範囲を示す。

表8-5 (1) 低圧注水ノズル (N17) の疲労累積係数

応力評価点 — P03
材 料 — SFVC2B

No.	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	*1 S _ℓ (MPa)	*2 S _ℓ ' (MPa)	N _a	N _c	N _c /N _a
1	229							0.0254
疲労累積係数 U _{Ss} =								0.0255
疲労累積係数 U _n =								0.0008
疲労累積係数 U _f = U _n + U _{Ss} =								0.0263

注：疲労累積係数の求め方は、「応力解析の方針」の6.2.1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。

$$E_0 = 2.07 \times 10^5 \text{ MPa}, E = 1.86 \times 10^5 \text{ MPa}$$

表8-5 (2) 低圧注水ノズル (N17) の疲労累積係数

応力評価点 — P08
材 料 — SFVQ2A

No.	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	*1 S _ℓ (MPa)	*2 S _ℓ ' (MPa)	N _a	N _c	N _c /N _a
1	205							0.0017
疲労累積係数 U _{Ss} =								0.0017
疲労累積係数 U _n =								0.0002
疲労累積係数 U _f = U _n + U _{Ss} =								0.0018

注：疲労累積係数の求め方は、「応力解析の方針」の6.2.1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。

$$E_0 = 2.07 \times 10^5 \text{ MPa}, E = 1.76 \times 10^5 \text{ MPa}$$

表8-5 (3) 低圧注水ノズル (N17) の疲労累積係数

応力評価点 — P09

材 料 — SUS304LTP相当

No.	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	*1 S _ℓ (MPa)	*2 S _ℓ ' (MPa)	N _a	N _c	N _c /N _a
1	29							0.0000
疲労累積係数 U _{Sd} =								0.0000
疲労累積係数 U _n =								0.0012
疲労累積係数 U _f = U _n + U _{Sd} =								0.0012

注：疲労累積係数の求め方は、「応力解析の方針」の6.2.1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。

$$E_0 = 1.95 \times 10^5 \text{ MPa}, E = 1.76 \times 10^5 \text{ MPa}$$

表8-6 低圧注水ノズル (N17) の疲労累積係数の評価のまとめ

分類	疲労累積係数				許容値
	U _n	U _{S d}	U _{S s}	U _f	
P01	0.0007	0.0060	0.0062	0.0069	1
P01'	0.0005	0.0060	0.0062	0.0067	1
P02	0.0002	0.0128	0.0124	0.0129	1
P02'	0.0003	0.0128	0.0124	0.0130	1
P03	0.0008	0.0241	0.0255	0.0263	1
P03'	0.0001	0.0241	0.0255	0.0255	1
P04	0.0000	0.0002	0.0002	0.0002	1
P04'	0.0000	0.0002	0.0002	0.0002	1
P05	0.0068	0.0002	0.0002	0.0070	1
P05'	0.0036	0.0002	0.0002	0.0038	1
P06	0.0168	0.0002	0.0002	0.0170	1
P06'	0.0241	0.0002	0.0002	0.0242	1
P07	0.0001	0.0002	0.0002	0.0003	1
P07'	0.0001	0.0002	0.0002	0.0003	1
P08	0.0002	0.0017	0.0017	0.0018	1
P08'	0.0002	0.0017	0.0017	0.0018	1
P09	0.0012	0.0000	0.0000	0.0012	1
P09'	0.0011	0.0000	0.0000	0.0011	1
P10	0.0002	0.0000	0.0000	0.0002	1
P10'	0.0001	0.0000	0.0000	0.0001	1

9. 上鏡スプレイノズル (N6) の耐震性についての計算

9.1 一般事項

本章は、原子炉圧力容器上鏡スプレイノズル (N6) の耐震性についての計算である。

9.1.1 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所形状・寸法・材料を図9-1に示す。

9.1.2 考慮する荷重

考慮した各荷重を「応力解析の方針」の5章に示す。

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、各部分ごとに数点の評価点を設けて評価を行い、疲労累積係数が厳しくなる評価点を、各部分を代表する評価点として記載している。

図9-1 形状・寸法・材料・応力評価点（上鏡スプレインズル（N6））（単位：mm）

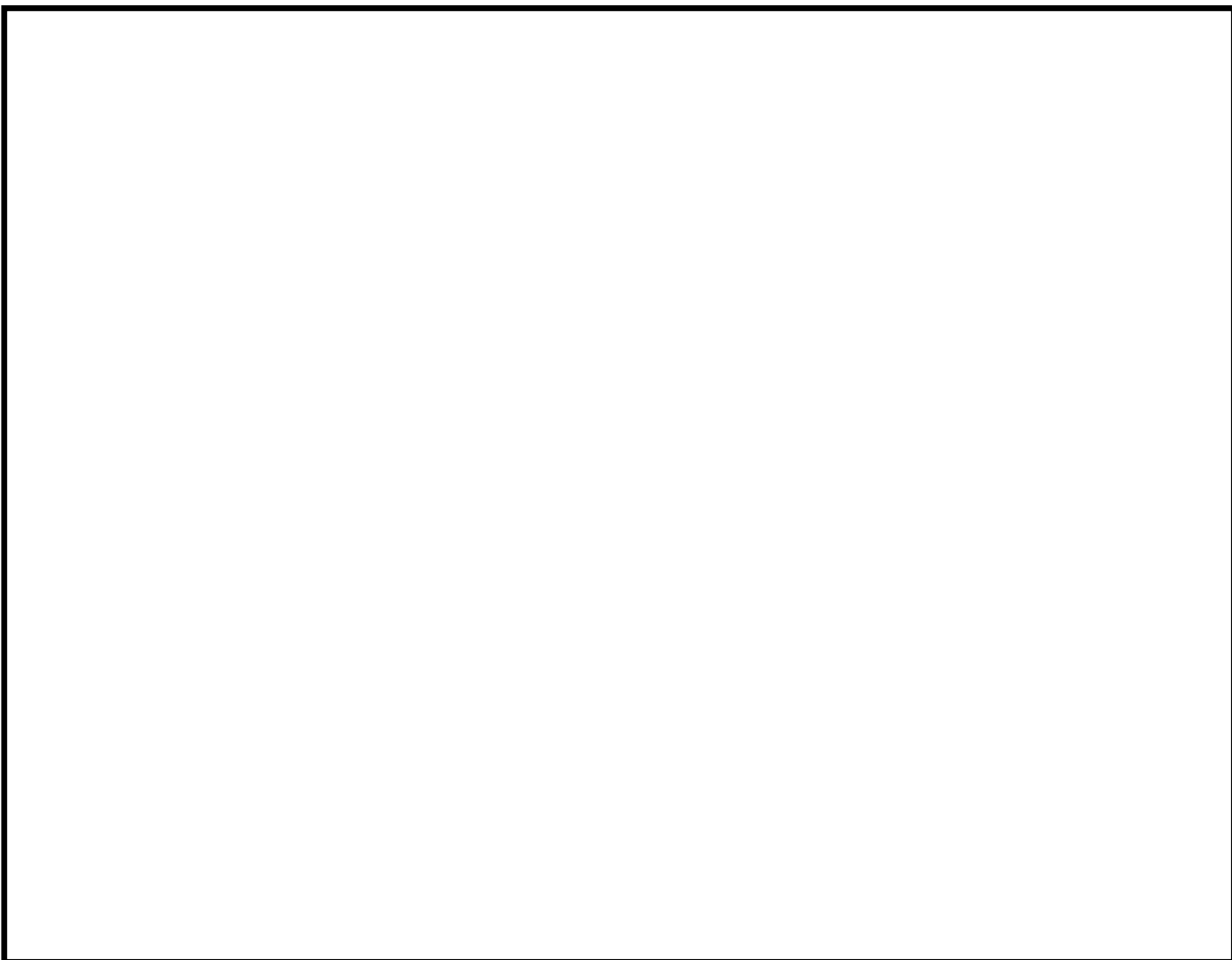


表9-1 上鏡スプレインズル (N6) の計算結果の概要

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	許容値	応力評価面	応力強さ	許容値	応力評価面	応力強さ	許容値	応力評価点	疲労累積係数	許容値	応力評価点
フランジ SFVC2B	Ⅲ A S	50	187	P01 - P02	173	258	P01' - P02'	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ A S	50	292	P01 - P02	173	402	P01' - P02'	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ A S	—	—	—	—	—	—	426*	383	P04	0.0635	1	P04
	Ⅳ A S	—	—	—	—	—	—	426*	383	P04			
ノズルエンド SFVQ2A	Ⅲ A S	50	302	P05 - P06	110	417	P05 - P06	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ A S	50	320	P05 - P06	110	441	P05 - P06	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ A S	—	—	—	—	—	—	439	552	P06	0.0238	1	P06
	Ⅳ A S	—	—	—	—	—	—	439	552	P06			

注1：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2：疲労累積係数は、供用状態A及びBに許容応力状態Ⅲ A S又は許容応力状態Ⅳ A Sのいずれか大きい方を加えた値である。

注記 *：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 解析範囲

解析範囲を図9-1に示す。

9.2.2 運転条件

考慮した運転条件とその回数を「応力解析の方針」の5.2節に示す。

9.2.3 材料

各部の材料を図9-1に示す。

9.2.4 物性値及び許容限界

物性値及び許容限界は、「応力解析の方針」の4.4節及び4.6節による。

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。

9.3.2 外荷重による応力

9.3.2.1 荷重条件 (L04, L07, L11, L14, L15, L16及びL17)

上鏡スプレイノズル (N6) に作用する外荷重を「応力解析の方針」の5.4節に示す。

9.4 応力強さの評価

応力強さの評価は、上鏡スプレイノズル (N6) について行う。

9.4.1 一次一般膜応力強さの評価

許容応力状態ⅢAS及び許容応力状態ⅣASにおける評価をまとめて、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4.6節に示す許容限界を満足する。

9.4.2 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価

許容応力状態ⅢAS及び許容応力状態ⅣASにおける評価をまとめて、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4.6節に示す許容限界を満足する。

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まとめて、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4.6節に示す許容限界を満足する。

P04及びP04'

一次＋二次応力強さの最大範囲が $3 \cdot S_m$ を超える応力評価点にあつては、「応力解析の方針」の6章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

フランジ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。

9.5.1.1 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まとめて、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以下であり、「応力解析の方針」の6.3節の許容限界を満足する。

表9-2 上鏡スプレインズル (N6) の一次一般膜応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

評価面	許容応力状態 ⅢA S		許容応力状態 ⅣA S	
	応力 強さ	許容値	応力 強さ	許容値
P01 P02	50	187	50	292
P01' P02'	49	187	49	292
P03 P04	50	187	50	292
P03' P04'	49	187	49	292
P05 P06	50	302	50	320
P05' P06'	49	302	49	320

表9-3 上鏡スプレイノズル (N6) の一次膜+一次曲げ応力強さの評価のまとめ

(単位 : MPa)

評価面	許容応力状態 ⅢA S		許容応力状態 ⅣA S	
	応力 強さ	許容値	応力 強さ	許容値
P01 P02	118	258	118	402
P01' P02'	173	258	173	402
P03 P04	113	258	113	402
P03' P04'	163	258	163	402
P05 P06	110	417	110	441
P05' P06'	106	417	106	441

表9-4 上鏡スプレインズル (N6) の一次+二次応力強さの評価のまとめ

(単位 : MPa)

分 類	一次+二次応力差最大範囲 ($P_L + P_b + Q$)		
	*1 $S_n^{\#1}$	*2 $S_n^{\#2}$	許容値 $3 \cdot S_m$
P01	206	206	383
P01'	206	206	383
P02	375	375	383
P02'	375	375	383
P03	195	195	383
P03'	195	195	383
P04	426 *3	426 *3	383
P04'	426 *3	426 *3	383
P05	218	218	552
P05'	218	218	552
P06	439	439	552
P06'	439	439	552

注記 *1 : $S_n^{\#1}$ は許容応力状態Ⅲ_ASによる一次+二次応力差の最大範囲を示す。
 *2 : $S_n^{\#2}$ は許容応力状態Ⅳ_ASによる一次+二次応力差の最大範囲を示す。
 *3 : 簡易弾塑性解析を行う。

表9-5 (1) 上鏡スプレインズル (N6) の疲労累積係数

応力評価点 — P04
材 料 — SFVC2B

No.	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	*1 S _ℓ (MPa)	*2 S _ℓ ' (MPa)	N _a	N _c	N _c /N _a
1	426							0.0506
疲労累積係数 U _{Sd} =								0.0507
疲労累積係数 U _n =								0.0129
疲労累積係数 U _f = U _n + U _{Sd} =								0.0635

注：疲労累積係数の求め方は、「応力解析の方針」の6.2.1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。

$$E_0 = 2.07 \times 10^5 \text{ MPa}, E = 1.86 \times 10^5 \text{ MPa}$$

表9-5 (2) 上鏡スプレインズル (N6) の疲労累積係数

応力評価点 — P06
材 料 — SFVQ2A

No.	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	*1 S _ℓ (MPa)	*2 S _ℓ ' (MPa)	N _a	N _c	N _c /N _a
1	438							0.0222
疲労累積係数 U _{Sd} =								0.0223
疲労累積係数 U _n =								0.0016
疲労累積係数 U _f = U _n + U _{Sd} =								0.0238

注：疲労累積係数の求め方は、「応力解析の方針」の6.2.1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。

$$E_0 = 2.07 \times 10^5 \text{ MPa}, E = 1.76 \times 10^5 \text{ MPa}$$

表9-6 上鏡スプレイングル (N6) の疲労累積係数の評価のまとめ

分類	疲労累積係数				許容値
	U_n	U_{S_d}	U_{S_s}	U_f	
P01	0.0012	0.0009	0.0009	0.0020	1
P01'	0.0012	0.0009	0.0009	0.0020	1
P02	0.0073	0.0149	0.0149	0.0221	1
P02'	0.0001	0.0149	0.0149	0.0149	1
P03	0.0010	0.0007	0.0007	0.0017	1
P03'	0.0008	0.0007	0.0007	0.0015	1
P04	0.0129	0.0507	0.0507	0.0635	1
P04'	0.0005	0.0507	0.0507	0.0511	1
P05	0.0001	0.0013	0.0013	0.0013	1
P05'	0.0001	0.0013	0.0013	0.0013	1
P06	0.0016	0.0223	0.0223	0.0238	1
P06'	0.0002	0.0223	0.0223	0.0224	1

10. ベントノズル (N7) の耐震性についての計算

10.1 一般事項

本章は、原子炉圧力容器ベントノズル (N7) の耐震性についての計算である。

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 考慮する荷重

考慮した各荷重を「応力解析の方針」の5章に示す。

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、各部分ごとに数点の評価点を設けて評価を行い、疲労累積係数が厳しくなる評価点を、各部分を代表する評価点として記載している。

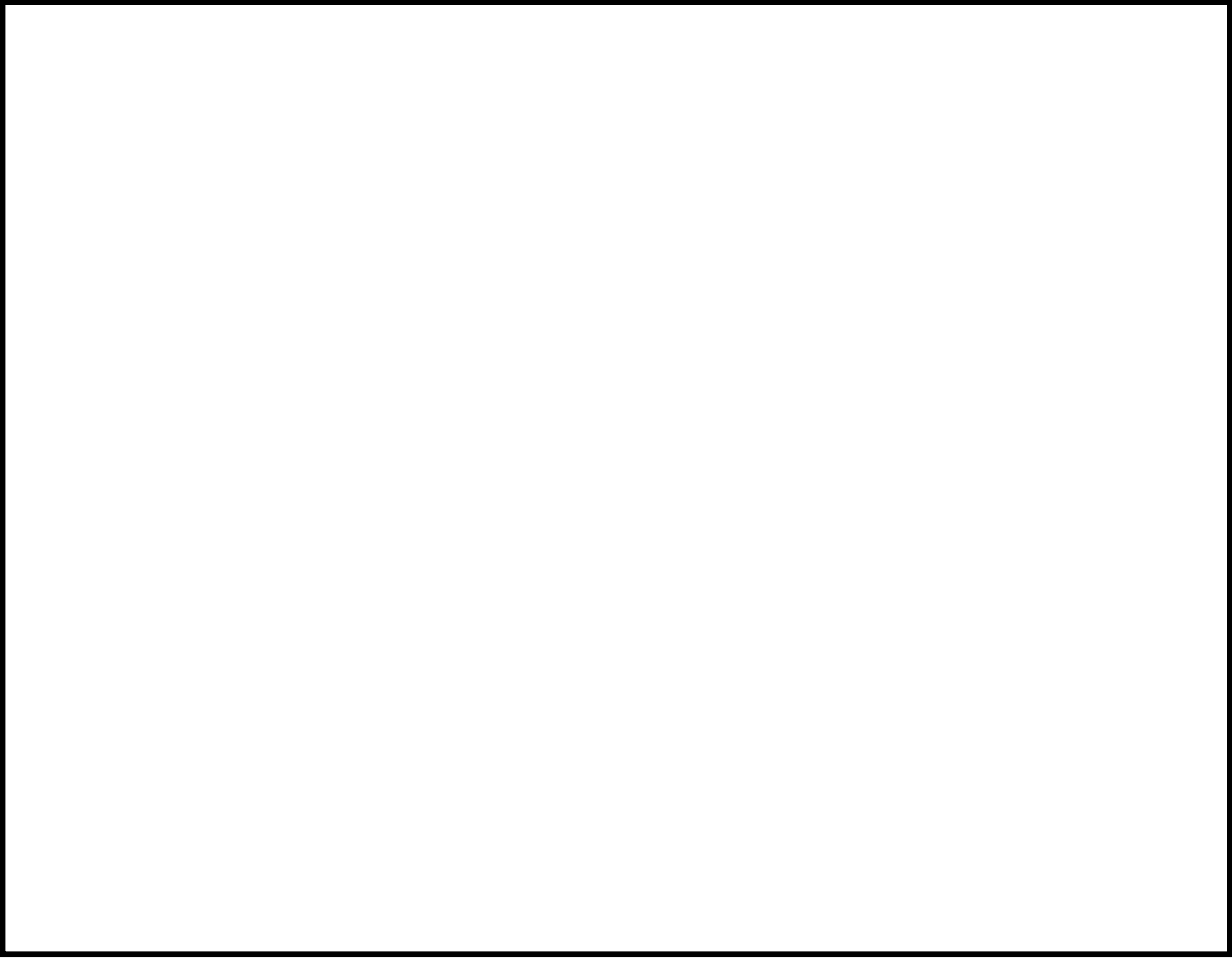


図10-1 形状・寸法・材料・応力評価点（ベントノズル（N7））（単位：mm）

表10-1 ベントノズル (N7) の計算結果の概要

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	許容値	応力評価面	応力強さ	許容値	応力評価面	応力強さ	許容値	応力評価点	疲労累積係数	許容値	応力評価点
フランジ SFVC2B	Ⅲ A S	45	187	P03 - P04	161	281	P01' - P02'	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ A S	45	292	P03 - P04	161	438	P01' - P02'	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ A S	—	—	—	—	—	—	362	383	P04	0.0148	1	P04
	Ⅳ A S	—	—	—	—	—	—	362	383	P04			
ノズルエンド SFVQ2A	Ⅲ A S	45	302	P05 - P06	47	419	P05 - P06	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ A S	45	320	P05 - P06	47	443	P05 - P06	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ A S	—	—	—	—	—	—	438	552	P06	0.0281	1	P06
	Ⅳ A S	—	—	—	—	—	—	438	552	P06			

注1：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2：疲労累積係数は、供用状態A及びBに許容応力状態Ⅲ A S又は許容応力状態Ⅳ A Sのいずれか大きい方を加えた値である。

10.2 計算条件

10.2.1 解析範囲

解析範囲を図10-1に示す。

10.2.2 運転条件

考慮した運転条件とその回数を「応力解析の方針」の5.2節に示す。

10.2.3 材料

各部の材料を図10-1に示す。

10.2.4 物性値及び許容限界

物性値及び許容限界は、「応力解析の方針」の4.4節及び4.6節による。

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。

10.3.2 外荷重による応力

10.3.2.1 荷重条件 (L04, L07, L11, L14, L15, L16及びL17)

ベントノズル (N7) に作用する外荷重を「応力解析の方針」の5.4節に示す。

10.4 応力強さの評価

応力強さの評価は、ベントノズル (N7) について行う。

10.4.1 一次一般膜応力強さの評価

許容応力状態ⅢAS及び許容応力状態ⅣASにおける評価をまとめて、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4.6節に示す許容限界を満足する。

10.4.2 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価

許容応力状態ⅢAS及び許容応力状態ⅣASにおける評価をまとめて、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4.6節に示す許容限界を満足する。

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まとめて、表10-4に示す。

表10-4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4.6節に示す許容限界を満足する。

10.5 繰返し荷重の評価

10.5.1 疲労解析

フランジ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。

10.5.1.1 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まとめて、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以下であり、「応力解析の方針」の6.3節の許容限界を満足する。

表10-2 ベントノズル (N7) の一次一般膜応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

評価面	許容応力状態 ⅢA S		許容応力状態 ⅣA S	
	応力 強さ	許容値	応力 強さ	許容値
P01 P02	20	187	20	292
P01' P02'	20	187	20	292
P03 P04	45	187	45	292
P03' P04'	44	187	44	292
P05 P06	45	302	45	320
P05' P06'	44	302	44	320

表10-3 ベントノズル (N7) の一次膜+一次曲げ応力強さの評価のまとめ

(単位 : MPa)

評価面	許容応力状態 Ⅲ A S		許容応力状態 Ⅳ A S	
	応力 強さ	許容値	応力 強さ	許容値
P01 P02	157	281	157	438
P01' P02'	161	281	161	438
P03 P04	126	259	126	404
P03' P04'	133	259	133	404
P05 P06	47	419	47	443
P05' P06'	44	419	44	443

表10-4 ベントノズル (N7) の一次+二次応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

分 類	一次+二次応力差最大範囲 ($P_L + P_b + Q$)		
	*1 $S_n^{\#1}$	*2 $S_n^{\#2}$	許容値 $3 \cdot S_m$
P01	47	47	383
P01'	47	47	383
P02	159	159	383
P02'	159	159	383
P03	108	108	383
P03'	108	108	383
P04	362	362	383
P04'	362	362	383
P05	121	121	552
P05'	121	121	552
P06	438	438	552
P06'	438	438	552

注記 *1： $S_n^{\#1}$ は許容応力状態Ⅲ_ASによる一次+二次応力差の最大範囲を示す。
 *2： $S_n^{\#2}$ は許容応力状態Ⅳ_ASによる一次+二次応力差の最大範囲を示す。

表10-5 (1) ベントノズル (N7) の疲労累積係数

応力評価点 — P04
材 料 — SFVC2B

No.	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	*1 S _ℓ (MPa)	*2 S _ℓ ' (MPa)	N _a	N _c	N _c /N _a
1	362							0.0146
疲労累積係数 U _{s d} =								0.0146
疲労累積係数 U _n =								0.0003
疲労累積係数 U _f = U _n + U _{s d} =								0.0148

注：疲労累積係数の求め方は、「応力解析の方針」の6.2.1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。

$$E_0 = 2.07 \times 10^5 \text{ MPa}, E = 1.86 \times 10^5 \text{ MPa}$$

表10-5 (2) ベントノズル (N7) の疲労累積係数

応力評価点 — P06
材 料 — SFVQ2A

No.	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	*1 S _ℓ (MPa)	*2 S _ℓ ' (MPa)	N _a	N _c	N _c /N _a
1	437							0.0280
疲労累積係数 U _{s d} =								0.0280
疲労累積係数 U _n =								0.0002
疲労累積係数 U _f = U _n + U _{s d} =								0.0281

注：疲労累積係数の求め方は、「応力解析の方針」の6.2.1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。

$$E_0 = 2.07 \times 10^5 \text{ MPa}, E = 1.76 \times 10^5 \text{ MPa}$$

表10-6 ベントノズル (N7) の疲労累積係数の評価のまとめ

分類	疲労累積係数				許容値
	U_n	U_{S_d}	U_{S_s}	U_f	
P01	0.0037	0.0002	0.0002	0.0039	1
P01'	0.0036	0.0002	0.0002	0.0038	1
P02	0.0039	0.0004	0.0004	0.0042	1
P02'	0.0026	0.0004	0.0004	0.0029	1
P03	0.0006	0.0002	0.0002	0.0008	1
P03'	0.0007	0.0002	0.0002	0.0008	1
P04	0.0003	0.0146	0.0146	0.0148	1
P04'	0.0002	0.0146	0.0146	0.0148	1
P05	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	1
P05'	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	1
P06	0.0002	0.0280	0.0280	0.0281	1
P06'	0.0001	0.0280	0.0280	0.0280	1

11. ジェットポンプ計測管貫通部ノズル (N8) の耐震性についての計算

11.1 一般事項

本章は、原子炉圧力容器ジェットポンプ計測管貫通部ノズル (N8) の耐震性についての計算である。

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 考慮する荷重

考慮した各荷重を「応力解析の方針」の5章に示す。

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、各部分ごとに数点の評価点を設けて評価を行い、疲労累積係数が厳しくなる評価点を、各部分を代表する評価点として記載している。



図11-1 形状・寸法・材料・応力評価点 (ジェットポンプ計測管貫通部ノズル (N8))
(単位 : mm)

表11-1 ジェットポンプ計測管貫通部ノズル (N8) の計算結果の概要

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	許容値	応力評価面	応力強さ	許容値	応力評価面	応力強さ	許容値	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 SUSF304	Ⅲ A S	67	137	P01 - P02	167	188	P01' - P02'	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ A S	78	248	P01 - P02	237	338	P01' - P02'	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ A S	—	—	—	—	—	—	268	348	P04	0.0135	1	P04
	Ⅳ A S	—	—	—	—	—	—	450*	348	P04			
溶接部 SUSF304相当	Ⅲ A S	29	137	P05 - P06	74	201	P05 - P06	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ A S	33	248	P05 - P06	105	362	P05' - P06'	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ A S	—	—	—	—	—	—	133	348	P06	0.0001	1	P06
	Ⅳ A S	—	—	—	—	—	—	224	348	P06			
ノズルエンド SFVQ2A	Ⅲ A S	48	302	P07 - P08	115	420	P07 - P08	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ A S	53	320	P07 - P08	163	445	P07' - P08'	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ A S	—	—	—	—	—	—	162	552	P08	0.0065	1	P08
	Ⅳ A S	—	—	—	—	—	—	272	552	P08			

注1：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2：疲労累積係数は、供用状態A及びBに許容応力状態Ⅲ A S又は許容応力状態Ⅳ A Sのいずれか大きい方を加えた値である。

注記 *：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 解析範囲

解析範囲を図11-1に示す。

11.2.2 運転条件

考慮した運転条件とその回数を「応力解析の方針」の5.2節に示す。

11.2.3 材料

各部の材料を図11-1に示す。

11.2.4 物性値及び許容限界

物性値及び許容限界は、「応力解析の方針」の4.4節及び4.6節による。

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。

11.3.2 外荷重による応力

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

ジェットポンプ計測管貫通部ノズル (N8) に作用する外荷重を「応力解析の方針」の5.4節に示す。

11.4 応力強さの評価

応力強さの評価は、ジェットポンプ計測管貫通部ノズル (N8) について行う。

11.4.1 一次一般膜応力強さの評価

許容応力状態ⅢAS及び許容応力状態ⅣASにおける評価をまとめて、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4.6節に示す許容限界を満足する。

11.4.2 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価

許容応力状態ⅢAS及び許容応力状態ⅣASにおける評価をまとめて、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4.6節に示す許容限界を満足する。

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まとめて、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4.5節に示す許容限界を満足する。

P02, P02', P04及びP04'

一次＋二次応力強さの最大範囲が $3 \cdot S_m$ を超える応力評価点にあつては、「応力解析の方針」の6章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。

11.5.1.1 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まとめて、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以下であり、「応力解析の方針」の6.3節の許容限界を満足する。

表11-2 ジェットポンプ計測管貫通部ノズル (N8) の一次一般膜応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

評価面	許容応力状態 ⅢA S		許容応力状態 ⅣA S	
	応力 強さ	許容値	応力 強さ	許容値
P01 P02	67	137	78	248
P01' P02'	65	137	74	248
P03 P04	61	137	70	248
P03' P04'	59	137	68	248
P05 P06	29	137	33	248
P05' P06'	29	137	32	248
P07 P08	48	302	53	320
P07' P08'	47	302	51	320

表11-3 ジェットポンプ計測管貫通部ノズル (N8) の一次膜+一次曲げ応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

評価面	許容応力状態 Ⅲ A S		許容応力状態 Ⅳ A S	
	応力 強さ	許容値	応力 強さ	許容値
P01				
P02	166	188	235	338
P01'				
P02'	167	188	237	338
P03				
P04	155	189	220	341
P03'				
P04'	156	189	223	341
P05				
P06	74	201	105	362
P05'				
P06'	74	201	105	362
P07				
P08	115	420	163	445
P07'				
P08'	115	420	163	445

表11-4 ジェットポンプ計測管貫通部ノズル (N8) の一次+二次応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

分 類	一次+二次応力差最大範囲 ($P_L + P_b + Q$)		
	*1 $S_n^{\#1}$	*2 $S_n^{\#2}$	許容値 $3 \cdot S_m$
P01	134	225	348
P01'	134	225	348
P02	242	407 *3	348
P02'	242	407 *3	348
P03	90	152	348
P03'	90	152	348
P04	268	450 *3	348
P04'	268	450 *3	348
P05	52	87	348
P05'	52	87	348
P06	133	224	348
P06'	133	224	348
P07	89	150	552
P07'	89	150	552
P08	162	272	552
P08'	162	272	552

注記 *1： $S_n^{\#1}$ は許容応力状態Ⅲ_ASによる一次+二次応力差の最大範囲を示す。
 *2： $S_n^{\#2}$ は許容応力状態Ⅳ_ASによる一次+二次応力差の最大範囲を示す。
 *3：簡易弾塑性解析を行う。

表11-5 (1) ジェットポンプ計測管貫通部ノズル (N8) の疲労累積係数

応力評価点 — P04
材 料 — SUSF304

No.	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	*1 S _ℓ (MPa)	*2 S _ℓ ' (MPa)	N _a	N _c	N _c /N _a
1	450							0.0135
疲労累積係数 U _{Ss} =								0.0135
疲労累積係数 U _n =								0.0001
疲労累積係数 U _f = U _n + U _{Ss} =								0.0135

注：疲労累積係数の求め方は、「応力解析の方針」の6.2.1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。

$$E_0 = 1.95 \times 10^5 \text{ MPa}, E = 1.76 \times 10^5 \text{ MPa}$$

表11-5 (2) ジェットポンプ計測管貫通部ノズル (N8) の疲労累積係数

応力評価点 — P06
材 料 — SUSF304相当

No.	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	*1 S _ℓ (MPa)	*2 S _ℓ ' (MPa)	N _a	N _c	N _c /N _a
1	223							0.0000
疲労累積係数 U _{Ss} =								0.0001
疲労累積係数 U _n =								0.0001
疲労累積係数 U _f = U _n + U _{Ss} =								0.0001

注：疲労累積係数の求め方は、「応力解析の方針」の6.2.1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。

$$E_0 = 1.95 \times 10^5 \text{ MPa}, E = 1.76 \times 10^5 \text{ MPa}$$

表11-5 (3) ジェットポンプ計測管貫通部ノズル (N8) の疲労累積係数

応力評価点 — P08

材 料 — SFVQ2A

No.	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	*1 S _ℓ (MPa)	*2 S _ℓ ' (MPa)	N _a	N _c	N _c /N _a
1	271							0.0053
疲労累積係数 U _{S_s} =								0.0053
疲労累積係数 U _n =								0.0012
疲労累積係数 U _f = U _n + U _{S_s} =								0.0065

注：疲労累積係数の求め方は、「応力解析の方針」の6.3.1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_o/E) を乗じた値である。

$$E_o = 2.07 \times 10^5 \text{ MPa}, E = 1.76 \times 10^5 \text{ MPa}$$

表11-6 ジェットポンプ計測管貫通部ノズル (N8) の疲労累積係数の評価のまとめ

分類	疲労累積係数				許容値
	U_n	U_{S_d}	U_{S_s}	U_f	
P01	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	1
P01'	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	1
P02	0.0000	0.0001	0.0021	0.0021	1
P02'	0.0000	0.0001	0.0021	0.0021	1
P03	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1
P03'	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1
P04	0.0001	0.0001	0.0135	0.0135	1
P04'	0.0000	0.0001	0.0135	0.0135	1
P05	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1
P05'	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1
P06	0.0001	0.0000	0.0001	0.0001	1
P06'	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	1
P07	0.0005	0.0002	0.0002	0.0007	1
P07'	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	1
P08	0.0012	0.0008	0.0053	0.0065	1
P08'	0.0000	0.0008	0.0053	0.0053	1

12. 計装ノズル (N11, N12, N16) の耐震性についての計算

12.1 一般事項

本章は、原子炉圧力容器計装ノズル (N11, N12, N16) の耐震性についての計算である。

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 考慮する荷重

考慮した各荷重を「応力解析の方針」の5章に示す。

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、各部分ごとに数点の評価点を設けて評価を行い、疲労累積係数が厳しくなる評価点を、各部分を代表する評価点として記載している。

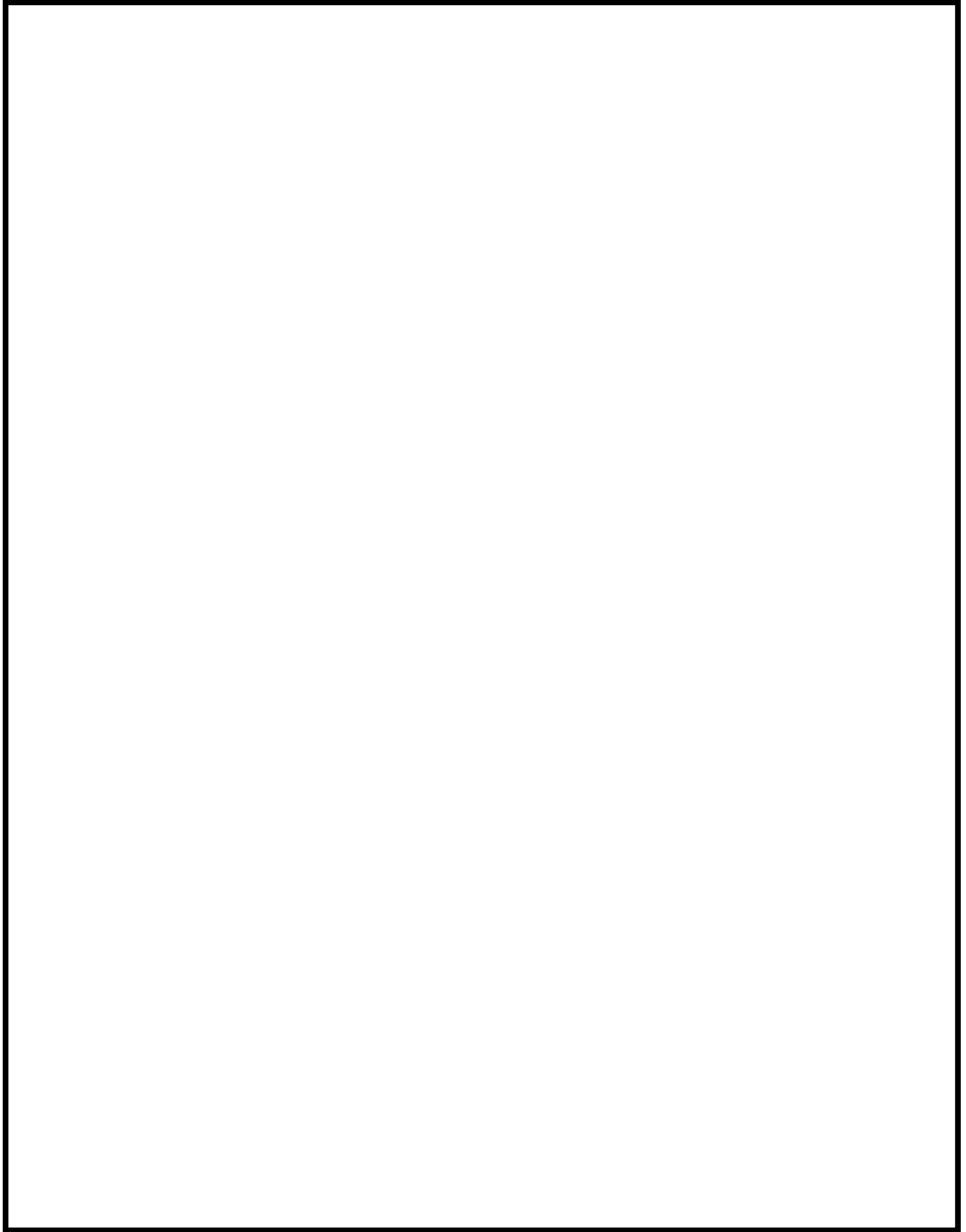


図 12-1 形状・寸法・材料・応力評価点（計装ノズル（N11, N12, N16））（単位：mm）

表12-1 (1) 計装ノズル (N11) の計算結果の概要

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	許容値	応力評価面	応力強さ	許容値	応力評価面	応力強さ	許容値	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	Ⅲ A S	72	137	P01' - P02'	112	193	P01' - P02'	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ A S	72	248	P01' - P02'	112	347	P01' - P02'	—	—	—	—	—	—
SUSF304	Ⅲ A S	—	—	—	—	—	—	345	348	P02	0.2630	1	P01'
	Ⅳ A S	—	—	—	—	—	—	345	348	P02			
ノズル NCF600	Ⅲ A S	51	196	P03' - P04'	87	294	P03' - P04'	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ A S	51	334	P03' - P04'	87	499	P03' - P04'	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ A S	—	—	—	—	—	—	298	492	P04	0.1306	1	P06
	Ⅳ A S	—	—	—	—	—	—	298	492	P04			

注1：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2：疲労累積係数は、供用状態A及びBに許容応力状態Ⅲ A S又は許容応力状態Ⅳ A Sのいずれか大きい方を加えた値である。

表12-1 (2) 計装ノズル (N12) の計算結果の概要

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	許容値	応力評価面	応力強さ	許容値	応力評価面	応力強さ	許容値	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 SUSF304	Ⅲ A S	79	137	P01 - P02	116	187	P01' - P02'	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ A S	79	248	P01 - P02	116	337	P01' - P02'	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ A S	—	—	—	—	—	—	343	348	P01	0.0009	1	P01'
	Ⅳ A S	—	—	—	—	—	—	343	348	P01			
ノズル NCF600	Ⅲ A S	39	196	P05' - P06'	71	291	P05' - P06'	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ A S	39	334	P05' - P06'	71	495	P05' - P06'	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ A S	—	—	—	—	—	—	253	492	P06	0.0455	1	P06
	Ⅳ A S	—	—	—	—	—	—	253	492	P06			

注1：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2：疲労累積係数は，供用状態A及びBに許容応力状態Ⅲ A S又は許容応力状態Ⅳ A Sのいずれか大きい方を加えた値である。

表12-1 (3) 計装ノズル (N16) の計算結果の概要

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	許容値	応力評価面	応力強さ	許容値	応力評価面	応力強さ	許容値	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 SUSF304	Ⅲ A S	72	137	P01' - P02'	112	193	P01' - P02'	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ A S	72	248	P01' - P02'	112	347	P01' - P02'	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ A S	—	—	—	—	—	—	345	348	P02	0.2630	1	P01'
	Ⅳ A S	—	—	—	—	—	—	345	348	P02			
ノズル NCF600	Ⅲ A S	51	196	P03' - P04'	87	294	P03' - P04'	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ A S	51	334	P03' - P04'	87	499	P03' - P04'	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ A S	—	—	—	—	—	—	298	492	P04	0.1310	1	P06
	Ⅳ A S	—	—	—	—	—	—	298	492	P04			

注1：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2：疲労累積係数は，供用状態A及びBに許容応力状態Ⅲ A S又は許容応力状態Ⅳ A Sのいずれか大きい方を加えた値である。

12.2 計算条件

12.2.1 解析範囲

解析範囲を図12-1に示す。

12.2.2 運転条件

考慮した運転条件とその回数を「応力解析の方針」の5.2節に示す。

12.2.3 材料

各部の材料を図12-1に示す。

12.2.4 物性値及び許容限界

物性値及び許容限界は、「応力解析の方針」の4.4節及び4.6節による。

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。

12.3.2 外荷重による応力

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

計装ノズル (N11, N12, N16) に作用する外荷重を「応力解析の方針」の5.4節に示す。

12.4 応力強さの評価

応力強さの評価は、計装ノズル (N11, N12, N16) について行う。

12.4.1 一次一般膜応力強さの評価

許容応力状態ⅢAS及び許容応力状態ⅣASにおける評価をまとめて、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4.6節に示す許容限界を満足する。

12.4.2 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価

許容応力状態ⅢAS及び許容応力状態ⅣASにおける評価をまとめて、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4.6節に示す許容限界を満足する。

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まとめて、表12-4に示す。

表12-4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4.6節に示す許容限界を満足する。

12.5 繰返し荷重の評価

12.5.1 疲労解析

ノズルセーフエンド及びノズ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。

12.5.1.1 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まとめて、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以下であり、「応力解析の方針」の6.3節の許容限界を満足する。

表12-2 (1) 計装ノズル (N11) の一次一般膜応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

評価面	許容応力状態 Ⅲ A S		許容応力状態 Ⅳ A S	
	応力 強さ	許容値	応力 強さ	許容値
P01 P02	72	137	72	248
P01' P02'	72	137	72	248
P03 P04	51	196	51	334
P03' P04'	51	196	51	334
P05 P06	39	196	39	334
P05' P06'	39	196	39	334

表12-2 (2) 計装ノズル (N12) の一次一般膜応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

評価面	許容応力状態 ⅢA S		許容応力状態 ⅣA S	
	応力 強さ	許容値	応力 強さ	許容値
P01 P02	79	137	79	248
P01' P02'	78	137	78	248
P03 P04	39	137	39	248
P03' P04'	39	137	39	248
P05 P06	39	196	39	334
P05' P06'	39	196	39	334

表12-2 (3) 計装ノズル (N16) の一次一般膜応力強さの評価のまとめ

(単位 : MPa)

評価面	許容応力状態 Ⅲ A S		許容応力状態 Ⅳ A S	
	応力 強さ	許容値	応力 強さ	許容値
P01 P02	72	137	72	248
P01' P02'	72	137	72	248
P03 P04	51	196	51	334
P03' P04'	51	196	51	334
P05 P06	39	196	39	334
P05' P06'	39	196	39	334

表12-3 (1) 計装ノズル (N11) の一次膜+一次曲げ応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

評価面	許容応力状態 Ⅲ A S		許容応力状態 Ⅳ A S	
	応力 強さ	許容値	応力 強さ	許容値
P01 P02	106	193	106	347
P01' P02'	112	193	112	347
P03 P04	82	294	82	499
P03' P04'	87	294	87	499
P05 P06	66	295	66	501
P05' P06'	69	295	69	501

表12-3 (2) 計装ノズル (N12) の一次膜+一次曲げ応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

評価面	許容応力状態 Ⅲ A S		許容応力状態 Ⅳ A S	
	応力 強さ	許容値	応力 強さ	許容値
P01 P02	115	187	115	337
P01' P02'	116	187	116	337
P03 P04	59	204	59	367
P03' P04'	61	204	61	367
P05 P06	68	291	68	495
P05' P06'	71	291	71	495

表12-3 (3) 計装ノズル (N16) の一次膜+一次曲げ応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

評価面	許容応力状態 ⅢA S		許容応力状態 ⅣA S	
	応力 強さ	許容値	応力 強さ	許容値
P01 P02	106	193	106	347
P01' P02'	112	193	112	347
P03 P04	82	294	82	499
P03' P04'	87	294	87	499
P05 P06	65	295	65	501
P05' P06'	68	295	68	501

表12-4 (1) 計装ノズル (N11) の一次+二次応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

分 類	一次+二次応力差最大範囲 ($P_L + P_b + Q$)		
	*1 $S_n^{\#1}$	*2 $S_n^{\#2}$	許容値 $3 \cdot S_m$
P01	338	338	348
P01'	338	338	348
P02	345	345	348
P02'	345	345	348
P03	164	164	492
P03'	164	164	492
P04	298	298	492
P04'	298	298	492
P05	90	90	492
P05'	90	90	492
P06	279	279	492
P06'	279	279	492

注記 *1： $S_n^{\#1}$ は許容応力状態Ⅲ_ASによる一次+二次応力差の最大範囲を示す。
 *2： $S_n^{\#2}$ は許容応力状態Ⅳ_ASによる一次+二次応力差の最大範囲を示す。

表12-4 (2) 計装ノズル (N12) の一次+二次応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

分 類	一次+二次応力差最大範囲 ($P_L + P_b + Q$)		
	*1 $S_n^{\#1}$	*2 $S_n^{\#2}$	許容値 $3 \cdot S_m$
P01	343	343	348
P01'	343	343	348
P02	314	314	348
P02'	314	314	348
P03	100	100	348
P03'	100	100	348
P04	216	216	348
P04'	216	216	348
P05	92	92	492
P05'	92	92	492
P06	253	253	492
P06'	253	253	492

注記 *1： $S_n^{\#1}$ は許容応力状態Ⅲ_ASによる一次+二次応力差の最大範囲を示す。
 *2： $S_n^{\#2}$ は許容応力状態Ⅳ_ASによる一次+二次応力差の最大範囲を示す。

表12-4 (3) 計装ノズル (N16) の一次+二次応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

分 類	一次+二次応力差最大範囲 ($P_L + P_b + Q$)		
	*1 $S_n^{\#1}$	*2 $S_n^{\#2}$	許容値 $3 \cdot S_m$
P01	338	338	348
P01'	338	338	348
P02	345	345	348
P02'	345	345	348
P03	164	164	492
P03'	164	164	492
P04	298	298	492
P04'	298	298	492
P05	90	90	492
P05'	90	90	492
P06	279	279	492
P06'	279	279	492

注記 *1： $S_n^{\#1}$ は許容応力状態ⅢA Sによる一次+二次応力差の最大範囲を示す。

*2： $S_n^{\#2}$ は許容応力状態ⅣA Sによる一次+二次応力差の最大範囲を示す。

表12-5 (1) 計装ノズル (N11) の疲労累積係数

応力評価点 — P01'
材 料 — SUSF304

No.	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	*1 S _ℓ (MPa)	*2 S _ℓ ' (MPa)	N _a	N _c	N _c /N _a
1	338							0.2629
疲労累積係数 U _{Sd} =								0.2630
疲労累積係数 U _n =								0.0001
疲労累積係数 U _f = U _n + U _{Sd} =								0.2630

注：疲労累積係数の求め方は、「応力解析の方針」の6.2.1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。

$$E_0 = 1.95 \times 10^5 \text{ MPa}, E = 1.76 \times 10^5 \text{ MPa}$$

表12-5 (2) 計装ノズル (N11) の疲労累積係数

応力評価点 — P06
材 料 — NCF600

No.	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	*1 S _ℓ (MPa)	*2 S _ℓ ' (MPa)	N _a	N _c	N _c /N _a
1	237							0.1301
疲労累積係数 U _{Sd} =								0.1302
疲労累積係数 U _n =								0.0004
疲労累積係数 U _f = U _n + U _{Sd} =								0.1306

注：疲労累積係数の求め方は、「応力解析の方針」の6.2.1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。

$$E_0 = 1.95 \times 10^5 \text{ MPa}, E = 1.98 \times 10^5 \text{ MPa}$$

表12-5 (3) 計装ノズル (N12) の疲労累積係数

応力評価点 — P01'
材 料 — SUSF304

No.	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	*1 S _ℓ (MPa)	*2 S _ℓ ' (MPa)	N _a	N _c	N _c /N _a
1	342							0.0008
疲労累積係数 U _{Sd} =								0.0009
疲労累積係数 U _n =								0.0000
疲労累積係数 U _f = U _n + U _{Sd} =								0.0009

注：疲労累積係数の求め方は、「応力解析の方針」の6.2.1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。

$$E_0 = 1.95 \times 10^5 \text{ MPa}, E = 1.76 \times 10^5 \text{ MPa}$$

表12-5 (4) 計装ノズル (N12) の疲労累積係数

応力評価点 — P06
材 料 — NCF600

No.	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	*1 S _ℓ (MPa)	*2 S _ℓ ' (MPa)	N _a	N _c	N _c /N _a
1	216							0.0438
疲労累積係数 U _{Sd} =								0.0439
疲労累積係数 U _n =								0.0016
疲労累積係数 U _f = U _n + U _{Sd} =								0.0455

注：疲労累積係数の求め方は、「応力解析の方針」の6.2.1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。

$$E_0 = 1.95 \times 10^5 \text{ MPa}, E = 1.98 \times 10^5 \text{ MPa}$$

表12-5 (5) 計装ノズル (N16) の疲労累積係数

応力評価点 — P01'
材 料 — SUSF304

No.	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	*1 S _ℓ (MPa)	*2 S _ℓ ' (MPa)	N _a	N _c	N _c /N _a
1	338							0.2629
疲労累積係数 U _{Sd} =								0.2630
疲労累積係数 U _n =								0.0001
疲労累積係数 U _f = U _n + U _{Sd} =								0.2630

注：疲労累積係数の求め方は、「応力解析の方針」の6.2.1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。

$$E_0 = 1.95 \times 10^5 \text{ MPa}, E = 1.76 \times 10^5 \text{ MPa}$$

表12-5 (6) 計装ノズル (N16) の疲労累積係数

応力評価点 — P06
材 料 — NCF600

No.	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	*1 S _ℓ (MPa)	*2 S _ℓ ' (MPa)	N _a	N _c	N _c /N _a
1	237							0.1301
疲労累積係数 U _{Sd} =								0.1302
疲労累積係数 U _n =								0.0008
疲労累積係数 U _f = U _n + U _{Sd} =								0.1310

注：疲労累積係数の求め方は、「応力解析の方針」の6.2.1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。

$$E_0 = 1.95 \times 10^5 \text{ MPa}, E = 1.98 \times 10^5 \text{ MPa}$$

表12-6 (1) 計装ノズル (N11) の疲労累積係数の評価のまとめ

分類	疲労累積係数				許容値
	U _n	U _{S d}	U _{S s}	U _f	
P01	0.0000	0.2630	0.1315	0.2630	1
P01'	0.0001	0.2630	0.1315	0.2630	1
P02	0.0000	0.0003	0.0002	0.0003	1
P02'	0.0000	0.0003	0.0002	0.0003	1
P03	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1
P03'	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1
P04	0.0000	0.0040	0.0020	0.0040	1
P04'	0.0000	0.0040	0.0020	0.0040	1
P05	0.0002	0.0000	0.0000	0.0002	1
P05'	0.0002	0.0000	0.0000	0.0002	1
P06	0.0004	0.1302	0.0651	0.1306	1
P06'	0.0000	0.1302	0.0651	0.1302	1

表12-6 (2) 計装ノズル (N12) の疲労累積係数の評価のまとめ

分類	疲労累積係数				許容値
	U_n	U_{S_d}	U_{S_s}	U_f	
P01	0.0000	0.0009	0.0009	0.0009	1
P01'	0.0000	0.0009	0.0009	0.0009	1
P02	0.0000	0.0002	0.0002	0.0002	1
P02'	0.0000	0.0002	0.0002	0.0002	1
P03	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1
P03'	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1
P04	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	1
P04'	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	1
P05	0.0006	0.0000	0.0000	0.0006	1
P05'	0.0005	0.0000	0.0000	0.0005	1
P06	0.0016	0.0439	0.0439	0.0455	1
P06'	0.0003	0.0439	0.0439	0.0411	1

表12-6 (3) 計装ノズル (N16) の疲労累積係数の評価のまとめ

分類	疲労累積係数				許容値
	U _n	U _{S d}	U _{S s}	U _f	
P01	0.0000	0.2630	0.1315	0.2630	1
P01'	0.0001	0.2630	0.1315	0.2630	1
P02	0.0000	0.0003	0.0002	0.0003	1
P02'	0.0000	0.0003	0.0002	0.0003	1
P03	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1
P03'	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1
P04	0.0000	0.0040	0.0020	0.0040	1
P04'	0.0000	0.0040	0.0020	0.0040	1
P05	0.0002	0.0000	0.0000	0.0002	1
P05'	0.0002	0.0000	0.0000	0.0002	1
P06	0.0008	0.1302	0.0651	0.1310	1
P06'	0.0000	0.1302	0.0651	0.1302	1

13. ドレンノズル (N15) の耐震性についての計算

13.1 一般事項

本章は、原子炉圧力容器ドレンノズル (N15) の耐震性についての計算である。

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 考慮する荷重

考慮した各荷重を「応力解析の方針」の5章に示す。

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、各部分ごとに数点の評価点を設けて評価を行い、疲労累積係数が厳しくなる評価点を、各部分を代表する評価点として記載している。

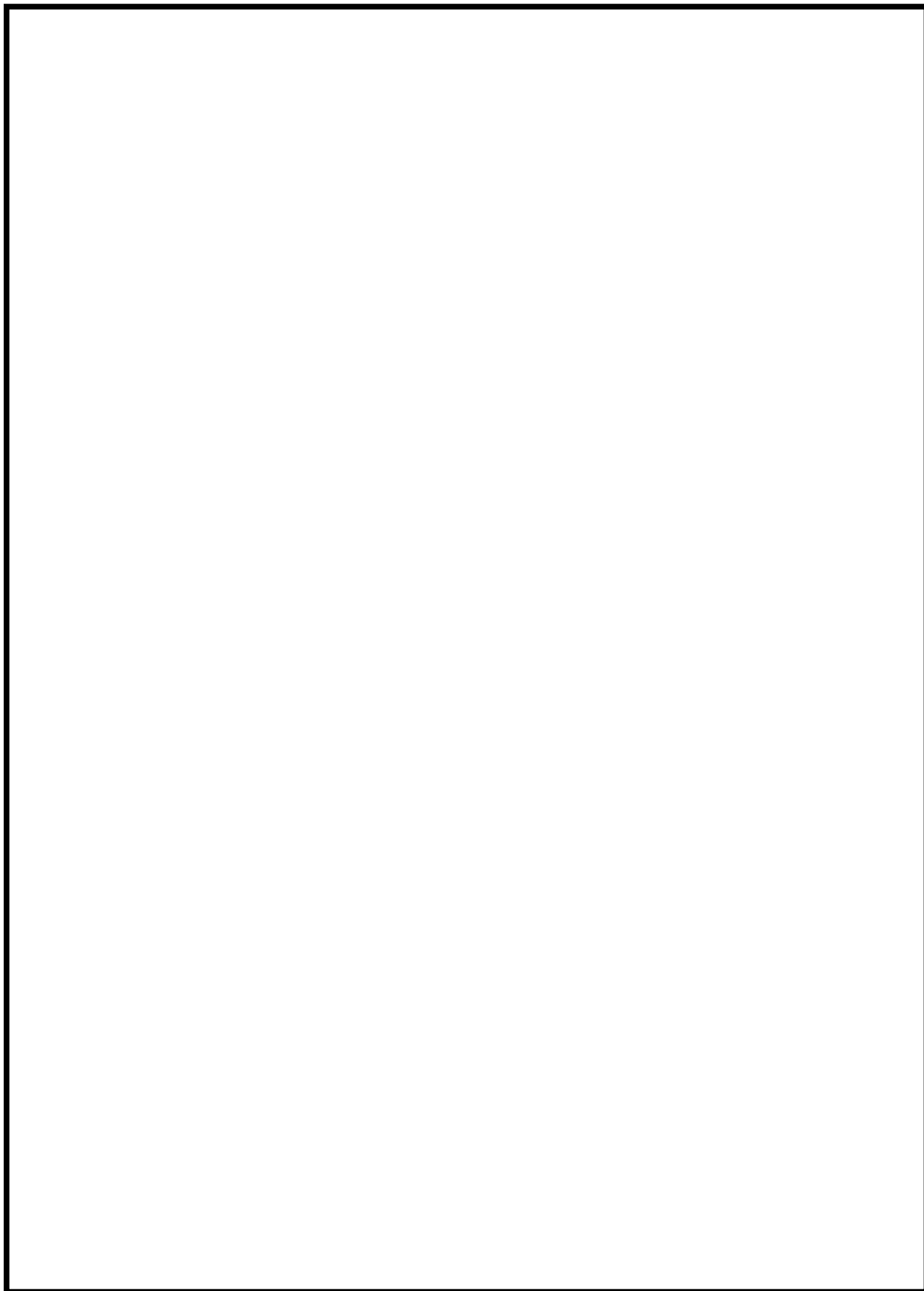


図 13-1 形状・寸法・材料・応力評価点（ドレンノズル（N15））（単位：mm）

表13-1 ドレンノズル (N15) の計算結果の概要

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	許容値	応力評価面	応力強さ	許容値	応力評価面	応力強さ	許容値	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	Ⅲ A S	78	187	P01' - P02'	118	267	P01' - P02'	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ A S	78	292	P01' - P02'	118	416	P01' - P02'	—	—	—	—	—	—
SFVC2B	Ⅲ A S	—	—	—	—	—	—	382	383	P02	0.1993	1	P01'
	Ⅳ A S	—	—	—	—	—	—	382	383	P02			
ノズル (肉盛溶接部)	Ⅲ A S	39	187	P03' - P04'	176	281	P03' - P04'	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ A S	39	292	P03' - P04'	176	438	P03' - P04'	—	—	—	—	—	—
SFVC2B相当	Ⅲ A S	—	—	—	—	—	—	150	383	P04	0.0024	1	P04
	Ⅳ A S	—	—	—	—	—	—	150	383	P04			

注1：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2：疲労累積係数は、供用状態A及びBに許容応力状態Ⅲ A S又は許容応力状態Ⅳ A Sのいずれか大きい方を加えた値である。

13.2 計算条件

13.2.1 解析範囲

解析範囲を図13-1に示す。

13.2.2 運転条件

考慮した運転条件とその回数を「応力解析の方針」の5.2節に示す。

13.2.3 材料

各部の材料を図13-1に示す。

13.2.4 物性値及び許容限界

物性値及び許容限界は、「応力解析の方針」の4.4節及び4.6節による。

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。

13.3.2 外荷重による応力

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

ドレンノズル (N15) に作用する外荷重を「応力解析の方針」の5.2節に示す。

13.4 応力強さの評価

応力強さの評価は、ドレンノズル (N15) について行う。

13.4.1 一次一般膜応力強さの評価

許容応力状態ⅢAS及び許容応力状態ⅣASにおける評価をまとめて、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4.6節に示す許容限界を満足する。

13.4.2 一次膜+一次曲げ応力強さの評価

許容応力状態ⅢAS及び許容応力状態ⅣASにおける評価をまとめて、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4.6節に示す許容限界を満足する。

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まとめて、表13-4に示す。

表13-4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4.6節に示す許容限界を満足する。

13.5 繰返し荷重の評価

13.5.1 疲労解析

ノズルセーフエンド及びノズル（肉盛溶接部）の応力評価点について、詳細な繰返し荷重の評価を行う。

13.5.1.1 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まとめて、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以下であり、「応力解析の方針」の6.3節の許容限界を満足する。

表13-2 ドレンノズル (N15) の一次一般膜応力強さの評価のまとめ

(単位 : MPa)

評価面	許容応力状態 ⅢA S		許容応力状態 ⅣA S	
	応力 強さ	許容値	応力 強さ	許容値
P01 P02	77	187	77	292
P01' P02'	78	187	78	292
P03 P04	39	187	39	292
P03' P04'	39	187	39	292

表13-3 ドレンノズル (N15) の一次膜+一次曲げ応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

評価面	許容応力状態 Ⅲ A S		許容応力状態 Ⅳ A S	
	応力 強さ	許容値	応力 強さ	許容値
P01 P02	110	267	110	416
P01' P02'	118	267	118	416
P03 P04	91	281	91	438
P03' P04'	176	281	176	438

表13-4 ドレンノズル (N15) の一次+二次応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

分類	一次+二次応力差最大範囲 ($P_L + P_b + Q$)		
	*1 $S_{n\#1}$	*2 $S_{n\#2}$	許容値 $3 \cdot S_m$
P01	296	296	383
P01'	296	296	383
P02	382	382	383
P02'	382	382	383
P03	122	122	383
P03'	122	122	383
P04	150	150	383
P04'	150	150	383

注記 *1： $S_{n\#1}$ は許容応力状態ⅢA Sによる一次+二次応力差の最大範囲を示す。

*2： $S_{n\#2}$ は許容応力状態ⅣA Sによる一次+二次応力差の最大範囲を示す。

表13-5 (1) ドレンノズル (N15) の疲労累積係数

応力評価点 — P01'
材 料 — SFVC2B

No.	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	*1 S _ℓ (MPa)	*2 S _ℓ ' (MPa)	N _a	N _c	N _c /N _a
1	296							0.1850
疲労累積係数 U _{Sd} =								0.1850
疲労累積係数 U _n =								0.0144
疲労累積係数 U _f = U _n + U _{Sd} =								0.1993

注：疲労累積係数の求め方は、「応力解析の方針」の6.2.1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。

$$E_0 = 2.07 \times 10^5 \text{ MPa}, E = 1.86 \times 10^5 \text{ MPa}$$

表13-5 (2) ドレンノズル (N15) の疲労累積係数

応力評価点 — P04
材 料 — SFVC2B相当

No.	S _n (MPa)	K _e	S _p (MPa)	*1 S _ℓ (MPa)	*2 S _ℓ ' (MPa)	N _a	N _c	N _c /N _a
1	150							0.0002
疲労累積係数 U _{Sd} =								0.0002
疲労累積係数 U _n =								0.0023
疲労累積係数 U _f = U _n + U _{Sd} =								0.0024

注：疲労累積係数の求め方は、「応力解析の方針」の6.2.1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。

$$E_0 = 2.07 \times 10^5 \text{ MPa}, E = 1.86 \times 10^5 \text{ MPa}$$

表13-6 ドレンノズル (N15) の疲労累積係数の評価のまとめ

分類	疲労累積係数				許容値
	U _n	U _{S d}	U _{S s}	U _f	
P01	0.0117	0.1850	0.1850	0.1966	1
P01'	0.0144	0.1850	0.1850	0.1993	1
P02	0.0002	0.0080	0.0080	0.0081	1
P02'	0.0002	0.0080	0.0080	0.0081	1
P03	0.0014	0.0002	0.0002	0.0015	1
P03'	0.0019	0.0002	0.0002	0.0021	1
P04	0.0023	0.0002	0.0002	0.0024	1
P04'	0.0019	0.0002	0.0002	0.0021	1

14. ブラケット類の耐震性についての計算

14.1 一般事項

本章は、原子炉圧力容器ブラケット類の耐震性についての計算である。

14.2 計算条件

14.2.1 解析範囲

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図14-1に示す。

14.2.2 解析条件

考慮した各荷重を「応力解析の方針」の5章に示す。

14.2.3 許容限界

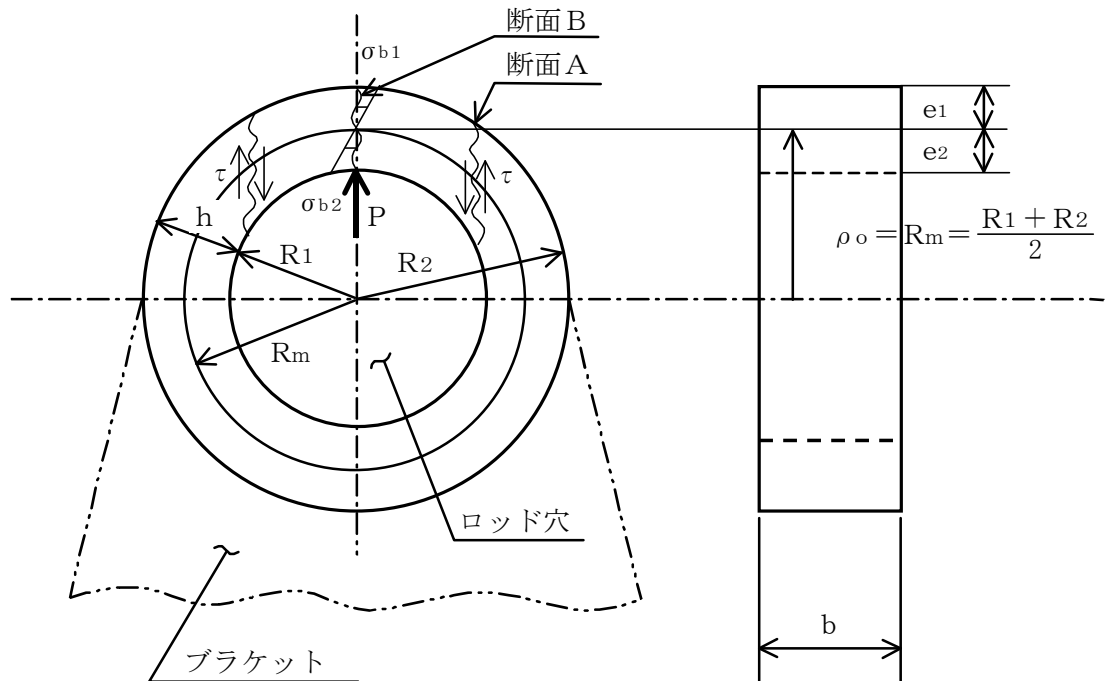
許容限界は、「応力解析の方針」の4.6節による。

14.3 特別な評価

14.3.1 ロッド穴周辺の応力

給水スパーチャブラケットのロッド穴周辺の応力は、下図のような矩形断面の円環を仮定して計算を行う。

破壊は、断面Aのせん断応力及び断面Bの曲げ応力による破断を考える。



(1) 断面Aのせん断応力 (τ)

$$\tau = \frac{P}{2 \cdot A_1}$$

ここで,

A_1 : 断面Aの断面積

P : ロッド穴に作用する外荷重

(2) 断面Bの曲げ応力 (σ_b)

$$\text{外面で } \sigma_{b1} = \frac{M}{A_2 \cdot \rho_o} \cdot \left(1 + \frac{1}{k} \cdot \frac{e_1}{\rho_o + e_1} \right)$$

$$\text{内面で } \sigma_{b2} = \frac{M}{A_2 \cdot \rho_o} \cdot \left(1 + \frac{1}{k} \cdot \frac{-e_2}{\rho_o - e_2} \right)$$

ここで,

k : 曲りはりの断面係数

$$= -1 + \frac{\rho_o}{h} \cdot \ln \left(\frac{2 \cdot \rho_o + h}{2 \cdot \rho_o - h} \right)$$

e_1, e_2 : 中立軸と外面又は内面間距離

$$= \frac{h}{2}$$

ρ_o : 曲りはり中立軸における曲率半径

$$= R_m$$

M : 断面Bにおけるモーメント

$$= \frac{P \cdot \rho_o}{\pi \cdot (1 + k)}$$

A_2 : 断面Bの断面積

14.4 計算結果

ブラケット類の計算結果を表14-1に示す。表14-1より、ブラケット類に生じる一次一般膜応力強さ、一次膜+一次曲げ応力強さ及び純せん断応力は、「応力解析の方針」の4.6節に示す許容**限界**を満足する。

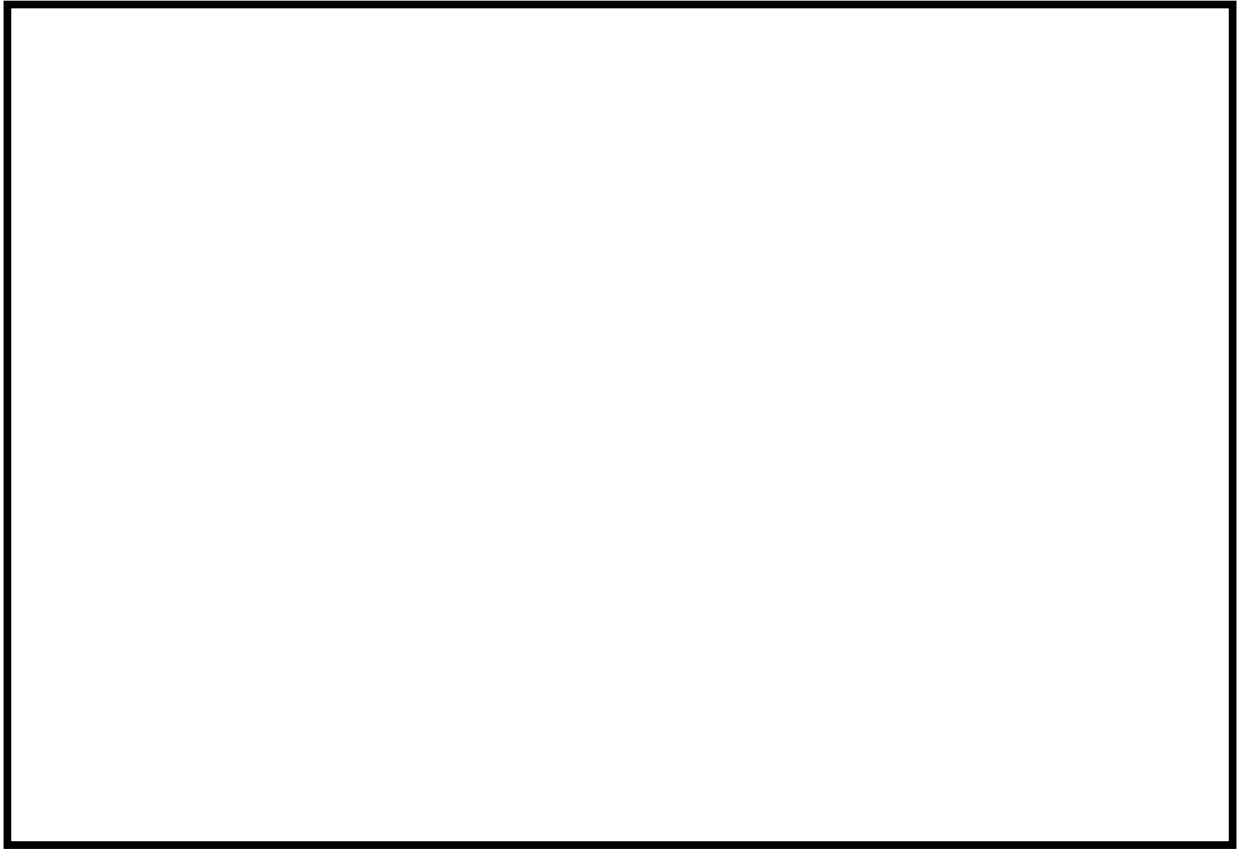


図14-1(1) 形状・寸法・材料（スタビライザブラケット）（単位：mm）



図14-1(2) 形状・寸法・材料（スチームドライヤサポートブラケット）（単位：mm）

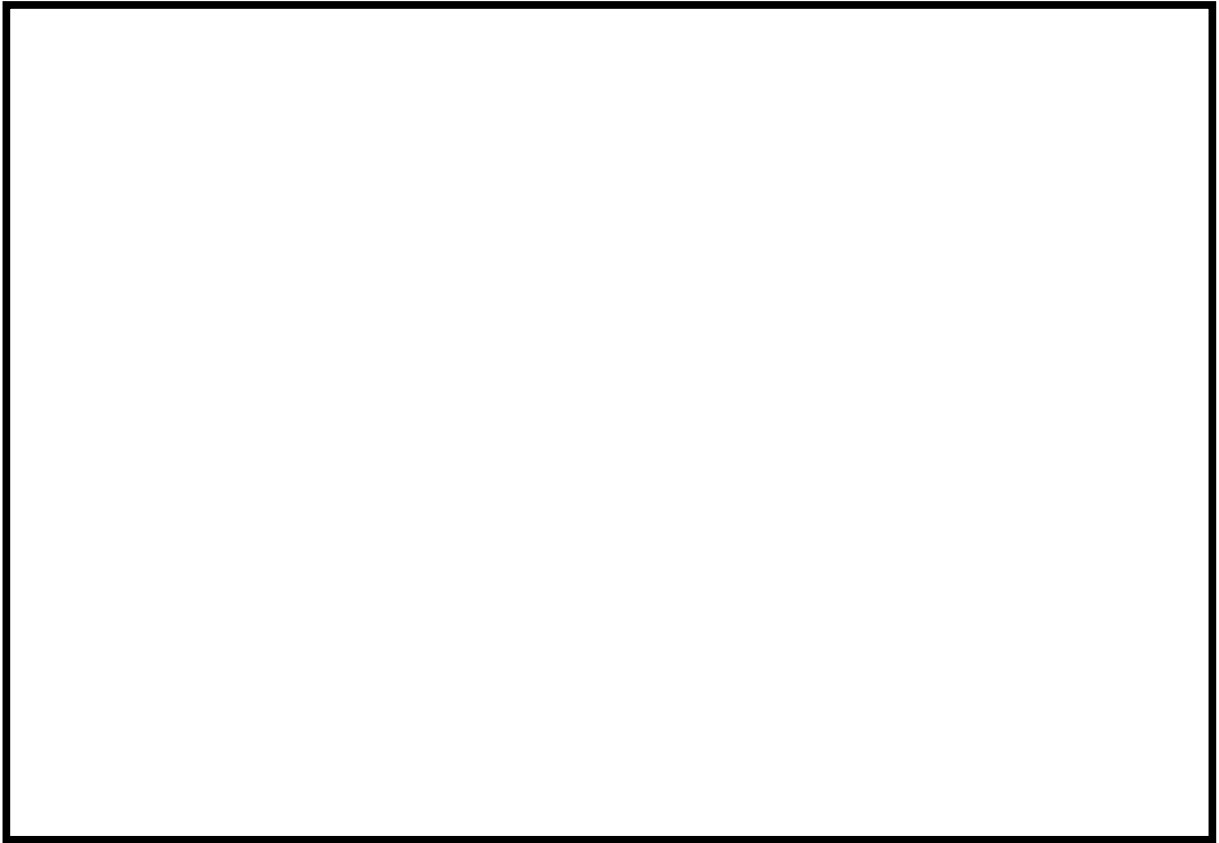


図14-1(3) 形状・寸法・材料（給水スパージャブラケット）（単位：mm）

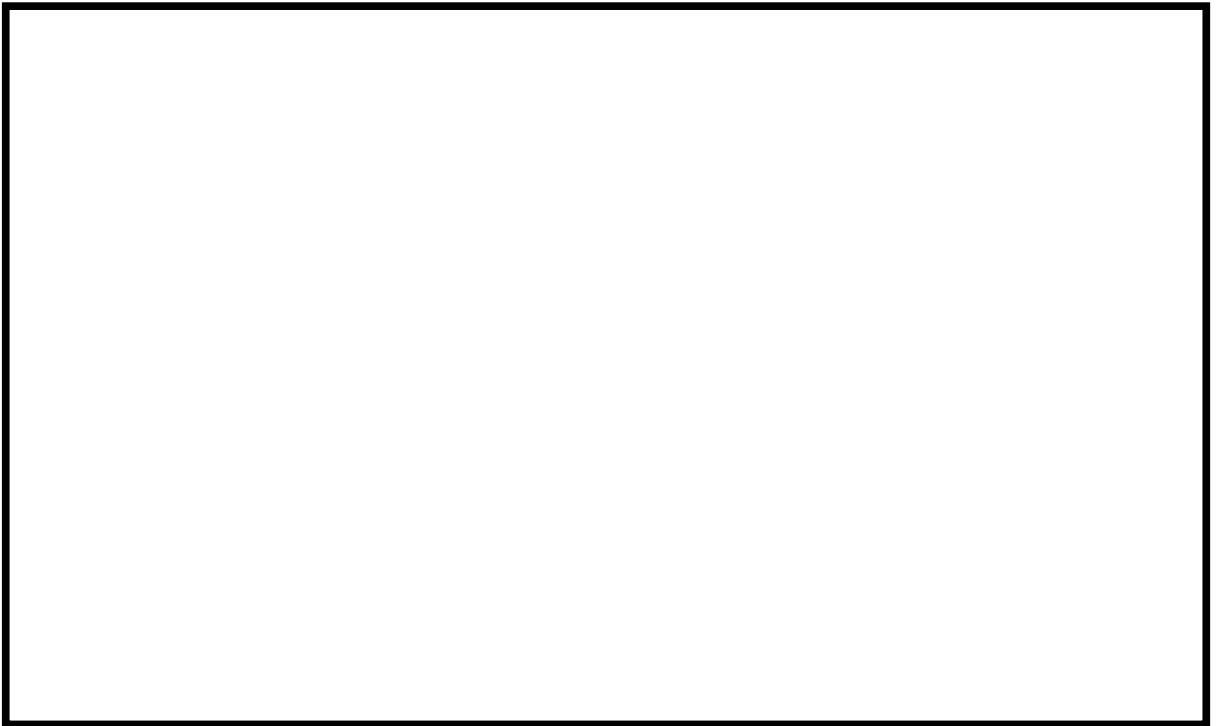


図14-1(4) 形状・寸法・材料・応力評価点（炉心スプレイブラケット）（単位：mm）

表14-1 ブラケット類の計算結果

(単位：MPa)

応力の種類	部 分	許容応力状態	計算結果	許容値
一次一般 膜応力強さ P_m	スタビライザブラケット	Ⅲ A S	73	302
		Ⅳ A S	90	326
	スチームドライヤ サポートブラケット	Ⅲ A S	29	137
		Ⅳ A S	42	248
	給水スパーチャブラケット	Ⅲ A S	1	116
		Ⅳ A S	2	226
	炉心スプレイブラケット	Ⅲ A S	8	116
		Ⅳ A S	12	226
一次膜+ 一次曲げ 応力強さ $P_L + P_b$	スタビライザブラケット	Ⅲ A S	155	454
		Ⅳ A S	192	490
	スチームドライヤ サポートブラケット	Ⅲ A S	115	206
		Ⅳ A S	177	372
	給水スパーチャブラケット	Ⅲ A S	17	174
		Ⅳ A S	25	339
	炉心スプレイブラケット	Ⅲ A S	62	174
		Ⅳ A S	93	339
純せん断 応 力	給水スパーチャブラケット	Ⅲ A S	1	58
		Ⅳ A S	2	135

15. 基礎ボルトの耐震性についての計算

15.1 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。）の耐震性についての計算である。

15.2 計算条件

15.2.1 解析範囲

本章で解析する箇所形状・寸法・材料を図15-1に示す。

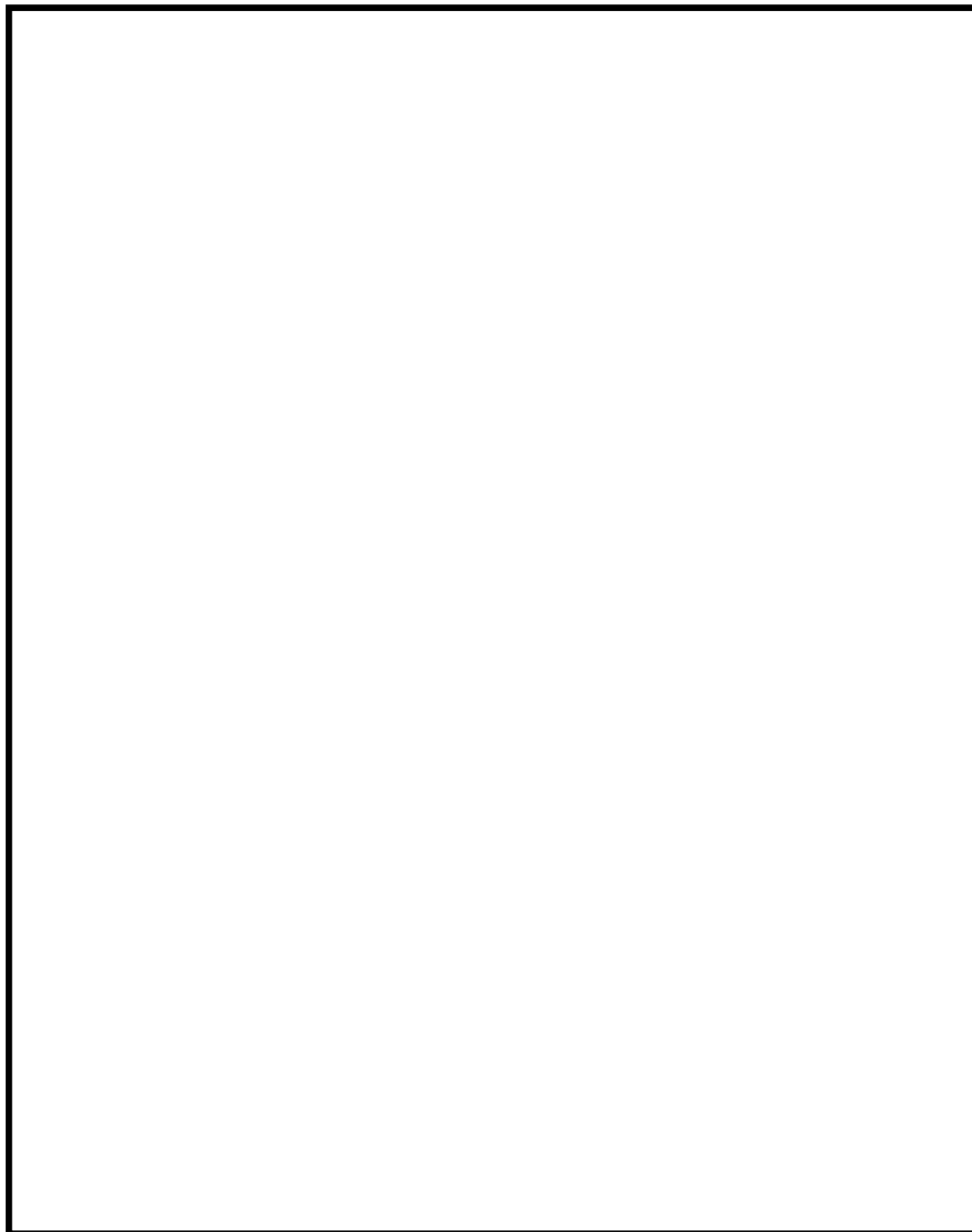


図15-1 形状・寸法・材料（基礎ボルト）（単位：mm）

15.3 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A	基礎ボルト1本当たりの断面積 ($A = \pi \cdot d^2 / 4$)	mm ²
D _h	基礎ボルト穴の直径	mm
d	基礎ボルトの呼び径	mm
d ₁	原子炉圧力容器スカート下端の中心直径	mm
E _c	原子炉本体基礎の縦弾性係数	MPa
E _s	基礎ボルトの縦弾性係数	MPa
M	曲げモーメント	N・mm
M _c	W _c によるモーメント	N・mm
M _t	W _t によるモーメント	N・mm
N	軸力	N
n	基礎ボルトと原子炉本体基礎の縦弾性係数の比 ($n = E_s / E_c$)	—
N _b	基礎ボルトの全本数	—
Q	せん断力	N
r	基礎ボルトの等価円筒の中心半径 ($r = d_1 / 2$)	mm
S _d *	弾性設計用地震動S _d により定まる地震力又は静的地震力	—
S _s	基準地震動S _s により定まる地震力	—
S _u	設計引張強さ	MPa
S _y	設計降伏点	MPa
t _b	ベアリングプレートの幅	mm
t ₁	基礎ボルトの等価円筒板厚 ($t_1 = \frac{A \cdot N_b}{2 \cdot \pi \cdot r}$)	mm
t ₂	ベアリングプレートの等価幅 ($t_2 = t_b - (\frac{D_h^2 \cdot N_b}{8 \cdot r})$)	mm
W _c	原子炉本体基礎に生じる反力の合計	N
W _t	基礎ボルトに生じる力の合計	N
α	中立軸の位置を示す角度	rad
σ _c	原子炉本体基礎に生じる最大圧縮応力	MPa
σ _t	基礎ボルトの最大引張応力	MPa
τ	基礎ボルトのせん断応力	MPa

15.4 設計条件

15.4.1 荷重の組合せ及び許容応力

各運転状態と地震荷重の組合せ方とこれに対応する許容応力状態を表15-1に示す。
許容限界は、「応力解析の方針」の4.6節による。

15.4.2 外荷重の条件

考慮した各荷重を「応力解析の方針」の5章に示す。
基礎ボルトに作用する応力は、本荷重値をもとに各許容応力状態ごとに求める。

表15-1 基礎ボルトの荷重の組合せ及び許容応力状態

荷 重 の 組 合 せ		許容応力状態
各運転状態による荷重	地震荷重	
供用状態A及びB	S_d^*	ⅢAS
供用状態A及びB	S_s	ⅣAS
供用状態D*	S_d^*	ⅣAS

注記 *：原子炉冷却材喪失時（原子炉冷却材喪失直後を除く。）の荷重を表す。

15.5 基礎式

応力計算は、表15-1に示す各荷重の組合せについて行い、基礎ボルトに生じる一次応力は、以下の方法で求める。

15.5.1 引張応力の計算方法

基礎ボルトに生じる引張応力 σ_t は、原子炉本体基礎に生じる圧縮応力 σ_c とともに以下の方法により求める。以下において基礎ボルトは、断面積の等しい等価な円筒として考える。この場合、等価円筒の板厚中心半径は、図15-2に示す円周上2列のボルトサークルの平均径とする。

外荷重と応力の釣合いを図15-2に示す。図15-2において、中立軸の位置 α と応力の関係は、次式で表す。

$$\frac{\sigma_t}{n \cdot \sigma_c} = \frac{1 + \cos \alpha}{1 - \cos \alpha} \dots\dots\dots (15.1)$$

また、軸力 N 及び曲げモーメント M の釣合いから、次式が求まる。

$$N + W_t - W_c = 0 \dots\dots\dots (15.2)$$

$$M - N \cdot r \cdot \cos \alpha - M_t - M_c = 0 \dots\dots\dots (15.3)$$

ここで、

$$W_t = 2 \cdot r \cdot t_1 \cdot \left\{ \frac{(\pi - \alpha) \cdot \cos \alpha + \sin \alpha}{1 + \cos \alpha} \right\} \cdot \sigma_t$$

$$W_c = 2 \cdot r \cdot t_2 \cdot \left(\frac{\sin \alpha - \alpha \cdot \cos \alpha}{1 - \cos \alpha} \right) \cdot \sigma_c$$

$$M_t = r^2 \cdot t_1 \cdot \left\{ \frac{2 \cdot (\pi - \alpha) \cdot \cos^2 \alpha + \pi - \alpha + 3 \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha}{1 + \cos \alpha} \right\} \cdot \sigma_t$$

$$M_c = r^2 \cdot t_2 \cdot \left(\frac{\alpha - 3 \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha + 2 \cdot \alpha \cdot \cos^2 \alpha}{1 - \cos \alpha} \right) \cdot \sigma_c$$

前述の関係より σ_t 及び σ_c は、次式で表す。

$$\sigma_t = \frac{n \cdot (1 + \cos \alpha) \cdot N}{2 \cdot r \cdot \{(t_2 - n \cdot t_1) \cdot (\sin \alpha - \alpha \cdot \cos \alpha) - n \cdot \pi \cdot t_1 \cdot \cos \alpha\}} \dots\dots (15.4)$$

$$\sigma_c = \frac{(1 - \cos \alpha) \cdot N}{2 \cdot r \cdot \{(t_2 - n \cdot t_1) \cdot (\sin \alpha - \alpha \cdot \cos \alpha) - n \cdot \pi \cdot t_1 \cdot \cos \alpha\}} \dots\dots (15.5)$$

実際の釣合い状態は、(15.1)式の α を仮定して求める。

なお、 $\alpha \geq \pi$ (rad)の場合は、基礎ボルトに引張応力は発生せず、原子炉本体基礎の圧縮応力のみが生じ、 σ_t 及び σ_c は、次式で表す。

$$\sigma_t = 0 \dots\dots\dots (15.6)$$

$$\sigma_c = \frac{N}{\pi \cdot \left\{ \left(r + \frac{t_2}{2} \right)^2 - \left(r - \frac{t_2}{2} \right)^2 \right\}} + \frac{32 \cdot (2 \cdot r + t_2) \cdot M}{\pi \cdot \left\{ (2 \cdot r + t_2)^4 - (2 \cdot r - t_2)^4 \right\}} \dots\dots\dots (15.7)$$

15.5.2 せん断応力の計算方法

基礎ボルトに生じるせん断応力 τ は、安全側の仮定としてベアリングプレートと原子炉本体基礎の摩擦抵抗を無視し、次式で計算する。

$$\tau = \frac{Q}{N_b \cdot A} \dots\dots\dots (15.8)$$

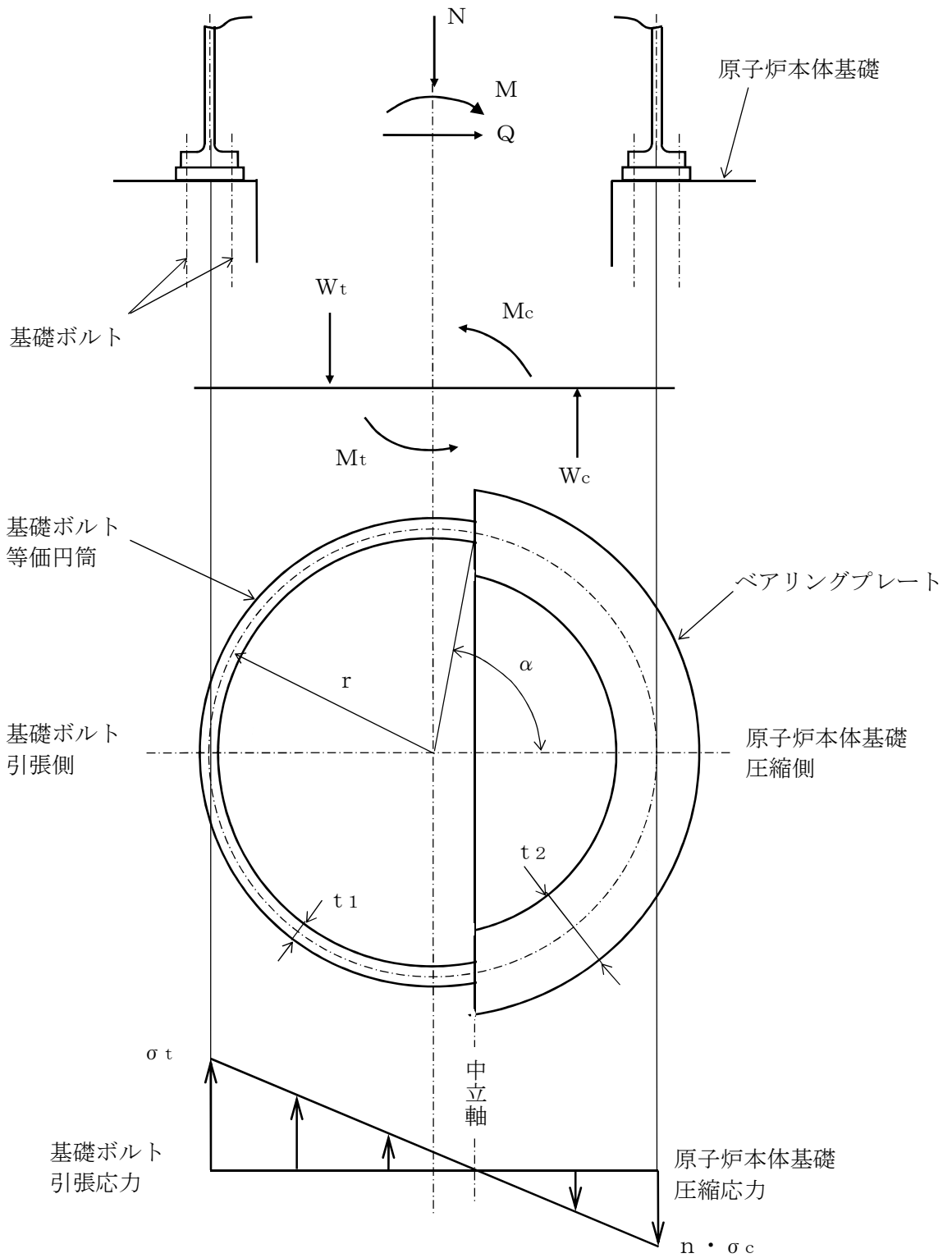


図15-2 基礎ボルトの等価円筒及び応力分布

15.6 応力計算

応力計算に用いた数値を表15-2に示す。

表 15-1 の荷重の組合せにより、「応力解析の方針」の 5 章，表 15-2 に示す数値を用いて求めた応力計算結果を表 15-3 に示す。ここで，基礎ボルトの応力は，表 15-1 に示す各荷重の組合せにおいて応力が最大となる場合の結果を示す。

表15-2 基礎ボルトの応力計算に用いた数値

記号	数 値
d (mm)	
N _b (-)	
A (mm ²)	
r (mm)	
D _h (mm)	
t _b (mm)	
t ₁ (mm)	
t ₂ (mm)	
n (-)	

15.7 計算結果

基礎ボルトの計算結果を表15-3に示す。表15-3より、基礎ボルトに生じる応力は、「応力解析の方針」の4.6節に示す許容限界を満足する。

表15-3 基礎ボルトの計算結果

(単位：MPa)

許容応力状態	地震荷重	温度 (°C)	応力の種類	計算結果	許容応力
Ⅲ _A S	S _d *	66	引張応力	66	491*
			せん断応力	11	378
Ⅳ _A S	S _s	66	引張応力	118	491*
			せん断応力	16	378
Ⅳ _A S	S _d *	171	引張応力	66	458*
			せん断応力	11	353

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