

VI-2-3-4-1-2 原子炉圧力容器の耐震性についての計算書

目次
(概要)

1. 概要..... 1-1

目次
(胴板)

2. 胴板の耐震性についての計算	2-1
2.1 一般事項	2-1
2.1.1 記号の説明	2-1
2.1.2 形状・寸法・材料	2-1
2.1.3 解析範囲	2-1
2.1.4 計算結果の概要	2-1
2.2 計算条件	2-5
2.2.1 設計条件	2-5
2.2.2 運転条件	2-5
2.2.3 材料	2-5
2.2.4 荷重の組合せ及び許容応力状態	2-5
2.2.5 荷重の組合せ及び応力評価	2-5
2.2.6 許容応力	2-5
2.3 応力計算	2-5
2.3.1 応力評価点	2-5
2.3.2 内圧による応力	2-5
2.3.3 外荷重による応力	2-6
2.3.4 応力の評価	2-6
2.4 応力強さの評価	2-6
2.4.1 一次一般膜応力強さの評価	2-6
2.4.2 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価	2-6
2.4.3 一次＋二次応力強さの評価	2-6
2.5 繰返し荷重の評価	2-7
2.5.1 設計・建設規格 PVB-3140(6)についての検討	2-7
2.6 特別な応力の評価	2-8
2.6.1 支圧応力の評価	2-8

図表目次
(胴板)

図2-1	形状・寸法・材料・応力評価点	2-2
表2-1	計算結果の概要	2-4
表2-2	一次一般膜応力強さの評価のまとめ	2-9
表2-3	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ	2-10
表2-4	一次＋二次応力強さの評価のまとめ	2-11
表2-5	支圧応力の評価に用いる荷重	2-12
表2-6	支圧応力の評価	2-12

目次
(下部鏡板)

3.	下部鏡板の耐震性についての計算	3-1
3.1	一般事項	3-1
3.1.1	形状・寸法・材料	3-1
3.1.2	解析範囲	3-1
3.1.3	計算結果の概要	3-1
3.2	計算条件	3-4
3.2.1	設計条件	3-4
3.2.2	運転条件	3-4
3.2.3	材料	3-4
3.2.4	荷重の組合せ及び許容応力状態	3-4
3.2.5	荷重の組合せ及び応力評価	3-4
3.2.6	許容応力	3-4
3.3	応力計算	3-4
3.3.1	応力評価点	3-4
3.3.2	内圧による応力	3-4
3.3.3	外荷重による応力	3-5
3.3.4	応力の評価	3-5
3.4	応力強さの評価	3-5
3.4.1	一次一般膜応力強さの評価	3-5
3.4.2	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価	3-5
3.4.3	一次＋二次応力強さの評価	3-5
3.5	繰返し荷重の評価	3-6
3.5.1	疲労解析	3-6

図表目次
(下部鏡板)

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

目次
(制御棒駆動機構ハウジング貫通孔)

4.	制御棒駆動機構ハウジング貫通孔の耐震性についての計算	4-1
4.1	一般事項	4-1
4.1.1	記号の説明	4-1
4.1.2	形状・寸法・材料	4-1
4.1.3	解析範囲	4-1
4.1.4	計算結果の概要	4-1
4.2	計算条件	4-4
4.2.1	設計条件	4-4
4.2.2	運転条件	4-4
4.2.3	材料	4-4
4.2.4	荷重の組合せ及び許容応力状態	4-4
4.2.5	荷重の組合せ及び応力評価	4-4
4.2.6	許容応力	4-4
4.3	応力計算	4-4
4.3.1	応力評価点	4-4
4.3.2	内圧による応力	4-4
4.3.3	外荷重による応力	4-5
4.3.4	応力の評価	4-5
4.4	応力強さの評価	4-5
4.4.1	一次一般膜応力強さの評価	4-5
4.4.2	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価	4-5
4.4.3	一次＋二次応力強さの評価	4-5
4.5	繰返し荷重の評価	4-6
4.5.1	疲労解析	4-6
4.6	特別な応力の評価	4-6
4.6.1	座屈に対する評価	4-6

図表目次
(制御棒駆動機構ハウジング貫通孔)

図4-1	形状・寸法・材料・応力評価点	4-2
表4-1	計算結果の概要	4-3
表4-2	一次一般膜応力強さの評価のまとめ	4-8
表4-3	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ	4-9
表4-4	一次＋二次応力強さの評価のまとめ	4-10
表4-5	疲労累積係数	4-11
表4-6	疲労累積係数の評価のまとめ	4-14
表4-7	座屈に対する評価に用いる荷重	4-15
表4-8	座屈に対する評価	4-15

目次
(再循環水出口ノズル (N1))

5.	再循環水出口ノズル (N1) の耐震性についての計算	5-1
5.1	一般事項	5-1
5.1.1	形状・寸法・材料	5-1
5.1.2	解析範囲	5-1
5.1.3	計算結果の概要	5-1
5.2	計算条件	5-4
5.2.1	設計条件	5-4
5.2.2	運転条件	5-4
5.2.3	材料	5-4
5.2.4	荷重の組合せ及び許容応力状態	5-4
5.2.5	荷重の組合せ及び応力評価	5-4
5.2.6	許容応力	5-4
5.3	応力計算	5-4
5.3.1	応力評価点	5-4
5.3.2	内圧による応力	5-4
5.3.3	外荷重による応力	5-5
5.3.4	応力の評価	5-5
5.4	応力強さの評価	5-5
5.4.1	一次一般膜応力強さの評価	5-5
5.4.2	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価	5-5
5.4.3	一次＋二次応力強さの評価	5-5
5.5	繰返し荷重の評価	5-6
5.5.1	疲労解析	5-6

図表目次
(再循環水出口ノズル (N1))

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

目次
(再循環水入口ノズル (N2))

6.	再循環水入口ノズル (N2) の耐震性についての計算	6-1
6.1	一般事項	6-1
6.1.1	形状・寸法・材料	6-1
6.1.2	解析範囲	6-1
6.1.3	計算結果の概要	6-1
6.2	計算条件	6-4
6.2.1	設計条件	6-4
6.2.2	運転条件	6-4
6.2.3	材料	6-4
6.2.4	荷重の組合せ及び許容応力状態	6-4
6.2.5	荷重の組合せ及び応力評価	6-4
6.2.6	許容応力	6-4
6.3	応力計算	6-4
6.3.1	応力評価点	6-4
6.3.2	内圧及び差圧による応力	6-4
6.3.3	外荷重による応力	6-5
6.3.4	応力の評価	6-5
6.4	応力強さの評価	6-5
6.4.1	一次一般膜応力強さの評価	6-5
6.4.2	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価	6-5
6.4.3	一次＋二次応力強さの評価	6-5
6.5	繰返し荷重の評価	6-6
6.5.1	疲労解析	6-6

図表目次
(再循環水入口ノズル (N2))

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

目次
(主蒸気出口ノズル (N3))

7.	主蒸気出口ノズル (N3) の耐震性についての計算	7-1
7.1	一般事項	7-1
7.1.1	形状・寸法・材料	7-1
7.1.2	解析範囲	7-1
7.1.3	計算結果の概要	7-1
7.2	計算条件	7-4
7.2.1	設計条件	7-4
7.2.2	運転条件	7-4
7.2.3	材料	7-4
7.2.4	荷重の組合せ及び許容応力状態	7-4
7.2.5	荷重の組合せ及び応力評価	7-4
7.2.6	許容応力	7-4
7.3	応力計算	7-4
7.3.1	応力評価点	7-4
7.3.2	内圧による応力	7-4
7.3.3	外荷重による応力	7-5
7.3.4	応力の評価	7-5
7.4	応力強さの評価	7-5
7.4.1	一次一般膜応力強さの評価	7-5
7.4.2	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価	7-5
7.4.3	一次＋二次応力強さの評価	7-5
7.5	繰返し荷重の評価	7-6
7.5.1	疲労解析	7-6

図表目次
(主蒸気出口ノズル (N3))

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

目次
(給水ノズル (N4))

8.	給水ノズル (N4) の耐震性についての計算	8-1
8.1	一般事項	8-1
8.1.1	形状・寸法・材料	8-1
8.1.2	解析範囲	8-1
8.1.3	計算結果の概要	8-1
8.2	計算条件	8-4
8.2.1	設計条件	8-4
8.2.2	運転条件	8-4
8.2.3	材料	8-4
8.2.4	荷重の組合せ及び許容応力状態	8-4
8.2.5	荷重の組合せ及び応力評価	8-4
8.2.6	許容応力	8-4
8.3	応力計算	8-4
8.3.1	応力評価点	8-4
8.3.2	内圧及び差圧による応力	8-4
8.3.3	外荷重による応力	8-5
8.3.4	応力の評価	8-5
8.4	応力強さの評価	8-5
8.4.1	一次一般膜応力強さの評価	8-5
8.4.2	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価	8-5
8.4.3	一次＋二次応力強さの評価	8-5
8.5	繰返し荷重の評価	8-6
8.5.1	疲労解析	8-6

図表目次
(給水ノズル (N4))

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

目次
(低圧炉心スプレイノズル (N5))

9.	低圧炉心スプレイノズル (N5) の耐震性についての計算	9-1
9.1	一般事項	9-1
9.1.1	形状・寸法・材料	9-1
9.1.2	解析範囲	9-1
9.1.3	計算結果の概要	9-1
9.2	計算条件	9-4
9.2.1	設計条件	9-4
9.2.2	運転条件	9-4
9.2.3	材料	9-4
9.2.4	荷重の組合せ及び許容応力状態	9-4
9.2.5	荷重の組合せ及び応力評価	9-4
9.2.6	許容応力	9-4
9.3	応力計算	9-4
9.3.1	応力評価点	9-4
9.3.2	内圧及び差圧による応力	9-4
9.3.3	外荷重による応力	9-5
9.3.4	応力の評価	9-5
9.4	応力強さの評価	9-5
9.4.1	一次一般膜応力強さの評価	9-5
9.4.2	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価	9-5
9.4.3	一次＋二次応力強さの評価	9-5
9.5	繰返し荷重の評価	9-6
9.5.1	疲労解析	9-6

図表目次
(低圧炉心スプレイングル (N5))

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

目次
(低圧注水ノズル (N6))

10.	低圧注水ノズル (N6) の耐震性についての計算	10-1
10.1	一般事項	10-1
10.1.1	形状・寸法・材料	10-1
10.1.2	解析範囲	10-1
10.1.3	計算結果の概要	10-1
10.2	計算条件	10-4
10.2.1	設計条件	10-4
10.2.2	運転条件	10-4
10.2.3	材料	10-4
10.2.4	荷重の組合せ及び許容応力状態	10-4
10.2.5	荷重の組合せ及び応力評価	10-4
10.2.6	許容応力	10-4
10.3	応力計算	10-4
10.3.1	応力評価点	10-4
10.3.2	内圧及び差圧による応力	10-4
10.3.3	外荷重による応力	10-5
10.3.4	応力の評価	10-5
10.4	応力強さの評価	10-5
10.4.1	一次一般膜応力強さの評価	10-5
10.4.2	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価	10-5
10.4.3	一次＋二次応力強さの評価	10-5
10.5	繰返し荷重の評価	10-6
10.5.1	疲労解析	10-6

図表目次
(低圧注水ノズル (N6))

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

目次
(上蓋スプレイングル (N7))

11. 上蓋スプレイングル (N7) の耐震性についての計算	11-1
11.1 一般事項	11-1
11.1.1 形状・寸法・材料	11-1
11.1.2 解析範囲	11-1
11.1.3 計算結果の概要	11-1
11.2 計算条件	11-4
11.2.1 設計条件	11-4
11.2.2 運転条件	11-4
11.2.3 材料	11-4
11.2.4 荷重の組合せ及び許容応力状態	11-4
11.2.5 荷重の組合せ及び応力評価	11-4
11.2.6 許容応力	11-4
11.3 応力計算	11-4
11.3.1 応力評価点	11-4
11.3.2 内圧による応力	11-4
11.3.3 外荷重による応力	11-5
11.3.4 ボルト荷重による応力	11-5
11.3.5 応力の評価	11-5
11.4 応力強さの評価	11-5
11.4.1 一次一般膜応力強さの評価	11-5
11.4.2 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価	11-5
11.4.3 一次＋二次応力強さの評価	11-6
11.5 繰返し荷重の評価	11-6
11.5.1 疲労解析	11-6

図表目次
(上蓋スプレインズル (N7))

図11-1	形状・寸法・材料・応力評価点	11-2
表11-1	計算結果の概要	11-3
表11-2	一次一般膜応力強さの評価のまとめ	11-7
表11-3	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ	11-8
表11-4	一次＋二次応力強さの評価のまとめ	11-9
表11-5	疲労累積係数	11-10
表11-6	疲労累積係数の評価のまとめ	11-12

目次
(ベントノズル (N8))

12.	ベントノズル (N8) の耐震性についての計算	12-1
12.1	一般事項	12-1
12.1.1	形状・寸法・材料	12-1
12.1.2	解析範囲	12-1
12.1.3	計算結果の概要	12-1
12.2	計算条件	12-4
12.2.1	設計条件	12-4
12.2.2	運転条件	12-4
12.2.3	材料	12-4
12.2.4	荷重の組合せ及び許容応力状態	12-4
12.2.5	荷重の組合せ及び応力評価	12-4
12.2.6	許容応力	12-4
12.3	応力計算	12-4
12.3.1	応力評価点	12-4
12.3.2	内圧による応力	12-4
12.3.3	外荷重による応力	12-5
12.3.4	ボルト荷重による応力	12-5
12.3.5	応力の評価	12-5
12.4	応力強さの評価	12-5
12.4.1	一次一般膜応力強さの評価	12-5
12.4.2	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価	12-5
12.4.3	一次＋二次応力強さの評価	12-6
12.5	繰返し荷重の評価	12-6
12.5.1	疲労解析	12-6

図表目次
(ベントノズル (N8))

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

目次

(ジェットポンプ計測管貫通部ノズル (N9))

13.	ジェットポンプ計測管貫通部ノズル (N9) の耐震性についての計算	13-1
13.1	一般事項	13-1
13.1.1	形状・寸法・材料	13-1
13.1.2	解析範囲	13-1
13.1.3	計算結果の概要	13-1
13.2	計算条件	13-4
13.2.1	設計条件	13-4
13.2.2	運転条件	13-4
13.2.3	材料	13-4
13.2.4	荷重の組合せ及び許容応力状態	13-4
13.2.5	荷重の組合せ及び応力評価	13-4
13.2.6	許容応力	13-4
13.3	応力計算	13-4
13.3.1	応力評価点	13-4
13.3.2	内圧による応力	13-4
13.3.3	外荷重による応力	13-5
13.3.4	応力の評価	13-5
13.4	応力強さの評価	13-5
13.4.1	一次一般膜応力強さの評価	13-5
13.4.2	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価	13-5
13.4.3	一次＋二次応力強さの評価	13-5
13.5	繰返し荷重の評価	13-6
13.5.1	疲労解析	13-6

図表目次
(ジェットポンプ計測管貫通部ノズル (N9))

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

目次

(差圧検出・ほう酸水注入ノズル (N11))

14.	差圧検出・ほう酸水注入ノズル (N11) の耐震性についての計算	14-1
14.1	一般事項	14-1
14.1.1	形状・寸法・材料	14-1
14.1.2	解析範囲	14-1
14.1.3	計算結果の概要	14-1
14.2	計算条件	14-4
14.2.1	設計条件	14-4
14.2.2	運転条件	14-4
14.2.3	材料	14-4
14.2.4	荷重の組合せ及び許容応力状態	14-4
14.2.5	荷重の組合せ及び応力評価	14-4
14.2.6	許容応力	14-4
14.3	応力計算	14-4
14.3.1	応力評価点	14-4
14.3.2	内圧による応力	14-4
14.3.3	外荷重による応力	14-5
14.3.4	応力の評価	14-5
14.4	応力強さの評価	14-5
14.4.1	一次一般膜応力強さの評価	14-5
14.4.2	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価	14-5
14.4.3	一次＋二次応力強さの評価	14-5
14.5	繰返し荷重の評価	14-6
14.5.1	疲労解析	14-6

図表目次
(差圧検出・ほう酸水注入ノズル (N11))

図14-1	形状・寸法・材料・応力評価点	14-2
表14-1	計算結果の概要	14-3
表14-2	一次一般膜応力強さの評価のまとめ	14-7
表14-3	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ	14-8
表14-4	一次＋二次応力強さの評価のまとめ	14-9
表14-5	疲労累積係数	14-10
表14-6	疲労累積係数の評価のまとめ	14-12

目次
(計装ノズル (N12, N13, N14))

15.	計装ノズル (N12, N13, N14) の耐震性についての計算	15-1
15.1	一般事項	15-1
15.1.1	形状・寸法・材料	15-1
15.1.2	解析範囲	15-1
15.1.3	計算結果の概要	15-1
15.2	計算条件	15-7
15.2.1	設計条件	15-7
15.2.2	運転条件	15-7
15.2.3	材料	15-7
15.2.4	荷重の組合せ及び許容応力状態	15-7
15.2.5	荷重の組合せ及び応力評価	15-7
15.2.6	許容応力	15-7
15.3	応力計算	15-7
15.3.1	応力評価点	15-7
15.3.2	内圧による応力	15-7
15.3.3	外荷重による応力	15-8
15.3.4	応力の評価	15-8
15.4	応力強さの評価	15-8
15.4.1	一次一般膜応力強さの評価	15-8
15.4.2	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価	15-8
15.4.3	一次＋二次応力強さの評価	15-8
15.5	繰返し荷重の評価	15-9
15.5.1	疲労解析	15-9

図表目次

(計装ノズル (N12, N13, N14))

図15-1	形状・寸法・材料・応力評価点	15-2
表15-1	計装ノズルの計算結果の概要	15-4
表15-2	計装ノズルの一次一般膜応力強さの評価のまとめ	15-10
表15-3	計装ノズルの一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ	15-13
表15-4	計装ノズルの一次＋二次応力強さの評価のまとめ	15-16
表15-5	計装ノズルの疲労累積係数	15-19
表15-6	計装ノズルの疲労累積係数の評価のまとめ	15-28

目次
(ドレンノズル (N15))

16.	ドレンノズル (N15) の耐震性についての計算	16-1
16.1	一般事項	16-1
16.1.1	形状・寸法・材料	16-1
16.1.2	解析範囲	16-1
16.1.3	計算結果の概要	16-1
16.2	計算条件	16-4
16.2.1	設計条件	16-4
16.2.2	運転条件	16-4
16.2.3	材料	16-4
16.2.4	荷重の組合せ及び許容応力状態	16-4
16.2.5	荷重の組合せ及び応力評価	16-4
16.2.6	許容応力	16-4
16.3	応力計算	16-4
16.3.1	応力評価点	16-4
16.3.2	内圧による応力	16-4
16.3.3	外荷重による応力	16-5
16.3.4	応力の評価	16-5
16.4	応力強さの評価	16-5
16.4.1	一次一般膜応力強さの評価	16-5
16.4.2	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価	16-5
16.4.3	一次＋二次応力強さの評価	16-5
16.5	繰返し荷重の評価	16-6
16.5.1	疲労解析	16-6

図表目次
(ドレンノズル (N15))

図16-1	形状・寸法・材料・応力評価点	16-2
表16-1	計算結果の概要	16-3
表16-2	一次一般膜応力強さの評価のまとめ	16-7
表16-3	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ	16-8
表16-4	一次＋二次応力強さの評価のまとめ	16-9
表16-5	疲労累積係数	16-10
表16-6	疲労累積係数の評価のまとめ	16-12

目次
(高圧炉心スプレイングル (N16))

17.	高圧炉心スプレイングル (N16) の耐震性についての計算	17-1
17.1	一般事項	17-1
17.1.1	形状・寸法・材料	17-1
17.1.2	解析範囲	17-1
17.1.3	計算結果の概要	17-1
17.2	計算条件	17-4
17.2.1	設計条件	17-4
17.2.2	運転条件	17-4
17.2.3	材料	17-4
17.2.4	荷重の組合せ及び許容応力状態	17-4
17.2.5	荷重の組合せ及び応力評価	17-4
17.2.6	許容応力	17-4
17.3	応力計算	17-4
17.3.1	応力評価点	17-4
17.3.2	内圧及び差圧による応力	17-4
17.3.3	外荷重による応力	17-5
17.3.4	応力の評価	17-5
17.4	応力強さの評価	17-5
17.4.1	一次一般膜応力強さの評価	17-5
17.4.2	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価	17-5
17.4.3	一次＋二次応力強さの評価	17-5
17.5	繰返し荷重の評価	17-6
17.5.1	疲労解析	17-6

図表目次
(高圧炉心スプレイングル (N16))

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

目次
(ブラケット類)

18.	ブラケット類の耐震性についての計算	18-1
18.1	一般事項	18-1
18.1.1	形状・寸法・材料	18-1
18.1.2	解析範囲	18-1
18.1.3	計算結果の概要	18-1
18.2	計算条件	18-6
18.2.1	設計条件	18-6
18.2.2	材料	18-6
18.2.3	荷重の組合せ及び許容応力状態	18-6
18.2.4	荷重の組合せ及び応力評価	18-6
18.2.5	許容応力	18-6
18.2.6	応力の記号と方向	18-6
18.3	応力計算	18-7
18.3.1	応力評価点	18-7
18.3.2	外荷重による応力	18-7
18.3.3	応力の評価	18-7
18.4	応力強さの評価	18-8
18.4.1	ブラケット付根の応力強さの評価	18-8
18.4.2	ロッド穴周辺の応力強さの評価	18-8

図表目次
(ブラケット類)

図18-1	形状・寸法・材料	18-2
表18-1	計算結果の概要	18-5
表18-2	ブラケット付根の一次一般膜応力強さの評価	18-9
表18-3	ブラケット付根の一次膜＋一次曲げ応力強さの評価	18-10
表18-4	ロッド穴周辺の純せん断応力の評価	18-11
表18-5	ロッド穴周辺の一次膜＋一次曲げ応力強さの評価	18-11

目次
(原子炉压力容器支持スカート)

19.	原子炉压力容器支持スカートの耐震性についての計算	19-1
19.1	一般事項	19-1
19.1.1	記号の説明	19-1
19.1.2	形状・寸法・材料	19-1
19.1.3	解析範囲	19-1
19.1.4	計算結果の概要	19-1
19.2	計算条件	19-4
19.2.1	設計条件	19-4
19.2.2	運転条件	19-4
19.2.3	材料	19-4
19.2.4	荷重の組合せ及び許容応力状態	19-4
19.2.5	荷重の組合せ及び応力評価	19-4
19.2.6	許容応力	19-4
19.3	応力計算	19-5
19.3.1	応力評価点	19-5
19.3.2	内圧による応力	19-5
19.3.3	外荷重による応力	19-5
19.3.4	応力の評価	19-6
19.4	応力強さの評価	19-6
19.4.1	一次一般膜応力強さの評価	19-6
19.4.2	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価	19-6
19.4.3	一次＋二次応力強さの評価	19-6
19.5	繰返し荷重の評価	19-6
19.5.1	疲労解析	19-6
19.6	特別な応力の評価	19-7
19.6.1	座屈に対する評価	19-7

図表目次
(原子炉压力容器支持スカート)

図19-1	形状・寸法・材料・応力評価点	19-2
図19-2	内圧及び外荷重（軸対称荷重）による応力計算のモデル	19-9
図19-3	外荷重（非軸対称荷重）による応力計算のモデル	19-10
表19-1	計算結果の概要	19-3
表19-2	応力集中係数	19-11
表19-3	一次一般膜応力強さの評価のまとめ	19-12
表19-4	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ	19-13
表19-5	一次＋二次応力強さの評価のまとめ	19-14
表19-6	疲労累積係数	19-15
表19-7	疲労累積係数の評価のまとめ	19-16
表19-8	座屈に対する評価に用いる荷重	19-17
表19-9	座屈に対する評価	19-17

目次
(原子炉压力容器基礎ボルト)

20.	原子炉压力容器基礎ボルトの耐震性についての計算	20-1
20.1	一般事項	20-1
20.1.1	形状・寸法・材料	20-1
20.1.2	解析範囲	20-1
20.1.3	計算結果の概要	20-1
20.2	計算条件	20-4
20.2.1	設計条件	20-4
20.2.2	材料	20-4
20.2.3	荷重の組合せ及び許容応力状態	20-4
20.2.4	荷重の組合せ及び応力評価	20-4
20.2.5	許容応力	20-4
20.2.6	許容応力評価条件	20-4
20.3	応力計算	20-4
20.3.1	外荷重による応力	20-4
20.4	応力の評価	20-5

図表目次
(原子炉压力容器基礎ボルト)

図20-1	形状・寸法・材料	20-2
表20-1	計算結果の概要	20-3
表20-2	許容応力評価条件	20-6
表20-3	計算結果	20-6

1. 概要

本計算書は、原子炉压力容器（原子炉压力容器支持スカート及び原子炉压力容器基礎ボルトを含む。）の耐震計算結果を示すものである。

本計算書の各機器は、添付書類「VI-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。）に基づき評価する。

注：本計算書においては、平成4年1月13日付け3資庁第10518号にて認可された工事計画の添付書類（「応力解析の方針」の参照図書(1)）及び平成元年6月8日付け元資庁第2015号にて認可された工事計画の添付書類（「応力解析の方針」の参照図書(2)）は以下「既工認」という。

2. 胴板の耐震性についての計算

2.1 一般事項

本章は、胴板の耐震性についての計算である。

胴板は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備、常設重大事故緩和設備及び常設重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。

以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

2.1.1 記号の説明

記号の説明を「応力解析の方針」の2.4節に示す。

更に、本章において、以下の記号を用いる。

記号	記号の説明	単位
N'	荷重変動回数	回
$\Delta \sigma$	機械的荷重により生じる応力の全振幅	MPa
S_a	任意の点の繰返しピーク応力強さ	MPa
A_c	支圧面積	mm ²
W	炉心シュラウド支持ロッドから作用する荷重	N
$a \sim d$	支圧面積の計算に用いる寸法	mm
σ_c	平均支圧応力	MPa

2.1.2 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所形状・寸法・材料を図2-1に示す。

2.1.3 解析範囲

解析範囲を図2-1に示す。

2.1.4 計算結果の概要

計算結果の概要を表2-1に示す。

なお、応力評価点の選定に当たっては、形状不連続部、溶接部及び厳しい荷重作用点に着目し、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記載する。

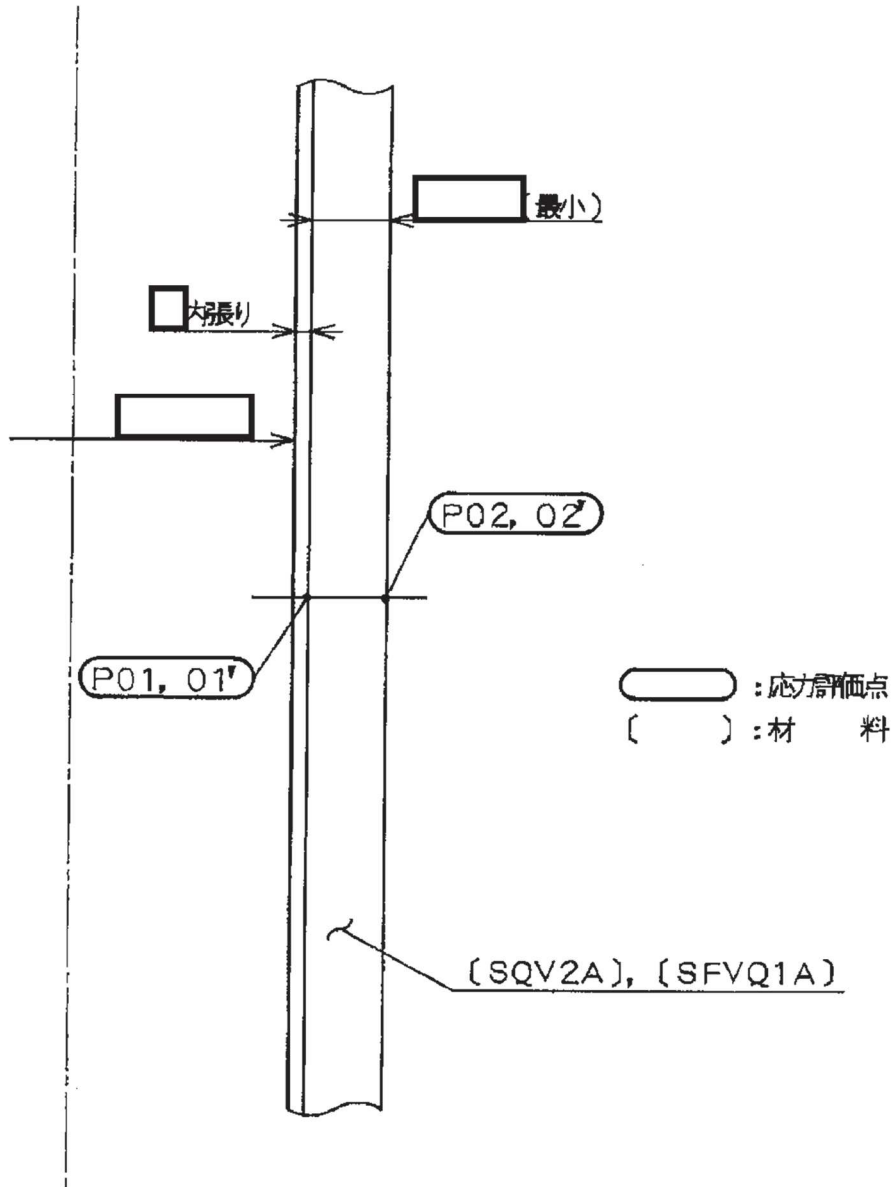


図2-1(1) 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)
(銅板)

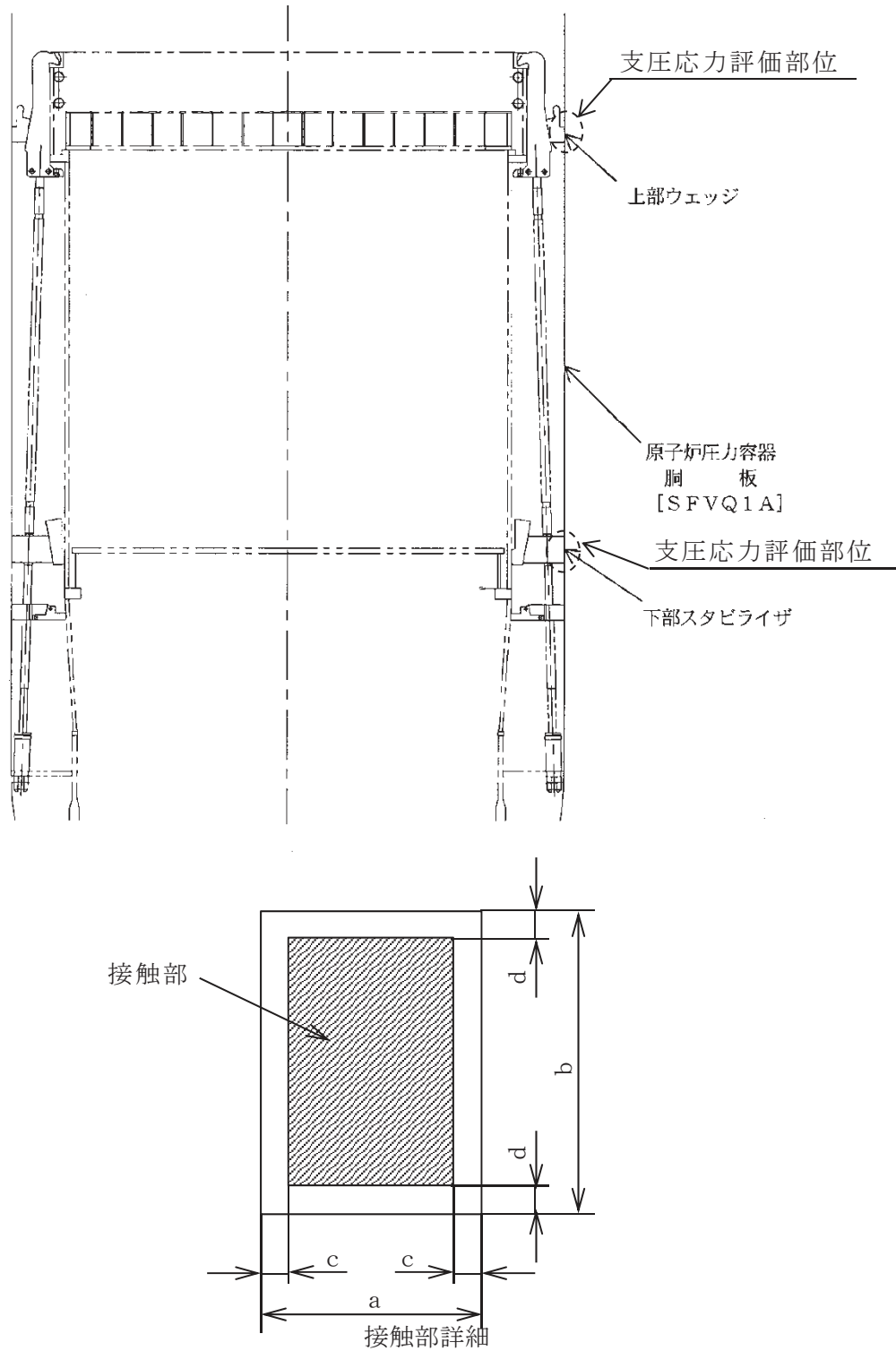


図2-1(2) 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)
 (胴板の上部ウェッジ及び下部スタビライザとの接触部)

表 2-1(1) 計算結果の概要

(単位：MPa)

部分及び材料	許容応力状態	一次一般膜応力強さ			一次膜＋一次曲げ応力強さ			一次＋二次応力強さ		
		応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価点
胴板 SQV2A SFVQ1A	Ⅲ _A S	173	303	P01 - P02	173	394	P01 - P02	—	—	—
	Ⅳ _A S	173	320	P01 - P02	173	416	P01 - P02	—	—	—
	Ⅲ _A S	—	—	—	—	—	—	56	552	P01
	Ⅳ _A S	—	—	—	—	—	—	76	552	P01

表2-1(2) 計算結果の概要

(単位：MPa)

部分及び材料	許容応力状態	支圧応力の評価	
		平均支圧応力	許容応力
上部ウェッジ支持面 SFVQ1A	Ⅲ _A S	236	303
	Ⅳ _A S	408	481
下部スタビライザ支持面 SFVQ1A	Ⅲ _A S	34	303
	Ⅳ _A S	62	481

2.2 計算条件

2.2.1 設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の4.1節に示す。

2.2.2 運転条件

考慮した運転条件を「応力解析の方針」の4.2節に示す。

2.2.3 材料

各部の材料を図2-1に示す。

2.2.4 荷重の組合せ及び許容応力状態

荷重の組合せ及び許容応力状態を「応力解析の方針」の3.4節に示す。

2.2.5 荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」の4.4節に示す。

2.2.6 許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の3.5節に示す。

2.3 応力計算

2.3.1 応力評価点

応力評価点の位置を図2-1に示す。

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

2.3.2 内圧による応力

(1) 荷重条件 (L01)

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

(2) 計算方法

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

なお、各運転条件での内圧による応力は、既工認と同様に、既工認の最高使用圧力での応力を用いて、圧力の比により（比倍して）計算する。

2.3.3 外荷重による応力

(1) 荷重条件 (L12, L14及びL16)

外荷重を「応力解析の方針」の4.2節に示す。

(2) 計算方法

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

2.3.4 応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め、応力強さを算出する。

応力強さの算出方法は、「応力解析の方針」の5.3.2項に定めるとおりである。

2.4 応力強さの評価

2.4.1 一次一般膜応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表2-2に示す。

表2-2より、各許容応力状態の一次一般膜応力強さは、「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

2.4.2 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表2-3に示す。

表2-3より、各許容応力状態の一次膜＋一次曲げ応力強さは、「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

2.4.3 一次＋二次応力強さの評価

地震荷重のみにおける評価を表2-4に示す。

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

2.5 繰返し荷重の評価

2.5.1 設計・建設規格 PVB-3140(6)についての検討

添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、設計・建設規格 PVB-3140(6)の検討を行い、疲労解析が不要であることを示す。

著しい機械的荷重は、 $S = 86\text{MPa}$ を超えるような応力変動を生じる荷重である。

N' は、「応力解析の方針」の4.2節に示すように地震荷重の繰返し回数が多い地震荷重 S_d^* の回数を用いる。

$$N' = 590\text{回}$$

N' に対する S は、設計・建設規格 添付4-2 3.1より $S_a = 684\text{MPa}$ である。

S_d 又は S_s 地震動による $\Delta\sigma$ は、「応力解析の方針」の4.2節に示すように地震荷重の大きい S_s 地震動による応力の全振幅を用いる。

$$\Delta\sigma = 32 \times 2 = 64\text{MPa}$$

したがって、 $S_a > \Delta\sigma$ であり、条件を満足する。

2.6 特別な応力の評価

2.6.1 支圧応力の評価

胴板には、炉心シュラウド支持ロッドから作用する荷重により、上部ウェッジ及び下部スタビライザとの接触面に支圧応力が生じる。したがって、これらの荷重により発生する支圧応力の評価を行う。

(1) 計算データ

上部ウェッジの幅 $a =$ mm

上部ウェッジの高さ $b =$ mm

上部ウェッジの隅の処理寸法 $c =$ mm

上部ウェッジの隅の処理寸法 $d =$ mm

上部ウェッジの支圧面積

$$A_c = (a - 2 \cdot c) \cdot (b - 2 \cdot d) = \text{} = \text{} \text{ mm}^2$$

下部スタビライザの幅 $a =$ mm

下部スタビライザの高さ $b =$ mm

下部スタビライザの隅の処理寸法 $c =$ mm

下部スタビライザの隅の処理寸法 $d =$ mm

下部スタビライザの支圧面積

$$A_c = (a - 2 \cdot c) \cdot (b - 2 \cdot d) = \text{} = \text{} \text{ mm}^2$$

(2) 荷重

各許容応力状態における炉心シュラウド支持ロッドから胴板に作用する水平力を表2-5に示す。

(3) 平均支圧応力

平均支圧応力 σ_c は、次のようにして求める。

$$\sigma_c = \frac{W}{A_c}$$

(4) 支圧応力の評価

各許容応力状態における評価を表2-6に示す。

表2-6より、各許容応力状態の平均支圧応力は、「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

表 2-2 一次一般膜応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価面	許容応力状態Ⅲ _A S		許容応力状態Ⅳ _A S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	173	303	173	320
P01' P02'	172	303	173	320

表 2-3 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価面	許容応力状態Ⅲ _A S		許容応力状態Ⅳ _A S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	173	394	173	416
P01' P02'	172	394	173	416

表 2-4 一次＋二次応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価点	一次＋二次応力差最大範囲 ($P_L + P_b + Q$)		
	$S_n^{\#1*1}$	$S_n^{\#2*2}$	許容応力 $3 \cdot S_m$
P01	56	76	552
P01'	56	76	552
P02	56	76	552
P02'	56	76	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2-5 支圧応力の評価に用いる荷重

(単位 : kN)

許容応力状態	評価部位	水平力* H
Ⅲ _A S	上部ウェッジ支持面	
	下部スタビライザ支持面	
Ⅳ _A S	上部ウェッジ支持面	
	下部スタビライザ支持面	

注記* : 炉心シュラウド支持ロッド1体分の上部ウェッジ及び下部スタビライザに作用する荷重である。

表2-6 支圧応力の評価

(単位 : MPa)

評価部位	許容応力状態	平均支圧応力	許容応力
上部ウェッジ支持面	Ⅲ _A S	236	303
	Ⅳ _A S	408	481
下部スタビライザ支持面	Ⅲ _A S	34	303
	Ⅳ _A S	62	481

3. 下部鏡板の耐震性についての計算

3.1 一般事項

本章は、下部鏡板の耐震性についての計算である。

下部鏡板は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備，常設重大事故緩和設備及び常設重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。

以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

3.1.1 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図3-1に示す。

3.1.2 解析範囲

解析範囲を図3-1に示す。

3.1.3 計算結果の概要

計算結果の概要を表3-1に示す。

なお，応力評価点の選定に当たっては，形状不連続部，溶接部及び厳しい荷重作用点に着目し，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記載する。

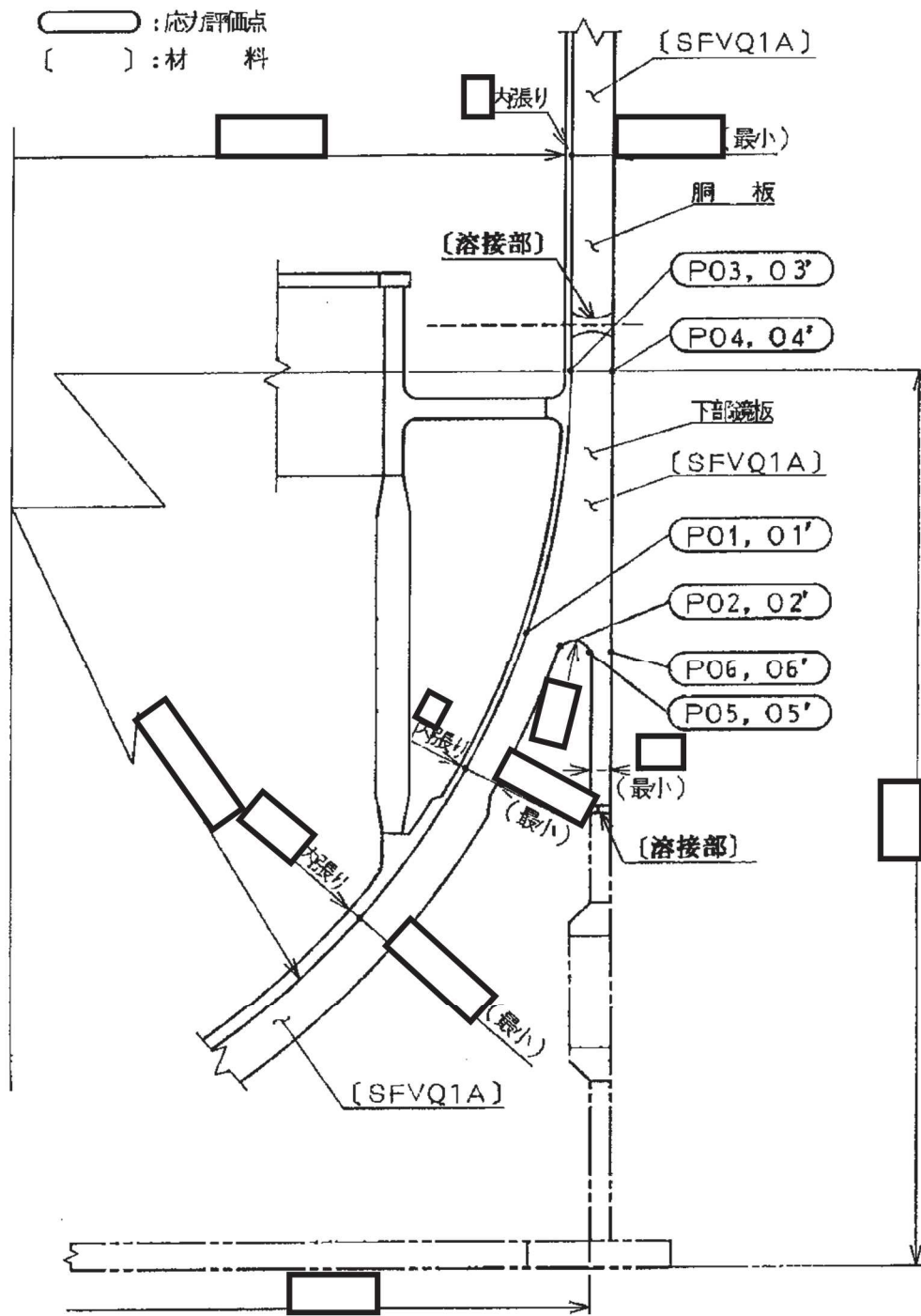


図3-1 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)

表 3-1 計算結果の概要

部分及び材料	許容応力状態	一次一般膜応力強さ (MPa)			一次膜+一次曲げ応力強さ (MPa)			一次+二次応力強さ (MPa)			疲労解析		
		応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価点	疲労累積係数*	許容値	応力評価点
下部鏡板 SFVQ1A	Ⅲ _A S	104	303	P01' - P02'	101	388	P05' - P06'	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ _A S	103	320	P01' - P02'	122	410	P05' - P06'	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ _A S	—	—	—	—	—	—	168	552	P05	0.043	1.000	P05
	Ⅳ _A S	—	—	—	—	—	—	232	552	P05			

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

3.2 計算条件

3.2.1 設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の4.1節に示す。

3.2.2 運転条件

考慮した運転条件を「応力解析の方針」の4.2節に示す。

3.2.3 材料

各部の材料を図3-1に示す。

3.2.4 荷重の組合せ及び許容応力状態

荷重の組合せ及び許容応力状態を「応力解析の方針」の3.4節に示す。

3.2.5 荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」の4.4節に示す。

3.2.6 許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の3.5節に示す。

3.3 応力計算

3.3.1 応力評価点

応力評価点の位置を図3-1に示す。

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

3.3.2 内圧による応力

(1) 荷重条件 (L01)

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

(2) 計算方法

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

なお、各運転条件での内圧による応力は、既工認と同様に、既工認の最高使用圧力での応力を用いて、圧力の比により（比倍して）計算する。

3.3.3 外荷重による応力

(1) 荷重条件 (L12, L13, L18, L14及びL16)

外荷重を「応力解析の方針」の4.2節に示す。

(2) 計算方法

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

3.3.4 応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め、応力強さを算出する。

応力強さの算出方法は、「応力解析の方針」の5.3.2項に定めるとおりである。

3.4 応力強さの評価

3.4.1 一次一般膜応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表3-2に示す。

表3-2より、各許容応力状態の一次一般膜応力強さは、「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

3.4.2 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表3-3に示す。

表3-3より、各許容応力状態の一次膜＋一次曲げ応力強さは、「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

3.4.3 一次＋二次応力強さの評価

地震荷重のみにおける評価を表3-4に示す。

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

3.5 繰返し荷重の評価

3.5.1 疲労解析

下部鏡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) 疲労累積係数

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

表3-6より、各応力評価点において疲労累積係数は1.000以下であり、「応力解析の方針」の3.5節に示す許容値を満足する。

表 3-2 一次一般膜応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価面	許容応力状態Ⅲ _A S		許容応力状態Ⅳ _A S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	96	303	98	320
P01' P02'	104	303	103	320

表 3-3 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価面	許容応力状態Ⅲ _A S		許容応力状態Ⅳ _A S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	94	394	96	416
P01' P02'	99	394	97	416
P03 P04	38	394	38	416
P03' P04'	62	394	71	416
P05 P06	52	388	75	410
P05' P06'	101	388	122	410

表 3-4 一次＋二次応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価点	一次＋二次応力差最大範囲 ($P_L + P_b + Q$)		
	$S_n^{\#1*1}$	$S_n^{\#2*2}$	許容応力 $3 \cdot S_m$
P01	36	50	552
P01'	36	50	552
P02	36	48	552
P02'	36	48	552
P03	50	70	552
P03'	50	70	552
P04	56	76	552
P04'	56	76	552
P05	168	232	552
P05'	168	232	552
P06	82	112	552
P06'	82	112	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 3-5 疲労累積係数

応力評価点 — P05

材 料 — SFVQ1A

No.	S_n (MPa)	K_e	S_p (MPa)	S_ℓ^{*1} (MPa)	$S_\ell'^{*2}$ (MPa)	N_a	N_c	N_c / N_a
1	232	—	390	195	229	15733	340	0.022
疲労累積係数 $U_{S_s} =$								0.022
疲労累積係数 $U_n =$								0.021
疲労累積係数 $U_f = U_n + U_{S_s} =$								0.043

注：疲労累積係数の求め方は、「応力解析の方針」の 5.4.2 項（疲労解析）に示す。

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

*2： S_ℓ に (E_0 / E) を乗じた値である。

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

表 3-6 疲労累積係数の評価のまとめ

応力評価点	疲労累積係数				許容値
	U_n	U_{S_d}	U_{S_s}	U_f^*	
P01	0.002	0.000	0.000	0.002	1.000
P01'	0.002	0.000	0.000	0.002	1.000
P02	0.001	0.000	0.000	0.001	1.000
P02'	0.001	0.000	0.000	0.001	1.000
P03	0.014	0.000	0.000	0.014	1.000
P03'	0.014	0.000	0.000	0.014	1.000
P04	0.006	0.000	0.000	0.006	1.000
P04'	0.006	0.000	0.000	0.006	1.000
P05	0.021	0.014	0.022	0.043	1.000
P05'	0.021	0.014	0.022	0.043	1.000
P06	0.008	0.000	0.000	0.008	1.000
P06'	0.008	0.000	0.000	0.008	1.000

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

4. 制御棒駆動機構ハウジング貫通孔の耐震性についての計算

4.1 一般事項

本章は、制御棒駆動機構ハウジング貫通孔の耐震性についての計算である。

制御棒駆動機構ハウジング貫通孔は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備、常設重大事故緩和設備及び常設重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。

以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

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

4.1.1 記号の説明

記号の説明を「応力解析の方針」の2.4節に示す。

更に、本章において、以下の記号を用いる。

記号	記号の説明	単位
R_i	スタブチューブの内半径	mm
t	スタブチューブの最小厚さ	mm
A	スタブチューブの断面積	mm ²
Z	スタブチューブの断面係数	mm ³
σ_{ca}	許容応力	MPa

4.1.2 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所形状・寸法・材料を図4-1に示す。

4.1.3 解析範囲

解析範囲を図4-1に示す。

4.1.4 計算結果の概要

計算結果の概要を表4-1に示す。

なお、応力評価点の選定に当たっては、形状不連続部、溶接部及び厳しい荷重作用点に着目し、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記載する。

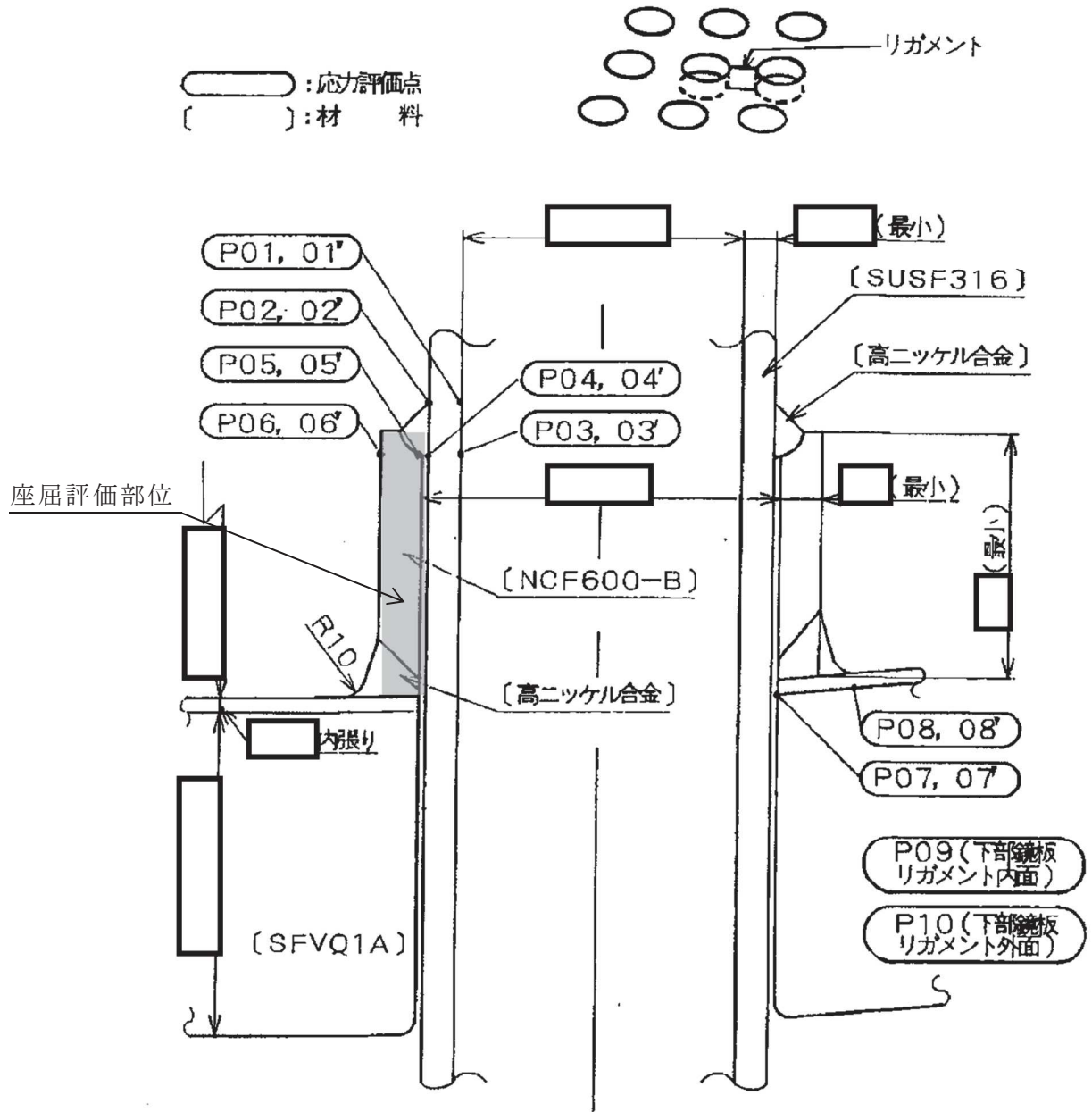


図4-1 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)

表 4-1(1) 計算結果の概要

部分及び材料	許容応力状態	一次一般膜応力強さ (MPa)			一次膜+一次曲げ応力強さ (MPa)			一次+二次応力強さ (MPa)			疲労解析		
		応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価点	疲労累積係数*	許容値	応力評価点
ハウジング SUSF316	Ⅲ _A S	48	143	P03 - P04	48	197	P01 - P02	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ _A S	49	280	P03 - P04	102	386	P01 - P02	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ _A S	—	—	—	—	—	—	80	360	P02	0.002	1.000	P04
	Ⅳ _A S	—	—	—	—	—	—	188	360	P02			
スタブ チューブ NCF600-B	Ⅲ _A S	8	196	P05'- P06'	187	287	P07'- P08'	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ _A S	9	334	P05'- P06'	207	487	P07'- P08'	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ _A S	—	—	—	—	—	—	52	492	P06	0.006	1.000	P05
	Ⅳ _A S	—	—	—	—	—	—	128	492	P06			
下部鏡板 リガメント SFVQ1A	Ⅲ _A S	144	303	P09 - P10	149	454	P09 - P10	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ _A S	143	320	P09 - P10	148	481	P09 - P10	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ _A S	—	—	—	—	—	—	0	552	P09	0.003	1.000	P10
	Ⅳ _A S	—	—	—	—	—	—	2	552	P09			

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

表4-1(2) 計算結果の概要

(単位 : MPa)

部分及び材料	許容応力状態	座屈に対する評価	
		圧縮応力	許容応力
スタブチューブ NCF600-B	Ⅲ _A S	36	101
	Ⅳ _A S	74	126

4.2 計算条件

4.2.1 設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の4.1節に示す。

4.2.2 運転条件

考慮した運転条件を「応力解析の方針」の4.2節に示す。

4.2.3 材料

各部の材料を図4-1に示す。

4.2.4 荷重の組合せ及び許容応力状態

荷重の組合せ及び許容応力状態を「応力解析の方針」の3.4節に示す。

4.2.5 荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」の4.4節に示す。

4.2.6 許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の3.5節に示す。

4.3 応力計算

4.3.1 応力評価点

応力評価点の位置を図4-1に示す。

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

4.3.2 内圧による応力

(1) 荷重条件 (L01)

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

(2) 計算方法

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

なお、各運転条件での内圧による応力は、既工認と同様に、既工認の最高使用圧力での応力を用いて、圧力の比により（比倍して）計算する。

4.3.3 外荷重による応力

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

外荷重を「応力解析の方針」の4.2節に示す。

(2) 計算方法

L14及びL16の荷重のうち、軸対称荷重（鉛直力 V_1 及び V_2 ）による応力の計算は、二次元軸対称の有限要素でモデル化し、計算機コード「STAX」により行う。なお、評価に用いる計算機コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

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

4.3.4 応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め、応力強さを算出する。

応力強さの算出方法は、「応力解析の方針」の5.3.2項に定めるとおりである。

4.4 応力強さの評価

4.4.1 一次一般膜応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表4-2に示す。

表4-2より、各許容応力状態の一次一般膜応力強さは、「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

4.4.2 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表4-3に示す。

表4-3より、各許容応力状態の一次膜＋一次曲げ応力強さは、「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

4.4.3 一次＋二次応力強さの評価

地震荷重のみにおける評価を表4-4に示す。

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

4.5 繰返し荷重の評価

4.5.1 疲労解析

ハウジング、スタブチューブ及び下部鏡板リガメントの応力評価点について、詳細な繰返し荷重の評価を行う。

(1) 疲労累積係数

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

表4-6より、各応力評価点において疲労累積係数は1.000以下であり、「応力解析の方針」の3.5節に示す許容値を満足する。

4.6 特別な応力の評価

4.6.1 座屈に対する評価

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

(1) 計算データ

スタブチューブの内半径 $R_i =$ 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) 荷重

スタブチューブに作用する鉛直力及びモーメントを「応力解析の方針」の4.2節に示す。

(3) 圧縮応力

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

(4) 許容応力

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

a. 許容応力状態Ⅲ_AS

許容応力状態Ⅲ_ASにおける許容応力 σ_{ca} は、次のように得られる。

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

ここで、

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

$$B = 84 \text{ MPa}$$

 °Cにおける値)

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

設計・建設規格 付録材料図表 Part7 図1より

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

を用いて、設計・建設規格 付録材料図表 Part7 図7より

$$B = 84 \text{ MPa}$$

よって、許容応力 σ_{ca} は、

$$\sigma_{ca} = 1.2 \cdot B = 1.2 \times 84 = 101 \text{ MPa}$$

b. 許容応力状態Ⅳ_AS

許容応力状態Ⅳ_ASにおける許容応力 σ_{ca} は、次のように得られる。

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

よって、許容応力 σ_{ca} は、

$$\sigma_{ca} = 1.5 \cdot B = 1.5 \times 84 = 126 \text{ MPa}$$

(5) 座屈に対する評価

各許容応力状態における座屈に対する評価を表4-8に示す。

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

表 4-2 一次一般膜応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価面	許容応力状態Ⅲ _A S		許容応力状態Ⅳ _A S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	10	143	12	280
P01' P02'	10	143	11	280
P03 P04	48	143	49	280
P03' P04'	48	143	49	280
P05 P06	6	196	6	334
P05' P06'	8	196	9	334
P07 P08	2	196	3	334
P07' P08'	4	196	6	334
P09 P10	144	303	143	320

表 4-3 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価面	許容応力状態Ⅲ _A S		許容応力状態Ⅳ _A S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	48	197	102	386
P01' P02'	38	197	91	386
P03 P04	35	197	50	386
P03' P04'	9	197	14	386
P05 P06	34	273	71	464
P05' P06'	28	273	64	464
P07 P08	162	287	147	487
P07' P08'	187	287	207	487
P09 P10	149	454	148	481

表 4-4 一次＋二次応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価点	一次＋二次応力差最大範囲 ($P_L + P_b + Q$)		
	$S_n^{\#1*1}$	$S_n^{\#2*2}$	許容応力 $3 \cdot S_m$
P01	62	152	360
P01'	62	152	360
P02	80	188	360
P02'	80	188	360
P03	20	46	360
P03'	20	46	360
P04	26	56	360
P04'	26	56	360
P05	48	110	492
P05'	48	110	492
P06	52	128	492
P06'	52	128	492
P07	24	56	492
P07'	24	56	492
P08	34	80	492
P08'	34	80	492
P09	0	2	552
P10	0	0	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 4-5(1) 疲労累積係数

応力評価点 — P04

材 料 — SUSF316

No.	S_n (MPa)	K_e	S_p (MPa)	S_ℓ^{*1} (MPa)	$S_\ell'^{*2}$ (MPa)	N_a	N_c	N_c / N_a
1	56	—	278	139	154	2173529	340	0.001
疲労累積係数 $U_{S_s} =$								0.001
疲労累積係数 $U_n =$								0.001
疲労累積係数 $U_f = U_n + U_{S_s} =$								0.002

注：疲労累積係数の求め方は、「応力解析の方針」の 5.4.2 項（疲労解析）に示す。

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

*2： S_ℓ に (E_0 / E) を乗じた値である。

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

表 4-5(2) 疲労累積係数

応力評価点 — P05

材 料 — NCF600-B

No.	S_n (MPa)	K_e	S_p (MPa)	S_ℓ^{*1} (MPa)	$S_\ell'^{*2}$ (MPa)	N_a	N_c	N_c / N_a
1	110	—	542	271	267	133077	340	0.003
疲労累積係数 $U_{S_s} =$								0.003
疲労累積係数 $U_n =$								0.003
疲労累積係数 $U_f = U_n + U_{S_s} =$								0.006

注：疲労累積係数の求め方は、「応力解析の方針」の5.4.2項（疲労解析）に示す。

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

*2： S_ℓ に (E_0 / E) を乗じた値である。

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

表 4-5(3) 疲労累積係数

応力評価点 — P10

材 料 — SFVQ1A

No.	S_n (MPa)	K_e	S_p (MPa)	S_ℓ^{*1} (MPa)	$S_\ell'^{*2}$ (MPa)	N_a	N_c	N_c / N_a
1	0	—	10	5	6	1000000	340	0.000
疲労累積係数 $U_{S_s} =$								0.000
疲労累積係数 $U_n =$								0.003
疲労累積係数 $U_f = U_n + U_{S_s} =$								0.003

注：疲労累積係数の求め方は、「応力解析の方針」の 5.4.2 項（疲労解析）に示す。

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

*2： S_ℓ に (E_0 / E) を乗じた値である。

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

表 4-6 疲労累積係数の評価のまとめ

応力評価点	疲労累積係数				許容値
	U_n	U_{S_d}	U_{S_s}	U_f^*	
P01	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000
P01'	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000
P02	0.000	0.000	0.001	0.001	1.000
P02'	0.000	0.000	0.001	0.001	1.000
P03	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000
P03'	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000
P04	0.001	0.000	0.001	0.002	1.000
P04'	0.001	0.000	0.001	0.002	1.000
P05	0.003	0.001	0.003	0.006	1.000
P05'	0.003	0.001	0.003	0.006	1.000
P06	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000
P06'	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000
P07	0.001	0.000	0.000	0.001	1.000
P07'	0.001	0.000	0.000	0.001	1.000
P08	0.003	0.000	0.000	0.003	1.000
P08'	0.003	0.000	0.000	0.003	1.000
P09	0.003	0.000	0.000	0.003	1.000
P10	0.003	0.000	0.000	0.003	1.000

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

表4-7 座屈に対する評価に用いる荷重

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

注記*1 : 「応力解析の方針」の4.2節に示す $V_1 + V_2$ の値

*2 : 「応力解析の方針」の4.2節に示す $M_1 + M_2$ の値

表4-8 座屈に対する評価

(単位 : MPa)

許容応力状態	圧縮応力	許容応力
Ⅲ _A S	36	101
Ⅳ _A S	74	126

5. 再循環水出口ノズル (N1) の耐震性についての計算

5.1 一般事項

本章は、再循環水出口ノズル (N1) の耐震性についての計算である。

再循環水出口ノズル (N1) は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備、常設重大事故緩和設備及び常設重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。

以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

5.1.1 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図5-1に示す。

5.1.2 解析範囲

解析範囲を図5-1に示す。

5.1.3 計算結果の概要

計算結果の概要を表5-1に示す。

なお、応力評価点の選定に当たっては、形状不連続部、溶接部及び厳しい荷重作用点に着目し、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記載する。

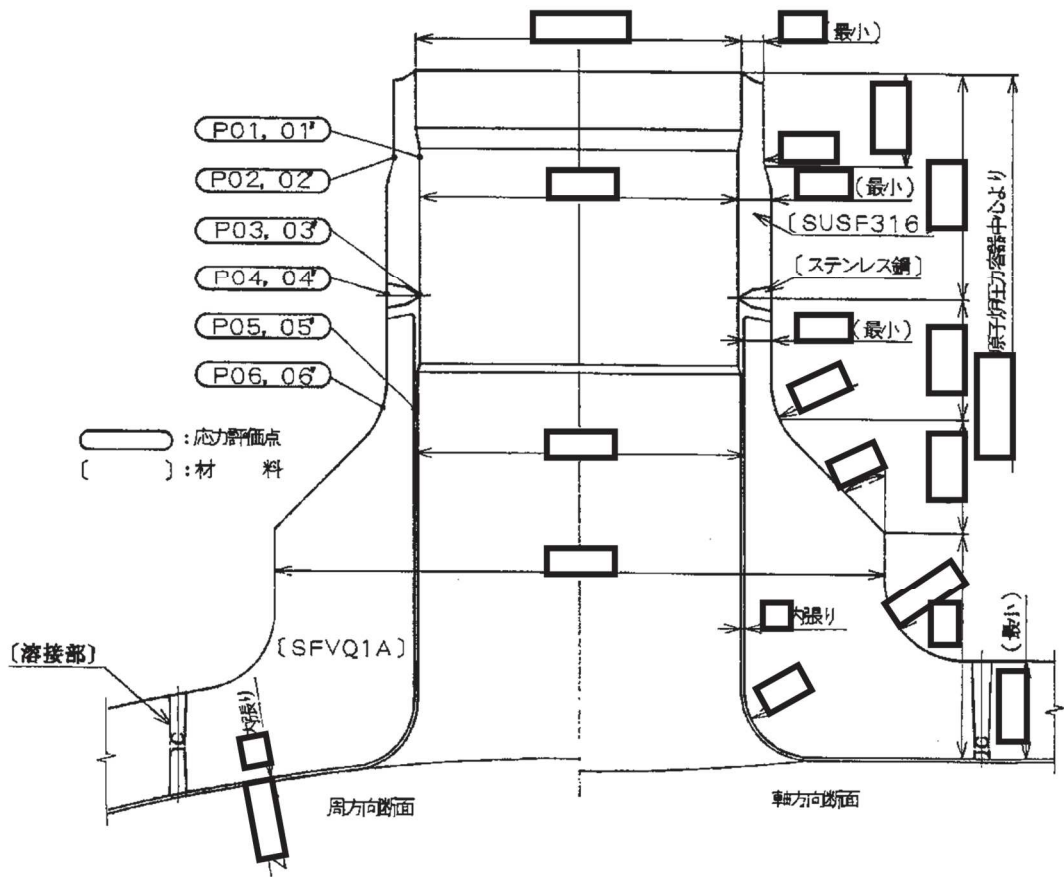


図5-1 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)

表 5-1 計算結果の概要

部分及び材料	許容応力状態	一次一般膜応力強さ (MPa)			一次膜+一次曲げ応力強さ (MPa)			一次+二次応力強さ (MPa)			疲労解析		
		応力 強さ	許容 応力	応力評価面	応力 強さ	許容 応力	応力評価面	応力 強さ	許容 応力	応力 評価点	疲労 累積係数*1	許容値	応力 評価点
ノズル セーフエンド SUSF316	Ⅲ _A S	76	143	P01 - P02	172	194	P01' - P02'	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ _A S	81	280	P01 - P02	195	380	P01' - P02'	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ _A S	—	—	—	—	—	—	320	360	P02	0.004	1.000	P02
	Ⅳ _A S	—	—	—	—	—	—	378*2	360	P02			
溶接部 ステンレス鋼	Ⅲ _A S	62	143	P03 - P04	145	197	P03 - P04	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ _A S	65	280	P03 - P04	163	386	P03 - P04	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ _A S	—	—	—	—	—	—	270	360	P04	0.002	1.000	P04
	Ⅳ _A S	—	—	—	—	—	—	320	360	P04			
ノズルエンド SFVQ1A	Ⅲ _A S	75	303	P05 - P06	180	409	P05 - P06	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ _A S	80	320	P05 - P06	204	432	P05 - P06	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ _A S	—	—	—	—	—	—	344	552	P06	0.071	1.000	P06
	Ⅳ _A S	—	—	—	—	—	—	410	552	P06			

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

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

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

5.2 計算条件

5.2.1 設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の4.1節に示す。

5.2.2 運転条件

考慮した運転条件を「応力解析の方針」の4.2節に示す。

5.2.3 材料

各部の材料を図5-1に示す。

5.2.4 荷重の組合せ及び許容応力状態

荷重の組合せ及び許容応力状態を「応力解析の方針」の3.4節に示す。

5.2.5 荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」の4.4節に示す。

5.2.6 許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の3.5節に示す。

5.3 応力計算

5.3.1 応力評価点

応力評価点の位置を図5-1に示す。

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

5.3.2 内圧による応力

(1) 荷重条件 (L01)

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

(2) 計算方法

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

なお、各運転条件での内圧による応力は、既工認と同様に、既工認の最高使用圧力での応力を用いて、圧力の比により（比倍して）計算する。

5.3.3 外荷重による応力

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

外荷重を「応力解析の方針」の4.2節に示す。

(2) 計算方法

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

5.3.4 応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め、応力強さを算出する。

応力強さの算出方法は、「応力解析の方針」の5.3.2項に定めるとおりである。

5.4 応力強さの評価

5.4.1 一次一般膜応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表5-2に示す。

表5-2より、各許容応力状態の一次一般膜応力強さは、「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

5.4.2 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表5-3に示す。

表5-3より、各許容応力状態の一次膜＋一次曲げ応力強さは、「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

5.4.3 一次＋二次応力強さの評価

地震荷重のみにおける評価を表5-4に示す。

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

P02及びP02'

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(P02及びP02')にあつては、「応力解析の方針」の5.4節に示す簡易弾塑性解析の方法を適用する。

5.5 繰返し荷重の評価

5.5.1 疲労解析

ノズルセーフエンド，溶接部及びノズルエンドの応力評価点について，詳細な繰返し荷重の評価を行う。

(1) 疲労累積係数

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

表5-6より，各応力評価点において疲労累積係数は1.000以下であり，「応力解析の方針」の3.5節に示す許容値を満足する。

表 5-2 一次一般膜応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価面	許容応力状態Ⅲ _A S		許容応力状態Ⅳ _A S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	76	143	81	280
P01' P02'	73	143	77	280
P03 P04	62	143	65	280
P03' P04'	59	143	62	280
P05 P06	75	303	80	320
P05' P06'	73	303	77	320

表 5-3 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価面	許容応力状態Ⅲ _A S		許容応力状態Ⅳ _A S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	168	194	190	380
P01' P02'	172	194	195	380
P03 P04	145	197	163	386
P03' P04'	145	197	163	386
P05 P06	180	409	204	432
P05' P06'	162	409	186	432

表 5-4 一次＋二次応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価点	一次＋二次応力差最大範囲 ($P_L + P_b + Q$)		
	$S_n^{\#1*1}$	$S_n^{\#2*2}$	許容応力 $3 \cdot S_m$
P01	280	332	360
P01'	280	332	360
P02	320	378 ^{*3}	360
P02'	320	378 ^{*3}	360
P03	228	272	360
P03'	228	272	360
P04	270	320	360
P04'	270	320	360
P05	302	360	552
P05'	302	360	552
P06	344	410	552
P06'	344	410	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 5-5(1) 疲労累積係数

応力評価点 — P02

材 料 — SUSF316

No.	S_n (MPa)	K_e	S_p (MPa)	S_{ℓ}^{*1} (MPa)	$S_{\ell}'^{*2}$ (MPa)	N_a	N_c	N_c / N_a
1	378	1.142	446	255	282	97905	340	0.004
疲労累積係数 $U_{S_s} =$								0.004
疲労累積係数 $U_n =$								0.000
疲労累積係数 $U_f = U_n + U_{S_s} =$								0.004

注：疲労累積係数の求め方は、「応力解析の方針」の 5.4.2 項（疲労解析）に示す。

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

*2： S_{ℓ} に (E_0 / E) を乗じた値である。

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

表 5-5(2) 疲労累積係数

応力評価点 — P04

材 料 — ステンレス鋼

No.	S_n (MPa)	K_e	S_p (MPa)	S_ℓ^{*1} (MPa)	$S_\ell'^{*2}$ (MPa)	N_a	N_c	N_c / N_a
1	320	—	320	160	177	1343599	340	0.001
疲労累積係数 $U_{S_s} =$								0.001
疲労累積係数 $U_n =$								0.001
疲労累積係数 $U_f = U_n + U_{S_s} =$								0.002

注：疲労累積係数の求め方は、「応力解析の方針」の 5.4.2 項（疲労解析）に示す。

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

*2： S_ℓ に (E_0 / E) を乗じた値である。

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

表 5-5(3) 疲労累積係数

応力評価点 — P06

材 料 — SFVQ1A

No.	S_n (MPa)	K_e	S_p (MPa)	S_ℓ^{*1} (MPa)	$S_\ell'^{*2}$ (MPa)	N_a	N_c	N_c / N_a
1	344	—	472	236	278	8426	590	0.071
疲労累積係数 $U_{S_d} =$								0.071
疲労累積係数 $U_n =$								0.000
疲労累積係数 $U_f = U_n + U_{S_d} =$								0.071

注：疲労累積係数の求め方は、「応力解析の方針」の 5.4.2 項（疲労解析）に示す。

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

*2： S_ℓ に (E_0 / E) を乗じた値である。

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

表 5-6 疲労累積係数の評価のまとめ

応力評価点	疲労累積係数				許容値
	U_n	U_{S_d}	U_{S_s}	U_f^*	
P01	0.001	0.001	0.001	0.002	1.000
P01'	0.000	0.001	0.001	0.001	1.000
P02	0.000	0.001	0.004	0.004	1.000
P02'	0.000	0.001	0.004	0.004	1.000
P03	0.001	0.001	0.001	0.002	1.000
P03'	0.000	0.001	0.001	0.001	1.000
P04	0.001	0.001	0.001	0.002	1.000
P04'	0.001	0.001	0.001	0.002	1.000
P05	0.000	0.017	0.017	0.017	1.000
P05'	0.000	0.017	0.017	0.017	1.000
P06	0.000	0.071	0.067	0.071	1.000
P06'	0.000	0.071	0.067	0.071	1.000

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

6. 再循環水入口ノズル（N2）の耐震性についての計算

6.1 一般事項

本章は、再循環水入口ノズル（N2）の耐震性についての計算である。

再循環水入口ノズル（N2）は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備、常設重大事故緩和設備及び常設重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。

以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

6.1.1 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図6-1に示す。

6.1.2 解析範囲

解析範囲を図6-1に示す。

6.1.3 計算結果の概要

計算結果の概要を表6-1に示す。

なお、応力評価点の選定に当たっては、形状不連続部、溶接部及び厳しい荷重作用点に着目し、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記載する。

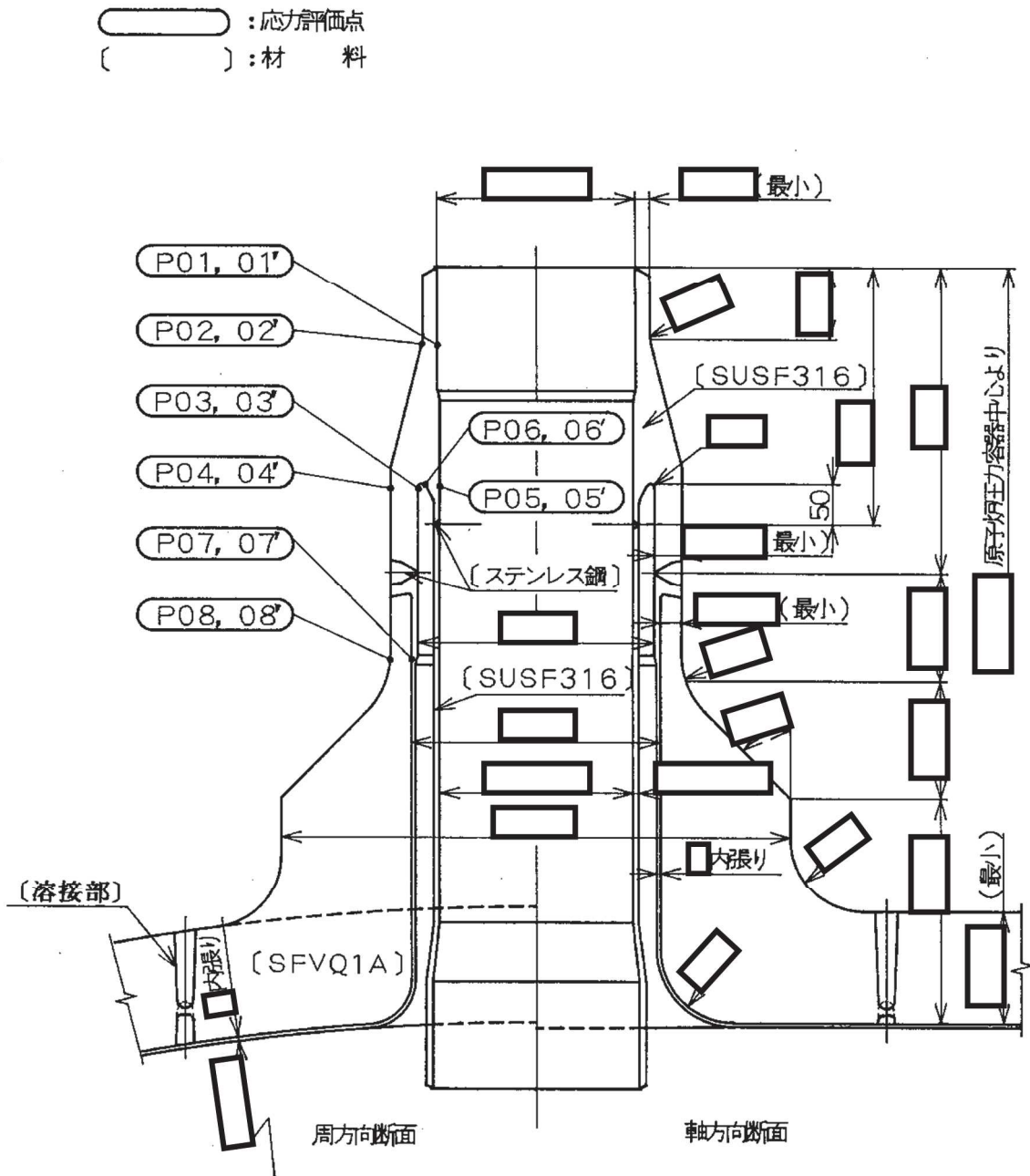


図6-1 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)

表 6-1 計算結果の概要

部分及び材料	許容応力状態	一次一般膜応力強さ (MPa)			一次膜+一次曲げ応力強さ (MPa)			一次+二次応力強さ (MPa)			疲労解析		
		応力 強さ	許容 応力	応力評価面	応力 強さ	許容 応力	応力評価面	応力 強さ	許容 応力	応力 評価点	疲労 累積係数*1	許容値	応力 評価点
ノズル セーフエンド SUSF316	Ⅲ _A S	97	143	P01 - P02	171	193	P01' - P02'	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ _A S	108	280	P01 - P02	328	378	P01' - P02'	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ _A S	—	—	—	—	—	—	228	360	P02	0.625	1.000	P02
	Ⅳ _A S	—	—	—	—	—	—	730*2	360	P02			
サーマル スリーブ SUSF316	Ⅲ _A S	27	143	P05 - P06	61	193	P05' - P06'	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ _A S	28	280	P05 - P06	78	378	P05' - P06'	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ _A S	—	—	—	—	—	—	96	360	P06	0.017	1.000	P06'
	Ⅳ _A S	—	—	—	—	—	—	164	360	P06			
ノズルエンド SFVQ1A	Ⅲ _A S	65	303	P07 - P08	86	409	P07' - P08'	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ _A S	72	320	P07 - P08	185	432	P07' - P08'	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ _A S	—	—	—	—	—	—	170	552	P08	0.100	1.000	P08
	Ⅳ _A S	—	—	—	—	—	—	488	552	P08			

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

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

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

6.2 計算条件

6.2.1 設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の4.1節に示す。

6.2.2 運転条件

考慮した運転条件を「応力解析の方針」の4.2節に示す。

6.2.3 材料

各部の材料を図6-1に示す。

6.2.4 荷重の組合せ及び許容応力状態

荷重の組合せ及び許容応力状態を「応力解析の方針」の3.4節に示す。

6.2.5 荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」の4.4節に示す。

6.2.6 許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の3.5節に示す。

6.3 応力計算

6.3.1 応力評価点

応力評価点の位置を図6-1に示す。

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

6.3.2 内圧及び差圧による応力

(1) 荷重条件 (L01及びL02)

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

(2) 計算方法

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

なお、各運転条件での内圧及び差圧による応力は、既工認と同様に、既工認の最高使用圧力及び設計差圧での応力を用いて、圧力の比により（比倍して）計算する。

6.3.3 外荷重による応力

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

外荷重を「応力解析の方針」の4.2節に示す。

(2) 計算方法

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

6.3.4 応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め、応力強さを算出する。

応力強さの算出方法は、「応力解析の方針」の5.3.2項に定めるとおりである。

6.4 応力強さの評価

6.4.1 一次一般膜応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表6-2に示す。

表6-2より、各許容応力状態の一次一般膜応力強さは、「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

6.4.2 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表6-3に示す。

表6-3より、各許容応力状態の一次膜＋一次曲げ応力強さは、「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

6.4.3 一次＋二次応力強さの評価

地震荷重のみにおける評価を表6-4に示す。

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

P01, P01', P02及びP02'

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 (P01, P01', P02及びP02') にあつては、「応力解析の方針」の5.4節に示す簡易弾塑性解析の方法を適用する。

6.5 繰返し荷重の評価

6.5.1 疲労解析

ノズルセーフエンド、サーマルスリーブ及びノズルエンドの応力評価点について、詳細な繰返し荷重の評価を行う。

(1) 疲労累積係数

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

表6-6より、各応力評価点において疲労累積係数は1.000以下であり、「応力解析の方針」の3.5節に示す許容値を満足する。

表 6-2 一次一般膜応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価面	許容応力状態Ⅲ _A S		許容応力状態Ⅳ _A S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	97	143	108	280
P01' P02'	94	143	103	280
P03 P04	48	143	53	280
P03' P04'	47	143	51	280
P05 P06	27	143	28	280
P05' P06'	27	143	28	280
P07 P08	65	303	72	320
P07' P08'	65	303	70	320

表 6-3 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価面	許容応力状態Ⅲ _A S		許容応力状態Ⅳ _A S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	115	193	264	378
P01' P02'	171	193	328	378
P03 P04	55	198	120	389
P03' P04'	72	198	139	389
P05 P06	33	193	46	378
P05' P06'	61	193	78	378
P07 P08	85	409	183	432
P07' P08'	86	409	185	432

表 6-4 一次＋二次応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価点	一次＋二次応力差最大範囲 ($P_L + P_b + Q$)		
	$S_n \# 1^{*1}$	$S_n \# 2^{*2}$	許容応力 $3 \cdot S_m$
P01	202	648 ^{*3}	360
P01'	202	648 ^{*3}	360
P02	228	730 ^{*3}	360
P02'	228	730 ^{*3}	360
P03	102	284	360
P03'	102	284	360
P04	120	342	360
P04'	120	342	360
P05	86	144	360
P05'	86	144	360
P06	96	164	360
P06'	96	164	360
P07	148	426	552
P07'	148	426	552
P08	170	488	552
P08'	170	488	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 6-5(1) 疲労累積係数

応力評価点 — P02

材 料 — SUSF316

No.	S_n (MPa)	K_e	S_p (MPa)	S_ℓ^{*1} (MPa)	$S_\ell'^{*2}$ (MPa)	N_a	N_c	N_c / N_a
1	730	2.064	868	896	993	545	340	0.624
疲労累積係数 $U_{S_s} =$								0.624
疲労累積係数 $U_n =$								0.001
疲労累積係数 $U_f = U_n + U_{S_s} =$								0.625

注：疲労累積係数の求め方は、「応力解析の方針」の 5.4.2 項（疲労解析）に示す。

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

*2： S_ℓ に (E_0 / E) を乗じた値である。

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

表 6-5(2) 疲労累積係数

応力評価点 — P06'

材 料 — SUSF316

No.	S_n (MPa)	K_e	S_p (MPa)	S_ℓ^{*1} (MPa)	$S_\ell'^{*2}$ (MPa)	N_a	N_c	N_c / N_a
1	164	—	678	339	376	22055	340	0.016
疲労累積係数 $U_{S_s} =$								0.016
疲労累積係数 $U_n =$								0.001
疲労累積係数 $U_f = U_n + U_{S_s} =$								0.017

注：疲労累積係数の求め方は、「応力解析の方針」の 5.4.2 項（疲労解析）に示す。

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

*2： S_ℓ に (E_0 / E) を乗じた値である。

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

表 6-5(3) 疲労累積係数

応力評価点 — P08

材 料 — SFVQ1A

No.	S_n (MPa)	K_e	S_p (MPa)	S_ℓ^{*1} (MPa)	$S_\ell'^{*2}$ (MPa)	N_a	N_c	N_c / N_a
1	342	—	428	214	252	11425	340	0.030
疲労累積係数 $U_{S_s} =$								0.030
疲労累積係数 $U_n =$								0.001
疲労累積係数 $U_f = U_n + U_{S_s} =$								0.031

注：疲労累積係数の求め方は、「応力解析の方針」の 5.4.2 項（疲労解析）に示す。

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

*2： S_ℓ に (E_0 / E) を乗じた値である。

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

表 6-6 疲労累積係数の評価のまとめ

応力評価点	疲労累積係数				許容値
	U_n	U_{S_d}	U_{S_s}	U_f^*	
P01	0.001	0.001	0.193	0.194	1.000
P01'	0.001	0.001	0.193	0.194	1.000
P02	0.001	0.001	0.624	0.625	1.000
P02'	0.001	0.001	0.624	0.625	1.000
P03	0.001	0.001	0.078	0.079	1.000
P03'	0.001	0.001	0.078	0.079	1.000
P04	0.001	0.000	0.001	0.002	1.000
P04'	0.001	0.000	0.001	0.002	1.000
P05	0.001	0.000	0.000	0.001	1.000
P05'	0.001	0.000	0.000	0.001	1.000
P06	0.000	0.002	0.016	0.016	1.000
P06'	0.001	0.002	0.016	0.017	1.000
P07	0.001	0.001	0.030	0.031	1.000
P07'	0.001	0.001	0.030	0.031	1.000
P08	0.001	0.005	0.099	0.100	1.000
P08'	0.001	0.005	0.099	0.100	1.000

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

7. 主蒸気出口ノズル (N3) の耐震性についての計算

7.1 一般事項

本章は、主蒸気出口ノズル (N3) の耐震性についての計算である。

主蒸気出口ノズル (N3) は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備、常設重大事故緩和設備及び常設重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。

以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

7.1.1 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図7-1に示す。

7.1.2 解析範囲

解析範囲を図7-1に示す。

7.1.3 計算結果の概要

計算結果の概要を表7-1に示す。

なお、応力評価点の選定に当たっては、形状不連続部、溶接部及び厳しい荷重作用点に着目し、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記載する。

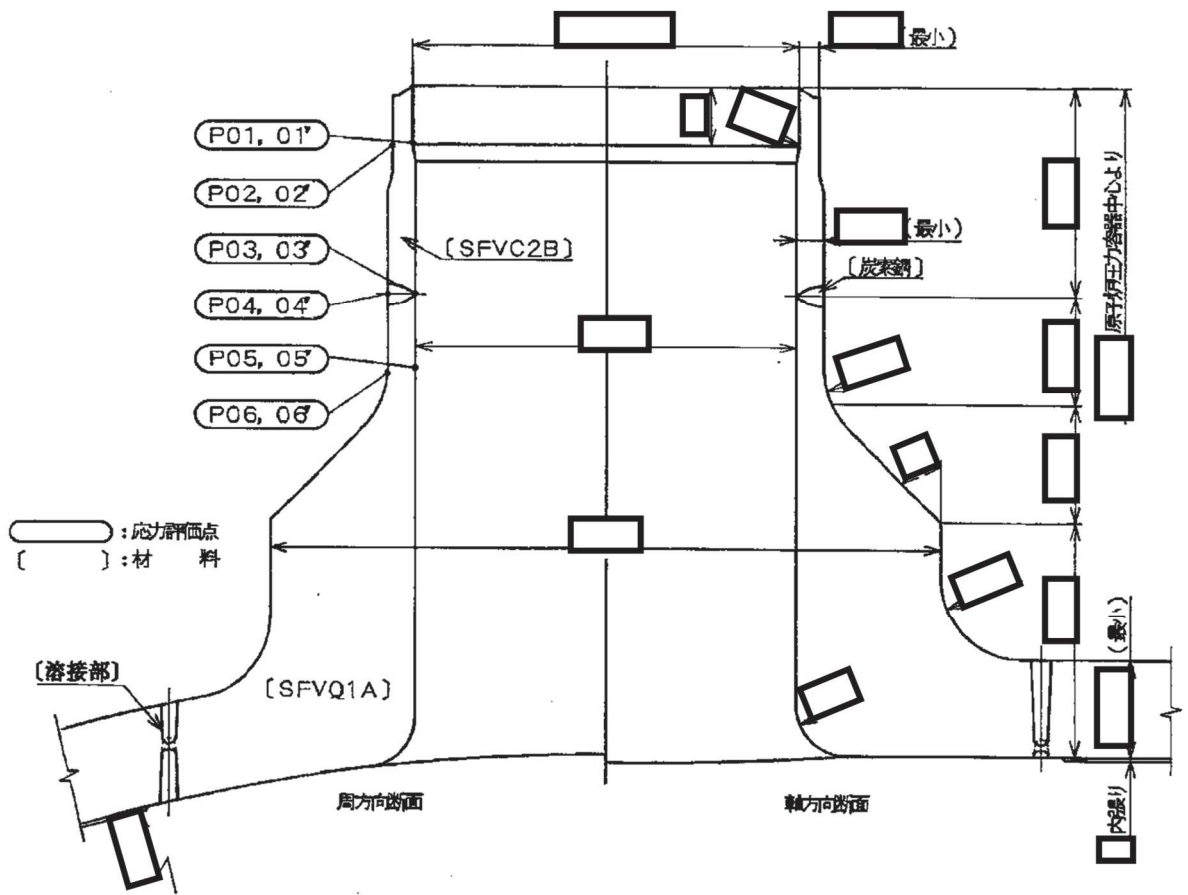


図7-1 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)

表 7-1 計算結果の概要

部分及び材料	許容応力状態	一次一般膜応力強さ (MPa)			一次膜+一次曲げ応力強さ (MPa)			一次+二次応力強さ (MPa)			疲労解析		
		応力 強さ	許容 応力	応力評価面	応力 強さ	許容 応力	応力評価面	応力 強さ	許容 応力	応力 評価点	疲労 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	111	188	P01 - P02	188	249	P01' - P02'	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ _A S	110	292	P01 - P02	181	385	P01' - P02'	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ _A S	—	—	—	—	—	—	382	383	P02	0.036	1.000	P01
	Ⅳ _A S	—	—	—	—	—	—	380	383	P02			
溶接部 炭素鋼	Ⅲ _A S	81	188	P03 - P04	153	253	P03' - P04'	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ _A S	81	292	P03 - P04	147	391	P03' - P04'	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ _A S	—	—	—	—	—	—	310	383	P04	0.016	1.000	P04
	Ⅳ _A S	—	—	—	—	—	—	310	383	P04			
ノズルエンド SFVQ1A	Ⅲ _A S	81	303	P05 - P06	159	406	P05 - P06	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ _A S	81	320	P05 - P06	153	429	P05 - P06	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ _A S	—	—	—	—	—	—	336	552	P06	0.061	1.000	P06
	Ⅳ _A S	—	—	—	—	—	—	336	552	P06			

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

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

7.2 計算条件

7.2.1 設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の4.1節に示す。

7.2.2 運転条件

考慮した運転条件を「応力解析の方針」の4.2節に示す。

7.2.3 材料

各部の材料を図7-1に示す。

7.2.4 荷重の組合せ及び許容応力状態

荷重の組合せ及び許容応力状態を「応力解析の方針」の3.4節に示す。

7.2.5 荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」の4.4節に示す。

7.2.6 許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の3.5節に示す。

7.3 応力計算

7.3.1 応力評価点

応力評価点の位置を図7-1に示す。

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

7.3.2 内圧による応力

(1) 荷重条件 (L01)

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

(2) 計算方法

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

なお、各運転条件での内圧による応力は、既工認と同様に、既工認の最高使用圧力での応力を用いて、圧力の比により（比倍して）計算する。

7.3.3 外荷重による応力

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

外荷重を「応力解析の方針」の4.2節に示す。

(2) 計算方法

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

7.3.4 応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め、応力強さを算出する。

応力強さの算出方法は、「応力解析の方針」の5.3.2項に定めるとおりである。

7.4 応力強さの評価

7.4.1 一次一般膜応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表7-2に示す。

表7-2より、各許容応力状態の一次一般膜応力強さは、「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

7.4.2 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表7-3に示す。

表7-3より、各許容応力状態の一次膜＋一次曲げ応力強さは、「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

7.4.3 一次＋二次応力強さの評価

地震荷重のみにおける評価を表7-4に示す。

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

7.5 繰返し荷重の評価

7.5.1 疲労解析

ノズルセーフエンド，溶接部及びノズルエンドの応力評価点について，詳細な繰返し荷重の評価を行う。

(1) 疲労累積係数

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

表7-6より，各応力評価点において疲労累積係数は1.000以下であり，「応力解析の方針」の3.5節に示す許容値を満足する。

表 7-2 一次一般膜応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価面	許容応力状態Ⅲ _A S		許容応力状態Ⅳ _A S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	111	188	110	292
P01' P02'	107	188	107	292
P03 P04	81	188	81	292
P03' P04'	78	188	78	292
P05 P06	81	303	81	320
P05' P06'	78	303	78	320

表 7-3 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価面	許容応力状態Ⅲ _A S		許容応力状態Ⅳ _A S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	181	249	174	385
P01' P02'	188	249	181	385
P03 P04	149	253	144	391
P03' P04'	153	253	147	391
P05 P06	159	406	153	429
P05' P06'	145	406	139	429

表 7-4 一次＋二次応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価点	一次＋二次応力差最大範囲 ($P_L + P_b + Q$)		
	$S_n^{\#1*1}$	$S_n^{\#2*2}$	許容応力 $3 \cdot S_m$
P01	354	354	383
P01'	354	354	383
P02	382	380	383
P02'	382	380	383
P03	280	278	383
P03'	280	278	383
P04	310	310	383
P04'	310	310	383
P05	302	302	552
P05'	302	302	552
P06	336	336	552
P06'	336	336	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 7-5(1) 疲労累積係数

応力評価点 — P01

材 料 — SFVC2B

No.	S_n (MPa)	K_e	S_p (MPa)	S_ℓ^{*1} (MPa)	$S_\ell'^{*2}$ (MPa)	N_a	N_c	N_c / N_a
1	354	—	402	201	224	17154	590	0.035
疲労累積係数 $U_{S_d} =$								0.035
疲労累積係数 $U_n =$								0.001
疲労累積係数 $U_f = U_n + U_{S_d} =$								0.036

注：疲労累積係数の求め方は、「応力解析の方針」の 5.4.2 項（疲労解析）に示す。

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

*2： S_ℓ に (E_0 / E) を乗じた値である。

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

表 7-5(2) 疲労累積係数

応力評価点 — P04

材 料 — 炭素鋼

No.	S_n (MPa)	K_e	S_p (MPa)	S_ℓ^{*1} (MPa)	$S_\ell'^{*2}$ (MPa)	N_a	N_c	N_c / N_a
1	310	—	310	155	173	38887	590	0.016
疲労累積係数 $U_{S_d} =$								0.016
疲労累積係数 $U_n =$								0.000
疲労累積係数 $U_f = U_n + U_{S_d} =$								0.016

注：疲労累積係数の求め方は、「応力解析の方針」の 5.4.2 項（疲労解析）に示す。

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

*2： S_ℓ に (E_0 / E) を乗じた値である。

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

表 7-5(3) 疲労累積係数

応力評価点 — P06

材 料 — SFVQ1A

No.	S_n (MPa)	K_e	S_p (MPa)	S_ℓ^{*1} (MPa)	$S_\ell'^{*2}$ (MPa)	N_a	N_c	N_c / N_a
1	336	—	446	223	262	9968	590	0.060
疲労累積係数 $U_{S_d} =$								0.060
疲労累積係数 $U_n =$								0.001
疲労累積係数 $U_f = U_n + U_{S_d} =$								0.061

注：疲労累積係数の求め方は、「応力解析の方針」の 5.4.2 項（疲労解析）に示す。

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

*2： S_ℓ に (E_0 / E) を乗じた値である。

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

表 7-6 疲労累積係数の評価のまとめ

応力評価点	疲労累積係数				許容値
	U_n	U_{S_d}	U_{S_s}	U_f^*	
P01	0.001	0.035	0.020	0.036	1.000
P01'	0.001	0.035	0.020	0.036	1.000
P02	0.000	0.029	0.017	0.029	1.000
P02'	0.000	0.029	0.017	0.029	1.000
P03	0.001	0.011	0.006	0.012	1.000
P03'	0.000	0.011	0.006	0.011	1.000
P04	0.000	0.016	0.009	0.016	1.000
P04'	0.000	0.016	0.009	0.016	1.000
P05	0.001	0.017	0.010	0.018	1.000
P05'	0.001	0.017	0.010	0.018	1.000
P06	0.001	0.060	0.034	0.061	1.000
P06'	0.000	0.060	0.034	0.060	1.000

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

8. 給水ノズル（N4）の耐震性についての計算

8.1 一般事項

本章は、給水ノズル（N4）の耐震性についての計算である。

給水ノズル（N4）は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備，常設重大事故緩和設備及び常設重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。

以下，設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

8.1.1 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図8-1に示す。

8.1.2 解析範囲

解析範囲を図8-1に示す。

8.1.3 計算結果の概要

計算結果の概要を表8-1に示す。

なお，応力評価点の選定に当たっては，形状不連続部，溶接部及び厳しい荷重作用点に着目し，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記載する。

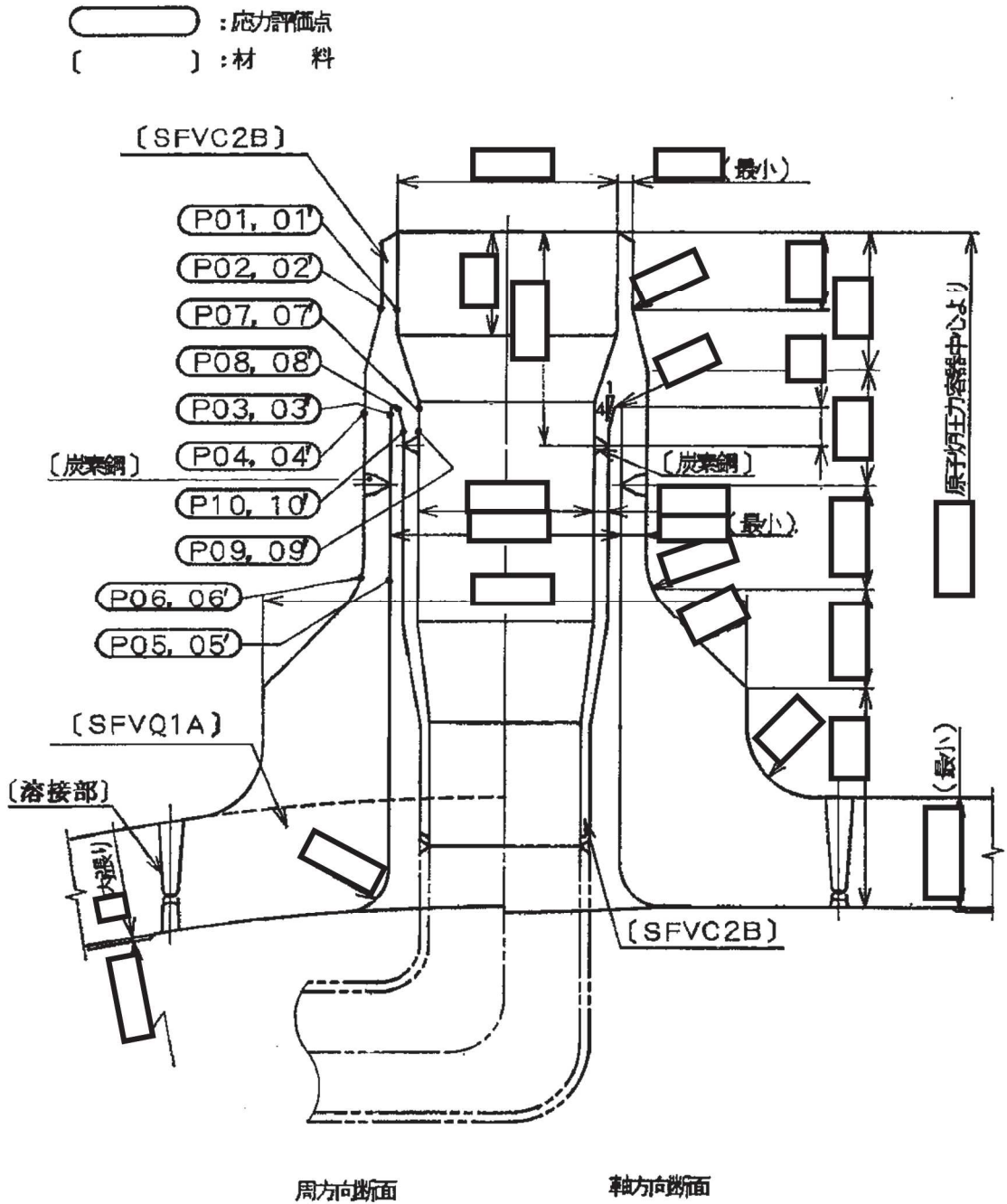


図8-1 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)

表 8-1 計算結果の概要

部分及び材料	許容応力状態	一次一般膜応力強さ (MPa)			一次膜＋一次曲げ応力強さ (MPa)			一次＋二次応力強さ (MPa)			疲労解析		
		応力 強さ	許容 応力	応力評価面	応力 強さ	許容 応力	応力評価面	応力 強さ	許容 応力	応力 評価点	疲労 累積係数*1	許容値	応力 評価点
ノズル セーフエンド SFVC2B	Ⅲ _A S	102	188	P01 - P02	204	253	P01 - P02	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ _A S	107	292	P01 - P02	228	391	P01 - P02	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ _A S	—	—	—	—	—	—	378	383	P02	0.324	1.000	P03'
	Ⅳ _A S	—	—	—	—	—	—	466*2	383	P02			
ノズルエンド SFVQ1A	Ⅲ _A S	61	303	P05 - P06	128	415	P05 - P06	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ _A S	63	320	P05 - P06	147	439	P05 - P06	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ _A S	—	—	—	—	—	—	252	552	P06	0.034	1.000	P06
	Ⅳ _A S	—	—	—	—	—	—	322	552	P06			
サーマル スリーブ SFVC2B	Ⅲ _A S	12	188	P07 - P08	44	262	P07' - P08'	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ _A S	14	292	P09 - P10	53	394	P09' - P10'	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ _A S	—	—	—	—	—	—	94	383	P10	0.324	1.000	P07'
	Ⅳ _A S	—	—	—	—	—	—	162	383	P10			

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

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

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

8.2 計算条件

8.2.1 設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の4.1節に示す。

8.2.2 運転条件

考慮した運転条件を「応力解析の方針」の4.2節に示す。

8.2.3 材料

各部の材料を図8-1に示す。

8.2.4 荷重の組合せ及び許容応力状態

荷重の組合せ及び許容応力状態を「応力解析の方針」の3.4節に示す。

8.2.5 荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」の4.4節に示す。

8.2.6 許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の3.5節に示す。

8.3 応力計算

8.3.1 応力評価点

応力評価点の位置を図8-1に示す。

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

8.3.2 内圧及び差圧による応力

(1) 荷重条件 (L01及びL02)

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

(2) 計算方法

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

なお、各運転条件での内圧及び差圧による応力は、既工認と同様に、既工認の最高使用圧力及び設計差圧での応力を用いて、圧力の比により（比倍して）計算する。

8.3.3 外荷重による応力

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

外荷重を「応力解析の方針」の4.2節に示す。

(2) 計算方法

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

8.3.4 応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め、応力強さを算出する。

応力強さの算出方法は、「応力解析の方針」の5.3.2項に定めるとおりである。

8.4 応力強さの評価

8.4.1 一次一般膜応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表8-2に示す。

表8-2より、各許容応力状態の一次一般膜応力強さは、「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

8.4.2 一次膜+一次曲げ応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表8-3に示す。

表8-3より、各許容応力状態の一次膜+一次曲げ応力強さは、「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

8.4.3 一次+二次応力強さの評価

地震荷重のみにおける評価を表8-4に示す。

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

P01, P01' , P02及びP02'

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(P01, P01' , P02及びP02')にあつては、「応力解析の方針」の5.4節に示す簡易弾塑性解析の方法を適用する。

8.5 繰返し荷重の評価

8.5.1 疲労解析

ノズルセーフエンド、ノズルエンド及びサーマルスリーブの応力評価点について、詳細な繰返し荷重の評価を行う。

(1) 疲労累積係数

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

表8-6より、各応力評価点において疲労累積係数は1.000以下であり、「応力解析の方針」の3.5節に示す許容値を満足する。

表 8-2 一次一般膜応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価面	許容応力状態Ⅲ _A S		許容応力状態Ⅳ _A S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	102	188	107	292
P01' P02'	98	188	102	292
P03 P04	61	188	63	292
P03' P04'	58	188	61	292
P05 P06	61	303	63	320
P05' P06'	58	303	61	320
P07 P08	12	188	12	292
P07' P08'	10	188	10	292
P09 P10	12	188	14	292
P09' P10'	11	188	12	292

表 8-3 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価面	許容応力状態Ⅲ _A S		許容応力状態Ⅳ _A S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	204	253	228	391
P01' P02'	199	253	224	391
P03 P04	107	258	126	400
P03' P04'	107	258	126	400
P05 P06	128	415	147	439
P05' P06'	109	415	128	439
P07 P08	24	262	24	405
P07' P08'	44	262	54	405
P09 P10	31	255	48	394
P09' P10'	36	255	53	394

表 8-4 一次＋二次応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価点	一次＋二次応力差最大範囲 ($P_L + P_b + Q$)		
	$S_n^{\#1*1}$	$S_n^{\#2*2}$	許容応力 $3 \cdot S_m$
P01	340	418 ^{*3}	383
P01'	340	418 ^{*3}	383
P02	378	466 ^{*3}	383
P02'	378	466 ^{*3}	383
P03	198	256	383
P03'	198	256	383
P04	232	300	383
P04'	232	300	383
P05	214	272	552
P05'	214	272	552
P06	252	322	552
P06'	252	322	552
P07	50	82	383
P07'	50	82	383
P08	58	98	383
P08'	58	98	383
P09	82	142	383
P09'	82	142	383
P10	94	162	383
P10'	94	162	383

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 : 許容応力 $3 \cdot S_m$ 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 8-5(1) 疲労累積係数

応力評価点 — P03'

材 料 — SFVC2B

No.	S_n (MPa)	K_e	S_p (MPa)	S_ℓ^{*1} (MPa)	$S_\ell'^{*2}$ (MPa)	N_a	N_c	N_c / N_a
1	256	—	880	440	490	1513	340	0.225
疲労累積係数 $U_{S_s} =$								0.225
疲労累積係数 $U_n =$								0.099
疲労累積係数 $U_f = U_n + U_{S_s} =$								0.324

注：疲労累積係数の求め方は、「応力解析の方針」の5.4.2項（疲労解析）に示す。

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

*2： S_ℓ に (E_0/E) を乗じた値である。

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

表 8-5(2) 疲労累積係数

応力評価点 — P06

材 料 — SFVQ1A

No.	S_n (MPa)	K_e	S_p (MPa)	S_ℓ^{*1} (MPa)	$S_\ell'^{*2}$ (MPa)	N_a	N_c	N_c / N_a
1	322	—	438	219	258	10581	340	0.033
疲労累積係数 $U_{S_s} =$								0.033
疲労累積係数 $U_n =$								0.001
疲労累積係数 $U_f = U_n + U_{S_s} =$								0.034

注：疲労累積係数の求め方は、「応力解析の方針」の 5.4.2 項（疲労解析）に示す。

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

*2： S_ℓ に (E_0 / E) を乗じた値である。

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

表 8-5(3) 疲労累積係数

応力評価点 — P07'

材 料 — SFVC2B

No.	S_n (MPa)	K_e	S_p (MPa)	S_ℓ^{*1} (MPa)	$S_\ell'^{*2}$ (MPa)	N_a	N_c	N_c / N_a
1	82	—	82	41	46	1000000	340	0.000
疲労累積係数 $U_{S_s} =$								0.000
疲労累積係数 $U_n =$								0.324
疲労累積係数 $U_f = U_n + U_{S_s} =$								0.324

注：疲労累積係数の求め方は、「応力解析の方針」の 5.4.2 項（疲労解析）に示す。

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

*2： S_ℓ に (E_0 / E) を乗じた値である。

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

表 8-6 疲労累積係数の評価のまとめ

応力評価点	疲労累積係数				許容値
	U_n	U_{S_d}	U_{S_s}	U_f^*	
P01	0.004	0.021	0.039	0.043	1.000
P01'	0.004	0.021	0.039	0.043	1.000
P02	0.008	0.060	0.173	0.181	1.000
P02'	0.003	0.060	0.173	0.176	1.000
P03	0.089	0.181	0.225	0.314	1.000
P03'	0.099	0.181	0.225	0.324	1.000
P04	0.006	0.005	0.008	0.014	1.000
P04'	0.006	0.005	0.008	0.014	1.000
P05	0.001	0.005	0.007	0.008	1.000
P05'	0.001	0.005	0.007	0.008	1.000
P06	0.001	0.025	0.033	0.034	1.000
P06'	0.001	0.025	0.033	0.034	1.000
P07	0.234	0.000	0.000	0.234	1.000
P07'	0.324	0.000	0.000	0.324	1.000
P08	0.094	0.005	0.020	0.114	1.000
P08'	0.093	0.005	0.020	0.113	1.000
P09	0.015	0.000	0.000	0.015	1.000
P09'	0.016	0.000	0.000	0.016	1.000
P10	0.006	0.000	0.004	0.010	1.000
P10'	0.006	0.000	0.004	0.010	1.000

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

9. 低圧炉心スプレイング（N5）の耐震性についての計算

9.1 一般事項

本章は、低圧炉心スプレイング（N5）の耐震性についての計算である。

低圧炉心スプレイング（N5）は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備、常設重大事故緩和設備及び常設重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。

以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

9.1.1 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図9-1に示す。

9.1.2 解析範囲

解析範囲を図9-1に示す。

9.1.3 計算結果の概要

計算結果の概要を表9-1に示す。

なお、応力評価点の選定に当たっては、形状不連続部、溶接部及び厳しい荷重作用点に着目し、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記載する。

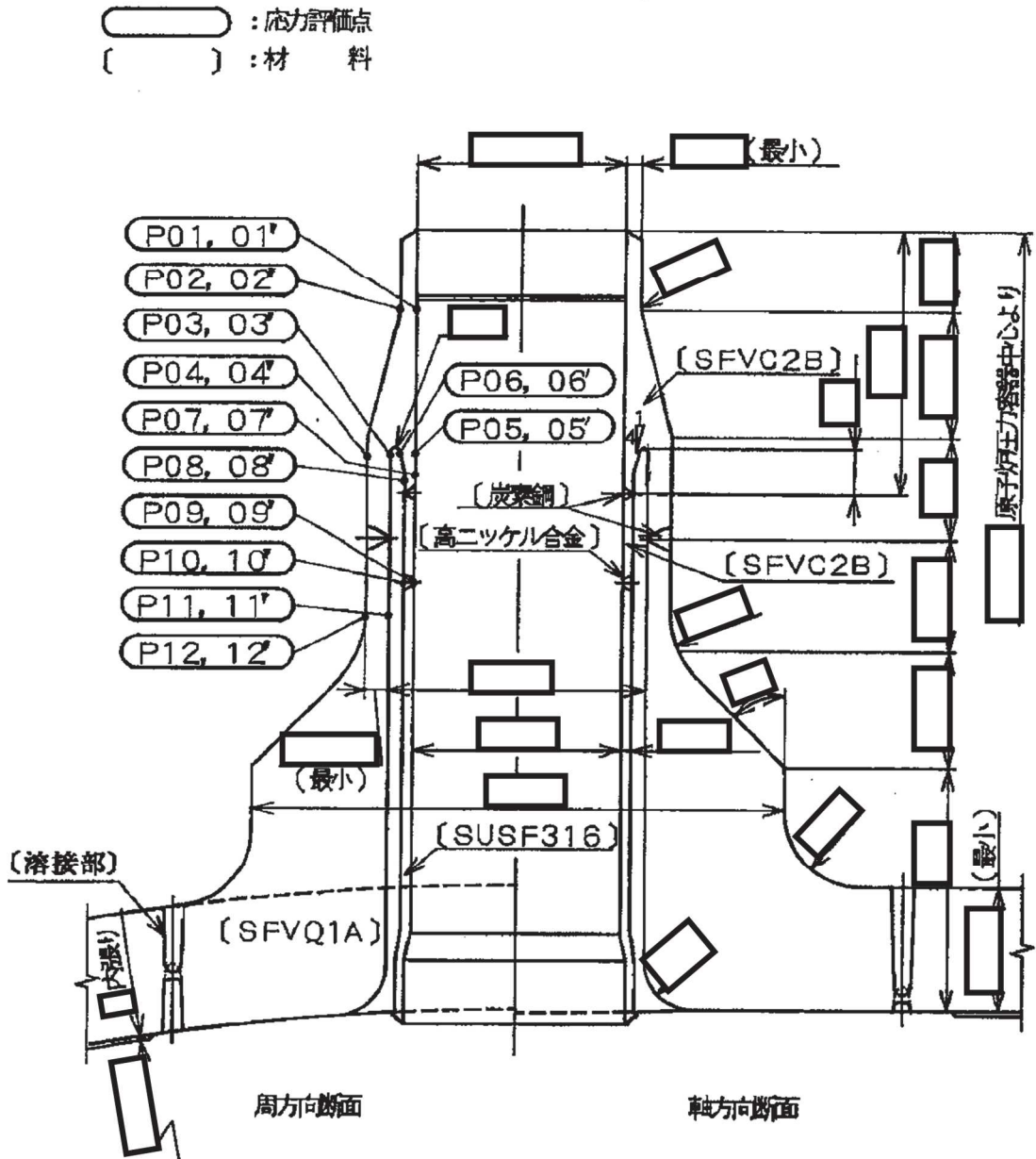


図9-1 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)

表 9-1 計算結果の概要

部分及び材料	許容応力状態	一次一般膜応力強さ (MPa)			一次膜+一次曲げ応力強さ (MPa)			一次+二次応力強さ (MPa)			疲労解析		
		応力 強さ	許容 応力	応力評価面	応力 強さ	許容 応力	応力評価面	応力 強さ	許容 応力	応力 評価点	疲労 累積係数*1	許容値	応力 評価点
ノズル セーフエンド SFVC2B	Ⅲ _A S	89	188	P01 - P02	214	253	P01' - P02'	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ _A S	92	292	P01 - P02	276	391	P01' - P02'	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ _A S	—	—	—	—	—	—	374	383	P02	0.290	1.000	P02
	Ⅳ _A S	—	—	—	—	—	—	522*2	383	P02			
サーマル スリーブ SFVC2B	Ⅲ _A S	17	188	P09 - P10	39	247	P07 - P08	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ _A S	18	292	P09 - P10	58	382	P07 - P08	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ _A S	—	—	—	—	—	—	102	383	P08	0.009	1.000	P06
	Ⅳ _A S	—	—	—	—	—	—	178	383	P08			
ノズルエンド SFVQ1A	Ⅲ _A S	64	303	P11 - P12	123	409	P11 - P12	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ _A S	65	320	P11 - P12	159	432	P11 - P12	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ _A S	—	—	—	—	—	—	222	552	P12	0.025	1.000	P12
	Ⅳ _A S	—	—	—	—	—	—	310	552	P12			

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

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

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

9.2 計算条件

9.2.1 設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の4.1節に示す。

9.2.2 運転条件

考慮した運転条件を「応力解析の方針」の4.2節に示す。

9.2.3 材料

各部の材料を図9-1に示す。

9.2.4 荷重の組合せ及び許容応力状態

荷重の組合せ及び許容応力状態を「応力解析の方針」の3.4節に示す。

9.2.5 荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」の4.4節に示す。

9.2.6 許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の3.5節に示す。

9.3 応力計算

9.3.1 応力評価点

応力評価点の位置を図9-1に示す。

なお、応力集中を生じる箇所の応力集中係数は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)0.に定めるとおりである。

9.3.2 内圧及び差圧による応力

(1) 荷重条件 (L01及びL02)

各運転状態による内圧及び差圧は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)0.に定めるとおりである。

(2) 計算方法

内圧及び差圧による応力の計算は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)0.に定めるとおりである。

なお、各運転条件での内圧及び差圧による応力は、既工認と同様に、既工認の最高使用圧力及び設計差圧での応力を用いて、圧力の比により（比倍して）計算する。

9.3.3 外荷重による応力

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

外荷重を「応力解析の方針」の4.2節に示す。

(2) 計算方法

外荷重による応力の計算は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)0.に定めるとおりである。

9.3.4 応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め、応力強さを算出する。

応力強さの算出方法は、「応力解析の方針」の5.3.2項に定めるとおりである。

9.4 応力強さの評価

9.4.1 一次一般膜応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表9-2に示す。

表9-2より、各許容応力状態の一次一般膜応力強さは、「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

9.4.2 一次膜+一次曲げ応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表9-3に示す。

表9-3より、各許容応力状態の一次膜+一次曲げ応力強さは、「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

9.4.3 一次+二次応力強さの評価

地震荷重のみにおける評価を表9-4に示す。

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

P01, P01' , P02及びP02'

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(P01, P01' , P02及びP02')にあつては、「応力解析の方針」の5.4節に示す簡易弾塑性解析の方法を適用する。

9.5 繰返し荷重の評価

9.5.1 疲労解析

ノズルセーフエンド、サーマルスリーブ及びノズルエンドの応力評価点について、詳細な繰返し荷重の評価を行う。

(1) 疲労累積係数

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

表9-6より、各応力評価点において疲労累積係数は1.000以下であり、「応力解析の方針」の3.5節に示す許容値を満足する。

表 9-2 一次一般膜応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価面	許容応力状態Ⅲ _A S		許容応力状態Ⅳ _A S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	89	188	92	292
P01' P02'	88	188	90	292
P03 P04	64	188	65	292
P03' P04'	63	188	64	292
P05 P06	14	188	14	292
P05' P06'	14	188	14	292
P07 P08	15	188	16	292
P07' P08'	14	188	15	292
P09 P10	17	188	18	292
P09' P10'	17	188	17	292
P11 P12	64	303	65	320
P11' P12'	63	303	64	320

表 9-3 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価面	許容応力状態Ⅲ _A S		許容応力状態Ⅳ _A S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	211	253	272	391
P01' P02'	214	253	276	391
P03 P04	112	255	145	394
P03' P04'	97	255	130	394
P05 P06	28	255	32	394
P05' P06'	32	255	40	394
P07 P08	39	247	58	382
P07' P08'	39	247	58	382
P09 P10	28	249	39	385
P09' P10'	18	249	29	385
P11 P12	123	409	159	432
P11' P12'	100	409	136	432

表 9-4 一次＋二次応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価点	一次＋二次応力差最大範囲 ($P_L + P_b + Q$)		
	$S_n^{\#1*1}$	$S_n^{\#2*2}$	許容応力 $3 \cdot S_m$
P01	336	466 ^{*3}	383
P01'	336	466 ^{*3}	383
P02	374	522 ^{*3}	383
P02'	374	522 ^{*3}	383
P03	174	246	383
P03'	174	246	383
P04	200	282	383
P04'	200	282	383
P05	42	70	383
P05'	42	70	383
P06	46	82	383
P06'	46	82	383
P07	98	166	383
P07'	98	166	383
P08	102	178	383
P08'	102	178	383
P09	62	102	383
P09'	62	102	383
P10	66	110	383
P10'	66	110	383
P11	192	270	552
P11'	192	270	552
P12	222	310	552
P12'	222	310	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 : 許容応力 $3 \cdot S_m$ 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 9-5(1) 疲労累積係数

応力評価点 — P02

材 料 — SFVC2B

No.	S_n (MPa)	K_e	S_p (MPa)	S_{σ}^{*1} (MPa)	$S_{\sigma}^{\prime *2}$ (MPa)	N_a	N_c	N_c / N_a
1	552	1.559	620	483	538	1177	340	0.289
疲労累積係数 $U_{S_s} =$								0.289
疲労累積係数 $U_n =$								0.001
疲労累積係数 $U_f = U_n + U_{S_s} =$								0.290

注：疲労累積係数の求め方は、「応力解析の方針」の 5.4.2 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_{σ} に (E_0 / E) を乗じた値である。

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

表 9-5(2) 疲労累積係数

応力評価点 — P06

材 料 — SFVC2B

No.	S_n (MPa)	K_e	S_p (MPa)	S_{ℓ}^{*1} (MPa)	$S_{\ell}'^{*2}$ (MPa)	N_a	N_c	N_c / N_a
1	82	—	312	156	174	38123	340	0.009
疲労累積係数 $U_{S_s} =$								0.009
疲労累積係数 $U_n =$								0.000
疲労累積係数 $U_f = U_n + U_{S_s} =$								0.009

注：疲労累積係数の求め方は、「応力解析の方針」の 5.4.2 項（疲労解析）に示す。

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

*2： S_{ℓ} に (E_0 / E) を乗じた値である。

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

表 9-5(3) 疲労累積係数

応力評価点 — P12

材 料 — SFVQ1A

No.	S_n (MPa)	K_e	S_p (MPa)	S_ℓ^{*1} (MPa)	$S_\ell'^{*2}$ (MPa)	N_a	N_c	N_c / N_a
1	310	—	402	201	236	14165	340	0.024
疲労累積係数 $U_{S_s} =$								0.024
疲労累積係数 $U_n =$								0.001
疲労累積係数 $U_f = U_n + U_{S_s} =$								0.025

注：疲労累積係数の求め方は、「応力解析の方針」の 5.4.2 項（疲労解析）に示す。

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

*2： S_ℓ に (E_0 / E) を乗じた値である。

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

表 9-6 疲労累積係数の評価のまとめ

応力評価点	疲労累積係数				許容値
	U_n	U_{S_d}	U_{S_s}	U_f^*	
P01	0.001	0.020	0.087	0.088	1.000
P01'	0.001	0.020	0.087	0.088	1.000
P02	0.001	0.050	0.289	0.290	1.000
P02'	0.000	0.050	0.289	0.289	1.000
P03	0.003	0.127	0.216	0.219	1.000
P03'	0.003	0.127	0.216	0.219	1.000
P04	0.000	0.003	0.007	0.007	1.000
P04'	0.000	0.003	0.007	0.007	1.000
P05	0.001	0.000	0.000	0.001	1.000
P05'	0.001	0.000	0.000	0.001	1.000
P06	0.000	0.002	0.009	0.009	1.000
P06'	0.000	0.002	0.009	0.009	1.000
P07	0.001	0.000	0.001	0.002	1.000
P07'	0.001	0.000	0.001	0.002	1.000
P08	0.001	0.000	0.005	0.006	1.000
P08'	0.001	0.000	0.005	0.006	1.000
P09	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000
P09'	0.001	0.000	0.000	0.001	1.000
P10	0.001	0.000	0.000	0.001	1.000
P10'	0.001	0.000	0.000	0.001	1.000
P11	0.001	0.003	0.007	0.008	1.000
P11'	0.001	0.003	0.007	0.008	1.000
P12	0.001	0.015	0.024	0.025	1.000
P12'	0.001	0.015	0.024	0.025	1.000

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

10. 低圧注水ノズル（N6）の耐震性についての計算

10.1 一般事項

本章は、低圧注水ノズル（N6）の耐震性についての計算である。

低圧注水ノズル（N6）は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備、常設重大事故緩和設備及び常設重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。

以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

10.1.1 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図10-1に示す。

10.1.2 解析範囲

解析範囲を図10-1に示す。

10.1.3 計算結果の概要

計算結果の概要を表10-1に示す。

なお、応力評価点の選定に当たっては、形状不連続部、溶接部及び厳しい荷重作用点に着目し、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記載する。

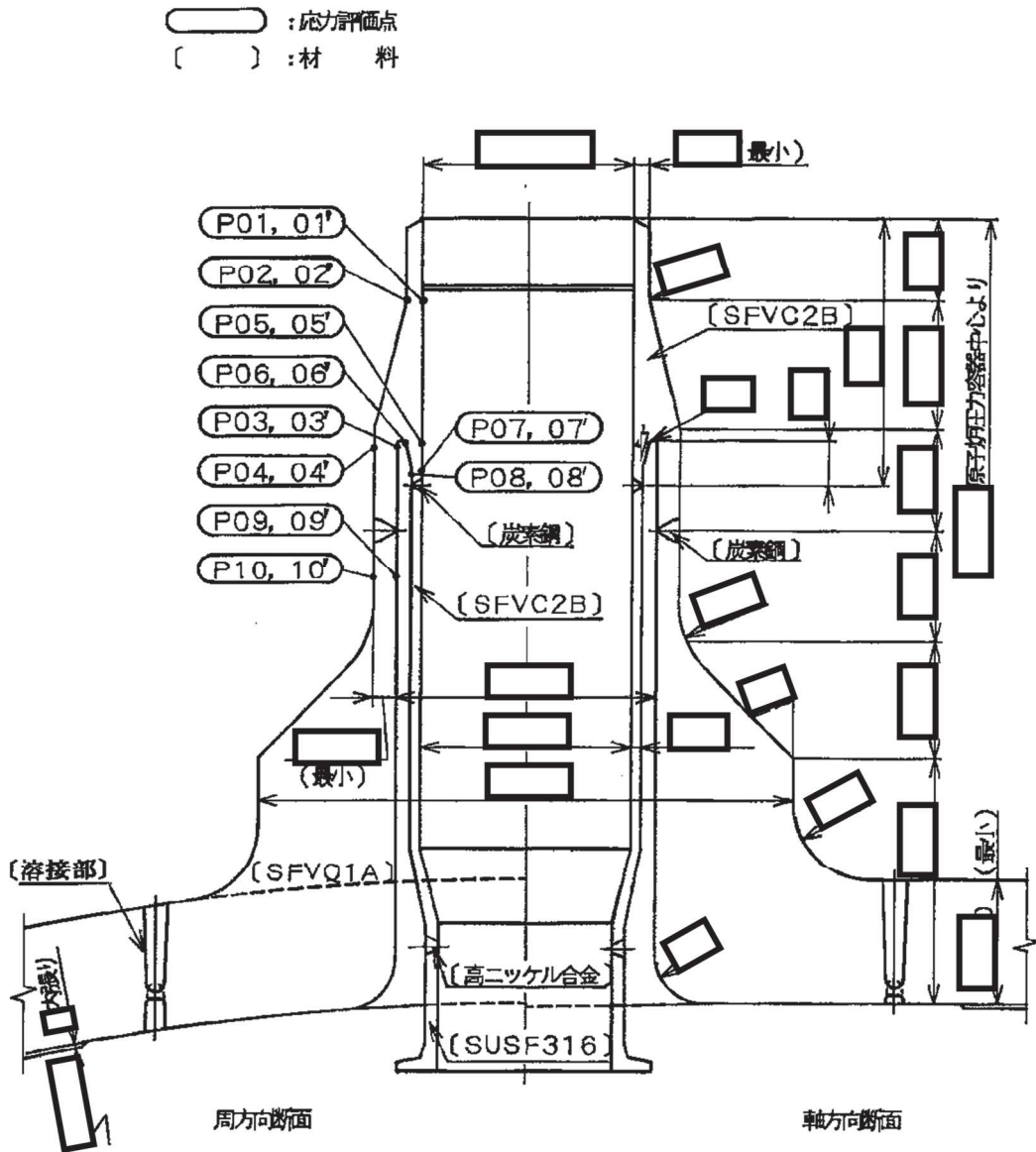


図10-1 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)

表 10-1 計算結果の概要

部分及び材料	許容応力状態	一次一般膜応力強さ (MPa)			一次膜+一次曲げ応力強さ (MPa)			一次+二次応力強さ (MPa)			疲労解析		
		応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価点	疲労累積係数*1	許容値	応力評価点
ノズル セーフエンド SFVC2B	Ⅲ _A S	115	188	P01 - P02	227	253	P01' - P02'	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ _A S	157	292	P01 - P02	349	391	P01' - P02'	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ _A S	—	—	—	—	—	—	402*2	383	P02	0.871	1.000	P02
	Ⅳ _A S	—	—	—	—	—	—	662*2	383	P02			
サーマル スリーブ SFVC2B	Ⅲ _A S	18	188	P07 - P08	29	255	P05' - P06'	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ _A S	21	292	P07 - P08	29	385	P07 - P08	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ _A S	—	—	—	—	—	—	50	383	P08	0.001	1.000	P08
	Ⅳ _A S	—	—	—	—	—	—	76	383	P08			
ノズルエンド SFVQ1A	Ⅲ _A S	74	303	P09 - P10	122	409	P09 - P10	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ _A S	86	320	P09 - P10	178	432	P09 - P10	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ _A S	—	—	—	—	—	—	214	552	P10	0.031	1.000	P10
	Ⅳ _A S	—	—	—	—	—	—	342	552	P10			

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

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

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

10.2 計算条件

10.2.1 設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の4.1節に示す。

10.2.2 運転条件

考慮した運転条件を「応力解析の方針」の4.2節に示す。

10.2.3 材料

各部の材料を図10-1に示す。

10.2.4 荷重の組合せ及び許容応力状態

荷重の組合せ及び許容応力状態を「応力解析の方針」の3.4節に示す。

10.2.5 荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」の4.4節に示す。

10.2.6 許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の3.5節に示す。

10.3 応力計算

10.3.1 応力評価点

応力評価点の位置を図10-1に示す。

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

10.3.2 内圧及び差圧による応力

(1) 荷重条件 (L01及びL02)

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

(2) 計算方法

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

なお、各運転条件での内圧及び差圧による応力は、既工認と同様に、既工認の最高使用圧力及び設計差圧での応力を用いて、圧力の比により（比倍して）計算する。

10.3.3 外荷重による応力

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

外荷重を「応力解析の方針」の4.2節に示す。

(2) 計算方法

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

10.3.4 応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め、応力強さを算出する。

応力強さの算出方法は、「応力解析の方針」の5.3.2項に定めるとおりである。

10.4 応力強さの評価

10.4.1 一次一般膜応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表10-2に示す。

表10-2より、各許容応力状態の一次一般膜応力強さは、「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

10.4.2 一次膜+一次曲げ応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表10-3に示す。

表10-3より、各許容応力状態の一次膜+一次曲げ応力強さは、「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

10.4.3 一次+二次応力強さの評価

地震荷重のみにおける評価を表10-4に示す。

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

P01, P01', P02及びP02'

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 (P01, P01', P02及びP02') にあつては、「応力解析の方針」の5.4節に示す簡易弾塑性解析の方法を適用する。

10.5 繰返し荷重の評価

10.5.1 疲労解析

ノズルセーフエンド、サーマルスリーブ及びノズルエンドの応力評価点について、詳細な繰返し荷重の評価を行う。

(1) 疲労累積係数

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

表10-6より、各応力評価点において疲労累積係数は1.000以下であり、「応力解析の方針」の3.5節に示す許容値を満足する。

表 10-2 一次一般膜応力強さの評価のまとめ

(単位 : MPa)

応力評価面	許容応力状態Ⅲ _A S		許容応力状態Ⅳ _A S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	115	188	157	292
P01' P02'	109	188	155	292
P03 P04	74	188	86	292
P03' P04'	72	188	83	292
P05 P06	15	188	16	292
P05' P06'	15	188	16	292
P07 P08	18	188	21	292
P07' P08'	18	188	21	292
P09 P10	74	303	86	320
P09' P10'	72	303	83	320

表 10-3 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価面	許容応力状態Ⅲ _A S		許容応力状態Ⅳ _A S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	221	253	336	391
P01' P02'	227	253	349	391
P03 P04	111	255	164	394
P03' P04'	100	255	155	394
P05 P06	28	255	28	394
P05' P06'	29	255	29	394
P07 P08	25	249	29	385
P07' P08'	24	249	25	385
P09 P10	122	409	178	432
P09' P10'	102	409	161	432

表 10-4 一次＋二次応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価点	一次＋二次応力差最大範囲 ($P_L + P_b + Q$)		
	$S_n^{\#1*1}$	$S_n^{\#2*2}$	許容応力 $3 \cdot S_m$
P01	362	600 ^{*3}	383
P01'	362	600 ^{*3}	383
P02	402 ^{*3}	662 ^{*3}	383
P02'	402 ^{*3}	662 ^{*3}	383
P03	172	276	383
P03'	172	276	383
P04	194	314	383
P04'	194	314	383
P05	26	42	383
P05'	26	42	383
P06	34	42	383
P06'	34	42	383
P07	42	68	383
P07'	42	68	383
P08	50	76	383
P08'	50	76	383
P09	190	300	552
P09'	190	300	552
P10	214	342	552
P10'	214	342	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 : 許容応力 $3 \cdot S_m$ 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 10-5(1) 疲労累積係数

応力評価点 — P02

材 料 — SFVC2B

No.	S_n (MPa)	K_e	S_p (MPa)	S_ℓ^{*1} (MPa)	$S_\ell'^{*2}$ (MPa)	N_a	N_c	N_c / N_a
1	662	1.885	766	722	803	391	340	0.870
疲労累積係数 $U_{S_s} =$								0.870
疲労累積係数 $U_n =$								0.001
疲労累積係数 $U_f = U_n + U_{S_s} =$								0.871

注：疲労累積係数の求め方は、「応力解析の方針」の5.4.2項（疲労解析）に示す。

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

*2： S_ℓ に (E_0/E) を乗じた値である。

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

表 10-5(2) 疲労累積係数

応力評価点 — P08

材 料 — SFVC2B

No.	S_n (MPa)	K_e	S_p (MPa)	S_ℓ^{*1} (MPa)	$S_\ell'^{*2}$ (MPa)	N_a	N_c	N_c / N_a
1	76	—	80	40	45	1000000	340	0.000
疲労累積係数 $U_{S_s} =$								0.000
疲労累積係数 $U_n =$								0.001
疲労累積係数 $U_f = U_n + U_{S_s} =$								0.001

注：疲労累積係数の求め方は、「応力解析の方針」の 5.4.2 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。

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

表 10-5(3) 疲労累積係数

応力評価点 — P10

材 料 — SFVQ1A

No.	S_n (MPa)	K_e	S_p (MPa)	S_ℓ^{*1} (MPa)	$S_\ell'^{*2}$ (MPa)	N_a	N_c	N_c / N_a
1	342	—	428	214	252	11425	340	0.030
疲労累積係数 $U_{S_s} =$								0.030
疲労累積係数 $U_n =$								0.001
疲労累積係数 $U_f = U_n + U_{S_s} =$								0.031

注：疲労累積係数の求め方は、「応力解析の方針」の5.4.2項（疲労解析）に示す。

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

*2： S_ℓ に (E_0 / E) を乗じた値である。

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

表 10-6 疲労累積係数の評価のまとめ

応力評価点	疲労累積係数				許容値
	U_n	U_{S_d}	U_{S_s}	U_f^*	
P01	0.001	0.025	0.368	0.369	1.000
P01'	0.001	0.025	0.368	0.369	1.000
P02	0.001	0.078	0.870	0.871	1.000
P02'	0.000	0.078	0.870	0.870	1.000
P03	0.006	0.080	0.207	0.213	1.000
P03'	0.003	0.080	0.207	0.210	1.000
P04	0.000	0.003	0.010	0.010	1.000
P04'	0.000	0.003	0.010	0.010	1.000
P05	0.001	0.000	0.000	0.001	1.000
P05'	0.001	0.000	0.000	0.001	1.000
P06	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000
P06'	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000
P07	0.001	0.000	0.000	0.001	1.000
P07'	0.001	0.000	0.000	0.001	1.000
P08	0.001	0.000	0.000	0.001	1.000
P08'	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000
P09	0.001	0.003	0.010	0.011	1.000
P09'	0.001	0.003	0.010	0.011	1.000
P10	0.001	0.012	0.030	0.031	1.000
P10'	0.001	0.012	0.030	0.031	1.000

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

11. 上蓋スプレインズル (N7) の耐震性についての計算

11.1 一般事項

本章は、上蓋スプレインズル (N7) の耐震性についての計算である。

上蓋スプレインズル (N7) は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備、常設重大事故緩和設備及び常設重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。

以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

11.1.1 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図11-1に示す。

11.1.2 解析範囲

解析範囲を図11-1に示す。

11.1.3 計算結果の概要

計算結果の概要を表11-1に示す。

なお、応力評価点の選定に当たっては、形状不連続部、溶接部及び厳しい荷重作用点に着目し、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記載する。

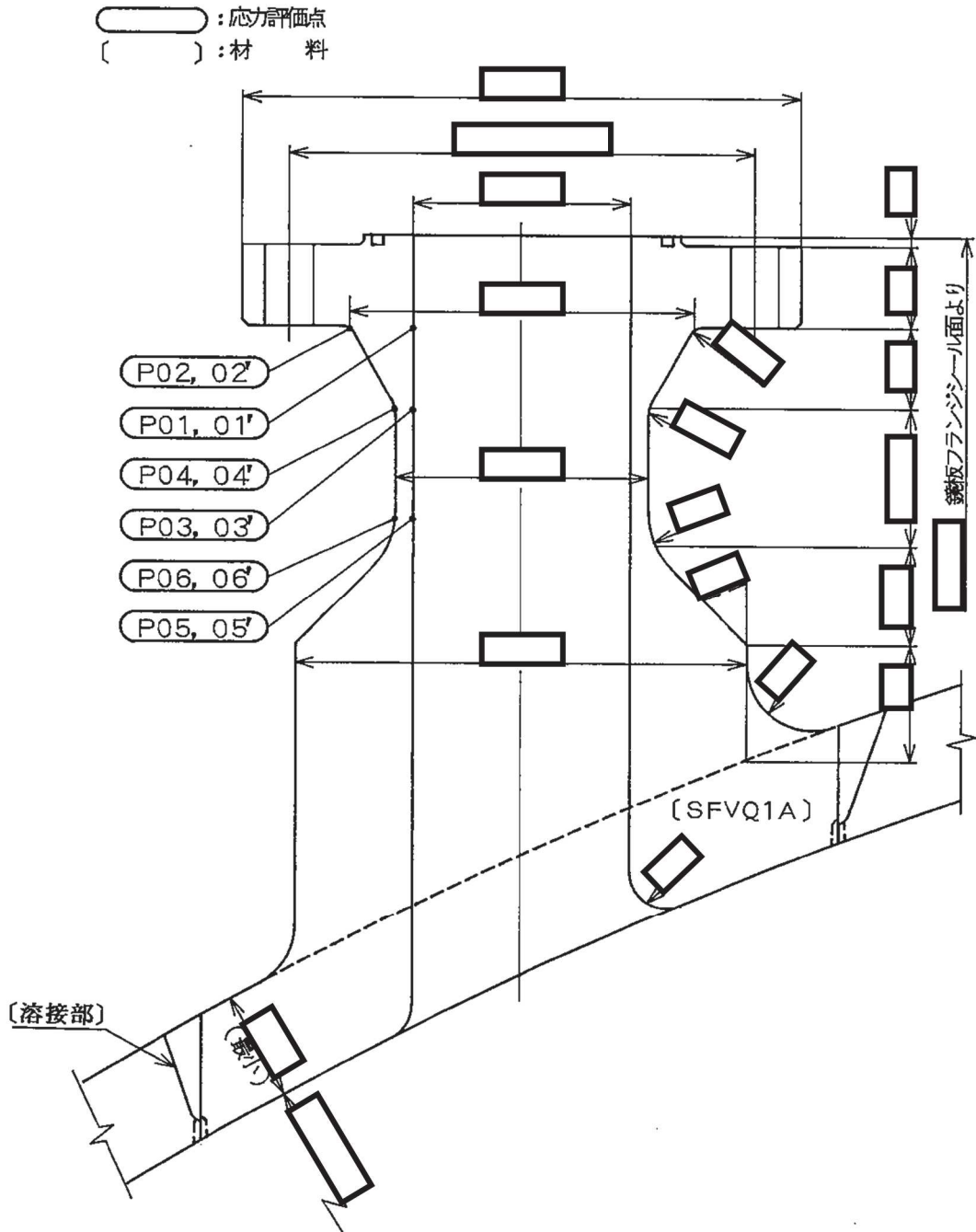


図11-1 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)

表 11-1 計算結果の概要

部分及び材料	許容応力状態	一次一般膜応力強さ (MPa)			一次膜＋一次曲げ応力強さ (MPa)			一次＋二次応力強さ (MPa)			疲労解析		
		応力 強さ	許容 応力	応力評価面	応力 強さ	許容 応力	応力評価面	応力 強さ	許容 応力	応力 評価点	疲労 累積係数*1	許容値	応力 評価点
フランジ部 SFVQ1A	Ⅲ _A S	45	303	P01' - P02'	76	454	P01' - P02'	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ _A S	45	320	P01' - P02'	80	481	P01' - P02'	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ _A S	—	—	—	—	—	—	82	552	P02	0.004	1.000	P02
	Ⅳ _A S	—	—	—	—	—	—	90	552	P02			
ノズルエンド SFVQ1A	Ⅲ _A S	138	303	P03 - P04	331	406	P05 - P06	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ _A S	137	320	P03 - P04	355	429	P05 - P06	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ _A S	—	—	—	—	—	—	526	552	P06	0.292	1.000	P06
	Ⅳ _A S	—	—	—	—	—	—	572*2	552	P06			

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

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

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

11.2 計算条件

11.2.1 設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の4.1節に示す。

11.2.2 運転条件

考慮した運転条件を「応力解析の方針」の4.2節に示す。

11.2.3 材料

各部の材料を図11-1に示す。

11.2.4 荷重の組合せ及び許容応力状態

荷重の組合せ及び許容応力状態を「応力解析の方針」の3.4節に示す。

11.2.5 荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」の4.4節に示す。

11.2.6 許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の3.5節に示す。

11.3 応力計算

11.3.1 応力評価点

応力評価点の位置を図11-1に示す。

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

11.3.2 内圧による応力

(1) 荷重条件 (L01)

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

(2) 計算方法

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

なお、各運転条件での内圧による応力は、既工認と同様に、既工認の最高使用圧力での応力を用いて、圧力の比により（比倍して）計算する。

11.3.3 外荷重による応力

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

外荷重を「応力解析の方針」の4.2節に示す。

(2) 計算方法

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

11.3.4 ボルト荷重による応力

(1) 荷重条件 (L11)

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

(2) 計算方法

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

11.3.5 応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め、応力強さを算出する。

応力強さの算出方法は、「応力解析の方針」の5.3.2項に定めるとおりである。

11.4 応力強さの評価

11.4.1 一次一般膜応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表11-2に示す。

表11-2より、各許容応力状態の一次一般膜応力強さは、「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

11.4.2 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表11-3に示す。

表11-3より、各許容応力状態の一次膜＋一次曲げ応力強さは、「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

11.4.3 一次＋二次応力強さの評価

地震荷重のみにおける評価を表11-4に示す。

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

P06及びP06'

一次＋二次応力強さの最大範囲が $3 \cdot S_m$ を超える応力評価点(P06及びP06')にあつては、「応力解析の方針」の5.4節に示す簡易弾塑性解析の方法を適用する。

11.5 繰返し荷重の評価

11.5.1 疲労解析

フランジ部及びノズルエンドの応力評価点について、詳細な繰返し荷重の評価を行う。

(1) 疲労累積係数

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

表11-6より、各応力評価点において疲労累積係数は1.000以下であり、「応力解析の方針」の3.5節に示す許容値を満足する。

表 11-2 一次一般膜応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価面	許容応力状態Ⅲ _A S		許容応力状態Ⅳ _A S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	44	303	44	320
P01' P02'	45	303	45	320
P03 P04	138	303	137	320
P03' P04'	133	303	131	320
P05 P06	135	303	135	320
P05' P06'	128	303	126	320

表 11-3 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価面	許容応力状態Ⅲ _A S		許容応力状態Ⅳ _A S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	62	454	66	481
P01' P02'	76	454	80	481
P03 P04	302	406	330	429
P03' P04'	215	406	240	429
P05 P06	331	406	355	429
P05' P06'	171	406	194	429

表 11-4 一次＋二次応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価点	一次＋二次応力差最大範囲 ($P_L + P_b + Q$)		
	$S_n^{\#1*1}$	$S_n^{\#2*2}$	許容応力 $3 \cdot S_m$
P01	54	60	552
P01'	54	60	552
P02	82	90	552
P02'	82	90	552
P03	428	472	552
P03'	428	472	552
P04	480	528	552
P04'	480	528	552
P05	468	508	552
P05'	468	508	552
P06	526	572 ^{*3}	552
P06'	526	572 ^{*3}	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 : 許容応力 $3 \cdot S_m$ 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 11-5(1) 疲労累積係数

応力評価点 — P02

材 料 — SFVQ1A

No.	S_n (MPa)	K_e	S_p (MPa)	S_ℓ^{*1} (MPa)	$S_\ell'^{*2}$ (MPa)	N_a	N_c	N_c / N_a
1	82	—	190	95	112	218922	590	0.003
疲労累積係数 $U_{S_d} =$								0.003
疲労累積係数 $U_n =$								0.001
疲労累積係数 $U_f = U_n + U_{S_d} =$								0.004

注：疲労累積係数の求め方は、「応力解析の方針」の5.4.2項（疲労解析）に示す。

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

*2： S_ℓ に (E_0/E) を乗じた値である。

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

表 11-5(2) 疲労累積係数

応力評価点 — P06

材 料 — SFVQ1A

No.	S_n (MPa)	K_e	S_p (MPa)	S_ℓ^{*1} (MPa)	$S_\ell'^{*2}$ (MPa)	N_a	N_c	N_c / N_a
1	572	1.252	730	457	537	1181	340	0.288
疲労累積係数 $U_{S_s} =$								0.288
疲労累積係数 $U_n =$								0.004
疲労累積係数 $U_f = U_n + U_{S_s} =$								0.292

注：疲労累積係数の求め方は、「応力解析の方針」の5.4.2項（疲労解析）に示す。

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

*2： S_ℓ に (E_0/E) を乗じた値である。

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

表 11-6 疲労累積係数の評価のまとめ

応力評価点	疲労累積係数				許容値
	U_n	U_{S_d}	U_{S_s}	U_f^*	
P01	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000
P01'	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000
P02	0.001	0.003	0.003	0.004	1.000
P02'	0.000	0.003	0.003	0.003	1.000
P03	0.001	0.052	0.041	0.053	1.000
P03'	0.001	0.052	0.041	0.053	1.000
P04	0.007	0.231	0.184	0.238	1.000
P04'	0.001	0.231	0.184	0.232	1.000
P05	0.002	0.069	0.051	0.071	1.000
P05'	0.001	0.069	0.051	0.070	1.000
P06	0.004	0.204	0.288	0.292	1.000
P06'	0.001	0.204	0.288	0.289	1.000

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

12. ベントノズル（N8）の耐震性についての計算

12.1 一般事項

本章は、ベントノズル（N8）の耐震性についての計算である。

ベントノズル（N8）は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備、常設重大事故緩和設備及び常設重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。

以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

12.1.1 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図12-1に示す。

12.1.2 解析範囲

解析範囲を図12-1に示す。

12.1.3 計算結果の概要

計算結果の概要を表12-1に示す。

なお、応力評価点の選定に当たっては、形状不連続部、溶接部及び厳しい荷重作用点に着目し、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記載する。

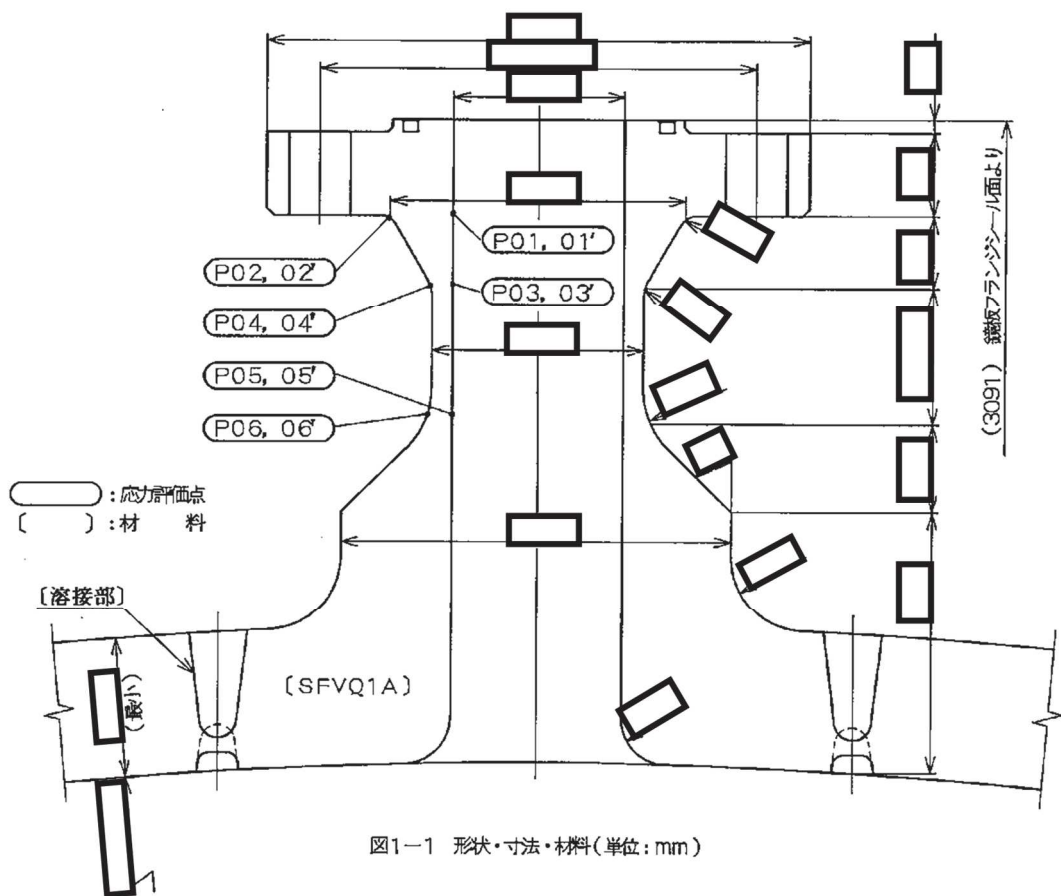


図12-1 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)

表 12-1 計算結果の概要

部分及び材料	許容応力状態	一次一般膜応力強さ (MPa)			一次膜+一次曲げ応力強さ (MPa)			一次+二次応力強さ (MPa)			疲労解析		
		応力 強さ	許容 応力	応力評価面	応力 強さ	許容 応力	応力評価面	応力 強さ	許容 応力	応力 評価点	疲労 累積係数*	許容値	応力 評価点
フランジ部 SFVQ1A	Ⅲ _A S	42	303	P01 - P02	59	454	P01 - P02	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ _A S	42	320	P01 - P02	58	481	P01 - P02	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ _A S	—	—	—	—	—	—	102	552	P02	0.004	1.000	P02
	Ⅳ _A S	—	—	—	—	—	—	102	552	P02			
ノズルエンド SFVQ1A	Ⅲ _A S	101	303	P03 - P04	251	418	P05 - P06	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ _A S	98	320	P03 - P04	235	442	P05 - P06	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ _A S	—	—	—	—	—	—	552	552	P06	0.578	1.000	P06
	Ⅳ _A S	—	—	—	—	—	—	542	552	P06			

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

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

12.2 計算条件

12.2.1 設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の4.1節に示す。

12.2.2 運転条件

考慮した運転条件を「応力解析の方針」の4.2節に示す。

12.2.3 材料

各部の材料を図12-1に示す。

12.2.4 荷重の組合せ及び許容応力状態

荷重の組合せ及び許容応力状態を「応力解析の方針」の3.4節に示す。

12.2.5 荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」の4.4節に示す。

12.2.6 許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の3.5節に示す。

12.3 応力計算

12.3.1 応力評価点

応力評価点の位置を図12-1に示す。

なお、応力集中を生じる箇所の応力集中係数は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)〇.に定めるとおりである。

12.3.2 内圧による応力

(1) 荷重条件 (L01)

各運転状態による内圧は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)〇.に定めるとおりである。

(2) 計算方法

内圧による応力の計算は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)〇.に定めるとおりである。

なお、各運転条件での内圧による応力は、既工認と同様に、既工認の最高使用圧力での応力を用いて、圧力の比により（比倍して）計算する。

12.3.3 外荷重による応力

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

外荷重を「応力解析の方針」の4.2節に示す。

(2) 計算方法

外荷重による応力の計算は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)〇.に定めるとおりである。

12.3.4 ボルト荷重による応力

(1) 荷重条件 (L11)

ボルト荷重は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)〇.に定めるとおりである。

(2) 計算方法

ボルト荷重による応力の計算は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)〇.に定めるとおりである。

12.3.5 応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め、応力強さを算出する。

応力強さの算出方法は、「応力解析の方針」の5.3.2項に定めるとおりである。

12.4 応力強さの評価

12.4.1 一次一般膜応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表12-2に示す。

表12-2より、各許容応力状態の一次一般膜応力強さは、「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

12.4.2 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表12-3に示す。

表12-3より、各許容応力状態の一次膜＋一次曲げ応力強さは、「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

12.4.3 一次+二次応力強さの評価

地震荷重のみにおける評価を表12-4に示す。

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

12.5 繰返し荷重の評価

12.5.1 疲労解析

フランジ部及びノズルエンドの応力評価点について、詳細な繰返し荷重の評価を行う。

(1) 疲労累積係数

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

表12-6より、各応力評価点において疲労累積係数は1.000以下であり、「応力解析の方針」の3.5節に示す許容値を満足する。

表 12-2 一次一般膜応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価面	許容応力状態Ⅲ _A S		許容応力状態Ⅳ _A S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	42	303	42	320
P01' P02'	42	303	42	320
P03 P04	101	303	98	320
P03' P04'	98	303	94	320
P05 P06	98	303	96	320
P05' P06'	95	303	91	320

表 12-3 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価面	許容応力状態Ⅲ _A S		許容応力状態Ⅳ _A S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	59	454	58	481
P01' P02'	52	454	51	481
P03 P04	227	418	215	442
P03' P04'	130	418	118	442
P05 P06	251	418	235	442
P05' P06'	128	418	111	442

表 12-4 一次＋二次応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価点	一次＋二次応力差最大範囲 ($P_L + P_b + Q$)		
	$S_n^{\#1*1}$	$S_n^{\#2*2}$	許容応力 $3 \cdot S_m$
P01	64	64	552
P01'	64	64	552
P02	102	102	552
P02'	102	102	552
P03	400	392	552
P03'	400	392	552
P04	478	472	552
P04'	478	472	552
P05	460	452	552
P05'	460	452	552
P06	552	542	552
P06'	552	542	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 12-5(1) 疲労累積係数

応力評価点 — P02

材 料 — SFVQ1A

No.	S_n (MPa)	K_e	S_p (MPa)	S_ℓ^{*1} (MPa)	$S_\ell'^{*2}$ (MPa)	N_a	N_c	N_c / N_a
1	102	—	202	101	119	172259	590	0.004
疲労累積係数 $U_{S_d} =$								0.004
疲労累積係数 $U_n =$								0.000
疲労累積係数 $U_f = U_n + U_{S_d} =$								0.004

注：疲労累積係数の求め方は、「応力解析の方針」の5.4.2項（疲労解析）に示す。

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

*2： S_ℓ に (E_0/E) を乗じた値である。

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

表 12-5(2) 疲労累積係数

応力評価点 — P06

材 料 — SFVQ1A

No.	S_n (MPa)	K_e	S_p (MPa)	S_ℓ^{*1} (MPa)	$S_\ell'^{*2}$ (MPa)	N_a	N_c	N_c / N_a
1	552	1.272	758	482	567	1024	590	0.577
疲労累積係数 $U_{S_d} =$								0.577
疲労累積係数 $U_n =$								0.001
疲労累積係数 $U_f = U_n + U_{S_d} =$								0.578

注：疲労累積係数の求め方は、「応力解析の方針」の5.4.2項（疲労解析）に示す。

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

*2： S_ℓ に (E_0 / E) を乗じた値である。

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

表 12-6 疲労累積係数の評価のまとめ

応力評価点	疲労累積係数				許容値
	U_n	U_{S_d}	U_{S_s}	U_f^*	
P01	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000
P01'	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000
P02	0.000	0.004	0.002	0.004	1.000
P02'	0.000	0.004	0.002	0.004	1.000
P03	0.000	0.041	0.022	0.041	1.000
P03'	0.000	0.041	0.022	0.041	1.000
P04	0.002	0.189	0.105	0.191	1.000
P04'	0.000	0.189	0.105	0.189	1.000
P05	0.001	0.065	0.036	0.066	1.000
P05'	0.000	0.065	0.036	0.065	1.000
P06	0.001	0.577	0.166	0.578	1.000
P06'	0.000	0.577	0.166	0.577	1.000

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

13. ジェットポンプ計測管貫通部ノズル (N9) の耐震性についての計算

13.1 一般事項

本章は、ジェットポンプ計測管貫通部ノズル (N9) の耐震性についての計算である。

ジェットポンプ計測管貫通部ノズル (N9) は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備、常設重大事故緩和設備及び常設重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。

以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

13.1.1 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図13-1に示す。

13.1.2 解析範囲

解析範囲を図13-1に示す。

13.1.3 計算結果の概要

計算結果の概要を表13-1に示す。

なお、応力評価点の選定に当たっては、形状不連続部、溶接部及び厳しい荷重作用点に着目し、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記載する。

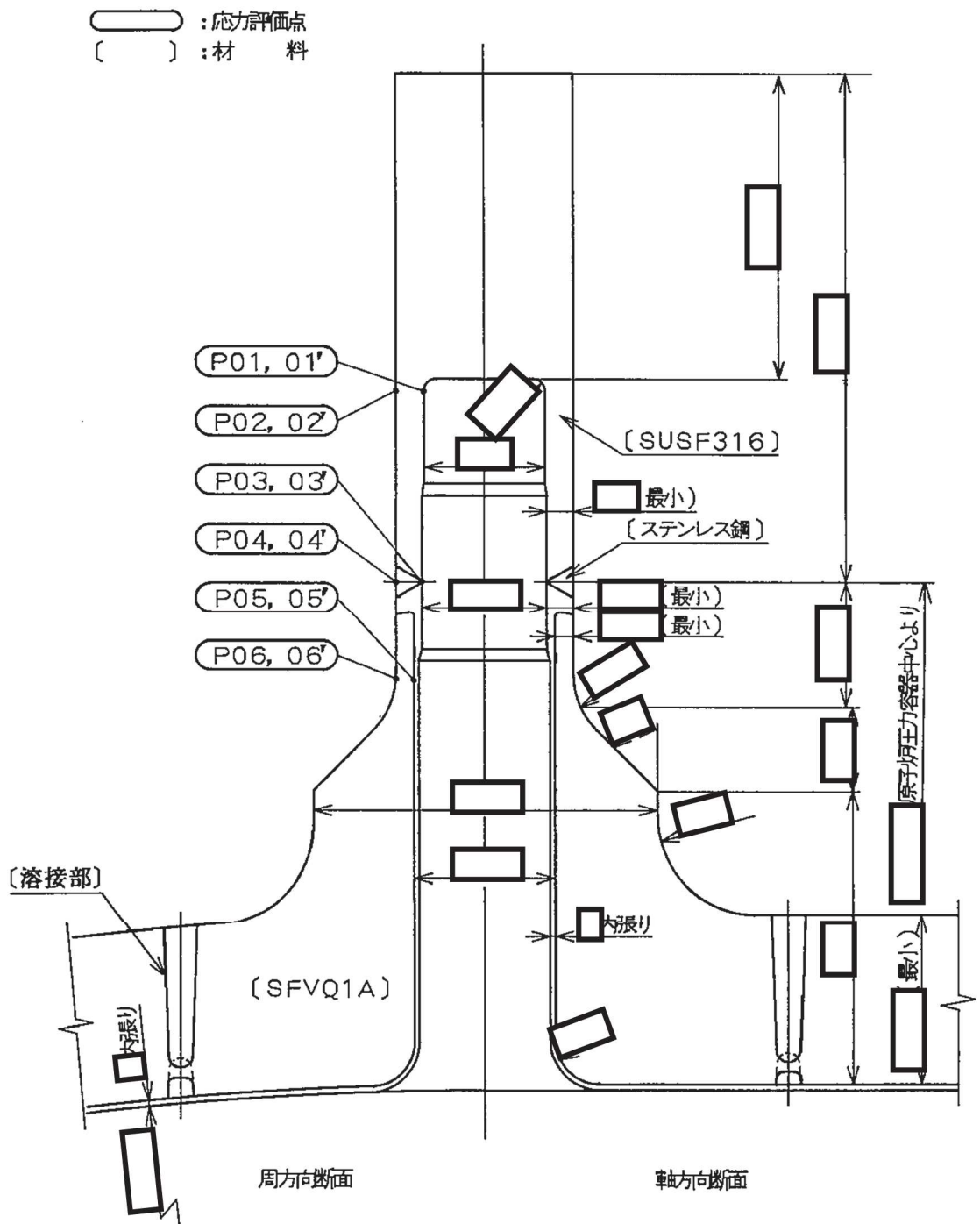


図13-1 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)

表 13-1 計算結果の概要

部分及び材料	許容応力状態	一次一般膜応力強さ (MPa)			一次膜+一次曲げ応力強さ (MPa)			一次+二次応力強さ (MPa)			疲労解析		
		応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価点	疲労累積係数*	許容値	応力評価点
ジェットポンプ 計測管貫通部 シール SUSF316	Ⅲ _A S	72	143	P01' - P02'	157	209	P01 - P02	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ _A S	68	280	P01' - P02'	159	408	P01 - P02	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ _A S	—	—	—	—	—	—	358	360	P02	0.001	1.000	P01
	Ⅳ _A S	—	—	—	—	—	—	360	360	P02			
溶接部 ステンレス鋼	Ⅲ _A S	72	143	P03' - P04'	118	207	P03' - P04'	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ _A S	69	280	P03' - P04'	119	406	P03' - P04'	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ _A S	—	—	—	—	—	—	256	360	P04	0.001	1.000	P04
	Ⅳ _A S	—	—	—	—	—	—	256	360	P04			
ノズルエンド SFVQ1A	Ⅲ _A S	107	303	P05' - P06'	210	418	P05' - P06'	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ _A S	101	320	P05' - P06'	210	442	P05 - P06	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ _A S	—	—	—	—	—	—	456	552	P06	0.116	1.000	P06
	Ⅳ _A S	—	—	—	—	—	—	458	552	P06			

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

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

13.2 計算条件

13.2.1 設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の4.1節に示す。

13.2.2 運転条件

考慮した運転条件を「応力解析の方針」の4.2節に示す。

13.2.3 材料

各部の材料を図13-1に示す。

13.2.4 荷重の組合せ及び許容応力状態

荷重の組合せ及び許容応力状態を「応力解析の方針」の3.4節に示す。

13.2.5 荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」の4.4節に示す。

13.2.6 許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の3.5節に示す。

13.3 応力計算

13.3.1 応力評価点

応力評価点の位置を図13-1に示す。

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

13.3.2 内圧による応力

(1) 荷重条件 (L01)

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

(2) 計算方法

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

なお、各運転条件での内圧による応力は、既工認と同様に、既工認の最高使用圧力での応力を用いて、圧力の比により（比倍して）計算する。

13.3.3 外荷重による応力

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

外荷重を「応力解析の方針」の4.2節に示す。

(2) 計算方法

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

13.3.4 応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め、応力強さを算出する。

応力強さの算出方法は、「応力解析の方針」の5.3.2項に定めるとおりである。

13.4 応力強さの評価

13.4.1 一次一般膜応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表13-2に示す。

表13-2より、各許容応力状態の一次一般膜応力強さは、「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

13.4.2 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表13-3に示す。

表13-3より、各許容応力状態の一次膜＋一次曲げ応力強さは、「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

13.4.3 一次＋二次応力強さの評価

地震荷重のみにおける評価を表13-4に示す。

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

13.5 繰返し荷重の評価

13.5.1 疲労解析

ジェットポンプ計測管貫通部シール、溶接部及びノズルエンドの応力評価点について、詳細な繰返し荷重の評価を行う。

(1) 疲労累積係数

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

表13-6より、各応力評価点において疲労累積係数は1.000以下であり、「応力解析の方針」の3.5節に示す許容値を満足する。

表 13-2 一次一般膜応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価面	許容応力状態Ⅲ _A S		許容応力状態Ⅳ _A S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	71	143	67	280
P01' P02'	72	143	68	280
P03 P04	71	143	67	280
P03' P04'	72	143	69	280
P05 P06	105	303	99	320
P05' P06'	107	303	101	320

表 13-3 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価面	許容応力状態Ⅲ _A S		許容応力状態Ⅳ _A S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	157	209	159	408
P01' P02'	155	209	156	408
P03 P04	114	207	116	406
P03' P04'	118	207	119	406
P05 P06	209	418	210	442
P05' P06'	210	418	210	442

表 13-4 一次＋二次応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価点	一次＋二次応力差最大範囲 ($P_L + P_b + Q$)		
	$S_n^{\#1*1}$	$S_n^{\#2*2}$	許容応力 $3 \cdot S_m$
P01	260	264	360
P01'	260	264	360
P02	358	360	360
P02'	358	360	360
P03	198	192	360
P03'	198	192	360
P04	256	256	360
P04'	256	256	360
P05	386	386	552
P05'	386	386	552
P06	456	458	552
P06'	456	458	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 13-5(1) 疲労累積係数

応力評価点 — P01

材 料 — SUSF316

No.	S_n (MPa)	K_e	S_p (MPa)	S_ℓ^{*1} (MPa)	$S_\ell'^{*2}$ (MPa)	N_a	N_c	N_c / N_a
1	260	—	366	183	203	732091	590	0.001
疲労累積係数 $U_{S_d} =$								0.001
疲労累積係数 $U_n =$								0.000
疲労累積係数 $U_f = U_n + U_{S_d} =$								0.001

注：疲労累積係数の求め方は、「応力解析の方針」の5.4.2項（疲労解析）に示す。

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

*2： S_ℓ に (E_0 / E) を乗じた値である。

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

表 13-5(2) 疲労累積係数

応力評価点 — P04

材 料 — ステンレス鋼

No.	S_n (MPa)	K_e	S_p (MPa)	S_ℓ^{*1} (MPa)	$S_\ell'^{*2}$ (MPa)	N_a	N_c	N_c / N_a
1	256	—	256	128	142	3103670	590	0.001
疲労累積係数 $U_{S_d} =$								0.001
疲労累積係数 $U_n =$								0.000
疲労累積係数 $U_f = U_n + U_{S_d} =$								0.001

注：疲労累積係数の求め方は、「応力解析の方針」の5.4.2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。

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

表 13-5(3) 疲労累積係数

応力評価点 — P06

材 料 — SFVQ1A

No.	S_n (MPa)	K_e	S_p (MPa)	S_ℓ^{*1} (MPa)	$S_\ell'^{*2}$ (MPa)	N_a	N_c	N_c / N_a
1	456	—	558	279	328	5130	590	0.115
疲労累積係数 $U_{S_d} =$								0.115
疲労累積係数 $U_n =$								0.001
疲労累積係数 $U_f = U_n + U_{S_d} =$								0.116

注：疲労累積係数の求め方は、「応力解析の方針」の5.4.2項（疲労解析）に示す。

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

*2： S_ℓ に (E_0 / E) を乗じた値である。

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

表 13-6 疲労累積係数の評価のまとめ

応力評価点	疲労累積係数				許容値
	U_n	U_{S_d}	U_{S_s}	U_f^*	
P01	0.000	0.001	0.001	0.001	1.000
P01'	0.000	0.001	0.001	0.001	1.000
P02	0.000	0.001	0.001	0.001	1.000
P02'	0.000	0.001	0.001	0.001	1.000
P03	0.000	0.001	0.001	0.001	1.000
P03'	0.000	0.001	0.001	0.001	1.000
P04	0.000	0.001	0.001	0.001	1.000
P04'	0.000	0.001	0.001	0.001	1.000
P05	0.000	0.037	0.021	0.037	1.000
P05'	0.000	0.037	0.021	0.037	1.000
P06	0.001	0.115	0.071	0.116	1.000
P06'	0.000	0.115	0.071	0.115	1.000

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

14. 差圧検出・ほう酸水注入ノズル（N11）の耐震性についての計算

14.1 一般事項

本章は、差圧検出・ほう酸水注入ノズル（N11）の耐震性についての計算である。

差圧検出・ほう酸水注入ノズル（N11）は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備、常設重大事故緩和設備及び常設重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。

以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

14.1.1 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図14-1に示す。

14.1.2 解析範囲

解析範囲を図14-1に示す。

14.1.3 計算結果の概要

計算結果の概要を表14-1に示す。

なお、応力評価点の選定に当たっては、形状不連続部、溶接部及び厳しい荷重作用点に着目し、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記載する。

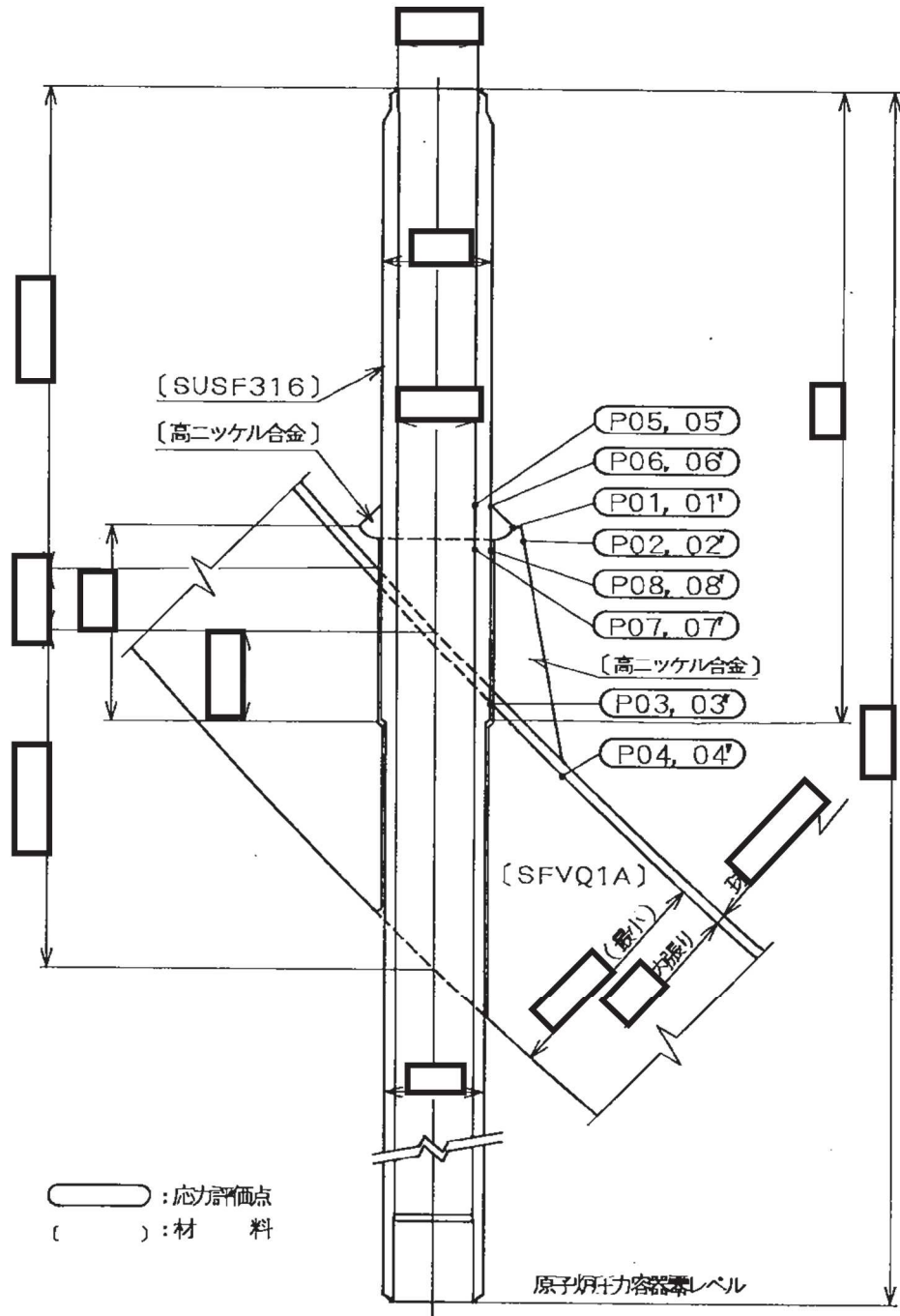


図14-1 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)

表 14-1 計算結果の概要

部分及び材料	許容応力状態	一次一般膜応力強さ (MPa)			一次膜＋一次曲げ応力強さ (MPa)			一次＋二次応力強さ (MPa)			疲労解析		
		応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価点	疲労累積係数*	許容値	応力評価点
肉盛部 高ニッケル合金	Ⅲ _A S	6	196	P01 - P02	93	295	P03' - P04'	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ _A S	10	334	P01 - P02	95	501	P03' - P04'	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ _A S	—	—	—	—	—	—	32	492	P02	0.001	1.000	P01
	Ⅳ _A S	—	—	—	—	—	—	58	492	P02			
ノズル SUSF316	Ⅲ _A S	32	143	P07 - P08	32	207	P07 - P08	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ _A S	37	280	P07 - P08	47	406	P07 - P08	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ _A S	—	—	—	—	—	—	68	360	P06	0.004	1.000	P08'
	Ⅳ _A S	—	—	—	—	—	—	142	360	P08			

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

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

14.2 計算条件

14.2.1 設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の4.1節に示す。

14.2.2 運転条件

考慮した運転条件を「応力解析の方針」の4.2節に示す。

14.2.3 材料

各部の材料を図14-1に示す。

14.2.4 荷重の組合せ及び許容応力状態

荷重の組合せ及び許容応力状態を「応力解析の方針」の3.4節に示す。

14.2.5 荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」の4.4節に示す。

14.2.6 許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の3.5節に示す。

14.3 応力計算

14.3.1 応力評価点

応力評価点の位置を図14-1に示す。

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

14.3.2 内圧による応力

(1) 荷重条件 (L01)

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

(2) 計算方法

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

なお、各運転条件での内圧による応力は、既工認と同様に、既工認の最高使用圧力での応力を用いて、圧力の比により（比倍して）計算する。

14.3.3 外荷重による応力

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

外荷重を「応力解析の方針」の4.2節に示す。

(2) 計算方法

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

14.3.4 応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め、応力強さを算出する。

応力強さの算出方法は、「応力解析の方針」の5.3.2項に定めるとおりである。

14.4 応力強さの評価

14.4.1 一次一般膜応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表14-2に示す。

表14-2より、各許容応力状態の一次一般膜応力強さは、「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

14.4.2 一次膜+一次曲げ応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表14-3に示す。

表14-3より、各許容応力状態の一次膜+一次曲げ応力強さは、「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

14.4.3 一次+二次応力強さの評価

地震荷重のみにおける評価を表14-4に示す。

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

14.5 繰返し荷重の評価

14.5.1 疲労解析

肉盛部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。

(1) 疲労累積係数

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

表14-6より、各応力評価点において疲労累積係数は1.000以下であり、「応力解析の方針」の3.5節に示す許容値を満足する。

表 14-2 一次一般膜応力強さの評価のまとめ

(単位 : MPa)

応力評価面	許容応力状態Ⅲ _A S		許容応力状態Ⅳ _A S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	6	196	10	334
P01' P02'	6	196	10	334
P03 P04	2	196	4	334
P03' P04'	2	196	4	334
P05 P06	15	143	20	280
P05' P06'	15	143	20	280
P07 P08	32	143	37	280
P07' P08'	32	143	37	280

表 14-3 一次膜+一次曲げ応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価面	許容応力状態Ⅲ _A S		許容応力状態Ⅳ _A S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	18	295	22	501
P01' P02'	18	295	24	501
P03 P04	87	295	84	501
P03' P04'	93	295	95	501
P05 P06	20	207	29	406
P05' P06'	29	207	40	406
P07 P08	32	207	47	406
P07' P08'	23	207	41	406

表 14-4 一次＋二次応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価点	一次＋二次応力差最大範囲 ($P_L + P_b + Q$)		
	$S_n^{\#1*1}$	$S_n^{\#2*2}$	許容応力 $3 \cdot S_m$
P01	20	40	492
P01'	20	40	492
P02	32	58	492
P02'	32	58	492
P03	12	16	492
P03'	12	16	492
P04	16	30	492
P04'	16	30	492
P05	48	80	360
P05'	48	80	360
P06	68	114	360
P06'	68	114	360
P07	54	106	360
P07'	54	106	360
P08	68	142	360
P08'	68	142	360

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 14-5(1) 疲労累積係数

応力評価点 — P01

材 料 — 高ニッケル合金

No.	S_n (MPa)	K_e	S_p (MPa)	S_ℓ^{*1} (MPa)	$S_\ell'^{*2}$ (MPa)	N_a	N_c	N_c / N_a
1	40	—	128	64	63	100000000000	340	0.000
疲労累積係数 $U_{S_s} =$								0.000
疲労累積係数 $U_n =$								0.001
疲労累積係数 $U_f = U_n + U_{S_s} =$								0.001

注：疲労累積係数の求め方は、「応力解析の方針」の 5.4.2 項（疲労解析）に示す。

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

*2： S_ℓ に (E_0 / E) を乗じた値である。

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

表 14-5(2) 疲労累積係数

応力評価点 — P08'

材 料 — SUSF316

No.	S_n (MPa)	K_e	S_p (MPa)	S_ℓ^{*1} (MPa)	$S_\ell'^{*2}$ (MPa)	N_a	N_c	N_c / N_a
1	142	—	496	248	275	113240	340	0.003
疲労累積係数 $U_{S_s} =$								0.003
疲労累積係数 $U_n =$								0.001
疲労累積係数 $U_f = U_n + U_{S_s} =$								0.004

注 : 疲労累積係数の求め方は, 「応力解析の方針」の 5.4.2 項 (疲労解析) に示す。

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

*2 : S_ℓ に (E_0 / E) を乗じた値である。

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

表 14-6 疲労累積係数の評価のまとめ

応力評価点	疲労累積係数				許容値
	U_n	U_{S_d}	U_{S_s}	U_f^*	
P01	0.001	0.000	0.000	0.001	1.000
P01'	0.001	0.000	0.000	0.001	1.000
P02	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000
P02'	0.001	0.000	0.000	0.001	1.000
P03	0.001	0.000	0.000	0.001	1.000
P03'	0.001	0.000	0.000	0.001	1.000
P04	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000
P04'	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000
P05	0.001	0.000	0.000	0.001	1.000
P05'	0.001	0.000	0.000	0.001	1.000
P06	0.001	0.001	0.001	0.002	1.000
P06'	0.000	0.001	0.001	0.001	1.000
P07	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000
P07'	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000
P08	0.000	0.001	0.003	0.003	1.000
P08'	0.001	0.001	0.003	0.004	1.000

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

15. 計装ノズル（N12, N13, N14）の耐震性についての計算

15.1 一般事項

本章は、計装ノズル（N12, N13及びN14）の耐震性についての計算である。

計装ノズル（N12, N13及びN14）は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備, 常設重大事故緩和設備及び常設重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。

以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

15.1.1 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図15-1に示す。

15.1.2 解析範囲

解析範囲を図15-1に示す。

15.1.3 計算結果の概要

計算結果の概要を表15-1に示す。

なお、応力評価点の選定に当たっては、形状不連続部、溶接部及び厳しい荷重作用点に着目し、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記載する。

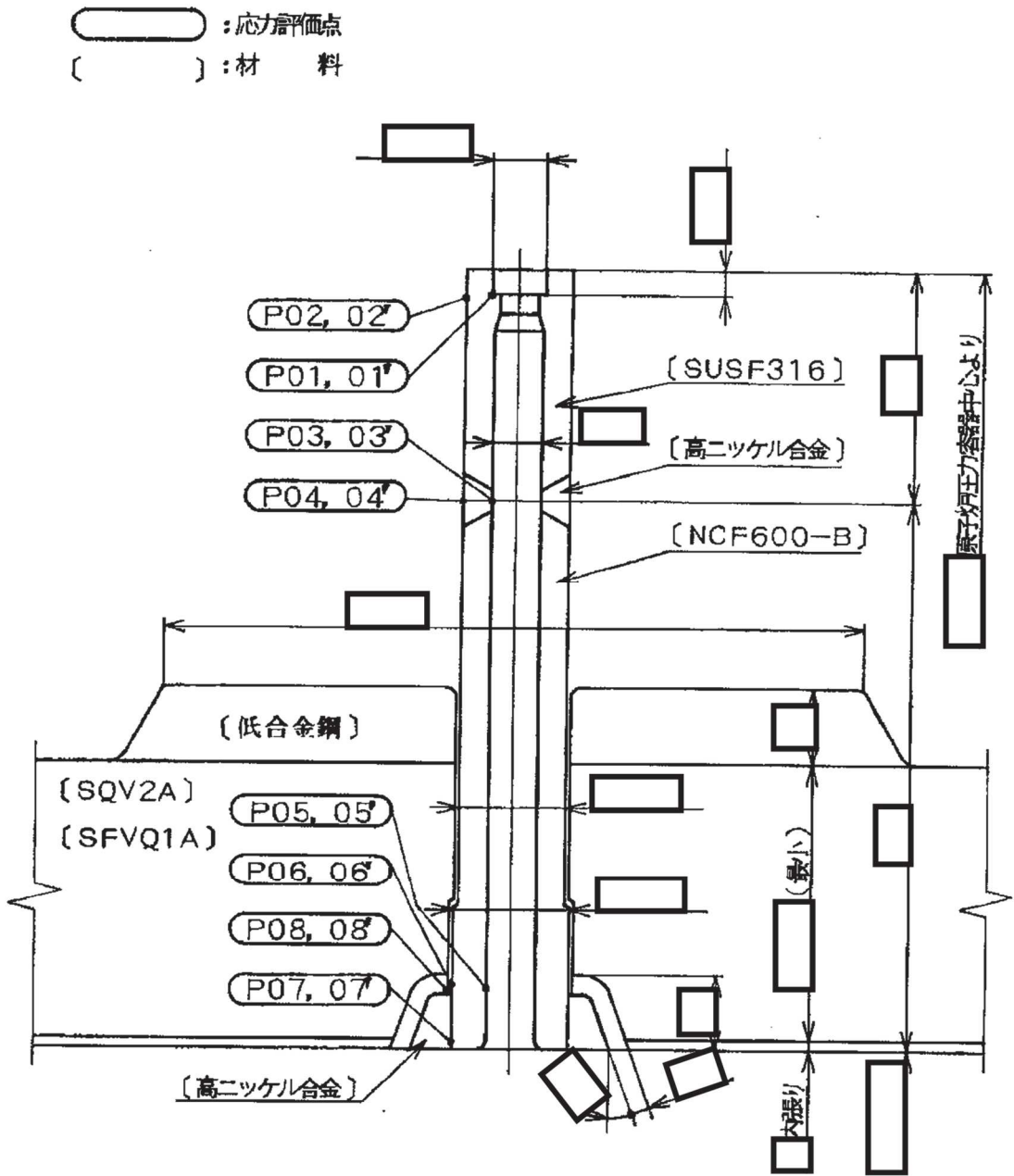


図 15-1(1) 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)
 (計装ノズル (N12 及び N13))

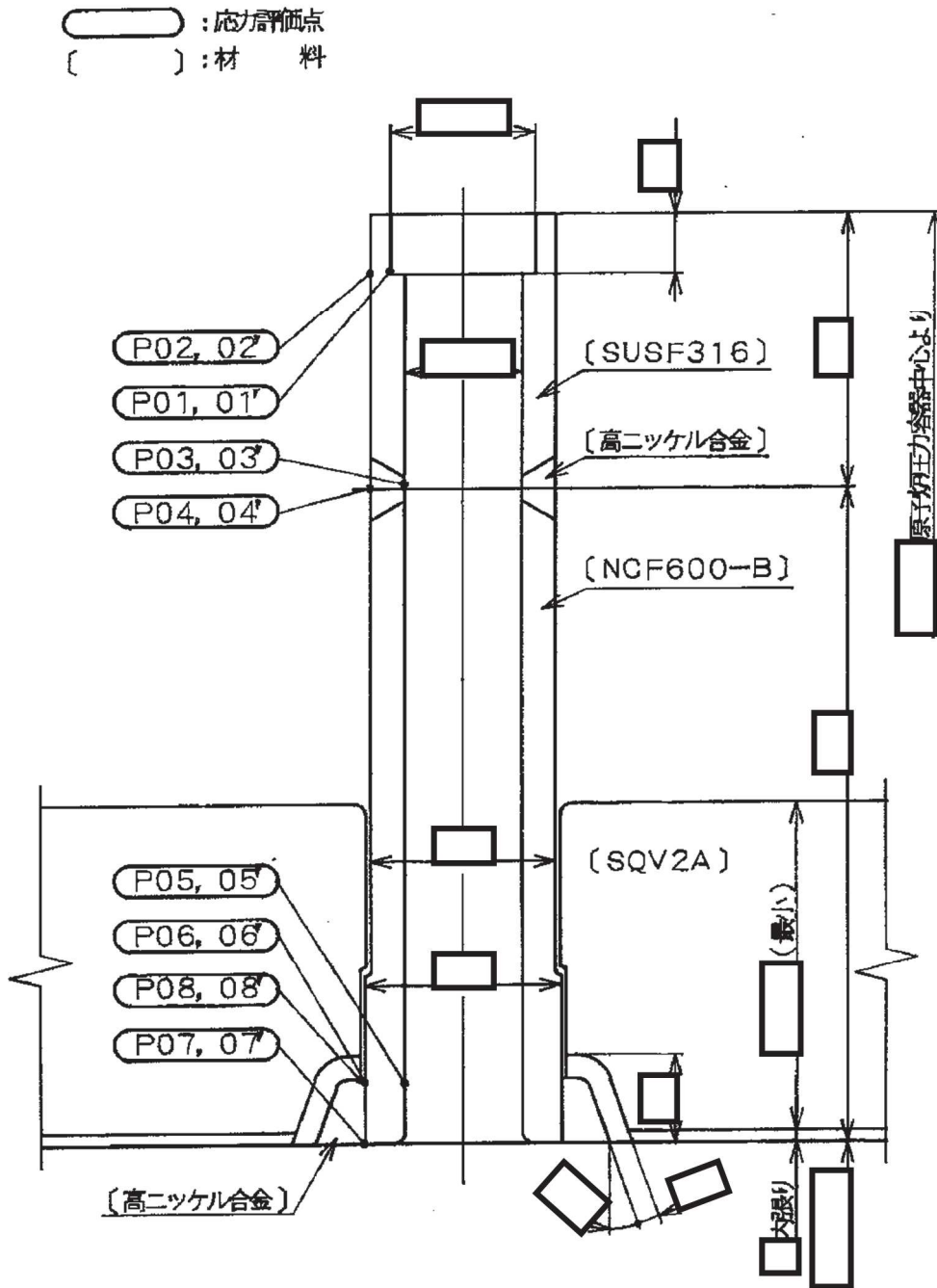


図 15-1(2) 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)
(計装ノズル (N14))

表 15-1(1) 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	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価点	疲労累積係数*1	許容値	応力評価点
ノズル セーフエンド SUSF316	Ⅲ _A S	47	143	P01 - P02	121	214	P01' - P02'	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ _A S	61	280	P01 - P02	180	420	P01' - P02'	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ _A S	—	—	—	—	—	—	226	360	P02	0.003	1.000	P01
	Ⅳ _A S	—	—	—	—	—	—	356	360	P02			
溶接部近傍 ステンレス鋼側	Ⅲ _A S	45	143	P03 - P04	139	214	P03' - P04'	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ _A S	59	280	P03' - P04'	200	420	P03' - P04'	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ _A S	—	—	—	—	—	—	258	360	P04	0.004	1.000	P04'
	Ⅳ _A S	—	—	—	—	—	—	398*2	360	P04			
ノズルエンド NCF600-B	Ⅲ _A S	35	196	P05 - P06	255	295	P05' - P06'	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ _A S	45	334	P05 - P06	310	501	P05' - P06'	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ _A S	—	—	—	—	—	—	266	492	P06	0.545	1.000	P06
	Ⅳ _A S	—	—	—	—	—	—	394	492	P06			

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

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

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

表 15-1(2) 計装ノズル (N13) 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	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価点	疲労累積係数*1	許容値	応力評価点
ノズル セーフエンド SUSF316	Ⅲ _A S	47	143	P01 - P02	121	214	P01' - P02'	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ _A S	61	280	P01 - P02	180	420	P01' - P02'	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ _A S	—	—	—	—	—	—	226	360	P02	0.003	1.000	P01
	Ⅳ _A S	—	—	—	—	—	—	356	360	P02			
溶接部近傍 ステンレス鋼側	Ⅲ _A S	45	143	P03 - P04	139	214	P03' - P04'	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ _A S	59	280	P03' - P04'	200	420	P03' - P04'	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ _A S	—	—	—	—	—	—	258	360	P04	0.004	1.000	P04
	Ⅳ _A S	—	—	—	—	—	—	398*2	360	P04			
ノズルエンド NCF600-B	Ⅲ _A S	35	196	P05 - P06	255	295	P05' - P06'	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ _A S	45	334	P05 - P06	310	501	P05' - P06'	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ _A S	—	—	—	—	—	—	266	492	P06	0.543	1.000	P06
	Ⅳ _A S	—	—	—	—	—	—	394	492	P06			

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

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

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

表 15-1(3) 計装ノズル (N14) 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	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価点	疲労累積係数*	許容値	応力評価点
ノズル セーフエンド SUSF316	Ⅲ _A S	44	143	P01 - P02	71	201	P01 - P02	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ _A S	47	280	P01 - P02	101	394	P01 - P02	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ _A S	—	—	—	—	—	—	114	360	P02	0.004	1.000	P01'
	Ⅳ _A S	—	—	—	—	—	—	180	360	P02			
溶接部近傍 ステンレス鋼側	Ⅲ _A S	28	143	P03 - P04	59	214	P03 - P04	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ _A S	31	280	P03 - P04	82	420	P03 - P04	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ _A S	—	—	—	—	—	—	98	360	P04	0.001	1.000	P03
	Ⅳ _A S	—	—	—	—	—	—	150	360	P04			
ノズルエンド NCF600-B	Ⅲ _A S	25	196	P05 - P06	179	295	P05' - P06'	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ _A S	27	334	P05 - P06	200	501	P05' - P06'	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ _A S	—	—	—	—	—	—	106	492	P06	0.017	1.000	P06
	Ⅳ _A S	—	—	—	—	—	—	158	492	P06			

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

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

15.2 計算条件

15.2.1 設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の4.1節に示す。

15.2.2 運転条件

考慮した運転条件を「応力解析の方針」の4.2節に示す。

15.2.3 材料

各部の材料を図15-1に示す。

15.2.4 荷重の組合せ及び許容応力状態

荷重の組合せ及び許容応力状態を「応力解析の方針」の3.4節に示す。

15.2.5 荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」の4.4節に示す。

15.2.6 許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の3.5節に示す。

15.3 応力計算

15.3.1 応力評価点

応力評価点の位置を図15-1に示す。

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

15.3.2 内圧による応力

(1) 荷重条件 (L01)

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

(2) 計算方法

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

なお、各運転条件での内圧による応力は、既工認と同様に、既工認の最高使用圧力での応力を用いて、圧力の比により（比倍して）計算する。

15.3.3 外荷重による応力

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

外荷重を「応力解析の方針」の4.2節に示す。

(2) 計算方法

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

15.3.4 応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め、応力強さを算出する。

応力強さの算出方法は、「応力解析の方針」の5.3.2項に定めるとおりである。

15.4 応力強さの評価

15.4.1 一次一般膜応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表15-2に示す。

表15-2より、各許容応力状態の一次一般膜応力強さは、「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

15.4.2 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表15-3に示す。

表15-3より、各許容応力状態の一次膜＋一次曲げ応力強さは、「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

15.4.3 一次＋二次応力強さの評価

地震荷重のみにおける評価を表15-4に示す。

(1) 計装ノズル (N12及びN13)

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

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 (P04及びP04') にあつては、「応力解析の方針」の5.4節に示す簡易弾塑性解析の方法を適用する。

(2) 計装ノズル (N14)

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

15.5 繰返し荷重の評価

15.5.1 疲労解析

ノズルセーフエンド、溶接部近傍及びノズルエンドの応力評価点について、詳細な繰返し荷重の評価を行う。

(1) 疲労累積係数

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

表15-6より、各応力評価点において疲労累積係数は1.000以下であり、「応力解析の方針」の3.5節に示す許容値を満足する。

表 15-2(1) 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)

応力評価面	許容応力状態Ⅲ _A S		許容応力状態Ⅳ _A S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	47	143	61	280
P01' P02'	47	143	61	280
P03 P04	45	143	58	280
P03' P04'	45	143	59	280
P05 P06	35	196	45	334
P05' P06'	35	196	45	334
P07 P08	19	196	19	334
P07' P08'	19	196	19	334

表 15-2(2) 計装ノズル (N13) の一次一般膜応力強さの評価のまとめ

(単位 : MPa)

応力評価面	許容応力状態Ⅲ _A S		許容応力状態Ⅳ _A S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	47	143	61	280
P01' P02'	47	143	61	280
P03 P04	45	143	58	280
P03' P04'	45	143	59	280
P05 P06	35	196	45	334
P05' P06'	35	196	45	334
P07 P08	19	196	19	334
P07' P08'	19	196	19	334

表 15-2(3) 計装ノズル (N14) の一次一般膜応力強さの評価のまとめ

(単位 : MPa)

応力評価面	許容応力状態Ⅲ _A S		許容応力状態Ⅳ _A S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	44	143	47	280
P01' P02'	44	143	47	280
P03 P04	28	143	31	280
P03' P04'	28	143	30	280
P05 P06	25	196	27	334
P05' P06'	24	196	26	334
P07 P08	25	196	25	334
P07' P08'	25	196	25	334

表 15-3(1) 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)

応力評価面	許容応力状態Ⅲ _A S		許容応力状態Ⅳ _A S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	120	214	178	420
P01' P02'	121	214	180	420
P03 P04	137	214	198	420
P03' P04'	139	214	200	420
P05 P06	92	295	142	501
P05' P06'	255	295	310	501
P07 P08	96	295	88	501
P07' P08'	138	295	146	501

表 15-3(2) 計装ノズル (N13) の一次膜+一次曲げ応力強さの評価のまとめ

(単位 : MPa)

応力評価面	許容応力状態Ⅲ _A S		許容応力状態Ⅳ _A S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	120	214	178	420
P01' P02'	121	214	180	420
P03 P04	137	214	198	420
P03' P04'	139	214	200	420
P05 P06	92	295	142	501
P05' P06'	255	295	310	501
P07 P08	96	295	88	501
P07' P08'	138	295	146	501

表 15-3(3) 計装ノズル (N14) の一次膜+一次曲げ応力強さの評価のまとめ

(単位 : MPa)

応力評価面	許容応力状態Ⅲ _A S		許容応力状態Ⅳ _A S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	71	201	101	394
P01' P02'	67	201	97	394
P03 P04	59	214	82	420
P03' P04'	58	214	80	420
P05 P06	93	295	90	501
P05' P06'	179	295	200	501
P07 P08	101	295	97	501
P07' P08'	125	295	130	501

表 15-4(1) 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)

応力評価点	一次+二次応力差最大範囲 ($P_L + P_b + Q$)		
	$S_n \# 1^{*1}$	$S_n \# 2^{*2}$	許容応力 $3 \cdot S_m$
P01	120	190	360
P01'	120	190	360
P02	226	356	360
P02'	226	356	360
P03	122	188	360
P03'	122	188	360
P04	258	398 ^{*3}	360
P04'	258	398 ^{*3}	360
P05	118	172	492
P05'	118	172	492
P06	266	394	492
P06'	266	394	492
P07	24	34	492
P07'	24	34	492
P08	42	60	492
P08'	42	60	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。

*3 : 簡易弾塑性解析を行う。

表 15-4(2) 計装ノズル (N13) の一次+二次応力強さの評価のまとめ

(単位 : MPa)

応力評価点	一次+二次応力差最大範囲 ($P_L + P_b + Q$)		
	$S_n \# 1^{*1}$	$S_n \# 2^{*2}$	許容応力 $3 \cdot S_m$
P01	120	190	360
P01'	120	190	360
P02	226	356	360
P02'	226	356	360
P03	122	188	360
P03'	122	188	360
P04	258	398 ^{*3}	360
P04'	258	398 ^{*3}	360
P05	118	172	492
P05'	118	172	492
P06	266	394	492
P06'	266	394	492
P07	24	34	492
P07'	24	34	492
P08	42	60	492
P08'	42	60	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。

*3 : 簡易弾塑性解析を行う。

表 15-4(3) 計装ノズル (N14) の一次+二次応力強さの評価のまとめ

(単位 : MPa)

応力評価点	一次+二次応力差最大範囲 ($P_L + P_b + Q$)		
	$S_n^{\#1*1}$	$S_n^{\#2*2}$	許容応力 $3 \cdot S_m$
P01	92	142	360
P01'	92	142	360
P02	114	180	360
P02'	114	180	360
P03	64	96	360
P03'	64	96	360
P04	98	150	360
P04'	98	150	360
P05	62	94	492
P05'	62	94	492
P06	106	158	492
P06'	106	158	492
P07	16	24	492
P07'	16	24	492
P08	26	38	492
P08'	26	38	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 15-5(1) 計装ノズル (N12) の疲労累積係数

応力評価点 — P01

材 料 — SUSF316

No.	S_n (MPa)	K_e	S_p (MPa)	S_ℓ^{*1} (MPa)	$S_\ell'^{*2}$ (MPa)	N_a	N_c	N_c / N_a
1	190	—	426	213	236	272235	340	0.002
疲労累積係数 $U_{S_s} =$								0.002
疲労累積係数 $U_n =$								0.001
疲労累積係数 $U_f = U_n + U_{S_s} =$								0.003

注 : 疲労累積係数の求め方は、「応力解析の方針」の 5.4.2 項 (疲労解析) に示す。

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

*2 : S_ℓ に (E_0 / E) を乗じた値である。

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

表 15-5(2) 計装ノズル (N12) の疲労累積係数

応力評価点 — P04'

材 料 — ステンレス鋼側

No.	S_n (MPa)	K_e	S_p (MPa)	S_ℓ^{*1} (MPa)	$S_\ell'^{*2}$ (MPa)	N_a	N_c	N_c / N_a
1	398	1.201	398	239	265	139342	340	0.003
疲労累積係数 $U_{S_s} =$								0.003
疲労累積係数 $U_n =$								0.001
疲労累積係数 $U_f = U_n + U_{S_s} =$								0.004

注 : 疲労累積係数の求め方は、「応力解析の方針」の 5.4.2 項 (疲労解析) に示す。

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

*2 : S_ℓ に (E_0 / E) を乗じた値である。

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

表 15-5(3) 計装ノズル (N12) の疲労累積係数

応力評価点 — P06

材 料 — NCF600-B

No.	S_n (MPa)	K_e	S_p (MPa)	S_ℓ^{*1} (MPa)	$S_\ell'^{*2}$ (MPa)	N_a	N_c	N_c / N_a
1	394	—	1926	963	948	630	340	0.540
疲労累積係数 $U_{S_s} =$								0.540
疲労累積係数 $U_n =$								0.005
疲労累積係数 $U_f = U_n + U_{S_s} =$								0.545

注 : 疲労累積係数の求め方は、「応力解析の方針」の 5.4.2 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。

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

表 15-5(4) 計装ノズル (N13) の疲労累積係数

応力評価点 — P01

材 料 — SUSF316

No.	S_n (MPa)	K_e	S_p (MPa)	S_ℓ^{*1} (MPa)	$S_\ell'^{*2}$ (MPa)	N_a	N_c	N_c / N_a
1	190	—	426	213	236	272235	340	0.002
疲労累積係数 $U_{S_s} =$								0.002
疲労累積係数 $U_n =$								0.001
疲労累積係数 $U_f = U_n + U_{S_s} =$								0.003

注 : 疲労累積係数の求め方は, 「応力解析の方針」の 5.4.2 項 (疲労解析) に示す。

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

*2 : S_ℓ に (E_0 / E) を乗じた値である。

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

表 15-5(5) 計装ノズル (N13) の疲労累積係数

応力評価点 — P04

材 料 — ステンレス鋼側

No.	S_n (MPa)	K_e	S_p (MPa)	S_ℓ^{*1} (MPa)	$S_\ell'^{*2}$ (MPa)	N_a	N_c	N_c / N_a
1	398	1.201	398	239	265	139342	340	0.003
疲労累積係数 $U_{S_s} =$								0.003
疲労累積係数 $U_n =$								0.001
疲労累積係数 $U_f = U_n + U_{S_s} =$								0.004

注 : 疲労累積係数の求め方は、「応力解析の方針」の 5.4.2 項 (疲労解析) に示す。

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

*2 : S_ℓ に (E_0 / E) を乗じた値である。

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

表 15-5(6) 計装ノズル (N13) の疲労累積係数

応力評価点 — P06

材 料 — NCF600-B

No.	S_n (MPa)	K_e	S_p (MPa)	S_ℓ^{*1} (MPa)	$S_\ell'^{*2}$ (MPa)	N_a	N_c	N_c / N_a
1	394	—	1926	963	948	630	340	0.540
疲労累積係数 $U_{S_s} =$								0.540
疲労累積係数 $U_n =$								0.003
疲労累積係数 $U_f = U_n + U_{S_s} =$								0.543

注 : 疲労累積係数の求め方は, 「応力解析の方針」の 5.4.2 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。

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

表 15-5(7) 計装ノズル (N14) の疲労累積係数

応力評価点 — P01'

材 料 — SUSF316

No.	S_n (MPa)	K_e	S_p (MPa)	S_ℓ^{*1} (MPa)	$S_\ell'^{*2}$ (MPa)	N_a	N_c	N_c / N_a
1	142	—	492	246	273	118444	340	0.003
疲労累積係数 $U_{S_s} =$								0.003
疲労累積係数 $U_n =$								0.001
疲労累積係数 $U_f = U_n + U_{S_s} =$								0.004

注 : 疲労累積係数の求め方は、「応力解析の方針」の 5.4.2 項 (疲労解析) に示す。

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

*2 : S_ℓ に (E_0 / E) を乗じた値である。

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

表 15-5(8) 計装ノズル (N14) の疲労累積係数

応力評価点 — P03

材 料 — ステンレス鋼側

No.	S_n (MPa)	K_e	S_p (MPa)	S_ℓ^{*1} (MPa)	$S_\ell'^{*2}$ (MPa)	N_a	N_c	N_c / N_a
1	96	—	96	48	53	100000000000	340	0.000
疲労累積係数 $U_{S_s} =$								0.000
疲労累積係数 $U_n =$								0.001
疲労累積係数 $U_f = U_n + U_{S_s} =$								0.001

注 : 疲労累積係数の求め方は, 「応力解析の方針」の 5.4.2 項 (疲労解析) に示す。

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

*2 : S_ℓ に (E_0 / E) を乗じた値である。

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

表 15-5(9) 計装ノズル (N14) の疲労累積係数

応力評価点 — P06

材 料 — NCF600-B

No.	S_n (MPa)	K_e	S_p (MPa)	S_ℓ^{*1} (MPa)	$S_\ell'^{*2}$ (MPa)	N_a	N_c	N_c / N_a
1	158	—	762	381	375	22164	340	0.016
疲労累積係数 $U_{S_s} =$								0.016
疲労累積係数 $U_n =$								0.001
疲労累積係数 $U_f = U_n + U_{S_s} =$								0.017

注：疲労累積係数の求め方は、「応力解析の方針」の 5.4.2 項（疲労解析）に示す。

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

*2： S_ℓ に (E_0 / E) を乗じた値である。

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

表 15-6(1) 計装ノズル (N12) の疲労累積係数の評価のまとめ

応力評価点	疲労累積係数				許容値
	U_n	U_{S_d}	U_{S_s}	U_f^*	
P01	0.001	0.001	0.002	0.003	1.000
P01'	0.000	0.001	0.002	0.002	1.000
P02	0.001	0.001	0.001	0.002	1.000
P02'	0.001	0.001	0.001	0.002	1.000
P03	0.001	0.000	0.001	0.002	1.000
P03'	0.001	0.000	0.001	0.002	1.000
P04	0.000	0.001	0.003	0.003	1.000
P04'	0.001	0.001	0.003	0.004	1.000
P05	0.001	0.000	0.000	0.001	1.000
P05'	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000
P06	0.005	0.242	0.540	0.545	1.000
P06'	0.005	0.242	0.540	0.545	1.000
P07	0.001	0.000	0.000	0.001	1.000
P07'	0.001	0.000	0.000	0.001	1.000
P08	0.001	0.000	0.001	0.002	1.000
P08'	0.001	0.000	0.001	0.002	1.000

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

表 15-6(2) 計装ノズル (N13) の疲労累積係数の評価のまとめ

応力評価点	疲労累積係数				許容値
	U_n	U_{S_d}	U_{S_s}	U_f^*	
P01	0.001	0.001	0.002	0.003	1.000
P01'	0.001	0.001	0.002	0.003	1.000
P02	0.000	0.001	0.001	0.001	1.000
P02'	0.001	0.001	0.001	0.002	1.000
P03	0.001	0.000	0.001	0.002	1.000
P03'	0.001	0.000	0.001	0.002	1.000
P04	0.001	0.001	0.003	0.004	1.000
P04'	0.001	0.001	0.003	0.004	1.000
P05	0.001	0.000	0.000	0.001	1.000
P05'	0.001	0.000	0.000	0.001	1.000
P06	0.003	0.242	0.540	0.543	1.000
P06'	0.001	0.242	0.540	0.541	1.000
P07	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000
P07'	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000
P08	0.005	0.000	0.001	0.006	1.000
P08'	0.005	0.000	0.001	0.006	1.000

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

表 15-6(3) 計装ノズル (N14) の疲労累積係数の評価のまとめ

応力評価点	疲労累積係数				許容値
	U_n	U_{S_d}	U_{S_s}	U_f^*	
P01	0.000	0.001	0.003	0.003	1.000
P01'	0.001	0.001	0.003	0.004	1.000
P02	0.001	0.000	0.000	0.001	1.000
P02'	0.001	0.000	0.000	0.001	1.000
P03	0.001	0.000	0.000	0.001	1.000
P03'	0.001	0.000	0.000	0.001	1.000
P04	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000
P04'	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000
P05	0.001	0.000	0.000	0.001	1.000
P05'	0.001	0.000	0.000	0.001	1.000
P06	0.001	0.004	0.016	0.017	1.000
P06'	0.001	0.004	0.016	0.017	1.000
P07	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000
P07'	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000
P08	0.002	0.000	0.000	0.002	1.000
P08'	0.002	0.000	0.000	0.002	1.000

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

16. ドレンノズル (N15) の耐震性についての計算

16.1 一般事項

本章は、ドレンノズル (N15) の耐震性についての計算である。

ドレンノズル (N15) は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備、常設重大事故緩和設備及び常設重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。

以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

16.1.1 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図16-1に示す。

16.1.2 解析範囲

解析範囲を図16-1に示す。

16.1.3 計算結果の概要

計算結果の概要を表16-1に示す。

なお、応力評価点の選定に当たっては、形状不連続部、溶接部及び厳しい荷重作用点に着目し、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記載する。

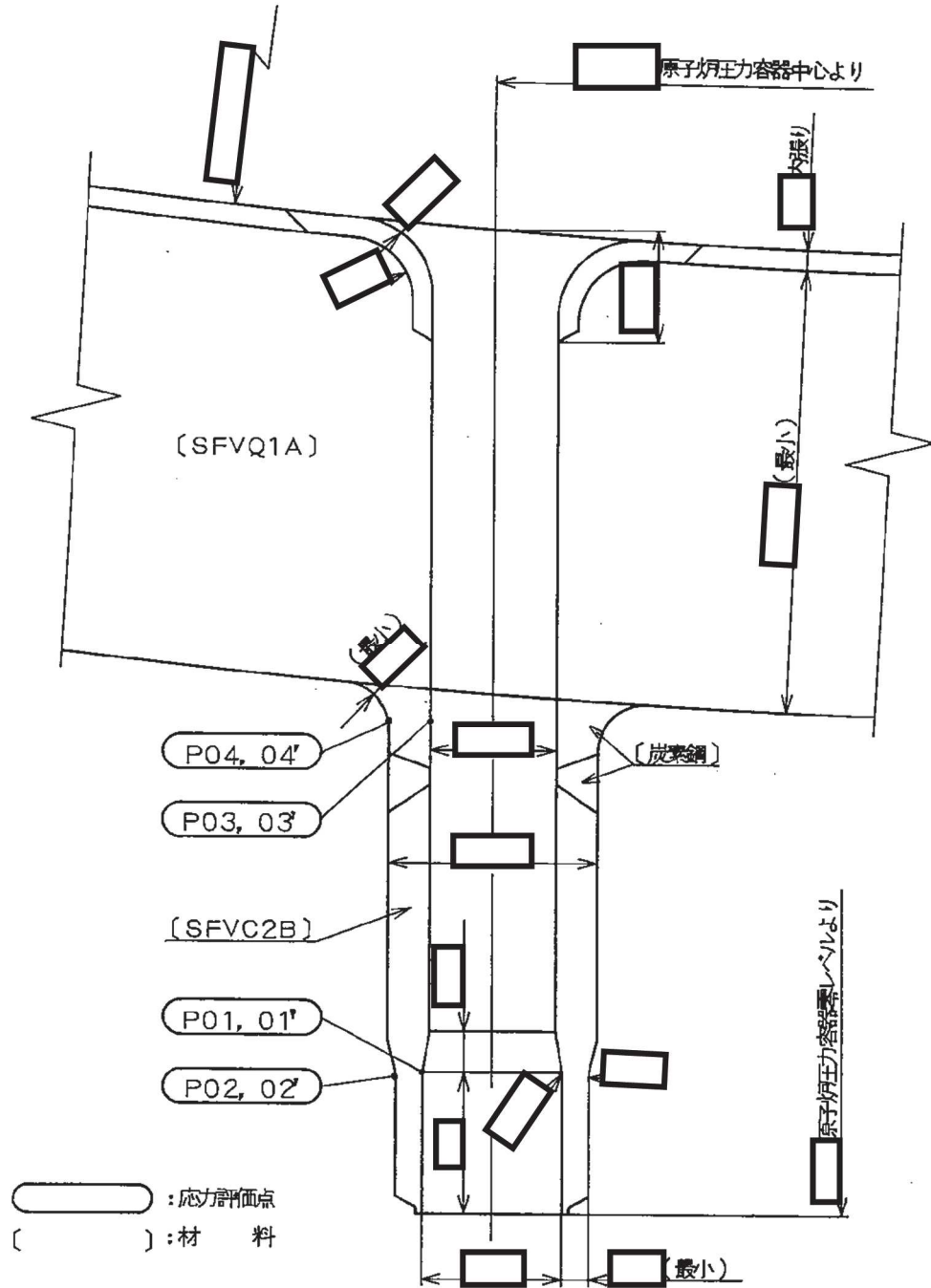


図16-1 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)

表 16-1 計算結果の概要

部分及び材料	許容応力状態	一次一般膜応力強さ (MPa)			一次膜＋一次曲げ応力強さ (MPa)			一次＋二次応力強さ (MPa)			疲労解析		
		応力 強さ	許容 応力	応力評価面	応力 強さ	許容 応力	応力評価面	応力 強さ	許容 応力	応力 評価点	疲労 累積係数*	許容値	応力 評価点
ノズルエンド SFVC2B	Ⅲ _A S	70	188	P01 - P02	187	262	P01' - P02'	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ _A S	70	292	P01 - P02	182	405	P01' - P02'	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ _A S	—	—	—	—	—	—	376	383	P02	0.047	1.000	P02
	Ⅳ _A S	—	—	—	—	—	—	378	383	P02			
肉盛部 炭素鋼	Ⅲ _A S	36	188	P03 - P04	217	279	P03' - P04'	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ _A S	35	292	P03 - P04	214	432	P03' - P04'	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ _A S	—	—	—	—	—	—	234	383	P04	0.027	1.000	P04'
	Ⅳ _A S	—	—	—	—	—	—	234	383	P04			

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

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

16.2 計算条件

16.2.1 設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の4.1節に示す。

16.2.2 運転条件

考慮した運転条件を「応力解析の方針」の4.2節に示す。

16.2.3 材料

各部の材料を図16-1に示す。

16.2.4 荷重の組合せ及び許容応力状態

荷重の組合せ及び許容応力状態を「応力解析の方針」の3.4節に示す。

16.2.5 荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」の4.4節に示す。

16.2.6 許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の3.5節に示す。

16.3 応力計算

16.3.1 応力評価点

応力評価点の位置を図16-1に示す。

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

16.3.2 内圧による応力

(1) 荷重条件 (L01)

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

(2) 計算方法

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

なお、各運転条件での内圧による応力は、既工認と同様に、既工認の最高使用圧力での応力を用いて、圧力の比により（比倍して）計算する。

16.3.3 外荷重による応力

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

外荷重を「応力解析の方針」の4.2節に示す。

(2) 計算方法

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

16.3.4 応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め、応力強さを算出する。

応力強さの算出方法は、「応力解析の方針」の5.3.2項に定めるとおりである。

16.4 応力強さの評価

16.4.1 一次一般膜応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表16-2に示す。

表16-2より、各許容応力状態の一次一般膜応力強さは、「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

16.4.2 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表16-3に示す。

表16-3より、各許容応力状態の一次膜＋一次曲げ応力強さは、「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

16.4.3 一次＋二次応力強さの評価

地震荷重のみにおける評価を表16-4に示す。

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

16.5 繰返し荷重の評価

16.5.1 疲労解析

ノズルエンド及び肉盛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。

(1) 疲労累積係数

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

表16-6より、各応力評価点において疲労累積係数は1.000以下であり、「応力解析の方針」の3.5節に示す許容値を満足する。

表 16-2 一次一般膜応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価面	許容応力状態Ⅲ _A S		許容応力状態Ⅳ _A S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	70	188	70	292
P01' P02'	69	188	69	292
P03 P04	36	188	35	292
P03' P04'	34	188	33	292

表 16-3 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価面	許容応力状態Ⅲ _A S		許容応力状態Ⅳ _A S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	182	262	177	405
P01' P02'	187	262	182	405
P03 P04	69	279	67	432
P03' P04'	217	279	214	432

表 16-4 一次＋二次応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価点	一次＋二次応力差最大範囲 ($P_L + P_b + Q$)		
	$S_n \# 1^{*1}$	$S_n \# 2^{*2}$	許容応力 $3 \cdot S_m$
P01	312	312	383
P01'	312	312	383
P02	376	378	383
P02'	376	378	383
P03	160	158	383
P03'	160	158	383
P04	234	234	383
P04'	234	234	383

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 16-5(1) 疲労累積係数

応力評価点 — P02

材 料 — SFVC2B

No.	S_n (MPa)	K_e	S_p (MPa)	S_{\square}^{*1} (MPa)	$S_{\square}'^{*2}$ (MPa)	N_a	N_c	N_c / N_a
1	376	—	436	218	243	12948	590	0.046
疲労累積係数 $U_{S_d} =$								0.046
疲労累積係数 $U_n =$								0.001
疲労累積係数 $U_f = U_n + U_{S_d} =$								0.047

注：疲労累積係数の求め方は、「応力解析の方針」の5.4.2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_{\square} に (E_0 / E) を乗じた値である。

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

表 16-5(2) 疲労累積係数

応力評価点 — P04'

材 料 — 炭素鋼

No.	S_n (MPa)	K_e	S_p (MPa)	S_{\square}^{*1} (MPa)	$S_{\square}'^{*2}$ (MPa)	N_a	N_c	N_c / N_a
1	234	—	360	180	200	24518	590	0.025
疲労累積係数 $U_{S_d} =$								0.025
疲労累積係数 $U_n =$								0.002
疲労累積係数 $U_f = U_n + U_{S_d} =$								0.027

注：疲労累積係数の求め方は、「応力解析の方針」の 5.4.2 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_{\square} に (E_0 / E) を乗じた値である。

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

表 16-6 疲労累積係数の評価のまとめ

応力評価点	疲労累積係数				許容値
	U_n	U_{S_d}	U_{S_s}	U_f^*	
P01	0.001	0.020	0.012	0.021	1.000
P01'	0.001	0.020	0.012	0.021	1.000
P02	0.001	0.046	0.026	0.047	1.000
P02'	0.001	0.046	0.026	0.047	1.000
P03	0.002	0.001	0.001	0.003	1.000
P03'	0.002	0.001	0.001	0.003	1.000
P04	0.001	0.025	0.014	0.026	1.000
P04'	0.002	0.025	0.014	0.027	1.000

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

17. 高圧炉心スプレインズル (N16) の耐震性についての計算

17.1 一般事項

本章は、高圧炉心スプレインズル (N16) の耐震性についての計算である。

高圧炉心スプレインズル (N16) は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備、常設重大事故緩和設備及び常設重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。

以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

17.1.1 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図17-1に示す。

17.1.2 解析範囲

解析範囲を図17-1に示す。

17.1.3 計算結果の概要

計算結果の概要を表17-1に示す。

なお、応力評価点の選定に当たっては、形状不連続部、溶接部及び厳しい荷重作用点に着目し、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記載する。

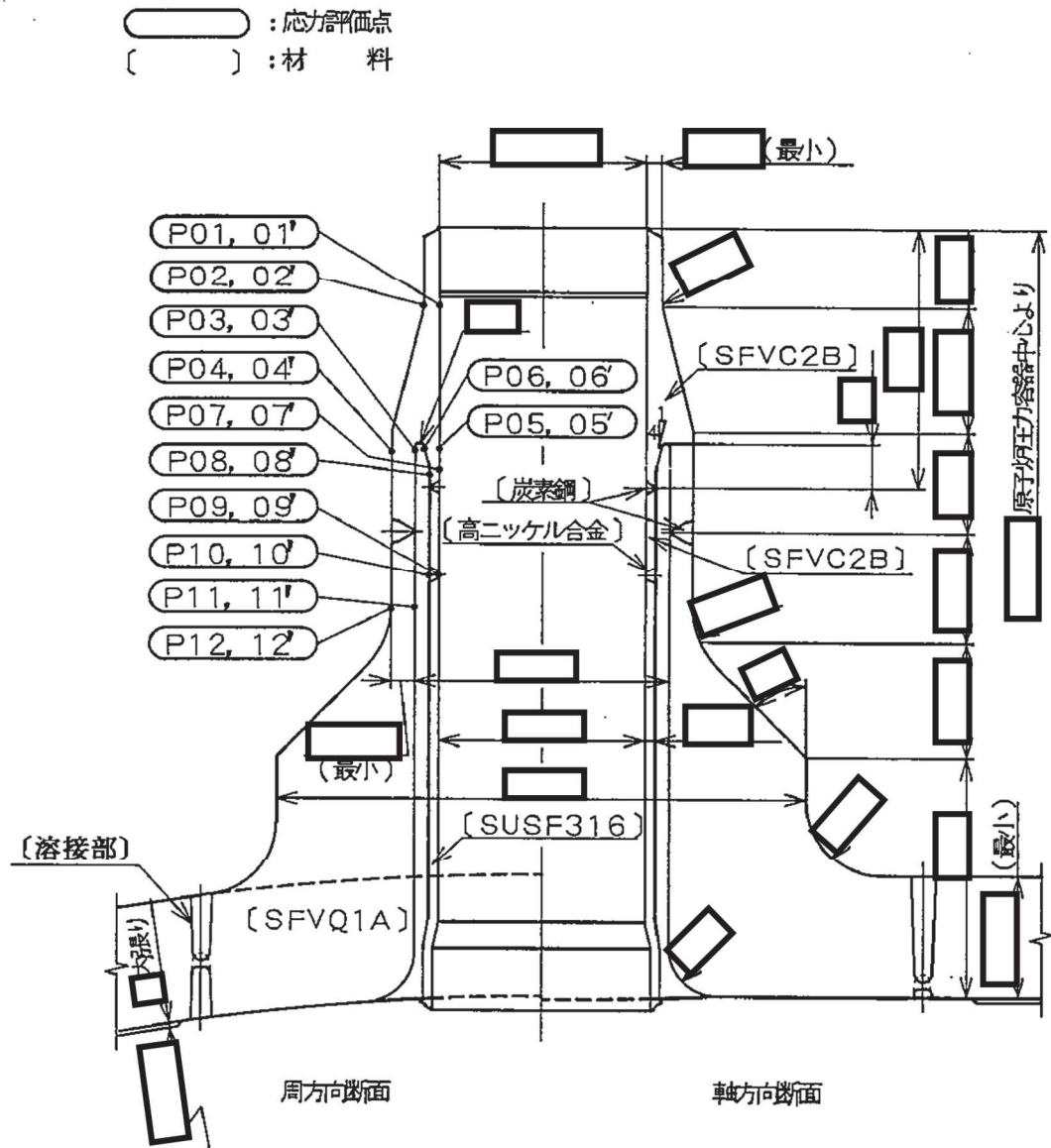


図17-1 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)

表 17-1 計算結果の概要

部分及び材料	許容応力状態	一次一般膜応力強さ (MPa)			一次膜＋一次曲げ応力強さ (MPa)			一次＋二次応力強さ (MPa)			疲労解析		
		応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価点	疲労累積係数*1	許容値	応力評価点
ノズル セーフエンド SFVC2B	Ⅲ _A S	89	188	P01 - P02	214	253	P01' - P02'	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ _A S	92	292	P01 - P02	276	391	P01' - P02'	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ _A S	—	—	—	—	—	—	374	383	P02	0.290	1.000	P02'
	Ⅳ _A S	—	—	—	—	—	—	522*2	383	P02			
サーマル スリーブ SFVC2B	Ⅲ _A S	17	188	P09 - P10	39	247	P07 - P08	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ _A S	18	292	P09 - P10	58	382	P07 - P08	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ _A S	—	—	—	—	—	—	102	383	P08	0.011	1.000	P06
	Ⅳ _A S	—	—	—	—	—	—	178	383	P08			
ノズルエンド SFVQ1A	Ⅲ _A S	64	303	P11 - P12	123	409	P11 - P12	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ _A S	65	320	P11 - P12	159	432	P11 - P12	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ _A S	—	—	—	—	—	—	222	552	P12	0.024	1.000	P12
	Ⅳ _A S	—	—	—	—	—	—	310	552	P12			

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

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

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

17.2 計算条件

17.2.1 設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の4.1節に示す。

17.2.2 運転条件

考慮した運転条件を「応力解析の方針」の4.2節に示す。

17.2.3 材料

各部の材料を図17-1に示す。

17.2.4 荷重の組合せ及び許容応力状態

荷重の組合せ及び許容応力状態を「応力解析の方針」の3.4節に示す。

17.2.5 荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」の4.4節に示す。

17.2.6 許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の3.5節に示す。

17.3 応力計算

17.3.1 応力評価点

応力評価点の位置を図17-1に示す。

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

17.3.2 内圧及び差圧による応力

(1) 荷重条件 (L01及びL02)

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

(2) 計算方法

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

なお、各運転条件での内圧及び差圧による応力は、既工認と同様に、既工認の最高使用圧力及び設計差圧での応力を用いて、圧力の比により（比倍して）計算する。

17.3.3 外荷重による応力

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

外荷重を「応力解析の方針」の4.2節に示す。

(2) 計算方法

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

17.3.4 応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め、応力強さを算出する。

応力強さの算出方法は、「応力解析の方針」の5.3.2項に定めるとおりである。

17.4 応力強さの評価

17.4.1 一次一般膜応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表17-2に示す。

表17-2より、各許容応力状態の一次一般膜応力強さは、「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

17.4.2 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表17-3に示す。

表17-3より、各許容応力状態の一次膜＋一次曲げ応力強さは、「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

17.4.3 一次＋二次応力強さの評価

地震荷重のみにおける評価を表17-4に示す。

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

P01, P01', P02及びP02'

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 (P01, P01', P02及びP02') にあつては、「応力解析の方針」の5.4節に示す簡易弾塑性解析の方法を適用する。

17.5 繰返し荷重の評価

17.5.1 疲労解析

ノズルセーフエンド、サーマルスリーブ及びノズルエンドの応力評価点について、詳細な繰返し荷重の評価を行う。

(1) 疲労累積係数

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

表17-6より、各応力評価点において疲労累積係数は1.000以下であり、「応力解析の方針」の3.5節に示す許容値を満足する。

表 17-2 一次一般膜応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価面	許容応力状態Ⅲ _A S		許容応力状態Ⅳ _A S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	89	188	92	292
P01' P02'	88	188	90	292
P03 P04	64	188	65	292
P03' P04'	63	188	64	292
P05 P06	14	188	14	292
P05' P06'	14	188	14	292
P07 P08	15	188	16	292
P07' P08'	14	188	15	292
P09 P10	17	188	18	292
P09' P10'	17	188	17	292
P11 P12	64	303	65	320
P11' P12'	63	303	64	320

表 17-3 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価面	許容応力状態Ⅲ _A S		許容応力状態Ⅳ _A S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	211	253	272	391
P01' P02'	214	253	276	391
P03 P04	112	255	145	394
P03' P04'	97	255	130	394
P05 P06	28	255	32	394
P05' P06'	32	255	40	394
P07 P08	39	247	58	382
P07' P08'	39	247	58	382
P09 P10	28	249	39	385
P09' P10'	18	249	29	385
P11 P12	123	409	159	432
P11' P12'	100	409	136	432

表 17-4 一次＋二次応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価点	一次＋二次応力差最大範囲 ($P_L + P_b + Q$)		
	$S_n^{\#1*1}$	$S_n^{\#2*2}$	許容応力 $3 \cdot S_m$
P01	336	466 ^{*3}	383
P01'	336	466 ^{*3}	383
P02	374	522 ^{*3}	383
P02'	374	522 ^{*3}	383
P03	174	246	383
P03'	174	246	383
P04	200	282	383
P04'	200	282	383
P05	42	70	383
P05'	42	70	383
P06	46	82	383
P06'	46	82	383
P07	98	166	383
P07'	98	166	383
P08	102	178	383
P08'	102	178	383
P09	62	102	383
P09'	62	102	383
P10	66	110	383
P10'	66	110	383
P11	192	270	552
P11'	192	270	552
P12	222	310	552
P12'	222	310	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 17-5(1) 疲労累積係数

応力評価点 — P02'

材 料 — SFVC2B

No.	S_n (MPa)	K_e	S_p (MPa)	S_ℓ^{*1} (MPa)	$S_\ell'^{*2}$ (MPa)	N_a	N_c	N_c / N_a
1	522	1.559	620	483	538	1177	340	0.289
疲労累積係数 $U_{S_s} =$								0.289
疲労累積係数 $U_n =$								0.001
疲労累積係数 $U_f = U_n + U_{S_s} =$								0.290

注：疲労累積係数の求め方は、「応力解析の方針」の5.4.2項（疲労解析）に示す。

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

*2： S_ℓ に (E_0/E) を乗じた値である。

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

表 17-5(2) 疲労累積係数

応力評価点 — P06

材 料 — SFVC2B

No.	S_n (MPa)	K_e	S_p (MPa)	S_ℓ^{*1} (MPa)	$S_\ell'^{*2}$ (MPa)	N_a	N_c	N_c / N_a
1	82	—	312	156	174	38123	340	0.009
疲労累積係数 $U_{S_s} =$								0.009
疲労累積係数 $U_n =$								0.002
疲労累積係数 $U_f = U_n + U_{S_s} =$								0.011

注：疲労累積係数の求め方は、「応力解析の方針」の 5.4.2 項（疲労解析）に示す。

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

*2： S_ℓ に (E_0 / E) を乗じた値である。

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

表 17-5(3) 疲労累積係数

応力評価点 — P12

材 料 — SFVQ1A

No.	S_n (MPa)	K_e	S_p (MPa)	S_ℓ^{*1} (MPa)	$S_\ell'^{*2}$ (MPa)	N_a	N_c	N_c / N_a
1	310	—	402	201	236	14165	340	0.024
疲労累積係数 $U_{S_s} =$								0.024
疲労累積係数 $U_n =$								0.000
疲労累積係数 $U_f = U_n + U_{S_s} =$								0.024

注：疲労累積係数の求め方は、「応力解析の方針」の5.4.2項（疲労解析）に示す。

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

*2： S_ℓ に (E_0 / E) を乗じた値である。

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

表 17-6 疲労累積係数の評価のまとめ

応力評価点	疲労累積係数				許容値
	U_n	U_{S_d}	U_{S_s}	U_f^*	
P01	0.002	0.020	0.087	0.089	1.000
P01'	0.001	0.020	0.087	0.088	1.000
P02	0.000	0.050	0.289	0.289	1.000
P02'	0.001	0.050	0.289	0.290	1.000
P03	0.023	0.127	0.216	0.239	1.000
P03'	0.019	0.127	0.216	0.235	1.000
P04	0.000	0.003	0.007	0.007	1.000
P04'	0.000	0.003	0.007	0.007	1.000
P05	0.006	0.000	0.000	0.006	1.000
P05'	0.007	0.000	0.000	0.007	1.000
P06	0.002	0.002	0.009	0.011	1.000
P06'	0.002	0.002	0.009	0.011	1.000
P07	0.002	0.000	0.001	0.003	1.000
P07'	0.002	0.000	0.001	0.003	1.000
P08	0.003	0.000	0.005	0.008	1.000
P08'	0.002	0.000	0.005	0.007	1.000
P09	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000
P09'	0.001	0.000	0.000	0.001	1.000
P10	0.001	0.000	0.000	0.001	1.000
P10'	0.001	0.000	0.000	0.001	1.000
P11	0.000	0.003	0.007	0.007	1.000
P11'	0.000	0.003	0.007	0.007	1.000
P12	0.000	0.015	0.024	0.024	1.000
P12'	0.000	0.015	0.024	0.024	1.000

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

18. ブラケット類の耐震性についての計算

18.1 一般事項

本章は、ブラケット類の耐震性についての計算である。

ブラケット類は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に分類される。

以下、設計基準対象施設としての構造強度評価を示す。

18.1.1 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図18-1に示す。

18.1.2 解析範囲

解析範囲を図18-1に示す。

18.1.3 計算結果の概要

計算結果の概要を表18-1に示す。

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

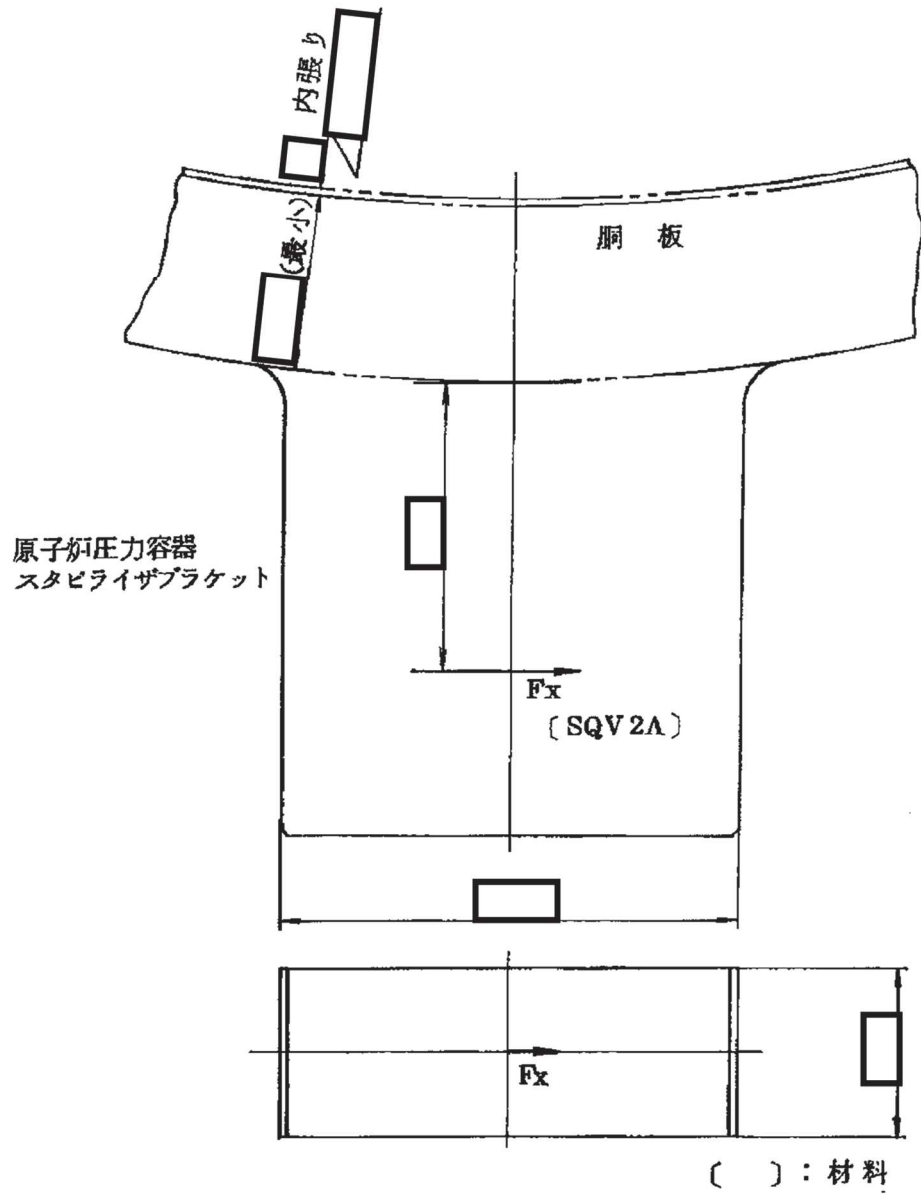


図18-1(1) 形状・寸法・材料 (単位: mm)
(原子炉压力容器スタビライザブラケット)

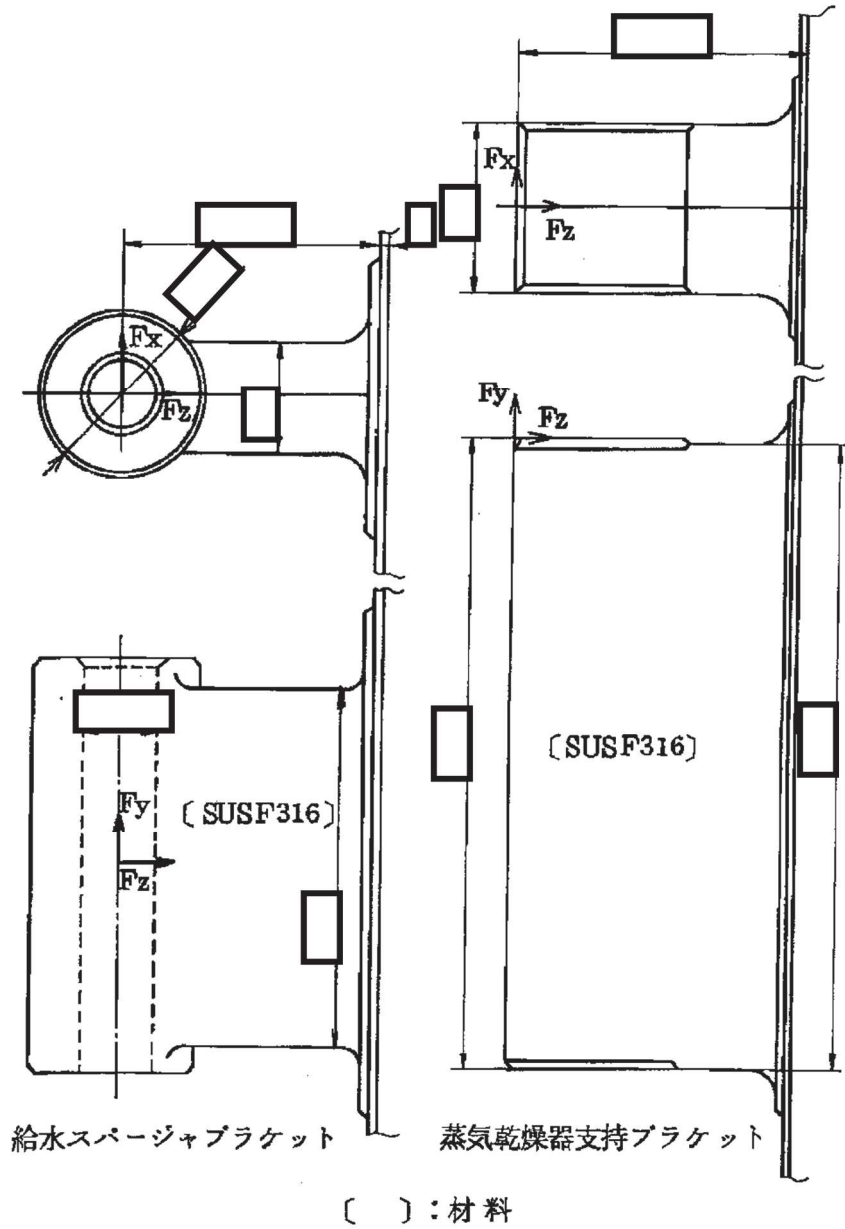
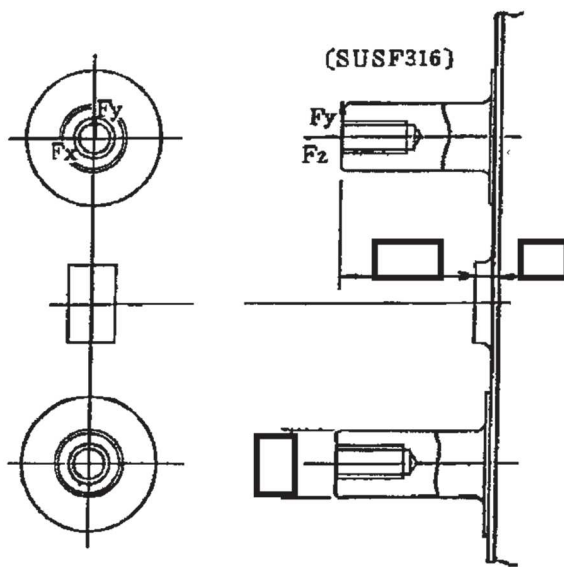


図18-1(2) 形状・寸法・材料 (単位: mm)
(給水スパーチャブラケット, 蒸気乾燥器支持ブラケット)



() : 材料

炉心スプレイブラケット
(高圧, 低圧)

図18-1(3) 形状・寸法・材料 (単位: mm)
(炉心スプレイブラケット)

表 18-1 計算結果の概要

(単位：MPa)

ブラケット	許容応力 状態	一次一般膜 応力強さ		一次膜＋一次曲げ 応力強さ		純せん断応力	
		応力 強さ	許容 応力	応力 強さ	許容* 応力	応力	許容 応力
原子炉压力容器 スタビライザ ブラケット	Ⅲ _A S	52	303	110	454	—	—
	Ⅳ _A S	70	326	149	490	—	—
蒸気乾燥器支持 ブラケット	Ⅲ _A S	35	143	197	214	—	—
	Ⅳ _A S	47	280	269	420	—	—
給水スパージャ ブラケット	Ⅲ _A S	2	143	17	214	1	71
	Ⅳ _A S	2	280	17	420	1	168
炉心スプレイ ブラケット	Ⅲ _A S	6	143	41	214	—	—
	Ⅳ _A S	6	280	45	420	—	—

注記*：中実矩形断面の形状係数 $\alpha = \square$ を用いた。

18.2 計算条件

18.2.1 設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の4.1節に示す。

18.2.2 材料

各部の材料を図18-1に示す。

18.2.3 荷重の組合せ及び許容応力状態

荷重の組合せ及び許容応力状態を「応力解析の方針」の3.4節に示す。

18.2.4 荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」の4.4節に示す。

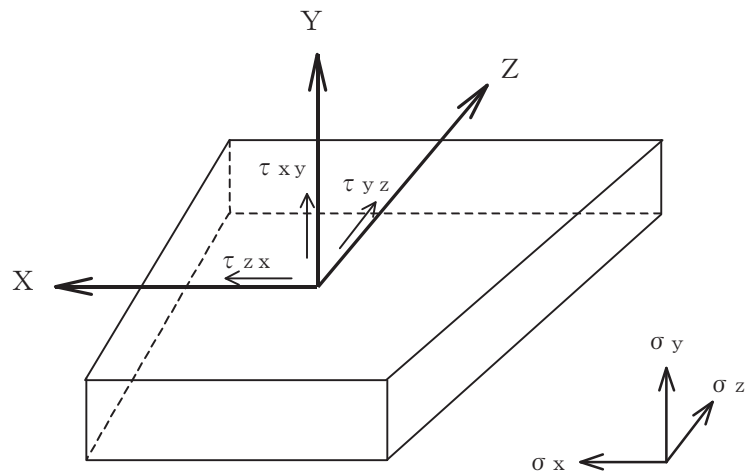
18.2.5 許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の3.5節に示す。

18.2.6 応力の記号と方向

応力の記号とその方向は、以下のとおりとする。

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



18.3 応力計算

18.3.1 応力評価点

応力評価点は、図18-1(1)～図18-1(3)に示すそれぞれのブラケット付根及び図18-1(2)に示す給水スパージャブラケットのロッド穴周辺とする。

18.3.2 外荷重による応力

(1) 荷重条件

外荷重を「応力解析の方針」の4.2節に示す。

ブラケットの荷重作用点を図18-1に示す。

(2) 計算方法

a. ブラケット付根の応力

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

b. ロッド穴周辺の応力

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

18.3.3 応力の評価

計算された応力から、応力強さを算出する。

応力強さの算出方法は、「応力解析の方針」の5.3.2項に定めるとおりである。

18.4 応力強さの評価

18.4.1 ブラケット付根の応力強さの評価

(1) 一次一般膜応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表18-2に示す。

表18-2より、各許容応力状態の一次一般膜応力強さは、「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

(2) 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表18-3に示す。

表18-3より、各許容応力状態の一次膜＋一次曲げ応力強さは、「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

18.4.2 ロッド穴周辺の応力強さの評価

(1) 純せん断応力の評価

各許容応力状態における評価を表18-4に示す。

表18-4より、各許容応力状態の純せん断応力は、「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

(2) 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表18-5に示す。

表18-5より、各許容応力状態の一次膜＋一次曲げ応力強さは、「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

表18-2 ブラケット付根の一次一般膜応力強さの評価

(単位：MPa)

ブラケット	許容応力 状態	応力		主応力			応力強さ	許容応力
		σ_z	τ	σ_1	σ_2	σ_3		
原子炉圧力容器 スタビライザ ブラケット	III _A S	0	26	0	26	-26	52	303
	IV _A S	0	35	0	35	-35	70	326
蒸気乾燥器支持 ブラケット	III _A S	13	16	0	23	-11	35	143
	IV _A S	17	22	0	32	-15	47	280
給水スパージャ ブラケット	III _A S	1	0	0	1	0	2	143
	IV _A S	1	0	0	1	0	2	280
炉心スプレイ ブラケット	III _A S	4	2	0	4	-1	6	143
	IV _A S	4	2	0	5	-1	6	280

表18-3 ブラケット付根の一次膜+一次曲げ応力強さの評価

(単位：MPa)

ブラケット	許容応力状態	応力		主応力			応力強さ	許容応力*
		σ_z	τ	σ_1	σ_2	σ_3		
原子炉压力容器 スタビライザ ブラケット	III _A S	96	26	0	103	-6	110	454
	IV _A S	131	35	0	140	-9	149	490
蒸気乾燥器支持 ブラケット	III _A S	194	16	0	195	-1	197	214
	IV _A S	265	22	0	267	-2	269	420
給水スパージャ ブラケット	III _A S	6	0	0	6	0	6	214
	IV _A S	6	0	0	6	0	6	420
炉心スプレイ ブラケット	III _A S	40	2	0	40	0	41	214
	IV _A S	44	2	0	44	0	45	420

注記*：中実矩形断面の形状係数 $\alpha = \square$ を用いた。

表18-4 ロッド穴周辺の純せん断応力の評価

(単位：MPa)

ブラケット	許容応力状態	純せん断応力	許容応力
給水スパーージャ ブラケット	Ⅲ _A S	1	71
	Ⅳ _A S	1	168

表18-5 ロッド穴周辺の一次膜＋一次曲げ応力強さの評価

(単位：MPa)

ブラケット	許容応力状態	応力強さ	許容応力*
給水スパーージャ ブラケット	Ⅲ _A S	17	214
	Ⅳ _A S	17	420

注記*：中実矩形断面の形状係数 $\alpha = \square$ を用いた。

19. 原子炉圧力容器支持スカートの耐震性についての計算

19.1 一般事項

本章は、原子炉圧力容器支持スカート（以下「スカート」という。）の耐震性についての計算である。

スカートは、設計基準対象施設においてはSクラス施設に分類される。

以下、設計基準対象施設としての構造強度評価を示す。

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

19.1.1 記号の説明

記号の説明を「応力解析の方針」の2.4節に示す。

更に、本章において、以下の記号を用いる。

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

19.1.2 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図19-1に示す。

19.1.3 解析範囲

解析範囲を図19-1に示す。

19.1.4 計算結果の概要

計算結果の概要を表19-1に示す。

なお、応力評価点の選定に当たっては、形状不連続部、溶接部及び厳しい荷重作用点に着目し、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記載する。

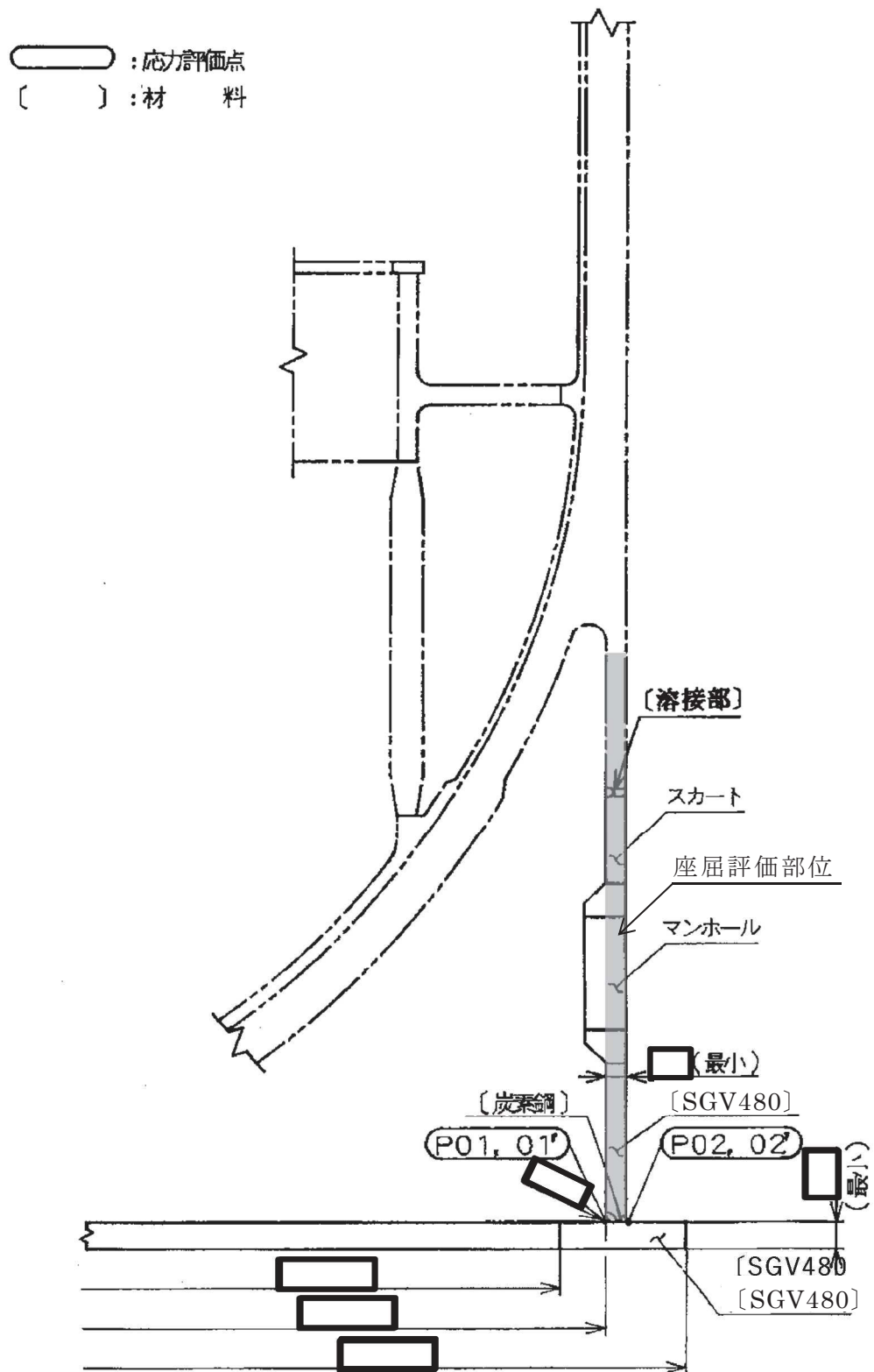


図19-1 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)

表 19-1(1) 計算結果の概要

部分及び材料	許容応力状態	一次一般膜応力強さ (MPa)			一次膜+一次曲げ応力強さ (MPa)			一次+二次応力強さ (MPa)			疲労解析		
		応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価点	疲労累積係数*	許容値	応力評価点
スカート SGV480	Ⅲ _A S	85	199	P01' - P02'	78	255	P01' - P02'	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ _A S	106	280	P01' - P02'	99	358	P01' - P02'	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ _A S	—	—	—	—	—	—	230	403	P02	0.082	1.000	P02
	Ⅳ _A S	—	—	—	—	—	—	312	403	P02			

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

表19-1(2) 計算結果の概要

部分及び材料	許容応力状態	座屈に対する評価	
		計算結果	許容値
スカート SGV480	Ⅲ _A S	0.4	1.0
	Ⅳ _A S	0.5	1.0

19.2 計算条件

19.2.1 設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の4.1節に示す。

19.2.2 運転条件

考慮した運転条件を「応力解析の方針」の4.2節に示す。

19.2.3 材料

各部の材料を図19-1に示す。

19.2.4 荷重の組合せ及び許容応力状態

荷重の組合せ及び許容応力状態を「応力解析の方針」の3.4節に示す。

19.2.5 荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」の4.4節に示す。

19.2.6 許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の3.5節に示す。

19.3 応力計算

19.3.1 応力評価点

応力評価点の位置を図19-1に示す。

なお、応力集中を生じる箇所の応力集中係数を表19-2に示す。

19.3.2 内圧による応力

(1) 荷重条件 (L01)

最高使用圧力 : 8.62MPa

各運転条件における内圧 : 「応力解析の方針」の参照図書(1)a.参照

(2) 計算方法

内圧による応力の計算は、二次元軸対称の有限要素でモデル化し、計算機コード「A-SAFIA」により行う。なお、評価に用いる計算機コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

応力計算のモデル及び仮定した境界条件（拘束条件）を図19-2に示す。

19.3.3 外荷重による応力

(1) 荷重条件 (L12, L13, L18, L14及びL16)

外荷重を「応力解析の方針」の4.2節に示す。

(2) 計算方法

L12, L13及びL18の荷重のうち、軸対称荷重（鉛直力 V_1 及び V_2 ）による応力の計算は、二次元軸対称の有限要素でモデル化し、計算機コード「A-SAFIA」により行う。L14及びL16の荷重のうち、軸対称荷重（鉛直力 V_1 及び V_2 ）による応力の計算は、二次元軸対称の有限要素でモデル化し、計算機コード「STAX」により行う。なお、評価に用いる計算機コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

応力計算のモデル及び仮定した境界条件（拘束条件）を図19-2に示す。

L14及びL16の荷重のうち、非軸対称荷重（水平力 H 及びモーメント M ）による応力の計算は、二次元軸対称の有限要素でモデル化し、計算機コード「ASHSD」により行う。なお、評価に用いる計算機コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

応力計算のモデル及び仮定した境界条件（拘束条件）を図19-3に示す。

19.3.4 応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め、応力強さを算出する。

応力強さの算出方法は、「応力解析の方針」の5.3.2項に定めるとおりである。

19.4 応力強さの評価

19.4.1 一次一般膜応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表19-3に示す。

表19-3より、各許容応力状態の一次一般膜応力強さは、「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

19.4.2 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表19-4に示す。

表19-4より、各許容応力状態の一次膜＋一次曲げ応力強さは、「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

19.4.3 一次＋二次応力強さの評価

地震荷重のみにおける評価を表19-5に示す。

表19-5より、すべての評価点において $S_n^{\#1}$ 及び $S_n^{\#2}$ は、 $3 \cdot S_m$ 以下であり、「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

19.5 繰返し荷重の評価

19.5.1 疲労解析

スカートの応力評価点について、詳細な繰返し荷重の評価を行う。

(1) 疲労累積係数

最も厳しい応力評価点における疲労累積係数の計算結果を表19-6に示す。また、各応力評価点における疲労累積係数を表19-7に示す。

表19-7より、各応力評価点において疲労累積係数は1.000以下であり、「応力解析の方針」の3.5節に示す許容値を満足する。

19.6 特別な応力の評価

19.6.1 座屈に対する評価

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

(1) 計算データ

スカートの平均半径 $R_m =$ mm

スカートの板厚 $t =$ mm (くされ代を除いた値)

スカートの断面積

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

スカートの断面係数

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

(2) 荷重

スカートに作用する鉛直力及びモーメントを「応力解析の方針」の4.2節に示す。

(3) 評価方法

各許容応力状態においてスカートに圧縮応力を生じさせる荷重は表19-8に示す鉛直力及びモーメントである。

これらの荷重の組合せにより発生する圧縮応力の評価を以下により行う。

$$\left(\ell / R_m = \text{} \right)$$

$$\frac{\alpha \cdot (V_1 + V_2) / A}{f_c} + \frac{\alpha \cdot (M / Z)}{f_b} \leq 1.0$$

ここに、

座屈長さ $\ell =$ mm

鉛直方向荷重に対する許容圧縮応力 $f_c = F = 199 \text{ MPa}$

曲げモーメントに対する許容曲げ応力 $f_b = F = 199 \text{ MPa}$

安全率 $\alpha =$

設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値 $F = 199 \text{ MPa}$

(4) 座屈に対する評価

各許容応力状態における座屈に対する評価を表19-9に示す。

表19-9より、各許容応力状態における座屈に対する評価は、許容値を満足するため、座屈は発生しない。

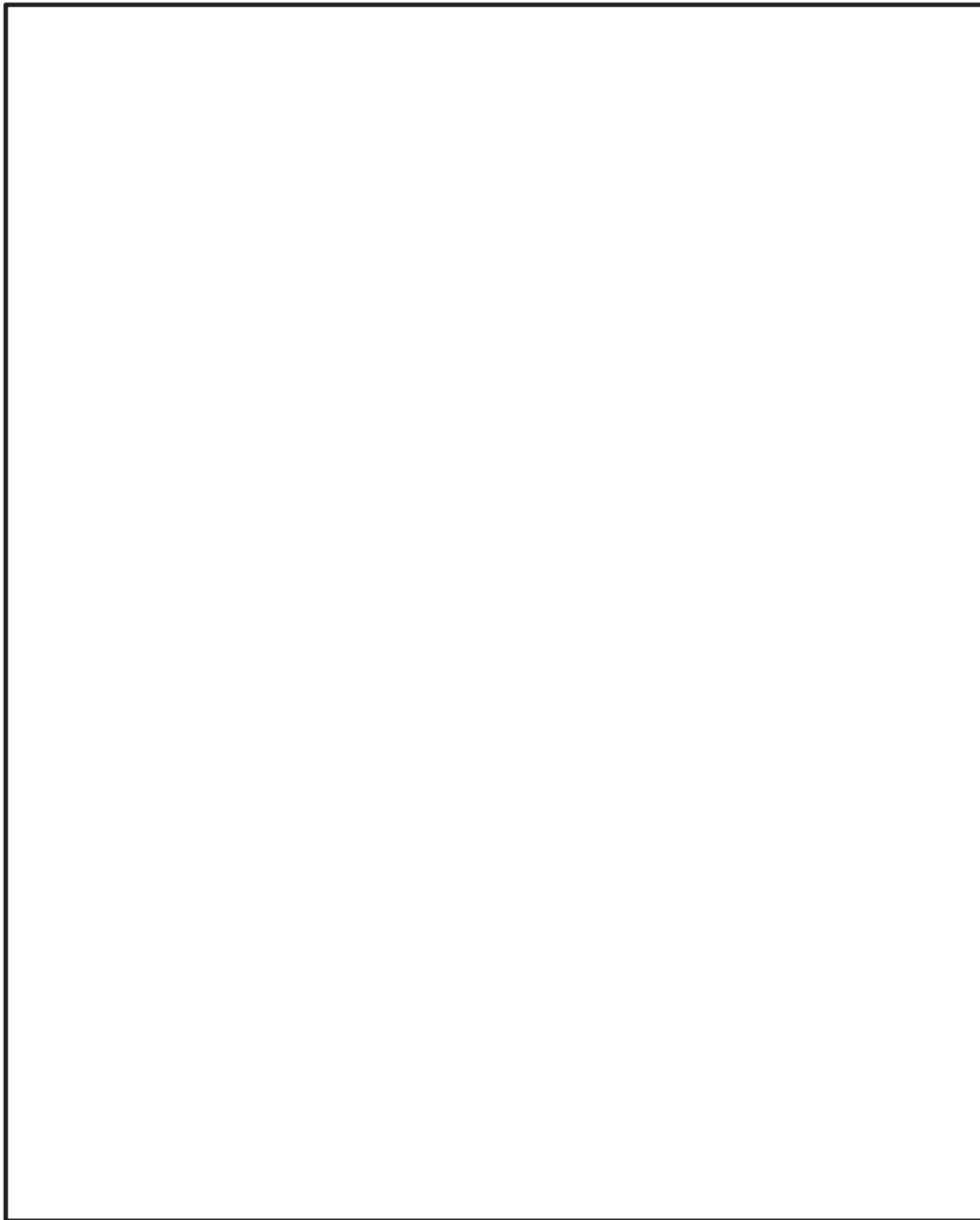


図 19-2 内圧及び外荷重（軸対称荷重）による応力計算のモデル

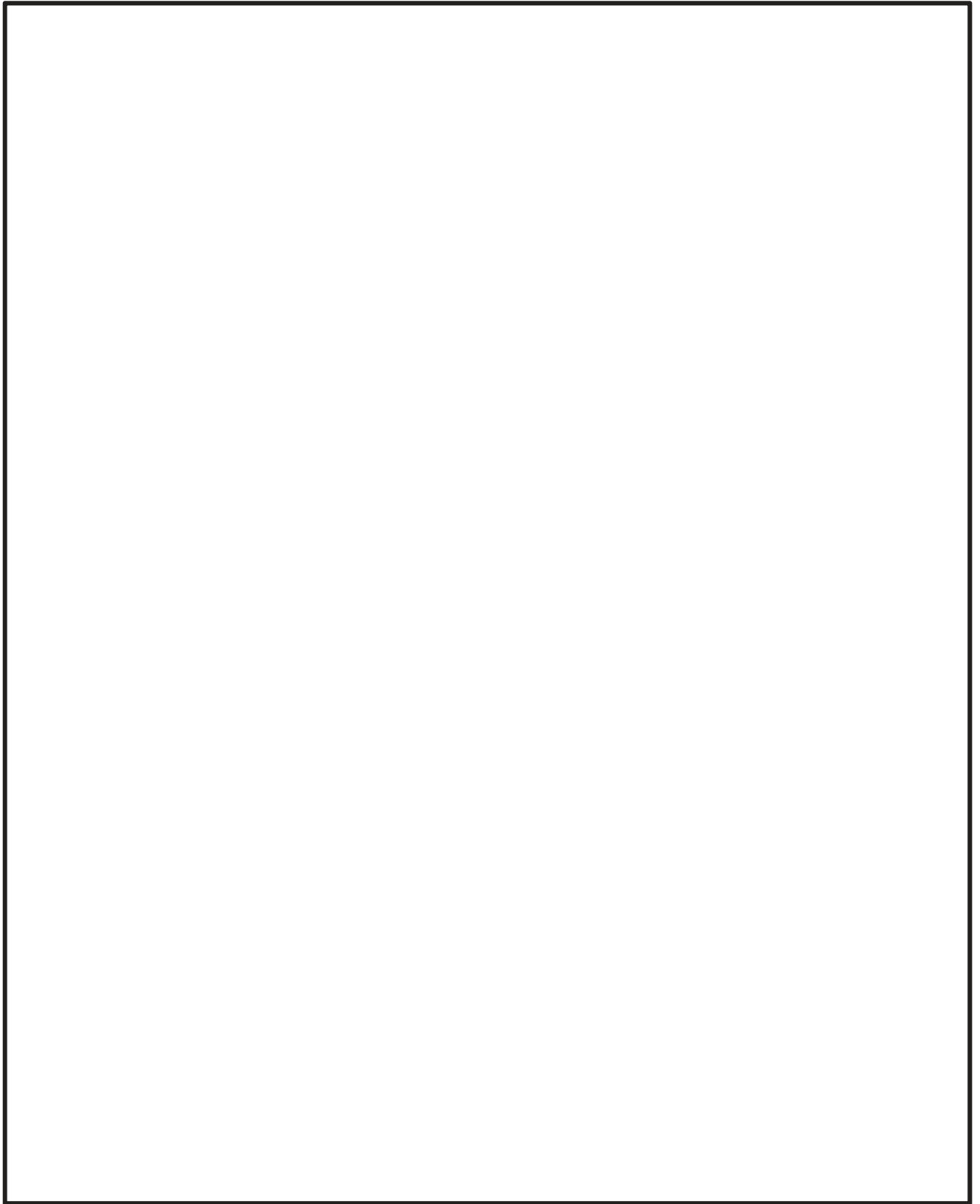


図 19-3 外荷重（非軸対称荷重）による応力計算のモデル

表 19-2 応力集中係数

応力評価点	データ				K _n (引張り)	K _b (曲げ)
	T A (mm)	T B (mm)	R (mm)	D (°)		
P01, P01'					2.0	1.6
P02, P02'					2.0	1.6

注 : 計算方法は, 「応力解析の方針」の参照図書(1)a. に定めるとおりである。

表 19-3 一次一般膜応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価面	許容応力状態Ⅲ _A S		許容応力状態Ⅳ _A S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	35	199	56	280
P01' P02'	85	199	106	280

表 19-4 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価面	許容応力状態Ⅲ _A S		許容応力状態Ⅳ _A S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	42	255	63	358
P01' P02'	78	255	99	358

表 19-5 一次＋二次応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価点	一次＋二次応力差最大範囲 ($P_L + P_b + Q$)		
	$S_n^{\#1*1}$	$S_n^{\#2*2}$	許容応力 $3 \cdot S_m$
P01	92	130	403
P01'	92	130	403
P02	230	312	403
P02'	230	312	403

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 19-6 疲労累積係数

応力評価点 — P02

材 料 — SGV480

No.	S_n (MPa)	K_e	S_p (MPa)	S_ℓ^{*1} (MPa)	$S_\ell'^{*2}$ (MPa)	N_a	N_c	N_c / N_a
1	312	—	612	306	341	4565	340	0.075
疲労累積係数 $U_{S_s} =$								0.075
疲労累積係数 $U_n =$								0.007
疲労累積係数 $U_f = U_n + U_{S_s} =$								0.082

注：疲労累積係数の求め方は、「応力解析の方針」の5.4.2項（疲労解析）に示す。

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

*2： S_ℓ に (E_0 / E) を乗じた値である。

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

表 19-7 疲労累積係数の評価のまとめ

応力評価点	疲労累積係数				許容値
	U_n	U_{S_d}	U_{S_s}	U_f^*	
P01	0.016	0.001	0.003	0.019	1.000
P01'	0.016	0.001	0.003	0.019	1.000
P02	0.007	0.051	0.075	0.082	1.000
P02'	0.007	0.051	0.075	0.082	1.000

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

表19-8 座屈に対する評価に用いる荷重

許容応力状態	鉛直力 ^{*1}		モーメント ^{*2}
	V ₁ (kN)	V ₂ (kN)	M (kN・m)
Ⅲ _A S			
Ⅳ _A S			

注記*1 : 「応力解析の方針」の4.2節に示すV₁及びV₂の値

*2 : 「応力解析の方針」の4.2節に示すMの値

表19-9 座屈に対する評価

許容応力状態	計算結果	許容値
Ⅲ _A S	0.4	1.0
Ⅳ _A S	0.5	1.0

20. 原子炉圧力容器基礎ボルトの耐震性についての計算

20.1 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。

基礎ボルトは、設計基準対象施設においてはSクラス施設に分類される。

以下、設計基準対象施設としての構造強度評価を示す。

20.1.1 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図20-1に示す。

20.1.2 解析範囲

解析範囲を図20-1に示す。

20.1.3 計算結果の概要

計算結果の概要を表20-1に示す。

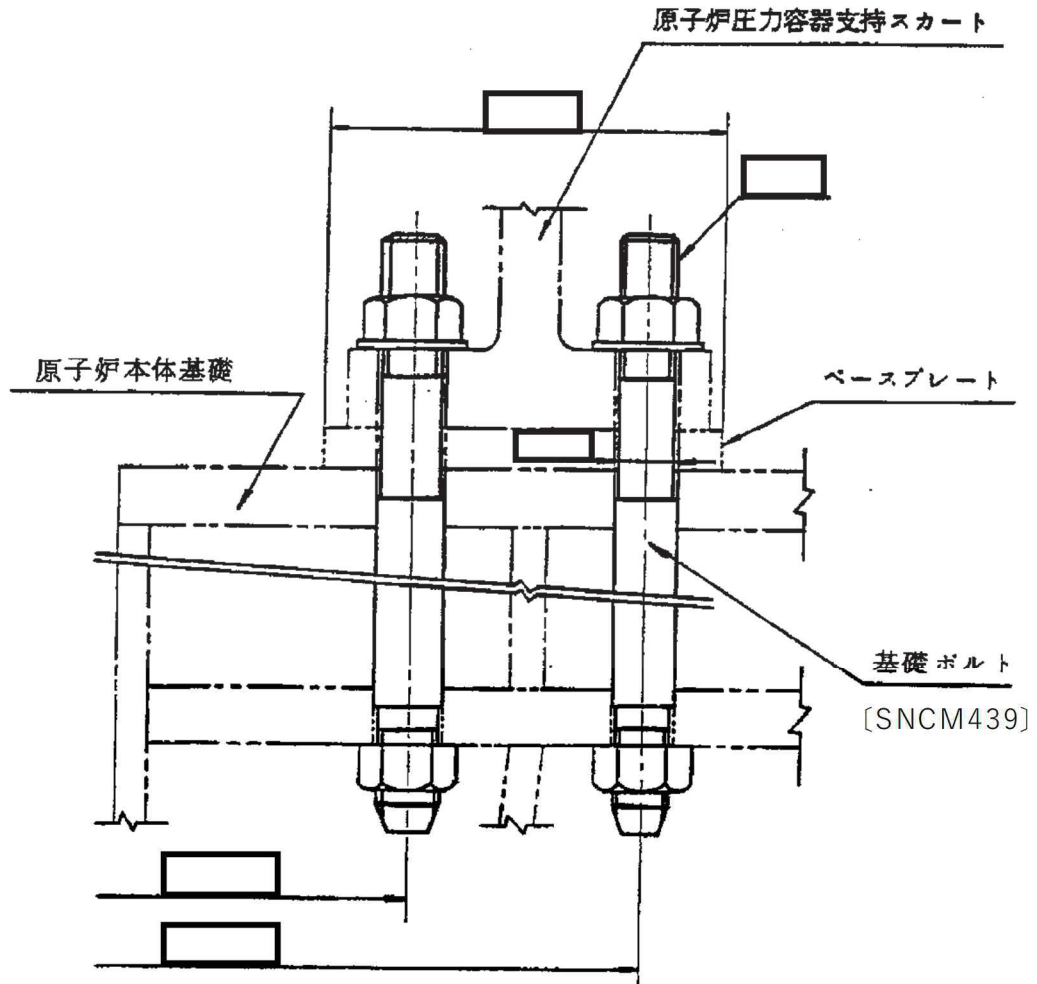


図20-1 形状・寸法・材料 (単位: mm)

表20-1 計算結果の概要

(単位：MPa)

許容応力状態	地震荷重	応力の種類	計算結果	許容応力
Ⅲ _A S	S _d *	引張り	131	499*
		せん断	18	384
Ⅳ _A S	S _s	引張り	194	499*
		せん断	27	384
Ⅳ _A S	S _d *	引張り	107	458*
		せん断	18	353

注記* : $f_{ts} = \text{Min.} (1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to})$

20.2 計算条件

20.2.1 設計条件

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

20.2.2 材料

各部の材料を図20-1に示す。

20.2.3 荷重の組合せ及び許容応力状態

荷重の組合せ及び許容応力状態は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(2)に定めるとおりである。

20.2.4 荷重の組合せ及び応力評価

応力評価は、20.2.3項に示す荷重の組合せにより発生する引張応力及びせん断応力について行う。

20.2.5 許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の3.5節に示す。

20.2.6 許容応力評価条件

- (1) 許容応力状態Ⅲ_AS及び許容応力状態Ⅳ_ASの応力の評価には、運転状態Ⅰ及びⅡの荷重と組み合わせる場合には□℃、冷却材喪失事故後の荷重と組み合わせる場合には□℃に対する許容応力を用いる。
- (2) 基礎ボルトの許容応力評価条件を表20-2に示す。

20.3 応力計算

20.3.1 外荷重による応力

(1) 荷重条件

外荷重を「応力解析の方針」の4.2節に示す。

(2) 計算方法

外荷重による応力の計算は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(2)に定めるとおりである。

20.4 応力の評価

各許容応力状態における評価を表20-3に示す。

表20-3より、各許容応力状態において基礎ボルトに発生する応力は、「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

表 20-2 許容応力評価条件

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

注記*：冷却材喪失事故後の温度を表す。

表20-3 計算結果

許容応力状態	地震荷重	温度 (°C)	応力の種類	計算結果 (MPa)	許容応力 (MPa)
III _A S	S _d *		引張り	131	499*
			せん断	18	384
IV _A S	S _s		引張り	194	499*
			せん断	27	384
IV _A S	S _d *		引張り	107	458*
			せん断	18	353

注記*： $f_{ts} = \text{Min.} (1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to})$

VI-2-3-4-2 原子炉压力容器附属構造物の耐震性についての計算書

目 次

- VI-2-3-4-2-1 原子炉压力容器スタビライザの耐震性についての計算書
- VI-2-3-4-2-2 原子炉格納容器スタビライザの耐震性についての計算書
- VI-2-3-4-2-3 制御棒駆動機構ハウジング支持金具の耐震性についての計算書
- VI-2-3-4-2-4 差圧検出・ほう酸水注入系配管（ティーより N11 ノズルまでの外管）の耐震性についての計算書

VI-2-3-4-2-1 原子炉压力容器スタビライザの耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	2
2.1 構造計画	2
2.2 評価方針	4
2.3 適用基準	4
2.4 記号の説明	5
3. 評価部位	6
4. 構造強度評価	7
4.1 構造強度評価方法	7
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	7
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	7
4.2.2 許容応力	7
4.2.3 許容応力評価条件	7
4.2.4 設計荷重	7
4.3 計算方法	8
4.4 応力の評価	8
5. 参照図書	9

図表目次

図 2-1	スタビライザの耐震評価フロー	4
図 3-1	形状・寸法・材料	10
図 3-2	応力評価点	11
表 2-1	構造計画	3
表 4-1	荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）	12
表 4-2	許容応力（クラス 1 支持構造物）	13
表 4-3	許容応力評価条件	14
表 4-4	スタビライザに加わる荷重	15
表 4-5	評価結果まとめ	16

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき、原子炉圧力容器スタビライザ（以下「スタビライザ」という。）が設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

スタビライザは設計基準対象施設においてはSクラス施設に分類される。以下、設計基準対象施設としての構造強度評価を示す。

注：本計算書においては、平成4年1月13日付け3資庁第10518号にて認可された工事計画の添付書類（参照図書(1)）を「既工認」という。

2. 一般事項

2.1 構造計画

スタビライザの構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>スタビライザは、原子炉しゃへい壁に設置されたソールプレートに溶接される。</p>	<p>ブラケット、ロッド、ヨーク、座金及び皿ばねで構成される、原子炉圧力容器が揺れた場合にこれを支持するためのものであり、原子炉圧力容器外周に 8 個等間隔に配置されている。</p>	

2.2 評価方針

スタビライザの応力評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容応力に基づき、「3. 評価部位」にて設定する箇所に作用する設計用地震力による応力等が許容応力内に収まることを、「4. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。

スタビライザの耐震評価フローを図 2-1 に示す。

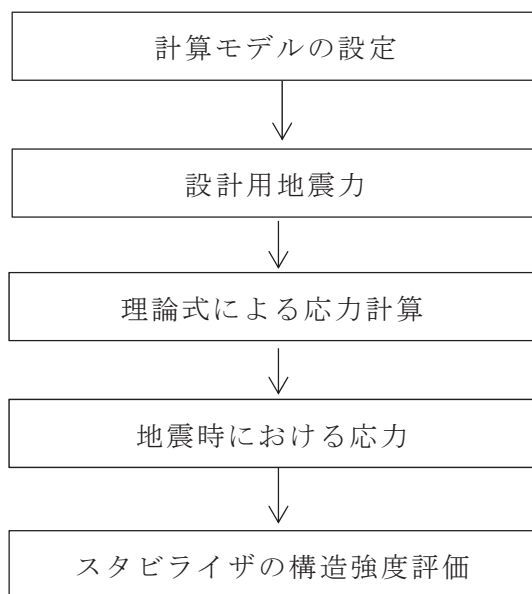


図 2-1 スタビライザの耐震評価フロー

2.3 適用基準

適用基準を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針（重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984, J E A G 4 6 0 1 -1987 及び J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版）（日本電気協会 電気技術基準調査委員会 昭和 59 年 9 月, 昭和 62 年 8 月及び平成 3 年 6 月）
- (2) 発電用原子力設備規格（設計・建設規格（2005 年版（2007 年追補版含む。）） J S M E S N C 1 -2005/2007）（日本機械学会 2007 年 9 月）（以下「設計・建設規格」という。）

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
D	死荷重	—
W _A	ロッド及びブラケットに加わる最大荷重	N
F _H	スタビライザ 1 個に加わる最大地震荷重	N
F _O	初期締付荷重	N
f _b	許容曲げ応力	MPa
f _s	許容せん断応力	MPa
f _t	許容引張応力	MPa
H ₁	スタビライザ全体に加わる S _d *地震時の水平地震荷重	N
H ₂	スタビライザ全体に加わる S _s 地震時の水平地震荷重	N
M	地震及び死荷重以外で地震と組み合わせすべきプラントの運転状態（地震との組合せが独立な運転状態Ⅳ、Ⅴは除く）で設備に作用している機械的荷重	—
P	地震と組み合わせべきプラントの運転状態（地震との組合せが独立な運転状態Ⅳ、Ⅴは除く）における圧力荷重	—
S	許容引張応力 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 5 又は表 6 に規定される値	MPa
S _d	弾性設計用地震動 S _d により定まる地震力	—
S _d *	弾性設計用地震動 S _d により定まる地震力又は S クラス設備に適用される静的地震力のいずれか大きい方の地震力	—
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 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 9 に規定される値	MPa
S _y	設計降伏点 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に規定される値	MPa
S _y (RT)	40℃における設計降伏点 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に規定される値	MPa

3. 評価部位

本計算書で解析する箇所形状・寸法・材料を図 3-1 に示す。

なお、スタビライザの応力評価点は、スタビライザを構成する部材の形状及び荷重伝達経路を考慮し、発生応力が大きくなる部位を選定する。選定した応力評価点を図 3-2 に示す。

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

- (1) スタビライザは、原子炉しゃへい壁に設置されたソールプレート上に溶接され、原子炉圧力容器の水平地震荷重を原子炉しゃへい壁に伝達させる構造である。スタビライザの耐震評価は、添付書類「VI-2-3-2 炉心，原子炉圧力容器及び原子炉内部構造物並びに原子炉格納容器及び原子炉本体の基礎の地震応答計算書」により求めた荷重を用いて、参照図書(1)に示す既工認の手法に基づき構造強度評価を行う。
- (2) 構造強度評価に用いる寸法は、既工認からの変更はなく、参照図書(1)に定めるとおりである。
- (3) 概略構造図を表 2-1 に示す。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

スタビライザの荷重の組合せ及び許容応力状態を表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

スタビライザの許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 に示す。

4.2.3 許容応力評価条件

スタビライザの許容応力評価条件を表 4-3 に示す。

4.2.4 設計荷重

(1) 最高使用温度

最高使用温度は、既工認からの変更はなく、参照図書(1)に定めるとおりである。

(2) スタビライザに加わる荷重及び設計用地震力

スタビライザに加わる荷重を表 4-4 に示す。

スタビライザの評価に用いる設計用地震力は、水平地震荷重として、添付書類「VI-2-3-2 炉心，原子炉圧力容器及び原子炉内部構造物並びに原子炉格納容器及び原子炉本体の基礎の地震応答計算書」により求めた、「弾性設計用地震動 S_d 又は静的地震力」及び「基準地震動 S_s 」の応答値を用いる。

(3) ロッド及びブラケットに加わる荷重

ロッド及びブラケットに加わる最大荷重は、次のようにして求める。

a. $F_O - \frac{1}{2} \cdot F_H \geq 0$ の場合

$$W_A = F_O + \frac{1}{2} \cdot F_H$$

b. $F_O - \frac{1}{2} \cdot F_H < 0$ の場合

$$W_A = F_H$$

$$F_{H1} = \frac{1}{4} \cdot H_1$$

$$F_{H2} = \frac{1}{4} \cdot H_2$$

4.3 計算方法

応力計算方法は、既工認から変更はなく、参照図書(1)に示すとおりである。

4.4 応力の評価

各許容応力状態における評価を表 4-5 に示す。

表 4-5 より、各許容応力状態の各応力は、「4.2.2 許容応力」に示す許容応力を満足する。

5. 参照図書

- (1) 女川原子力発電所第2号機 第5回工事計画認可申請書 添付書類
IV-3-1-3-2「原子炉圧力容器スタビライザの応力計算書」

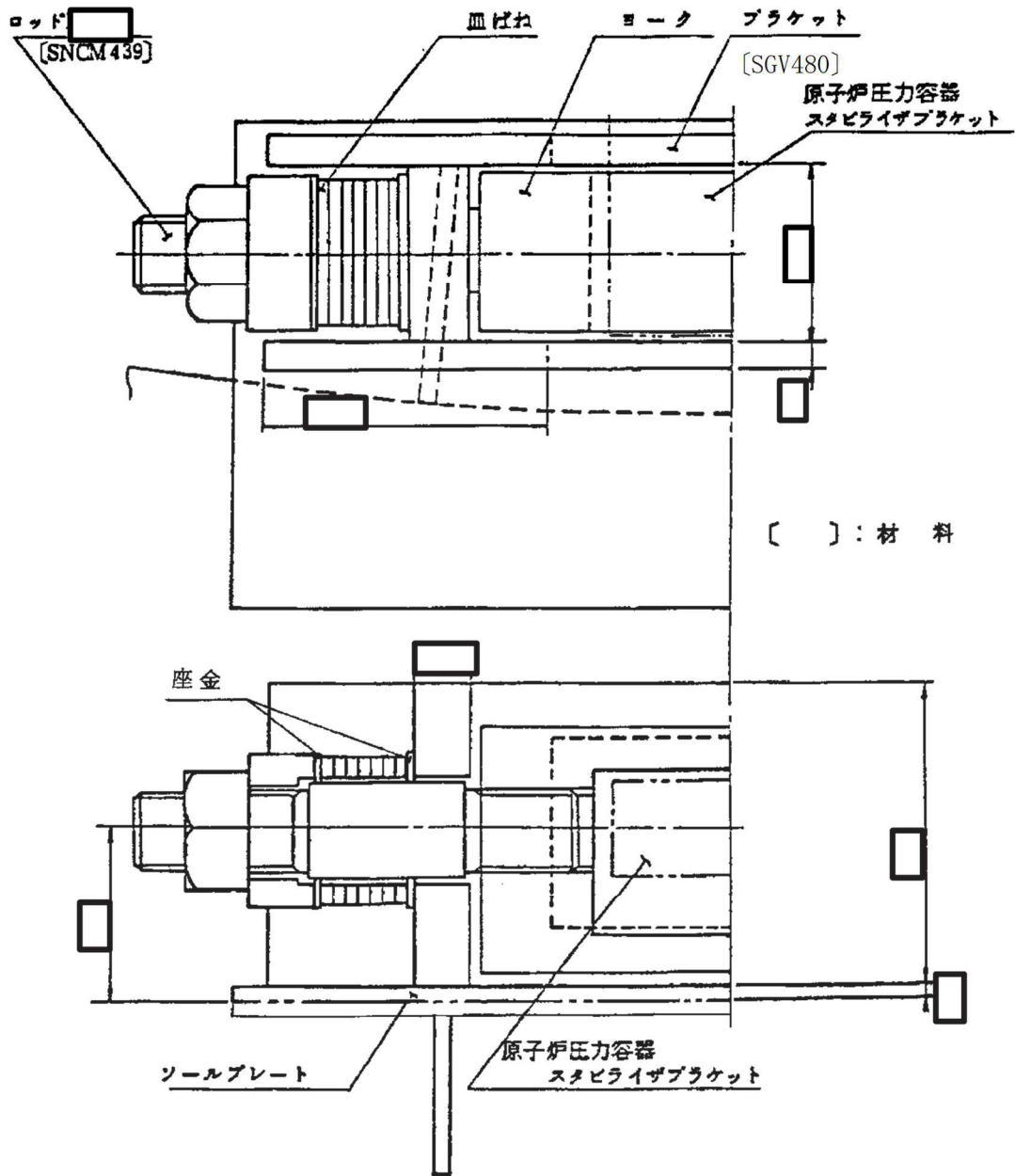
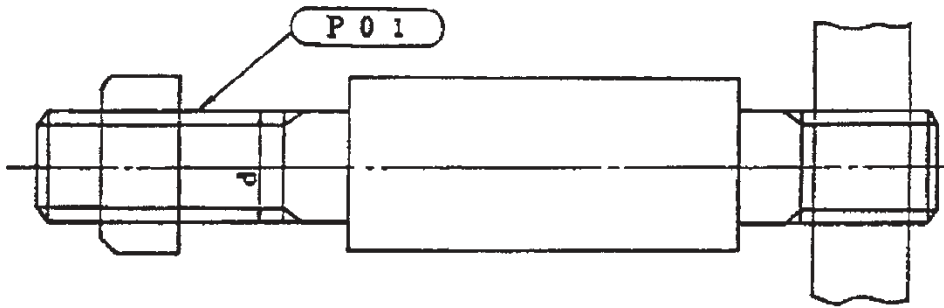
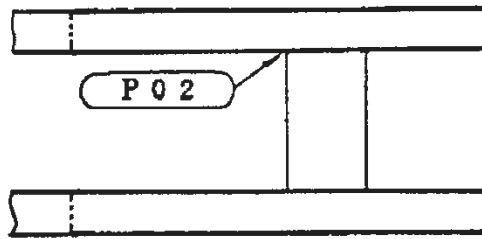


図 3-1 形状・寸法・材料（単位：mm）

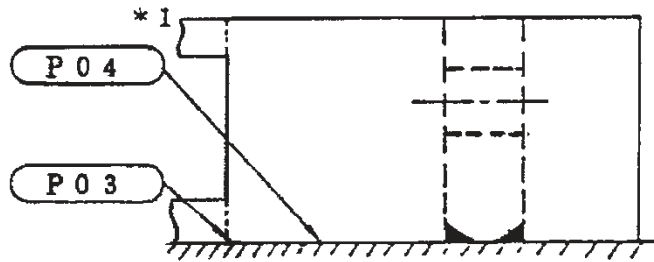
○ : 応力評価点



(a) ロッド



(b) ブラケット



注記

*1 : 応力評価点 P04 はブラケットとソールプレートとの溶接面を示す。

図4-1 応力評価点

図 3-2 応力評価点

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉本体	原子炉圧力容器 附属構造物	スタビライザ	S	—*	D + P + M + S _d *	Ⅲ _A S
					D + P + M + S _s	Ⅳ _A S

注記*：クラス 1 支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を準用する。

表4-2 許容応力（クラス1支持構造物）

許容応力状態	許容応力* (ボルト等以外)		許容応力 (ボルト等)
	一次応力		一次応力
	せん断	曲げ	引張り
Ⅲ _A S	$1.5 \cdot f_s$	$1.5 \cdot f_b$	$1.5 \cdot f_t$
Ⅳ _A S	$1.5 \cdot f_s^*$	$1.5 \cdot f_b^*$	$1.5 \cdot f_t^*$

注記*：鋼構造設計規準（日本建築学会 2005改定）等の幅厚比の制限を満足させる。
 応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

表 4-3 許容応力評価条件

評価部位	材料		温度条件 (°C)	S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
ロッド	棒鋼	SNCM439	最高使用温度	—			—
ブラケット	鋼板	SGV480	最高使用温度	—			—

表 4-4 スタビライザに加わる荷重

(単位：kN)

種別	記号	荷重
初期締付荷重	F ₀	
スタビライザ全体に加わる S _d *地震時の 水平地震荷重	H ₁	
スタビライザ全体に加わる S _s 地震時の 水平地震荷重	H ₂	

表 4-5 評価結果まとめ

(単位：MPa)

評価対象設備	評価部位		応力分類	Ⅲ _A S		Ⅳ _A S	
				算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
スタビライザ	P01	ロッド	引張応力	123	440	156	440
	P02	ブラケット	曲げ応力	71	228	90	274
			せん断応力	17	114	22	137
			組合せ応力	77	198	97	238
	P03		曲げ応力	118	228	150	274
			せん断応力	37	114	46	137
			組合せ応力	134	198	170	238
	P04	曲げ応力	—	—	—	—	
		せん断応力	29	114	37	137	
		組合せ応力	—	—	—	—	

VI-2-3-4-2-2 原子炉格納容器スタビライザの耐震性についての計算書

目次

1.	概要	1
2.	一般事項	1
2.1	構造計画	1
2.2	評価方針	3
2.3	適用基準	3
2.4	記号の説明	4
3.	評価部位	5
4.	固有周期	7
5.	構造強度評価	8
5.1	構造強度評価方法	8
5.2	荷重の組合せ及び許容応力	8
5.2.1	荷重の組合せ及び許容応力状態	8
5.2.2	許容応力	8
5.2.3	使用材料の許容応力評価条件	8
5.2.4	設計荷重	12
5.3	設計用地震力	13
5.4	計算方法	15
5.5	計算条件	16
5.6	応力の評価	16
6.	評価結果	17
6.1	設計基準対象施設としての評価結果	17
7.	参照図書	21

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-1-8-1 原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及び添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき、原子炉格納容器スタビライザが設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

原子炉格納容器スタビライザは設計基準対象施設においてはSクラス施設に分類される。以下、設計基準対象施設としての構造強度評価を示す。

なお、本計算書においては、新規制対応工認対象となる設計用地震力に対する評価について記載するものとし、前述の荷重を除く荷重による原子炉格納容器スタビライザの評価は、平成4年1月13日付け3資庁第10518号にて認可された工事計画の添付書類（7.参照図書(1)）による（以下「既工認」という。）。

2. 一般事項

2.1 構造計画

原子炉格納容器スタビライザの構造計画を表2-1に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>原子炉格納容器スタビライザは、地震時の原子炉圧力容器及び原子炉しゃへい壁に生じる荷重及び変位を小さくするために、原子炉しゃへい壁と原子炉格納容器シヤラグの間に設置され、原子炉しゃへい壁に支持される。</p> <p>前記荷重は、原子炉格納容器シヤラグを介し原子炉建屋に伝達させる。</p>	<p>パイプ、ガセットプレート、内側マイルシヤラグで構成される鋼製構造物である。</p>	<p>原子炉格納容器スタビライザ 詳細図</p>

(単位：mm)

2

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2.2 評価方針

原子炉格納容器スタビライザの応力評価は、添付書類「VI-1-8-1 原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及び添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 固有周期」にて算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「5. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「6. 評価結果」に示す。

原子炉格納容器スタビライザの耐震評価フローを図 2-1 に示す。

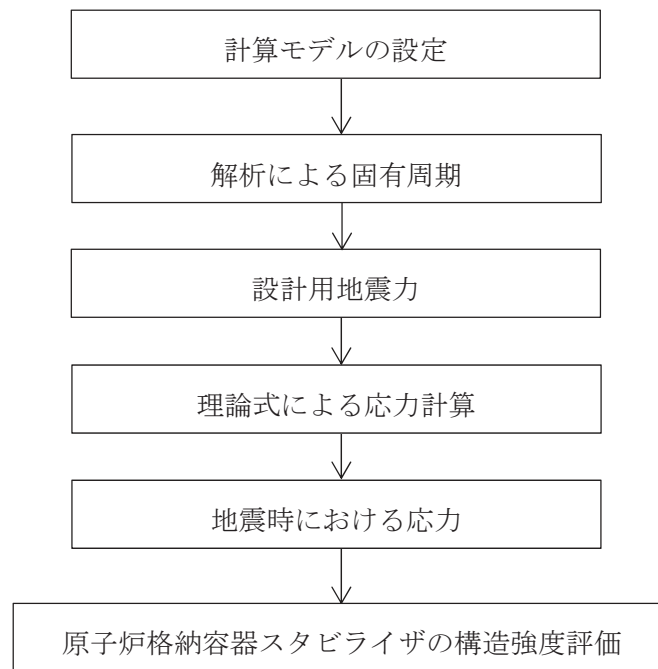


図 2-1 原子炉格納容器スタビライザの耐震評価フロー

2.3 適用基準

適用基準を以下に示す。

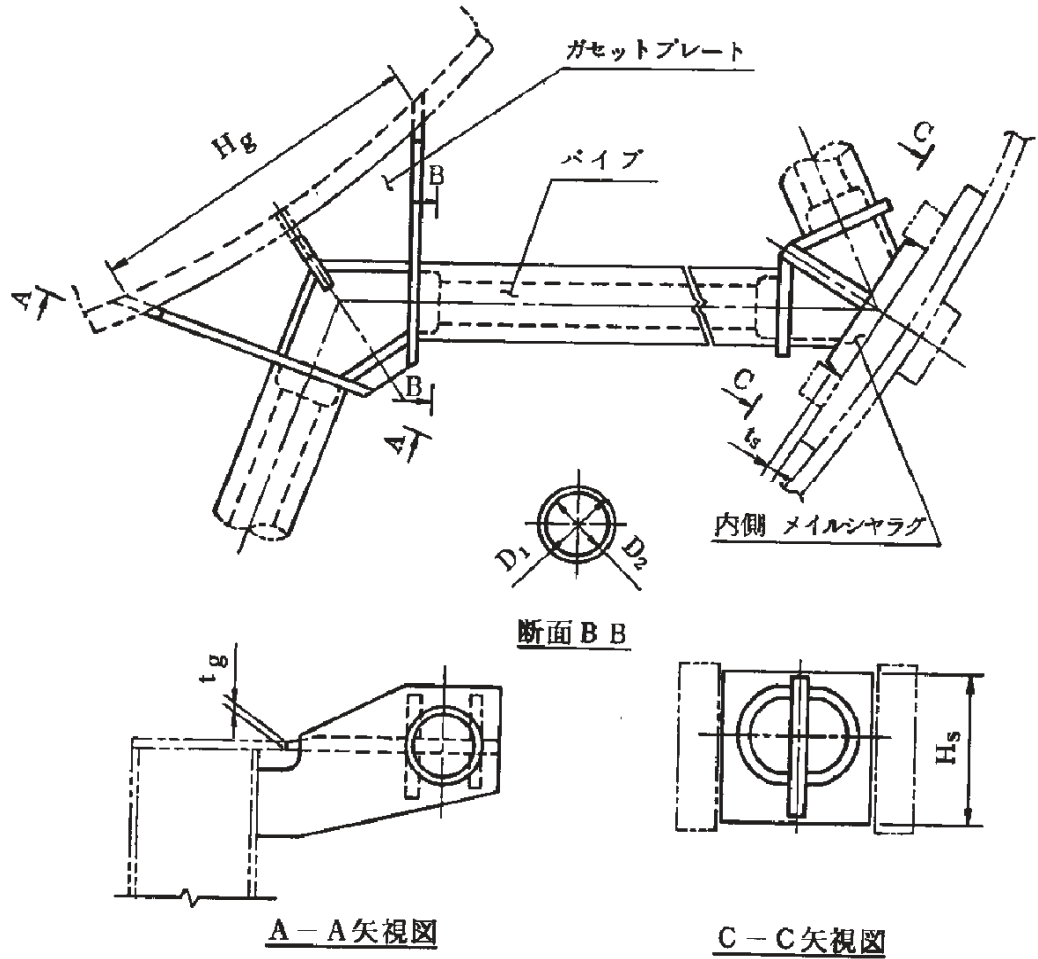
- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 ((社) 日本電気協会)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補-1984 ((社) 日本電気協会)
- (3) 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版) ((社) 日本電気協会)
- (4) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 ((社) 日本機械学会, 2005/2007) (以下「設計・建設規格」という。)

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
B_g	ガセットプレート付け根部の深さ	mm
B_w	ガセットプレート付け根部補強板の深さ	mm
C_v	鉛直方向設計震度	—
D	死荷重	—
D_1	パイプの外径	mm
D_2	パイプの内径	mm
f_b	鋼材の許容曲げ応力	MPa
f_c	鋼材の許容圧縮応力	MPa
f_p	鋼材の許容支圧応力	MPa
f_s	鋼材の許容せん断応力	MPa
f_t	鋼材の許容引張応力	MPa
F_t	水平地震荷重	N
H_g	ガセットプレート付け根部の長さ	mm
H_s	内側マイルシヤラグの接触部の長さ	mm
ℓ_g	原子炉格納容器スタビライザ1本の重心位置	mm
M	機械的荷重	—
M_L	地震と組み合わせる機械的荷重	—
P	圧力	—
P_L	地震と組み合わせる圧力	—
P_x	ガセットプレートに作用する水平荷重	N
P_y	ガセットプレートに作用する鉛直荷重	N
R_0	原子炉しゃへい壁の外側円筒の半径	mm
R_1	荷重作用点半径 (内側)	mm
S	許容引張応力	MPa
S_d	弾性設計用地震動 S_d により定まる地震力	—
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
$S_y (RT)$	40°Cにおける設計降伏点	MPa
t_g	ガセットプレート付け根部の板厚	mm
t_s	内側マイルシヤラグの接触部の板厚	mm
t_w	ガセットプレート付け根部補強板の板厚	mm
W_s	原子炉格納容器スタビライザ1本に作用する荷重	N
θ_2	図 3-1 において定める角度	°

3. 評価部位

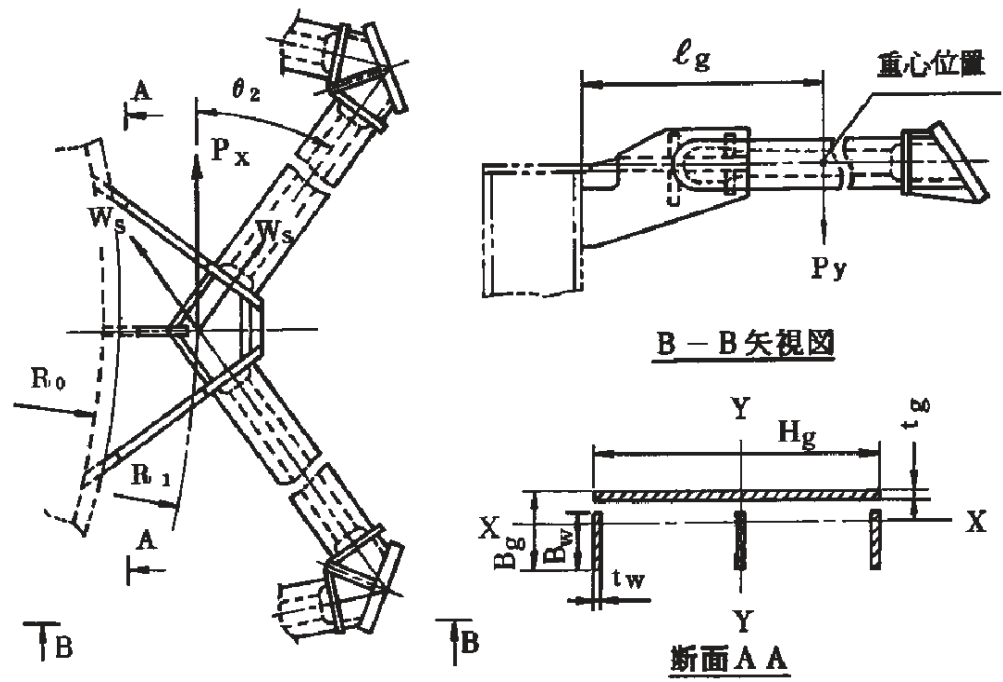
原子炉格納容器スタビライザの形状及び主要寸法を図 3-1 に、使用材料及び使用部位を表 3-1 に示す。



$D_1 =$		$D_2 =$		$H_g =$		$t_g =$	
$H_s =$		$t_s =$					

(単位：mm)

図 3-1 原子炉格納容器スタビライザの形状及び主要寸法 (その 1)



$B_g =$ $l_g =$ $B_w =$ $t_w =$
 $R_0 =$ $R_1 =$ $\theta_2 =$

(単位：mm)

図 3-1 原子炉格納容器スタビライザの形状及び主要寸法 (その 2)

表 3-1 使用材料表

使用部位	使用材料	備考
パイプ	STS42	STS410 相当
ガセットプレート	SM41B	SM400B 相当
内側マイルシヤラグ	SM41B	SM400B 相当

4. 固有周期

(1) 設計基準対象施設としての固有周期

設計基準対象施設における固有周期は、「5.2.4 設計荷重」に示す設計基準対象施設としての評価温度を考慮し算出する。固有周期を表 4-1 に示す。固有周期は 0.05 秒以下であり、剛であることを確認した。

表 4-1 固有周期（設計基準対象施設）

卓越方向	固有周期 (s)
水平方向（軸）	—*
水平方向（軸直角）	—*
鉛直方向（軸直角）	0.041

注記*：固有周期は十分に小さく、計算を省略する。

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

- (1) 原子炉格納容器スタビライザは、原子炉しゃへい壁と原子炉格納容器シヤラグの間に設置され、原子炉しゃへい壁に支持された構造であり、地震荷重は原子炉格納容器シヤラグを介して原子炉建屋に伝達される。

原子炉格納容器スタビライザの耐震評価として、添付書類「VI-2-3-2 炉心、原子炉圧力容器及び原子炉内部構造物並びに原子炉格納容器及び原子炉本体の基礎の地震応答計算書」において計算された荷重を用いて、7. 参照図書(1)に示す既工認の手法に従い構造強度評価を行う。

- (2) 構造強度評価に用いる寸法は、公称値を用いる。
- (3) 概略構造図を表 2-1 に示す。

5.2 荷重の組合せ及び許容応力

5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉格納容器スタビライザの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち、設計基準対象施設の評価に用いるものを表 5-1 に示す。

詳細な荷重の組合せは、添付書類「VI-1-8-1 原子炉格納施設的设计条件に関する説明書」に従い、対象機器の設置位置等を考慮し決定する。なお、考慮する荷重の組合せは、組み合わせる荷重の大きさを踏まえ、評価上厳しくなる組合せを選定する。

5.2.2 許容応力

原子炉格納容器スタビライザの許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 5-2 に示すとおりとする。

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

原子炉格納容器スタビライザの使用材料の許容応力評価条件のうち、設計基準対象施設の評価に用いるものを表 5-3 に示す。

表5-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度 分類	機器等 の区分	荷重の組合せ*1, *2		許容応力状態*1
原子炉本体	圧力容器 付属構造物	原子炉格納 容器スタビ ライザ	S	その他の 支持構造物	D + P + M + S _d *	(9)	Ⅲ _A S
						(10)	
						(13)	
					D + P + M + S _s	(11)	Ⅳ _A S
						(12)	
						(14)	
					D + P _L + M _L + S _d *	(16)	Ⅳ _A S

注記*1：パイプ，ガセットプレート，内側マイルシヤラグはその他の支持構造物であるが，冷却材喪失事故後地震時の原子炉圧力容器及び原子炉しゃへい壁に生じる荷重を原子炉建屋に伝達させる機能の維持を確認する意味で，クラスMC支持構造物に準じた許容応力状態及び荷重の組合せを適用する。

*2：（ ）内は添付書類「VI-1-8-1 原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」における表3-6 の荷重の組合せのNo.を示す。

表 5-2 クラスMC 支持構造物の許容応力

許容 応力状態	ボルト等以外*1, *2										ボルト等	
	一次応力					一次+二次応力					一次応力	
	引張り	せん断	圧縮	曲げ	支圧	引張り /圧縮	せん断	曲げ	支圧	座屈	引張り	せん断
Ⅲ _{AS}	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$	$1.5 \cdot f_c$	$1.5 \cdot f_b$	$1.5 \cdot f_p$	—	—	—	—	—	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
Ⅳ _{AS}	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$1.5 \cdot f_c^*$	$1.5 \cdot f_b^*$	$1.5 \cdot f_p^*$	—	—	—	—	—	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

注記*1：設計・建設規格等の幅厚比の規定を満足させる。

*2：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

表5-3 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境 温度					
パイプ	STS42*1	周囲環境 温度	171	—			—
ガセットプレート 及び内側マイルシヤラグ	SM41B*2	周囲環境 温度	171	—			—

注記*1 : STS410 相当

*2 : SM400B 相当

5.2.4 設計荷重

(1) 設計基準対象施設としての設計荷重

設計基準対象施設としての設計荷重である，最高使用温度及び死荷重は，既工認からの変更はなく，7. 参照図書(1)に定めるとおりである。

5.3 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 5-4～表 5-6 に示す。

「弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度」及び「基準地震動 S_s」による地震力は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

原子炉格納容器スタビライザ 1 本に作用する設計用地震力の計算方法は、既工認からの変更はなく、7. 参照図書(1)に定めるとおりである。

表 5-4 設計用地震力（設計基準対象施設）

据付場所 及び 設置高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
	水平 方向	鉛直 方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉 しゃへい壁 O.P. 21.55	—*	0.041	—	C _v =1.12	—	C _v =1.93

注記*：固有周期は十分に小さく、計算を省略する。

表 5-5 原子炉格納容器スタビライザ全体に作用する地震荷重
(設計基準対象施設)

地震荷重	水平地震荷重 F_t ($\times 10^3$ N)
S d *	
S s	

表 5-6 原子炉格納容器スタビライザ 1 本に作用する地震荷重
(設計基準対象施設)

地震荷重	水平地震荷重 W_s ($\times 10^3$ N)
S d *	
S s	

5.4 計算方法

原子炉格納容器スタビライザの応力評価点は、原子炉格納容器スタビライザを構成する部材の形状及び荷重伝達経路を考慮し、発生応力が大きくなる部位を選定する。選定した応力評価点を表 5-7 及び図 5-1 に示す。

応力計算方法は既工認から変更はなく、7. 参照図書(1)に示すとおりである。

表 5-7 応力評価点

応力評価点番号	応力評価点
P1	パイプ
P2	ガセットプレート
P3	内側マイルシヤラグ

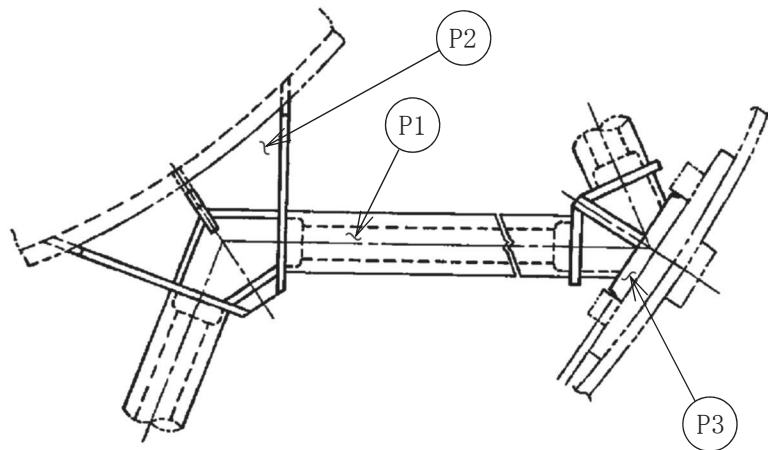


図 5-1 原子炉格納容器スタビライザの応力評価点

5.5 計算条件

応力計算に用いる荷重を、「5.2 荷重の組合せ及び許容応力」及び「5.3 設計用地震力」に示す。

5.6 応力の評価

「5.4 計算方法」で求めた応力が許容応力以下であること。

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

原子炉格納容器スタビライザの設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を表 6-1 及び表 6-2 に示す。

表 6-1 許容応力状態Ⅲ_AS に対する評価結果 (D + P + M + S d *)

評価対象設備	評価部位		応力分類	Ⅲ _A S		判定	備考
				算出応力	許容応力		
				MPa	MPa		
原子炉格納容器 スタビライザ	P1	パイプ	引張応力	40		○	
			圧縮応力	40		○	
	P2	ガセットプレート	曲げ応力	89		○	
			せん断応力	41		○	
			組合せ応力	114		○	
	P3	内側マイルシヤラグ	支圧応力	40		○	

注記* : 許容引張応力の値を用いる。

表 6-2(1) 許容応力状態IV_AS に対する評価結果 (D + P + M + S s)

評価対象設備	評価部位		応力分類	IV _A S		判定	備考
				算出応力	許容応力		
				MPa	MPa		
原子炉格納容器 スタビライザ	P1	パイプ	引張応力	67		○	
			圧縮応力	67		○	
	P2	ガセットプレート	曲げ応力	133		○	
			せん断応力	66		○	
			組合せ応力	176		○	
	P3	内側マイルシヤラグ	支圧応力	66		○	

注記* : 許容引張応力の値を用いる。

表 6-2(2) 許容応力状態IV_AS に対する評価結果 (D + P_L + M_L + S d *)

評価対象設備	評価部位		応力分類	IV _A S		判定	備考
				算出応力	許容応力		
				MPa	MPa		
原子炉格納容器 スタビライザ	P1	パイプ	引張応力	40		○	
			圧縮応力	40		○	
	P2	ガセットプレート	曲げ応力	89		○	
			せん断応力	41		○	
			組合せ応力	114		○	
	P3	内側マイルシヤラグ	支圧応力	40		○	

注記* : 許容引張応力の値を用いる。

7. 参照図書

- (1) 女川原子力発電所第2号機 第5回工事計画認可申請書
添付書類「IV-3-1-3-1 原子炉格納容器スタビライザの応力計算書」

VI-2-3-4-2-3 制御棒駆動機構ハウジング支持金具の耐震性についての計算書

目次

1.	概要	1
2.	一般事項	2
2.1	構造計画	2
2.2	評価方針	4
2.3	適用基準	5
2.4	記号の説明	6
3.	評価部位	7
4.	地震応答解析及び構造強度評価	8
4.1	地震応答解析及び構造強度評価方法	8
4.2	荷重の組合せ及び許容応力	8
4.2.1	荷重の組合せ及び許容応力状態	8
4.2.2	許容応力	8
4.2.3	許容応力評価条件	8
4.2.4	設計荷重	8
4.3	解析モデル及び諸元	8
4.4	固有周期	9
4.5	設計用地震力	9
4.6	計算方法	9
4.6.1	水平地震荷重による応力	9
4.6.2	鉛直地震荷重による応力	9
4.6.3	死荷重による応力	9
4.7	計算条件	10
4.8	応力の評価	10
5.	参照図書	11

図表目次

図 2-1	CRDハウジング支持金具の耐震評価フロー	4
図 3-1	CRDハウジングレストレントビームの形状・寸法・材料・応力評価点	12
図 4-1	解析モデル	16
表 2-1	構造計画	3
表 4-1	荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）	13
表 4-2	許容応力（クラス 1 支持構造物）	14
表 4-3	許容応力評価条件	15
表 4-4	機器諸元	16
表 4-5	固有周期	17
表 4-6	設計用地震力（水平方向）	17
表 4-7	設計用地震力（鉛直方向）	17
表 4-8	評価結果まとめ	18

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき、制御棒駆動機構ハウジング支持金具（以下「CRDハウジング支持金具」という。）が設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

CRDハウジング支持金具は設計基準対象施設においてはSクラス施設に分類される。以下、設計基準対象施設としての構造強度評価を示す。

注：本計算書においては、平成4年1月13日付け3資庁第10518号にて認可された工事計画の添付書類（参照図書(1)）を「既工認」という。

2. 一般事項

2.1 構造計画

CRDハウジング支持金具の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
原子炉本体基礎に CRDハウジング支持金具を固定する。	CRD ハウジング支持金具は水平荷重を原子炉本体基礎に達するように、制御棒駆動機構ハウジングを取り囲んだ構造となっている。	<p>原子炉本体基礎</p> <p>制御棒駆動機構ハウジング</p> <p>A~A断面図</p>

2.2 評価方針

CRDハウジング支持金具の応力評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容応力に基づき、「3. 評価部位」にて設定する箇所に作用する設計用地震力による応力等が許容応力に収まることを、「4. 地震応答解析及び構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。

CRDハウジング支持金具の耐震評価フローを図2-1に示す。

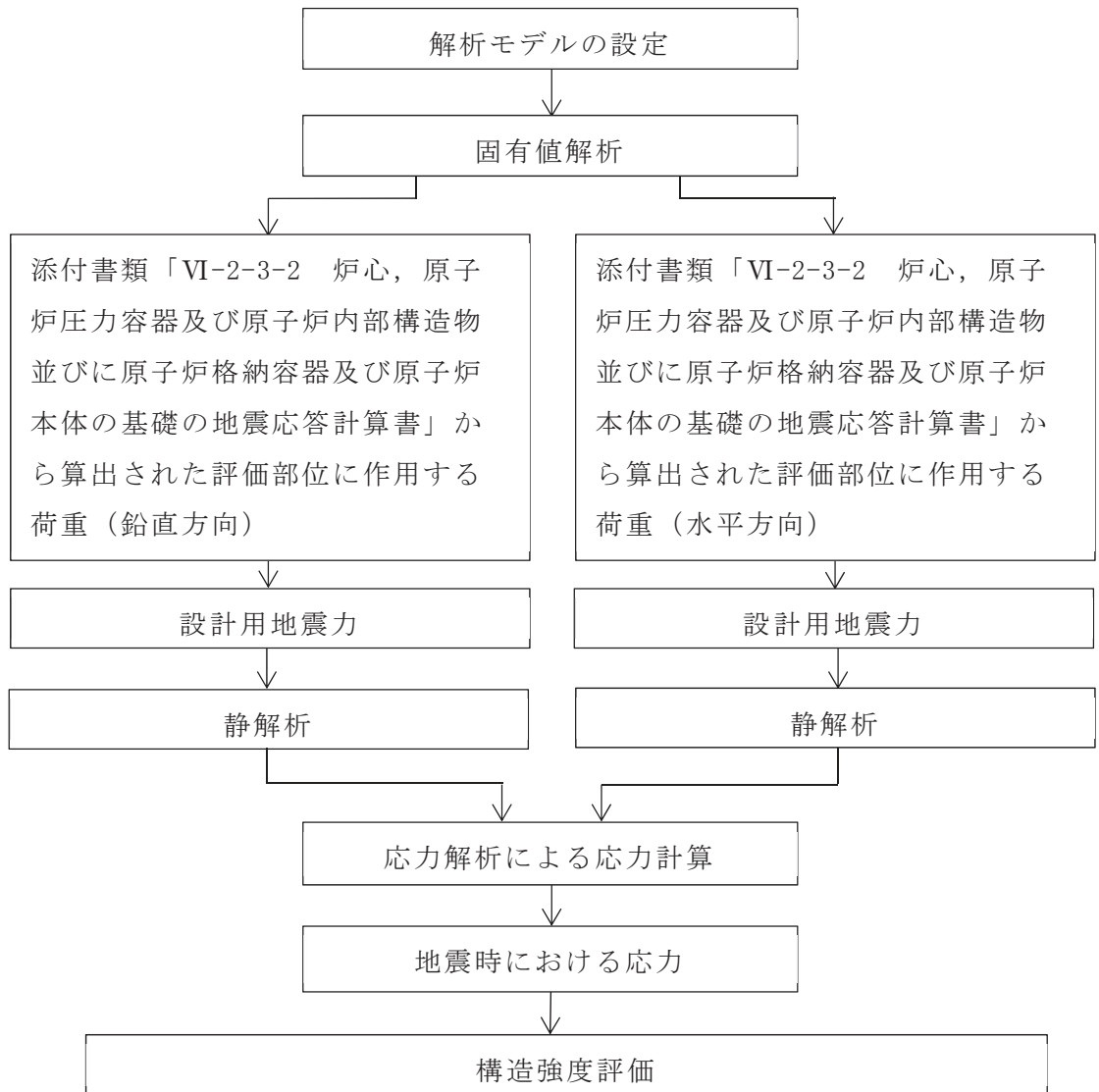


図 2-1 CRDハウジング支持金具の耐震評価フロー

2.3 適用基準

適用基準を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 (日本電気協会)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補-1984 (日本電気協会)
- (3) 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版 (日本電気協会) (以降「J E A G 4 6 0 1」と記載しているものは上記3 指針を指す。)
- (4) 発電用原子力設備規格 (設計・建設規格 (2005年版 (2007年追補版含む。)) J S M E S N C 1 -2005/2007) (日本機械学会 2007年9月) (以下「設計・建設規格」という。)

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
D	死荷重	—
E	縦弾性係数	MPa
f_b	許容曲げ応力	MPa
f_c	許容圧縮応力	MPa
f_s	許容せん断応力	MPa
f_t	許容引張応力	MPa
l_1	CRDハウジング支持金具の内り寸法	mm
l_2	CRDハウジング支持金具の内り寸法	mm
M	地震及び死荷重以外で地震と組み合わせすべきプラントの運転状態（地震との組み合わせが独立な運転状態Ⅳ、Ⅴは除く）で設備に作用している機械的荷重	—
M_L	地震との組み合わせが独立な運転状態Ⅳの事故の直後を除き、その後に生じている死荷重及び地震荷重以外の機械的荷重	—
m_0	質量	kg
P	地震と組み合わせべきプラントの運転状態（地震との組み合わせが独立な運転状態Ⅳ、Ⅴは除く）における圧力荷重	—
P_L	地震との組み合わせが独立な運転状態Ⅳの事故の直後を除き、その後に生じている圧力荷重	—
S	許容引張応力 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表5又は表6に規定される値	MPa
S_d^*	弾性設計用地震動 S_d により定まる地震力又は S クラス設備に適用される静的地震力のいずれか大きい方の地震力	—
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 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に規定される値	MPa
S_y	設計降伏点 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に規定される値	MPa
$S_y (RT)$	40℃における設計降伏点 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に規定される値	MPa
T	温度	℃
ν	ポアソン比	—

3. 評価部位

本計算書で解析する CRD ハウジングレストレントビームの形状・寸法・材料を図 3-1 に示す。

なお、CRD ハウジングレストレントビームの応力評価点は、CRD ハウジングレストレントビームを構成する部材の形状及び荷重伝達経路を考慮し、発生応力が大きくなる部位を選定する。選定した応力評価点を図 3-1 に示す。

4. 地震応答解析及び構造強度評価

4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法

- (1) CRDハウジングレストレントビームは、原子炉本体の基礎の内周側に固定され、CRDハウジングの水平地震荷重を原子炉本体の基礎に伝達する構造である。

CRDハウジングレストレントビームの耐震評価は、「4.5 設計用地震力」に示す水平地震荷重及び鉛直地震力を用いて、参照図書(1)に示す既工認の手法に従い構造強度評価を行う。

- (2) 構造強度評価に用いる寸法は、公称値を用いる。
- (3) 概略構造図を表 2-1 に示す。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

荷重の組合せ及び許容応力状態を表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3 許容応力評価条件

許容応力評価条件を表 4-3 に示す。

4.2.4 設計荷重

- (1) 最高使用温度及び死荷重

最高使用温度及び死荷重は、既工認から変更はなく、参照図書(1)に定めるとおりである。

4.3 解析モデル及び諸元

CRDハウジングレストレントビームの解析モデルを図 4-1 に、解析モデルの概要を以下に示す。また、機器の諸元について表 4-4 に示す。

- (1) 二次元はり要素による有限要素解析手法を適用する。
- (2) 拘束条件は、
- (3) 解析コードは「MSC NASTRAN」を使用し、固有周期を求める。

なお、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

4.4 固有周期

固有値解析の結果を表 4-5 に示す。固有周期は 0.05 秒以下であり、剛構造であることを確認した。

4.5 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 4-6 及び表 4-7 に示す。

CRD ハウジングレストレントビームに加わる地震荷重 S_d^* 及び地震荷重 S_s での水平地震荷重は添付書類「VI-2-3-2 炉心，原子炉圧力容器及び原子炉内部構造物並びに原子炉格納容器及び原子炉本体の基礎の地震応答計算書」において，CRD ハウジングレストレントビームがばね要素としてモデル化されているため，ばね反力として求めた水平地震荷重を用いる。

「弾性設計用地震動 S_d 又は静的地震力」及び「基準地震動 S_s 」による鉛直地震力は，「4.4 固有周期」に示す通り鉛直方向で剛構造であることから添付書類「VI-2-3-2 炉心，原子炉圧力容器及び原子炉内部構造物並びに原子炉格納容器及び原子炉本体の基礎の地震応答計算書」に基づき設定する。

4.6 計算方法

応力計算方法は，既工認から変更はなく，参照図書(1)に示すとおりである。

以下の荷重を用いて応力評価断面の断面性状により各荷重による応力を算出し，適切に組み合わせることにより計算する。

4.6.1 水平地震荷重による応力

表 4-6 に示す水平地震荷重を「4.3 解析モデル及び諸元」に示す解析モデルに入力し，静解析により得られる荷重（軸力，モーメント，せん断力）を用いる。

4.6.2 鉛直地震荷重による応力

表 4-7 に示す鉛直地震力を「4.3 解析モデル及び諸元」に示す解析モデルに入力し，動的地震力及び静的地震力を用いた静解析により得られる荷重（モーメント，せん断力）を用いる。

4.6.3 死荷重による応力

「4.2.4(1) 最高使用温度及び死荷重」に示す死荷重を「4.3 解析モデル及び諸元」に示す解析モデルに入力し，静解析により得られる荷重（モーメント，せん断力）を用いる。

4.7 計算条件

応力解析に用いる荷重を「4.2 荷重の組合せ及び許容応力」及び「4.5 設計用地震力」に示す。

4.8 応力の評価

各許容応力状態における評価を表 4-8 に示す。

表 4-8 より、各許容応力状態の各応力は、「4.2.2 許容応力」に示す許容応力を満足する。

5. 参照図書

- (1) 女川原子力発電所第2号機 第5回工事計画認可申請書 添付書類
IV-3-1-3-3 「制御棒駆動機構ハウジング支持金具の応力計算書」

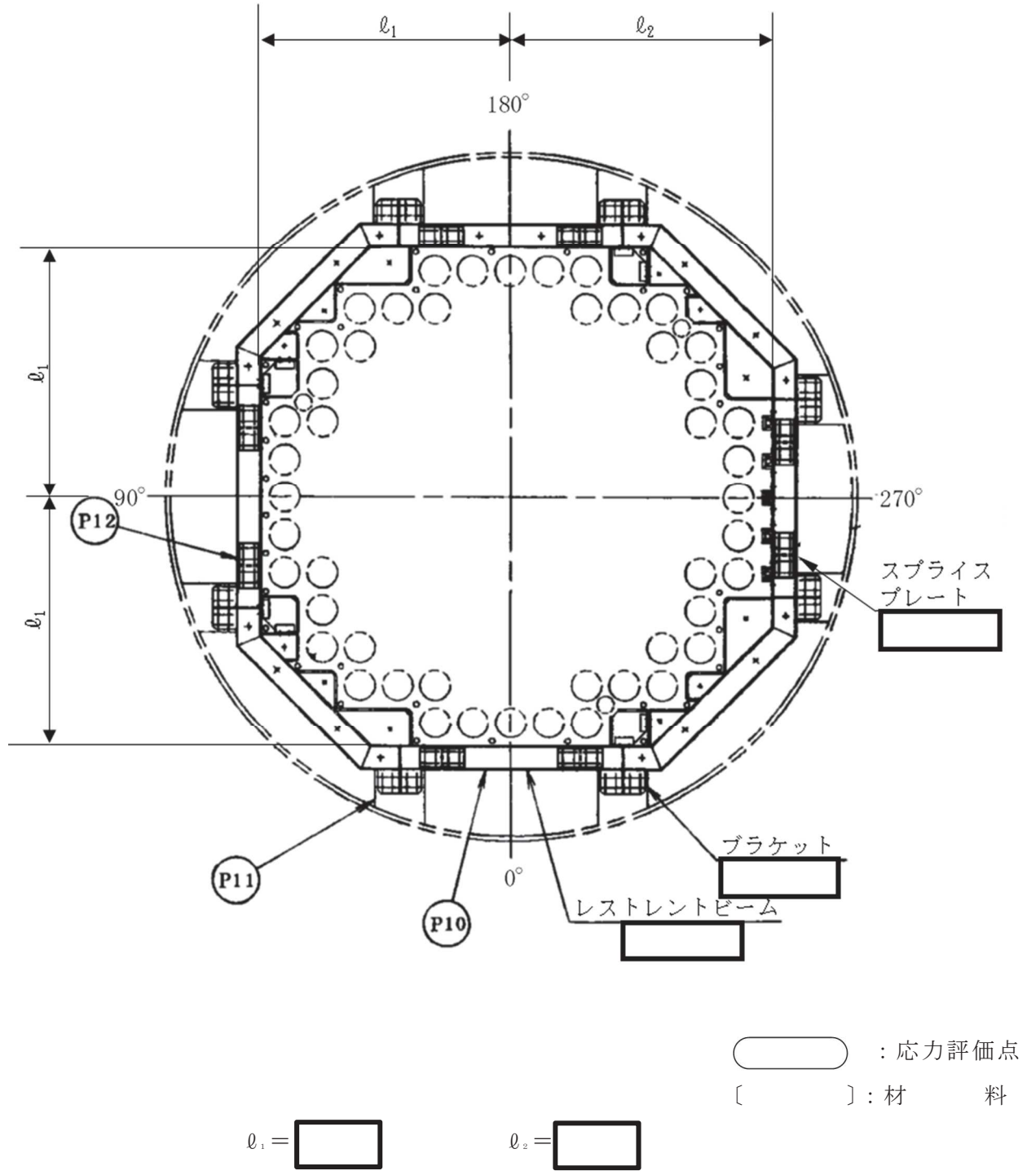


図 3-1 CRD ハウジングレストレイントビームの形状・寸法・材料・応力評価点
(単位：mm)

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度 分類	機器等 の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉本体	原子炉圧力 容器附属 構造物	CRDハウジング レストレント ビーム	S	—*1	$D + P + M + S_d^*$	III _A S
					$D + P_L + M_L + S_d^*$	IV _A S
					$D + P + M + S_s$	

注記*1：クラス1支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を準用する。

表 4-2 許容応力（クラス 1 支持構造物）

許容応力状態	許容応力*1, *2 (ボルト等以外)			
	一次応力			
	引張	せん断	圧縮	曲げ
Ⅲ _A S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$	$1.5 \cdot f_c$	$1.5 \cdot f_b$
Ⅳ _A S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$1.5 \cdot f_c^*$	$1.5 \cdot f_b^*$

注記*1：鋼構造設計規準（日本建築学会 2005改定）等の幅厚比の制限を満足させる。

*2：応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

表 4-3 許容応力評価条件

評価部位	材料		温度条件 (°C)		S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
レストレントビーム	鋼板		周囲環 境温度	171	—			—
ブラケット	鋼板				—			—
スプライスプレート	鋼板				—			—

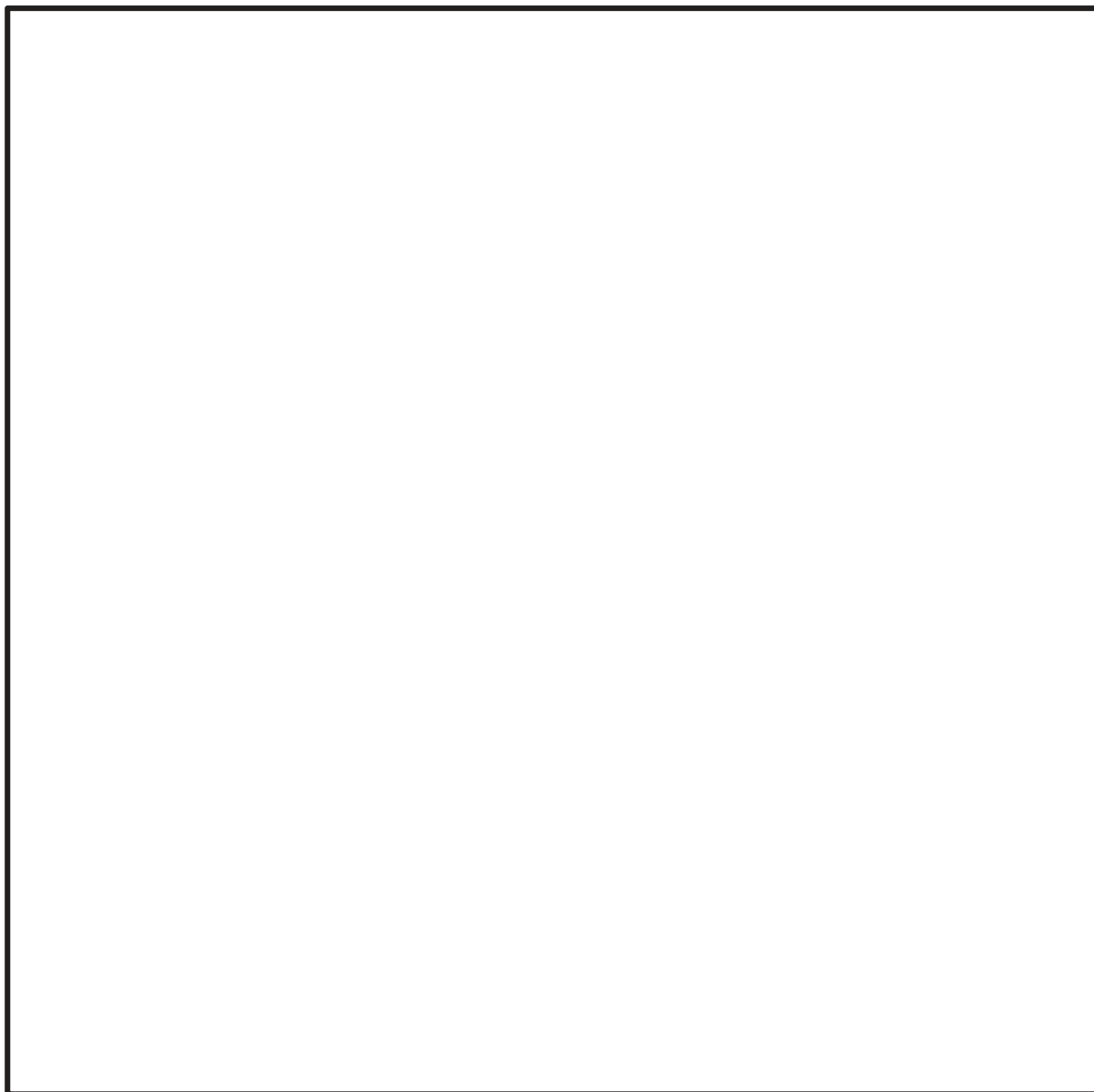


図 4-1 解析モデル

表 4-4 機器諸元

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	
質量	m ₀	kg	
温度条件	T	℃	171
縦弾性係数	E	MPa	
ポアソン比	ν	—	
要素数	—	—	
節点数	—	—	

表 4-5 固有周期

モード	卓越方向	固有周期 (s)
1次	鉛直	

表 4-6 設計用地震力（水平方向）

	地震荷重 S _d *	地震荷重 S _s
水平地震荷重 (N)		

表 4-7 設計用地震力（鉛直方向）

据付場所及び 床面高さ (mm)		原子炉本体基礎 0. P					
固有周期 (s)		水平 : 0.05 以下			鉛直 : 0.05 以下		
地震力		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度			基準地震動 S _s		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度		応答鉛直 震度	応答水平震度		応答鉛直 震度
		NS 方向	EW 方向		NS 方向	EW 方向	
1次		—	—	—	—	—	—
動的地震力 * ¹		—	—	0.77	—	—	1.32
静的地震力 * ²		—	—	0.29	—	—	—

注記 *1 : S_s 又は S_d に基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。

*2 : 静的震度 (1.2 · C_v) を示す。

表 4-8 評価結果まとめ

評価対象 設備	評価部位		応力分類	Ⅲ _A S		Ⅳ _A S	
				算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
				MPa	MPa	MPa	MPa
CRDハウジング支持金 具	P10	レストレントビーム	引張応力	4		8	
			圧縮応力	3		5	
			せん断応力	9		18	
			強軸曲げ応力	38		78	
			弱軸曲げ応力	3		4	
			組合せ応力	46		91	
	P11	ブラケット	引張応力	1		3	
			圧縮応力	10		21	
			せん断応力	3		6	
			強軸曲げ応力	19		38	
			弱軸曲げ応力	17		22	
			組合せ応力	45		80	
	P12	スプライスプレート	引張応力	2		3	
			圧縮応力	3		5	
			せん断応力	10		20	
			強軸曲げ応力	30		62	
			弱軸曲げ応力	3		3	
			組合せ応力	39		78	

VI-2-3-4-2-4 差圧検出・ほう酸水注入系配管（ティーより N11 ノズルまでの外管）の耐震性についての計算書

目次

1.	一般事項	1
1.1	形状・寸法・材料	1
1.2	解析範囲	1
1.3	計算結果の概要	1
2.	計算条件	4
2.1	設計条件	4
2.2	運転条件	4
2.3	材料	4
2.4	荷重の組合せ及び許容応力状態	4
2.5	荷重の組合せ及び応力評価	4
2.6	許容応力	4
3.	外荷重の条件	5
3.1	計算方法	5
3.2	解析モデル	5
3.3	設計震度	5
3.4	計算結果	5
3.4.1	固有周期	5
3.4.2	地震荷重	5
4.	応力計算	6
4.1	応力評価点	6
4.2	内圧による応力	6
4.2.1	荷重条件	6
4.2.2	計算方法	6
4.3	外荷重による応力	6
4.3.1	荷重条件	6
4.3.2	計算方法	6
4.4	応力の評価	6
5.	応力強さの評価	7
5.1	一次一般膜応力強さの評価	7
5.2	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価	7
5.3	一次＋二次応力強さの評価	7
6.	参照図書	7

図表目次

図 1-1	形状・寸法・材料・応力評価点	2
図 3-1	解析モデル	8
表 1-1	計算結果の概要	3
表 5-1	一次一般膜応力強さの評価のまとめ	9
表 5-2	一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ	10
表 5-3	一次＋二次応力強さの評価のまとめ	11

1. 一般事項

本計算書は、差圧検出・ほう酸水注入系配管（ティーより N11 ノズルまでの外管）の応力計算について示すものである。

差圧検出・ほう酸水注入系配管（ティーより N11 ノズルまでの外管）は、原子炉压力容器付属構造物であるため、添付書類「VI-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。）に基づき評価する。

差圧検出・ほう酸水注入系配管（ティーより N11 ノズルまでの外管）は、設計基準対象施設においては S クラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。

以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

1.1 形状・寸法・材料

本計算書で解析する箇所の形状・寸法・材料を図 1-1 に示す。

1.2 解析範囲

解析範囲を図 1-1 に示す。

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、形状不連続部、溶接部及び厳しい荷重作用点に着目し、応力評価上厳しくなる代表的な評価点を記載する。

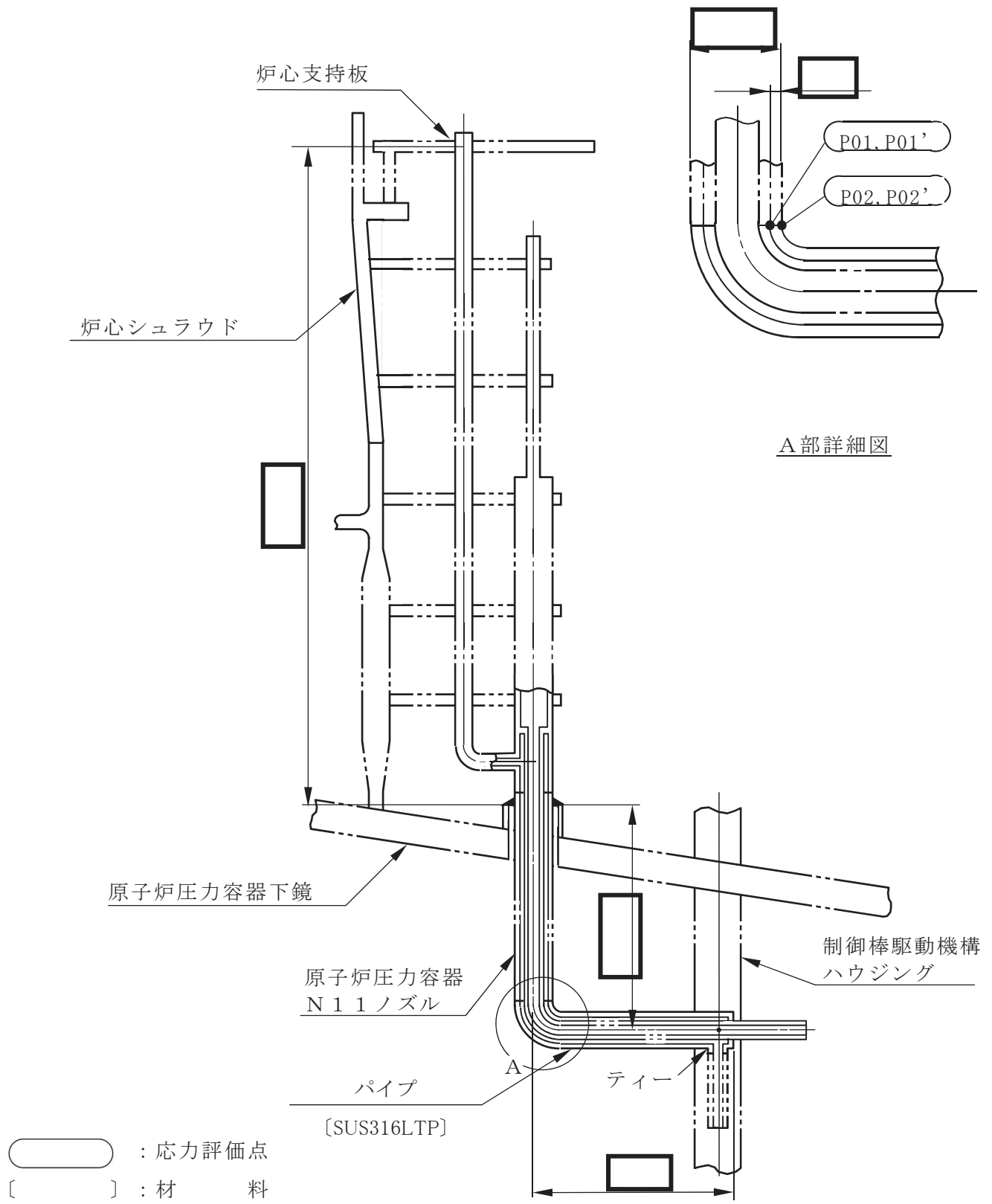


図1-1 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)

表1-1 計算結果の概要

(単位：MPa)

部分及び材料	許容応力状態	一次一般膜応力強さ			一次膜＋一次曲げ応力強さ			一次＋二次応力強さ		
		応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価点
パイプ SUS316LTP	Ⅲ _A S	42	114	P01'-P02'	42	159	P01'-P02'	11	285	P02
	Ⅳ _A S	42	228	P01'-P02'	42	318	P01'-P02'	25	285	P02

2. 計算条件

2.1 設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の 4.1 節に示す。

2.2 運転条件

考慮した運転条件を「応力解析の方針」の 4.2 節に示す。

また、重大事故等時の条件を「応力解析の方針」の 4.3 節に示す。

2.3 材料

各部の材料を図 1-1 に示す。

2.4 荷重の組合せ及び許容応力状態

荷重の組合せ及び許容応力状態を「応力解析の方針」の 3.4 節に示す。

2.5 荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」の 4.4 節に示す。

2.6 許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の 3.5 節に示す。

3. 外荷重の条件

3.1 計算方法

固有周期，地震荷重は「3.2 解析モデル」に示す解析モデルにより求める。

3.2 解析モデル

解析モデルは，既工認から変更はなく参照図書(1)a.に定めるとおりである。
参照図書(1)a.に定める解析モデルを図 3-1 に示す。

3.3 設計震度

設計震度を下表に示す。

	設計震度	
	水平方向	鉛直方向
弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	1.04	0.78
基準地震動 S_s	1.96	1.33

3.4 計算結果

3.4.1 固有周期

固有周期を下表に示す。

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

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

3.4.2 地震荷重

解析により求めた地震荷重を「応力解析の方針」の表 4-1(8)に示す。

4. 応力計算

4.1 応力評価点

応力評価点の位置を図 1-1 に示す。

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

4.2 内圧による応力

4.2.1 荷重条件 (L01)

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

なお、重大事故等時の内圧は、「2.2 運転条件」による。

4.2.2 計算方法

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

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

4.3 外荷重による応力

4.3.1 荷重条件 (L04, L14 及び L16)

外荷重を「応力解析の方針」の表 4-1(8)に示す。

4.3.2 計算方法

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

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

4.4 応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め、応力強さを算出する。

応力強さの算出方法は、「応力解析の方針」の 5.3.2 項に定めるとおりである。

5. 応力強さの評価

5.1 一次一般膜応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表 5-1 に示す。

表 5-1 より、各許容応力状態の一次一般膜応力強さは、「応力解析の方針」の 3.5 節に示す許容応力を満足する。

5.2 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表 5-2 に示す。

表 5-2 より、各許容応力状態の一次膜＋一次曲げ応力強さは、「応力解析の方針」の 3.5 節に示す許容応力を満足する。

5.2 一次＋二次応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表 5-3 に示す。

表 5-3 より、各許容応力状態の一次＋二次応力差の最大範囲は、「応力解析の方針」の 3.5 節に示す許容応力を満足する。

6. 参照図書

(1) 女川原子力発電所第 2 号機 第 5 回工事計画認可申請書 添付書類

- a. IV-2-3-9 差圧検出・ほう酸水注入系配管（原子炉圧力容器内部及びティーより N11 ノズルまでの外管）の耐震性についての計算書

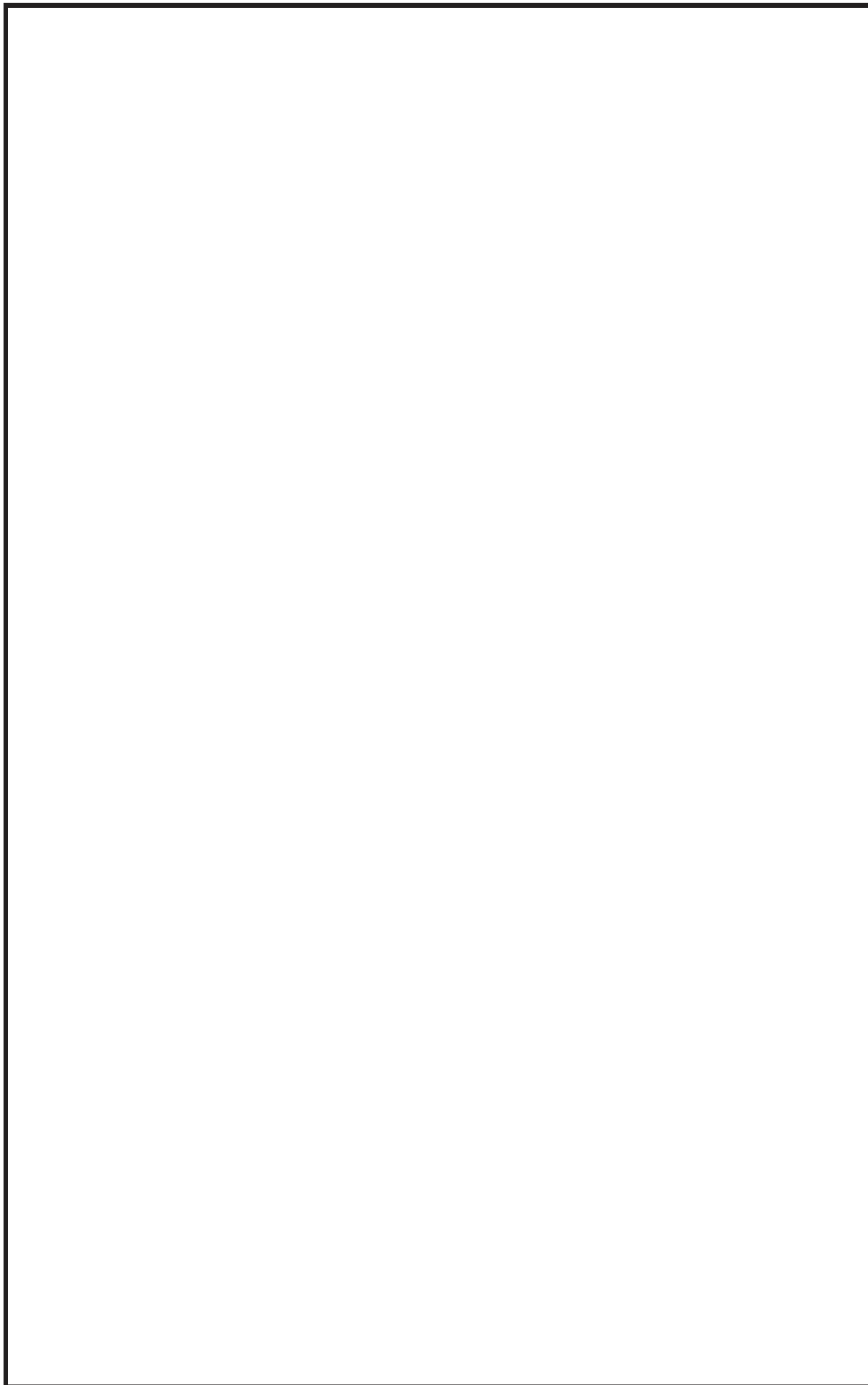


図3-1 解析モデル

表5-1 一次一般膜応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価面	許容応力状態Ⅲ _A S		許容応力状態Ⅳ _A S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	42	114	42	228
P01' P02'	42	114	42	228

表5-2 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価面	許容応力状態Ⅲ _A S		許容応力状態Ⅳ _A S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	42	159	42	318
P01' P02'	42	159	42	318

表5-3 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 ($P_L + P_b + Q$)		
	応力評価点	$S_n^{\#1*1}$	$S_n^{\#2*2}$
P01	9	21	285
P01'	9	21	285
P02	11	25	285
P02'	11	25	285

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。

VI-2-3-4-3 原子炉压力容器内部構造物の耐震性についての計算書

目 次

- VI-2-3-4-3-1 原子炉圧力容器内部構造物の応力解析の方針
- VI-2-3-4-3-2 蒸気乾燥器の耐震性についての計算書
- VI-2-3-4-3-3 気水分離器及びスタンドパイプの耐震性についての計算書
- VI-2-3-4-3-4 シュラウドヘッドの耐震性についての計算書
- VI-2-3-4-3-5 ジェットポンプの耐震性についての計算書
- VI-2-3-4-3-6 給水スパーージャの耐震性についての計算書
- VI-2-3-4-3-7 高圧及び低圧炉心スプレイスパーージャの耐震性についての計算書
- VI-2-3-4-3-8 残留熱除去系配管（原子炉圧力容器内部）の耐震性についての計算書
- VI-2-3-4-3-9 高圧及び低圧炉心スプレイ系配管（原子炉圧力容器内部）の耐震性についての計算書
- VI-2-3-4-3-10 差圧検出・ほう酸水注入系配管（原子炉圧力容器内部）の耐震性についての計算書
- VI-2-3-4-3-11 中性子束計測案内管の耐震性についての計算書

VI-2-3-4-3-1 原子炉压力容器内部構造物の応力解析の方針

目次

1.	概要	1
2.	一般事項	2
2.1	構造計画	2
2.2	評価方針	4
2.3	適用基準	5
2.4	記号の説明	6
3.	計算条件	8
3.1	評価対象機器	8
3.2	形状及び寸法	8
3.3	荷重の組合せ及び許容応力状態（運転状態）	8
3.4	許容応力	9
3.5	許容応力評価条件	9
3.6	溶接部の継手効率	9
4.	荷重条件	10
4.1	設計条件	10
4.2	運転条件	10
4.3	重大事故等時の条件	10
4.4	荷重の組合せ及び応力評価	10
5.	応力評価の手順	11
5.1	荷重条件の選定	11
5.2	応力の評価	11
5.2.1	主応力	11
5.2.2	応力強さ	11
5.2.3	一次応力強さ	11
5.3	特別な応力の評価	12
5.3.1	純せん断応力の評価	12
6.	評価結果の添付	13
6.1	応力評価結果	13
7.	引用文献	14
8.	参照図書	14
添付 1	溶接部の継手効率	34

図表目次

図 2-1	原子炉圧力容器内部構造物の耐震評価フロー	4
図 2-2	原子炉圧力容器内部構造物の強度評価フロー	4
図 3-1	全体断面図	15
図 4-1	原子炉圧力容器内部構造物の差圧	16
表 2-1	原子炉圧力容器内部構造物の構造計画	3
表 3-1	荷重の組合せ及び許容応力状態	17
表 3-2	許容応力（原子炉圧力容器内部構造物）	20
表 3-3	許容応力評価条件	21
表 4-1	外荷重	22
表 4-2	荷重の組合せ	33

1. 概要

本書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき、原子炉圧力容器内部構造物に関する応力解析の方針を説明するものである。

なお、本書においては、原子炉圧力容器内部構造物の耐震評価及び重大事故等時における強度評価について記載する。

耐震評価について、設計用地震力を除く荷重による原子炉圧力容器内部構造物の応力評価は、平成4年1月13日付け3資庁第10518号にて認可された工事計画の添付書類（参照図書(1)）による（以下「既工認」という。）。

強度評価について、原子炉圧力容器内部構造物の応力評価は、既工認による。

注1：本書に記載していない特別な内容がある場合は、下記計算書に示す。なお、下記のうち(1)から(10)を「耐震計算書」、(11)から(16)を「強度計算書」という。

- (1) VI-2-3-4-3-2 蒸気乾燥器の耐震性についての計算書
- (2) VI-2-3-4-3-3 気水分離器及びスタンドパイプの耐震性についての計算書
- (3) VI-2-3-4-3-4 シュラウドヘッドの耐震性についての計算書
- (4) VI-2-3-4-3-5 ジェットポンプの耐震性についての計算書
- (5) VI-2-3-4-3-6 給水スパージャの耐震性についての計算書
- (6) VI-2-3-4-3-7 高圧及び低圧炉心スプレイスパージャの耐震性についての計算書
- (7) VI-2-3-4-3-8 残留熱除去系配管（原子炉圧力容器内部）の耐震性についての計算書
- (8) VI-2-3-4-3-9 高圧及び低圧炉心スプレイ系配管（原子炉圧力容器内部）の耐震性についての計算書
- (9) VI-2-3-4-3-10 差圧検出・ほう酸水注入系配管（原子炉圧力容器内部）の耐震性についての計算書
- (10) VI-2-3-4-3-11 中性子束計測案内管の耐震性についての計算書
- (11) VI-3-別添 7-1 ジェットポンプの強度計算書
- (12) VI-3-別添 7-2 給水スパージャの強度計算書
- (13) VI-3-別添 7-3 高圧及び低圧炉心スプレイスパージャの強度計算書
- (14) VI-3-別添 7-4 残留熱除去系配管(原子炉圧力容器内部)の強度計算書
- (15) VI-3-別添 7-5 高圧及び低圧炉心スプレイ系配管(原子炉圧力容器内部)の強度計算書
- (16) VI-3-別添 7-6 差圧検出・ほう酸水注入系配管(原子炉圧力容器内部)の強度計算書

注2：図表は、原則として巻末に示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

原子炉圧力容器内部構造物の構造計画を表 2-1 に示す。

原子炉圧力容器内部構造物は、下記の機器により構成される。

- (1) 蒸気乾燥器
- (2) 気水分離器及びスタンドパイプ
- (3) シュラウドヘッド
- (4) ジェットポンプ
- (5) 給水スパージャ
- (6) 高圧及び低圧炉心スプレイスパージャ
- (7) 残留熱除去系配管（原子炉圧力容器内部）
- (8) 高圧及び低圧炉心スプレイ系配管（原子炉圧力容器内部）
- (9) 差圧検出・ほう酸水注入系配管（原子炉圧力容器内部）
- (10) 中性子束計測案内管

表 2-1 原子炉圧力容器内部構造物の構造計画

計画の概要		概略構造図	
基礎・支持構造	主体構造		
<p>蒸気乾燥器及び給水スパーージャは原子炉圧力容器内部のブラケットにより支持される。</p> <p>気水分離器及びスタンドパイプはシュラウドヘッドに接続され、シュラウドヘッドは炉心シュラウド上にボルトによりフランジ接続される。</p> <p>ジェットポンプはシュラウドサポートプレート及び原子炉圧力容器により支持される。</p> <p>高圧及び低圧炉心スプレイスパーージャ、残留熱除去系配管は炉心シュラウドにより支持される。</p> <p>高圧及び低圧炉心スプレイ系配管は原子炉圧力容器内部のブラケット及び炉心シュラウドにより支持される。</p> <p>差圧検出・ほう酸水注入系配管は炉心シュラウド及びシュラウドサポートに設置されたサポートにより支持される。</p> <p>中性子束計測案内管は下部を中性子束計測ハウジングに接続され、上部を炉心支持板により支持される。</p>	<p>原子炉圧力容器内部構造物は蒸気乾燥器、気水分離器及びスタンドパイプ、シュラウドヘッド、ジェットポンプ、給水スパーージャ、高圧及び低圧炉心スプレイスパーージャ、残留熱除去系配管、高圧及び低圧炉心スプレイ系配管、差圧検出・ほう酸水注入系配管、中性子束計測案内管により構成される。</p>	<p>蒸気乾燥器</p> <p>蒸気乾燥器支持ブラケット</p> <p>気水分離器及びスタンドパイプ</p> <p>給水スパーージャ</p> <p>シュラウドヘッド</p> <p>高圧及び低圧炉心スプレイ系配管</p> <p>高圧炉心スプレイスパーージャ</p> <p>低圧炉心スプレイスパーージャ</p> <p>炉心シュラウド</p> <p>炉心支持板</p> <p>シュラウドサポート</p> <p>中性子束計測案内管</p> <p>中性子束計測ハウジング</p> <p>差圧検出・ほう酸水注入系配管</p> <p>ジェットポンプ</p> <p>残留熱除去系配管</p> <p>原子炉圧力容器</p> <p>給水スパーージャ</p> <p>高圧炉心スプレイ系配管</p> <p>低圧炉心スプレイ系配管</p> <p>シュラウドヘッド</p> <p>蒸気乾燥器</p> <p>蒸気乾燥器支持ブラケット</p> <p>給水スパーージャ</p> <p>ブラケット</p> <p>高圧炉心スプレイ系配管</p> <p>低圧炉心スプレイ系配管</p> <p>ブラケット</p> <p>① 矢視</p> <p>② 矢視</p>	

2.2 評価方針

原子炉圧力容器内部構造物の構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」及び「3. 計算条件」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容応力に基づき、「2.1 構造計画」にて示す原子炉圧力容器内部構造物の各機器を踏まえ計算書にて設定する箇所において、「4. 荷重条件」にて設定した荷重に基づく応力が許容応力内に収まることを、「5. 応力評価の手順」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を計算書に示す。

原子炉圧力容器内部構造物の耐震評価フローを図 2-1 に、強度評価フローを図 2-2 に示す。

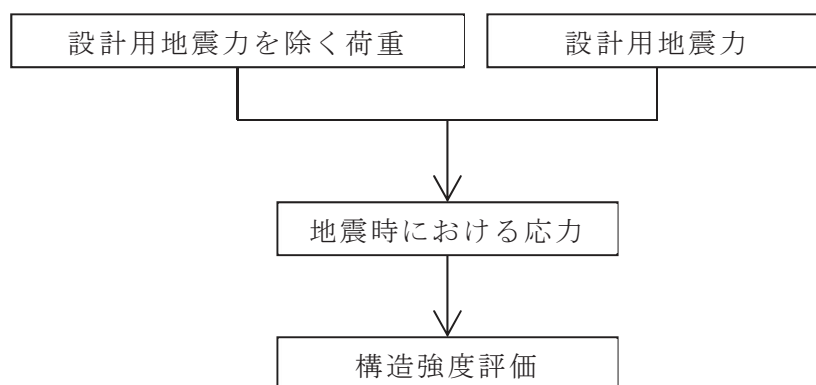


図 2-1 原子炉圧力容器内部構造物の耐震評価フロー

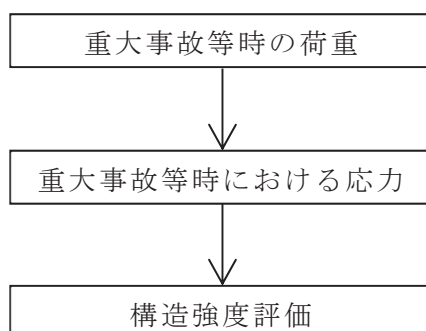


図 2-2 原子炉圧力容器内部構造物の強度評価フロー

2.3 適用基準

適用基準を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 (日本電気協会)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補
-1984 (日本電気協会)
- (3) 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版 (日本電気協
会)
(以降「J E A G 4 6 0 1」と記載しているものは上記3 指針を指す。)
- (4) 発電用原子力設備規格 (設計・建設規格 (2005年版 (2007年追補版含む。))
J S M E S N C 1 -2005/2007) (日本機械学会 2007年9月) (以下「設計・
建設規格」という。)
- (5) 発電用原子力設備に関する構造等の技術基準 (昭和55年10月30日 通商産業省告
示第501号 (以下「告示」という。)) *

注1 : 本書及び計算書において、設計・建設規格の条項は「設計・建設規格 ○○
○-△△△△(◇)a. (a)」とし、告示の条項は「告示第○条第○項第○号○
○」として示す。

注2 : 耐震計算書では「設計・建設規格」を適用し、強度計算書では「告示」を適
用する。

注記* : 原子炉圧力容器内部構造物の強度評価においては、告示の第17章「炉心支持
構造物」の規定を準用する。

2.4 記号の説明

本書及び計算書において、以下の記号を使用する。ただし、本書添付及び計算書中に別途記載がある場合は、この限りでない。

なお、計算書における記号の字体及び大きさについては、本書と異なる場合がある。

記号	記号の説明	単位
H	水平力	N
M	モーメント	N・m
P_b	一次曲げ応力	MPa
P_m	一次一般膜応力	MPa
S_{12}	主応力差 $\sigma_1 - \sigma_2$	MPa
S_{23}	主応力差 $\sigma_2 - \sigma_3$	MPa
S_{31}	主応力差 $\sigma_3 - \sigma_1$	MPa
S_d^*	弾性設計用地震動 S_d により定まる地震力又は S クラス施設に適用される静的地震力のいずれか大きい方の地震力	—
S_m	設計応力強さ	MPa
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
$S_y (RT)$	材料の 40℃ における設計降伏点	MPa
T	ねじりモーメント	N・m
V	鉛直力	N
η	溶接部の継手効率	—
σ_1	主応力	MPa
σ_2	主応力	MPa
σ_3	主応力	MPa
σ_ℓ	軸方向応力	MPa
σ_r	半径方向応力	MPa
σ_t	周方向応力	MPa
$\tau_{\ell r}$	せん断応力	MPa
$\tau_{r t}$	せん断応力	MPa
$\tau_{t \ell}$	せん断応力	MPa

記号	記号の説明	単位
Ⅲ _A S	設計・建設規格の供用状態C相当の許容応力を基準として、それに地震により生じる応力に対する特別な応力の制限を加えた許容応力状態	—
Ⅳ _A S	設計・建設規格の供用状態D相当の許容応力を基準として、それに地震により生じる応力に対する特別な応力の制限を加えた許容応力状態	—
Ⅴ _A S	運転状態Ⅴ（重大事故等時の状態）相当の応力評価を行う許容応力状態を基本として、それに地震により生じる応力に対する特別な応力の制限を加えた許容応力状態	—

3. 計算条件

3.1 評価対象機器

応力評価を行う機器は、次のとおりである。(表 2-1 及び図 3-1 参照)

機器名称		評価対象		
		耐震性についての計算書 (許容応力状態に対する評価)		強度計算書 (運転状態 V に対する評価)
		Ⅲ _A S, Ⅳ _A S	V _A S	
(1)	蒸気乾燥器	○	×*	×*
(2)	気水分離器及びスタンドパイプ	○	×*	×*
(3)	シュラウドヘッド	○	×*	×*
(4)	ジェットポンプ	○	○	○
(5)	給水スパージャ	○	○	○
(6)	高圧及び低圧炉心 スプレイスパージャ	○	○	○
(7)	残留熱除去系配管 (原子炉圧力容器内部)	○	○	○
(8)	高圧及び低圧炉心スプレイ系配 管 (原子炉圧力容器内部)	○	○	○
(9)	差圧検出・ほう酸水注入系配管 (原子炉圧力容器内部)	○	○	○
(10)	中性子束計測案内管	○	×*	×*

注 : 「○」は評価対象, 「×」は評価対象外を示す。

注記* : 設計基準対象施設としてのみ申請する機器。

3.2 形状及び寸法

各部の形状及び寸法は、計算書に示す。

3.3 荷重の組合せ及び許容応力状態 (運転状態)

原子炉圧力容器内部構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態 (運転状態) のうち、設計基準対象施設の評価に用いるものを表 3-1(1)に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-1(2)に示す。また、各許容応力状態 (運転状態) で考慮する荷重は、4章に示すとおりである。

3.4 許容応力

- (1) 原子炉圧力容器内部構造物の耐震評価における許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表3-2に示す。
- (2) 原子炉圧力容器内部構造物の強度評価における許容応力は、表3-2に示す。

3.5 許容応力評価条件

- (1) 耐震評価において、設計応力強さ S_m 、設計降伏点 S_y 及び設計引張強さ S_u は、それぞれ設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 1, 表 8 及び表 9 に定められたものを使用する。
- (2) 強度評価において、設計応力強さ S_m 、設計降伏点 S_y 及び設計引張強さ S_u は、それぞれ告示別表第 2, 第 9, 第 10 に定められたものを使用する。
- (3) 許容応力状態Ⅲ_AS 及び許容応力状態Ⅳ_AS の一次応力の評価には、運転状態Ⅰ及びⅡにおける流体の最高温度 に対する許容応力を用いる。許容応力状態Ⅴ_AS 及び運転状態Ⅴの一次応力の評価には、運転状態Ⅴにおける評価温度 に対する許容応力を用いる。
- (4) 原子炉圧力容器内部構造物の許容応力評価条件を表 3-3 に示す。
なお、各機器で使用される材料は、計算書に示す。

3.6 溶接部の継手効率

- (1) 溶接部の継手効率は、継手の種類と分類及び継手に適用する検査の種類により、耐震評価においては設計・建設規格 CSS-3150 に、強度評価においては告示第 99 条第 4 項に従って定める。溶接部の継手効率を添付 1 に示す。
- (2) 溶接部の許容応力は、材料の許容応力に継手効率を乗じたものとし、計算書に示す。

4. 荷重条件

原子炉圧力容器内部構造物は、以下の荷重条件に耐えることを確認する。
各機器の応力評価には、本章に示す荷重を考慮する。

4.1 設計条件

設計条件は既工認からの変更はなく、参照図書(1)h.に定めるとおりである。

4.2 運転条件

運転条件及び記号は、既工認からの変更はなく、参照図書(1)h.に定めるとおりである。

各機器の応力評価において考慮する外荷重の値を表 4-1 に示す。

4.3 重大事故等時の条件



4.4 荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価項目の対応を表 4-2 に示す。表 4-2 及び計算書において、荷重の種類と記号は以下のとおりである。

なお、荷重の組合せについては、機器ごとに適切に組み合わせる。

荷重	記号
(1) 差圧	[L02]
(2) 死荷重	[L04]
(3) 地震荷重 S_d^* (一次荷重)	[L14]
(4) 地震荷重 S_s (一次荷重)	[L16]

5. 応力評価の手順

応力評価の手順について述べる。

5.1 荷重条件の選定

応力解析においては、4章に示した荷重条件のうちから、その部分に作用する荷重を選定して計算を行う。

5.2 応力の評価

5.2.1 主応力

計算した応力は、応力の分類ごとに重ね合わせ、組合せ応力を求める。

組合せ応力は、一般に σ_t , σ_θ , σ_r , $\tau_{t\theta}$, $\tau_{\theta r}$, τ_{rt} の6成分を持つが、主応力 σ は、引用文献(1)の1・3・6項により、次式を満足する3根 σ_1 , σ_2 , σ_3 として計算する。

$$\begin{aligned} & \sigma^3 - (\sigma_t + \sigma_\theta + \sigma_r) \cdot \sigma^2 + (\sigma_t \cdot \sigma_\theta + \sigma_\theta \cdot \sigma_r + \sigma_r \cdot \sigma_t - \tau_{t\theta}^2 \\ & - \tau_{\theta r}^2 - \tau_{rt}^2) \cdot \sigma - \sigma_t \cdot \sigma_\theta \cdot \sigma_r + \sigma_t \cdot \tau_{\theta r}^2 + \sigma_\theta \cdot \tau_{rt}^2 \\ & + \sigma_r \cdot \tau_{t\theta}^2 - 2 \cdot \tau_{t\theta} \cdot \tau_{\theta r} \cdot \tau_{rt} = 0 \end{aligned}$$

上式により主応力を求める。

5.2.2 応力強さ

以下の3つの主応力差の絶対値で最大のものを応力強さとする。

$$S_{12} = \sigma_1 - \sigma_2$$

$$S_{23} = \sigma_2 - \sigma_3$$

$$S_{31} = \sigma_3 - \sigma_1$$

5.2.3 一次応力強さ

設計基準対象施設として許容応力状態Ⅲ_AS, 許容応力状態Ⅳ_AS, 及び重大事故等対処設備として運転状態Ⅴ, 許容応力状態Ⅴ_ASにおいて生じる一次一般膜応力及び一次一般膜+一次曲げ応力の応力強さが, 3.4節に示す許容応力を満足することを示す。

5.3 特別な応力の評価

5.3.1 純せん断応力の評価

純せん断荷重を受ける部分は，設計・建設規格 CSS-3114 により評価する。解析箇所を以下に示す。評価方法は参照図書(1) i. に示し，許容応力は表 3-2 に示す。

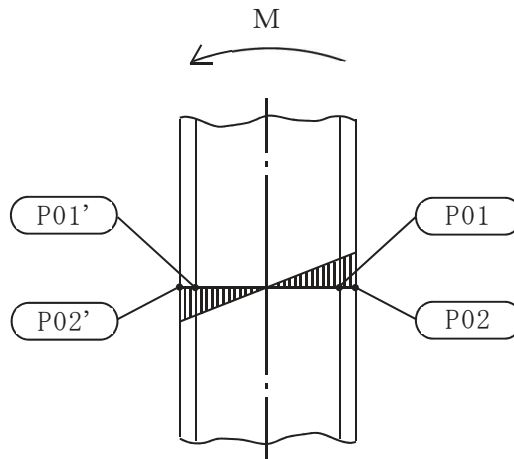
- (1) 蒸気乾燥器の耐震用ブロック

6. 評価結果の添付

応力評価点番号は、機器ごとに記号 P01 からの連番とする。奇数番号を内面の点、偶数番号を外面の点として、計算書の形状・寸法・材料・応力評価点を示す図において定義する。

なお、軸対称モデル解析において、非軸対称な外荷重による応力評価を行った場合、荷重の入力方位と応力評価点の方位の関係により応力に極大値と極小値が生じる。外荷重による応力が極大となる方位の応力評価点は〔例 P01〕と表し、極小となる方位の応力評価点にはプライム（'）を付けて〔例 P01'〕と表す。

一次応力の評価は、内外面の応力評価点を含む断面（応力評価面）について行う。



6.1 応力評価結果

- (1) 次の応力評価結果は、全応力評価点（面）について添付する。
 - a. 一次一般膜応力強さの評価のまとめ
 - b. 一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ
- (2) 次の特別な評価は、対象となるすべての部位について評価し、結果を記載する。
 - a. 純せん断応力

7. 引用文献

文献番号は、本書及び計算書において共通である。

- (1) 機械工学便覧 基礎編 α3 (日本機械学会)
- (2) ROARK, YOUNG : Formulas for Stress and Strain : FIFTH EDITION

8. 参照図書

- (1) 女川原子力発電所第2号機 第5回工事計画認可申請書 添付書類
 - a. IV-2-3-4 給水スパージャの耐震性についての計算書
 - b. IV-2-3-5 高圧及び低圧炉心スプレイスパージャの耐震性についての計算書
 - c. IV-2-3-6 ジェットポンプの耐震性についての計算書
 - d. IV-2-3-7 残留熱除去系配管 (原子炉圧力容器内部) の耐震性についての計算書
 - e. IV-2-3-8 高圧及び低圧炉心スプレイ系配管 (原子炉圧力容器内部) の耐震性についての計算書
 - f. IV-2-3-9 差圧検出・ほう酸水注入系配管 (原子炉圧力容器内部及びティーより N11 ノズルまでの外管) の耐震性についての計算書
 - g. IV-2-3-10 中性子束計測案内管の耐震性についての計算書
 - h. IV-3-1-2-1 原子炉圧力容器内部構造物の応力解析の方針
 - i. IV-3-1-2-2 蒸気乾燥器の応力計算書
 - j. IV-3-1-2-3 シュラウドヘッドの応力計算書
 - k. IV-3-1-2-4 気水分離器及びスタンドパイプの応力計算書
 - l. IV-3-1-2-5 給水スパージャの応力計算書
 - m. IV-3-1-2-6 高圧及び低圧炉心スプレイスパージャの応力計算書
 - n. IV-3-1-2-7 ジェットポンプの応力計算書
 - o. IV-3-1-2-8 残留熱除去系配管 (原子炉圧力容器内部) の応力計算書
 - p. IV-3-1-2-9 高圧及び低圧炉心スプレイ系配管 (原子炉圧力容器内部) の応力計算書
 - q. IV-3-1-2-10 差圧検出・ほう酸水注入系配管 (原子炉圧力容器内部) の応力計算書
 - r. IV-3-1-2-11 中性子束計測案内管の応力計算書

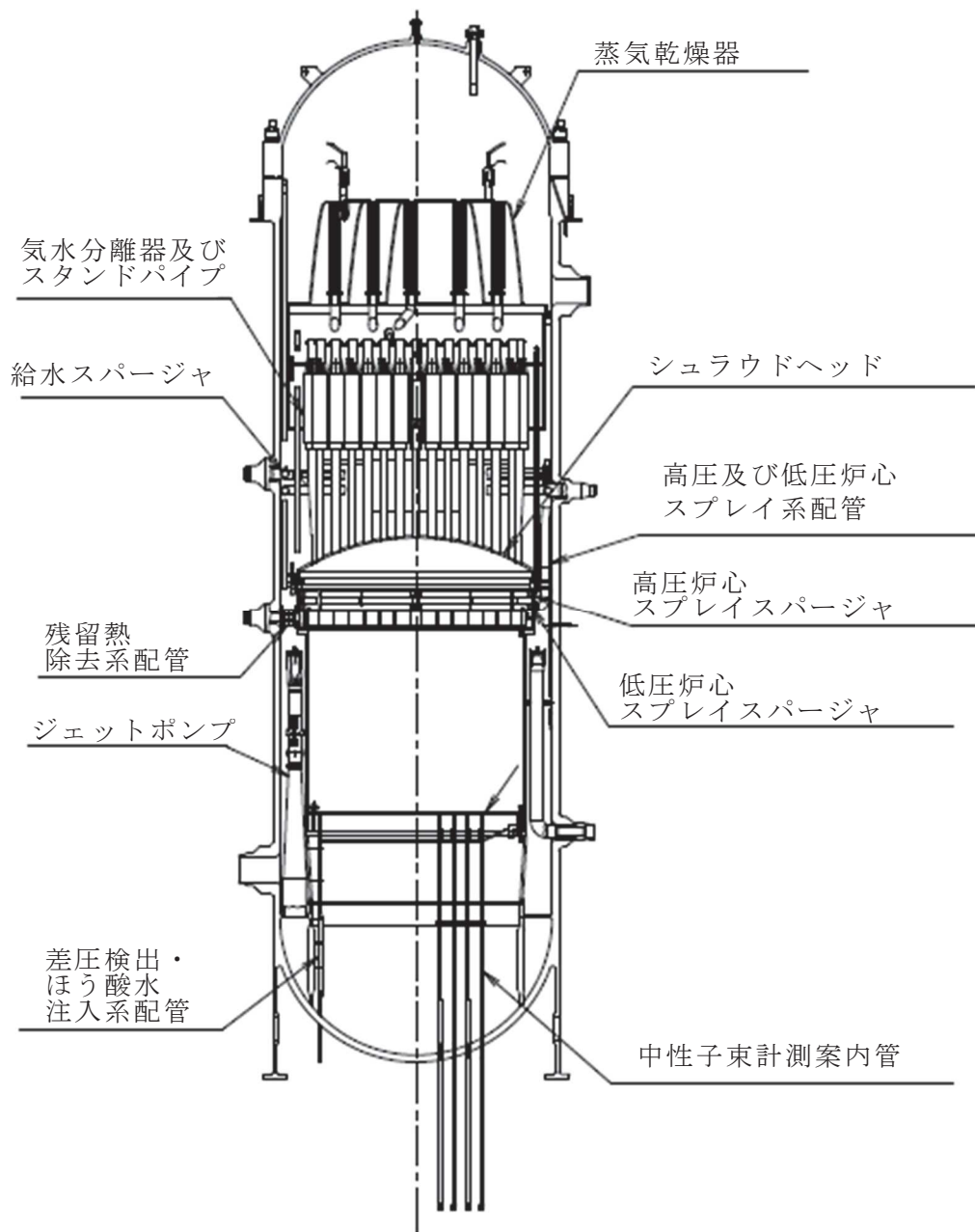
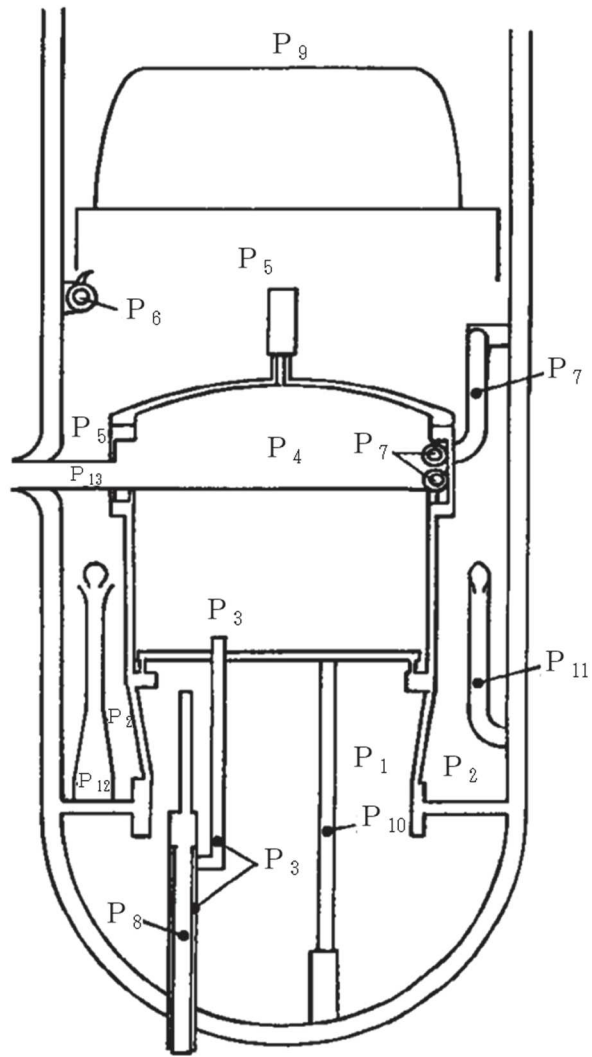


図 3-1 全体断面図



(単位：MPa)

部位		運転状態 V
給水スパージャ	$P_{65} = P_6 - P_5$	
高圧及び低圧炉心スプレイ系配管	$P_{75} = P_7 - P_5$	
高圧及び低圧炉心スプレイスパージャ	$P_{74} = P_7 - P_4$	
差圧検出・ほう酸水注入系配管	$P_{13} = P_1 - P_3$	
	$P_{81} = P_8 - P_1$	
	$P_{83} = P_8 - P_3$	
ジェットポンプ	$P_{112} = P_{11} - P_2$	
	$P_{122} = P_{12} - P_2$	
残留熱除去系配管	$P_{135} = P_{13} - P_5$	

図 4-1 原子炉圧力容器内部構造物の差圧

表 3-1(1) 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度 分類	機器等の 区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉 本体	原子炉 压力容器 内部 構造物	蒸気乾燥器 気水分離器及びスタンドパイプ シュラウドヘッド ジェットポンプ 給水スパージャ 高圧及び低圧炉心スプレイスパージャ 残留熱除去系配管（原子炉压力容器内部） 高圧及び低圧炉心スプレイ系配管（原子炉压力容器内部） 差圧検出・ほう酸水注入系配管（原子炉压力容器内部） 中性子束計測案内管	S	—	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
		$D + P_D + M_D + S_s$			Ⅳ _A S	

[記号の説明]

D : 死荷重

P_D : 地震と組み合わせべきプラントの運転状態Ⅰ及びⅡ（運転状態Ⅲ及び地震従属事象として運転状態Ⅳに包絡する状態がある場合にはこれを含む。）又は当該設備に設計上定められた最高使用圧力による荷重

M_D : 地震と組み合わせべきプラントの運転状態Ⅰ及びⅡ（運転状態Ⅲ及び地震従属事象として運転状態Ⅳに包絡する状態がある場合にはこれを含む。）又は当該設備に設計上定められた機械的荷重

S_d^* : 弾性設計用地震動 S_d により定まる地震力又は S クラス施設に適用される静的地震力

S_s : 基準地震動 S_s により定まる地震力

表 3-1(2) 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*	機器等の区分	荷重の組合せ	状態
原子炉 本体	原子炉 压力容器 内部 構造物	給水スパージャ 残留熱除去系配管（原子炉压力容器内部）	常設耐震／防止 常設／緩和 常設／防止 （DB 拡張）	—	$D + P_D + M_D + S_s$	許容応力状態IV _A S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	許容応力状態V _A S （V _A SとしてIV _A Sの許容応力を用いる。）
					$D + P + M + A$	運転状態V
		高圧炉心スプレイスパージャ 高圧炉心スプレイ系配管（原子炉压力容器内部）	常設耐震／防止 常設／防止 （DB 拡張）	—	$D + P_D + M_D + S_s$	許容応力状態IV _A S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	許容応力状態V _A S （V _A SとしてIV _A Sの許容応力を用いる。）
					$D + P + M + A$	運転状態V
		ジェットポンプ 低圧炉心スプレイスパージャ 低圧炉心スプレイ系配管（原子炉压力容器内部）	常設／防止 （DB 拡張）	—	$D + P_D + M_D + S_s$	許容応力状態IV _A S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	許容応力状態V _A S （V _A SとしてIV _A Sの許容応力を用いる。）
					$D + P + M + A$	運転状態V
		差圧検出・ほう酸水注入系配管（原子炉压力容器内部）	常設耐震／防止 常設／緩和	—	$D + P_D + M_D + S_s$	許容応力状態IV _A S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	許容応力状態V _A S （V _A SとしてIV _A Sの許容応力を用いる。）
					$D + P + M + A$	運転状態V

[記号の説明]

- D : 死荷重
- P_D : 地震と組み合わせべきプラントの運転状態Ⅰ及びⅡ（運転状態Ⅲ及び地震従属事象として運転状態Ⅳに包絡する状態がある場合にはこれを含む。）又は当該設備に設計上定められた最高使用圧力による荷重
- M_D : 地震と組み合わせべきプラントの運転状態Ⅰ及びⅡ（運転状態Ⅲ及び地震従属事象として運転状態Ⅳに包絡する状態がある場合にはこれを含む。）又は当該設備に設計上定められた機械的荷重
- S_s : 基準地震動 S_s により定まる地震力
- P_{SAD} : 重大事故等時の状態（運転状態Ⅴ）における運転状態等を考慮して当該設備に設計上定められた設計圧力による荷重
- M_{SAD} : 重大事故等時の状態（運転状態Ⅴ）における運転状態等を考慮して当該設備に設計上定められた機械的荷重
- P : 運転状態Ⅴにおける圧力荷重
- M : 運転状態Ⅴで設備に作用している機械的荷重
- A : 事故時荷重

注記* : 「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備, 「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備, 「常設／防止 (DB 拡張)」は常設重大事故防止設備 (設計基準拡張) を示す。

表 3-2 許容応力（原子炉压力容器内部構造物）

状態	許容応力*		
	一次一般膜応力	一次一般膜＋一次曲げ応力	純せん断応力
許容応力状態Ⅲ _{AS}	$1.5 \cdot S_m$	左欄の 1.5 倍の値	$0.9 \cdot S_m$
許容応力状態Ⅳ _{AS}	$2/3 \cdot S_u$	左欄の 1.5 倍の値	$1.2 \cdot S_m$
許容応力状態Ⅴ _{AS} (許容応力状態Ⅴ _{AS} として許容応力状態Ⅳ _{AS} の許容応力を用いる。)	ただし、ASS及びHNAについては $2/3 \cdot S_u$ と $2.4 \cdot S_m$ の小さい方。		
運転状態Ⅴ (運転状態Ⅴとして運転状態Ⅳの許容応力を用いる。)	$2/3 \cdot S_u$ ただし、ASS及びHNAについては $2/3 \cdot S_u$ と $2.4 \cdot S_m$ の小さい方。	左欄の 1.5 倍の値	

注記*：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 3-3(1) 許容応力評価条件 (設計基準対象施設)

評価部位	材料	温度条件 (°C)	S _m (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
原子炉压力容器 内部構造物	オーステナイト系 ステンレス鋼及び 高ニッケル合金	SUS316	流体の最高温度			
		SUS316TP	流体の最高温度			
		SUS316L	流体の最高温度			
		SUS316LTP	流体の最高温度			
		SUSF316L	流体の最高温度			

表 3-3(2) 許容応力評価条件 (重大事故等対処施設)

評価部位	材料	温度条件 (°C)	S _m (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
原子炉压力容器 内部構造物	オーステナイト系 ステンレス鋼及び 高ニッケル合金	SUS316	評価温度			
		SUS316TP	評価温度			
		SUS316L	評価温度			
		SUS316LTP	評価温度			
		SUSF316L	評価温度			

表 4-1(1) 外荷重

蒸気乾燥器外荷重

記号	荷重名称	鉛直力		水平力	
		全体にかかる荷重	最長の蒸気乾燥器ユニットにかかる荷重	全体にかかる荷重	最長の蒸気乾燥器ユニットに係る荷重
		V_1 (kN)	V_2^{*1} (kN)	H_1 (kN)	H_2^{*2} (kN)
L04	死荷重				
L14	地震荷重 S d *				
L16	地震荷重 S s				

--	--	--	--	--	--

表 4-1(2) 外荷重

気水分離器及びスタンドパイプ外荷重

記号	荷重名称	荷重 作用点	鉛直力	水平力	モーメント
			V (kN)	H (kN)	M (kN・m)
L04	死荷重				
L14	地震荷重 S _d *				
L16	地震荷重 S _s				

--	--	--	--	--	--

O 2 ③ VI-2-3-4-3-1 R 0

表 4-1(3) 外荷重

シュラウドヘッド外荷重

記号	荷重名称	荷重 作用点	鉛直力* ¹	水平力	モーメント
			V (kN)	H (kN)	M (kN・m)
L04	死荷重				
L14	地震荷重 S _d *				
L16	地震荷重 S _s				

--	--	--	--	--	--

O 2 ③ VI-2-3-4-3-1 R 0

表 4-1(4) 外荷重

ジェットポンプ外荷重

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

O 2 ③ VI-2-3-4-3-1 R 0

表 4-1(5) 外荷重

給水スパージャ外荷重

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

O 2 ③ VI-2-3-4-3-1 R 0

表 4-1(6) 外荷重

高圧及び低圧炉心スプレイスパーージャ外荷重

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

--

O 2 ③ VI-2-3-4-3-1 R 0

表 4-1(7) 外荷重

残留熱除去系配管外荷重

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

O 2 ③ VI-2-3-4-3-1 R 0

表 4-1(8) 外荷重

高圧炉心スプレイ系配管外荷重

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

--	--	--	--	--	--	--

O 2 ③ VI-2-3-4-3-1 R 0

表 4-1(9) 外荷重

低圧炉心スプレイ系配管外荷重

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

--

O 2 ③ VI-2-3-4-3-1 R 0

表 4-1(10) 外荷重

差圧検出・ほう酸水注入系配管外荷重

記号	荷重名称	荷重 作用点	軸力	せん断力	ねじり モーメント	曲げ モーメント	
			F (N)	S (N)	T (N・m)	M (N・m)	
L04	死荷重						
L14	地震荷重 S _d *						
L16	地震荷重 S _s						

--

O 2 ③ VI-2-3-4-3-1 R 0

表 4-1(11) 外荷重

中性子束計測案内管外荷重

記号	荷重名称	荷重 作用点	鉛直力	水平力	モーメント
			V (N)	H (N)	M (N・m)
L04	死荷重				
L14	地震荷重 S _d *				
L16	地震荷重 S _s				

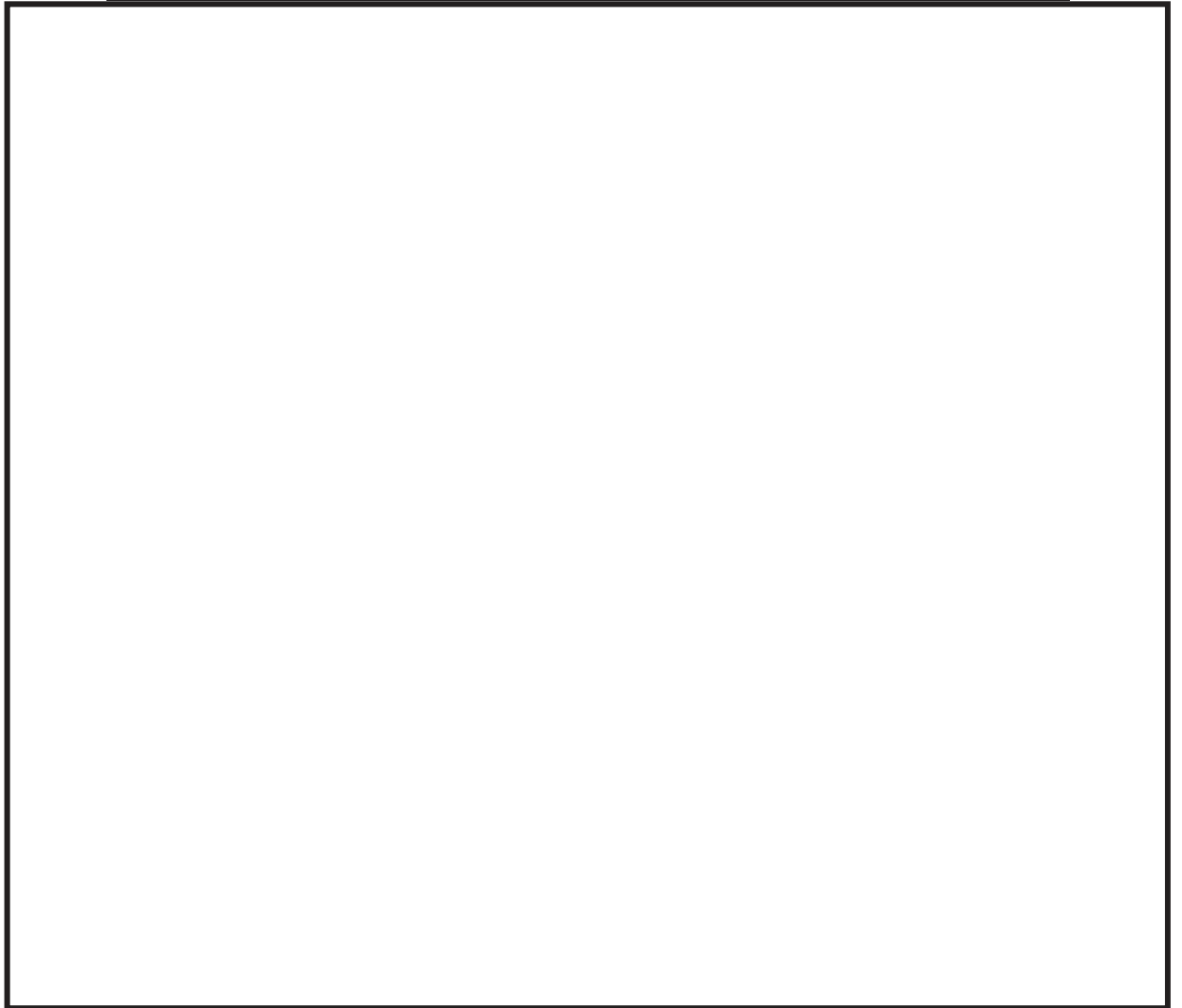


表 4-2 荷重の組合せ

状態	荷重の組合せ	応力評価
許容応力状態Ⅲ _A S	L02+L04+L14	P_m $P_m + P_b$
許容応力状態Ⅳ _A S	L02+L04+L16	P_m $P_m + P_b$
運転状態Ⅴ	L02+L04	P_m $P_m + P_b$
許容応力状態Ⅴ _A S	L02+L04+L16	P_m $P_m + P_b$

添付 1 溶接部の継手効率

原子炉圧力容器内部構造物の主な溶接部の継手効率は、設計・建設規格 CSS-3150、告示 99 条第 4 項に従い、付表-1 のとおりに定められる。

付表-1

継手の箇所	継手の分類	継手の種類	検査の種類*	継手効率 η
シュラウドヘッド	鏡板とフランジの周継手			
気水分離器及び スタンドパイプ	管とスリーブの周継手			
	管と鏡板の周継手			
給水スパージャ	サーマルスリーブと ティーの周継手			
	ティーとヘッドの周継手			
高圧及び低圧炉心スプ レイ系配管	ヘッドと管の周継手			
	管と管の周継手			
高圧及び低圧炉心スプ レイスパージャ	管と管の周継手			
残留熱除去系配管	フランジネックとリング の周継手			
差圧検出・ほう酸水注入 系配管	内管とティーの周継手			
	エルボとティーの周継手			
	管とティーの周継手			
蒸気乾燥器	リングとブロックの継手			
	蒸気乾燥器			
中性子束計測案内管	管と管の周継手			
ジェットポンプ	ディフューザの周継手			
	ライザブレースと原子炉 圧力容器内壁との継手			
	ライザパイプの周継手			

注記*：検査の種類を示す記号は次のとおりである。

P T + R T：設計・建設規格 CSS-3150 に定める A の検査及び告示第 99 条第 4 項に規定するイの検査

P P T：設計・建設規格 CSS-3150 に定める C の検査及び告示第 99 条第 4 項に規定するハの検査

P T：設計・建設規格 CSS-3150 に定める E の検査及び告示第 99 条第 4 項に規定するホの検査

VI-2-3-4-3-2 蒸気乾燥器の耐震性についての計算書

目次

1.	一般事項	1
1.1	形状・寸法・材料	1
1.2	解析範囲	1
1.3	計算結果の概要	1
2.	計算条件	7
2.1	設計条件	7
2.2	運転条件	7
2.3	材料	7
2.4	荷重の組合せ及び許容応力状態	7
2.5	荷重の組合せ及び応力評価	7
2.6	許容応力	7
3.	応力計算	8
3.1	応力評価点	8
3.2	差圧による応力	8
3.2.1	荷重条件	8
3.2.2	計算方法	8
3.3	外荷重による応力	8
3.3.1	荷重条件	8
3.3.2	計算方法	8
3.4	応力の評価	8
4.	応力強さの評価	9
4.1	一次一般膜応力強さの評価	9
4.2	一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価	9
5.	特別な応力の評価	10
5.1	純せん断応力の評価	10
5.1.1	計算方法	10
5.1.2	純せん断応力の評価	10

図表目次

図 1-1	形状・寸法・材料・応力評価点	2
表 1-1	計算結果の概要	5
表 4-1	一次一般膜応力強さの評価のまとめ	11
表 4-2	一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ	11
表 5-1	純せん断応力の評価	12

1. 一般事項

本計算書は、蒸気乾燥器の応力計算について示すものである。

蒸気乾燥器は、原子炉圧力容器内部構造物であるため、添付書類「VI-2-3-4-3-1 原子炉圧力容器内部構造物の応力解析の方針」（以下「応力解析の方針」という。）に基づき評価する。

蒸気乾燥器は、設計基準対象施設においてSクラス施設に分類される。

以下、設計基準対象施設としての構造強度評価を示す。

1.1 形状・寸法・材料

本計算書で解析する箇所の形状・寸法・材料を図 1-1 に示す。

1.2 解析範囲

解析範囲を図 1-1 に示す。

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、形状不連続部、溶接部及び厳しい荷重作用点に着目し、応力評価上厳しくなる代表的な評価点を記載する。

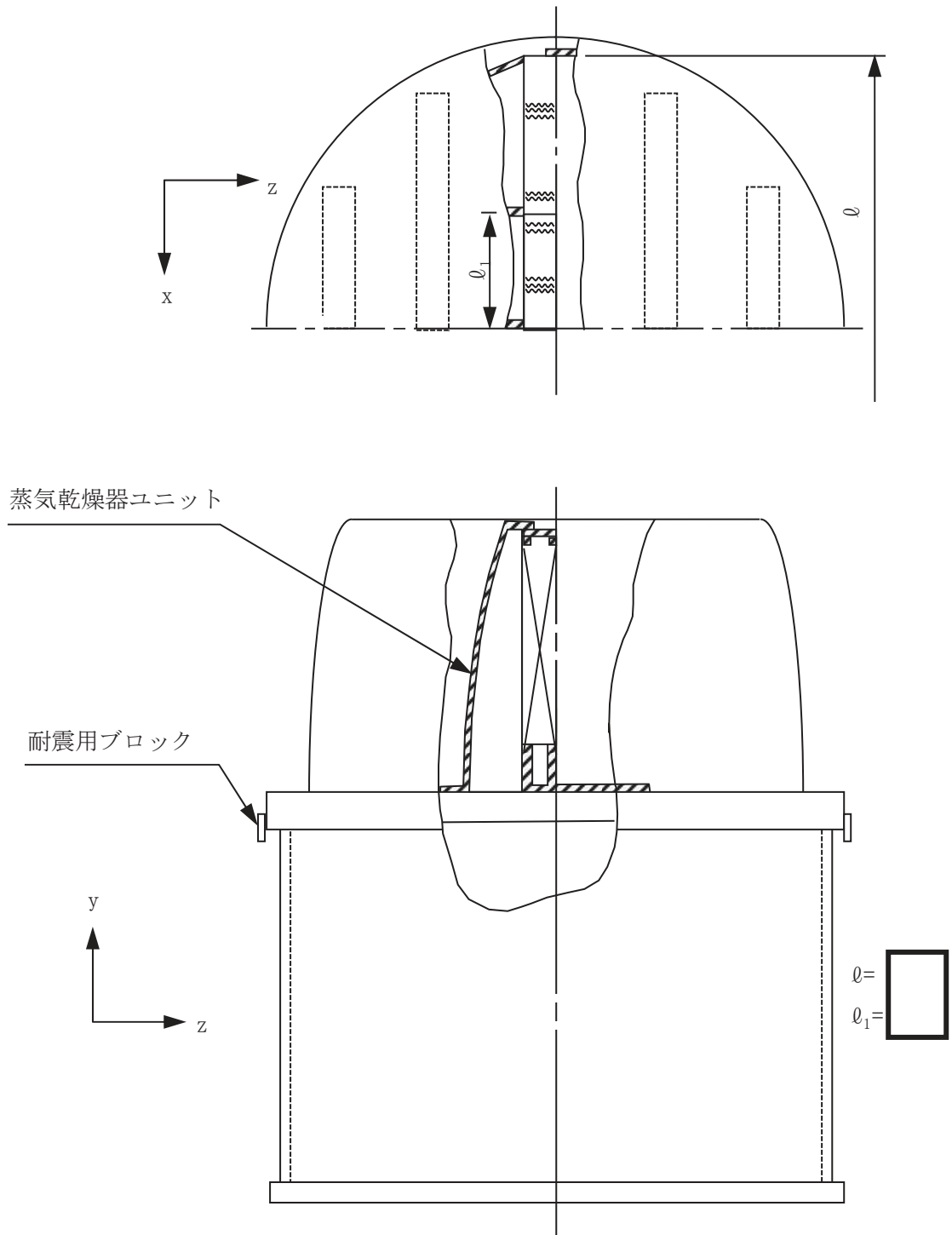
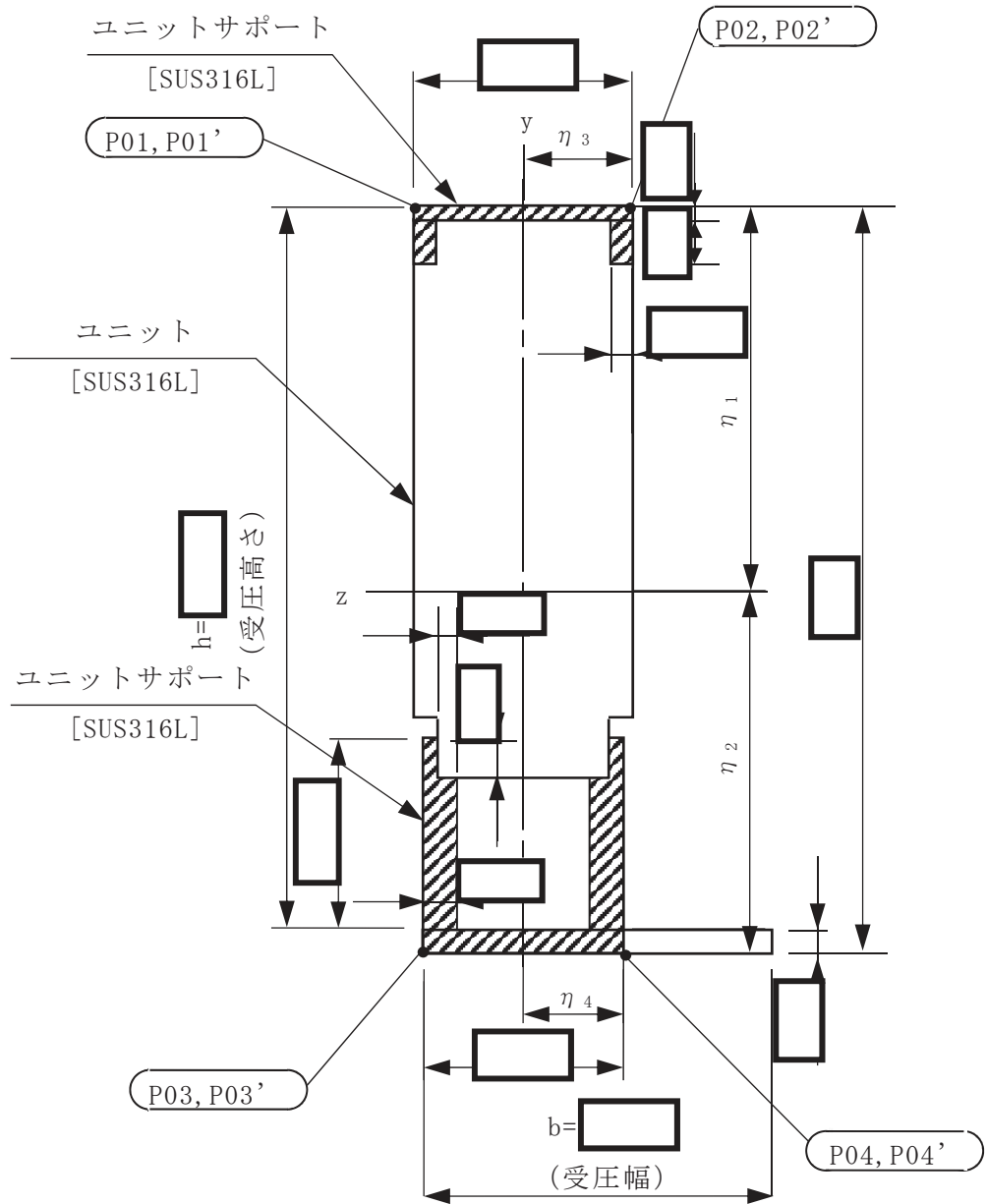


図 1-1(1) 形状・寸法・材料・応力評価点（蒸気乾燥器）（単位：mm）



 : 応力評価点
 : 材 料

図 1-1(2) 形状・寸法・材料・応力評価点
 (ユニット及びユニットサポート) (単位: mm)

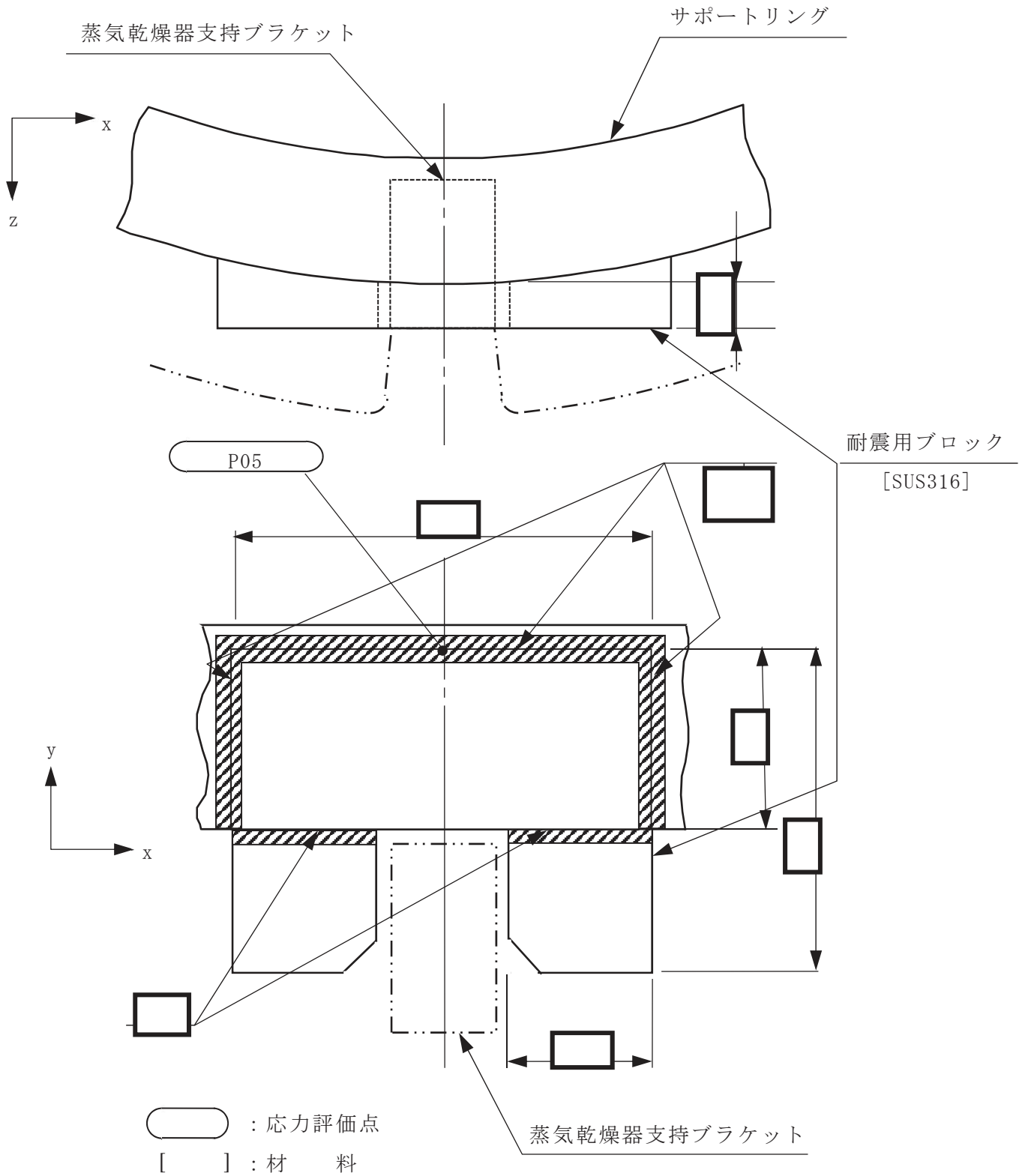


図 1-1(3) 形状・寸法・材料・応力評価点（耐震用ブロック）（単位：mm）

表 1-1(1) 計算結果の概要

(単位：MPa)

部分及び材料	許容応力状態	一次一般膜応力強さ			一次一般膜＋一次曲げ応力強さ		
		応力強さ	許容応力	応力評価点	応力強さ	許容応力	応力評価点
ユニットサポート SUS316L	Ⅲ _A S	2	57*	P01	13	85*	P01'
	Ⅳ _A S	3	91*	P01	17	137*	P01'
	Ⅲ _A S	2	57*	P02	11	85*	P02'
	Ⅳ _A S	3	91*	P02	16	137*	P02'
	Ⅲ _A S	2	142	P03	5	214	P03
	Ⅳ _A S	3	228	P03	6	343	P03
	Ⅲ _A S	2	142	P04	6	214	P04
	Ⅳ _A S	3	228	P04	8	343	P04

注記*：継手効率 を乗じた値を示す。

表 1-1(2) 計算結果の概要

(単位：MPa)

部分及び材料	許容応力状態	純せん断応力	
		平均せん断応力	許容応力
耐震用ブロック 溶接部 SUS316L	Ⅲ _A S	31	47*
	Ⅳ _A S	42	62*

注記*：継手効率 を乗じた値を示す。

2. 計算条件

2.1 設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の 4.1 節に示す。

2.2 運転条件

考慮した運転条件を「応力解析の方針」の 4.2 節に示す。

2.3 材料

各部の材料を図 1-1 に示す。

2.4 荷重の組合せ及び許容応力状態

荷重の組合せ及び許容応力状態を「応力解析の方針」の 3.3 節に示す。

2.5 荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」の 4.4 節に示す。

2.6 許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の 3.4 節に示す。

溶接部の継手効率を「応力解析の方針」の 3.6 節に示す。

3. 応力計算

3.1 応力評価点

応力評価点の位置を図 1-1 に示す。

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

3.2 差圧による応力

3.2.1 荷重条件 (L02)

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

3.2.2 計算方法

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

3.3 外荷重による応力

3.3.1 荷重条件 (L04, L14 及び L16)

外荷重を「応力解析の方針」の表 4-1(1)に示す。

3.3.2 計算方法

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

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

3.4 応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め、応力強さを算出する。

応力強さの算出方法は、「応力解析の方針」の 5.2.2 項に定めるとおりである。

4. 応力強さの評価

4.1 一次一般膜応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表 4-1 に示す。

表 4-1 より，各許容応力状態の一次一般膜応力強さは，「応力解析の方針」の 3.4 節及び 3.6 節に示す許容応力を満足する。

4.2 一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表 4-2 に示す。

表 4-2 より，各許容応力状態の一次一般膜＋一次曲げ応力強さは，「応力解析の方針」の 3.4 節及び 3.6 節に示す許容応力を満足する。

5. 特別な応力の評価

5.1 純せん断応力の評価

5.1.1 計算方法

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

5.1.2 純せん断応力の評価

各許容応力状態における評価を表 5-1 に示す。

表 5-1 より、各許容応力状態の平均せん断応力は、「応力解析の方針」の 3.4 節及び 3.6 節に示す許容応力を満足する。

表 4-1 一次一般膜応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価点	許容応力状態Ⅲ _A S		許容応力状態Ⅳ _A S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01	2	57*	3	91*
P01'	2	57*	3	91*
P02	2	57*	3	91*
P02'	2	57*	3	91*
P03	2	142	3	228
P03'	2	142	3	228
P04	2	142	3	228
P04'	2	142	3	228

注記*：継手効率 を乗じた値を示す。

表 4-2 一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価点	許容応力状態Ⅲ _A S		許容応力状態Ⅳ _A S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01	3	85*	8	137*
P01'	13	85*	17	137*
P02	5	85*	10	137*
P02'	11	85*	16	137*
P03	5	214	6	343
P03'	4	214	6	343
P04	6	214	8	343
P04'	2	214	4	343

注記*：継手効率 を乗じた値を示す。

表 5-1 純せん断応力の評価

(単位：MPa)

応力評価面	許容応力状態	平均せん断応力	許容応力
せん断面	Ⅲ _A S	31	47*
	Ⅳ _A S	42	62*

注記*：継手効率 を乗じた値を示す。

VI-2-3-4-3-3 気水分離器及びスタンドパイプの耐震性についての
計算書

目次

1. 一般事項	1
1.1 形状・寸法・材料	1
1.2 解析範囲	1
1.3 計算結果の概要	1
2. 計算条件	5
2.1 設計条件	5
2.2 運転条件	5
2.3 材料	5
2.4 荷重の組合せ及び許容応力状態	5
2.5 荷重の組合せ及び応力評価	5
2.6 許容応力	5
3. 応力計算	6
3.1 応力評価点	6
3.2 差圧による応力	6
3.2.1 荷重条件	6
3.2.2 計算方法	6
3.3 外荷重による応力	6
3.3.1 荷重条件	6
3.3.2 計算方法	6
3.4 応力の評価	6
4. 応力強さの評価	7
4.1 一次一般膜応力強さの評価	7
4.2 一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価	7

図表目次

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

1. 一般事項

本計算書は、気水分離器及びスタンドパイプの応力計算について示すものである。

気水分離器及びスタンドパイプは、原子炉圧力容器内部構造物であるため、添付書類「VI-2-3-4-3-1 原子炉圧力容器内部構造物の応力解析の方針」（以下「応力解析の方針」という。）に基づき評価する。

気水分離器及びスタンドパイプは、設計基準対象施設においてSクラス施設に分類される。

以下、設計基準対象施設としての構造強度評価を示す。

1.1 形状・寸法・材料

本計算書で解析する箇所形状・寸法・材料を図 1-1 に示す。

1.2 解析範囲

解析範囲を図 1-1 に示す。

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、形状不連続部、溶接部及び厳しい荷重作用点に着目し、応力評価上厳しくなる代表的な評価点を記載する。

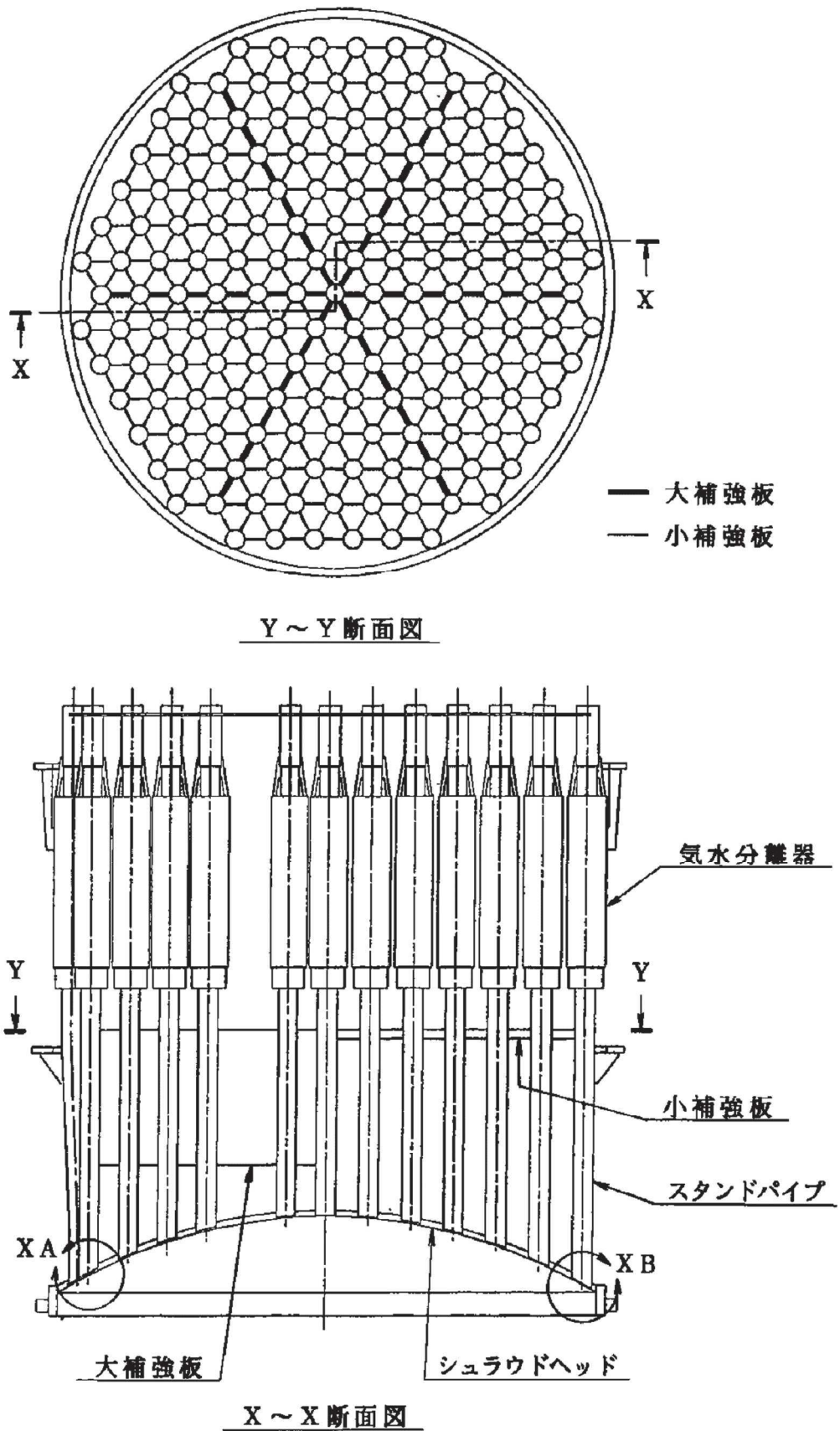
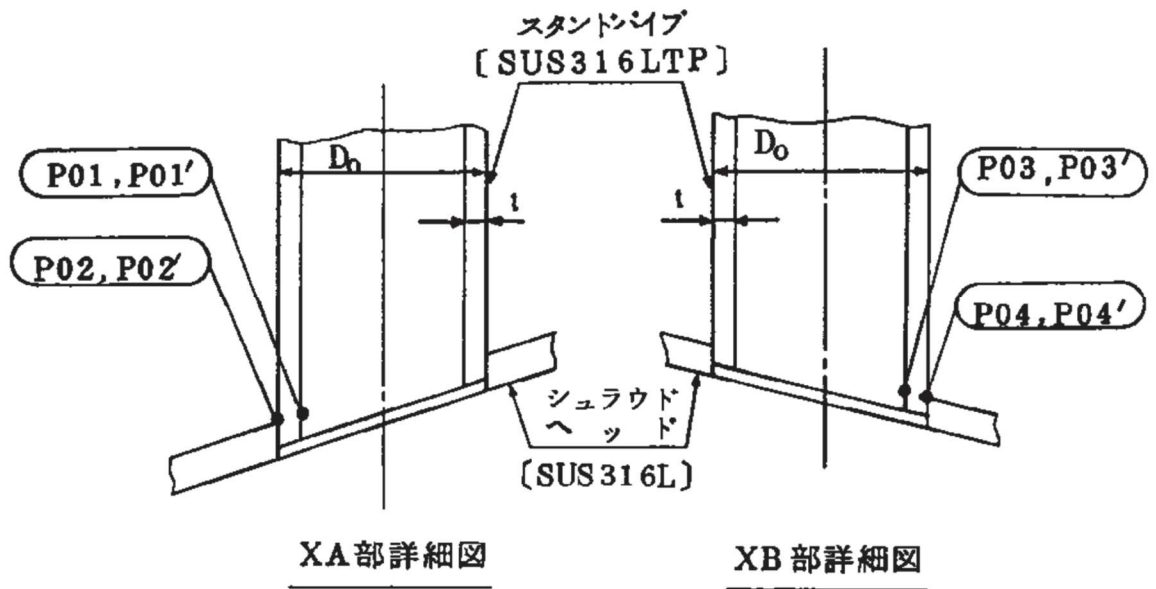


図 1-1(1) 形状・寸法・材料・応力評価点



D_0 : スタンドパイプ外径
 =
 t : スタンドパイプ肉厚
 =

: 応力評価点
 [] : 材 料

図 1-1(2) 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)

表 1-1 計算結果の概要

(単位 : MPa)

部分及び材料	許容応力状態	一次一般膜応力強さ			一次一般膜＋一次曲げ応力強さ		
		応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価面
スタンドパイプ SUS316LTP	Ⅲ _A S	8	57*	P01'-P02'	60	85*	P01'-P02'
	Ⅳ _A S	11	91*	P01'-P02'	93	137*	P01'-P02'
スタンドパイプ SUS316LTP	Ⅲ _A S	8	57*	P03'-P04'	8	85*	P03'-P04'
	Ⅳ _A S	11	91*	P03'-P04'	12	137*	P03'-P04'

注記* : 継手効率 を乗じた値を示す。

2. 計算条件

2.1 設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の 4.1 節に示す。

2.2 運転条件

考慮した運転条件を「応力解析の方針」の 4.2 節に示す。

2.3 材料

各部の材料を図 1-1 に示す。

2.4 荷重の組合せ及び許容応力状態

荷重の組合せ及び許容応力状態を「応力解析の方針」の 3.3 節に示す。

2.5 荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」の 4.4 節に示す。

2.6 許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の 3.4 節に示す。

溶接部の継手効率を「応力解析の方針」の 3.6 節に示す。

3. 応力計算

3.1 応力評価点

応力評価点の位置を図 1-1 に示す。

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

3.2 差圧による応力

3.2.1 荷重条件 (L02)

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

3.2.2 計算方法

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

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

3.3 外荷重による応力

3.3.1 荷重条件 (L04, L14 及び L16)

外荷重を「応力解析の方針」の表 4-1(2)に示す。

3.3.2 計算方法

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

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

3.4 応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め、応力強さを算出する。

応力強さの算出方法は、「応力解析の方針」の 5.2.2 項に定めるとおりである。

4. 応力強さの評価

4.1 一次一般膜応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表 4-1 に示す。

表 4-1 より, 各許容応力状態の一次一般膜応力強さは, 「応力解析の方針」の 3.4 節及び 3.6 節に示す許容応力を満足する。

4.2 一次一般膜+一次曲げ応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表 4-2 に示す。

表 4-2 より, 各許容応力状態の一次一般膜+一次曲げ応力強さは, 「応力解析の方針」の 3.4 節及び 3.6 節に示す許容応力を満足する。

表 4-1 一次一般膜応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価面	許容応力状態Ⅲ _A S		許容応力状態Ⅳ _A S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	7	57*	11	91*
P01' P02'	8	57*	11	91*
P03 P04	7	57*	11	91*
P03' P04'	8	57*	11	91*

注記*：継手効率 を乗じた値を示す。

表 4-2 一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価面	許容応力状態Ⅲ _A S		許容応力状態Ⅳ _A S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	57	85*	90	137*
P01' P02'	60	85*	93	137*
P03 P04	8	85*	11	137*
P03' P04'	8	85*	12	137*

注記*：継手効率 を乗じた値を示す。

VI-2-3-4-3-4 シュラウドヘッドの耐震性についての計算書

目次

1.	一般事項	1
1.1	記号の説明	1
1.2	形状・寸法・材料	1
1.3	解析範囲	1
1.4	計算結果の概要	1
2.	計算条件	4
2.1	設計条件	4
2.2	運転条件	4
2.3	材料	4
2.4	荷重の組合せ及び許容応力状態	4
2.5	荷重の組合せ及び応力評価	4
2.6	許容応力	4
3.	応力計算	5
3.1	応力評価点	5
3.2	差圧による応力	5
3.2.1	荷重条件	5
3.2.2	計算方法	5
3.3	外荷重による応力	5
3.3.1	荷重条件	5
3.3.2	計算方法	5
3.4	応力の評価	5
4.	応力強さの評価	6
4.1	一次一般膜応力強さの評価	6
4.2	一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価	6

図表目次

図 1-1	形状・寸法・材料・応力評価点	2
表 1-1	計算結果の概要	3
表 3-1	断面性状	7
表 4-1	一次一般膜応力強さの評価のまとめ	8
表 4-2	一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ	8

1. 一般事項

本計算書は、シュラウドヘッドの応力計算について示すものである。

シュラウドヘッドは、原子炉圧力容器内部構造物であるため、添付書類「VI-2-3-4-13-1 原子炉圧力容器内部構造物の応力解析の方針」（以下「応力解析の方針」という。）に基づき評価する。

シュラウドヘッドは、設計基準対象施設においてSクラス施設に分類される。

以下、設計基準対象施設としての構造強度評価を示す。

1.1 記号の説明

記号の説明は、「応力解析の方針」の2.4節に示す。

さらに、本計算書において、以下の記号を用いる。

記号	記号の説明	単位
A	断面積	mm ²
D _i	内径	mm
t _s	鏡板の板厚	mm

1.2 形状・寸法・材料

本計算書で解析する箇所形状・寸法・材料を図1-1に示す。

1.3 解析範囲

解析範囲を図1-1に示す。

1.4 計算結果の概要

計算結果の概要を表1-1に示す。

なお、応力評価点の選定に当たっては、形状不連続部、溶接部及び厳しい荷重作用点に着目し、応力評価上厳しくなる代表的な評価点を記載する。

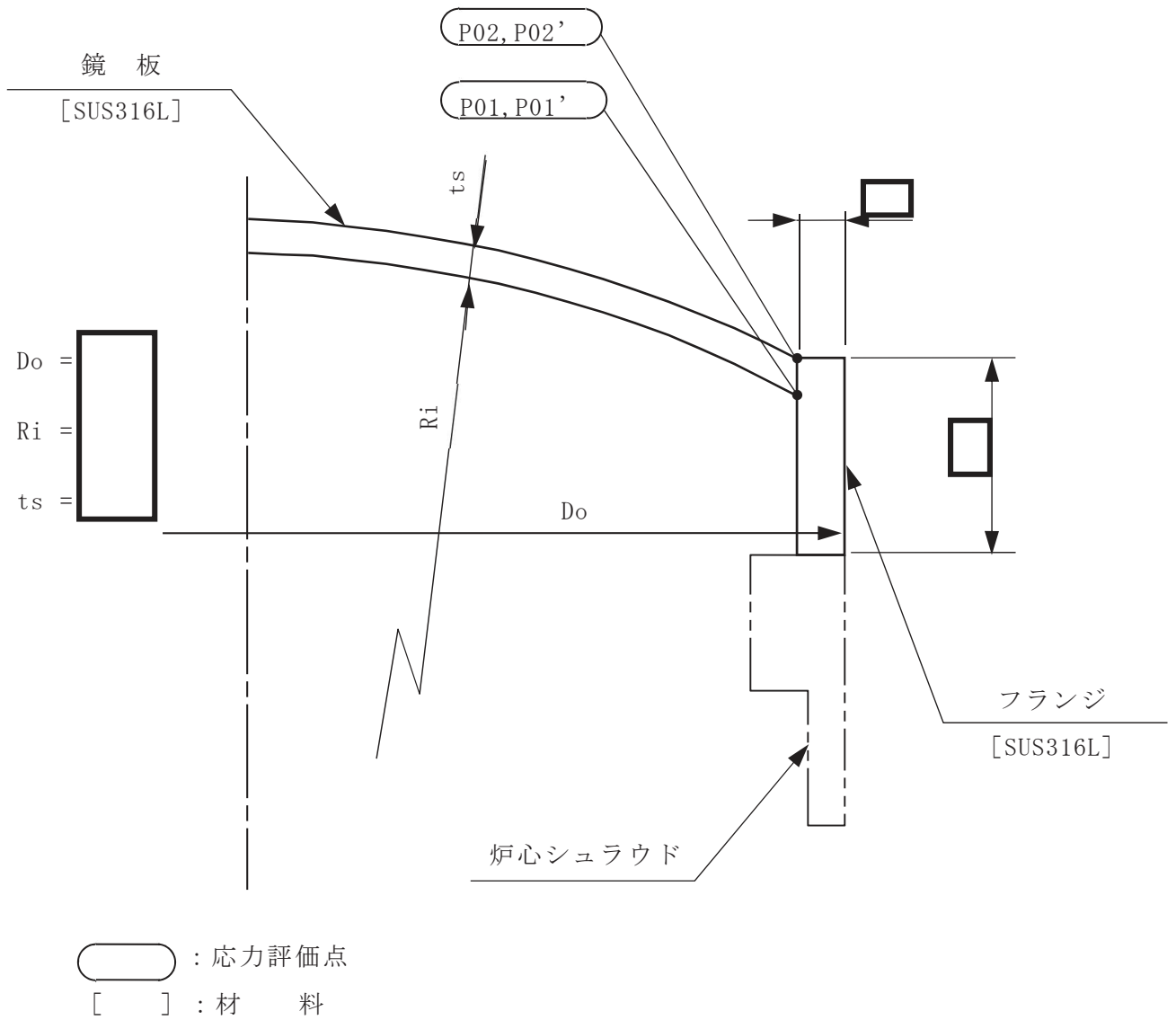


図 1-1 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)

表 1-1 計算結果の概要

(単位：MPa)

部分及び材料	許容応力状態	一次一般膜応力強さ			一次一般膜＋一次曲げ応力強さ		
		応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価点
シュラウドヘッド SUS316L	Ⅲ _A S	11	142	P01-P02	206	214	P02
	Ⅳ _A S	12	228	P01-P02	314	343	P02

2. 計算条件

2.1 設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の 4.1 節に示す。

2.2 運転条件

考慮した運転条件を「応力解析の方針」の 4.2 節に示す。

2.3 材料

各部の材料を図 1-1 に示す。

2.4 荷重の組合せ及び許容応力状態

荷重の組合せ及び許容応力状態を「応力解析の方針」の 3.3 節に示す。

2.5 荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」の 4.4 節に示す。

2.6 許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の 3.4 節に示す。

溶接部の継手効率を「応力解析の方針」の 3.6 節に示す。

3. 応力計算

3.1 応力評価点

応力評価点の位置を図 1-1 に示す。

なお、各応力評価点の断面性状は、表 3-1 に示すとおりである。

3.2 差圧による応力

3.2.1 荷重条件 (L02)

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

3.2.2 計算方法

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

3.3 外荷重による応力

3.3.1 荷重条件 (L04, L14 及び L16)

外荷重を「応力解析の方針」の表 4-1(3)に示す。

3.3.2 計算方法

(1) 一次一般膜応力

死荷重による一次一般膜応力の計算は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)j. に定めるとおりである。地震荷重による一次一般膜応力は、次式で求める。

$$\tau_{\theta r} = \frac{V}{A} + \frac{H}{A}$$

(2) 一次一般膜＋一次曲げ応力

外荷重による一次一般膜＋一次曲げ応力の計算は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)j. に定めるとおりである。

3.4 応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め、応力強さを算出する。

応力強さの算出方法は、「応力解析の方針」の 5.2.2 項に定めるとおりである。

4. 応力強さの評価

4.1 一次一般膜応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表 4-1 に示す。

表 4-1 より、各許容応力状態の一次一般膜応力強さは、「応力解析の方針」の 3.4 節及び 3.6 節に示す許容応力を満足する。

4.2 一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表 4-2 に示す。

表 4-2 より、各許容応力状態の一次一般膜＋一次曲げ応力強さは、「応力解析の方針」の 3.4 節及び 3.6 節に示す許容応力を満足する。

表 3-1 断面性状

応力評価点	D _i (mm)	t _s (mm)	A* (mm ²)
P01, P02			

注記* : $A = \pi \cdot D_i \cdot t_s$

表 4-1 一次一般膜応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価面	許容応力状態Ⅲ _A S		許容応力状態Ⅳ _A S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	11	142	12	228
P01' P02'	9	142	10	228

表 4-2 一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価面	許容応力状態Ⅲ _A S		許容応力状態Ⅳ _A S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01	201	214	309	343
P01'	206	214	314	343
P02	206	214	314	343
P02'	201	214	309	343

VI-2-3-4-3-5 ジェットポンプの耐震性についての計算書

目次

1.	一般事項	1
1.1	形状・寸法・材料	1
1.2	解析範囲	1
1.3	計算結果の概要	1
2.	計算条件	4
2.1	設計条件	4
2.2	運転条件	4
2.3	材料	4
2.4	荷重の組合せ及び許容応力状態	4
2.5	荷重の組合せ及び応力評価	4
2.6	許容応力	4
3.	外荷重の条件	5
3.1	計算方法	5
3.2	解析モデル	5
3.3	設計震度	5
3.4	計算結果	5
3.4.1	固有周期	5
3.4.2	地震荷重	5
4.	応力計算	6
4.1	応力評価点	6
4.2	差圧による応力	6
4.2.1	荷重条件	6
4.2.2	計算方法	6
4.3	外荷重による応力	6
4.3.1	荷重条件	6
4.3.2	計算方法	6
4.4	応力の評価	6
5.	応力強さの評価	7
5.1	一次一般膜応力強さの評価	7
5.2	一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価	7

図表目次

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

1. 一般事項

本計算書は、ジェットポンプの応力計算について示すものである。

ジェットポンプは、原子炉圧力容器内部構造物であるため、添付書類「VI-2-3-4-3-1 原子炉圧力容器内部構造物の応力解析の方針」（以下「応力解析の方針」という。）に基づき評価する。

ジェットポンプは、設計基準対象施設においては S クラス施設に、重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。

以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

1.1 形状・寸法・材料

本計算書で解析する箇所形状・寸法・材料を図 1-1 に示す。

1.2 解析範囲

解析範囲を図 1-1 に示す。

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、形状不連続部、溶接部及び厳しい荷重作用点に着目し、応力評価上厳しくなる代表的な評価点を記載する。

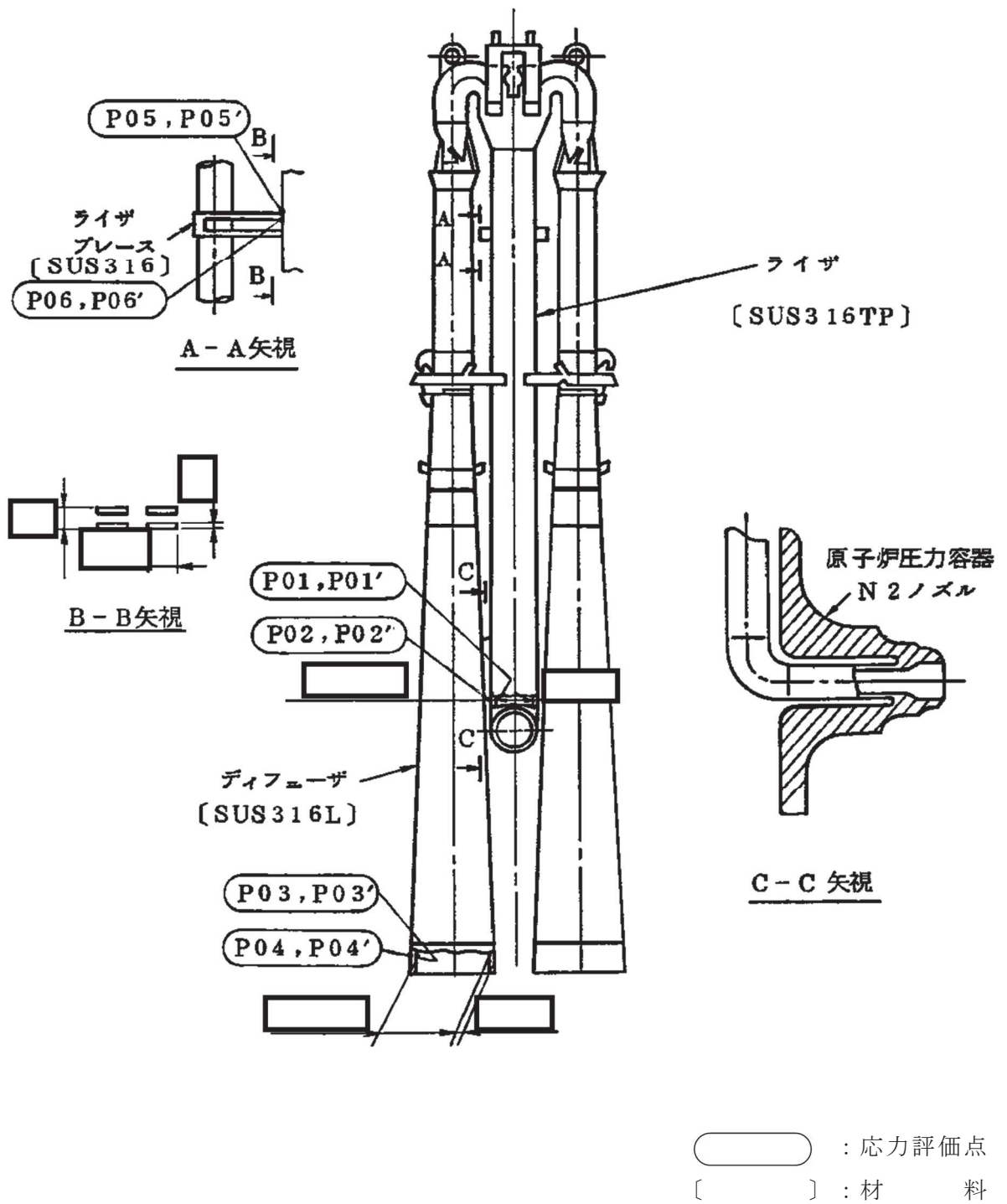


図1-1 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)

表1-1 計算結果の概要

(単位：MPa)

部分及び材料	許容応力状態	一次一般膜応力強さ			一次一般膜＋一次曲げ応力強さ		
		応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価面
ライザ SUS316TP	Ⅲ _A S	43	116 ^{*1}	P01'-P02'	69	174 ^{*1}	P01-P02
	Ⅳ _A S	49	185 ^{*1}	P01-P02	94	277 ^{*1}	P01-P02
	Ⅴ _A S	49	183 ^{*1}	P01-P02	94	275 ^{*1}	P01-P02
ディフューザ SUS316L	Ⅲ _A S	14	92 ^{*1}	P03'-P04'	37	139 ^{*1}	P03'-P04'
	Ⅳ _A S	16	148 ^{*1}	P03'-P04'	59	223 ^{*1}	P03'-P04'
	Ⅴ _A S	20	145 ^{*1}	P03'-P04'	61	218 ^{*1}	P03'-P04'
ライザブレース SUS316	Ⅲ _A S	20	161 ^{*2}	P05-P06	59	241 ^{*2}	P05-P06
	Ⅳ _A S	27	256 ^{*2}	P05-P06	82	384 ^{*2}	P05-P06
	Ⅴ _A S	27	254 ^{*2}	P05-P06	82	381 ^{*2}	P05-P06

注記*1：継手効率 を乗じた値を示す。

注記*2：継手効率 を乗じた値を示す。

2. 計算条件

2.1 設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の 4.1 節に示す。

2.2 運転条件

考慮した運転条件を「応力解析の方針」の 4.2 節に示す。

また、重大事故等時の条件を「応力解析の方針」の 4.3 節に示す。

2.3 材料

各部の材料を図 1-1 に示す。

2.4 荷重の組合せ及び許容応力状態

荷重の組合せ及び許容応力状態を「応力解析の方針」の 3.3 節に示す。

2.5 荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」の 4.4 節に示す。

2.6 許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の 3.4 節に示す。

溶接部の継手効率を「応力解析の方針」の 3.6 節に示す。

3. 外荷重の条件

3.1 計算方法

固有周期，地震荷重は「3.2 解析モデル」に示す解析モデルにより求める。

3.2 解析モデル

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

「応力解析の方針」の参照図書(1)c.に定める解析モデルを図 3-1 に示す。

3.3 設計震度

設計震度を下表に示す。

	設計震度	
	水平方向	鉛直方向
弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	1.14	0.74
基準地震動 S _s	2.11	1.28

3.4 計算結果

3.4.1 固有周期

固有周期を下表に示す。

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

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

3.4.2 地震荷重

解析により求めた地震荷重を「応力解析の方針」の表 4-1(4)に示す。

4. 応力計算

4.1 応力評価点

応力評価点の位置を図 1-1 に示す。

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

4.2 差圧による応力

4.2.1 荷重条件 (L02)

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

なお、重大事故等時の差圧は、「2.2 運転条件」による。

4.2.2 計算方法

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

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

4.3 外荷重による応力

4.3.1 荷重条件 (L04, L14 及び L16)

外荷重を「応力解析の方針」の表 4-1(4)に示す。

4.3.2 計算方法

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

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

4.4 応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め、応力強さを算出する。

応力強さの算出方法は、「応力解析の方針」の 5.2.2 項に定めるとおりである。

5. 応力強さの評価

5.1 一次一般膜応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表 5-1 に示す。

表 5-1 より、各許容応力状態の一次一般膜応力強さは、「応力解析の方針」の 3.4 節及び 3.6 節に示す許容応力を満足する。

5.2 一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表 5-2 に示す。

表 5-2 より、各許容応力状態の一次一般膜＋一次曲げ応力強さは、「応力解析の方針」の 3.4 節及び 3.6 節に示す許容応力を満足する。

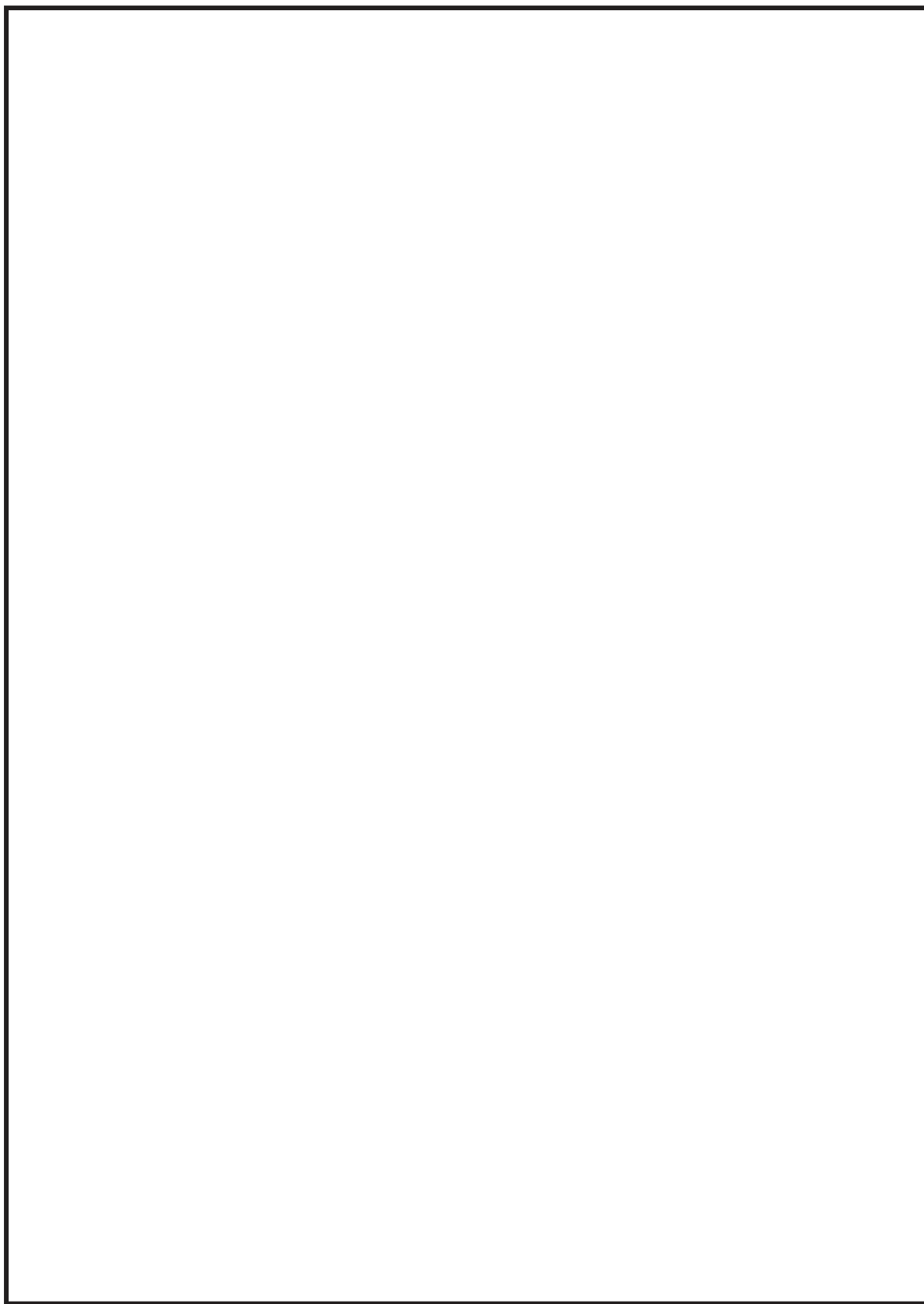


図3-1 解析モデル

表5-1 一次一般膜応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価面	許容応力状態Ⅲ _A S		許容応力状態Ⅳ _A S		許容応力状態Ⅴ _A S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	43	116 ^{*1}	49	185 ^{*1}	49	183 ^{*1}
P01' P02'	43	116 ^{*1}	46	185 ^{*1}	46	183 ^{*1}
P03 P04	14	92 ^{*1}	15	148 ^{*1}	20	145 ^{*1}
P03' P04'	14	92 ^{*1}	16	148 ^{*1}	20	145 ^{*1}
P05 P06	20	161 ^{*2}	27	256 ^{*2}	27	254 ^{*2}
P05' P06'	9	161 ^{*2}	13	256 ^{*2}	13	254 ^{*2}

注記*1：継手効率 を乗じた値を示す。

注記*2：継手効率 を乗じた値を示す。

表5-2 一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価面	許容応力状態Ⅲ _A S		許容応力状態Ⅳ _A S		許容応力状態Ⅴ _A S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	69	174 ^{*1}	94	277 ^{*1}	94	275 ^{*1}
P01' P02'	48	174 ^{*1}	68	277 ^{*1}	68	275 ^{*1}
P03 P04	36	139 ^{*1}	58	223 ^{*1}	61	218 ^{*1}
P03' P04'	37	139 ^{*1}	59	223 ^{*1}	61	218 ^{*1}
P05 P06	59	241 ^{*2}	82	384 ^{*2}	82	381 ^{*2}
P05' P06'	39	241 ^{*2}	62	384 ^{*2}	62	381 ^{*2}

注記*1：継手効率 を乗じた値を示す。

注記*2：継手効率 を乗じた値を示す。

VI-2-3-4-3-6 給水スパー ज्याの耐震性についての計算書

目次

1.	一般事項	1
1.1	形状・寸法・材料	1
1.2	解析範囲	1
1.3	計算結果の概要	1
2.	計算条件	4
2.1	設計条件	4
2.2	運転条件	4
2.3	材料	4
2.4	荷重の組合せ及び許容応力状態	4
2.5	荷重の組合せ及び応力評価	4
2.6	許容応力	4
3.	外荷重の条件	5
3.1	計算方法	5
3.2	解析モデル	5
3.3	設計震度	5
3.4	計算結果	5
3.4.1	固有周期	5
3.4.2	地震荷重	5
4.	応力計算	6
4.1	応力評価点	6
4.2	差圧による応力	6
4.2.1	荷重条件	6
4.2.2	計算方法	6
4.3	外荷重による応力	6
4.3.1	荷重条件	6
4.3.2	計算方法	6
4.4	応力の評価	6
5.	応力強さの評価	7
5.1	一次一般膜応力強さの評価	7
5.2	一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価	7

図表目次

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

1. 一般事項

本計算書は、給水スパーージャの応力計算について示すものである。

給水スパーージャは、原子炉圧力容器内部構造物であるため、添付書類「VI-2-3-4-3-1 原子炉圧力容器内部構造物の応力解析の方針」（以下「応力解析の方針」という。）に基づき評価する。

給水スパーージャは、設計基準対象施設においては S クラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備，常設重大事故緩和設備及び常設重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。

以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

1.1 形状・寸法・材料

本計算書で解析する箇所形状・寸法・材料を図 1-1 に示す。

1.2 解析範囲

解析範囲を図 1-1 に示す。

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、形状不連続部，溶接部及び厳しい荷重作用点に着目し、応力評価上厳しくなる代表的な評価点を記載する。

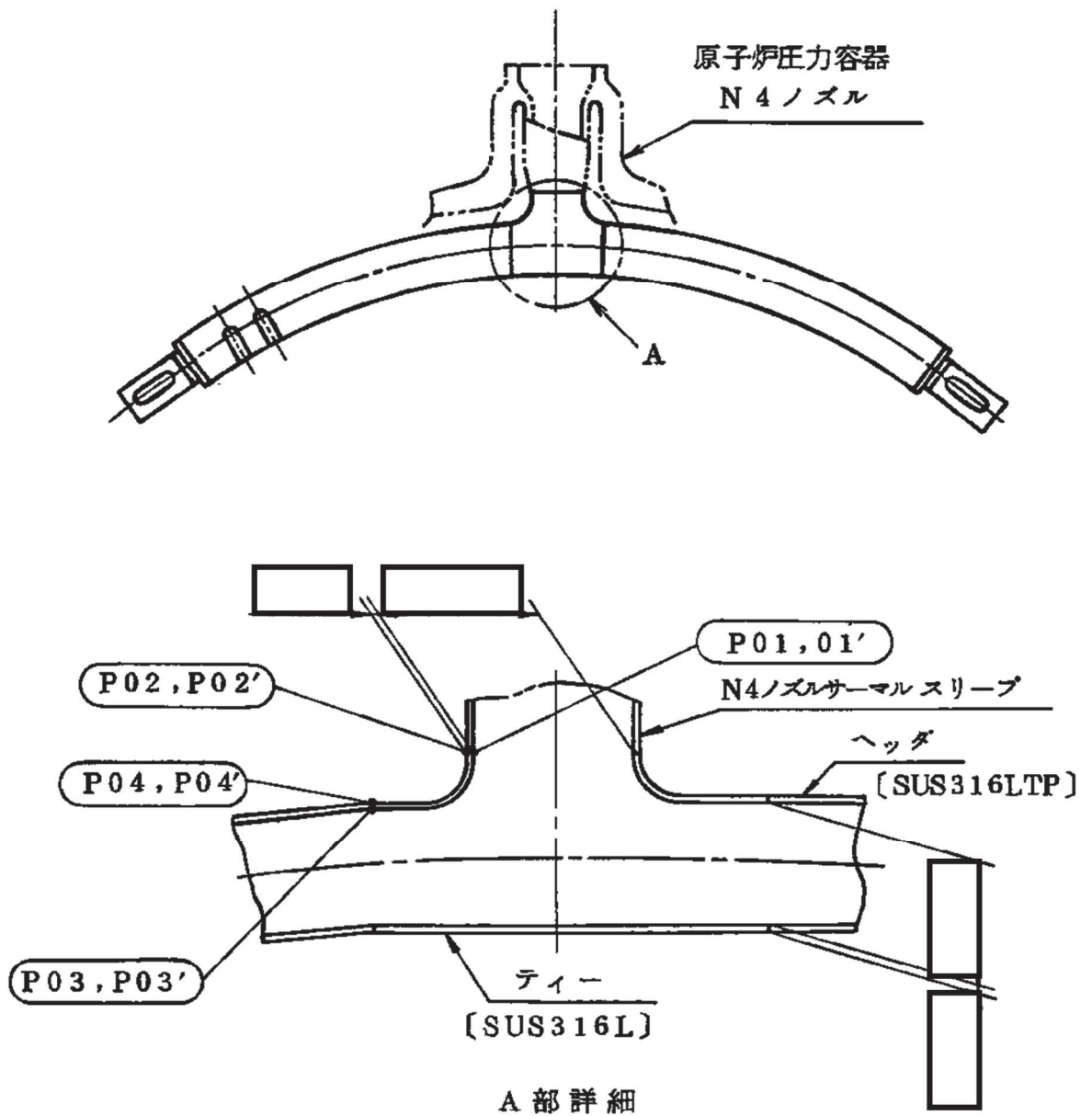


図1-1 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)

表1-1 計算結果の概要

(単位：MPa)

部分及び材料	許容応力状態	一次一般膜応力強さ			一次一般膜＋一次曲げ応力強さ		
		応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価面
ティー SUS316L	Ⅲ _A S	6	92*	P01-P02	12	139*	P01-P02
	Ⅳ _A S	9	148*	P01-P02	17	223*	P01-P02
	Ⅴ _A S	9	145*	P01-P02	17	218*	P01-P02
ヘッダ SUS316LTP	Ⅲ _A S	6	92*	P03-P04	25	139*	P03-P04
	Ⅳ _A S	7	148*	P03-P04	29	223*	P03-P04
	Ⅴ _A S	7	145*	P03-P04	29	218*	P03-P04

注記*：継手効率 を乗じた値を示す。

2. 計算条件

2.1 設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の 4.1 節に示す。

2.2 運転条件

考慮した運転条件を「応力解析の方針」の 4.2 節に示す。

また、重大事故等時の条件を「応力解析の方針」の 4.3 節に示す。

2.3 材料

各部の材料を図 1-1 に示す。

2.4 荷重の組合せ及び許容応力状態

荷重の組合せ及び許容応力状態を「応力解析の方針」の 3.3 節に示す。

2.5 荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」の 4.4 節に示す。

2.6 許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の 3.4 節に示す。

溶接部の継手効率を「応力解析の方針」の 3.6 節に示す。

3. 外荷重の条件

3.1 計算方法

固有周期，地震荷重は「3.2 解析モデル」に示す解析モデルにより求める。

3.2 解析モデル

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

「応力解析の方針」の参照図書(1)a.に定める解析モデルを図 3-1 に示す。

3.3 設計震度

設計震度を下表に示す。

	設計震度	
	水平方向	鉛直方向
弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	1.70	0.82
基準地震動 S _s	2.61	1.41

3.4 計算結果

3.4.1 固有周期

固有周期を下表に示す。

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

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

3.4.2 地震荷重

解析により求めた地震荷重を「応力解析の方針」の表 4-1(5)に示す。

4. 応力計算

4.1 応力評価点

応力評価点の位置を図 1-1 に示す。

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

4.2 差圧による応力

4.2.1 荷重条件 (L02)

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

なお、重大事故等時の差圧は、「2.2 運転条件」による。

4.2.2 計算方法

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

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

4.3 外荷重による応力

4.3.1 荷重条件 (L04, L14 及び L16)

外荷重を「応力解析の方針」の表 4-1(5)に示す。

4.3.2 計算方法

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

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

4.4 応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め、応力強さを算出する。

応力強さの算出方法は、「応力解析の方針」の 5.2.2 項に定めるとおりである。

5. 応力強さの評価

5.1 一次一般膜応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表 5-1 に示す。

表 5-1 より、各許容応力状態の一次一般膜応力強さは、「応力解析の方針」の 3.4 節及び 3.6 節に示す許容応力を満足する。

5.2 一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表 5-2 に示す。

表 5-2 より、各許容応力状態の一次一般膜＋一次曲げ応力強さは、「応力解析の方針」の 3.4 節及び 3.6 節に示す許容応力を満足する。

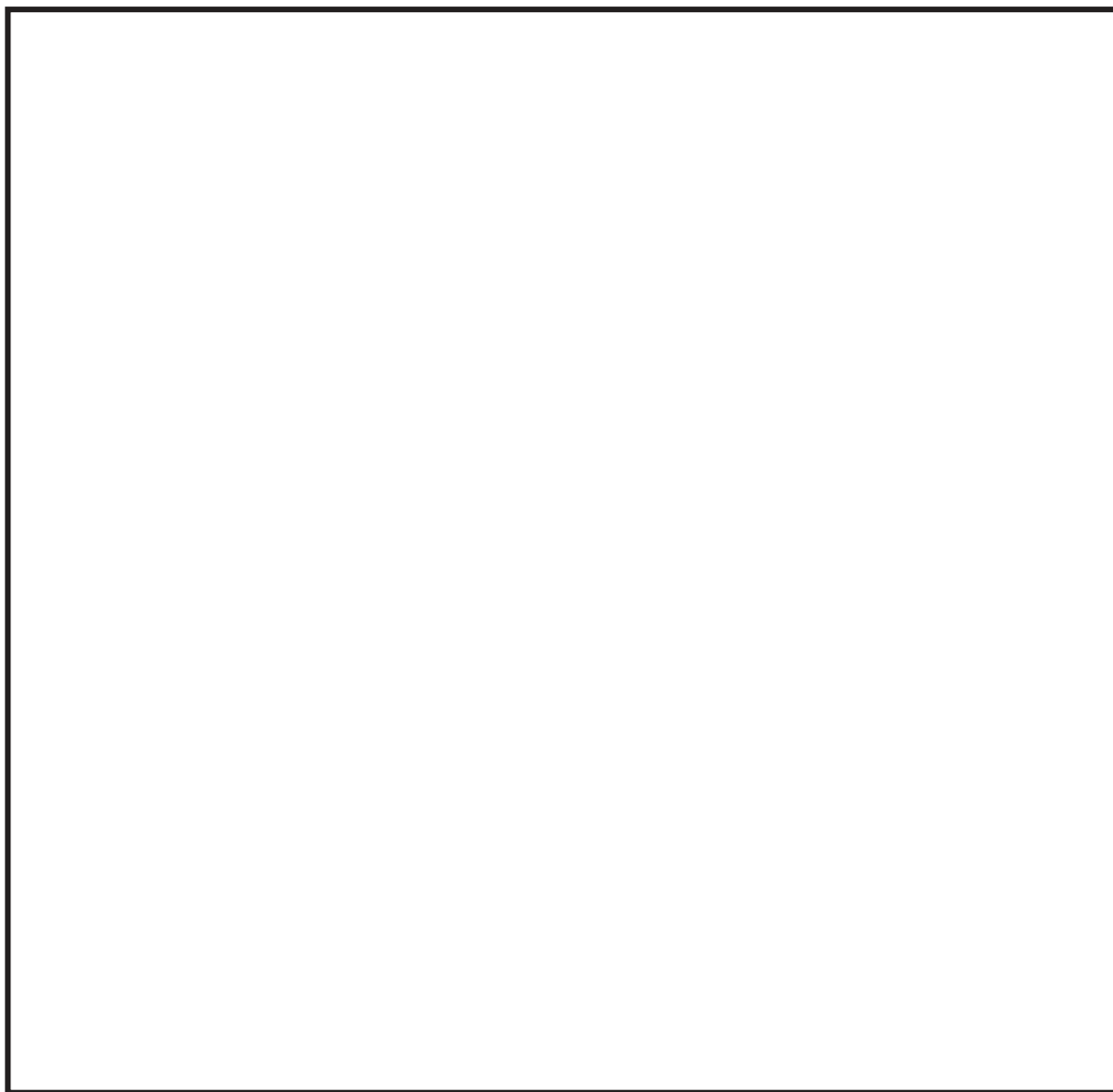


図3-1 解析モデル

表5-1 一次一般膜応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価面	許容応力状態Ⅲ _A S		許容応力状態Ⅳ _A S		許容応力状態Ⅴ _A S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	6	92*	9	148*	9	145*
P01' P02'	5	92*	6	148*	6	145*
P03 P04	6	92*	7	148*	7	145*
P03' P04'	3	92*	4	148*	4	145*

注記*：継手効率 を乗じた値を示す。

表5-2 一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価面	許容応力状態Ⅲ _A S		許容応力状態Ⅳ _A S		許容応力状態Ⅴ _A S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	12	139*	17	223*	17	218*
P01' P02'	11	139*	17	223*	17	218*
P03 P04	25	139*	29	223*	29	218*
P03' P04'	24	139*	28	223*	28	218*

注記*：継手効率 を乗じた値を示す。

VI-2-3-4-3-7 高圧及び低圧炉心スプレイスパーージャの耐震性について
の計算書

目次

1.	一般事項	1
1.1	形状・寸法・材料	1
1.2	解析範囲	1
1.3	計算結果の概要	1
2.	計算条件	4
2.1	設計条件	4
2.2	運転条件	4
2.3	材料	4
2.4	荷重の組合せ及び許容応力状態	4
2.5	荷重の組合せ及び応力評価	4
2.6	許容応力	4
3.	外荷重の条件	5
3.1	計算方法	5
3.2	解析モデル	5
3.3	設計震度	5
3.4	計算結果	5
3.4.1	固有周期	5
3.4.2	地震荷重	5
4.	応力計算	6
4.1	応力評価点	6
4.2	差圧による応力	6
4.2.1	荷重条件	6
4.2.2	計算方法	6
4.3	外荷重による応力	6
4.3.1	荷重条件	6
4.3.2	計算方法	6
4.4	応力の評価	6
5.	応力強さの評価	7
5.1	一次一般膜応力強さの評価	7
5.2	一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価	7

図表目次

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

1. 一般事項

本計算書は、高圧及び低圧炉心スプレイスパージャの応力計算について示すものである。

高圧及び低圧炉心スプレイスパージャは、原子炉圧力容器内部構造物であるため、添付書類「VI-2-3-4-3-1 原子炉圧力容器内部構造物の応力解析の方針」（以下「応力解析の方針」という。）に基づき評価する。

高圧炉心スプレイスパージャは、設計基準対象施設においては S クラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。

低圧炉心スプレイスパージャは、設計基準対象施設においては S クラス施設に、重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。

以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

1.1 形状・寸法・材料

本計算書で解析する箇所形状・寸法・材料を図 1-1 に示す。

1.2 解析範囲

解析範囲を図 1-1 に示す。

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、形状不連続部、溶接部及び厳しい荷重作用点に着目し、応力評価上厳しくなる代表的な評価点を記載する。

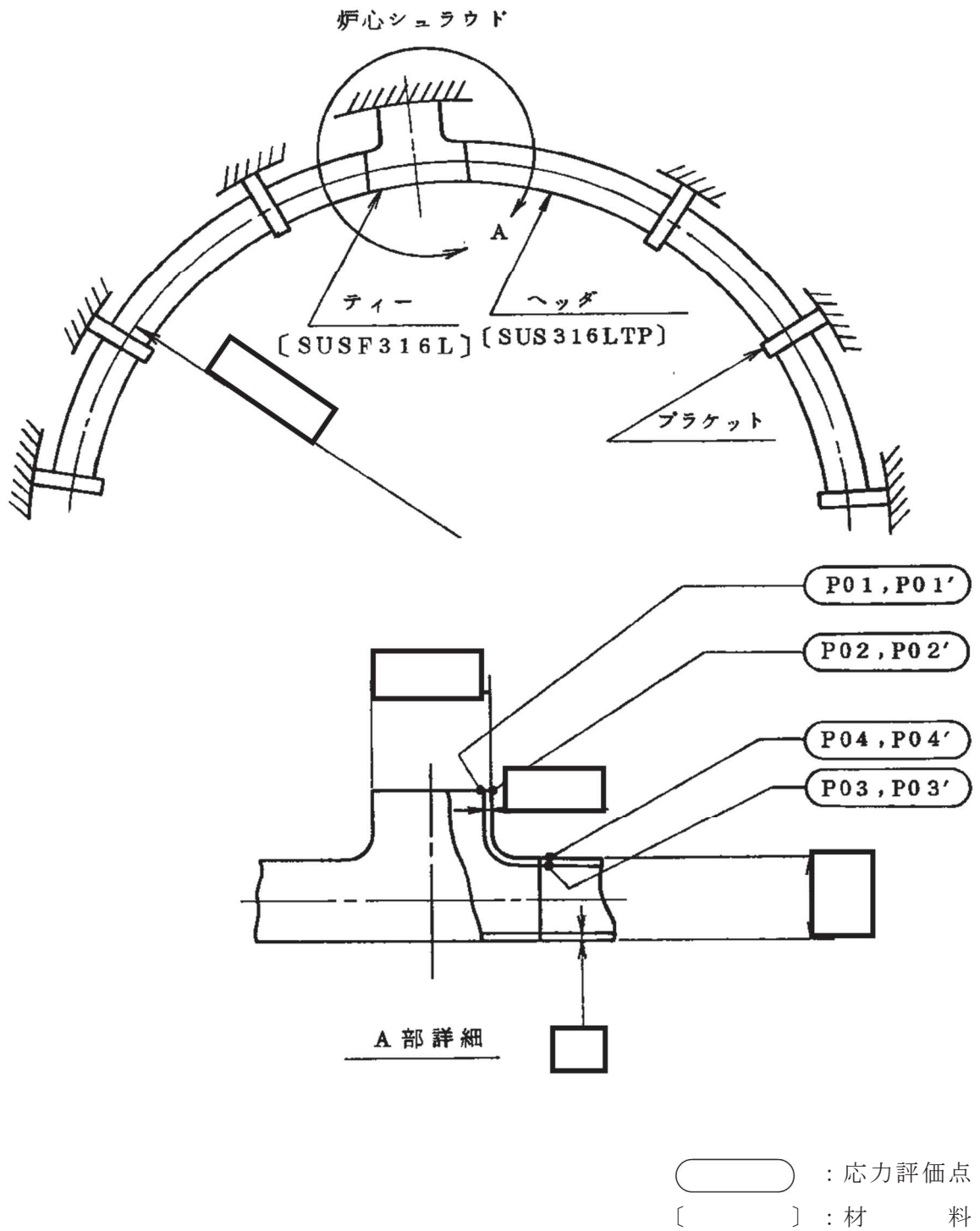


図1-1 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)

表1-1 計算結果の概要

(単位：MPa)

部分及び材料	許容応力状態	一次一般膜応力強さ			一次一般膜＋一次曲げ応力強さ		
		応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価面
ティー SUSF316L	Ⅲ _A S	8	92*	P01-P02	12	139*	P01-P02
	Ⅳ _A S	10	148*	P01-P02	16	223*	P01-P02
	Ⅴ _A S	10	145*	P01-P02	16	218*	P01-P02
ヘッダ SUS316LTP	Ⅲ _A S	6	92*	P03'-P04'	16	139*	P03-P04
	Ⅳ _A S	7	148*	P03'-P04'	23	223*	P03-P04
	Ⅴ _A S	7	145*	P03'-P04'	23	218*	P03-P04

注記*：継手効率 を乗じた値を示す。

2. 計算条件

2.1 設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の4.1節に示す。

2.2 運転条件

考慮した運転条件を「応力解析の方針」の4.2節に示す。

また、重大事故等時の条件を「応力解析の方針」の4.3節に示す。

2.3 材料

各部の材料を図1-1に示す。

2.4 荷重の組合せ及び許容応力状態

荷重の組合せ及び許容応力状態を「応力解析の方針」の3.3節に示す。

2.5 荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」の4.4節に示す。

2.6 許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の3.4節に示す。

溶接部の継手効率を「応力解析の方針」の3.6節に示す。

3. 外荷重の条件

3.1 計算方法

固有周期，地震荷重は「3.2 解析モデル」に示す解析モデルにより求める。

3.2 解析モデル

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

「応力解析の方針」の参照図書(1)b.に定める解析モデルを図 3-1 に示す。

3.3 設計震度

設計震度を下表に示す。

	設計震度	
	水平方向	鉛直方向
弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	2.02	0.87
基準地震動 S_s	3.29	1.50

3.4 計算結果

3.4.1 固有周期

固有周期を下表に示す。

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

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

3.4.2 地震荷重

解析により求めた地震荷重を「応力解析の方針」の表 4-1(6)に示す。

4. 応力計算

4.1 応力評価点

応力評価点の位置を図 1-1 に示す。

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

4.2 差圧による応力

4.2.1 荷重条件 (L02)

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

なお、重大事故等時の差圧は、「2.2 運転条件」による。

4.2.2 計算方法

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

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

4.3 外荷重による応力

4.3.1 荷重条件 (L04, L14 及び L16)

外荷重を「応力解析の方針」の表 4-1(6)に示す。

4.3.2 計算方法

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

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

4.4 応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め、応力強さを算出する。

応力強さの算出方法は、「応力解析の方針」の 5.2.2 項に定めるとおりである。

5. 応力強さの評価

5.1 一次一般膜応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表 5-1 に示す。

表 5-1 より、各許容応力状態の一次一般膜応力強さは、「応力解析の方針」の 3.4 節及び 3.6 節に示す許容応力を満足する。

5.2 一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表 5-2 に示す。

表 5-2 より、各許容応力状態の一次一般膜＋一次曲げ応力強さは、「応力解析の方針」の 3.4 節及び 3.6 節に示す許容応力を満足する。

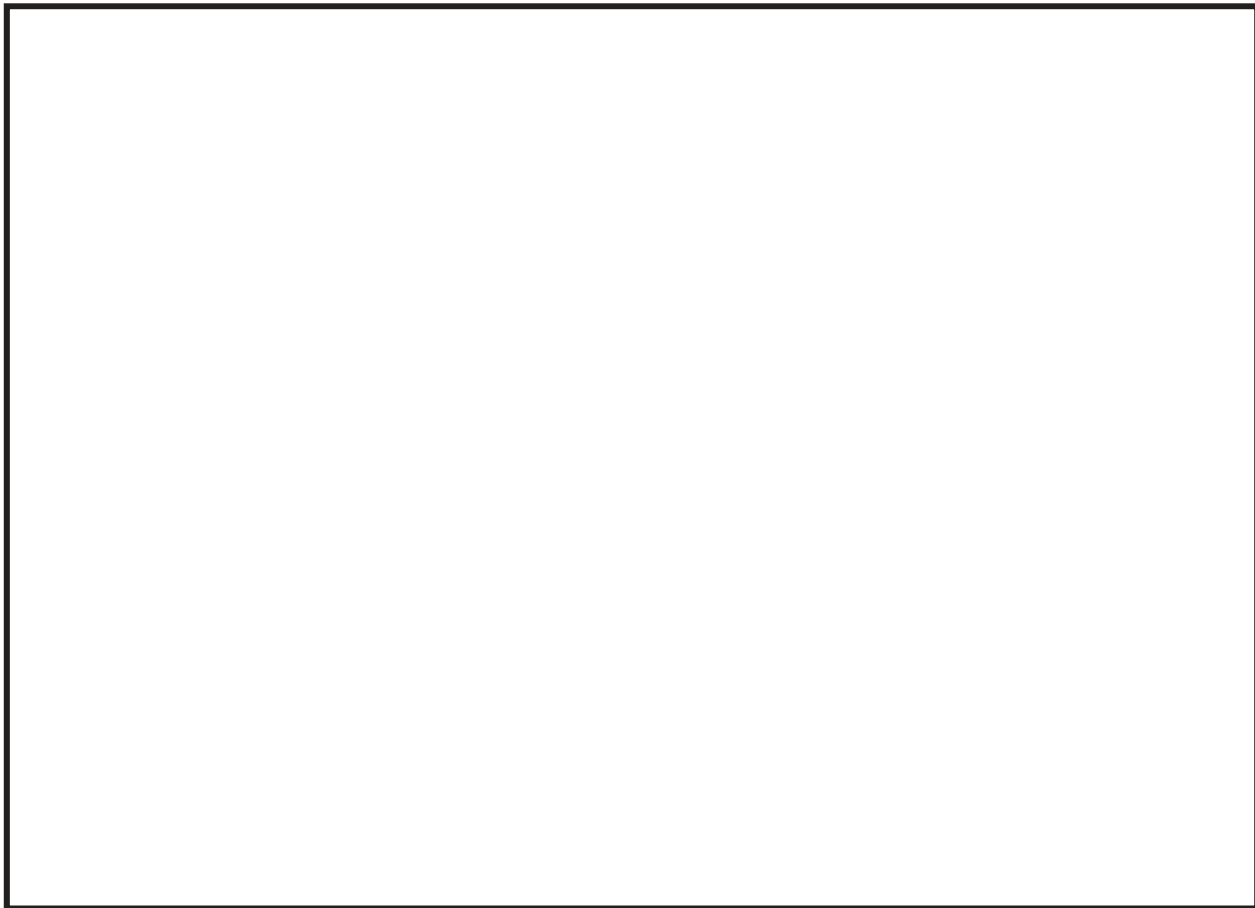


図3-1 解析モデル

表5-1 一次一般膜応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価面	許容応力状態Ⅲ _A S		許容応力状態Ⅳ _A S		許容応力状態Ⅴ _A S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	8	92*	10	148*	10	145*
P01' P02'	7	92*	8	148*	8	145*
P03 P04	6	92*	7	148*	7	145*
P03' P04'	6	92*	7	148*	7	145*

注記*：継手効率 を乗じた値を示す。

表5-2 一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価面	許容応力状態Ⅲ _A S		許容応力状態Ⅳ _A S		許容応力状態Ⅴ _A S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	12	139*	16	223*	16	218*
P01' P02'	8	139*	11	223*	11	218*
P03 P04	16	139*	23	223*	23	218*
P03' P04'	14	139*	21	223*	21	218*

注記*：継手効率 を乗じた値を示す。

VI-2-3-4-3-8 残留熱除去系配管（原子炉圧力容器内部）の耐震性
についての計算書

目次

1.	一般事項	1
1.1	形状・寸法・材料	1
1.2	解析範囲	1
1.3	計算結果の概要	1
2.	計算条件	4
2.1	設計条件	4
2.2	運転条件	4
2.3	材料	4
2.4	荷重の組合せ及び許容応力状態	4
2.5	荷重の組合せ及び応力評価	4
2.6	許容応力	4
3.	外荷重の条件	5
3.1	計算方法	5
3.2	解析モデル	5
3.3	設計震度	5
3.4	計算結果	5
3.4.1	固有周期	5
3.4.2	地震荷重	5
4.	応力計算	6
4.1	応力評価点	6
4.2	差圧による応力	6
4.2.1	荷重条件	6
4.2.2	計算方法	6
4.3	外荷重による応力	6
4.3.1	荷重条件	6
4.3.2	計算方法	6
4.4	応力の評価	6
5.	応力強さの評価	7
5.1	一次一般膜応力強さの評価	7
5.2	一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価	7

図表目次

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

1. 一般事項

本計算書は、残留熱除去系配管（原子炉压力容器内部）の応力計算について示すものである。

残留熱除去系配管（原子炉压力容器内部）は、原子炉压力容器内部構造物であるため、添付書類「VI-2-3-4-3-1 原子炉压力容器内部構造物の応力解析の方針」（以下「応力解析の方針」という。）に基づき評価する。

残留熱除去系配管（原子炉压力容器内部）は、設計基準対象施設においては S クラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備、常設重大事故緩和設備及び常設重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。

以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

1.1 形状・寸法・材料

本計算書で解析する箇所の形状・寸法・材料を図 1-1 に示す。

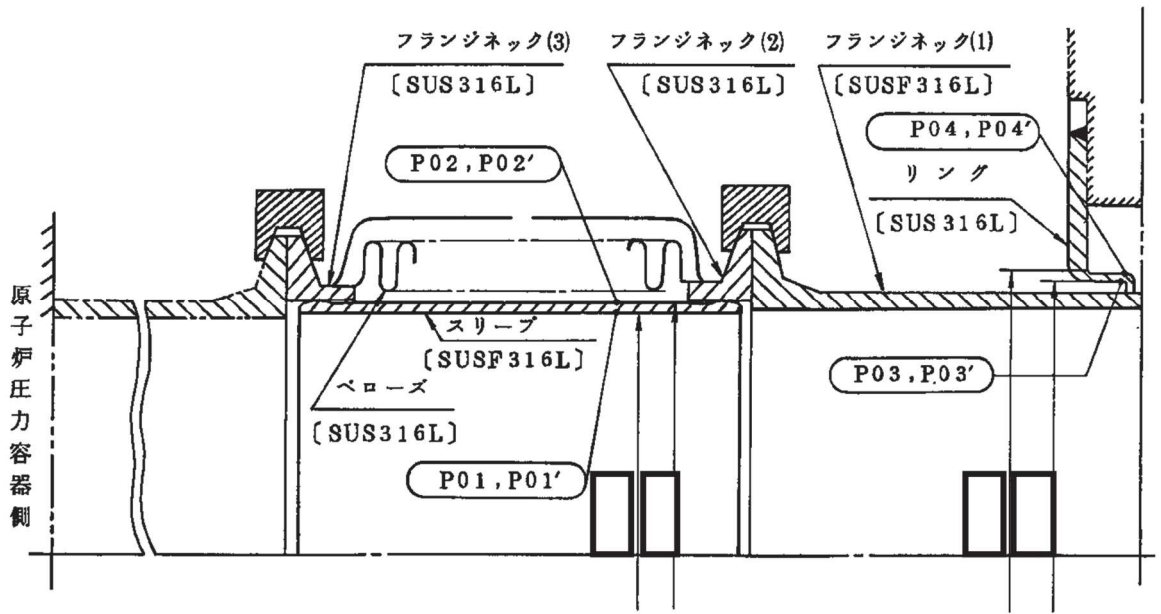
1.2 解析範囲

解析範囲を図 1-1 に示す。

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、形状不連続部、溶接部及び厳しい荷重作用点に着目し、応力評価上厳しくなる代表的な評価点を記載する。



○ : 応力評価点
 [] : 材 料

図1-1 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)

表1-1 計算結果の概要

(単位：MPa)

部分及び材料	許容応力状態	一次一般膜応力強さ			一次一般膜＋一次曲げ応力強さ		
		応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価面
スリーブ SUS316L	Ⅲ _A S	11	142	P01'-P02'	12	214	P01'-P02'
	Ⅳ _A S	11	228	P01'-P02'	14	343	P01'-P02'
	Ⅴ _A S	11	223	P01'-P02'	14	335	P01'-P02'
リング SUS316L	Ⅲ _A S	15	57*	P03-P04	18	85*	P03'-P04'
	Ⅳ _A S	15	91*	P03-P04	21	137*	P03'-P04'
	Ⅴ _A S	15	89*	P03-P04	21	134*	P03'-P04'

注記*：継手効率 を乗じた値を示す。

2. 計算条件

2.1 設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の 4.1 節に示す。

2.2 運転条件

考慮した運転条件を「応力解析の方針」の 4.2 節に示す。

また、重大事故等時の条件を「応力解析の方針」の 4.3 節に示す。

2.3 材料

各部の材料を図 1-1 に示す。

2.4 荷重の組合せ及び許容応力状態

荷重の組合せ及び許容応力状態を「応力解析の方針」の 3.3 節に示す。

2.5 荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」の 4.4 節に示す。

2.6 許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の 3.4 節に示す。

溶接部の継手効率を「応力解析の方針」の 3.6 節に示す。

3. 外荷重の条件

3.1 計算方法

固有周期，地震荷重は「3.2 解析モデル」に示す解析モデルにより求める。

3.2 解析モデル

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

「応力解析の方針」の参照図書(1)d.に定める解析モデルを図 3-1 に示す。

3.3 設計震度

設計震度を下表に示す。

	設計震度	
	水平方向	鉛直方向
弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	1.90	0.86
基準地震動 S_s	3.08	1.48

3.4 計算結果

3.4.1 固有周期

固有周期を下表に示す。

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

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

3.4.2 地震荷重

解析により求めた地震荷重を「応力解析の方針」の表 4-1(7)に示す。

4. 応力計算

4.1 応力評価点

応力評価点の位置を図 1-1 に示す。

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

4.2 差圧による応力

4.2.1 荷重条件 (L02)

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

なお、重大事故等時の差圧は、「2.2 運転条件」による。

4.2.2 計算方法

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

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

4.3 外荷重による応力

4.3.1 荷重条件 (L04, L14 及び L16)

外荷重を「応力解析の方針」の表 4-1(7)に示す。

4.3.2 計算方法

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

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

4.4 応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め、応力強さを算出する。

応力強さの算出方法は、「応力解析の方針」の 5.2.2 項に定めるとおりである。

5. 応力強さの評価

5.1 一次一般膜応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表 5-1 に示す。

表 5-1 より、各許容応力状態の一次一般膜応力強さは、「応力解析の方針」の 3.4 節及び 3.6 節に示す許容応力を満足する。

5.2 一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表 5-2 に示す。

表 5-2 より、各許容応力状態の一次一般膜＋一次曲げ応力強さは、「応力解析の方針」の 3.4 節及び 3.6 節に示す許容応力を満足する。

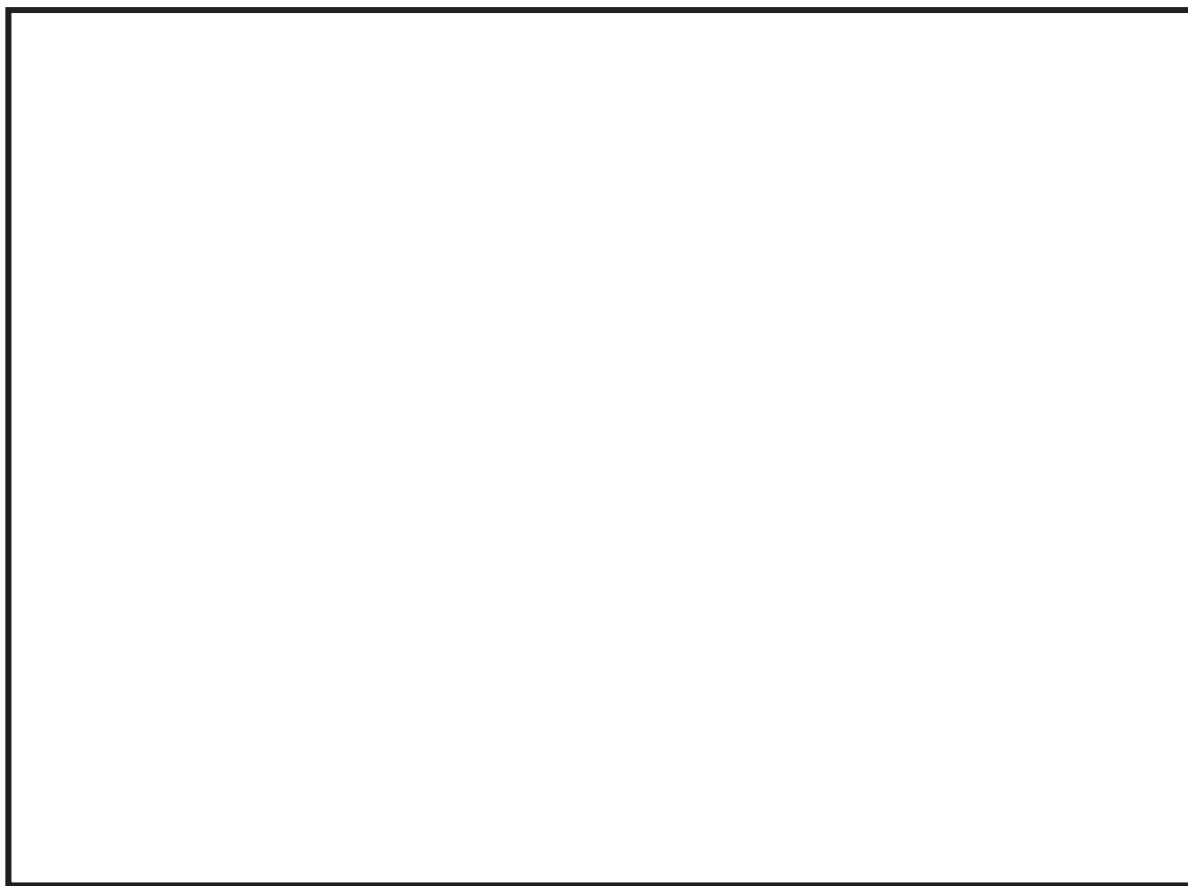


図3-1 解析モデル

表5-1 一次一般膜応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価面	許容応力状態Ⅲ _A S		許容応力状態Ⅳ _A S		許容応力状態Ⅴ _A S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	10	142	11	228	11	223
P01' P02'	11	142	11	228	11	223
P03 P04	15	57*	15	91*	15	89*
P03' P04'	13	57*	15	91*	15	89*

注記*：継手効率 を乗じた値を示す。

表5-2 一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価面	許容応力状態Ⅲ _A S		許容応力状態Ⅳ _A S		許容応力状態Ⅴ _A S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	10	214	10	343	10	335
P01' P02'	12	214	14	343	14	335
P03 P04	14	85*	14	137*	14	134*
P03' P04'	18	85*	21	137*	21	134*

注記*：継手効率 を乗じた値を示す。

VI-2-3-4-3-9 高圧及び低圧炉心スプレイ系配管(原子炉圧力容器内部)の耐震性についての計算書

目次

1. 一般事項	1
1.1 形状・寸法・材料	1
1.2 解析範囲	1
1.3 計算結果の概要	1
2. 計算条件	8
2.1 設計条件	8
2.2 運転条件	8
2.3 材料	8
2.4 荷重の組合せ及び許容応力状態	8
2.5 荷重の組合せ及び応力評価	8
2.6 許容応力	8
3. 外荷重の条件	9
3.1 計算方法	9
3.2 解析モデル	9
3.3 設計震度	9
3.4 計算結果	10
3.4.1 固有周期	10
3.4.2 地震荷重	10
4. 応力計算	11
4.1 応力評価点	11
4.2 差圧による応力	11
4.2.1 荷重条件	11
4.2.2 計算方法	11
4.3 外荷重による応力	11
4.3.1 荷重条件	11
4.3.2 計算方法	11
4.4 応力の評価	11
5. 応力強さの評価	12
5.1 一次一般膜応力強さの評価	12
5.2 一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価	12

図表目次

図 1-1	形状・寸法・材料・応力評価点	2
図 3-1	解析モデル	13
表 1-1	計算結果の概要	6
表 5-1	一次一般膜応力強さの評価のまとめ	14
表 5-2	一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ	15

1. 一般事項

本計算書は、高圧及び低圧炉心スプレイ系配管(原子炉压力容器内部)の応力計算について示すものである。

高圧及び低圧炉心スプレイ系配管(原子炉压力容器内部)は、原子炉压力容器内部構造物であるため、添付書類「VI-2-3-4-3-1 原子炉压力容器内部構造物の応力解析の方針」(以下「応力解析の方針」という。)に基づき評価する。

高圧炉心スプレイ系配管(原子炉压力容器内部)は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故防止設備(設計基準拡張)に分類される。

低圧炉心スプレイ系配管(原子炉压力容器内部)は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備(設計基準拡張)に分類される。

以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

1.1 形状・寸法・材料

本計算書で解析する箇所の形状・寸法・材料を図1-1に示す。

1.2 解析範囲

解析範囲を図1-1に示す。

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、形状不連続部、溶接部及び厳しい荷重作用点に着目し、応力評価上厳しくなる代表的な評価点を記載する。

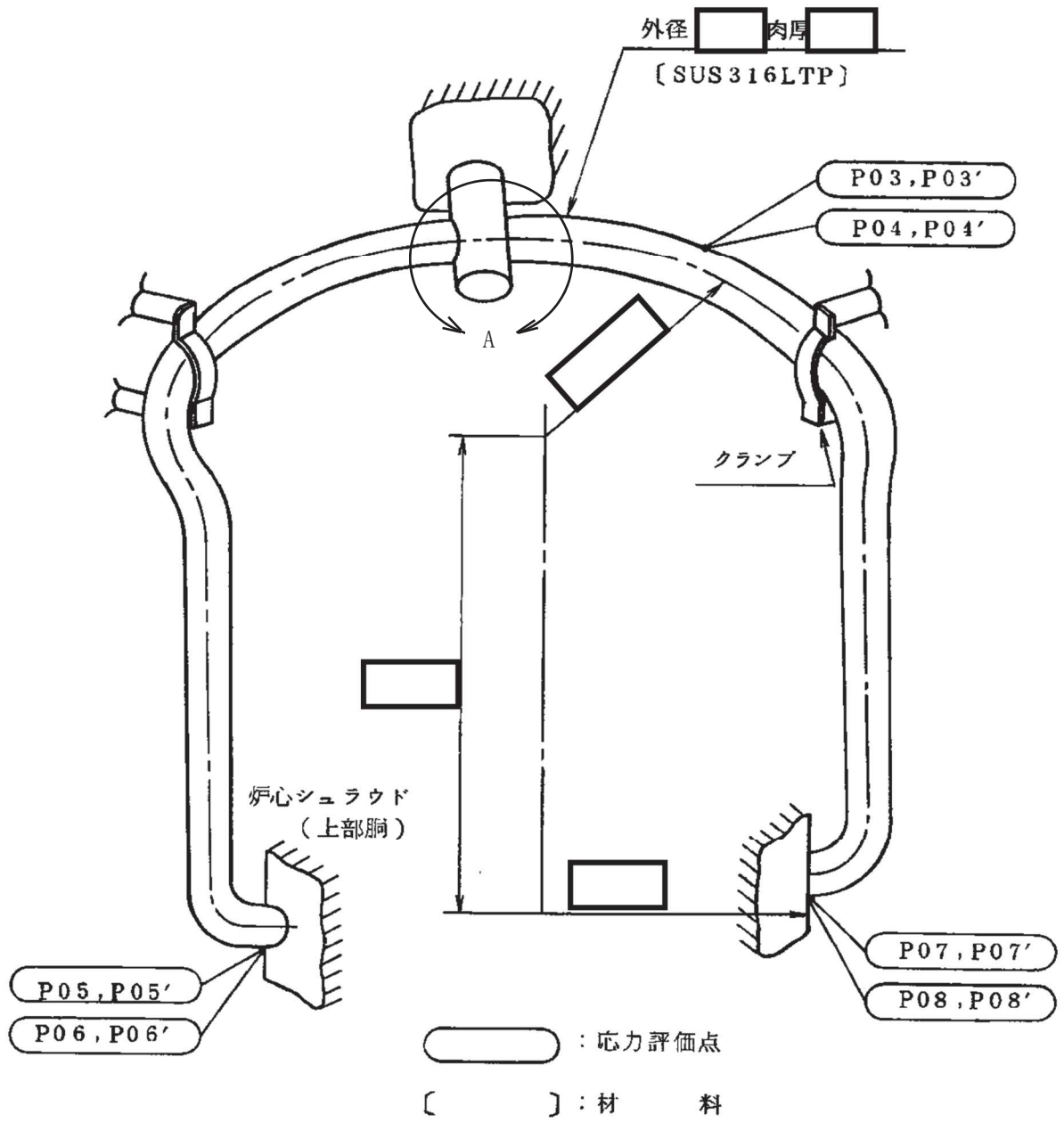


図1-1(1) 形状・寸法・材料・応力評価点(高压炉心スプレイ系配管) (単位: mm)

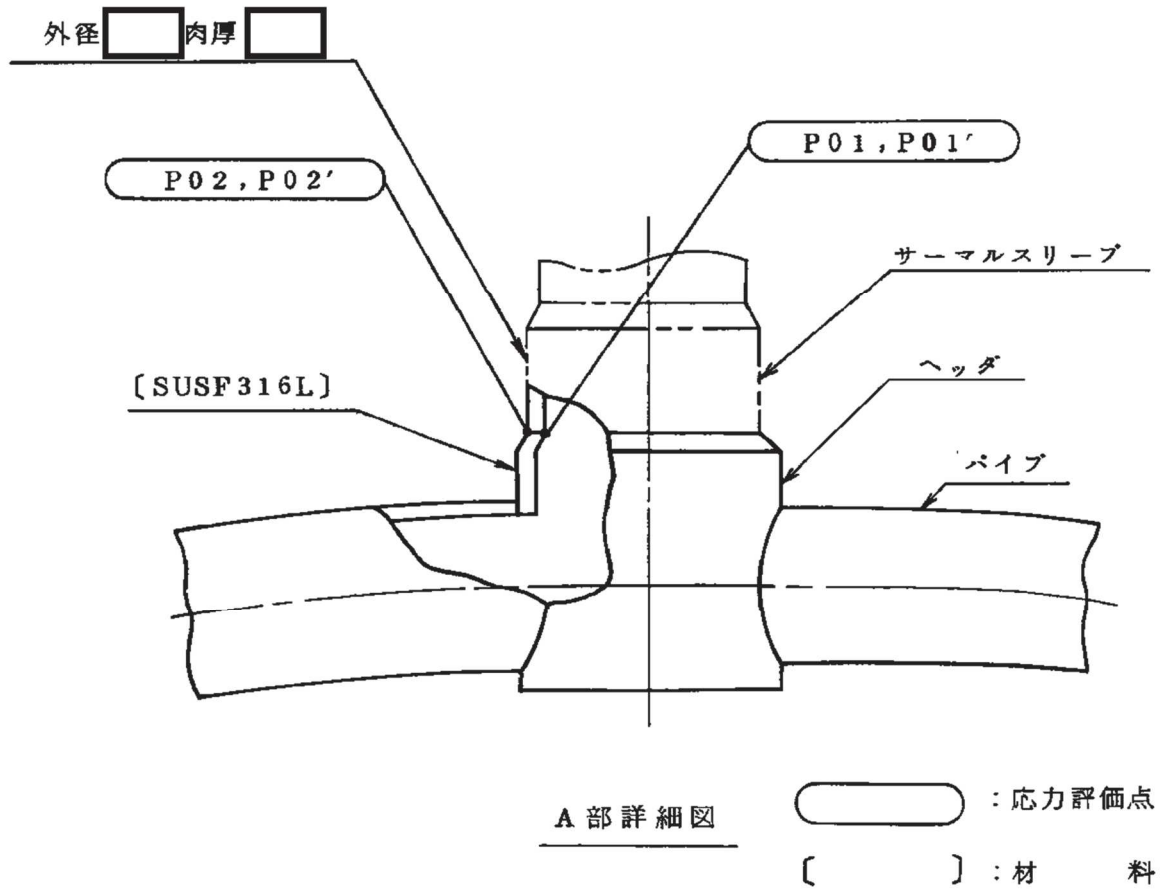


図1-1(2) 形状・寸法・材料・応力評価点(高圧炉心スプレイ系配管) (単位: mm)

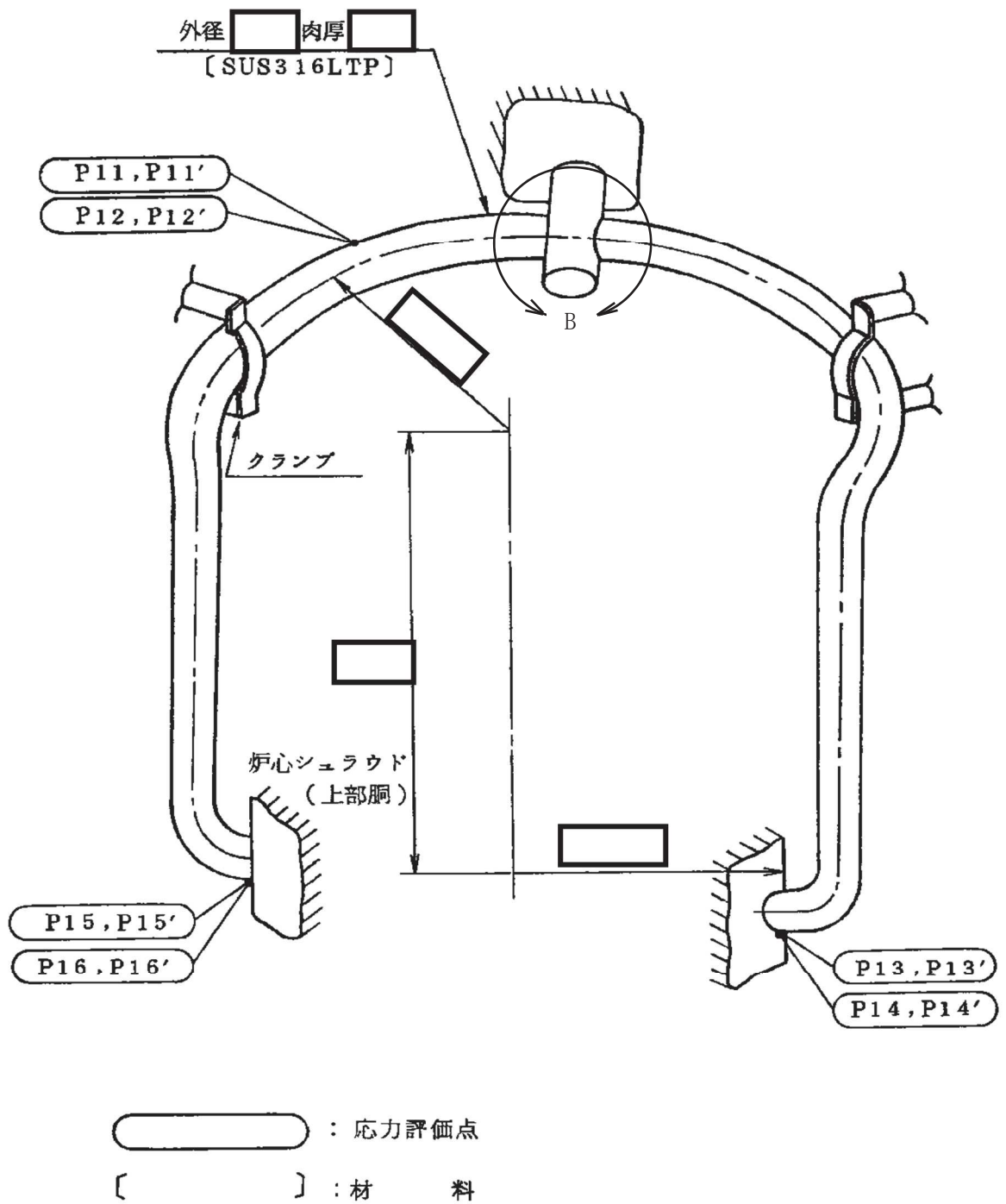


図1-1(3) 形状・寸法・材料・応力評価点(低圧炉心スプレイ系配管) (単位: mm)

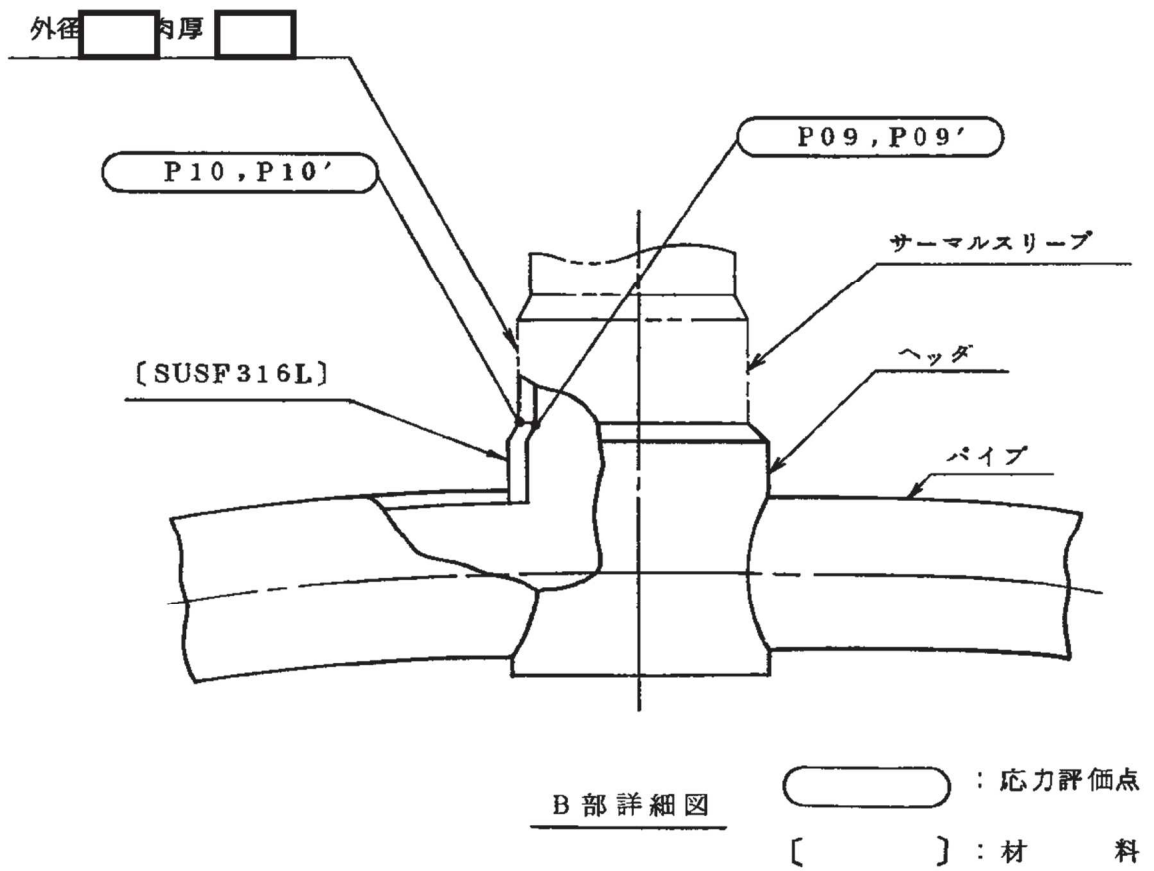


図1-1(4) 形状・寸法・材料・応力評価点(低圧炉心スプレイ系配管) (単位: mm)

表1-1(1) 計算結果の概要

(単位：MPa)

部分及び材料	許容応力状態	一次一般膜応力強さ			一次一般膜＋一次曲げ応力強さ		
		応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価面
ヘッド SUS316L	Ⅲ _A S	9	92*	P01-P02	12	139*	P01-P02
	Ⅳ _A S	10	148*	P01-P02	16	223*	P01-P02
	Ⅴ _A S	10	145*	P01-P02	16	218*	P01-P02
パイプ SUS316LTP	Ⅲ _A S	12	142	P03-P04	43	214	P03-P04
	Ⅳ _A S	19	228	P03-P04	68	343	P03-P04
	Ⅴ _A S	19	223	P03-P04	68	335	P03-P04
パイプ SUS316LTP	Ⅲ _A S	11	92*	P05-P06	20	139*	P05-P06
	Ⅳ _A S	15	148*	P05-P06	29	223*	P05-P06
	Ⅴ _A S	15	145*	P05-P06	29	218*	P05-P06
パイプ SUS316LTP	Ⅲ _A S	11	92*	P07-P08	20	139*	P07-P08
	Ⅳ _A S	15	148*	P07-P08	29	223*	P07-P08
	Ⅴ _A S	15	145*	P07-P08	29	218*	P07-P08

注記*：継手効率 を乗じた値を示す。

表1-1(2) 計算結果の概要

(単位：MPa)

部分及び材料	許容応力状態	一次一般膜応力強さ			一次一般膜＋一次曲げ応力強さ		
		応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価面
ヘッダ SUS316L	Ⅲ _A S	9	92*	P09-P10	12	139*	P09-P10
	Ⅳ _A S	10	148*	P09-P10	17	223*	P09-P10
	Ⅴ _A S	10	145*	P09-P10	17	218*	P09-P10
パイプ SUS316LTP	Ⅲ _A S	13	142	P11-P12	44	214	P11-P12
	Ⅳ _A S	20	228	P11-P12	69	343	P11-P12
	Ⅴ _A S	20	223	P11-P12	69	335	P11-P12
パイプ SUS316LTP	Ⅲ _A S	12	92*	P13-P14	21	139*	P13-P14
	Ⅳ _A S	17	148*	P13-P14	31	223*	P13-P14
	Ⅴ _A S	17	145*	P13-P14	31	218*	P13-P14
パイプ SUS316LTP	Ⅲ _A S	12	92*	P15-P16	21	139*	P15-P16
	Ⅳ _A S	17	148*	P15-P16	31	223*	P15-P16
	Ⅴ _A S	17	145*	P15-P16	31	218*	P15-P16

注記*：継手効率 を乗じた値を示す。

2. 計算条件

2.1 設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の 4.1 節に示す。

2.2 運転条件

考慮した運転条件を「応力解析の方針」の 4.2 節に示す。

また、重大事故等時の条件を「応力解析の方針」の 4.3 節に示す。

2.3 材料

各部の材料を図 1-1 に示す。

2.4 荷重の組合せ及び許容応力状態

荷重の組合せ及び許容応力状態を「応力解析の方針」の 3.3 節に示す。

2.5 荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」の 4.4 節に示す。

2.6 許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の 3.4 節に示す。

溶接部の継手効率を「応力解析の方針」の 3.6 節に示す。

3. 外荷重の条件

3.1 計算方法

固有周期，地震荷重は「3.2 解析モデル」に示す解析モデルにより求める。

3.2 解析モデル

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

「応力解析の方針」の参照図書(1)e.に定める解析モデルを図 3-1 に示す。

3.3 設計震度

設計震度を下表に示す。

	設計震度			
	高圧炉心スプレイ系配管		低圧炉心スプレイ系配管	
	水平方向	鉛直方向	水平方向	鉛直方向
弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	2.02	0.87	2.02	0.87
基準地震動 S_s	3.29	1.50	3.29	1.50

3.4 計算結果

3.4.1 固有周期

固有周期を下表に示す。

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

高圧炉心スプレイ系配管

モード	固有周期 (s)	水平方向刺激係数		鉛直方向刺激係数
		X 方向	Y 方向	
1 次	<input type="text"/>	—	—	—

低圧炉心スプレイ系配管

モード	固有周期 (s)	水平方向刺激係数		鉛直方向刺激係数
		X 方向	Y 方向	
1 次	<input type="text"/>	—	—	—

3.4.2 地震荷重

解析により求めた高圧炉心スプレイ系配管の地震荷重を「応力解析の方針」の表 4-1(8)に、低圧炉心スプレイ系配管の地震荷重を「応力解析の方針」の表 4-1(9)に示す。

4. 応力計算

4.1 応力評価点

応力評価点の位置を図 1-1 に示す。

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

4.2 差圧による応力

4.2.1 荷重条件 (L02)

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

なお、重大事故等時の差圧は、「2.2 運転条件」による。

4.2.2 計算方法

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

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

4.3 外荷重による応力

4.3.1 荷重条件 (L04, L14 及び L16)

高圧炉心スプレイ系配管の外荷重を「応力解析の方針」の表 4-1(8)に、低圧炉心スプレイ系配管の外荷重を「応力解析の方針」の表 4-1(9)に示す。

4.3.2 計算方法

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

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

4.4 応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め、応力強さを算出する。

応力強さの算出方法は、「応力解析の方針」の 5.2.2 項に定めるとおりである。

5. 応力強さの評価

5.1 一次一般膜応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表 5-1 に示す。

表 5-1 より、各許容応力状態の一次一般膜応力強さは、「応力解析の方針」の 3.4 節及び 3.6 節に示す許容応力を満足する。

5.2 一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表 5-2 に示す。

表 5-2 より、各許容応力状態の一次一般膜＋一次曲げ応力強さは、「応力解析の方針」の 3.4 節及び 3.6 節に示す許容応力を満足する。

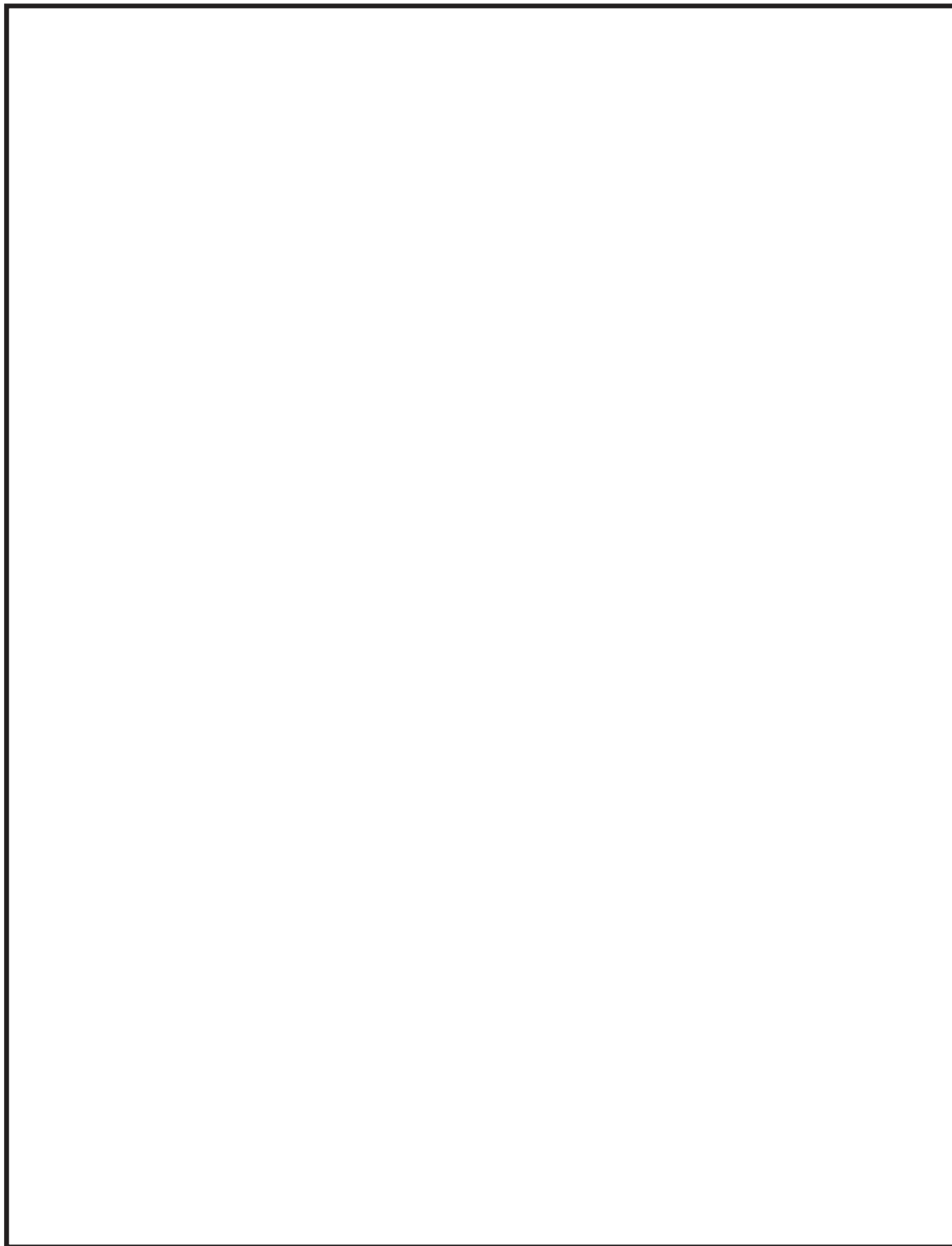


図3-1 解析モデル

表5-1 一次一般膜応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価面	許容応力状態Ⅲ _A S		許容応力状態Ⅳ _A S		許容応力状態Ⅴ _A S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	9	92*	10	148*	10	145*
P01' P02'	8	92*	8	148*	8	145*
P03 P04	12	142	19	228	19	223
P03' P04'	11	142	14	228	14	223
P05 P06	11	92*	15	148*	15	145*
P05' P06'	9	92*	12	148*	12	145*
P07 P08	11	92*	15	148*	15	145*
P07' P08'	9	92*	12	148*	12	145*
P09 P10	9	92*	10	148*	10	145*
P09' P10'	8	92*	8	148*	8	145*
P11 P12	13	142	20	228	20	223
P11' P12'	11	142	15	228	15	223
P13 P14	12	92*	17	148*	17	145*
P13' P14'	10	92*	12	148*	12	145*
P15 P16	12	92*	17	148*	17	145*
P15' P16'	10	92*	12	148*	12	145*

注記*：継手効率 を乗じた値を示す。

表5-2 一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価面	許容応力状態Ⅲ _A S		許容応力状態Ⅳ _A S		許容応力状態Ⅴ _A S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	12	139*	16	223*	16	218*
P01' P02'	11	139*	14	223*	14	218*
P03 P04	43	214	68	343	68	335
P03' P04'	42	214	65	343	65	335
P05 P06	20	139*	29	223*	29	218*
P05' P06'	18	139*	26	223*	26	218*
P07 P08	20	139*	29	223*	29	218*
P07' P08'	18	139*	26	223*	26	218*
P09 P10	12	139*	17	223*	17	218*
P09' P10'	11	139*	15	223*	15	218*
P11 P12	44	214	69	343	69	335
P11' P12'	42	214	66	343	66	335
P13 P14	21	139*	31	223*	31	218*
P13' P14'	19	139*	28	223*	28	218*
P15 P16	21	139*	31	223*	31	218*
P15' P16'	19	139*	28	223*	28	218*

注記*：継手効率 を乗じた値を示す。

VI-2-3-4-3-10 差圧検出・ほう酸水注入系配管（原子炉圧力容器内部）の耐震性についての計算書

目次

1.	一般事項	1
1.1	形状・寸法・材料	1
1.2	解析範囲	1
1.3	計算結果の概要	1
2.	計算条件	4
2.1	設計条件	4
2.2	運転条件	4
2.3	材料	4
2.4	荷重の組合せ及び許容応力状態	4
2.5	荷重の組合せ及び応力評価	4
2.6	許容応力	4
3.	外荷重の条件	5
3.1	計算方法	5
3.2	解析モデル	5
3.3	設計震度	5
3.4	計算結果	5
3.4.1	固有周期	5
3.4.2	地震荷重	5
4.	応力計算	6
4.1	応力評価点	6
4.2	差圧による応力	6
4.2.1	荷重条件	6
4.2.2	計算方法	6
4.3	外荷重による応力	6
4.3.1	荷重条件	6
4.3.2	計算方法	6
4.4	応力の評価	6
5.	応力強さの評価	7
5.1	一次一般膜応力強さの評価	7
5.2	一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価	7

図表目次

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

1. 一般事項

本計算書は、差圧検出・ほう酸水注入系配管（原子炉压力容器内部）の応力計算について示すものである。

差圧検出・ほう酸水注入系配管（原子炉压力容器内部）は、原子炉压力容器内部構造物であるため、添付書類「VI-2-3-4-3-1 原子炉压力容器内部構造物の応力解析の方針」（以下「応力解析の方針」という。）に基づき評価する。

差圧検出・ほう酸水注入系配管（原子炉压力容器内部）は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。

以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

1.1 形状・寸法・材料

本計算書で解析する箇所の形状・寸法・材料を図 1-1 に示す。

1.2 解析範囲

解析範囲を図 1-1 に示す。

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、形状不連続部、溶接部及び厳しい荷重作用点に着目し、応力評価上厳しくなる代表的な評価点を記載する。

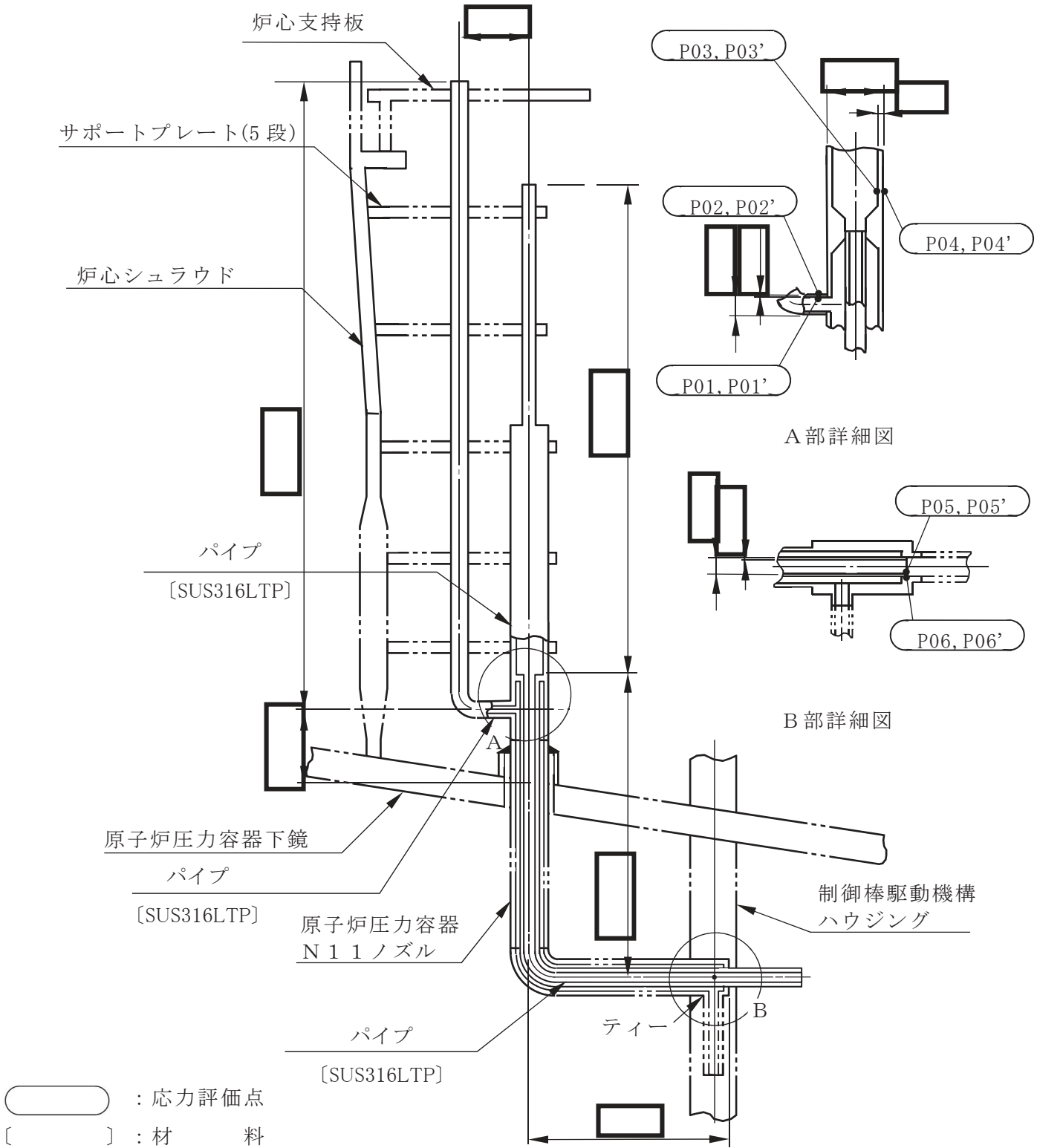


図1-1 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)

表1-1 計算結果の概要

(単位：MPa)

部分及び材料	許容応力状態	一次一般膜応力強さ			一次一般膜＋一次曲げ応力強さ		
		応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価面
パイプ SUS316LTP	Ⅲ _A S	4	92*	P01-P02	11	139*	P01-P02
	Ⅳ _A S	5	148*	P01-P02	15	223*	P01-P02
	Ⅴ _A S	5	145*	P01-P02	15	218*	P01-P02
パイプ SUS316LTP	Ⅲ _A S	3	92*	P03-P04	4	139*	P03'-P04'
	Ⅳ _A S	3	148*	P03-P04	5	223*	P03'-P04'
	Ⅴ _A S	3	145*	P03-P04	5	218*	P03'-P04'
パイプ SUS316LTP	Ⅲ _A S	7	92*	P05-P06	34	139*	P05-P06
	Ⅳ _A S	10	148*	P05-P06	55	223*	P05-P06
	Ⅴ _A S	10	145*	P05-P06	55	218*	P05-P06

注記*：継手効率 を乗じた値を示す。

2. 計算条件

2.1 設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の 4.1 節に示す。

2.2 運転条件

考慮した運転条件を「応力解析の方針」の 4.2 節に示す。

また、重大事故等時の条件を「応力解析の方針」の 4.3 節に示す。

2.3 材料

各部の材料を図 1-1 に示す。

2.4 荷重の組合せ及び許容応力状態

荷重の組合せ及び許容応力状態を「応力解析の方針」の 3.3 節に示す。

2.5 荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」の 4.4 節に示す。

2.6 許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の 3.4 節に示す。

溶接部の継手効率を「応力解析の方針」の 3.6 節に示す。

3. 外荷重の条件

3.1 計算方法

固有周期及び地震荷重は「3.2 解析モデル」に示す解析モデルにより求める。

3.2 解析モデル

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

「応力解析の方針」の参照図書(1)f.に定める解析モデルを図 3-1 に示す。

3.3 設計震度

設計震度を下表に示す。

	設計震度	
	水平方向	鉛直方向
弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	1.04	0.78
基準地震動 S_s	1.96	1.33

3.4 計算結果

3.4.1 固有周期

固有周期を下表に示す。

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

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

3.4.2 地震荷重

解析により求めた地震荷重を「応力解析の方針」の表 4-1(10)に示す。

4. 応力計算

4.1 応力評価点

応力評価点の位置を図 1-1 に示す。

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

4.2 差圧による応力

4.2.1 荷重条件 (L02)

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

なお、重大事故等時の差圧は、「2.2 運転条件」による。

4.2.2 計算方法

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

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

4.3 外荷重による応力

4.3.1 荷重条件 (L04, L14 及び L16)

外荷重を「応力解析の方針」の表 4-1(10)に示す。

4.3.2 計算方法

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

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

4.4 応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め、応力強さを算出する。

応力強さの算出方法は、「応力解析の方針」の 5.2.2 項に定めるとおりである。

5. 応力強さの評価

5.1 一次一般膜応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表 5-1 に示す。

表 5-1 より、各許容応力状態の一次一般膜応力強さは、「応力解析の方針」の 3.4 節及び 3.6 節に示す許容応力を満足する。

5.2 一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表 5-2 に示す。

表 5-2 より、各許容応力状態の一次一般膜＋一次曲げ応力強さは、「応力解析の方針」の 3.4 節及び 3.6 節に示す許容応力を満足する。

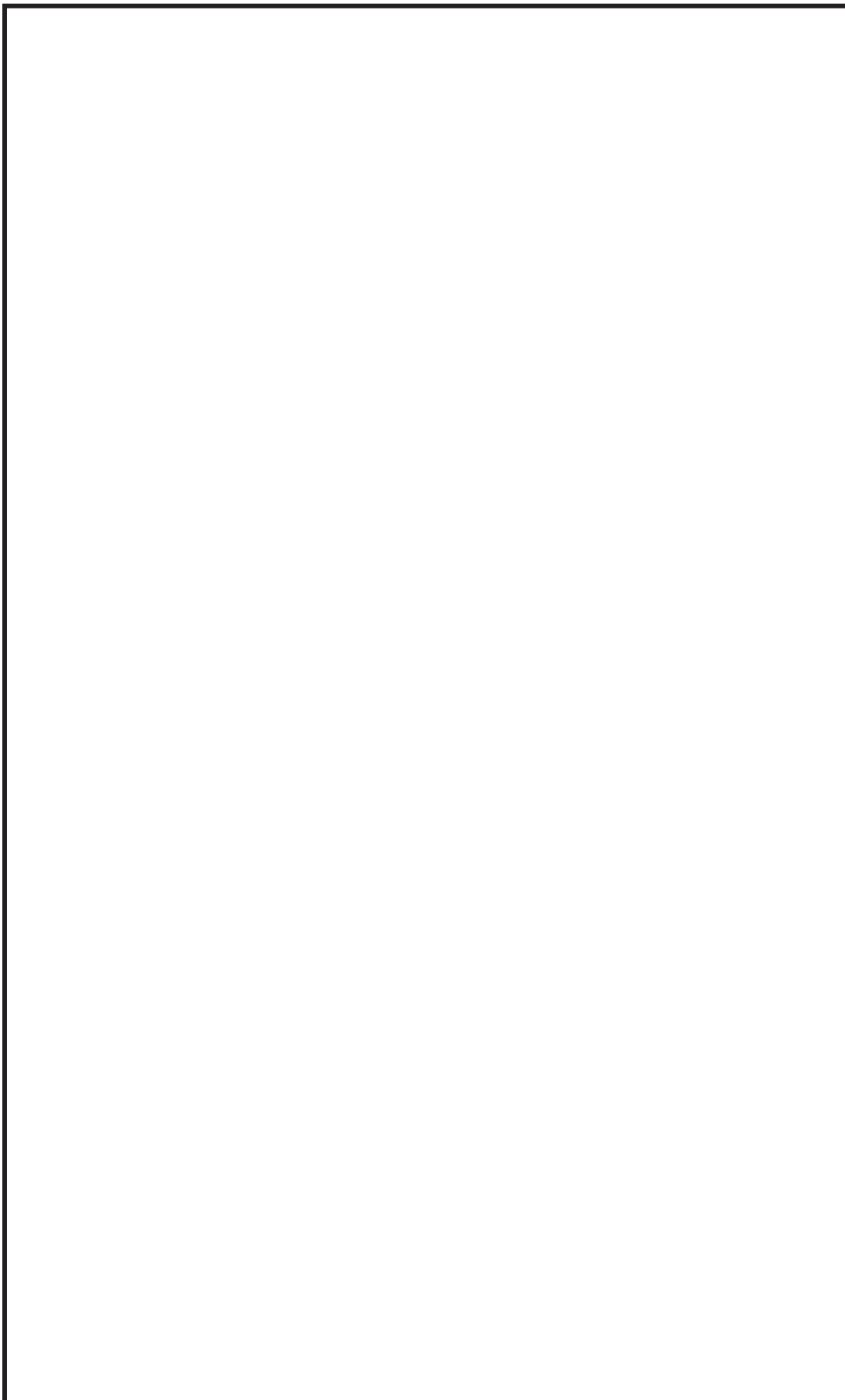


図3-1 解析モデル

表5-1 一次一般膜応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価面	許容応力状態Ⅲ _A S		許容応力状態Ⅳ _A S		許容応力状態Ⅴ _A S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	4	92*	5	148*	5	145*
P01' P02'	1	92*	1	148*	1	145*
P03 P04	3	92*	3	148*	3	145*
P03' P04'	2	92*	2	148*	2	145*
P05 P06	7	92*	10	148*	10	145*
P05' P06'	6	92*	9	148*	9	145*

注記*：継手効率 を乗じた値を示す。

表5-2 一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価面	許容応力状態Ⅲ _A S		許容応力状態Ⅳ _A S		許容応力状態Ⅴ _A S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	11	139*	15	223*	15	218*
P01' P02'	10	139*	14	223*	14	218*
P03 P04	2	139*	3	223*	3	218*
P03' P04'	4	139*	5	223*	5	218*
P05 P06	34	139*	55	223*	55	218*
P05' P06'	32	139*	53	223*	53	218*

注記*：継手効率 を乗じた値を示す。

VI-2-3-4-3-11 中性子束計測案内管の耐震性についての計算書

目次

1.	一般事項	1
1.1	形状・寸法・材料	1
1.2	解析範囲	1
1.3	計算結果の概要	1
2.	計算条件	4
2.1	設計条件	4
2.2	運転条件	4
2.3	材料	4
2.4	荷重の組合せ及び許容応力状態	4
2.5	荷重の組合せ及び応力評価	4
2.6	許容応力	4
3.	外荷重の条件	5
3.1	計算方法	5
3.2	解析モデル	5
3.3	計算結果	5
3.3.1	固有周期	5
3.3.2	設計震度	5
3.3.3	地震荷重	5
4.	応力計算	6
4.1	応力評価点	6
4.2	差圧による応力	6
4.2.1	荷重条件	6
4.2.2	計算方法	6
4.3	外荷重による応力	6
4.3.1	荷重条件	6
4.3.2	計算方法	6
4.4	応力の評価	6
5.	応力強さの評価	7
5.1	一次一般膜応力強さの評価	7
5.2	一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価	7

図表目次

図 1-1	形状・寸法・材料・応力評価点	2
図 3-1	解析モデル	8
図 3-2	解析モデル(中性子束計測案内管スタビライザ)	9
図 3-3	中性子束計測案内管と中性子束計測案内のグループ分割	10
図 3-4	振動モード図	11
表 1-1	計算結果の概要	3
表 3-1	解析モデルのデータ諸元	15
表 3-2	並進ばね定数	16
表 3-3	回転ばね定数	16
表 3-4	固有周期	17
表 3-5	設計震度	18
表 5-1	一次一般膜応力強さの評価のまとめ	19
表 5-2	一次一般膜+一次曲げ応力強さの評価のまとめ	20

1. 一般事項

本計算書は、中性子束計測案内管の応力計算について示すものである。

中性子束計測案内管は、原子炉圧力容器内部構造物であるため、添付書類「VI-2-3-4-3-1 原子炉圧力容器内部構造物の応力解析の方針」（以下「応力解析の方針」という。）に基づき評価する。

中性子束計測案内管は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に分類される。

以下、設計基準対象施設としての構造強度評価を示す。

1.1 形状・寸法・材料

本計算書で解析する箇所の形状・寸法・材料を図 1-1 に示す。

1.2 解析範囲

解析範囲を図 1-1 に示す。

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、形状不連続部、溶接部及び厳しい荷重作用点に着目し、応力評価上厳しくなる代表的な評価点を記載する。

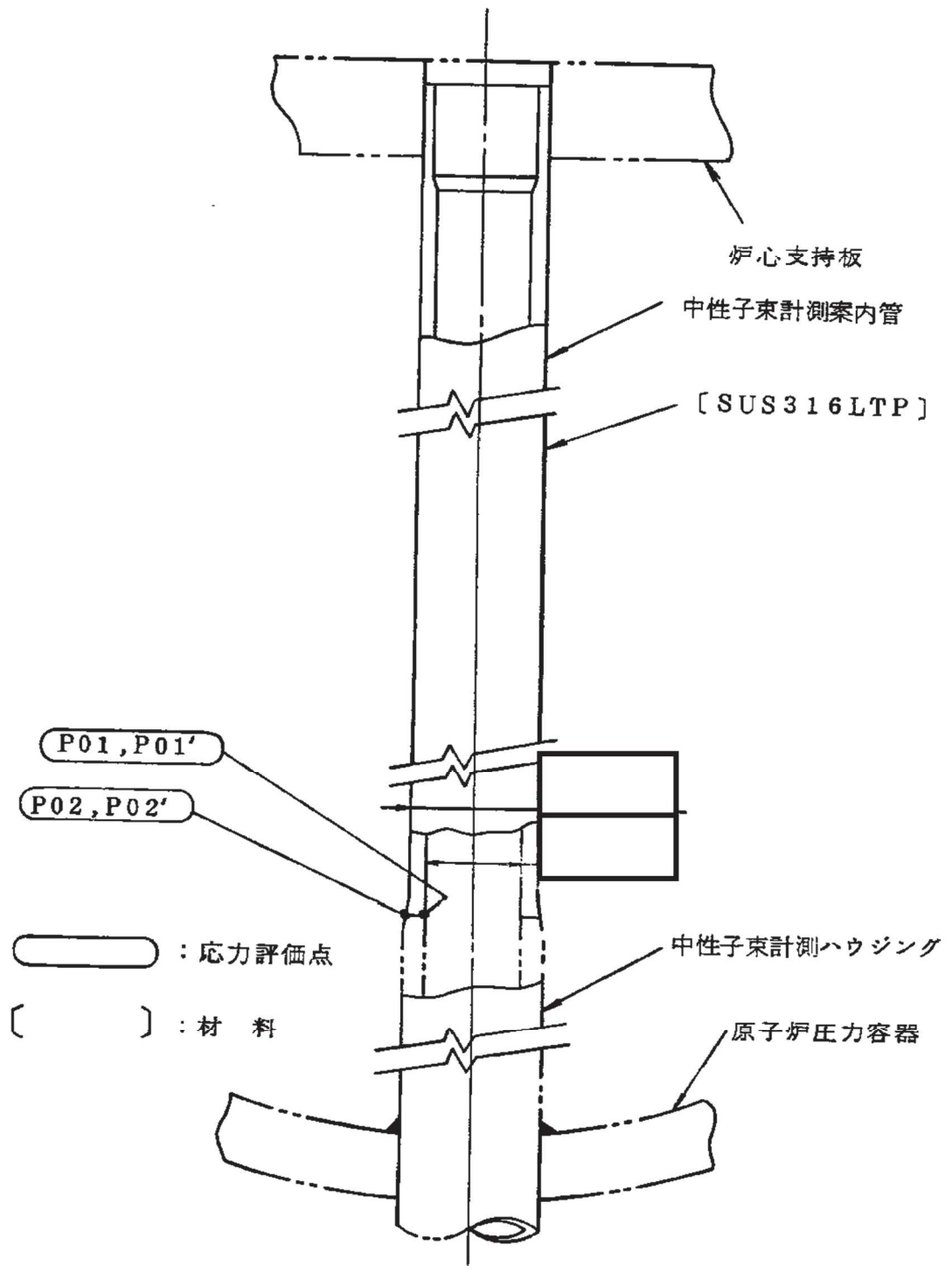


図 1-1 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)

表 1-1 計算結果の概要

(単位：MPa)

部分及び材料	許容応力状態	一次一般膜応力強さ			一次一般膜＋一次曲げ応力強さ		
		応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価面
中性子束計測 案内管下部 SUS316LTP	Ⅲ _A S	2	92*	P01-P02	67	139*	P01-P02
	Ⅳ _A S	3	148*	P01-P02	102	223*	P01-P02

注記*：継手効率 を乗じた値を示す。

2. 計算条件

2.1 設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の 4.1 節に示す。

2.2 運転条件

考慮した運転条件を「応力解析の方針」の 4.2 節に示す。

2.3 材料

各部の材料を図 1-1 に示す。

2.4 荷重の組合せ及び許容応力状態

荷重の組合せ及び許容応力状態を「応力解析の方針」の 3.3 節に示す。

2.5 荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」の 4.4 節に示す。

2.6 許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の 3.4 節に示す。

溶接部の継手効率を「応力解析の方針」の 3.6 節に示す。

3. 外荷重の条件

3.1 計算方法

固有周期，地震荷重は「3.2 解析モデル」に示す解析モデルにより求める。

解析コードは，「MSC NASTRAN」を使用し，解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については，添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

3.2 解析モデル

解析モデルを図 3-1，図 3-2 及び図 3-3 に示す。

また，解析モデルのデータ諸元を表 3-1 に，中性子束計測案内管スタビライザのバネ定数を表 3-2 及び表 3-3 に示す。

本解析モデルは，図 3-1，図 3-2 及び図 3-3 に示すように

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]とする。

支持条件は，

[REDACTED]

[REDACTED]とする。

[REDACTED]

[REDACTED]

3.3 計算結果

3.3.1 固有周期

固有周期を表 3-4 に，振動モード図を図 3-4 に示す。固有周期は，0.05 秒を超えており，柔構造であることを確認した。また，鉛直方向は 5 次モード以降に卓越し，固有周期は 0.05 秒以下であることを確認した。

3.3.2 設計震度

設計震度を表 3-5 に示す。

3.3.3 地震荷重

解析により求めた地震荷重を「応力解析の方針」の表 4-1(11)に示す。

4. 応力計算

4.1 応力評価点

応力評価点の位置を図 1-1 に示す。

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

4.2 差圧による応力

4.2.1 荷重条件 (L02)

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

4.2.2 計算方法

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

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

4.3 外荷重による応力

4.3.1 荷重条件 (L04, L14 及び L16)

外荷重を「応力解析の方針」の表 4-1(11)に示す。

4.3.2 計算方法

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

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

4.4 応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め、応力強さを算出する。

応力強さの算出方法は、「応力解析の方針」の 5.2.2 項に定めるとおりである。

5. 応力強さの評価

5.1 一次一般膜応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表 5-1 に示す。

表 5-1 より、各許容応力状態の一次一般膜応力強さは、「応力解析の方針」の 3.4 節及び 3.6 節に示す許容応力を満足する。

5.2 一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価

各許容応力状態における評価を表 5-2 に示す。

表 5-2 より、各許容応力状態の一次一般膜＋一次曲げ応力強さは、「応力解析の方針」の 3.4 節及び 3.6 節に示す許容応力を満足する。

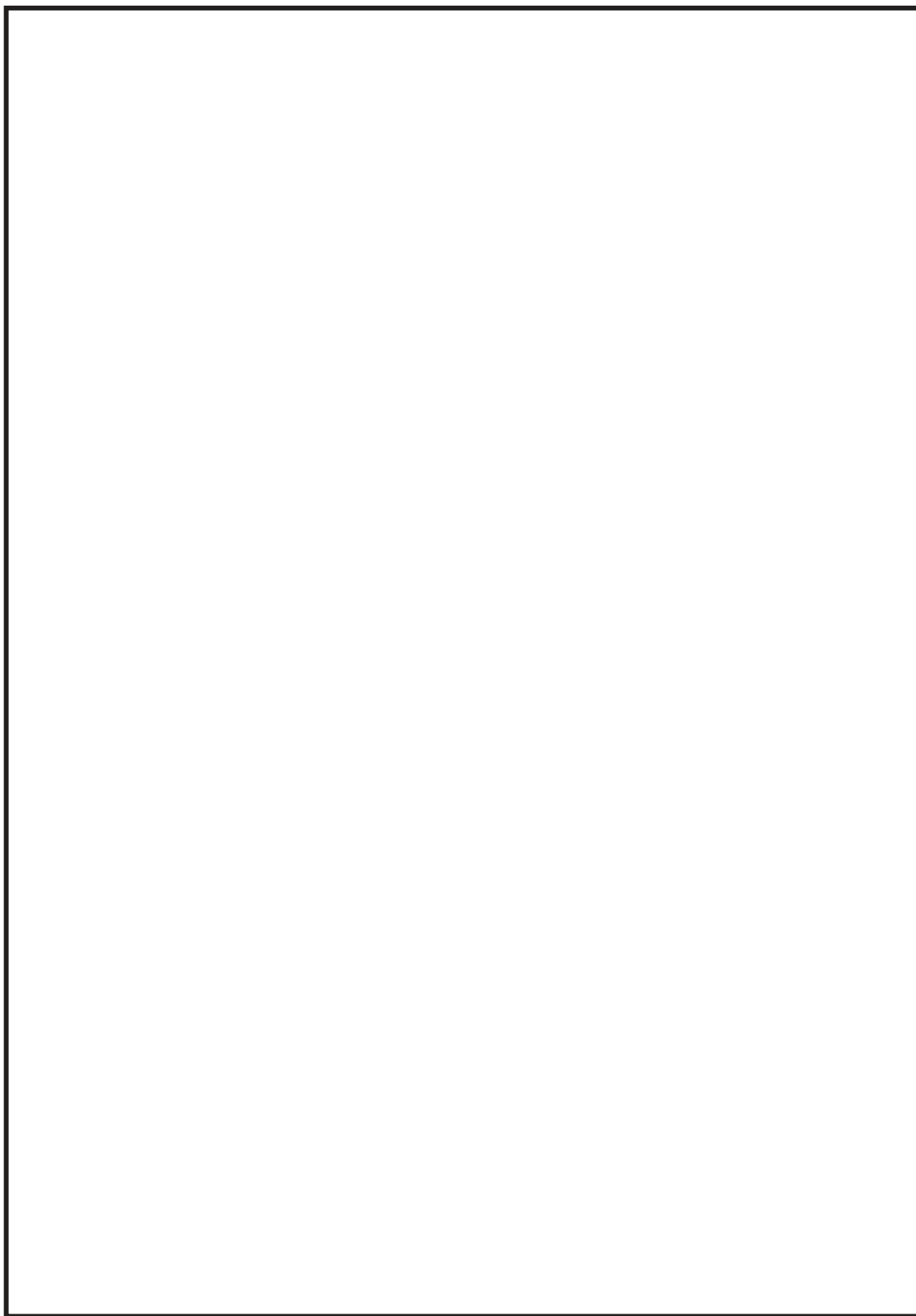


図 3-1 解析モデル

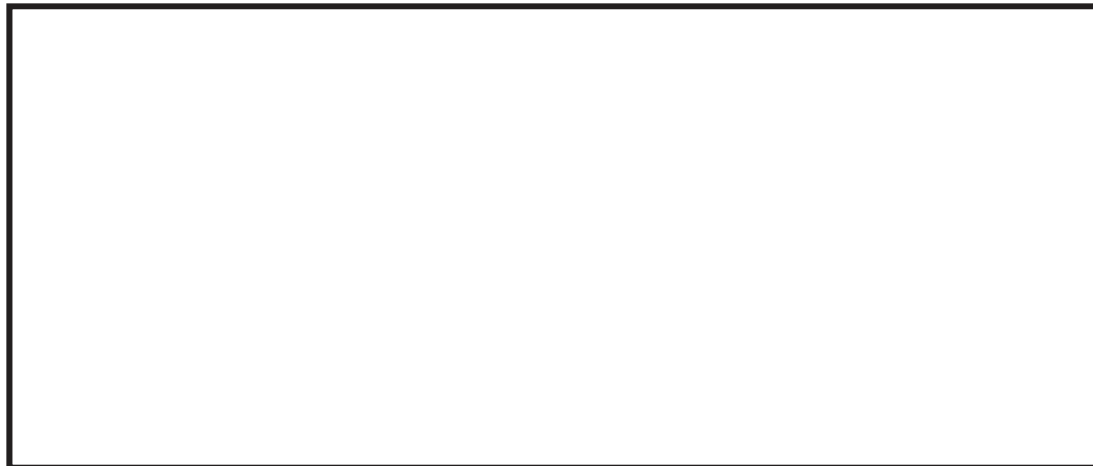


図 3-2 解析モデル(中性子束計測案内管スタビライザ)

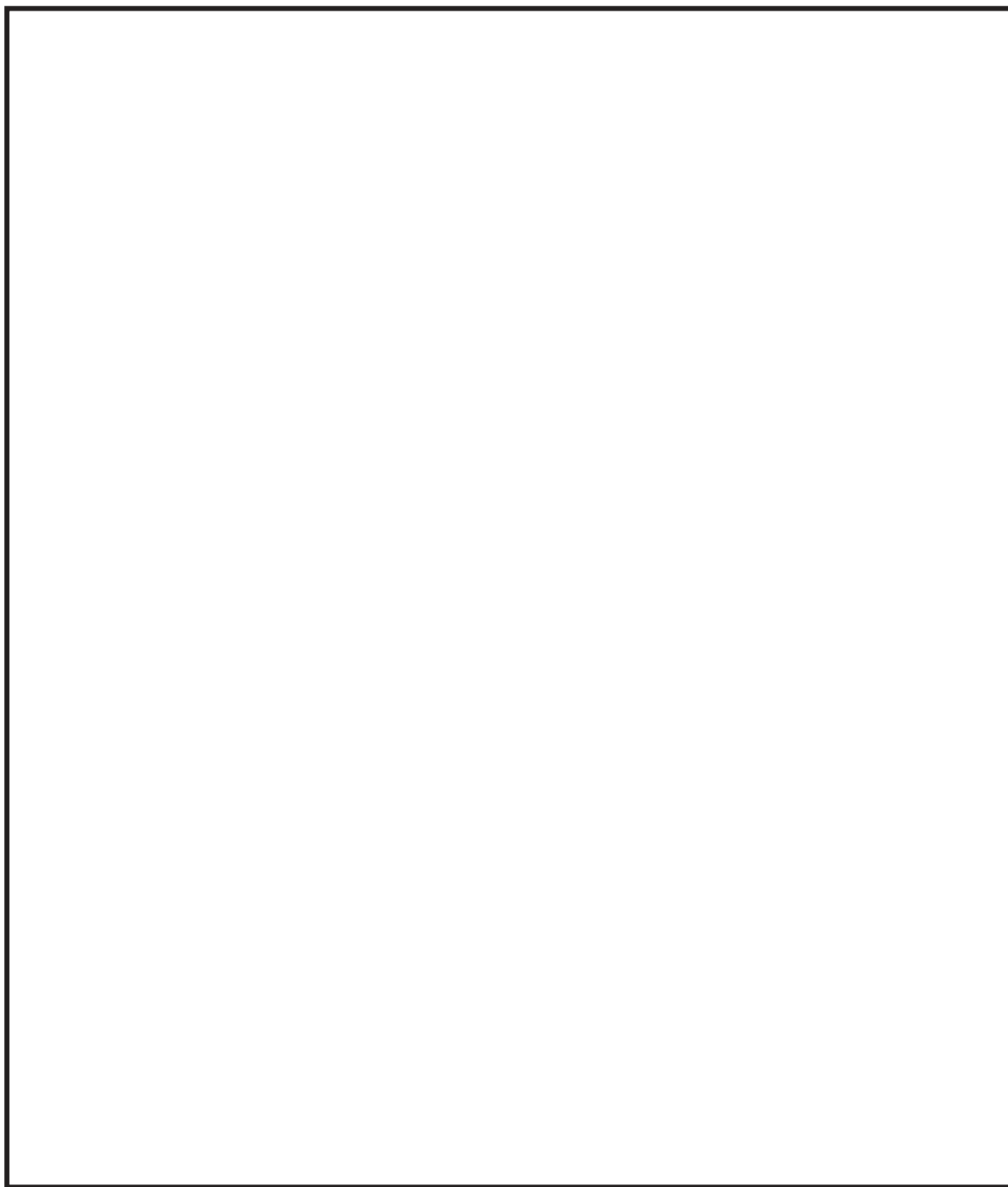


図 3-3 中性子束計測案内管と中性子束計測案内のグループ分割

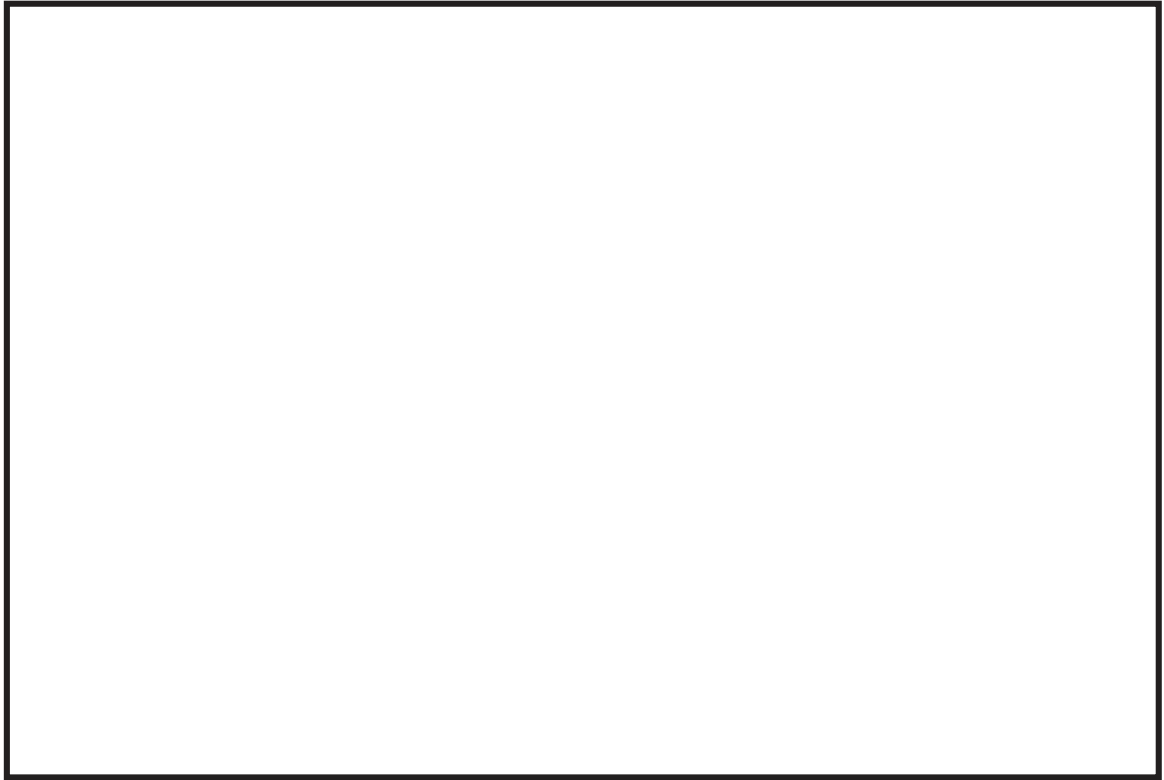


図 3-4(1) 振動モード図 (NS 方向, 1 次)

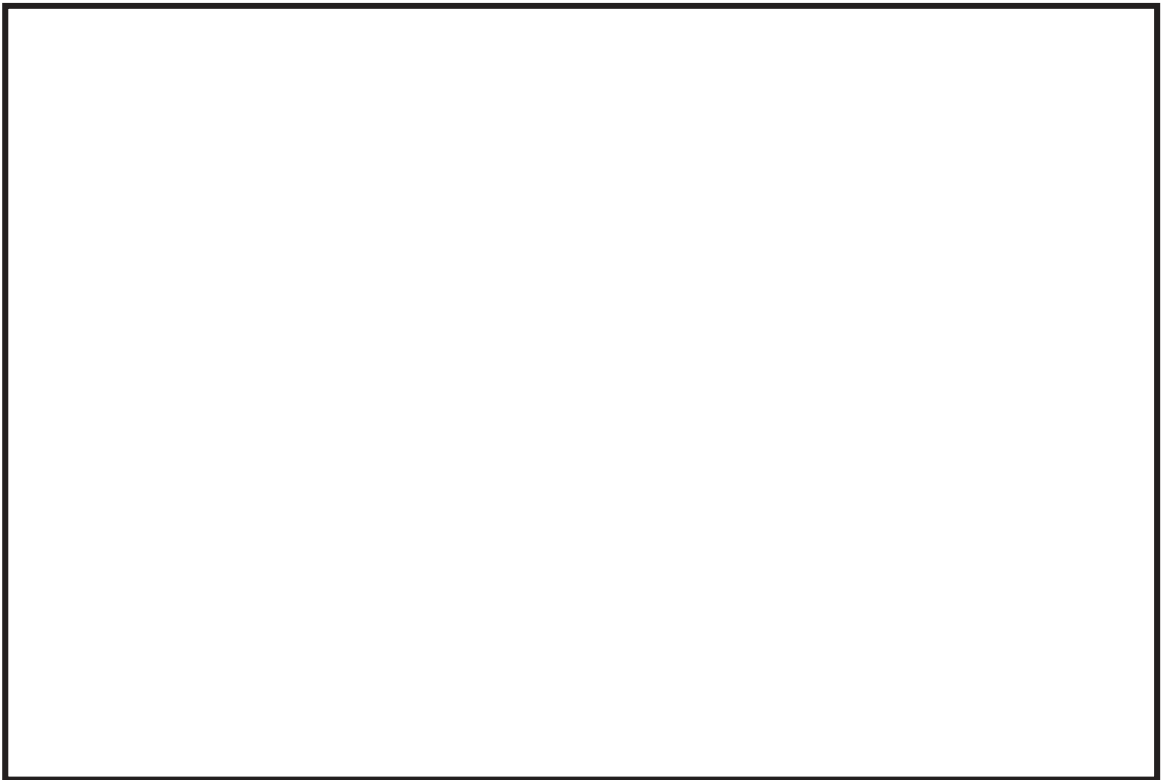


図 3-4(2) 振動モード図 (NS 方向, 2 次)

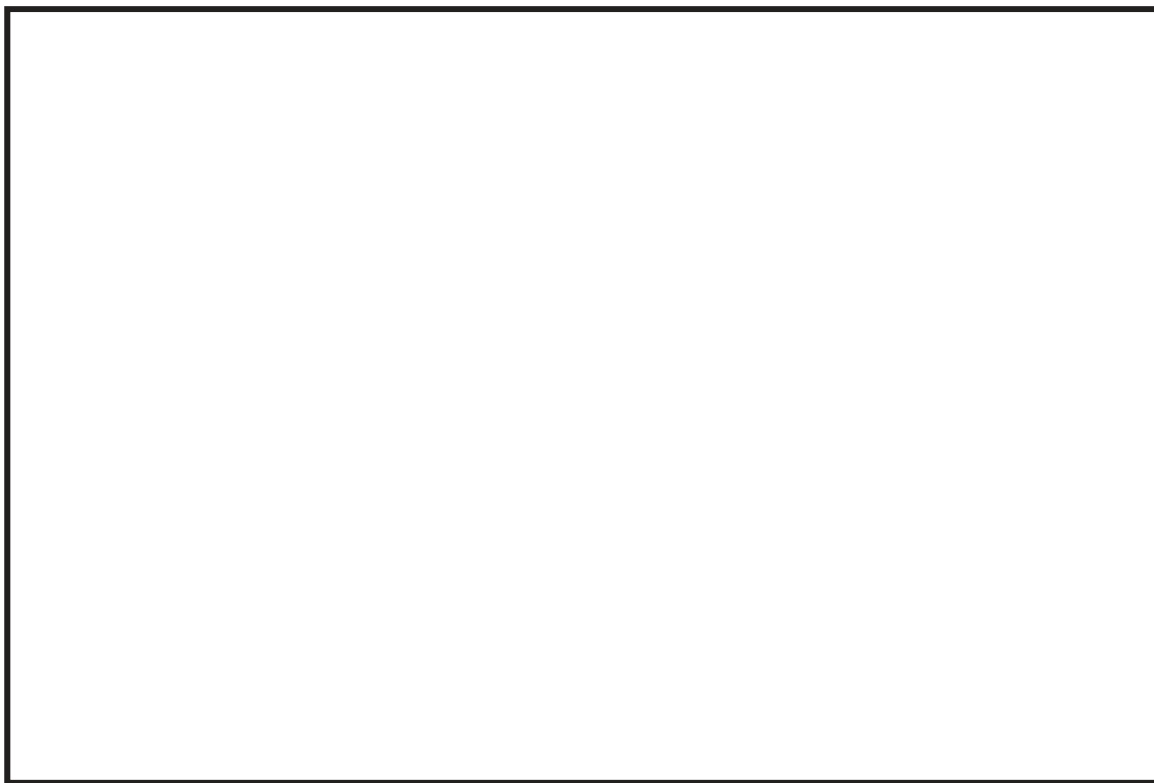


図 3-4(3) 振動モード図 (NS 方向, 3 次)



図 3-4(4) 振動モード図 (NS 方向, 4 次)

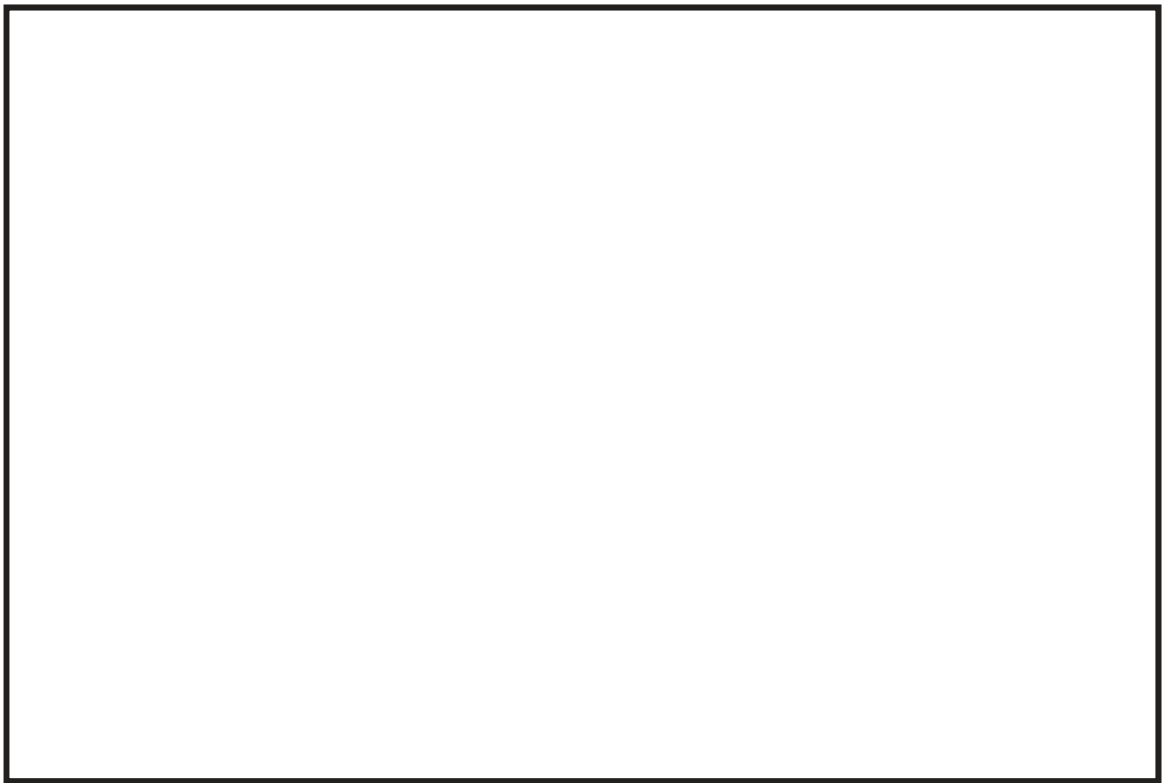


図 3-4(5) 振動モード図 (EW 方向, 1 次)

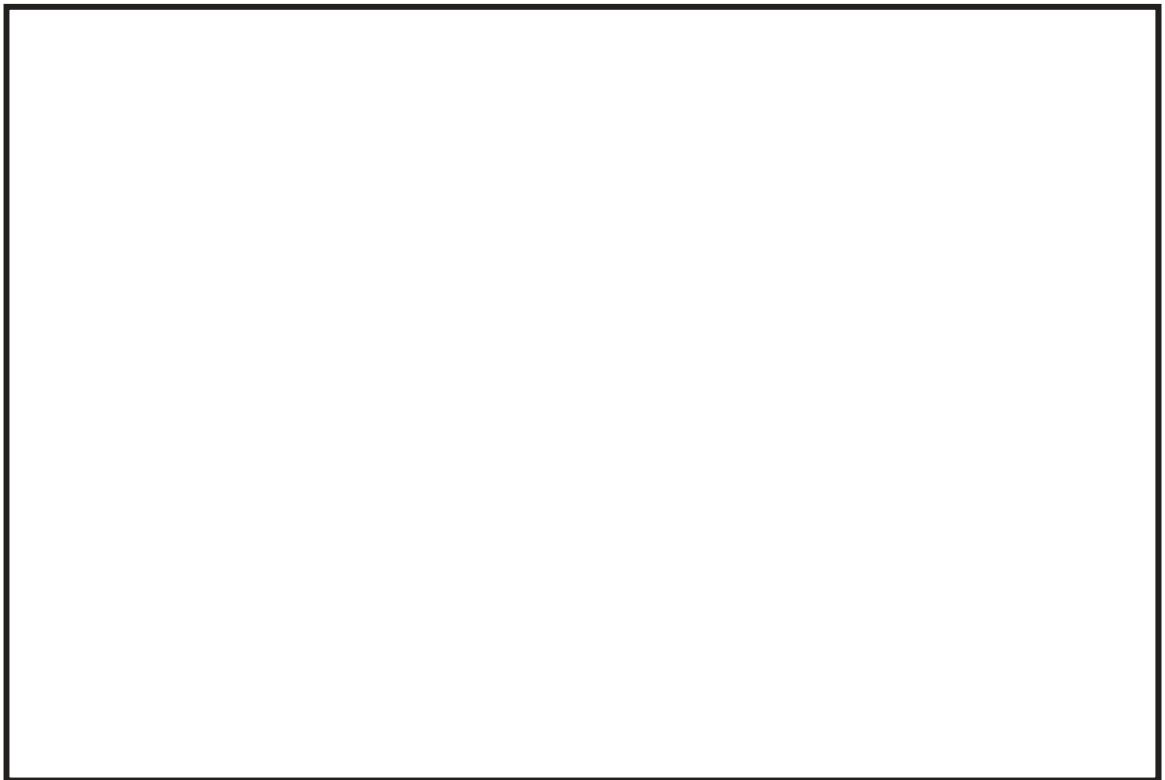


図 3-4(6) 振動モード図 (EW 方向, 2 次)



図 3-4(7) 振動モード図 (EW 方向, 3 次)



図 3-4(8) 振動モード図 (EW 方向, 4 次)

表 3-1 解析モデルのデータ諸元

部材端の節点番号	断面寸法 (mm)		縦弾性係数 (MPa)	ポアソン比	密度 (kg/mm ³)
	外径	厚さ			
101-102					
102~110					
201-202					
202~210					
301-302					
302~310					
401-402					
402~410					
501-502					
502~510					
106-206					
106-306					
206-306					
206-406					
306-406					
306-506					
406-506					

02 ③ VI-2-3-4-3-11 R0

表 3-2 並進ばね定数

(単位：N/mm)

記号	
K_1	
K_2	
K_3	
K_4	
K_5	
K_6	
K_7	

表 3-3 回転ばね定数

(単位：N/mm)

記号	
$K_{\theta 1}$	
$K_{\theta 2}$	
$K_{\theta 3}$	
$K_{\theta 4}$	
$K_{\theta 5}$	
$K_{\theta 6}$	
$K_{\theta 7}$	

表 3-4(1) 固有周期 (NS 方向)

モード	卓越方向	固有周期 (s)	刺激係数
1 次			
2 次			
3 次			
4 次			

表 3-4(2) 固有周期 (EW 方向)

モード	卓越方向	固有周期 (s)	刺激係数
1 次			
2 次			
3 次			
4 次			

表 3-5 設計震度

設置場所及び床面高さ (m)		原子炉圧力容器内部 0.P. 			
固有周期 (s)		水平 : 鉛直 : 0.05 以下			
減衰定数 (%)		水平 : 2.0^{*2} 鉛直 : -			
地震力		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
モード	固有周期 (s)	応答水平震度 ^{*3}	応答鉛直震度	応答水平震度 ^{*4}	応答鉛直震度
1 次			-		-
2 次					
3 次					
4 次					
動的地震力 ^{*5}		1.04	0.96	1.96	1.65
静的地震力 ^{*6}		0.78	0.29	-	-

* 1 : 1 次固有周期について記載

* 2 : ボルト締結構造物に適用される減衰定数

* 3 : 各モードの固有周期に対し弾性設計用地震動 S d より得られる震度

* 4 : 各モードの固有周期に対し基準地震動 S s より得られる震度

* 5 : S s 又は S d に基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。

* 6 : 静的震度 ($1.2 \cdot C_v$) を示す。

O2 ③ VI-2-3-4-3-11 R0

表 5-1 一次一般膜応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価面	許容応力状態Ⅲ _A S		許容応力状態Ⅳ _A S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	2	92*	3	148*
P01' P02'	2	92*	3	148*

注記*：継手効率 を乗じた値を示す。

表 5-2 一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価面	許容応力状態Ⅲ _A S		許容応力状態Ⅳ _A S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	67	139*	102	223*
P01' P02'	66	139*	101	223*

注記*：継手効率 を乗じた値を示す。

VI-2-4 核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設の耐震性についての計算書

目 次

- VI-2-4-1 核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設の耐震性についての計算結果
- VI-2-4-2 使用済燃料貯蔵設備の耐震性についての計算書
- VI-2-4-3 使用済燃料貯蔵槽冷却浄化設備の耐震性についての計算書
- VI-2-4-4 核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設の基本設計方針の耐震性についての説明書

VI-2-4-1 核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設の耐震性
についての計算結果

目次

1. 概要 1
2. 耐震評価条件整理 1

1. 概要

本資料は、核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設の耐震計算の手法及び条件の整理について説明するものである。

2. 耐震評価条件整理

核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設に対して、設計基準対象施設の耐震重要度分類、重大事故等対処設備の設備分類を整理した。既設の設計基準対象施設については、耐震評価における手法及び条件について、既に認可を受けた実績との差異の有無を整理した。また、重大事故等対処設備のうち、設計基準対象施設であるものについては、重大事故等対処設備の評価条件と設計基準対象施設の評価条件の差異の有無を整理した。結果を表2-1に示す。

核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設の耐震計算は表2-1に示す計算書に記載する。

表 2-1 耐震評価条件整理一覧表 (1/2)

評価対象設備		設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
		耐震重要度分類	新規制基準施行前に認可された実績との差異	耐震計算の記載箇所	設備分類*1	設計基準対象施設との評価条件の差異	耐震計算の記載箇所
核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設	使用済燃料プール (設計基準対象施設としてのみ第1, 2号機共用)	S	無	VI-2-4-2-1	常設耐震/防止 常設/緩和	有	VI-2-4-2-1
	使用済燃料貯蔵ラック (設計基準対象施設としてのみ第1, 2号機共用)	S	有	VI-2-4-2-2	常設耐震/防止 常設/緩和	有	VI-2-4-2-2
	制御棒・破損燃料貯蔵ラック	S	無	VI-2-4-2-3	常設耐震/防止 常設/緩和	有	VI-2-4-2-3
	使用済燃料プール水位/温度 (ガイドパルス式)	C	—*2	VI-2-4-2-4	常設/防止 常設/緩和	無	VI-2-4-2-4
	使用済燃料プール水位/温度 (ヒートサーモ式)	—	—*2	—	常設/防止 常設/緩和	—	VI-2-4-2-5

表 2-1 耐震評価条件整理一覧表 (2/2)

評価対象設備			設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
			耐震重要度分類	新規制基準施行前に認可された実績との差異	耐震計算の記載箇所	設備分類*1	設計基準対象施設との評価条件の差異	耐震計算の記載箇所
核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設	使用済燃料貯蔵槽冷却浄化設備	燃料プール冷却浄化系熱交換器 (設計基準対象施設としてのみ第1, 2号機共用)	B	—*2	—	常設耐震/防止	—	VI-2-4-3-1-1
		燃料プール冷却浄化系ポンプ (設計基準対象施設としてのみ第1, 2号機共用)	B	—*2	—	常設耐震/防止	—	VI-2-4-3-1-2
		主配管	S	有	VI-2-4-3-1-3	常設耐震/防止 常設/緩和	無	VI-2-4-3-1-3 VI-2-4-3-2-1 VI-2-4-3-3-1
	—	使用済燃料プール監視カメラ	—	—*2	—	常設/防止 常設/緩和	—	VI-2-4-4-1

注記*1 : 「常設耐震/防止」は常設耐震重要重大事故防止設備, 「常設/緩和」は常設重大事故緩和設備, 「常設/防止」は常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備を示す。

注記*2 : 本工事計画で新規に申請する設備であることから, 差異比較の対象外。

VI-2-4-2 使用済燃料貯蔵設備の耐震性についての計算書

目 次

- VI-2-4-2-2 使用済燃料貯蔵ラック（第1, 2号機共用）の耐震性についての計算書
- VI-2-4-2-3 制御棒・破損燃料貯蔵ラックの耐震性についての計算書
- VI-2-4-2-4 使用済燃料プール水位／温度（ガイドパルス式）の耐震性についての計算書
- VI-2-4-2-5 使用済燃料プール水位／温度（ヒートサーモ式）の耐震性についての計算書

VI-2-4-2-2 使用済燃料貯蔵ラック（第1, 2号機共用）の耐震性
についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用基準	4
2.4 記号の説明	5
2.5 計算精度と数値の丸め方	6
3. 評価部位	7
4. 地震応答解析及び構造強度評価	7
4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法	7
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	11
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	11
4.2.2 許容応力	11
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	11
4.3 解析モデル及び諸元	16
4.4 固有周期	20
4.5 設計用地震力	23
4.6 計算方法	25
4.6.1 部材の応力	25
4.6.2 基礎ボルトの応力	27
4.7 計算条件	29
4.8 応力の評価	29
4.8.1 部材の応力評価	29
4.8.2 基礎ボルトの応力評価	29
5. 評価結果	30
5.1 設計基準対象施設としての評価結果	30
5.2 重大事故等対処設備としての評価結果	30

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき、使用済燃料貯蔵ラック（以下「ラック」という。）が設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

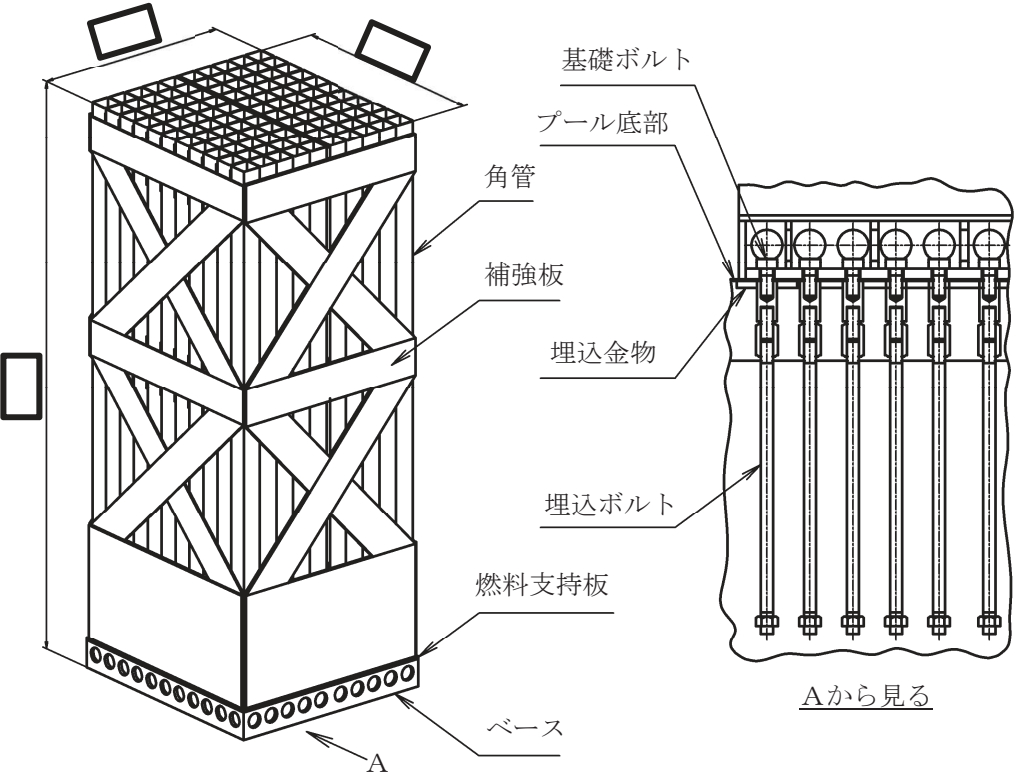
ラックは、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

ラックの構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>ラックは、たて置形でベースを使用済燃料プールの床に基礎ボルトを介して固定される。</p>	<p>製たて置きラック。</p> <p>ラックは、110体ラックが8個、170体ラックが8個ある。</p>	 <p>寸法は110体ラックの値 (単位: mm)</p>

2.2 評価方針

ラックの応力評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」のうち「3.1 構造強度上の制限」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示すラックの部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4.3 解析モデル及び諸元」及び「4.4 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「4. 地震応答解析及び構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5. 評価結果」に示す。

ラックの耐震評価フローを図 2-1 に示す。

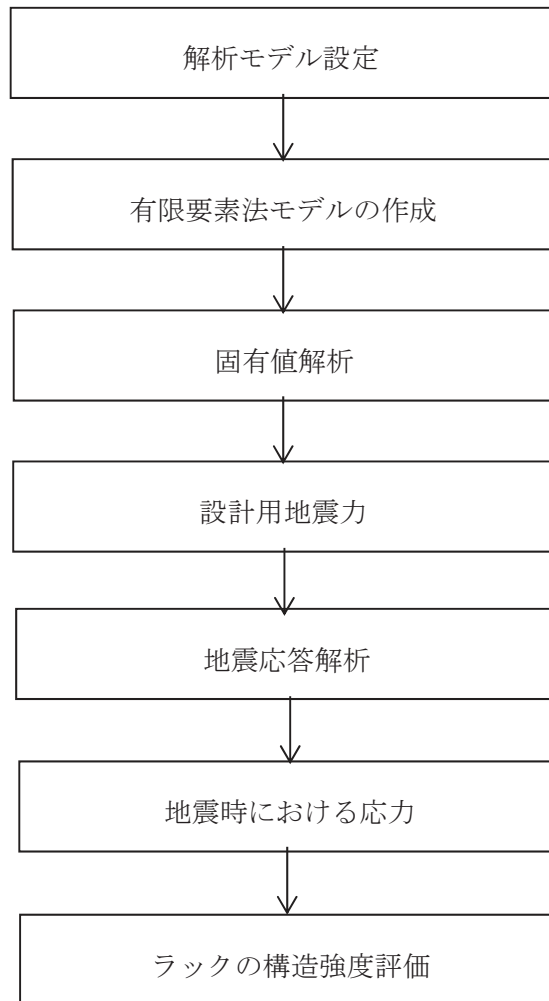


図 2-1 ラックの耐震評価フロー

2.3 適用基準

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 ((社) 日本電気協会)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補一
1984 ((社) 日本電気協会)
- (3) 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版 ((社) 日本電気
協会)
- (4) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 2005年版 (2007年追補版含む。) J S M
E S N C 1 -2005/2007 ((社) 日本機械学会) (以下「設計・建設規格」とい
う。)

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_b	基礎ボルトの軸断面積	mm^2
A_x	部材の断面積	mm^2
A_y, A_z	部材のせん断断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
E	縦弾性係数	MPa
F	設計・建設規格 SSB-3121.1又はSSB-3131に定める値	MPa
F^*	設計・建設規格 SSB-3121.3又はSSB-3133に定める値	MPa
F_x	部材に働く引張力	N
F_y, F_z	部材に働くせん断力	N
F_i	ベース底部に働くせん断力 (110体又は170体)	N
f_{ji}	基礎ボルトに働く引張力 (1本当たり)	N
f_s	部材の許容せん断応力	MPa
f_{sb}	せん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力	MPa
f_t	部材の許容引張応力	MPa
f_{to}	引張力のみを受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
f_{ts}	引張力とせん断力を同時に受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
g	重力加速度 ($g=9.80665$)	m/s^2
l_{gi}	ベース端から重心までの距離	mm
l_{ji}	ベース端から基礎ボルトまでの距離	mm
M_i	ベース底部の転倒モーメント (110体又は170体)	$\text{N}\cdot\text{mm}$
M_y, M_z	部材に働く曲げモーメント	$\text{N}\cdot\text{mm}$
m	使用済燃料貯蔵時のラック全質量 (110体又は170体)	kg
m_F	燃料の質量	kg
m_R	ラックの質量	kg
m_W	ラックに含まれる水の質量	kg
n	基礎ボルトの全本数	—
n_{ji}	基礎ボルト各部の本数	—
S_u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa
$S_y(RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料 の40°Cにおける値	MPa
Z_y, Z_z	部材の断面係数	mm^3
σ_b	基礎ボルトに生じる引張応力	MPa
σ_x, σ_y	シェル部材に生じる引張応力	MPa
σ_{fa}	部材に生じる組合せ応力	MPa

記号	記号の説明	単位
σ_{ft}	はり部材に生じる引張応力	MPa
τ_b	基礎ボルトに生じるせん断応力	MPa
τ_f	はり部材に生じるせん断応力	MPa
τ_{xy}	シェル部材に生じるせん断応力	MPa

注1: F_i , f_{ji} , l_{gi} , l_{ji} , M_i 及び n_{ji} の添字 i の意味は、以下のとおりとする。

$i = N$: NS (短辺) 方向

$i = E$: EW (長辺) 方向

注2: f_{ji} , l_{ji} 及び n_{ji} の添字 j はボルトの列番号を示すものとする。

2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表2-2に示すとおりとする。

表2-2 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第4位	四捨五入	小数点以下第3位
設計震度	—	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位
最高使用温度	°C	小数点以下第1位	四捨五入	整数位
質量	kg	—	—	整数位
長さ	mm	—	—	整数位 ^{*1}
面積	mm ²	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 ^{*2}
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 ^{*2}
モーメント	N・mm	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 ^{*2}
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力 ^{*3}	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

注記*1: 設計上定める値が小数点以下の場合は、小数点以下表示とする。

*2: 絶対値が1000以上のときはべき数表示とする。

*3: 設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における設計引張強さ及び設計降伏点は、比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨て、整数位までの値とする。

3. 評価部位

ラックの耐震評価は、「4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる角管、補強板、燃料支持板、ベース及び基礎ボルトについて実施する。

ラックの耐震評価部位については、表 2-1 の概略構造図に示す。

4. 地震応答解析及び構造強度評価

4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法

- (1) 地震応答解析には、はり要素及びシェル要素を用いた有限要素法モデルによるスペクトルモーダル解析を用いる。
- (2) ラックは、原子炉建屋の使用済燃料プールの底部(OP. 21.38m)に基礎ボルトにより固定されるものとする。
- (3) ラックの質量には、使用済燃料の質量及びラック自身の質量のほか、ラックに含まれる水の質量及びラック外形の排除水質量*を考慮する。
- (4) 地震力は、ラックに対して水平方向から作用するものとする。
ここで、水平方向地震力は、ラックの長辺方向に作用する場合及び短辺方向に作用する場合を考慮する。
また、鉛直方向地震力は、水平方向地震力と同時に不利な方向に作用するものとする。
- (5) 構造概念図（110体ラックの例）を図 4-1 に、各ラックの構造概要図を図 4-2 及び図 4-3 に示す。

注記*：排除水質量とは、水中の機器の形状により排除される機器周囲の流体の質量である。

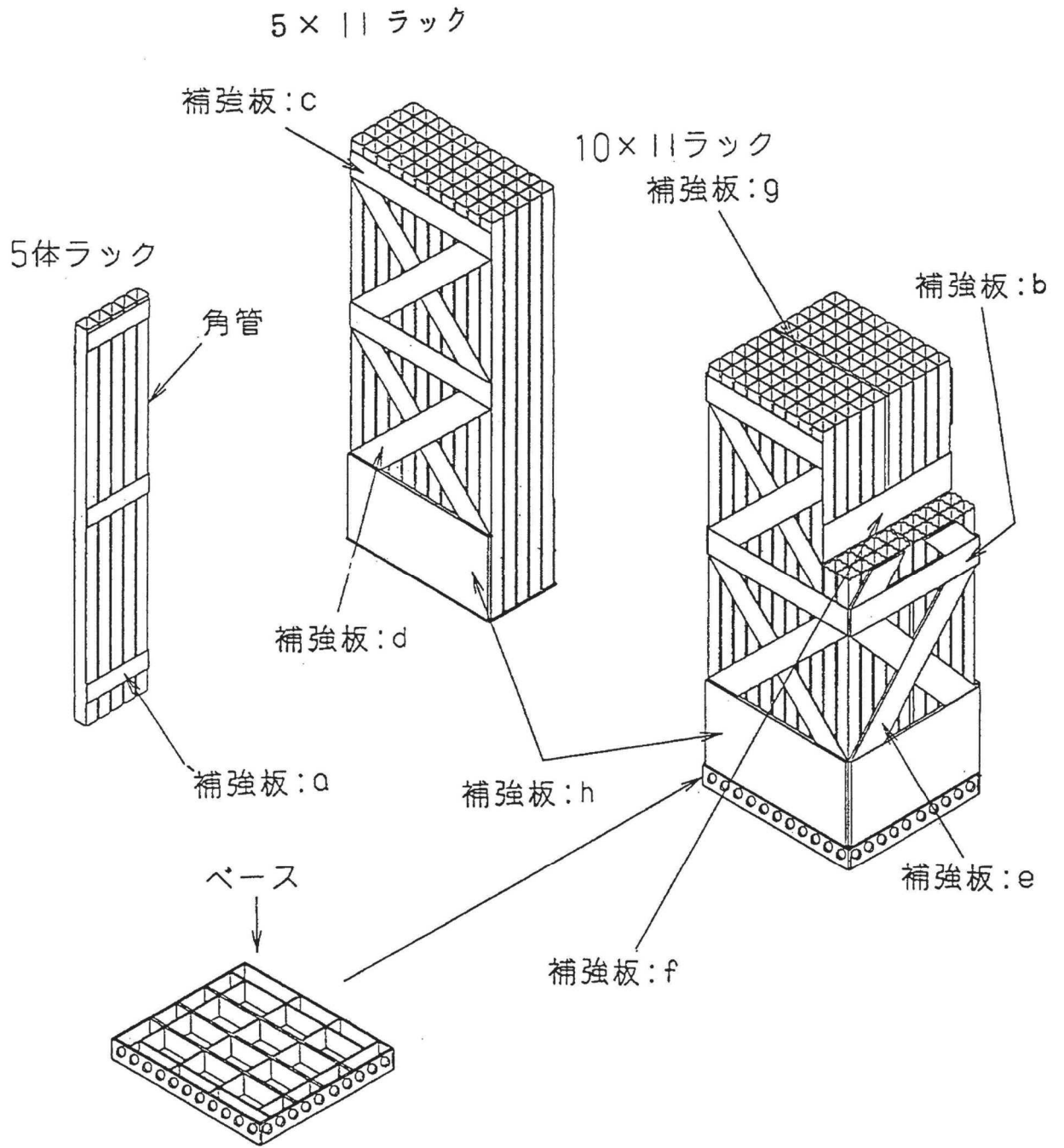
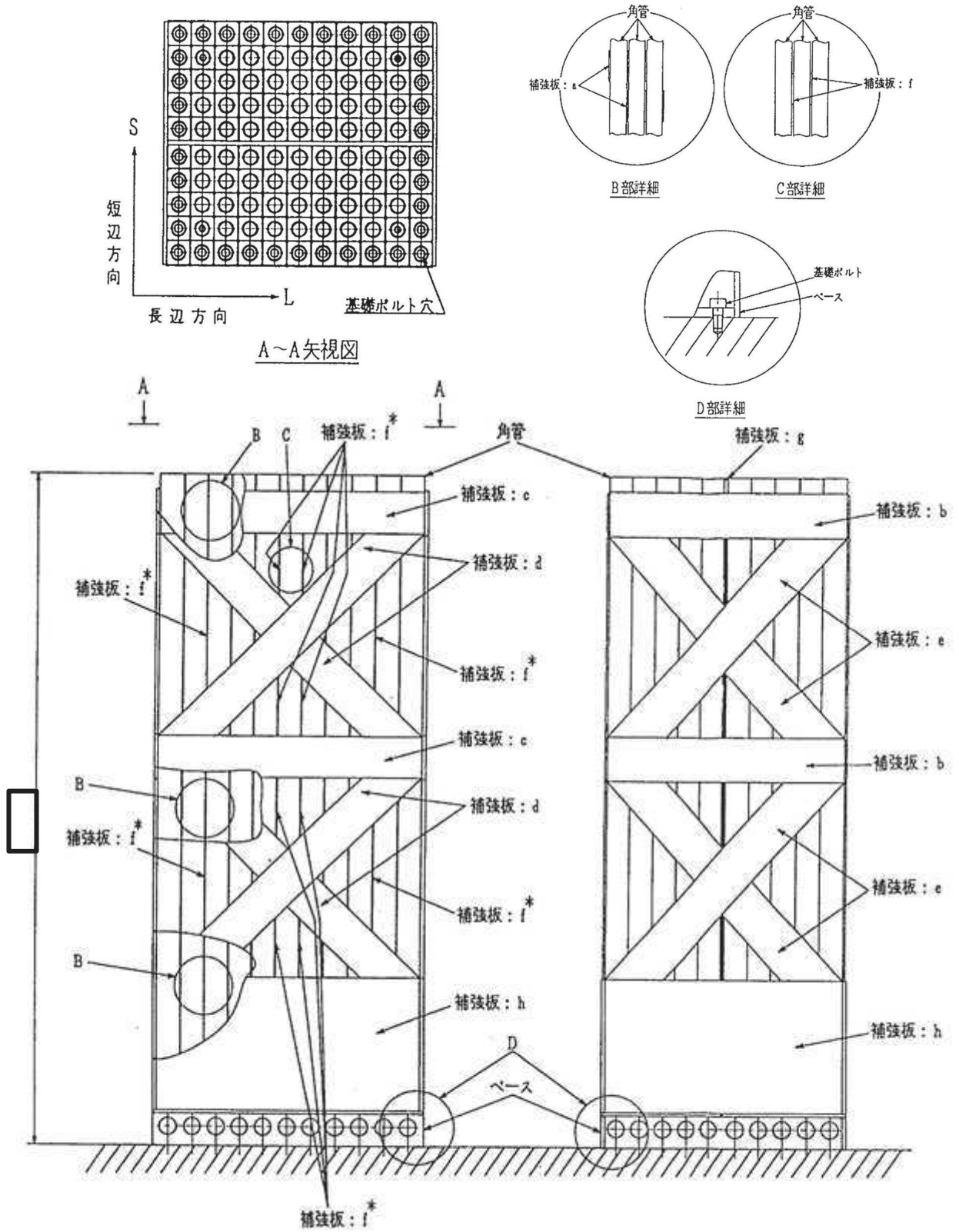


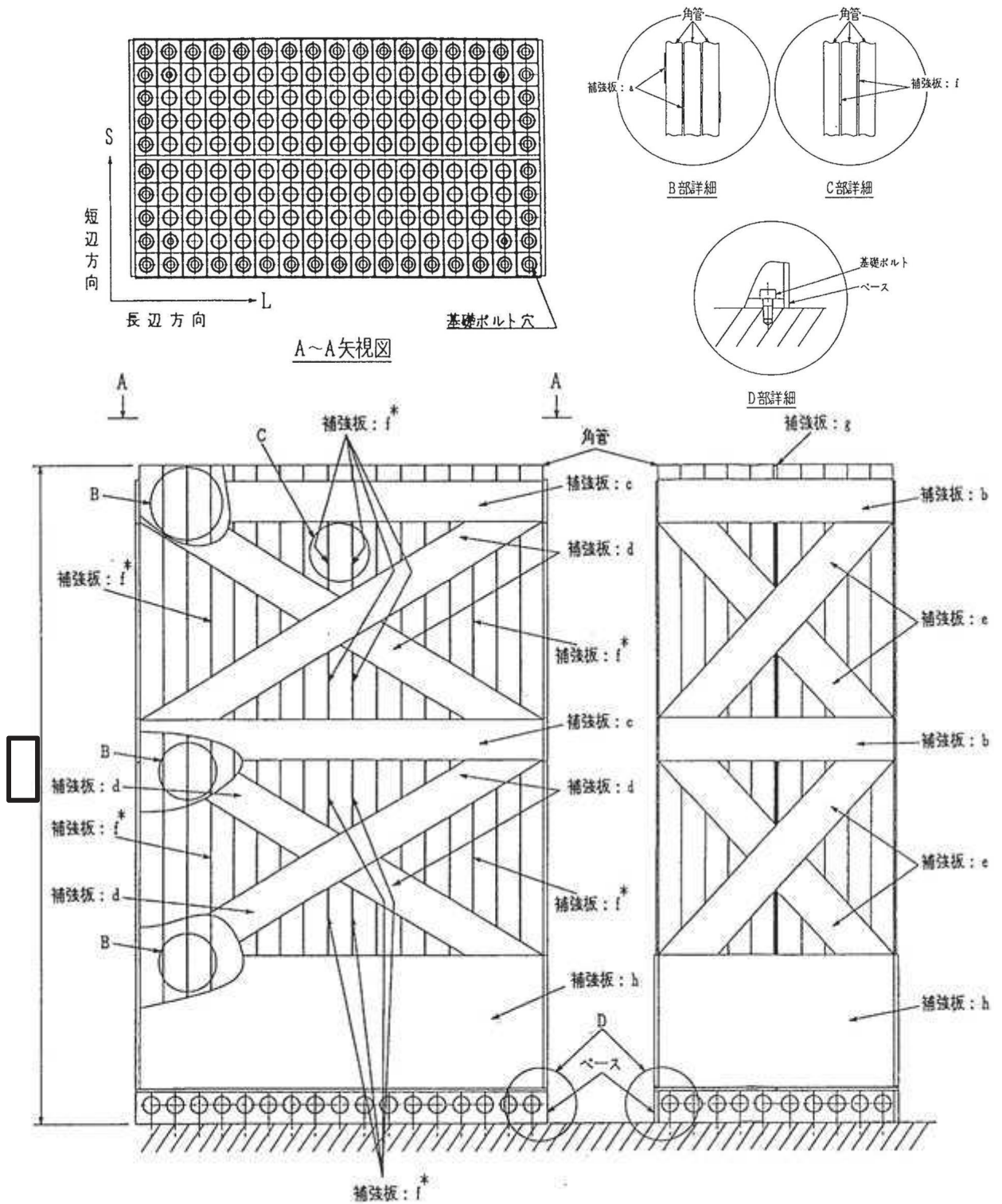
図 4-1 構造概念図 (110 体ラック)



注記*：矢印の位置は補強板：fの幅方向の中心を示す。

図 4-2 構造概要図 (110 体ラック)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



注記*：矢印の位置は補強板：fの幅方向の中心を示す。

図 4-3 構造概要図 (170体ラック)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

ラックの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-1 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-2 に示す。

4.2.2 許容応力

ラックの許容応力は、添付資料「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 4-3 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

ラックの許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-4 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-5 に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震設計上の 重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
核燃料物質の 取扱施設及び 貯蔵施設	使用済燃料 貯蔵設備	使用済燃料 貯蔵ラック	S	—*1	$D + P_D + M_D + S_d^{*2}$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S

注記*1：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

*2：S_sとの組み合わせ、Ⅲ_ASの評価を実施する。

表 4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
核燃料物質の 取扱施設及び 貯蔵施設	使用済燃料 貯蔵設備	使用済燃料 貯蔵ラック	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	Ⅳ _A S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _A S (V _A SとしてⅣ _A Sの 許容限界を用いる。)

注記*1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*2：重大事故等その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

*3：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4-3 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界 ^{*1, *2} (ボルト等以外)		許容限界 ^{*1, *2} (ボルト等)	
	一次応力		一次応力	
	引張り	せん断	引張り	せん断
Ⅲ _A S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
Ⅳ _A S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
Ⅴ _A S (Ⅴ _A SとしてⅣ _A Sの許容限界を用いる。)				

注記*1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

*2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-4 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S (MPa)	S _y ^{*1} (MPa)	S _u ^{*1} (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		最高使用温度					
角管		最高使用温度	66	—	188 ^{*2}	479 ^{*2}	205 ^{*2}
補強板	SUS304	最高使用温度	66	—	188	479	205
燃料支持板	SUS304	最高使用温度	66	—	188	479	205
ベース	SUS304	最高使用温度	66	—	188	479	205
基礎ボルト		最高使用温度	66	—			

注記*1：最高使用温度（66 °C）で算出

*2： の S_y、S_uの値は、SUS304 の規格値を上回っているが、安全側の評価とするため、SUS304 の値を使用する。

表 4-5 使用材料の許容応力評価条件 (重大事故等対処設備)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S (MPa)	S _y ^{*1} (MPa)	S _u ^{*1} (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		最高使用温度					
角管		最高使用温度	100	—	171 ^{*2}	441 ^{*2}	205 ^{*2}
補強板	SUS304	最高使用温度	100	—	171	441	205
燃料支持板	SUS304	最高使用温度	100	—	171	441	205
ベース	SUS304	最高使用温度	100	—	171	441	205
基礎ボルト		最高使用温度	100	—			

注記*1：最高使用温度 (100 °C) で算出

*2： [] の S_y、S_u の値は、SUS304 の規格値を上回っているが、安全側の評価とするため、SUS304 の値を使用する。

4.3 解析モデル及び諸元

ラックの解析モデルを図 4-4 及び図 4-5 に、解析モデルの概要を以下に示す。また、機器の諸元を表 4-6 に示す。

ラックは、110 体、170 体ラック各々について、はり要素及びシェル要素を用いた有限要素モデルとする。

角管はそれぞれ等価な断面特性を持つ 1 本のはり要素、補強板 a～e についてもそれぞれ同様にはり要素とし、補強板 f～h、燃料支持板及びベースはシェル要素とする。

ベースは基礎ボルトをモデル化したバネ要素を介して床に固定されているものとする。

また、ラックの質量には、使用済燃料の質量、ラック自身の質量、ラックに含まれる水の質量及び排除水質量を考慮し、使用済燃料、ラックに含まれる水の質量及び排除水質量は、角管全長にわたって等分布に与える。

本ラックに使用する [] であり、 [] の縦弾性係数は [] に従って漸増する傾向にあるため、縦弾性係数は [] の実験値を用いるものとする。

また、計算に用いる設計条件、固有周期の算出及び部材と基礎ボルトの応力評価に用いる要目を「4. 地震応答解析及び構造強度評価」及び「5. 評価結果」に示す。

解析コードは、「NASTRAN」を使用し、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

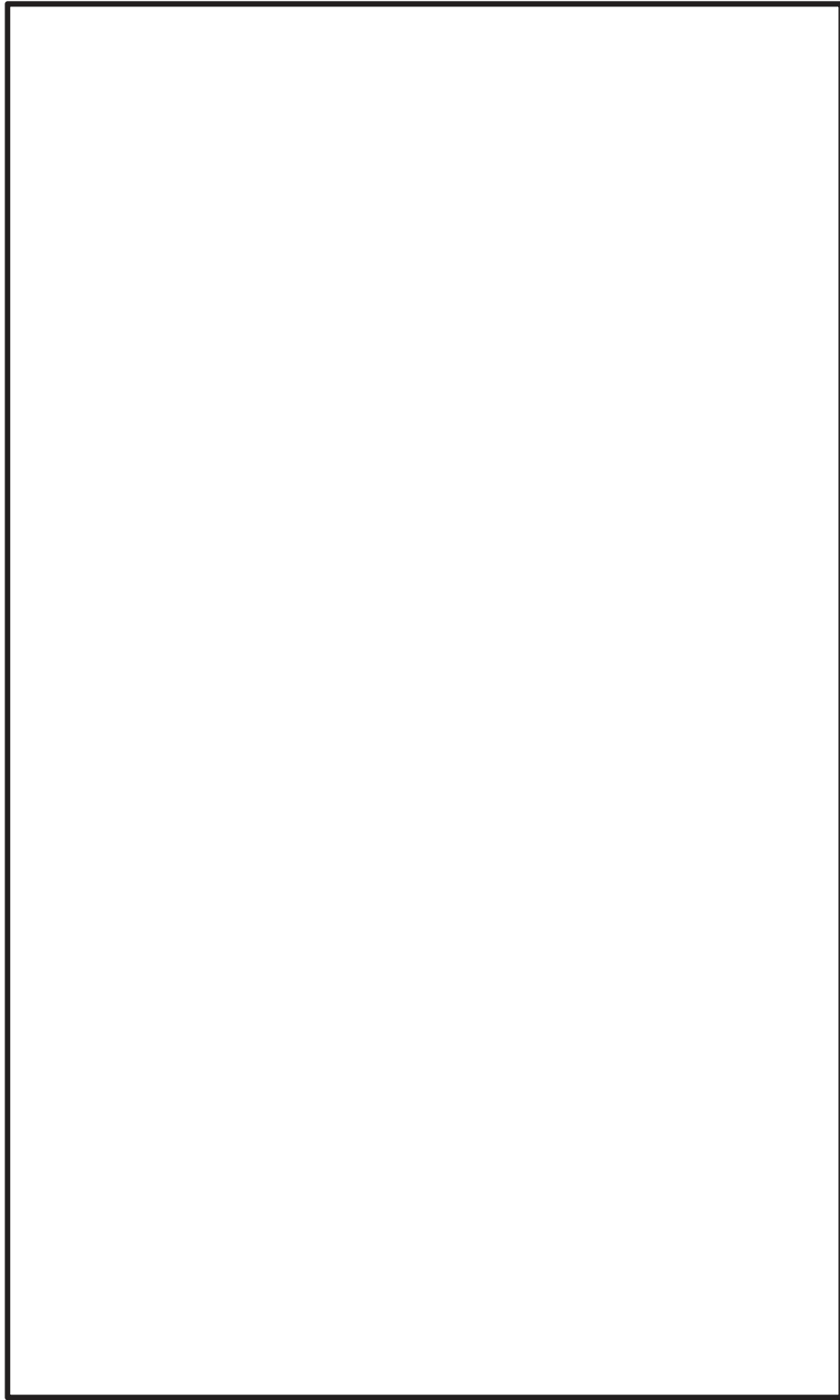


図 4-4 解析モデル (110 体ラック)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

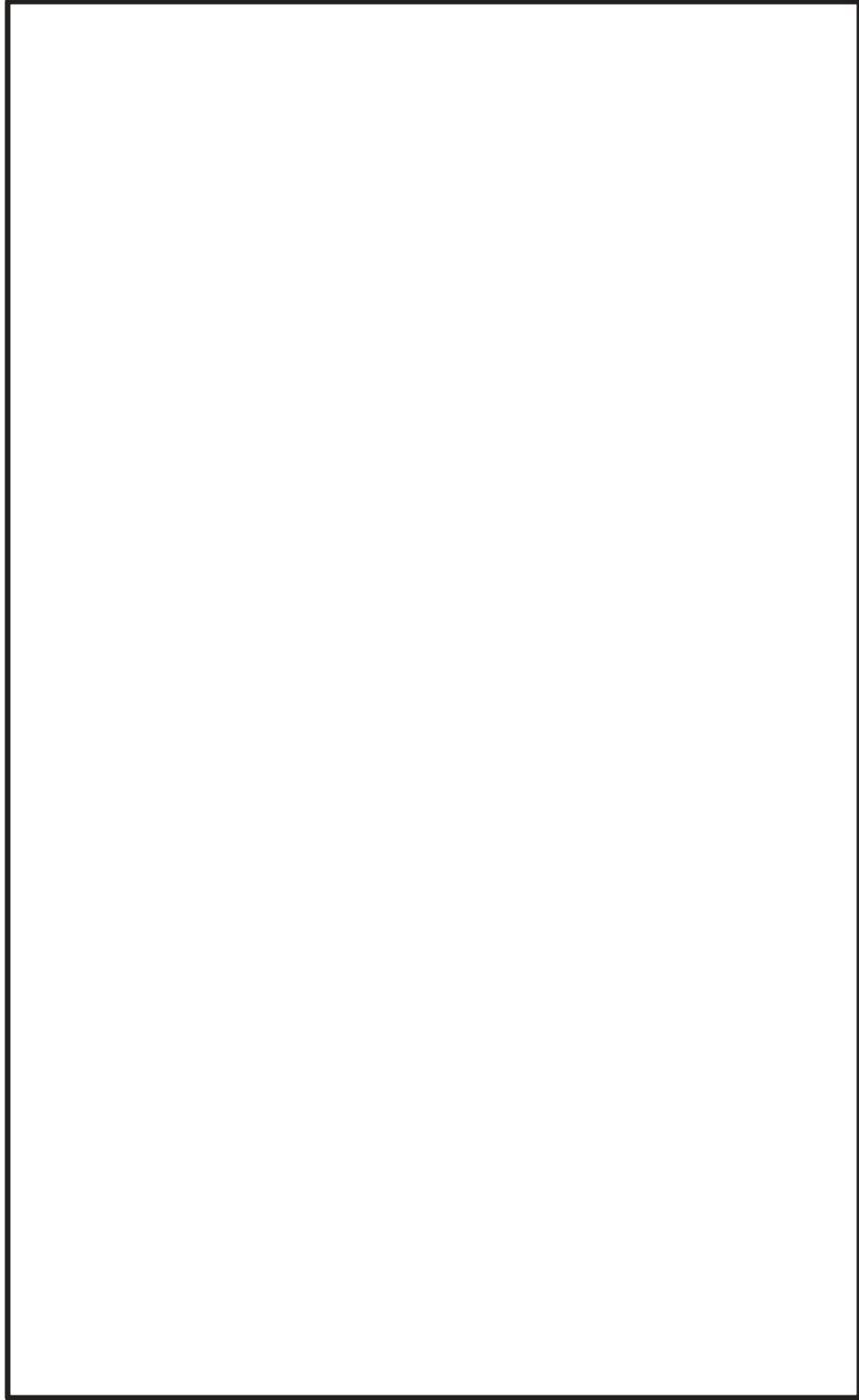


図 4-5 解析モデル (170 体ラック)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 4-6 機器諸元

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	[] SUS304 (補強板, 燃料支持板, ベース)
質量	m	kg	[]
温度条件 (最高使用温度)	T	°C	66
縦弾性係数	E* ¹	MPa	[] 192000 (補強板, 燃料支持板, ベース) 192000 (基礎ボルト)
ポアソン比	ν	—	[]
要素数	—	個	[]
節点数	—	個	[]

注記*1: 最高使用温度 (66 °C) で算出

*2: []における実験値

4.4 固有周期

固有値解析の結果を表 4-7 に、振動モード図を図 4-6～図 4-9 に示す。鉛直方向は、5 次モード以降で卓越し、固有周期は、0.05 秒以下であり、剛であることを確認した。

表 4-7 固有値解析結果

ラック	モード	固有周期 (s)	卓越方向	刺激係数		
				X	Y	Z
110 体 ラック	1 次					
	2 次					
	3 次					
	5 次					
170 体 ラック	1 次					
	2 次					
	3 次					
	6 次					

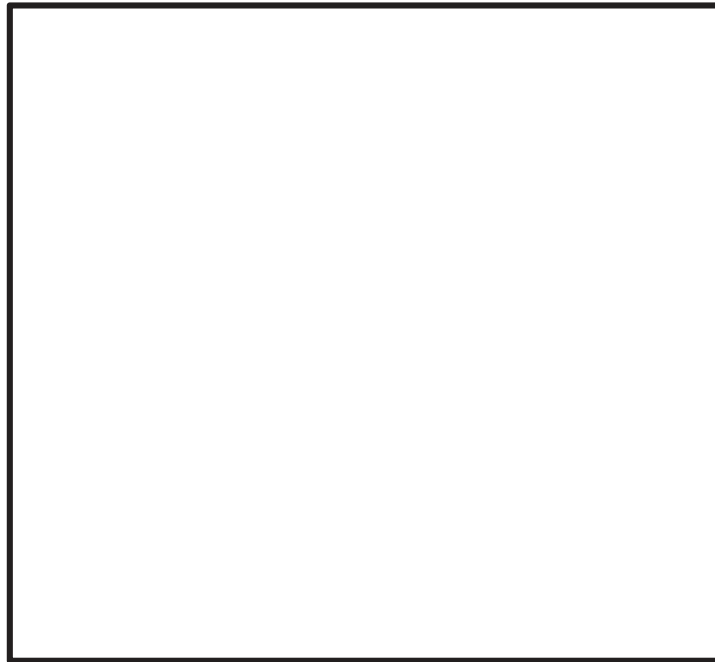


図 4-6 振動モード (110 体ラック) 1 次モード



図 4-7 振動モード (110 体ラック) 2 次モード

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

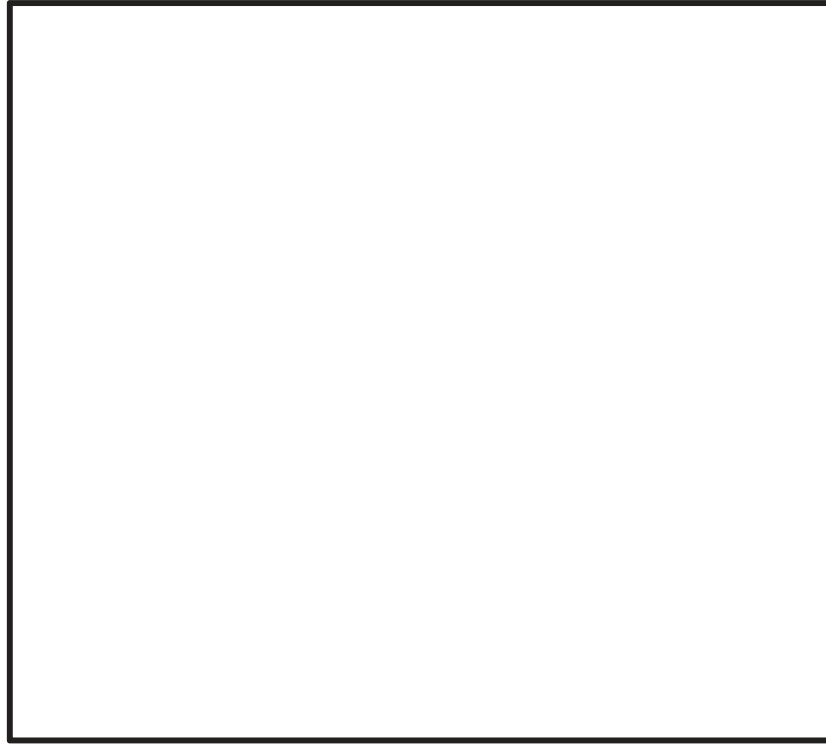


図 4-8 振動モード (170 体ラック) 1 次モード

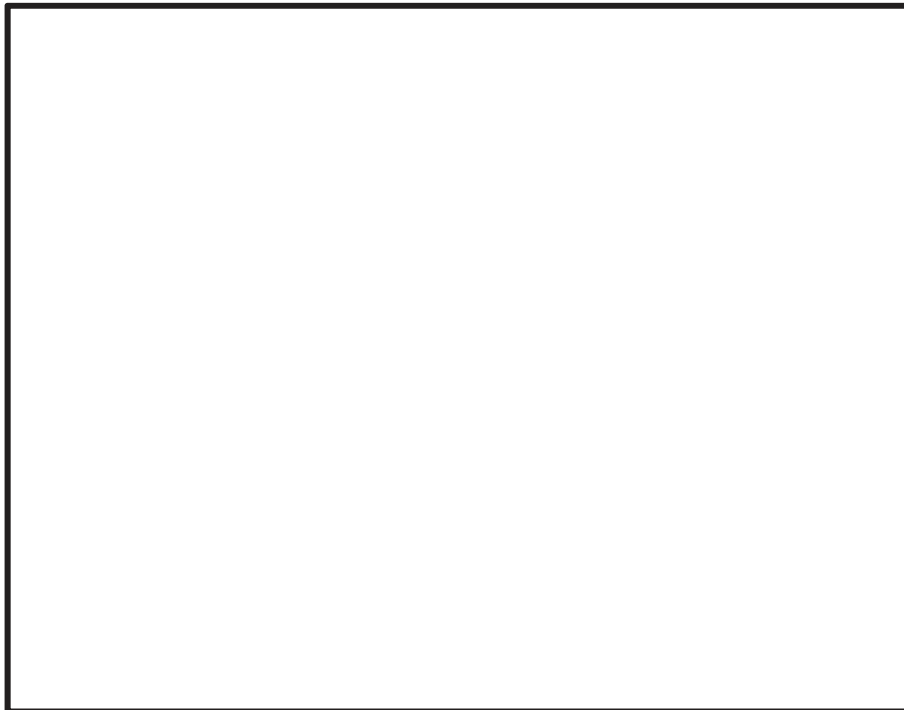


図 4-9 振動モード (170 体ラック) 2 次モード

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4.5 設計用地震力

「弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度」及び「基準地震動 S_s」による地震力は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。また、減衰定数は添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

評価に用いる設計用地震力を表 4-8 及び表 4-9 に示す。

表 4-8 設計用地震力（設計基準対象施設）

a. 110 体ラック

据付け場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		減衰定数 (%)	
	水平 方向	鉛直 方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平 方向	鉛直 方向
原子炉建屋 OP. 22.50* ¹		0.05 以下* ²	—* ³	—* ³	C _H =2.12 又は* ⁴	C _V =1.56	10.0* ⁵	—

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：固有値解析により、0.05 秒以下であり、剛であることを確認した。

*3：Ⅲ_AS については、基準地震動 S_s で評価する。

*4：基準地震動 S_s に基づく設備評価用床応答曲線により得られる値。

*5：試験等により、妥当性が確認されている値。

b. 170 体ラック

据付け場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		減衰定数 (%)	
	水平 方向	鉛直 方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平 方向	鉛直 方向
原子炉建屋 OP. 22.50* ¹		0.05 以下* ²	—* ³	—* ³	C _H =2.12 又は* ⁴	C _V =1.56	10.0* ⁵	—

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：固有値解析により、0.05 秒以下であり、剛であることを確認した。

*3：Ⅲ_AS については、基準地震動 S_s で評価する。

*4：基準地震動 S_s に基づく設備評価用床応答曲線により得られる値。

*5：試験等により、妥当性が確認されている値。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 4-9 設計用地震力（重大事故等対処設備）

a. 110 体ラック

据付け場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		減衰定数 (%)	
	水平 方向	鉛直 方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平 方向	鉛直 方向
原子炉建屋 OP. 22.50* ¹		0.05 以下* ²	—	—	C _H =2.12 又は* ³	C _V =1.56	10.0* ⁴	—

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：固有値解析により，0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。

*3：基準地震動 S_s に基づく設備評価用床応答曲線により得られる値。

*4：試験等により，妥当性が確認されている値。

b. 170 体ラック

据付け場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		減衰定数 (%)	
	水平 方向	鉛直 方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平 方向	鉛直 方向
原子炉建屋 OP. 22.50* ¹		0.05 以下* ²	—	—	C _H =2.12 又は* ³	C _V =1.56	10.0* ⁴	—

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：固有値解析により，0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。

*3：基準地震動 S_s に基づく設備評価用床応答曲線により得られる値。

*4：試験等により，妥当性が確認されている値。

4.6 計算方法

4.6.1 部材の応力

部材についての応力計算は、図 4-4 及び図 4-5 の解析モデルにて、角管、補強板、燃料支持板及びベースから成る系全体での応力計算を解析コード「NASTRAN」を使用し
て行い、本項に示す計算方法に従って引張応力、せん断応力及び組合せ応力を計算する。

(1) はり部材の応力

解析コード内では、各部材の局所座標系、引張力 F_x 、せん断力 F_y 、 F_z 、及び曲げモーメント M_y 、 M_z の働く向きを図 4-10 に示すように設定している。

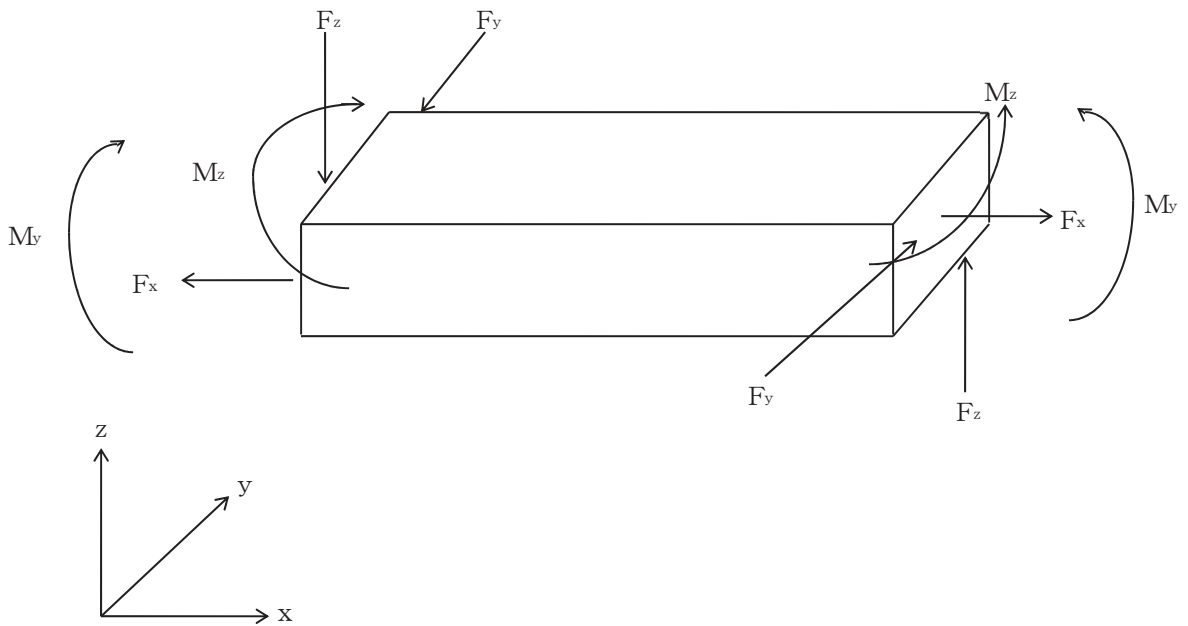


図 4-10 はり部材の応力計算モデル

引張力 F_x 及び曲げモーメント M_y 、 M_z によりはり部材に生じる引張応力 σ_{ft} は、(4.1) 式により求める。

$$\sigma_{ft} = \frac{F_x}{A_x} + \frac{M_y}{Z_y} + \frac{M_z}{Z_z} \dots\dots\dots (4.1)$$

せん断力 F_y 、 F_z によりはり部材に生じるせん断応力 τ_f は、(4.2) 式により求める。

$$\tau_f = \sqrt{\left(\frac{F_y}{A_y}\right)^2 + \left(\frac{F_z}{A_z}\right)^2} \dots\dots\dots (4.2)$$

組合せ応力 σ_{fa} は、(4.3) 式により求める。

$$\sigma_{fa} = \sqrt{\sigma_{ft}^2 + 3 \cdot \tau_f^2} \dots\dots\dots (4.3)$$

(2) シェル部材の応力

解析コード内では、各部材の局所座標系、せん断応力 τ_{xy} 及び引張応力 σ_x 、 σ_y の作用する向きを、図 4-11 に示すように設定している。

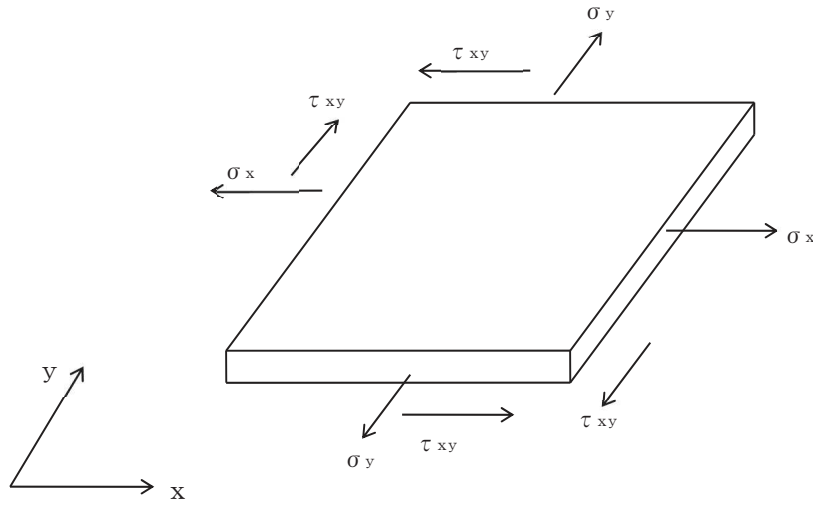


図 4-11 シェル部材の応力計算モデル

シェル部材の組合せ応力 σ_{fa} は、上記で計算したせん断応力 τ_{xy} 及び引張応力 σ_x 、 σ_y を用いて、(4.4) 式より求める。

$$\sigma_{fa} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \cdot \sigma_y + 3 \cdot \tau_{xy}^2} \dots\dots\dots (4.4)$$

4.6.2 基礎ボルトの応力

ラックの系全体での荷重計算を解析コード「NASTRAN」を使用して行い、求められた地震時のラックに作用する転倒モーメント M_i 及びベース底部に作用するせん断力 F_i が、図4-12のように負荷されるものとして基礎ボルトの応力を求める。

基礎ボルトの荷重状態を図4-12に示す。なお、本計算例ではボルトの列数は、110体ラックのNS方向として $l_{1i} \sim l_{10i}$ の10箇所までとしたが、最大で17列のボルト列数に対応する。

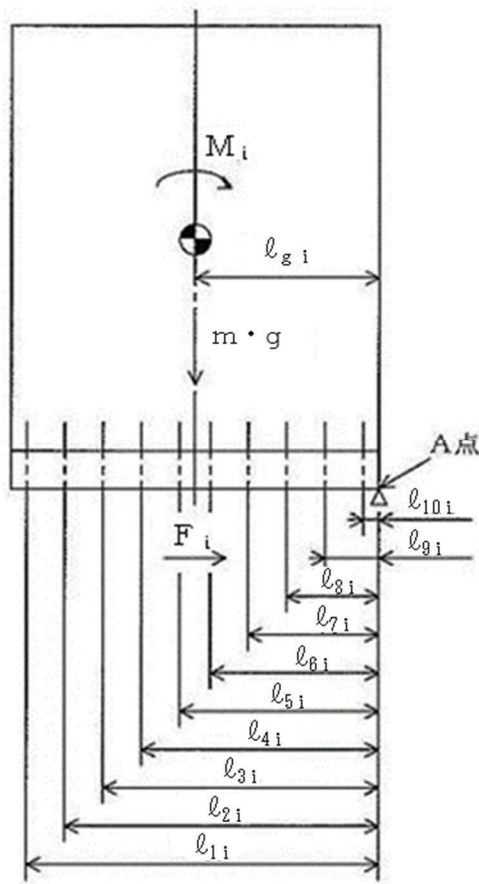


図4-12 基礎ボルトの荷重状態（110体ラックのNS方向）

(1) 引張応力

図 4-12 において支点まわりのモーメントの平衡により基礎ボルト 1 本当たりの引張力 $f_{1i} \sim f_{ji}$ を求める。 $f_{1i} > f_{2i} > \dots > f_{ji}$ の関係にあるので f_{1i} のみを (4.5) 式より求める。

$$f_{1i} = \frac{\ell_{1i} \cdot \left\{ \sqrt{M_i^2 + (C_v \cdot m \cdot g \cdot \ell_{gi})^2} - m \cdot g \cdot \ell_{gi} \right\}}{n_{1i} \cdot \ell_{1i}^2 + n_{2i} \cdot \ell_{2i}^2 + \dots + n_{ji} \cdot \ell_{ji}^2} \dots\dots\dots (4.5)$$

したがって、引張力 f_{1i} により基礎ボルトに生じる引張応力 σ_b は、 (4.6) 式により求める。

$$\sigma_b = \frac{f_{1i}}{A_b} \dots\dots\dots (4.6)$$

ただし、 f_{1i} の値が負となった場合は、引張力が生じないので以降の引張応力の計算は省略する。

(2) せん断応力

せん断力 F_i により基礎ボルトに生じるせん断応力 τ_b は、 (4.7) 式により求める。

$$\tau_b = \frac{F_i}{n \cdot A_b} \dots\dots\dots (4.7)$$

4.7 計算条件

応力解析に用いる自重及び荷重は、本計算書の【使用済燃料貯蔵ラックの耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

4.8 応力の評価

4.8.1 部材の応力評価

4.6.1 項で求めた各部材の引張応力 σ_{ft} 、 σ_x 、 σ_y 及び組合せ応力 σ_{fa} が、許容引張応力 f_t 以下であること。

また、4.6.1 項で求めた各部材のせん断応力 τ_f 、 τ_{xy} が、許容せん断応力 f_s 以下であること。

ただし、 f_t 及び f_s は下表による。

	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
許容引張応力 f_t	$\frac{F}{1.5} \cdot 1.5^{*1}$	$\frac{F^*}{1.5} \cdot 1.5^{*1}$
許容せん断応力 f_s	$\frac{F}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5^{*1}$	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5^{*1}$

注記*1: の引張強さと降伏点 (0.2 %耐力) の値は、SUS304 の規格値を上回っているため、安全側の評価とするため、F 及び F* 値は SUS304 の値を使用する。

4.8.2 基礎ボルトの応力評価

4.6.2 項で求めた基礎ボルトの引張応力 σ_b が、次式より求めた許容引張応力 f_{ts} 以下であること。

また、4.6.2 項で求めた基礎ボルトのせん断応力 τ_b が、せん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力 f_{sb} 以下であること。

$$f_{ts} = 1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b \dots\dots\dots (4.8)$$

かつ

$$f_{ts} \leq f_{to} \dots\dots\dots (4.9)$$

ただし、 f_{to} 及び f_{sb} は下表による。

	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
許容引張応力 f_{to}	$\frac{F}{2} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 f_{sb}	$\frac{F}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

ラックの設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。なお、弾性設計用地震動 S_d 及び静的震度は、基準地震動 S_s を下回っており、基準地震動 S_s による発生値が、弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度に対する評価における許容限界を満足したため、弾性設計用地震動 S_d 及び静的震度による発生値の算出を省略した。

5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

ラックの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

【使用済燃料貯蔵ラックの耐震性についての計算結果】. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震設計上の重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	ラック	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
				水平方向	鉛直方向	水平方向	鉛直方向	水平方向	鉛直方向			
使用済燃料貯蔵ラック	S	原子炉建屋 OP. 22.50*1	110 体ラック		0.05 以下*2	—*3	—*3	C _H =2.12 又は*4	C _V =1.56	—	66	—
			170 体ラック		0.05 以下*2	—*3	—*3	C _H =2.12 又は*4	C _V =1.56	—	66	—

注記*1: 基準床レベルを示す。

*2: 固有値解析により 0.05 秒以下であり、剛であることを確認した。

*3: III_AS については、基準地震動 S_s で評価する。

*4: 基準地震動 S_s に基づく設計用床応答曲線から得られる値

1.2 基礎ボルトの応力評価に用いる項目

ラック	m (kg)	m _F (kg)	m _R (kg)	m _W (kg)	A _b (mm ²)	C _V (-)	ℓ _{1E} (mm)	ℓ _{2E} (mm)	ℓ _{3E} (mm)	ℓ _{4E} (mm)	ℓ _{5E} (mm)	ℓ _{6E} (mm)	ℓ _{7E} (mm)	ℓ _{8E} (mm)	ℓ _{9E} (mm)	ℓ _{10E} (mm)	ℓ _{11E} (mm)	ℓ _{12E} (mm)
110 体ラック					1590	1.56	1741.5	1577.5	1413.5	1249.5	1085.5	921.5	757.5	593.5	429.5	265.5	101.5	-
170 体ラック					1590	1.56	2725.5	2561.5	2397.5	2233.5	2069.5	1905.5	1741.5	1577.5	1413.5	1249.5	1085.5	921.5

ℓ _{13E} (mm)	ℓ _{14E} (mm)	ℓ _{15E} (mm)	ℓ _{16E} (mm)	ℓ _{17E} (mm)	ℓ _{1N} (mm)	ℓ _{2N} (mm)	ℓ _{3N} (mm)	ℓ _{4N} (mm)	ℓ _{5N} (mm)	ℓ _{6N} (mm)	ℓ _{7N} (mm)	ℓ _{8N} (mm)	ℓ _{9N} (mm)	ℓ _{10N} (mm)	ℓ _{gE} (mm)	ℓ _{gN} (mm)	n _{1E} (-)	n _{2E} (-)	n _{3E} (-)
-	-	-	-	-	1568.5	1408.5	1248.5	1088.5	928.5	741.5	581.5	421.5	261.5	101.5	921.5	835	10	2	2
757.5	593.5	429.5	265.5	101.5	1568.5	1408.5	1248.5	1088.5	928.5	741.5	581.5	421.5	261.5	101.5	1413.5	835	10	2	2

n _{4E} (-)	n _{5E} (-)	n _{6E} (-)	n _{7E} (-)	n _{8E} (-)	n _{9E} (-)	n _{10E} (-)	n _{11E} (-)	n _{12E} (-)	n _{13E} (-)	n _{14E} (-)	n _{15E} (-)	n _{16E} (-)	n _{17E} (-)	n _{1N} (-)	n _{2N} (-)	n _{3N} (-)	n _{4N} (-)	n _{5N} (-)	n _{6N} (-)
2	2	2	2	2	2	2	10	-	-	-	-	-	-	11	2	2	2	2	2
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	10	17	2	2	2	2	2

n _{7N} (-)	n _{8N} (-)	n _{9N} (-)	n _{10N} (-)	n (-)
2	2	2	11	38
2	2	2	17	50

基礎ボルト材料	S _y *1 (MPa)	S _y (RT) (MPa)	S _u *1 (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)

注記*1：最高使用温度（66℃）で算出

ラック	地震の種類	F _N (N)	F _E (N)	M _N (N・mm)	M _E (N・mm)
110体ラック	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	-	-	-	-
	基準地震動 S _s	1.614×10 ⁶	1.435×10 ⁶	5.138×10 ⁹	4.098×10 ⁹
170体ラック	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	-	-	-	-
	基準地震動 S _s	2.518×10 ⁶	2.071×10 ⁶	7.836×10 ⁹	6.659×10 ⁹

1.3 計算数値

1.3.1 部材に生じる応力

(1) 角管

(単位：MPa)

ラック	材料	応力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
			NS方向	EW方向	NS方向	EW方向
			110体ラック	引張り σ_{ft}	—	—
	せん断 τ_f	—	—	40	21	
	組合せ σ_{fa}	—	—	122	87	
170体ラック	引張り σ_{ft}	—	—	134	57	
	せん断 τ_f	—	—	55	41	
	組合せ σ_{fa}	—	—	164	91	

(2) 補強板 a

(単位：MPa)

ラック	材料	応力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
			NS方向	EW方向	NS方向	EW方向
			110体ラック	SUS304	引張り σ_{ft}	—
		せん断 τ_f	—	—	46	35
		組合せ σ_{fa}	—	—	100	63
170体ラック	SUS304	引張り σ_{ft}	—	—	104	20
		せん断 τ_f	—	—	62	37
		組合せ σ_{fa}	—	—	149	67

(3) 補強板 b

(単位：MPa)

ラック	材料	応力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
			NS方向	EW方向	NS方向	EW方向
			110体ラック	SUS304	引張り σ_{ft}	—
		せん断 τ_f	—	—	32	13
		組合せ σ_{fa}	—	—	67	30
170体ラック	SUS304	引張り σ_{ft}	—	—	57	19
		せん断 τ_f	—	—	54	13
		組合せ σ_{fa}	—	—	110	29

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(4) 補強板 c

(単位：MPa)

ラック	材料	応力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
			N S 方向	E W 方向	N S 方向	E W 方向
110体ラック	SUS304	引張り σ_{ft}	—	—	75	70
		せん断 τ_f	—	—	32	48
		組合せ σ_{fa}	—	—	93	108
170体ラック	SUS304	引張り σ_{ft}	—	—	116	53
		せん断 τ_f	—	—	47	39
		組合せ σ_{fa}	—	—	141	86

(5) 補強板 d

(単位：MPa)

ラック	材料	応力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
			N S 方向	E W 方向	N S 方向	E W 方向
110体ラック	SUS304	引張り σ_{ft}	—	—	99	135
		せん断 τ_f	—	—	26	22
		組合せ σ_{fa}	—	—	109	140
170体ラック	SUS304	引張り σ_{ft}	—	—	149	116
		せん断 τ_f	—	—	45	23
		組合せ σ_{fa}	—	—	168	123

(6) 補強板 e

(単位：MPa)

ラック	材料	応力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
			N S 方向	E W 方向	N S 方向	E W 方向
110体ラック	SUS304	引張り σ_{ft}	—	—	73	30
		せん断 τ_f	—	—	5	9
		組合せ σ_{fa}	—	—	73	33
170体ラック	SUS304	引張り σ_{ft}	—	—	99	28
		せん断 τ_f	—	—	8	8
		組合せ σ_{fa}	—	—	100	31

(7) 補強板 f

(単位：MPa)

ラック	材料	応力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
			N S 方向	E W 方向	N S 方向	E W 方向
110体ラック	SUS304	引張り σ_x	—	—	18	13
		引張り σ_y	—	—	2	2
		せん断 τ_{xy}	—	—	29	2
		組合せ σ_{fa}	—	—	52	12
170体ラック	SUS304	引張り σ_x	—	—	16	11
		引張り σ_y	—	—	1	3
		せん断 τ_{xy}	—	—	49	5
		組合せ σ_{fa}	—	—	86	12

(8) 補強板 g

(単位：MPa)

ラック	材料	応力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
			N S 方向	E W 方向	N S 方向	E W 方向
110体ラック	SUS304	引張り σ_x	—	—	1	1
		引張り σ_y	—	—	1	4
		せん断 τ_{xy}	—	—	2	1
		組合せ σ_{fa}	—	—	3	3
170体ラック	SUS304	引張り σ_x	—	—	2	1
		引張り σ_y	—	—	2	3
		せん断 τ_{xy}	—	—	3	0
		組合せ σ_{fa}	—	—	5	3

(9) 補強板 h

(単位：MPa)

ラック	材料	応力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
			N S 方向	E W 方向	N S 方向	E W 方向
110体ラック	SUS304	引張り σ_x	—	—	7	22
		引張り σ_y	—	—	47	18
		せん断 τ_{xy}	—	—	12	28
		組合せ σ_{fa}	—	—	49	52
170体ラック	SUS304	引張り σ_x	—	—	5	20
		引張り σ_y	—	—	5	16
		せん断 τ_{xy}	—	—	38	31
		組合せ σ_{fa}	—	—	66	56

(10) 燃料支持板

(単位：MPa)

ラック	材料	応力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
			N S 方向	E W 方向	N S 方向	E W 方向
110体ラック	SUS304	引張り σ_x	—	—	13	17
		引張り σ_y	—	—	41	26
		せん断 τ_{xy}	—	—	2	4
		組合せ σ_{fa}	—	—	36	23
170体ラック	SUS304	引張り σ_x	—	—	28	12
		引張り σ_y	—	—	92	29
		せん断 τ_{xy}	—	—	2	7
		組合せ σ_{fa}	—	—	82	28

(11) ベース

(単位：MPa)

ラック	材料	応力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
			N S 方向	E W 方向	N S 方向	E W 方向
110体ラック	SUS304	引張り σ_x	—	—	20	13
		引張り σ_y	—	—	59	39
		せん断 τ_{xy}	—	—	1	5
		組合せ σ_{fa}	—	—	52	36
170体ラック	SUS304	引張り σ_x	—	—	27	7
		引張り σ_y	—	—	69	37
		せん断 τ_{xy}	—	—	2	4
		組合せ σ_{fa}	—	—	60	35

1.3.2 基礎ボルトに生じる応力

(単位：MPa)

ラック	材料	応力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
			N S 方向	E W 方向	N S 方向	E W 方向
110体ラック		引張り σ_b	—	—	115	83
		せん断 τ_b	—	—	27	24
170体ラック		引張り σ_b	—	—	129	66
		せん断 τ_b	—	—	32	26

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

1.4 応力

1.4.1 部材に生じる応力

(1) 角管

(単位：MPa)

ラック	材料	応力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
110体ラック		引張り	$\sigma_{ft} = 101^*$	$f_t = 205$	$\sigma_{ft} = 101$	$f_t = 205$
		せん断	$\tau_f = 40^*$	$f_s = 118$	$\tau_f = 40$	$f_s = 118$
		組合せ	$\sigma_{fa} = 122^*$	$f_t = 205$	$\sigma_{fa} = 122$	$f_t = 205$
170体ラック		引張り	$\sigma_{ft} = 134^*$	$f_t = 205$	$\sigma_{ft} = 134$	$f_t = 205$
		せん断	$\tau_f = 55^*$	$f_s = 118$	$\tau_f = 55$	$f_s = 118$
		組合せ	$\sigma_{fa} = 164^*$	$f_t = 205$	$\sigma_{fa} = 164$	$f_t = 205$

注記*：基準地震動 S s による算出応力の値
すべて許容応力以下である。

(2) 補強板 a

(単位：MPa)

ラック	材料	応力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
110体ラック	SUS304	引張り	$\sigma_{ft} = 60^*$	$f_t = 205$	$\sigma_{ft} = 60$	$f_t = 205$
		せん断	$\tau_f = 46^*$	$f_s = 118$	$\tau_f = 46$	$f_s = 118$
		組合せ	$\sigma_{fa} = 100^*$	$f_t = 205$	$\sigma_{fa} = 100$	$f_t = 205$
170体ラック	SUS304	引張り	$\sigma_{ft} = 104^*$	$f_t = 205$	$\sigma_{ft} = 104$	$f_t = 205$
		せん断	$\tau_f = 62^*$	$f_s = 118$	$\tau_f = 62$	$f_s = 118$
		組合せ	$\sigma_{fa} = 149^*$	$f_t = 205$	$\sigma_{fa} = 149$	$f_t = 205$

注記*：基準地震動 S s による算出応力の値
すべて許容応力以下である。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(3) 補強板 b

(単位：MPa)

ラック	材料	応力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
110体ラック	SUS304	引張り	$\sigma_{ft} = 37^*$	$f_t = 205$	$\sigma_{ft} = 37$	$f_t = 205$
		せん断	$\tau_f = 32^*$	$f_s = 118$	$\tau_f = 32$	$f_s = 118$
		組合せ	$\sigma_{fa} = 67^*$	$f_t = 205$	$\sigma_{fa} = 67$	$f_t = 205$
170体ラック	SUS304	引張り	$\sigma_{ft} = 57^*$	$f_t = 205$	$\sigma_{ft} = 57$	$f_t = 205$
		せん断	$\tau_f = 54^*$	$f_s = 118$	$\tau_f = 54$	$f_s = 118$
		組合せ	$\sigma_{fa} = 110^*$	$f_t = 205$	$\sigma_{fa} = 110$	$f_t = 205$

注記*：基準地震動 S s による算出応力の値
すべて許容応力以下である。

(4) 補強板 c

(単位：MPa)

ラック	材料	応力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
110体ラック	SUS304	引張り	$\sigma_{ft} = 70^*$	$f_t = 205$	$\sigma_{ft} = 70$	$f_t = 205$
		せん断	$\tau_f = 48^*$	$f_s = 118$	$\tau_f = 48$	$f_s = 118$
		組合せ	$\sigma_{fa} = 108^*$	$f_t = 205$	$\sigma_{fa} = 108$	$f_t = 205$
170体ラック	SUS304	引張り	$\sigma_{ft} = 116^*$	$f_t = 205$	$\sigma_{ft} = 116$	$f_t = 205$
		せん断	$\tau_f = 47^*$	$f_s = 118$	$\tau_f = 47$	$f_s = 118$
		組合せ	$\sigma_{fa} = 141^*$	$f_t = 205$	$\sigma_{fa} = 141$	$f_t = 205$

注記*：基準地震動 S s による算出応力の値
すべて許容応力以下である。

(5) 補強板 d

(単位：MPa)

ラック	材料	応力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
110体ラック	SUS304	引張り	$\sigma_{ft} = 135^*$	$f_t = 205$	$\sigma_{ft} = 135$	$f_t = 205$
		せん断	$\tau_f = 22^*$	$f_s = 118$	$\tau_f = 22$	$f_s = 118$
		組合せ	$\sigma_{fa} = 140^*$	$f_t = 205$	$\sigma_{fa} = 140$	$f_t = 205$
170体ラック	SUS304	引張り	$\sigma_{ft} = 149^*$	$f_t = 205$	$\sigma_{ft} = 149$	$f_t = 205$
		せん断	$\tau_f = 45^*$	$f_s = 118$	$\tau_f = 45$	$f_s = 118$
		組合せ	$\sigma_{fa} = 168^*$	$f_t = 205$	$\sigma_{fa} = 168$	$f_t = 205$

注記*：基準地震動 S s による算出応力の値
すべて許容応力以下である。

(6) 補強板 e

(単位：MPa)

ラック	材料	応力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
110体ラック	SUS304	引張り	$\sigma_{ft} = 73^*$	$f_t = 205$	$\sigma_{ft} = 73$	$f_t = 205$
		せん断	$\tau_f = 5^*$	$f_s = 118$	$\tau_f = 5$	$f_s = 118$
		組合せ	$\sigma_{fa} = 73^*$	$f_t = 205$	$\sigma_{fa} = 73$	$f_t = 205$
170体ラック	SUS304	引張り	$\sigma_{ft} = 99^*$	$f_t = 205$	$\sigma_{ft} = 99$	$f_t = 205$
		せん断	$\tau_f = 8^*$	$f_s = 118$	$\tau_f = 8$	$f_s = 118$
		組合せ	$\sigma_{fa} = 100^*$	$f_t = 205$	$\sigma_{fa} = 100$	$f_t = 205$

注記*：基準地震動 S s による算出応力の値
すべて許容応力以下である。

(7) 補強板 f

(単位：MPa)

ラック	材料	応力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
110体ラック	SUS304	引張り	$\sigma_x = 18^*$	$f_t = 205$	$\sigma_x = 18$	$f_t = 205$
		引張り	$\sigma_y = 2^*$	$f_t = 205$	$\sigma_y = 2$	$f_t = 205$
		せん断	$\tau_{xy} = 29^*$	$f_s = 118$	$\tau_{xy} = 29$	$f_s = 118$
		組合せ	$\sigma_{fa} = 52^*$	$f_t = 205$	$\sigma_{fa} = 52$	$f_t = 205$
170体ラック	SUS304	引張り	$\sigma_x = 16^*$	$f_t = 205$	$\sigma_x = 16$	$f_t = 205$
		引張り	$\sigma_y = 1^*$	$f_t = 205$	$\sigma_y = 1$	$f_t = 205$
		せん断	$\tau_{xy} = 49^*$	$f_s = 118$	$\tau_{xy} = 49$	$f_s = 118$
		組合せ	$\sigma_{fa} = 86^*$	$f_t = 205$	$\sigma_{fa} = 86$	$f_t = 205$

注記*：基準地震動 S s による算出応力の値
すべて許容応力以下である。

(8) 補強板 g

(単位：MPa)

ラック	材料	応力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
110体ラック	SUS304	引張り	$\sigma_x = 1^*$	$f_t = 205$	$\sigma_x = 1$	$f_t = 205$
		引張り	$\sigma_y = 4^*$	$f_t = 205$	$\sigma_y = 4$	$f_t = 205$
		せん断	$\tau_{xy} = 1^*$	$f_s = 118$	$\tau_{xy} = 1$	$f_s = 118$
		組合せ	$\sigma_{fa} = 3^*$	$f_t = 205$	$\sigma_{fa} = 3$	$f_t = 205$
170体ラック	SUS304	引張り	$\sigma_x = 2^*$	$f_t = 205$	$\sigma_x = 2$	$f_t = 205$
		引張り	$\sigma_y = 2^*$	$f_t = 205$	$\sigma_y = 2$	$f_t = 205$
		せん断	$\tau_{xy} = 3^*$	$f_s = 118$	$\tau_{xy} = 3$	$f_s = 118$
		組合せ	$\sigma_{fa} = 5^*$	$f_t = 205$	$\sigma_{fa} = 5$	$f_t = 205$

注記*：基準地震動 S s による算出応力の値
すべて許容応力以下である。

(9) 補強板 h

(単位：MPa)

ラック	材料	応力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
110体ラック	SUS304	引張り	$\sigma_x = 22^*$	$f_t = 205$	$\sigma_x = 22$	$f_t = 205$
		引張り	$\sigma_y = 18^*$	$f_t = 205$	$\sigma_y = 18$	$f_t = 205$
		せん断	$\tau_{xy} = 28^*$	$f_s = 118$	$\tau_{xy} = 28$	$f_s = 118$
		組合せ	$\sigma_{fa} = 52^*$	$f_t = 205$	$\sigma_{fa} = 52$	$f_t = 205$
170体ラック	SUS304	引張り	$\sigma_x = 5^*$	$f_t = 205$	$\sigma_x = 5$	$f_t = 205$
		引張り	$\sigma_y = 5^*$	$f_t = 205$	$\sigma_y = 5$	$f_t = 205$
		せん断	$\tau_{xy} = 38^*$	$f_s = 118$	$\tau_{xy} = 38$	$f_s = 118$
		組合せ	$\sigma_{fa} = 66^*$	$f_t = 205$	$\sigma_{fa} = 66$	$f_t = 205$

注記*：基準地震動 S s による算出応力の値
すべて許容応力以下である。

(10) 燃料支持板

(単位：MPa)

ラック	材料	応力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
110体ラック	SUS304	引張り	$\sigma_x = 13^*$	$f_t = 205$	$\sigma_x = 13$	$f_t = 205$
		引張り	$\sigma_y = 41^*$	$f_t = 205$	$\sigma_y = 41$	$f_t = 205$
		せん断	$\tau_{xy} = 2^*$	$f_s = 118$	$\tau_{xy} = 2$	$f_s = 118$
		組合せ	$\sigma_{fa} = 36^*$	$f_t = 205$	$\sigma_{fa} = 36$	$f_t = 205$
170体ラック	SUS304	引張り	$\sigma_x = 28^*$	$f_t = 205$	$\sigma_x = 28$	$f_t = 205$
		引張り	$\sigma_y = 92^*$	$f_t = 205$	$\sigma_y = 92$	$f_t = 205$
		せん断	$\tau_{xy} = 2^*$	$f_s = 118$	$\tau_{xy} = 2$	$f_s = 118$
		組合せ	$\sigma_{fa} = 82^*$	$f_t = 205$	$\sigma_{fa} = 82$	$f_t = 205$

注記*：基準地震動 S s による算出応力の値
すべて許容応力以下である。

(11) ベース

(単位：MPa)

ラック	材料	応力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
110体ラック	SUS304	引張り	$\sigma_x = 20^*$	$f_t = 205$	$\sigma_x = 20$	$f_t = 205$
		引張り	$\sigma_y = 59^*$	$f_t = 205$	$\sigma_y = 59$	$f_t = 205$
		せん断	$\tau_{xy} = 1^*$	$f_s = 118$	$\tau_{xy} = 1$	$f_s = 118$
		組合せ	$\sigma_{fa} = 52^*$	$f_t = 205$	$\sigma_{fa} = 52$	$f_t = 205$
170体ラック	SUS304	引張り	$\sigma_x = 27^*$	$f_t = 205$	$\sigma_x = 27$	$f_t = 205$
		引張り	$\sigma_y = 69^*$	$f_t = 205$	$\sigma_y = 69$	$f_t = 205$
		せん断	$\tau_{xy} = 2^*$	$f_s = 118$	$\tau_{xy} = 2$	$f_s = 118$
		組合せ	$\sigma_{fa} = 60^*$	$f_t = 205$	$\sigma_{fa} = 60$	$f_t = 205$

注記*：基準地震動 S s による算出応力の値
すべて許容応力以下である。

1.4.2 基礎ボルトに生じる応力

(単位：MPa)

ラック	材料	応力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
110体ラック		引張り	$\sigma_b = 115^{*1}$	$f_{ts} = 455^{*2}$	$\sigma_b = 115$	$f_{ts} = 455^{*2}$
		せん断	$\tau_b = 27^{*1}$	$f_{sb} = 350$	$\tau_b = 27$	$f_{sb} = 350$
170体ラック		引張り	$\sigma_b = 129^{*1}$	$f_{ts} = 455^{*2}$	$\sigma_b = 129$	$f_{ts} = 455^{*2}$
		せん断	$\tau_b = 32^{*1}$	$f_{sb} = 350$	$\tau_b = 32$	$f_{sb} = 350$

注記*1：基準地震動 S s による算出応力の値

*2： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$ より算出
すべて許容応力以下である。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

【使用済燃料貯蔵ラックの耐震性についての計算結果】

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	ラック	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
				水平方向	鉛直方向	水平方向	鉛直方向	水平方向	鉛直方向			
使用済燃料貯蔵ラック	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋 OP. 22.50*1	110 体ラック		0.05 以下*2	—	—	C _H =2.12 又は*3	C _V =1.56	—	100	—
			170 体ラック		0.05 以下*2	—	—	C _H =2.12 又は*3	C _V =1.56	—	100	—

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：固有値解析により 0.05 秒以下であり、剛であることを確認した。

*3：基準地震動 S_s に基づく設計用床応答曲線から得られる値

2.2 基礎ボルトの応力評価に用いる項目

ラック	m (kg)	m _F (kg)	m _R (kg)	m _W (kg)	A _b (mm ²)	C _V (-)	ℓ _{1E} (mm)	ℓ _{2E} (mm)	ℓ _{3E} (mm)	ℓ _{4E} (mm)	ℓ _{5E} (mm)	ℓ _{6E} (mm)	ℓ _{7E} (mm)	ℓ _{8E} (mm)	ℓ _{9E} (mm)	ℓ _{10E} (mm)	ℓ _{11E} (mm)	ℓ _{12E} (mm)
110 体ラック					1590	1.56	1741.5	1577.5	1413.5	1249.5	1085.5	921.5	757.5	593.5	429.5	265.5	101.5	-
170 体ラック					1590	1.56	2725.5	2561.5	2397.5	2233.5	2069.5	1905.5	1741.5	1577.5	1413.5	1249.5	1085.5	921.5

ℓ _{13E} (mm)	ℓ _{14E} (mm)	ℓ _{15E} (mm)	ℓ _{16E} (mm)	ℓ _{17E} (mm)	ℓ _{1N} (mm)	ℓ _{2N} (mm)	ℓ _{3N} (mm)	ℓ _{4N} (mm)	ℓ _{5N} (mm)	ℓ _{6N} (mm)	ℓ _{7N} (mm)	ℓ _{8N} (mm)	ℓ _{9N} (mm)	ℓ _{10N} (mm)	ℓ _{gE} (mm)	ℓ _{gN} (mm)	n _{1E} (-)	n _{2E} (-)	n _{3E} (-)
-	-	-	-	-	1568.5	1408.5	1248.5	1088.5	928.5	741.5	581.5	421.5	261.5	101.5	921.5	835	10	2	2
757.5	593.5	429.5	265.5	101.5	1568.5	1408.5	1248.5	1088.5	928.5	741.5	581.5	421.5	261.5	101.5	1413.5	835	10	2	2

n _{4E} (-)	n _{5E} (-)	n _{6E} (-)	n _{7E} (-)	n _{8E} (-)	n _{9E} (-)	n _{10E} (-)	n _{11E} (-)	n _{12E} (-)	n _{13E} (-)	n _{14E} (-)	n _{15E} (-)	n _{16E} (-)	n _{17E} (-)	n _{1N} (-)	n _{2N} (-)	n _{3N} (-)	n _{4N} (-)	n _{5N} (-)	n _{6N} (-)
2	2	2	2	2	2	2	10	-	-	-	-	-	-	11	2	2	2	2	2
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	10	17	2	2	2	2	2

n _{7N} (-)	n _{8N} (-)	n _{9N} (-)	n _{10N} (-)	n (-)
2	2	2	11	38
2	2	2	17	50

基礎ボルト材料	S _y ^{*1} (MPa)	S _y (R T) (MPa)	S _u ^{*1} (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)

45

注記*1：最高使用温度（100℃）で算出

ラック	地震の種類	F _N (N)	F _E (N)	M _N (N・mm)	M _E (N・mm)
110体ラック	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	-	-	-	-
	基準地震動 S s	1.614×10 ⁶	1.435×10 ⁶	5.138×10 ⁹	4.098×10 ⁹
170体ラック	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	-	-	-	-
	基準地震動 S s	2.518×10 ⁶	2.071×10 ⁶	7.836×10 ⁹	6.659×10 ⁹

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2.3 計算数値

2.3.1 部材に生じる応力

(1) 角管

(単位：MPa)

ラック	材料	応力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
			N S 方向	E W 方向	N S 方向	E W 方向
110体ラック		引張り σ_{ft}	—	—	101	79
		せん断 τ_f	—	—	40	21
		組合せ σ_{fa}	—	—	122	87
170体ラック		引張り σ_{ft}	—	—	134	57
		せん断 τ_f	—	—	55	41
		組合せ σ_{fa}	—	—	164	91

(2) 補強板 a

(単位：MPa)

ラック	材料	応力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
			N S 方向	E W 方向	N S 方向	E W 方向
110体ラック	SUS304	引張り σ_{ft}	—	—	60	19
		せん断 τ_f	—	—	46	35
		組合せ σ_{fa}	—	—	100	63
170体ラック	SUS304	引張り σ_{ft}	—	—	104	20
		せん断 τ_f	—	—	62	37
		組合せ σ_{fa}	—	—	149	67

(3) 補強板 b

(単位：MPa)

ラック	材料	応力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
			N S 方向	E W 方向	N S 方向	E W 方向
110体ラック	SUS304	引張り σ_{ft}	—	—	37	21
		せん断 τ_f	—	—	32	13
		組合せ σ_{fa}	—	—	67	30
170体ラック	SUS304	引張り σ_{ft}	—	—	57	19
		せん断 τ_f	—	—	54	13
		組合せ σ_{fa}	—	—	110	29

(4) 補強板 c

(単位：MPa)

ラック	材料	応力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
			N S 方向	E W 方向	N S 方向	E W 方向
110体ラック	SUS304	引張り σ_{ft}	—	—	75	70
		せん断 τ_f	—	—	32	48
		組合せ σ_{fa}	—	—	93	108
170体ラック	SUS304	引張り σ_{ft}	—	—	116	53
		せん断 τ_f	—	—	47	39
		組合せ σ_{fa}	—	—	141	86

(5) 補強板 d

(単位：MPa)

ラック	材料	応力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
			N S 方向	E W 方向	N S 方向	E W 方向
110体ラック	SUS304	引張り σ_{ft}	—	—	99	135
		せん断 τ_f	—	—	26	22
		組合せ σ_{fa}	—	—	109	140
170体ラック	SUS304	引張り σ_{ft}	—	—	149	116
		せん断 τ_f	—	—	45	23
		組合せ σ_{fa}	—	—	168	123

(6) 補強板 e

(単位：MPa)

ラック	材料	応力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
			N S 方向	E W 方向	N S 方向	E W 方向
110体ラック	SUS304	引張り σ_{ft}	—	—	73	30
		せん断 τ_f	—	—	5	9
		組合せ σ_{fa}	—	—	73	33
170体ラック	SUS304	引張り σ_{ft}	—	—	99	28
		せん断 τ_f	—	—	8	8
		組合せ σ_{fa}	—	—	100	31

(7) 補強板 f

(単位：MPa)

ラック	材料	応力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
			N S 方向	E W 方向	N S 方向	E W 方向
110体ラック	SUS304	引張り σ_x	—	—	18	13
		引張り σ_y	—	—	2	2
		せん断 τ_{xy}	—	—	29	2
		組合せ σ_{fa}	—	—	52	12
170体ラック	SUS304	引張り σ_x	—	—	16	11
		引張り σ_y	—	—	1	3
		せん断 τ_{xy}	—	—	49	5
		組合せ σ_{fa}	—	—	86	12

(8) 補強板 g

(単位：MPa)

ラック	材料	応力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
			N S 方向	E W 方向	N S 方向	E W 方向
110体ラック	SUS304	引張り σ_x	—	—	1	1
		引張り σ_y	—	—	1	4
		せん断 τ_{xy}	—	—	2	1
		組合せ σ_{fa}	—	—	3	3
170体ラック	SUS304	引張り σ_x	—	—	2	1
		引張り σ_y	—	—	2	3
		せん断 τ_{xy}	—	—	3	0
		組合せ σ_{fa}	—	—	5	3

(9) 補強板 h

(単位：MPa)

ラック	材料	応力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
			N S 方向	E W 方向	N S 方向	E W 方向
110体ラック	SUS304	引張り σ_x	—	—	7	22
		引張り σ_y	—	—	47	18
		せん断 τ_{xy}	—	—	12	28
		組合せ σ_{fa}	—	—	49	52
170体ラック	SUS304	引張り σ_x	—	—	5	20
		引張り σ_y	—	—	5	16
		せん断 τ_{xy}	—	—	38	31
		組合せ σ_{fa}	—	—	66	56

(10) 燃料支持板

(単位：MPa)

ラック	材料	応力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
			N S 方向	E W 方向	N S 方向	E W 方向
110体ラック	SUS304	引張り σ_x	—	—	13	17
		引張り σ_y	—	—	41	26
		せん断 τ_{xy}	—	—	2	4
		組合せ σ_{fa}	—	—	36	23
170体ラック	SUS304	引張り σ_x	—	—	28	12
		引張り σ_y	—	—	92	29
		せん断 τ_{xy}	—	—	2	7
		組合せ σ_{fa}	—	—	82	28

(11) ベース

(単位：MPa)

ラック	材料	応力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
			N S 方向	E W 方向	N S 方向	E W 方向
110体ラック	SUS304	引張り σ_x	—	—	20	13
		引張り σ_y	—	—	59	39
		せん断 τ_{xy}	—	—	1	5
		組合せ σ_{fa}	—	—	52	36
170体ラック	SUS304	引張り σ_x	—	—	27	7
		引張り σ_y	—	—	69	37
		せん断 τ_{xy}	—	—	2	4
		組合せ σ_{fa}	—	—	60	35

1.3.2 基礎ボルトに生じる応力

(単位：MPa)

ラック	材料	応力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
			N S 方向	E W 方向	N S 方向	E W 方向
110体ラック		引張り σ_b	—	—	115	83
		せん断 τ_b	—	—	27	24
170体ラック		引張り σ_b	—	—	129	66
		せん断 τ_b	—	—	32	26

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2.4 応力

2.4.1 部材に生じる応力

(1) 角管

(単位：MPa)

ラック	材料	応力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
110体ラック		引張り	—	—	$\sigma_{ft} = 101$	$f_t = 205$
		せん断	—	—	$\tau_f = 40$	$f_s = 118$
		組合せ	—	—	$\sigma_{fa} = 122$	$f_t = 205$
170体ラック		引張り	—	—	$\sigma_{ft} = 134$	$f_t = 205$
		せん断	—	—	$\tau_f = 55$	$f_s = 118$
		組合せ	—	—	$\sigma_{fa} = 164$	$f_t = 205$

すべて許容応力以下である。

(2) 補強板 a

(単位：MPa)

ラック	材料	応力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
110体ラック	SUS304	引張り	—	—	$\sigma_{ft} = 60$	$f_t = 205$
		せん断	—	—	$\tau_f = 46$	$f_s = 118$
		組合せ	—	—	$\sigma_{fa} = 100$	$f_t = 205$
170体ラック	SUS304	引張り	—	—	$\sigma_{ft} = 104$	$f_t = 205$
		せん断	—	—	$\tau_f = 62$	$f_s = 118$
		組合せ	—	—	$\sigma_{fa} = 149$	$f_t = 205$

すべて許容応力以下である。

(3) 補強板 b

(単位：MPa)

ラック	材料	応力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
110体ラック	SUS304	引張り	—	—	$\sigma_{ft} = 37$	$f_t = 205$
		せん断	—	—	$\tau_f = 32$	$f_s = 118$
		組合せ	—	—	$\sigma_{fa} = 67$	$f_t = 205$
170体ラック	SUS304	引張り	—	—	$\sigma_{ft} = 57$	$f_t = 205$
		せん断	—	—	$\tau_f = 54$	$f_s = 118$
		組合せ	—	—	$\sigma_{fa} = 110$	$f_t = 205$

すべて許容応力以下である。

(4) 補強板 c

(単位：MPa)

ラック	材料	応力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
110体ラック	SUS304	引張り	—	—	$\sigma_{ft} = 70$	$f_t = 205$
		せん断	—	—	$\tau_f = 48$	$f_s = 118$
		組合せ	—	—	$\sigma_{fa} = 108$	$f_t = 205$
170体ラック	SUS304	引張り	—	—	$\sigma_{ft} = 116$	$f_t = 205$
		せん断	—	—	$\tau_f = 47$	$f_s = 118$
		組合せ	—	—	$\sigma_{fa} = 141$	$f_t = 205$

すべて許容応力以下である。

(5) 補強板 d

(単位：MPa)

ラック	材料	応力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
110体ラック	SUS304	引張り	—	—	$\sigma_{ft} = 135$	$f_t = 205$
		せん断	—	—	$\tau_f = 22$	$f_s = 118$
		組合せ	—	—	$\sigma_{fa} = 140$	$f_t = 205$
170体ラック	SUS304	引張り	—	—	$\sigma_{ft} = 149$	$f_t = 205$
		せん断	—	—	$\tau_f = 45$	$f_s = 118$
		組合せ	—	—	$\sigma_{fa} = 168$	$f_t = 205$

すべて許容応力以下である。

(6) 補強板 e

(単位：MPa)

ラック	材料	応力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
110体ラック	SUS304	引張り	—	—	$\sigma_{ft} = 73$	$f_t = 205$
		せん断	—	—	$\tau_f = 5$	$f_s = 118$
		組合せ	—	—	$\sigma_{fa} = 73$	$f_t = 205$
170体ラック	SUS304	引張り	—	—	$\sigma_{ft} = 99$	$f_t = 205$
		せん断	—	—	$\tau_f = 8$	$f_s = 118$
		組合せ	—	—	$\sigma_{fa} = 100$	$f_t = 205$

すべて許容応力以下である。

(7) 補強板 f

(単位：MPa)

ラック	材料	応力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
110体ラック	SUS304	引張り	—	—	$\sigma_x = 18$	$f_t = 205$
		引張り	—	—	$\sigma_y = 2$	$f_t = 205$
		せん断	—	—	$\tau_{xy} = 29$	$f_s = 118$
		組合せ	—	—	$\sigma_{fa} = 52$	$f_t = 205$
170体ラック	SUS304	引張り	—	—	$\sigma_x = 16$	$f_t = 205$
		引張り	—	—	$\sigma_y = 1$	$f_t = 205$
		せん断	—	—	$\tau_{xy} = 49$	$f_s = 118$
		組合せ	—	—	$\sigma_{fa} = 86$	$f_t = 205$

すべて許容応力以下である。

(8) 補強板 g

(単位：MPa)

ラック	材料	応力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
110体ラック	SUS304	引張り	—	—	$\sigma_x = 1$	$f_t = 205$
		引張り	—	—	$\sigma_y = 4$	$f_t = 205$
		せん断	—	—	$\tau_{xy} = 1$	$f_s = 118$
		組合せ	—	—	$\sigma_{fa} = 3$	$f_t = 205$
170体ラック	SUS304	引張り	—	—	$\sigma_x = 2$	$f_t = 205$
		引張り	—	—	$\sigma_y = 2$	$f_t = 205$
		せん断	—	—	$\tau_{xy} = 3$	$f_s = 118$
		組合せ	—	—	$\sigma_{fa} = 5$	$f_t = 205$

すべて許容応力以下である。

(9) 補強板 h

(単位：MPa)

ラック	材料	応力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
110体ラック	SUS304	引張り	—	—	$\sigma_x = 22$	$f_t = 205$
		引張り	—	—	$\sigma_y = 18$	$f_t = 205$
		せん断	—	—	$\tau_{xy} = 28$	$f_s = 118$
		組合せ	—	—	$\sigma_{fa} = 52$	$f_t = 205$
170体ラック	SUS304	引張り	—	—	$\sigma_x = 5$	$f_t = 205$
		引張り	—	—	$\sigma_y = 5$	$f_t = 205$
		せん断	—	—	$\tau_{xy} = 38$	$f_s = 118$
		組合せ	—	—	$\sigma_{fa} = 66$	$f_t = 205$

すべて許容応力以下である。

(10) 燃料支持板

(単位：MPa)

ラック	材料	応力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
110体ラック	SUS304	引張り	—	—	$\sigma_x = 13$	$f_t = 205$
		引張り	—	—	$\sigma_y = 41$	$f_t = 205$
		せん断	—	—	$\tau_{xy} = 2$	$f_s = 118$
		組合せ	—	—	$\sigma_{fa} = 36$	$f_t = 205$
170体ラック	SUS304	引張り	—	—	$\sigma_x = 28$	$f_t = 205$
		引張り	—	—	$\sigma_y = 92$	$f_t = 205$
		せん断	—	—	$\tau_{xy} = 2$	$f_s = 118$
		組合せ	—	—	$\sigma_{fa} = 82$	$f_t = 205$

すべて許容応力以下である。

(11) ベース

(単位：MPa)

ラック	材料	応力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
110体ラック	SUS304	引張り	—	—	$\sigma_x = 20$	$f_t = 205$
		引張り	—	—	$\sigma_y = 59$	$f_t = 205$
		せん断	—	—	$\tau_{xy} = 1$	$f_s = 118$
		組合せ	—	—	$\sigma_{fa} = 52$	$f_t = 205$
170体ラック	SUS304	引張り	—	—	$\sigma_x = 27$	$f_t = 205$
		引張り	—	—	$\sigma_y = 69$	$f_t = 205$
		せん断	—	—	$\tau_{xy} = 2$	$f_s = 118$
		組合せ	—	—	$\sigma_{fa} = 60$	$f_t = 205$

すべて許容応力以下である。

2.4.2 基礎ボルトに生じる応力

(単位：MPa)

ラック	材料	応力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
110体ラック		引張り	—	—	$\sigma_b = 115$	$f_{ts} = 444^*$
		せん断	—	—	$\tau_b = 27$	$f_{sb} = 341$
170体ラック		引張り	—	—	$\sigma_b = 129$	$f_{ts} = 444^*$
		せん断	—	—	$\tau_b = 32$	$f_{sb} = 341$

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

すべて許容応力以下である。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

VI-2-4-2-3 制御棒・破損燃料貯蔵ラックの耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用基準	3
2.4 記号の説明	4
2.5 計算精度と数値の丸め方	6
3. 評価部位	6
4. 固有周期	7
4.1 固有周期の計算方法	7
4.2 固有周期の計算条件	8
4.3 固有周期の計算結果	9
5. 構造強度評価	9
5.1 構造強度評価方法	9
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	11
5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	11
5.2.2 許容応力	11
5.2.3 使用材料の許容応力評価条件	11
5.3 設計用地震力	16
5.4 計算方法	18
5.4.1 ラック部材の応力	18
5.4.2 ラック基礎ボルトの応力	20
5.4.3 支持ビーム部材の応力	22
5.4.4 支持ビーム基礎ボルトの応力	24
5.5 計算条件	26
5.6 応力の評価	26
5.6.1 部材の応力評価	26
5.6.2 基礎ボルトの応力評価	26
6. 評価結果	27
6.1 設計基準対象施設としての評価結果	27
6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	27

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき、制御棒・破損燃料貯蔵ラック（以下「ラック」という。）が設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

ラックは、設計基準対象施設においてはSクラス施設、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

ラックの構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>ラックは、たて置形でベースが使用済燃料プールの底に基礎ボルトを介して固定され、さらに、側壁から支持ビームを介して支持される。</p>	<p>アルミニウム合金製筒型枠組構造。</p>	<p>支持ビーム 基礎ボルト プール壁面 ナット プール底部 埋込金物 埋込ボルト</p> <p>埋込ボルト 埋込金物 Bから見る 底部基礎ボルト Aから見る</p> <p>支持ビーム 制御棒・破損燃料 貯蔵ラック</p> <p>1728 611</p> <p>A B</p> <p>(単位：mm)</p>

2.2 評価方針

ラックの応力評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」のうち「3.1 構造強度上の制限」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示すラックの部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「5. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「6. 評価結果」に示す。

ラックの耐震評価フローを図 2-1 に示す。

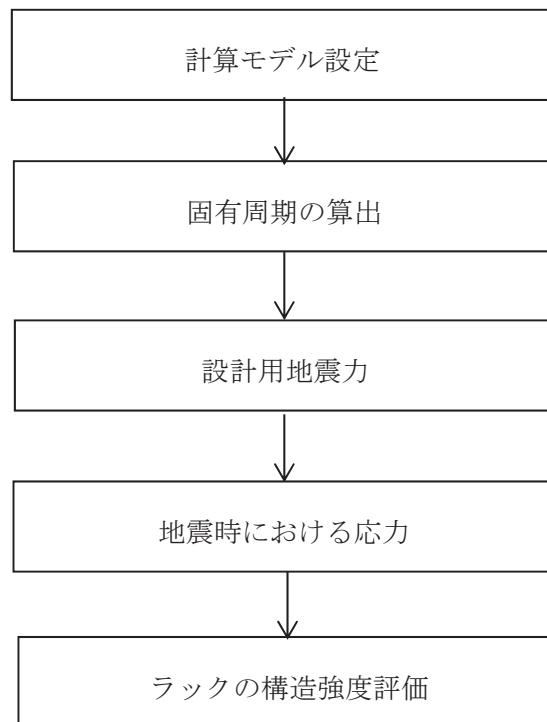


図 2-1 ラックの耐震評価フロー

2.3 適用基準

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 ((社) 日本電気協会)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補-1984 ((社) 日本電気協会)
- (3) 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版 ((社) 日本電気協会)
- (4) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 2005年版(2007年追補版含む。) J S M E S N C 1 -2005/2007 ((社) 日本機械学会) (以下「設計・建設規格」という。)

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A	ラック部材の断面積	mm ²
A _B	支持ビームの断面積	mm ²
A _i	ラック部材のせん断断面積	mm ²
A _{S i}	ラックベースのせん断断面積	mm ²
A _{BH} , A _{BV}	支持ビームのせん断断面積	mm ²
A _b	基礎ボルトの軸断面積	mm ²
C _H	水平方向設計震度	—
C _V	鉛直方向設計震度	—
E	縦弾性係数	MPa
F	設計・建設規格 SSB-3121.1 又は SSB-3131 に定める値	MPa
F*	設計・建設規格 SSB-3121.3 又は SSB-3133 に定める値	MPa
F _a	ラックに働く軸力	N
F _{BH i} , F _{BV i}	支持ビームに働くせん断力	N
F _{E i}	支持ビームに働く軸力	N
F _i	ラックに働くせん断力	N
F _{SB}	ラック支持部に働くせん断力	N
F _{SC}	ラック底部に働くせん断力	N
f _j	ラック基礎ボルトに働く引張力 (1本当たり)	N
f _s	部材の許容せん断応力	MPa
f _{s b}	せん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力	MPa
f _t	部材の許容引張応力	MPa
f _{t o}	引張力のみを受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
f _{t s}	引張力とせん断力を同時に受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
g	重力加速度 (g=9.80665)	m/s ²
G	せん断弾性係数	MPa
h ₁	破損燃料貯蔵時のラック重心高さ	mm
h ₂	破損燃料貯蔵時のラック重心より支持点までの高さ	mm
h ₃	支持ビーム中心からラック支持点までの高さ	mm
I _i	ラックの断面二次モーメント	mm ⁴
I _{S i}	ラックベースの断面二次モーメント	mm ⁴
L _j	各質点間の距離	mm
ℓ _{gB}	支持ビーム当板端から重心までの距離	mm
ℓ _{g i}	ラックベース端から重心までの距離	mm
ℓ _j	ラックベース端から基礎ボルトまでの距離	mm
M _{BH i} , M _{BV i}	支持ビームに働くモーメント	N・mm
M _i	ラックに働くモーメント	N・mm

記号	記号の説明	単位
M_{SB}	ラック重心位置に働くモーメント	$N \cdot mm$
M_{SC}	ベース底部に働くモーメント	$N \cdot mm$
m	破損燃料貯蔵時のラック全質量	kg
m_B	支持ビームの質量	kg
m_C	破損燃料コンテナの質量	kg
m_F	破損燃料の質量	kg
m_R	ラックの質量	kg
m_W	ラックに含まれる水の質量	kg
m_{jH}, m_{jV}	各質点の質量	kg
N_{pm}	支持ビーム基礎ボルトに働く最大引張力 (1本当たり)	N
n_B	支持ビーム基礎ボルトの全本数	—
n_R	ラック基礎ボルトの全本数	—
n_j	各部の基礎ボルトの本数	—
S_u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 9 に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める値	MPa
$S_y(RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める材料の 40℃における値	MPa
Z_{BH}, Z_{BV}	支持ビーム部材の断面係数	mm^3
Z_i	ラック部材の断面係数	mm^3
σ_b	基礎ボルトに生じる引張応力	MPa
σ_{fa}	部材に生じる組合せ応力	MPa
σ_{ft}	部材に生じる引張応力	MPa
τ_b	基礎ボルトに生じるせん断応力	MPa
τ_f	部材に生じるせん断応力	MPa

注1: $A_i, A_{Si}, F_{BHi}, F_{BVi}, F_{Ei}, F_i, I_i, I_{Si}, \varrho_{gi}, M_{BHi}, M_{BVi}, M_i$ 及び Z_i の添字 i の意味は、以下のとおりとする。

$i = N : NS$ (短辺) 方向

$i = E : EW$ (長辺) 方向

注2: f_j, ϱ_j 及び n_j の添字 j はボルトの列番号を示すものとする。

2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表 2-2 に示すとおりとする。

表 2-2 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第4位	四捨五入	小数点以下第3位
設計震度	—	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位
最高使用温度	℃	小数点以下第1位	四捨五入	整数位
質量	kg	—	—	整数位
長さ	mm	—	—	整数位 ^{*1}
面積	mm ²	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 ^{*2}
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 ^{*2}
モーメント	N・mm	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 ^{*2}
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力 ^{*3}	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

注記*1：設計上定める値が小数点以下の場合は、小数点以下表示とする。

*2：絶対値が1000以上のときはべき数表示とする。

*3：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の間における設計引張強さ及び設計降伏点は、比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨て、整数位までの値とする。

3. 評価部位

ラックの耐震評価は、「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなるラック本体、支持ビーム本体、ラック基礎ボルト及び支持ビーム基礎ボルトについて実施する。

ラックの耐震評価部位については、表 2-1 の概略構造図に示す。

4. 固有周期

4.1 固有周期の計算方法

ラックの短辺方向、長辺方向及び鉛直方向の各々について、1次元多質点系モデルとして考える。

ラックの短辺方向及び長辺方向については、ラック自身の質量、ラックに含まれる水の質量及び管外径の排除水質量*は、ラック全高にわたって均等となるよう、各要素の長さに比例して、各質点に振り分ける。また、破損燃料の質量及び破損燃料貯蔵コンテナの質量は、重心位置に加える。

一方、ラックの鉛直方向については、ラック自身の質量は、ラック全高にわたって均等となるよう、各要素の長さに比例して、各質点に振り分ける。また、破損燃料の質量、破損燃料貯蔵コンテナの質量、ラックに含まれる水の質量及び管外径の排除水質量*は、ラックベース上面位置に加える。

振動解析は、計算機コード「NASTRAN」を使用し、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

なお、ラック部材及びラックベース部材の断面性能としては、せん断断面積及び断面二次モーメントを考慮するものとする。計算モデルを図4-1に示す。

注記*：排除水質量とは、水中の機器の形状により排除される機器周囲の流体の質量である。

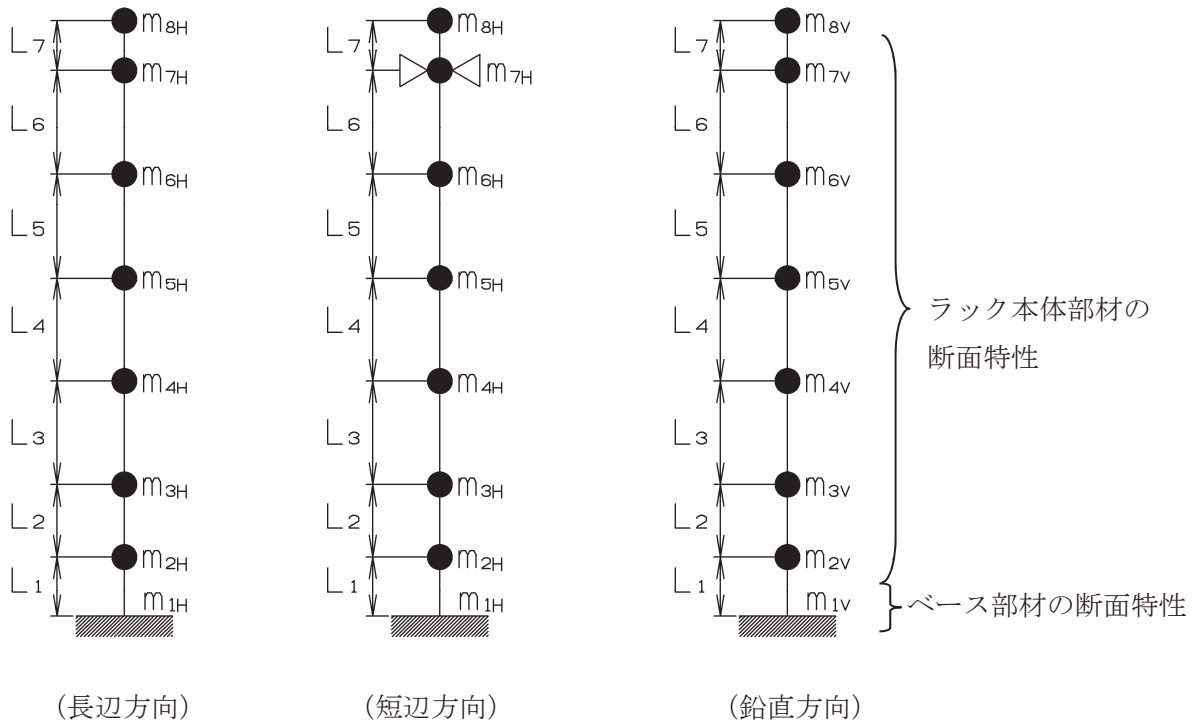


図 4-1 計算モデル図

4.2 固有周期の計算条件

固有周期の計算に用いる数値を表 4-1 に示す。

表 4-1 機器要目 (固有周期の計算の用いる要目)

E^* (MPa)	G^* (MPa)	I_N (mm ⁴)	I_E (mm ⁴)	A_N (mm ²)	A_E (mm ²)	I_{SN} (mm ⁴)
		1.073×10^9	9.485×10^9	2.294×10^4	2.294×10^4	9.494×10^9

I_{SE} (mm ⁴)	A_{SN} (mm ²)	A_{SE} (mm ²)	L_1 (mm)	L_2 (mm)	L_3 (mm)	L_4 (mm)
6.194×10^{10}	1.418×10^5	1.418×10^5				

L_5 (mm)	L_6 (mm)	L_7 (mm)	m_{1H} (kg)	m_{2H} (kg)	m_{3H} (kg)	m_{4H} (kg)

m_{5H} (kg)	m_{6H} (kg)	m_{7H} (kg)	m_{8H} (kg)	m_{1V} (kg)	m_{2V} (kg)	m_{3V} (kg)

m_{4V} (kg)	m_{5V} (kg)	m_{6V} (kg)	m_{7V} (kg)	m_{8V} (kg)

注記* : 最高使用温度 (66 °C) で算出。

4.3 固有周期の計算結果

固有周期の計算結果を表 4-2 に示す。

表 4-2 固有周期 (単位：s)

		固有周期
水平方向	N S 方向	
	E W 方向	
鉛直方向		

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

- (1) ラックは、原子炉建屋の使用済燃料プールの底部(OP: 21.38m)に基礎ボルトで固定され、さらに、支持ビームにより短辺方向の上部を支持されるものとする。
- (2) ラックの質量には、破損燃料と破損燃料コンテナ 10 本の質量、ラックの自身の質量、ラックに含まれる水の質量及び管外径の排除水質量を考慮する。
- (3) 地震力は、ラックに対して水平方向から作用するものとする。
ここで、水平方向地震力は、ラックの長辺方向に作用する場合と短辺方向に作用する場合を考慮する。
また、鉛直方向地震力は、水平方向地震力と同時に不利な方向に作用するものとする。
- (4) ラックの構造概要図を図 5-1 に示す。

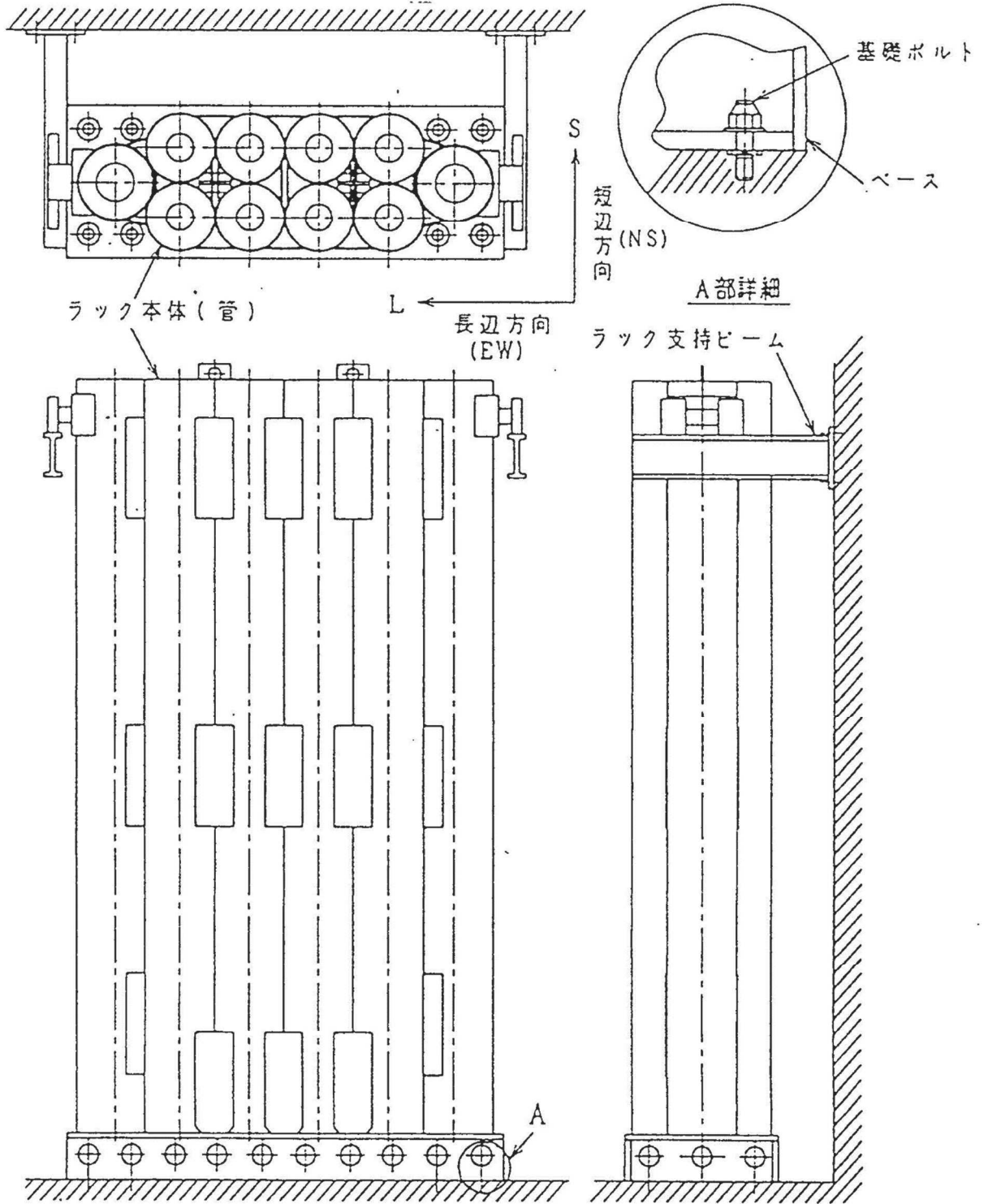


図 5-1 構造概要図

5.2 荷重の組合せ及び許容応力

5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

ラックの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち，設計基準対象施設の評価に用いるものを表 5-1 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-2 に示す。

5.2.2 許容応力

ラックの許容応力は，添付資料「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 5-3 のとおりとする。

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

ラックの許容応力評価条件のうち，設計基準対象施設の評価に用いるものを表 5-4 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-5 に示す。

表 5-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震設計上の 重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
核燃料物質の 取扱施設及び 貯蔵施設	使用済燃料 貯蔵設備	制御棒・ 破損燃料 貯蔵ラック	S	—*1	$D + P_D + M_D + S_d^{*2}$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S

注記*1：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

*2：S_sとの組み合わせ、Ⅲ_ASの評価を実施する。

表 5-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
核燃料物質の 取扱施設及び 貯蔵施設	使用済燃料 貯蔵設備	制御棒・ 破損燃料 貯蔵ラック	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	Ⅳ _A S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _A S (V _A SとしてⅣ _A Sの 許容限界を用いる。)

注記*1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*2：重大事故等その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

*3：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 5-3 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等以外)		許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力		一次応力	
	引張り	せん断	引張り	せん断
Ⅲ _A S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
Ⅳ _A S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
Ⅴ _A S (Ⅴ _A SとしてⅣ _A Sの許容限界を用いる。)				

注記*1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

*2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 5-4 使用材料の許容応力評価条件 (設計基準対象施設)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S (MPa)	S _y *1 (MPa)	S _u *1 (MPa)	S _y (R T) (MPa)
ラック本体 (管)		最高使用温度	66	—			
支持ビーム本体	SUS304	最高使用温度	66	—	188	479	205
ラック基礎ボルト		最高使用温度	66	—			
支持ビーム基礎ボルト		最高使用温度	66	—			

注記*1：最高使用温度 (66 °C) で算出

*2：JIS H4080「アルミニウム及びアルミニウム合金継目無管」の引張強さと降伏点 (0.2 %耐力) の値を使用する。

表 5-5 使用材料の許容応力評価条件 (重大事故等対処設備)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S (MPa)	S _y *1 (MPa)	S _u *1 (MPa)	S _y (R T) (MPa)
ラック本体 (管)		最高使用温度	100	—			
支持ビーム本体	SUS304	最高使用温度	100	—	171	441	205
ラック基礎ボルト		最高使用温度	100	—			
支持ビーム基礎ボルト		最高使用温度	100	—			

注記*1：最高使用温度 (100 °C) で算出

*2：JIS H4080「アルミニウム及びアルミニウム合金継目無管」の引張強さと降伏点 (0.2 %耐力) の値を使用する。

5.3 設計用地震力

「弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度」及び「基準地震動 S_s」による地震力は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。また、減衰定数は、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。評価に用いる設計用地震力を表 5-6 及び表 5-7 に示す。

表 5-6 設計用地震力（設計基準対象施設）

据付場所 及び 床面高さ (m)	方向	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		減衰定数 (%)	
		水平方向	鉛直 方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平 方向	鉛直 方向
原子炉建屋 OP. 33.20* ¹ OP. 22.50* ²	N S 方向	0.05 以下* ³	0.05 以下* ³	—* ⁴	—* ⁴	C _H =2.65	C _V =1.56	1.0* ⁵	—
	E W 方向					C _H =6.21			

- 注記*1：N S 方向の設計震度に適用する基準床レベルを示す。
 *2：E W 方向及び鉛直方向の設計震度に適用する基準床レベルを示す。
 *3：固有値解析により、0.05 秒以下であり、剛であることを確認した。
 *4：Ⅲ_AS については、基準地震動 S_s で評価する。
 *5：溶接構造物に適用される減衰定数の値

表 5-7 設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所 及び 床面高さ (m)	方向	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		減衰定数 (%)	
		水平方向	鉛直 方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平 方向	鉛直 方向
原子炉建屋 OP. 33.20* ¹ OP. 22.50* ²	N S 方向	0.05 以下* ³	0.05 以下* ³	—	—	C _H =2.65	C _V =1.56	1.0* ⁴	—
	E W 方向					C _H =6.21			

注記*1：N S 方向の設計震度に適用する基準床レベルを示す。

*2：E W 方向及び鉛直方向の設計震度に適用する基準床レベルを示す。

*3：固有値解析により、0.05 秒以下であり、剛であることを確認した。

*4：溶接構造物に適用される減衰定数の値

5.4 計算方法

5.4.1 ラック部材の応力

地震時にラック底部に働くせん断力 F_E 、 F_{SC} 、ラック支持部に働くせん断力 F_{SB} 、ラック底部に働くモーメント M_E 、 M_{SC} 、ラック重心位置に働くモーメント M_{SB} 及びラックに働く軸力 F_a が、図5-1のように負荷されるものとして、ラック部材の応力を求める。

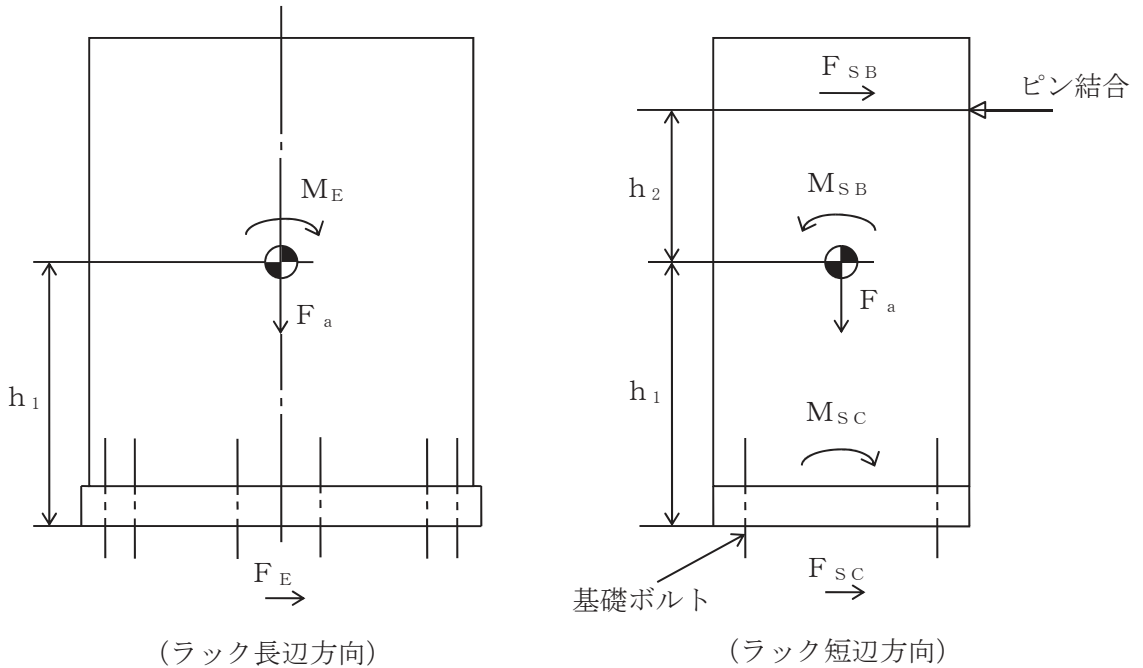


図5-1 荷重状態

ラック全質量 m は(5.1)式により求める。

$$m = m_R + m_C + m_F + m_W \quad \dots \quad (5.1)$$

(1) 引張応力

ラックに働く軸力 F_a 及びラックに働くモーメント M_i により、ラック部材に生じる引張応力 σ_{ft} は、(5.2)式より求める。

$$\sigma_{ft} = \frac{F_a}{A} + \frac{M_i}{Z_i} \quad \dots \quad (5.2)$$

ここで、ラックに働く軸力 F_a 及びラックに働くモーメント M_i は、(5.3)、(5.4)、(5.5)、(5.6)及び(5.7)式より求める。

$$F_a = (1 + C_v) \cdot m \cdot g \quad \dots \quad (5.3)$$

$$M_N = \text{Max}(M_{SB}, M_{SC}) \quad \dots \quad (5.4)$$

$$M_{SB} = \frac{m \cdot C_H \cdot g \cdot h_1^2 \cdot h_2}{2 \cdot (h_1 + h_2)^3} \cdot (2 \cdot h_1 + 3 \cdot h_2) \dots\dots\dots (5.5)$$

$$M_{SC} = \frac{m \cdot C_H \cdot g \cdot h_1 \cdot h_2}{2 \cdot (h_1 + h_2)^2} \cdot (h_1 + 2 \cdot h_2) \dots\dots\dots (5.6)$$

$$M_E = F_E \cdot h_1 \dots\dots\dots (5.7)$$

(2) せん断応力

せん断力 F_i により，ラック部材に生じるせん断応力 τ_f は，(5.8)式より求める。

$$\tau_f = \frac{F_i}{A_i} \dots\dots\dots (5.8)$$

ここで，ラック部材に働くせん断力 F_i は，(5.9)，(5.10)，(5.11)，(5.12)式より求める。

$$F_N = \text{Max}(F_{SB}, F_{SC}) \dots\dots\dots (5.9)$$

$$F_{SB} = \frac{m \cdot C_H \cdot g \cdot h_1^2}{2 \cdot (h_1 + h_2)^3} \cdot (2 \cdot h_1 + 3 \cdot h_2) \dots\dots\dots (5.10)$$

$$F_{SC} = \frac{m \cdot C_H \cdot g \cdot h_2}{2 \cdot (h_1 + h_2)^3} \cdot (3 \cdot h_1^2 + 6 \cdot h_1 \cdot h_2 + 2 \cdot h_2^2) \dots\dots\dots (5.11)$$

$$F_E = C_H \cdot m \cdot g \dots\dots\dots (5.12)$$

(3) 組合せ応力

ラック部材に生じる組合せ応力 σ_{fa} は，(5.13)式より求める。

$$\sigma_{fa} = \sqrt{\sigma_{ft}^2 + 3 \cdot \tau_f^2} \dots\dots\dots (5.13)$$

5.4.2 ラック基礎ボルトの応力

地震時にラックベース底部に働くせん断力 F_i 及びモーメント M_i が、図5-2のように負荷されるものとしてラック基礎ボルトの応力を求める。

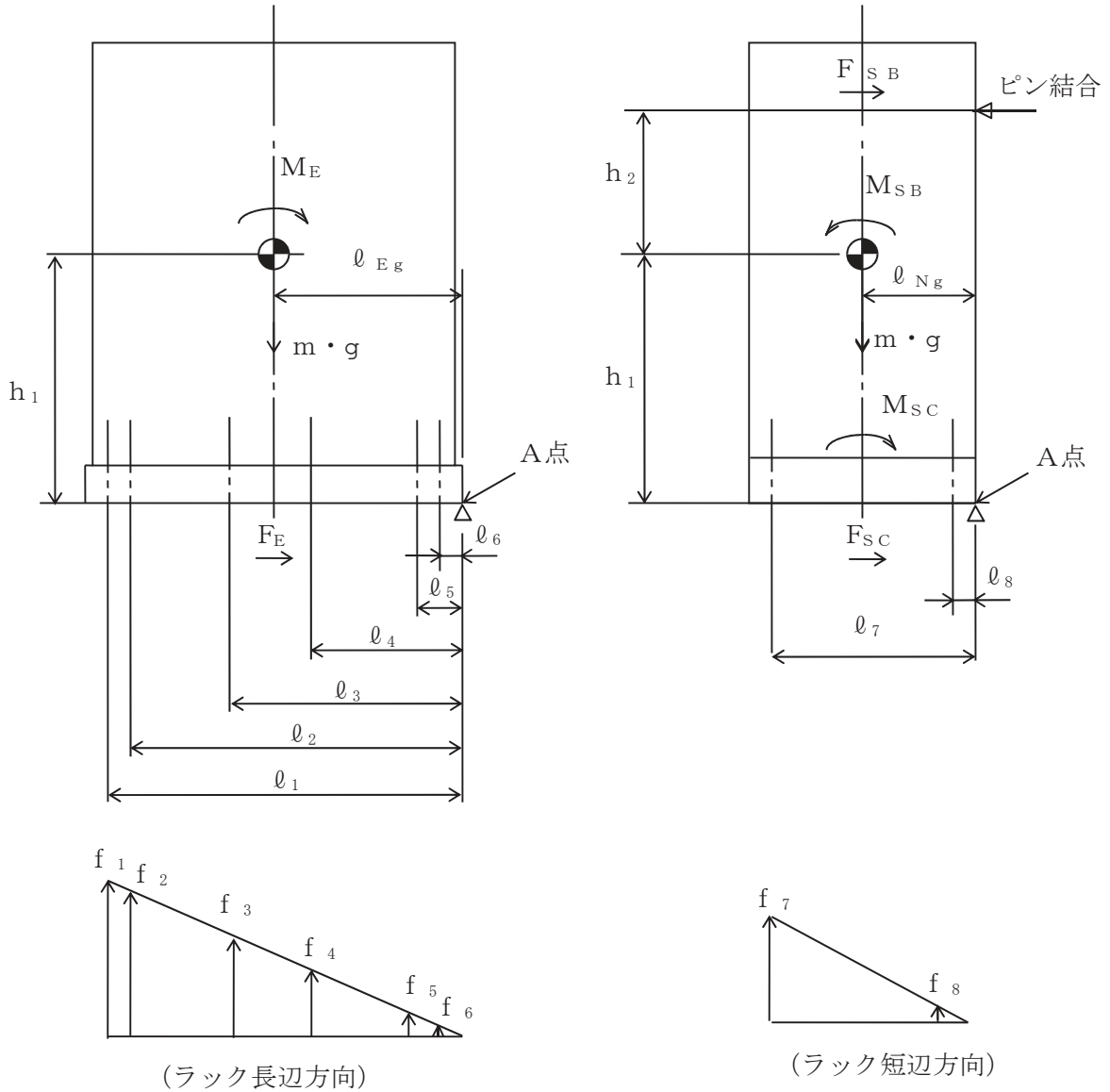


図 5-2 荷重状態

(1) 引張応力

図 5-2 においてラックの長辺方向を例にとり A点まわりのモーメントの釣合いによりラック基礎ボルト 1 本あたりに働く引張力 f_j を求める。

$f_1 > f_2 > \dots > f_6$ の関係にあるので f_1 のみを求める。

$$f_1 = \frac{\ell_1 \cdot \left\{ \sqrt{M_E^2 + (C_V \cdot m \cdot g \cdot \ell_{gE})^2} - m \cdot g \cdot \ell_{gE} \right\}}{n_1 \cdot \ell_1^2 + n_2 \cdot \ell_2^2 + \dots + n_5 \cdot \ell_5^2 + n_6 \cdot \ell_6^2} \dots \dots \dots (5.14)$$

引張力 f_1 によりラック基礎ボルトに生じる引張応力 σ_b は、(5.15)式より求める。

$$\sigma_b = \frac{f_1}{A_b} \dots\dots\dots (5.15)$$

ここで、ラックに働くモーメント M_i は、(5.16)及び(5.17)式より求める。

$$M_N = M_{SC} = \frac{m \cdot C_H \cdot g \cdot h_1 \cdot h_2}{2 \cdot (h_1 + h_2)^2} \cdot (h_1 + 2 \cdot h_2) \dots\dots\dots (5.16)$$

$$M_E = F_E \cdot h_1 \dots\dots\dots (5.17)$$

ただし、 f_1 の値が負のときは基礎ボルトに引張力が生じないので、引張応力の計算は行わない。

(2) せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は、基礎ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力 F_i により、ラック基礎ボルトに生じるせん断力 τ_b は、(5.18)式より求める。

$$\tau_b = \frac{F_i}{n_R \cdot A_b} \dots\dots\dots (5.18)$$

ラックに働くせん断力 F_i は、(5.19)及び(5.20)式より求める。

$$F_N = F_{SC} = \frac{m \cdot C_H \cdot g \cdot h_2}{2 \cdot (h_1 + h_2)^3} \cdot (3 \cdot h_1^2 + 6 \cdot h_1 \cdot h_2 + 2 \cdot h_2^2) \dots\dots (5.19)$$

$$F_E = C_H \cdot m \cdot g \dots\dots\dots (5.20)$$

5.4.3 支持ビーム部材の応力

地震時に、支持ビーム部材に働く軸力 F_{Ei} 、せん断力 F_{BHi} 、 F_{BVi} 及び曲げモーメント M_{BHi} 、 M_{BVi} が、図5-3に示すように負荷されるものとして支持ビーム部材の応力を求める。

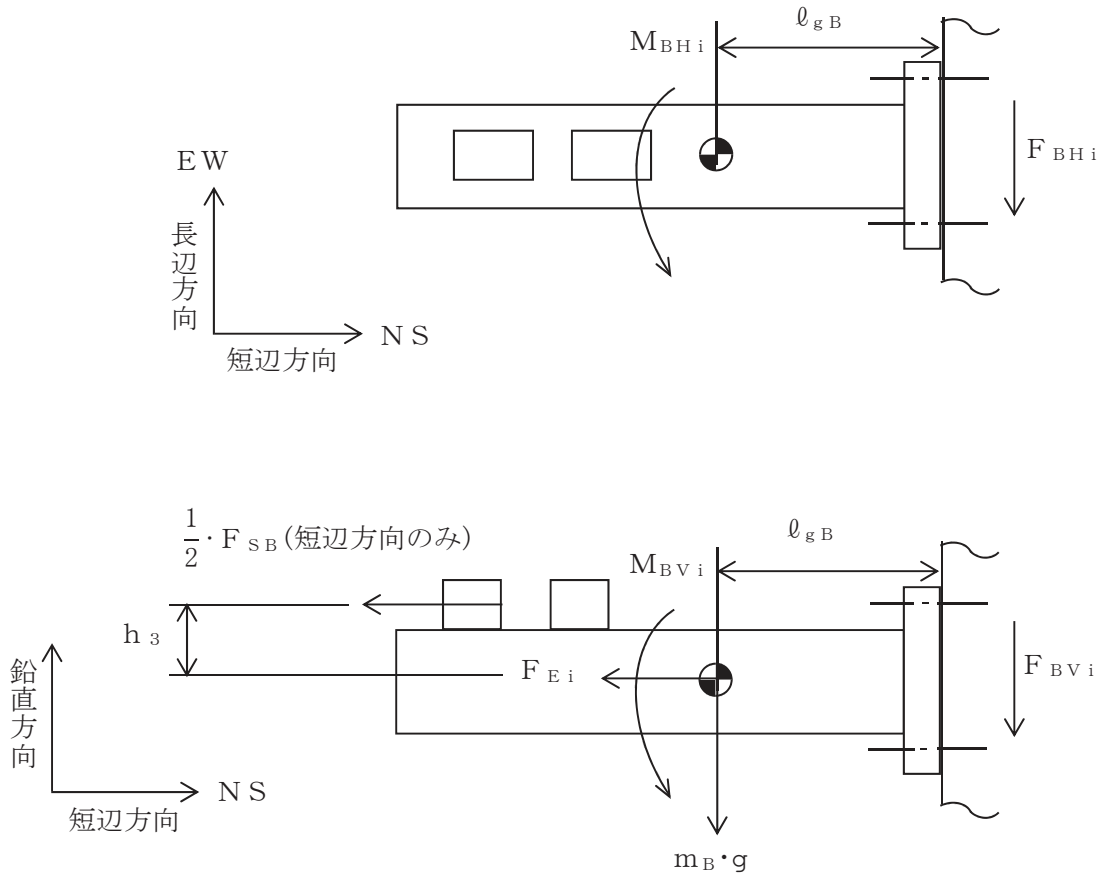


図5-3 荷重状態

(1) 引張応力

支持ビーム部材に働く軸力 F_{Ei} 及び曲げモーメント M_{BVi} 、 M_{BHi} により支持ビーム部材に生じる引張応力 σ_{ft} は、(5.21)式より求める。

$$\sigma_{ft} = \frac{F_{Ei}}{A_B} + \frac{M_{BHi}}{Z_{BH}} + \frac{M_{BVi}}{Z_{BV}} \dots\dots\dots (5.21)$$

ここで、支持ビーム部材に働く軸力 F_{Ei} 及び曲げモーメント M_{BHi} 、 M_{BVi} を(5.22)、(5.23)、(5.24)、(5.25)、(5.26)及び(5.27)式により求める。

$$F_{EN} = \frac{1}{2} \cdot F_{SB} + C_H \cdot m_B \cdot g \dots\dots\dots (5.22)$$

$$F_{EE} = 0 \dots\dots\dots (5.23)$$

$$M_{BVN} = \sqrt{\left(\frac{1}{2} \cdot F_{SB} \cdot h_3\right)^2 + (C_V \cdot m_B \cdot g \cdot \ell_{gB})^2} + m_B \cdot g \cdot \ell_{gB} \quad \dots (5.24)$$

$$M_{BVE} = (1 + C_V) \cdot m_B \cdot g \cdot \ell_{gB} \quad \dots (5.25)$$

$$M_{BHN} = 0 \quad \dots (5.26)$$

$$M_{BHE} = C_H \cdot m_B \cdot g \cdot \ell_{gB} \quad \dots (5.27)$$

(2) せん断応力

支持ビーム部材に働くせん断力 F_{BHi} , F_{BVi} により支持ビーム部材に生じるせん断応力 τ_f は, (5.28)式より求める。

$$\tau_f = \sqrt{\left(\frac{F_{BHi}}{A_{BH}}\right)^2 + \left(\frac{F_{BVi}}{A_{BV}}\right)^2} \quad \dots (5.28)$$

支持ビーム部材に働くせん断力 F_{BHi} , F_{BVi} を (5.29), (5.30) 及び (5.31) 式により求める。

$$F_{BHN} = 0 \quad \dots (5.29)$$

$$F_{BHE} = C_H \cdot m_B \cdot g \quad \dots (5.30)$$

$$F_{BVi} = (1 + C_V) \cdot m_B \cdot g \quad \dots (5.31)$$

(3) 組合せ応力

支持ビーム部材に生じる組合せ応力 σ_{fa} は, (5.32)式より求める。

$$\sigma_{fa} = \sqrt{\sigma_{ft}^2 + 3 \cdot \tau_f^2} \quad \dots (5.32)$$

5.4.4 支持ビーム基礎ボルトの応力

地震時に、支持ビームに働く軸力 F_{Ei} 、せん断力 F_{BHi} 、 F_{BVi} 及び曲げモーメント M_{BHi} 、 M_{BVi} が、図5-4のように負荷されるものとして支持ビーム基礎ボルトの応力を求める。

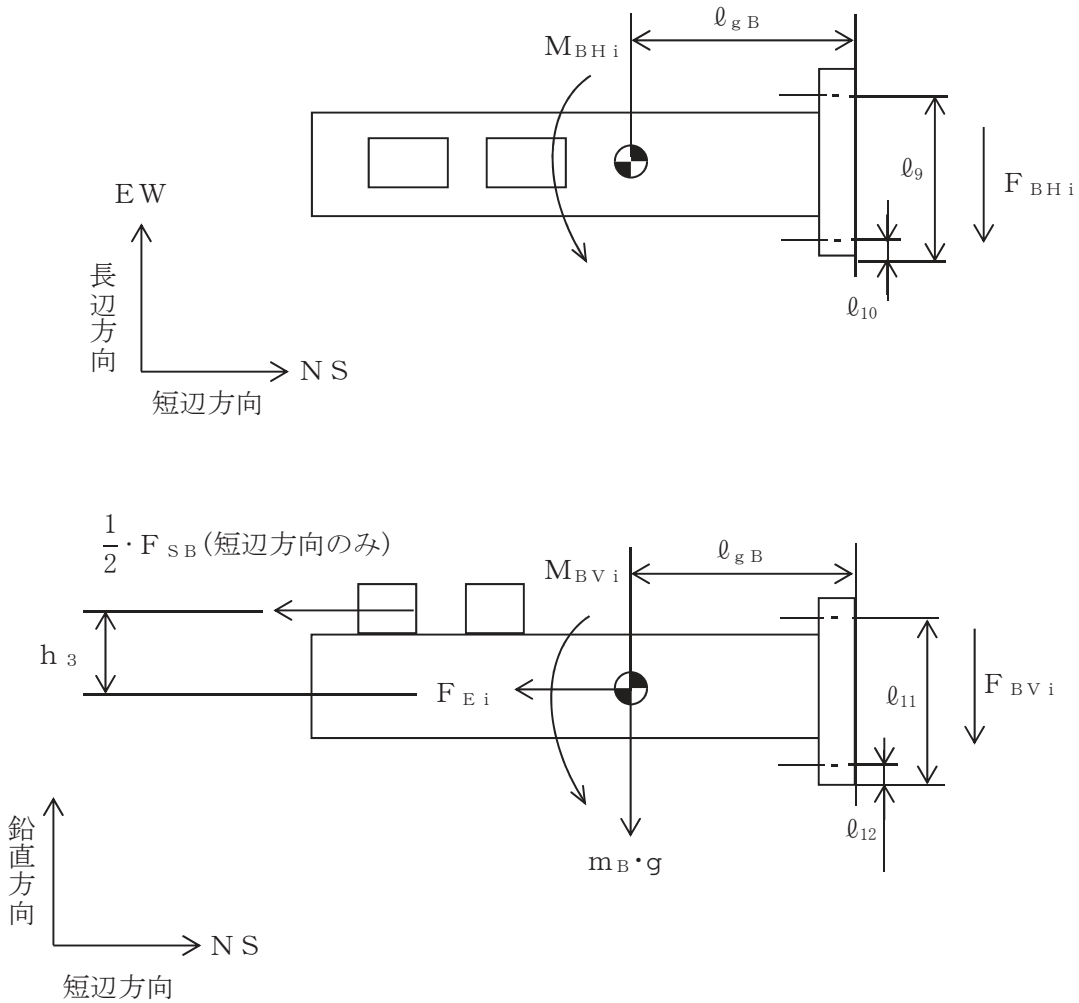


図5-4 荷重状態

(1) 引張応力

支持ビームに働く曲げモーメント M_{BVi} 、 M_{BHi} により生じる支持ビーム基礎ボルト1本当たりの引張力 N_{pm} 及び、支持ビームに働く軸力 F_{Ei} により支持ビーム基礎ボルトに生じる引張応力 σ_b は、(5.33)式より求める。

$$\sigma_b = \frac{N_{pm}}{A_b} + \frac{F_{Ei}}{n_B \cdot A_b} \dots\dots\dots (5.33)$$

ここで、支持ビーム基礎ボルト 1 本当たりの最大引張力 N_{pm} は、(5.34) 式より求める。

$$N_{pm} = \frac{\ell_9 \cdot M_{BHi}}{n_9 \cdot \ell_9 + n_{10} \cdot \ell_{10}} + \frac{\ell_{11} \cdot M_{BVi}}{n_{11} \cdot \ell_{11} + n_{12} \cdot \ell_{12}} \dots (5.34)$$

支持ビームに働く軸力 F_{Ei} 及び曲げモーメント M_{BHi} , M_{BVi} を(5.35), (5.36), (5.37), (5.38), (5.39) 及び(5.40) 式により求める。

$$F_{EN} = \frac{1}{2} \cdot F_{SB} + C_H \cdot m_B \cdot g \dots (5.35)$$

$$F_{EE} = 0 \dots (5.36)$$

$$M_{BVN} = \sqrt{\left(\frac{1}{2} \cdot F_{SB} \cdot h_3\right)^2 + (C_V \cdot m_B \cdot g \cdot \ell_{gB})^2} + m_B \cdot g \cdot \ell_{gB} \dots (5.37)$$

$$M_{BVE} = (1 + C_V) \cdot m_B \cdot g \cdot \ell_{gB} \dots (5.38)$$

$$M_{BHN} = 0 \dots (5.39)$$

$$M_{BHE} = C_H \cdot m_B \cdot g \cdot \ell_{gB} \dots (5.40)$$

(2) せん断応力

支持ビームに働くせん断力 F_{BHi} , F_{BVi} により支持ビーム基礎ボルトに生じるせん断応力 τ_b は、(5.41) 式より求める。

$$\tau_b = \frac{\sqrt{F_{BHi}^2 + F_{BVi}^2}}{n_B \cdot A_b} \dots (5.41)$$

支持ビームに働くせん断力 F_{BHi} , F_{BVi} を(5.42), (5.43) 及び(5.44) 式により求める。

$$F_{BHN} = 0 \dots (5.42)$$

$$F_{BHE} = C_H \cdot m_B \cdot g \dots (5.43)$$

$$F_{BVi} = (1 + C_V) \cdot m_B \cdot g \dots (5.44)$$

5.5 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【制御棒・破損燃料貯蔵ラックの耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.6 応力の評価

5.6.1 部材の応力評価

5.4.1 項及び 5.4.3 項で求めた各部材の引張応力 σ_{ft} 及び組合せ応力 σ_{fa} が、許容引張応力 f_t 以下であること。

また、5.4.1 項及び 5.4.3 項で求めた各部材のせん断応力 τ_f が、許容せん断応力 f_s 以下であること。

ただし、 f_t 及び f_s は下表による。

	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
許容引張応力 f_t	$\frac{F}{1.5} \cdot 1.5^{*1}$	$\frac{F^*}{1.5} \cdot 1.5^{*1}$
許容せん断応力 f_s	$\frac{F}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5^{*1}$	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5^{*1}$

注記*1: の F 及び F* は、日本産業規格 JIS H4080「アルミニウム及びアルミニウム合金継目無管」の引張強さと降伏点（0.2 %耐力）の値を用いて、設計・建設規格 SSB-3121.1 及び SSB-3121.3 に準じて求める。

5.6.2 基礎ボルトの応力評価

5.4.2 項及び 5.4.4 項で求めた基礎ボルトの引張応力 σ_b が、次式より求めた許容引張応力 f_{ts} 以下であること。

また、5.4.2 項及び 5.4.4 項で求めた基礎ボルトのせん断応力 τ_b が、せん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力 f_{sb} 以下であること。

$$f_{ts} = 1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b \dots\dots\dots (5.45)$$

かつ

$$f_{ts} \leq f_{to} \dots\dots\dots (5.46)$$

ただし、 f_{to} 及び f_{sb} は下表による。

	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
許容引張応力 f_{to}	$\frac{F}{2} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 f_{sb}	$\frac{F}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

ラックの設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。なお、弾性設計用地震動 S_d 及び静的震度は、基準地震動 S_s を下回っており、基準地震動 S_s による発生値が、弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度に対する評価における許容限界を満足したため、弾性設計用地震動 S_d 及び静的震度による発生値の算出を省略した。

6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

ラックの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

【制御棒・破損燃料貯蔵ラックの耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震設計上の重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	方向	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
				水平方向	鉛直方向	水平方向	鉛直方向	水平方向	鉛直方向			
制御棒・破損燃料貯蔵ラック	S	原子炉建屋 OP. 33.20* ¹ OP. 22.50* ²	N S方向	0.05 以下* ³	0.05 以下* ³	—* ⁴	—* ⁴	C _H =2.65	C _V =1.56	—	66	—
			E W方向					C _H =6.21				

注記*1：N S方向の設計震度に適用する基準床レベルを示す。

*2：E W方向及び鉛直方向の設計震度に適用する基準床レベルを示す。

*3：固有値解析により0.05秒以下であり、剛であることを確認した。

*4：Ⅲ_ASについては、基準地震動S_sで評価する。

1.2 ラック部材の応力評価に用いる要目

m (kg)	m _C (kg)	m _F (kg)	m _R (kg)	m _w (kg)	h ₁ (mm)	h ₂ (mm)	A (mm ²)	A _N (mm ²)	A _E (mm ²)	Z _N (mm ³)	Z _E (mm ³)
							4.589×10 ⁴	2.294×10 ⁴	2.294×10 ⁴	3.885×10 ⁶	1.152×10 ⁷

材料	S _y * ¹ (MPa)	S _u * ¹ (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)

注記*1：JIS H4080「アルミニウム及びアルミニウム合金継目無管」の引張強さと降伏点（0.2%耐力）の値を使用する。

1.3 ラック基礎ボルトの応力評価に用いる要目

m (kg)	m _C (kg)	m _F (kg)	m _R (kg)	m _w (kg)	ℓ ₁ (mm)	ℓ ₂ (mm)	ℓ ₃ (mm)	ℓ ₄ (mm)	ℓ ₅ (mm)	ℓ ₆ (mm)	ℓ ₇ (mm)	ℓ ₈ (mm)	ℓ _{gN} (mm)	ℓ _{gE} (mm)	A _b (mm ²)	n _R (-)	n ₁ (-)	n ₂ (-)
					1639.5	1466.5	947.5	774.5	255.5	82.5	512.5	92.5	302.5	861	1.018×10 ³	12	2	2

n ₃ (-)	n ₄ (-)	n ₅ (-)	n ₆ (-)	n ₇ (-)	n ₈ (-)
2	2	2	2	6	6

材料	S _y ^{*1} (MPa)	S _y (RT) (MPa)	S _u ^{*1} (MPa)	F (MPa)	F [*] (MPa)

注記*1：最高使用温度（66℃）で算出

1.4 支持ビーム部材及び支持ビーム基礎ボルトの応力評価に用いる要目

m_B (kg)	ℓ_9 (mm)	ℓ_{10} (mm)	ℓ_{11} (mm)	ℓ_{12} (mm)	ℓ_{gB} (mm)	h_3 (mm)	A_b (mm ²)	A_B (mm ²)	A_{BH} (mm ²)	A_{BV} (mm ²)	n_B (-)	n_9 (-)	n_{10} (-)	n_{11} (-)	n_{12} (-)	Z_{BH} (mm ³)
	230	50	280	50	315		1.018×10^3	7.000×10^3	3.215×10^3	3.097×10^3	4	2	2	2	2	5.167×10^4

Z_{BV} (mm ³)
3.523×10^5

	材料	S_y^{*1} (MPa)	$S_y(RT)$ (MPa)	S_u^{*1} (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
支持ビーム 部材	SUS304	188	205	479	205	205
支持ビーム 基礎ボルト						

注記 *1：最高使用温度（66℃）で算出

1.5 計算数値

1.5.1 ラック部材に生じる応力

(単位：MPa)

材料	応力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
		NS方向	EW方向	NS方向	EW方向
	引張り σ_{ft}	—	—	24	76
	せん断 τ_f	—	—	5	17
	組合せ σ_{fa}	—	—	26	82

1.5.2 支持ビーム部材に生じる応力

(単位：MPa)

材料	応力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
		NS方向	EW方向	NS方向	EW方向
SUS304	引張り σ_{ft}	—	—	30	29
	せん断 τ_f	—	—	1	2
	組合せ σ_{fa}	—	—	30	30

1.5.3 ラック基礎ボルトに生じる応力

(単位：MPa)

材料	応力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
		NS方向	EW方向	NS方向	EW方向
	引張り σ_b	—	—	15	99
	せん断 τ_b	—	—	5	31

1.5.4 支持ビーム基礎ボルトに生じる応力

(単位：MPa)

材料	応力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
		NS方向	EW方向	NS方向	EW方向
	引張り σ_b	—	—	26	4
	せん断 τ_b	—	—	1	2

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

1.6 応力

1.6.1 ラック部材に生じる応力

(単位：MPa)

材料	応力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
		算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
	引張り	$\sigma_{ft} = 76^*$	$f_t = 108$	$\sigma_{ft} = 76$	$f_t = 108$
	せん断	$\tau_f = 17^*$	$f_s = 62$	$\tau_f = 17$	$f_s = 62$
	組合せ	$\sigma_{fa} = 82^*$	$f_t = 108$	$\sigma_{fa} = 82$	$f_t = 108$

注記*：基準地震動 S s による算出応力の値
すべて許容応力以下である。

1.6.2 支持ビーム部材に生じる応力

(単位：MPa)

材料	応力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
		算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
SUS304	引張り	$\sigma_{ft} = 30^*$	$f_t = 205$	$\sigma_{ft} = 30$	$f_t = 205$
	せん断	$\tau_f = 1^*$	$f_s = 118$	$\tau_f = 1$	$f_s = 118$
	組合せ	$\sigma_{fa} = 30^*$	$f_t = 205$	$\sigma_{fa} = 30$	$f_t = 205$

注記*：基準地震動 S s による算出応力の値
すべて許容応力以下である。

1.6.3 ラック基礎ボルトに生じる応力

(単位：MPa)

材料	応力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
		算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
	引張り	$\sigma_b = 99^{*1}$	$f_{ts} = 455^{*2}$	$\sigma_b = 99$	$f_{ts} = 455^{*2}$
	せん断	$\tau_b = 31^{*1}$	$f_{sb} = 350$	$\tau_b = 31$	$f_{sb} = 350$

注記*1：基準地震動 S s による算出応力の値
*2： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$ より算出
すべて許容応力以下である。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

1.6.4 支持ビーム基礎ボルトに生じる応力

(単位：MPa)

材料	応力の種類	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
		算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
	引張り	$\sigma_b = 26^{*1}$	$f_{ts} = 455^{*2}$	$\sigma_b = 26$	$f_{ts} = 455^{*2}$
	せん断	$\tau_b = 1^{*1}$	$f_{sb} = 350$	$\tau_b = 1$	$f_{sb} = 350$

注記*1：基準地震動 S_s による算出応力の値

*2： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$ より算出
すべて許容応力以下である。

【制御棒・破損燃料貯蔵ラックの耐震性についての計算結果】

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	方向	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
				水平方向	鉛直方向	水平方向	鉛直方向	水平方向	鉛直方向			
制御棒・破損燃料貯蔵ラック	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋 OP. 33.20*1 OP. 22.50*2	NS方向	0.05以下*3	0.05以下*3	—	—	C _H =2.65	C _V =1.56	—	100	—
			EW方向					C _H =6.21				

注記*1：NS方向の設計震度に適用する基準床レベルを示す。

*2：EW方向及び鉛直方向の設計震度に適用する基準床レベルを示す。

*3：固有値解析により0.05秒以下であり、剛であることを確認した。

2.2 ラック部材の応力評価に用いる要目

m (kg)	m _C (kg)	m _F (kg)	m _R (kg)	m _w (kg)	h ₁ (mm)	h ₂ (mm)	A (mm ²)	A _N (mm ²)	A _E (mm ²)	Z _N (mm ³)	Z _E (mm ³)
							4.589×10 ⁴	2.294×10 ⁴	2.294×10 ⁴	3.885×10 ⁶	1.152×10 ⁷

材料	S _y *1 (MPa)	S _u *1 (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)

注記*1：JIS H4080「アルミニウム及びアルミニウム合金継目無管」の引張強さと降伏点（0.2%耐力）の値を使用する。

2.3 ラック基礎ボルトの応力評価に用いる要目

m (kg)	m _C (kg)	m _F (kg)	m _R (kg)	m _w (kg)	ℓ ₁ (mm)	ℓ ₂ (mm)	ℓ ₃ (mm)	ℓ ₄ (mm)	ℓ ₅ (mm)	ℓ ₆ (mm)	ℓ ₇ (mm)	ℓ ₈ (mm)	ℓ _{gN} (mm)	ℓ _{gE} (mm)	A _b (mm ²)	n _R (-)	n ₁ (-)	n ₂ (-)
					1639.5	1466.5	947.5	774.5	255.5	82.5	512.5	92.5	302.5	861	1.018×10 ³	12	2	2

n ₃ (-)	n ₄ (-)	n ₅ (-)	n ₆ (-)	n ₇ (-)	n ₈ (-)
2	2	2	2	6	6

材料	S _y ^{*1} (MPa)	S _y (R T) (MPa)	S _u ^{*1} (MPa)	F (MPa)	F [*] (MPa)

注記*1：最高使用温度（100 °C）で算出

2.4 支持ビーム部材及び支持ビーム基礎ボルトの応力評価に用いる要目

m_B (kg)	l_9 (mm)	l_{10} (mm)	l_{11} (mm)	l_{12} (mm)	l_{gB} (mm)	h_3 (mm)	A_b (mm ²)	A_B (mm ²)	A_{BH} (mm ²)	A_{BV} (mm ²)	n_B (-)	n_9 (-)	n_{10} (-)	n_{11} (-)	n_{12} (-)	Z_{BH} (mm ³)
	230	50	280	50	315		1.018×10^3	7.000×10^3	3.215×10^3	3.097×10^3	4	2	2	2	2	5.167×10^4

Z_{BV} (mm ³)
3.523×10^5

	材料	S_y^{*1} (MPa)	$S_y(RT)$ (MPa)	S_u^{*1} (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
支持ビーム 部材	SUS304	171	205	441	205	205
支持ビーム 基礎ボルト						

36

注記 *1: 最高使用温度 (100 °C) で算出

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2.5 計算数値

2.5.1 ラック部材に生じる応力

(単位：MPa)

材料	応力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
		NS方向	EW方向	NS方向	EW方向
	引張り σ_{ft}	—	—	24	76
	せん断 τ_f	—	—	5	17
	組合せ σ_{fa}	—	—	26	82

2.5.2 支持ビーム部材に生じる応力

(単位：MPa)

材料	応力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
		NS方向	EW方向	NS方向	EW方向
SUS304	引張り σ_{ft}	—	—	30	29
	せん断 τ_f	—	—	1	2
	組合せ σ_{fa}	—	—	30	30

2.5.3 ラック基礎ボルトに生じる応力

(単位：MPa)

材料	応力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
		NS方向	EW方向	NS方向	EW方向
	引張り σ_b	—	—	15	99
	せん断 τ_b	—	—	5	31

2.5.4 支持ビーム基礎ボルトに生じる応力

(単位：MPa)

材料	応力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
		NS方向	EW方向	NS方向	EW方向
	引張り σ_b	—	—	26	4
	せん断 τ_b	—	—	1	2

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2.6 応力

2.6.1 ラック部材に生じる応力

(単位：MPa)

材料	応力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
		算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
	引張り	—	—	$\sigma_{ft} = 76$	$f_t = 108$
	せん断	—	—	$\tau_f = 17$	$f_s = 62$
	組合せ	—	—	$\sigma_{fa} = 82$	$f_t = 108$

すべて許容応力以下である。

2.6.2 支持ビーム部材に生じる応力

(単位：MPa)

材料	応力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
		算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
SUS304	引張り	—	—	$\sigma_{ft} = 30$	$f_t = 205$
	せん断	—	—	$\tau_f = 1$	$f_s = 118$
	組合せ	—	—	$\sigma_{fa} = 30$	$f_t = 205$

すべて許容応力以下である。

2.6.3 ラック基礎ボルトに生じる応力

(単位：MPa)

材料	応力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
		算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
	引張り	—	—	$\sigma_b = 99$	$f_{ts} = 444^*$
	せん断	—	—	$\tau_b = 31$	$f_{sb} = 341$

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

すべて許容応力以下である。

2.6.4 支持ビーム基礎ボルトに生じる応力

(単位：MPa)

材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
		算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
	引張り	—	—	$\sigma_b = 26$	$f_{ts} = 444^*$
	せん断	—	—	$\tau_b = 1$	$f_{sb} = 341$

注記*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$ より算出
すべて許容応力以下である。

VI-2-4-2-4 使用済燃料プール水位／温度（ガイドパルス式）の耐震性について
の計算書

目次

1.	概要	1
2.	一般事項	1
2.1	構造計画	1
2.2	評価方針	3
2.3	適用規格・基準等	4
2.4	記号の説明	5
2.5	計算精度と数値の丸め方	7
3.	評価部位	8
4.	検出器の評価	8
4.1	検出器の地震応答解析及び構造強度評価	8
4.1.1	検出器の地震応答解析及び構造強度評価方法	8
4.1.2	検出器の荷重の組合せ及び許容応力	8
4.1.3	検出器の解析モデル及び諸元	11
4.1.4	検出器の固有周期	13
4.1.5	検出器の設計用地震力	14
4.1.6	検出器の計算方法	15
4.1.7	検出器の計算条件	15
4.1.8	検出器の応力の評価	15
5.	検出器架台の評価	16
5.1	検出器架台の固有周期	16
5.1.1	検出器架台の固有値解析方法	16
5.1.2	検出器架台の解析モデル及び諸元	16
5.1.3	検出器架台の固有値解析結果	17
5.2	検出器架台の構造強度評価	18
5.2.1	検出器架台の構造強度評価方法	18
5.2.2	検出器架台の荷重の組合せ及び許容応力	18
5.2.3	検出器架台の設計用地震力	20
5.2.4	検出器架台の計算方法	21
5.2.5	検出器架台の計算条件	25
5.2.6	検出器架台の応力の評価	25
6.	機能維持評価	26
6.1	電氣的機能維持評価方法	26
7.	評価結果	27
7.1	重大事故等対処設備としての評価結果	27

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、使用済燃料プール水位／温度（ガイドパルス式）が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

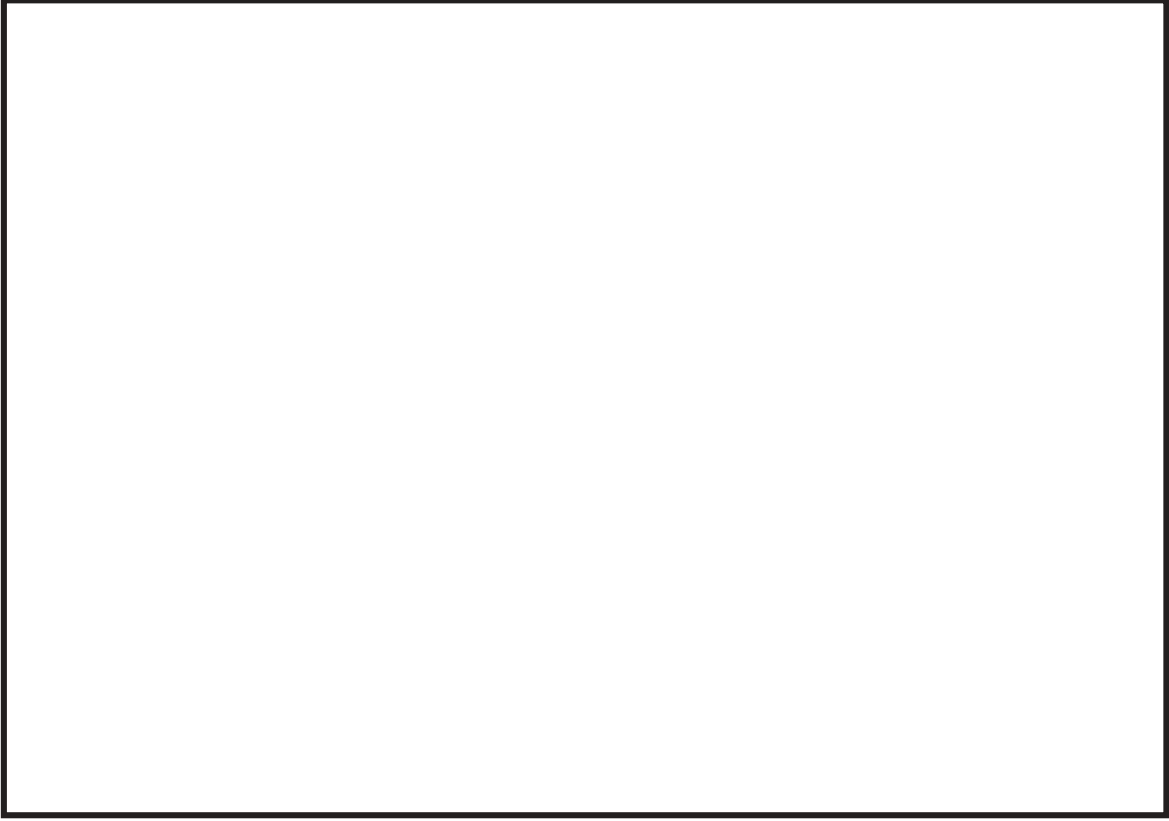
使用済燃料プール水位／温度（ガイドパルス式）は、設計基準対象施設においてはCクラス施設に、重大事故等対処設備においては、常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処施設としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

使用済燃料プール水位／温度（ガイドパルス式）の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、<input type="text"/> <input type="text"/> を検出器架台梁 <input type="text"/> に接続する。</p> <p>検出器架台梁及び検出器架台は、検出器架台取付ボルトによりベースプレートに固定され、ベースプレートは、基礎ボルトにより基礎に設置する。</p> <p>また、検出器は使用済燃料プール壁面の埋込金物及び使用済燃料プール床に据付ける検出器サポートで固定する。</p>	<p>測温抵抗体式温度検出器及びガイドパルス式水位検出器</p>	<p>【使用済燃料プール水位／温度（ガイドパルス式）】</p> 

2

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2.2 評価方針

使用済燃料プール水位／温度（ガイドパルス式）の応力評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示す使用済燃料プール水位／温度（ガイドパルス式）の部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、検出器については「4.1.3 検出器の解析モデル及び諸元」及び「4.1.4 検出器の固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「4.1 検出器の地震応答解析及び構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施し、検出器架台については「5.1 検出器架台の固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「5.2 検出器架台の構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、使用済燃料プール水位／温度（ガイドパルス式）の機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを「6. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「7. 評価結果」に示す。

使用済燃料プール水位／温度（ガイドパルス式）の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

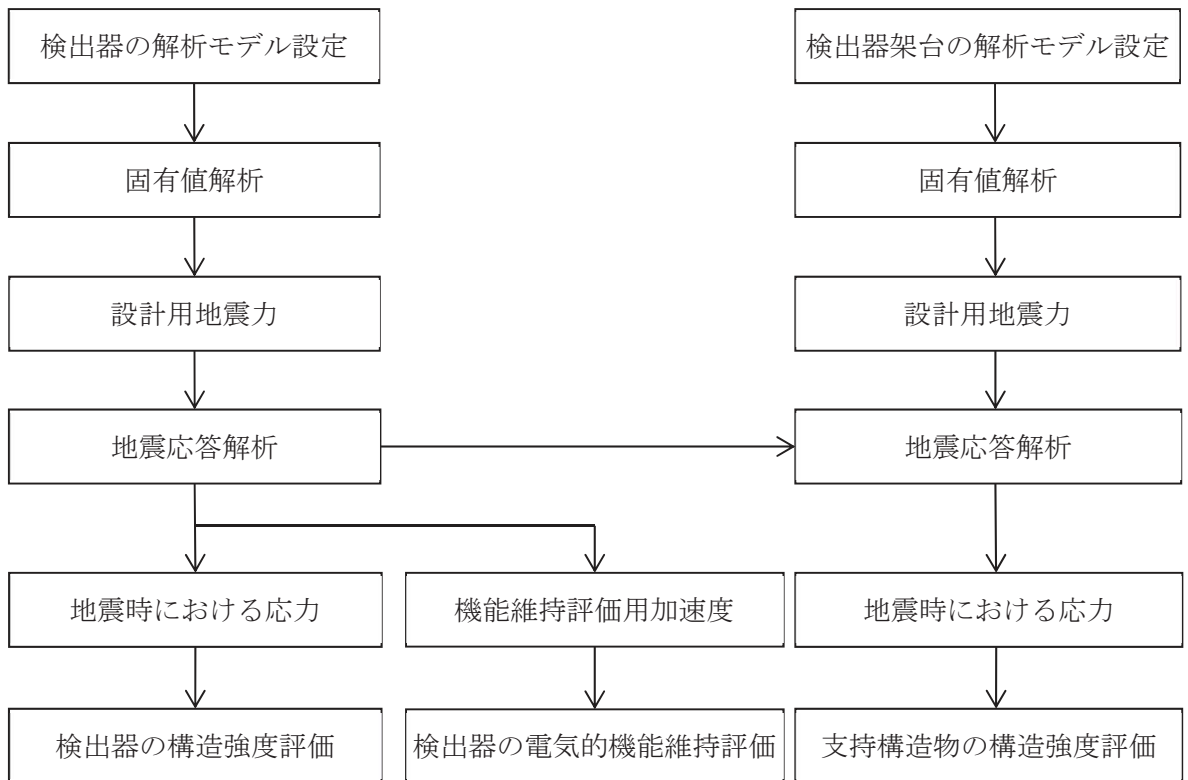


図 2-1 使用済燃料プール水位／温度（ガイドパルス式）の耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 ((社) 日本電気協会)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補-1984
((社) 日本電気協会)
- (3) 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版 ((社) 日本電気協会)
- (4) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 ((社) 日本機械学会2005/2007)
(以下「設計・建設規格」という。)

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_b	基礎ボルトの軸断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d	基礎ボルトの呼び径	mm
d_o	検出器保護管外径	mm
d_i	検出器保護管内径	mm
E	縦弾性係数	MPa
F	設計・建設規格 SSB-3131 に定める値	MPa
F^*	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値	MPa
F_b	基礎ボルトに作用する引張力 (1本あたり)	N
F_x	検出器取付部における水平方向荷重	N
F_{x1}	地震力における水平方向荷重	N
F_{x11}	地震力におけるX方向荷重	N
F_{x12}	地震力におけるY方向荷重	N
F_z	検出器取付部における鉛直方向荷重	N
F_{xB}	検出器取付部に作用する力 (水平方向)	N
F_{zB}	検出器取付部に作用する力 (鉛直方向)	N
f_{sb}	せん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力	MPa
f_{to}	引張力のみを受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
f_{ts}	引張力とせん断力を同時に受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s^2
h_1	検出器架台の据付面から重心までの距離	mm
h_2	検出器取付部から検出器架台の重心までの鉛直方向距離	mm
l_1	検出器架台の重心と基礎ボルト間の水平方向距離	mm
l_2	検出器架台の重心と基礎ボルト間の水平方向距離	mm
l_b	検出器取付部中心から重心までの水平方向距離	mm
l_p	検出器長さ	mm
M_x	検出器架台の重心における検出器取付部から作用するモーメント (X軸回り)	$\text{N} \cdot \text{mm}$
M_y	検出器架台の重心における検出器取付部から作用するモーメント (Y軸回り)	$\text{N} \cdot \text{mm}$
m_{b1}	検出器架台質量	kg
m_{b2}	検出器架台梁質量	kg
m_p	検出器質量	kg
m_w	検出器内包水質量	kg
n	基礎ボルトの本数	—

記号	記号の説明	単位
n_f	評価上引張力を受けるとして期待する基礎ボルトの本数	—
Q_b	基礎ボルトに作用するせん断力	N
S_u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 9 に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める値	MPa
$S_y (R T)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める材料の 40°Cにおける値	MPa
π	円周率	—
σ_b	基礎ボルトに生じる引張応力	MPa
σ_p	検出器に生じる曲げ応力	MPa
σ_{p1}	地震力における曲げ応力	MPa
σ_{p11}	地震力における軸応力	MPa
σ_{p12}	検出器に生じる組合せ応力	MPa
σ_{p2}	死荷重における軸応力	MPa
τ_b	基礎ボルトに生じるせん断応力	MPa
ν	ポアソン比	—
X	E W 方向	—
Y	N S 方向	—
Z	鉛直方向	—

2.5 計算精度と数値の丸め方

計算精度は、有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は、表 2-2 に示すとおりとする。

表 2-2 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第 4 位	四捨五入	小数点以下第 3 位
震度	—	小数点以下第 3 位	切上げ	小数点以下第 2 位
刺激係数	—	小数点以下第 4 位	四捨五入	小数点以下第 3 位
温度	℃	—	—	整数位
質量	kg	—	—	整数位 ^{*1}
長さ	mm	—	—	整数位 ^{*1}
面積	mm ²	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*2}
モーメント	N・mm	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*2}
力	N	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*2}
算出応力	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
許容応力 ^{*3}	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位

注記*1：設計上定める値が小数点以下第 1 位の場合は、小数点以下第 1 位表示とする。

*2：絶対値が 1000 以上のときは、べき数表示とする。

*3：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は、比例法により補間した値の小数点以下第 1 位を切り捨て、整数位までの値とする。

3. 評価部位

使用済燃料プール水位／温度（ガイドパルス式）の耐震評価は、検出器とそれを支持する検出器架台について評価を行う。

検出器については、「4.1 検出器の地震応答解析及び構造強度評価」に示す条件に基づき評価を実施する。また、検出器架台については、「5.2 検出器架台の構造強度評価」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる基礎ボルトについて評価を実施する。

使用済燃料プール水位／温度（ガイドパルス式）の耐震評価部位については、表2-1の概略構造図に示す。

4. 検出器の評価

4.1 検出器の地震応答解析及び構造強度評価

4.1.1 検出器の地震応答解析及び構造強度評価方法

- (1) 地震力は、検出器に対して水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
- (2) 曲げの変形モードを考慮する。
- (3) 計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

4.1.2 検出器の荷重の組合せ及び許容応力

4.1.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

使用済燃料プール水位／温度（ガイドパルス式）検出器の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.1.2.2 検出器の許容応力

使用済燃料プール水位／温度（ガイドパルス式）検出器の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.1.2.3 検出器の使用材料の許容応力評価条件

使用済燃料プール水位／温度（ガイドパルス式）検出器の使用材料の許容応力評価条件のうち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-3 に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
核燃料物質の 取扱施設及び 貯蔵施設	使用済燃料 貯蔵設備	使用済燃料プール水位/ 温度（ガイドパルス式）	常設/防止 常設/緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IV _A S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _A S (V _A Sとして IV _A Sの許容限界 を用いる。)

注記 *1:「常設/防止」は常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備,「常設/緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*2:その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

*3:「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため,評価結果の記載を省略する。

表 4-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等以外)				
	一次応力				
	引張	せん断	圧縮	曲げ	組合せ
IV _{AS}	1.5・f _t *	1.5・f _s *	1.5・f _c *	1.5・f _b *	1.5・f _t *
V _{AS} (V _{AS} としてIV _{AS} の 許容限界を用いる。)					

注記 *1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

*2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
検出器		周囲環境温度		169	—	—

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4.1.3 検出器の解析モデル及び諸元

使用済燃料プール水位／温度（ガイドパルス式）検出器の解析モデルを図 4-1 に、解析モデルの概要を以下に示す。また、機器の諸元を【使用済燃料プール水位／温度（ガイドパルス式）(G41-LE201, TE202, TE203) の耐震性についての計算結果】の機器要目に示す。

- (1) 使用済燃料プール水位／温度（ガイドパルス式）検出器は、図 4-1 に示す 3 次元管モデルとして考える。
- (2) 拘束条件は、検出器 を、
 を固定する。
- (3) 円柱形状の検出器に含まれる水の質量及び水中の機器の形状により排除される検出器周囲の流体の質量である付加質量を考慮し、水の質量及び付加質量は、検出器の全長にわたって水平方向に等分布に与えられる。
- (4) 解析コードは、「ANSYS」を使用し、固有値及び応力を求める。なお、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

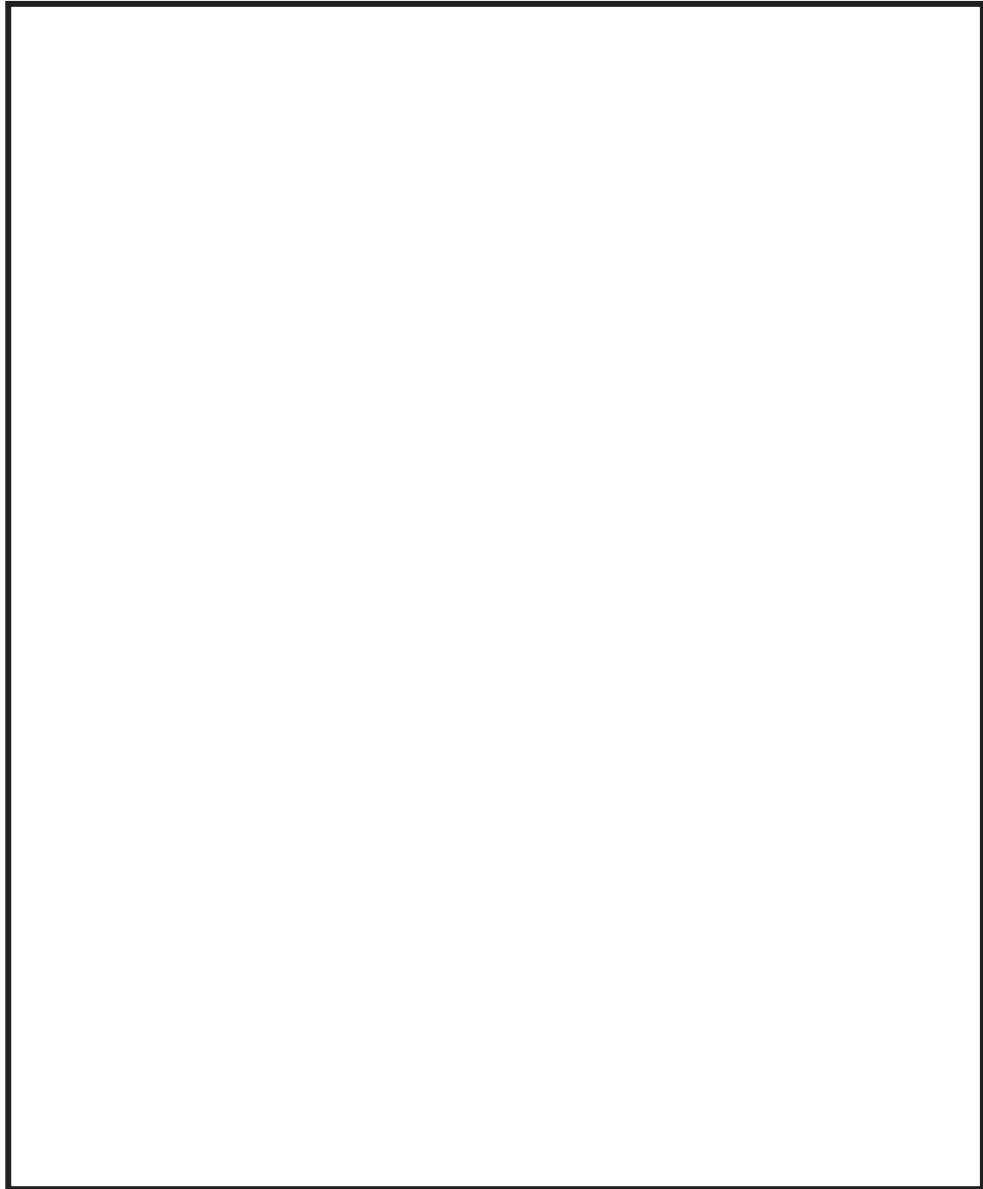


図4-1 検出器の解析モデル

4.1.4 検出器の固有周期

検出器の固有値解析の結果を表 4-4 に、振動モード図を図 4-2 に示す。固有周期は、0.05 秒を超えており、柔構造であることを確認した。鉛直方向は、16 次モード以降で卓越し、固有周期は 0.05 秒以下であり剛であることを確認した。

表4-4 検出器の固有周期

モード	固有周期 (s)	卓越方向	水平方向刺激係数*		鉛直方向 刺激係数*	
			X方向	Y方向		
1次		水平				
2次		水平				
3次		水平				
4次		水平				
5次		水平	—	—		—
6次		水平	—	—		—
7次		水平	—	—		—
8次		水平	—	—		—
9次		水平	—	—		—
10次		水平	—	—		—
11次		水平	—	—		—
12次		水平	—	—		—
13次		水平	—	—		—
14次		水平	—	—		—
15次		水平	—	—		—
16次		鉛直	—	—		—

注記*：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有値ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

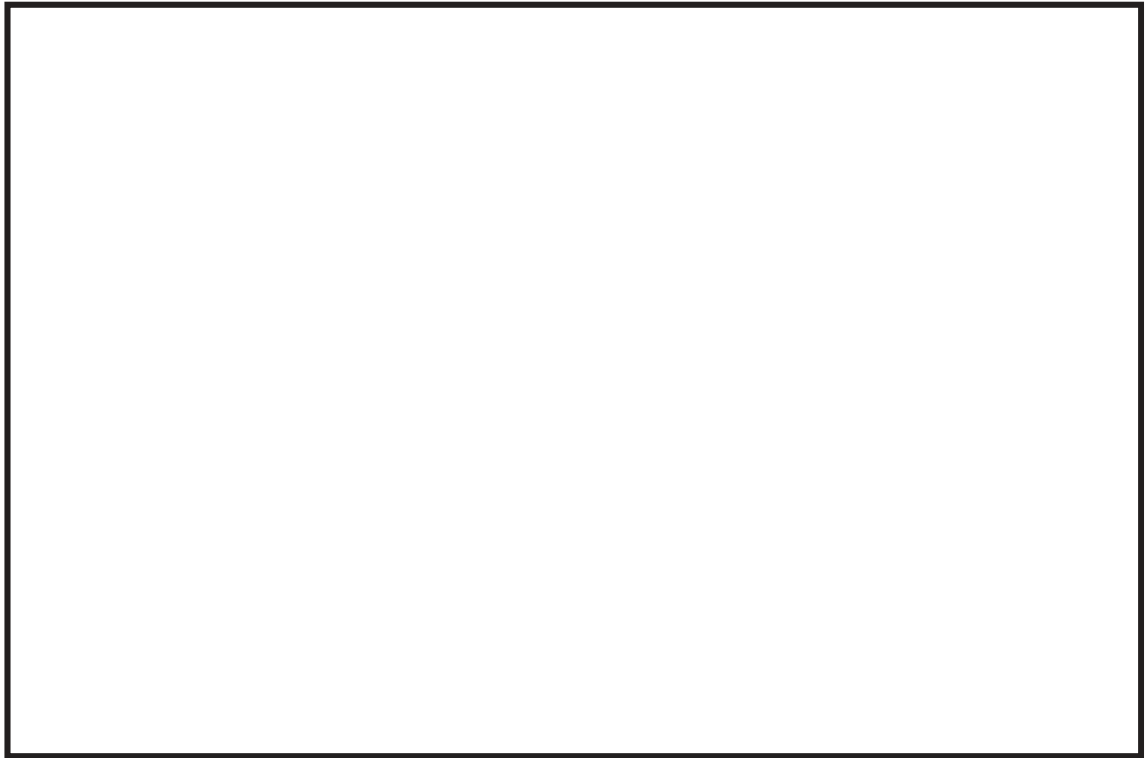


図4-2 検出器振動モード図

4.1.5 検出器の設計用地震力

耐震評価に用いる設計用地震力を表 4-5 に示す。

「基準地震動 S_s」による地震力は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

表 4-5 検出器の評価に用いる設計用地震力（重大事故等対処施設）

据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		減衰定数 (%)	
	水平 方向	鉛直 方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平 方向	鉛直 方向
原子炉建屋 O.P. 33.20* ¹			—	—	C _H =2.65 又は* ²	C _V =1.77	1.0	—

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：基準地震動 S_sに基づく設計用床応答曲線より得られる値

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4.1.6 検出器の計算方法

4.1.6.1 地震力における応力の算出

- (1) 図4-1に示す解析モデルによりスペクトルモーダル解析を実施する。
- (2) スペクトルモーダル解析により X及びY方向における各節点の曲げモーメントを算出する。また、X及びY方向の曲げモーメントは、SRSS法を用いて組み合わせる。
- (3) 組み合わせた曲げモーメントを用いて、検出器の水平方向に発生する曲げ応力を算出する。算出結果を表4-6に示す。

表4-6 地震力における曲げ応力

曲げ応力 σ_{p1} (MPa)

- (4) 静的解析により検出器のZ方向に発生する軸応力を算出する。
- (5) 水平方向の曲げ応力にZ方向の軸応力をSRSS法を用いて組み合わせる。

4.1.7 検出器の計算条件

解析に用いる計算条件は、本計算書の【使用済燃料プール水位／温度（ガイドパルス式）（G41-LE201, TE202, TE203）の耐震性についての評価結果】の設計条件及び機器要目に示す。

4.1.8 検出器の応力の評価

4.1.6.1項で求めた検出器に生じる応力は、設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める使用材料の設計降伏点 S_y 以下であること。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

5. 検出器架台の評価

5.1 検出器架台の固有周期

5.1.1 検出器架台の固有値解析方法

使用済燃料プール水位／温度（ガイドパルス式）検出器架台の固有値解析方法を以下に示す。

- (1) 使用済燃料プール水位／温度（ガイドパルス式）検出器架台は「5.1.2 検出器架台の解析モデル及び諸元」に示すシェル要素及びソリッド要素として考える。

5.1.2 検出器架台の解析モデル及び諸元

使用済燃料プール水位／温度（ガイドパルス式）検出器架台の解析モデルを図 5-1 に、解析モデルの概要を以下に示す。機器の諸元を本計算書の【使用済燃料プール水位／温度（ガイドパルス式）(G41-LE201, TE202, TE203) の耐震性についての計算結果】の機器要目に示す。

- (1) 拘束条件として、基礎ボルト部で X Y Z 方向を固定する。
- (2) 解析コードは「ANSYS」を使用し、固有値を求める。なお、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

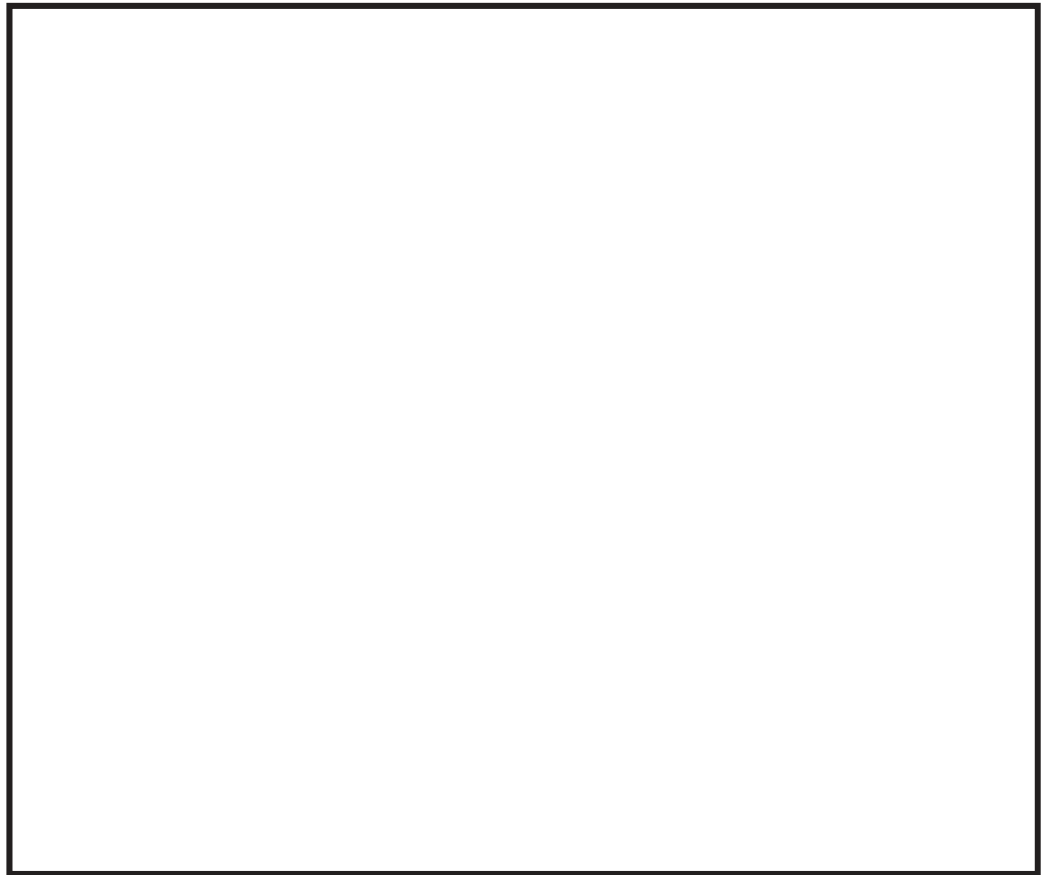


図 5-1 検出器架台の解析モデル

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

5.1.3 検出器架台の固有値解析結果

検出器架台の固有値解析結果を表 5-1 に示す。

1 次モードは鉛直方向に卓越し、固有周期が 0.05 秒以下であり剛であることを確認した。

表5-1 検出器架台の固有周期

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

5.2 検出器架台の構造強度評価

5.2.1 検出器架台の構造強度評価方法

5.1.2 項(1)のほか、次の条件で計算する。

- (1) 地震力は、使用済燃料プール水位／温度（ガイドパルス式）検出器架台に対して水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
- (2) 「4.1.6 検出器の計算方法」に示す検出器の解析により得られた検出器取付部における荷重を、基礎ボルトの応力計算において組み合わせて評価するものとする。
- (3) 検出器架台の質量は、重心に集中するものとする。
- (4) 検出器架台の重心位置については、計算条件が厳しくなる位置に重心を設定するものとする。
- (5) 検出器架台の転倒方向は、図 5-2 及び図 5-3 に示す左右方向及び前後方向について検討し、計算書には計算結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。
- (6) 計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

5.2.2 検出器架台の荷重の組合せ及び許容応力

5.2.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

使用済燃料プール水位／温度（ガイドパルス式）検出器架台の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-1 に示す。

5.2.2.2 検出器架台の許容応力

使用済燃料プール水位／温度（ガイドパルス式）検出器架台の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 5-2 のとおりとする。

5.2.2.3 検出器架台の使用材料の許容応力評価条件

使用済燃料プール水位／温度（ガイドパルス式）検出器架台の使用材料の許容応力評価条件のうち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-3 に示す。

表 5-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
IV _{AS}	1.5・f _t * 1.5・f _s *	1.5・f _s *
V _{AS} (V _{AS} としてIV _{AS} の 許容限界を用いる。)		

注記*1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

*2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 5-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
基礎ボルト		周囲環境温度		174	472	205

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

5.2.3 検出器架台の設計用地震力

耐震評価に用いる設計用地震力を表 5-4 に示す。

「基準地震動 S_s 」による地震力は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

表 5-4 検出器架台の評価に用いる設計用地震力（重大事故等対処施設）

据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
	水平 方向	鉛直 方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉建屋 O.P. 33.20*1	0.05 以下*2		—	—	$C_H=2.65$	$C_V=1.77$

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：固有値解析により0.05秒以下であり剛であることを確認した。

5.2.4 検出器架台の計算方法

5.2.4.1 地震力における応力の算出

- (1) 検出器の地震応答解析により得られた検出器取付部におけるX及びY方向の荷重を用いる。
- (2) 地震力におけるそれぞれのX及びY方向の荷重をSRSS法を用いて水平方向荷重を算出する。算出結果を表5-5に示す。

表5-5 地震力における水平方向荷重 (単位：N)

X方向荷重 F_{x11}	Y方向荷重 F_{x12}	水平方向荷重 F_{x1}

- (3) 検出器は鉛直方向において剛構造であることから、取付床面高さにおける鉛直方向設計震度を用いて検出器取付部における鉛直方向荷重を算出する。
- (4) 地震における鉛直方向荷重及び死荷重の最大値を絶対値和することにより、検出器取付部における鉛直方向荷重を算出する。検出器取付部における荷重の算出結果を表5-6に示す。

表5-6 検出器取付部における荷重 (単位：N)

水平方向荷重 F_x	鉛直方向荷重 F_z

5.2.4.2 基礎ボルトの計算方法

基礎ボルトの応力は、地震による震度、検出器が架台の取付け部にもたらず荷重から算出された転倒モーメントにより生じる引張力とせん断力について計算する。

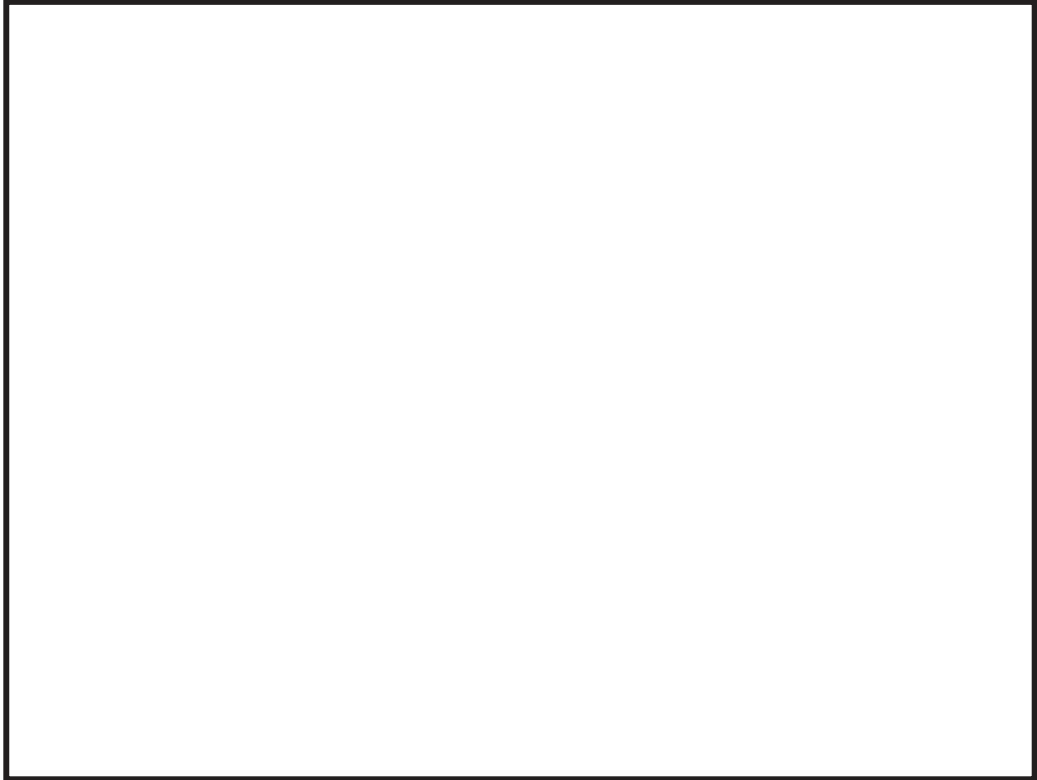


図 5-2 計算モデル（左右方向転倒）

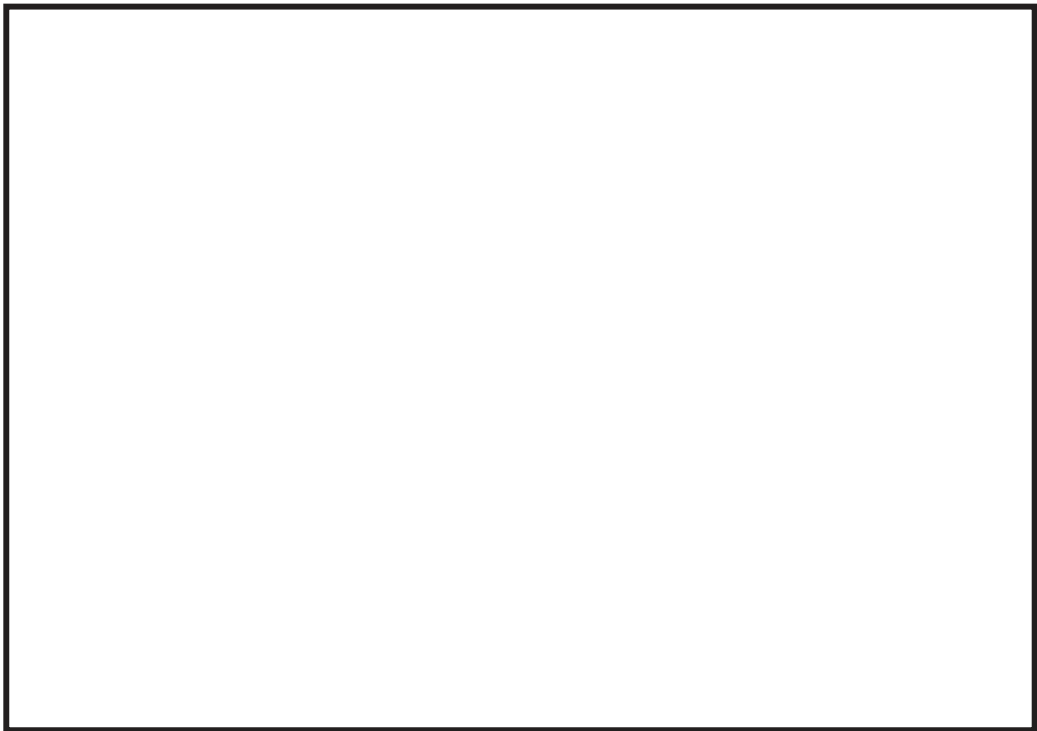


図 5-3 計算モデル（前後方向転倒）

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(1) 引張応力

基礎ボルトに対する引張力は最も厳しい条件として、図5-2及び図5-3で最外列の基礎ボルトを支点とする転倒を考え、これを片側の最外列の基礎ボルトで受けるものとして計算する。

引張力

左右方向（計算モデル図5-2の場合）

$$F_b = \frac{m_{b1} \cdot g \cdot C_H \cdot h_1 - m_{b1} \cdot g \cdot (1 - C_V) \cdot \ell_1 + M_x}{n_f \cdot (\ell_1 + \ell_2)} \dots\dots\dots (5.2.4.2.1)$$

前後方向（計算モデル図5-3の場合）

$$F_b = \frac{m_{b1} \cdot g \cdot C_H \cdot h_1 - m_{b1} \cdot g \cdot (1 - C_V) \cdot \ell_1 + M_y}{n_f \cdot (\ell_1 + \ell_2)} \dots\dots\dots (5.2.4.2.2)$$

ここで、水平及び鉛直方向の検出器取付部に作用する力 F_{xB} 及び F_{zB} は次式で求める。

$$F_{xB} = C_H \cdot g \cdot m_{b2} + F_x \dots\dots\dots (5.2.4.2.3)$$

$$F_{zB} = (C_V - 1) \cdot g \cdot m_{b2} + F_z \dots\dots\dots (5.2.4.2.4)$$

また、検出器架台の重心における検出器取付部から作用する X 軸及び Y 軸周りのモーメント M_x 及び M_y は次式で求める。

$$M_x = F_{zB} \cdot \ell_1 + F_{xB} \cdot (h_1 + h_2) \dots\dots\dots (5.2.4.2.5)$$

$$M_y = F_{zB} \cdot (\ell_b + \ell_2) + F_{xB} \cdot (h_1 + h_2) \dots\dots\dots (5.2.4.2.6)$$

引張応力

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b} \dots\dots\dots (5.2.4.2.7)$$

ここで、基礎ボルトの軸断面積 A_b は次式で求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \dots\dots\dots (5.2.4.2.8)$$

(2) せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は基礎ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_b = m_{b1} \cdot g \cdot C_H + F_{xB} \dots\dots\dots (5.2.4.2.9)$$

せん断応力

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n \cdot A_b} \dots\dots\dots (5.2.4.2.10)$$

5.2.5 検出器架台の計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【使用済燃料プール水位／温度（ガイドパルス式）（G41-LE201, TE202, TE203）の耐震性についての評価結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.2.6 検出器架台の応力の評価

5.2.6.1 基礎ボルトの応力評価

5.2.4 項で求めた基礎ボルトの引張応力 σ_b は次式より求めた許容引張応力 f_{ts} 以下であること。ただし、 f_{to} は下表による。

$$f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}] \dots \dots \dots (5.2.6.1.1)$$

せん断応力 τ_b はせん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力 f_{sb} 以下であること。ただし、 f_{sb} は下表による。

$\begin{matrix} \diagdown \\ \diagup \end{matrix}$	基準地震動 S_s による 荷重との組合せの場合
許容引張応力 f_{to}	$\frac{F^*}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 f_{sb}	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

6. 機能維持評価

6.1 電氣的機能維持評価方法

使用済燃料プール水位／温度（ガイドパルス式）の電氣的機能時評価について以下に示す。

なお、機能維持評価用加速度は添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき、基準地震動 S_s により定まる応答加速度を設定する。

使用済燃料プール水位／温度（ガイドパルス式）の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同型式の構成部位のランダム波加振試験により電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 6-1 に示す。

表 6-1 機能確認済加速度 (×9.8 m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
使用済燃料プール水位／温度（ガイドパルス式） (G41-LE201, TE202, TE203)	水平方向	
	鉛直方向	

7. 評価結果

7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

使用済燃料プール水位／温度（ガイドパルス式）の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次ページ以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次ページ以降の表に示す。

【使用済燃料プール水位／温度（ガイドパルス式）（G41-LE201, TE202, TE203）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 検出器

1.1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
使用済燃料プール水位／ 温度（ガイドパルス式） （G41-LE201, TE202, TE203）	常設／防止 常設／緩和	原子炉建屋 O.P. 33.20*1			—	—	C _H =2.65 又は*2	C _V =1.77	

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：基準地震動 S_s に基づく設計用床応答スペクトルより得られる値

1.1.2 機器要目

部 材	m _p (kg)	m _w (kg)	d _o (mm)	d _i (mm)	ℓ _p (mm)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
検出器						169	—	—	—

E (MPa)	ν (-)	要素数 (個)	節点数 (個)

1.1.3 固有周期

(単位：s)

モード	固有周期	卓越方向
1次		水平
2次		水平
3次		水平
4次		水平
5次		水平
6次		水平
7次		水平
8次		水平
9次		水平
10次		水平
11次		水平
12次		水平
13次		水平
14次		水平
15次		水平
16次		鉛直

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

1.1.4 計算数値

1.1.4.1 検出器に生じる応力

(単位：MPa)

方向	地震力における曲げ応力	地震力における軸応力	死荷重における軸応力	検出器に生じる曲げ応力	検出器に生じる組合せ応力
X方向					
Y方向					
Z方向					
水平方向					
3方向					

1.2 検出器架台

1.2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
使用済燃料プール水位/温度 (ガイドパルス式) (G41-LE201, TE202, TE203)	常設/防止 常設/緩和	原子炉建屋 O.P. 33.20*1	0.05 以下*2		—	—	C _H =2.65	C _V =1.77	

注記*1: 基準床レベルを示す。

*2: 固有値解析により 0.05 秒以下であり剛であることを確認した。

1.2.2 機器要目

部材	m _{b1} (kg)	m _{b2} (kg)	h ₁ (mm)	h ₂ (mm)	φ ₁ * (mm)	φ ₂ * (mm)	φ _b (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	n _f * (個)
基礎ボルト											

注記*: 基礎ボルトの機器要目における上段は左右方向転倒に対する評価時の要目を示し、
下段は前後方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	174	472	205	205	205	—	前後方向

E (MPa)	ν (-)	要素数 (個)	節点数 (個)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

1.2.3 計算数値

1.2.3.1 検出器取付部における荷重 (単位：N)

方向	地震力における荷重	検出器取付部における荷重
X方向		
Y方向		
水平方向		
Z方向		

1.2.3.2 基礎ボルトに作用する力 (単位：N)

部 材	F_{xB}		F_{zB}		F_b		Q_b	
	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
基礎ボルト	—		—		—		—	

1.2.3.3 基礎ボルトに作用するモーメント (単位：N・mm)

部 材	M_x		M_y	
	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
基礎ボルト	—		—	

1.3 結論

1.3.1 使用済燃料プール水位／温度（ガイドパルス式）の応力 (単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
検出器		曲げ	—	—	$\sigma_p = 125$	$S_y = 169$
基礎ボルト		引張り	—	—	$\sigma_b = 21$	$f_{ts} = 123^*$
		せん断	—	—	$\tau_b = 11$	$f_{sb} = 94$

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

すべて許容値応力以下である。

1.3.2 電氣的機能維持の評価結果 ($\times 9.8 \text{ m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
使用済燃料プール水位／温度 (ガイドパルス式) (G41-LE201, TE202, TE203)	水平方向	2.21	
	鉛直方向	1.47	

注記*：基準地震動 S_s による定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 (1.0ZPA) は、すべて機能確認済加速度以下である。



正面（左右方向）

側面（前後方向）

VI-2-4-2-5 使用済燃料プール水位／温度（ヒートサーモ式）の耐震性について
の計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格・基準等	4
2.4 記号の説明	5
2.5 計算精度と数値の丸め方	7
3. 評価部位	8
4. 固有周期	9
4.1 固有値解析方法	9
4.2 解析モデル及び諸元	9
4.3 固有値解析結果	12
5. 構造強度評価	13
5.1 構造強度評価方法	13
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	13
5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	13
5.2.2 許容応力	13
5.2.3 使用材料の許容応力評価条件	13
5.3 設計用地震力	17
5.4 計算方法	18
5.5 計算条件	19
5.5.1 基礎ボルトの応力計算条件	19
5.6 応力の評価	19
5.6.1 基礎ボルトの応力評価	19
5.6.2 検出器架台の応力評価	19
5.6.3 保護管の応力評価	20
5.6.4 ワーキングテーブルラグの応力評価	20
6. 機能維持評価	21
6.1 電氣的機能維持評価方法	21
7. 評価結果	22
7.1 重大事故等対処設備としての評価結果	22

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、使用済燃料プール水位／温度（ヒートサーモ式）が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

使用済燃料プール水位／温度（ヒートサーモ式）は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

使用済燃料プール水位／温度（ヒートサーモ式）の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、検出器架台、保護管、熱電対で構成される。熱電対は保護管内に 15 個内蔵され、保護管は、検出器架台とフランジにて接続する。</p> <p>また、保護管は保護管サポートに固定され、保護管サポートはワーキングテーブルラグに設置する。</p> <p>検出器架台は、取付ボルトによりベースプレートに固定され、ベースプレートは基礎ボルトにより床面に設置する。</p>	熱電対	<p>【使用済燃料プール水位／温度（ヒートサーモ式）】</p> <p>The diagram illustrates the detector assembly in three views: side view (側面), top view (上面), and front view (正面). The side view shows the detector frame (検出器架台) with a total width of 2321 mm, supported by a base plate (ベースプレート) on a floor surface (床面). The detector frame is connected to a protection pipe (保護管) via a flange (フランジ). The protection pipe is supported by a support (保護管サポート) which is mounted on a working table lag (ワーキングテーブルラグ). The detector frame is fixed to the base plate with mounting bolts (取付ボルト). The base plate is secured to the floor with foundation bolts (基礎ボルト (メタルアンカ)). The front view shows the detector frame with a width of 890 mm and a height of 750 mm from the floor. The top view shows the base plate with dimensions 400 mm by 400 mm, and the detector frame with dimensions 480 mm by 567 mm. The detector frame is 423 mm high from the floor. The protection pipe is 548 mm high from the floor. The detector frame is 8229 mm high from the floor. The detector frame is supported by a support (保護管サポート) which is mounted on a working table lag (ワーキングテーブルラグ). The detector frame is fixed to the base plate with mounting bolts (取付ボルト). The base plate is secured to the floor with foundation bolts (基礎ボルト (メタルアンカ)).</p> <p>側面 上面 正面</p> <p>(単位：mm)</p>

2.2 評価方針

使用済燃料プール水位／温度（ヒートサーモ式）の応力評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示す使用済燃料プール水位／温度（ヒートサーモ式）の部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「5. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することによって実施する。また、使用済燃料プール水位／温度（ヒートサーモ式）の機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを、「6. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することによって実施する。確認結果を「7. 評価結果」に示す。

使用済燃料プール水位／温度（ヒートサーモ式）の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

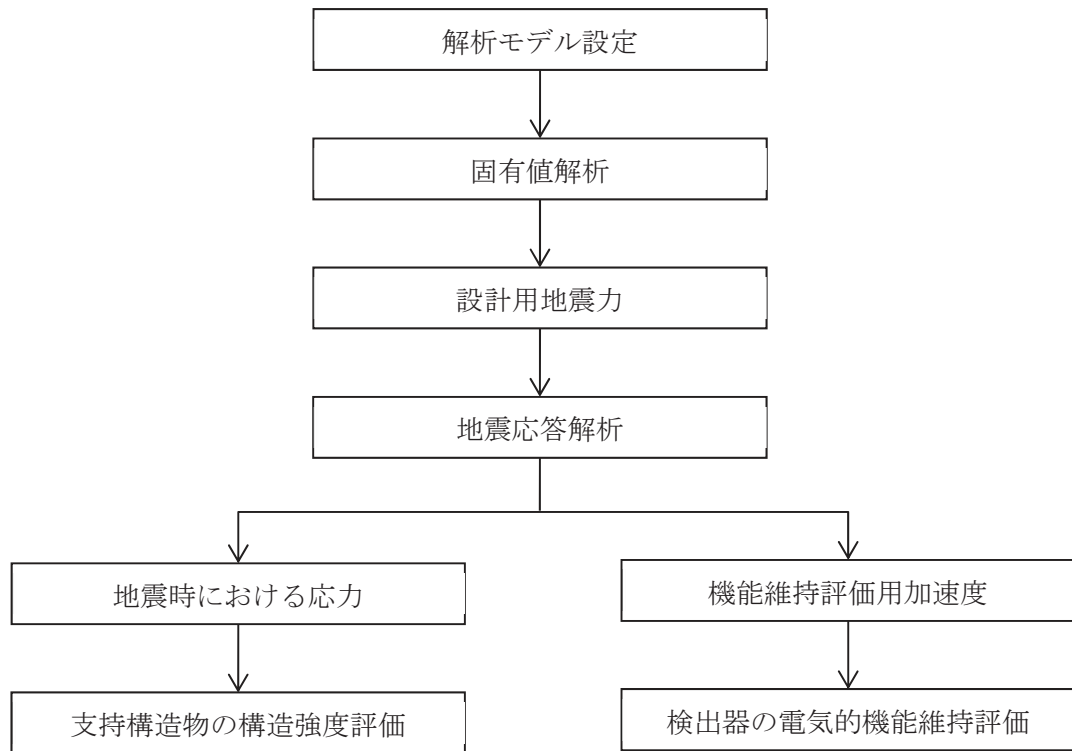


図 2-1 使用済燃料プール水位／温度（ヒートサーモ式）の耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984
((社) 日本電気協会)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 ((社) 日本電気協会)
- (3) 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版 ((社) 日本電気協会)
- (4) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 ((社) 日本機械学会, 2005/2007) (以下「設計・建設規格」という。)

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_b	基礎ボルトの軸断面積	mm^2
A_c	検出器架台の断面積	mm^2
A_w	ワーキングテーブルラグ下端の断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d	基礎ボルトの呼び径	mm
d_o	保護管外径	mm
d_i	保護管内径	mm
F^*	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値	MPa
F_x	地震応答解析による応力解析にて求められたX軸方向に作用する力	N
F_y	地震応答解析による応力解析にて求められたY軸方向に作用する力	N
F_z	地震応答解析による応力解析にて求められたZ軸方向に作用する力	N
f_{t0}	引張力のみを受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
f_{s0}	せん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力	MPa
f_{ts}	引張力とせん断力を同時に受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
f_{t1}	許容組合せ応力	MPa
l_p	保護管長さ	mm
m_p	質量	kg
m_{w1}	保護管内包水質量	kg
m_{w2}	保護管付加質量	kg
M_x	地震応答解析による応力解析にて求められたX軸方向に作用するモーメント	$\text{N}\cdot\text{mm}$
M_y	地震応答解析による応力解析にて求められたY軸方向に作用するモーメント	$\text{N}\cdot\text{mm}$
M_z	地震応答解析による応力解析にて求められたZ軸方向に作用するモーメント	$\text{N}\cdot\text{mm}$
n	基礎ボルトの本数	—

記号	記号の説明	単位
S_u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa
$S_y(RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料の40°Cにおける値	MPa
W	荷重	N
Z_1	弱軸回りの断面係数	mm ³
Z_2	強軸回りの断面係数	mm ³
Z_{p1}	ねじり断面係数	mm ³
σ_t	発生引張応力	MPa
σ_s	発生せん断応力	MPa
σ_k	組合せ応力	MPa

2.5 計算精度と数値の丸め方

計算精度は有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は、表 2-2 に示すとおりとする。

表 2-2 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第 4 位	四捨五入	小数点以下第 3 位
震度	—	小数点以下第 3 位	切上げ	小数点以下第 2 位
温度	℃	—	—	整数位
質量	kg	—	—	整数位
長さ	mm	—	—	整数位 ^{*1}
面積	mm ²	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*2}
モーメント	N・mm	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*2}
力	N	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*2}
算出応力	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
許容応力 ^{*3}	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位

注記*1：設計上定める値が小数点以下の場合は、小数点以下表示とする。

*2：絶対値が 1000 以上のときは、べき数表示とする。

*3：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は、比例法により補間した値の小数点以下第 1 位を切り捨て、整数位までの値とする。

3. 評価部位

使用済燃料プール水位／温度（ヒートサーモ式）の耐震評価は、「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる基礎ボルト、ワーキングテーブルラグに加え、主要部位となる検出器架台、保護管について評価を実施する。使用済燃料プール水位／温度（ヒートサーモ式）の耐震評価部位については、表 2-1 の概略構造図に示す。

4. 固有周期

4.1 固有値解析方法

使用済燃料プール水位／温度（ヒートサーモ式）の固有値解析方法を以下に示す。

- (1) 使用済燃料プール水位／温度（ヒートサーモ式）は、「4.2 解析モデル及び諸元」に示す三次元はりモデルとして考える。

4.2 解析モデル及び諸元

使用済燃料プール水位／温度（ヒートサーモ式）の解析モデルを図 4-1 及び図 4-2 に、解析モデルの概要を以下に示す。また機器の諸元を本計画書の【使用済燃料プール水位／温度（ヒートサーモ式）(G41-L/TE107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, TE121) の耐震性についての計算結果】のその他の機器要目に示す。

- (1) 解析モデルは、はり要素及び集中質量要素からなる三次元モデルで構築する。
- (2) 使用済燃料プール内の水位温度計の支持はワーキングテーブルラグを流用し、4 カ所で水平 2 方向（X 軸 Z 軸）を拘束する。
- (3) 基礎部の X Y Z 方向及び回転方向を固定する。なお、基礎ボルト部は剛体として評価する。
- (4) 質量には、検出器架台や保護管、熱電対の質量のほか、円柱形状の保護管に含まれる水の質量及び検出器周囲の付加質量を考慮する。
- (5) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
- (6) 解析コードは、「NX NASTRAN」を使用し、固有値を求める。なお、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

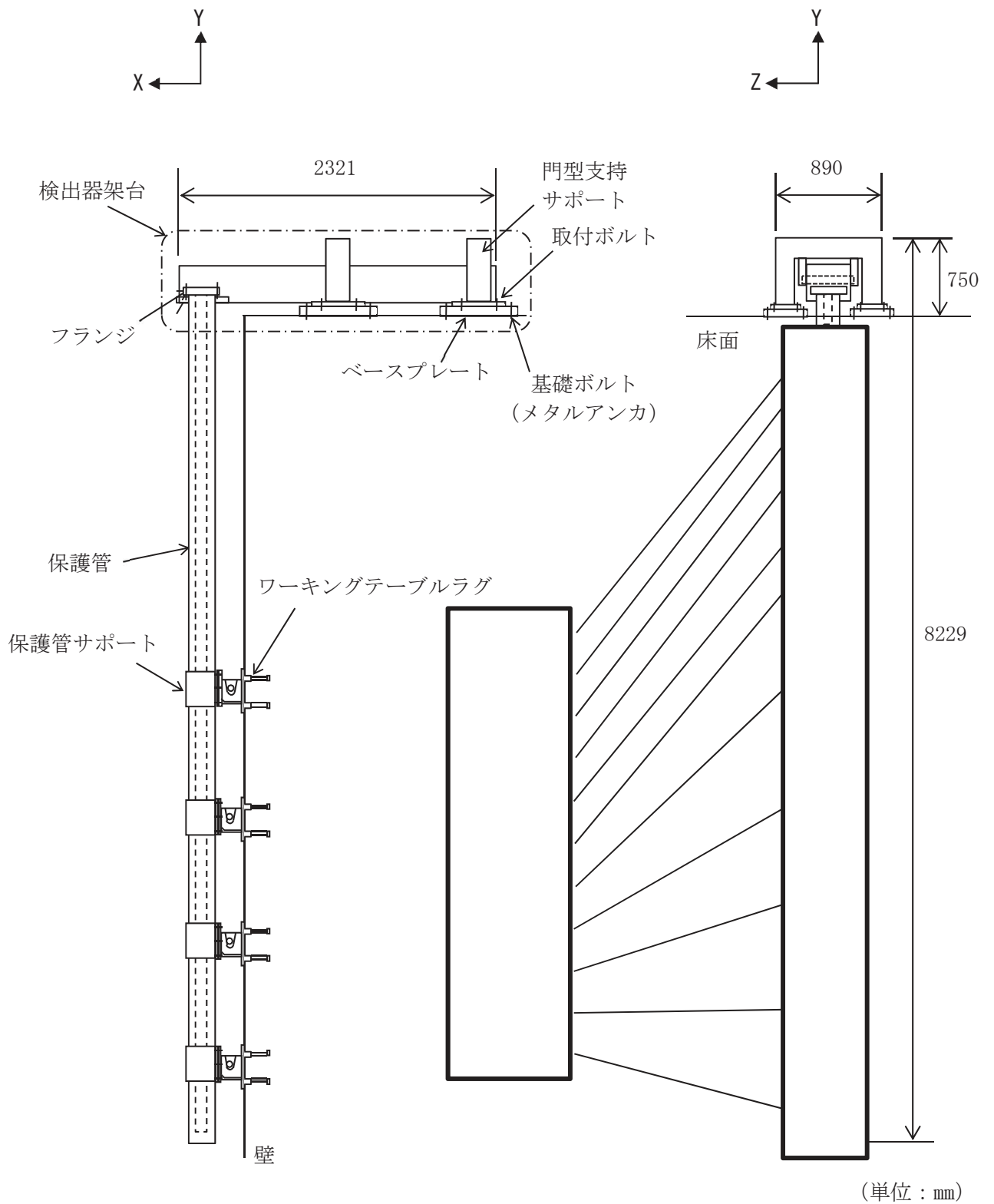


図 4-1 解析モデル

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥観図記号凡例

記号	内容
△	拘束点
×	節点
■	荷重点

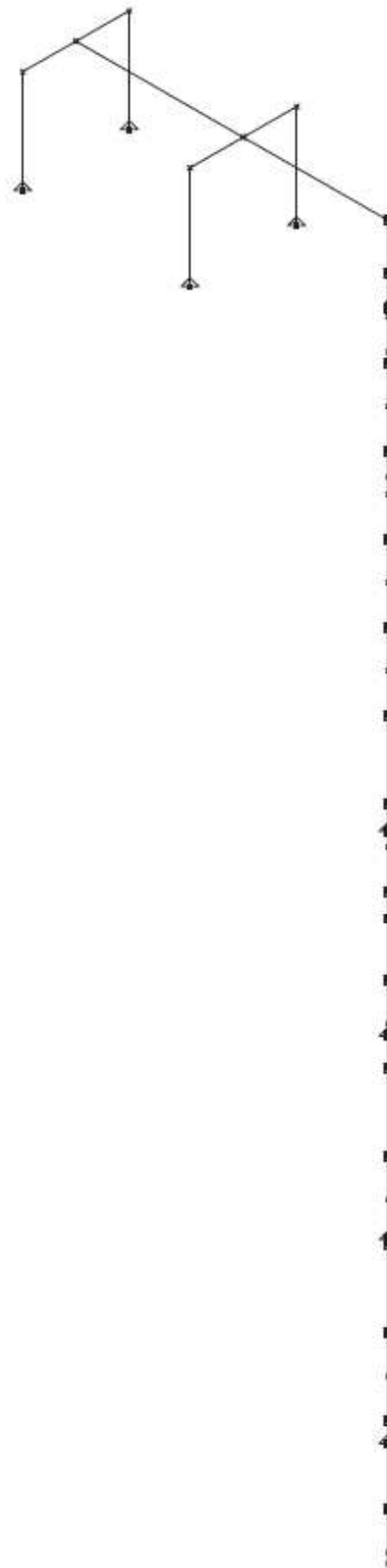
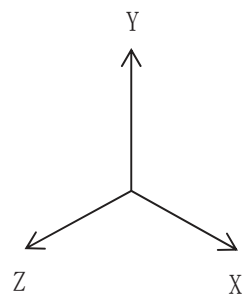


図 4-2 解析モデル (鳥観図)

4.3 固有値解析結果

固有値解析結果を表 4-1 に示す。

1 次モードは水平方向に卓越し，固有周期が 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。

表 4-1 固有値解析結果

(単位：s)

モード	固有周期	卓越方向	水平方向刺激係数		鉛直方向刺激係数
			X 方向	Z 方向	
1 次		水平	—	—	—

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

4.2 項(1)から(5)のほか、次の条件で計算する。

- (1) 地震力は、使用済燃料プール水位／温度（ヒートサーモ式）に対して、水平方向及び鉛直方向から同時に作用するものとする。
- (2) 解析コードは、「NX NASTRAN」を使用し、荷重を求める。なお、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

5.2 荷重の組合せ及び許容応力

5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

使用済燃料プール水位／温度（ヒートサーモ式）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-1 に示す。

5.2.2 許容応力

使用済燃料プール水位／温度（ヒートサーモ式）の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 5-2 のとおりとする。

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

使用済燃料プール水位／温度（ヒートサーモ式）の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-3 に示す。

表 5-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類* ¹	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設	使用済燃料貯蔵設備	使用済燃料プール 水位／温度 (ヒートサーモ式)	常設／防止 常設／緩和	—* ²	$D + P_D + M_D + S_s$ * ³	IV_{AS}
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V_{AS} (V_{AS} として IV_{AS} の許容限界を用いる。)

注記*1：「常設／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

*3：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 5-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)		許容限界*1, *2 (ボルト等以外)
	一次応力		一次応力
	引張り	せん断	引張り
IV _A S	1.5・f _t *	1.5・f _s *	1.5・f _t *
V _A S (V _A SとしてIV _A Sの 許容限界を用いる。)			

注記*1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

*2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 5-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS400 (16mm<径≦40mm)	周囲環境温度	100	212	373	—
検出器架台	SUS304	周囲環境温度	100	171	441	205
保護管	SUS316TP	周囲環境温度	100	176	476	205
ワーキング テーブルラグ	SUS304	周囲環境温度	100	171	441	205

5.3 設計用地震力

耐震評価に用いる設計用地震力を表 5-4 に示す。

「基準地震動 S_s 」による地震力は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

表 5-4 設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉建屋 O.P. 33.20* ¹		0.05 以下* ²	—	—	$C_H=2.65$	$C_V=1.77$

注記 *1：基準床レベルを示す。

*2：固有値解析により 0.05 秒以下であり剛であることを確認した。

5.4 計算方法

- (1) 図 4-1 及び図 4-2 に示す解析モデルにより地震応答解析を実施し、各軸方向に作用するモーメントを求める。
- (2) 解析によって得られた基礎ボルトの評価用の反力とモーメントを表 5-5 に、検出器架台の評価用の反力とモーメントを表 5-6 に、保護管の評価用の反力とモーメントを表 5-7 に、ワーキングテーブルラグの評価用の反力とモーメントを表 5-8 に示す。

表5-5 基礎ボルト評価用反力，モーメント

対象部位	反力(N)			モーメント(N・mm)		
	F_x	F_y	F_z	M_x	M_y	M_z
基礎ボルト						

表5-6 検出器架台評価用反力，モーメント

対象部位	反力(N)			モーメント(N・mm)		
	F_x	F_y	F_z	M_x	M_y	M_z
検出器架台						

表 5-7 保護管評価用反力，モーメント

対象部位	反力(N)			モーメント(N・mm)		
	F_x	F_y	F_z	M_x	M_y	M_z
保護管						

表 5-8 ワーキングテーブルラグ評価用反力，モーメント

対象部位	反力(N)			モーメント(N・mm)		
	F_x	F_y	F_z	M_x	M_y	M_z
ワーキング テーブルラグ						

5.5 計算条件

5.5.1 基礎ボルトの応力計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【使用済燃料プール水位／温度（ヒートサーモ式）（G41-L/TE107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, TE121）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.6 応力の評価

5.6.1 基礎ボルトの応力評価

基礎ボルトに生じる引張応力 σ_t は次式より求めた許容引張応力 f_{ts} 以下であること。ただし f_{t0} は下表による。

$$f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{t0} - 1.6 \cdot \sigma_s, f_{t0}] \cdots \cdots (5.6.1.1)$$

せん断応力 σ_s は、せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 f_{s0} 以下であること。ただし f_{s0} は下表による。

	基準地震動 S_s による 荷重との組合せの場合
許容引張応力 f_{t0}	$\frac{F^*}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 f_{s0}	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

5.6.2 検出器架台の応力評価

検出器架台に生じる組合せ応力は次式より求めた許容組合せ応力 f_{t1} 以下であること。ただし f_{t1} は下表による。

	基準地震動 S_s による 荷重との組合せの場合
許容組合せ応力 f_{t1}	$\frac{F^*}{1.5} \cdot 1.5$

5.6.3 保護管の応力評価

保護管に生じる組合せ応力は次式より求めた許容組合せ応力 f_{t1} 以下であること。ただし f_{t1} は下表による。

	基準地震動 S_s による 荷重との組合せの場合
許容組合せ応力 f_{t1}	$\frac{F^*}{1.5} \cdot 1.5$

5.6.4 ワーキングテーブルラグの応力評価

ワーキングテーブルラグに生じる組合せ応力は次式より求めた許容組合せ応力 f_{t1} 以下であること。ただし f_{t1} は下表による。

	基準地震動 S_s による 荷重との組合せの場合
許容組合せ応力 f_{t1}	$\frac{F^*}{1.5} \cdot 1.5$

6. 機能維持評価

6.1 電氣的機能維持評価方法

使用済燃料プール水位／温度（ヒートサーモ式）の電氣的機能維持評価について以下に示す。

なお、機能維持評価用加速度は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき、基準地震動 S_s により定まる応答加速度を設定する。

使用済燃料プール水位／温度（ヒートサーモ式）の機能確認済加速度は、「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、加振試験により電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 6-1 に示す。

表 6-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
使用済燃料プール水位／温度 (ヒートサーモ式) (G41-L/TE107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, TE121)	水平方向	
	鉛直方向	

7. 評価結果

7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

使用済燃料プール水位／温度（ヒートサーモ式）の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【使用済燃料プール水位／温度（ヒートサーモ式）（G41-L/TE107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, TE121）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境 温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
使用済燃料プール 水位／温度 (ヒートサーモ式) (G41-L/TE107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, TE121)	常設／防止 常設／緩和	原子炉建屋 O.P. 33.20* ¹		0.05 以下* ²	—	—	C _H =2.65	C _V =1.77	100

注記 *1：基準床レベルを示す。

*2：固有値解析より 0.05 秒以下であり剛であることを確認した。

1.2 機器要目

1.2.1 基礎ボルト

部 材	W (N)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F* (MPa)
基礎ボルト			314	6	212	373	254

1.2.2 検出器架台

部 材	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)	F* (MPa)
検出器架台	171	441	205	205

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

1.2.3 保護管

部 材	m_p (kg)	m_{w1} (kg)	m_{w2} (kg)	d_o (mm)	d_i (mm)	l_p (mm)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y (R T) (MPa)	F^* (MPa)
保護管				165.2	151.0	7620	176	476	205	205

1.2.4 ワーキングテーブルラグ

部 材	A_w (mm ²)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y (R T) (MPa)	F^* (MPa)
ワーキングテーブルラグ	1000	171	441	205	205

1.3 計算数値

1.3.1 基礎ボルトに作用する反力

(単位：N)

部 材	F_x		F_y		F_z	
	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s
基礎ボルト	—		—		—	

1.3.2 基礎ボルトに作用するモーメント

(単位：N・mm)

部 材	M_x		M_y		M_z	
	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s
基礎ボルト	—		—		—	

1.3.3 検出器架台に作用する反力

(単位：N)

部 材	F_x		F_y		F_z	
	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
検出器架台	—		—		—	

1.3.4 検出器架台に作用するモーメント

(単位：N・mm)

部 材	M_x		M_y		M_z	
	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
検出器架台	—		—		—	

1.3.5 保護管に作用する反力

(単位：N)

部 材	F_x		F_y		F_z	
	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
保護管	—		—		—	

1.3.6 保護管に作用するモーメント

(単位：N・mm)

部 材	M_x		M_y		M_z	
	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
保護管	—		—		—	

1.3.7 ワーキングテーブルラグに作用する反力

(単位：N)

部 材	F_x		F_y		F_z	
	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
ワーキング テーブルラグ	—		—		—	

1.3.8 ワーキングテーブルラグに作用するモーメント

(単位：N・mm)

部 材	M_x		M_y		M_z	
	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
ワーキング テーブルラグ	—		—		—	

1.4 結論

1.4.1 基礎ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	—	—	$\sigma_t = 36$	$f_{ts} = 190^*$
		せん断	—	—	$\sigma_s = 5$	$f_{s0} = 146$

注記*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{t0} - 1.6 \cdot \sigma_s, f_{t0}]$ より算出
 すべて許容応力以下である。

1.4.2 検出器架台の応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
検出器架台	SUS304	組合せ	—	—	$\sigma_k = 18$	$f_{t1} = 205$

すべて許容応力以下である。

1.4.3 保護管の応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
保護管	SUS316TP	組合せ	—	—	$\sigma_k = 38$	$f_{t1} = 205$

すべて許容応力以下である。

1.4.4 ワーキングテーブルラグの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ワーキングテ ーブルラグ	SUS304	組合せ	—	—	$\sigma_k = 71$	$f_{t1} = 205$

すべて許容応力以下である。

1.4.5 電氣的機能維持の評価結果

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
使用済燃料プール 水位/温度 (ヒートサーモ式) (G41-L/TE107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, TE121)	水平方向	2.21	
	鉛直方向	1.47	

注記* : 基準地震動 S_s による定まる応答加速度とする。
 機能維持評価用加速度 (1.0ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。

1.5 その他機器要目

(1) 材料物性値

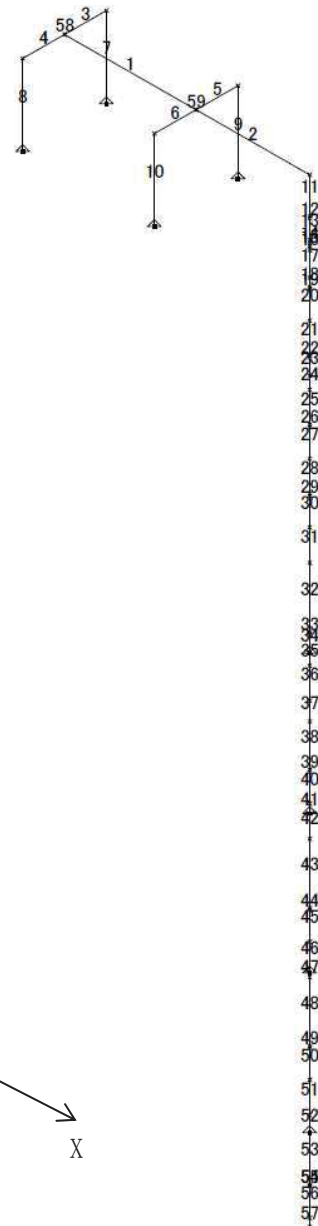
項目	記号	単位	入力値
縦弾性係数	E	MPa	
ポアソン比	ν	—	

(2) 検出器架台の断面性状

部材	要素番号	A_c (mm^2)	Z_1 (mm^3)	Z_2 (mm^3)	Z_{p1} (mm^3)
検出器架台	1~2				
	3~10				

(3) 保護管の断面性状

部材	要素番号	断面積 (mm^2)	断面係数 (mm^3)
保護管	11~57		



29

VI-2-4-3 使用済燃料貯蔵槽冷却浄化設備の耐震性についての計算書

目 次

- VI-2-4-3-1 燃料プール冷却浄化系の耐震性についての計算書
- VI-2-4-3-2 燃料プール代替注水系の耐震性についての計算書
- VI-2-4-3-3 燃料プールのスプレイ系の耐震性についての計算書

VI-2-4-3-1 燃料プール冷却浄化系の耐震性についての計算書

目 次

- VI-2-4-3-1-1 燃料プール冷却浄化系熱交換器の耐震性についての計算書
- VI-2-4-3-1-2 燃料プール冷却浄化系ポンプの耐震性についての計算書
- VI-2-4-3-1-3 管の耐震性についての計算書（燃料プール冷却浄化系）

VI-2-4-3-1-2 燃料プール冷却浄化系ポンプの耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 構造強度評価	3
3.1 構造強度評価方法	3
3.2 荷重の組合せ及び許容応力	3
3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	3
3.2.2 許容応力	3
3.2.3 使用材料の許容応力評価条件	3
3.3 計算条件	3
4. 機能維持評価	7
4.1 動的機能維持評価方法	7
5. 評価結果	8
5.1 重大事故等対処設備としての評価結果	8

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、燃料プール冷却浄化系ポンプが設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

燃料プール冷却浄化系ポンプは、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び動的機能維持評価を示す。

なお、燃料プール冷却浄化系ポンプは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の横軸ポンプであるため、添付書類「VI-2-1-13-4 横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

燃料プール冷却浄化系ポンプの構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>ポンプはポンプベースに固定され、ポンプベースは基礎ボルトで基礎に据え付ける。</p>	<p>うず巻形</p>	<p>(単位 : mm)</p>

3. 構造強度評価

3.1 構造強度評価方法

燃料プール冷却浄化系ポンプの構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-4 横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

3.2 荷重の組合せ及び許容応力

3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

燃料プール冷却浄化系ポンプの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-1 に示す。

3.2.2 許容応力

燃料プール冷却浄化系ポンプの許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、表 3-2 のとおりとする。

3.2.3 使用材料の許容応力評価条件

燃料プール冷却浄化系ポンプの使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-3 に示す。

3.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【燃料プール冷却浄化系ポンプの耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 3-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
核燃料物質の 取扱施設及び 貯蔵施設	使用済燃料貯蔵 槽冷却浄化設備	燃料プール冷却 浄化系ポンプ	常設耐震／防止	重大事故等 クラス 2 ポンプ*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IV _A S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _A S (V _A S として IV _A S の許容限界 を用いる。)

注記*1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備を示す。

+

*2：重大事故等クラス 2 ポンプの支持構造物を含む。

*3：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため、評価結果の記載を省略する。

表 3-2 許容応力（クラス 2, 3 支持構造物及び重大事故等クラス 2 支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
IV _A S	1.5・f _t *	1.5・f _s *
V _A S (V _A S としてIV _A S の許容限界を用いる。)		

注記*1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

*2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 3-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
基礎ボルト		周囲環境温度	66			—
ポンプ取付ボルト		最高使用温度	66			—
原動機取付ボルト		周囲環境温度	66			—

4. 機能維持評価

4.1 動的機能維持評価方法

燃料プール冷却浄化系ポンプの動的機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-13-4 横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

燃料プール冷却浄化系ポンプは地震時動的機能維持が確認された機種と類似の構造及び振動特性であるため、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に記載の機能確認済加速度を適用する。機能確認済加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	形式	方向	機能確認済加速度
ポンプ	横形単段遠心式 ポンプ	水平	4.0
		鉛直	2.0
原動機	横形ころがり 軸受電動機	水平	7.0
		鉛直	2.0

5. 評価結果

5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

燃料プール冷却浄化系ポンプの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【燃料プール冷却浄化系ポンプの耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		ポンプ振動による震度	最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度			
燃料プール冷却 浄化系ポンプ	常設耐震/防止	原子炉建屋 O.P. 15.00*1	—*2	—*2	—	—	C _H =1.97	C _V =1.37		66	66

注記 *1：基準床レベルを示す。

*2：固有周期は十分に小さく、計算は省略する。

1.2 機器要目

部 材	m _i (kg)	h _i (mm)	ℓ _{1i} *3 (mm)	ℓ _{2i} *3 (mm)	d _i (mm)	A _{b,i} (mm ²)	n _i	n _{f,i} *3
基礎ボルト (i=1)							6	3
ポンプ取付ボルト (i=2)							4	2
原動機取付ボルト (i=3)							4	2

部 材	S _{y,i} (MPa)	S _{u,i} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向		M _p (N・mm)
					弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	
基礎ボルト (i=1)					—	軸直角方向	—
ポンプ取付ボルト (i=2)					—	軸方向	—
原動機取付ボルト (i=3)					—	軸方向	—

予想最大両振幅 (μm)	回転速度 (rpm)

注記 *1：最高使用温度で算出
 *2：周囲環境温度で算出
 *3：各ボルトの機器要目における上段は軸直角方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は軸方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部 材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)				
ポンプ取付ボルト (i=2)				
原動機取付ボルト (i=3)				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)		引張り	—	—	$\sigma_{b1}=48$	$f_{ts1}=202^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=30$	$f_{sb1}=155$
ポンプ取付ボルト (i=2)		引張り	—	—	$\sigma_{b2}=12$	$f_{ts2}=202^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=7$	$f_{sb2}=155$
原動機取付ボルト (i=3)		引張り	—	—	$\sigma_{b3}=37$	$f_{ts3}=185^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b3}=22$	$f_{sb3}=142$

すべて許容応力以下である。

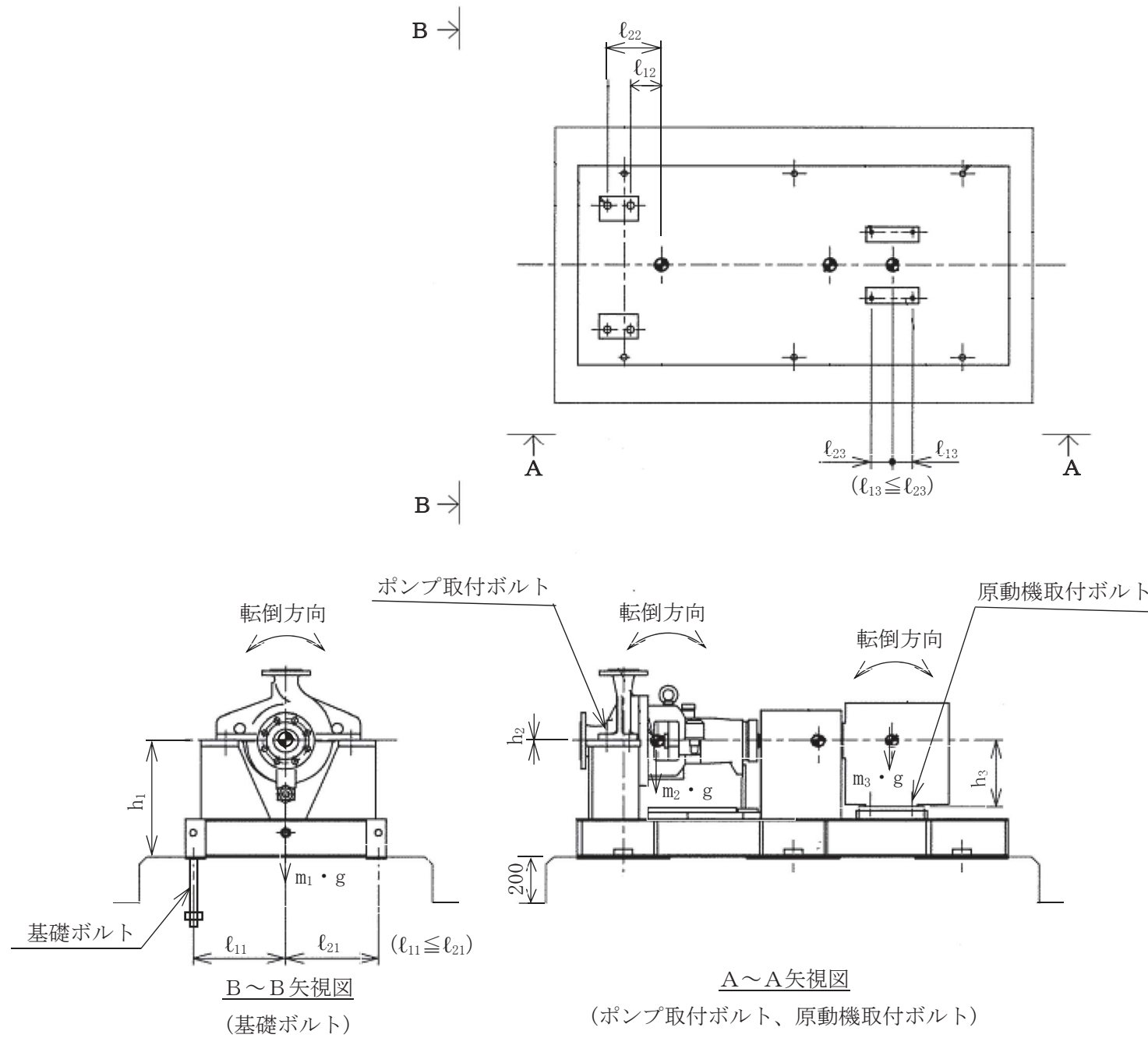
注記 * : $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$ より算出

1.4.2 動的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
ポンプ	水平方向	1.65	4.0
	鉛直方向	1.15	2.0
原動機	水平方向	1.65	7.0
	鉛直方向	1.15	2.0

注記 * : 基準地震動 S_sにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度(1.0ZPA)は、すべて機能確認済加速度以下である。



B~B矢視図

(基礎ボルト)

A~A矢視図

(ポンプ取付ボルト、原動機取付ボルト)

VI-2-4-3-1-3 管の耐震性についての計算書
(燃料プール冷却浄化系)

設計基準対象施設

目次

1. 概要	1
2. 概略系統図及び鳥瞰図	2
2.1 概略系統図	2
2.2 鳥瞰図	5
3. 計算条件	9
3.1 計算方法	9
3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態	10
3.3 設計条件	11
3.4 材料及び許容応力	20
3.5 設計用地震力	21
4. 解析結果及び評価	24
4.1 固有周期及び設計震度	24
4.2 評価結果	42
4.2.1 管の応力評価結果	42
4.2.2 支持構造物評価結果	45
4.2.3 弁の動的機能維持評価結果	46
4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	47

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-13-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」（以下「基本方針」という。）に基づき、管、支持構造物及び弁が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

評価結果の記載方法は、以下に示すとおりである。

(1) 管

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全6モデルのうち、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を4.2.4に記載する。

(2) 支持構造物

工事計画記載範囲の支持点のうち、種類及び型式単位に反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。






(3) 弁

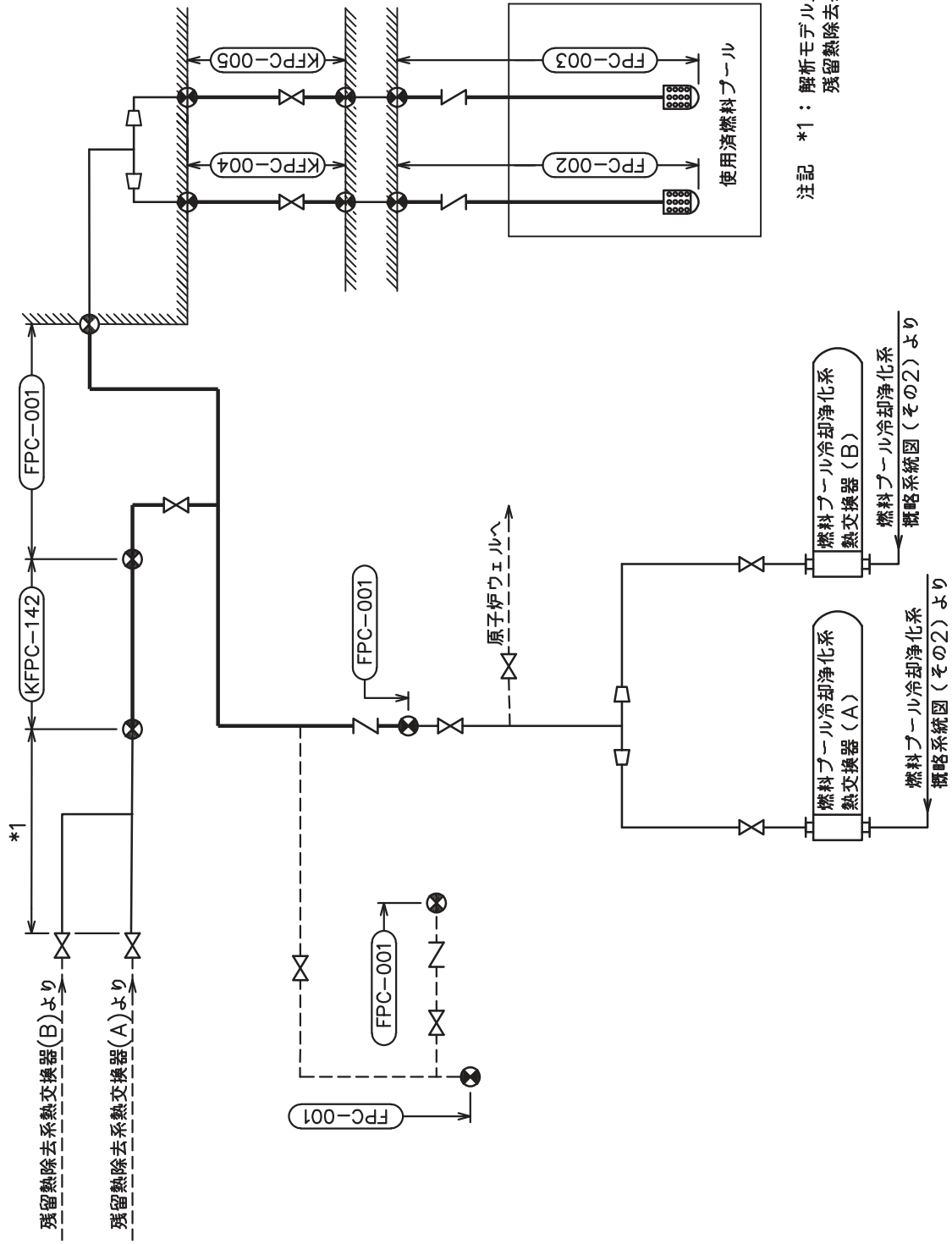
機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として、評価結果を記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1 概略系統図

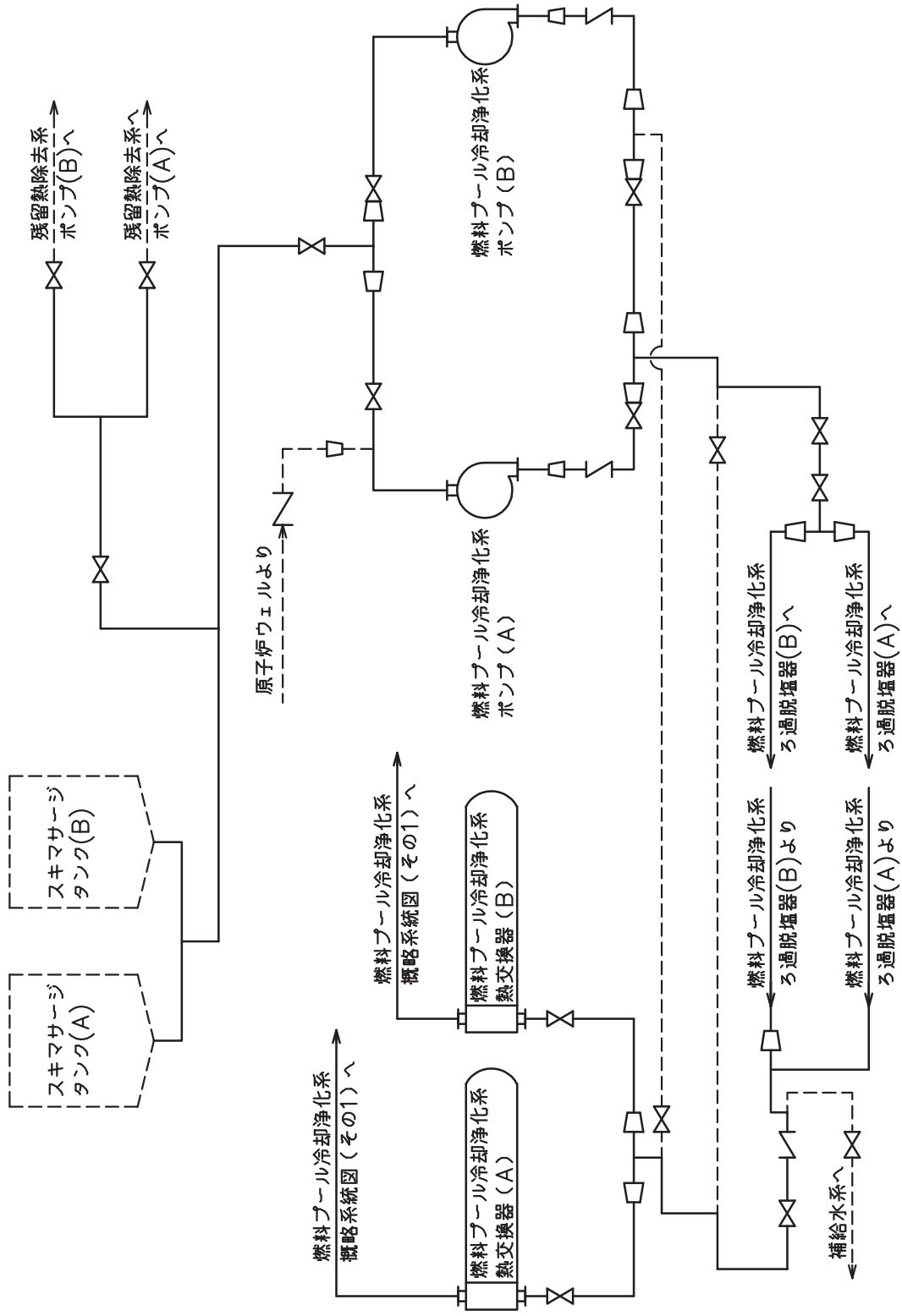
概略系統図記号凡例

記 号	内 容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管
	鳥瞰図番号
	アンカ



注記 *1: 解析モデル上
残留熱除去系に含める。


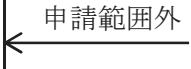



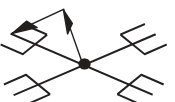
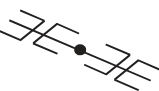

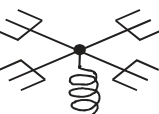
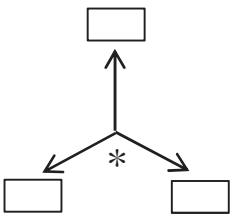
燃料プール冷却浄化系概略系統図 (その1)

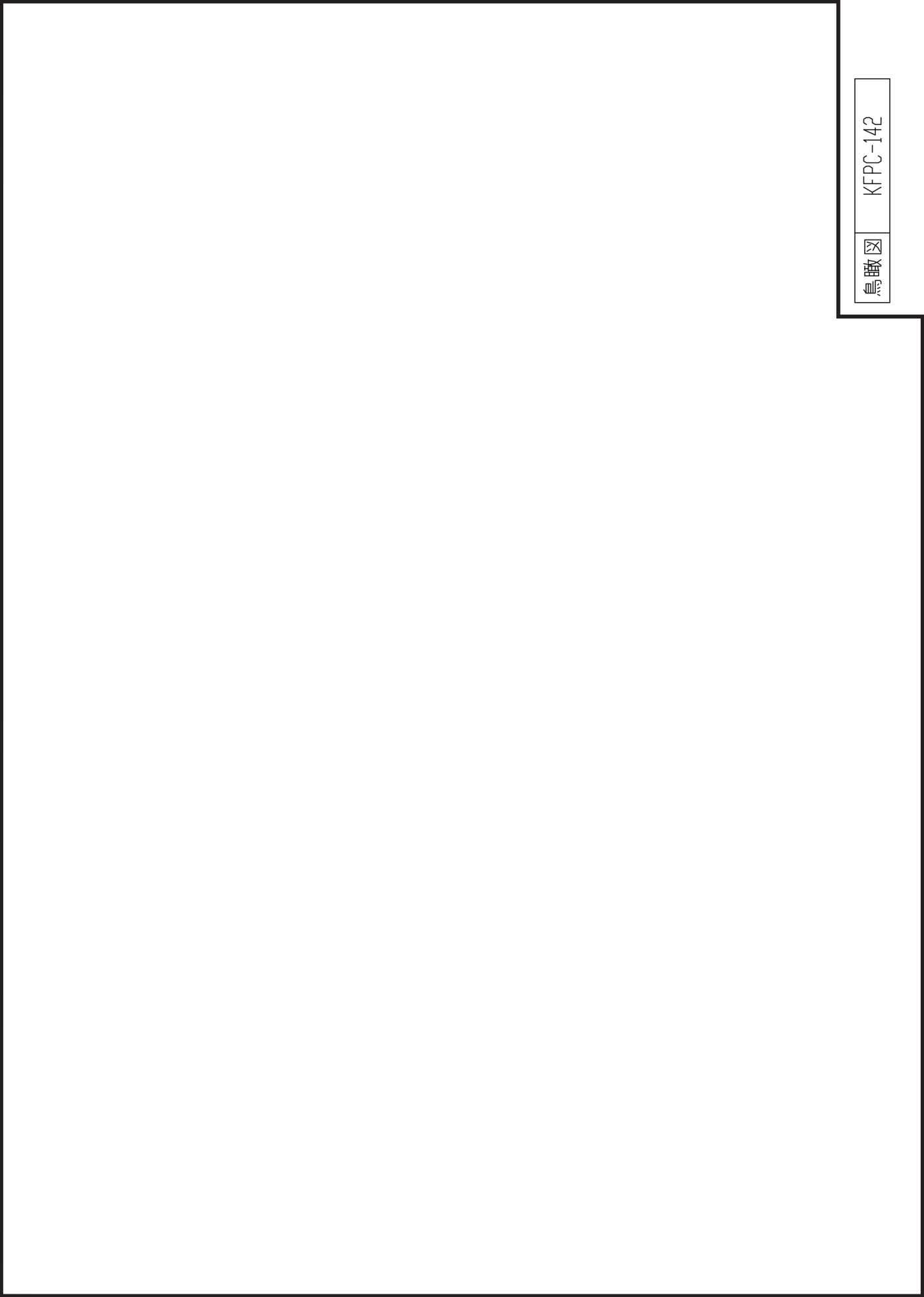


燃料プールの冷却浄化系概略系統図(その2)

2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

記号	内容
	工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管
	工事計画記載範囲外の管
	工事計画記載範囲の管のうち，他系統の管であって解析モデルとして本系統に記載する管
	質点
	アンカ
	レストレイント (矢印は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。スナップについても同様とする。)
	スナップ
	ハンガ
	ガイド
	拘束点の地震による相対変位量(mm) (*は評価点番号，矢印は拘束方向を示す。また， 内に変位量を記載する。)



鳥瞰図	KFPC-142
-----	----------

3. 計算条件

3.1 計算方法

管の構造強度評価は、「基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。解析コードは、「I S A P」を使用し、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設分類*1	設備分類	機器等の区分	耐震重要度分類	荷重の組合せ*2, *3	許容応力状態
核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設	使用済燃料貯蔵槽冷却浄化設備	燃料プール冷却浄化系	DB	—	クラス3管	S B-1	I _L +S d	III _A S
							II _L +S d	
							I _L +S s	IV _A S
							II _L +S s	

注記*1：DBは設計基準対象施設，SAは重大事故等対処設備を示す。

*2：運転状態の添字Lは荷重を示す。

*3：許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

3.3 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管名称で区分し，管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 F P C - 0 0 2

管名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	1.37	66	165.2	7.1	SUS304TP	S	191720

設計条件

管名称と対応する評価点
 評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図 F P C - 0 0 2

管名称	対 応 す る 評 価 点															
1	1	2	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	

配管の質量（付加質量含む）

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
1		7		10		13		16	
5		8		11		14			
6		9		12		15			

弁部の質量を下表に示す。

弁 1

評価点	質量(kg)
2	
3	
4	

弁部の寸法を下表に示す。

弁NO.	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
弁1	3			

O 2 ③ VI-2-4-3-1-3(設) R 0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 F P C - 0 0 2

支持点部のばね定数を下表に示す。

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1						
5						
9						
12						
15						

設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管名称で区分し，管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 F P C - 0 0 3

管名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	1.37	66	165.2	7.1	SUS304TP	S	191720

設計条件

管名称と対応する評価点
 評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図 F P C - 0 0 3

管名称	対 応 す る 評 価 点															
1	1	2	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	

配管の質量（付加質量含む）

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
1		7		10		13		16	
5		8		11		14			
6		9		12		15			

弁部の質量を下表に示す。

弁 1

評価点	質量(kg)
2	
3	
4	

弁部の寸法を下表に示す。

弁NO.	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
弁1	3			

O 2 ③ VI-2-4-3-1-3(設) R 0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 F P C - 0 0 3

支持点部のばね定数を下表に示す。

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1						
5						
9						
12						
15						

設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管名称で区分し，管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 K F P C - 1 4 2

管名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	3.73	66	216.3	8.2	STS410	S	200360

設計条件

管名称と対応する評価点
 評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図 K F P C - 1 4 2

管名称	対 応 す る 評 価 点														
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	901	902				

配管の質量（付加質量含む）

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
1		7		13		19		901	
2		8		14		20		902	
3		9		15		21			
4		10		16		22			
5		11		17		23			
6		12		18		24			

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 K F P C - 1 4 2

支持点部のばね定数を下表に示す。

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1						
7						
13						
19						
24						
901						
902						

3.4 材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

材料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)			
		S m	S y	S u	S h
SUS304TP	66	—	188	479	—
STS410		—	231	407	—

3.5 設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答曲線を下表に示す。

なお、設計用床応答曲線は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき策定したものをを用いる。また、減衰定数は、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

鳥 瞰 図	建物・構築物	標高(O.P. (m))	減衰定数(%)
F P C - 0 0 2	原子炉建屋		

設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答曲線を下表に示す。

なお、設計用床応答曲線は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき策定したものをを用いる。また、減衰定数は、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

鳥 瞰 図	建物・構築物	標高(O.P. (m))	減衰定数(%)
F P C - 0 0 3	原子炉建屋		

設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答曲線を下表に示す。

なお、設計用床応答曲線は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき策定したものをを用いる。また、減衰定数は、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

鳥 瞰 図	建物・構築物	標高(O.P. (m))	減衰定数(%)
K F P C - 1 4 2	原子炉建屋		

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥瞰図 FPC-002

モード	適用する地震動等		S d 及び静的震度			S s		
	固有周期 (s)	応答水 平震 度*1	X 方 向	Z 方 向	Y 方 向	応答鉛直震度*1	応答水 平震 度*1	
							X 方 向	Z 方 向
1 次								
2 次								
3 次								
4 次								
5 次*2								
動的震度*3								
静的震度*4								



枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

各モードに対応する刺激係数

鳥瞰図 FPC-002

モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X方向	Y方向	Z方向
1次				
2次				
3次				
4次				

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

代表的振動モード図

振動モード図は、3次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し、次ページ以降に示す。

固有周期及び設計震度

鳥瞰図 FPC-003

適用する地震動等		S d 及び静的震度			S s		
		応答水平震度*1		応答鉛直震度*1	応答水平震度*1		応答鉛直震度*1
モード	固有周期 (s)	X 方向	Z 方向	Y 方向	X 方向	Z 方向	Y 方向
1 次							
2 次							
3 次							
4 次							
5 次*2							
動的震度*3							
静的震度*4							

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

各モードに対応する刺激係数

鳥瞰図 FPC-003

モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X 方向	Y 方向	Z 方向
1 次				
2 次				
3 次				
4 次				

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

代表的振動モード図

振動モード図は、3次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し、次ページ以降に示す。

固有周期及び設計震度

鳥瞰図 KFP C-142

適用する地震動等		S d 及び静的震度			S s		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度*1		応答鉛直震度*1	応答水平震度*1		応答鉛直震度*1
		X方向	Z方向	Y方向	X方向	Z方向	Y方向
1次							
2次							
3次							
4次							
5次							
6次*2							
動的震度*3							
静的震度*4							

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

各モードに対応する刺激係数

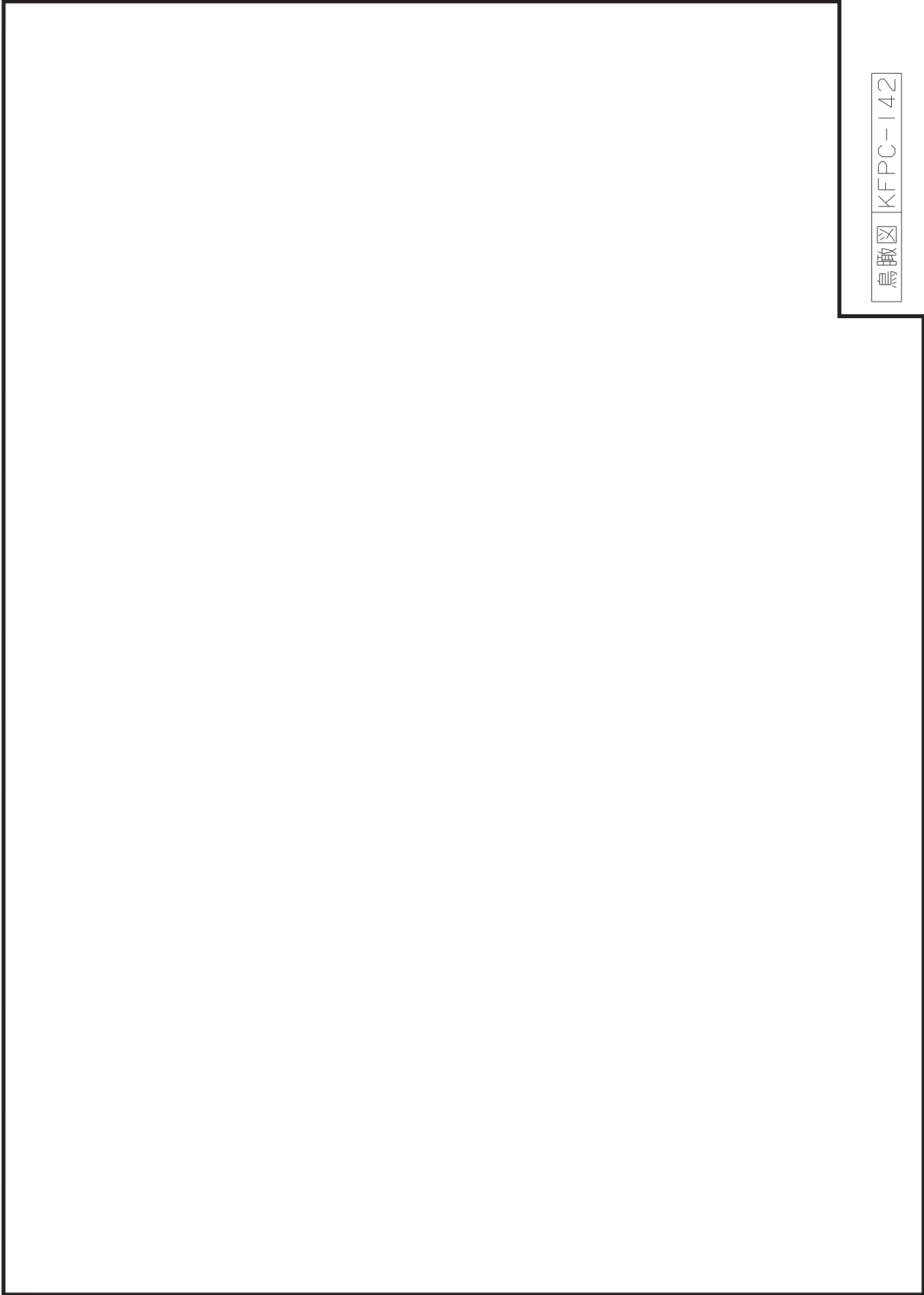
鳥瞰図 KFP C-142

モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X 方向	Y 方向	Z 方向
1 次				
2 次				
3 次				
4 次				
5 次				

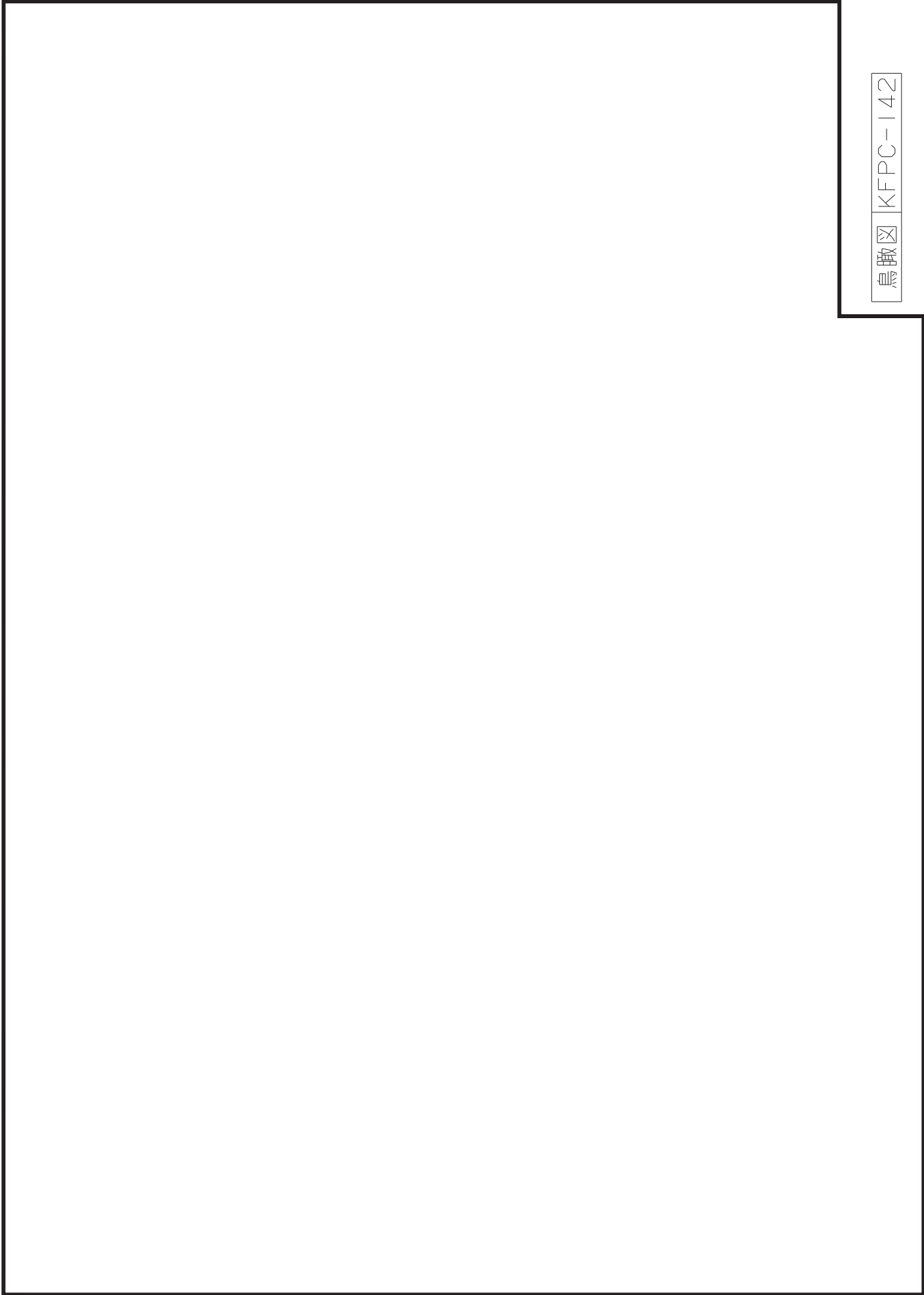
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

代表的振動モード図

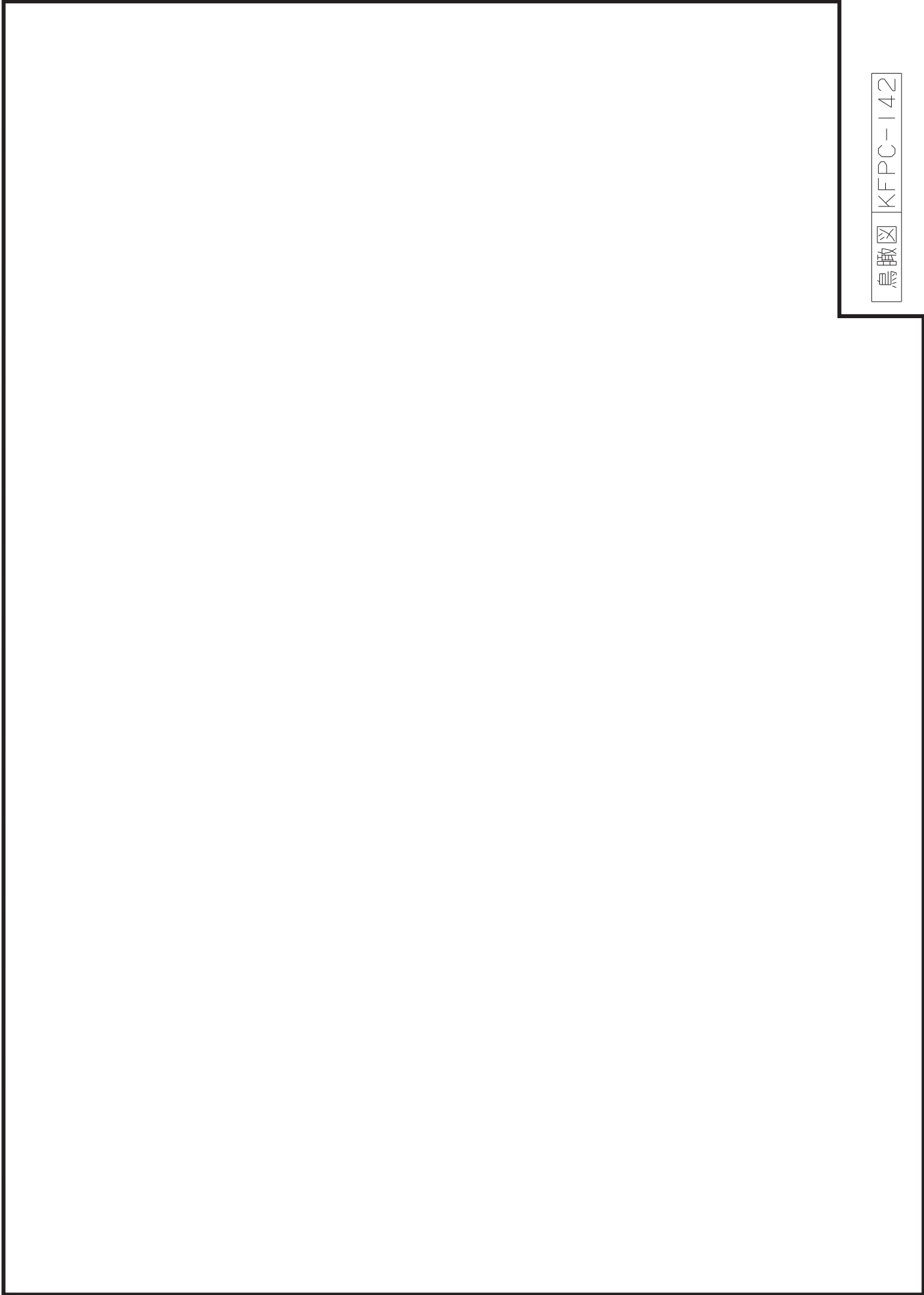
振動モード図は、3次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し、次ページ以降に示す。



鳥瞰図 KFP C-142



鳥瞰図 KFP C-142



4.2 評価結果

4.2.1 管の応力評価結果

下記に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれ許容値以下である。

クラス2以下の管

鳥瞰図	許容応力状態	最大応力評価点	最大応力区分	一次応力評価 (MPa)		一次+二次応力評価 (MPa)		疲労評価
				計算応力 S _{pr m} (S _d) S _{pr m} (S _s)	許容応力 S _y *1 0.9・S _u	計算応力 S _n (S _d) S _n (S _s)	許容応力 2・S _y 2・S _y	
FPC-002	III _A S	12	S _{pr m} (S _d)	127	188	—	—	—
	III _A S	12	S _n (S _d)	—	—	239	376	—
	IV _A S	12	S _{pr m} (S _s)	224	431	—	—	—
	IV _A S	12	S _n (S _s)	—	—	436*	376	0.0034

注記 *：許容応力を超える計算応力に対して付記する。

*1：オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については、S_yと1.2・S_hのうち大きい方とする。

管の応力評価結果

下記に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれ許容値以下である。

クラス2以下の管

鳥瞰図	許容応力 状態	最大応力 評価点	最大 応力 区分	一次応力評価 (MPa)		一次+二次応力評価 (MPa)		疲労評価
				計算応力 Sprm(Sd)	許容応力 Sy*1	計算応力 Sn(Sd)	許容応力 2・Sy	
FPC-003	III _A S	12	Spr m (S d)	127	188	—	—	—
	III _A S	12	S n (S d)	—	—	239	376	—
	IV _A S	12	S p r m (S s)	224	431	—	—	—
	IV _A S	12	S n (S s)	—	—	436 *	376	0.0034

注記 *：許容応力を超える計算応力に対して付記する。

*1：オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については、Syと1.2・Shのうち大きい方とする。

管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

クラス2以下の管

鳥瞰図	許容応力 状態	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)		一次+二次応力評価 (MPa)		疲労評価
				計算応力 Sprm(Sd) Sprm(Ss)	許容応力 Sy*1 0.9・Su	計算応力	許容応力	
KFPC-142	III _A S	7	Spr m(Sd)	115	231	—	—	—
	IV _A S	7	Spr m(Ss)	196	366	—	—	—
	IV _A S	7	Sn(Ss)	—	—	347	462	USs

注記 *1: オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については、Syと1.2・Shのうち大きい方とする。

4.2.2 支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果 (荷重評価)

支持構造物 番号	種類	型式	材質	温度 (°C)	評価結果	
					計算 荷重 (kN)	許容 荷重 (kN)
—	—	—	—	—	—	—

支持構造物評価結果 (応力評価)

支持構造物 番号	種類	型式	材質	温度 (°C)	支持点荷重							評価結果		
					反力(kN)			モーメント (kN・m)				応力 分類	許容 応力 (MPa)	
					F _x	F _y	F _z	M _x	M _y	M _z	計算 応力 (MPa)			
FPC-001-001A	アソカ	架構	STKR400	40	20	6	14	5	30	2	組合せ	139	280	
KFPC-142-007R	レストレイント	架構	STKR400	40	37	16	11	—	—	—	組合せ	101	280	

4.2.3 弁の動的機能維持評価結果

下表に示すとおり機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下又は計算応力が許容応力以下である。

弁番号	形式	要求機能	機能維持評価用加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		機能確認済加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		構造強度評価結果 (MPa)	
			水平	鉛直	水平	鉛直	計算応力	許容応力
—	—	—	—	—	—	—	—	—

4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度が最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果(クラス2以下の管)

No.	配管モデル	許容応力状態 III _A S										許容応力状態 IV _A S							
		一次応力					一次応力					一次+二次応力*			疲労評価				
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労係数	代表
1	FPC-001	901	39	231	5.92	—	901	48	366	7.62	—	19	176	376	2.13	—	—	—	
2	FPC-002	12	127	188	1.48	○	12	224	431	1.92	—	12	436	376	0.86	○	12	0.0034	○
3	FPC-003	12	127	188	1.48	○	12	224	431	1.92	—	12	436	376	0.86	○	12	0.0034	○
4	KFPC-004	1	12	188	15.66	—	5	12	431	35.91	—	5	4	376	94.00	—	—	—	
5	KFPC-005	1	12	188	15.66	—	5	12	431	35.91	—	5	4	376	94.00	—	—	—	
6	KFPC-142	7	115	231	2.00	—	7	196	366	1.86	○	7	347	462	1.33	—	—	—	

注記*：III_ASの一次+二次応力の許容値はIV_ASと同様であることから、地震荷重が大きいIV_ASの一次+二次応力裕度最小を代表とする。

重大事故等対処設備

目次

1. 概要	1
2. 概略系統図及び鳥瞰図	2
2.1 概略系統図	2
2.2 鳥瞰図	5
3. 計算条件	12
3.1 計算方法	12
3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態	13
3.3 設計条件	14
3.4 材料及び許容応力	24
3.5 設計用地震力	25
4. 解析結果及び評価	28
4.1 固有周期及び設計震度	28
4.2 評価結果	46
4.2.1 管の応力評価結果	46
4.2.2 支持構造物評価結果	49
4.2.3 弁の動的機能維持評価結果	50
4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	51

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-13-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」（以下「基本方針」という。）に基づき、管、支持構造物及び弁が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

評価結果の記載方法は、以下に示すとおりである。

(1) 管

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全8モデルのうち、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を4.2.4に記載する。

(2) 支持構造物

工事計画記載範囲の支持点のうち、種類及び型式単位に反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。






(3) 弁

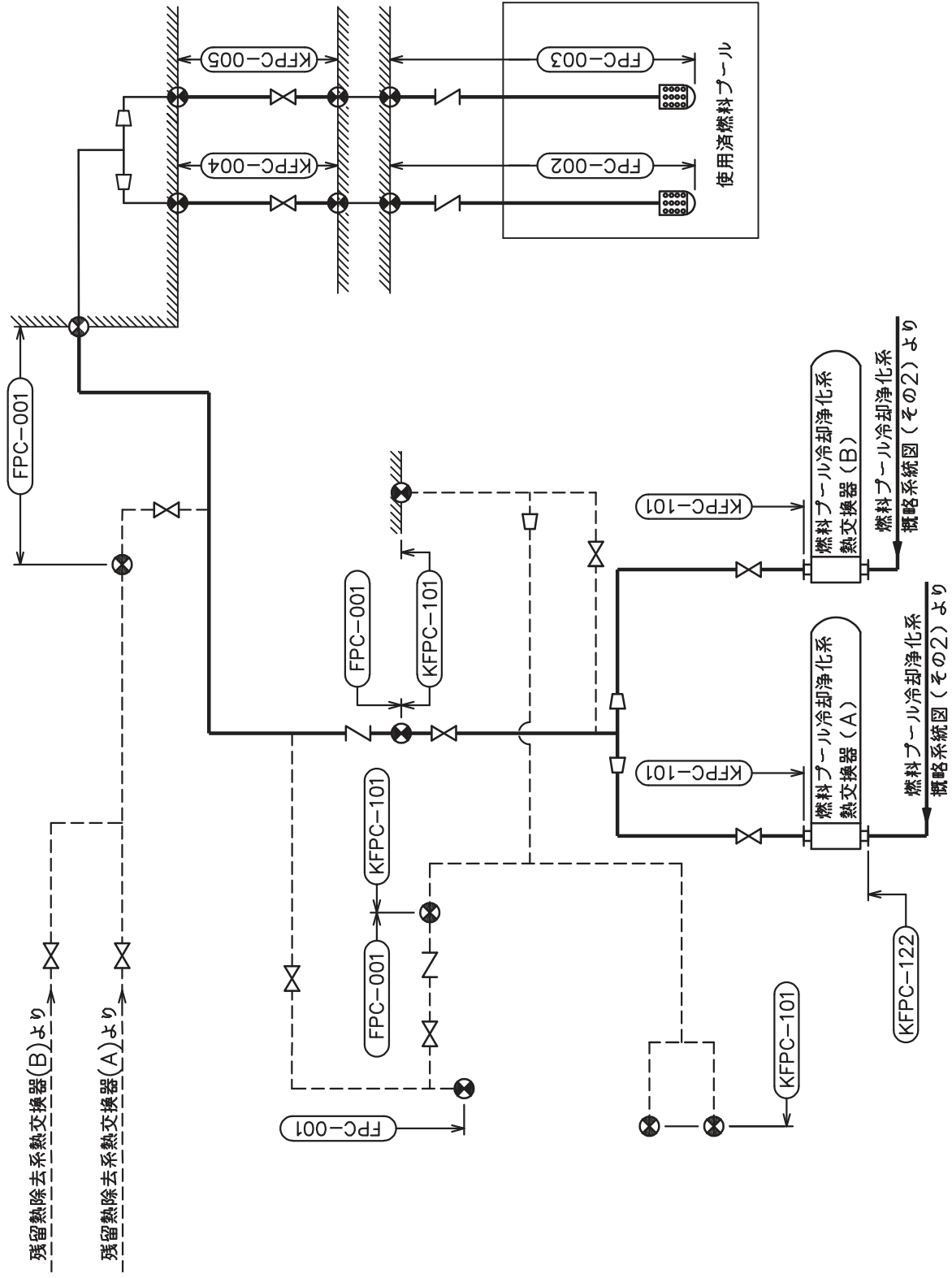
機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として、評価結果を記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

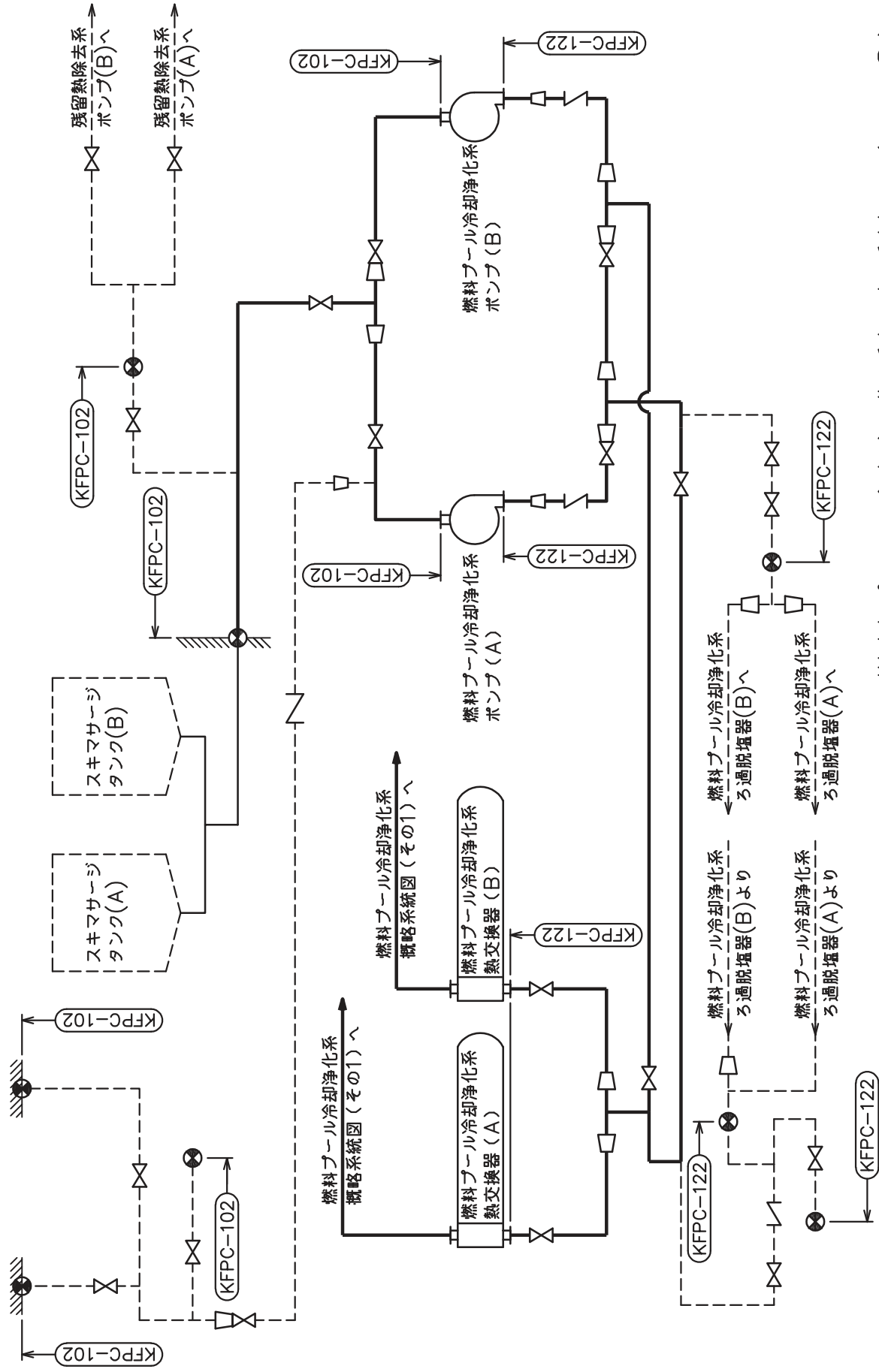
2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例

記 号	内 容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管
	鳥瞰図番号
	アンカ




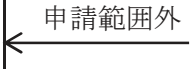




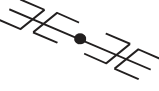

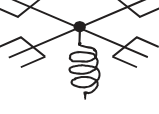
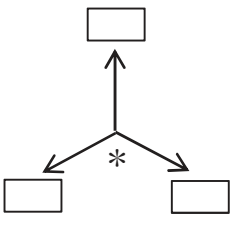
燃料プール冷却浄化系概略系統図(その1)



燃料プールの冷却浄化系概略系統図(その2)

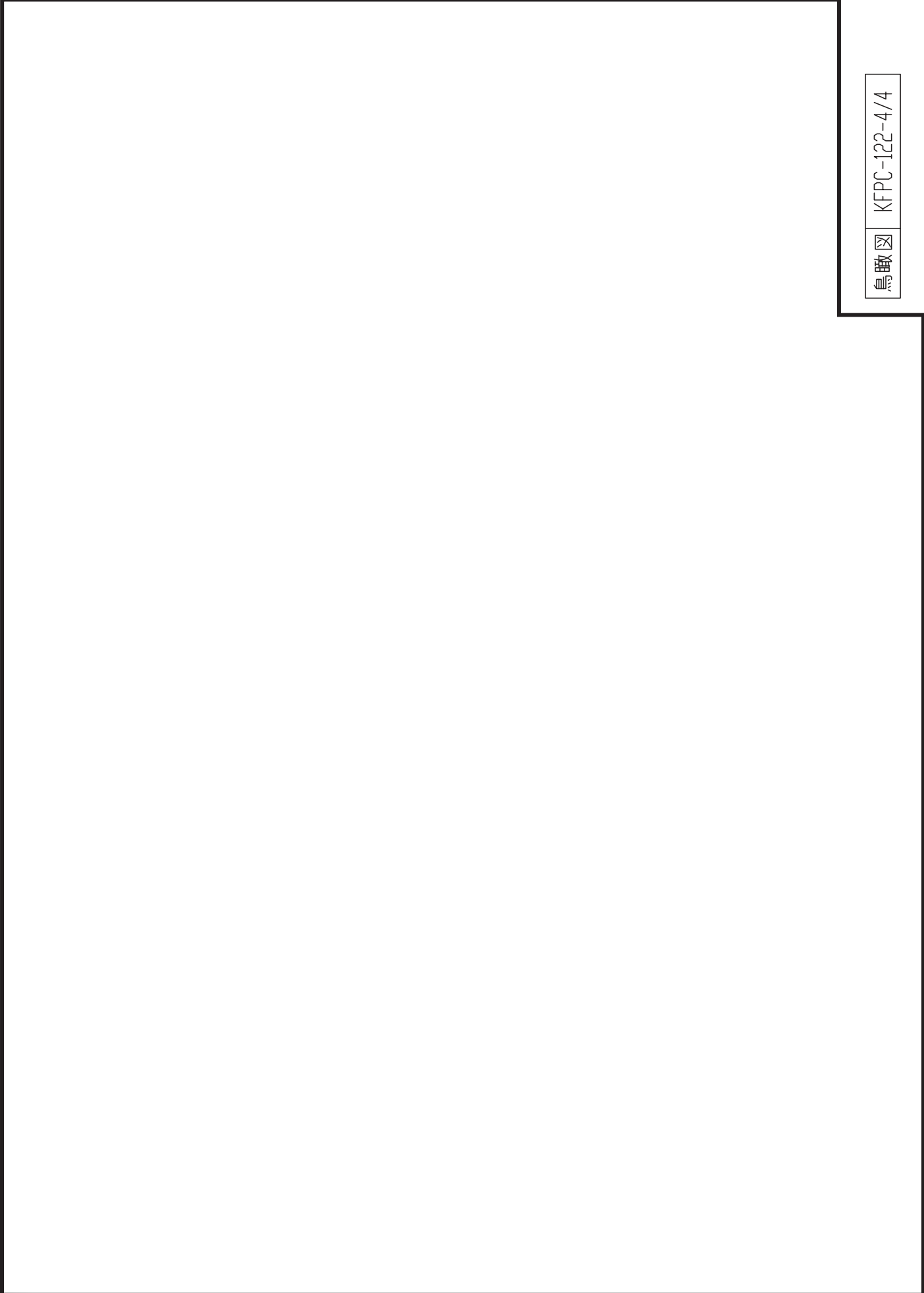
2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

記号	内容
	<p>工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管</p>
	<p>工事計画記載範囲外の管</p>
	<p>工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって解析モデルとして本系統に記載する管</p>
	<p>質点</p>
	<p>アンカ</p>
	<p>レストレイント (矢印は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。スナップについても同様とする。)</p>
	<p>スナップ</p>
	<p>ハンガ</p>
	<p>ガイド</p>
	<p>拘束点の地震による相対変位量(mm) (*は評価点番号, 矢印は拘束方向を示す。また, 内に変位量を記載する。)</p>



鳥瞰図 KFFC-122-1/4



鳥瞰図 KFC-122-4/4

3. 計算条件

3.1 計算方法

管の構造強度評価は、「基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。解析コードは、「I S A P」を使用し、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設分類 ^{*1}	設備分類 ^{*2}	機器等の区分	耐震重要度分類	荷重の組合せ ^{*3, *4}	許容応力状態 ^{*5}
核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設	使用済燃料貯蔵槽冷却浄化設備	燃料プール冷却浄化系	S A	常設耐震／防止	重大事故等クラス2管	—	V _L +S s	V _A S

注記*1：DBは設計基準対象施設，SAは重大事故等対処設備を示す。

*2：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備を示す。

*3：運転状態の添字Lは荷重を示す。

*4：許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

*5：許容応力状態V_ASは許容応力状態IV_ASの許容限界を使用し，許容応力状態IV_ASとして評価を実施する。

3.3 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管名称で区分し，管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 F P C - 0 0 2

管名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	1.37	66	165.2	7.1	SUS304TP	—	191720

設計条件

管名称と対応する評価点
 評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図 F P C - 0 0 2

管名称	対 応 す る 評 価 点															
1	1	2	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	

配管の質量（付加質量含む）

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
1		7		10		13		16	
5		8		11		14			
6		9		12		15			

弁部の質量を下表に示す。

弁 1

評価点	質量(kg)
2	
3	
4	

弁部の寸法を下表に示す。

弁NO.	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
弁1	3			

O 2 ③ VI-2-4-3-1-3(重) R 0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 F P C - 0 0 2

支持点部のばね定数を下表に示す。

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1						
5						
9						
12						
15						

設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管名称で区分し，管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 F P C - 0 0 3

管名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	1.37	66	165.2	7.1	SUS304TP	—	191720

設計条件

管名称と対応する評価点
 評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図 F P C - 0 0 3

管名称	対 応 す る 評 価 点															
1	1	2	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	

配管の質量（付加質量含む）

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
1		7		10		13		16	
5		8		11		14			
6		9		12		15			

弁部の質量を下表に示す。

弁 1

評価点	質量(kg)
2	
3	
4	

弁部の寸法を下表に示す。

弁NO.	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
弁1	3			

O 2 ③ VI-2-4-3-1-3(重) R 0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 F P C - 0 0 3

支持点部のばね定数を下表に示す。

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1						
5						
9						
12						
15						

設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管名称で区分し，管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 K F P C - 1 2 2

管名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	1.37	66	114.3	6.0	STS410	—	200360
2	1.37	66	165.2	7.1	STS410	—	200360
3	1.37	66	216.3	8.2	STS410	—	200360
4	1.37	66	216.3	8.2	SUS304TP	—	191720
5	1.37	66	165.2	7.1	SUS304TP	—	191720

設計条件

管名称と対応する評価点
 評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図 K F P C - 1 2 2

管名称	対 応 す る 評 価 点															
1	1	2	3	4	46	47	48	49								
2	4	5	7	9	10	12	13	14	15	16	17	21	22	24	26	
	27	32	33	35	36	37	38	39	41	43	44	45	46	85	92	
	180	181	182	183	210	217	800	801	802	803	804	805	907	908		
3	17	18	19	20	21	27	28	29	31	32	91	93	94	95	96	
	97	98	99	100	101	102	103	105	121	128	140	141	142	143	144	
	145	146	901	903												
4	6	25	90	102	104	107	108	135	136	137	138	139	146	147	149	
	152	153	154	155	156	168	169	905	906							
5	30	156	157	158	169	170	301	302	303	304	305	306	308	309	310	
	401	402	403	404	405	406	407	409	410	411						

配管の質量（付加質量含む）

鳥 瞰 図 K F P C - 1 2 2

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
1		30		98		152		310	
2		31		99		153		401	
3		32		100		154		402	
4		36		101		155		403	
5		37		102		156		404	
6		38		103		157		405	
7		43		105		158		406	
9		44		108		168		410	
13		45		121		169		411	
14		46		128		170		800	
15		47		135		180		801	
16		48		136		181		802	
17		49		137		182		803	
18		85		138		183		804	
19		90		139		210		805	
20		91		140		217		901	
21		92		141		301		903	
25		93		142		302		905	
26		94		143		303		906	
27		95		144		304		907	
28		96		145		305		908	
29		97		146		309			

弁部の質量を下表に示す。

弁 1		弁 2		弁 3		弁 4		弁 5	
評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
10		22		35		41		104	
11		23		34		40		106	
12		24		33		39		107	
								109	
								110	

弁 6		弁 7		弁 8	
評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
147		306		407	
148		307		408	
149		308		409	
150		311		412	
151		312		413	

弁部の寸法を下表に示す。

弁NO.	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
弁1	11			
弁2	23			
弁3	34			
弁4	40			
弁5	106			
弁6	148			
弁7	307			
弁8	408			

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 K F P C - 1 2 2

支持点部のばね定数を下表に示す。

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1						
6						
25						
30						
49						
85						
92						
103						
105						
** 110 **						
121						
128						
** 151 **						
210						
217						
310						
312						
411						
** 413 **						
413						
901						
903						
905						
906						
907						
908						

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3.4 材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

材料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)			
		S m	S y	S u	S h
SUS304TP	66	—	188	479	—
STS410		—	231	407	—

3.5 設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答曲線を下表に示す。

なお、設計用床応答曲線は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき策定したものをを用いる。また、減衰定数は、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

鳥 瞰 図	建物・構築物	標高(O.P. (m))	減衰定数(%)
F P C - 0 0 2	原子炉建屋		

設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答曲線を下表に示す。

なお、設計用床応答曲線は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき策定したものをを用いる。また、減衰定数は、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

鳥 瞰 図	建物・構築物	標高(O.P. (m))	減衰定数(%)
F P C - 0 0 3	原子炉建屋		

設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答曲線を下表に示す。
 なお、設計用床応答曲線は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき
 策定したものをを用いる。また、減衰定数は、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」
 に記載の減衰定数を用いる。

鳥 瞰 図	建物・構築物	標高(O.P. (m))	減衰定数(%)
K F P C - 1 2 2	原子炉建屋		

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥瞰図 FPC-002

適用する地震動等		S d 及び静的震度			S s		
		応答水平震度*1		応答鉛直震度*1	応答水平震度*1		応答鉛直震度*1
モード	固有周期 (s)	X 方向	Z 方向	Y 方向	X 方向	Z 方向	Y 方向
1 次							
2 次							
3 次							
4 次							
5 次*2							
動的震度*3							
静的震度*4							



枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

各モードに対応する刺激係数

鳥瞰図 FPC-002

モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X方向	Y方向	Z方向
1次				
2次				
3次				
4次				

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

代表的振動モード図

振動モード図は、3次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し、次ページ以降に示す。

固有周期及び設計震度

鳥瞰図 FPC-003

適用する地震動等		S d 及び静的震度				S s	
		応答水平震度*1		応答鉛直震度*1		応答鉛直震度*1	
モード	固有周期 (s)	X 方向	Z 方向	Y 方向	X 方向	Z 方向	Y 方向
1 次							
2 次							
3 次							
4 次							
5 次*2							
動的震度*3							
静的震度*4							

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

各モードに対応する刺激係数

鳥瞰図 FPC-003

モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X方向	Y方向	Z方向
1次				
2次				
3次				
4次				

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

代表的振動モード図

振動モード図は、3次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し、次ページ以降に示す。

固有周期及び設計震度

鳥瞰図 KFP C-122

モード	適用する地震動等 固有周期 (s)	S d 及び静的震度				S s	
		応答水平震度*1		応答鉛直震度*1		応答水平震度*1	
		X 方向	Z 方向	Y 方向	Y 方向	X 方向	Z 方向
1 次							
2 次							
3 次							
4 次							
5 次							
6 次							
7 次							
8 次							
17 次							
18 次*2							
動的震度*3							
静的震度*4							

注記*1：各モードの固有周期に対し、設計用床応答曲線より得られる震度を示す。
 *2：固有周期が0.050s以下であることを示す。
 *3：S d又はS s地震動に基づく設計用最大床応答加速度より定めた震度を示す。
 *4：3.6C₁及び1.2C_vより定めた震度を示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

各モードに対応する刺激係数

鳥瞰図 KFP C-122

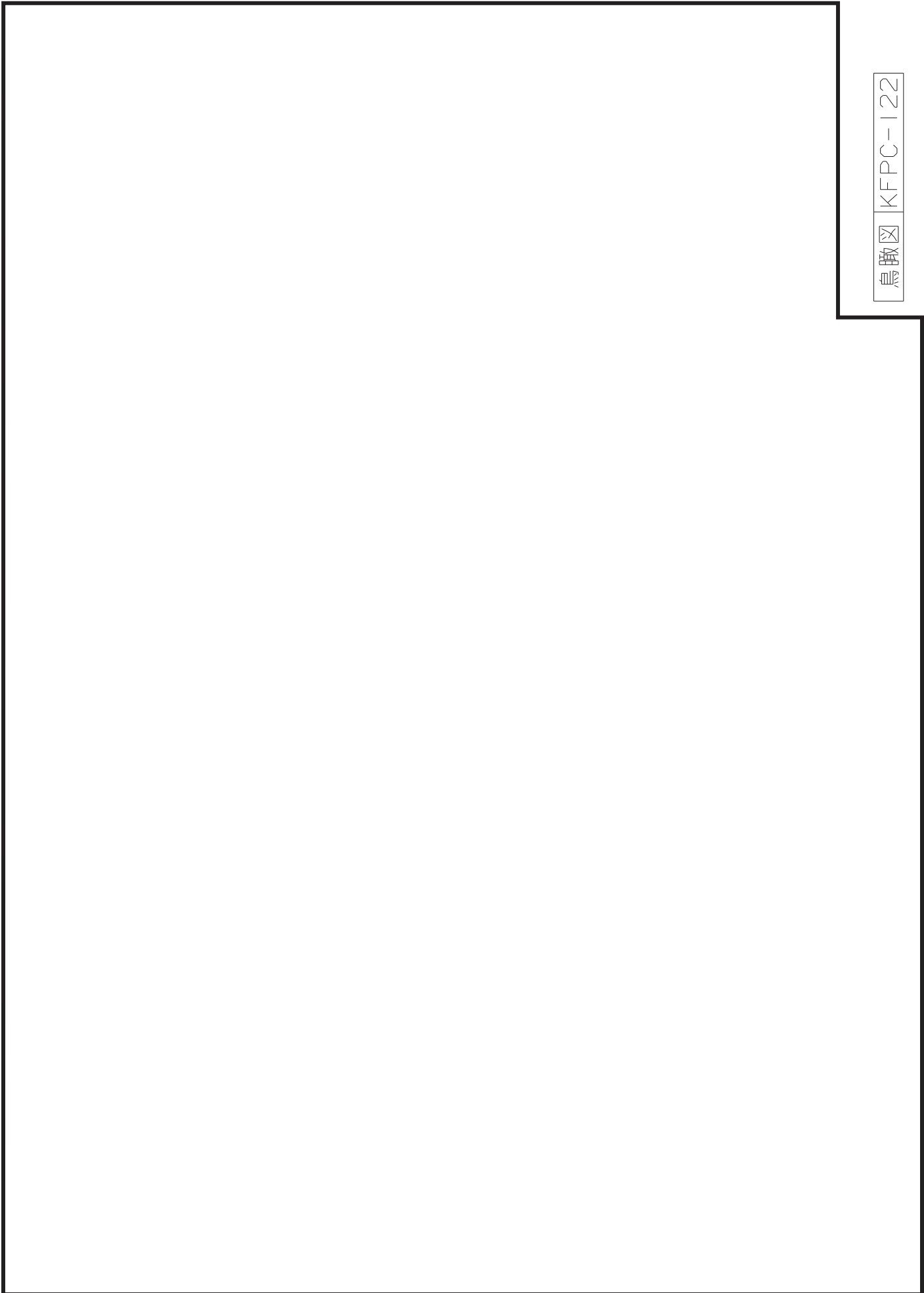
モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X 方向	Y 方向	Z 方向
1 次				
2 次				
3 次				
4 次				
5 次				
6 次				
7 次				
8 次				
17 次				

注記*：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

代表的振動モード図

振動モード図は、3次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し、次ページ以降に示す。



鳥瞰図 KFPC-122

4.2 評価結果

4.2.1 管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管

鳥瞰図	許容応力 状態	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)		一次+二次応力評価 (MPa)		疲労評価
				計算応力 S p r m (S s)	許容応力 0. 9 ⋅ S u	計算応力 S n (S s)	許容応力 2 ⋅ S y	
F P C - 0 0 2	V _A S V _A S	12 12	S p r m (S s) S n (S s)	223 —	431 —	— 436 *	— 376	— 0. 0034

注記*：許容応力を超える計算応力に対して付記する。

管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管

鳥瞰図	許容応力 状態	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)		一次+二次応力評価 (MPa)		疲労評価
				計算応力 Sprm(Ss)	許容応力 0.9・Su	計算応力 Sn(Ss)	許容応力 2・Sy	
FPC-003	V _A S V _A S	12 12	Spr m(S s) S n(S s)	223 —	431 —	— 436 *	— 376	— 0.0034

注記*：許容応力を超える計算応力に対して付記する。

管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管

鳥瞰図	許容応力 状態	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)		一次+二次応力評価 (MPa)		疲労評価
				計算応力 Sprm(Ss)	許容応力 0.9・Su	計算応力 Sn(Ss)	許容応力 2・Sy	
KFPC-122	V _A S	32	Sprm(Ss) Sn(Ss)	241	366	—	—	—
	V _A S	32		—	—	462	462	—

4.2.2 支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果 (荷重評価)

支持構造物 番号	種類	型式	材質	温度 (°C)	評価結果	
					計算 荷重 (kN)	許容 荷重 (kN)
KFPC-122-151BA	ロッドレストレイント	RTS-3	添付書類「VI-2-1-12-1 配管及び支持構造物の耐 震計算について」参照		29	45

支持構造物評価結果 (応力評価)

支持構造物 番号	種類	型式	材質	温度 (°C)	支持点荷重								評価結果			
					反力(kN)			モーメント (kN・m)			応力 分類	許容 応力 (MPa)				
					F _x	F _y	F _z	M _x	M _y	M _z			計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)		
KFPC-102-901R	レストレイント	Uプレート	SS400	66	0	71	73	—	—	—	—	—	—	せん断	108	135
FPC-001-013A	アンカ	架構	STKR400	66	35	17	25	14	13	8	14	13	8	曲げ	115	433

4.2.3 弁の動的機能維持評価結果

下表に示すとおり機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下又は計算応力が許容応力以下である。

弁番号	形式	要求機能	機能維持評価用加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		機能確認済加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		構造強度評価結果 (MPa)	
			水平	鉛直	水平	鉛直	計算応力	許容応力
—	—	—	—	—	—	—	—	—

4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と余裕を算出し、応力分類ごとに余裕が最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果(重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管)

No.	配管モデル	許容応力状態 VAS														
		一次応力						一次+二次応力						疲労評価		
		評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	余裕 裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	余裕 裕度	代表	評価点	疲労 累積 係数	代表		
1	FPC-001	19	39	431	11.05	—	19	176	376	2.13	—	—	—	—		
2	FPC-002	12	223	431	1.93	—	12	436	376	0.86	○	12	0.0034	○		
3	FPC-003	12	223	431	1.93	—	12	436	376	0.86	○	12	0.0034	○		
4	KFPC-004	5	11	431	39.18	—	5	4	376	94	—	—	—	—		
5	KFPC-005	5	11	431	39.18	—	5	4	376	94	—	—	—	—		
6	KFPC-101	12	31	431	13.90	—	37	164	376	2.29	—	—	—	—		
7	KFPC-102	40	221	366	1.65	—	40	448	462	1.03	—	—	—	—		
8	KFPC-122	32	241	366	1.51	○	32	460	462	1.00	—	—	—	—		

VI-2-4-3-2 燃料プール代替注水系の耐震性についての計算書

目 次

VI-2-4-3-2-1 管の耐震性についての計算書 (燃料プール代替注水系)

VI-2-4-3-2-1 管の耐震性についての計算書
(燃料プール代替注水系)

重大事故等対処設備

目次

1. 概要	1
2. 概略系統図及び鳥瞰図	2
2.1 概略系統図	2
2.2 鳥瞰図	4
3. 計算条件	11
3.1 計算方法	11
3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態	12
3.3 設計条件	13
3.4 材料及び許容応力	21
3.5 設計用地震力	22
4. 解析結果及び評価	24
4.1 固有周期及び設計震度	24
4.2 評価結果	26
4.2.1 管の応力評価結果	26
4.2.2 支持構造物評価結果	28
4.2.3 弁の動的機能維持評価結果	29
4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	30

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-13-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」（以下「基本方針」という。）に基づき、管、支持構造物及び弁が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

評価結果の記載方法は、以下に示すとおりである。

(1) 管

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全4モデルのうち、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を4.2.4に記載する。

(2) 支持構造物

工事計画記載範囲の支持点のうち、種類及び型式単位に反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。






(3) 弁

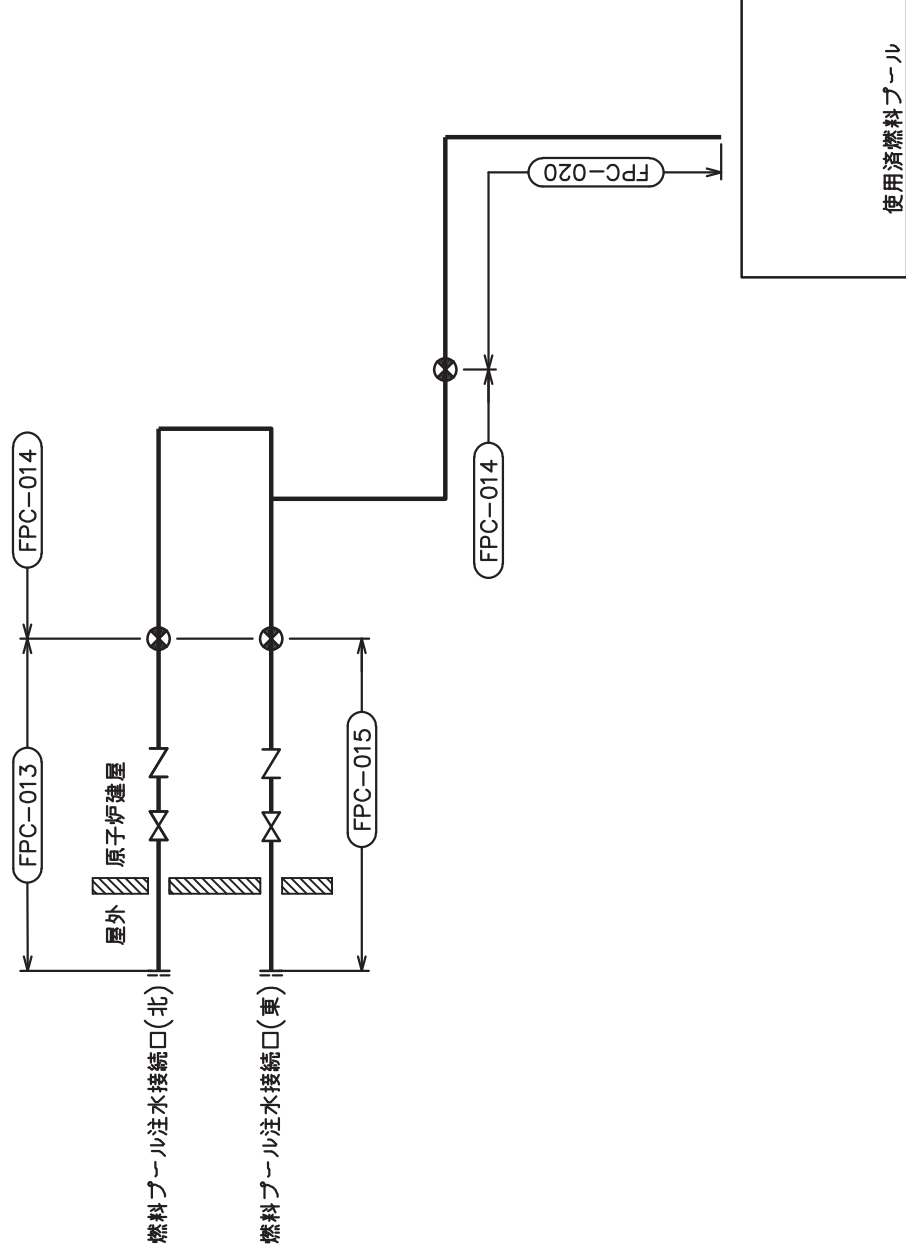
機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として、評価結果を記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例


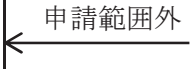
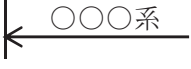


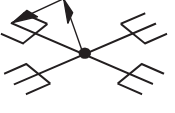
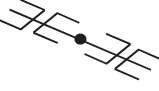

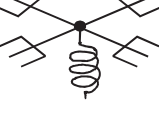
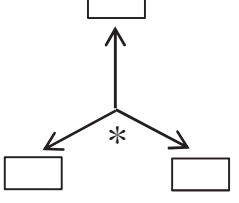
記 号	内 容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管
	鳥瞰図番号
	アンカ

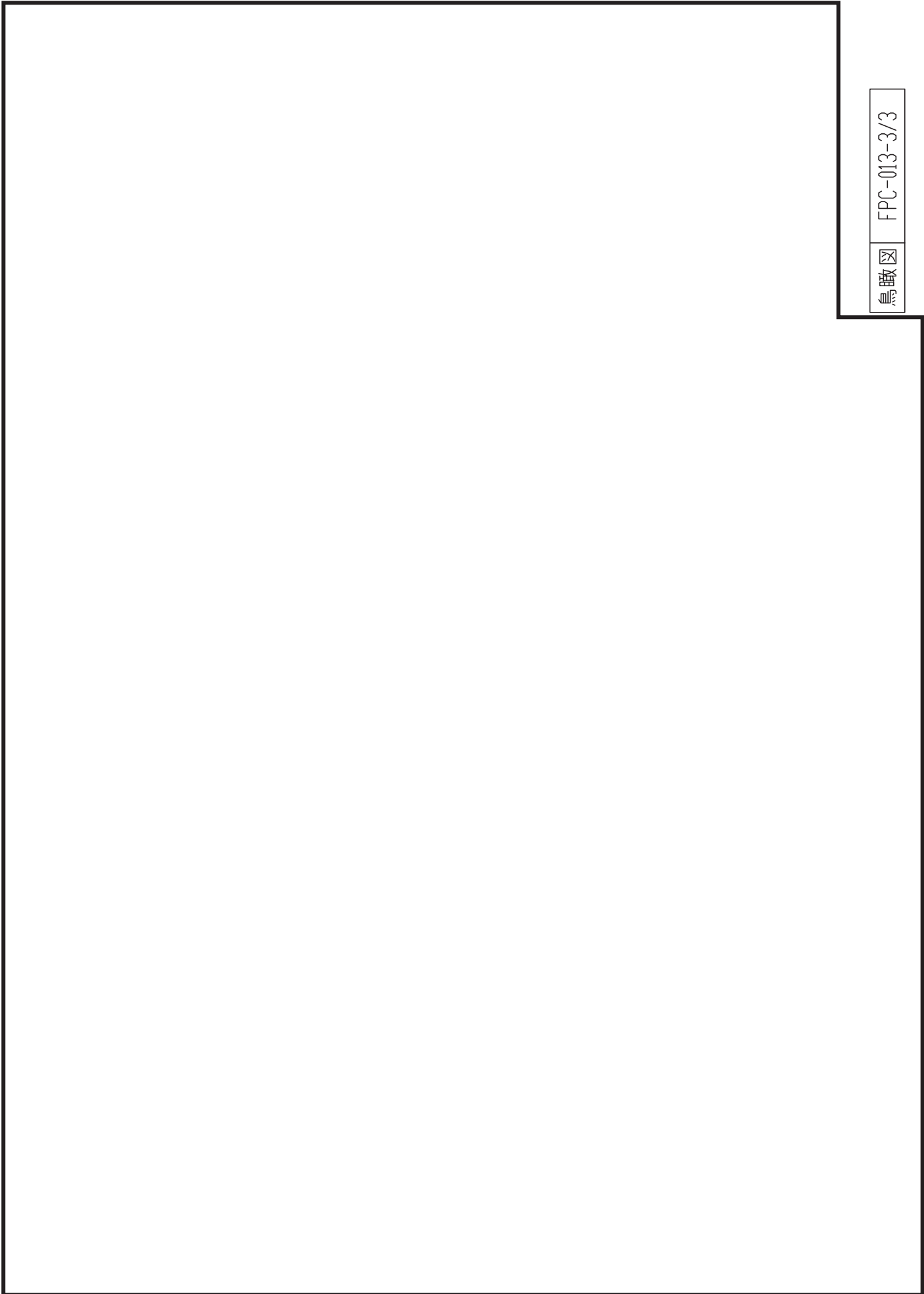


燃料プール代替注水系概略系統図

2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

記号	内容
	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
	工事計画記載範囲外の管
	工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって解析モデルとして本系統に記載する管
	質点
	アンカ
	レストレイント (矢印は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。スナップについても同様とする。)
	スナップ
	ハンガ
	ガイド
	拘束点の地震による相対変位量(mm) (*は評価点番号, 矢印は拘束方向を示す。また, 内に変位量を記載する。)



3. 計算条件

3.1 計算方法

管の構造強度評価は、「基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。解析コードは、「I S A P」を使用し、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設分類*1	設備分類*2	機器等の区分	耐震重要度分類	荷重の組合せ*3,*4	許容応力状態*5
核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設	使用済燃料貯蔵槽 冷却浄化設備	燃料プール代替注水系	SA	常設耐震／ 防止	重大事故等 クラス2管	—	V _L +S s	V _A S

注記*1：DBは設計基準対象施設，SAは重大事故等対処設備を示す。

*2：「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*3：運転状態の添字Lは荷重を示す。

*4：許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

*5：許容応力状態V_ASは許容応力状態IV_ASの許容限界を使用し，許容応力状態IV_ASとして評価を実施する。

3.3 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管名称で区分し，管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 F P C - 0 1 3

管名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	1.37	66	165.2	7.1	STS410	—	200360
2	1.37	66	165.2	7.1	SUS304TP	—	191720

設計条件

管名称と対応する評価点
 評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図 F P C - 0 1 3

管名称	対 応 す る 評 価 点														
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	16
	17	18													
2	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47
	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	62	63
	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78
	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93
	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108
	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123
	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136		

配管の質量（付加質量含む）

鳥 瞰 図 F P C - 0 1 3

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
1		30		56		85		111	
2		31		57		86		112	
3		32		58		87		113	
4		33		59		88		114	
5		34		63		89		115	
6		35		64		90		116	
7		36		65		91		117	
8		37		66		92		118	
9		38		67		93		119	
10		39		68		94		120	
11		40		69		95		121	
12		41		70		96		122	
13		42		71		97		123	
17		43		72		98		124	
18		44		73		99		125	
19		45		74		100		126	
20		46		75		101		127	
21		47		76		102		128	
22		48		77		103		129	
23		49		78		104		130	
24		50		79		105		131	
25		51		80		106		132	
26		52		81		107		133	
27		53		82		108		134	
28		54		83		109		135	
29		55		84		110		136	

弁部の質量を下表に示す。

弁 1

弁 2

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
14		60	
15		61	
16		62	
137			
138			

弁部の寸法を下表に示す。

弁NO.	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
弁1	15			
弁2	61			

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 F P C - 0 1 3

支持点部のばね定数を下表に示す。

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
2						
4						
10						
12						
19						
28						
31						
34						
38						
40						
42						
49						
53						
55						
63						
65						
68						
71						
73						
76						
81						
84						
** 84 **						
87						
89						
92						
94						
97						
100						
104						
107						
110						
112						
114						
119						
121						
124						
126						
129						
136						

** 印は斜め拘束を示しばね定数をXに示す。下段は方向余弦を示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 F P C - 0 1 3

支持点部のばね定数を下表に示す。

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
** 138 **						

--

設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管名称で区分し，管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 F P C - 0 1 4

管名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	1.37	66	165.2	7.1	SUS304TP	—	191720

設計条件

管名称と対応する評価点
 評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図 F P C - 0 1 4

管名称	対 応 す る 評 価 点														
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75
	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88		

配管の質量（付加質量含む）

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
1		19		37		55		73	
2		20		38		56		74	
3		21		39		57		75	
4		22		40		58		76	
5		23		41		59		77	
6		24		42		60		78	
7		25		43		61		79	
8		26		44		62		80	
9		27		45		63		81	
10		28		46		64		82	
11		29		47		65		83	
12		30		48		66		84	
13		31		49		67		85	
14		32		50		68		86	
15		33		51		69		87	
16		34		52		70		88	
17		35		53		71			
18		36		54		72			

O2 ③ VI-2-4-3-2-1(重) R0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 F P C - 0 1 4

支持点部のばね定数を下表に示す。

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1						
4						
9						
12						
15						
19						
21						
24						
28						
31						
33						
35						
44						
46						
51						
53						
55						
58						
61						
63						
66						
68						
71						
75						
79						
81						
86						
88						

O 2 ③ VI-2-4-3-2-1 (重) R 0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3.4 材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

材料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)			
		S m	S y	S u	S h
STS410	66	—	231	407	—
SUS304TP	66	—	188	479	—

3.5 設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答曲線を下表に示す。

なお、設計用床応答曲線は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき策定したものをを用いる。また、減衰定数は、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

鳥 瞰 図	建物・構築物	標高(O.P. (m))	減衰定数(%)
F P C - 0 1 3	原子炉建屋		

設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答曲線を下表に示す。

なお、設計用床応答曲線は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき策定したものをを用いる。また、減衰定数は、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

鳥 瞰 図	建物・構築物	標高(O.P. (m))	減衰定数(%)
F P C - 0 1 4	原子炉建屋		

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥瞰図 FPC-013

適用する地震動等		S d 及び静的震度			S s		
		応答水平震度*1	応答鉛直震度*1	応答水平震度*1	応答水平震度*1	応答鉛直震度*1	
モード	固有周期 (s)	X 方向	Z 方向	Y 方向	X 方向	Z 方向	Y 方向
1 次*2							
動的震度*3							
静的震度*4							

注記*1：各モードの固有周期に対し、設計用床応答曲線より得られる震度を示す。

*2：固有周期が0.050s以下であることを示す。

*3：S d又はS s地震動に基づく設計用最大床応答加速度より定めた震度を示す。

*4：3.6C_I及び1.2C_Vより定めた震度を示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

固有周期及び設計震度

鳥瞰図 FPC-014

モード	適用する地震動等	S d 及び静的震度			S s		
		応答水平震度*1 X 方向	応答水平震度*1 Z 方向	応答鉛直震度*1 Y 方向	応答水平震度*1 X 方向	応答水平震度*1 Z 方向	応答鉛直震度*1 Y 方向
1 次*2	固有周期 (s)						
動的震度*3							
静的震度*4							

注記*1：各モードの固有周期に対し、設計用床応答曲線より得られる震度を示す。

*2：固有周期が0.050s以下であることを示す。

*3：S d又はS s地震動に基づく設計用最大床応答加速度より定めた震度を示す。

*4：3.6C_I及び1.2C_Vより定めた震度を示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4.2 評価結果

4.2.1 管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管

鳥瞰図	許容応力 状態	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)		一次+二次応力評価 (MPa)		疲労評価
				計算応力 Sprm(Ss)	許容応力 0.9・Su	計算応力 Sn(Ss)	許容応力 2・Sy	
FPC-013	V _A S V _A S	4 136	Spr m(S s) S n(S s)	46 —	366 —	— 89	— 376	— — U S s

管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管

鳥瞰図	許容応力 状態	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)		一次+二次応力評価 (MPa)		疲労評価
				計算応力 Sprm(Ss)	許容応力 0.9・Su	計算応力 Sn(Ss)	許容応力 2・Sy	
FPC-014	V _A S V _A S	79 88	Spr m(Ss) Sn(Ss)	37 —	431 —	— 390*	— 376	— U S s — 0.1882

注記*：許容応力を超える計算応力に対して付記する。

4.2.2 支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果（荷重評価）

支持構造物 番号	種類	型式	材質	温度 (°C)	評価結果	
					計算 荷重 (kN)	許容 荷重 (kN)
FPC-013-138B	ロッドレストレイント	RSA-1	添付書類「VI-2-1-12-1 配管及び支持構造物の耐 震計算について」参照		5	15

支持構造物評価結果（応力評価）

支持構造物 番号	種類	型式	材質	温度 (°C)	支持点荷重										評価結果		
					反力 (kN)			モーメント (kN・m)						応力 分類	許容 応力 (MPa)		
					F _x	F _y	F _z	M _x	M _y	M _z	M _x	M _y	M _z			計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)
FPC-014-079R	レストレイント	ラグ	SUS304	66	4	5	19	—	—	—	—	—	—	—	組合せ	97	205
FPC-014-028A	アンカ	ラグ	SUS304	66	44	5	4	60N・m	2323N・m	2584N・m	2584N・m	—	—	—	組合せ	55	205

4.2.3 弁の動的機能維持評価結果

下表に示すとおり機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下又は計算応力が許容応力以下である。

弁番号	形式	要求機能	機能維持評価用加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		機能確認済加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		構造強度評価結果 (MPa)	
			水平	鉛直	水平	鉛直	計算応力	許容応力
—	—	—	—	—	—	—	—	—

4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度が最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果(重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管)

No.	配管モデル	許容応力状態 VAS												
		一次応力				一次+二次応力				疲労評価				
		評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労 累積 係数	代表
1	FPC-013	4	46	366	7.95	○	136	89	376	4.22	—	—	—	—
2	FPC-014	79	37	431	11.64	—	88	390	376	0.96	○	88	0.1882	○
3	FPC-015	13	39	366	9.38	—	67	84	376	4.47	—	—	—	—
4	FPC-020	25	43	431	10.02	—	1	277	376	1.35	—	—	—	—

VI-2-4-3-3 燃料プールスプレイ系の耐震性についての計算書

目 次

VI-2-4-3-3-1 管の耐震性についての計算書 (燃料プールのスプレイ系)

VI-2-4-3-3-1 管の耐震性についての計算書
(燃料プールスプレイ系)

重大事故等対処設備

目次

1. 概要	1
2. 概略系統図及び鳥瞰図	2
2.1 概略系統図	2
2.2 鳥瞰図	4
3. 計算条件	19
3.1 計算方法	19
3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態	20
3.3 設計条件	21
3.4 材料及び許容応力	34
3.5 設計用地震力	35
4. 解析結果及び評価	38
4.1 固有周期及び設計震度	38
4.2 評価結果	41
4.2.1 管の応力評価結果	41
4.2.2 支持構造物評価結果	44
4.2.3 弁の動的機能維持評価結果	45
4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	46

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-13-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」（以下「基本方針」という。）に基づき、管、支持構造物及び弁が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

評価結果の記載方法は、以下に示すとおりである。

(1) 管

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全4モデルのうち、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を4.2.4に記載する。

(2) 支持構造物

工事計画記載範囲の支持点のうち、種類及び型式単位に反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。






(3) 弁

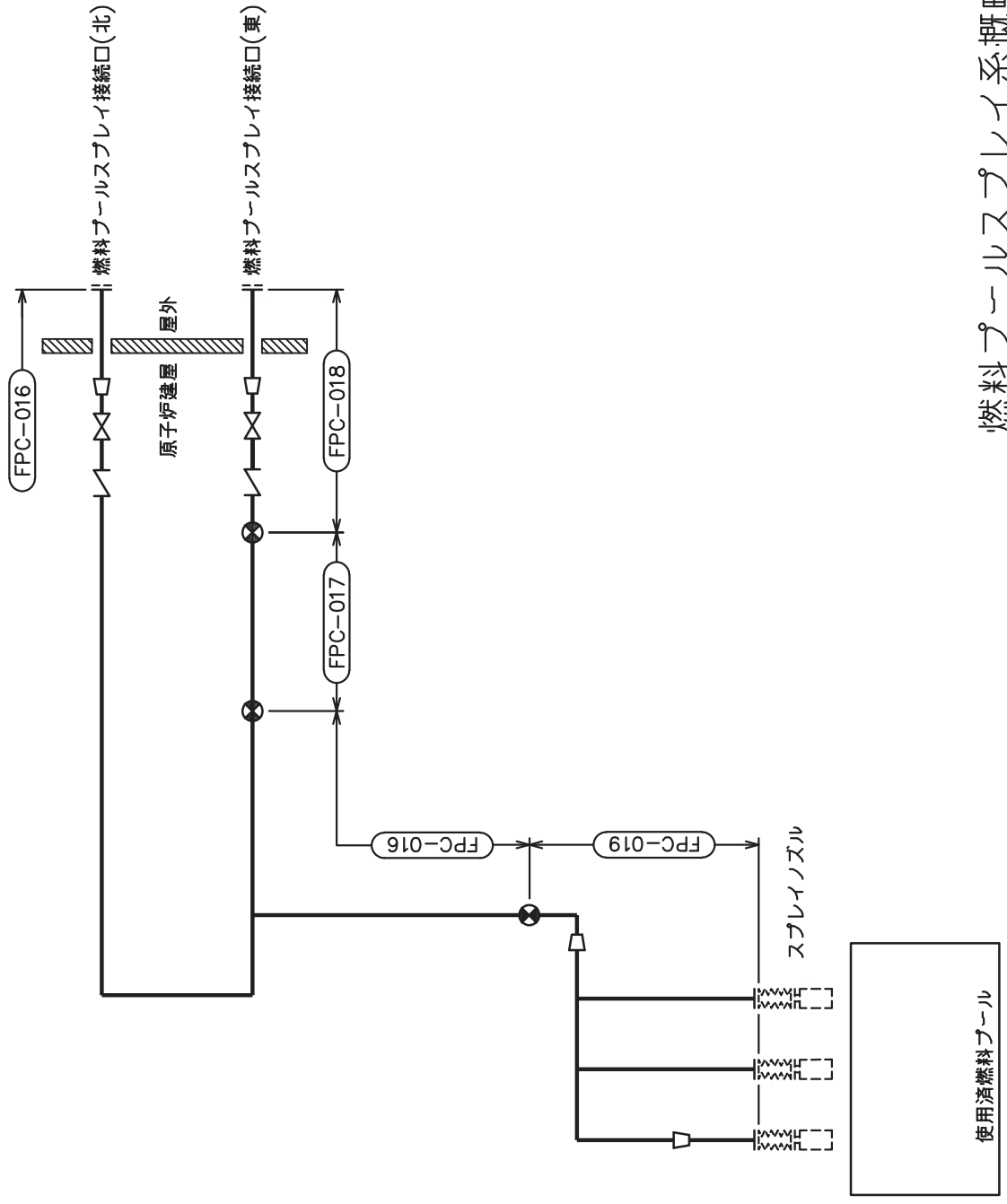
機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として、評価結果を記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例


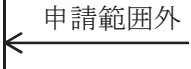




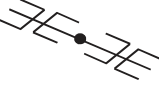

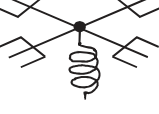
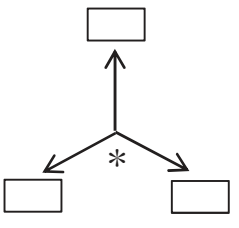
記 号	内 容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管
	鳥瞰図番号
	アンカ



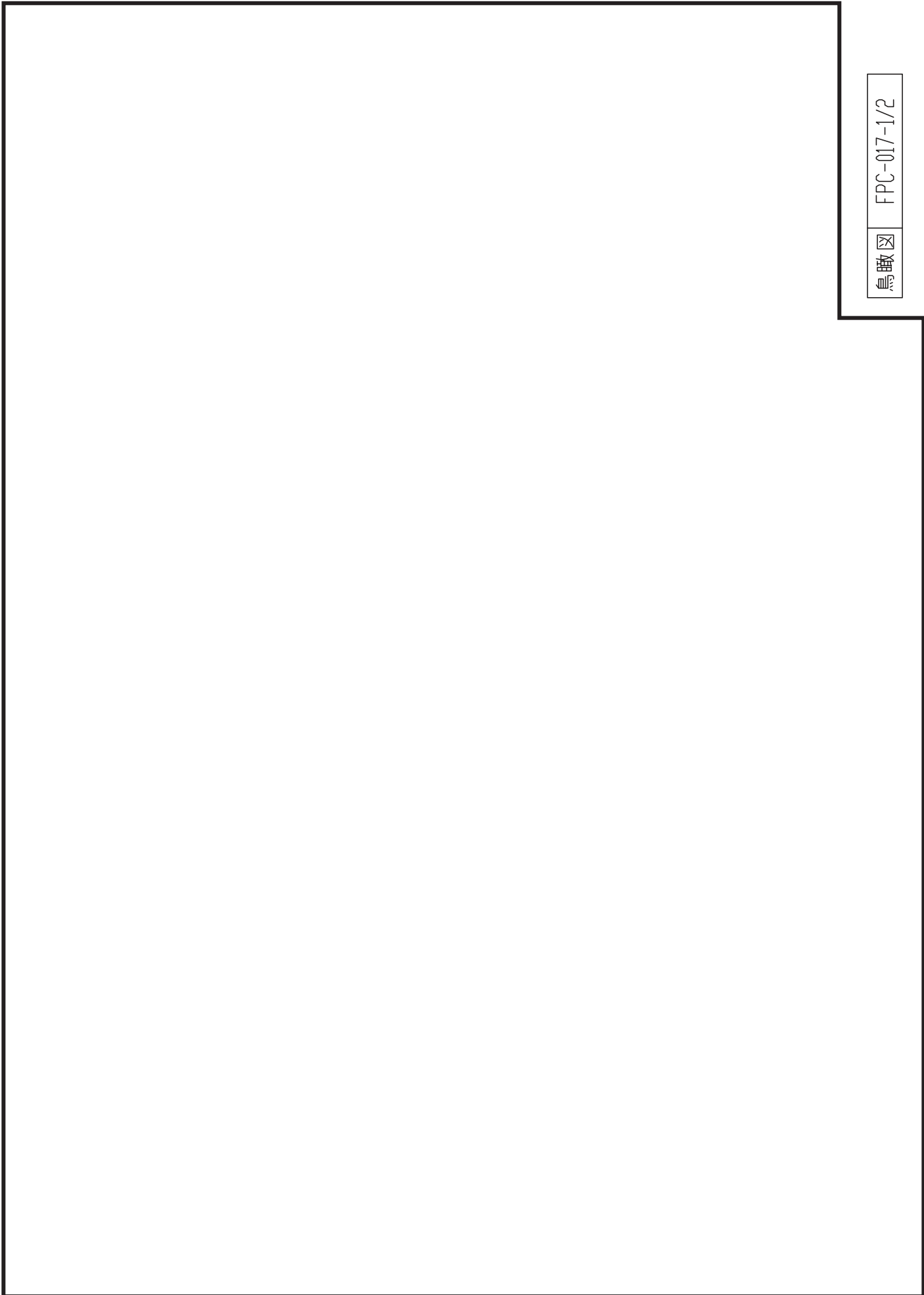
燃料プールスプレイ系概略系統図

2.2 鳥瞰図

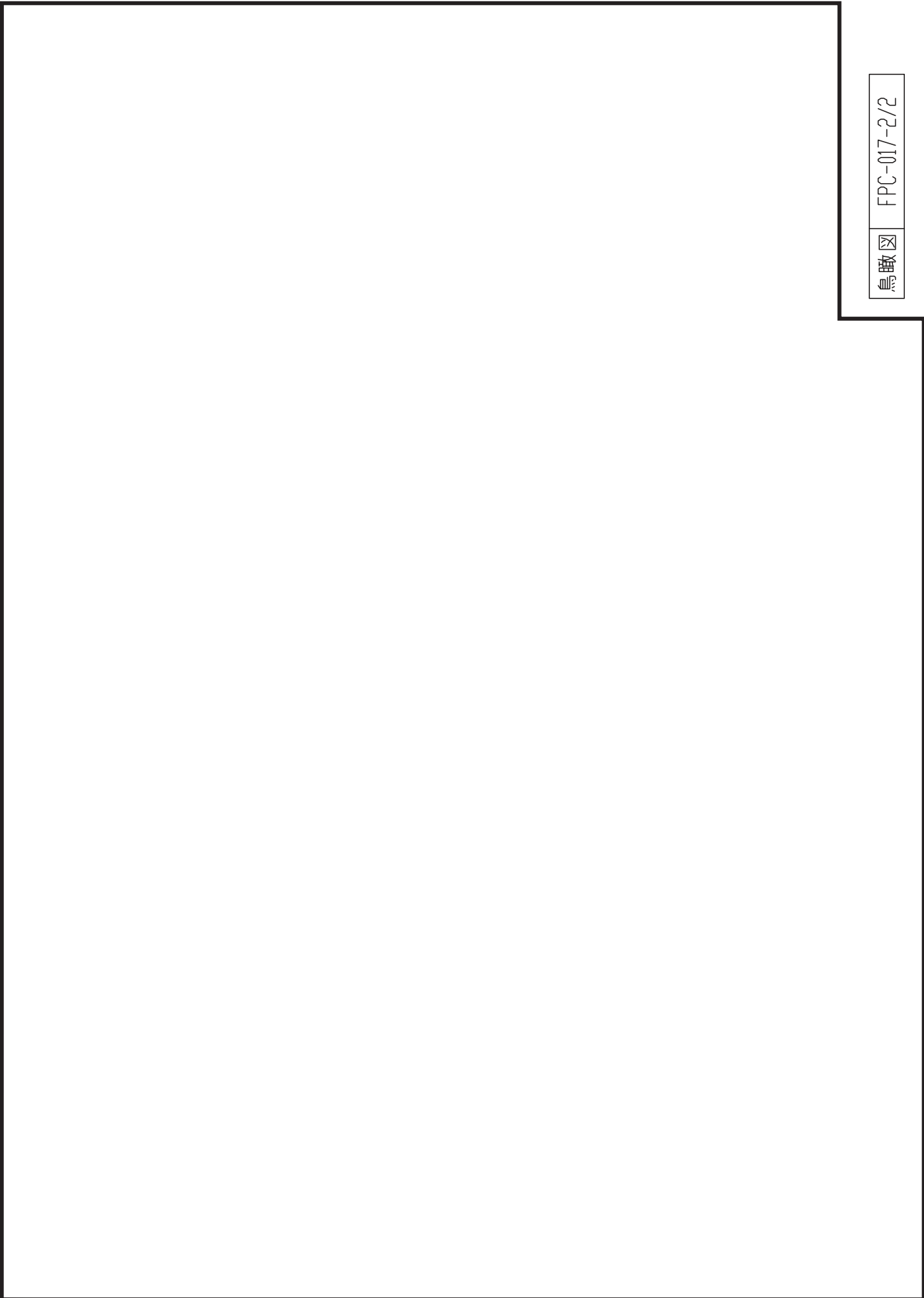
鳥瞰図記号凡例

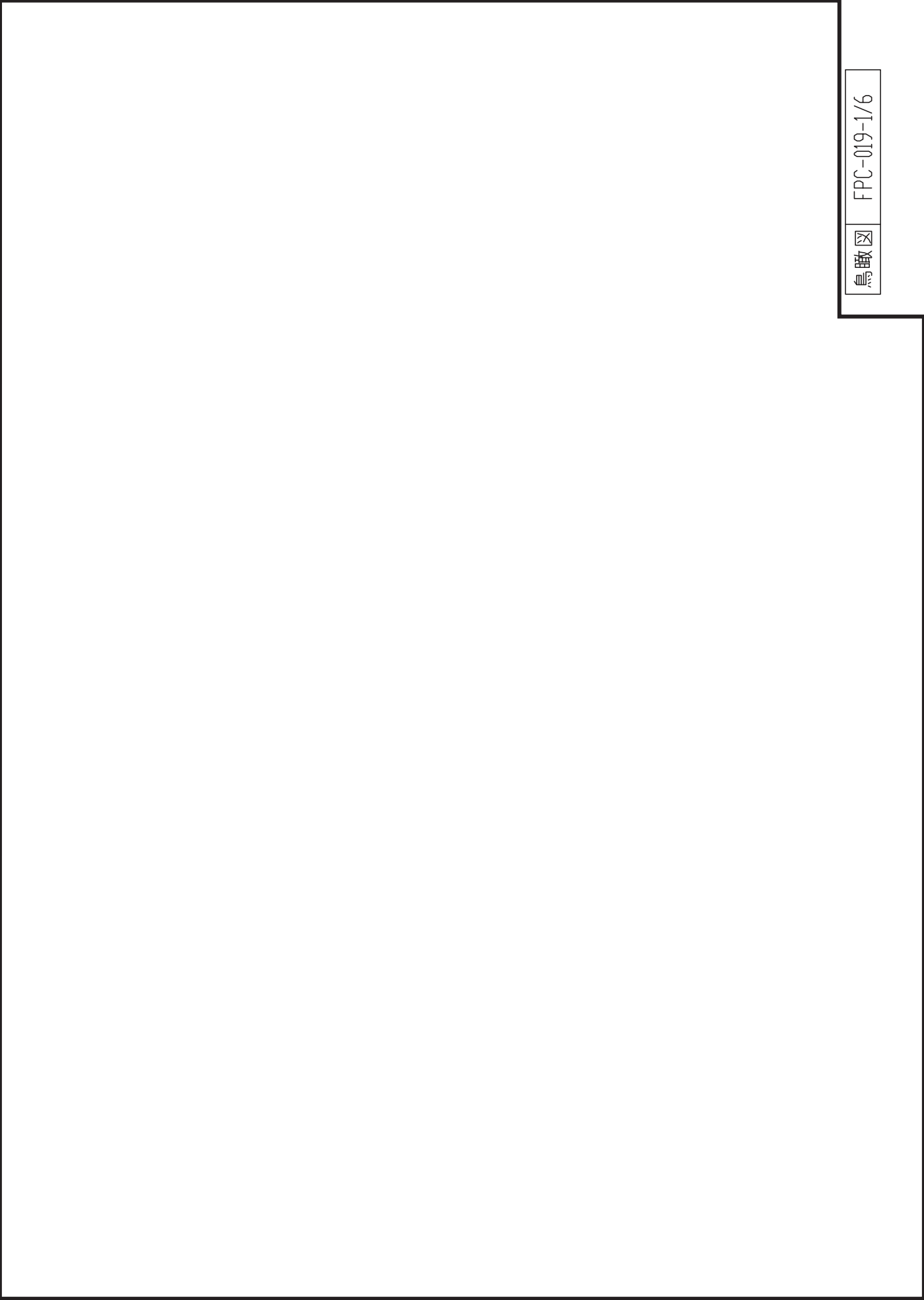
記号	内容
	<p>工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管</p>
	<p>工事計画記載範囲外の管</p>
	<p>工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって解析モデルとして本系統に記載する管</p>
	<p>質点</p>
	<p>アンカ</p>
	<p>レストレイント (矢印は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。スナップについても同様とする。)</p>
	<p>スナップ</p>
	<p>ハンガ</p>
	<p>ガイド</p>
	<p>拘束点の地震による相対変位量(mm) (*は評価点番号, 矢印は拘束方向を示す。また, 内に変位量を記載する。)</p>

鳥瞰図 FPC-016-6/6

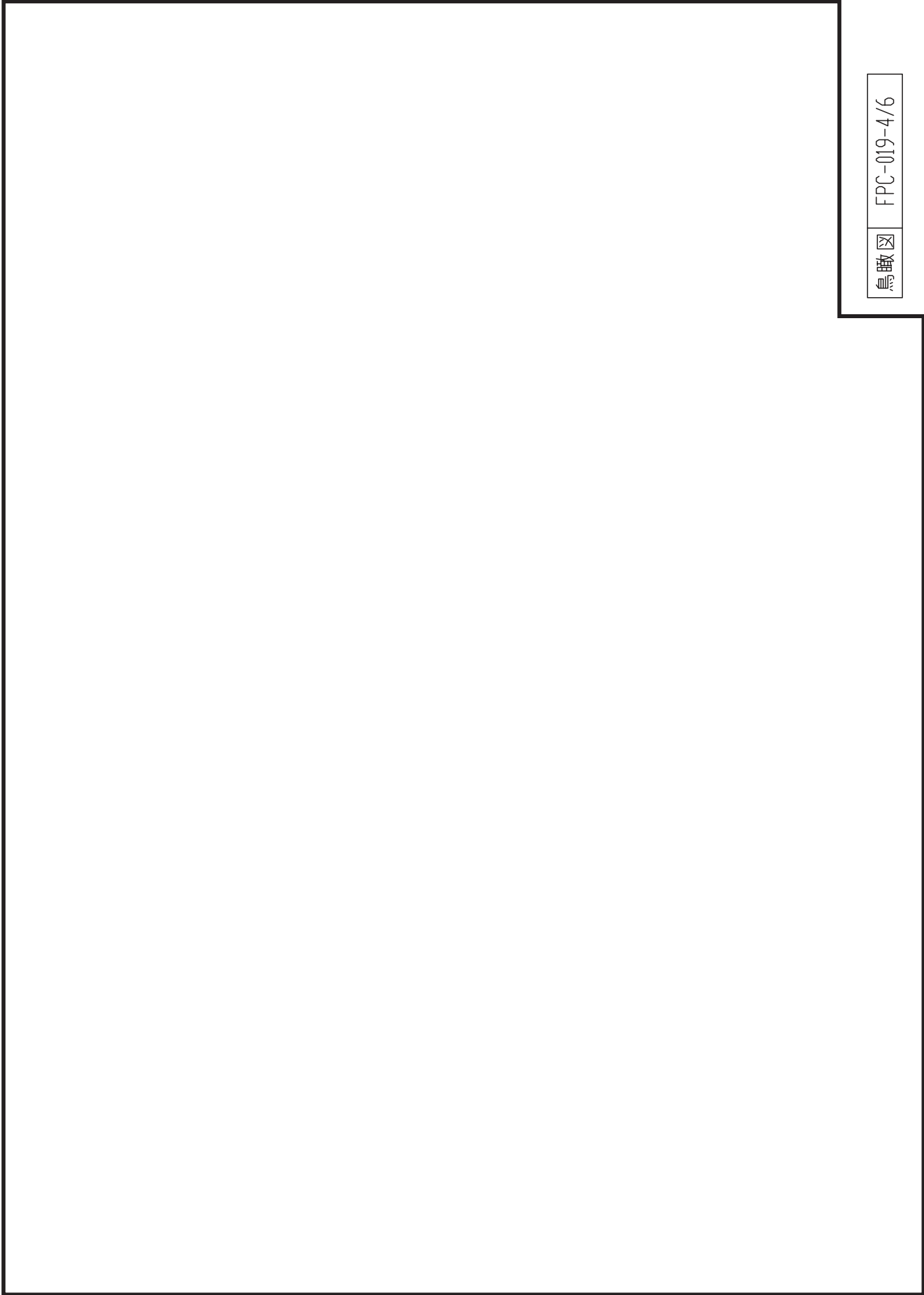


鳥瞰図 FPC-017-1/2





鳥瞰図 FPC-019-1/6



鳥瞰図 FPC-019-4/6

3. 計算条件

3.1 計算方法

管の構造強度評価は、「基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。解析コードは、「I S A P」を使用し、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設分類 ^{*1}	設備分類 ^{*2}	機器等の区分	耐震重要度分類	荷重の組合せ ^{*3, *4}	許容応力状態 ^{*5}
核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設	使用済燃料貯蔵槽 冷却浄化設備	燃料プールのスプレ イ系	S A	常設/緩和	重大事故等 クラス2管	—	V _L + S s	V _A S

注記*1：DBは設計基準対象施設，SAは重大事故等対処設備を示す。

*2：「常設/緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*3：運転状態の添字Lは荷重を示す。

*4：許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

*5：許容応力状態V_ASは許容応力状態IV_ASの許容限界を使用し，許容応力状態IV_ASとして評価を実施する。

3.3 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管名称で区分し，管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 F P C - 0 1 6

管名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	1.37	66	114.3	6.0	STS410	—	200360
2	1.37	66	165.2	7.1	STS410	—	200360

設計条件

管名称と対応する評価点
 評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図 F P C - 0 1 6

管名称	対 応 す る 評 価 点														
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
	46	47	48	49	50	60	61	62	63	64	65	66	68	69	70
	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85
	86	87	88	89	90	91	92	93	94	96	97	98	99	100	101
	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116
	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131
	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146
	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161
	162	165	166	167	168	169	170	171	172						
2	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60					

配管の質量（付加質量含む）

鳥 瞰 図 F P C - 0 1 6

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
1		34		70		106		139	
2		35		71		107		140	
3		36		72		108		141	
4		37		73		109		142	
5		38		74		110		143	
6		39		75		111		144	
7		40		76		112		145	
8		41		77		113		146	
9		42		78		114		147	
10		43		79		115		148	
11		44		80		116		149	
12		45		81		117		150	
13		46		82		118		151	
14		47		83		119		152	
15		48		84		120		153	
16		49		85		121		154	
17		50		86		122		155	
18		51		87		123		156	
19		52		88		124		157	
20		53		89		125		158	
21		54		90		126		159	
22		55		91		127		160	
23		56		92		128		161	
24		57		93		129		162	
25		58		97		130		165	
26		59		98		131		166	
27		60		99		132		167	
28		61		100		133		168	
29		62		101		134		169	
30		63		102		135		170	
31		64		103		136		171	
32		65		104		137		172	
33		69		105		138			

弁部の質量を下表に示す。

弁 1

弁 2

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
94		66	
95		67	
96		68	
		163	
		164	

弁部の寸法を下表に示す。

弁NO.	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
弁1	95			
弁2	67			

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 F P C - 0 1 6

支持点部のばね定数を下表に示す。

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1						
7						
9						
11						
14						
17						
19						
21						
24						
29						
31						
36						
38						
40						
43						
46						
48						
52						
54						
62						
64						
70						
72						
75						
78						
85						
87						
93						
97						
99						
104						
109						
112						
114						
118						
120						
123						
125						
130						
134						
137						
140						

O 2 ③ VI-2-4-3-3-1(重) R 0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 F P C - 0 1 6

支持点部のばね定数を下表に示す。

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
142						
146						
151						
153						
156						
159						
** 164 **						
170						
172						

--

02 ③ VI-2-4-3-3-1(重) R0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管名称で区分し，管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 F P C - 0 1 7

管名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	1.37	66	114.3	6.0	STS410	—	200360

設計条件

管名称と対応する評価点
 評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図 F P C - 0 1 7

管名称	対 応 す る 評 価 点														
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75
	76	77	78												

配管の質量（付加質量含む）

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
1		17		33		49		65	
2		18		34		50		66	
3		19		35		51		67	
4		20		36		52		68	
5		21		37		53		69	
6		22		38		54		70	
7		23		39		55		71	
8		24		40		56		72	
9		25		41		57		73	
10		26		42		58		74	
11		27		43		59		75	
12		28		44		60		76	
13		29		45		61		77	
14		30		46		62		78	
15		31		47		63			
16		32		48		64			

O 2 ③ VI-2-4-3-3-1(重) R 0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 F P C - 0 1 7

支持点部のばね定数を下表に示す。

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1						
3						
7						
12						
19						
22						
24						
29						
31						
33						
35						
37						
41						
45						
47						
51						
53						
55						
59						
61						
63						
66						
68						
71						
73						
78						

O 2 ③ VI-2-4-3-3-1 (重) R 0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管名称で区分し，管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 F P C - 0 1 9

管名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	1.37	66	114.3	6.0	STS410	—	200360
2	1.37	66	165.2	7.1	STS410	—	200360
3	1.37	66	76.3	5.2	STS410	—	200360

設計条件

管名称と対応する評価点
 評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図 F P C - 0 1 9

管名称	対 応 す る 評 価 点															
1	1	2	3	4	5	6	7									
2	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	
	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	
	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	
	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	
	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	
	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	
	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	
	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	
	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155		
3	102	112	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	
	168	169	170													

配管の質量（付加質量含む）

鳥 瞰 図 F P C - 0 1 9

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
1		35		69		103		137	
2		36		70		104		138	
3		37		71		105		139	
4		38		72		106		140	
5		39		73		107		141	
6		40		74		108		142	
7		41		75		109		143	
8		42		76		110		144	
9		43		77		111		145	
10		44		78		112		146	
11		45		79		113		147	
12		46		80		114		148	
13		47		81		115		149	
14		48		82		116		150	
15		49		83		117		151	
16		50		84		118		152	
17		51		85		119		153	
18		52		86		120		154	
19		53		87		121		155	
20		54		88		122		156	
21		55		89		123		157	
22		56		90		124		158	
23		57		91		125		159	
24		58		92		126		160	
25		59		93		127		161	
26		60		94		128		162	
27		61		95		129		163	
28		62		96		130		164	
29		63		97		131		165	
30		64		98		132		166	
31		65		99		133		167	
32		66		100		134		168	
33		67		101		135		169	
34		68		102		136		170	

O 2 ③ VI-2-4-3-3-1(重) R 0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 F P C - 0 1 9

支持点部のばね定数を下表に示す。

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1						
9						
11						
16						
18						
21						
27						
29						
32						
35						
38						
41						
43						
46						
48						
50						
53						
56						
59						
62						
65						
67						
69						
72						
75						
78						
82						
85						
88						
91						
94						
96						
104						
106						
108						
114						
119						
121						
123						
126						
128						
131						

O 2 ③ VI-2-4-3-3-1(重) R 0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 F P C - 0 1 9

支持点部のばね定数を下表に示す。

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
134						
137						
139						
141						
144						
147						
151						
157						
162						
167						

3.4 材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

材料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)			
		S m	S y	S u	S h
STS410	66	—	231	407	—

3.5 設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答曲線を下表に示す。

なお、設計用床応答曲線は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき策定したものをを用いる。また、減衰定数は、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

鳥 瞰 図	建物・構築物	標高(O.P. (m))	減衰定数(%)
F P C - 0 1 6	原子炉建屋		

設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答曲線を下表に示す。

なお、設計用床応答曲線は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき策定したものをを用いる。また、減衰定数は、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

鳥 瞰 図	建物・構築物	標高(O.P. (m))	減衰定数(%)
F P C - 0 1 7	原子炉建屋		

設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答曲線を下表に示す。

なお、設計用床応答曲線は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき策定したものをを用いる。また、減衰定数は、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

鳥 瞰 図	建物・構築物	標高(O.P. (m))	減衰定数(%)
F P C - 0 1 9	原子炉建屋		

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥瞰図 FPC-016

モード	適用する地震動等	S d 及び静的震度			S s		
		応答水平震度*1		応答鉛直震度*1	応答水平震度*1		応答鉛直震度*1
		X 方向	Z 方向	Y 方向	X 方向	Z 方向	Y 方向
1 次*2							
動的震度*3							
静的震度*4							

注記*1：各モードの固有周期に対し、設計用床応答曲線より得られる震度を示す。

*2：固有周期が0.050s以下であることを示す。

*3：S d又はS s地震動に基づく設計用最大床応答加速度より定められた震度を示す。

*4：3.6C_I及び1.2C_Vより定められた震度を示す。

固有周期及び設計震度

鳥瞰図 FPC-017

モード	適用する地震動等	S d 及び静的震度			S s		
		応答水平震度*1 X 方向	応答水平震度*1 Z 方向	応答鉛直震度*1 Y 方向	応答水平震度*1 X 方向	応答水平震度*1 Z 方向	応答鉛直震度*1 Y 方向
1 次*2							
動的震度*3							
静的震度*4							

注記*1：各モードの固有周期に対し、設計用床応答曲線より得られる震度を示す。

*2：固有周期が0.050s以下であることを示す。

*3：S d又はS s地震動に基づく設計用最大床応答加速度より定めた震度を示す。

*4：3.6C_I及び1.2C_Vより定めた震度を示す。

固有周期及び設計震度

鳥瞰図 FPC-019

モード	適用する地震動等	S d 及び静的震度			S s		
		応答水平震度*1		応答鉛直震度*1	応答水平震度*1		応答鉛直震度*1
		X 方向	Z 方向	Y 方向	X 方向	Z 方向	Y 方向
1 次*2							
動的震度*3							
静的震度*4							

注記*1：各モードの固有周期に対し、設計用床応答曲線より得られる震度を示す。

*2：固有周期が0.050s以下であることを示す。

*3：S d又はS s地震動に基づく設計用最大床応答加速度より定められた震度を示す。

*4：3.6C_I及び1.2C_Vより定められた震度を示す。

4.2 評価結果

4.2.1 管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管

鳥瞰図	許容応力 状態	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)		一次+二次応力評価 (MPa)		疲労評価
				計算応力 Sprm(Ss)	許容応力 0.9・Su	計算応力 Sn(Ss)	許容応力 2・Sy	
FPC-016	V _A S V _A S	91 1	Spr m(S s) S n(S s)	62 —	366 —	— 155	— 462	— — U S s

管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管

鳥瞰図	許容応力 状態	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)		一次+二次応力評価 (MPa)		疲労評価
				計算応力 Sprm(SS)	許容応力 0.9・Su	計算応力 Sn(SS)	許容応力 2・Sy	
FPC-017	V _A S V _A S	45 78	Spr m(SS) S n(SS)	31 —	366 —	— 195	— 462	— — U S s

管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管

鳥瞰図	許容応力 状態	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)		一次＋二次応力評価 (MPa)		疲労評価
				計算応力 Sprm(Ss)	許容応力 0.9・Su	計算応力 Sn(Ss)	許容応力 2・Sy	
FPC-019	V _A S V _A S	1 1	Spr m(S s) S n(S s)	41 —	366 —	— 195	— 462	— — U S s

4.2.2 支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果（荷重評価）

支持構造物 番号	種類	型式	材質	温度 (°C)	評価結果	
					計算 荷重 (kN)	許容 荷重 (kN)
FPC-018-123B	ロッドレストレイント	RSA-06	添付書類「VI-2-1-12-1 配管及び支持構造物の耐 震計算について」参照		4	9

支持構造物評価結果（応力評価）

支持構造物 番号	種類	型式	材質	温度 (°C)	支持点荷重										評価結果			
					反力(kN)			モーメント (kN・m)						応力 分類	許容 応力 (MPa)			
					F _x	F _y	F _z	M _x	M _y	M _z	M _x	M _y	M _z					
FPC-019-106R	レストレイント	ラグ	SGV410	66	5	3	22	—	—	—	—	—	—	—	—	組合せ	95	254
FPC-017-001A	アンカ	ラグ	SGV410	66	24	2	2	93N・m	492N・m	551N・m						組合せ	65	254

4.2.3 弁の動的機能維持評価結果

下表に示すとおり機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下又は計算応力が許容応力以下である。

弁番号	形式	要求機能	機能維持評価用加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		機能確認済加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		構造強度評価結果 (MPa)	
			水平	鉛直	水平	鉛直	計算応力	許容応力
—	—	—	—	—	—	—	—	—

4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度が最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果(重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管)

No.	配管モデル	許容応力状態 VAS												
		一次応力				一次+二次応力				疲労評価				
		評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労 累積 係数	代表
1	FPC-016	91	62	366	5.9	○	1	155	462	2.9	—	—	—	—
2	FPC-017	45	31	366	11.8	—	78	195	462	2.3	○	—	—	—
3	FPC-018	18	58	366	6.3	—	12	93	462	4.9	—	—	—	—
4	FPC-019	1	41	366	8.9	—	1	195	462	2.3	○	—	—	—

VI-2-4-4 核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設の基本設計方針の耐震性について
の説明書

目次

VI-2-4-4-1 使用済燃料プール監視カメラの耐震性についての計算書

VI-2-4-4-1 使用済燃料プール監視カメラの耐震性についての計算書

目次

1.	使用済燃料プール監視カメラ	1
1.1	概要	1
1.2	一般事項	1
1.2.1	構造計画	1
1.2.2	評価方針	3
1.2.3	適用規格・基準等	4
1.2.4	記号の説明	5
1.2.5	計算精度と数値の丸め方	6
1.3	評価部位	6
1.4	固有周期	6
1.4.1	固有周期の算出方法	6
1.5	構造強度評価	7
1.5.1	構造強度評価方法	7
1.5.2	荷重の組合せ及び許容応力	7
1.5.3	設計用地震力	10
1.5.4	計算方法	11
1.5.5	計算条件	14
1.5.6	応力の評価	14
1.6	機能維持評価	15
1.6.1	電氣的機能維持評価方法	15
1.7	評価結果	15
1.7.1	重大事故等対処設備としての評価結果	15
2.	使用済燃料プール監視カメラ照明	19
2.1	概要	19
2.2	一般事項	19
2.2.1	構造計画	19
2.2.2	評価方針	21
2.2.3	適用規格・基準等	22
2.2.4	記号の説明	23
2.2.5	計算精度と数値の丸め方	24
2.3	評価部位	24
2.4	固有周期	24
2.4.1	固有周期の算出方法	24
2.5	構造強度評価	25

2.5.1	構造強度評価方法	25
2.5.2	荷重の組合せ及び許容応力	25
2.5.3	設計用地震力	28
2.5.4	計算方法	29
2.5.5	計算条件	32
2.5.6	応力の評価	32
2.6	機能維持評価	33
2.6.1	電氣的機能維持評価方法	33
2.7	評価結果	33
2.7.1	重大事故等対処設備としての評価結果	33
3.	使用済燃料プール監視カメラ現場制御盤	37
3.1	概要	37
3.2	一般事項	37
3.2.1	構造計画	37
3.3	固有周期	39
3.3.1	固有周期の算出方法	39
3.4	構造強度評価	39
3.4.1	構造強度評価方法	39
3.4.2	荷重の組合せ及び許容応力	39
3.5	機能維持評価	42
3.5.1	電氣的機能維持評価方法	42
3.6	評価結果	42
3.6.1	重大事故等対処設備としての評価結果	42

1. 使用済燃料プール監視カメラ

1.1 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、使用済燃料プール監視カメラが設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

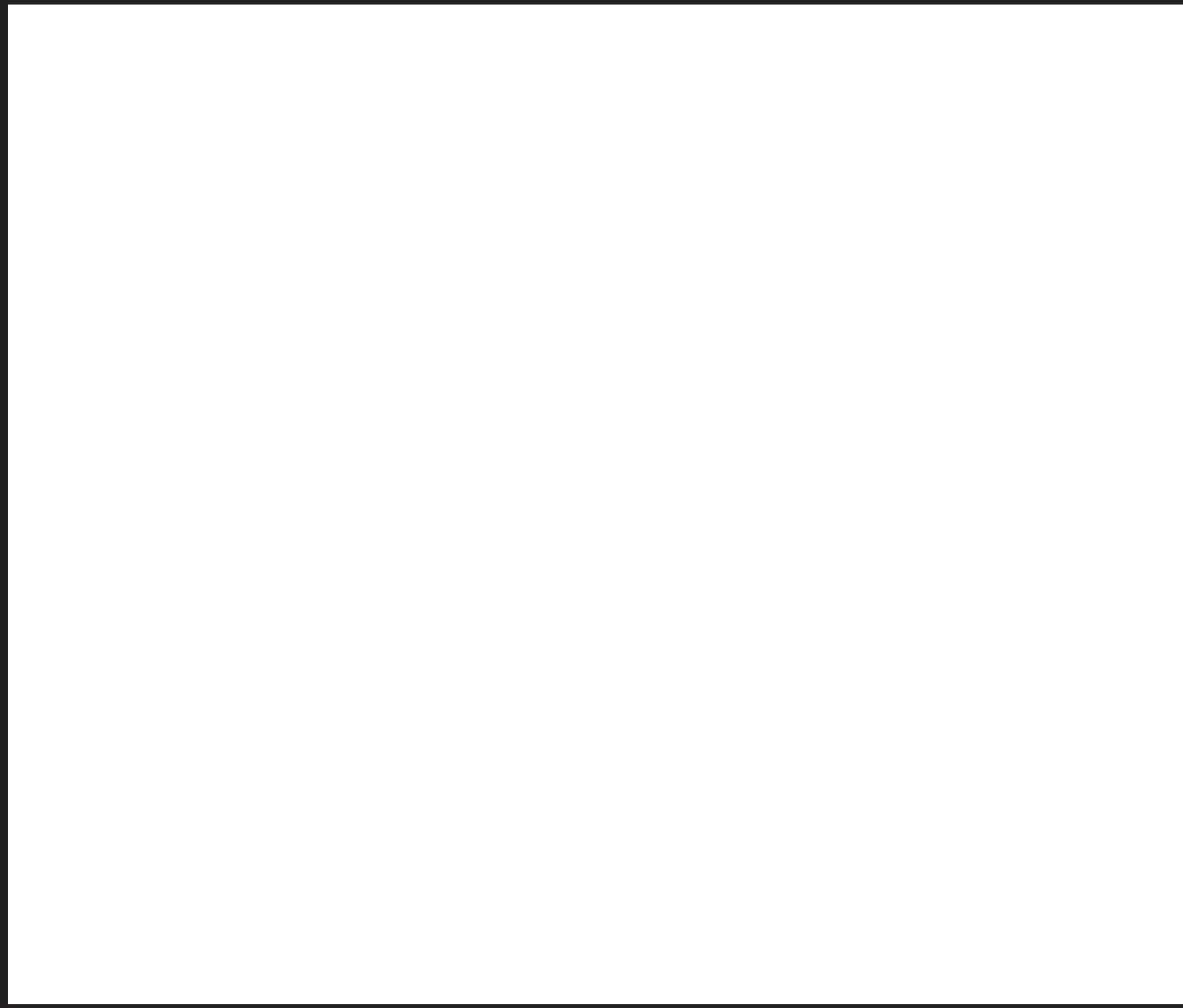
使用済燃料プール監視カメラは、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

1.2 一般事項

1.2.1 構造計画

使用済燃料プール監視カメラの構造計画を表 1-1 に示す。

表 1-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>使用済燃料プール監視カメラは、取付ボルトにてチャンネルベースに固定する。チャンネルベースは基礎（床面）に基礎ボルトで固定する。</p>	<p>可視光カメラ</p>	<p>【使用済燃料プール監視カメラ】</p> 

1.2.2 評価方針

使用済燃料プール監視カメラの応力評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「1.3 評価部位」にて設定する箇所において、「1.4 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「1.5 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。

また、使用済燃料プール監視カメラの機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の機能維持評価用加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを、「1.6 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「1.7 評価結果」に示す。

使用済燃料プール監視カメラの耐震評価フローを図 1-1 に示す。

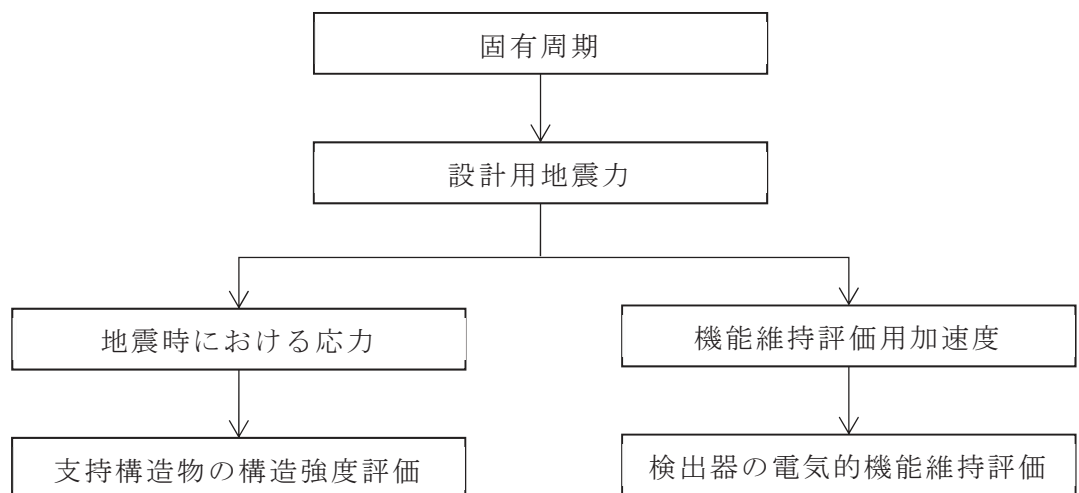


図 1-1 使用済燃料プール監視カメラの耐震評価フロー

1.2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 ((社) 日本電気協会)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編
J E A G 4 6 0 1 ・補-1984 ((社) 日本電気協会)
- (3) 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版
((社) 日本電気協会)
- (4) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 ((社) 日本機械学会 2005/2007)
(以下「設計・建設規格」という。)

1.2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_{bi}	ボルトの軸断面積* ¹	mm ²
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d_i	ボルトの呼び径* ¹	mm
F_i^*	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値* ¹	MPa
F_{bi}	ボルトに作用する引張力(1本当たり)* ¹	N
f_{toi}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力* ¹	MPa
f_{sbi}	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力* ¹	MPa
f_{tsi}	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力* ¹	MPa
g	重力加速度(=9.80665)	m/s ²
h_i	据付面又は取付面から重心までの距離* ²	mm
ℓ_{1i}	重心とボルト間の水平方向距離* ¹ , * ³	mm
ℓ_{2i}	重心とボルト間の水平方向距離* ¹ , * ³	mm
m_i	運転時質量* ²	kg
n_i	ボルトの本数* ¹	—
n_{fi}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数* ¹	—
Q_{bi}	ボルトに作用するせん断力* ¹	N
S_{ui}	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値* ¹	MPa
S_{yi}	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値* ¹	MPa
$S_{yi}(RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料の40℃における値* ¹	MPa
π	円周率	—
σ_{bi}	ボルトに生じる引張応力* ¹	MPa
τ_{bi}	ボルトに生じるせん断応力* ¹	MPa

注記*¹: A_{bi} , d_i , F_i^* , F_{bi} , f_{sbi} , f_{toi} , f_{tsi} , ℓ_{1i} , ℓ_{2i} , n_i , n_{fi} , Q_{bi} , S_{ui} , S_{yi} , $S_{yi}(RT)$, σ_{bi} 及び τ_{bi} の添字*i*の意味は、以下のとおりとする。

$i = 1$: 基礎ボルト

$i = 2$: 取付ボルト

*²: h_i 及び m_i の添字*i*の意味は、以下のとおりとする。

$i = 1$: 据付面

$i = 2$: 取付面

*³: $\ell_{1i} \leq \ell_{2i}$

1.2.5 計算精度と数値の丸め方

計算精度は、有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表 1-2 に示すとおりである。

表 1-2 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第 4 位	四捨五入	小数点以下第 3 位
震度	—	小数点以下第 3 位	切上げ	小数点以下第 2 位
温度	℃	—	—	整数位
質量	kg	—	—	整数位
長さ	mm	—	—	整数位 ^{*1}
面積	mm ²	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*2}
力	N	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*2}
算出応力	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
許容応力 ^{*3}	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位

注記 *1：設計上定める値が小数点以下の場合は、小数点以下表示とする。

*2：絶対値が 1000 以上のときは、べき数表示とする。

*3：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は、比例法により補間した値の小数点以下第 1 位を切り捨て、整数位までの値とする。

1.3 評価部位

使用済燃料プール監視カメラの耐震評価は「1.5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる基礎ボルト及び取付ボルトについて評価を実施する。

使用済燃料プール監視カメラの耐震評価部位については、表 1-1 の概略構造図に示す。

1.4 固有周期

1.4.1 固有周期の算出方法

使用済燃料プール監視カメラの固有周期は、振動試験（加振試験）にて求める。

試験の結果、剛であることを確認した。固有周期の確認結果を表 1-3 に示す。

表 1-3 固有周期 (s)

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

1.5 構造強度評価

1.5.1 構造強度評価方法

- (1) 使用済燃料プール監視カメラの質量は重心に集中しているものとする。
- (2) 地震力は使用済燃料プール監視カメラに対して、水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
- (3) 使用済燃料プール監視カメラは取付ボルトでチャンネルベースに固定されており、固定端とする。
- (4) チャンネルベースは基礎ボルトで基礎（床面）と固定されており、固定端とする。
- (5) 床面据付の使用済燃料プール監視カメラの転倒方向は、長辺方向及び短辺方向について検討し、計算書には計算結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。
- (6) 使用済燃料プール監視カメラの重心位置については、転倒方向を考慮して、計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定して耐震性の計算を行うものとする。
- (7) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

1.5.2 荷重の組合せ及び許容応力

1.5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

使用済燃料プール監視カメラの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 1-4 に示す。

1.5.2.2 許容応力

使用済燃料プール監視カメラの許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 1-5 のとおりとする。

1.5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

使用済燃料プール監視カメラの使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 1-6 に示す。

表 1-4 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
核燃料物質 の取扱施設 及び 貯蔵施設	—	使用済燃料プール 監視カメラ	常設／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_S$ *3	IV_{AS}
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_S$	V_{AS} (V_{AS} として IV_{AS} の許容限 界を用いる。)

注記 *1:「常設／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備,「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*2:その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

*3:「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_S$ 」の評価に包絡されるため,評価結果の記載を省略する。

表 1-5 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界* ¹ , * ² (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
IV _{AS}	1.5・f _t * (V _{AS} としてIV _{AS} の 許容限界を用いる。)	1.5・f _s *
V _{AS}		

注記 *1: 応力の組合せが考えられる場合には, 組合せ応力に対しても評価を行う。

*2: 当該の応力が生じない場合, 規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 1-6 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	S _{y i} (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト (i=1)	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	100	194	373	—
取付ボルト (i=2)	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	100	194	373	—

1.5.3 設計用地震力

耐震評価に用いる設計用地震力を表 1-7 に示す。

「基準地震動 S_s 」による地震力は、添付資料「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

表 1-7 設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉建屋 O.P. 36.60 (O.P. 41.20* ¹)	0.05 以下* ²	0.05 以下* ²	—	—	$C_H =$ 3.43	$C_V =$ 1.89

注記 *1：基準床レベルを示す。

*2：固有値解析より 0.05 秒以下であり剛であることを確認した。

1.5.4 計算方法

1.5.4.1 応力の計算方法

1.5.4.1.1 ボルトの計算方法

ボルトの応力は、地震による震度により作用するモーメントによって生じる引張力とせん断力について計算する。



図 1-2(1) 計算モデル
(基礎ボルト 長辺方向転倒の場合)



図 1-2(2) 計算モデル
(基礎ボルト 短辺方向転倒の場合)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



図 1-3(1) 計算モデル
(取付ボルト 長辺方向転倒の場合)

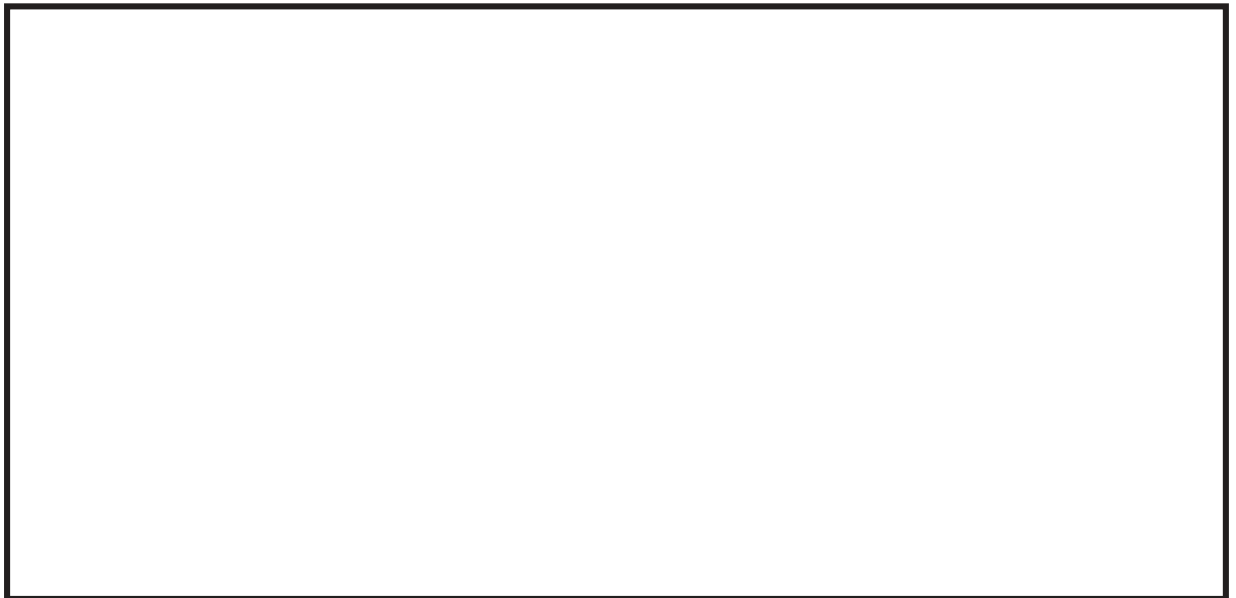


図 1-3(2) 計算モデル
(取付ボルト 短辺方向転倒の場合)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(1) 引張応力

ボルトに対する引張力は、最も厳しい条件として図 1-2(1)、図 1-2(2)、図 1-3(1)および図 1-3(2)では最外列のボルトを支点とする転倒を考え、これを片側の最外列のボルトで受けるものとして計算する。

a. 引張力

計算モデル図1-2(2)、図1-3(1)、図1-3(2)の場合の引張力。

$$F_{b i} = \frac{m_i \cdot C_H \cdot h_i \cdot g - m_i \cdot (1 - C_V) \cdot \ell_{2 i} \cdot g}{n_{f i} \cdot (\ell_{1 i} + \ell_{2 i})} \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.1)$$

なお、計算モデル図1-2(1)の基礎ボルトの場合は以下式を用いる。

$$F_{b i} = \frac{m_i \cdot C_H \cdot h_i \cdot g - m_i \cdot (1 - C_V) \cdot \ell_{2 i} \cdot g}{n_{f i} \cdot (\ell_{2 i} - \ell_{1 i})} \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.2)$$

b. 引張応力

$$\sigma_{b i} = \frac{F_{b i}}{A_{b i}} \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.3)$$

ここで、ボルトの軸断面積 $A_{b i}$ は次式により求める。

$$A_{b i} = \frac{\pi}{4} \cdot d_i^2 \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.4)$$

ただし、 $F_{b i}$ が負のときボルトには引張力が生じないので、引張応力の計算は行わない。

(2) せん断応力

ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

a. せん断力

$$Q_{b i} = m_i \cdot C_H \cdot g \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.5)$$

b. せん断応力

$$\tau_{b i} = \frac{Q_{b i}}{n_i \cdot A_{b i}} \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.6)$$

1.5.5 計算条件

1.5.5.1 ボルトの応力計算条件

ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【使用済燃料プール監視カメラの耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

1.5.6 応力の評価

1.5.6.1 ボルトの応力評価

1.5.4.1項で求めたボルトの引張応力 $\sigma_{b i}$ は次式より求めた許容引張応力 $f_{t s i}$ 以下であること。

ただし、 $f_{t o i}$ は下表による。

$$f_{t s i} = \text{Min} \left[1.4 \cdot f_{t o i} - 1.6 \cdot \tau_{b i}, f_{t o i} \right] \dots\dots\dots (1.5.6.1.1)$$

せん断応力 $\tau_{b i}$ はせん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 $f_{s b i}$ 以下であること。ただし、 $f_{s b i}$ は下表による。

	基準地震動 S_s による荷重との 組合せの場合
許容引張応力 $f_{t o i}$	$\frac{F_i^*}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 $f_{s b i}$	$\frac{F_i^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

1.6 機能維持評価

1.6.1 電氣的機能維持評価方法

使用済燃料プール監視カメラの電氣的機能維持評価について、以下に示す。

なお、機能維持評価用加速度は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき、基準地震動 S_s により定まる応答加速度を設定する。

使用済燃料プール監視カメラの機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の器具の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 1-8 に示す。

表 1-8 機能確認済加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)

評価部位	方向	機能確認済加速度
使用済燃料プール 監視カメラ	水平	
	鉛直	

1.7 評価結果

1.7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

使用済燃料プール監視カメラの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【使用済燃料プール監視カメラの耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
使用済燃料プール 監視カメラ	常設/防止 常設/緩和	原子炉建屋 O.P. 36.60 (O.P. 41.20*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =3.43	C _V =1.89	100

注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部 材	m _i (kg)	h _i (mm)	ℓ _{1i} *1 (mm)	ℓ _{2i} *1 (mm)	d _i (mm)	A _{bi} (mm ²)	n _i	n _{fi} *1
基礎ボルト (i=1)		467					4	2
取付ボルト (i=2)		367						3
		8					3	
							3	

部 材	S _{yi} (MPa)	S _{ui} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	194	373	—	232	—	長辺方向
取付ボルト (i=2)	194	373	—	232	—	短辺方向

注記*1：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、
下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動S _s
基礎ボルト (i=1)	—		—	
取付ボルト (i=2)	—		—	

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動S _d 又は静的震度		基準地震動S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b1}=27$	$f_{ts1}=174^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=6$	$f_{sb1}=134$
取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=15$	$f_{ts2}=174^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=134$

注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$ より算出
すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

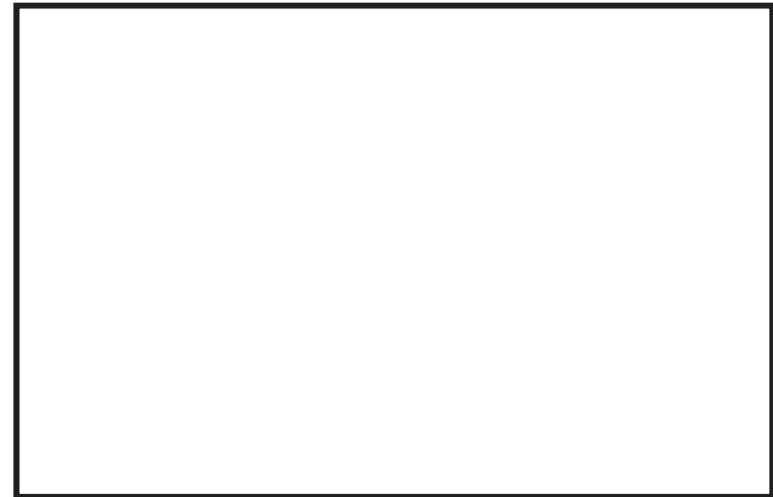
($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
使用済燃料プール 監視カメラ	水平方向	2.86	
	鉛直方向	1.58	

注記*：基準地震動S_sにより定まる応答加速度とする。
機能維持評価用加速度(1.0ZPA)はすべて機能確認済加速度以下である。



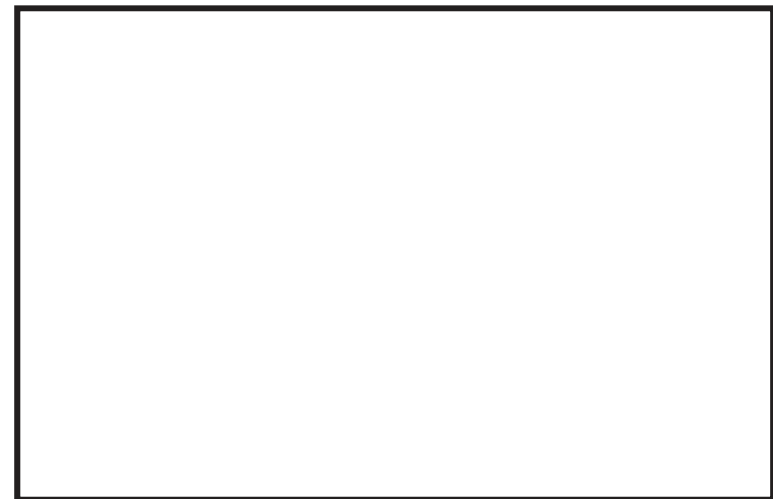
長辺方向



短辺方向



長辺方向



短辺方向

2. 使用済燃料プール監視カメラ照明

2.1 概要

本計画書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、使用済燃料プール監視カメラ照明が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。


使用済燃料プール監視カメラ照明は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

2.2 一般事項

2.2.1 構造計画

使用済燃料プール監視カメラ照明の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
使用済燃料プール監視カメラ照明は、取付ボルトにてチャンネルベースに固定する。チャンネルベースは基礎（床面）に基礎ボルトで固定する。	照明	<p>【使用済燃料プール監視カメラ照明】</p> 

2.2.2 評価方針

使用済燃料プール監視カメラ照明の応力評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.3 評価部位」にて設定する箇所において、「2.4 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「2.5 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。

また、使用済燃料プール監視カメラ照明の機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の機能維持評価用加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを、「2.6 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「2.7 評価結果」に示す。

使用済燃料プール監視カメラ照明の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

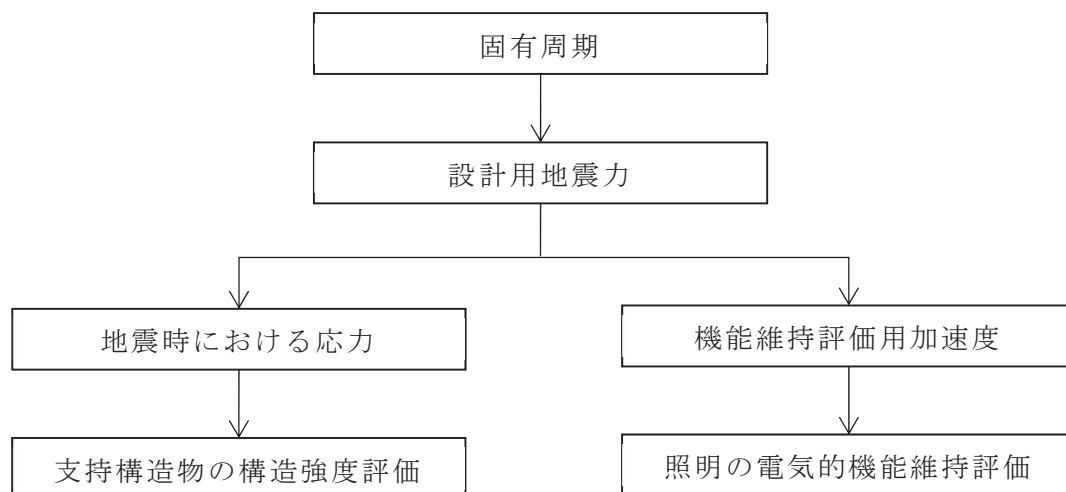


図 2-1 使用済燃料プール監視カメラ照明の耐震評価フロー

2.2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987((社)日本電気協会)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編
J E A G 4 6 0 1 ・補-1984 ((社) 日本電気協会)
- (3) 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版
((社) 日本電気協会)
- (4) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 ((社) 日本機械学会 2005/2007)
(以下「設計・建設規格」という。)

2.2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_{bi}	ボルトの軸断面積* ¹	mm ²
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d_i	ボルトの呼び径* ¹	mm
F_i^*	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値* ¹	MPa
F_{bi}	ボルトに作用する引張力(1本当たり)* ¹	N
f_{toi}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力* ¹	MPa
f_{sbi}	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力* ¹	MPa
f_{tsi}	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力* ¹	MPa
g	重力加速度(=9.80665)	m/s ²
h_i	据付面又は取付面から重心までの距離* ²	mm
l_{1i}	重心とボルト間の水平方向距離* ¹ , * ³	mm
l_{2i}	重心とボルト間の水平方向距離* ¹ , * ³	mm
m_i	運転時質量* ²	kg
n_i	ボルトの本数* ¹	—
n_{fi}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数* ¹	—
Q_{bi}	ボルトに作用するせん断力* ¹	N
S_{ui}	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 9 に定める値* ¹	MPa
S_{yi}	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める値* ¹	MPa
$S_{yi}(RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める材料の 40℃における値* ¹	MPa
π	円周率	—
σ_{bi}	ボルトに生じる引張応力* ¹	MPa
τ_{bi}	ボルトに生じるせん断応力* ¹	MPa

注記*¹: A_{bi} , d_i , F_i^* , F_{bi} , f_{sbi} , f_{toi} , f_{tsi} , l_{1i} , l_{2i} ,

n_i , n_{fi} , Q_{bi} , S_{ui} , S_{yi} , $S_{yi}(RT)$, σ_{bi}

及び τ_{bi} の添字 i の意味は、以下のとおりとする。

$i = 1$: 基礎ボルト

$i = 2$: 取付ボルト

*²: h_i 及び m_i の添字 i の意味は、以下のとおりとする。

$i = 1$: 据付面

$i = 2$: 取付面

*³: $l_{1i} \leq l_{2i}$

2.2.5 計算精度と数値の丸め方

計算精度は、有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表 2-2 に示すとおりである。

表 2-2 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第 4 位	四捨五入	小数点以下第 3 位
震度	—	小数点以下第 3 位	切上げ	小数点以下第 2 位
温度	℃	—	—	整数位
質量	kg	—	—	整数位
長さ	mm	—	—	整数位 ^{*1}
面積	mm ²	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*2}
力	N	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*2}
算出応力	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
許容応力 ^{*3}	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位

注記 *1：設計上定める値が小数点以下の場合は、小数点以下表示とする。

*2：絶対値が 1000 以上のときは、べき数表示とする。

*3：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は、比例法により補間した値の小数点以下第 1 位を切り捨て、整数位までの値とする。

2.3 評価部位

使用済燃料プール監視カメラ照明の耐震評価は「2.5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる基礎ボルト及び取付ボルトについて評価を実施する。

使用済燃料プール監視カメラ照明の耐震評価部位については、表 2-1 の概略構造図に示す。

2.4 固有周期

2.4.1 固有周期の算出方法

使用済燃料プール監視カメラ照明の固有周期は、振動試験（加振試験）にて求める。試験の結果、剛であることを確認した。固有周期の確認結果を表 2-3 に示す。

表 2-3 固有周期 (s)

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

2.5 構造強度評価

2.5.1 構造強度評価方法

- (1) 使用済燃料プール監視カメラ照明の質量は重心に集中しているものとする。
- (2) 地震力は使用済燃料プール監視カメラ照明に対して、水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
- (3) 使用済燃料プール監視カメラ照明は取付ボルトでチャンネルベースに固定されており、固定端とする。
- (4) チャンネルベースは基礎ボルトで基礎（床面）と固定されており、固定端とする。
- (5) 床面据付の使用済燃料プール監視カメラ照明の転倒方向は、前後方向及び左右方向について検討し、計算書には計算結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。
- (6) 使用済燃料プール監視カメラ照明の重心位置については、転倒方向を考慮して、計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定して耐震性の計算を行うものとする。
- (7) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

2.5.2 荷重の組合せ及び許容応力

2.5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

使用済燃料プール監視カメラ照明の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 2-4 に示す。

2.5.2.2 許容応力

使用済燃料プール監視カメラ照明の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 2-5 のとおりとする。

2.5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

使用済燃料プール監視カメラ照明の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 2-6 に示す。

表 2-4 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
核燃料物質 の取扱施設 及び 貯蔵施設	—	使用済燃料プール 監視カメラ照明	常設／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_S^{*3}$	IV_{AS}
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_S$	V_{AS} (V_{AS} として IV_{AS} の許容限 界を用いる。)

注記 *1:「常設／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備,「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*2:その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

*3:「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_S$ 」の評価に包絡されるため,評価結果の記載を省略する。

表 2-5 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界* ¹ , * ² (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
IV _{AS}	1.5・f _t * (V _{AS} としてIV _{AS} の 許容限界を用いる。)	1.5・f _s *
V _{AS}		

注記 *1: 応力の組合せが考えられる場合には, 組合せ応力に対しても評価を行う。

*2: 当該の応力が生じない場合, 規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 2-6 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	S _{y i} (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト (i=1)	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	100	194	373	—
取付ボルト (i=2)	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	100	194	373	—

2.5.3 設計用地震力

耐震評価に用いる設計用地震力を表 2-7 に示す。

「基準地震動 S_s 」による地震力は、添付資料「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

表 2-7 設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉建屋 O.P. 36.60 (O.P. 41.20* ¹)	0.05 以下* ²	0.05 以下* ²	—	—	$C_H =$ 3.43	$C_V =$ 1.89

注記 *1：基準床レベルを示す。

*2：固有値解析より 0.05 秒以下であり剛であることを確認した。

2.5.4 計算方法

2.5.4.1 応力の計算方法

2.5.4.1.1 ボルトの計算方法

ボルトの応力は、地震による震度により作用するモーメントによって生じる引張力とせん断力について計算する。

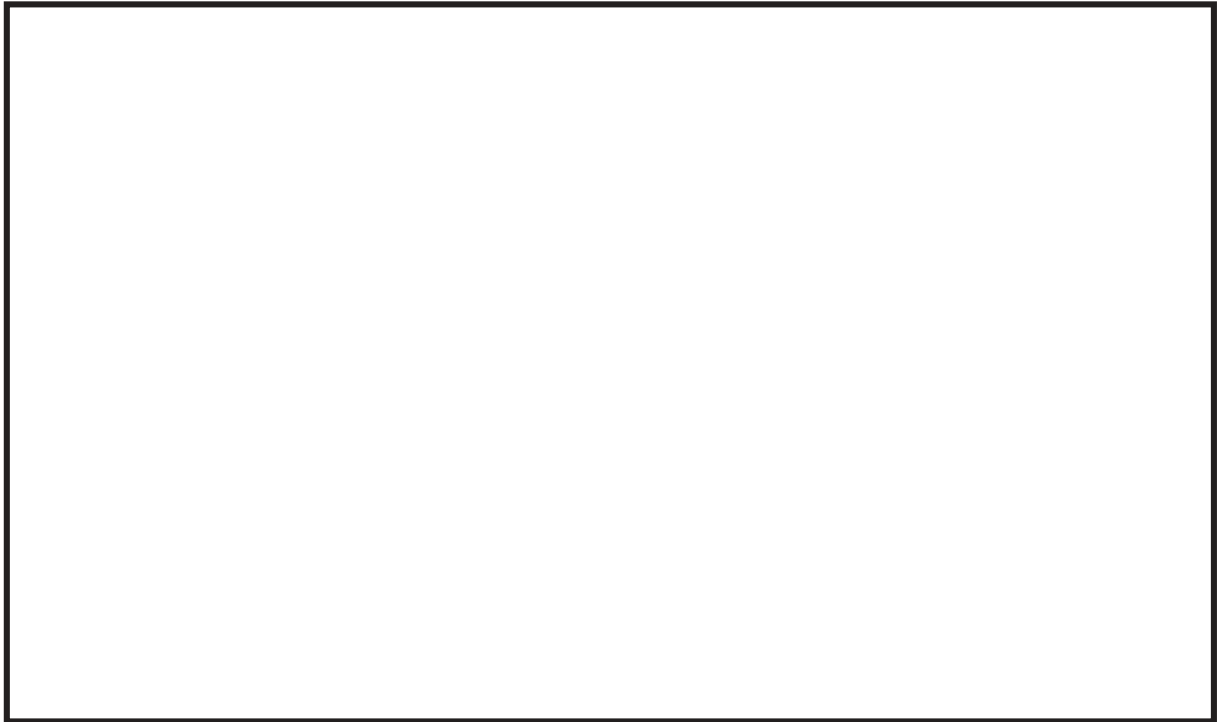


図 2-2(1) 計算モデル（基礎ボルト 左右転倒方向）



図 2-2(2) 計算モデル（基礎ボルト 前後転倒方向）

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

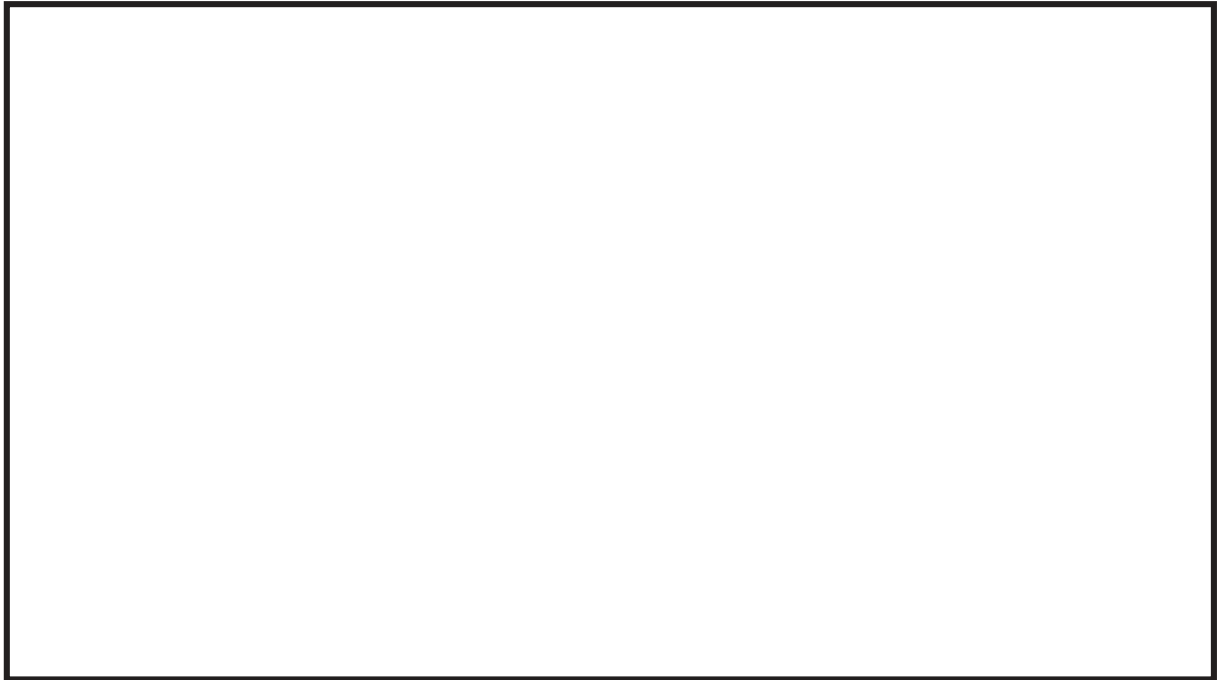


図 2-3(1) 計算モデル (取付ボルト 左右転倒方向)

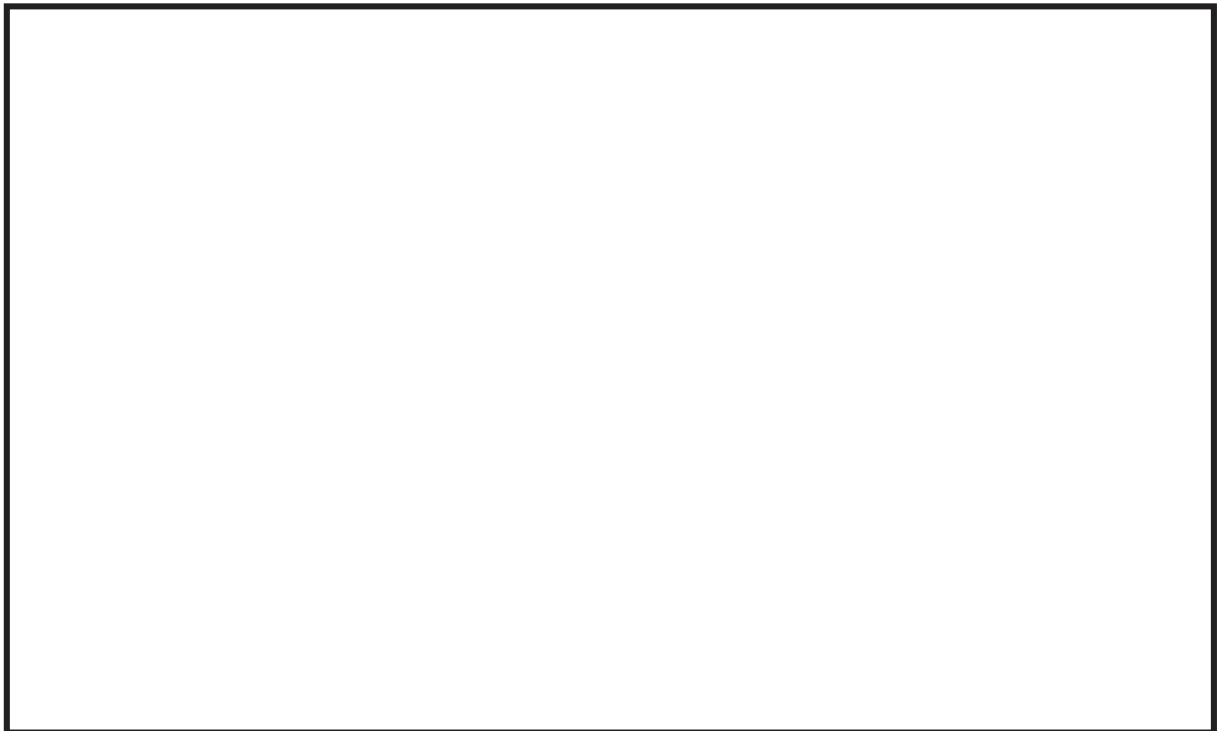


図 2-3(2) 計算モデル (取付ボルト 前後転倒方向)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(1) 引張応力

ボルトに対する引張力は、最も厳しい条件として図 2-2(1)，図 2-2(2)，図 2-3(1)及び図 2-3(2)では最外列のボルトを支点とする転倒を考え、これを片側の最外列のボルトで受けるものとして計算する。

a. 引張力

計算モデル図2-2(1)，図2-3(1)，図2-3(1)の場合の引張力

$$F_{b i} = \frac{m_i \cdot C_H \cdot h_i \cdot g - m_i \cdot (1 - C_V) \cdot \ell_{2 i} \cdot g}{n_{f i} \cdot (\ell_{1 i} + \ell_{2 i})} \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.1)$$

なお、計算モデル図2-2(2)の場合は以下式を用いる。

$$F_{b i} = \frac{m_i \cdot C_H \cdot h_i \cdot g - m_i \cdot (1 - C_V) \cdot \ell_{2 i} \cdot g}{n_{f i} \cdot (\ell_{2 i} - \ell_{1 i})} \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.2)$$

b. 引張応力

$$\sigma_{b i} = \frac{F_{b i}}{A_{b i}} \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.3)$$

ここで、ボルトの軸断面積 $A_{b i}$ は次式により求める。

$$A_{b i} = \frac{\pi}{4} \cdot d_i^2 \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.4)$$

ただし、 $F_{b i}$ が負のときボルトには引張力が生じないので、引張応力の計算は行わない。

(2) せん断応力

ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

a. せん断力

$$Q_{b i} = m_i \cdot C_H \cdot g \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.5)$$

b. せん断応力

$$\tau_{b i} = \frac{Q_{b i}}{n_i \cdot A_{b i}} \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.6)$$

2.5.5 計算条件

2.5.5.1 ボルトの応力計算条件

ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【使用済燃料プール監視カメラ照明の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

2.5.6 応力の評価

2.5.6.1 ボルトの応力評価

2.5.4.1項で求めたボルトの引張応力 σ_{bi} は次式より求めた許容引張応力 f_{tsi} 以下であること。

ただし、 f_{toi} は下表による。

$$f_{tsi} = \text{Min} [1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}] \dots\dots\dots (2.5.6.1.1)$$

せん断応力 τ_{bi} はせん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 f_{sbi} 以下であること。ただし、 f_{sbi} は下表による。

	基準地震動 S_s による荷重との 組合せの場合
許容引張応力 f_{toi}	$\frac{F_i^*}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 f_{sbi}	$\frac{F_i^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

2.6 機能維持評価

2.6.1 電氣的機能維持評価方法

使用済燃料プール監視カメラ照明の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

なお、機能維持評価用加速度は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき、基準地震動 S_s により定まる応答加速度を設定する。

使用済燃料プール監視カメラ照明の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の器具の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した器具の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 2-8 に示す。

表 2-8 機能確認済加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)

評価部位	方向	機能確認済加速度
使用済燃料プール 監視カメラ照明	水平	
	鉛直	

2.7 評価結果

2.7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

使用済燃料プール監視カメラ照明の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【使用済燃料プール監視カメラ照明の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
使用済燃料プール 監視カメラ照明	常設/防止 常設/緩和	原子炉建屋 O.P. 36.60 (O.P. 41.20*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =3.43	C _V =1.89	100

注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部 材	m _i (kg)	h _i (mm)	ℓ _{1i} *1 (mm)	ℓ _{2i} *1 (mm)	d _i (mm)	A _{bi} (mm ²)	n _i	n _{fi} *1
基礎ボルト (i=1)		543					4	2
								2
取付ボルト (i=2)		443					8	3
								3

部 材	S _{yi} (MPa)	S _{ui} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動S _s
基礎ボルト (i=1)	194	373	—	232	—	前後方向
取付ボルト (i=2)	194	373	—	232	—	前後方向

注記*1：各ボルトの機器要目における上段は前後方向転倒に対する評価時の要目を示し、
下段は左右方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F _{bi}		Q _{bi}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	—		—	
取付ボルト (i=2)	—		—	

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b1}=27$	$f_{ts1}=174^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=5$	$f_{sb1}=134$
取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=11$	$f_{ts2}=174^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=134$

注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$ より算出
すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
使用済燃料プール 監視カメラ照明	水平方向	2.86	
	鉛直方向	1.58	

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。
機能維持評価用加速度(1.0ZPA)はすべて機能確認済加速度以下である。



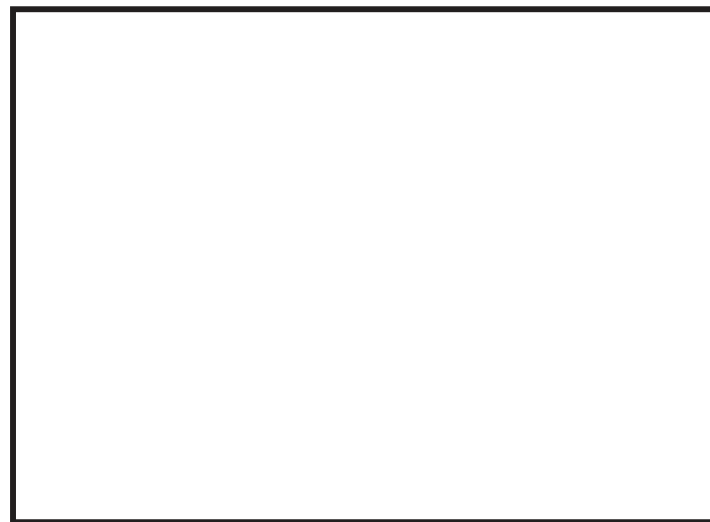
左右方向



前後方向



左右方向



前後方向

3. 使用済燃料プール監視カメラ現場制御盤

3.1 概要

本計画書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、使用済燃料プール監視カメラ現場制御盤が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

使用済燃料プール監視カメラ現場制御盤は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、使用済燃料プール監視カメラ現場制御盤は、「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形盤であるため、添付書類「VI-2-1-13-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を行う。

3.2 一般事項

3.2.1 構造計画

使用済燃料プール監視カメラ現場制御盤の構造計画を表 3-1 に示す。

表 3-1 構造計画

計画の概要		概略構造図								
基礎・支持構造	主体構造									
使用済燃料プール監視カメラ現場制御盤は、基礎に埋め込まれたチャンネルベースに取付ボルトで設置する。チャンネルベースは基礎ボルトにて基礎に固定する。	直立形 (鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤)	<p>【使用済燃料プール監視カメラ現場制御盤】</p> <table border="1" data-bbox="1451 1139 1995 1406"> <thead> <tr> <th colspan="2">使用済燃料プール監視カメラ 現場制御盤</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>たて</td> <td>1000 mm</td> </tr> <tr> <td>横</td> <td>1000 mm</td> </tr> <tr> <td>高さ</td> <td>1950 mm</td> </tr> </tbody> </table>	使用済燃料プール監視カメラ 現場制御盤		たて	1000 mm	横	1000 mm	高さ	1950 mm
使用済燃料プール監視カメラ 現場制御盤										
たて	1000 mm									
横	1000 mm									
高さ	1950 mm									

3.3 固有周期

3.3.1 固有周期の算出方法

使用済燃料プール監視カメラ現場制御盤の固有周期は、構造が同等であり、同様な振動特性を持つ盤に対する振動試験（打振試験）の結果確認された固有周期を使用する。固有周期の確認結果を表 3-2 に示す。

表 3-2 固有周期 (s)

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

3.4 構造強度評価

3.4.1 構造強度評価方法

使用済燃料プール監視カメラ現場制御盤の構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

3.4.2 荷重の組合せ及び許容応力

3.4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

使用済燃料プール監視カメラ現場制御盤の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-3 に示す。

3.4.2.2 許容応力

使用済燃料プール監視カメラ現場制御盤の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 3-4 のとおりとする。

3.4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

使用済燃料プール監視カメラ現場制御盤の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-5 に示す。

表 3-3 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
核燃料物質 の取扱施設 及び 貯蔵施設	—	使用済燃料プール 監視カメラ現場制御盤	常設／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_S^{*3}$	IV_{AS}
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_S$	V_{AS} (V_{AS} として IV_{AS} の許容限 界を用いる。)

注記 *1:「常設／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備,「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*2:その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

*3:「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_S$ 」の評価に包絡されるため,評価結果の記載を省略する。

表 3-4 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界* ¹ , * ² (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
IV _{AS}	1.5・f _t * 1.5・f _s *	1.5・f _s *
V _{AS} (V _{AS} としてIV _{AS} の 許容限界を用いる。)		

注記 *1: 応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

*2: 当該の応力が生じない場合、規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 3-5 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	S _{y i} (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト (i=1)	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	40	215	400	—
取付ボルト (i=2)	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	40	215	400	—

3.5 機能維持評価

3.5.1 電氣的機能維持評価方法

使用済燃料プール監視カメラ現場制御盤の電氣的機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-13-7 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

使用済燃料プール監視カメラ現場制御盤の機能確認済加速度は、同形式の器具の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した器具の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 3-6 に示す。

表 3-6 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
使用済燃料プール 監視カメラ現場制御盤	水平	
	鉛直	

3.6 評価結果

3.6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

使用済燃料プール監視カメラ現場制御盤の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

【使用済燃料プール監視カメラ現場制御盤の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
使用済燃料プール 監視カメラ 現場制御盤	常設/防止 常設/緩和	原子炉建屋 OP. 23. 60 (OP. 33. 20*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =2.65	C _V =1.77	40

注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部 材	m _i (kg)	h _i (mm)	ℓ _{1i} *1 (mm)	ℓ _{2i} *1 (mm)	d _i (mm)	A _{bi} (mm ²)	n _i	n _{fi} *1
基礎ボルト (i=1)		2070					12	3
								3
取付ボルト (i=2)		1950					10	3
								2

部 材	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動S _s
基礎ボルト (i=1)	215	400	—	258	—	前後方向
取付ボルト (i=2)	215	400	—	258	—	左右方向

注記*1：各ボルトの機器要目における上段は前後方向転倒に対する評価時の要目を示し、
下段は左右方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
基礎ボルト (i=1)	—		—	
取付ボルト (i=2)	—		—	

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b1}=112$	$f_{ts1}=193^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=13$	$f_{sb1}=148$
取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=143$	$f_{ts2}=193^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=12$	$f_{sb2}=148$

注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$ より算出
すべて許容応力以下である。

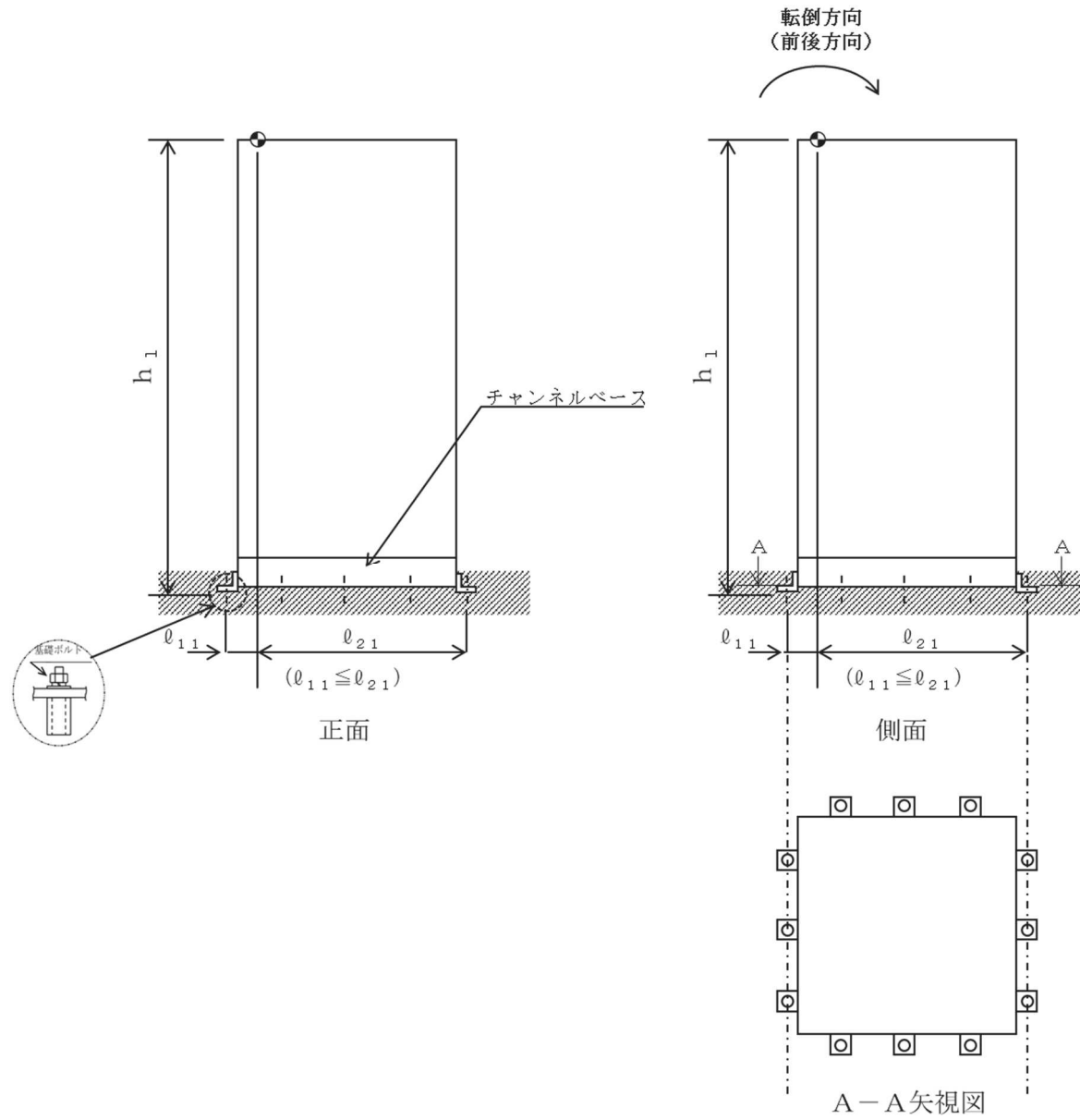
1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

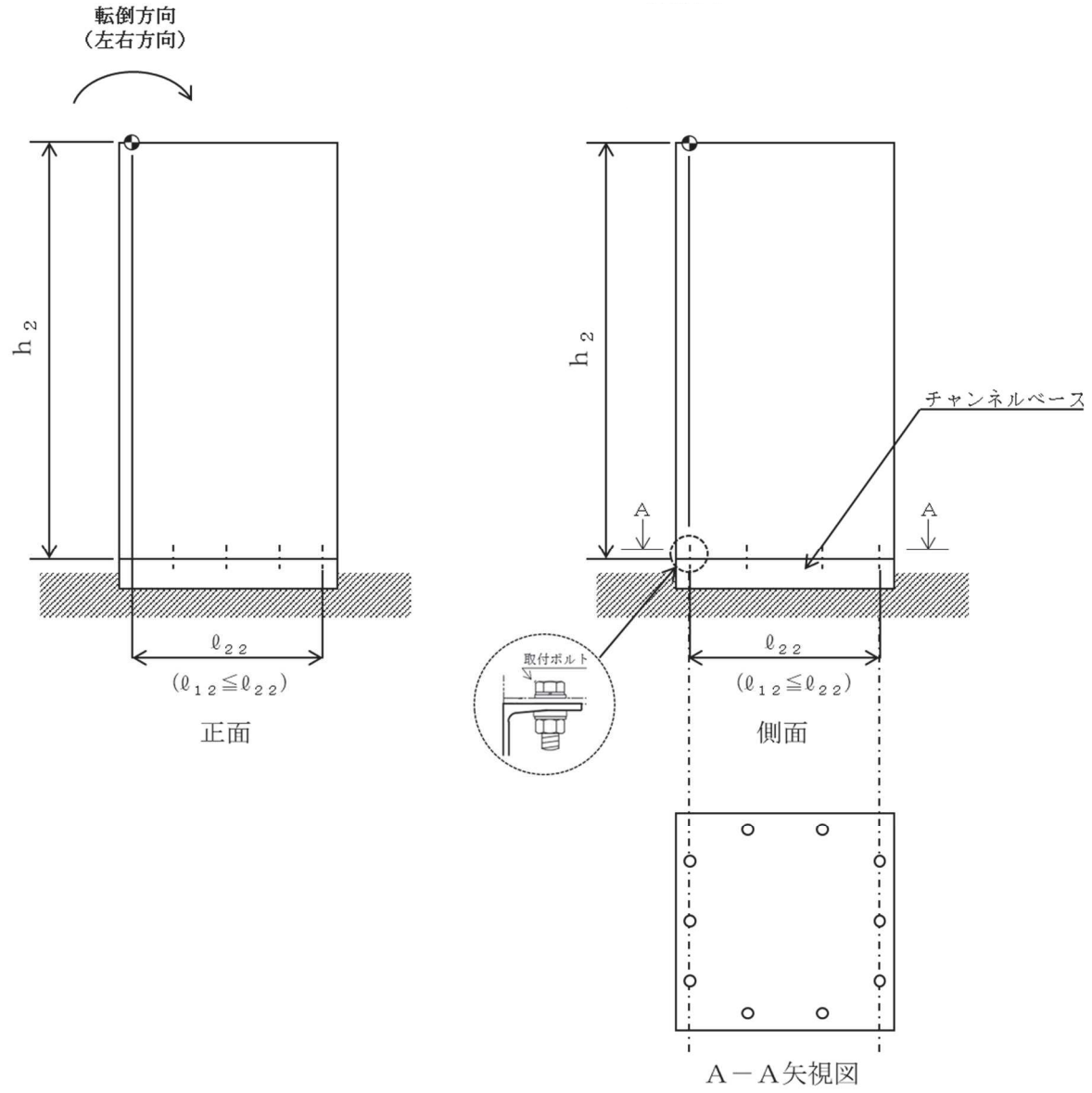
($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
使用済燃料プール 監視カメラ 現場制御盤	水平方向	2.21	
	鉛直方向	1.47	

注記*：基準地震動 S s により定まる応答加速度とする。
機能維持評価用加速度(1.0ZPA)はすべて機能確認済加速度以下である。

44





VI-2-5 原子炉冷却系統施設の耐震性についての計算書

目 次

- VI-2-5-1 原子炉冷却系統施設の耐震性についての計算結果
- VI-2-5-2 原子炉冷却材再循環設備の耐震性についての計算書
- VI-2-5-3 原子炉冷却材の循環設備の耐震性についての計算書
- VI-2-5-4 残留熱除去設備の耐震性についての計算書
- VI-2-5-5 非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備の耐震性についての計算書
- VI-2-5-6 原子炉冷却材補給設備の耐震性についての計算書
- VI-2-5-7 原子炉補機冷却設備の耐震性についての計算書

VI-2-5-1 原子炉冷却系統施設の耐震性についての計算結果

目次

1. 概要 1
2. 耐震評価条件整理 1

1. 概要

本資料は、原子炉冷却系統施設の耐震計算の手法及び条件の整理について説明するものである。

2. 耐震評価条件整理

原子炉冷却系統施設に対して、設計基準対象施設の耐震クラス、重大事故等対処設備の設備分類を整理した。既設の設計基準対象施設については、耐震評価における手法及び条件について、既に許可を受けた実績との差異の有無を整理した。また、重大事故等対処設備のうち、設計基準対象施設であるものについては、重大事故等対処設備の評価条件と設計基準対象施設の評価条件の差異の有無を整理した。結果を表1に示す。

原子炉冷却系統施設の耐震計算は表1に示す計算書に記載することとする。

表 1 耐震評価条件整理一覧表(1/29)

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度 分類	新規制基準 施工前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載個所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載個所
原子炉冷却系統施設	再循環設備	原子炉冷却材	ポンプ	S	無	VI-2-5-2-1-1	—	—	—
			主配管	S	有	VI-2-5-2-1-1	—	—	—
	原子炉冷却材の循環設備	主蒸気系	主蒸気逃がし安全弁逃がし弁機能用アキュムレータ	S	無	VI-2-5-3-1-1	常設耐震/防止	無	VI-2-5-3-1-1
			主蒸気逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータ	S	無	VI-2-5-3-1-1	常設耐震/防止 常設/緩和	無	VI-2-5-3-1-1
			安全弁	S	無	VI-2-5-3-1-2	常設耐震/防止 常設/緩和	有	VI-2-5-3-1-2
			主要弁	S	無	VI-2-5-3-1-2	—	—	—
			主配管	S	有	VI-2-5-3-1-2	常設耐震/防止 常設/緩和	有	VI-2-5-3-1-2

表 1 耐震評価条件整理一覧表(2/29)

評価対象設備			設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
			耐震重要度 分類	新規制基準 施工前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載個所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載個所	
原子炉冷却系統施設	原子炉冷却材の循環設備	主蒸気系	主配管（計測制御系 統施設に記載）	—	—*2	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	VI-2-6-6-1-1
			原子炉格納容器配 管貫通部（原子炉格 納施設に記載）	—	—*2	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	VI-2-9-2-4-1
		復水給水系	主要弁	S	無	VI-2-5-3-2-1	—	—	—
			主配管	S	有	VI-2-5-3-2-1	—	—	—
	残留熱除去設備	残留熱除去系	残留熱除去系熱交 換器	S	無	VI-2-5-4-1-1	常設/防止 (DB 拡張)	無	VI-2-5-4-1-1
			残留熱除去系ポン プ	S	無	VI-2-5-4-1-2	常設/防止 (DB 拡張)	無	VI-2-5-4-1-2
			残留熱除去系スト レーナ	S	無	VI-2-5-4-1-3	常設/防止 (DB 拡張)	有	VI-2-5-4-1-3
			主要弁	S	無	VI-2-5-4-1-4	—	—	—
			主配管	S	有	VI-2-5-4-1-4 VI-2-5-4-1-5	常設/防止 (DB 拡張)	有	VI-2-5-4-1-4 VI-2-5-4-1-5

表 1 耐震評価条件整理一覧表 (3/29)

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度 分類	新規制基準 施工前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載個所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載個所
原子炉冷却系統施設	残留熱除去設備	残留熱除去系	主配管（原子炉冷却材再循環設備 原子炉冷却材再循環系に記載）	—	—*2	—	常設/防止 (DB 拡張)	—	VI-2-5-2-1-1
			主配管（原子炉格納施設に記載）	—	—*2	—	常設/防止 (DB 拡張)	—	VI-2-9-4-3-1-1
			原子炉格納容器配管貫通部（原子炉格納施設に記載）	—	—*2	—	常設/防止 (DB 拡張)	—	VI-2-9-2-4-1
			炉心支持構造物（原子炉本体に記載）	—	—*2	—	常設/防止 (DB 拡張)	—	VI-2-3-3-2-2 VI-2-3-3-2-3 VI-2-3-3-2-4 VI-2-3-3-2-5 VI-2-3-3-2-6 VI-2-3-3-2-7 VI-2-3-3-2-8
			原子炉压力容器（原子炉本体に記載）	—	—*2	—	常設/防止 (DB 拡張)	—	VI-2-3-4-1-2

表 1 耐震評価条件整理一覧表(4/29)

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度 分類	新規制基準 施工前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載個所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載個所
原子炉冷却系統施設	残留熱除去設備	残留熱除去系	原子炉格納容器（原 子炉格納施設に記載）	—	—*2	—	常設/防止 (DB 拡張)	—	VI-2-9-2-1-1 VI-2-9-2-1-2 VI-2-9-2-1-3 VI-2-9-2-1-4 VI-2-9-2-1-5 VI-2-9-2-2-1 VI-2-9-2-2-2 VI-2-9-2-2-3 VI-2-9-2-2-4 VI-2-9-2-3-1
			原子炉压力容器内 部構造物（原子炉建 屋に記載）	—	—*2	—			常設/防止 (DB 拡張)
	フィルタベント系	原子炉格納容器	主要弁（原子炉格納 施設に記載）	—	—*2	—	常設耐震/防止	—	VI-2-9-4-5-1-1 VI-2-9-4-6-1-1
			主配管（原子炉格納 施設に記載）	—	—*2	—			常設耐震/防止

表 1 耐震評価条件整理一覧表 (5/29)

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度 分類	新規制基準 施工前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載個所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載個所
原子炉冷却系統施設	残留熱除去設備	原子炉格納容器フィルタベント系	原子炉格納容器配管貫通部（原子炉格納施設に記載）	—	—*2	—	常設耐震/防止	—	VI-2-9-2-4-1
			原子炉格納容器（原子炉格納施設に記載）	—	—*2	—	常設耐震/防止	—	VI-2-9-2-1-1 VI-2-9-2-1-2 VI-2-9-2-1-3 VI-2-9-2-1-4 VI-2-9-2-1-5 VI-2-9-2-2-1 VI-2-9-2-2-2 VI-2-9-2-2-3 VI-2-9-2-2-4 VI-2-9-2-3-1
			フィルタ装置出口側ラプチャディスク（原子炉格納施設に記載）	—	—*2	—	常設耐震/防止	—	VI-2-9-4-6-1-1
			フィルタ装置（原子炉格納施設に記載）	—	—*2	—	常設耐震/防止	—	VI-2-9-4-6-1-2

表 1 耐震評価条件整理一覧表(6/29)

評価対象設備			設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
			耐震重要度 分類	新規制基準 施工前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載個所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載個所	
原子炉冷却系統施設	残留熱除去設備	原子炉格納容器 フィルタベント系	T48-F020（原子炉格納施設に記載）	—	—*2	—	常設耐震/防止	—	VI-2-9-4-5-1-1
			T48-F021（原子炉格納施設に記載）	—	—*2	—	常設耐震/防止	—	VI-2-9-4-5-1-1
	耐圧強化ベント系		主配管	—	—*2	—	常設耐震/防止	—	VI-2-5-4-2-1
			主配管（原子炉格納施設に記載）	—	—*2	—	常設耐震/防止	—	VI-2-9-4-4-1-2 VI-2-9-4-5-1-1
			原子炉格納容器配管貫通部（原子炉格納施設に記載）	—	—*2	—	常設耐震/防止	—	VI-2-9-2-4-1

表 1 耐震評価条件整理一覧表(7/29)

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度 分類	新規制基準 施工前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載個所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載個所
原子炉冷却系統施設	残留熱除去設備	耐圧強化ベント系	原子炉格納容器（原 子炉格納施設に記 載）	—	—*2	—	常設耐震/防止	—	VI-2-9-2-1-1 VI-2-9-2-1-2 VI-2-9-2-1-3 VI-2-9-2-1-4 VI-2-9-2-1-5 VI-2-9-2-2-1 VI-2-9-2-2-2 VI-2-9-2-2-3 VI-2-9-2-2-4 VI-2-9-2-3-1
			T48-F019（原子炉格 納施設に記載）	—	—*2	—	常設耐震/防止	—	VI-2-9-4-5-1-1
			T48-F022（原子炉格 納施設に記載）	—	—*2	—	常設耐震/防止	—	VI-2-9-4-5-1-1
			排気筒（放射性廃棄 物の廃棄施設に記 載）	—	—*2	—	常設耐震/防止	—	VI-2-7-2-1

表 1 耐震評価条件整理一覧表(8/29)

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度 分類	新規制基準 施工前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載個所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載個所
原子炉冷却系統施設	非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備	高圧炉心スプレイ系	高圧炉心スプレイ系ポンプ	S	無	VI-2-5-5-1-1	常設/防止 (DB 拡張)	無	VI-2-5-5-1-1
			復水貯蔵タンク (原子炉冷却材補給設備 補給水系に記載)	—	—*2	—	常設/防止 (DB 拡張)	—	VI-2-5-6-2-2
			高圧炉心スプレイ系ストレーナ	S	無	VI-2-5-5-1-2	常設/防止 (DB 拡張)	有	VI-2-5-5-1-2
			主要弁	S	無	VI-2-5-5-1-3	—	—	—
			主配管	S	有	VI-2-5-5-1-3 VI-2-5-5-1-4	常設/防止 (DB 拡張)	有	VI-2-5-5-1-3 VI-2-5-5-1-4
			主配管 (原子炉冷却材補給設備 補給水系に記載)	—	—*2	—	常設/防止 (DB 拡張)	—	VI-2-5-6-2-3
			原子炉格納容器配管貫通部 (原子炉格納施設に記載)	—	—*2	—	常設/防止 (DB 拡張)	—	VI-2-9-2-4-1

表 1 耐震評価条件整理一覧表(9/29)

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度 分類	新規制基準 施工前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載個所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載個所
原子炉冷却系統施設	非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備	高圧炉心スプレイ系	原子炉格納容器（原子炉格納施設に記載）	—	—*2	—	常設/防止 (DB 拡張)	—	VI-2-9-2-1-1 VI-2-9-2-1-2 VI-2-9-2-1-3 VI-2-9-2-1-4 VI-2-9-2-1-5 VI-2-9-2-2-1 VI-2-9-2-2-2 VI-2-9-2-2-3 VI-2-9-2-2-4 VI-2-9-2-3-1
			炉心支持構造物（原子炉本体に記載）	—	—*2	—	常設/防止 (DB 拡張)	—	VI-2-3-3-2-2 VI-2-3-3-2-3 VI-2-3-3-2-4 VI-2-3-3-2-5 VI-2-3-3-2-6 VI-2-3-3-2-7 VI-2-3-3-2-8
			原子炉圧力容器（原子炉本体に記載）	—	—*2	—	常設/防止 (DB 拡張)	—	VI-2-3-4-1-2

表 1 耐震評価条件整理一覧表(10/29)

評価対象設備		設計基準対象施設			重大事故等対処設備				
		耐震重要度 分類	新規制基準 施工前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載個所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載個所		
原子炉冷却系統施設	非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備	高圧炉心スプレイ系	原子炉圧力容器内部構造物（原子炉本体に記載）	—	—*2	—	常設/防止 (DB 拡張)	—	VI-2-3-4-3-7 VI-2-3-4-3-9
			E22-F003	—	—*2	—	常設/防止 (DB 拡張)	—	VI-2-5-5-1-3
			原子炉建屋ブローアウトパネル（原子炉格納施設に記載）	—	—*2	—	常設耐震/防止	—	VI-2-9-3-1-1
	低圧炉心スプレイ系	低圧炉心スプレイ系ポンプ	S	無	VI-2-5-5-2-1	常設/防止 (DB 拡張)	無	VI-2-5-5-2-1	
		低圧炉心スプレイ系ストレータ	S	無	VI-2-5-5-2-2	常設/防止 (DB 拡張)	有	VI-2-5-5-2-2	
		主要弁	S	無	VI-2-5-5-2-3	—	—	—	
		主配管	S	有	VI-2-5-5-2-3 VI-2-5-5-2-4	常設/防止 (DB 拡張)	有	VI-2-5-5-2-3 VI-2-5-5-2-4	

表 1 耐震評価条件整理一覧表 (11/29)

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度 分類	新規制基準 施工前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載個所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載個所
原子炉冷却系統施設	非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備	低圧炉心スプレイ系	原子炉格納容器配 管貫通部（原子炉格 納施設に記載）	—	—*2	—	常設/防止 (DB 拡張)	—	VI-2-9-2-4-1
			原子炉格納容器（原 子炉格納施設に記載）	—	—*2	—	常設/防止 (DB 拡張)	—	VI-2-9-2-1-1 VI-2-9-2-1-2 VI-2-9-2-1-3 VI-2-9-2-1-4 VI-2-9-2-1-5 VI-2-9-2-2-1 VI-2-9-2-2-2 VI-2-9-2-2-3 VI-2-9-2-2-4 VI-2-9-2-3-1
			炉心支持構造物（原 子炉本体に記載）	—	—*2	—	常設/防止 (DB 拡張)	—	VI-2-3-3-2-2 VI-2-3-3-2-3 VI-2-3-3-2-4 VI-2-3-3-2-5 VI-2-3-3-2-6 VI-2-3-3-2-7 VI-2-3-3-2-8

表 1 耐震評価条件整理一覧表(12/29)

評価対象設備			設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
			耐震重要度 分類	新規制基準 施工前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載個所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載個所	
原子炉冷却系統施設	非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備	低圧炉心スプレイ系	原子炉压力容器（原子炉本体に記載）	—	—*2	—	常設/防止 (DB 拡張)	—	VI-2-3-4-1-2
		原子炉压力容器内部構造物（原子炉本体に記載）	—	—*2	—	常設/防止 (DB 拡張)	—	VI-2-3-4-3-7 VI-2-3-4-3-9	
	高圧代替注水系	高圧代替注水系タービンポンプ	—	—*2	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	VI-2-5-5-3-1	
		復水貯蔵タンク（原子炉冷却材補給設備 補給水系に記載）	—	—*2	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	VI-2-5-6-2-2	
		主配管	—	—*2	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	VI-2-5-5-1-3 VI-2-5-5-3-2	
		主配管（原子炉冷却材の循環設備 主蒸気系，復水給水系に記載）	—	—*2	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	VI-2-5-3-1-2 VI-2-5-3-2-1	

表 1 耐震評価条件整理一覧表 (13/29)

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度 分類	新規制基準 施工前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載個所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載個所
原子炉冷却系統施設	非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備	高圧代替注水系	主配管（原子炉冷却材補給設備 原子炉隔離時冷却系，補給水系に記載）	—	—*2	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	VI-2-5-6-1-3 VI-2-5-6-2-3
			主配管（原子炉冷却材浄化設備 原子炉冷却材浄化系に記載）	—	—*2	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	VI-2-5-8-1-1
			原子炉格納容器配管貫通部（原子炉格納施設に記載）	—	—*2	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	VI-2-9-2-4-1
			炉心支持構造物（原子炉本体に記載）	—	—*2	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	VI-2-3-3-2-2 VI-2-3-3-2-3 VI-2-3-3-2-4 VI-2-3-3-2-5 VI-2-3-3-2-6 VI-2-3-3-2-7 VI-2-3-3-2-8

表 1 耐震評価条件整理一覧表(14/29)

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度 分類	新規制基準 施工前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載個所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載個所
原子炉冷却系統施設	非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備	高圧代替注水系	原子炉圧力容器（原子炉本体に記載）	—	—*2	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	VI-2-3-4-1-2
			原子炉圧力容器内部構造物（原子炉本体に記載）	—	—*2	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	VI-2-3-4-3-6
	原子炉隔離時冷却系	原子炉隔離時冷却系ポンプ（原子炉冷却材補給設備 原子炉隔離時冷却系に記載）	—	—*2	—	常設/防止 (DB 拡張)	—	VI-2-5-6-1-1 VI-2-5-6-1-2	
		復水貯蔵タンク（原子炉冷却材補給設備 補給水系に記載）	—	—*2	—	常設/防止 (DB 拡張)	—	VI-2-5-6-2-2	
		主配管	—	—*2	—	常設/防止 (DB 拡張)	—	VI-2-5-5-1-3	

表 1 耐震評価条件整理一覧表 (15/29)

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度 分類	新規制基準 施工前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載個所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載個所
原子炉冷却系統施設	非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備	原子炉隔離時冷却系	主配管（原子炉冷却材の循環設備 主蒸気系，復水給水系に記載）	—	—*2	—	常設/防止 (DB 拡張)	—	VI-2-5-3-1-2 VI-2-5-3-2-1
			主配管（原子炉冷却材補給設備 原子炉隔離時冷却系，補給水系に記載）	—	—*2	—	常設/防止 (DB 拡張)	—	VI-2-5-6-1-3 VI-2-5-6-2-3
			主配管（原子炉冷却材浄化設備 原子炉冷却材浄化系に記載）	—	—*2	—	常設/防止 (DB 拡張)	—	VI-2-5-8-1-1
			原子炉格納容器配管貫通部（原子炉格納施設に記載）	—	—*2	—	常設/防止 (DB 拡張)	—	VI-2-9-2-4-1

表 1 耐震評価条件整理一覧表 (16/29)

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度 分類	新規制基準 施工前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載個所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載個所
原子炉冷却系統施設	非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備	原子炉隔離時冷却系	炉心支持構造物（原子炉本体に記載）	—	—*2	—	常設/防止 (DB 拡張)	—	VI-2-3-3-2-2 VI-2-3-3-2-3 VI-2-3-3-2-4 VI-2-3-3-2-5 VI-2-3-3-2-6 VI-2-3-3-2-7 VI-2-3-3-2-8
			原子炉压力容器（原子炉本体に記載）	—	—*2	—	常設/防止 (DB 拡張)	—	VI-2-3-4-1-2
			原子炉压力容器内部構造物（原子炉本体に記載）	—	—*2	—	常設/防止 (DB 拡張)	—	VI-2-3-4-3-6
			E51-F008（原子炉冷却材補給設備 原子炉隔離時冷却系に記載）	—	—*2	—	常設/防止 (DB 拡張)	—	VI-2-5-6-1-3

表 1 耐震評価条件整理一覧表 (17/29)

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度 分類	新規制基準 施工前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載個所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載個所
原子炉冷却系統施設	非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備	低圧代替注水系	直流駆動低圧注水系ポンプ	—	—*2	—	常設耐震/防止	—	VI-2-5-5-4-1
			復水移送ポンプ (原子炉冷却材補給設備 補給水系に記載)	—	—*2	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	VI-2-5-6-2-1
			復水貯蔵タンク (原子炉冷却材補給設備 補給水系に記載)	—	—*2	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	VI-2-5-6-2-2
			主配管	—	—*2	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	VI-2-5-5-1-3 VI-2-5-5-4-2
			主配管 (残留熱除去設備 残留熱除去系に記載)	—	—*2	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	VI-2-5-4-1-4
			主配管 (原子炉冷却材補給設備 補給水系に記載)	—	—*2	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	VI-2-5-6-2-3

表 1 耐震評価条件整理一覧表(18/29)

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度 分類	新規制基準 施工前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載個所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載個所
原子炉冷却系統施設	非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備	低圧代替注水系	原子炉格納容器配 管貫通部（原子炉格 納施設に記載）	—	—*2	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	VI-2-9-2-4-1
			原子炉圧力容器内 部構造物（原子炉本 体に記載）	—	—*2	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	VI-2-3-4-3-7 VI-2-3-4-3-8 VI-2-3-4-3-9
			炉心支持構造物（原 子炉本体に記載）	—	—*2	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	VI-2-3-3-2-2 VI-2-3-3-2-3 VI-2-3-3-2-4 VI-2-3-3-2-5 VI-2-3-3-2-6 VI-2-3-3-2-7 VI-2-3-3-2-8
			原子炉圧力容器（原 子炉本体に記載）	—	—*2	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	VI-2-3-4-1-2

表 1 耐震評価条件整理一覧表 (19/29)

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度 分類	新規制基準 施工前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載個所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載個所
原子炉冷却系統施設	非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備	代替循環冷却系	代替循環冷却ポン プ（原子炉格納施設 に記載）	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-9-4-3-4-1
			残留熱除去系スト レーナ（残留熱除去 設備 残留熱除去 系に記載）	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-5-4-1-3
			主配管（残留熱除去 設備 残留熱除去 系に記載）	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-5-4-1-4 VI-2-5-4-1-5
			主配管（原子炉格納 施設に記載）	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-9-4-3-4-2
			原子炉格納容器配 管貫通部（原子炉格 納施設に記載）	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-9-2-4-1

表 1 耐震評価条件整理一覧表 (20/29)

評価対象設備			設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
			耐震重要度 分類	新規制基準 施工前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載個所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載個所	
原子炉冷却系統施設	非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備	代替循環冷却系	残留熱除去系熱交換器（残留熱除去設備 残留熱除去系に記載）	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-5-4-1-1
			原子炉格納容器（原子炉格納施設に記載）	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-9-2-1-1 VI-2-9-2-1-2 VI-2-9-2-1-3 VI-2-9-2-1-4 VI-2-9-2-1-5 VI-2-9-2-2-1 VI-2-9-2-2-2 VI-2-9-2-2-3 VI-2-9-2-2-4 VI-2-9-2-3-1
			炉心支持構造物（原子炉本体に記載）	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-3-3-2-2 VI-2-3-3-2-3 VI-2-3-3-2-4 VI-2-3-3-2-5 VI-2-3-3-2-6 VI-2-3-3-2-7 VI-2-3-3-2-8

表 1 耐震評価条件整理一覧表 (21/29)

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度 分類	新規制基準 施工前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載個所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載個所
原子炉冷却系統施設	非常用炉心冷却設備 その他原子炉注水設備	代替循環冷却系	原子炉圧力容器（原子炉本体に記載）	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-3-4-1-2
			原子炉圧力容器内部構造物（原子炉本体に記載）	—	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-3-4-3-8
	ほう酸水注入系	ほう酸水注入系ポンプ（計測制御系統施設に記載）	—	—*2	—	常設耐震/防止	—	VI-2-6-4-1-1	
		ほう酸水注入系貯蔵タンク（計測制御系統施設に記載）	—	—*2	—	常設耐震/防止	—	VI-2-6-4-1-2	
		主配管（計測制御系統施設に記載）	—	—*2	—	常設耐震/防止	—	VI-2-6-4-1-3	
		原子炉格納容器配管貫通部（原子炉格納施設に記載）	—	—*2	—	常設耐震/防止	—	VI-2-9-2-4-1	

表 1 耐震評価条件整理一覧表 (22/29)

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度 分類	新規制基準 施工前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載個所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載個所
原子炉冷却系統施設	非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備	ほう酸水注入系	炉心支持構造物（原子炉本体に記載）	—	—*2	—	常設耐震/防止	—	VI-2-3-3-2-2 VI-2-3-3-2-3 VI-2-3-3-2-4 VI-2-3-3-2-5 VI-2-3-3-2-6 VI-2-3-3-2-7 VI-2-3-3-2-8
			原子炉圧力容器（原子炉本体に記載）	—	—*2	—	常設耐震/防止	—	VI-2-3-4-1-2
			原子炉圧力容器付属構造物（原子炉本体に記載）	—	—*2	—	常設耐震/防止	—	VI-2-3-4-2-4
			原子炉圧力容器内部構造物（原子炉本体に記載）	—	—*2	—	常設耐震/防止	—	VI-2-3-4-3-10

表 1 耐震評価条件整理一覧表 (23/29)

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度 分類	新規制基準 施工前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載個所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載個所
原子炉冷却系統施設	非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備	残留熱除去系	残留熱除去系ポン プ（残留熱除去設備 残留熱除去系に記 載）	—	—*2	—	常設/防止 (DB 拡張)	—	VI-2-5-4-1-2
			残留熱除去系スト レーナ（残留熱除去 設備 残留熱除去 系に記載）	—	—*2	—	常設/防止 (DB 拡張)	—	VI-2-5-4-1-3
			主配管（残留熱除去 設備 残留熱除去 系に記載）	—	—*2	—	常設/防止 (DB 拡張)	—	VI-2-5-4-1-4 VI-2-5-4-1-5
			原子炉格納容器配 管貫通部（原子炉格 納施設に記載）	—	—*2	—	常設/防止 (DB 拡張)	—	VI-2-9-2-4-1

表 1 耐震評価条件整理一覧表 (24/29)

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度 分類	新規制基準 施工前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載個所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載個所
原子炉冷却系統施設	非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備	残留熱除去系	炉心支持構造物（原子炉本体に記載）	—	—*2	—	常設/防止 (DB 拡張)	—	VI-2-3-3-2-2 VI-2-3-3-2-3 VI-2-3-3-2-4 VI-2-3-3-2-5 VI-2-3-3-2-6 VI-2-3-3-2-7 VI-2-3-3-2-8
			原子炉圧力容器（原子炉本体に記載）	—	—*2	—	常設/防止 (DB 拡張)	—	VI-2-3-4-1-2
			原子炉格納容器（原子炉格納施設に記載）	—	—*2	—	常設/防止 (DB 拡張)	—	VI-2-9-2-1-1 VI-2-9-2-1-2 VI-2-9-2-1-3 VI-2-9-2-1-4 VI-2-9-2-1-5 VI-2-9-2-2-1 VI-2-9-2-2-2 VI-2-9-2-2-3 VI-2-9-2-2-4 VI-2-9-2-3-1

表 1 耐震評価条件整理一覧表 (25/29)

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度 分類	新規制基準 施工前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載個所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載個所
原子炉冷却系統施設	非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備	残留熱除去系	原子炉压力容器内部構造物（原子炉本体に記載）	—	—*2	—	常設/防止 (DB 拡張)	—	VI-2-3-4-3-8
			残留熱除去系熱交換器（残留熱除去設備 残留熱除去系に記載）	—	—*2	—	常設/防止 (DB 拡張)	—	VI-2-5-4-1-1
		代替水源移送系	主配管	—	—*2	—	常設/防止 常設/緩和	—	VI-2-5-5-5-1
	原子炉冷却材補給設備	原子炉隔離時冷却系	原子炉隔離時冷却系ポンプ	S	無	VI-2-5-6-1-1 VI-2-5-6-1-2	—	—	—
			主要弁	S	無	VI-2-5-6-1-3	—	—	—
			主配管	S	有	VI-2-5-6-1-3	—	—	—

表 1 耐震評価条件整理一覧表 (26/29)

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
				耐震重要度 分類	新規制基準 施工前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載個所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載個所	
原子炉冷却系統施設	原子炉冷却材補給設備	補給水系	復水移送ポンプ	B	—*2	—	—	—	—	
			復水貯蔵タンク	B	—*2	—	—	—	—	
			主配管	B	—*2	—	—	—	—	
	原子炉補機冷却設備	(原子炉補機冷却海水系を含む。)	原子炉補機冷却水系	原子炉補機冷却水系熱交換器	S	無	VI-2-5-7-1-1	常設/防止 (DB 拡張) 常設/緩和 (DB 拡張)	無	VI-2-5-7-1-1
				原子炉補機冷却水ポンプ	S	無	VI-2-5-7-1-2	常設/防止 (DB 拡張) 常設/緩和 (DB 拡張)	無	VI-2-5-7-1-2
				原子炉補機冷却海水ポンプ	S	無	VI-2-5-7-1-3	常設/防止 (DB 拡張) 常設/緩和 (DB 拡張)	無	VI-2-5-7-1-3

表 1 耐震評価条件整理一覧表 (27/29)

評価対象設備			設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
			耐震重要度 分類	新規制基準 施工前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載個所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載個所	
原子炉冷却系統施設	原子炉補機冷却設備	(原子炉補機冷却海水系を含む。)	原子炉補機冷却水 サージタンク	S	—*2	VI-2-5-7-1-4	常設/防止 (DB 拡張) 常設/緩和 (DB 拡張)	無	VI-2-5-7-1-4
			原子炉補機冷却海 水系ストレータ	S	無	VI-2-5-7-1-5	常設/防止 (DB 拡張) 常設/緩和 (DB 拡張)	無	VI-2-5-7-1-5
			主配管	S	有	VI-2-5-7-1-6	常設/防止 (DB 拡張) 常設/緩和 (DB 拡張)	無	VI-2-5-7-1-6
		(高圧炉心スプレ イ補機冷却海水系を含む。)	高圧炉心スプレ イ補機冷却水系熱交 換器	S	無	VI-2-5-7-2-1	常設/防止 (DB 拡張)	無	VI-2-5-7-2-1
	高圧炉心スプレ イ補機冷却水ポンプ		S	無	VI-2-5-7-2-2	常設/防止 (DB 拡張)	無	VI-2-5-7-2-2	

表1 耐震評価条件整理一覧表(28/29)

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度 分類	新規制基準 施工前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載個所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載個所
原子炉冷却系統施設	原子炉補機冷却設備	高圧炉心スプレ イ補機冷却水系 (高圧炉心スプレ イ補機冷却 海水系を含む)	高圧炉心スプレ イ補機冷却海水ポン プ	S	無	VI-2-5-7-2-3	常設/防止 (DB 拡張)	無	VI-2-5-7-2-3
			高圧炉心スプレ イ補機冷却水サージ タンク	S	—*2	VI-2-5-7-2-4	常設/防止 (DB 拡張)	無	VI-2-5-7-2-4
			高圧炉心スプレ イ補機冷却海水系ス トレーナ	S	無	VI-2-5-7-2-5	常設/防止 (DB 拡張)	無	VI-2-5-7-2-5
			主配管	S	有	VI-2-5-7-2-5	常設/防止 (DB 拡張)	無	VI-2-5-7-2-5
	原子炉補機代替冷却水系	原子炉補機冷却水 サージタンク	—	—*2	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	VI-2-5-7-1-4	
		主配管	—	—*2	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	VI-2-5-7-1-6 VI-2-5-7-3-1	
		残留熱除去系熱交 換器(残留熱除去設 備 残留熱除去系)	—	—*2	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	VI-2-5-4-1-1	

表 1 耐震評価条件整理一覧表 (29/29)

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度 分類	新規制基準 施工前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載個所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載個所
原子炉冷却系統施設	原子炉冷却材浄化設備	原子炉冷却材浄化系	主要弁	S	無	VI-2-5-8-1-1	—	—	—
			主配管	S	有	VI-2-5-8-1-1	—	—	—

注記*1:「常設耐震/防止」は常設耐震重要重大事故防止設備,「常設/緩和」は常設重大事故緩和設備,「常設/防止(DB拡張)」は常設重大事故防止設備(設計基準拡張),「常設/緩和(DB拡張)」は常設重大事故緩和設備(設計基準拡張)を示す。

*2:本工事計画で新規に申請する設備であることから,差異比較の対象外。

VI-2-5-2 原子炉冷却材再循環設備の耐震性についての計算書

目 次

VI-2-5-2-1 原子炉再循環系の耐震性についての計算書

VI-2-5-2-1 原子炉再循環系の耐震性についての計算書

目 次

VI-2-5-2-1-1 管の耐震性についての計算書（原子炉再循環系）

VI-2-5-2-1-1 管の耐震性についての計算書
(原子炉再循環系)

設計基準対象施設

目次

1. 概要	1
2. 概略系統図及び鳥瞰図	2
2.1 概略系統図	2
2.2 鳥瞰図	4
3. 計算条件	17
3.1 計算方法	17
3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態	18
3.3 設計条件	19
3.4 材料及び許容応力	40
3.5 設計用地震力	41
4. 解析結果及び評価	43
4.1 固有周期及び設計震度	43
4.2 評価結果	55
4.2.1 管の応力評価結果	55
4.2.2 支持構造物評価結果	60
4.2.3 弁の動的機能維持評価結果	61
4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	62

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-13-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」（以下「基本方針」という。）に基づき、管、支持構造物及び弁が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

評価結果の記載方法は、以下に示すとおりである。

(1) 管

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全2モデルのうち、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を4.2.4に記載する。

(2) 支持構造物

工事計画記載範囲の支持点のうち、種類及び型式単位に反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。






(3) 弁

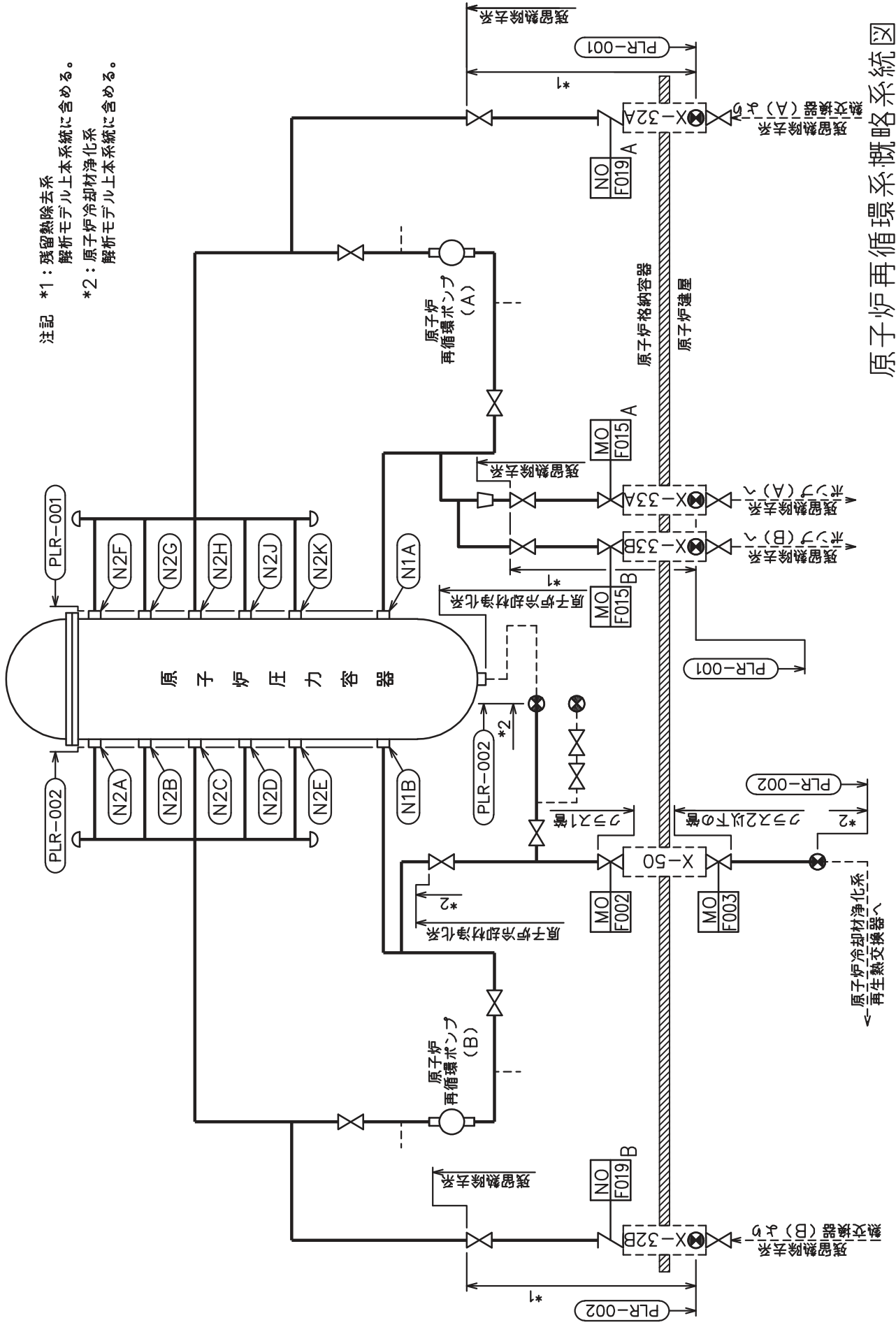
機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として、評価結果を記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例

記 号	内 容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管
	鳥瞰図番号
	アンカ



注記 *1: 残留熱除去系

解析モデル上本系統に含める。


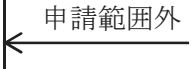



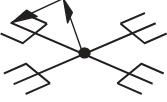
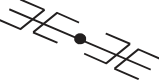

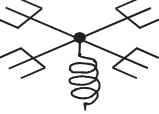
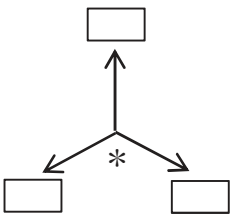
*2: 原子炉冷却材浄化系

解析モデル上本系統に含める。

原子炉再循環系概略系統図

2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

記号	内容
	<p>工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管</p>
	<p>工事計画記載範囲外の管</p>
	<p>工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって解析モデルとして本系統に記載する管</p>
	<p>質点</p>
	<p>アンカ</p>
	<p>レストレイント (矢印は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。スナップについても同様とする。)</p>
	<p>スナップ</p>
	<p>ハンガ</p>
	<p>ガイド</p>
	<p>拘束点の地震による相対変位量(mm) (*は評価点番号, 矢印は拘束方向を示す。また, 内に変位量を記載する。)</p>

鳥瞰図 PLR-001-1/6

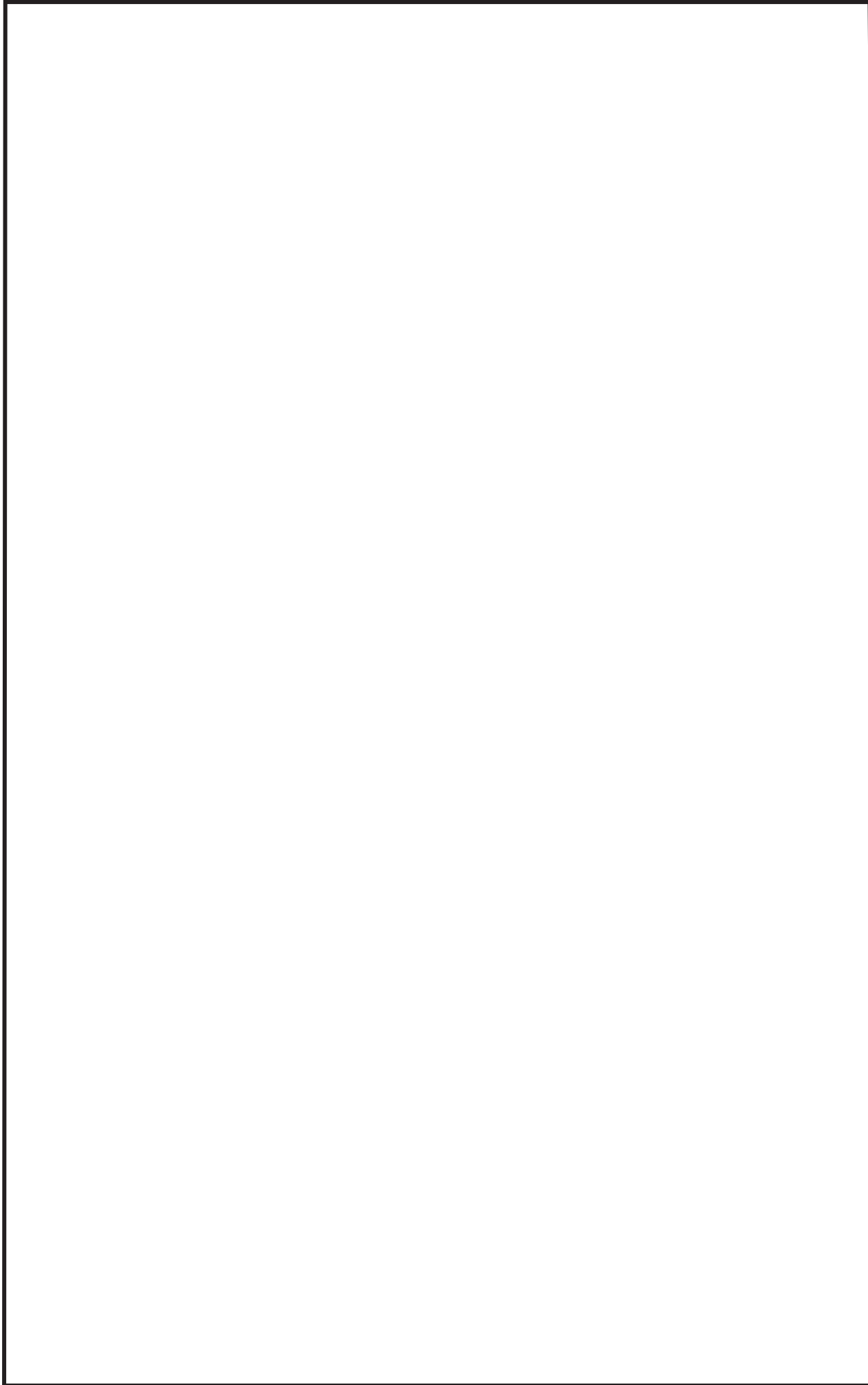
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 | PLR-001-2/6

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

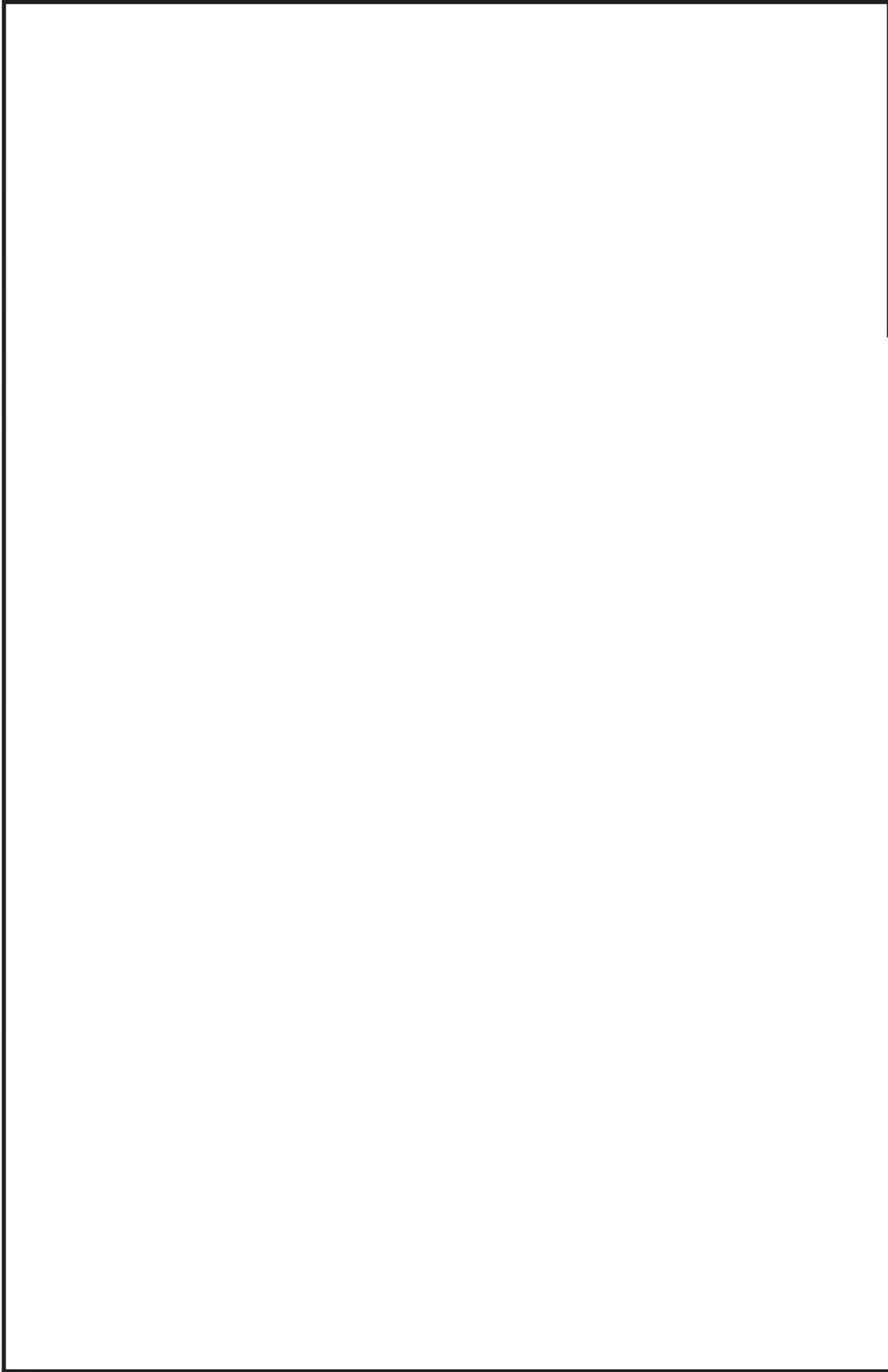
鳥瞰図 PLR-001-3/6

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 | PLR-001-4/6

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 | PLR-001-5/6

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 | PLR-001-6/6

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 PLR-002-1/6

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 PLR-002-2/6

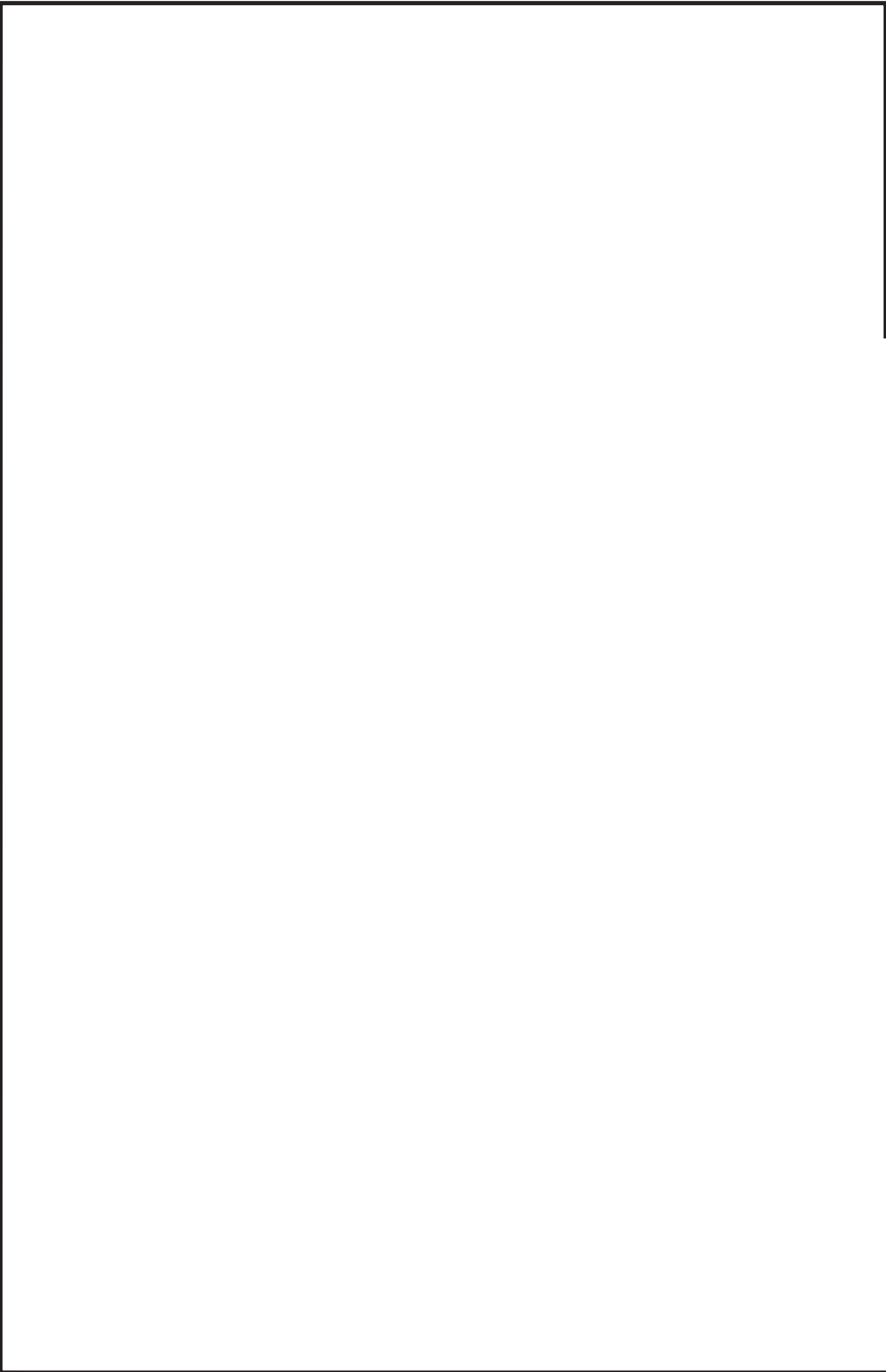
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 PLR-002-4/6

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 PLR-002-5/6

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 | PLR-002-6/6

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3. 計算条件

3.1 計算方法

管の構造強度評価は、「基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。解析コードは、「I S A P」を使用し、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設分類*1	設備分類	機器等の区分	耐震重要度分類	荷重の組合せ*2, *3	許容応力状態
原子炉冷却系統施設	原子炉冷却材再循環設備	原子炉再循環系	DB	-	クラス1管	S	I _L + S d	III _A S
							II _L + S d	
							I _L + S s	
							II _L + S s	
						IV _L (L) + S d	IV _A S	
原子炉冷却系統施設	原子炉冷却材浄化設備	原子炉冷却材浄化系	DB	-	クラス1管 クラス3管	S	I _L + S d	III _A S
							II _L + S d	
							I _L + S s	
							II _L + S s	
						IV _L (L) + S d	IV _A S	
原子炉冷却系統施設	残留熱除去設備	残留熱除去系	DB	-	クラス1管	S	I _L + S d	III _A S
							II _L + S d	
							I _L + S s	
							II _L + S s	
						IV _L (L) + S d	IV _A S	

注記*1：DBは設計基準対象施設，SAは重大事故等対処設備を示す。

*2：運転状態の添字Lは荷重，(L)は荷重が長期間作用している状態を示す。

*3：許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

3.3 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管名称で区分し，管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 P L R - 0 0 1

管名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	8.62	302	520.6	32.5	SUS316TP	S	175840
2	8.62	302	520.6	32.5	SUSF316	S	175840
3	10.40	302	520.6	32.5	SUS316TP	S	175840
4	10.40	302	520.6	32.5	SUSF316	S	175840
5	10.40	302	279.3	18.2	SUSF316	S	175840
6	10.40	302	416.0	26.2	SUSF316	S	175840
7	8.62	302	457.2	29.4	SUSF316	S	175840
8	8.62	302	457.2	29.4	STS410	S	184760
9	8.62	302	457.2	34.9	STS410	S	184760

設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管名称で区分し，管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 P L R - 0 0 1

管名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
10	8.62	302	355.6	27.8	STS410	S	184760
11	8.62	302	355.6	23.8	STS410	S	184760
12	10.40	302	318.5	25.4	STS410	S	184760
13	10.40	302	318.5	25.4	SUSF316	S	175840

設計条件

管名称と対応する評価点
 評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図 P L R - 0 0 1

管名称	対 応 す る 評 価 点														
1	1	7	8	9	10	11	14	15	16	17	501	800	801	802	903
2	2	3	4	5	6	7	11	12	17	18	501				
3	19	20	21	803	901										
4	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	804	
5	35	36	37	38	39	43	47	52	56	58	59	60	61	62	63
	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73					
6	35	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53
	54	55	56	57	502	503	913	914							
7	6	101													
8	101	102	103	104	105										
9	105	106	107	108											
10	106	108	135	504											
11	109	110	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124
	125	126	127	128	135	136	138	139	140	141	142	143	144	145	146
	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	164	504	905	906
	909	910	911	912											
12	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	221	222
	223	224	225	226	807	902	904	907	908						
13	29	224													

配管の質量（付加質量含む）

鳥 瞰 図 P L R - 0 0 1

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
1		38		69		140		224	
2		39		70		141		225	
3		40		71		142		226	
4		41		72		143		501	
5		42		73		144		502	
6		43		101		145		503	
7		44		102		146		504	
8		45		103		147		800	
9		46		104		148		801	
10		47		105		149		802	
11		48		106		150		803	
15		49		107		151		804	
16		50		108		152		807	
17		51		109		153		901	
18		52		113		154		902	
19		53		114		155		903	
20		54		115		156		904	
24		55		116		164		905	
25		56		117		208		906	
26		57		118		209		907	
27		58		119		210		908	
28		59		120		211		909	
29		60		121		212		910	
30		61		122		213		911	
31		62		123		214		912	
32		63		124		215		913	
33		64		125		216		914	
34		65		126		217			
35		66		127		218			
36		67		135		222			
37		68		139		223			

O 2 ③ VI-2-5-2-1-1 (設) R 0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥 瞰 図 P L R - 0 0 1

弁部の質量を下表に示す。


弁 1		弁 2		弁 3		弁 4		弁 5	
評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
12	[]	21	[]	110	[]	128	[]	136	[]
13		22		111		129		137	
14		23		112		130		138	
401		403		405					
402	404	406							

弁 6		弁 7		弁 8	
評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
157	[]	205	[]	219	[]
158		206		220	
159		207		221	
407					
408					

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥 瞰 図 P L R - 0 0 1

弁部の寸法を下表に示す。

弁NO.	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
弁1	13			
弁2	22			
弁3	111			
弁4	129			
弁5	137			
弁6	158			
弁7	206			
弁8	220			

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 P L R - 0 0 1

支持点部のばね定数を下表に示す。

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1						
5						
** 8 **						
** 10 **						
15						
24						
** 27 **						
30						
** 31 **						
** 33 **						
39						
** 46 **						
** 55 **						
61						
65						
69						
73						
** 104 **						
** 115 **						
117						
124						
127						
** 141 **						
143						
** 145 **						

--

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

O 2 ③ VI-2-5-2-1-1 (設) R 0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 P L R - 0 0 1

支持点部のばね定数を下表に示す。

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
** 147 **						
156						
208						
** 216 **						
** 307 **						
** 308 **						
** 309 **						
** 310 **						
311						
312						
313						
314						
** 315 **						
** 316 **						
** 317 **						
** 318 **						
** 319 **						
** 406 **						
** 408 **						
901						
** 902 **						
** 903 **						

--

O 2 ③ VI-2-5-2-1-1 (設) R 0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 P L R - 0 0 1

支持点部のばね定数を下表に示す。

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
** 904 **						
** 905 **						
** 906 **						
** 907 **						
** 908 **						
** 909 **						
** 910 **						
** 911 **						
** 912 **						
** 913 **						
** 914 **						

--

O 2 ③ VI-2-5-2-1-1(設) R 0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管名称で区分し，管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 P L R - 0 0 2 (クラス1管)

管名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	8.62	302	520.6	32.5	SUSF316	S	175840
2	8.62	302	520.6	32.5	SUS316TP	S	175840
3	10.40	302	520.6	32.5	SUS316TP	S	175840
4	10.40	302	520.6	32.5	SUSF316	S	175840
5	10.40	302	279.3	18.2	SUSF316	S	175840
6	10.40	302	416.0	26.2	SUSF316	S	175840
7	10.40	302	318.5	25.4	STS410	S	184760
8	10.40	302	318.5	25.4	SUSF316	S	175840
9	8.62	302	216.3	15.1	SUSF316	S	175840

設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管名称で区分し，管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 P L R - 0 0 2 (ク ラ ス 1 管)

管名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
10	8.62	302	216.3	15.1	STS410	S	184760
11	8.62	302	60.5	8.7	SFVC2B	S	184760
12	8.62	302	60.5	8.7	STS410	S	184760

設計条件

管名称と対応する評価点
 評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図 P L R - 0 0 2 (ク ラ ス 1 管)

管名称	対 応 す る 評 価 点														
1	1	2	3	4	6	7	8	9	10	11	12	17	18		
2	4	5	6	14	15	16	17	801	802	902					
3	19	20	21	803	901										
4	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35		
5	35	36	37	38	39	43	47	52	56	58	59	60	61	62	63
	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73					
6	35	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53
	54	55	56	57	906	907									
7	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	220	221	222
	223	224	225	908	909										
8	29	223													
9	7	101													
10	101	102	103	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116
	117	118	119	120	121	122	123	124	165	166	167	170	501	804	
11	108	138	502												
12	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	153	154	155
	156	157	158	169	503	504	903	904	905	911					

配管の質量（付加質量含む）

鳥 瞰 図 P L R-0 0 2（クラス1管）

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
1		36		65		138		214	
2		37		66		139		215	
3		38		67		140		216	
4		39		68		141		217	
5		40		69		142		221	
6		41		70		143		222	
7		42		71		144		223	
8		43		72		145		224	
9		44		73		146		225	
10		45		101		147		501	
11		46		102		148		502	
15		47		106		149		801	
16		48		107		153		802	
17		49		108		154		803	
18		50		109		155		804	
19		51		110		156		901	
20		52		111		157		902	
24		53		112		158		903	
25		54		113		165		904	
26		55		114		166		905	
27		56		115		167		906	
28		57		116		169		907	
29		58		117		170		908	
30		59		118		208		909	
31		60		119		209		911	
32		61		120		210			
33		62		121		211			
34		63		122		212			
35		64		123		213			

O 2 ③ VI-2-5-2-1-1 (設) R 0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥 瞰 図 P L R-0 0 2 (クラス1管)

弁部の質量を下表に示す。


弁 1		弁 2		弁 3		弁 4		弁 5	
評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
12		21		103		124		134	
13		22		104		125			
14		23		105		126			
401		403		405	407				
402		404		406		408			

弁 6		弁 7		弁 8	
評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
503		205		218	
151		206		219	
504		207		220	

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥 瞰 図 P L R-0 0 2 (クラス1管)

弁部の寸法を下表に示す。

弁NO.	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
弁1	13			
弁2	22			
弁3	104			
弁4	125			
弁5	135			
弁6	151			
弁7	206			
弁8	219			

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 P L R - 0 0 2 (ク ラ ス 1 管)

支持点部のばね定数を下表に示す。

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1						
5						
** 8 **						
** 10 **						
15						
24						
** 27 **						
30						
** 31 **						
** 33 **						
39						
** 46 **						
** 55 **						
61						
65						
69						
73						
** 111 **						
113						
** 116 **						
119						
123						
146						
158						
** 169 **						

--

O 2 ③ VI-2-5-2-1-1 (設) R 0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 P L R - 0 0 2 (ク ラ ス 1 管)

支持点部のばね定数を下表に示す。

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
** 170 **						
208						
** 215 **						
** 307 **						
** 308 **						
** 309 **						
** 310 **						
311						
312						
313						
314						
** 315 **						
** 316 **						
** 317 **						
** 318 **						
** 319 **						
** 406 **						
408						
** 408 **						
511						
** 901 **						
** 902 **						

--

O 2 ③ VI-2-5-2-1-1 (設) R 0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 P L R - 0 0 2 (ク ラ ス 1 管)

支持点部のばね定数を下表に示す。

支持点番号	各軸方向ばね定数 (N/mm)			各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
903						
904						
** 906 **						
** 907 **						
** 908 **						
909						
** 911 **						

O 2 ③ VI-2-5-2-1-1 (設) R 0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管名称で区分し，管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 P L R - 0 0 2 (クラス2以下の管)

管名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	8.83	302	216.3	18.2	STS410	S	184760

設計条件

管名称と対応する評価点
評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図 P L R - 0 0 2 (ク ラ ス 2 以 下 の 管)

管名称	対 応 す る 評 価 点
1	136 137

配管の質量 (付加質量含む)

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
136	<input type="text"/>	137	<input type="text"/>

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 P L R - 0 0 2 (ク ラ ス 2 以 下 の 管)

支持点部のばね定数を下表に示す。

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
137						

3.4 材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

材料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)			
		S m	S y	S u	S h
SFVC2B	302	125	187	—	—
STS410	302	122	182	404	—
SUS316TP	302	118	130	—	—
SUSF316	302	118	130	—	—

3.5 設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答曲線を下表に示す。

なお、設計用床応答曲線は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき策定したものをを用いる。また、減衰定数は、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

鳥 瞰 図	建物・構築物	標高(O.P. (m))	減衰定数(%)
P L R - 0 0 1	原子炉本体基礎		

設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答曲線を下表に示す。

なお、設計用床応答曲線は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき策定したものをを用いる。また、減衰定数は、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

鳥 瞰 図	建物・構築物	標高(O.P. (m))	減衰定数(%)
P L R - 0 0 2	原子炉本体基礎		

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥瞰図 PLR-001

モード	適用する地震動等		S d 及び静的震度				S s	
	固有周期 (s)	応答水 平震度*1	応答水 平震度*1		応答鉛直震度*1	応答水 平震度*1		応答鉛直震度*1
			X 方 向	Z 方 向		X 方 向	Z 方 向	
1 次								
2 次								
3 次								
4 次								
5 次								
6 次								
7 次								
8 次								
16 次								
17 次*2								
動的震度*3								
静的震度*4								

注記*1：各モードの固有周期に対し、設計用床応答曲線より得られる震度を示す。
 *2：固有周期が0.050s以下であることを示す。
 *3：S d又はS s地震動に基づく設計用最大床応答加速度より定めた震度を示す。
 *4：3.6C_I及び1.2C_Vより定めた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数

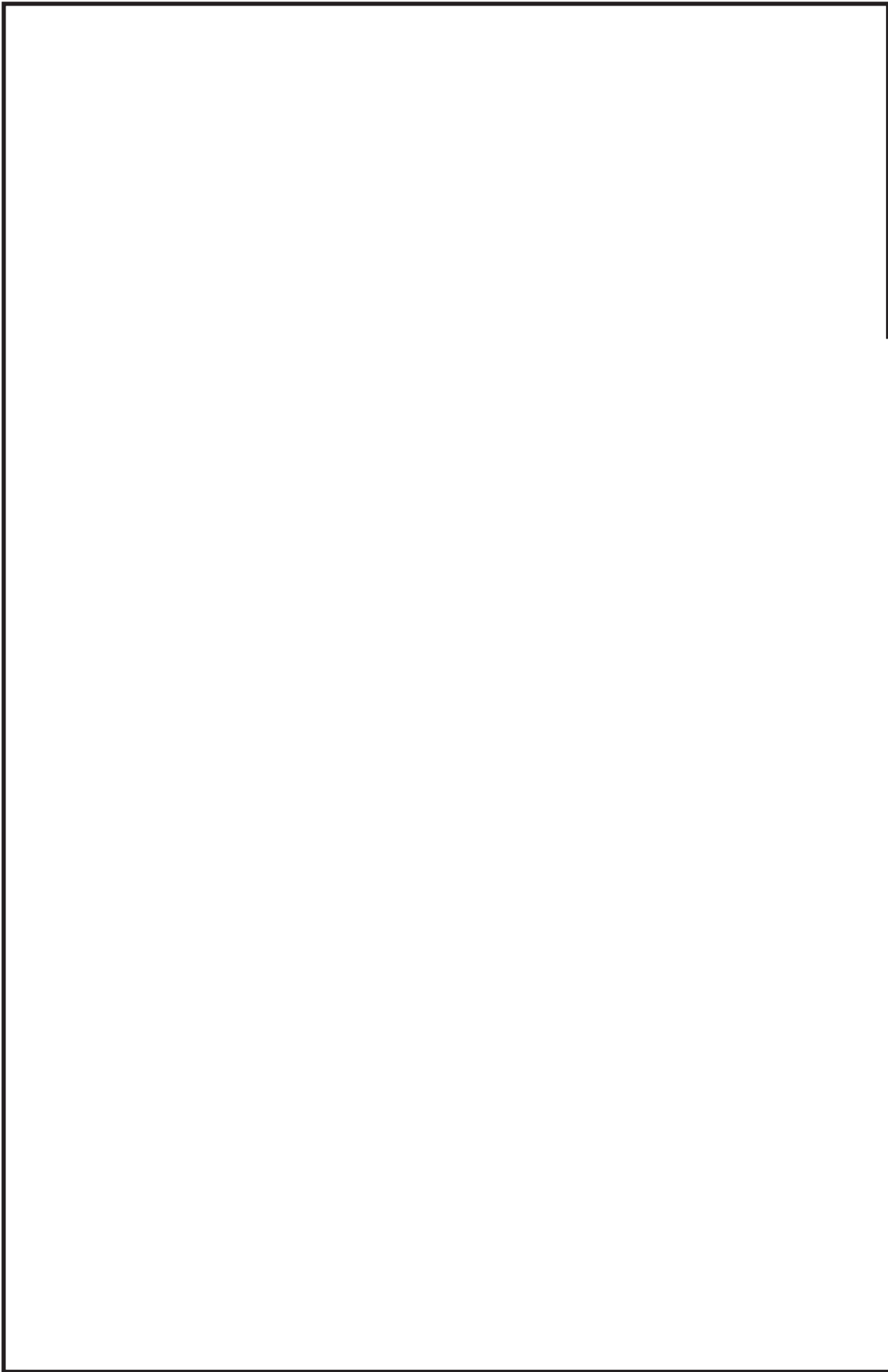
鳥瞰図 PLR-001

モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X 方向	Y 方向	Z 方向
1 次				
2 次				
3 次				
4 次				
5 次				
6 次				
7 次				
8 次				
16 次				

注記*：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

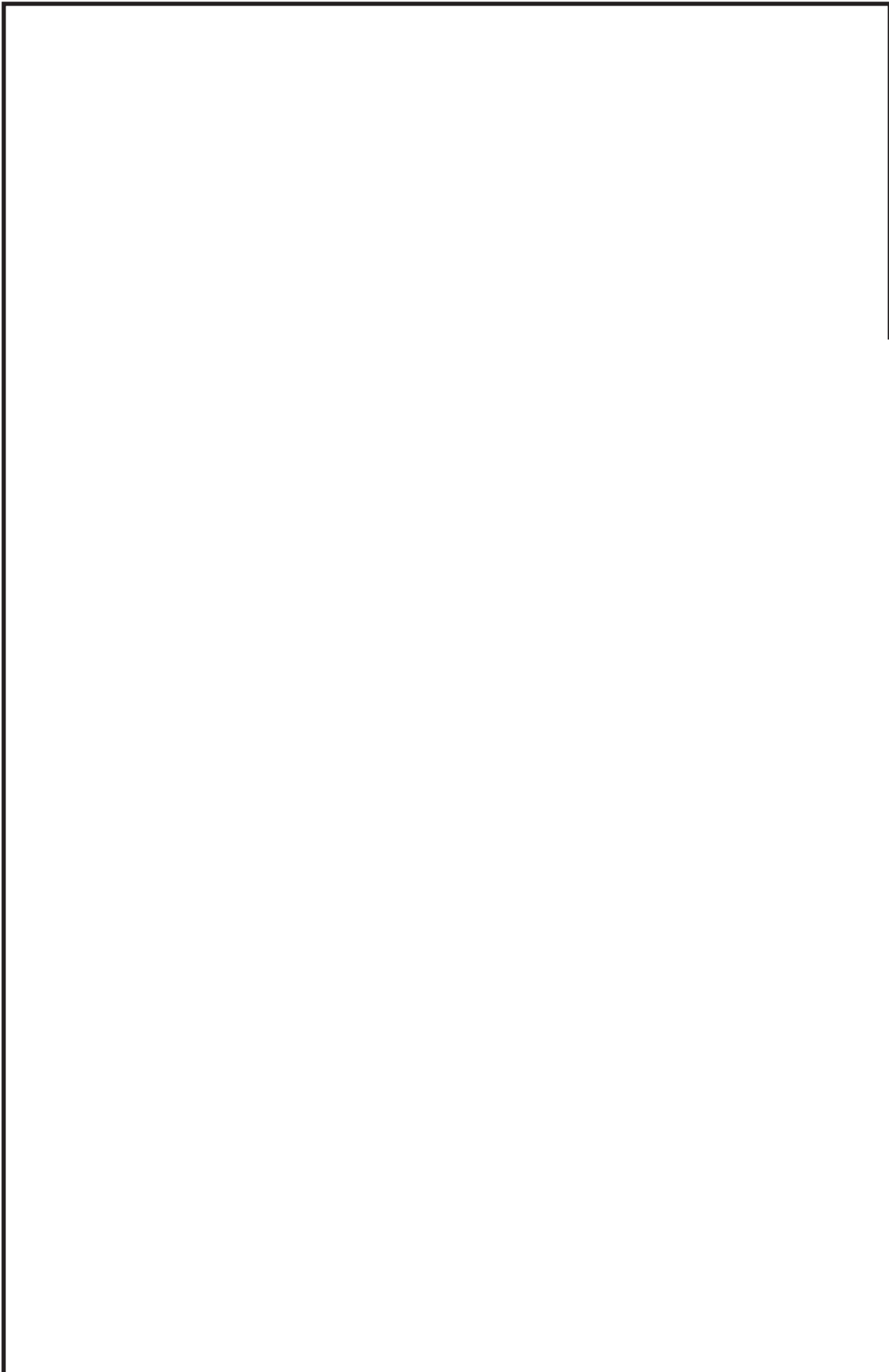
代表的振動モード図

振動モード図は、3次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し、次ページ以降に示す。



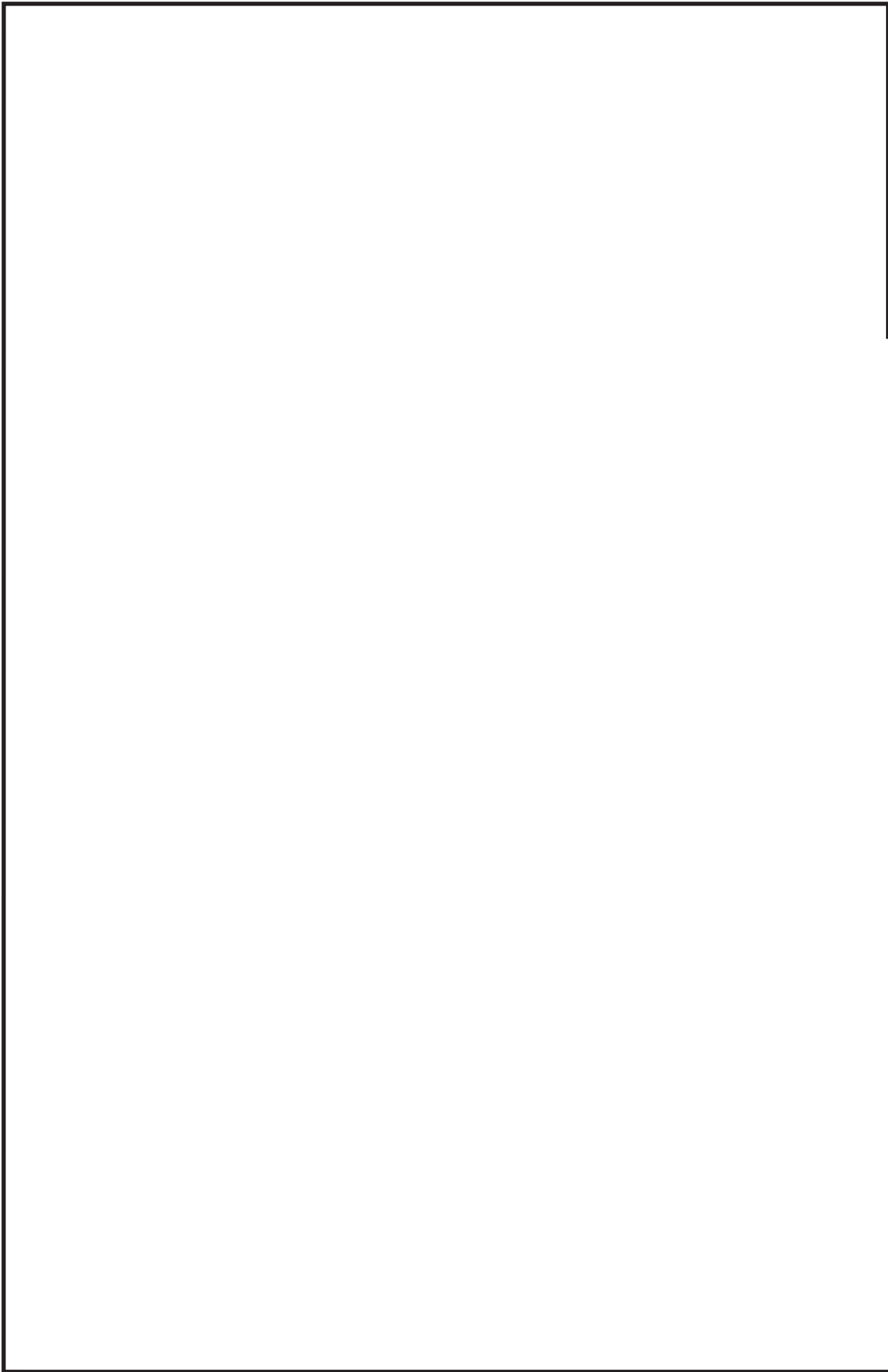
鳥瞰図 PLR-001

枠組みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 PLR-001

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 PLR-001

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

固有周期及び設計震度

鳥瞰図 PLR-002

適用する地震動等		S d 及び静的震度				S s		
		応答水平震度*1		応答鉛直震度*1		応答水平震度*1		応答鉛直震度*1
モード	固有周期 (s)	X 方向	Z 方向	Y 方向	X 方向	Z 方向	Y 方向	
1 次								
2 次								
3 次								
4 次								
5 次								
6 次								
7 次								
8 次								
16 次								
17 次*2								
動的震度*3								
静的震度*4								

注記*1：各モードの固有周期に対し、設計用床応答曲線より得られる震度を示す。
 *2：固有周期が0.050s以下であることを示す。
 *3：S d又はS s地震動に基づく設計用最大床応答加速度より定めた震度を示す。
 *4：3.6C₁及び1.2C_vより定めた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数

鳥瞰図 PLR-002

モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X 方向	Y 方向	Z 方向
1 次		[Redacted Content]		
2 次				
3 次				
4 次				
5 次				
6 次				
7 次				
8 次				
16 次				

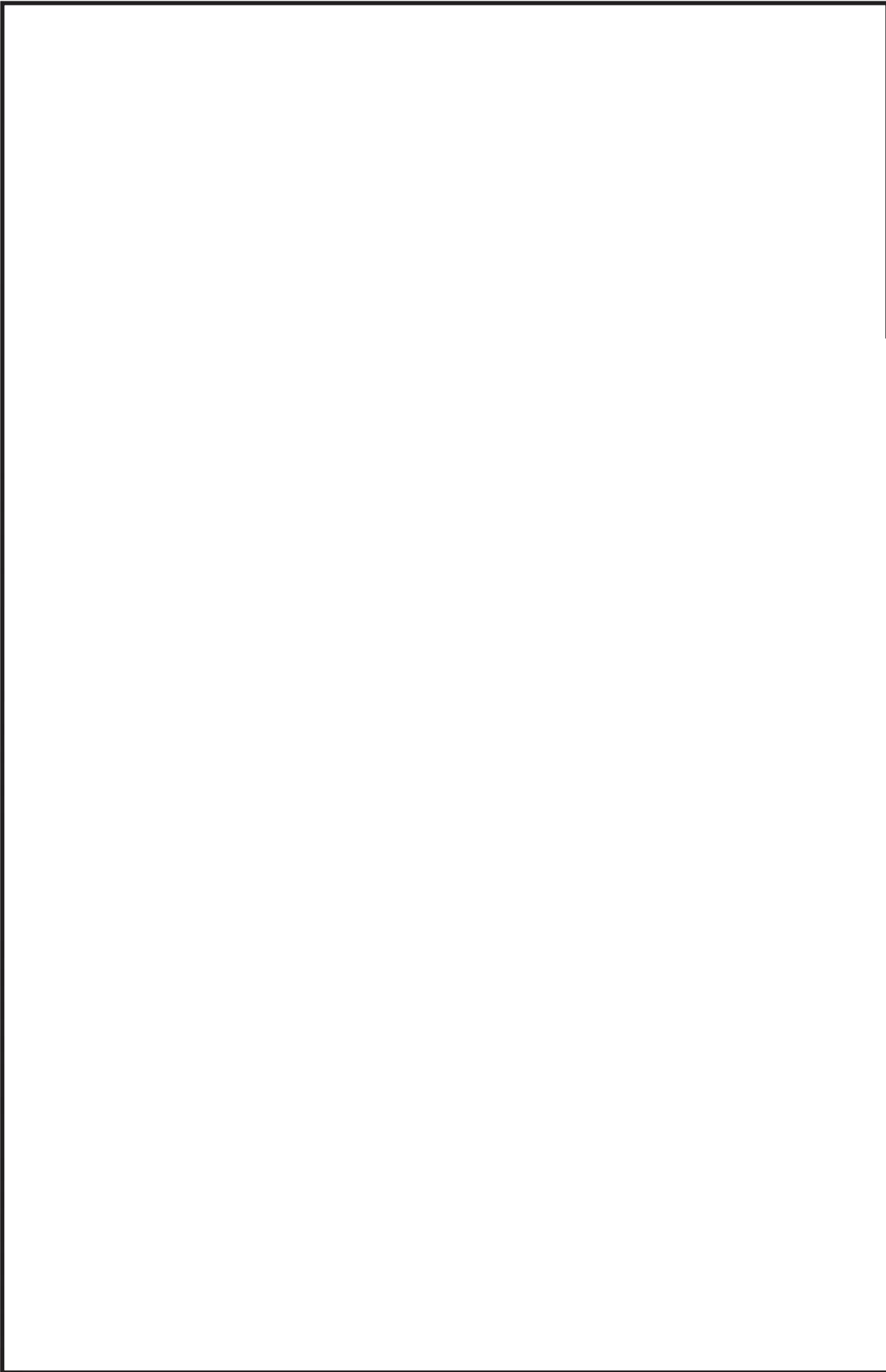
注記*：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

代表的振動モード図

振動モード図は、3次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し、次ページ以降に示す。

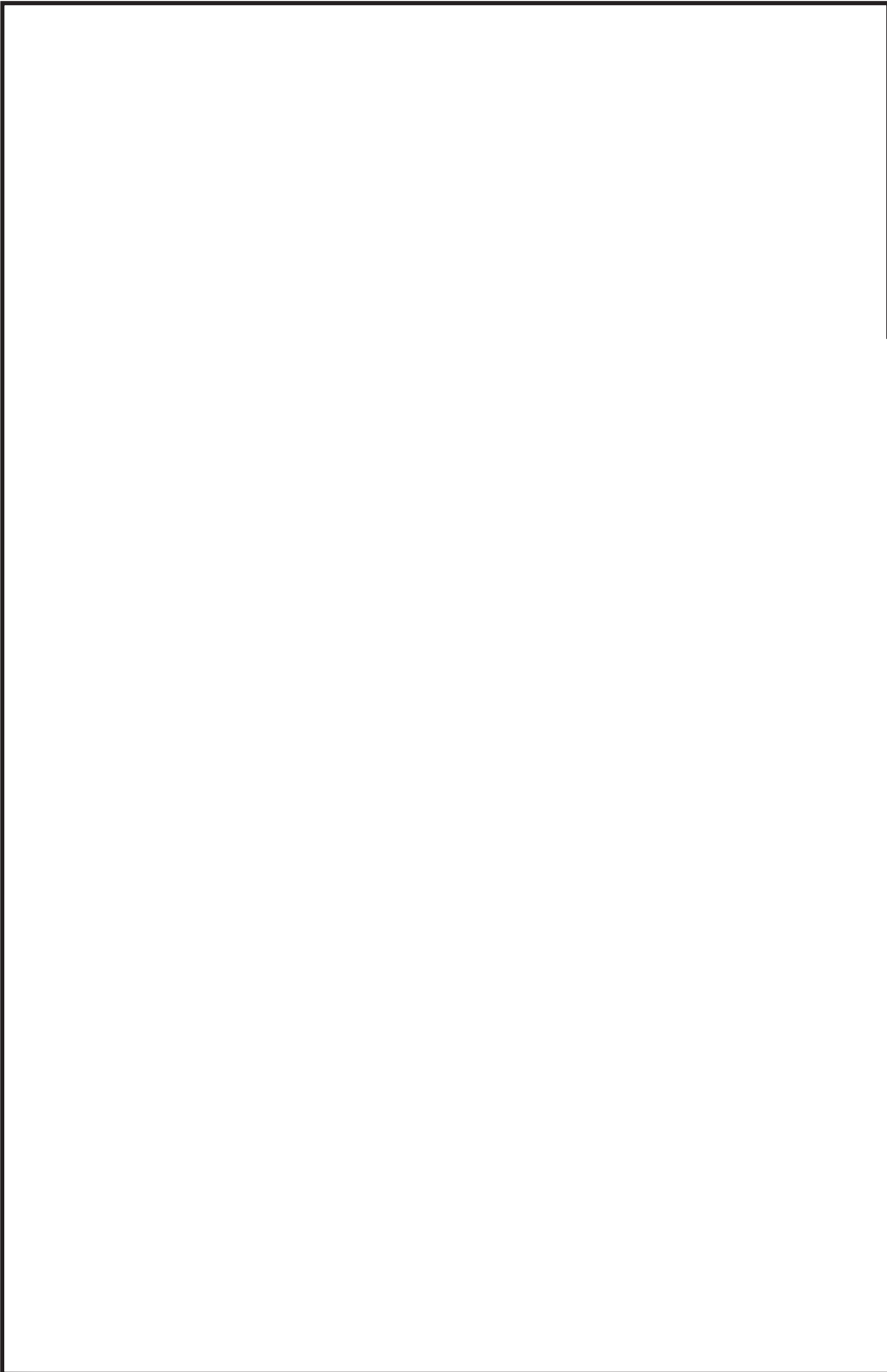
鳥瞰図 PLR-002

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 PLR-002

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 PLR-002

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4.2 評価結果

4.2.1 管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

クラス1管

鳥瞰図	許容 応力 状態	最大 応力 評価点	配管 要素 名称	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)				一次+二次応力評価 (MPa)			疲労評価 疲労累積係数
					一次応力 S p r m (S d) S p r m (S s)	許容応力 2. 2 5・S m 3・S m	ねじり応力 S t (S d) S t (S s)	許容応力 0. 5 5・S m 0. 7 3・S m	一次+二次応力 S n (S d) S n (S s)	許容応力 3・S m 3・S m	一次+二次応力評価 (MPa)	
PLR-001	III _A S	6	TEE	S p r m (S d)	194	265	—	—	—	—	—	—
	III _A S	18	ELBOW	S t (S d)	—	—	108 *	64	—	—	—	—
	III _A S	6	TEE	S n (S d)	—	—	—	—	402 **	354	0. 0071	U+U S d
	III _A S	136	BUTT WELD	U+U S d	—	—	—	—	—	—	0. 0966	U+U S s
	IV _A S	6	TEE	S p r m (S s)	270	354	—	—	—	—	—	—
	IV _A S	18	ELBOW	S t (S s)	—	—	164 *	86	—	—	—	—
	IV _A S	6	TEE	S n (S s)	—	—	—	—	663 **	354	0. 1240	U+U S s
	IV _A S	106	TEE	U+U S s	—	—	—	—	—	—	0. 2091	U+U S s

*印はねじりによる最大応力発生点において応力が許容応力を超えていることを示し、次頁に曲げとねじりによる応力評価結果を示す。

**印は一次+二次応力が許容応力を超えていることを示し、簡易弾塑性解析を行い疲労評価の結果疲労累積係数が1以下であり許容値を満足している。

下表に示すとおりねじりによる応力が許容応力状態Ⅲ_ASのとき $0.55 \cdot S_m$ 、又は許容応力状態Ⅳ_ASのとき $0.73 \cdot S_m$ を超える評価点のうち曲げとねじりによる応力は許容値を満足している。

鳥 瞰 図 P L R - 0 0 1

評価点	一次応力評価 (MPa)			
	ねじり応力 S _t (S _d) S _t (S _s)	許容応力 $0.55 \cdot S_m$ $0.73 \cdot S_m$	曲げとねじり応力 S _t +S _b (S _d) S _t +S _b (S _s)	許容応力 $1.8 \cdot S_m$ $2.4 \cdot S_m$
6	73 * 122 *	64 86	156 232	212 283
18	108 * 164 *	64 86	120 184	212 283

管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

クラス1 管

鳥瞰図	許容 応力 状態	最大 応力 評価点	配管 要素 名称	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)				一次+二次応力評価 (MPa)			疲労評価 疲労累積係数	
					一次応力	許容応力	ねじり応力	許容応力	一次+二次応力	許容応力	一次+二次応力		許容応力
					S p r m (S d) S p r m (S s)	2. 25・S m 3・S m	S t (S d) S t (S s)	0. 55・S m 0. 73・S m	S n (S d) S n (S s)	— —	— —		354 354
PLR-002	III _A S	29	TEE	S p r m (S d)	200	265	—	—	—	—	—	—	
	III _A S	18	ELBOW	S t (S d)	—	—	100 *	64	—	—	—	—	
	III _A S	35	TEE	S n (S d)	—	—	—	—	404 **	354	0. 0096	0. 0096	
	III _A S	108	TEE	U+U S d	—	—	—	—	—	—	—	0. 0365	
	IV _A S	29	TEE	S p r m (S s)	282	354	—	—	—	—	—	—	
	IV _A S	18	ELBOW	S t (S s)	—	—	161 *	86	—	—	—	—	
	IV _A S	35	TEE	S n (S s)	—	—	—	—	657 **	354	0. 1202	0. 1202	
	IV _A S	222	ELBOW	U+U S s	—	—	—	—	—	—	—	0. 3181	

*印はねじりによる最大応力発生点において応力が許容応力を超えていることを示し、次頁に曲げとねじりによる応力評価結果を示す。

**印は一次+二次応力が許容応力を超えていることを示し、簡易弾塑性解析を行い疲労評価の結果疲労累積係数が1以下であり許容値を満足している。

下表に示すとおりねじりによる応力が許容応力状態Ⅲ_ASのとき $0.55 \cdot S_m$ ，又は許容応力状態Ⅳ_ASのとき $0.73 \cdot S_m$ を超える評価点のうち曲げとねじりによる応力は許容値を満足している。

鳥 瞰 図 P L R - 0 0 2

評価点	一次応力評価 (MPa)			
	ねじり応力 S _t (S _d) S _t (S _s)	許容応力 $0.55 \cdot S_m$ $0.73 \cdot S_m$	曲げとねじり応力 S _t +S _b (S _d) S _t +S _b (S _s)	許容応力 $1.8 \cdot S_m$ $2.4 \cdot S_m$
18	100 * 161 *	64 86	119 189	212 283
29	70 * 111 *	64 86	154 236	212 283

管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

クラス2以下の管

鳥瞰図	許容応力 状態	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)		一次+二次応力評価 (MPa)		疲労評価
				計算応力 Sprm(Sd) Sprm(Ss)	許容応力 Sy*1 0.9・Su	計算応力 Sn(Ss)	許容応力 2・Sy	
PLR-002	III _A S	137	Spr m(Sd)	126	182	—	—	—
	IV _A S	137	Spr m(Ss)	194	363	—	—	—
	IV _A S	137	Sn(Ss)	—	—	314	364	USs

注記 *1: オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については, Syと1.2・Shのうち大きい方とする。

4.2.2 支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果 (荷重評価)

支持構造物 番号	種類	型式	材質	温度 (°C)	評価結果	
					計算 荷重 (kN)	許容 荷重 (kN)
PLR-001-316S	メカニカルスナップ	SMS-40-100			745	751
PLR-001-317S	メカニカルスナップ	SMS-40-100			746	751
PLR-001-117B	ロッドレストレイント	RST-5			77	235
PLR-002-313H	コンスタントハンガ	CVS-160-62			184	193
PLR-001-005H	スプリングハンガ	VS030B-20			155	2×92

支持構造物評価結果 (応力評価)

支持構造物 番号	種類	型式	材質	温度 (°C)	支持点荷重						評価結果		
					反力(kN)			モーメント (kN・m)			応力 分類	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)
					F _x	F _y	F _z	M _x	M _y	M _z			
PLR-001-309R	レストレイント	リジット ストラット	SF45A	66	390	0	1834	—	—	—	—	55	125
PLR-002-137A	アンカ	ラグ	SGV410	302	77	31	144	38	65	16	組合せ	189	199

4.2.3 弁の動的機能維持評価結果

下表に示すとおり機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下又は計算応力が許容応力以下である。

弁番号	形式	要求機能	機能維持評価用加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		機能確認済加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		構造強度評価結果 (MPa)	
			水平	鉛直	水平	鉛直	計算応力	許容応力
G31-F003	電動ゲート弁	α (S s)	6.6	6.4	20.0	20.0	178	280

* 応答加速度は、打ち切り振動数を 50Hz として計算した結果を示す。

4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度が最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果(クラス1管)

No.	配管モデル	許容応力状態 III _A S										許容応力状態 IV _A S							
		一次応力					一次応力					一次+二次応力*			疲労評価				
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労累積係数	代表
1	PLR-001	6	194	265	1.36	—	6	270	354	1.31	—	6	663	354	0.53	○	106	0.2091	—
2	PLR-002	29	200	265	1.32	○	29	282	354	1.25	○	35	657	354	0.53	—	222	0.3181	○

注記*：III_ASの一次+二次応力の許容値はIV_ASと同様であることから、地震荷重が大きいIV_ASの一次+二次応力裕度最小を代表とする。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果(クラス2以下の管)

No.	配管モデル	許容応力状態 III _A S						許容応力状態 IV _A S						疲労評価				
		一次応力			一次応力			一次+二次応力*			一次+二次応力*			評価点	代表			
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)			許容応力 (MPa)	裕度	代表
1	PLR-002	137	126	182	1.44	○	137	194	363	1.87	○	137	314	364	1.15	○	—	—

注記* : III_ASの一次+二次応力の許容値はIV_ASと同様であることから、地震荷重が大きいいIV_ASの一次+二次応力裕度最小を代表とする。

VI-2-5-3 原子炉冷却材の循環設備の耐震性についての計算書

目 次

VI-2-5-3-1 主蒸気系の耐震性についての計算書

VI-2-5-3-1 主蒸気系の耐震性についての計算書

目 次

VI-2-5-3-1-1 アキュムレータの耐震性についての計算書

VI-2-5-3-1-1 アキュムレータの耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用基準	3
2.4 記号の説明	4
2.5 計算精度と数値の丸め方	8
3. 評価部位	8
4. 固有周期	9
4.1 固有周期の計算方法	9
4.2 固有周期の計算条件	14
4.3 固有周期の計算結果	14
5. 構造強度評価	15
5.1 構造強度評価方法	15
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	15
5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	15
5.2.2 許容応力	15
5.2.3 使用材料の許容応力評価条件	15
5.3 設計用地震力	21
5.4 計算方法	22
5.4.1 応力の計算方法	22
5.5 計算条件	30
5.6 応力の評価	30
5.6.1 胴の応力評価	30
5.6.2 ラグの応力評価	31
5.6.3 取付ボルトの応力評価	31
5.6.4 H形鋼の応力評価	31
6. 評価結果	32
6.1 設計基準対象施設としての評価結果	32
6.1.1 主蒸気逃がし安全弁逃がし弁機能用アキュムレータ	32
6.1.2 主蒸気逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータ	32
6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	32
6.2.1 主蒸気逃がし安全弁逃がし弁機能用アキュムレータ	32
6.2.2 主蒸気逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータ	32

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき、アキュムレータが設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

アキュムレータは、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

対象機器は下記の二種あるが、共通の項目については単にアキュムレータと呼ぶ。

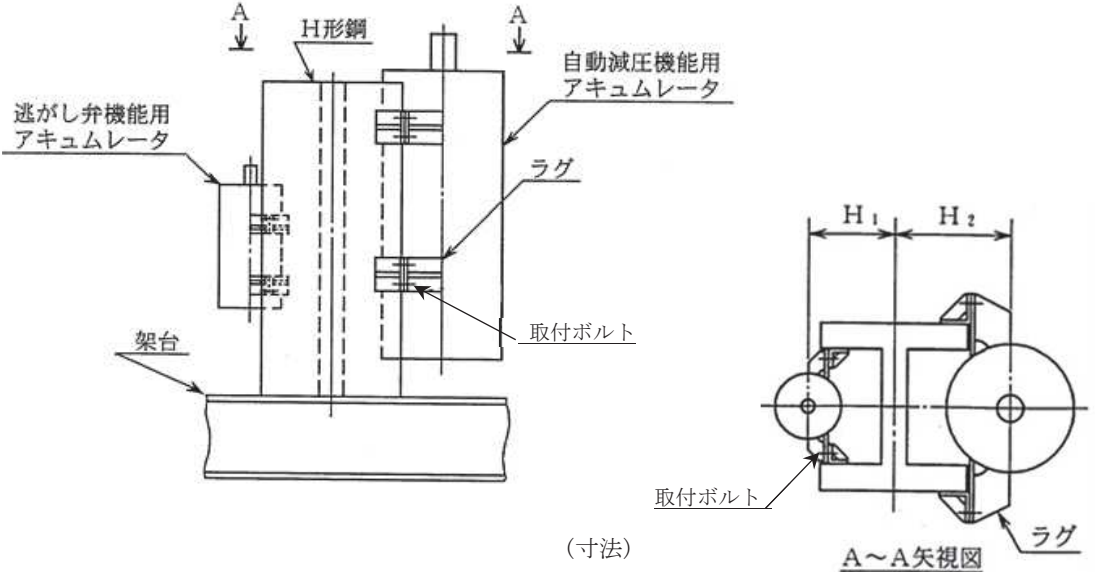
- ・主蒸気逃がし安全弁逃がし弁機能用アキュムレータ
- ・主蒸気逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータ

2. 一般事項

2.1 構造計画

アキュムレータの構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>アキュムレータは、胴を4枚のラグで支持する。 ラグは胴の当て板に溶接され、H形鋼には取付ボルトにより据え付ける。</p>	<p>上面及び下面に平板を有するたて置円筒形</p>	<p>【主蒸気逃がし安全弁逃がし弁機能用アキュムレータ】 【主蒸気逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータ】</p>  <p>(寸法) H₁ : 250mm H₂ : 380mm</p>

2.2 評価方針

アキュムレータの応力評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示すアキュムレータの部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 固有周期」にて算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「5. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「6. 評価結果」に示す。

アキュムレータの耐震評価フローを図 2-1 に示す。

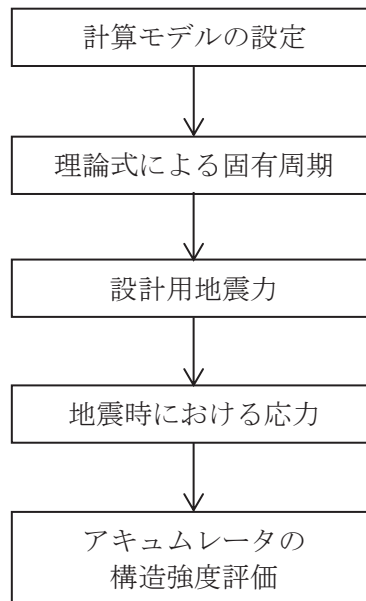


図 2-1 アキュムレータの耐震評価フロー

2.3 適用基準

適用基準を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針（重要度分類・許容応力編 JEAG 4601・補-1984, JEAG 4601-1987 及び JEAG 4601-1991 追補版）（日本電気協会 電気技術基準調査委員会 昭和 59 年 9 月, 昭和 62 年 8 月及び平成 3 年 6 月）
- (2) 発電用原子力設備規格（設計・建設規格（2005 年版（2007 年追補版含む。）） JSME S NC 1-2005/2007）（日本機械学会 2007 年 9 月）（以下「設計・建設規格」という。）

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_b	取付ボルトの断面積	mm^2
A_{h1}	逃がし弁機能用アキュムレータのH形鋼の断面積	mm^2
A_{h2}	自動減圧機能用アキュムレータのH形鋼の断面積	mm^2
A_{r1}	逃がし弁機能用アキュムレータのラグの断面積	mm^2
A_{r2}	自動減圧機能用アキュムレータのラグの断面積	mm^2
a_1	H形鋼下端から荷重点 F_2 までの距離(逃がし弁機能用アキュムレータ)	mm
a_2	H形鋼下端から荷重点 F_4 までの距離(自動減圧機能用アキュムレータ)	mm
a_2'	H形鋼下端から荷重点 F_6 までの距離(逃がし弁機能用アキュムレータ)	mm
b_1	逃がし弁機能用アキュムレータの荷重点 F_1 から F_2 までの距離	mm
b_2	自動減圧機能用アキュムレータの荷重点 F_3 から F_4 までの距離	mm
b_2'	逃がし弁機能用アキュムレータの荷重点 F_5 から F_6 までの距離	mm
c_1	H形鋼上端から荷重点 F_1 までの距離(逃がし弁機能用アキュムレータ)	mm
c_2	H形鋼上端から荷重点 F_3 までの距離(自動減圧機能用アキュムレータ)	mm
c_2'	H形鋼上端から荷重点 F_5 までの距離(逃がし弁機能用アキュムレータ)	mm
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
D_i	胴の内径	mm
d	取付ボルトの呼び径	mm
E	H形鋼の縦弾性係数	MPa
F	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値	MPa
F^*	設計・建設規格 SSB-3121.3に定める値	MPa
F_1, F_2	逃がし弁機能用アキュムレータ支持点における集中荷重 (逃がし弁機能用アキュムレータ2台の荷重)	N
F_3, F_4	自動減圧機能用アキュムレータ支持点における集中荷重 (自動減圧機能用アキュムレータ1台の荷重)	N
F_5, F_6	逃がし弁機能用アキュムレータ支持点における集中荷重 (逃がし弁機能用アキュムレータ1台の荷重)	N
F_{ah}	H形鋼に作用するせん断力	N
F_{sb}	取付ボルトに作用するせん断力	N

記号	記号の説明	単位
F_{sr}	ラグに作用するせん断力	N
F_{tb}	取付ボルトに作用する引張力	N
f_{bh}	H形鋼の許容曲げ応力	MPa
f_{br}	ラグの許容曲げ応力	MPa
f_{bt}	取付ボルトの引張応力とせん断応力の許容組合せ応力	MPa
f_o	胴の許容組合せ応力	MPa
f_{sb}	取付ボルトの許容せん断応力	MPa
f_{sh}	H形鋼の許容せん断応力	MPa
f_{sr}	ラグの許容せん断応力	MPa
f_{to}	取付ボルトの許容引張応力	MPa
f_{tb}	引張力とせん断力を同時に受ける取付ボルトの許容引張応力	MPa
f_{th}	H形鋼の許容引張応力	MPa
f_{tr}	ラグの許容引張応力	MPa
g	重力加速度(=9.80665)	m/s^2
H_1	H形鋼の中心から逃がし弁機能用アキュムレータの中心までの長さ	mm
H_2	H形鋼の中心から自動減圧機能用アキュムレータの中心までの長さ	mm
I_1	逃がし弁機能用アキュムレータのH形鋼の断面二次モーメント	mm^4
I_2	自動減圧機能用アキュムレータのH形鋼の断面二次モーメント	mm^4
K	アキュムレータ支持構造物のばね定数	N/mm
L_1	逃がし弁機能用アキュムレータのH形鋼長さ	mm
L_2	自動減圧機能用アキュムレータのH形鋼長さ	mm
l_1	逃がし弁機能用アキュムレータのラグ付け根部より取付ボルト固定点までのZ軸方向の距離	mm
l_2	逃がし弁機能用アキュムレータのラグ付け根部より取付ボルト固定点までのX軸方向の距離	mm
l_3	自動減圧機能用アキュムレータのラグ付け根部より取付ボルト固定点までのZ軸方向の距離	mm
l_4	自動減圧機能用アキュムレータのラグ付け根部より取付ボルト固定点までのX軸方向の距離	mm
M_1	逃がし弁機能用アキュムレータのH形鋼自重による曲げモーメント	N・mm
M_2	固定端から長さ($a_1 + b_1$)離れた場所に働く水平力 F_1 による曲げモーメント	N・mm

記号	記号の説明	単位
M_3	固定端から長さ a_1 離れた場所に働く水平力 F_2 による曲げモーメント	N・mm
M_4	$M_1 + M_2 + M_3$	N・mm
M_5	自動減圧機能用アキュムレータのH形鋼自重による曲げモーメント	N・mm
M_6	固定端から長さ $(a_2 + b_2)$ 離れた場所に働く水平力 F_3 による曲げモーメント	N・mm
M_7	固定端から長さ a_2 離れた場所に働く水平力 F_4 による曲げモーメント	N・mm
M_8	固定端から長さ $(b_2' + b_2')$ 離れた場所に働く水平力 F_5 による曲げモーメント	N・mm
M_9	固定端から長さ a_2' 離れた場所に働く水平力 F_6 による曲げモーメント	N・mm
M_{10}	逃がし弁機能用アキュムレータと自動減圧機能用アキュムレータの重心の違いによるモーメント	N・mm
M_{11}	$M_5 + M_6 + M_7 + M_8 + M_9 + M_{10}$	N・mm
$M_{x r}$	水平X軸方向の地震荷重により働く曲げモーメント	N・mm
$M_{y r}$	鉛直方向の地震荷重により働く曲げモーメント	N・mm
$M_{z r}$	水平Z軸方向の地震荷重により働く曲げモーメント	N・mm
N_{b1}	逃がし弁機能用アキュムレータのボルトの本数	—
N_{b2}	自動減圧機能用アキュムレータのボルトの本数	—
N_r	ラグの枚数	—
S_u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa
T	アキュムレータと支持構造物を一体構造とした固有周期	s
t	胴板の厚さ	mm
W	逃がし弁機能用アキュムレータ及びH形鋼等の全重量	N
W'	自動減圧機能用アキュムレータ及びH形鋼等の全重量	N
W_1	逃がし弁機能用アキュムレータ及び付属品の重量	N
W_2	自動減圧機能用アキュムレータ及び付属品の重量	N
ω_1	逃がし弁機能用アキュムレータのH形鋼単位長さ当り重量	N/mm
ω_2	自動減圧機能用アキュムレータのH形鋼単位長さ当り重量	N/mm
Z_{h1}	逃がし弁機能用アキュムレータのラグの強軸断面係数	mm ³
Z_{v1}	逃がし弁機能用アキュムレータのラグの弱軸断面係数	mm ³
Z_{h2}	自動減圧機能用アキュムレータのラグの強軸断面係数	mm ³
Z_{v2}	自動減圧機能用アキュムレータのラグの弱軸断面係数	mm ³

記号	記号の説明	単位
Z_1	逃がし弁機能用アキュムレータのH形鋼の弱軸断面係数	mm^3
Z_2	自動減圧機能用アキュムレータのH形鋼の弱軸断面係数	mm^3
$\sigma_{\phi 1}$	内圧により胴に生じる周方向応力	MPa
$\sigma_{x 1}$	内圧により胴に生じる軸方向応力	MPa
σ_o	胴の組合せ一次一般膜応力の最大値	MPa
σ_a	H形鋼に発生する曲げ応力とせん断応力による組合せ応力	MPa
σ_b	取付ボルトに発生する引張応力	MPa
σ_{ba}	取付ボルトに発生する引張応力とせん断応力による組合せ応力	MPa
σ_r	水平方向と鉛直方向の設計震度によりラグ1枚に発生する最大合成曲げ応力	MPa
σ_{ra}	ラグに発生する曲げ応力とせん断応力による組合せ応力	MPa
σ_{rxy}	水平X軸方向と鉛直方向の設計震度によりラグ1枚に発生する合成曲げ応力	MPa
σ_{rzy}	水平Z軸方向と鉛直方向の設計震度によりラグ1枚に発生する合成曲げ応力	MPa
σ_{xr}	水平X軸方向の設計震度によりラグ1枚に発生する曲げ応力	MPa
σ_{yr}	鉛直方向の設計震度によりラグ1枚に発生する曲げ応力	MPa
σ_{zr}	水平Z軸方向の設計震度によりラグ1枚に発生する曲げ応力	MPa
σ_{yb}	H形鋼の固定端部に発生する曲げ応力	MPa
τ_b	取付ボルトに発生するせん断応力	MPa
τ_h	H形鋼に発生するせん断応力	MPa
τ_r	ラグに発生するせん断応力	MPa
δ_1	逃がし弁機能用アキュムレータのH形鋼に発生する自重によるたわみ	mm
δ_2	F_1 によるたわみ	mm
δ_3	F_2 によるたわみ	mm
δ_4	$\delta_1 + \delta_2 + \delta_3$	mm
δ_5	自動減圧機能用アキュムレータのH形鋼に発生する自重によるたわみ	mm
δ_6	F_3 によるたわみ	mm
δ_7	F_4 によるたわみ	mm
δ_8	F_5 によるたわみ	mm
δ_9	F_6 によるたわみ	mm
δ_{10}	$\delta_5 + \delta_6 + \delta_7 + \delta_8 + \delta_9$	mm

2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表 2-2 に示すとおりとする。

表 2-2 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第 4 位	四捨五入	小数点以下第 3 位
震度	—	小数点以下第 3 位	切上げ	小数点以下第 2 位
最高使用圧力	MPa	—	—	小数点以下第 2 位 ^{*1}
温度	℃	—	—	整数位
質量	kg	—	—	整数位
長さ	下記以外の長さ	mm	—	整数位 ^{*1}
	胴板の厚さ	mm	—	小数点以下第 1 位
面積	mm ²	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*2}
モーメント	N・mm	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*2}
力	N	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*2}
算出応力	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
許容応力 ^{*3}	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位

注記*1：設計上定める値が小数点以下第 1 位の場合は、小数点以下第 1 位表示とする。

*2：絶対値が 1000 以上のときはべき数表示とする。

*3：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における許容応力は、比例法により補間した値の小数点以下第 1 位を切り捨て、整数位までの値とする。

3. 評価部位

アキュムレータの耐震評価は、「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなるラグ、取付ボルト及びH形鋼について評価を実施する。アキュムレータの耐震評価部位については、表 2-1 の概略構造図に示す。

4. 固有周期

4.1 固有周期の計算方法

アキュムレータの固有周期の計算方法を以下に示す。

(1) 計算モデル

- a. アキュムレータは一端固定のH型鋼に4枚のラグで支持される。
- b. アキュムレータのH形鋼への取付は図4-1に示す。
- c. ラグはアキュムレータの胴に当て板を介して溶接され、アキュムレータの荷重は均等に負荷される。
- d. 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
- e. アキュムレータの荷重状態及び胴板に生じるモーメントを図4-2及び図4-3に示す。
- f. アキュムレータは、図4-3に示す一端固定の梁モデルとして考える。

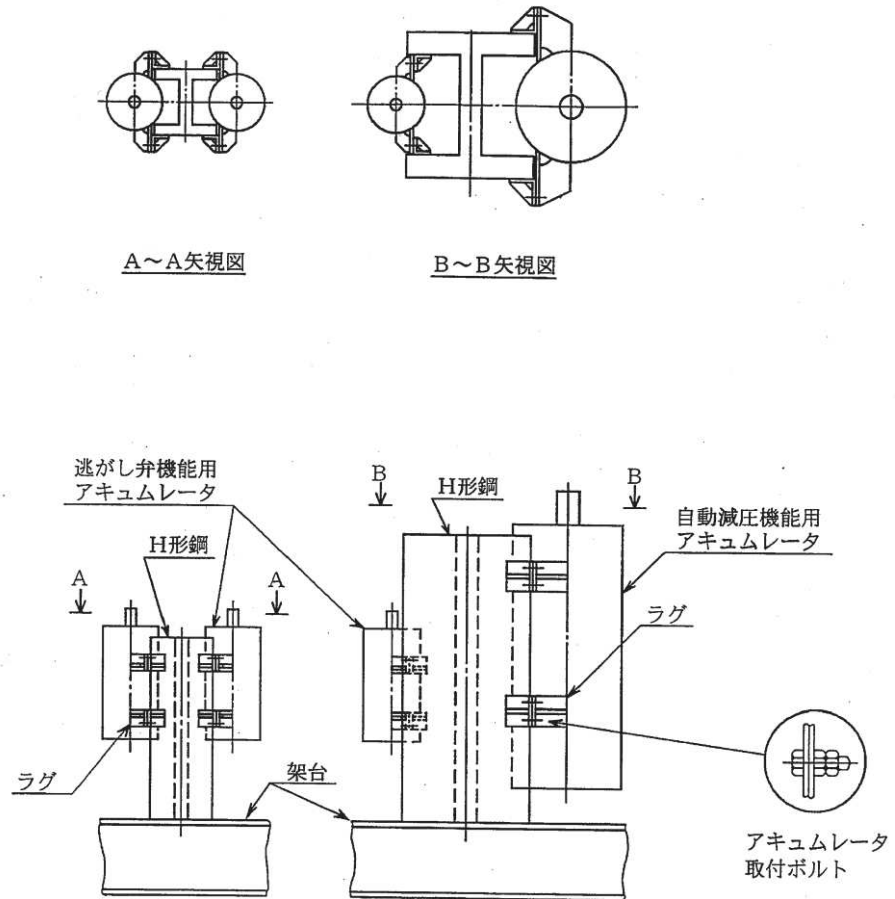


図4-1 アキュムレータの取付構造

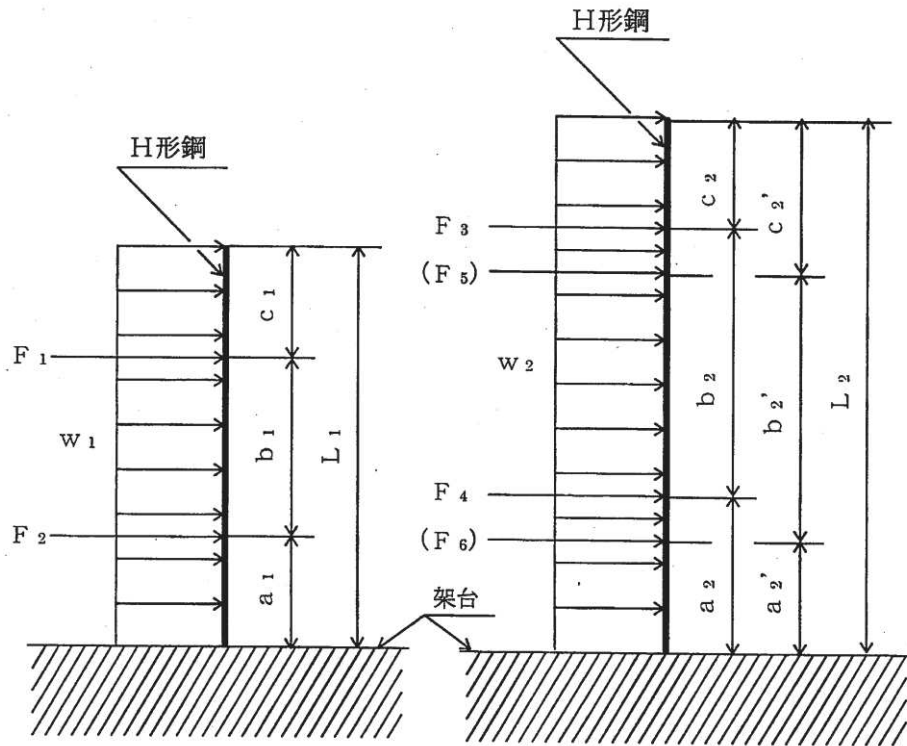


図 4-2 アキュムレータの荷重状態

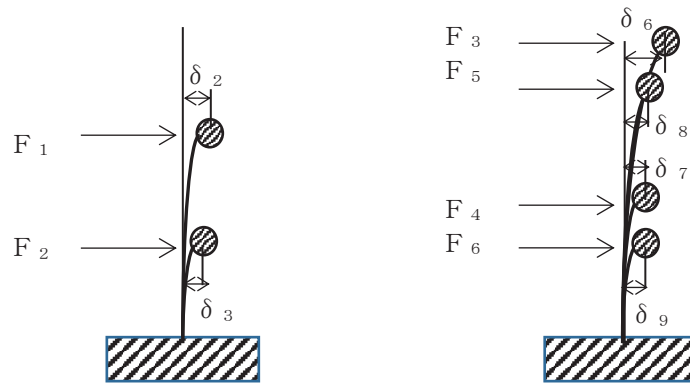


図 4-3 アキュムレータの荷重状態

(2) 水平方向固有周期

a. 主蒸気逃がし安全弁逃がし弁機能用アキュムレータ

図 4-3 における水平方向のばね定数は次式で求める。

H形鋼に働く自重によるたわみ δ_1 は図 4-3 より

$$\delta_1 = \frac{\omega_1 \cdot L_1^4}{8 \cdot E \cdot I_1} \dots\dots\dots (4.1.1.1)$$

集中荷重 F_1 によるたわみは

$$\delta_2 = \frac{F_1 \cdot (a_1 + b_1)^3}{3 \cdot E \cdot I_1} \cdot \left(1 + \frac{3 \cdot C_1}{2 \cdot (a_1 + b_1)}\right) \dots\dots\dots (4.1.1.2)$$

集中荷重 F_2 によるたわみは

$$\delta_3 = \frac{F_2 \cdot a_1^3}{3 \cdot E \cdot I_1} \cdot \left(1 + \frac{3 \cdot (b_1 + c_1)}{2 \cdot a_1}\right) \dots\dots\dots (4.1.1.3)$$

したがって、全たわみは

$$\delta_4 = \delta_1 + \delta_2 + \delta_3 \dots\dots\dots (4.1.1.4)$$

水平方向の固有周期は次式で求める。

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{W}{g \cdot 10^3 \cdot K}} \dots\dots\dots (4.1.1.5)$$

ここで、ばね定数は

$$K = \frac{W}{\delta_4} \dots\dots\dots (4.1.1.6)$$

固有周期の算出は、(4.1.1.5) 式に (4.1.1.6) 式を代入して

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{\delta_4}{g \cdot 10^3}} \dots\dots\dots (4.1.1.7)$$

b. 主蒸気逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータ

H形鋼に働く自重によるたわみ δ_5 は図 4-3 より

$$\delta_5 = \frac{\omega_2 \cdot L_2^4}{8 \cdot E \cdot I_2} \dots\dots\dots (4.1.2.1)$$

集中荷重 F_3 によるたわみは

$$\delta_6 = \frac{F_3 \cdot (a_2 + b_2)^3}{3 \cdot E \cdot I_2} \cdot \left(1 + \frac{3 \cdot C_2}{2 \cdot (a_2 + b_2)}\right) \dots\dots\dots (4.1.2.2)$$

集中荷重 F_4 によるたわみは

$$\delta_7 = \frac{F_4 \cdot a_2^3}{3 \cdot E \cdot I_2} \cdot \left(1 + \frac{3 \cdot (b_2 + c_2)}{2 \cdot a_2}\right) \dots\dots\dots (4.1.2.3)$$

集中荷重 F_5 によるたわみは

$$\delta_8 = \frac{F_5 \cdot (a_2' + b_2')^3}{3 \cdot E \cdot I_2} \cdot \left(1 + \frac{3 \cdot c_2'}{2 \cdot (a_2' + b_2')}\right) \dots\dots\dots (4.1.2.4)$$

集中荷重 F_6 によるたわみは

$$\delta_9 = \frac{F_6 \cdot a_2'^3}{3 \cdot E \cdot I_2} \cdot \left(1 + \frac{3 \cdot (b_2' + c_2')}{2 \cdot a_2'}\right) \dots\dots\dots (4.1.2.5)$$

したがって、全たわみは

$$\delta_{10} = \delta_5 + \delta_6 + \delta_7 + \delta_8 + \delta_9 \dots\dots\dots (4.1.2.6)$$

水平方向の固有周期は次式で求める。

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{W'}{g \cdot 10^3 \cdot K}} \dots\dots\dots (4.1.2.7)$$

ここで、ばね定数は

$$K = \frac{W'}{\delta_{10}} \dots\dots\dots (4.1.2.8)$$

固有周期の算出は、(4.1.1.5) 式に (4.1.1.6) 式を代入して

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{\delta_{10}}{g \cdot 10^3}} \dots\dots\dots (4.1.2.9)$$

(3) 鉛直方向固有周期

- a. 主蒸気逃がし安全弁逃がし弁機能用アキュムレータ

図 4-3 における鉛直方向のばね定数は次式で求める。

$$K = \frac{1}{\frac{L_1}{E \cdot A_{h1}}} \dots\dots\dots (4.1.3.1)$$

鉛直方向の固有周期は次式で求める。

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{F_1}{10^3 \cdot K}} \dots\dots\dots (4.1.3.2)$$

- b. 主蒸気逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータ

図 4-3 における鉛直方向のばね定数は次式で求める。

$$K = \frac{1}{\frac{L_2}{E \cdot A_{h2}}} \dots\dots\dots (4.1.4.1)$$

鉛直方向の固有周期は次式で求める。

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{F_3 + F_5}{10^3 \cdot K}} \dots\dots\dots (4.1.4.2)$$

4.2 固有周期の計算条件

固有周期の計算に用いる計算条件は、本計算書の【主蒸気逃がし安全弁逃がし弁機能用アキュムレータの耐震性についての計算結果】及び【主蒸気逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータの耐震性についての計算結果】の機器要目に示す。

4.3 固有周期の計算結果

固有周期の評価結果を表 4-1 に示す。計算の結果、固有周期は 0.05 秒以下であり、剛であることを確認した。

表 4-1 固有周期 (単位：s)

	主蒸気逃がし安全弁逃がし弁 機能用アキュムレータ	主蒸気逃がし安全弁自動減圧 機能用アキュムレータ
水平	□	□
鉛直	□	□

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

4.1 項 a. ～f. のほか、次の条件で計算する。

地震力はアキュムレータに対して水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。

5.2 荷重の組合せ及び許容応力

5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

アキュムレータの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 5-1 に、重大事故等対処設備に用いるものを表 5-2 に示す。

5.2.2 許容応力

アキュムレータの許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、表 5-3 及び表 5-4 のとおりとする。

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

アキュムレータの使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 5-5 に、重大事故等対処設備に用いるものを表 5-6 に示す。

表 5-1 荷重の組合せ及び許容応力状態 (設計基準対象施設)

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉冷却 系統施設	原子炉冷却材 の循環設備	主蒸気逃がし安全弁 逃がし弁機能用 アキュムレータ	S	クラス 3 容器*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _{AS}
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _{AS}
		主蒸気逃がし安全弁 自動減圧機能用 アキュムレータ	S	クラス 3 容器*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _{AS}
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _{AS}

注記* : クラス 3 容器の支持構造物を含む。

表 5-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉冷却 系統施設	原子炉冷却材 の循環設備	主蒸気逃がし安全弁 逃がし弁機能用 アキュムレータ	常設耐震／防止	重大事故等 クラス 2 容器*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IVAS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS (VASとして IVASの許容限界 を用いる。)
原子炉冷却 系統施設	原子炉冷却材 の循環設備	主蒸気逃がし安全弁 自動減圧機能用 アキュムレータ	常設耐震／防止 常設／緩和	重大事故等 クラス 2 容器*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IVAS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS (VASとして IVASの許容限界 を用いる。)
計測制御 系統施設	制御用 空気設備	主蒸気逃がし安全弁 自動減圧機能用 アキュムレータ	常設耐震／防止	重大事故等 クラス 2 容器*2	$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS (VASとして IVASの許容限界 を用いる。)

注記*1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*2：重大事故等クラス 2 容器の支持構造物を含む。

*3：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 5-3 許容応力 (クラス 2, 3 容器及び重大事故等クラス 2 容器)

許容応力状態	許容限界*1,*2			
	一次一般膜応力	一次膜応力+ 一次曲げ応力	一次+二次応力	一次+二次+ ピーク応力
Ⅲ _{AS}	S _y と0.6・S _u の小さい方。 ただし、ASS及びHNAについては上記の値と1.2・Sのうち大きい方とする。	左欄の1.5倍の値	*3 S _d 又はS _s 地震動のみによる疲労解析を行い、疲労累積係数が1.0以下であること。ただし、地震動のみによる一次+二次応力の変動値が2・S _y 以下であれば、疲労解析は不要。	
Ⅳ _{AS}				
V _{AS} (V _{AS} としてⅣ _{AS} の許容限界を用いる。)	0.6・S _u	左欄の1.5倍の値	S _s 地震動のみによる疲労評価を行い、疲労累積係数が1.0以下であること。ただし、地震動のみによる一次+二次応力の変動値が2・S _y 以下であれば、疲労解析は不要。	

注記*1：座屈による評価が必要な場合には、クラスMC容器の座屈に対する評価式による。

*2：当該の応力が生じない場合、規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

*3：2・S_yを超える場合は弾塑性解析を行う。この場合、設計・建設規格 PVB-3300 (PVB-3313を除く。S_mは2/3・S_yと読み替える。)の簡易弾塑性解析を用いる。

表 5-4 許容応力（クラス 2, 3 支持構造物及び重大事故等クラス 2 支持構造物）

許容応力状態	許容限界* (支持部)	
	一次応力	
	組合せ	
Ⅲ _A S	引張	$1.5 \cdot f_t$
	曲げ	$1.5 \cdot f_b$
	せん断	$1.5 \cdot f_s$
Ⅳ _A S	引張	$1.5 \cdot f_t$
	曲げ	$1.5 \cdot f_b$
	せん断	$1.5 \cdot f_s$
Ⅴ _A S (Ⅴ _A S としてⅣ _A S の許容限界を用いる。)	引張	$1.5 \cdot f_t$
	曲げ	$1.5 \cdot f_b$
	せん断	$1.5 \cdot f_s$

注記*：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 5-5 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
		最高使用温度					
胴	SUS304 SUS304TP	最高使用温度	171	113	—	413	—
ラグ	SUS304	最高使用温度	171	—	150	413	205
取付ボルト	SUS304	周囲環境温度	171	—	150	413	205
H形鋼	SS400 (厚さ ≤ 40mm)	周囲環境温度	171	—	192	373	—

表 5-6 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
		最高使用温度					
胴	SUS304 SUS304TP	最高使用温度	171	113	—	413	—
ラグ	SUS304TP	最高使用温度	171	—	150	413	205
取付ボルト	SUS304	周囲環境温度	171	—	150	413	205
H形鋼	SS400 (厚さ ≤ 40mm)	周囲環境温度	171	—	192	373	—

5.3 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 5-7 及び表 5-8 に示す。

「弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度」及び「基準地震動 S_s」による地震力は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

表 5-7 設計用地震力（設計基準対象施設）

据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期(s) *2		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉格納容器 0. P. 13. 40*1			1. 18	0. 92	1. 89	1. 59

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：上段は主蒸気逃がし安全弁逃がし弁機能用アキュムレータの値を示す。
下段は主蒸気逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータの値を示す。

表 5-8 設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期(s) *2		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉格納容器 0. P. 13. 40*1			—	—	1. 89	1. 59

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：上段は主蒸気逃がし安全弁逃がし弁機能用アキュムレータの値を示す。
下段は主蒸気逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータの値を示す。

5.4 計算方法

5.4.1 応力の計算方法

応力計算は、絶対値和を用いて行う。

5.4.1.1 胴の応力

(1) 内圧による応力

内圧による応力は次式で求める。

$$\sigma_{\Phi 1} = \frac{P_r \cdot (D_i + 1.2 \cdot t)}{2 \cdot t} \dots\dots\dots (5.4.1.1.1)$$

$$\sigma_{x1} = \frac{P_r \cdot (D_i + 1.2 \cdot t)}{4 \cdot t} \dots\dots\dots (5.4.1.1.2)$$

$$\sigma_o = \sigma_{\Phi 1} + \sigma_{x1} \dots\dots\dots (5.4.1.1.3)$$

(2) 運転時質量によるラグ付け根部の応力

胴は当て板を介してラグを取り付ける構造より、評価の厳しいラグの応力で代用可能なことから、5.4.1.2 ラグの応力で評価する。

(3) 地震動によるラグ付け根部の応力

胴は当て板を介してラグを取り付ける構造より、評価の厳しいラグの応力で代用可能なことから、5.4.1.2 ラグの応力で評価する。

5.4.1.2 ラグの応力

ラグに働くモーメントを図5-1に示す

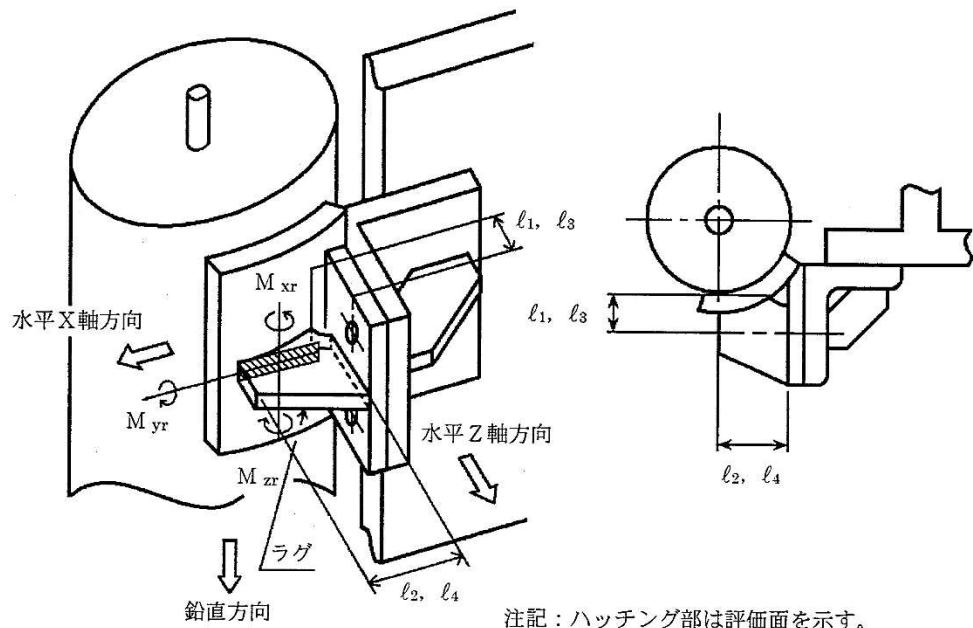


図5-1 ラグに働くモーメント

(1) 主蒸気逃がし安全弁逃がし弁機能用アキュムレータ

a. 曲げ応力

水平X軸方向の地震荷重によりラグ1枚に働く曲げモーメントは

$$M_{xr} = \frac{W_1 \cdot C_H \cdot \ell_1}{N_r} \dots\dots\dots (5.4.1.2.1)$$

よって、水平X軸方向の曲げ応力は

$$\sigma_{xr} = \frac{M_{xr}}{Z_{h1}} \dots\dots\dots (5.4.1.2.2)$$

水平Z軸方向の地震荷重によりラグ1枚に働く曲げモーメント

$$M_{zr} = \frac{W_1 \cdot C_H \cdot \ell_2}{N_r} \dots\dots\dots (5.4.1.2.3)$$

よって、水平Z軸方向の曲げ応力は

$$\sigma_{zr} = \frac{M_{zr}}{Z_{h1}} \dots\dots\dots (5.4.1.2.4)$$

また、鉛直方向の地震荷重によりラグ1枚に働く曲げモーメントは

$$M_{yr} = \frac{W_1 \cdot (1 + C_V) \cdot \ell_1}{N_r} \dots\dots\dots (5.4.1.2.5)$$

よって、鉛直方向の曲げ応力は

$$\sigma_{yr} = \frac{M_{yr}}{Z_{v1}} \dots\dots\dots (5.4.1.2.6)$$

以上により、水平X軸方向と鉛直方向の基準地震動 S_s によりラグ1枚に発生する合成曲げ応力は

$$\sigma_{rxy} = \sigma_{xr} + \sigma_{yr} \dots\dots\dots (5.4.1.2.7)$$

また、水平Z軸方向と鉛直方向の基準地震動 S_s によりラグ1枚に発生する合成曲げ応力は

$$\sigma_{rzy} = \sigma_{zr} + \sigma_{yr} \dots\dots\dots (5.4.1.2.8)$$

以上より、水平方向と鉛直方向の基準地震動 S_s によりラグ1枚に発生する最大の合成曲げ応力は

$$\sigma_r = \max \{ \sigma_{rxy}, \sigma_{rzy} \} \dots\dots\dots (5.4.1.2.9)$$

b. せん断応力

鉛直方向の基準地震動 S_s によりラグに働くせん断力は、水平方向の地震動も考慮して

$$F_{sr} = \frac{W_1 \cdot \sqrt{(1+C_V)^2 + C_H^2}}{N_r} \dots\dots\dots (5.4.1.2.10)$$

よって、せん断応力は

$$\tau_r = \frac{F_{sr}}{A_{r1}} \dots\dots\dots (5.4.1.2.11)$$

c. 組合せ応力

組合せ応力 σ_{ra} は次式により求める。

$$\sigma_{ra} = \sqrt{\sigma_r^2 + 3 \cdot \tau_r^2} \dots\dots\dots (5.4.1.2.12)$$

(2) 主蒸気逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータ

a. 曲げ応力

水平X軸方向の地震荷重によりラグ1枚に働く曲げモーメントは

$$M_{xr} = \frac{W_2 \cdot C_H \cdot \ell_3}{N_r} \dots\dots\dots (5.4.1.2.13)$$

よって、水平X軸方向の曲げ応力は

$$\sigma_{xr} = \frac{M_{xr}}{Z_{h2}} \dots\dots\dots (5.4.1.2.14)$$

水平Z軸方向の地震荷重によりラグ1枚に働く曲げモーメント

$$M_{zr} = \frac{W_2 \cdot C_H \cdot \ell_4}{N_r} \dots\dots\dots (5.4.1.2.15)$$

よって、水平X軸方向の曲げ応力は

$$\sigma_{zr} = \frac{M_{zr}}{Z_{h2}} \dots\dots\dots (5.4.1.2.16)$$

また、鉛直方向の地震荷重によりラグ1枚に働く曲げモーメントは

$$M_{yr} = \frac{W_2 \cdot (1+C_V) \cdot \ell_3}{N_r} \dots\dots\dots (5.4.1.2.17)$$

よって、鉛直方向の曲げ応力は

$$\sigma_{yr} = \frac{M_{yr}}{Z_{v2}} \dots\dots\dots (5.4.1.2.18)$$

以上により、水平X軸方向と鉛直方向の基準地震動 S_s によりラグ1枚に発生する合成曲げ応力は

$$\sigma_{rxy} = \sigma_{xr} + \sigma_{yr} \dots\dots\dots (5.4.1.2.19)$$

また、水平Z軸方向と鉛直方向の基準地震動 S_s によりラグ1枚に発生する合成曲げ応力は

$$\sigma_{rzy} = \sigma_{zr} + \sigma_{yr} \dots\dots\dots (5.4.1.2.20)$$

以上より、水平方向と鉛直方向の基準地震動 S_s によりラグ1枚に発生する最大の合成曲げ応力は

$$\sigma_r = \max \{ \sigma_{rxy}, \sigma_{rzy} \} \dots\dots\dots (5.4.1.2.21)$$

b. せん断応力

鉛直方向の基準地震動 S_s によりラグに働くせん断力は、水平方向の地震動も考慮して

$$F_{sr} = \frac{W_2 \cdot \sqrt{(1+C_V)^2 + C_H^2}}{N_r} \dots\dots\dots (5.4.1.2.22)$$

よって、せん断応力は

$$\tau_r = \frac{F_{sr}}{A_{r2}} \dots\dots\dots (5.4.1.2.23)$$

c. 組合せ応力

組合せ応力 σ_{ra} は次式により求める。

$$\sigma_{ra} = \sqrt{\sigma_r^2 + 3 \cdot \tau_r^2} \dots\dots\dots (5.4.1.2.24)$$

5.4.1.3 取付ボルトの応力

(1) 主蒸気逃がし安全弁逃がし弁機能用アキュムレータ

a. 引張応力

水平方向の基準地震動 S_s により取付ボルト1本に働く引張応力は

$$F_{tb} = \frac{W_1 \cdot C_H}{N_{b1}} \dots\dots\dots (5.4.1.3.1)$$

取付ボルトの断面積 A_b は

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \dots\dots\dots (5.4.1.3.2)$$

よって、引張応力は

$$\sigma_b = \frac{F_{tb}}{A_b} \dots\dots\dots (5.4.1.3.3)$$

b. せん断応力

鉛直方向の基準地震動 S_s により取付ボルト1本に働くせん断応力は、水平方向の地震動も考慮して

$$F_{sb} = \frac{W_1 \cdot \sqrt{(1+C_V)^2 + C_H^2}}{N_{b1}} \dots\dots\dots (5.4.1.3.4)$$

よって、取付ボルトのせん断応力は

$$\tau_b = \frac{F_{sb}}{A_b} \dots\dots\dots (5.4.1.3.5)$$

c. 組合せ応力

組合せ応力 σ_{ba} は次式により求める。

$$\sigma_{ba} = \sqrt{\sigma_b^2 + 3 \cdot \tau_b^2} \dots\dots\dots (5.4.1.3.6)$$

(2) 主蒸気逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータ

a. 引張応力

水平方向の基準地震動 S_s により取付ボルト1本に働く引張応力は

$$F_{tb} = \frac{W_2 \cdot C_H}{N_{b2}} \dots\dots\dots (5.4.1.3.7)$$

取付ボルトの断面積 A_b は

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \dots\dots\dots (5.4.1.3.8)$$

よって、引張応力は

$$\sigma_b = \frac{F_{tb}}{A_b} \dots\dots\dots (5.4.1.3.9)$$

b. せん断応力

鉛直方向の基準地震動 S_s により取付ボルト1本に働くせん断応力は、水平方向の地震動も考慮して

$$F_{sb} = \frac{W_2 \cdot \sqrt{(1+C_V)^2 + C_H^2}}{N_{b2}} \dots\dots\dots (5.4.1.3.10)$$

よって、取付ボルトのせん断応力は

$$\tau_b = \frac{F_{sb}}{A_b} \dots\dots\dots (5.4.1.3.11)$$

c. 組合せ応力

組合せ応力 σ_{ba} は次式により求める。

$$\sigma_{ba} = \sqrt{\sigma_b^2 + 3 \cdot \tau_b^2} \dots\dots\dots (5.4.1.3.12)$$

5.4.1.4 H形鋼の応力

(1) 主蒸気逃がし安全弁逃がし弁機能用アキュムレータ

a. 曲げ応力

H形鋼の固定端部に曲げ応力が多く発生すると考えられるので固定端部の計算を行う。

図4-2より、H形鋼の自重による曲げモーメントは

$$M_1 = \frac{\omega_1 \cdot L_1^2}{2} \cdot C_H \quad \dots\dots\dots (5.4.1.4.1)$$

固定端から長さ (a₁+b₁) 離れた場所に働く集中荷重 F₁ による曲げモーメントは

$$M_2 = F_1 \cdot (a_1 + b_1) \cdot C_H \quad \dots\dots\dots (5.4.1.4.2)$$

固定端から長さ a₁ 離れた場所に働く集中荷重 F₂ による曲げモーメントは

$$M_3 = F_2 \cdot a_1 \cdot C_H \quad \dots\dots\dots (5.4.1.4.3)$$

したがって、H形鋼の固定端部に働く曲げモーメントは

$$M_4 = M_1 + M_2 + M_3 \quad \dots\dots\dots (5.4.1.4.4)$$

よって、H形鋼の固定端部に生じる曲げ応力は

$$\sigma_{yb} = \frac{M_4}{Z_1} \quad \dots\dots\dots (5.4.1.4.5)$$

b. せん断応力

水平方向の基準地震動 S_s により固定端部においてH形鋼に作用するせん断力は

$$F_{sh} = (W_1 + \omega_1 \cdot L_1) \cdot C_H \quad \dots\dots\dots (5.4.1.4.6)$$

せん断応力は

$$\tau_h = \frac{F_{sh}}{A_{h1}} \quad \dots\dots\dots (5.4.1.4.7)$$

c. 組合せ応力

組合せ応力 σ_a は次式により求める。

$$\sigma_a = \sqrt{\sigma_{yb}^2 + 3 \cdot \tau_h^2} \quad \dots\dots\dots (5.4.1.4.8)$$

(2) 主蒸気逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータ

a. 曲げ応力

H形鋼の固定端部に曲げ応力が多く発生すると考えられるので固定端部の計算を行う。

図4-2より、H形鋼の自重による曲げモーメントは

$$M_5 = \frac{\omega_2 \cdot L_2^2}{2} \cdot C_H \quad \dots\dots\dots (5.4.1.4.9)$$

固定端から長さ $(a_2 + b_2)$ 離れた場所に働く集中荷重 F_3 による曲げモーメントは

$$M_6 = F_3 \cdot (a_2 + b_2) \cdot C_H \quad \dots\dots\dots (5.4.1.4.10)$$

固定端から長さ a_2 離れた場所に働く集中荷重 F_4 による曲げモーメントは

$$M_7 = F_4 \cdot a_2 \cdot C_H \quad \dots\dots\dots (5.4.1.4.11)$$

固定端から長さ $(a_2' + b_2')$ 離れた場所に働く集中荷重 F_5 による曲げモーメントは

$$M_8 = F_5 \cdot (a_2' + b_2') \cdot C_H \quad \dots\dots\dots (5.4.1.4.12)$$

固定端から長さ a_2' 離れた場所に働く集中荷重 F_6 による曲げモーメントは

$$M_9 = F_6 \cdot a_2' \cdot C_H \quad \dots\dots\dots (5.4.1.4.13)$$

アキュムレータの重心、質量の違いによる転倒モーメントは

$$M_{10} = (1 + C_V) \cdot |W_1 \cdot H_1 - W_2 \cdot H_2| \quad \dots\dots\dots (5.4.1.4.14)$$

したがって、H形鋼の固定端部に働く曲げモーメントは

$$M_{11} = M_5 + M_6 + M_7 + M_8 + M_9 + M_{10} \quad \dots\dots\dots (5.4.1.4.15)$$

よって、H形鋼の固定端部に生じる曲げ応力は

$$\sigma_{yb} = \frac{M_{11}}{Z_2} \quad \dots\dots\dots (5.4.1.4.16)$$

b. せん断応力

水平方向の基準地震動 S_s により固定端部においてH形鋼に作用するせん断力は

$$F_{sh} = (W_2 + \omega_2 \cdot L_2) \cdot C_H \quad \dots\dots\dots (5.4.1.4.17)$$

せん断応力は

$$\tau_h = \frac{F_{sh}}{A_{h2}} \quad \dots\dots\dots (5.4.1.4.18)$$

c. 組合せ応力

組合せ応力 σ_a は次式により求める。

$$\sigma_a = \sqrt{\sigma_{yb}^2 + 3 \cdot \tau_h^2} \dots\dots\dots (5.4.3.4.19)$$

5.5 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【主蒸気逃がし安全弁逃がし弁機能用アキュムレータの耐震性についての計算結果】及び【主蒸気逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータの耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.6 応力の評価

5.6.1 胴の応力評価

5.4.1.1 項で求めた組合せ応力が胴の最高使用温度における許容応力 S_a 以下であること。ただし、 S_a は下表による。

応力の種類	許容応力 S_a	
	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度による荷重との組合せの場合	基準地震動 S_s による荷重との組合せの場合
一次一般膜応力	設計降伏点 S_y と設計引張強さ S_u の0.6倍のいずれか小さい方の値。 ただし、オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金にあっては許容引張応力 S の1.2倍の方が大きい場合はこの大きい方の値とする。	設計引張強さ S_u の0.6倍
一次応力	上記の1.5倍の値	上記の1.5倍の値
一次応力と二次応力の和	地震動のみによる一次応力と二次応力の和の変動値が設計降伏点 S_y の2倍以下であれば、疲労解析は不要とする。	

5.6.2 ラグの応力評価

5.4.1.2 項で求めたラグの曲げ応力，せん断応力及び組合せ応力が各許容応力 f_{br} ， f_{sr} 及び f_{tr} 以下であること。なお， f_{br} ， f_{sr} 及び f_{tr} は下表による。

	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度による荷重との組合せの場合	基準地震動 S_s による荷重との組合せの場合
許容曲げ応力 f_{br}	$\frac{F}{1.5} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5} \cdot 1.5$
許容せん断応力 f_{sr}	$\frac{F}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$
許容組合せ応力 f_{tr}	$\frac{F}{1.5} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5} \cdot 1.5$

5.6.3 取付ボルトの応力評価

5.4.1.3 項で求めた取付ボルトの引張応力，せん断応力及び組合せ応力が各許容応力 f_{tb} ， f_{sb} ， f_{bt} 以下であること。なお， f_{tb} ， f_{sb} ， f_{bt} は下表による。

	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度による荷重との組合せの場合	基準地震動 S_s による荷重との組合せの場合
許容引張応力 f_{tb}	$\frac{F}{1.5} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5} \cdot 1.5$
許容せん断応力 f_{sb}	$\frac{F}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$
許容組合せ応力 f_{bt}	$\frac{F}{1.5} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5} \cdot 1.5$

5.6.4 H形鋼の応力評価

5.4.1.4 項で求めたH形鋼の曲げ応力，せん断応力及び組合せ応力が各許容応力 f_{bh} ， f_{sh} ， f_{th} 以下であること。なお， f_{bh} ， f_{sh} ， f_{th} は下表による。

	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度による荷重との組合せの場合	基準地震動 S_s による荷重との組合せの場合
許容曲げ応力 f_{bh}	$\frac{F}{1.5} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5} \cdot 1.5$
許容せん断応力 f_{sh}	$\frac{F}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$
許容組合せ応力 f_{th}	$\frac{F}{1.5} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5} \cdot 1.5$

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

6.1.1 主蒸気逃がし安全弁逃がし弁機能用アキュムレータ

主蒸気逃がし安全弁逃がし弁機能用アキュムレータの設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

6.1.2 主蒸気逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータ

主蒸気逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータの設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

6.2.1 主蒸気逃がし安全弁逃がし弁機能用アキュムレータ

主蒸気逃がし安全弁逃がし弁機能用アキュムレータの重大事故等対処設備としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

6.2.2 主蒸気逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータ

主蒸気逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータの重大事故等対処設備としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

【主蒸気逃がし安全弁逃がし弁機能用アキュムレータの耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度			
主蒸気逃がし安全弁 逃がし弁機能用 アキュムレータ	S	原子炉格納容器 O.P. 13.40 ^{*1}			— ^{*2}	— ^{*2}	C _H =1.89	C _V =1.59	1.77	171	171

注記*1: 基準床レベルを示す。

*2: III,Sについては、基準地震動 S_s で評価する。

1.2 機器要目

W (N)	W ₁ (N)	ω ₁ (N/mm)	L ₁ (mm)	a ₁ (mm)	b ₁ (mm)	c ₁ (mm)	E (MPa)	I ₁ (mm ⁴)	Z ₁ (mm ³)	Z _{h1} (mm ³)	Z _{v1} (mm ³)	A _{h1} (mm ²)	A _{r1} (mm ²)	A _b (mm ²)	N _r	N _{b1}
2060	686.5	0.4894	1000	575	320	105	1.93×10 ⁵	1.600×10 ⁷	1.600×10 ⁵	3.969×10 ³	378.0	6.353×10 ³	252.0	113.0	4	4

ℓ ₁ (mm)	ℓ ₂ (mm)	F ₁ (N)	F ₂ (N)
50	69	784.5	784.5

F (H形鋼) (MPa)	S _u (H形鋼) (MPa)	S _y (H形鋼) (MPa)	F (ラグ) (MPa)	S _u (ラグ) (MPa)	S _y (ラグ) (MPa)	F (取付ボルト) (MPa)	S _u (取付ボルト) (MPa)	S _y (取付ボルト) (MPa)	F* (H形鋼) (MPa)	F* (ラグ) (MPa)	F* (取付ボルト) (MPa)
192 ^{*2}	373 ^{*2} (厚さ ≤ 40mm)	192 ^{*2} (厚さ ≤ 40mm)	203 ^{*1}	413 ^{*1}	150 ^{*1}	203 ^{*2}	413 ^{*2}	150 ^{*2}	231 ^{*2}	203 ^{*1}	203 ^{*2}

注記*1: 最高使用温度で算出

*2: 周囲環境温度で算出

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

1.3 結論

1.3.1 固有周期 (単位：s)

方向	固有周期
水平方向	
鉛直方向	

1.3.2 応力

1.3.2.1 胴に生じる応力 (単位：MPa)

応力	周方向応力	軸方向応力	組合せ応力	許容応力*
内圧による応力	$\sigma_{\phi 1} = 23$	$\sigma_{x 1} = 12$	$\sigma_o = 35$	$f_o = 135$

許容応力以下である。

注記*：包絡条件の許容応力状態Ⅲ,Sの許容値を記載。

1.3.2.2 支持部に生じる応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
			算出応力*	許容応力	算出応力	許容応力
ラグ	SUS304	曲げ	$\sigma_r = 65$	$f_{br} = 203$	$\sigma_r = 65$	$f_{br} = 203$
		せん断	$\tau_r = 3$	$f_{sr} = 117$	$\tau_r = 3$	$f_{sr} = 117$
		組合せ	$\sigma_{ra} = 65$	$f_{tr} = 203$	$\sigma_{ra} = 65$	$f_{tr} = 203$
取付ボルト	SUS304	引張	$\sigma_b = 3$	$f_{tb} = 152$	$\sigma_b = 3$	$f_{tb} = 152$
		せん断	$\tau_b = 5$	$f_{sb} = 117$	$\tau_b = 5$	$f_{sb} = 117$
		組合せ	$\sigma_{ba} = 9$	$f_{bt} = 152$	$\sigma_{ba} = 9$	$f_{bt} = 152$
H形鋼	SS400	曲げ	$\sigma_{yb} = 17$	$f_{bh} = 192$	$\sigma_{yb} = 17$	$f_{bh} = 231$
		せん断	$\tau_h = 1$	$f_{sh} = 111$	$\tau_h = 1$	$f_{sh} = 133$
		組合せ	$\sigma_a = 17$	$f_{th} = 192$	$\sigma_a = 17$	$f_{th} = 231$

すべて許容応力以下である。

注記*：包絡条件の許容応力状態Ⅳ,Sの算出応力を記載。

【主蒸気逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータの耐震性についての計算結果】

2. 設計基準対象施設

2.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度			
主蒸気逃がし安全弁 自動減圧機能用 アキュムレータ	S	原子炉格納容器 O.P. 13.40 ^{*1}			— ^{*2}	— ^{*2}	C _H =1.89	C _V =1.59	1.77	171	171

注記*1: 基準床レベルを示す。

*2: III,Sについては、基準地震動 S_s で評価する。

2.2 機器要目

W ['] (N)	W ₂ (N)	ω ₂ (N/mm)	L ₂ (mm)	a ₂ (mm)	b ₂ (mm)	c ₂ (mm)	a ₂ ['] (mm)	b ₂ ['] (mm)	c ₂ ['] (mm)	E (MPa)	I ₂ (mm ⁴)	Z ₂ (mm ³)	Z _{h2} (mm ³)	Z _{v2} (mm ³)	A _{h2} (mm ²)	A _{r2} (mm ²)
7752	3727	1.687	1650	580	820	250	575	320	755	1.93×10 ⁵	2.240×10 ⁸	1.120×10 ⁶	2.842×10 ⁴	1.557×10 ³	2.187×10 ⁴	778.7

A _b (mm ²)	N _r	N _{b2}	F ₃ (N)	F ₄ (N)	F ₅ (N)	F ₆ (N)	ℓ ₃ (mm)	ℓ ₄ (mm)	H ₁ (mm)	H ₂ (mm)
113.0	4	8	1961	1961	392.3	392.3	63	152	250	380

F (H形鋼) (MPa)	S _u (H形鋼) (MPa)	S _y (H形鋼) (MPa)	F (ラグ) (MPa)	S _u (ラグ) (MPa)	S _y (ラグ) (MPa)	F (取付ボルト) (MPa)	S _u (取付ボルト) (MPa)	S _y (取付ボルト) (MPa)	F* (H形鋼) (MPa)	F* (ラグ) (MPa)	F* (取付ボルト) (MPa)
192 ^{*2}	373 ^{*2} (厚さ ≤ 40mm)	192 ^{*2} (厚さ ≤ 40mm)	203 ^{*1}	413 ^{*1}	150 ^{*1}	203 ^{*2}	413 ^{*2}	150 ^{*2}	231 ^{*2}	203 ^{*1}	203 ^{*2}

注記*1: 最高使用温度で算出

*2: 周囲環境温度で算出

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2.3 結論

2.3.1 固有周期 (単位：s)

方向	固有周期
水平方向	
鉛直方向	

2.3.2 応力

2.3.2.1 胴に生じる応力 (単位：MPa)

応力	周方向応力	軸方向応力	組合せ応力	許容応力*
内圧による応力	$\sigma_{\phi 1} = 33$	$\sigma_{x 1} = 17$	$\sigma_{\phi} = 50$	$f_{\phi} = 135$

許容応力以下である。

注記*：包絡条件の許容応力状態Ⅲ、Sの許容値を記載。

2.3.2.2 支持部に生じる応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
			算出応力*	許容応力	算出応力	許容応力
ラグ	SUS304	曲げ	$\sigma_r = 107$	$f_{br} = 203$	$\sigma_r = 107$	$f_{br} = 203$
		せん断	$\tau_r = 4$	$f_{sr} = 117$	$\tau_r = 4$	$f_{sr} = 117$
		組合せ	$\sigma_{ra} = 108$	$f_{tr} = 203$	$\sigma_{ra} = 108$	$f_{tr} = 203$
取付ボルト	SUS304	引張	$\sigma_b = 8$	$f_{tb} = 152$	$\sigma_b = 8$	$f_{tb} = 152$
		せん断	$\tau_b = 14$	$f_{sb} = 117$	$\tau_b = 14$	$f_{sb} = 117$
		組合せ	$\sigma_{ba} = 25$	$f_{bt} = 152$	$\sigma_{ba} = 25$	$f_{bt} = 152$
H形鋼	SS400	曲げ	$\sigma_{yb} = 15$	$f_{bh} = 192$	$\sigma_{yb} = 15$	$f_{bh} = 231$
		せん断	$\tau_h = 1$	$f_{sh} = 111$	$\tau_h = 1$	$f_{sh} = 133$
		組合せ	$\sigma_a = 15$	$f_{th} = 192$	$\sigma_a = 15$	$f_{th} = 231$

すべて許容応力以下である。

注記*：包絡条件の許容応力状態Ⅳ、Sの算出応力を記載。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

【主蒸気逃がし安全弁逃がし弁機能用アキュムレータの耐震性についての計算結果】

3. 重大事故等対処設備

3.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度			
主蒸気逃がし安全弁 逃がし弁機能用 アキュムレータ	S	原子炉格納容器 0.P. 13.40 ^{*1}			—	—	C _H =1.89	C _V =1.59	1.77	171	171

注記*1: 基準床レベルを示す。

3.2 機器要目

W (N)	W ₁ (N)	ω ₁ (N/mm)	L ₁ (mm)	a ₁ (mm)	b ₁ (mm)	c ₁ (mm)	E (MPa)	I ₁ (mm ⁴)	Z ₁ (mm ³)	Z _{h1} (mm ³)	Z _{v1} (mm ³)	A _{h1} (mm ²)	A _{r1} (mm ²)	A _b (mm ²)	N _r	N _{b1}
2060	686.5	0.4894	1000	575	320	105	1.93×10 ⁵	1.600×10 ⁷	1.600×10 ⁵	3.969×10 ³	378.0	6.353×10 ³	252.0	113.0	4	4

φ ₁ (mm)	φ ₂ (mm)	F ₁ (N)	F ₂ (N)
50	69	784.5	784.5

F (H形鋼) (MPa)	S _u (H形鋼) (MPa)	S _y (H形鋼) (MPa)	F (ラグ) (MPa)	S _u (ラグ) (MPa)	S _y (ラグ) (MPa)	F (取付ボルト) (MPa)	S _u (取付ボルト) (MPa)	S _y (取付ボルト) (MPa)	F* (H形鋼) (MPa)	F* (ラグ) (MPa)	F* (取付ボルト) (MPa)
192 ^{*2}	373 ^{*2} (厚さ ≤ 40mm)	192 ^{*2} (厚さ ≤ 40mm)	203 ^{*1}	413 ^{*1}	150 ^{*1}	203 ^{*2}	413 ^{*2}	150 ^{*2}	231 ^{*2}	203 ^{*1}	203 ^{*2}

注記*1: 最高使用温度で算出
*2: 周囲環境温度で算出

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3.3 結論

3.3.1 固有周期 (単位：s)

方向	固有周期
水平方向	
鉛直方向	

3.3.2 応力

3.3.2.1 胴に生じる応力 (単位：MPa)

応力	周方向応力	軸方向応力	組合せ応力	許容応力
内圧による応力	$\sigma_{\phi 1} = 23$	$\sigma_{x 1} = 12$	$\sigma_o = 35$	$f_o = 135$

許容応力以下である。

3.3.2.2 支持部に生じる応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ラグ	SUS304	曲げ	—	—	$\sigma_r = 65$	$f_{br} = 203$
		せん断	—	—	$\tau_r = 3$	$f_{sr} = 117$
		組合せ	—	—	$\sigma_{ra} = 65$	$f_{tr} = 203$
取付ボルト	SUS304	引張	—	—	$\sigma_b = 3$	$f_{tb} = 152$
		せん断	—	—	$\tau_b = 5$	$f_{sb} = 117$
		組合せ	—	—	$\sigma_{ba} = 9$	$f_{bt} = 152$
H形鋼	SS400	曲げ	—	—	$\sigma_{yb} = 17$	$f_{bh} = 231$
		せん断	—	—	$\tau_h = 1$	$f_{sh} = 133$
		組合せ	—	—	$\sigma_a = 17$	$f_{th} = 231$

すべて許容応力以下である。

【主蒸気逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータの耐震性についての計算結果】

4. 重大事故等対処設備

4.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度			
主蒸気逃がし安全弁 自動減圧機能用 アキュムレータ	S	原子炉格納容器 0. P. 13.40 ^{*1}			—	—	C _H =1.89	C _V =1.59	1.77	171	171

注記*1: 基準床レベルを示す。

4.2 機器要目

W'	W ₂	ω ₂	L ₂	a ₂	b ₂	c ₂	a ₂	b ₂	c ₂	E	I ₂	Z ₂	Z _{h2}	Z _{v2}	A _{h2}	A _{r2}
(N)	(N)	(N/mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(MPa)	(mm ⁴)	(mm ³)	(mm ³)	(mm ³)	(mm ²)	(mm ²)
7752	3727	1.687	1650	580	820	250	575	320	755	1.93×10 ⁵	2.240×10 ⁸	1.120×10 ⁶	2.842×10 ⁴	1.557×10 ³	2.187×10 ⁴	778.7

A _b	N _r	N _{b2}	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	ℓ ₃	ℓ ₄	H ₁	H ₂
(mm ²)	(N)	(N)	(N)	(N)	(N)	(N)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
113.0	4	8	1961	1961	392.3	392.3	63	152	250	380

F (H形鋼)	S _u (H形鋼)	S _y (H形鋼)	F (ラグ)	S _u (ラグ)	S _y (ラグ)	F (取付ボルト)	S _u (取付ボルト)	S _y (取付ボルト)	F* (H形鋼)	F* (ラグ)	F* (取付ボルト)
(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
192 ^{*2}	373 ^{*2} (厚さ ≤ 40mm)	192 ^{*2} (厚さ ≤ 40mm)	203 ^{*1}	413 ^{*1}	150 ^{*1}	203 ^{*2}	413 ^{*2}	150 ^{*2}	231 ^{*2}	203 ^{*1}	203 ^{*2}

注記*1: 最高使用温度で算出

*2: 周囲環境温度で算出

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4.3 結論

4.3.1 固有周期 (単位：s)

方向	固有周期
水平方向	
鉛直方向	

4.3.2 応力

4.3.2.1 胴に生じる応力 (単位：MPa)

応力	周方向応力	軸方向応力	組合せ応力	許容応力
内圧による応力	$\sigma_{\phi 1} = 33$	$\sigma_{x 1} = 17$	$\sigma_{\sigma} = 50$	$f_{\sigma} = 135$

許容応力以下である。

4.3.2.2 支持部に生じる応力 (単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
ラグ	SUS304	曲げ	—	—	$\sigma_r = 107$	$f_{b r} = 203$
		せん断	—	—	$\tau_r = 4$	$f_{s r} = 117$
		組合せ	—	—	$\sigma_{r \sigma} = 108$	$f_{t r} = 203$
取付ボルト	SUS304	引張	—	—	$\sigma_b = 8$	$f_{t b} = 152$
		せん断	—	—	$\tau_b = 14$	$f_{s b} = 117$
		組合せ	—	—	$\sigma_{b \sigma} = 25$	$f_{b t} = 152$
H形鋼	SS400	曲げ	—	—	$\sigma_{y b} = 15$	$f_{b h} = 231$
		せん断	—	—	$\tau_h = 1$	$f_{s h} = 133$
		組合せ	—	—	$\sigma_{\sigma} = 15$	$f_{t h} = 231$

すべて許容応力以下である。

VI-2-5-4 残留熱除去設備の耐震性についての計算書

目 次

VI-2-5-4-1 残留熱除去系の耐震性についての計算書

VI-2-5-4-2 耐圧強化ベント系の耐震性についての計算書

VI-2-5-4-1 残留熱除去系の耐震性についての計算書

目 次

- VI-2-5-4-1-1 残留熱除去系熱交換器の耐震性についての計算書
- VI-2-5-4-1-2 残留熱除去系ポンプの耐震性についての計算書

VI-2-5-4-1-2 残留熱除去系ポンプの耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有値解析及び構造強度評価	3
3.1 固有値解析及び構造強度評価方法	3
3.2 荷重の組合せ及び許容応力	3
3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	3
3.2.2 許容応力	3
3.2.3 使用材料の許容応力評価条件	3
3.3 解析モデル及び諸元	10
3.4 固有周期	10
3.5 設計用地震力	11
3.6 計算条件	11
4. 機能維持評価	12
4.1 動的機能維持評価方法	12
5. 評価結果	13
5.1 設計基準対象施設としての評価結果	13
5.2 重大事故等対処設備としての評価結果	13

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、残留熱除去系ポンプが設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

残留熱除去系ポンプは、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び動的機能維持評価を示す。

なお、残留熱除去系ポンプは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載のたて軸ポンプであるため、添付書類「VI-2-1-13-5 たて軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

残留熱除去系ポンプの構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>ポンプはポンプベースに固定され、ポンプベースは基礎ボルトで基礎に据え付ける。</p>	<p>ターボ形 (ターボ形たて軸ポンプ)</p>	<p>(単位：mm)</p>

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3. 固有値解析及び構造強度評価

3.1 固有値解析及び構造強度評価方法

残留熱除去系ポンプの構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-5 たて軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

3.2 荷重の組合せ及び許容応力

3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

残留熱除去系ポンプの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 3-1 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-2 に示す。

3.2.2 許容応力

残留熱除去系ポンプの許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 3-3 及び表 3-4 のとおりとする。

3.2.3 使用材料の許容応力評価条件

残留熱除去系ポンプの使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 3-5 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-6 に示す。

表 3-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉冷却 系統施設	残留熱除去 設備	残留熱除去系ポンプ	S	クラス 2 ポンプ*1	$D + P_D + M_D + S_d^{**2}$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S

注記 *1：クラス 2 ポンプの支持構造物を含む。

*2：S_sと組合せ，Ⅲ_AS の評価を実施する。

表 3-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉冷却 系統施設	残留熱除去 設備	残留熱除去系ポンプ	常設／防止 (DB 拡張)	重大事故等 クラス 2 ポンプ*2	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	Ⅳ _A S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _A S (V _A S として Ⅳ _A S の許容限界 を用いる。)
	非常用炉心 冷却設備そ の他原子炉 注水設備	残留熱除去系ポンプ	常設／防止 (DB 拡張)	重大事故等 クラス 2 ポンプ*2	$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _A S (V _A S として Ⅳ _A S の許容限界 を用いる。)

(続き)

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉格納 施設	原子炉格納 容器安全設 備 格納容器ス プレイ冷却 系	残留熱除去系ポンプ	常設／防止 (DB 拡張)	重大事故等 クラス 2 ポンプ*2	$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_S$	V_{AS} (V_{AS} として IV_{AS} の許容限界 を用いる。)
	原子炉格納 容器安全設 備 サプレッシ ョンプール 水冷却系	残留熱除去系ポンプ	常設／防止 (DB 拡張)	重大事故等 クラス 2 ポンプ*2	$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_S$	V_{AS} (V_{AS} として IV_{AS} の許容限界 を用いる。)

注記 *1:「常設／防止 (DB 拡張)」は常設重大事故防止設備 (設計基準拡張) を示す。

*2: 重大事故等クラス 2 ポンプの支持構造物を含む。

*3:「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_S$ 」の評価に包絡されるため、評価結果の記載を省略する。

表 3-3 許容応力（クラス 2, 3 ポンプ及び重大事故等クラス 2 ポンプ）

許容応力状態	許容限界*			
	一次一般膜応力	一次膜応力＋ 一次曲げ応力	一次＋二次応力	一次＋二次＋ ピーク応力
Ⅲ _{AS}	S _y と 0.6・S _u の小さい方。 ただし，ASS及びHNAについては上記値と 1.2・Sとの大きい方。	左欄の 1.5 倍の値	S _d 又はS _s 地震動のみによる疲労解析を行い，疲労累積係数が 1.0 以下であること。 ただし，地震動のみによる一次＋二次応力の変動値が 2・S _y 以下であれば疲労解析は不要。	
Ⅳ _{AS}				
V _{AS} (V _{AS} としてⅣ _{AS} の許容限界を用いる。)	0.6・S _u	左欄の 1.5 倍の値	S _s 地震動のみによる疲労解析を行い，疲労累積係数が 1.0 以下であること。 ただし，地震動のみによる一次＋二次応力の変動値が 2・S _y 以下であれば疲労解析は不要。	

注記 *：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 3-4 許容応力（クラス 2, 3 支持構造物及び重大事故等クラス 2 支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
Ⅲ _A S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
Ⅳ _A S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
V _A S (V _A S としてⅣ _A S の許容限界を用いる。)		

注記 *1: 応力の組合せが考えられる場合には, 組合せ応力に対しても評価を行う。

*2: 当該の応力が生じない場合, 規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 3-5 使用材料の許容応力評価条件 (設計基準対象施設)

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		バレルケーシング		最高使用温度	186	—	
コラムパイプ	最高使用温度	186		—	—		
基礎ボルト	周囲環境温度	66		—	—		
ポンプ取付ボルト	最高使用温度	186		—	—		
原動機台取付ボルト	最高使用温度	186		—	—		
原動機取付ボルト	周囲環境温度	66		—	—		

表 3-6 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		バレルケーシング		最高使用温度	186	—	
コラムパイプ	最高使用温度	186		—	—		
基礎ボルト	周囲環境温度	66		—	—		
ポンプ取付ボルト	最高使用温度	186		—	—		
原動機台取付ボルト	最高使用温度	186		—	—		
原動機取付ボルト	周囲環境温度	66		—	—		

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3.3 解析モデル及び諸元

固有値解析及び構造強度評価に用いる解析モデル及び諸元は、本計算書の【残留熱除去系ポンプの耐震性についての計算結果】の機器要目及びその他の機器要目に示す。解析コードは、「MSC NASTRAN」を使用し、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

3.4 固有周期

固有値解析の結果を表 3-7 に示す。固有周期は 0.05 秒以下であり、剛構造であることを確認した。また、鉛直方向の固有周期も 0.05 秒以下であることを確認した。

表 3-7 固有値解析結果

モード	卓越方向	固有周期 (s)	水平方向刺激係数		鉛直方向 刺激係数
			NS 方向	EW 方向	
1 次	水平	0.049	—	—	—

3.5 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 3-8 及び表 3-9 に示す。

「弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度」及び「基準地震動 S_s」による地震力は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。また、減衰定数は添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

表 3-8 設計用地震力（設計基準対象施設）

据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		減衰定数 (%)	
	水平 方向	鉛直 方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平	鉛直
原子炉建屋 O.P. -8.10*	0.049	0.05 以下	C _H = 0.48	C _V = 0.40	C _H = 0.99	C _V = 0.69	—	—

注記 *：基準床レベルを示す。

表 3-9 設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		減衰定数 (%)	
	水平 方向	鉛直 方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平	鉛直
原子炉建屋 O.P. -8.10*	0.049	0.05 以下	—	—	C _H = 0.99	C _V = 0.69	—	—

注記 *：基準床レベルを示す。

3.6 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【残留熱除去系ポンプの耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

4. 機能維持評価

4.1 動的機能維持評価方法

残留熱除去系ポンプの地震後の動的機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-13-5 たて軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

残留熱除去系ポンプは地震時動的機能維持が確認された機種と類似の構造及び振動特性であるため、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に記載の機能確認済加速度を適用する。機能確認済加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	形式	方向	機能確認済加速度
ポンプ	ピットバレル形 ポンプ	水平	10.0
		鉛直	1.0
原動機	立形ころがり 軸受電動機	水平	2.5
		鉛直	1.0

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

残留熱除去系ポンプの設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。なお，弾性設計用地震動 S_d 及び静的震度は基準地震動 S_s を下回っており，基準地震動 S_s による発生値が，弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度に対する評価における許容限界を満足するため，弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度による発生値の算出を省略した。

(2) 機能維持評価結果

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

残留熱除去系ポンプの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【残留熱除去系ポンプの耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		ポンプ振動 による震度	最高使用 温度 (°C)	周囲環境 温度 (°C)	最高使用圧力 (MPa)	
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度				吸込側	吐出側
残留熱除去系 ポンプ	S	原子炉建屋 O.P. -8.10*1	0.049	0.05 以 下	—*2	—*2	C _H =0.99	C _V =0.69		186	66	1.37	3.73

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：Ⅲ,Sについては、基準地震動 S_s で評価する。

1.2 機器要目

(1) ボルト

部 材	m _i (kg)	D _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	n _{f i}	M _p (N・mm)	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)
基礎ボルト (i=1)					24	24	—				
ポンプ取付ボルト (i=2)					36	36	3.438× 10 ⁶				
原動機台取付ボルト (i=3)					16	16	3.438× 10 ⁶				
原動機取付ボルト (i=4)					8	8	3.438× 10 ⁶				

注記*1：最高使用温度で算出

*2：周囲環境温度で算出

予想最大両振幅 (μm)	回転速度 (rpm)

(2) バレルケーシング, コラムパイプ

部 材	S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	D _c (mm)	t (mm)
バレルケーシング	—			1200	19
コラムパイプ	—				

注記*：最高使用温度で算出

1.3 計算数値

(1) ボルトに作用する力

部 材	M _i (N・mm)		F _{bi} (N)		Q _{bi} (N)	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)						
ポンプ取付ボルト (i=2)						
原動機台取付ボルト (i=3)						
原動機取付ボルト (i=4)						

(2) バレルケーシング, コラムパイプに作用する力
(単位: N・mm)

部 材	M	
	弾性設計用地震動S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
バレルケーシング		
コラムパイプ		

1.4 結論

1.4.1 固有周期

(単位: s)

モード	固有周期
水平 1次	T _{H1} =0.049
鉛直 1次	T _{V1} =0.05 以下

15

1.4.2 ボルトの応力

(単位: MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動S _d 又は静的震度		基準地震動S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
			基礎ボルト (i=1)		引張り	σ _{b1} =9
	せん断	τ _{b1} =2	f _{sb1} =378		τ _{b1} =2	f _{sb1} =378
ポンプ取付ボルト (i=2)	引張り	σ _{b2} =6	f _{ts2} =456*		σ _{b2} =6	f _{ts2} =456*
	せん断	τ _{b2} =3	f _{sb2} =351		τ _{b2} =3	f _{sb2} =351
原動機台取付ボルト (i=3)	引張り	σ _{b3} =37	f _{ts3} =444*		σ _{b3} =37	f _{ts3} =444*
	せん断	τ _{b3} =9	f _{sb3} =342		τ _{b3} =9	f _{sb3} =342
原動機取付ボルト (i=4)	引張り	σ _{b4} =38	f _{ts4} =455*		σ _{b4} =38	f _{ts4} =455*
	せん断	τ _{b4} =16	f _{sb4} =350		τ _{b4} =16	f _{sb4} =350

すべて許容応力以下である。

注記*: f_{tsi} = Min[1.4 · f_{toi} - 1.6 · τ_{bi}, f_{toi}]より算出

1.4.3 バレルケーシング, コラムパイプの応力

(単位: MPa)

部 材	材 料		一次一般模応力	
			算出応力	許容応力
バレルケーシング		弾性設計用地震動S _d 又は静的震度	σ=44	S _a =190
		基準地震動S _s	σ=44	S _a =218
コラムパイプ		弾性設計用地震動S _d 又は静的震度	σ=26	S _a =190
		基準地震動S _s	σ=26	S _a =218

すべて許容応力以下である。

1.4.4 動的機能の評価結果

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
ポンプ	水平方向	0.82	10.0
	鉛直方向	0.57	1.0
原動機	水平方向	0.82	2.5
	鉛直方向	0.57	1.0

注記*：基準地震動S_sにより定まる応答加速度を設定する。

機能維持評価用加速度は、すべて機能確認済加速度以下である。

1.5 その他の機器要目

(1) 節点データ

節点番号	節点座標 (mm)		
	x	y	z
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
31			
32			
33			
34			
35			
36			
37			
38			
39			
40			

O 2 ③ VI-2-5-4-1-2 R 0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(続き)

節点番号	節点座標 (mm)		
	x	y	z
41			
42			
43			
44			
45			
51			
52			
53			
54			
55			
56			
57			
58			
59			
60			
61			
62			
63			
64			
65			
66			
67			
68			
69			
70			
71			
72			
73			

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(2) 要素の断面性状

断面特性番号 (要素番号)	要素両端の節点 番号	材料 番号	断面積 (mm ²)	断面二次 モーメント (mm ⁴)
1	1-2	91		1.352×10 ¹⁰
2	2-3	91		1.352×10 ¹⁰
3	3-4	91		1.352×10 ¹⁰
4	4-5	91		1.352×10 ¹⁰
5	5-6	91		1.352×10 ¹⁰
6	6-7	91		1.352×10 ¹⁰
7	7-8	91		1.352×10 ¹⁰
8	8-9	91		1.352×10 ¹⁰
9	9-10	91		1.352×10 ¹⁰
10	10-11	91		3.841×10 ¹⁰
11	11-12	91		1.370×10 ¹²
12	12-13	91		3.841×10 ¹¹
13	13-14	91		2.879×10 ¹⁰
14	14-15	91		2.879×10 ¹⁰
15	15-16	91		2.879×10 ¹⁰
16	16-17	91		1.582×10 ¹¹
17	17-18	91		2.724×10 ¹⁰
18	18-19	91		2.724×10 ¹⁰
19	19-20	91		2.724×10 ¹⁰
20	20-21	94		1.490×10 ⁹
21	21-22	94		2.540×10 ⁹
22	22-23	94		1.590×10 ⁹
23	23-24	94		1.940×10 ⁹
24	24-25	94		2.010×10 ⁹
25	25-26	94		2.840×10 ⁹
26	26-27	94		5.720×10 ⁸
31	31-32	91		8.161×10 ⁷
32	32-33	91		5.506×10 ¹⁰
33	33-34	91		2.398×10 ⁹
34	34-35	91		6.945×10 ⁹
35	35-36	91		1.522×10 ¹⁰
36	36-37	91		3.423×10 ¹⁰
37	37-38	91		5.573×10 ⁸
38	38-39	91		8.250×10 ⁸
39	39-40	91		1.294×10 ⁹
40	40-41	91		1.294×10 ⁹
41	41-42	91		1.294×10 ⁹
42	42-43	91		1.294×10 ⁹
43	43-44	91		1.294×10 ⁹
44	44-45	91		1.294×10 ⁹

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(続き)

断面特性番号 (要素番号)	要素両端の節点 番号	材料 番号	断面積 (mm ²)	断面二次 モーメント (mm ⁴)
51	51-52	93		4.492×10^5
52	52-53	93		8.762×10^5
53	53-54	93		8.762×10^5
54	54-55	93		2.330×10^6
55	55-56	93		1.472×10^6
56	56-57	93		2.444×10^6
57	57-58	93		2.444×10^6
58	58-59	93		4.528×10^6
59	59-60	93		4.909×10^6
60	60-61	93		4.909×10^6
61	61-62	93		4.909×10^6
62	62-63	93		4.909×10^6
63	63-64	93		4.909×10^6
64	64-65	93		4.528×10^6
65	65-66	93		4.528×10^6
66	66-67	93		1.638×10^6
67	67-68	93		2.895×10^7
68	68-69	94		1.570×10^7
69	69-70	94		5.480×10^7
70	70-71	94		1.370×10^8
71	71-72	94		5.870×10^7
72	72-73	94		1.850×10^7

(3) ばね結合部の指定

ばねの両端の節点番号		ばね定数
31	51	
34	54	
36	56	
39	59	
44	64	
21	69	
26	72	
4	33	
8	37	
13	42	
16	45	
6	-	
12	-	
12	-	

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(4) 節点の質量

節点番号	質量(kg)
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	
23	
24	
25	
26	
27	
31	
32	
33	
34	
35	
36	
37	
38	
39	
40	
41	

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(続き)

節点番号	質量(kg)
42	
43	
44	
45	
51	
52	
53	
54	
55	
56	
57	
58	
59	
60	
61	
62	
63	
64	
65	
66	
67	
68	
69	
70	
71	
72	
73	

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(5) 材料物性値

材料番号	温度 (°C)	縦弾性係数 (MPa)	質量密度 (kg/mm ³)	ポアソン比 (-)	材質	部位
91	186			0.3		ポンプ
93	186			0.3		ポンプ
94	66			0.3		原動機

02 ③ VI-2-5-4-1-2 R0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

【残留熱除去系ポンプの耐震性についての計算結果】

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		ポンプ振動 による震度	最高使用 温度 (°C)	周囲環境 温度 (°C)	最高使用圧力 (MPa)	
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度				吸込側	吐出側
残留熱除去系 ポンプ	常設/防止 (DB 拡張)	原子炉建屋 O.P. -8.10*	0.049	0.05 以 下	—	—	C _H =0.99	C _V =0.69		186	66	1.37	3.73

注記*：基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

(1) ボルト

部 材	m _i (kg)	D _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	n _{f i}	M _p (N mm)	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)
基礎ボルト (i=1)					24	24	—				
ポンプ取付ボルト (i=2)					36	36	3.438× 10 ⁶				
原動機台取付ボルト (i=3)					16	16	3.438× 10 ⁶				
原動機取付ボルト (i=4)					8	8	3.438× 10 ⁶				

注記*1：最高使用温度で算出

*2：周囲環境温度で算出

予想最大両振幅 (μm)	回転速度 (rpm)

(2) バレルケーシング, コラムパイプ

部 材	S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	D _C (mm)	t (mm)
バレルケーシング	—			1200	19
コラムパイプ	—				

注記*：最高使用温度で算出

2.3 計算数値

(1) ボルトに作用する力

部 材	M _i (N・mm)		F _{bi} (N)		Q _{bi} (N)	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)						
ポンプ取付ボルト (i=2)						
原動機台取付ボルト (i=3)						
原動機取付ボルト (i=4)						

(2) バレルケーシング, コラムパイプに作用する力
(単位: N・mm)

部 材	M	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
バレルケーシング		
コラムパイプ		

2.4 結論

2.4.1 固有周期 (単位: s)

モード	固有周期
水平 1次	T _{H1} =0.049
鉛直 1次	T _{V1} =0.05 以下

25

2.4.2 ボルトの応力

(単位: MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
			基礎ボルト (i=1)		引張り	—
	せん断	—	—		τ _{b1} =2	f _{sb1} =378
ポンプ取付ボルト (i=2)	引張り	—	—		σ _{b2} =6	f _{ts2} =456*
	せん断	—	—		τ _{b2} =3	f _{sb2} =351
原動機台取付ボルト (i=3)	引張り	—	—		σ _{b3} =37	f _{ts3} =444*
	せん断	—	—		τ _{b3} =9	f _{sb3} =342
原動機取付ボルト (i=4)	引張り	—	—		σ _{b4} =38	f _{ts4} =455*
	せん断	—	—		τ _{b4} =16	f _{sb4} =350

すべて許容応力以下である。

注記*: f_{tsi} = Min [1.4 · f_{toi} - 1.6 · τ_{bi}, f_{toi}] より算出

2.4.3 バレルケーシング, コラムパイプの応力

(単位: MPa)

部 材	材 料		一次一般膜応力	
			算出応力	許容応力
バレルケーシング		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	—	—
		基準地震動 S _s	σ=44	S _a =218
コラムパイプ		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	—	—
		基準地震動 S _s	σ=26	S _a =218

すべて許容応力以下である。

2.4.4 動的機能の評価結果

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
ポンプ	水平方向	0.82	10.0
	鉛直方向	0.57	1.0
原動機	水平方向	0.82	2.5
	鉛直方向	0.57	1.0

注記*：基準地震動S_sにより定まる応答加速度を設定する。

機能維持評価用加速度は、すべて機能確認済加速度以下である。

2.5 その他の機器要目

(1) 節点データ

節点番号	節点座標 (mm)		
	x	y	z
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
31			
32			
33			
34			
35			
36			
37			
38			
39			
40			

02 ③ VI-2-5-4-1-2 R0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(続き)

節点番号	節点座標 (mm)		
	x	y	z
41			
42			
43			
44			
45			
51			
52			
53			
54			
55			
56			
57			
58			
59			
60			
61			
62			
63			
64			
65			
66			
67			
68			
69			
70			
71			
72			
73			

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(2) 要素の断面性状

断面特性番号 (要素番号)	要素両端の節点 番号	材料 番号	断面積 (mm ²)	断面二次 モーメント (mm ⁴)
1	1-2	91		1.352×10 ¹⁰
2	2-3	91		1.352×10 ¹⁰
3	3-4	91		1.352×10 ¹⁰
4	4-5	91		1.352×10 ¹⁰
5	5-6	91		1.352×10 ¹⁰
6	6-7	91		1.352×10 ¹⁰
7	7-8	91		1.352×10 ¹⁰
8	8-9	91		1.352×10 ¹⁰
9	9-10	91		1.352×10 ¹⁰
10	10-11	91		3.841×10 ¹⁰
11	11-12	91		1.370×10 ¹²
12	12-13	91		3.841×10 ¹¹
13	13-14	91		2.879×10 ¹⁰
14	14-15	91		2.879×10 ¹⁰
15	15-16	91		2.879×10 ¹⁰
16	16-17	91		1.582×10 ¹¹
17	17-18	91		2.724×10 ¹⁰
18	18-19	91		2.724×10 ¹⁰
19	19-20	91		2.724×10 ¹⁰
20	20-21	94		1.490×10 ⁹
21	21-22	94		2.540×10 ⁹
22	22-23	94		1.590×10 ⁹
23	23-24	94		1.940×10 ⁹
24	24-25	94		2.010×10 ⁹
25	25-26	94		2.840×10 ⁹
26	26-27	94		5.720×10 ⁸
31	31-32	91		8.161×10 ⁷
32	32-33	91		5.506×10 ¹⁰
33	33-34	91		2.398×10 ⁹
34	34-35	91		6.945×10 ⁹
35	35-36	91		1.522×10 ¹⁰
36	36-37	91		3.423×10 ¹⁰
37	37-38	91		5.573×10 ⁸
38	38-39	91		8.250×10 ⁸
39	39-40	91		1.294×10 ⁹
40	40-41	91		1.294×10 ⁹
41	41-42	91		1.294×10 ⁹
42	42-43	91		1.294×10 ⁹
43	43-44	91		1.294×10 ⁹
44	44-45	91		1.294×10 ⁹

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(続き)

断面特性番号 (要素番号)	要素両端の節点 番号	材料 番号	断面積 (mm ²)	断面二次 モーメント (mm ⁴)
51	51-52	93		4.492×10^5
52	52-53	93		8.762×10^5
53	53-54	93		8.762×10^5
54	54-55	93		2.330×10^6
55	55-56	93		1.472×10^6
56	56-57	93		2.444×10^6
57	57-58	93		2.444×10^6
58	58-59	93		4.528×10^6
59	59-60	93		4.909×10^6
60	60-61	93		4.909×10^6
61	61-62	93		4.909×10^6
62	62-63	93		4.909×10^6
63	63-64	93		4.909×10^6
64	64-65	93		4.528×10^6
65	65-66	93		4.528×10^6
66	66-67	93		1.638×10^6
67	67-68	93		2.895×10^7
68	68-69	94		1.570×10^7
69	69-70	94		5.480×10^7
70	70-71	94		1.370×10^8
71	71-72	94		5.870×10^7
72	72-73	94		1.850×10^7

(3) ばね結合部の指定

ばねの両端の節点番号		ばね定数
31	51	
34	54	
36	56	
39	59	
44	64	
21	69	
26	72	
4	33	
8	37	
13	42	
16	45	
6	-	
12	-	
12	-	

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(4) 節点の質量

節点番号	質量(kg)
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	
23	
24	
25	
26	
27	
31	
32	
33	
34	
35	
36	
37	
38	
39	
40	
41	

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

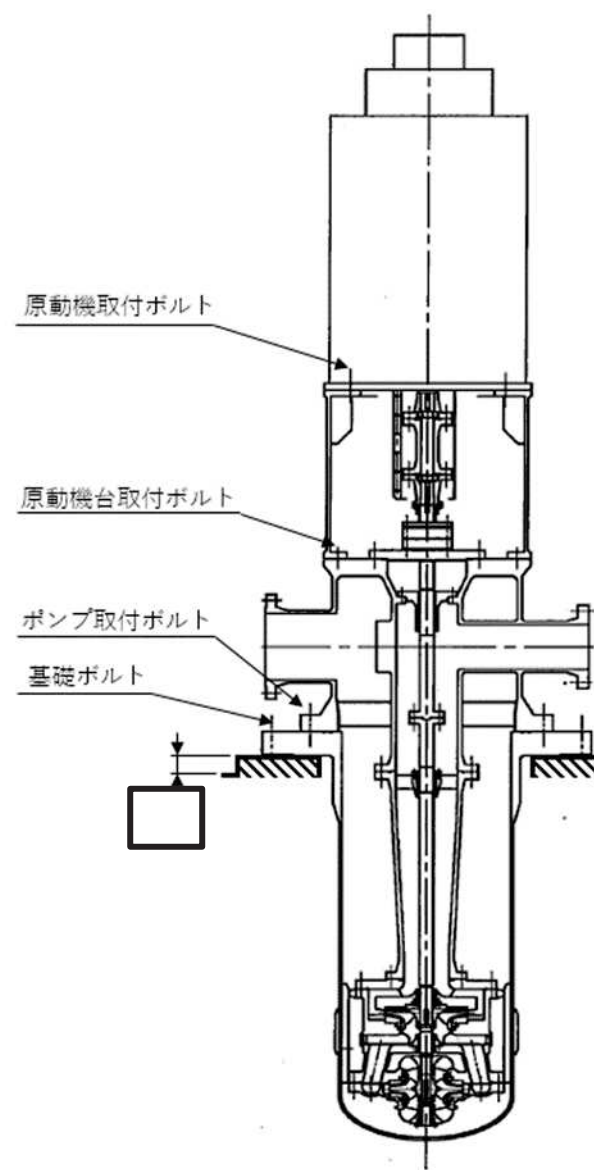
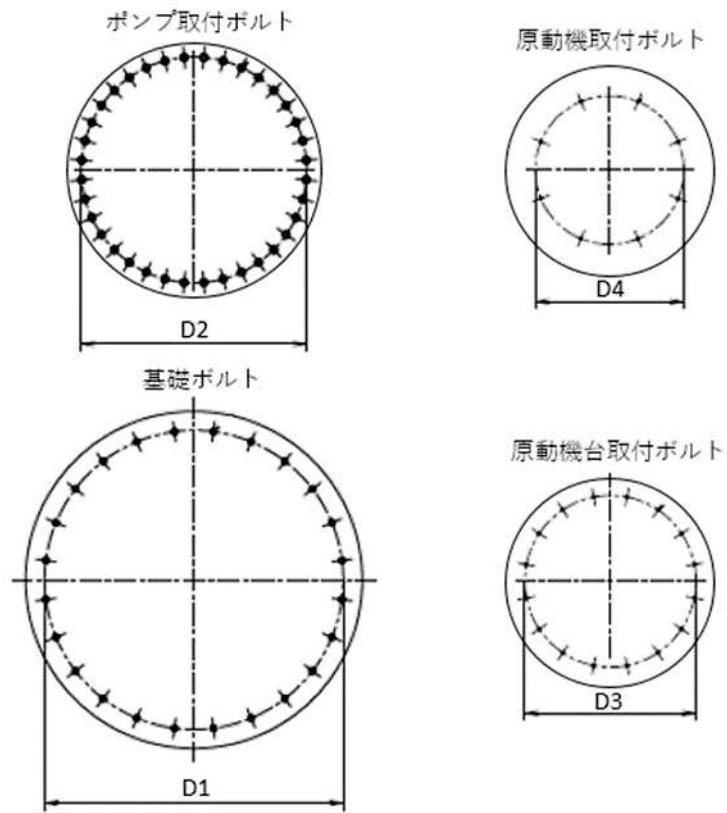
(続き)

節点番号	質量(kg)
42	
43	
44	
45	
51	
52	
53	
54	
55	
56	
57	
58	
59	
60	
61	
62	
63	
64	
65	
66	
67	
68	
69	
70	
71	
72	
73	

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(5) 材料物性値

材料番号	温度 (°C)	縦弾性係数 (MPa)	質量密度 (kg/mm ³)	ポアソン比 (-)	材質	部位
91	186			0.3		ポンプ
93	186			0.3		ポンプ
94	66			0.3		原動機



枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

VI-2-5-4-2 耐圧強化ベント系の耐震性についての計算書

目 次

VI-2-5-4-2-1 管の耐震性についての計算書（耐圧強化ベント系）

VI-2-5-4-2-1 管の耐震性についての計算書
(耐圧強化ベント系)

重大事故等対処設備

目次

1. 概要	1
2. 概略系統図	2
3. 計算条件	4
3.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	4
4. 解析結果及び評価	5

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-13-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」（以下「基本方針」という。）に基づき、管、支持構造物及び弁が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

評価結果の記載方法は、以下に示すとおりである。

(1) 管

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。

(2) 支持構造物






工事計画記載範囲の支持点のうち、種類及び型式単位に反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。

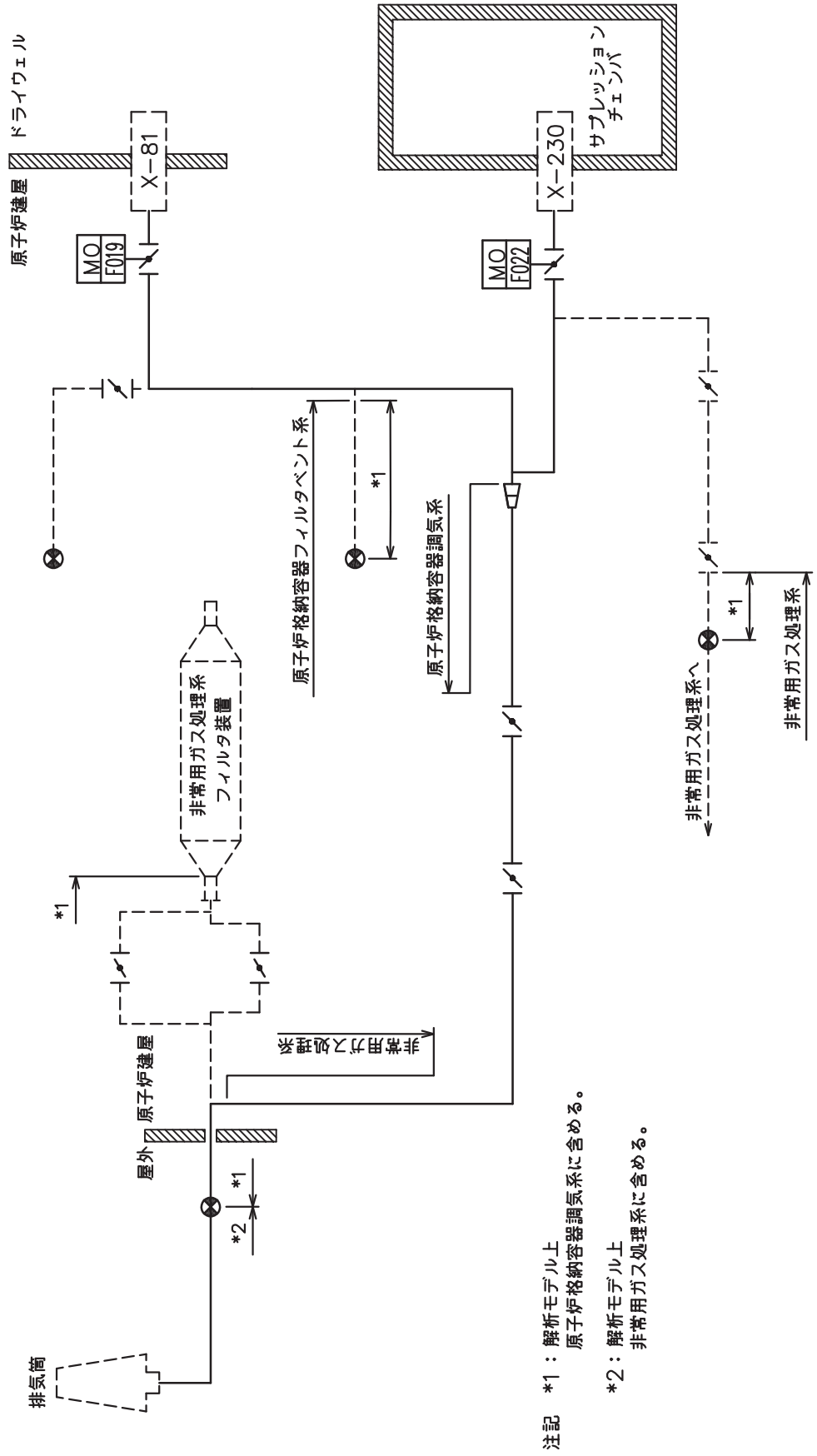
(3) 弁

機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として、評価結果を記載する。

2. 概略系統図

概略系統図記号凡例

記 号	内 容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管
	鳥瞰図番号
	アンカ



注記 *1：解析モデル上
原子炉格納容器調気系に含める。
*2：解析モデル上
非常用ガス処理系に含める。

耐圧強化ベント系概略系統図

3. 計算条件

3.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設分類*1	設備分類*2	機器等の区分	耐震重要度分類	荷重の組合せ*3,*4	許容応力状態*5
原子炉冷却系統施設	残留熱除去設備	耐圧強化ベント系	S A	常設耐震/防止	重大事故等クラス2管	—	$V_L(L) + S d$ $V_L(LL) + S s$ $V_L + S s$	$V_A S$

注記*1：DBは設計基準対象施設，SAは重大事故等対処設備を示す。

4

*2：「常設耐震/防止」は常設耐震重要重大事故防止設備を示す。

*3：運転状態の添字Lは荷重，(L)は荷重が長期間作用している状態，(LL)は(L)より更に長期的荷重が作用している状態を示す。

*4：許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

*5：許容応力状態 $V_A S$ は許容応力状態 $IV_A S$ の許容限界を使用し，許容応力状態 $IV_A S$ として評価を実施する。

4. 解析結果及び評価

以下の計算書の重大事故等対処設備に含まれる。

「VI-2-9-4-5-1-1 管の耐震性についての計算書（原子炉格納容器調気系）」

VI-2-5-5 非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備の耐震性
についての計算書

目 次

- VI-2-5-5-1 高压炉心スプレイ系の耐震性についての計算書
- VI-2-5-5-2 低压炉心スプレイ系の耐震性についての計算書
- VI-2-5-5-3 高压代替注水系の耐震性についての計算書
- VI-2-5-5-4 低压代替注水系の耐震性についての計算書

VI-2-5-5-1 高圧炉心スプレイ系の耐震性についての計算書

目 次

VI-2-5-5-1-1 高圧炉心スプレイ系ポンプの耐震性についての計算書

VI-2-5-5-1-1 高圧炉心スプレイ系ポンプの耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有値解析及び構造強度評価	3
3.1 固有値解析及び構造強度評価方法	3
3.2 荷重の組合せ及び許容応力	3
3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	3
3.2.2 許容応力	3
3.2.3 使用材料の許容応力評価条件	3
3.3 解析モデル及び諸元	9
3.4 固有周期	9
3.5 設計用地震力	10
3.6 計算条件	11
4. 機能維持評価	12
4.1 基本方針	12
4.2 ポンプの動的機能維持評価	12
4.3 原動機の動的機能維持評価	13
4.3.1 評価対象部位	13
4.3.2 評価基準値	13
4.3.3 記号の説明	14
4.3.4 評価方法	15
5. 評価結果	18
5.1 設計基準対象施設としての評価結果	18
5.2 重大事故等対処設備としての評価結果	18

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、高圧炉心スプレイ系ポンプが設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

高圧炉心スプレイ系ポンプは、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び動的機能維持評価を示す。

なお、高圧炉心スプレイ系ポンプは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載のたて軸ポンプであるため、添付書類「VI-2-1-13-5 たて軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

また、高圧炉心スプレイ系ポンプの原動機は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に記載の立形すべり軸受電動機であり、機能維持評価において機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を上回ることから、原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1 - 1991 追補版（社）日本電気協会）（以下「J E A G 4 6 0 1」という。）に定められた評価部位の健全性を詳細評価することで動的機能維持の確認を行う。

2. 一般事項

2.1 構造計画

高圧炉心スプレイ系ポンプの構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>ポンプはポンプベースに固定され、ポンプベースは基礎ボルトで基礎に据え付ける。</p>	<p>ターボ形 (ターボ形たて軸ポンプ)</p>	<p>(単位：mm)</p>

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3. 固有値解析及び構造強度評価

3.1 固有値解析及び構造強度評価方法

高圧炉心スプレイ系ポンプの構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-5 たて軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

3.2 荷重の組合せ及び許容応力

3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

高圧炉心スプレイ系ポンプの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 3-1 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-2 に示す。

3.2.2 許容応力

高圧炉心スプレイ系ポンプの許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 3-3 及び表 3-4 のとおりとする。

3.2.3 使用材料の許容応力評価条件

高圧炉心スプレイ系ポンプの使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 3-5 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-6 に示す。

表 3-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉冷却 系統施設	非常用炉心 冷却設備そ の他原子炉 注水設備	高圧炉心スプレイ系 ポンプ	S	クラス 2 ポンプ*1	$D + P_D + M_D + S_d^{**2}$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S

注記 *1：クラス 2 ポンプの支持構造物を含む。

*2：S_sと組合せ，Ⅲ_AS の評価を実施する。

表 3-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉冷却 系統施設	非常用炉心 冷却設備そ の他原子炉 注水設備	高圧炉心スプレイ系 ポンプ	常設／防止 (DB 拡張)	重大事故等 クラス 2 ポンプ*2	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	Ⅳ _A S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _A S (V _A Sとして Ⅳ _A Sの許容限界 を用いる。)

注記 *1：「常設／防止（DB 拡張）」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）を示す。

*2：重大事故等クラス 2 ポンプの支持構造物を含む。

*3：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 3-3 許容応力 (クラス 2, 3 ポンプ及び重大事故等クラス 2 ポンプ)

許容応力状態	許容限界*			
	一次一般膜応力	一次膜応力+ 一次曲げ応力	一次+二次応力	一次+二次+ ピーク応力
III _{AS}	S _y と0.6・S _u の小さい方。 ただし, ASS及びHNAについては上記値と1.2・Sとの大きい方。	左欄の1.5倍の値	S _d 又はS _s 地震動のみによる疲労解析を行い, 疲労累積係数が1.0以下であること。 ただし, 地震動のみによる一次+二次応力の変動値が2・S _y 以下であれば疲労解析は不要。	
IV _{AS}				
V _{AS} (V _{AS} としてIV _{AS} の許容限界を用いる。)	0.6・S _u	左欄の1.5倍の値	S _s 地震動のみによる疲労解析を行い, 疲労累積係数が1.0以下であること。 ただし, 地震動のみによる一次+二次応力の変動値が2・S _y 以下であれば疲労解析は不要。	

注記 * : 当該の応力が生じない場合, 規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 3-4 許容応力（クラス 2, 3 支持構造物及び重大事故等クラス 2 支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
Ⅲ _A S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
Ⅳ _A S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
V _A S (V _A S としてⅣ _A S の許容限界を用いる。)		

注記 *1: 応力の組合せが考えられる場合には, 組合せ応力に対しても評価を行う。

*2: 当該の応力が生じない場合, 規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 3-5 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		バレルケーシング		最高使用温度	100	—	
基礎ボルト	周囲環境温度	66		—	—		
ポンプ取付ボルト	最高使用温度	100		—	—		
原動機台取付ボルト	最高使用温度	100		—	—		
原動機取付ボルト	周囲環境温度	66		—	—		

表 3-6 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		バレルケーシング		最高使用温度	100	—	
基礎ボルト	周囲環境温度	66		—	—		
ポンプ取付ボルト	最高使用温度	100		—	—		
原動機台取付ボルト	最高使用温度	100		—	—		
原動機取付ボルト	周囲環境温度	66		—	—		

3.3 解析モデル及び諸元

固有値解析及び構造強度評価に用いる解析モデル及び諸元は、本計算書の【高圧炉心スプレイ系ポンプの耐震性についての計算結果】の機器要目及びその他の機器要目に示す。解析コードは、「MSC NASTRAN」を使用し、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

3.4 固有周期

固有値解析の結果を表 3-7、振動モード図を図 3-1 に示す。固有周期は 0.05 秒を超えており、柔構造であることを確認した。また、鉛直方向の固有周期は 0.05 秒以下であることを確認した。

表 3-7 固有値解析結果

モード	卓越方向	固有周期 (s)	水平方向刺激係数*		鉛直方向 刺激係数*
			NS 方向	EW 方向	
1 次	水平	0.053	3.894	0.000	0.000
2 次	水平	0.026	—	—	—

注記*：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリクスの積から算出した値を示す。



図 3-1 振動モード (1 次モード 水平方向 0.053s)

3.5 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 3-8 及び表 3-9 に示す。

「弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度」及び「基準地震動 S_s」による地震力は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。また、減衰定数は添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

表 3-8 設計用地震力（設計基準対象施設）

据付場所及び床面高さ(m)		原子炉建屋 O.P. -8.10* ¹					
固有周期(s)		水平：0.053* ² 鉛直：0.05 以下					
減衰定数(%)		水平：1.0 鉛直：-					
地震力		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度			基準地震動 S _s		
モード	固有周期(s)	応答水平震度* ³		応答鉛直震度* ³	応答水平震度* ⁴		応答鉛直震度* ⁴
		NS 方向	EW 方向		NS 方向	EW 方向	
1 次	0.053	-* ⁷	-* ⁷	-	3.06	-	-
2 次	0.026	-	-	-	-	-	-
動的地震力* ⁵		-* ⁷	-* ⁷	-	0.92	0.99	0.69
静的地震力* ⁶		-* ⁷	-* ⁷	-	-	-	-

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：1 次固有周期について記載。

*3：各モードの固有周期に対し、設計用床応答曲線（S_d）より得られる震度を示す。

*4：各モードの固有周期に対し、設計用床応答曲線（S_s）より得られる震度を示す。

*5：S_s 又は S_d に基づく設計用最大応答加速度（1.2・ZPA）より定めた震度を示す。

*6：静的震度（3.6・C_i 及び 1.2・C_v）を示す。

*7：Ⅲ_AS については、基準地震動 S_s で評価する。

表 3-9 設計用地震力（重大事故等対処施設）

据付場所及び床面高さ(m)		原子炉建屋 O.P. -8.10* ¹					
固有周期(s)		水平：0.053* ² 鉛直：0.05 以下					
減衰定数(%)		水平：1.0 鉛直：-					
地震力		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度			基準地震動 S _s		
モード	固有周期(s)	応答水平震度		応答鉛直震度	応答水平震度* ³		応答鉛直震度* ³
		NS 方向	EW 方向		NS 方向	EW 方向	
1 次	0.053	-	-	-	3.06	-	-
2 次	0.026	-	-	-	-	-	-
動的地震力* ⁴		-	-	-	0.92	0.99	0.69
静的地震力		-	-	-	-	-	-

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：1次固有周期について記載。

*3：各モードの固有周期に対し，設計用床応答曲線（S_s）より得られる震度を示す。

*4：S_s 又は S_d に基づく設計用最大応答加速度（1.2・ZPA）より定めた震度を示す。

3.6 計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【高圧炉心スプレイ系ポンプの耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

4. 機能維持評価

4.1 基本方針

高圧炉心スプレイ系ポンプの原動機は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に記載の立形すべり軸受電動機であり、機能維持評価において機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を上回ることから、J E A G 4 6 0 1 に定められた評価部位の健全性を詳細評価することで動的機能維持の確認を行う。

詳細評価に用いる機能維持評価用加速度は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき、基準地震動 S_s により定まる設計用最大応答加速度 (1.0ZPA) を設定する。

- (1) 高圧炉心スプレイ系ポンプはピットバレル形ポンプであるため、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に記載されているピットバレル形ポンプの機能確認済加速度を適用する。

4.2 ポンプの動的機能維持評価

高圧炉心スプレイ系ポンプは地震時動的機能維持が確認された機種と類似の構造及び振動特性であるため、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に記載の機能確認済加速度を適用する。機能確認済加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 機能確認済加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)

評価部位	形式	方向	機能確認済加速度
立型ポンプ	ピットバレル形ポンプ	水平方向	10.0
		鉛直方向	1.0

4.3 原動機の動的機能維持評価

4.3.1 評価対象部位

J E A G 4 6 0 1 の電動機の動的機能維持評価に従い、以下の部位について評価を実施する。

- a. 取付ボルト
- b. 固定子
- c. 軸（回転子）
- d. 端子箱
- e. 軸受
- f. 固定子と回転子のクリアランス
- g. モータフレーム
- h. 軸継手

このうち「a. 取付ボルト」については、「3. 構造強度評価」に従い評価を行った「5. 評価結果」にて設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認している。

以上より、本計算書においては、固定子、軸（回転子）、端子箱、軸受、固定子と回転子のクリアランス、モータフレームを評価対象部位とする。なお、軸継手はポンプ軸とモータ軸をリジットに接続するタイプであり、相対変位が発生しないこと、および地震荷重については軸受で負担するため軸継手部には有意な応力が発生しないことから、計算書の評価対象外とする。

4.3.2 評価基準値

軸（回転子）及びモータフレームの許容応力は、クラス 2 ポンプの許容応力状態 III_{AS} に準拠し設定する。固定子の許容応力はクラス 2 支持構造物の許容応力状態 III_{AS} に準拠し設定する。端子箱の許容応力はクラス 2 支持構造物の許容応力状態 IV_{AS} に準拠し設定する。また軸受については、メーカー規定の軸受の定格荷重を、固定子と回転子間のクリアランスは、変位可能寸法を評価基準値として設定する。

4.3.3 記号の説明

高圧炉心スプレイ系ポンプ用原動機の動的機能維持評価に使用する記号を表 4-2 に示す。

表4-2 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_{bt}	端子箱取付ボルトの断面積	mm^2
A_f	モータフレームの断面積	mm^2
A_s	軸の断面積	mm^2
C_P	ポンプ振動による震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
D	固定子の外径	mm
d_s	軸の径	mm
F_k	固定子に生じる組合せ荷重	N
F_{bt}	端子箱取付ボルトに作用するせん断力	N
F_{kg}	自重及び地震力により固定子に生じる荷重	N
F_{kt}	電動機の回転による荷重	N
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s^2
L	固定子の溶接長さ	mm
M_f	モータフレームに作用する曲げモーメント	$\text{N}\cdot\text{mm}$
M_s	軸に作用する曲げモーメント	$\text{N}\cdot\text{mm}$
N	電動機の回転速度	min^{-1}
n_p	固定子の溶接数	—
n_t	端子箱取付ボルトの本数	—
P	電動機出力	kW
p	固定子の溶接部の開先寸法	mm
Q_{bt}	端子箱に作用するせん断力	N
s	固定子のすみ肉脚長	mm
T_m	電動機の回転による発生トルク	$\text{N}\cdot\text{m}$
T_{ma}	電動機最大トルク	%
T_s	ポンプ運転による発生トルク	$\text{N}\cdot\text{mm}$
W_c	固定子コイル及びコア質量	kg
W_f	モータフレーム質量	kg
W_s	軸の質量	kg
W_t	端子箱質量	kg
Z_f	モータフレームの断面係数	mm^3
Z_s	軸の断面係数	mm^3
σ_m	モータフレームに生じる組合せ応力	MPa
σ_s	軸に生じる組合せ応力	MPa
σ_{bt}	端子箱取付ボルトに生じる引張応力	MPa
σ_{fm}	モータフレームに生じる曲げ応力	MPa

記号	記号の説明	単位
$\sigma_{f w}$	自重及び鉛直方向地震力によりモータフレームに生じる応力	MPa
$\sigma_{s m}$	軸に生じる曲げ応力	MPa
$\sigma_{s w}$	自重及び鉛直方向地震力により軸に生じる応力	MPa
τ_k	固定子に生じるせん断応力	MPa
τ_s	ポンプ運転によるねじり応力	MPa
$\tau_{b t}$	端子箱取付ボルトに生じるせん断応力	MPa

4.3.4 評価方法

(1) 固定子

電動機の最大荷重（トルク）は次式で求める。

$$T_m = \frac{974 \cdot P \cdot g}{N} \cdot \frac{T_{m a}}{100} \dots \dots \dots (4.3.4.1)$$

電動機の回転による荷重は次式で求める。

$$F_{k t} = \frac{T_m}{1/2 \cdot D} \dots \dots \dots (4.3.4.2)$$

自重及び鉛直方向地震力により発生する荷重は次式で求める。

$$F_{k g} = W_c \cdot g \cdot (C_v + C_p + 1) \dots \dots \dots (4.3.4.3)$$

せん断応力は次式で求める。

$$F_k = \sqrt{F_{k t}^2 + F_{k g}^2} \dots \dots \dots (4.3.4.4)$$

$$\tau_k = \frac{F_k}{(p + s) \cdot L \cdot n_p} \dots \dots \dots (4.3.4.5)$$

(2) 軸

a. 曲げ応力

多質点はりモデルを用いて応答計算を行い，得られたモーメントにより，曲げ応力は以下のようなになる。

$$\sigma_{s m} = \frac{M_s}{Z_s} \dots \dots \dots (4.3.4.6)$$

b. 自重及び鉛直方向地震力による応力

$$\sigma_{s w} = \frac{(1 + C_v + C_p) \cdot W_s \cdot g}{A_s} \dots \dots \dots (4.3.4.7)$$

c. ねじり応力

$$T_s = \frac{P}{2\pi / 60 \cdot N} \cdot 10^6 \dots \dots \dots (4.3.4.8)$$

$$\tau_s = \frac{16 \cdot T_s}{\pi \cdot d_s^3} \dots \dots \dots (4.3.4.9)$$

d. 組合せ応力

$$\sigma_s = \frac{1}{2} \cdot (\sigma_{s m} + \sigma_{s w}) + \frac{1}{2} \cdot \sqrt{(\sigma_{s m} + \sigma_{s w})^2 + 4\tau_s^2} \dots \dots \dots (4.3.4.10)$$

(3) 端子箱

a. 取付ボルトのせん断応力

$$F_{b t} = (1 + C_v + C_p) \cdot W_t \cdot g \dots \dots \dots (4.3.4.11)$$

$$\tau_{b t} = \frac{F_{b t}}{n_t \cdot A_{b t}} \dots \dots \dots (4.3.4.12)$$

b. 取付ボルトの引張応力

$$\sigma_{bt} = \frac{Q_{bt}}{n_t \cdot A_{bt}} \dots \dots \dots (4.3.4.13)$$

(4) 軸受

多質点はりモデルによる高圧炉心スプレイ系ポンプの応答解析結果を用い、軸受の発生荷重を評価する。

(5) 固定子と回転子のクリアランス

多質点はりモデルによる高圧炉心スプレイ系ポンプの応答解析結果を用い、固定子-軸（回転子）の相対変位が固定子-軸（回転子）間空隙寸法を下回ることを確認する。

(6) モータフレーム

a. 曲げ応力

多質点はりモデルを用いて応答計算を行い、得られたモーメントにより、曲げ応力は以下のようなになる。

$$\sigma_{fm} = \frac{M_f}{Z_f} \dots \dots \dots (4.3.4.14)$$

b. 自重及び鉛直方向地震力による応力

$$\sigma_{fw} = \frac{(1 + C_v + C_p) \cdot W_f \cdot g}{A_f} \dots \dots \dots (4.3.4.15)$$

c. 組合せ応力

$$\sigma_m = \sigma_{fm} + \sigma_{fw} \dots \dots \dots (4.3.4.16)$$

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

高圧炉心スプレイ系ポンプの設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。なお，弾性設計用地震動 S_d 及び静的震度は基準地震動 S_s を下回っており，基準地震動 S_s による発生値が，弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度に対する評価における許容限界を満足するため，弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度による発生値の算出を省略した。

(2) 機能維持評価結果

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

高圧炉心スプレイ系ポンプの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【高圧炉心スプレイ系ポンプの耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 構造強度評価

1.1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		ポンプ振動 による震度	最高使用 温度 (°C)	周囲環境 温度 (°C)	最高使用圧力 (MPa)	
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度				吸入側	吐出側
高圧炉心スプレイ 系ポンプ	S	原子炉建屋 O.P.-8.10*1	0.053	0.05 以下	-*2	-*2	C _H =0.99	C _V =0.69		100	66	1.37	10.79

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：III,S については、基準地震動 S_s で評価する。

1.1.2 機器要目

(1) ボルト

部 材	m _i (kg)	D _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	n _{f i}	M _p (N・mm)	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)
基礎ボルト (i=1)					24	24	—				
ポンプ取付ボルト (i=2)					40	40	1.210× 10 ⁷				
原動機台取付ボルト (i=3)					20	20	1.210× 10 ⁷				
原動機取付ボルト (i=4)					12	12	1.210× 10 ⁷				

注記 *1：最高使用温度で算出

*2：周囲環境温度で算出

予想最大両振幅 (μm)	回転速度 (rpm)

(2) バレルケーシング

部 材	S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	D _C (mm)	t (mm)
バレルケーシング	—				

注記*：最高使用温度で算出

1.1.3 計算数値

(1) ボルトに作用する力

部 材	M _i (N・mm)		F _{bi} (N)		Q _{bi} (N)	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)						
ポンプ取付ボルト (i=2)						
原動機台取付ボルト (i=3)						
原動機取付ボルト (i=4)						

(2) パレルケーシングに作用する力

(単位：N・mm)

部 材	M	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
パレルケーシング		

1.1.4 結論

1.1.4.1 固有周期

(単位：s)

モード	固有周期
水平 1次	T _{H1} =0.053
鉛直 1次	T _{V1} =0.05以下

20

1.1.4.2 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力*	許容応力	算出応力	許容応力
			基礎ボルト (i=1)		引張り	σ _{b1} =44
	せん断	τ _{b1} =4	f _{sb1} =378		τ _{b1} =4	f _{sb1} =378
ポンプ取付ボルト (i=2)	引張り	σ _{b2} =27	f _{ts2} =474*		σ _{b2} =27	f _{ts2} =474*
	せん断	τ _{b2} =6	f _{sb2} =365		τ _{b2} =6	f _{sb2} =365
原動機台取付ボルト (i=3)	引張り	σ _{b3} =103	f _{ts3} =444*		σ _{b3} =103	f _{ts3} =444*
	せん断	τ _{b3} =23	f _{sb3} =342		τ _{b3} =23	f _{sb3} =342
原動機取付ボルト (i=4)	引張り	σ _{b4} =148	f _{ts4} =455*		σ _{b4} =148	f _{ts4} =455*
	せん断	τ _{b4} =53	f _{sb4} =350		τ _{b4} =53	f _{sb4} =350

すべて許容応力以下である。

注記*: f_{tsi} = Min [1.4 · f_{toi} - 1.6 · τ_{bi}, f_{toi}]より算出

1.1.4.3 パレルケーシングの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料		一次一般膜応力	
			算出応力	許容応力
パレルケーシング		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	σ=49	S _a =201
		基準地震動 S _s	σ=49	S _a =223

すべて許容応力以下である。

1.2 動的機能維持評価

1.2.1 設計条件

機器名称	形式	定格容量 (m ³ /h)	据付場所及び 床面高さ (m)	固有周期(s)		基準地震動 S _s		ポンプ振動 による震度	最高使用 温度 (°C)	周囲環境 温度 (°C)
				水平方 向	鉛直方 向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度			
高圧炉心スプレイ系 ポンプ	ピットパレル形ポンプ	325/1074	原子炉建屋 O.P.-8.10*	0.053	0.05以 下	C _H =0.82	C _V =0.57		100	66

注記*：基準床レベルを示す。

機器名称	形式	出力 (kW)	据付場所及び 床面高さ (m)	固有周期(s)		基準地震動 S _s		ポンプ振動 による震度	最高使用 温度 (°C)	周囲環境 温度 (°C)
				水平方 向	鉛直方 向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度			
高圧炉心スプレイ系 ポンプ用原動機	立形すべり軸受電動機	1900	原子炉建屋 O.P.-8.10*	0.053	0.05以 下	C _H =0.82	C _V =0.57		-	66

注記*：基準床レベルを示す。

1.2.2 機器要目

(1) 固定子

部 材	N (min ⁻¹)	T _{ma} (%)	D (mm)	L (mm)	p (mm)	s (mm)	W _c (kg)	n _p
固定子	1500	175	1180	100	5	10	2394	8

(2) 軸

部 材	M _s (N·mm)	Z _s (mm ³)	W _s (kg)	A _s (mm ²)	N (min ⁻¹)	d _s (mm)
軸	3.030× 10 ⁷	6.734× 10 ⁵	2825	2.835× 10 ⁴	1500	190

(3) 端子箱

部 材	W _t (kg)	n _t	A _{b t} (mm ²)	Q _{b t} (N)
端子箱	70	10	113.1	1.976× 10 ⁵

(4) モータフレーム

部 材	M _f (N·mm)	Z _f (mm ³)	W _f (kg)	A _f (mm ²)
モータフレーム	7.051× 10 ⁸	3.323× 10 ⁷	11319	8.213× 10 ⁴

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

1.2.3 結論

1.2.3.1 機能確認済加速度との比較

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
ポンプ	水平方向	0.82	10.0
	鉛直方向	0.57	1.0
原動機	水平方向	4.70	2.5
	鉛直方向	0.57	1.0

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

ポンプは、機能維持評価用加速度が全て機能確認済加速度以下である。

原動機は、水平方向の機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を超えるため、以下の項目について評価する。

1.2.3.2 立形すべり軸受電動機の動的機能維持評価

1.2.3.2.1 代表評価項目の評価

原動機取付ボルトについては、構造強度評価にて設計用地震力に対して十分な構造強度を有しているため、計算は省略する。

1.2.3.2.2 上記以外の基本評価項目の評価

1.2.3.2.2.1 固定子の評価

(単位：MPa)

評価部位	応力	発生応力	許容応力
固定子	せん断	5	53

すべて許容応力以下である。

1.2.3.2.2.2 軸（回転子）の評価

(単位：MPa)

評価部位	発生応力	許容応力
軸（回転子）	49	354

すべて許容応力以下である。

1.2.3.2.2.3 端子箱の評価

(単位：MPa)

評価部位	応力	発生応力	許容応力
端子箱	引張り	175	185
	せん断	1	142

すべて許容応力以下である。

1.2.3.2.2.4 軸受の評価

(単位：N)

評価部位	発生荷重	許容荷重
上部軸受	5.715×10^4	
下部軸受	5.360×10^4	

すべて許容荷重以下である。

1.2.3.2.2.5 固定子と回転子のクリアランスの評価

(単位：mm)

評価部位	回転子のたわみ	許容変位量
固定子と回転子のクリアランス	0.83	3

すべて許容変位量以下である。

1.2.3.2.2.6 モータフレームの評価

(単位：MPa)

評価部位	発生応力	許容応力
モータフレーム	25	309

すべて許容応力以下である。

1.3 その他の機器要目

(1) 節点データ

節点番号	節点座標 (mm)		
	x	y	z
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			
31			
32			
33			
34			
35			
36			
37			
38			
39			
40			

O 2 ③ VI-2-5-5-1-1 R 0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(続き)

節点番号	節点座標 (mm)		
	x	y	z
41			
42			
43			
44			
45			
46			
47			
48			
61			
62			
63			
64			
65			
66			
67			
68			
69			
70			
71			
72			
73			
74			
75			
76			
77			
78			
79			
80			
81			
82			
83			
84			
85			
86			

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(2) 要素の断面性状

断面特性番号 (要素番号)	要素両端の節点 番号	材料 番号	断面積 (mm ²)	断面二次 モーメント (mm ⁴)
1	1-2	91		1.915×10^{10}
2	2-3	91		1.915×10^{10}
3	3-4	91		1.915×10^{10}
4	4-5	91		1.915×10^{10}
5	5-6	91		1.915×10^{10}
6	6-7	91		1.915×10^{10}
7	7-8	91		1.915×10^{10}
8	8-9	91		1.915×10^{10}
9	9-10	91		1.915×10^{10}
10	10-11	91		1.915×10^{10}
11	11-12	91		1.915×10^{10}
12	12-13	91		1.915×10^{10}
13	13-14	91		5.395×10^{10}
14	14-15	91		1.724×10^{12}
15	15-16	91		4.480×10^{11}
16	16-17	91		5.412×10^{10}
17	17-18	91		5.412×10^{10}
18	18-19	91		5.412×10^{10}
19	19-20	91		2.770×10^{11}
20	20-21	91		7.553×10^{10}
21	21-22	91		7.553×10^{10}
22	22-23	91		7.553×10^{10}
23	23-24	94		3.590×10^9
24	24-25	94		7.720×10^9
25	25-26	94		4.280×10^9
26	26-27	94		6.400×10^9
27	27-28	94		7.350×10^9
28	28-29	94		2.640×10^9
29	29-30	94		3.640×10^8
31	31-32	91		8.161×10^7
32	32-33	91		6.230×10^{10}
33	33-34	91		2.398×10^9
34	34-35	91		7.918×10^9
35	35-36	91		1.969×10^{10}
36	36-37	91		3.315×10^{10}
37	37-38	91		1.969×10^{10}
38	38-39	91		4.234×10^{10}
39	39-40	91		1.969×10^{10}
40	40-41	91		4.234×10^{10}

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(続き)

断面特性番号 (要素番号)	要素両端の節点 番号	材料 番号	断面積 (mm ²)	断面二次 モーメント (mm ⁴)
41	41-42	91		1.969×10^{10}
42	42-43	91		7.476×10^9
43	43-44	91		1.860×10^9
44	44-45	91		1.860×10^9
45	45-46	91		1.860×10^9
46	46-47	91		3.169×10^9
47	47-48	91		3.169×10^9
61	61-62	93		4.492×10^5
62	62-63	93		8.762×10^5
63	63-64	93		8.762×10^5
64	64-65	93		1.277×10^7
65	65-66	93		9.517×10^6
66	66-67	93		9.844×10^6
67	67-68	93		1.018×10^7
68	68-69	93		1.052×10^7
69	69-70	93		1.087×10^7
70	70-71	93		1.124×10^7
71	71-72	93		1.161×10^7
72	72-73	93		1.583×10^7
73	73-74	93		2.170×10^7
74	74-75	93		2.170×10^7
75	75-76	93		2.170×10^7
76	76-77	93		2.170×10^7
77	77-78	93		2.053×10^7
78	78-79	93		2.053×10^7
79	79-80	93		9.198×10^6
80	80-81	93		1.636×10^8
81	81-82	94		3.830×10^7
82	82-83	94		1.640×10^8
83	83-84	94		3.570×10^8
84	84-85	94		1.460×10^8
85	85-86	94		7.730×10^7

(3) ばね結合部の指定

ばねの両端の節点番号		ばね定数
31	61	
34	64	
36	66	
37	67	
38	68	
39	69	
40	70	
41	71	
42	72	
47	77	
4	33	
7	36	
16	45	
19	48	
24	82	
29	85	
6	-	
15	-	
15	-	

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(4) 節点の質量

節点番号	質量(kg)
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	
23	
24	
25	
26	
27	
28	
29	
30	
31	
32	
33	
34	
35	
36	
37	
38	
39	
40	

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(続き)

節点番号	質量(kg)
41	
42	
43	
44	
45	
46	
47	
48	
61	
62	
63	
64	
65	
66	
67	
68	
69	
70	
71	
72	
73	
74	
75	
76	
77	
78	
79	
80	
81	
82	
83	
84	
85	
86	

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(5) 材料物性値

材料番号	温度 (°C)	縦弾性係数 (MPa)	質量密度 (kg/mm ³)	ポアソン比 (-)	材質	部位
91	100			0.3		ポンプ
93	100			0.3		ポンプ
94	66			0.3		原動機

【高圧炉心スプレイ系ポンプの耐震性についての計算結果】

2. 重大事故等対処設備

2.1 構造強度評価

2.1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		ポンプ振動 による震度	最高使用 温度 (°C)	周囲環境 温度 (°C)	最高使用圧力 (MPa)	
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度				吸入側	吐出側
高圧炉心スプレイ 系ポンプ	常設/防止 (DB 拡張)	原子炉建屋 O.P. -8.10*	0.053	0.05 以下	-	-	C _H =0.99	C _V =0.69		100	66	1.37	10.79

注記*：基準床レベルを示す。

2.1.2 機器要目

(1) ボルト

部 材	m _i (kg)	D _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	n _{f i}	M _p (N・mm)	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)
基礎ボルト (i=1)					24	24	-				
ポンプ取付ボルト (i=2)					40	40	1.210× 10 ⁷				
原動機台取付ボルト (i=3)					20	20	1.210× 10 ⁷				
原動機取付ボルト (i=4)					12	12	1.210× 10 ⁷				

注記 *1：最高使用温度で算出

*2：周囲環境温度で算出

予想最大両振幅 (μm)	回転速度 (rpm)

(2) バレルケーシング

部 材	S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	D _c (mm)	t (mm)
バレルケーシング	-				

注記*：最高使用温度で算出

2.1.3 計算数値

(1) ボルトに作用する力

(2) バレルケーシングに作用する力

(単位：N・mm)

部 材	M _i (N・mm)		F _{bi} (N)		Q _{bi} (N)	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)						
ポンプ取付ボルト (i=2)						
原動機台取付ボルト (i=3)						
原動機取付ボルト (i=4)						

部 材	M	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
バレルケーシング		

2.1.4 結論

2.1.4.1 固有周期 (単位：s)

モード	固有周期
水平 1次	T _{H1} =0.053
鉛直 1次	T _{V1} =0.05 以下

2.1.4.2 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
			基礎ボルト (i=1)		引張り	—
	せん断	—	—		τ _{b1} =4	f _{sb1} =378
ポンプ取付ボルト (i=2)	引張り	—	—		σ _{b2} =27	f _{ts2} =474*
	せん断	—	—		τ _{b2} =6	f _{sb2} =365
原動機台取付ボルト (i=3)	引張り	—	—		σ _{b3} =103	f _{ts3} =444*
	せん断	—	—		τ _{b3} =23	f _{sb3} =342
原動機取付ボルト (i=4)	引張り	—	—		σ _{b4} =148	f _{ts4} =455*
	せん断	—	—		τ _{b4} =53	f _{sb4} =350

2.1.4.3 バレルケーシングの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料		一次一般膜応力	
			算出応力	許容応力
バレルケーシング		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	—	—
		基準地震動 S _s	σ=49	S _a =223

すべて許容応力以下である。

すべて許容応力以下である。注記*：f_{tsi} = Min [1.4 · f_{toi} - 1.6 · τ_{bi}, f_{toi}] より算出

2.2 動的機能維持評価

2.2.1 設計条件

機器名称	形式	定格容量 (m ³ /h)	据付場所及び 床面高さ (m)	固有周期(s)		基準地震動S _s		ポンプ振動 による震度	最高使用 温度 (°C)	周囲環境 温度 (°C)
				水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度			
高圧炉心スプレイ系 ポンプ	ピットバレル形 ポンプ	325/1074	原子炉建屋 O.P. -8.10*	0.053	0.05 以下	C _H =0.82	C _V =0.57		100	66

注記*：基準床レベルを示す。

機器名称	形式	出力 (kW)	据付場所及び 床面高さ (m)	固有周期(s)		基準地震動S _s		ポンプ振動 による震度	最高使用 温度 (°C)	周囲環境 温度 (°C)
				水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度			
高圧炉心スプレイ系 ポンプ用原動機	立形すべり軸受電 動機	1900	原子炉建屋 O.P. -8.10*	0.053	0.05 以下	C _H =0.82	C _V =0.57		-	66

注記*：基準床レベルを示す。

2.2.2 機器要目

(1) 固定子

部 材	N (min ⁻¹)	T _{ma} (%)	D (mm)	L (mm)	p (mm)	s (mm)	W _c (kg)	n _p
固定子	1500	175	1180	100	5	10	2394	8

(2) 軸

部 材	M _s (N·mm)	Z _s (mm ³)	W _s (kg)	A _s (mm ²)	N (min ⁻¹)	d _s (mm)
軸	3.030× 10 ⁷	6.734× 10 ⁵	2825	2.835× 10 ⁴	1500	190

(3) 端子箱

部 材	W _t (kg)	n _t	A _{bt} (mm ²)	Q _{bt} (N)
端子箱	70	10	113.1	1.976× 10 ⁵

(4) モータフレーム

部 材	M _f (N·mm)	Z _f (mm ³)	W _f (kg)	A _f (mm ²)
モータフレーム	7.051× 10 ⁸	3.323× 10 ⁷	11319	8.213× 10 ⁴

2.2.3 結論

2.2.3.1 機能確認済加速度との比較

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
ポンプ	水平方向	0.82	10.0
	鉛直方向	0.57	1.0
原動機	水平方向	4.70	2.5
	鉛直方向	0.57	1.0

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

ポンプは、機能維持評価用加速度が全て機能確認済加速度以下である。

原動機は、水平方向の機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を超えるため、以下の項目について評価する。

2.2.3.2 立形すべり軸受電動機の動的機能維持評価

2.2.3.2.1 代表評価項目の評価

原動機取付ボルトについては、構造強度評価にて設計用地震力に対して十分な構造強度を有しているため、計算は省略する。

2.2.3.2.2 上記以外の基本評価項目の評価

2.2.3.2.2.1 固定子の評価

(単位：MPa)

評価部位	応力	発生応力	許容応力
固定子	せん断	5	53

すべて許容応力以下である。

2.2.3.2.2.2 軸（回転子）の評価

(単位：MPa)

評価部位	発生応力	許容応力
軸（回転子）	49	354

すべて許容応力以下である。

2.2.3.2.2.3 端子箱の評価

(単位：MPa)

評価部位	応力	発生応力	許容応力
端子箱	引張り	175	185
	せん断	1	142

すべて許容応力以下である。

2.2.3.2.2.4 軸受の評価

(単位：N)

評価部位	発生荷重	許容荷重
上部軸受	5.715×10^4	
下部軸受	5.360×10^4	

すべて許容荷重以下である。

2.2.3.2.2.5 固定子と回転子のクリアランスの評価

(単位：mm)

評価部位	回転子のたわみ	許容変位量
固定子と回転子のクリアランス	0.83	3

すべて許容変位量以下である。

2.2.3.2.2.6 モータフレームの評価

(単位：MPa)

評価部位	発生応力	許容応力
モータフレーム	25	309

すべて許容応力以下である。

2.3 その他の機器要目

(1) 節点データ

節点番号	節点座標 (mm)		
	x	y	z
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			
31			
32			
33			
34			
35			
36			
37			
38			
39			
40			

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(続き)

節点番号	節点座標 (mm)		
	x	y	z
41			
42			
43			
44			
45			
46			
47			
48			
61			
62			
63			
64			
65			
66			
67			
68			
69			
70			
71			
72			
73			
74			
75			
76			
77			
78			
79			
80			
81			
82			
83			
84			
85			
86			

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(2) 要素の断面性状

断面特性番号 (要素番号)	要素両端の節点 番号	材料 番号	断面積 (mm ²)	断面二次 モーメント (mm ⁴)
1	1-2	91		1.915×10^{10}
2	2-3	91		1.915×10^{10}
3	3-4	91		1.915×10^{10}
4	4-5	91		1.915×10^{10}
5	5-6	91		1.915×10^{10}
6	6-7	91		1.915×10^{10}
7	7-8	91		1.915×10^{10}
8	8-9	91		1.915×10^{10}
9	9-10	91		1.915×10^{10}
10	10-11	91		1.915×10^{10}
11	11-12	91		1.915×10^{10}
12	12-13	91		1.915×10^{10}
13	13-14	91		5.395×10^{10}
14	14-15	91		1.724×10^{12}
15	15-16	91		4.480×10^{11}
16	16-17	91		5.412×10^{10}
17	17-18	91		5.412×10^{10}
18	18-19	91		5.412×10^{10}
19	19-20	91		2.770×10^{11}
20	20-21	91		7.553×10^{10}
21	21-22	91		7.553×10^{10}
22	22-23	91		7.553×10^{10}
23	23-24	94		3.590×10^9
24	24-25	94		7.720×10^9
25	25-26	94		4.280×10^9
26	26-27	94		6.400×10^9
27	27-28	94		7.350×10^9
28	28-29	94		2.640×10^9
29	29-30	94		3.640×10^8
31	31-32	91		8.161×10^7
32	32-33	91		6.230×10^{10}
33	33-34	91		2.398×10^9
34	34-35	91		7.918×10^9
35	35-36	91		1.969×10^{10}
36	36-37	91		3.315×10^{10}
37	37-38	91		1.969×10^{10}
38	38-39	91		4.234×10^{10}
39	39-40	91		1.969×10^{10}
40	40-41	91		4.234×10^{10}

(続き)

断面特性番号 (要素番号)	要素両端の節点 番号	材料 番号	断面積 (mm ²)	断面二次 モーメント (mm ⁴)
41	41-42	91		1.969×10^{10}
42	42-43	91		7.476×10^9
43	43-44	91		1.860×10^9
44	44-45	91		1.860×10^9
45	45-46	91		1.860×10^9
46	46-47	91		3.169×10^9
47	47-48	91		3.169×10^9
61	61-62	93		4.492×10^5
62	62-63	93		8.762×10^5
63	63-64	93		8.762×10^5
64	64-65	93		1.277×10^7
65	65-66	93		9.517×10^6
66	66-67	93		9.844×10^6
67	67-68	93		1.018×10^7
68	68-69	93		1.052×10^7
69	69-70	93		1.087×10^7
70	70-71	93		1.124×10^7
71	71-72	93		1.161×10^7
72	72-73	93		1.583×10^7
73	73-74	93		2.170×10^7
74	74-75	93		2.170×10^7
75	75-76	93		2.170×10^7
76	76-77	93		2.170×10^7
77	77-78	93		2.053×10^7
78	78-79	93		2.053×10^7
79	79-80	93		9.198×10^6
80	80-81	93		1.636×10^8
81	81-82	94		3.830×10^7
82	82-83	94		1.640×10^8
83	83-84	94		3.570×10^8
84	84-85	94		1.460×10^8
85	85-86	94		7.730×10^7

(3) ばね結合部の指定

ばねの両端の節点番号		ばね定数
31	61	
34	64	
36	66	
37	67	
38	68	
39	69	
40	70	
41	71	
42	72	
47	77	
4	33	
7	36	
16	45	
19	48	
24	82	
29	85	
6	-	
15	-	
15	-	

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(4) 節点の質量

節点番号	質量(kg)
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	
23	
24	
25	
26	
27	
28	
29	
30	
31	
32	
33	
34	
35	
36	
37	
38	
39	
40	

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

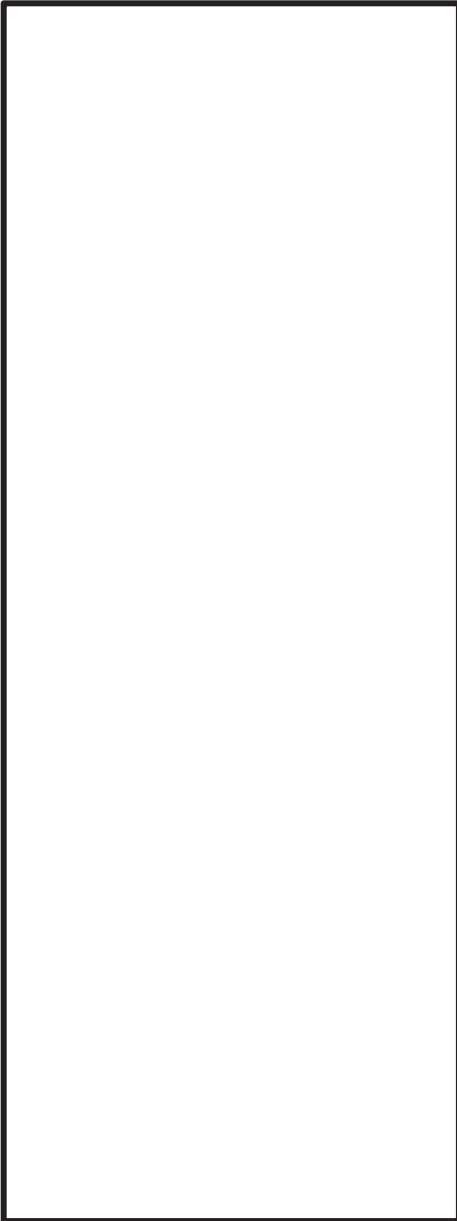
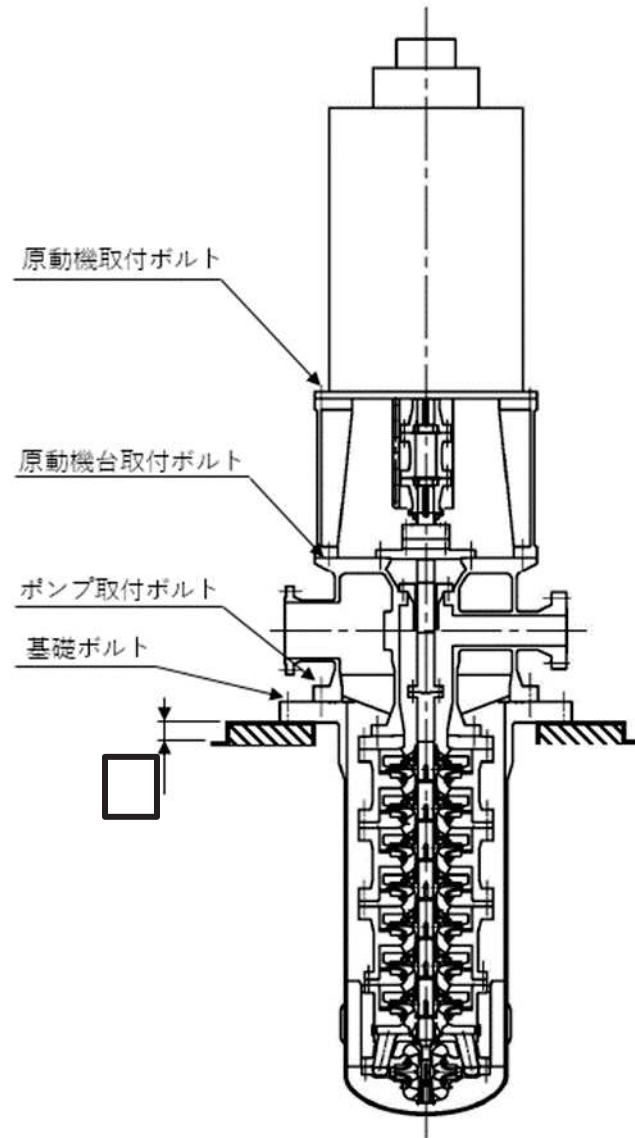
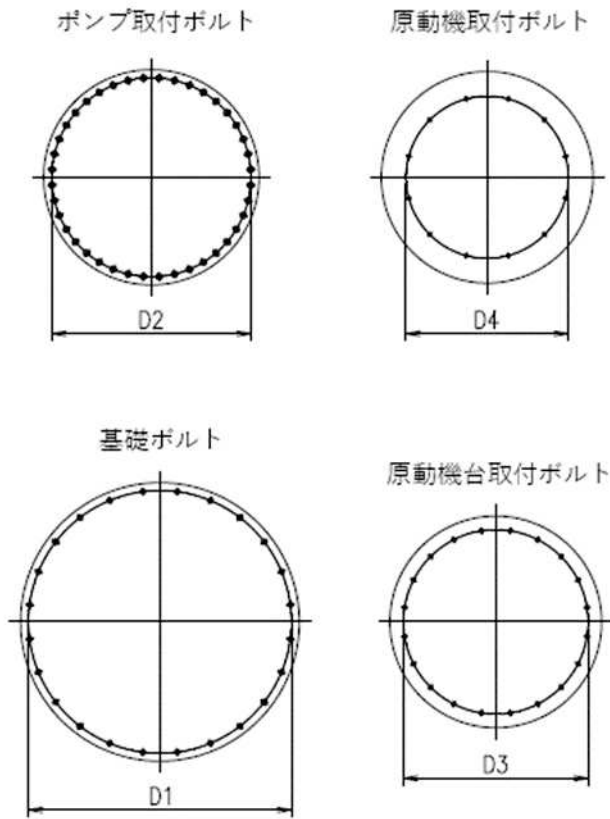
(続き)

節点番号	質量(kg)
41	
42	
43	
44	
45	
46	
47	
48	
61	
62	
63	
64	
65	
66	
67	
68	
69	
70	
71	
72	
73	
74	
75	
76	
77	
78	
79	
80	
81	
82	
83	
84	
85	
86	

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(5) 材料物性値

材料番号	温度 (°C)	縦弾性係数 (MPa)	質量密度 (kg/mm ³)	ポアソン比 (-)	材質	部位
91	100			0.3		ポンプ
93	100			0.3		ポンプ
94	66			0.3		原動機



VI-2-5-5-2 低圧炉心スプレイ系の耐震性についての計算書

目 次

VI-2-5-5-2-1 低圧炉心スプレイ系ポンプの耐震性についての計算書

VI-2-5-5-2-1 低圧炉心スプレイ系ポンプの耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有値解析及び構造強度評価	3
3.1 固有値解析及び構造強度評価方法	3
3.2 荷重の組合せ及び許容応力	3
3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	3
3.2.2 許容応力	3
3.2.3 使用材料の許容応力評価条件	3
3.3 解析モデル及び諸元	9
3.4 固有周期	9
3.5 設計用地震力	10
3.6 計算条件	11
4. 機能維持評価	12
4.1 基本方針	12
4.2 ポンプの動的機能維持評価	12
4.3 原動機の動的機能維持評価	13
4.3.1 評価対象部位	13
4.3.2 評価基準値	13
4.3.3 記号の説明	14
4.3.4 評価方法	15
5. 評価結果	18
5.1 設計基準対象施設としての評価結果	18
5.2 重大事故等対処設備としての評価結果	18

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、低圧炉心スプレイ系ポンプが設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

低圧炉心スプレイ系ポンプは、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び動的機能維持評価を示す。

なお、低圧炉心スプレイ系ポンプは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載のたて軸ポンプであるため、添付書類「VI-2-1-13-5 たて軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

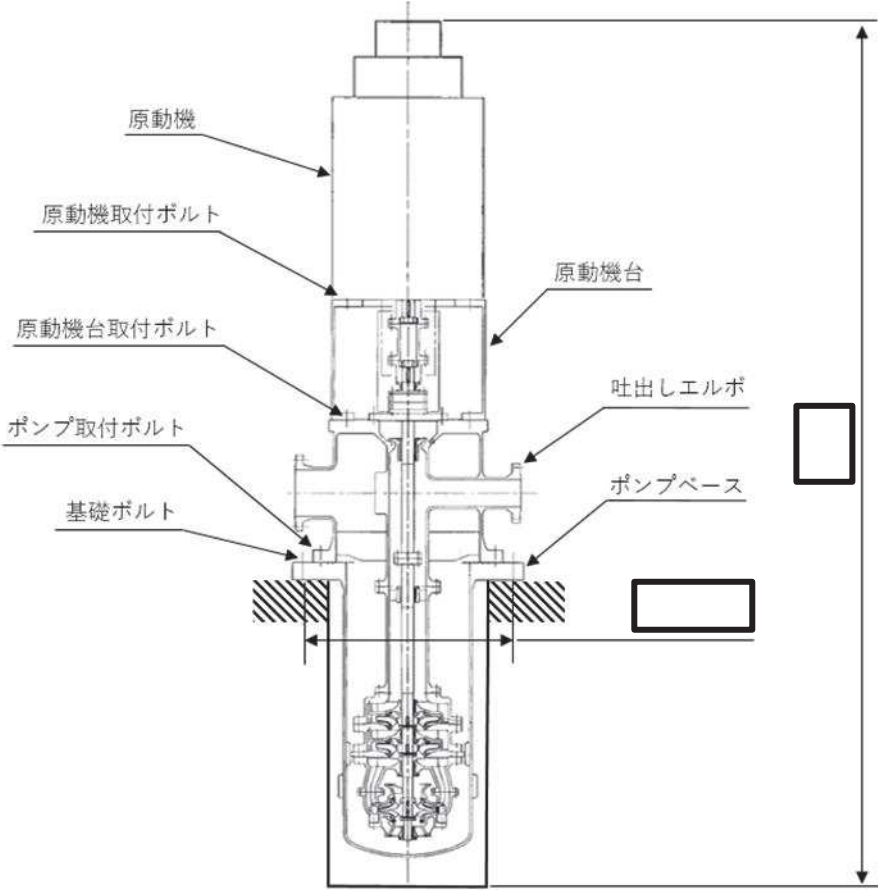
また、低圧炉心スプレイ系ポンプの原動機は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に記載の立形ころがり軸受電動機であり、機能維持評価において機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を上回ることから、原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版（社）日本電気協会）（以下「J E A G 4 6 0 1」という。）に定められた評価部位の健全性を詳細評価することで動的機能維持の確認を行う。

2. 一般事項

2.1 構造計画

低圧炉心スプレイ系ポンプの構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>ポンプはポンプベースに固定され、ポンプベースは基礎ボルトで基礎に据え付ける。</p>	<p>ターボ形 (ターボ形たて軸ポンプ)</p>	 <p>(単位: mm)</p>

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3. 固有値解析及び構造強度評価

3.1 固有値解析及び構造強度評価方法

低圧炉心スプレイ系ポンプの構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-5 たて軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

3.2 荷重の組合せ及び許容応力

3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

低圧炉心スプレイ系ポンプの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 3-1 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-2 に示す。

3.2.2 許容応力

低圧炉心スプレイ系ポンプの許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 3-3 及び表 3-4 のとおりとする。

3.2.3 使用材料の許容応力評価条件

低圧炉心スプレイ系ポンプの使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 3-5 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-6 に示す。

表 3-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉冷却 系統施設	非常用炉心 冷却設備そ の他原子炉 注水設備	低圧炉心スプレイ系 ポンプ	S	クラス 2 ポンプ* ¹	$D + P_D + M_D + S_d^{**2}$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S

注記 *1：クラス 2 ポンプの支持構造物を含む。

*2：S_s と組合せ，Ⅲ_AS の評価を実施する。

表 3-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類* ¹	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉冷却 系統施設	非常用炉心 冷却設備そ の他原子炉 注水設備	低圧炉心スプレイ系 ポンプ	常設／防止 (DB 拡張)	重大事故等 クラス 2 ポンプ* ²	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	Ⅳ _A S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _A S (V _A S として Ⅳ _A S の許容限界 を用いる。)

注記 *1：「常設／防止 (DB 拡張)」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）を示す。

*2：重大事故等クラス 2 ポンプの支持構造物を含む。

*3：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 3-3 許容応力（クラス 2, 3 ポンプ及び重大事故等クラス 2 ポンプ）

許容応力状態	許容限界*			
	一次一般膜応力	一次膜応力＋ 一次曲げ応力	一次＋二次応力	一次＋二次＋ ピーク応力
Ⅲ _{AS}	S _y と 0.6・S _u の小さい方。 ただし，ASS及びHNAについては上記値と 1.2・Sとの大きい方。	左欄の 1.5 倍の値	S _d 又はS _s 地震動のみによる疲労解析を行い，疲労累積係数が 1.0 以下であること。 ただし，地震動のみによる一次＋二次応力の変動値が 2・S _y 以下であれば疲労解析は不要。	
Ⅳ _{AS}				
V _{AS} (V _{AS} としてⅣ _{AS} の許容限界を用いる。)	0.6・S _u	左欄の 1.5 倍の値	S _s 地震動のみによる疲労解析を行い，疲労累積係数が 1.0 以下であること。 ただし，地震動のみによる一次＋二次応力の変動値が 2・S _y 以下であれば疲労解析は不要。	

注記 *：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 3-4 許容応力（クラス 2, 3 支持構造物及び重大事故等クラス 2 支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
Ⅲ _A S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
Ⅳ _A S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
V _A S (V _A S としてⅣ _A S の許容限界を用いる。)		

注記 *1: 応力の組合せが考えられる場合には, 組合せ応力に対しても評価を行う。

*2: 当該の応力が生じない場合, 規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 3-5 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		バレルケーシング		最高使用温度	100	—	
コラムパイプ	最高使用温度	100		—	—		
基礎ボルト	周囲環境温度	66		—	—		
ポンプ取付ボルト	最高使用温度	100		—	—		
原動機台取付ボルト	最高使用温度	100		—	—		
原動機取付ボルト	周囲環境温度	66		—	—		

7

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 3-6 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		バレルケーシング		最高使用温度	100	—	
コラムパイプ	最高使用温度	100		—	—		
基礎ボルト	周囲環境温度	66		—	—		
ポンプ取付ボルト	最高使用温度	100		—	—		
原動機台取付ボルト	最高使用温度	100		—	—		
原動機取付ボルト	周囲環境温度	66		—	—		

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3.3 解析モデル及び諸元

固有値解析及び構造強度評価に用いる解析モデル及び諸元は、本計算書の【低圧炉心スプレイ系ポンプの耐震性についての計算結果】の機器要目及びその他の機器要目に示す。解析コードは、「MSC NASTRAN」を使用し、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

3.4 固有周期

固有値解析の結果を表 3-7、振動モード図を図 3-1 に示すに示す。固有周期は 0.05 秒を超えており、柔構造であることを確認した。また、鉛直方向の固有周期は 0.05 秒以下であることを確認した。

表 3-7 固有値解析結果

モード	卓越方向	固有周期 (s)	水平方向刺激係数*		鉛直方向 刺激係数*
			NS 方向	EW 方向	
1 次	水平	0.050	3.143	0.000	0.000
2 次	水平	0.020	—	—	—

注記*：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリクスの積から算出した値を示す。



図 3-1 振動モード (1 次モード 水平方向 0.050s)

3.5 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 3-8 及び表 3-9 に示す。

「弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度」及び「基準地震動 S_s」による地震力は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。また、減衰定数は添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

表 3-8 設計用地震力（設計基準対象施設）

据付場所及び床面高さ(m)		原子炉建屋 O.P. -8.10* ¹					
固有周期(s)		水平：0.050* ² 鉛直：0.05 以下					
減衰定数(%)		水平：1.0 鉛直：-					
地震力		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度			基準地震動 S _s		
モード	固有周期(s)	応答水平震度* ³		応答鉛直震度* ³	応答水平震度* ⁴		応答鉛直震度* ⁴
		NS 方向	EW 方向		NS 方向	EW 方向	
1 次	0.050	-* ⁷	-* ⁷	-	2.70	-	-
2 次	0.020	-	-	-	-	-	-
動的地震力* ⁵		-* ⁷	-* ⁷	-	0.92	0.99	0.69
静的地震力* ⁶		-* ⁷	-* ⁷	-	-	-	-

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：1 次固有周期について記載。

*3：各モードの固有周期に対し、設計用床応答曲線（S_d）より得られる震度を示す。

*4：各モードの固有周期に対し、設計用床応答曲線（S_s）より得られる震度を示す。

*5：S_s 又は S_d に基づく設計用最大応答加速度（1.2・ZPA）より定めた震度を示す。

*6：静的震度（3.6・C_i 及び 1.2・C_v）を示す。

*7：Ⅲ_AS については、基準地震動 S_s で評価する。

表 3-9 設計用地震力（重大事故等対処施設）

据付場所及び床面高さ(m)		原子炉建屋 O.P. -8.10* ¹					
固有周期(s)		水平：0.050* ² 鉛直：0.05 以下					
減衰定数(%)		水平：1.0 鉛直：-					
地震力		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度			基準地震動 S _s		
モード	固有周期(s)	応答水平震度		応答鉛直震度	応答水平震度* ³		応答鉛直震度* ³
		NS 方向	EW 方向		NS 方向	EW 方向	
1 次	0.050	-	-	-	2.70	-	-
2 次	0.020	-	-	-	-	-	-
動的地震力* ⁴		-	-	-	0.92	0.99	0.69
静的地震力		-	-	-	-	-	-

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：1次固有周期について記載。

*3：各モードの固有周期に対し，設計用床応答曲線（S_s）より得られる震度を示す。

*4：S_s 又は S_d に基づく設計用最大応答加速度（1.2・ZPA）より定めた震度を示す。

3.6 計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【低圧炉心スプレイ系ポンプの耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

4. 機能維持評価

4.1 基本方針

低圧炉心スプレイ系ポンプの原動機は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に記載の立形ころがり軸受電動機であり、機能維持評価において機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を上回ることから、J E A G 4 6 0 1 に定められた評価部位の健全性を詳細評価することで動的機能維持の確認を行う。

詳細評価に用いる機能維持評価用加速度は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき、基準地震動 S_s により定まる設計用最大応答加速度 (1.0ZPA) を設定する。

- (1) 低圧炉心スプレイ系ポンプはピットバレル形ポンプであるため、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に記載されているピットバレル形ポンプの機能確認済加速度を適用する。

4.2 ポンプの動的機能維持評価

低圧炉心スプレイ系ポンプは地震時動的機能維持が確認された機種と類似の構造及び振動特性であるため、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に記載の機能確認済加速度を適用する。機能確認済加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 機能確認済加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)

評価部位	形式	方向	機能確認済加速度
立型ポンプ	ピットバレル形ポンプ	水平方向	10.0
		鉛直方向	1.0

4.3 原動機の動的機能維持評価

4.3.1 評価対象部位

J E A G 4 6 0 1 の電動機の動的機能維持評価に従い、以下の部位について評価を実施する。

- a. 取付ボルト
- b. 固定子
- c. 軸（回転子）
- d. 端子箱
- e. 軸受
- f. 固定子と回転子のクリアランス
- g. モータフレーム
- h. 軸継手

このうち「a. 取付ボルト」については、「3. 構造強度評価」に従い評価を行った「5. 評価結果」にて設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認している。

以上より、本計算書においては、固定子、軸（回転子）、端子箱、軸受、固定子と回転子のクリアランス、モータフレームを評価対象部位とする。なお、軸継手はポンプ軸とモータ軸をリジットに接続するタイプであり、相対変位が発生しないこと、および地震荷重については軸受で負担するため軸継手部には有意な応力が発生しないことから、計算書の評価対象外とする。

4.3.2 評価基準値

軸（回転子）及びモータフレームの許容応力は、クラス 2 ポンプの許容応力状態 III_{AS} に準拠し設定する。固定子の許容応力はクラス 2 支持構造物の許容応力状態 III_{AS} に準拠し設定する。端子箱の許容応力はクラス 2 支持構造物の許容応力状態 IV_{AS} に準拠し設定する。また軸受については、メーカー規定の軸受の定格荷重を、固定子と回転子間のクリアランスは、変位可能寸法を評価基準値として設定する。

4.3.3 記号の説明

低圧炉心スプレイ系ポンプ用原動機の動的機能維持評価に使用する記号を表 4-2 に示す。

表4-2 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_{bt}	端子箱取付ボルトの断面積	mm^2
A_f	モータフレームの断面積	mm^2
A_s	軸の断面積	mm^2
C_P	ポンプ振動による震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
D	固定子の外径	mm
d_s	軸の径	mm
F_k	固定子に生じる組合せ荷重	N
F_{bt}	端子箱取付ボルトに作用するせん断力	N
F_{kg}	自重及び地震力により固定子に生じる荷重	N
F_{kt}	電動機の回転による荷重	N
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s^2
L	固定子の溶接長さ	mm
M_f	モータフレームに作用する曲げモーメント	$\text{N}\cdot\text{mm}$
M_s	軸に作用する曲げモーメント	$\text{N}\cdot\text{mm}$
N	電動機の回転速度	min^{-1}
n_p	固定子の溶接数	—
n_t	端子箱取付ボルトの本数	—
P	電動機出力	kW
p	固定子の溶接部の開先寸法	mm
Q_{bt}	端子箱に作用するせん断力	N
s	固定子のすみ肉脚長	mm
T_m	電動機の回転による発生トルク	$\text{N}\cdot\text{m}$
T_{ma}	電動機最大トルク	%
T_s	ポンプ運転による発生トルク	$\text{N}\cdot\text{mm}$
W_c	固定子コイル及びコア質量	kg
W_f	モータフレーム質量	kg
W_s	軸の質量	kg
W_t	端子箱質量	kg
Z_f	モータフレームの断面係数	mm^3
Z_s	軸の断面係数	mm^3
σ_m	モータフレームに生じる組合せ応力	MPa
σ_s	軸に生じる組合せ応力	MPa
σ_{bt}	端子箱取付ボルトに生じる引張応力	MPa
σ_{fm}	モータフレームに生じる曲げ応力	MPa

記号	記号の説明	単位
$\sigma_{f w}$	自重及び鉛直方向地震力によりモータフレームに生じる応力	MPa
$\sigma_{s m}$	軸に生じる曲げ応力	MPa
$\sigma_{s w}$	自重及び鉛直方向地震力により軸に生じる応力	MPa
τ_k	固定子に生じるせん断応力	MPa
τ_s	ポンプ運転によるねじり応力	MPa
$\tau_{b t}$	端子箱取付ボルトに生じるせん断応力	MPa

4.3.4 評価方法

(1) 固定子

電動機の最大荷重（トルク）は次式で求める。

$$T_m = \frac{974 \cdot P \cdot g}{N} \cdot \frac{T_{m a}}{100} \dots \dots \dots (4.3.4.1)$$

電動機の回転による荷重は次式で求める。

$$F_{k t} = \frac{T_m}{1/2 \cdot D} \dots \dots \dots (4.3.4.2)$$

自重及び鉛直方向地震力により発生する荷重は次式で求める。

$$F_{k g} = W_c \cdot g \cdot (C_v + C_p + 1) \dots \dots \dots (4.3.4.3)$$

せん断応力は次式で求める。

$$F_k = \sqrt{F_{k t}^2 + F_{k g}^2} \dots \dots \dots (4.3.4.4)$$

$$\tau_k = \frac{F_k}{(p + s) \cdot L \cdot n_p} \dots \dots \dots (4.3.4.5)$$

(2) 軸

a. 曲げ応力

多質点はりモデルを用いて応答計算を行い，得られたモーメントにより，曲げ応力は以下のようなになる。

$$\sigma_{s m} = \frac{M_s}{Z_s} \dots \dots \dots (4.3.4.6)$$

b. 自重及び鉛直方向地震力による応力

$$\sigma_{s w} = \frac{(1 + C_v + C_p) \cdot W_s \cdot g}{A_s} \dots \dots \dots (4.3.4.7)$$

c. ねじり応力

$$T_s = \frac{P}{2\pi / 60 \cdot N} \cdot 10^6 \dots \dots \dots (4.3.4.8)$$

$$\tau_s = \frac{16 \cdot T_s}{\pi \cdot d_s^3} \dots \dots \dots (4.3.4.9)$$

d. 組合せ応力

$$\sigma_s = \frac{1}{2} \cdot (\sigma_{s m} + \sigma_{s w}) + \frac{1}{2} \cdot \sqrt{(\sigma_{s m} + \sigma_{s w})^2 + 4\tau_s^2} \dots \dots \dots (4.3.4.10)$$

(3) 端子箱

a. 取付ボルトのせん断応力

$$F_{b t} = (1 + C_v + C_p) \cdot W_t \cdot g \dots \dots \dots (4.3.4.11)$$

$$\tau_{b t} = \frac{F_{b t}}{n_t \cdot A_{b t}} \dots \dots \dots (4.3.4.12)$$

b. 取付ボルトの引張応力

$$\sigma_{bt} = \frac{Q_{bt}}{n_t \cdot A_{bt}} \dots \dots \dots (4.3.4.13)$$

(4) 軸受

多質点はりモデルによる高圧炉心スプレイ系ポンプの応答解析結果を用い、軸受の発生荷重を評価する。

(5) 固定子と回転子のクリアランス

多質点はりモデルによる高圧炉心スプレイ系ポンプの応答解析結果を用い、固定子-軸（回転子）の相対変位が固定子-軸（回転子）間空隙寸法を下回ることを確認する。

(6) モータフレーム

a. 曲げ応力

多質点はりモデルを用いて応答計算を行い、得られたモーメントにより、曲げ応力は以下のようなになる。

$$\sigma_{fm} = \frac{M_f}{Z_f} \dots \dots \dots (4.3.4.14)$$

b. 自重及び鉛直方向地震力による応力

$$\sigma_{fw} = \frac{(1 + C_v + C_p) \cdot W_f \cdot g}{A_f} \dots \dots \dots (4.3.4.15)$$

c. 組合せ応力

$$\sigma_m = \sigma_{fm} + \sigma_{fw} \dots \dots \dots (4.3.4.16)$$

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

低圧炉心スプレイ系ポンプの設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。なお，弾性設計用地震動 S_d 及び静的震度は基準地震動 S_s を下回っており，基準地震動 S_s による発生値が，弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度に対する評価における許容限界を満足するため，弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度による発生値の算出を省略した。

(2) 機能維持評価結果

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

低圧炉心スプレイ系ポンプの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【低圧炉心スプレイ系ポンプの耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 構造強度評価

1.1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		ポンプ振動 による震度	最高使用 温度 (°C)	周囲環境 温度 (°C)	最高使用圧力 (MPa)	
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度				吸入側	吐出側
低圧炉心スプレイ 系ポンプ	S	原子炉建屋 O.P.-8.10*1	0.050	0.05 以下	-*2	-*2	C _H =0.99	C _V =0.69		100	66	1.37	4.41

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：III,Sについては、基準地震動 S_s で評価する。

1.1.2 機器要目

(1) ボルト

部 材	m _i (kg)	D _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	n _{f i}	M _p (N・mm)	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)
基礎ボルト (i=1)					16	16	—				
ポンプ取付ボルト (i=2)					36	36	6.366× 10 ⁶				
原動機台取付ボルト (i=3)					20	20	6.366× 10 ⁶				
原動機取付ボルト (i=4)					8	8	6.366× 10 ⁶				

注記*1：最高使用温度で算出

*2：周囲環境温度で算出

予想最大両振幅 (μm)	回転速度 (rpm)

(2) バレルケーシング, コラムパイプ

部 材	S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	D _C (mm)	t (mm)
バレルケーシング	—			1200	25
コラムパイプ	—				

注記*：最高使用温度で算出

1.1.3 計算数値

(1) ボルトに作用する力

部 材	M_i (N・mm)		F_{bi} (N)		Q_{bi} (N)	
	弾性設計用地震動 S d	基準地震動	弾性設計用地震動 S d	基準地震動	弾性設計用地震動 S d	基準地震動
	又は静的震度	S s	又は静的震度	S s	又は静的震度	S s
基礎ボルト (i=1)						
ポンプ取付ボルト (i=2)						
原動機台取付ボルト (i=3)						
原動機取付ボルト (i=4)						

(2) バレルケーシング、コラムパイプに作用する力

(単位：N・mm)

部 材	M	
	弾性設計用地震動 S d	基準地震動
	又は静的震度	S s
バレルケーシング		
コラムパイプ		

1.1.4 結論

1.1.4.1 固有周期

(単位：s)

モード	固有周期
水平 1次	$T_{H1}=0.050$
鉛直 1次	$T_{V1}=0.05$ 以下

20

1.1.4.2 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
			基礎ボルト (i=1)		引張り	$\sigma_{b1}=32$
せん断	$\tau_{b1}=3$	$f_{sb1}=378$	$\tau_{b1}=3$		$f_{sb1}=378$	
ポンプ取付ボルト (i=2)	引張り	$\sigma_{b2}=18$	$f_{ts2}=474^*$		$\sigma_{b2}=18$	$f_{ts2}=474^*$
せん断	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=365$	$\tau_{b2}=4$		$f_{sb2}=365$	
原動機台取付ボルト (i=3)	引張り	$\sigma_{b3}=105$	$f_{ts3}=474^*$		$\sigma_{b3}=105$	$f_{ts3}=474^*$
せん断	$\tau_{b3}=19$	$f_{sb3}=365$	$\tau_{b3}=19$		$f_{sb3}=365$	
原動機取付ボルト (i=4)	引張り	$\sigma_{b4}=141$	$f_{ts4}=491^*$		$\sigma_{b4}=141$	$f_{ts4}=491^*$
せん断	$\tau_{b4}=43$	$f_{sb4}=378$	$\tau_{b4}=43$		$f_{sb4}=378$	

すべて許容応力以下である。

注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$ より算出

1.1.4.3 バレルケーシング、コラムパイプの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料		一次一般膜応力	
			算出応力	許容応力
バレルケーシング		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	$\sigma=33$	$S_a=201$
		基準地震動 S s	$\sigma=33$	$S_a=223$
コラムパイプ		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	$\sigma=32$	$S_a=201$
		基準地震動 S s	$\sigma=32$	$S_a=223$

すべて許容応力以下である。

1.2 動的機能維持評価

1.2.1 設計条件

機器名称	形式	定格容量 (m ³ /h)	据付場所及び 床面高さ (m)	固有周期(s)		基準地震動 S _s		ポンプ振動 による震度	最高使用 温度 (°C)	周囲環境 温度 (°C)
				水平方 向	鉛直方 向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度			
低圧炉心スプレイ系 ポンプ	ピットパレル形ポンプ	1074	原子炉建屋 O.P.-8.10*	0.050	0.05以 下	C _H =0.82	C _V =0.57		100	66

注記*：基準床レベルを示す。

機器名称	形式	出力 (kW)	据付場所及び 床面高さ (m)	固有周期(s)		基準地震動 S _s		ポンプ振動 による震度	最高使用 温度 (°C)	周囲環境 温度 (°C)
				水平方 向	鉛直方 向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度			
低圧炉心スプレイ系 ポンプ用原動機	立形ころがり軸受 電動機	1000	原子炉建屋 O.P.-8.10*	0.050	0.05以 下	C _H =0.82	C _V =0.57		-	66

注記*：基準床レベルを示す。

1.2.2 機器要目

(1) 固定子

部 材	N (min ⁻¹)	T _{ma} (%)	D (mm)	L (mm)	p (mm)	s (mm)	W _c (kg)	n _p
固定子	1500	175	950	40	5	10	1618	16

(2) 軸

部 材	M _s (N·mm)	Z _s (mm ³)	W _s (kg)	A _s (mm ²)	N (min ⁻¹)	d _s (mm)
軸	1.130× 10 ⁷	2.362× 10 ⁵	1700	1.410× 10 ⁴	1500	134

(3) 端子箱

部 材	W _t (kg)	n _t	A _{b t} (mm ²)	Q _{b t} (N)
端子箱	70	10	113.1	1.131× 10 ⁵

(4) モータフレーム

部 材	M _f (N·mm)	Z _f (mm ³)	W _f (kg)	A _f (mm ²)
モータフレーム	3.702× 10 ⁸	1.800× 10 ⁷	7000	5.233× 10 ⁴

1.2.3 結論

1.2.3.1 機能確認済加速度との比較

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
ポンプ	水平方向	0.82	10.0
	鉛直方向	0.57	1.0
原動機	水平方向	4.20	2.5
	鉛直方向	0.57	1.0

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

ポンプは、機能維持評価用加速度が全て機能確認済加速度以下である。

原動機は、水平方向の機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を超えるため、以下の項目について評価する。

1.2.3.2 立形ころがり軸受電動機の動的機能維持評価

1.2.3.2.1 代表評価項目の評価

原動機取付ボルトについては、構造強度評価にて設計用地震力に対して十分な構造強度を有しているため、計算は省略する。

1.2.3.2.2 上記以外の基本評価項目の評価

1.2.3.2.2.1 固定子の評価

(単位：MPa)

評価部位	応力	発生応力	許容応力
固定子	せん断	4	53

すべて許容応力以下である。

1.2.3.2.2.2 軸（回転子）の評価

(単位：MPa)

評価部位	発生応力	許容応力
軸（回転子）	54	430

すべて許容応力以下である。

1.2.3.2.2.3 端子箱の評価

(単位：MPa)

評価部位	応力	発生応力	許容応力
端子箱	引張り	100	185
	せん断	1	142

すべて許容応力以下である。

1.2.3.2.2.4 軸受の評価

(単位：N)

評価部位	発生荷重	許容荷重
上部軸受	2.449×10^4	
下部軸受	2.983×10^4	

すべて許容荷重以下である。

1.2.3.2.2.5 固定子と回転子のクリアランスの評価

(単位：mm)

評価部位	回転子のたわみ	許容変位量
固定子と回転子のクリアランス	0.99	2.4

すべて許容変位量以下である。

1.2.3.2.2.6 モータフレームの評価

(単位：MPa)

評価部位	発生応力	許容応力
モータフレーム	24	309

すべて許容応力以下である。

1.3 その他の機器要目

(1) 節点データ

節点番号	節点座標 (mm)		
	x	y	z
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			
31			
32			
33			
34			
35			
36			
37			
38			
39			
40			

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(続き)

節点番号	節点座標 (mm)		
	x	y	z
41			
42			
43			
44			
45			
46			
47			
48			
49			
50			
51			
52			
53			
54			
55			
56			
57			
58			
59			
60			
61			
62			
63			
64			
65			
66			
67			
68			
69			
70			

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(2) 要素の断面性状

断面特性番号 (要素番号)	要素両端の節点 番号	材料 番号	断面積 (mm ²)	断面二次 モーメント (mm ⁴)
1	1-2	111		1.805×10 ¹⁰
2	2-3	111		1.805×10 ¹⁰
3	3-4	111		1.805×10 ¹⁰
4	4-5	111		1.805×10 ¹⁰
5	5-6	111		1.805×10 ¹⁰
6	6-7	111		1.805×10 ¹⁰
7	7-8	111		1.805×10 ¹⁰
8	8-9	111		1.805×10 ¹⁰
9	9-10	111		1.805×10 ¹⁰
10	10-11	111		1.805×10 ¹⁰
11	11-12	111		1.805×10 ¹⁰
12	12-13	111		1.156×10 ¹²
13	13-14	111		3.891×10 ¹¹
14	14-15	111		3.411×10 ¹⁰
15	15-16	111		3.411×10 ¹⁰
16	16-17	111		3.411×10 ¹⁰
17	17-18	111		2.785×10 ¹¹
18	18-19	112		1.888×10 ¹¹
19	19-20	112		4.017×10 ¹⁰
20	20-21	112		4.017×10 ¹⁰
21	21-22	112		4.017×10 ¹⁰
22	22-23	112		2.163×10 ¹¹
23	23-24	113		2.040×10 ⁹
24	24-25	113		4.600×10 ⁹
25	25-26	113		2.030×10 ⁹
26	26-27	113		2.810×10 ⁹
27	27-28	113		2.790×10 ⁹
28	28-29	113		3.470×10 ⁹
29	29-30	113		5.620×10 ⁸
30	31-32	114		3.746×10 ⁹
31	32-33	114		1.314×10 ⁹
32	33-34	114		1.314×10 ⁹
33	34-35	114		5.320×10 ⁹
34	35-36	114		5.320×10 ⁹
35	36-37	114		5.320×10 ⁹
36	37-38	114		5.670×10 ⁸
37	38-39	114		5.670×10 ⁸
38	39-40	114		5.670×10 ⁸
39	40-41	114		5.670×10 ⁸
40	41-42	114		5.670×10 ⁸

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(続き)

断面特性番号 (要素番号)	要素両端の節点 番号	材料 番号	断面積 (mm ²)	断面二次 モーメント (mm ⁴)
41	42-43	114		5.670×10^8
42	43-44	114		5.670×10^8
43	44-45	114		5.670×10^8
44	45-46	114		5.670×10^8
45	47-48	115		1.018×10^7
46	48-49	115		1.018×10^7
47	49-50	115		1.018×10^7
48	50-51	115		1.018×10^7
49	51-52	115		1.018×10^7
50	52-53	115		1.018×10^7
51	53-54	115		1.018×10^7
52	54-55	115		1.018×10^7
53	55-56	115		1.018×10^7
54	56-57	115		1.018×10^7
55	57-58	115		1.018×10^7
56	58-59	115		1.018×10^7
57	59-60	115		1.018×10^7
58	60-61	115		1.018×10^7
59	61-62	115		1.018×10^7
60	62-63	115		1.018×10^7
61	63-64	115		1.018×10^7
62	64-65	116		6.330×10^7
63	65-66	117		1.670×10^7
64	66-67	117		5.860×10^7
65	67-68	117		1.380×10^8
66	68-69	117		5.910×10^7
67	69-70	117		1.850×10^7

(3) ばね結合部の指定

ばねの両端の節点番号		ばね定数
6	35	
14	43	
17	46	
31	47	
34	50	
36	52	
37	53	
40	56	
45	61	
24	66	
29	69	
4	-	
13	-	

(4) 節点の質量

節点番号	質量(kg)
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	
23	
24	
25	
26	
27	
28	
29	
30	
31	
32	
33	
34	
35	
36	
37	
38	
39	
40	

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(続き)

節点番号	質量(kg)
41	
42	
43	
44	
45	
46	
47	
48	
49	
50	
51	
52	
53	
54	
55	
56	
57	
58	
59	
60	
61	
62	
63	
64	
65	
66	
67	
68	
69	
70	

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(5) 材料物性値

材料番号	温度 (°C)	縦弾性係数 (MPa)	質量密度 (kg/mm ³)	ポアソン比 (-)	材質	部位
111	100			0.3		ポンプ
112	66			0.3		ポンプ
113	66			0.3		原動機
114	100			0.3		ポンプ
115	100			0.3		ポンプ
116	66			0.3		ポンプ
117	66			0.3		原動機

【低圧炉心スプレイ系ポンプの耐震性についての計算結果】

2. 重大事故等対処設備

2.1 構造強度評価

2.1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		ポンプ振動 による震度	最高使用 温度 (°C)	周囲環境 温度 (°C)	最高使用圧力 (MPa)	
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度				吸入側	吐出側
低圧炉心スプレイ 系ポンプ	常設/防止 (DB 拡張)	原子炉建屋 O.P. -8.10*	0.050	0.05 以下	-	-	C _H =0.99	C _V =0.69		100	66	1.37	4.41

注記*：基準床レベルを示す。

2.1.2 機器要目

(1) ボルト

部 材	m _i (kg)	D _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	n _{f i}	M _p (N・mm)	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)
基礎ボルト (i=1)					16	16	-				
ポンプ取付ボルト (i=2)					36	36	6.366× 10 ⁶				
原動機台取付ボルト (i=3)					20	20	6.366× 10 ⁶				
原動機取付ボルト (i=4)					8	8	6.366× 10 ⁶				

注記*1：最高使用温度で算出

*2：周囲環境温度で算出

予想最大両振幅 (μm)	回転速度 (rpm)

(2) バレルケーシング, コラムパイプ

部 材	S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	D _c (mm)	t (mm)
バレルケーシング	-			1200	25
コラムパイプ	-				

注記*：最高使用温度で算出

2.1.3 計算数値

(1) ボルトに作用する力

部 材	M _i (N・mm)		F _{bi} (N)		Q _{bi} (N)	
	弾性設計用地震動S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)						
ポンプ取付ボルト (i=2)						
原動機台取付ボルト (i=3)						
原動機取付ボルト (i=4)						

(2) バレルケーシング, コラムパイプに作用する力
(単位: N・mm)

部 材	M	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
バレルケーシング		
コラムパイプ		

2.1.4 結論

2.1.4.1 固有周期 (単位: s)

モード	固有周期
水平 1次	T _{H1} =0.050
鉛直 1次	T _{V1} =0.05 以下

2.1.4.2 ボルトの応力 (単位: MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動S _d 又は静的震度		基準地震動S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
			基礎ボルト (i=1)		引張り	—
	せん断	—	—		τ _{b1} =3	f _{sb1} =378
ポンプ取付ボルト (i=2)	引張り	—	—		σ _{b2} =18	f _{ts2} =474*
	せん断	—	—		τ _{b2} =4	f _{sb2} =365
原動機台取付ボルト (i=3)	引張り	—	—		σ _{b3} =105	f _{ts3} =474*
	せん断	—	—		τ _{b3} =19	f _{sb3} =365
原動機取付ボルト (i=4)	引張り	—	—		σ _{b4} =141	f _{ts4} =491*
	せん断	—	—		τ _{b4} =43	f _{sb4} =378

2.1.4.3 バレルケーシング, コラムパイプの応力 (単位: MPa)

部 材	材 料		一次一般膜応力	
			算出応力	許容応力
バレルケーシング		弾性設計用地震動S _d 又は静的震度	—	—
		基準地震動S _s	σ=33	S _a =223
コラムパイプ		弾性設計用地震動S _d 又は静的震度	—	—
		基準地震動S _s	σ=32	S _a =223

すべて許容応力以下である。

すべて許容応力以下である。注記*: f_{tsi} = Min [1.4 · f_{toi} - 1.6 · τ_{bi}, f_{toi}] より算出

2.2 動的機能維持評価

2.2.1 設計条件

機器名称	形式	定格容量 (m ³ /h)	据付場所及び 床面高さ (m)	固有周期(s)		基準地震動S _s		ポンプ振動 による震度	最高使用 温度 (°C)	周囲環境 温度 (°C)
				水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度			
低圧炉心スプレイ系 ポンプ	ピットバレル形 ポンプ	1074	原子炉建屋 O.P. -8.10*	0.050	0.05 以下	C _H =0.82	C _V =0.57		100	66

注記*：基準床レベルを示す。

機器名称	形式	出力 (kW)	据付場所及び 床面高さ (m)	固有周期(s)		基準地震動S _s		ポンプ振動 による震度	最高使用 温度 (°C)	周囲環境 温度 (°C)
				水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度			
低圧炉心スプレイ系 ポンプ用原動機	立形ころがり軸受 電動機	1000	原子炉建屋 O.P. -8.10*	0.050	0.05 以下	C _H =0.82	C _V =0.57		-	66

注記*：基準床レベルを示す。

2.2.2 機器要目

(1) 固定子

部 材	N (min ⁻¹)	T _{ma} (%)	D (mm)	L (mm)	p (mm)	s (mm)	W _c (kg)	n _p
固定子	1500	175	950	40	5	10	1618	16

(2) 軸

部 材	M _s (N·mm)	Z _s (mm ³)	W _s (kg)	A _s (mm ²)	N (min ⁻¹)	d _s (mm)
軸	1.130× 10 ⁷	2.362× 10 ⁵	1700	1.410× 10 ⁴	1500	134

(3) 端子箱

部 材	W _t (kg)	n _t	A _{bt} (mm ²)	Q _{bt} (N)
端子箱	70	10	113.1	1.131× 10 ⁵

(4) モータフレーム

部 材	M _f (N·mm)	Z _f (mm ³)	W _f (kg)	A _f (mm ²)
モータフレーム	3.702× 10 ⁸	1.800× 10 ⁷	7000	5.233× 10 ⁴

2.2.3 結論

2.2.3.1 機能確認済加速度との比較

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
ポンプ	水平方向	0.82	10.0
	鉛直方向	0.57	1.0
原動機	水平方向	4.20	2.5
	鉛直方向	0.57	1.0

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

ポンプは、機能維持評価用加速度が全て機能確認済加速度以下である。

原動機は、水平方向の機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を超えるため、以下の項目について評価する。

2.2.3.2 立形ころがり軸受電動機の動的機能維持評価

2.2.3.2.1 代表評価項目の評価

原動機取付ボルトについては、構造強度評価にて設計用地震力に対して十分な構造強度を有しているため、計算は省略する。

2.2.3.2.2 上記以外の基本評価項目の評価

2.2.3.2.2.1 固定子の評価

(単位：MPa)

評価部位	応力	発生応力	許容応力
固定子	せん断	4	53

すべて許容応力以下である。

2.2.3.2.2.2 軸（回転子）の評価

(単位：MPa)

評価部位	発生応力	許容応力
軸（回転子）	54	430

すべて許容応力以下である。

2.2.3.2.2.3 端子箱の評価

(単位：MPa)

評価部位	応力	発生応力	許容応力
端子箱	引張り	100	185
	せん断	1	142

すべて許容応力以下である。

2.2.3.2.2.4 軸受の評価

(単位：N)

評価部位	発生荷重	許容荷重
上部軸受	2.449×10^4	
下部軸受	2.983×10^4	

すべて許容荷重以下である。

2.2.3.2.2.5 固定子と回転子のクリアランスの評価

(単位：mm)

評価部位	回転子のたわみ	許容変位量
固定子と回転子のクリアランス	0.99	2.4

すべて許容変位量以下である。

2.2.3.2.2.6 モータフレームの評価

(単位：MPa)

評価部位	発生応力	許容応力
モータフレーム	24	309

すべて許容応力以下である。

2.3 その他の機器要目

(1) 節点データ

節点番号	節点座標 (mm)		
	x	y	z
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			
31			
32			
33			
34			
35			
36			
37			
38			
39			
40			

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(続き)

節点番号	節点座標 (mm)		
	x	y	z
41			
42			
43			
44			
45			
46			
47			
48			
49			
50			
51			
52			
53			
54			
55			
56			
57			
58			
59			
60			
61			
62			
63			
64			
65			
66			
67			
68			
69			
70			

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(2) 要素の断面性状

断面特性番号 (要素番号)	要素両端の節点 番号	材料 番号	断面積 (mm ²)	断面二次 モーメント (mm ⁴)
1	1-2	111		1.805×10 ¹⁰
2	2-3	111		1.805×10 ¹⁰
3	3-4	111		1.805×10 ¹⁰
4	4-5	111		1.805×10 ¹⁰
5	5-6	111		1.805×10 ¹⁰
6	6-7	111		1.805×10 ¹⁰
7	7-8	111		1.805×10 ¹⁰
8	8-9	111		1.805×10 ¹⁰
9	9-10	111		1.805×10 ¹⁰
10	10-11	111		1.805×10 ¹⁰
11	11-12	111		1.805×10 ¹⁰
12	12-13	111		1.156×10 ¹²
13	13-14	111		3.891×10 ¹¹
14	14-15	111		3.411×10 ¹⁰
15	15-16	111		3.411×10 ¹⁰
16	16-17	111		3.411×10 ¹⁰
17	17-18	111		2.785×10 ¹¹
18	18-19	112		1.888×10 ¹¹
19	19-20	112		4.017×10 ¹⁰
20	20-21	112		4.017×10 ¹⁰
21	21-22	112		4.017×10 ¹⁰
22	22-23	112		2.163×10 ¹¹
23	23-24	113		2.040×10 ⁹
24	24-25	113		4.600×10 ⁹
25	25-26	113		2.030×10 ⁹
26	26-27	113		2.810×10 ⁹
27	27-28	113		2.790×10 ⁹
28	28-29	113		3.470×10 ⁹
29	29-30	113		5.620×10 ⁸
30	31-32	114		3.746×10 ⁹
31	32-33	114		1.314×10 ⁹
32	33-34	114		1.314×10 ⁹
33	34-35	114		5.320×10 ⁹
34	35-36	114		5.320×10 ⁹
35	36-37	114		5.320×10 ⁹
36	37-38	114		5.670×10 ⁸
37	38-39	114		5.670×10 ⁸
38	39-40	114		5.670×10 ⁸
39	40-41	114		5.670×10 ⁸
40	41-42	114		5.670×10 ⁸

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(続き)

断面特性番号 (要素番号)	要素両端の節点 番号	材料 番号	断面積 (mm ²)	断面二次 モーメント (mm ⁴)
41	42-43	114		5.670×10^8
42	43-44	114		5.670×10^8
43	44-45	114		5.670×10^8
44	45-46	114		5.670×10^8
45	47-48	115		1.018×10^7
46	48-49	115		1.018×10^7
47	49-50	115		1.018×10^7
48	50-51	115		1.018×10^7
49	51-52	115		1.018×10^7
50	52-53	115		1.018×10^7
51	53-54	115		1.018×10^7
52	54-55	115		1.018×10^7
53	55-56	115		1.018×10^7
54	56-57	115		1.018×10^7
55	57-58	115		1.018×10^7
56	58-59	115		1.018×10^7
57	59-60	115		1.018×10^7
58	60-61	115		1.018×10^7
59	61-62	115		1.018×10^7
60	62-63	115		1.018×10^7
61	63-64	115		1.018×10^7
62	64-65	116		6.330×10^7
63	65-66	117		1.670×10^7
64	66-67	117		5.860×10^7
65	67-68	117		1.380×10^8
66	68-69	117		5.910×10^7
67	69-70	117		1.850×10^7

(3) ばね結合部の指定

ばねの両端の節点番号		ばね定数
6	35	
14	43	
17	46	
31	47	
34	50	
36	52	
37	53	
40	56	
45	61	
24	66	
29	69	
4	-	
13	-	

(4) 節点の質量

節点番号	質量(kg)
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	
23	
24	
25	
26	
27	
28	
29	
30	
31	
32	
33	
34	
35	
36	
37	
38	
39	
40	

02 ③ VI-2-5-5-2-1 R0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

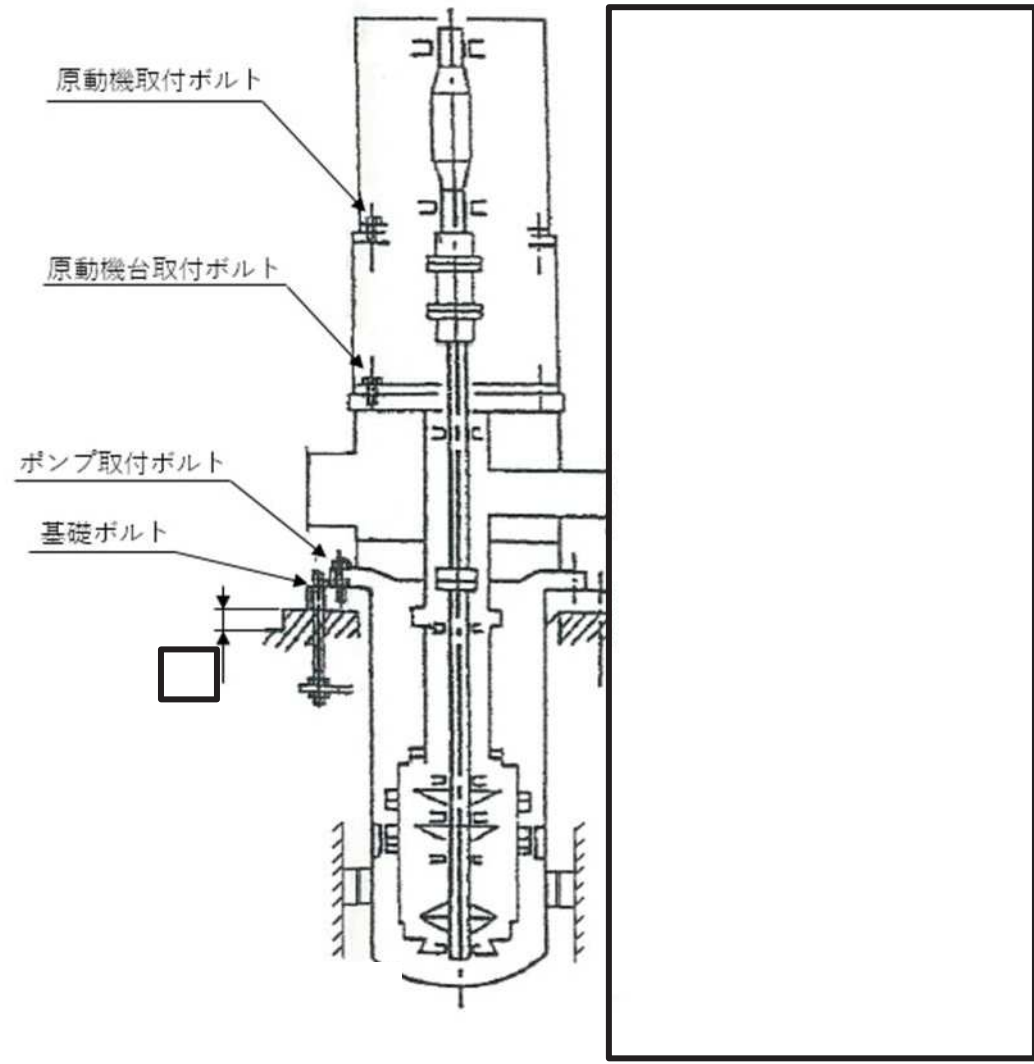
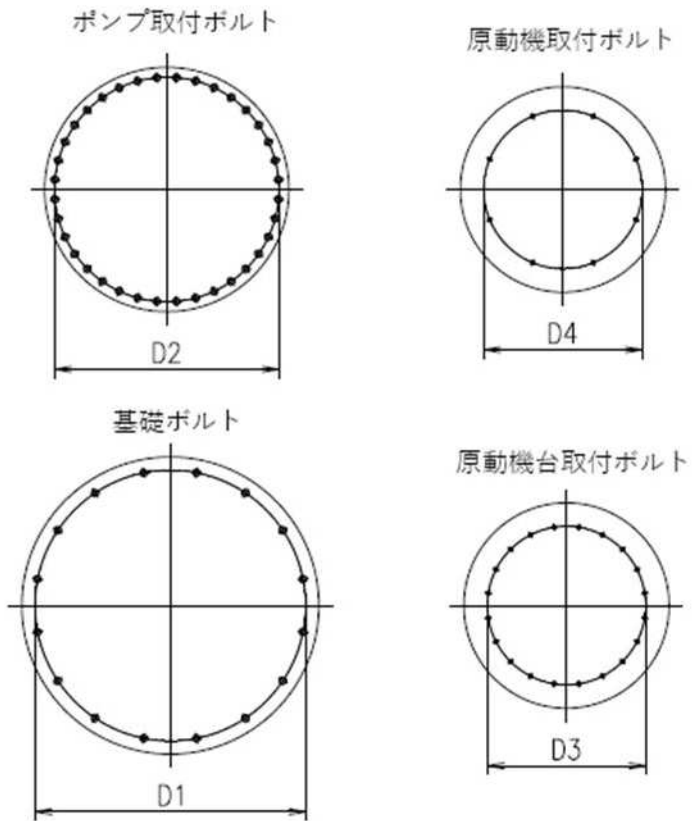
(続き)

節点番号	質量(kg)
41	
42	
43	
44	
45	
46	
47	
48	
49	
50	
51	
52	
53	
54	
55	
56	
57	
58	
59	
60	
61	
62	
63	
64	
65	
66	
67	
68	
69	
70	

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(5) 材料物性値

材料番号	温度 (°C)	縦弾性係数 (MPa)	質量密度 (kg/mm ³)	ポアソン比 (-)	材質	部位
111	100			0.3		ポンプ
112	66			0.3		ポンプ
113	66			0.3		原動機
114	100			0.3		ポンプ
115	100			0.3		ポンプ
116	66			0.3		ポンプ
117	66			0.3		原動機



枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

VI-2-5-5-3 高圧代替注水系の耐震性についての計算書

目 次

- VI-2-5-5-3-1 高圧代替注水系タービンポンプの耐震性についての計算書
- VI-2-5-5-3-2 管の耐震性についての計算書（高圧代替注水系）

VI-2-5-5-3-2 管の耐震性についての計算書
(高压代替注水系)

重大事故等対処設備

目次

1. 概要	1
2. 概略系統図及び鳥瞰図	2
2.1 概略系統図	2
2.2 鳥瞰図	6
3. 計算条件	13
3.1 計算方法	13
3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態	14
3.3 設計条件	15
3.4 材料及び許容応力	21
3.5 設計用地震力	22
4. 解析結果及び評価	24
4.1 固有周期及び設計震度	24
4.2 評価結果	31
4.2.1 管の応力評価結果	31
4.2.2 支持構造物評価結果	33
4.2.3 弁の動的機能維持評価結果	34
4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	35

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-13-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」（以下「基本方針」という。）に基づき、管、支持構造物及び弁が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

評価結果の記載方法は、以下に示すとおりである。

(1) 管

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全3モデルのうち、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を4.2.4に記載する。

(2) 支持構造物

工事計画記載範囲の支持点のうち、種類及び型式単位に反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。






(3) 弁

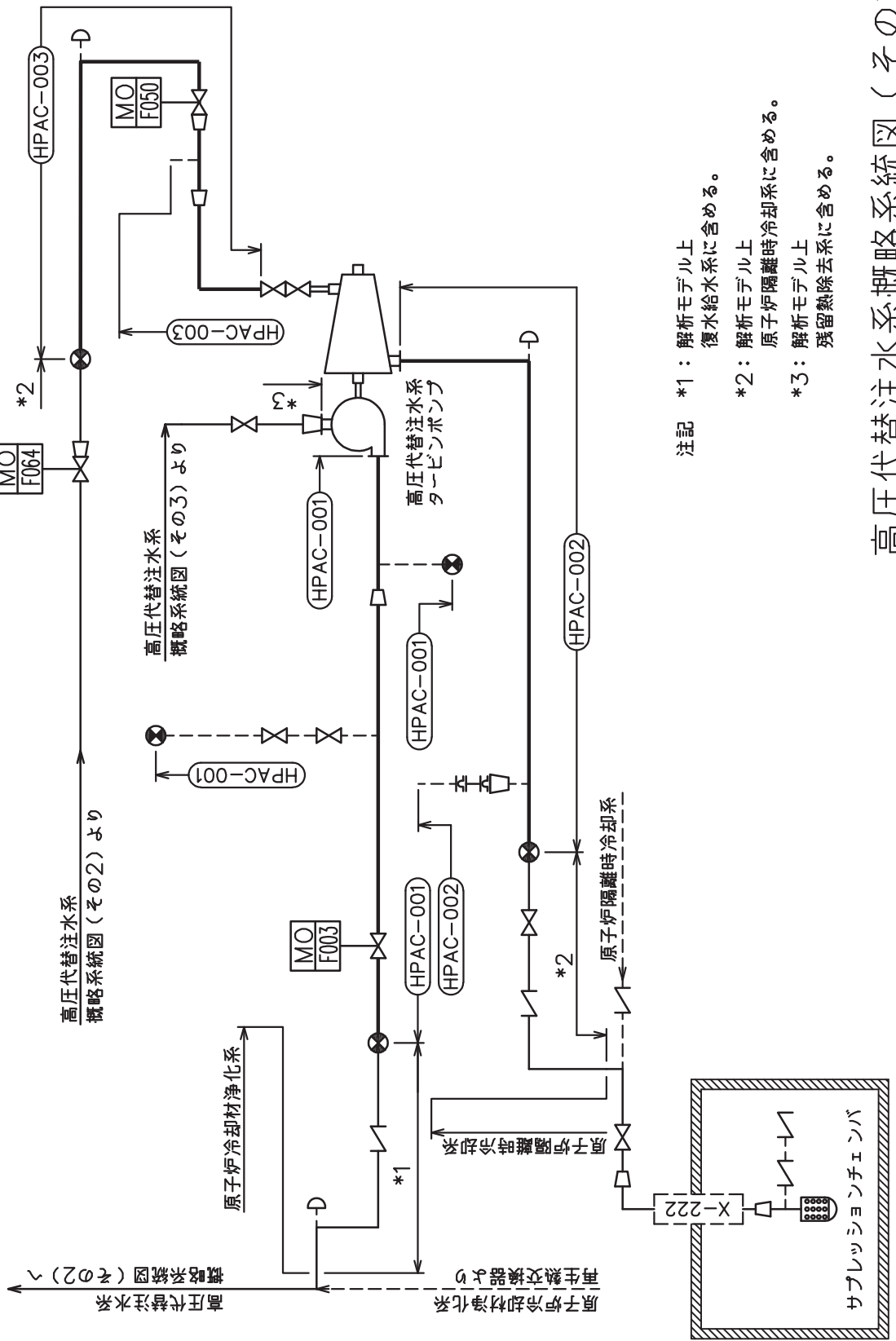
機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として、評価結果を記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1 概略系統図

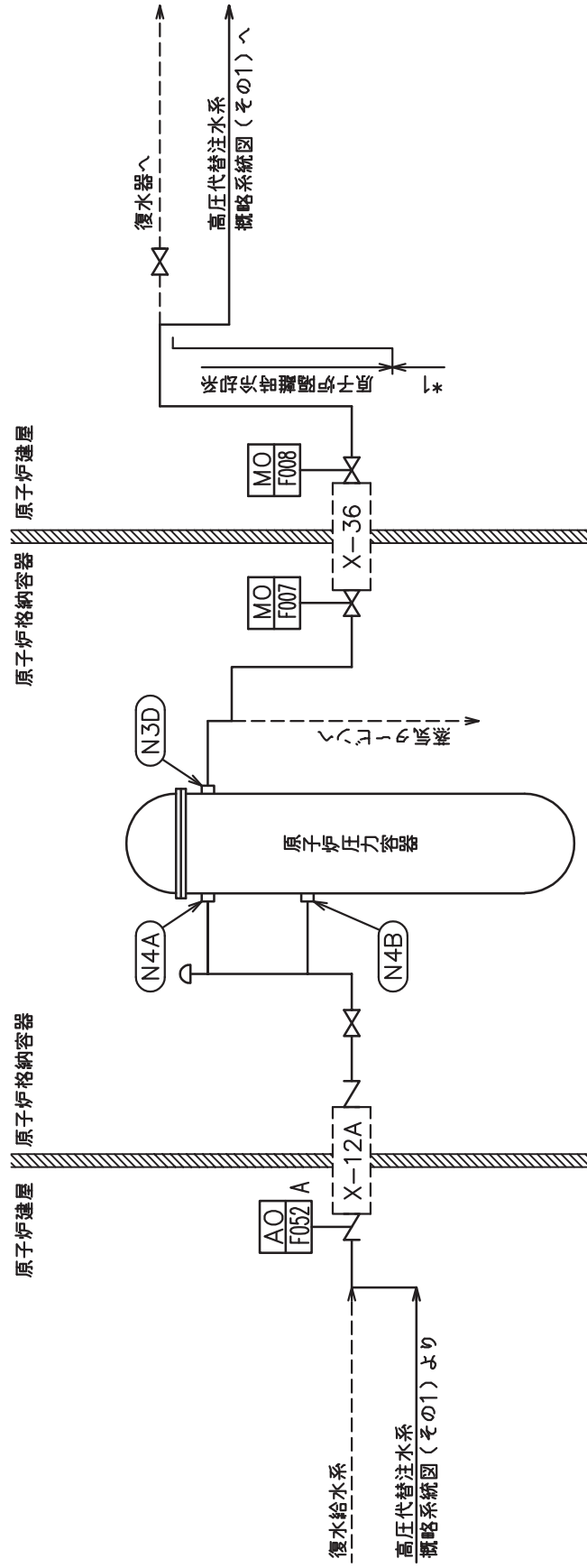
概略系統図記号凡例

記 号	内 容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管
	鳥瞰図番号
	アンカ



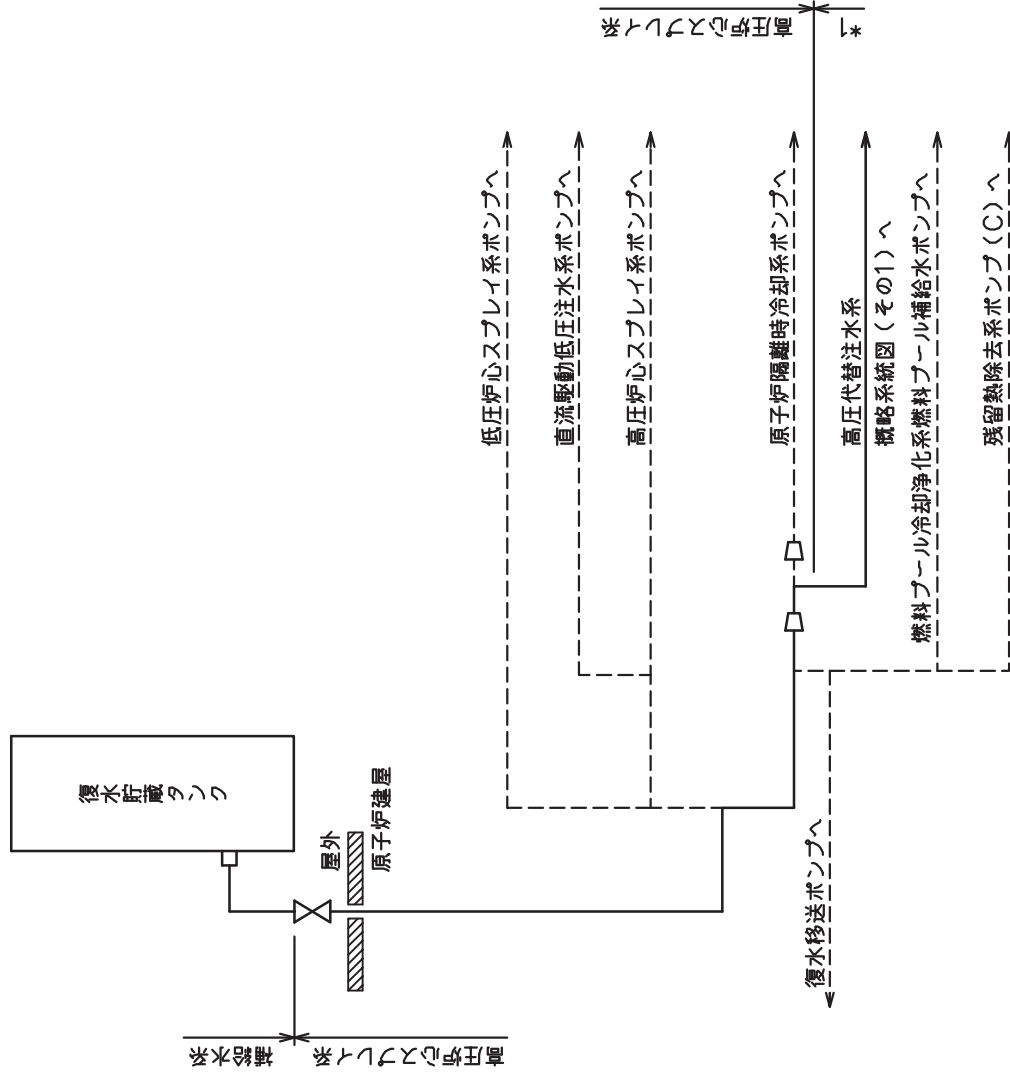
- 注記 *1: 解析モデル上
復水給水系に含める。
- *2: 解析モデル上
原子炉隔離時冷却系に含める。
- *3: 解析モデル上
残留熱除去系に含める。

高圧代替注水系概略系統図(その1)



注記 *1：解析モデル上
原子炉隔離時冷却系に含まれる。

高压代替注水系概略系統図（その2）


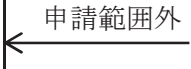




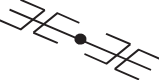

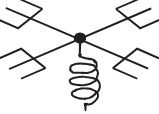
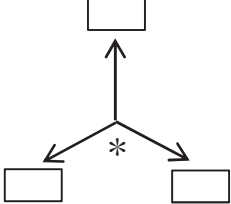


注記 *1: 解析モデル上
残留熱除去系に含める。

高圧代替注水系概略系統図(その3)

2.2 鳥瞰図

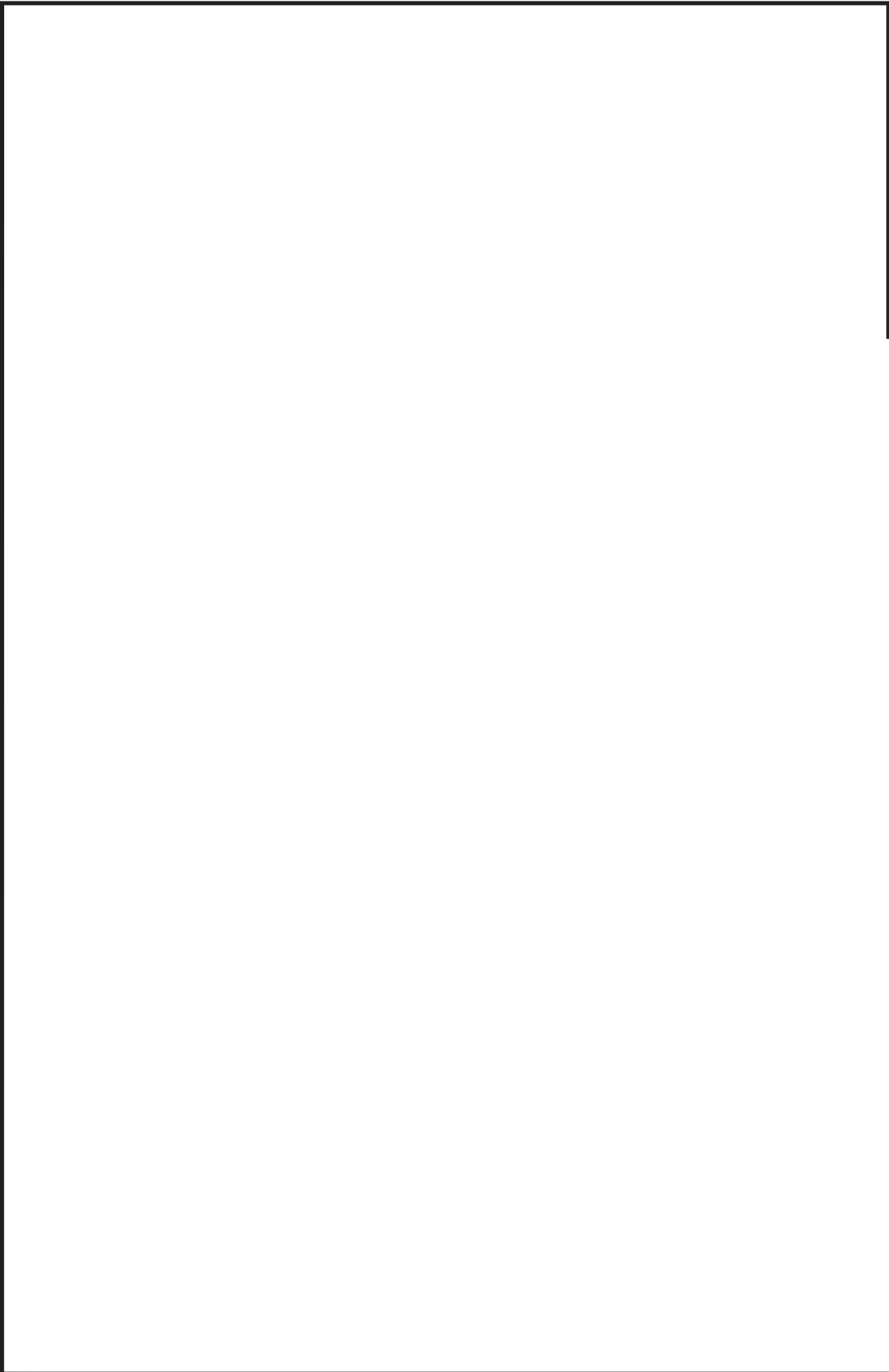
鳥瞰図記号凡例

記号	内容
	<p>工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管</p>
	<p>工事計画記載範囲外の管</p>
	<p>工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって解析モデルとして本系統に記載する管</p>
	<p>質点</p>
	<p>アンカ</p>
	<p>レストレイント (矢印は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。スナップについても同様とする。)</p>
	<p>スナップ</p>
	<p>ハンガ</p>
	<p>ガイド</p>
	<p>拘束点の地震による相対変位量(mm) (*は評価点番号, 矢印は拘束方向を示す。また, 内に変位量を記載する。)</p>



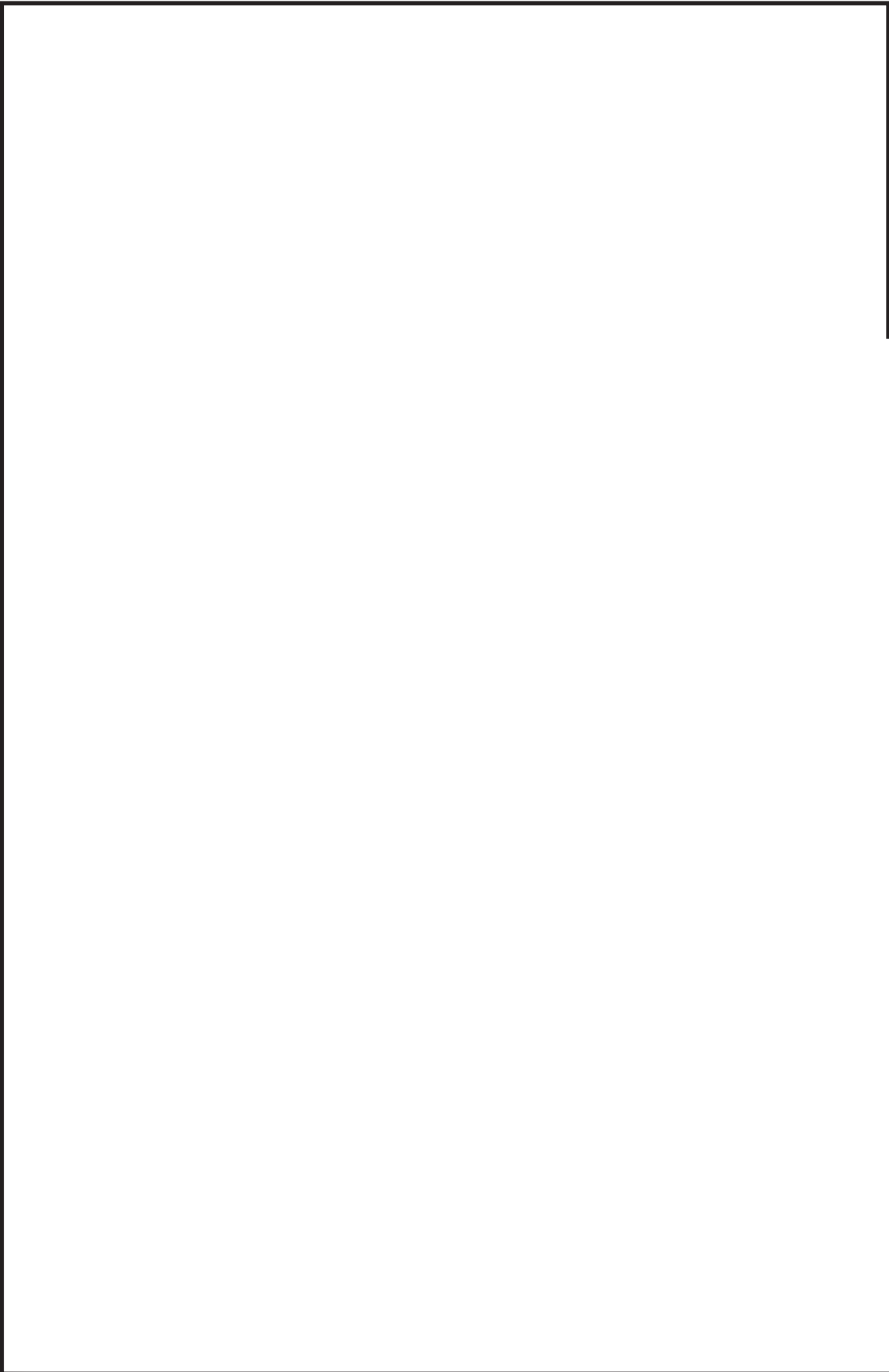
鳥瞰図 HPAC-001-1/3

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



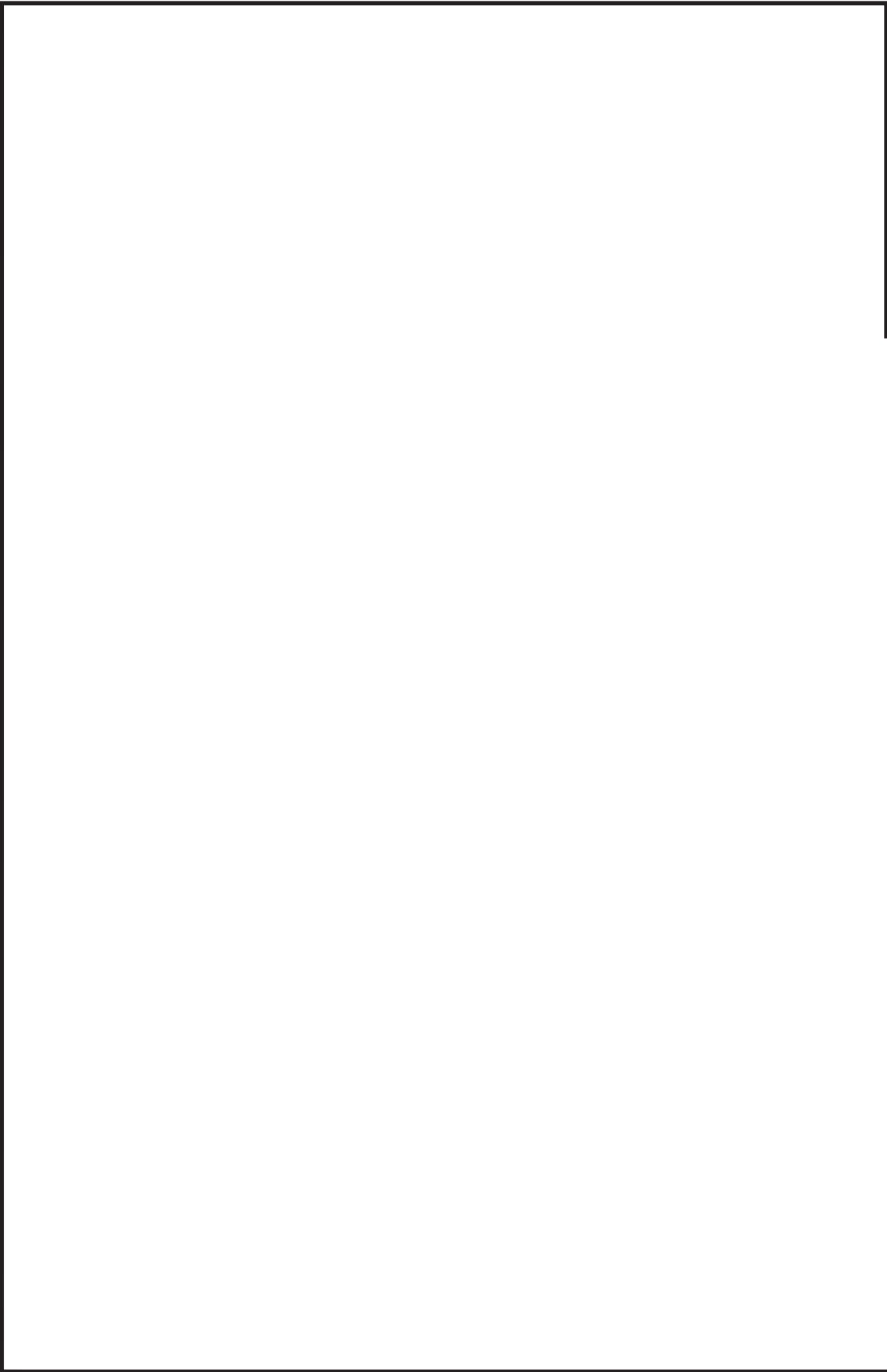
鳥瞰図 HPAC-001-2/3

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



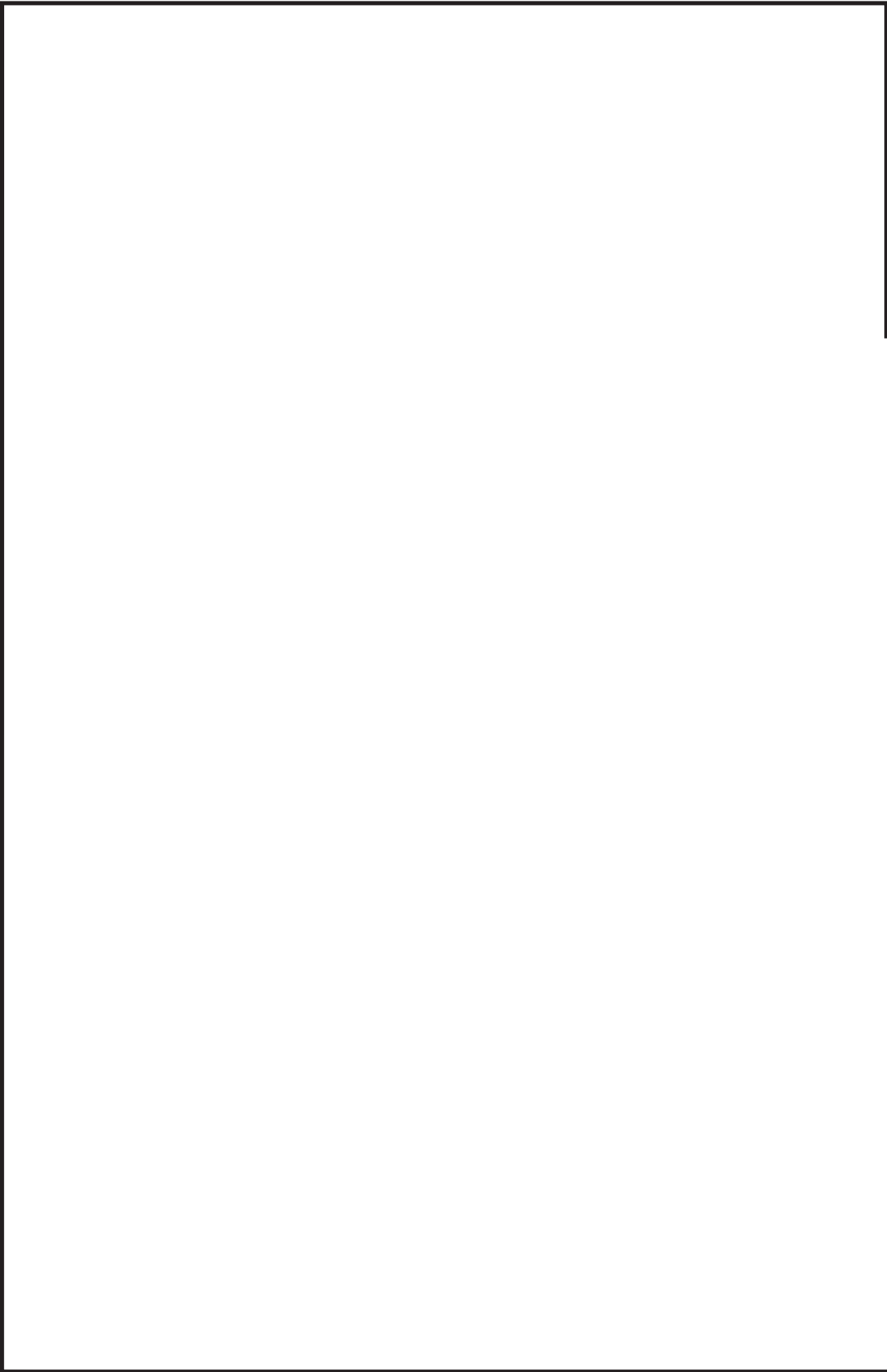
鳥瞰図 HPAC-001-3/3

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



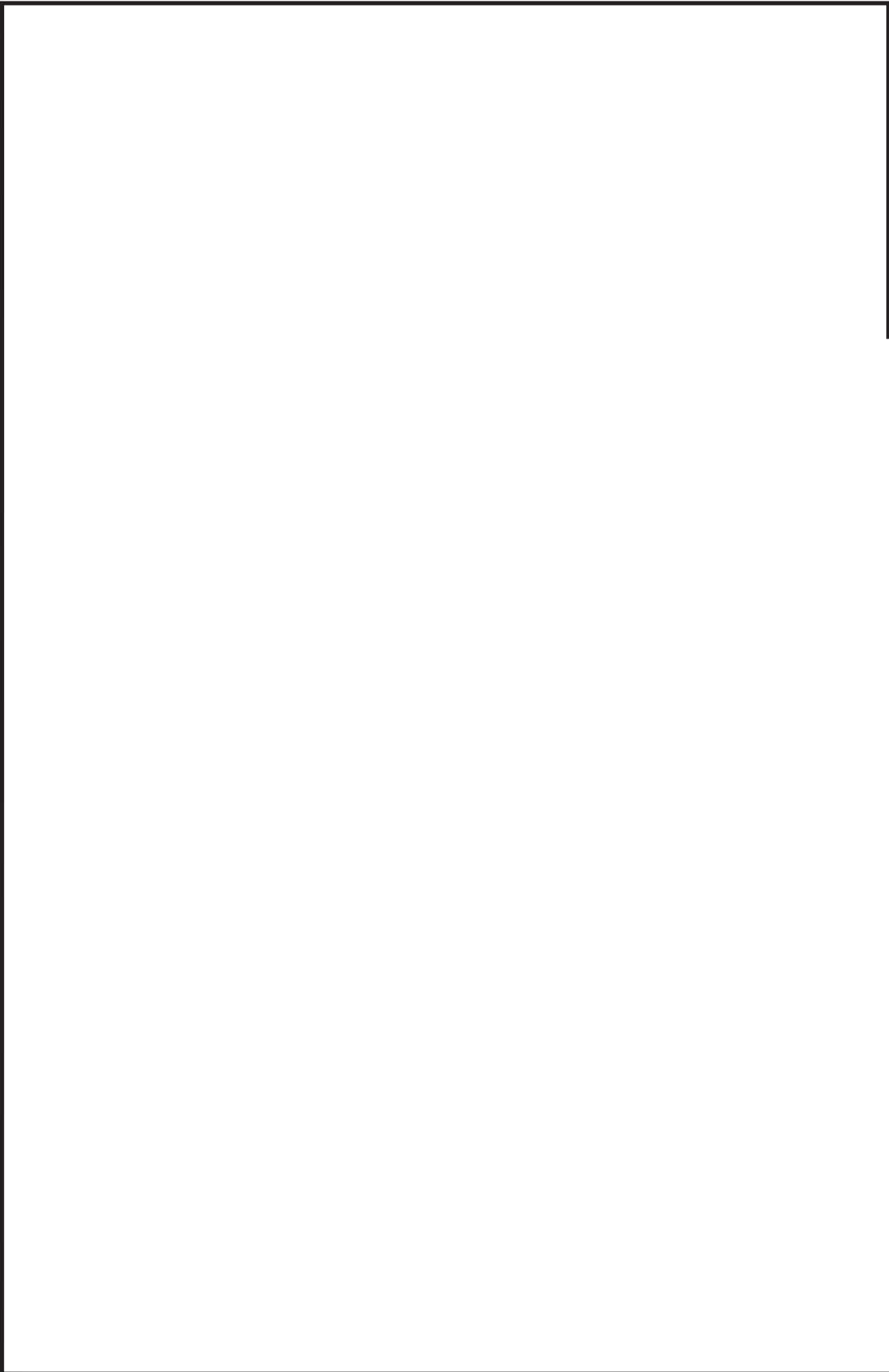
鳥瞰図 HPAC-003-1/3

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 HPAC-003-2/3

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 HPAC-003-3/3

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3. 計算条件

3.1 計算方法

管の構造強度評価は、「基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。解析コードは、「I S A P」を使用し、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設分類*1	設備分類*2	機器等の区分	耐震重要度分類	荷重の組合せ*3, *4	許容応力状態*5
原子炉冷却系統施設	非常用炉心冷却設備 その他原子炉注水設備	高圧代替注水系	S A	常設耐震／防止 常設／緩和	重大事故等 クラス2管	—	$V_L + S_s$	$V_A S$
原子炉格納施設	圧力低減設備 その他の安全設備	高圧代替注水系	S A	常設／緩和	重大事故等 クラス2管	—	$V_L + S_s$	$V_A S$

注記*1：DBは設計基準対象施設，SAは重大事故等対処設備を示す。

*2：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備を，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*3：運転状態の添字Lは荷重を示す。

*4：許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

*5：許容応力状態 $V_A S$ は許容応力状態 $IV_A S$ の許容限界を使用し，許容応力状態 $IV_A S$ として評価を実施する。

3.3 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管名称で区分し，管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 H P A C - 0 0 1

管名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	14.00	66	114.3	13.5	STS410	—	200360
2	14.00	66	165.2	18.2	STS410	—	200360
3	8.62	302	165.2	14.3	STS410	—	184760

設計条件

管名称と対応する評価点
 評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図 H P A C - 0 0 1

管名称	対 応 す る 評 価 点														
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	31														
2	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
	46	47	48	49	50	51	52	53	54						
3	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85
	86	87	88	89	90	91									

配管の質量（付加質量含む）

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
1		19		37		58		76	
2		20		38		59		77	
3		21		39		60		78	
4		22		40		61		79	
5		23		41		62		80	
6		24		42		63		81	
7		25		43		64		82	
8		26		44		65		83	
9		27		45		66		84	
10		28		46		67		85	
11		29		47		68		86	
12		30		48		69		87	
13		31		49		70		88	
14		32		50		71		89	
15		33		51		72		90	
16		34		52		73		91	
17		35		53		74			
18		36		57		75			

弁部の質量を下表に示す。

弁 1

評価点	質量(kg)
54	
55	
56	
92	
93	

弁部の寸法を下表に示す。

弁NO.	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
弁1	55			

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 H P A C - 0 0 1

支持点部のばね定数を下表に示す。

支持点番号	各軸方向ばね定数 (N/mm)			各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1						
13						
16						
22						
24						
** 29 **						
** 33 **						
35						
37						
41						
48						
53						
57						
62						
71						
** 73 **						
75						
** 80 **						
82						
91						
** 93 **						

[Empty rectangular box]

O 2 ③ VI-2-5-5-3-2(重) R 0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管名称で区分し，管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 H P A C - 0 0 3

管名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	10.34	315	165.2	14.3	STS410	—	183200
2	8.62	302	165.2	14.3	STS410	—	184760
3	8.62	302	114.3	11.1	STS410	—	184760
4	8.62	302	89.1	11.1	STS410	—	184760

設計条件

管名称と対応する評価点
 評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図 H P A C - 0 0 3

管名称	対 応 す る 評 価 点														
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	34
	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47		
2	49	50													
3	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64
4	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78
	79														

配管の質量（付加質量含む）

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
1		16		35		53		68	
2		17		36		54		69	
3		18		37		55		70	
4		19		38		56		71	
5		20		39		57		72	
6		21		40		58		73	
7		22		41		59		74	
8		23		42		60		75	
9		24		43		61		76	
10		25		44		62		77	
11		26		45		63		78	
12		27		46		64		79	
13		28		50		65			
14		29		51		66			
15		34		52		67			

弁部の質量を下表に示す。

弁 1

評価点	質量(kg)
47	
48	
49	
80	
81	

弁部の寸法を下表に示す。

弁NO.	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
弁1	48			

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 H P A C - 0 0 3

支持点部のばね定数を下表に示す。

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1						
3						
6						
9						
14						
16						
20						
27						
37						
43						
46						
52						
58						
61						
66						
** 68 **						
70						
79						
** 81 **						

--

O 2 ③ VI-2-5-5-3-2(重) R 0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3.4 材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

材料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)			
		S m	S y	S u	S h
STS410	66	—	231	407	—
	302	—	182	404	—
	315	—	180	404	—

3.5 設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答曲線を下表に示す。

なお、設計用床応答曲線は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき策定したものをを用いる。また、減衰定数は、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

鳥 瞰 図	建物・構築物	標高(O.P. (m))	減衰定数(%)
H P A C - 0 0 1	原子炉建屋		

設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答曲線を下表に示す。
 なお、設計用床応答曲線は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき
 策定したものをを用いる。また、減衰定数は、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」
 に記載の減衰定数を用いる。

鳥 瞰 図	建物・構築物	標高(O.P. (m))	減衰定数(%)
H P A C - 0 0 3	原子炉建屋		

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥瞰図 HPAC-001

適用する地震動等		S d 及び静的震度			S s		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度*1		応答鉛直震度*1	応答水平震度*1		応答鉛直震度*1
		X 方向	Z 方向	Y 方向	X 方向	Z 方向	Y 方向
1 次							
2 次							
3 次							
4 次*2							
動的震度*3							
静的震度*4							

注記*1：各モードの固有周期に対し、設計用床応答曲線より得られる震度を示す。

*2：固有周期が0.050s以下であることを示す。

*3：S d又はS s地震動に基づく設計用最大床応答加速度より定めた震度を示す。

*4：3.6C₁及び1.2C_vより定めた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数

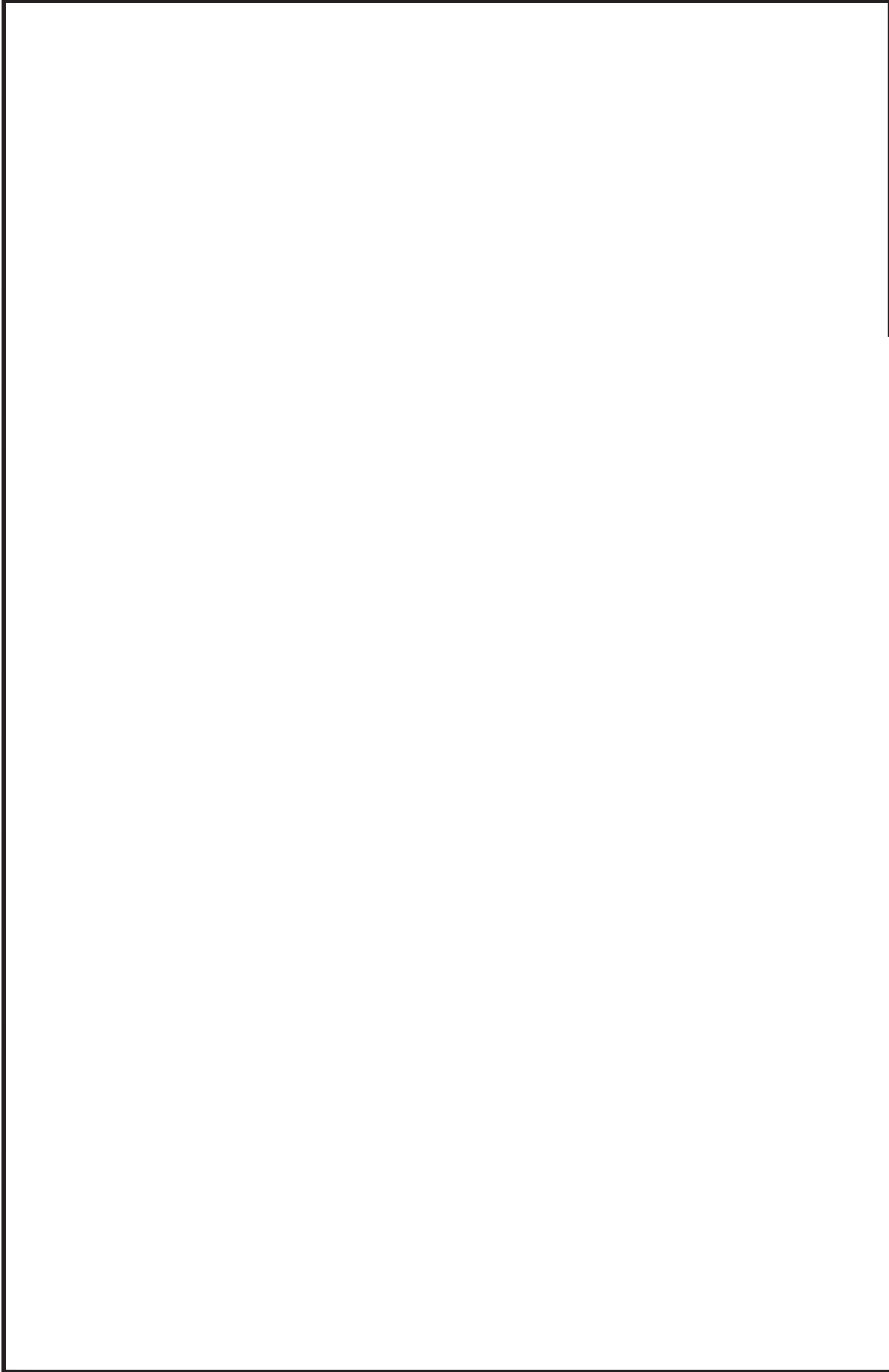
鳥瞰図 HPAC-001

モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X方向	Y方向	Z方向
1次				
2次				
3次				

注記*：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

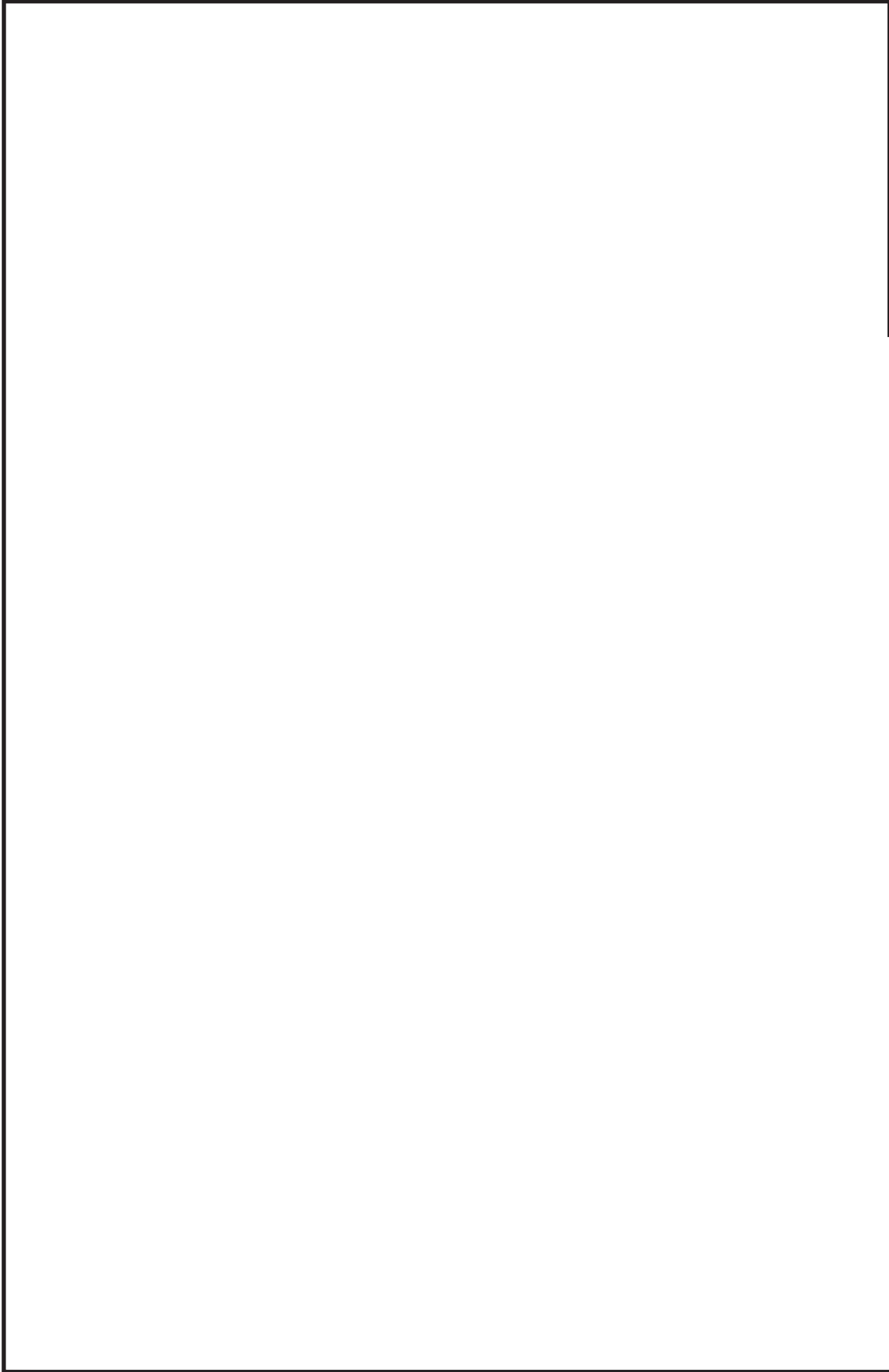
代表的振動モード図

振動モード図は、3次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し、次ページ以降に示す。



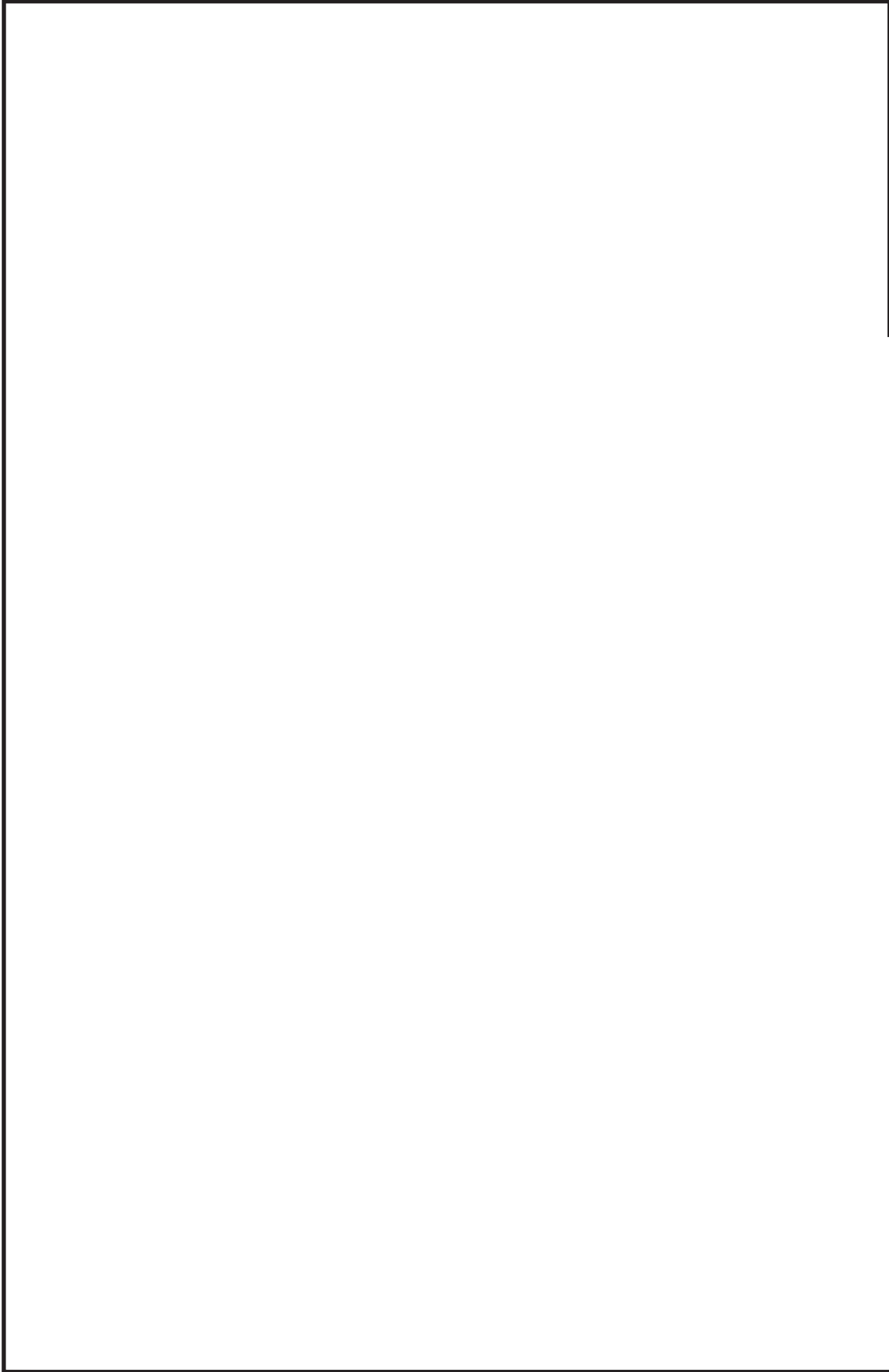
鳥瞰図 HPAC-001

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 HPAC-001

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 HPAC-001

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

固有周期及び設計震度

鳥瞰図 HPAC-003

適用する地震動等		S d 及び静的震度			S s		
		応答水平震度*1		応答鉛直震度*1	応答水平震度*1		応答鉛直震度*1
モード	固有周期 (s)	X 方向	Z 方向	Y 方向	X 方向	Z 方向	Y 方向
1 次*2	0.048	—	—	—	—	—	—
動的震度*3		—	—	—	1.97	1.97	1.37
静的震度*4		—	—	—	—	—	—

注記*1：各モードの固有周期に対し、設計用床応答曲線より得られる震度を示す。

*2：固有周期が0.050s以下であることを示す。

*3：S d又はS s地震動に基づく設計用最大床応答加速度より定めた震度を示す。

*4：3.6C_I及び1.2C_Vより定めた震度を示す。

4.2 評価結果

4.2.1 管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管

鳥瞰図	許容応力 状態	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)		一次+二次応力評価 (MPa)		疲労評価
				計算応力 Sprm(Ss)	許容応力 0.9・Su	計算応力 Sn(Ss)	許容応力 2・Sy	
HPAC-001	V _A S	75	Spr m(Ss)	94	363	—	—	—
	V _A S	71	Sn(Ss)	—	—	149	364	—

管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管

鳥瞰図	許容応力 状態	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)		一次+二次応力評価 (MPa)		疲労評価
				計算応力 Sprm(Ss)	許容応力 0.9・Su	計算応力 Sn(Ss)	許容応力 2・Sy	
HPAC-003	V _A S V _A S	50 1	Spr m(S s) S n(S s)	64 —	363 —	— 171	— 360	— — U S s

4.2.2 支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果 (荷重評価)

支持構造物 番号	種類	型式	材質	温度 (°C)	評価結果	
					計算 荷重 (kN)	許容 荷重 (kN)
HPAC-003-070H	スプリングハンガ	VS30B-05	添付書類「VI-2-1-12-1 配管及び支持構造物の耐 震計算について」参照	884N	1230N	
HPAC-001-093SB	メカニカルスナッパ	SMS-6-100			28	114
HPAC-001-080B	ロードレストレイント	RTS-3			22	45

支持構造物評価結果 (応力評価)

支持構造物 番号	種類	型式	材質	温度 (°C)	支持点荷重						評価結果		
					反力(kN)			モーメント (kN・m)			応力 分類	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)
					F _x	F _y	F _z	M _x	M _y	M _z			
HPAC-001-053R	レストレイント	Uプレート	SS400	66	0	50	52	—	—	—	—	130	135
HPAC-001-091A	アンカ	ラグ	SGV410	302	11	9	18	9	10	3	組合せ	32	199

4.2.3 弁の動的機能維持評価結果

下表に示すとおり機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下又は計算応力が許容応力以下である。

弁番号	形式	要求機能	機能維持評価用加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		機能確認済加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		構造強度評価結果 (MPa)	
			水平	鉛直	水平	鉛直	計算応力	許容応力
—	—	—	—	—	—	—	—	—

4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度が最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果(重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管)

No.	配管モデル	許容応力状態 V_{AS}														
		一次応力						一次+二次応力						疲労評価		
		評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労 累積 係数	代表		
1	HPAC-001	75	94	363	3.86	○	71	149	364	2.44	—	—	—	—		
2	HPAC-002	21	38	363	9.55	—	17	89	418	4.69	—	—	—	—		
3	HPAC-003	50	64	363	5.67	—	1	171	360	2.10	○	—	—	—		

VI-2-5-5-4 低圧代替注水系の耐震性についての計算書

目 次

- VI-2-5-5-4-1 直流駆動低圧注水系ポンプの耐震性についての計算書
- VI-2-5-5-4-2 管の耐震性についての計算書（低圧代替注水系）

VI-2-5-5-4-2 管の耐震性についての計算書
(低圧代替注水系)

重大事故等対処設備

目次

1. 概要	1
2. 概略系統図及び鳥瞰図	2
2.1 概略系統図	2
2.2 鳥瞰図	7
3. 計算条件	12
3.1 計算方法	12
3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態	13
3.3 設計条件	14
3.4 材料及び許容応力	17
3.5 設計用地震力	18
4. 解析結果及び評価	19
4.1 固有周期及び設計震度	19
4.2 評価結果	25
4.2.1 管の応力評価結果	25
4.2.2 支持構造物評価結果	26
4.2.3 弁の動的機能維持評価結果	27
4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	28

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-13-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」（以下「基本方針」という。）に基づき、管、支持構造物及び弁が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

評価結果の記載方法は、以下に示すとおりである。

(1) 管

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全7モデルのうち、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を4.2.4に記載する。

(2) 支持構造物

工事計画記載範囲の支持点のうち、種類及び型式単位に反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。






(3) 弁

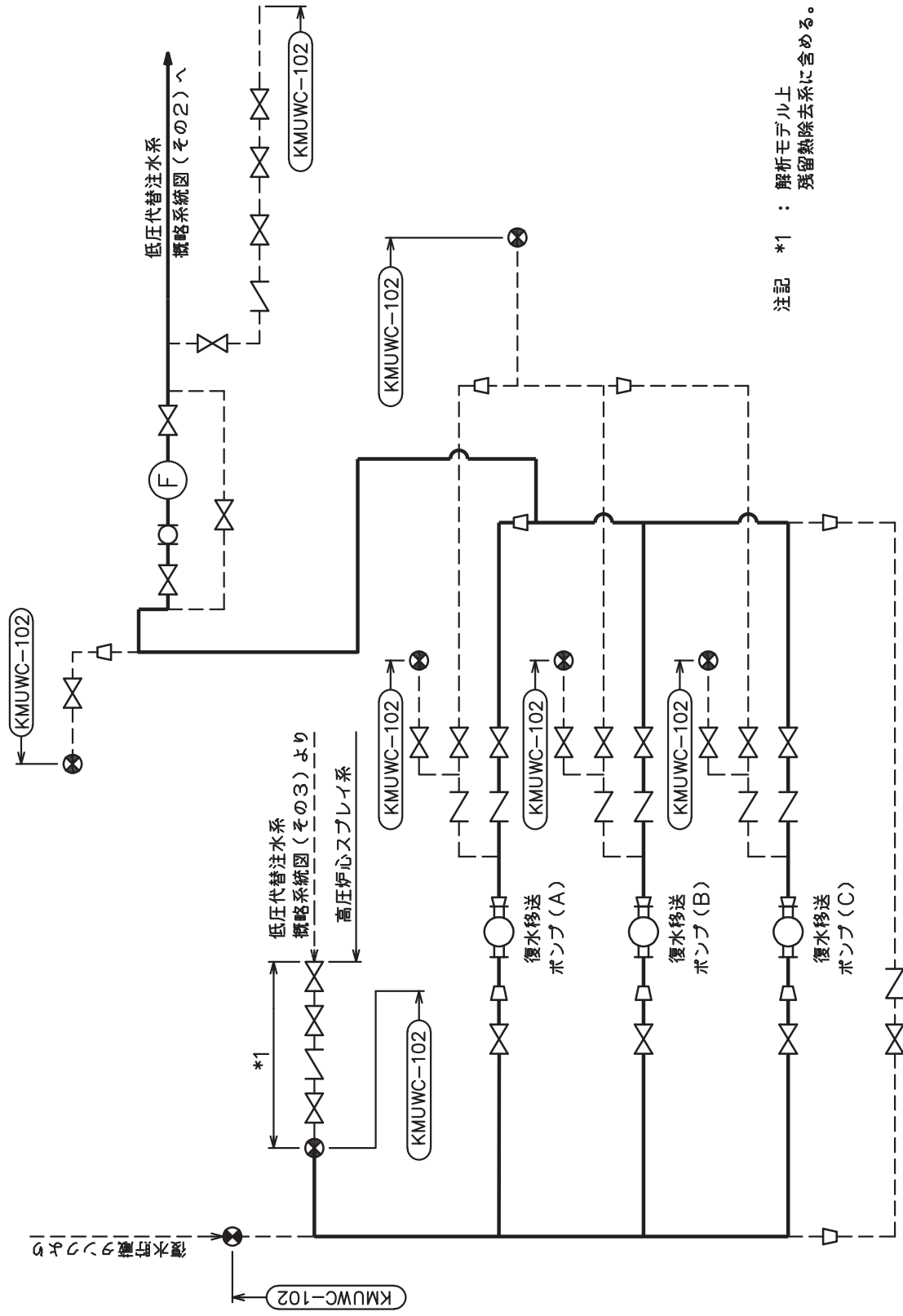
機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として、弁型式別に評価結果を記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1 概略系統図

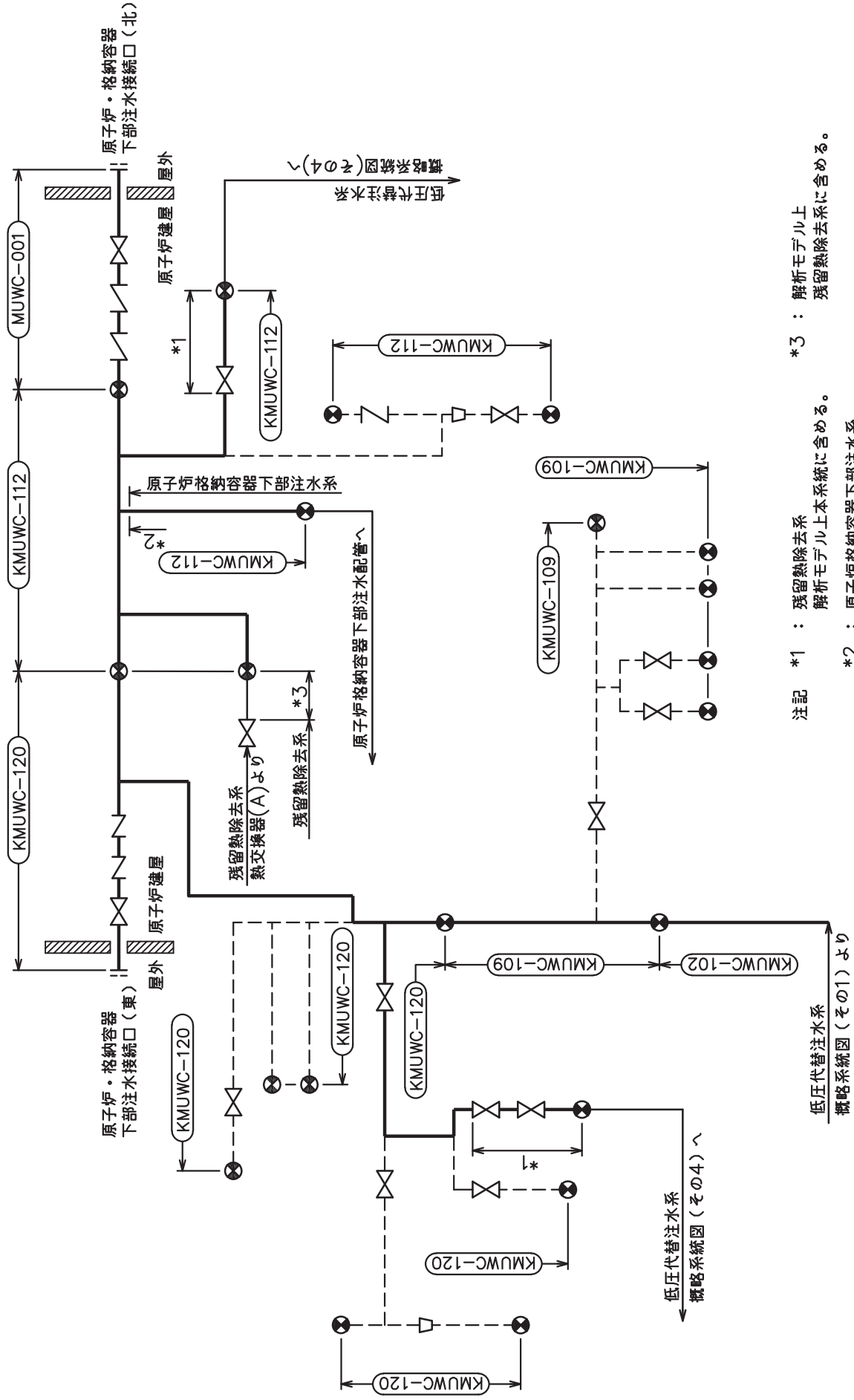
概略系統図記号凡例

記 号	内 容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管
	鳥瞰図番号
	アンカ



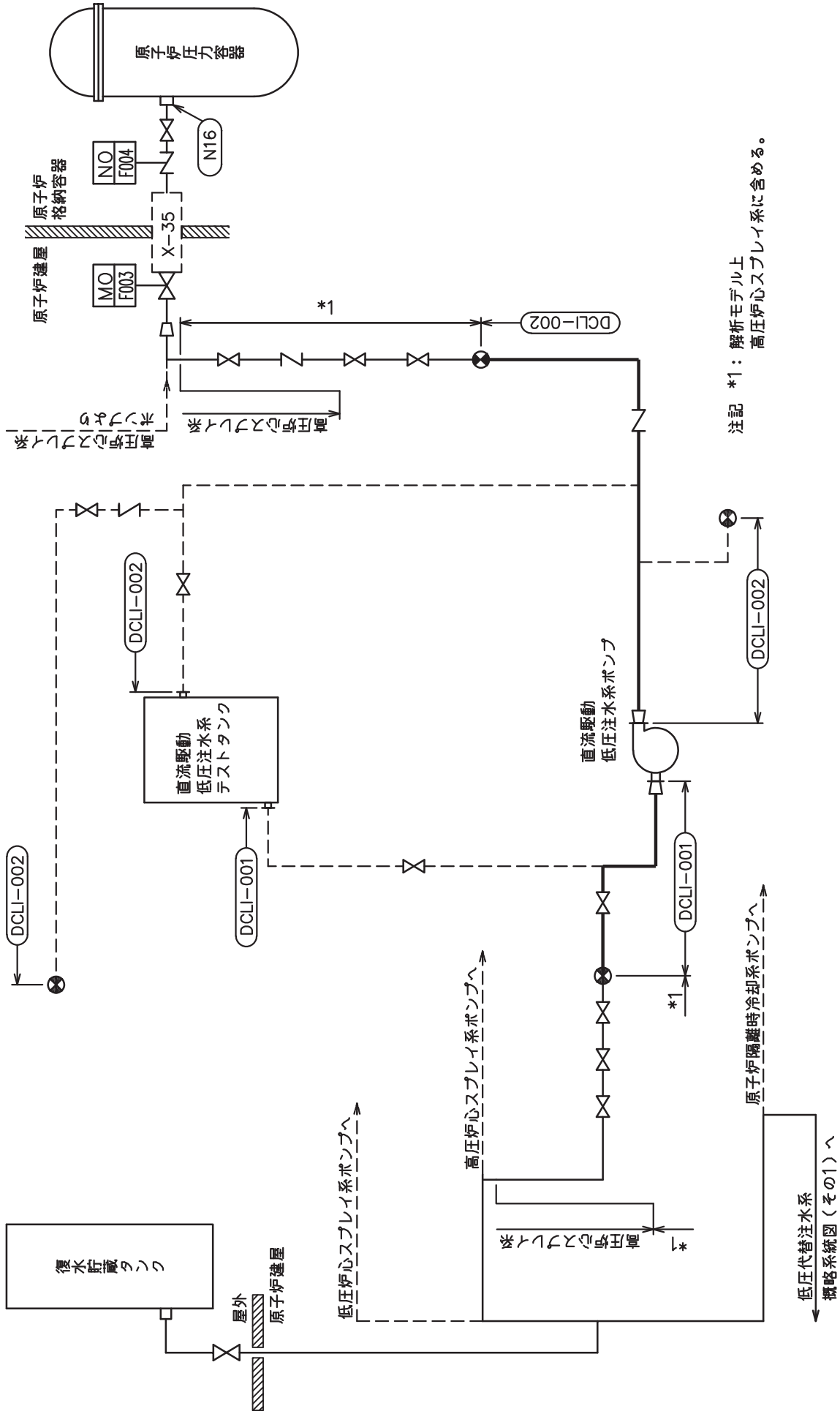
注記 *1 : 解析モデル上
残留熱除去系に含める。

低圧代替注水系概略系統図(その1)

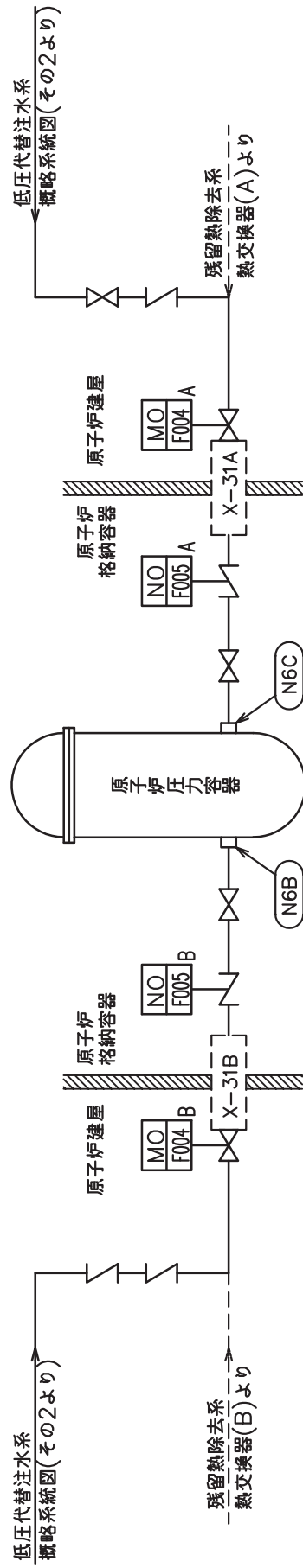


- 注記
- *1 : 残留熱除去系 解析モデル上 残留熱除去系に含める。
 - *2 : 原子炉格納容器下部注水系 解析モデル上本系統に含める。
 - *3 : 解析モデル上 残留熱除去系に含める。

低圧代替注水系概略系統図(その2)




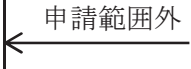



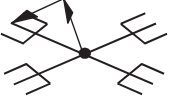
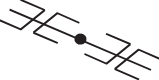

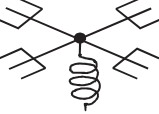
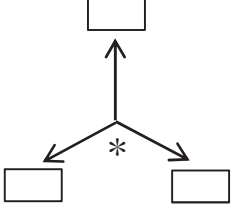
低圧代替注水系概略系統図 (その3)

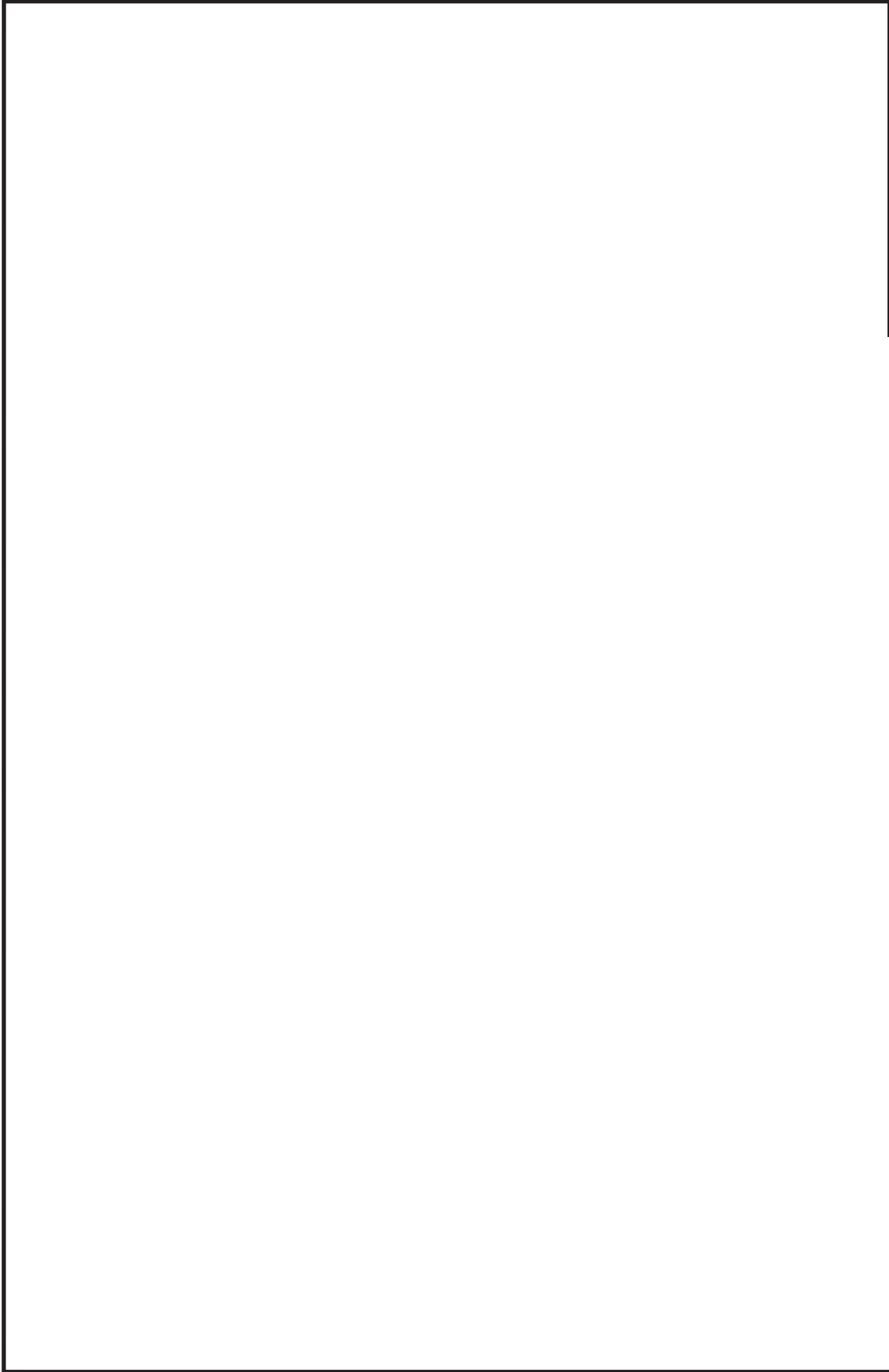


低圧代替注水系概略系統図(その4)

2.2 鳥瞰図

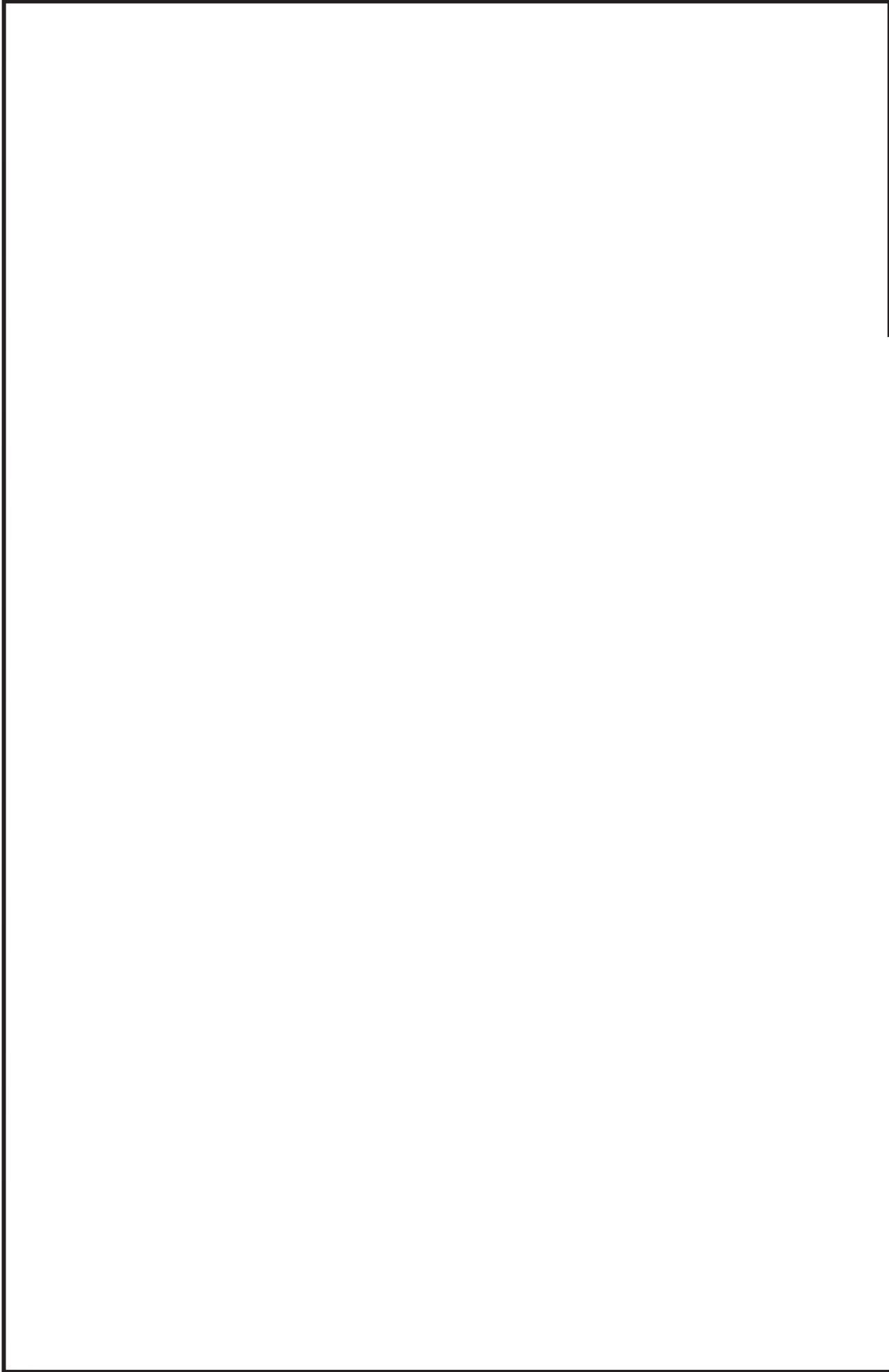
鳥瞰図記号凡例

記号	内容
	<p>工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管</p>
	<p>工事計画記載範囲外の管</p>
	<p>工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって解析モデルとして本系統に記載する管</p>
	<p>質点</p>
	<p>アンカ</p>
	<p>レストレイント (矢印は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。スナップについても同様とする。)</p>
	<p>スナップ</p>
	<p>ハンガ</p>
	<p>ガイド</p>
	<p>拘束点の地震による相対変位量(mm) (*は評価点番号, 矢印は拘束方向を示す。また, 内に変位量を記載する。)</p>



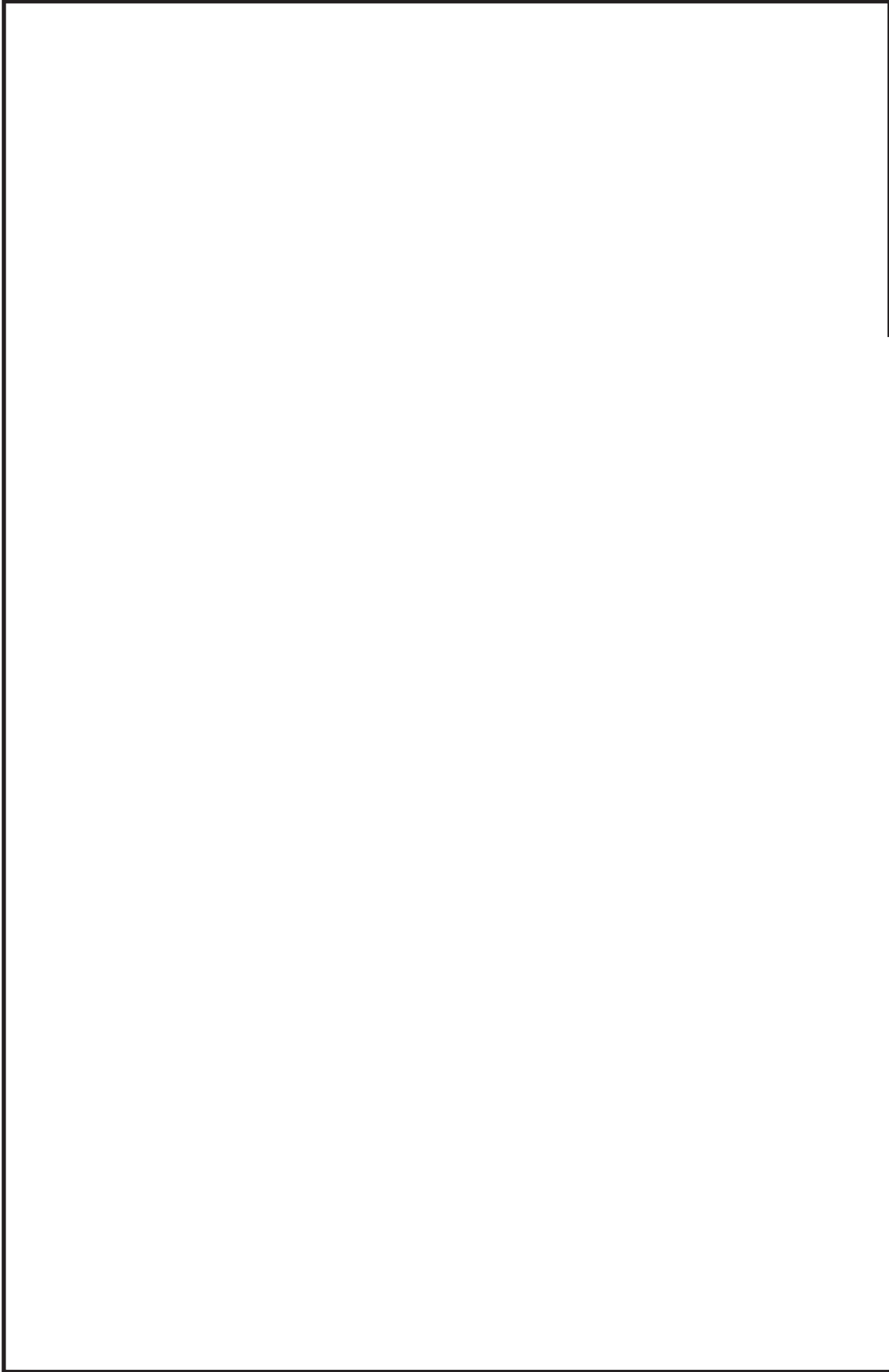
鳥瞰図 KMUWC-109-1/4

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



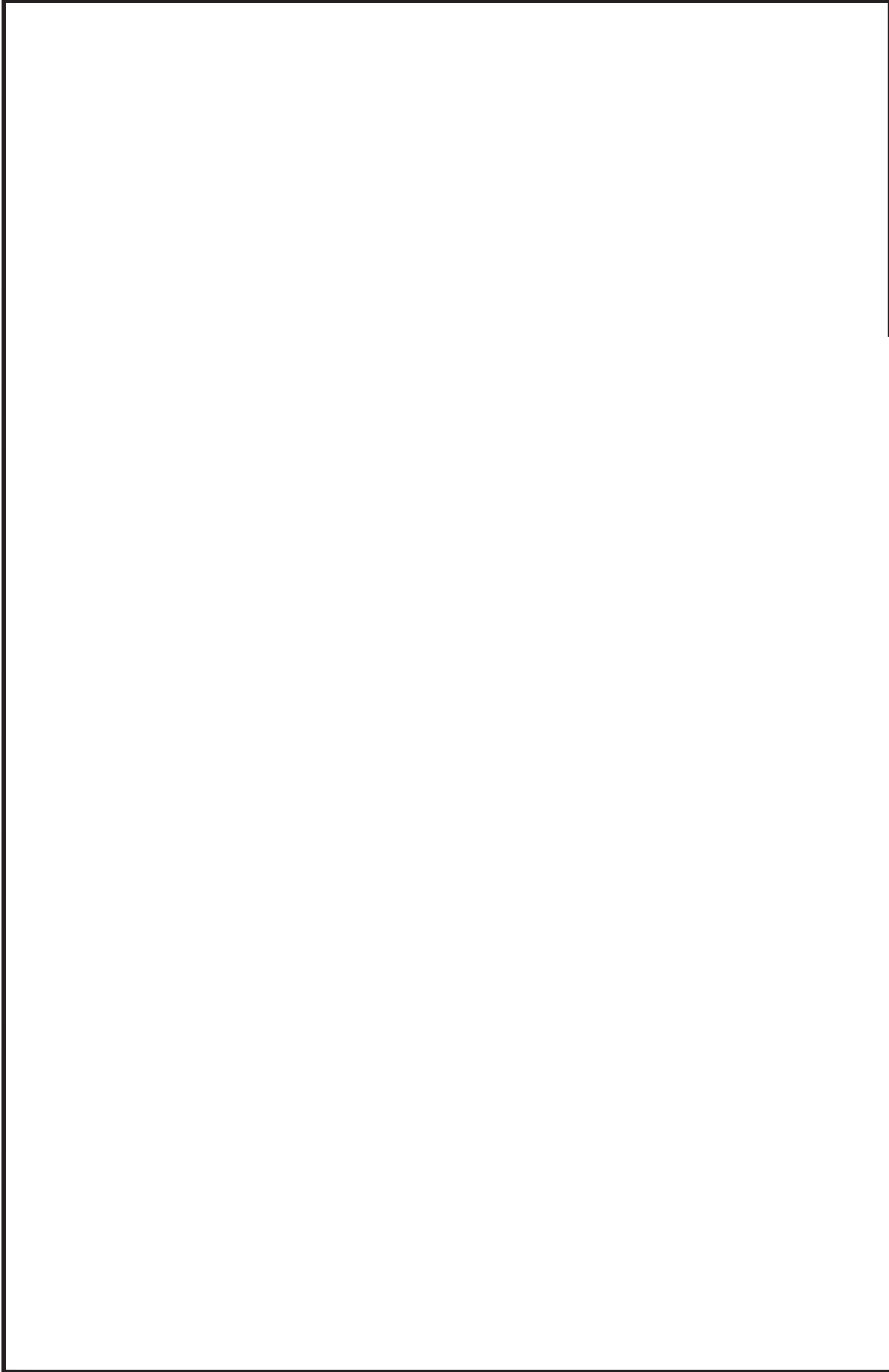
鳥瞰図 KMJWC-109-2/4

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 KMJWC-109-3/4

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 KMJWC-109-4/4

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3. 計算条件

3.1 計算方法

管の構造強度評価は、「基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。解析コードは、「I S A P」を使用し、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設分類*1	設備分類*2	機器等の区分	耐震重要度分類	荷重の組合せ*3, *4	許容応力状態*5
原子炉冷却系統施設	非常用炉心冷却設備 その他原子炉注水設備	低圧代替注水系	S A	常設耐震/防止 常設/緩和	重大事故等 クラス2管	—	V _L + S s	V _A S
原子炉格納施設	圧力低減設備 その他の安全設備	原子炉格納容器下部注水系	S A	常設/緩和	重大事故等 クラス2管	—	V _L + S s	V _A S
原子炉格納施設	圧力低減設備 その他の安全設備	原子炉格納容器代替スプレ イ冷却系	S A	常設耐震/防止 常設/緩和	重大事故等 クラス2管	—	V _L + S s	V _A S
原子炉格納施設	圧力低減設備 その他の安全設備	代替循環冷却系	S A	常設/緩和	重大事故等 クラス2管	—	V _L + S s	V _A S
原子炉格納施設	圧力低減設備 その他の安全設備	低圧代替注水系	S A	常設/緩和	重大事故等 クラス2管	—	V _L + S s	V _A S

注記*1：DBは設計基準対象施設，SAは重大事故等対処設備を示す。

*2：「常設耐震/防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設/緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*3：運転状態の添字Lは荷重を示す。

*4：許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

*5：許容応力状態V_ASは許容応力状態IV_ASの許容限界を使用し，許容応力状態IV_ASとして評価を実施する。

3.3 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管名称で区分し，管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 KMUWC-109

管名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	1.37	66	216.3	8.2	STPT370	—	200360

設計条件

管名称と対応する評価点
 評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図 KMUWC-109

管名称	対 応 す る 評 価 点														
1	1	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	15	18	19	20
	21	22	23	24	25	26	175	176	177	178	179	212	214	801	904
	908	916	920	921											

配管の質量（付加質量含む）

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
1		10		20		175		801	
4		11		21		176		904	
5		12		22		177		908	
6		14		23		178		916	
7		15		24		179		920	
8		18		25		212		921	
9		19		26		214			

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 KMUWC-109

支持点部のばね定数を下表に示す。

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1						
4						
11						
15						
18						
22						
26						
904						
908						
920						
921						

02 ③ VI-2-5-5-4-2(重) R0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3.4 材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

材料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)			
		S m	S y	S u	S h
STPT370	66	—	199	360	—

3.5 設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答曲線を下表に示す。

なお、設計用床応答曲線は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき策定したものをを用いる。また、減衰定数は、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

鳥 瞰 図	建物・構築物	標高(O.P. (m))	減衰定数(%)
KMUWC-109	原子炉建屋		

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥瞰図 KMUWC-109

モード	適用する地震動等		S d 及び静的震度				S s	
	固有周期 (s)	応答水 平震 度*1	応答鉛直震度*1		応答水 平震 度*1		応答鉛直震度*1	
			X 方 向	Z 方 向	X 方 向	Z 方 向	X 方 向	Y 方 向
1 次								
2 次								
3 次								
4 次								
5 次								
6 次								
7 次								
8 次								
29 次								
30 次*2								
動的震度*3								
静的震度*4								

注記*1：各モードの固有周期に対し、設計用床応答曲線より得られる震度を示す。
 *2：固有周期が0.050s以下であることを示す。
 *3：S d又はS s地震動に基づく設計用最大床応答加速度より定めた震度を示す。
 *4：3.6C₁及び1.2C_vより定めた震度を示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

各モードに対応する刺激係数

鳥瞰図 KMUWC-109

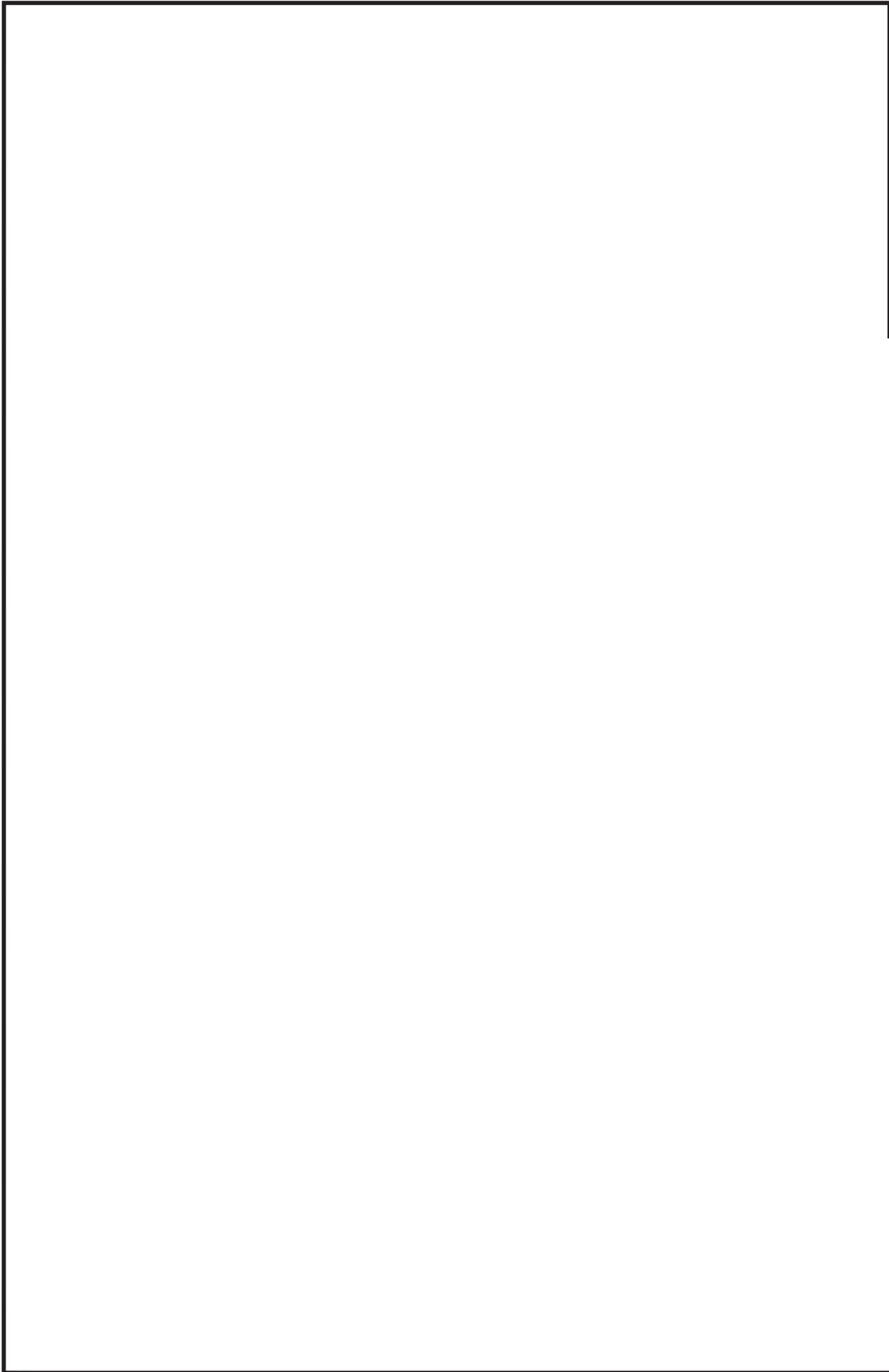
モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X 方向	Y 方向	Z 方向
1 次				
2 次				
3 次				
4 次				
5 次				
6 次				
7 次				
8 次				
29 次				

注記*：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

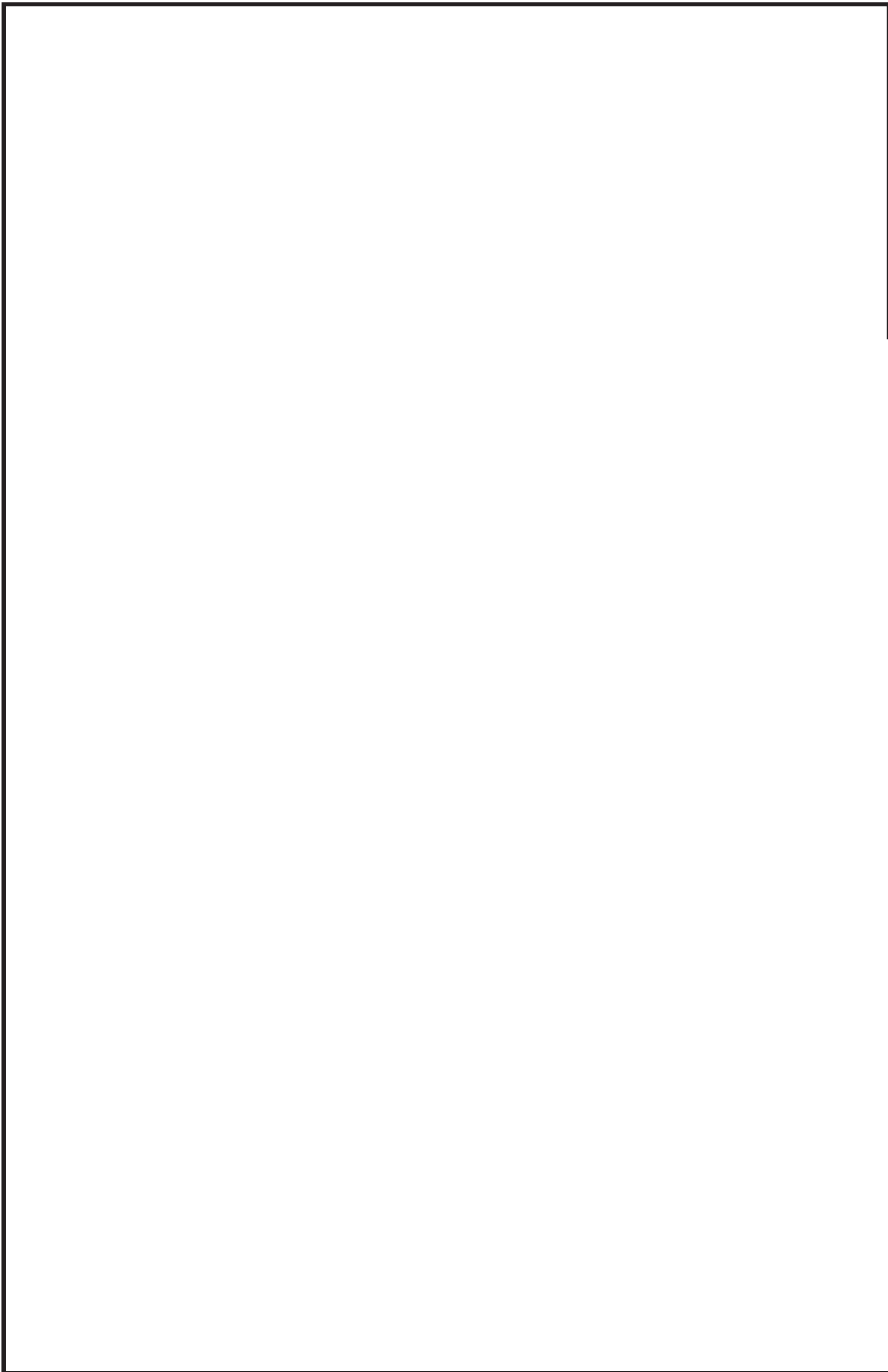
代表的振動モード図

振動モード図は、3次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し、次ページ以降に示す。



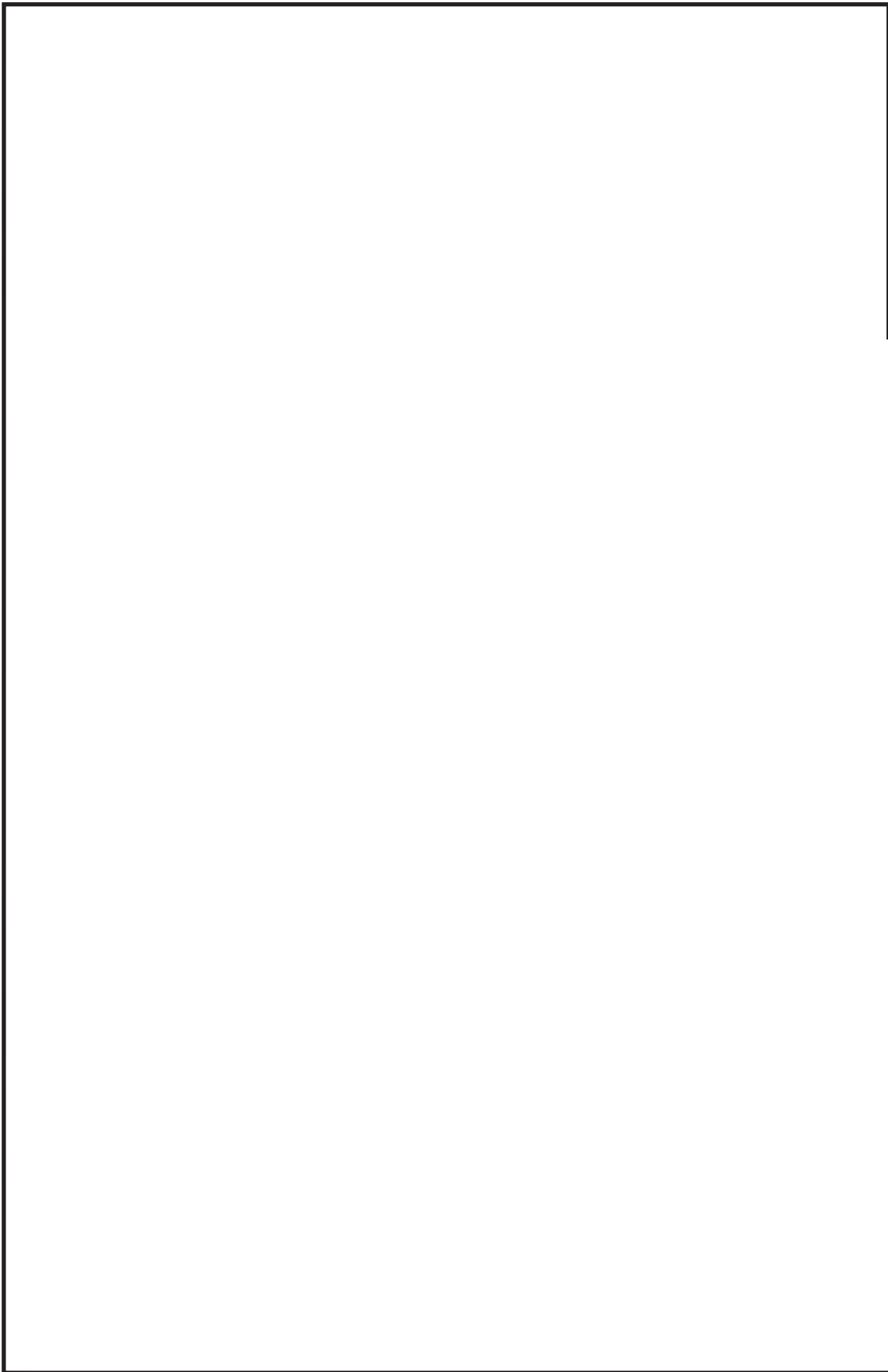
鳥瞰図 KMUWC-109

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 KMUWC-109

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 KMUWC-109

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4.2 評価結果

4.2.1 管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管

鳥瞰図	許容応力 状態	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)		一次+二次応力評価 (MPa)		疲労評価
				計算応力 Sprm(Ss)	許容応力 0.9・Su	計算応力 Sn(Ss)	許容応力 2・Sy	
KMUWC- 109	V _A S	26	Spr m(S s)	187	324	—	—	—
	V _A S	26	Sn(S s)	—	—	330	398	—

4.2.2 支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果（荷重評価）

支持構造物 番号	種類	型式	材質	温度 (°C)	評価結果	
					計算 荷重 (kN)	許容 荷重 (kN)
KMUWC-109-904B	ロッドレストレイント	RTS-3	添付書類「VI-2-1-12-1 配管及び支持構造物の耐 震計算について」参照		11	45

支持構造物評価結果（応力評価）

支持構造物 番号	種類	型式	材質	温度 (°C)	支持点荷重							評価結果	
					反力(kN)			モーメント (kN・m)				応力 分類	許容 応力 (MPa)
					F _x	F _y	F _z	M _x	M _y	M _z	計算 応力 (MPa)		
KMUWC-102-150R	レストレイント	Uプレート	SS400	40	0	34	55	-	-	-	-	121	141
KMUWC-109-001A	アンカ	ラグ	SGV410	66	24	100	21	30	7	33	せん断 曲げ	342	460

4.2.3 弁の動的機能維持評価結果

下表に示すとおり機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下又は計算応力が許容応力以下である。

弁番号	形式	要求機能	機能維持評価用加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		機能確認済加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		構造強度評価結果 (MPa)	
			水平	鉛直	水平	鉛直	計算応力	許容応力
—	—	—	—	—	—	—	—	—

4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度が最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果(重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管)

No.	配管モデル	許容応力状態 VAS														
		一次応力						一次+二次応力						疲労評価		
		評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労 累積 係数	代表		
1	MUWC-001	147	52	366	7.03	—	147	182	462	2.53	—	—	—	—		
2	KMUWC-102	149	119	324	2.72	—	501	262	462	1.76	—	—	—	—		
3	KMUWC-109	26	187	324	1.73	○	26	330	398	1.20	○	—	—	—		
4	KMUWC-112	321	37	366	9.89	—	301	265	462	1.74	—	—	—	—		
5	KMUWC-120	100	51	324	6.35	—	1	143	398	2.78	—	—	—	—		
6	DCLI-001	10	49	366	7.46	—	22	104	462	4.44	—	—	—	—		
7	DCLI-002	1	85	366	4.30	—	1	218	462	2.11	—	—	—	—		

VI-2-5-6 原子炉冷却材補給設備の耐震性についての計算書

目次

VI-2-5-6-1 原子炉隔離時冷却系の耐震性についての計算書

VI-2-5-6-2 補給水系の耐震性についての計算書

VI-2-5-6-1 原子炉隔離時冷却系の耐震性についての計算書

目 次

- VI-2-5-6-1-1 原子炉隔離時冷却系ポンプの耐震性についての計算書
- VI-2-5-6-1-2 原子炉隔離時冷却系ポンプ駆動用タービンの耐震性についての計算書

VI-2-5-6-1-2 原子炉隔離時冷却系ポンプ駆動用
タービンの耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 構造強度評価	3
3.1 構造強度評価方法	3
3.2 荷重の組合せ及び許容応力	3
3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	3
3.2.2 許容応力	3
3.2.3 使用材料の許容応力評価条件	3
3.3 計算条件	3
4. 機能維持評価	7
4.1 動的機能維持評価方法	7
5. 評価結果	8
5.1 設計基準対象施設としての評価結果	8
5.2 重大事故等対処設備としての評価結果	8

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、原子炉隔離時冷却系ポンプ駆動用タービン（以下「原子炉隔離時冷却系タービン」という。）が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

原子炉隔離時冷却系タービンは、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び動的機能維持評価を示す。

なお、原子炉隔離時冷却系タービンは、添付書類「VI-2-1-13-4 横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

原子炉隔離時冷却系タービンの構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
タービンはタービンベースに固定され、タービンベースは基礎ボルトで基礎に据え付ける。	背圧式蒸気タービン	<p>(単位：mm)</p>

3. 構造強度評価

3.1 構造強度評価方法

原子炉隔離時冷却系タービンの構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-4 横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

3.2 荷重の組合せ及び許容応力

3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉隔離時冷却系タービンの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 3-1 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-2 に示す。

3.2.2 許容応力

原子炉隔離時冷却系タービンの許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、表 3-3 のとおりとする。

3.2.3 使用材料の許容応力評価条件

原子炉隔離時冷却系タービンの使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 3-4 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-5 に示す。

3.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【原子炉隔離時冷却系ポンプ駆動用タービンの耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 3-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉冷却 系統施設	原子炉冷却材 補給設備	原子炉隔離時冷却系 ポンプ駆動用 タービン	S	— *	$D + P_D + M_D + S_d^*$	III _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	IV _A S

注記*：クラス 2 ポンプの荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。また、クラス 2 ポンプの支持構造物を含む。

表 3-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類* ¹	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉冷却 系統施設	非常用炉心 冷却設備その 他原子炉注水 設備	原子炉隔離時冷却系 ポンプ駆動用 タービン	常設／防止 (DB 拡張)	— * ²	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	IV _A S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _A S (V _A SとしてIV _A Sの許容限界を用いる。)

注記*1：「常設／防止 (DB 拡張)」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）を示す。

*2：重大事故等クラス 2 ポンプの荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。また、重大事故等クラス 2 ポンプの支持構造物を含む。

*3：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため、評価結果の記載を省略する。

表 3-3 許容応力 (クラス 2, 3 支持構造物及び重大事故等クラス 2 支持構造物)

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
III _A S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
IV _A S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
V _A S (V _A S としてIV _A S の許容限界を用いる。)		

注記*1: 応力の組合せが考えられる場合には, 組合せ応力に対しても評価を行う。

*2: 当該の応力が生じない場合, 規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 3-4 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
基礎ボルト		周囲環境温度	66			—
タービン取付 ボルト		最高使用温度	302			—

表 3-5 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
基礎ボルト		周囲環境温度	66			—
タービン取付 ボルト		最高使用温度	302			—

4. 機能維持評価

4.1 動的機能維持評価方法

原子炉隔離時冷却系タービンの地震後の動的機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-13-4 横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

原子炉隔離時冷却系タービンは地震時動的機能維持が確認された機種と類似の構造及び振動特性であるため、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に記載の機能確認済加速度を適用する。機能確認済加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	形式	方向	機能確認済加速度
タービン	原子炉隔離時冷却系 ポンプ駆動用タービン	水平	2.4
		鉛直	1.0

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

原子炉隔離時冷却系タービンの設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。なお，弾性設計用地震動 S_d 及び静的震度は基準地震動 S_s を下回っており，基準地震動 S_s による発生値が，弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度に対する評価における許容限界を満足するため，弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度による発生値の算出を省略した。

(2) 機能維持評価結果

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

原子炉隔離時冷却系タービンの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【原子炉隔離時冷却系ポンプ駆動用タービンの耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		タービン振動による震度	最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度			
原子炉隔離時冷却系 ポンプ駆動用タービン	S	原子炉建屋 O.P. -8.10 ^{*1} (O.P. -7.162)	—*2	—*2	—*3	—*3	C _H =1.04	C _V =0.72		302	66

注記 *1: 基準床レベルを示す。

*2: 固有周期は十分に小さく、計算は省略する。

*3: III₀S については、基準地震動 S_s で評価する。

1.2 機器要目

部 材	m _i (kg)	h _i (mm)	ℓ _{1i} ^{*1} (mm)	ℓ _{2i} ^{*1} (mm)	d _i (mm)	A _{b,i} (mm ²)	n _i	n _{f,i} ^{*1}
基礎ボルト (i=1)							6	3
タービン取付ボルト (i=2)								2
							8	2

部 材	S _{y,i} (MPa)	S _{u,i} (MPa)	F _i (MPa)	F _i [*] (MPa)	転倒方向		M _p (N・mm)
					弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	
基礎ボルト (i=1)					—	軸直角	7.639×10 ⁵
タービン取付ボルト (i=2)					—	軸直角	7.639×10 ⁵

予想最大両振幅 (μm)	回転速度 (rpm)

注記 *1: 各ボルトの機器要目における上段は軸直角方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は軸方向転倒に対する評価時の要目を示す。

*2: 周囲環境温度で算出

*3: 最高使用温度で算出

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F _{bi}		Q _{bi}	
	弾性設計用地震動S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	—		—	
タービン取付ボルト (i=2)	—		—	

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動S _d 又は静的震度		基準地震動S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)		引張り	$\sigma_{b1}=40$	$f_{ts1}=169^*$	$\sigma_{b1}=40$	$f_{ts1}=202^*$
		せん断	$\tau_{b1}=21$	$f_{sb1}=130$	$\tau_{b1}=21$	$f_{sb1}=155$
タービン取付ボルト (i=2)		引張り	$\sigma_{b2}=40$	$f_{ts2}=443^*$	$\sigma_{b2}=40$	$f_{ts2}=444^*$
		せん断	$\tau_{b2}=10$	$f_{sb2}=341$	$\tau_{b2}=10$	$f_{sb2}=342$

すべて許容応力以下である。

注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$ より算出

1.4.2 動的機能の評価結果

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
タービン	水平方向	0.86	2.4
	鉛直方向	0.59	1.0

注記*：基準地震動S_sにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度(1.0ZPA)は、すべて機能確認済加速度以下である。

【原子炉隔離時冷却系ポンプ駆動用タービンの耐震性についての計算結果】

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		タービン振動 による震度	最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度			
原子炉隔離時冷却系 ポンプ駆動用タービン	常設/防止 (DB 拡張)	原子炉建屋 0. P. -8. 10*1 (0. P. -7. 162)	—*2	—*2	—	—	C _H =1. 04	C _V =0. 72		302	66

注記 *1: 基準床レベルを示す。

*2: 固有周期は十分に小さく、計算は省略する。

2.2 機器要目

部 材	m _i (kg)	h _i (mm)	ℓ _{1i} *1 (mm)	ℓ _{2i} *1 (mm)	d _i (mm)	A _{b,i} (mm ²)	n _i	n _{f,i} *1
基礎ボルト (i=1)							6	3
								2
タービン取付ボルト (i=2)							8	2
								2

部 材	S _{y,i} (MPa)	S _{u,i} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向		M _p (N・mm)
					弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	
基礎ボルト (i=1)					—	軸直角	7. 639×10 ⁵
タービン取付ボルト (i=2)					—	軸直角	7. 639×10 ⁵

予想最大両振幅 (μm)	回転速度 (rpm)

注記 *1: 各ボルトの機器要目における上段は軸直角方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は軸方向転倒に対する評価時の要目を示す。
*2: 周囲環境温度で算出
*3: 最高使用温度で算出

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部 材	F _{bi}		Q _{bi}	
	弾性設計用地震動S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	—		—	
タービン取付ボルト (i=2)	—		—	

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動S _d 又は静的震度		基準地震動S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)		引張り	—	—	$\sigma_{b1}=40$	$f_{ts1}=202^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=21$	$f_{sb1}=155$
タービン取付ボルト (i=2)		引張り	—	—	$\sigma_{b2}=40$	$f_{ts2}=444^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=10$	$f_{sb2}=342$

すべて許容応力以下である。

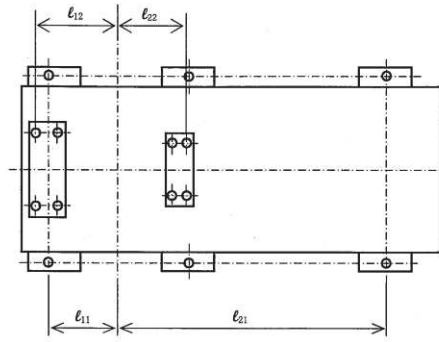
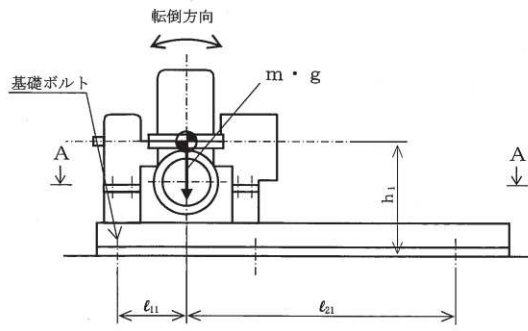
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$ より算出

2.4.2 動的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

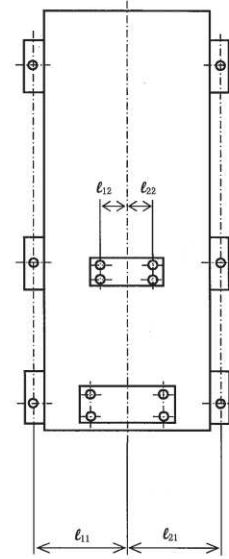
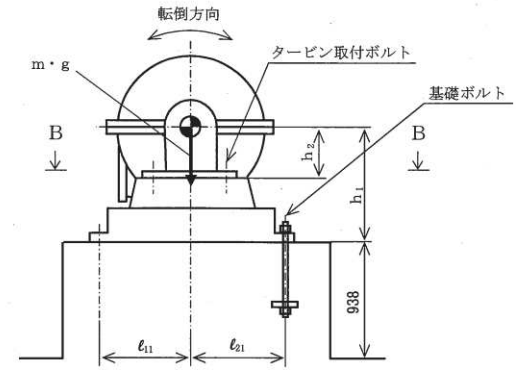
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
タービン	水平方向	0.86	2.4
	鉛直方向	0.59	1.0

注記*：基準地震動S_sにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度(1.0ZPA)は、すべて機能確認済加速度以下である。



A~A 矢视图



B~B 矢视图

VI-2-5-6-2 補給水系の耐震性についての計算書

目 次

VI-2-5-6-2-1 復水移送ポンプの耐震性についての計算書

VI-2-5-6-2-2 復水貯蔵タンクの耐震性についての計算書

VI-2-5-6-2-1 復水移送ポンプの耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 構造強度評価	3
3.1 構造強度評価方法	3
3.2 荷重の組合せ及び許容応力	3
3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	3
3.2.2 許容応力	3
3.2.3 使用材料の許容応力評価条件	3
3.3 計算条件	3
4. 機能維持評価	8
4.1 動的機能維持評価方法	8
5. 評価結果	9
5.1 重大事故等対処設備としての評価結果	9

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、復水移送ポンプが設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

復水移送ポンプは、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び動的機能維持評価を示す。

なお、復水移送ポンプは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の横軸ポンプであるため、添付書類「VI-2-1-13-4 横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

復水移送ポンプの構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>ポンプはポンプベースに固定され、ポンプベースは基礎ボルトで基礎に据え付ける。</p>	<p>うず巻形 (うず巻形横軸ポンプ)</p>	<p>(単位: mm)</p>

3. 構造強度評価

3.1 構造強度評価方法

復水移送ポンプの構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-4 横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

3.2 荷重の組合せ及び許容応力

3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

復水移送ポンプの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-1 に示す。

3.2.2 許容応力

復水移送ポンプの許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、表 3-2 のとおりとする。

3.2.3 使用材料の許容応力評価条件

復水移送ポンプの使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-3 に示す。

3.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【復水移送ポンプの耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 3-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類 ^{*1}	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉冷却 系統施設	非常用炉心 冷却設備 その他原子炉 注水設備	復水移送ポンプ	常設耐震／防止 常設／緩和	重大事故等 クラス 2 ポンプ ^{*2}	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	IVAS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS (VASとして IVASの許容限界 を用いる。)
原子炉格納 施設	圧力低減設備 その他の安全 設備の原子炉 格納容器安全 設備 原子炉 格納容器 下部注水系	復水移送ポンプ	常設／緩和	重大事故等 クラス 2 ポンプ ^{*2}	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	IVAS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS (VASとして IVASの許容限界 を用いる。)

ト

(続き)

原子炉格納 施設	圧力低減設備 その他の安全 設備の原子炉 格納容器安全 設備	復水移送ポンプ	常設耐震／防止 常設／緩和	重大事故等 クラス 2 ポンプ*2	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	IV _{AS}
	原子炉格納 容器代替スプ レイ冷却系				$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _{AS} (V _{AS} として IV _{AS} の許容限界 を用いる。)
	圧力低減設備 その他の安全 設備の原子炉 格納容器安全 設備	復水移送ポンプ	常設／緩和	重大事故等 クラス 2 ポンプ*2	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	IV _{AS}
	低圧代替 注水系				$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _{AS} (V _{AS} として IV _{AS} の許容限界 を用いる。)

注記*1:「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備, 「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*2: 重大事故等クラス 2 ポンプの支持構造物を含む。

*3: 「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため, 評価結果の記載を省略する。

表 3-2 許容応力（重大事故等クラス 2 支持構造物）

許容応力状態	許容限界 ^{*1, *2} (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
IVAS	1.5・f _t [*]	1.5・f _s [*]
VAS (VAS として IVAS の許容限界を用いる。)		

の 注記*1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

*2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 3-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
基礎ボルト	[Redacted]	周囲環境温度	66	[Redacted]	[Redacted]	—
ポンプ取付ボルト		最高使用温度	66			—
原動機取付ボルト		周囲環境温度	66			—

4. 機能維持評価

4.1 動的機能維持評価方法

復水移送ポンプの動的機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-13-4 横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

復水移送ポンプは地震時動的機能維持が確認された機種と類似の構造及び振動特性であるため、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に記載の機能維持加速度を適用する。機能維持加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	形式	方向	機能確認済加速度
ポンプ	横形単段遠心式 ポンプ	水平	3.2(軸直角方向) 1.4(軸方向)
		鉛直	1.0
原動機	横形ころがり 軸受電動機	水平	4.7
		鉛直	1.0

5. 評価結果

5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

復水移送ポンプの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【復水移送ポンプの耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備
1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		ポンプ振動による震度	最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度			
復水移送ポンプ	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋 O.P. -0.80*1	—*2	—*2	—	—	C _H =1.34	C _V =0.88		66	66

注記*1：基準床レベルを示す。
*2：固有周期は十分に小さく、計算は省略する。

1.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	ℓ _{1i} *1 (mm)	ℓ _{2i} *1 (mm)	d _i (mm)	A _{bi} (mm ²)	n _i	n _{fi} *1
基礎ボルト (i=1)							6	3
								2
ポンプ取付ボルト (i=2)							4	2
								2
原動機取付ボルト (i=3)							4	2
								2

部材	S _{yi} (MPa)	S _{ui} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向		M _p (N・mm)
					弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	
基礎ボルト (i=1)			—		—	軸直角	—
ポンプ取付ボルト (i=2)			—		—	軸	—
原動機取付ボルト (i=3)			—		—	軸	—

H _p (μm)	N (rpm)

注記*1：各ボルトの機器要目における上段は軸直角方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は軸方向転倒に対する評価時の要目を示す。

*2：周囲環境温度で算出
*3：最高使用温度で算出

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	—		—	
ポンプ取付ボルト (i=2)	—		—	
原動機取付ボルト (i=3)	—		—	

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)		引張り	—	—	$\sigma_{b1}=8$	$f_{ts1}=202^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=7$	$f_{sb1}=155$
ポンプ取付ボルト (i=2)		引張り	—	—	$\sigma_{b2}=14$	$f_{ts2}=202^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=7$	$f_{sb2}=155$
原動機取付ボルト (i=3)		引張り	—	—	$\sigma_{b3}=13$	$f_{ts3}=185^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b3}=8$	$f_{sb3}=142$

すべて許容応力以下である。

注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

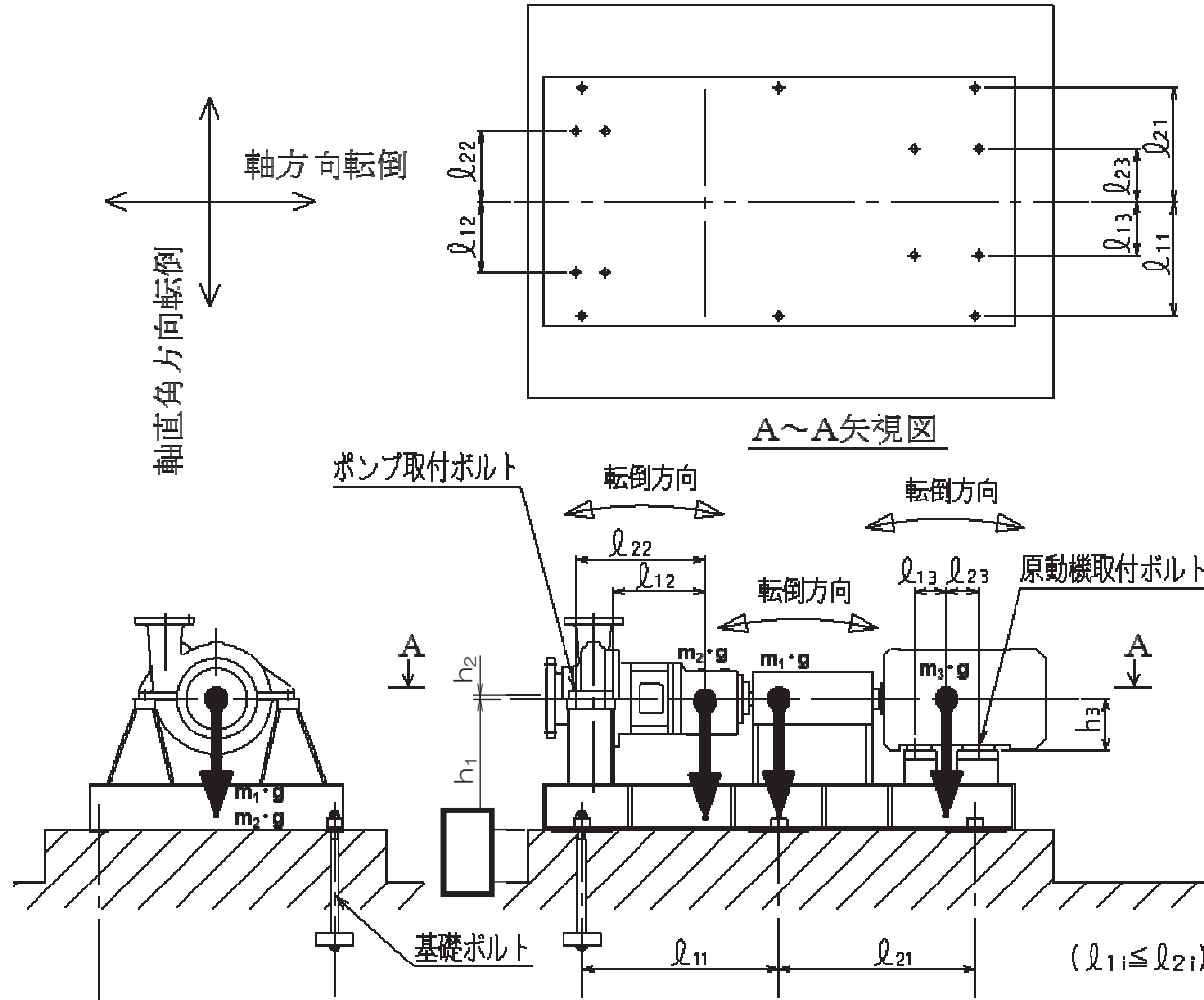
1.4.2 動的機能の評価結果

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
ポンプ	水平方向	1.11	3.2(軸直角方向) 1.4(軸方向)
	鉛直方向	0.73	1.0
原動機	水平方向	1.11	4.7
	鉛直方向	0.73	1.0

注記*：基準地震動 S_sにより定まる応答加速度とする。

評価用加速度 (1.0ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

VI-2-5-6-2-2 復水貯蔵タンクの耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格・基準等	4
2.4 記号の説明	5
2.5 計算精度と数値の丸め方	8
3. 評価部位	9
4. 固有周期	9
4.1 固有周期の計算方法	9
4.2 固有周期評価結果	9
5. 構造強度評価	10
5.1 構造強度評価方法	10
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	11
5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	11
5.2.2 許容応力	11
5.2.3 使用材料の許容応力評価条件	11
5.2.4 風荷重	11
5.2.5 積雪荷重	11
5.3 計算条件	11
5.4 設計用地震力	17
5.5 応力の計算方法	17
5.5.1 胴の計算方法	17
5.5.2 基礎ボルトの計算方法	18
5.5.3 液面振動の計算方法	19
5.6 応力の評価	20
5.6.1 胴の応力評価	20
5.6.2 基礎ボルトの応力評価	22
6. 評価結果	22
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	22

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき、復水貯蔵タンクが設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

復水貯蔵タンクは、設計基準対象施設においては、Bクラスの施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備、常設重大事故緩和設備及び常設重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。以下、重大事故対象設備としての構造強度評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

復水貯蔵タンクの構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>胴下端を基礎ボルトで基礎に据え付ける。</p>	<p>上面に屋根，下面に平板を有するたて置円筒形容器である。</p>	<p>(単位：mm)</p>

2.2 評価方針

復水貯蔵タンクの応力評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「3. 評価部位」にて設定する箇所において、添付書類「VI-2-2-5 復水貯蔵タンク基礎の地震応答計算書」で得られた応答加速度及び断面力による応力等が許容限界内に収まることを、「5. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「6. 評価結果」に示す。

復水貯蔵タンクの耐震評価フローを図 2-1 に示す。

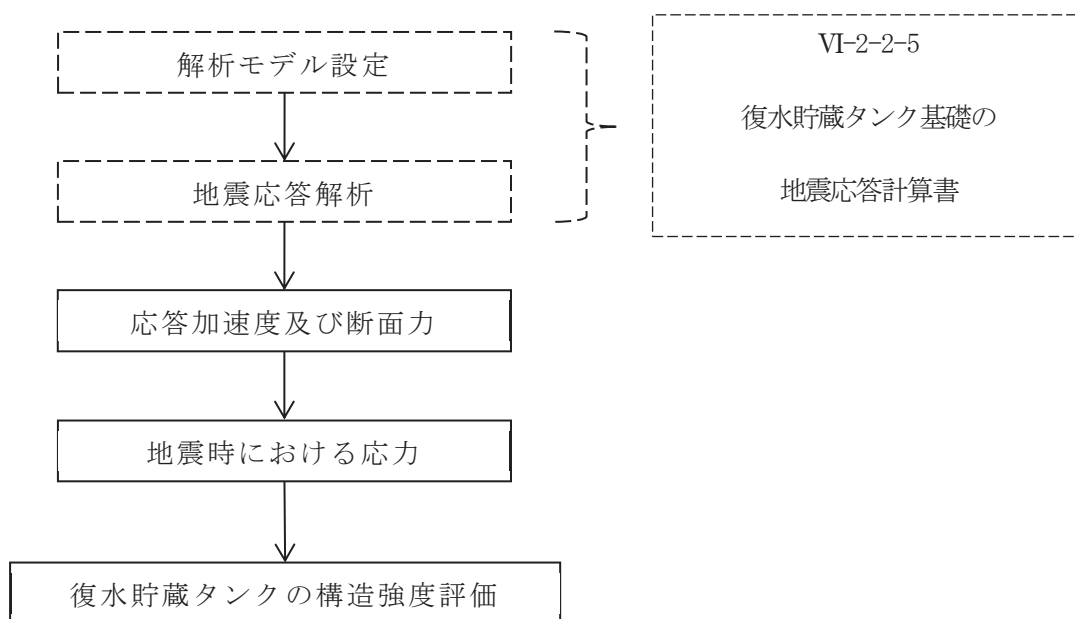


図 2-1 復水貯蔵タンクの耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987((社)日本電気協会)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補-1984 ((社) 日本電気協会)
- (3) 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版((社) 日本電気協会)
- (4) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 ((社) 日本機械学会, 2005/2007) (以下「設計・建設規格」という。)

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_1	液面の水平方向移動量	mm
A_b	基礎ボルトの軸断面積	mm ²
C_v	鉛直方向設計震度	—
D_{bi}	ベースプレートの内径	mm
D_{bo}	ベースプレートの外径	mm
D_c	基礎ボルトのピッチ円直径	mm
D_i	胴の内径	mm
d	ボルトの呼び径	mm
d_{max}	タンク壁面での液面上昇量	mm
E	胴の縦弾性係数	MPa
F	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値	MPa
F^*	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値	MPa
f_b	曲げモーメントに対する許容座屈応力	MPa
f_c	軸圧縮荷重に対する許容座屈応力	MPa
f_{sb}	せん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力	MPa
f_{to}	引張力のみを受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
f_{ts}	引張力とせん断力を同時に受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s ²
H	最高液位 (水頭)	mm
H_h	胴の高さ	mm
H_j	評価部位 j における水頭	mm
H_m	最大液面高さ	mm
l_g	基礎から容器重心までの距離	mm
M_j	評価部位 j に作用する曲げモーメント	N・mm
m_o	容器の運転時質量 (積雪含む)	kg
m_{ej}	評価部位 j に作用する容器の空質量 (積雪含む)	kg
n	基礎ボルトの本数	—
Q_j	評価部位 j に作用するせん断力	N
R	胴の内半径	mm
S	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 5 に定める値	MPa
S_A	加速度応答スペクトル値	m/s ²
S_a	胴の許容応力	MPa
S_u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 9 に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める値	MPa

記号	記号の説明	単位
$S_{y(RT)}$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料の 40℃における値	MPa
s	基礎ボルトと基礎の縦弾性係数比	—
T	液面の固有周期	s
T_H	水平方向固有周期	s
T_V	鉛直方向固有周期	s
t_j	評価部位 j の胴板厚さ	mm
η	座屈応力に対する安全率	—
θ_h	液面中心での水平面となす角度	rad
π	円周率	—
ρ'	液体の密度(=比重 $\times 10^{-6}$)	kg/mm ³
σ_0	胴の一次一般膜応力の最大値	MPa
σ_{0c}	胴の組合せ圧縮応力	MPa
σ_{0t}	胴の組合せ引張応力	MPa
σ_2	地震動のみによる胴の一次応力と二次応力の和の変動値の最大値	MPa
$\sigma_{2\phi}$	地震動のみによる胴の周方向一次応力と二次応力の和	MPa
σ_{2c}	地震動のみによる胴の一次応力と二次応力の和の変動値 (圧縮側)	MPa
σ_{2t}	地震動のみによる胴の一次応力と二次応力の和の変動値 (引張側)	MPa
σ_{2xc}	地震動のみによる胴の軸方向一次応力と二次応力の和 (圧縮側)	MPa
σ_{2xt}	地震動のみによる胴の軸方向一次応力と二次応力の和 (引張側)	MPa
σ_b	基礎ボルトに生じる引張応力	MPa
σ_{x1}	静水頭により胴に生じる軸方向及び周方向応力	MPa
$\sigma_{\phi 1}$		
σ_{x2}	胴の空質量による軸方向圧縮応力	MPa
σ_{x3}	胴の鉛直方向地震による軸方向応力	MPa
σ_{x4}	水平方向地震により胴に生じる曲げモーメントによる軸方向 応力	MPa
σ_{xc}	胴の軸方向応力の和(圧縮側)	MPa
σ_{xt}	胴の軸方向応力の和(引張側)	MPa
σ_{ϕ}	胴の周方向応力の和	MPa

記号	記号の説明	単位
$\sigma_{\phi 2}$	静水頭に鉛直方向地震が加わり胴に生じる周方向応力	MPa
τ	地震により胴に生じるせん断応力	MPa
τ_b	基礎ボルトに生じるせん断応力	MPa
ω	液面の固有振動数	Rad/s
$\phi_1(x)$	圧縮荷重に対する許容座屈応力の関数	MPa
$\phi_2(x)$	曲げモーメントに対する許容座屈応力の関数	MPa

注1： H_j ， M_j ， m_{ej} ， Q_j 及び t_j の添字 j は，評価部位毎の値を示す。

2.5 計算精度と数値の丸め方

計算精度は有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は、表 2-1 に示すとおりとする。

表 2-1 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第 4 位	四捨五入	小数点以下第 3 位
震度	—	小数点以下第 3 位	切上げ	小数点以下第 2 位
温度	℃	—	—	整数位
比重	—	小数点以下第 3 位	四捨五入	小数点以下第 2 位
質量	kg	—	—	整数位
長さ	下記以外の長さ	mm	—	整数位 ^{*1}
	胴板の厚さ	mm	—	小数点以下第 1 位
面積	mm ²	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*2}
モーメント	N・mm	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*2}
力	N	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*2}
算出応力	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
許容応力 ^{*3}	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位

注記 *1：設計上定める値が小数点以下の場合は、小数点以下表示とする。

*2：絶対値が1000以上のときは、べき数表示とする。

*3：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は、比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨て、整数位までの値とする。

3. 評価部位

復水貯蔵タンクの耐震評価は、「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる胴及び基礎ボルトについて評価を実施する。胴は上部になるに従い、段階的に板厚が減少するため、算出応力の許容応力に対する裕度が最小となる板厚を代表して評価する。

4. 固有周期

4.1 固有周期の計算方法

水平方向については、「2.2 評価方針」に基づき、添付書類「VI-2-2-5 復水貯蔵タンク基礎の地震応答計算書」の時刻歴応答解析によって得られた断面力を用いて応力評価を実施することから固有周期の算出は不要である。

鉛直方向については、添付書類「VI-2-1-13-3 平底たて置円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」の「4.1 固有周期の計算方法」に基づき評価する。

4.2 固有周期評価結果

固有周期計算の結果、鉛直方向の固有周期は 0.05 秒以下であり、剛構造であることを確認した。

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

復水貯蔵タンクの構造強度評価は以下の条件で計算する。概要図を図 5-1 に示す。

- (1) 地震力は容器に対して水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
- (2) 容器は胴下端のベースプレートを円周上等ピッチの多数の基礎ボルトで基礎に固定されており，固定端とする。
- (3) 胴をはりと考え，変形モードは曲げ及びせん断変形を考慮する。
- (4) 胴板は上部になるに従い，段階的に板厚が減少するため，板厚毎に設計する。
- (5) 耐震計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

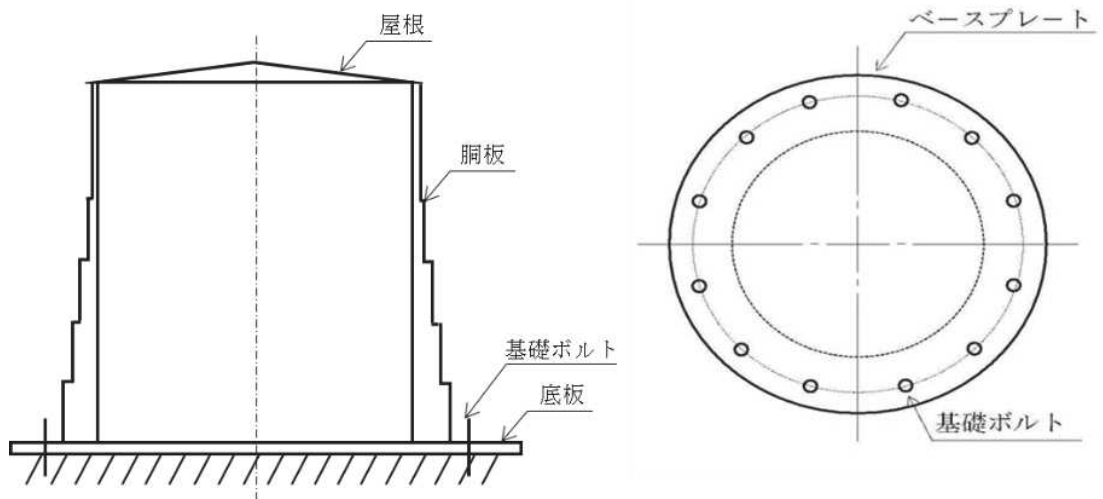


図 5-1 概要図

5.2 荷重の組合せ及び許容応力

5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

復水貯蔵タンクの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-1 に示す。復水貯蔵タンクの構造や形状から、風荷重及び積雪荷重の影響が無視できないことから、風荷重及び積雪荷重を組合せて評価を行う。

5.2.2 許容応力

復水貯蔵タンクの許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、表 5-2 及び表 5-3 のとおりとする。

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

復水貯蔵タンクの使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-4 に示す。

5.2.4 風荷重

風荷重は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、風速 30 m/s を考慮して評価する。

5.2.5 積雪荷重

積雪荷重は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、43cm に平均的な積雪荷重を与えるための係数 0.35 を考慮して評価する。

5.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【復水貯蔵タンクの耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 5-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類* ¹	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉冷却 系統施設	非常用炉心冷却 設備その他原子 炉注水設備 高压炉心スプレ イ系	復水貯蔵タンク	常設/防止 (DB 拡張)	重大事故等 クラス 2 容器* ²	$D + P_D + M_D + S_s$ * ³	IV_{AS}
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V_{AS} (V_{AS} として IV_{AS} の許容限界 を用いる。)
原子炉冷却 系統施設	非常用炉心冷却 設備その他原子 炉注水設備 高压代替注水系	復水貯蔵タンク	常設耐震/防止 常設/緩和	重大事故等 クラス 2 容器* ²	$D + P_D + M_D + S_s$ * ³	IV_{AS}
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V_{AS} (V_{AS} として IV_{AS} の許容限界 を用いる。)
原子炉冷却 系統施設	非常用炉心冷却 設備その他原子 炉注水設備 原子炉隔離時冷 却系	復水貯蔵タンク	常設/防止 (DB 拡張)	重大事故等 クラス 2 容器* ²	$D + P_D + M_D + S_s$ * ³	IV_{AS}
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V_{AS} (V_{AS} として IV_{AS} の許容限界 を用いる。)
原子炉冷却 系統施設	非常用炉心冷却 設備その他原子 炉注水設備 低压代替注水系	復水貯蔵タンク	常設耐震/防止 常設/緩和	重大事故等 クラス 2 容器* ²	$D + P_D + M_D + S_s$ * ³	IV_{AS}
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V_{AS} (V_{AS} として IV_{AS} の許容限界 を用いる。)

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉格納施設	圧力低減設備 その他の安全設備の原子炉格納容器安全設備 原子炉格納容器下部注水系	復水貯蔵タンク	常設/緩和	重大事故等 クラス2容器*2	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	IV_{AS}
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V_{AS} (V_{AS} として IV_{AS} の許容限界を用いる。)
原子炉格納施設	圧力低減設備 その他の安全設備の原子炉格納容器安全設備 原子炉格納容器代替スプレイ冷却系	復水貯蔵タンク	常設耐震/防止 常設/緩和	重大事故等 クラス2容器*2	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	IV_{AS}
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V_{AS} (V_{AS} として IV_{AS} の許容限界を用いる。)
原子炉格納施設	圧力低減設備 その他の安全設備の原子炉格納容器安全設備 高压代替注水系	復水貯蔵タンク	常設/緩和	重大事故等 クラス2容器*2	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	IV_{AS}
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V_{AS} (V_{AS} として IV_{AS} の許容限界を用いる。)
原子炉格納施設	圧力低減設備 その他の安全設備の原子炉格納容器安全設備 低压代替注水系	復水貯蔵タンク	常設/緩和	重大事故等 クラス2容器*2	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	IV_{AS}
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V_{AS} (V_{AS} として IV_{AS} の許容限界を用いる。)

注記*1:「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備,「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備及び「常設／防止 (DB 拡張)」は常設重大事故防止設備 (設計基準拡張) を示す。

*2: 重大事故等クラス 2 容器の支持構造物を含む。

*3: 「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_S$ 」の評価に包絡されるため, 評価結果の記載を省略する。

表 5-2 許容応力（重大事故等クラス 2 容器）

許容応力状態	許容限界 *1, *2			
	一次一般膜応力	一次膜応力 + 一次曲げ応力	一次 + 二次応力	一次 + 二次 + ピーク応力
IV _{AS}	0.6 · S _u	左欄の 1.5 倍の値	*3 S _s 地震動のみによる疲労解析を行い，疲労累積係数が 1.0 以下であること。ただし，地震動のみによる一次 + 二次応力の変動値が 2 · S _y 以下であれば，疲労解析は不要。	
V _{AS} (V _{AS} として IV _{AS} の 許容限界を用いる。)				

注記 *1：座屈による評価は，クラス MC 容器の座屈に対する評価式による。

*2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

*3：2 · S_y を超える場合は弾塑性解析を行う。この場合，設計・建設規格 PVB-3300（PVB-3313 を除く。S_m は 2/3 · S_y と読み替える。）の簡易弾塑性解析を用いる。

表 5-3 許容応力（重大事故等クラス 2 支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等以外)	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	一次応力	
	引張り	引張り	せん断
IV _{AS}	1.5・f _t * (V _{AS} としてIV _{AS} の許容限界を用いる。)	1.5・f _t * 	1.5・f _s *
V _{AS}			

注記*1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

*2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 5-4 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
		最高使用温度				
胴板	SUS304	最高使用温度	66	188	479	—
基礎ボルト	SNB7 (径 ≤ 63mm)	周囲環境温度	40	725	860	—

5.4 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 5-5 に示す。

「基準地震動 S_s」による地震力のうち水平方向は、添付書類「VI-2-2-5 復水貯蔵タンク基礎の地震応答計算書」の時刻歴応答解析にて得られた断面力（せん断力及び曲げモーメント）を用いて評価を行う。

鉛直方向は、「VI-2-2-5 復水貯蔵タンク基礎の地震応答計算書」で得られた応答加速度を用いて評価を行う。

表 5-5 設計用地震力（重大事故等対処設備）

評価部位	O.P. (mm)	基準地震動 S _s		
		水平方向		鉛直方向
		せん断力 (N)	曲げモーメント (N・mm)	設計震度 C _v
胴板	19362	2.705×10 ⁶	5.410×10 ⁹	0.91
	17402	3.506×10 ⁶	1.136×10 ¹⁰	
	15442	5.663×10 ⁶	2.089×10 ¹⁰	
	13482	2.373×10 ⁷	6.703×10 ¹⁰	
	11552	3.847×10 ⁷	1.426×10 ¹¹	
	9562	4.811×10 ⁷	2.383×10 ¹¹	
基礎ボルト				

5.5 応力の計算方法

応力計算における水平方向と鉛直方向の組合せについて、絶対値和を用いる。

5.5.1 胴の計算方法

(1) 静水頭及び鉛直方向地震による応力

$$\sigma_{\phi 1} = \frac{\rho' \cdot g \cdot H_j \cdot D_i}{2 \cdot t_j} \dots\dots\dots (5.5.1.1)$$

$$\sigma_{\phi 2} = \frac{\rho' \cdot g \cdot H_j \cdot D_i \cdot C_v}{2 \cdot t_j} \dots\dots\dots (5.5.1.2)$$

$$\sigma_{x 1} = 0 \dots\dots\dots (5.5.1.3)$$

(2) 運転時質量及び鉛直方向地震による応力

胴自身の質量による圧縮応力と鉛直方向地震による軸方向応力が生じる。

$$\sigma_{X2} = \frac{m_{ej} \cdot g}{\pi \cdot (D_i + t_j) \cdot t_j} \dots\dots\dots (5.5.1.4)$$

$$\sigma_{X3} = \frac{m_{ej} \cdot g \cdot C_v}{\pi \cdot (D_i + t_j) \cdot t_j} \dots\dots\dots (5.5.1.5)$$

(3) 水平方向地震による応力

水平方向の地震力により曲げモーメントによる軸方向応力と地震力によるせん断応力が生じる。

$$\sigma_{X4} = \frac{4 \cdot M_j}{\pi \cdot (D_i + t_j)^2 \cdot t_j} \dots\dots\dots (5.5.1.6)$$

$$\tau = \frac{2 \cdot Q_j}{\pi \cdot (D_i + t_j) \cdot t_j} \dots\dots\dots (5.5.1.7)$$

(4) 組合せ応力

(1) ~ (3) によって求めた胴の応力は添付書類「VI-2-1-13-3 平底たて置円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」の「5.3.1.1 胴の計算方法」に基づき評価する。

5.5.2 基礎ボルトの計算方法

添付書類「VI-2-1-13-3 平底たて置円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」の「5.3.1.2 基礎ボルトの計算方法」に基づき評価する。

5.5.3 液面振動の計算方法

仮定：液面の振動は一次自由振動のみとする。

ここで計算手法は，U.S.Atomic Energy Commission TID-7024 “Nuclear Reactors and Earthquakes” による。

$$\text{胴の内半径： } R = \frac{D_i}{2}$$

液面の固有振動数 ω は，

$$\omega^2 = \frac{1.84 \cdot g \cdot 10^3}{R} \cdot \tanh\left(1.84 \cdot \frac{H}{R}\right)$$

固有周期 T は，

$$T = \frac{2 \cdot \pi}{\omega}$$

また，水の減衰定数は 0.5% とする。

固有周期 T に対する加速度応答スペクトル値 S_A から液面の水平方向の移動量 A_1 は以下となる。

$$A_1 = \frac{S_A \cdot 10^3}{\omega^2}$$

この時，液面中心での水平面となす角度 θ_h は以下となり，

$$\theta_h = 1.534 \cdot \frac{A_1}{R} \cdot \tanh\left(1.84 \cdot \frac{H}{R}\right)$$

タンク壁面での液面上昇量 d_{max} は，以下にて計算される。

$$d_{max} = \frac{0.408 \cdot R \cdot \coth\left(1.84 \cdot \frac{H}{R}\right)}{\frac{g \cdot 10^3}{\omega^2 \cdot \theta_h \cdot R} - 1}$$

最大液面高さ H_m は，

$$H_m = H + d_{max}$$

5.6 応力の評価

5.6.1 胴の応力評価

- (1) 5.5.1 項で求めた組合せ応力が胴の最高使用温度における許容応力 S_a 以下であること。ただし、 S_a は下表による。

応力の種類	許容応力 S_a
	基準地震動 S_s による荷重との組合せ
一次一般膜応力	設計引張強さ S_u の 0.6 倍
一次応力と二次応力の和	地震動のみによる一次応力と二次応力の和の変動値が設計降伏点 S_y の 2 倍以下であれば、疲労解析は不要とする。

一次応力の評価は算出応力が一次一般膜応力と同じ値であるので省略する。

- (2) 圧縮膜応力（圧縮応力と曲げによる圧縮側応力の組合せ）は次式を満足すること。

（座屈の評価）

$$\frac{\eta \cdot (\sigma_{X2} + \sigma_{X3})}{f_c} + \frac{\eta \cdot \sigma_{X4}}{f_b} \leq 1 \quad \dots\dots\dots (5.6.1.1)$$

ここで、 f_c は次による。

$$\frac{D_i + 2 \cdot t_j}{2 \cdot t_j} \leq \frac{1200 \cdot g}{F} \text{ のとき}$$

$$f_c = F \quad \dots\dots\dots (5.6.1.2)$$

$$\frac{1200 \cdot g}{F} < \frac{D_i + 2 \cdot t_j}{2 \cdot t_j} < \frac{8000 \cdot g}{F} \text{ のとき}$$

$$f_c = F \cdot \left[1 - \frac{1}{6800 \cdot g} \cdot \left\{ F - \phi_1 \left(\frac{8000 \cdot g}{F} \right) \right\} \cdot \left(\frac{D_i + 2 \cdot t_j}{2 \cdot t_j} - \frac{1200 \cdot g}{F} \right) \right] \quad \dots\dots\dots (5.6.1.3)$$

$$\frac{8000 \cdot g}{F} \leq \frac{D_i + 2 \cdot t_j}{2 \cdot t_j} \leq 800 \text{ のとき}$$

$$f_c = \phi_1 \left(\frac{D_i + 2 \cdot t_j}{2 \cdot t_j} \right) \dots\dots\dots (5.6.1.4)$$

ただし、 $\phi_1(x)$ は次の関数とする。

$$\phi_1(x) = 0.6 \cdot \frac{E}{x} \cdot \left[1 - 0.901 \cdot \left\{ 1 - \exp\left(-\frac{1}{16} \cdot \sqrt{x}\right) \right\} \right] \dots\dots\dots (5.6.1.5)$$

また、 f_b は次による。

$$\frac{D_i + 2 \cdot t_j}{2 \cdot t_j} \leq \frac{1200 \cdot g}{F} \quad \text{のとき}$$

$$f_b = F \quad \dots\dots\dots (5.6.1.6)$$

$$\frac{1200 \cdot g}{F} < \frac{D_i + 2 \cdot t_j}{2 \cdot t_j} < \frac{9600 \cdot g}{F} \quad \text{のとき}$$

$$f_b = F \cdot \left[1 - \frac{1}{8400 \cdot g} \cdot \left\{ F - \phi_2 \left(\frac{9600 \cdot g}{F} \right) \right\} \cdot \left(\frac{D_i + 2 \cdot t_j}{2 \cdot t_j} - \frac{1200 \cdot g}{F} \right) \right] \dots\dots\dots (5.6.1.7)$$

$$\frac{9600 \cdot g}{F} \leq \frac{D_i + 2 \cdot t_j}{2 \cdot t_j} \leq 800 \quad \text{のとき}$$

$$f_b = \phi_2 \left(\frac{D_i + 2 \cdot t_j}{2 \cdot t_j} \right) \dots\dots\dots (5.6.1.8)$$

ただし、 $\phi_2(x)$ は次の関数とする。

$$\phi_2(x) = 0.6 \cdot \frac{E}{x} \cdot \left[1 - 0.731 \cdot \left\{ 1 - \exp\left(-\frac{1}{16} \cdot \sqrt{x}\right) \right\} \right] \dots\dots\dots (5.6.1.9)$$

η は安全率で次による。

$$\frac{D_i + 2 \cdot t_j}{2 \cdot t_j} \leq \frac{1200 \cdot g}{F} \quad \text{のとき}$$

$$\eta = 1 \quad \dots\dots\dots (5.6.1.10)$$

$$\frac{1200 \cdot g}{F} < \frac{D_i + 2 \cdot t_j}{2 \cdot t_j} < \frac{8000 \cdot g}{F} \quad \text{のとき}$$

$$\eta = 1 + \frac{0.5 \cdot F}{6800 \cdot g} \cdot \left(\frac{D_i + 2 \cdot t_j}{2 \cdot t_j} - \frac{1200 \cdot g}{F} \right) \quad \dots\dots\dots (5.6.1.11)$$

$$\frac{8000 \cdot g}{F} \leq \frac{D_i + 2 \cdot t_j}{2 \cdot t_j} \quad \text{のとき}$$

$$\eta = 1.5 \quad \dots\dots\dots (5.6.1.12)$$

5.6.2 基礎ボルトの応力評価

添付書類「VI-2-1-13-3 平底たて置円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」の「5.4.2 基礎ボルトの応力評価」に基づき評価する。

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

復水貯蔵タンクの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

【復水貯蔵タンクの耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対策設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		基準地震動 S s		最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)	比 重
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度				
復水貯蔵タンク	常設/防止 (DB 拡張) 常設耐震/防止 常設/緩和	屋外 O.P. 9.50*1	—*2	0.018	—*2	C _V =0.91	静水頭	66	40	1.00

注記*1: 基準床レベルを示す。

*2: 時刻歴応答解析による断面力を用いて評価する。

各評価部位の断面力 (水平方向)	j = 1	j = 2	j = 3	j = 4	j = 5	j = 6
Q _j (N)	2.705×10 ⁶	3.506×10 ⁶	5.663×10 ⁶	2.373×10 ⁷	3.847×10 ⁷	4.811×10 ⁷
M _j (N・mm)	5.410×10 ⁹	1.136×10 ¹⁰	2.089×10 ¹⁰	6.703×10 ¹⁰	1.426×10 ¹¹	2.383×10 ¹¹

1.2 機器要目

m ₀ (kg)	D _i (mm)	E (MPa)	ℓ _g (mm)	s	n	D _c (mm)	D _{b0} (mm)	D _{b1} (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	H (mm)
3426800	20000	192000*1	6234.5	15	90	20320	20640	20000	60 (M60)	2827	10100

	j = 1	j = 2	j = 3	j = 4	j = 5	j = 6
m _{e j} (kg)	71700	81600	94700	110900	130000	152200
t _j (mm)	10.0	10.0	13.0	16.0	19.0	22.0
H _j (mm)	300	2260	4220	6180	8140	10100

S _y (胴板) (MPa)	S _u (胴板) (MPa)	S (胴板) (MPa)	S _y (基礎ボルト) (MPa)	S _u (基礎ボルト) (MPa)	F (基礎ボルト) (MPa)	F* (基礎ボルト) (MPa)
188*1	479*1	—	725*2	860*2	—	602

注記*1: 最高使用温度で算出

*2: 周囲環境温度で算出

2.3 計算数値

2.3.1 胴に生じる応力

(1) 一次一般膜応力

(単位:MPa)

		基準地震動 S s		
		t ₆ = 22.0 mm , j = 6		
		周方向応力	軸方向応力	せん断応力
静水頭による応力		σ _{φ1} = 45	—	—
鉛直方向地震による引張応力		σ _{φ2} = 41	—	—
空質量による圧縮応力		—	σ _{x2} = 1	—
鉛直方向地震による軸方向応力		—	σ _{x3} = 1	—
水平方向地震による圧縮応力		—	σ _{x4} = 34	τ = 70
応力の和	引張側	σ _φ = 86	σ _{xt} = 34	—
	圧縮側	σ _φ = -86	σ _{xc} = 37	—
組合せ応力	引張り	σ _{ot} = 135		
	圧縮	σ _{oc} = 68		

(3) 圧縮と曲げの組合せ (座屈の評価)

	t ₆ = 22.0 mm , j = 6
$\frac{\eta \cdot (\sigma_{x2} + \sigma_{x3})}{f_c} + \frac{\eta \cdot \sigma_{x4}}{f_b}$	0.50

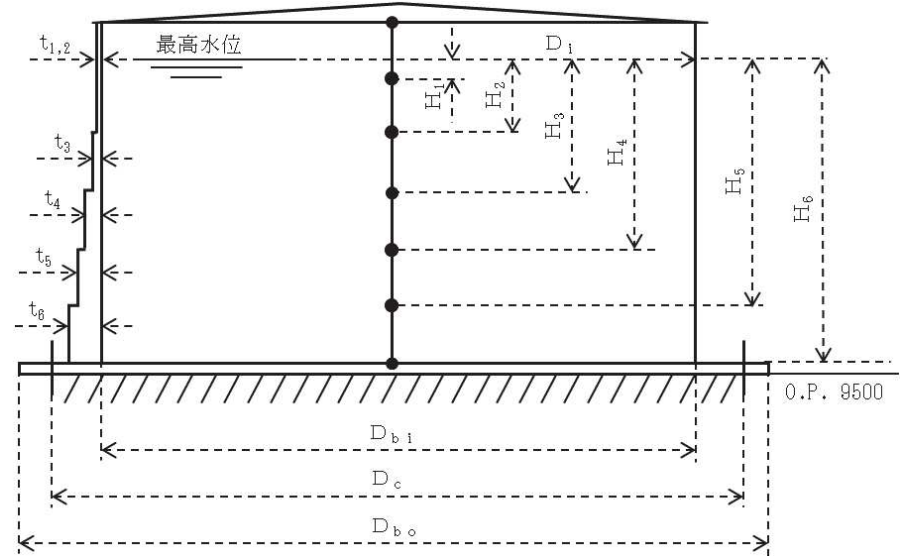
2.3.2 基礎ボルトに生じる応力 (単位:MPa)

	基準地震動 S s
引張応力	σ _b = 131
せん断応力	τ _b = 190

(2) 地震動のみによって生じる一次応力と二次応力の和の変動値

(単位:MPa)

		基準地震動 S s		
		t ₆ = 22.0 mm , j = 6		
		周方向応力	軸方向応力	せん断応力
鉛直方向地震による応力		σ _{φ2} = 41	σ _{x3} = 1	—
水平方向地震による圧縮応力		—	σ _{x4} = 34	τ = 70
応力の和	引張側	σ _{2φ} = 41	σ _{2xt} = 35	—
	圧縮側	σ _{2φ} = -41	σ _{2xc} = 35	—
組合せ応力 (変動値)	引張り	σ _{2t} = 216		
	圧縮	σ _{2c} = 153		



2.3.3 液面振動の検討

液面の固有振動数	ω (rad/s)	1.311
液面の固有周期	T (s)	4.793
スロッシング質量の最大加速度	S_A (m/s ²)	1.838
液体の水平方向移動量	A_1 (mm)	1069
液面中心での水平面となす角	θ_h (rad)	0.156
タンク壁面での液面上昇量	d_{max} (mm)	1615
最大液面高さ	H_m (mm)	11715
胴の高さ	H_h (mm)	11800

最大液面高さ H_m が、タンク胴高さ H_h 以下である。
したがって、液面が振動しても屋根には影響を及ぼさない。

2.4 結論

2.4.1 固有周期 (単位: s)

方 向	固有周期
水平方向	$T_H = -*$
鉛直方向	$T_V = 0.018$

注記*: 時刻歴応答解析による断面力を用いて評価する。

2.4.2 応力

(単位: MPa)

部 材	材 料	応 力	基準地震動 S_s	
			算出応力	許容応力
胴 板	SUS304	一次一般膜	$\sigma_0 = 135$	$S_a = 287$
		一次十二次	$\sigma_2 = 216$	$S_a = 377$
		圧縮と曲げの組合せ (座屈の評価)	$\frac{\eta \cdot (\sigma_{x2} + \sigma_{x3})}{f_c} + \frac{\eta \cdot \sigma_{x4}}{f_b} \leq 1$	
			0.50 (無次元)	
基礎ボルト	SNB7	引張り	$\sigma_b = 131$	$f_{ts} = 327*$
		せん断	$\tau_b = 190$	$f_{sb} = 347$

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

すべて許容応力以下である。

VI-2-5-7 原子炉補機冷却設備の耐震性についての計算書

目 次

- VI-2-5-7-1 原子炉補機冷却水系及び原子炉補機冷却海水系の耐震性についての計算書
- VI-2-5-7-2 高圧炉心スプレイ補機冷却水系及び高圧炉心スプレイ補機冷却海水系の耐震性
についての計算書
- VI-2-5-7-3 原子炉補機代替冷却水系の耐震性についての計算書

VI-2-5-7-1 原子炉補機冷却水系及び原子炉補機冷却海水系の耐震性
についての計算書

目 次

- VI-2-5-7-1-1 原子炉補機冷却水系熱交換器の耐震性についての計算書
- VI-2-5-7-1-2 原子炉補機冷却水ポンプの耐震性についての計算書
- VI-2-5-7-1-4 原子炉補機冷却水サージタンクの耐震性についての計算書
- VI-2-5-7-1-5 原子炉補機冷却海水系ストレーナの耐震性についての計算書

VI-2-5-7-1-5 原子炉補機冷却海水系ストレーナの耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
3.1 固有周期の算出	3
4. 構造強度評価	4
4.1 構造強度評価方法	4
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	4
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	4
4.2.2 許容応力	4
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	4
4.3 計算条件	4
5. 評価結果	9
5.1 設計基準対象施設としての評価結果	9
5.2 重大事故等対処設備としての評価結果	9

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき、原子炉補機冷却海水系ストレーナが設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

原子炉補機冷却海水系ストレーナは、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備（設計基準拡張）及び常設重大事故緩和設備（設計基準拡張）に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

なお、原子炉補機冷却海水系ストレーナは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の横置一胴円筒形容器であるため、添付書類「VI-2-1-13-2 横置一胴円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

原子炉補機冷却海水系ストレーナの構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>胴を 2 個の脚で支持し、脚をそれぞれ基礎ボルトで基礎に据え付ける。</p>	<p>横置一胴円筒形容器</p>	<p>(単位：mm)</p>

3. 固有周期

3.1 固有周期の算出

理論式により固有周期を計算する。固有周期の計算に用いる計算条件は、本計算書の【原子炉補機冷却海水系ストレナの耐震性についての計算結果】の機器要目に示す。

計算の結果、固有周期は0.05秒以下であり、剛であることを確認した。

固有周期の計算結果を表3-1に示す。

表 3-1 固有周期 (単位：s)

水平	0.010
鉛直	0.001

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

原子炉補機冷却海水系ストレーナの構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-2 横置一胴円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉補機冷却海水系ストレーナの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-1 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-2 に示す。

4.2.2 許容応力

原子炉補機冷却海水系ストレーナの許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、表 4-3 及び表 4-4 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

原子炉補機冷却海水系ストレーナの使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-5 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-6 に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【原子炉補機冷却海水系ストレーナの耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉冷却 系統施設	原子炉補機 冷却設備	原子炉補機冷却海水系 ストレーナ	S	クラス 3 容器*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	III _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	IV _A S

注記*：クラス 3 容器の支持構造物を含む。

表 4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉冷却 系統施設	原子炉補機 冷却設備	原子炉補機冷却海水系 ストレーナ	常設／防止 (DB 拡張) 常設／緩和 (DB 拡張)	重大事故等 クラス 2 容器*2	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	IV _A S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _A S (V _A S として IV _A S の許容限界を用いる。)

注記*1：「常設／防止 (DB 拡張)」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張），「常設／緩和 (DB 拡張)」は常設重大事故緩和設備（設計基準拡張）を示す。

*2：重大事故等クラス 2 容器の支持構造物を含む。

*3：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4-3 許容応力 (クラス 2, 3 容器及び重大事故等クラス 2 容器)

許容応力状態	許容限界*1, *2			
	一次一般膜応力	一次膜応力+ 一次曲げ応力	一次+二次応力	一次+二次+ ピーク応力
III _{AS}	S _y と0.6・S _u の小さい方。 ただし, ASS及びHNAに ついては上記値と1.2・Sの うち大きい方とする。	左欄の1.5倍の値	*3 S _d 又はS _s 地震動のみによる疲労解析を行い, 疲労累積係数 が1.0以下であること。ただし, 地震動のみによる一次+二次 応力の変動値が2・S _y 以下であれば, 疲労解析は不要。	
IV _{AS}	0.6・S _u	左欄の1.5倍の値		
V _{AS} (V _{AS} としてIV _{AS} の許 容限界を用いる。)			S _s 地震動のみによる疲労解析を行い, 疲労累積係数が1.0以 下であること。ただし, 地震動のみによる一次+二次応力の変 動値が2・S _y 以下であれば, 疲労解析は不要。	

注記*1: 座屈による評価は, クラスMC容器の座屈に対する評価式による。

*2: 当該の応力が生じない場合, 規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

*3: 2・S_yを超える場合は弾塑性解析を行う。この場合, 設計・建設規格 PVB-3300 (PVB-3313を除く。S_mは2/3・S_yと読み替える。)の簡易弾塑性解析を用いる。

表 4-4 許容応力（クラス 2, 3 支持構造物及び重大事故等クラス 2 支持構造物）

許容応力状態	許容限界 ^{*1, *2} (ボルト等以外)	許容限界 ^{*1, *2} (ボルト等)	
	一次応力	一次応力	
	引張り	引張り	せん断
Ⅲ _{AS}	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
Ⅳ _{AS}	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
V _{AS} (V _{AS} としてⅣ _{AS} の許容限界を用いる。)			

注記*1： 応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

*2： 当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-5 使用材料の許容応力評価条件 (設計基準対象施設)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
		最高使用温度	50				
胴板		最高使用温度	50	—			—
脚		周囲環境温度	50	—			—
基礎ボルト		周囲環境温度	50	—			—

表 4-6 使用材料の許容応力評価条件 (重大事故等対処設備)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
		最高使用温度	50				
胴板		最高使用温度	50	—			—
脚		周囲環境温度	50	—			—
基礎ボルト		周囲環境温度	50	—			—

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

原子炉補機冷却海水系ストレーナの設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。なお，弾性設計用地震動 S_d 及び静的震度は基準地震動 S_s を下回っており，基準地震動 S_s による発生値が，弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度に対する評価における許容限界を満足するため，弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度による発生値の算出を省略した。

5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

原子炉補機冷却海水系ストレーナの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

【原子炉補機冷却海水系ストレーナの耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度			
原子炉補機冷却 海水系ストレーナ	S	原子炉建屋 O.P. -8.10*1	0.010	0.001	—*2	—*2	C _H =0.99	C _V =0.69	0.78	50	50

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：Ⅲ_ASについては、基準地震動 S s で評価する。

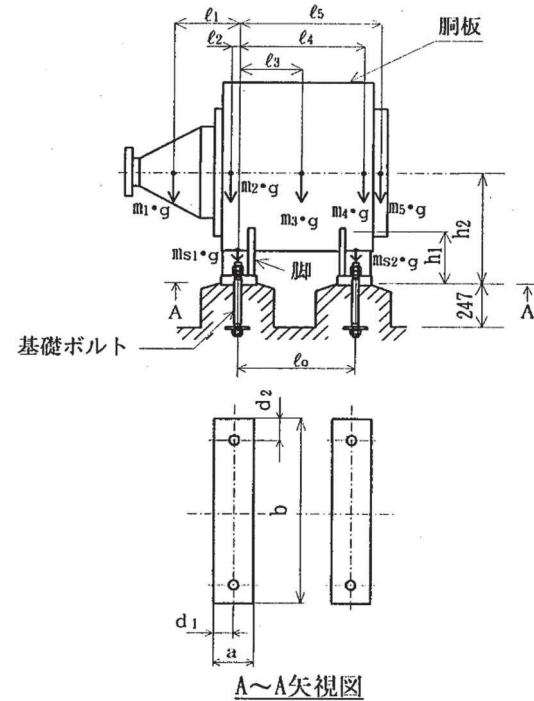
1.2 機器要目

m ₁ (kg)	m ₂ (kg)	m ₃ (kg)	m ₄ (kg)	m ₅ (kg)

ℓ ₁ (mm)	ℓ ₂ (mm)	ℓ ₃ (mm)	ℓ ₄ (mm)	ℓ ₅ (mm)	M ₁ (N·mm)	M ₂ (N·mm)	R ₁ (N)	R ₂ (N)
					5.098×10 ⁵	3.292×10 ⁵	9.921×10 ³	9.319×10 ³

m ₀ (kg)	m _{s1} (kg)	m _{s2} (kg)	D _i (mm)	t (mm)	t _e (mm)	ℓ ₀ (mm)	h ₁ (mm)	h ₂ (mm)	θ _w (rad)	ℓ _w (mm)
			872	19.0	19.0				—	—

C ₁ (mm)	C ₂ (mm)	I _{sx} (mm ⁴)	I _{sy} (mm ⁴)	Z _{sx} (mm ³)	Z _{sy} (mm ³)	θ ₀ (rad)	θ (rad)
242	70	1.174×10 ⁹	2.630×10 ⁷	2.981×10 ⁶	2.330×10 ⁵	2.581	0.991



枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

A_s (mm ²)	E_s (MPa)	G_s (MPa)	A_{s1} (mm ²)	A_{s2} (mm ²)	A_{s3} (mm ²)	A_{s4} (mm ²)
2.253×10^4	201000	77300	5.881×10^3	1.411×10^4	4.129×10^3	1.120×10^4

K_{11}^{*1}	K_{12}^{*1}	K_{21}^{*1}	K_{22}^{*1}	$K_{\theta 1}$	$K_{\theta 2}$	K_{c1}	K_{c2}	$C_{\theta 1}$	$C_{\theta 2}$	C_{c1}	C_{c2}
0.91	1.68	—	—	1.58	1.17	1.39	1.05	0.79	0.43	1.67	1.19
1.76	1.20	—	—								

s	n	n_1	n_2	a (mm)	b (mm)	d (mm)	A_b (mm ²)	d_1 (mm)	d_2 (mm)
15	2	2	1	160	1000			60	100

S_y (胴板) (MPa)	S_u (胴板) (MPa)	S (胴板) (MPa)	S_y (脚) (MPa)	S_u (脚) (MPa)	F (脚) (MPa)	F^* (脚) (MPa)	S_y (基礎ボルト) (MPa)	S_u (基礎ボルト) (MPa)	F (基礎ボルト) (MPa)	F^* (基礎ボルト) (MPa)
		—								

注記*1：表中で上段は一次応力，下段は二次応力の係数とする。

*2：最高使用温度で算出

*3：周囲環境温度で算出

11

1.3 計算数値

1.3.1 胴に生じる応力

(1) 一次一般応力

(単位：MPa)

地震の種類 地震の方向 応力の方向	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度				基準地震動 S s			
	長手方向		横方向		長手方向		横方向	
	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力
内圧による応力	$\sigma_{\phi 1}=19$	$\sigma_{x1}=10$	$\sigma_{\phi 1}=19$	$\sigma_{x1}=10$	$\sigma_{\phi 1}=19$	$\sigma_{x1}=10$	$\sigma_{\phi 1}=19$	$\sigma_{x1}=10$
内圧による応力 (鉛直方向地震時)	$\sigma_{\phi 2}=0$	—	$\sigma_{\phi 2}=0$	—	$\sigma_{\phi 2}=0$	—	$\sigma_{\phi 2}=0$	—
運転時質量による長手方向曲げ モーメントにより生じる応力	—	$\sigma_{x2}=1$	—	$\sigma_{x2}=1$	—	$\sigma_{x2}=1$	—	$\sigma_{x2}=1$
鉛直方向地震による長手方向曲げ モーメントにより生じる応力	—	$\sigma_{x6}=1$	—	$\sigma_{x6}=1$	—	$\sigma_{x6}=1$	—	$\sigma_{x6}=1$
長手方向地震により胴軸断面 全面に生じる引張応力	—	$\sigma_{x413}=1$	—	—	—	$\sigma_{x413}=1$	—	—
組合せ応力	$\sigma_{0\ell}=19$		$\sigma_{0c}=19$		$\sigma_{0\ell}=19$		$\sigma_{0c}=19$	

(2) 一次応力

(単位：MPa)

地震の種類 地震の方向 応力の方向	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度				基準地震動 S s				
	長手方向		横方向		長手方向		横方向		
	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	
内圧による応力	$\sigma_{\phi 1}=19$	$\sigma_{x1}=10$	$\sigma_{\phi 1}=19$	$\sigma_{x1}=10$	$\sigma_{\phi 1}=19$	$\sigma_{x1}=10$	$\sigma_{\phi 1}=19$	$\sigma_{x1}=10$	
内圧による応力 (鉛直方向地震時)	$\sigma_{\phi 2}=0$	—	$\sigma_{\phi 2}=0$	—	$\sigma_{\phi 2}=0$	—	$\sigma_{\phi 2}=0$	—	
運転時質量による長手方向曲げ モーメントにより生じる応力	—	$\sigma_{x2}=1$	—	$\sigma_{x2}=1$	—	$\sigma_{x2}=1$	—	$\sigma_{x2}=1$	
鉛直方向地震による長手方向曲げ モーメントにより生じる応力	—	$\sigma_{x6}=1$	—	$\sigma_{x6}=1$	—	$\sigma_{x6}=1$	—	$\sigma_{x6}=1$	
運転時質量による脚反力 により生じる応力	$\sigma_{\phi 3}=4$	$\sigma_{x3}=3$	$\sigma_{\phi 3}=4$	$\sigma_{x3}=3$	$\sigma_{\phi 3}=4$	$\sigma_{x3}=3$	$\sigma_{\phi 3}=4$	$\sigma_{x3}=3$	
鉛直方向地震による脚反力 により生じる応力	$\sigma_{\phi 71}=3$	$\sigma_{x71}=2$	$\sigma_{\phi 71}=3$	$\sigma_{x71}=2$	$\sigma_{\phi 71}=3$	$\sigma_{x71}=2$	$\sigma_{\phi 71}=3$	$\sigma_{x71}=2$	
水平方向地震 による応力	引張り	$\sigma_{\phi 411}=10$	$\sigma_{x411}=2$	$\sigma_{\phi 51}=6$	$\sigma_{x51}=9$	$\sigma_{\phi 411}=10$	$\sigma_{x411}=2$	$\sigma_{\phi 51}=6$	$\sigma_{x51}=9$
		$\sigma_{\phi 412}=8$	$\sigma_{x412}=6$			$\sigma_{\phi 412}=8$	$\sigma_{x412}=6$		
	せん断	$\tau_{\ell}=4$		$\tau_c=1$		$\tau_{\ell}=4$		$\tau_c=1$	
組合せ応力	$\sigma_{1\ell}=43$		$\sigma_{1c}=30$		$\sigma_{1\ell}=43$		$\sigma_{1c}=30$		

(3) 地震動のみによる一次応力と二次応力の和の変動値

(単位: MPa)

地震の種類 地震の方向 応力の方向		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度				基準地震動 S _s			
		長手方向		横方向		長手方向		横方向	
		周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力
内圧による応力 (鉛直方向地震時)		$\sigma_{\phi 2}=0$	—	$\sigma_{\phi 2}=0$	—	$\sigma_{\phi 2}=0$	—	$\sigma_{\phi 2}=0$	—
鉛直方向地震による長手方向 曲げモーメントにより生じる応力		—	$\sigma_{x6}=1$	—	$\sigma_{x6}=1$	—	$\sigma_{x6}=1$	—	$\sigma_{x6}=1$
鉛直方向地震による脚反力 により生じる応力		$\sigma_{\phi 71}=3$ $\sigma_{\phi 72}=7$	$\sigma_{x71}=2$ $\sigma_{x72}=5$	$\sigma_{\phi 71}=3$ $\sigma_{\phi 72}=7$	$\sigma_{x71}=2$ $\sigma_{x72}=5$	$\sigma_{\phi 71}=3$ $\sigma_{\phi 72}=7$	$\sigma_{x71}=2$ $\sigma_{x72}=5$	$\sigma_{\phi 71}=3$ $\sigma_{\phi 72}=7$	$\sigma_{x71}=2$ $\sigma_{x72}=5$
水平方向地震 による応力	引張り	$\sigma_{\phi 41}=17$	$\sigma_{x41}=8$	$\sigma_{\phi 51}=6$	$\sigma_{x51}=9$	$\sigma_{\phi 41}=17$	$\sigma_{x41}=8$	$\sigma_{\phi 51}=6$	$\sigma_{x51}=9$
		$\sigma_{\phi 421}=8$	$\sigma_{x421}=25$	$\sigma_{\phi 52}=22$	$\sigma_{x52}=14$	$\sigma_{\phi 421}=8$	$\sigma_{x421}=25$	$\sigma_{\phi 52}=22$	$\sigma_{x52}=14$
		$\sigma_{\phi 422}=18$	$\sigma_{x422}=15$			$\sigma_{\phi 422}=18$	$\sigma_{x422}=15$		
せん断	$\tau_{\theta}=4$		$\tau_{c}=1$		$\tau_{\theta}=4$		$\tau_{c}=1$		
組合せ応力		$\sigma_{2\theta}=113$		$\sigma_{2c}=71$		$\sigma_{2\theta}=113$		$\sigma_{2c}=71$	

1.3.2 脚に生じる応力

(単位: MPa)

地震の種類 地震の方向	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		
	長手方向	横方向	長手方向	横方向	
運転時質量による応力	圧縮	$\sigma_{s1}=1$	$\sigma_{s1}=1$	$\sigma_{s1}=1$	$\sigma_{s1}=1$
鉛直方向地震による応力	圧縮	$\sigma_{s4}=1$	$\sigma_{s4}=1$	$\sigma_{s4}=1$	$\sigma_{s4}=1$
水平方向地震による応力	曲げ	$\sigma_{s2}=21$	$\sigma_{s3}=3$	$\sigma_{s2}=21$	$\sigma_{s3}=3$
	せん断	$\tau_{s2}=6$	$\tau_{s3}=1$	$\tau_{s2}=6$	$\tau_{s3}=1$
組合せ応力		$\sigma_{s\theta}=24$	$\sigma_{sc}=4$	$\sigma_{s\theta}=24$	$\sigma_{sc}=4$

1.3.3 基礎ボルトに生じる応力

(単位: MPa)

地震の種類 地震の方向	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		
	長手方向	横方向	長手方向	横方向	
鉛直方向地震及び 水平方向地震による応力	引張り	$\sigma_{b1}=9$	$\sigma_{b2}=7$	$\sigma_{b1}=9$	$\sigma_{b2}=7$
水平方向地震による応力	せん断	$\tau_{b1}=11$	$\tau_{b2}=6$	$\tau_{b1}=11$	$\tau_{b2}=6$

1.4 結論

1.4.1 固有周期 (単位: s)

方向	固有周期
長手方向	$T_1=0.010$
横方向	$T_2=0.004$
鉛直方向	$T_3=0.001$

1.4.2 応力

(単位: MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動S d又は静的震度		基準地震動S s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
胴板		一次一般膜	$\sigma_0=19$	$S_a=231$	$\sigma_0=19$	$S_a=236$
		一次	$\sigma_1=43$	$S_a=346$	$\sigma_1=43$	$S_a=355$
		一次+二次	$\sigma_2=113$	$S_a=462$	$\sigma_2=113$	$S_a=462$
脚		組合せ	$\sigma_s=24$	$f_t=231$	$\sigma_s=24$	$f_t=276$
基礎ボルト		引張り	$\sigma_b=9$	$f_{ts}=173^*$	$\sigma_b=9$	$f_{ts}=207^*$
		せん断	$\tau_b=11$	$f_{sb}=133$	$\tau_b=11$	$f_{sb}=159$

すべて許容応力以下である。

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

2. 重大事故等対応設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度			
原子炉補機冷却 海水系ストレーナ	常設/防止 (DB 拡張) 常設/緩和 (DB 拡張)	原子炉建屋 O.P. -8.10*	0.010	0.001	—	—	C _H =0.99	C _V =0.69	0.78	50	50

注記*：基準床レベルを示す。

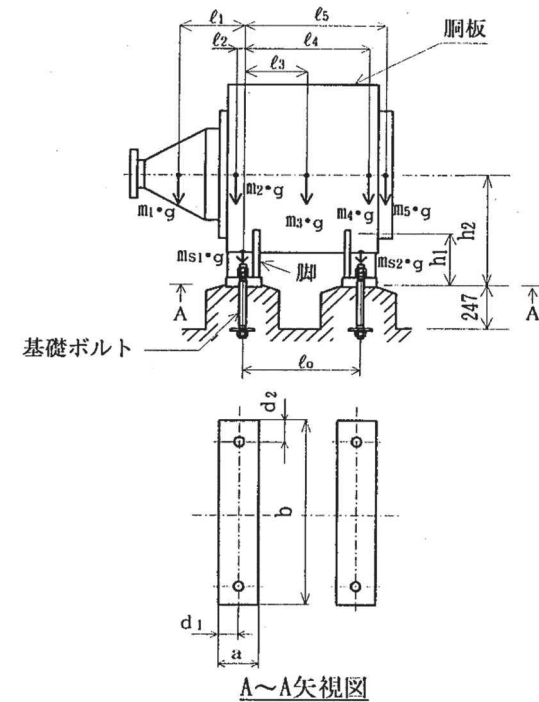
2.2 機器要目

m ₁ (kg)	m ₂ (kg)	m ₃ (kg)	m ₄ (kg)	m ₅ (kg)

ℓ ₁ (mm)	ℓ ₂ (mm)	ℓ ₃ (mm)	ℓ ₄ (mm)	ℓ ₅ (mm)	M ₁ (N·mm)	M ₂ (N·mm)	R ₁ (N)	R ₂ (N)
					5.098×10 ⁵	3.292×10 ⁵	9.921×10 ³	9.319×10 ³

m ₀ (kg)	m _{s1} (kg)	m _{s2} (kg)	D _i (mm)	t (mm)	t _e (mm)	ℓ ₀ (mm)	h ₁ (mm)	h ₂ (mm)	θ _w (rad)	ℓ _w (mm)
			872	19.0	19.0				—	—

C ₁ (mm)	C ₂ (mm)	I _{sx} (mm ⁴)	I _{sy} (mm ⁴)	Z _{sx} (mm ³)	Z _{sy} (mm ³)	θ ₀ (rad)	θ (rad)
242	70	1.174×10 ⁹	2.630×10 ⁷	2.981×10 ⁶	2.330×10 ⁵	2.581	0.991



枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

A_s (mm ²)	E_s (MPa)	G_s (MPa)	A_{s1} (mm ²)	A_{s2} (mm ²)	A_{s3} (mm ²)	A_{s4} (mm ²)
2.253×10^4	201000	77300	5.881×10^3	1.411×10^4	4.129×10^3	1.120×10^4

K_{11}^{*1}	K_{12}^{*1}	K_{21}^{*1}	K_{22}^{*1}	$K_{\theta 1}$	$K_{\theta 2}$	K_{c1}	K_{c2}	$C_{\theta 1}$	$C_{\theta 2}$	C_{c1}	C_{c2}
0.91	1.68	—	—	1.58	1.17	1.39	1.05	0.79	0.43	1.67	1.19
1.76	1.20	—	—								

s	n	n_1	n_2	a (mm)	b (mm)	d (mm)	A_b (mm ²)	d_1 (mm)	d_2 (mm)
15	2	2	1	160	1000			60	100

S_y (胴板) (MPa)	S_u (胴板) (MPa)	S (胴板) (MPa)	S_y (脚) (MPa)	S_u (脚) (MPa)	F (脚) (MPa)	F^* (脚) (MPa)	S_y (基礎ボルト) (MPa)	S_u (基礎ボルト) (MPa)	F (基礎ボルト) (MPa)	F^* (基礎ボルト) (MPa)
		—								

注記*1：表中で上段は一次応力，下段は二次応力の係数とする。

*2：最高使用温度で算出

*3：周囲環境温度で算出

2.3 計算数値

2.3.1 胴に生じる応力

(1) 一次一般応力

(単位：MPa)

地震の種類 地震の方向 応力の方向	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度				基準地震動 S s			
	長手方向		横方向		長手方向		横方向	
	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力
内圧による応力	—	—	—	—	$\sigma_{\phi 1}=19$	$\sigma_{x 1}=10$	$\sigma_{\phi 1}=19$	$\sigma_{x 1}=10$
内圧による応力 (鉛直方向地震時)	—	—	—	—	$\sigma_{\phi 2}=0$	—	$\sigma_{\phi 2}=0$	—
運転時質量による長手方向曲げ モーメントにより生じる応力	—	—	—	—	—	$\sigma_{x 2}=1$	—	$\sigma_{x 2}=1$
鉛直方向地震による長手方向曲げ モーメントにより生じる応力	—	—	—	—	—	$\sigma_{x 6}=1$	—	$\sigma_{x 6}=1$
長手方向地震により胴軸断面 全面に生じる引張応力	—	—	—	—	—	$\sigma_{x 4 1 3}=1$	—	—
組合せ応力	—		—		$\sigma_{0 \ell}=19$		$\sigma_{0 c}=19$	

(2) 一次応力

(単位：MPa)

地震の種類 地震の方向 応力の方向	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度				基準地震動 S s				
	長手方向		横方向		長手方向		横方向		
	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	
内圧による応力	—	—	—	—	$\sigma_{\phi 1}=19$	$\sigma_{x 1}=10$	$\sigma_{\phi 1}=19$	$\sigma_{x 1}=10$	
内圧による応力 (鉛直方向地震時)	—	—	—	—	$\sigma_{\phi 2}=0$	—	$\sigma_{\phi 2}=0$	—	
運転時質量による長手方向曲げ モーメントにより生じる応力	—	—	—	—	—	$\sigma_{x 2}=1$	—	$\sigma_{x 2}=1$	
鉛直方向地震による長手方向曲げ モーメントにより生じる応力	—	—	—	—	—	$\sigma_{x 6}=1$	—	$\sigma_{x 6}=1$	
運転時質量による脚反力 により生じる応力	—	—	—	—	$\sigma_{\phi 3}=4$	$\sigma_{x 3}=3$	$\sigma_{\phi 3}=4$	$\sigma_{x 3}=3$	
鉛直方向地震による脚反力 により生じる応力	—	—	—	—	$\sigma_{\phi 7 1}=3$	$\sigma_{x 7 1}=2$	$\sigma_{\phi 7 1}=3$	$\sigma_{x 7 1}=2$	
水平方向地震 による応力	引張り	—	—	—	—	$\sigma_{\phi 4 1 1}=10$	$\sigma_{x 4 1 1}=2$	$\sigma_{\phi 5 1}=6$	$\sigma_{x 5 1}=9$
		—	—			$\sigma_{\phi 4 1 2}=8$	$\sigma_{x 4 1 2}=6$		
	せん断	—		—		$\tau_{\ell}=4$		$\tau_{c}=1$	
組合せ応力	—		—		$\sigma_{1 \ell}=43$		$\sigma_{1 c}=30$		

(3) 地震動のみによる一次応力と二次応力の和の変動値

(単位: MPa)

地震の種類 地震の方向 応力の方向		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度				基準地震動 S _s			
		長手方向		横方向		長手方向		横方向	
		周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力	周方向応力	軸方向応力
内圧による応力 (鉛直方向地震時)		—	—	—	—	$\sigma_{\phi 2}=0$	—	$\sigma_{\phi 2}=0$	—
鉛直方向地震による長手方向 曲げモーメントにより生じる応力		—	—	—	—	—	$\sigma_{x6}=1$	—	$\sigma_{x6}=1$
鉛直方向地震による脚反力 により生じる応力		—	—	—	—	$\sigma_{\phi 71}=3$ $\sigma_{\phi 72}=7$	$\sigma_{x71}=2$ $\sigma_{x72}=5$	$\sigma_{\phi 71}=3$ $\sigma_{\phi 72}=7$	$\sigma_{x71}=2$ $\sigma_{x72}=5$
水平方向地震 による応力	引張り	—	—	—	—	$\sigma_{\phi 41}=17$	$\sigma_{x41}=8$	$\sigma_{\phi 51}=6$	$\sigma_{x51}=9$
		—	—	—	—	$\sigma_{\phi 421}=8$ $\sigma_{\phi 422}=18$	$\sigma_{x421}=25$ $\sigma_{x422}=15$	$\sigma_{\phi 52}=22$	$\sigma_{x52}=14$
		—	—	—	—	$\sigma_{\phi 42}=26$	$\sigma_{x42}=39$		
	せん断	—	—	—	—	$\tau_{\theta}=4$	—	$\tau_c=1$	—
組合せ応力		—	—	—	—	$\sigma_{2\theta}=113$	—	$\sigma_{2c}=71$	—

2.3.2 脚に生じる応力

(単位: MPa)

地震の種類 地震の方向		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
		長手方向	横方向	長手方向	横方向
運転時質量による応力	圧縮	—	—	$\sigma_{s1}=1$	$\sigma_{s1}=1$
鉛直方向地震による応力	圧縮	—	—	$\sigma_{s4}=1$	$\sigma_{s4}=1$
水平方向地震による応力	曲げ	—	—	$\sigma_{s2}=21$	$\sigma_{s3}=3$
	せん断	—	—	$\tau_{s2}=6$	$\tau_{s3}=1$
組合せ応力		—	—	$\sigma_{s\theta}=24$	$\sigma_{sc}=4$

2.3.3 基礎ボルトに生じる応力

(単位: MPa)

地震の種類 地震の方向		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
		長手方向	横方向	長手方向	横方向
鉛直方向地震及び 水平方向地震による応力	引張り	—	—	$\sigma_{b1}=9$	$\sigma_{b2}=7$
水平方向地震による応力	せん断	—	—	$\tau_{b1}=11$	$\tau_{b2}=6$

2.4 結論

2.4.1 固有周期 (単位: s)

方向	固有周期
長手方向	$T_1=0.010$
横方向	$T_2=0.004$
鉛直方向	$T_3=0.001$

2.4.2 応力

(単位: MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動S d又は静的震度		基準地震動S s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
胴板		一次一般膜	—	—	$\sigma_0=19$	$S_a=236$
		一次	—	—	$\sigma_1=43$	$S_a=355$
		一次+二次	—	—	$\sigma_2=113$	$S_a=462$
脚		組合せ	—	—	$\sigma_s=24$	$f_t=276$
基礎ボルト		引張り	—	—	$\sigma_b=9$	$f_{ts}=207^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=11$	$f_{sb}=159$

すべて許容応力以下である。

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

VI-2-5-7-3 原子炉補機代替冷却水系の耐震性についての計算書

目 次

VI-2-5-7-3-1 管の耐震性についての計算書（原子炉補機代替冷却水系）

VI-2-5-7-3-1 管の耐震性についての計算書
(原子炉補機代替冷却系)

重大事故等対処設備

目次

1. 概要	1
2. 概略系統図及び鳥瞰図	2
2.1 概略系統図	2
2.2 鳥瞰図	7
3. 計算条件	11
3.1 計算方法	11
3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態	12
3.3 設計条件	13
3.4 材料及び許容応力	16
3.5 設計用地震力	17
4. 解析結果及び評価	18
4.1 固有周期及び設計震度	18
4.2 評価結果	22
4.2.1 管の応力評価結果	22
4.2.2 支持構造物評価結果	23
4.2.3 弁の動的機能維持評価結果	24
4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	25

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-13-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」（以下「基本方針」という。）に基づき、管、支持構造物及び弁が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

評価結果の記載方法は、以下に示すとおりである。

(1) 管

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全 16 モデルのうち、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を 4.2.4 に記載する。

(2) 支持構造物

工事計画記載範囲の支持点のうち、種類及び型式単位に反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。






(3) 弁

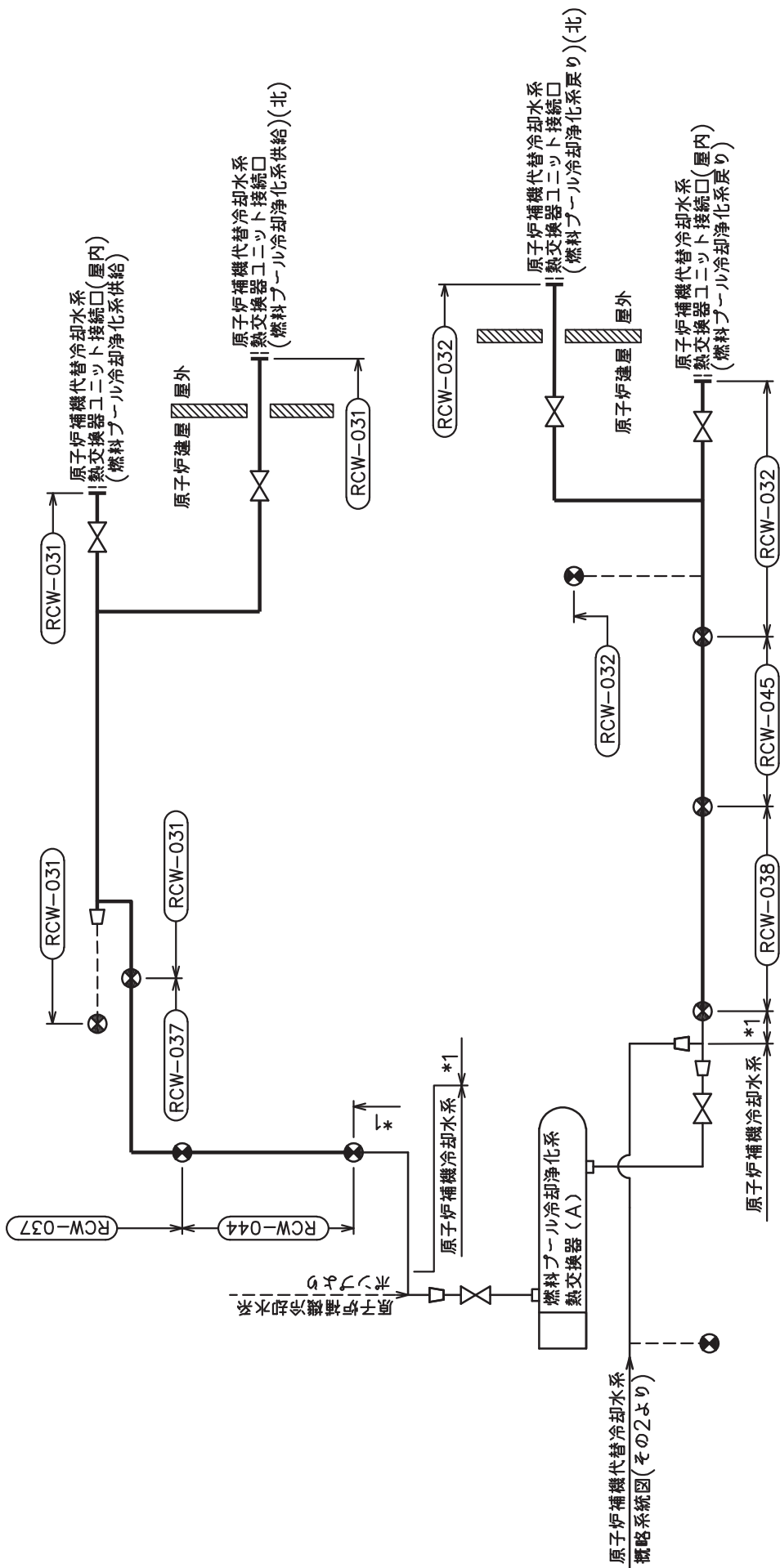
機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として、評価結果を記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1 概略系統図

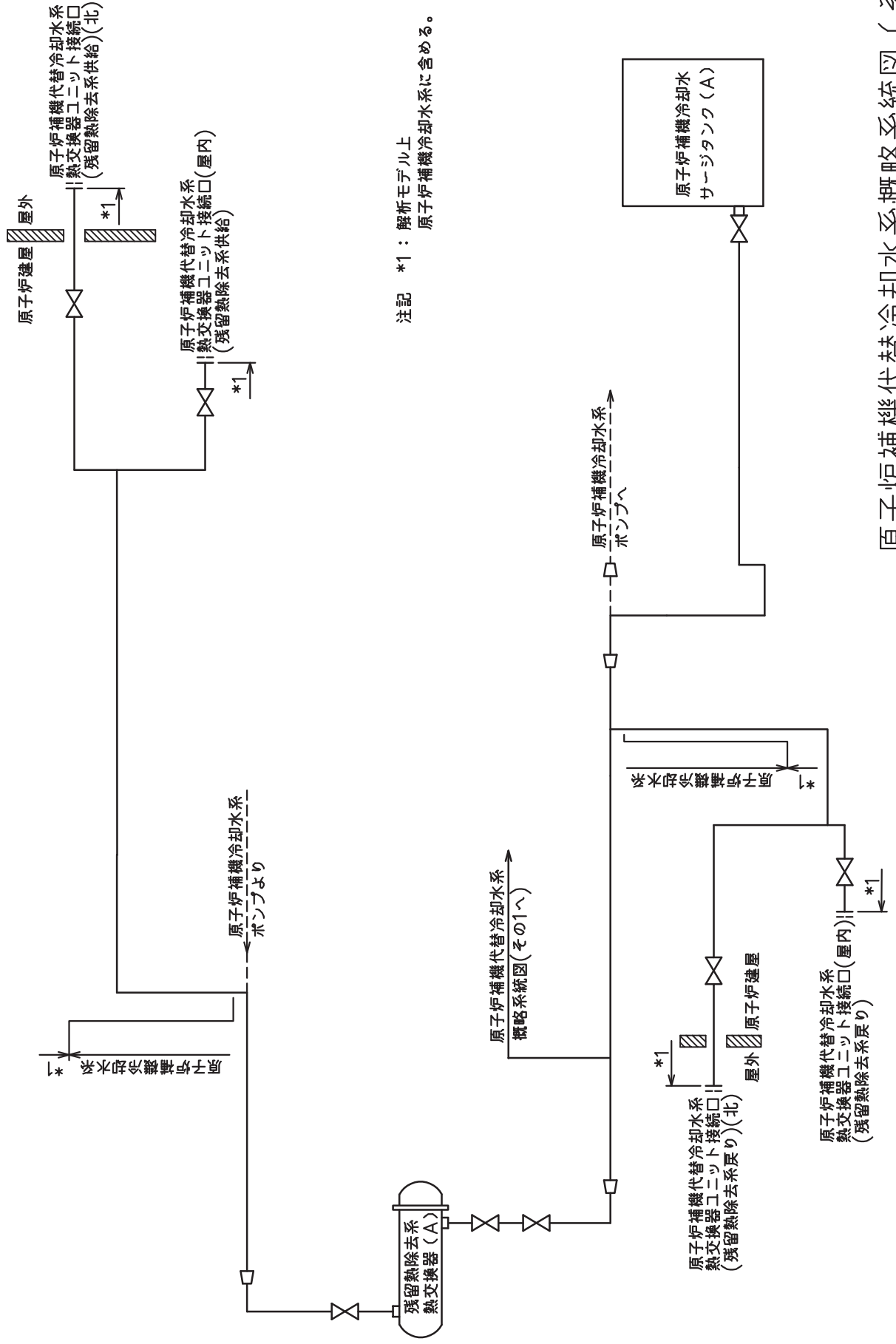
概略系統図記号凡例

記 号	内 容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管
	鳥瞰図番号
	アンカ

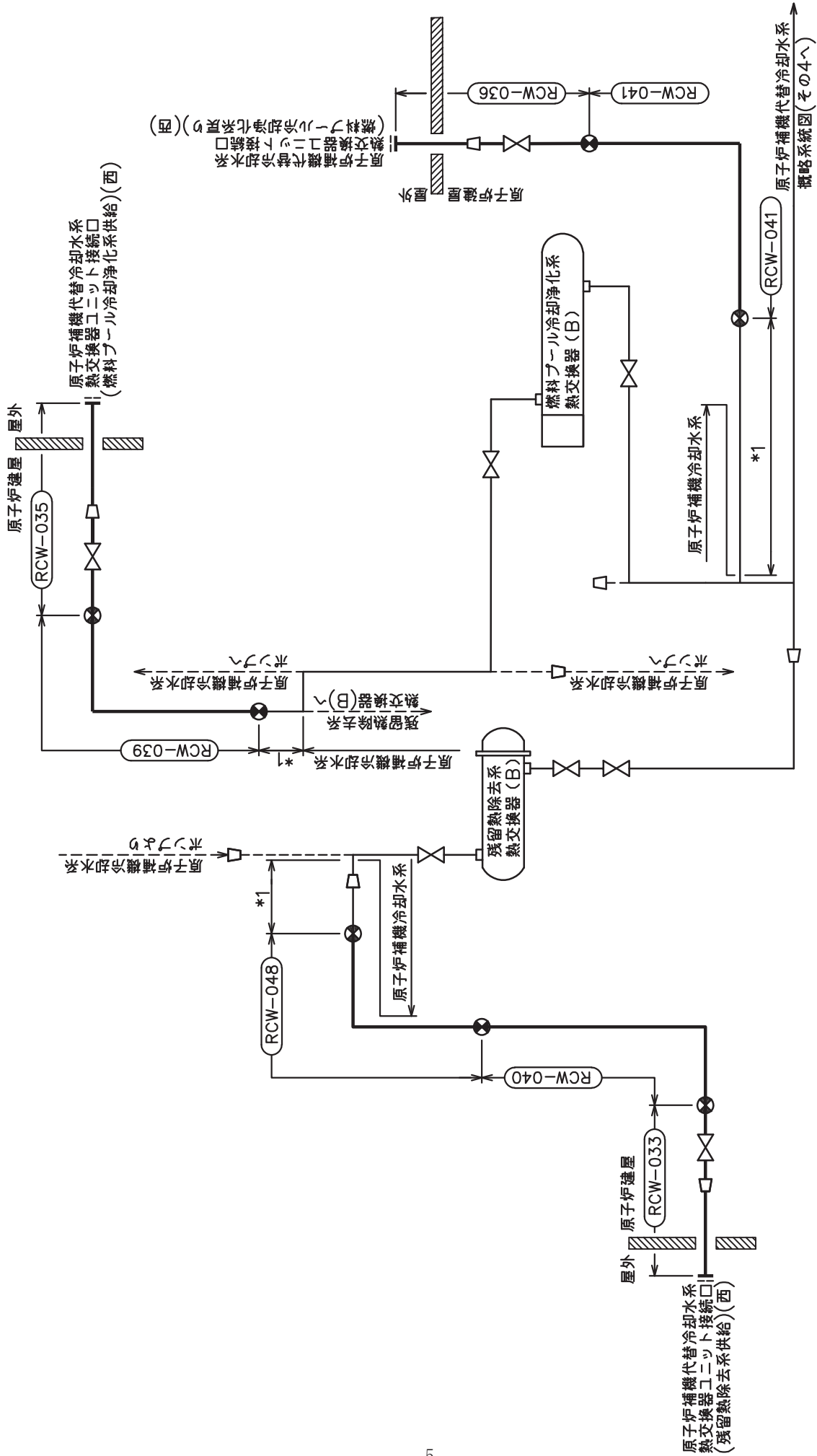


注記 *1：解析モデル上
原子炉補機代替冷却水系に含まれる。

原子炉補機代替冷却水系概略系統図（その1）

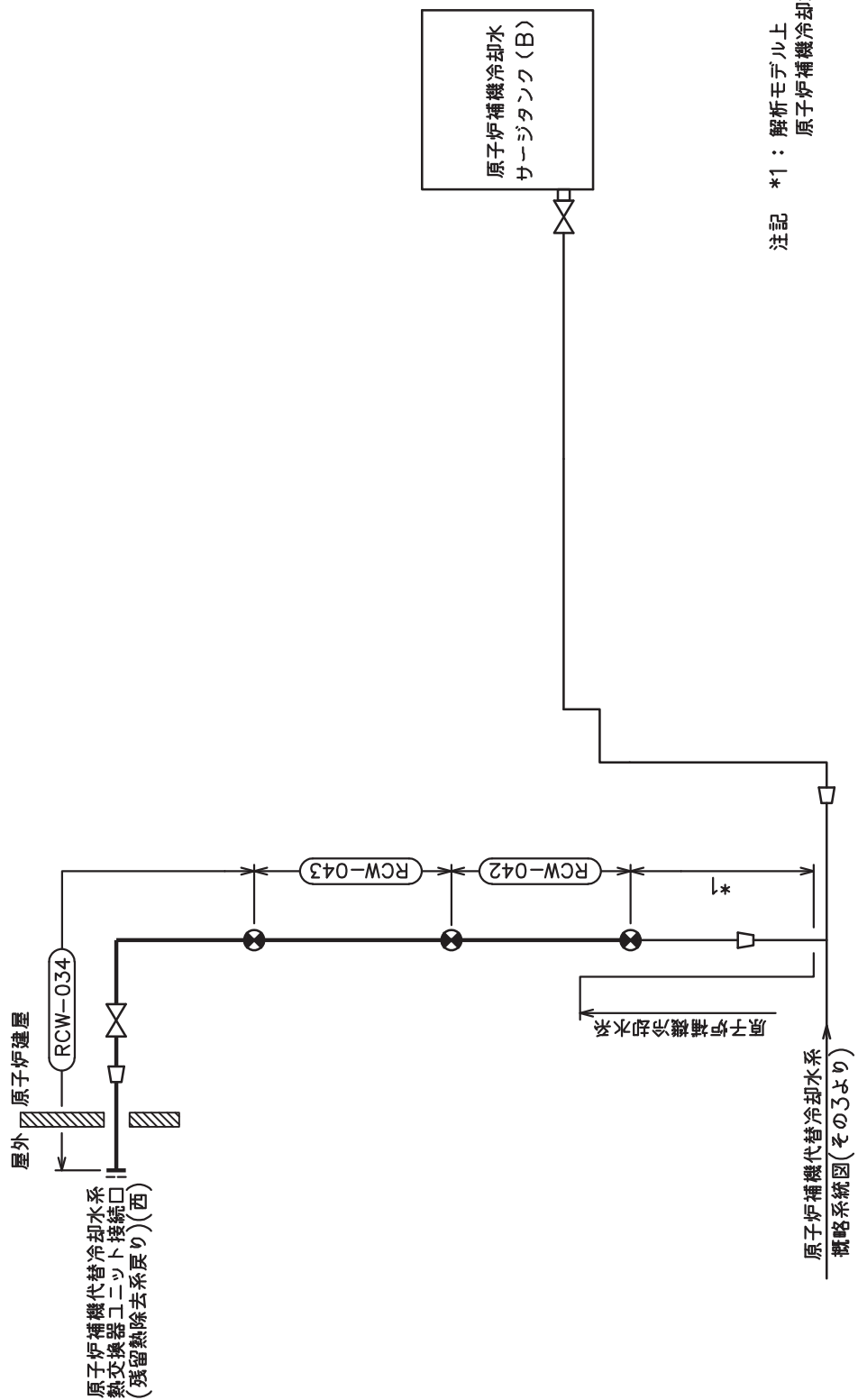


原子炉補機代替冷却水系概略系統図 (その2)



注記 *1：解析モデル上
原子炉補機冷却水系に含める。


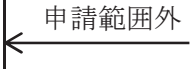




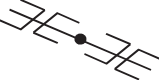

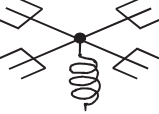
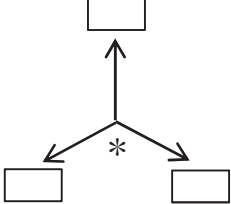
原子炉補機代替冷却水系概略系統図 (その3)

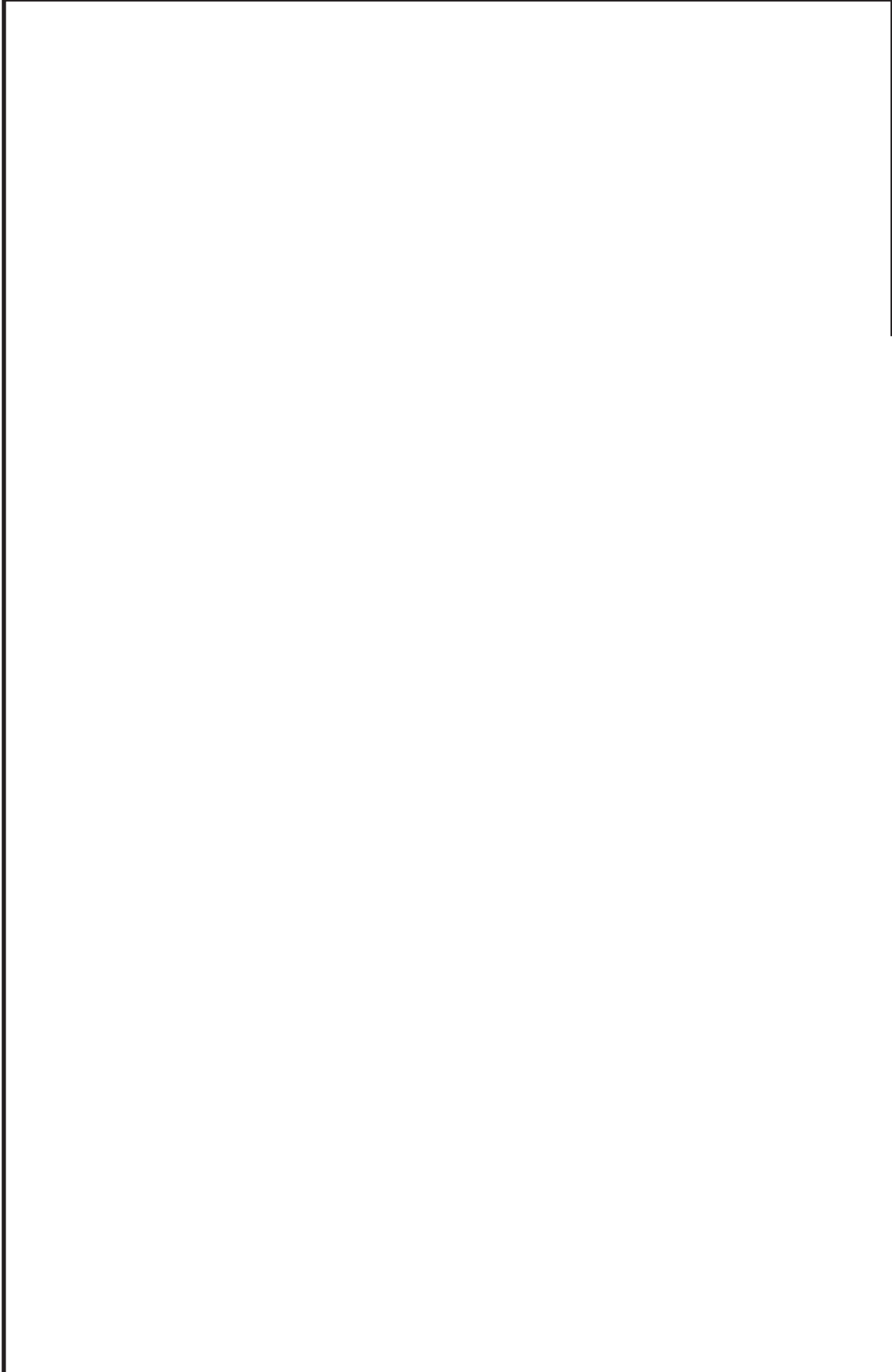


原子炉補機代替冷却水系概略系統図(その4)

2.2 鳥瞰図

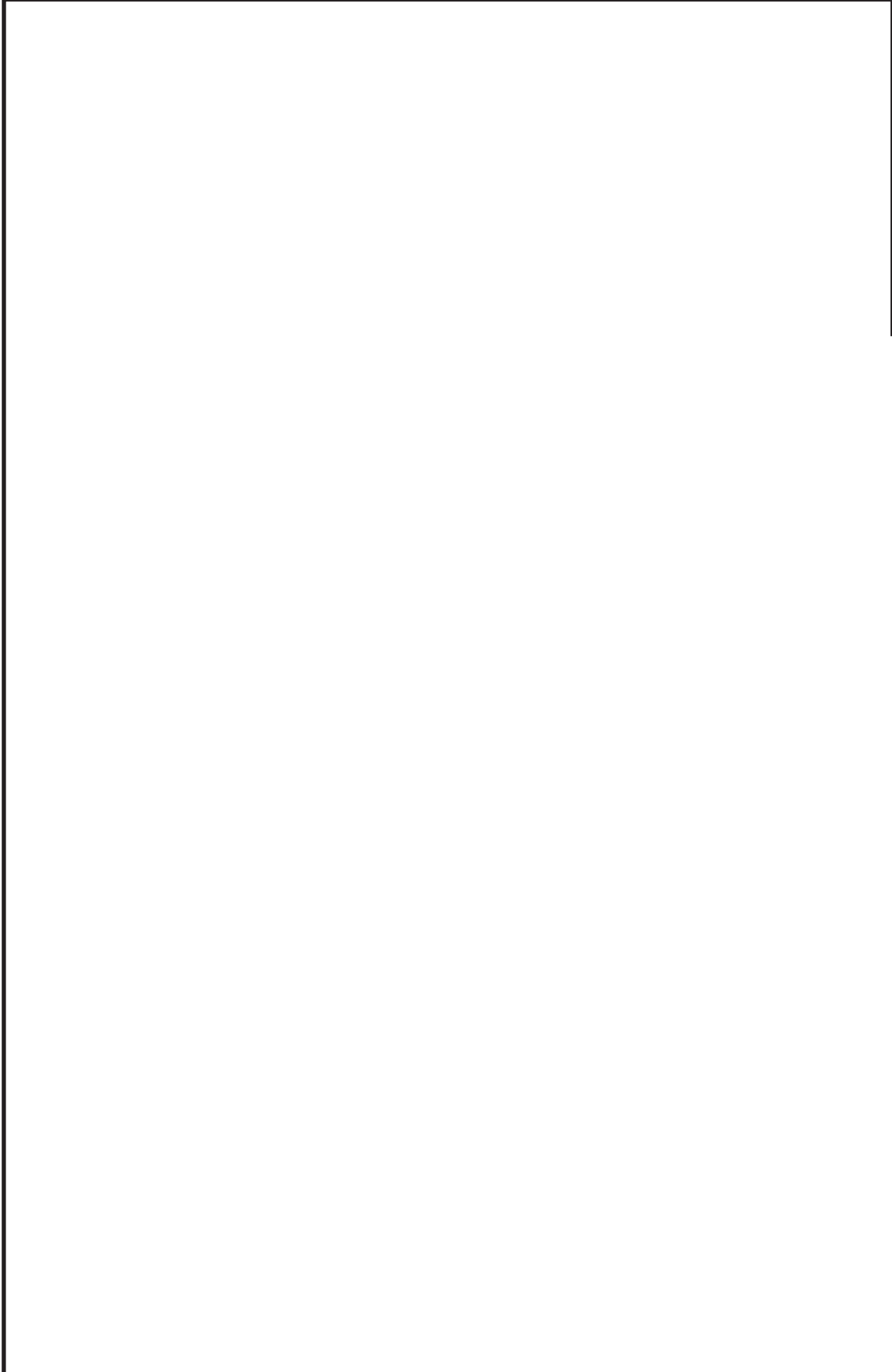
鳥瞰図記号凡例

記号	内容
	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
	工事計画記載範囲外の管
	工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって解析モデルとして本系統に記載する管
	質点
	アンカ
	レストレイント (矢印は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。スナップについても同様とする。)
	スナップ
	ハンガ
	ガイド
	拘束点の地震による相対変位量(mm) (*は評価点番号, 矢印は拘束方向を示す。また, 内に変位量を記載する。)



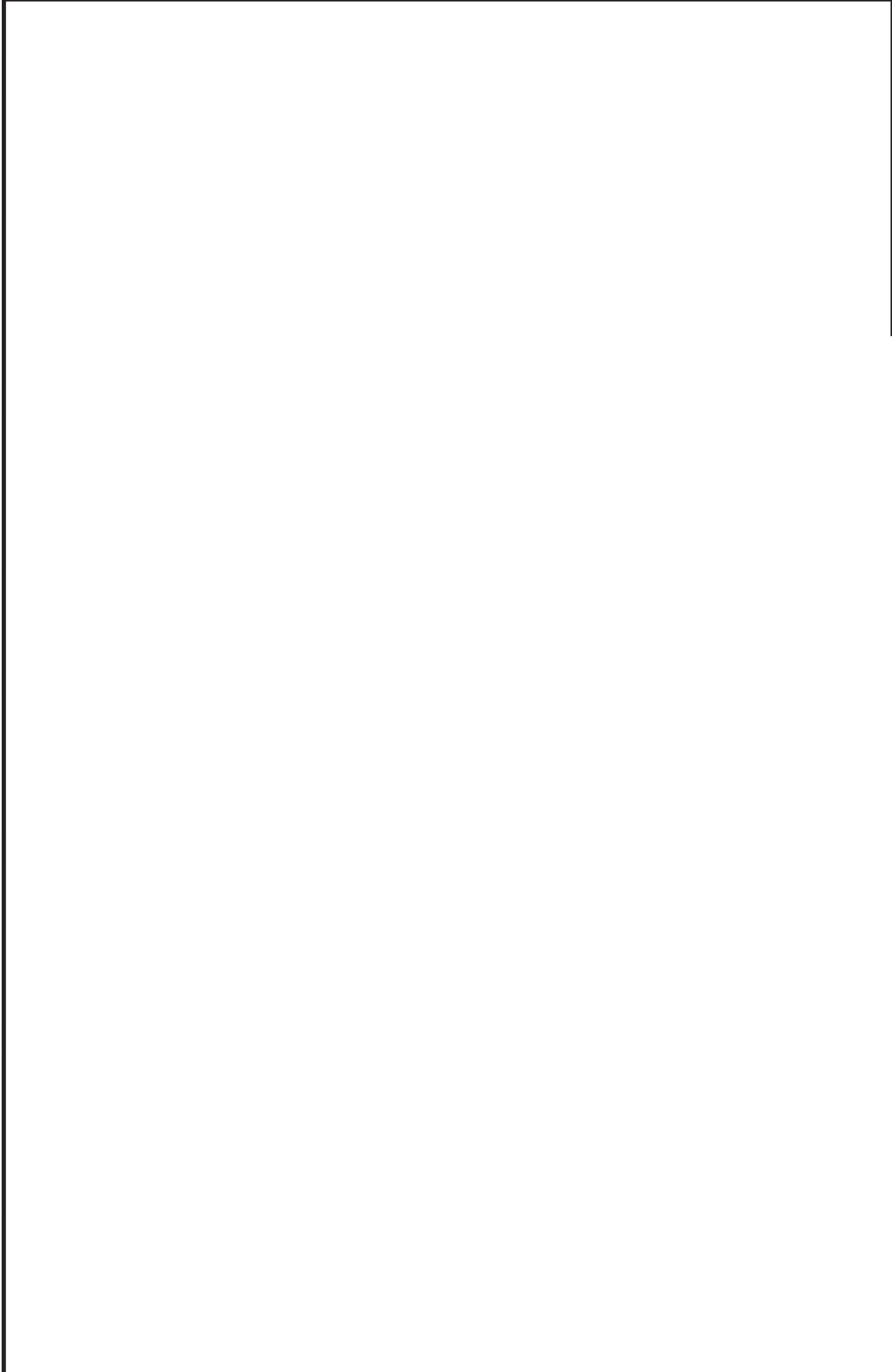
鳥瞰図 RCW-043-1/3

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 RCW-043-2/3

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 RCW-043-3/3

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3. 計算条件

3.1 計算方法

管の構造強度評価は、「基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。解析コードは、「I S A P」を使用し、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設分類*1	設備分類*2	機器等の区分	耐震重要度分類	荷重の組合せ*3, *4	許容応力状態*5
原子炉冷却系統施設	原子炉補機冷却設備	原子炉補機代替冷却水系	S A	常設耐震／防止常設／緩和	重大事故等クラス2管	—	V _L + S s	V _A S

注記*1：DBは設計基準対象施設，SAは重大事故等対処設備を示す。

*2：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*3：運転状態の添字Lは荷重を示す。

*4：許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

*5：許容応力状態V_ASは許容応力状態IV_ASの許容限界を使用し，許容応力状態IV_ASとして評価を実施する。

3.3 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管名称で区分し，管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 R C W - 0 4 3

管名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	1.18	70	267.4	9.3	STS410	—	200200

設計条件

管名称と対応する評価点
 評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図 R C W - 0 4 3

管名称	対 応 す る 評 価 点														
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75
	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
	91	92	93	94											

配管の質量（付加質量含む）

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
1		20		39		58		77	
2		21		40		59		78	
3		22		41		60		79	
4		23		42		61		80	
5		24		43		62		81	
6		25		44		63		82	
7		26		45		64		83	
8		27		46		65		84	
9		28		47		66		85	
10		29		48		67		86	
11		30		49		68		87	
12		31		50		69		88	
13		32		51		70		89	
14		33		52		71		90	
15		34		53		72		91	
16		35		54		73		92	
17		36		55		74		93	
18		37		56		75		94	
19		38		57		76			

O2 ③ VI-2-5-7-3-1(重) R0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 RCW-043

支持点部のばね定数を下表に示す。

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1						
4						
7						
9						
14						
17						
20						
24						
27						
29						
34						
37						
39						
45						
47						
53						
59						
61						
63						
65						
69						
73						
75						
79						
81						
84						
87						
94						

02 ③ VI-2-5-7-3-1(重) R0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3.4 材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

材料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)			
		S m	S y	S u	S h
STS410	70	—	229	407	—

3.5 設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答曲線を下表に示す。

なお、設計用床応答曲線は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき策定したものをを用いる。また、減衰定数は、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

鳥 瞰 図	建物・構築物	標高(O.P. (m))	減衰定数(%)
R C W - 0 4 3	原子炉建屋		

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥瞰図 RCW-043

適用する地震動等		S d 及び静的震度			S s		
		応答水平震度*1		応答鉛直震度*1	応答水平震度*1		応答鉛直震度*1
モード	固有周期 (s)	X 方向	Z 方向	Y 方向	X 方向	Z 方向	Y 方向
1 次							
2 次*2							
動的震度*3							
静的震度*4							

注記*1：各モードの固有周期に対し、設計用床応答曲線より得られる震度を示す。
 *2：固有周期が0.050s以下であることを示す。
 *3：S d又はS s地震動に基づく設計用最大床応答加速度より定めた震度を示す。
 *4：3.6C₁及び1.2C_Vより定めた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数

鳥瞰図 RCW-043

モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X方向	Y方向	Z方向
1次				

注記*: 刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

代表的振動モード図

振動モード図は、1次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し、次ページ以降に示す。



鳥瞰図 RCW-043

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4.2 評価結果

4.2.1 管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管

鳥瞰図	許容応力 状態	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)		一次+二次応力評価 (MPa)		疲労評価
				計算応力 Sprm(Ss)	許容応力 0.9・Su	計算応力 Sn(Ss)	許容応力 2・Sy	
RCW-043	V _A S	73	Spr m(Ss)	133	366	—	—	—
	V _A S	73	Sn(Ss)	—	—	265	458	—

4.2.2 支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果 (荷重評価)

支持構造物 番号	種類	型式	材質	温度 (°C)	評価結果	
					計算 荷重 (kN)	許容 荷重 (kN)
—	—	—	—	—	—	—

支持構造物評価結果 (応力評価)

支持構造物 番号	種類	型式	材質	温度 (°C)	支持点荷重						評価結果		
					反力(kN)			モーメント (kN・m)			応力 分類	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)
					F _x	F _y	F _z	M _x	M _y	M _z			
RCW-033-023A	アンカ	ラグ	SGV410	70	79	45	54	76	21	105	曲げ	207	485
RCW-040-051R	レストレイント	ラグ	SGV410	70	28	13	171	—	—	—	せん断	51	121
RCW-042-001A	アンカ	ラグ	SGV410	70	38	13	10	7	9	12	組合せ	81	252

4.2.3 弁の動的機能維持評価結果

下表に示すとおり機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下又は計算応力が許容応力以下である。

弁番号	形式	要求機能	機能維持評価用加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		機能確認済加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		構造強度評価結果 (MPa)	
			水平	鉛直	水平	鉛直	計算応力	許容応力
—	—	—	—	—	—	—	—	—

4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度が最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果(重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管)

No.	配管モデル	許容応力状態 VAS														
		一次応力						一次+二次応力						疲労評価		
		評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労 累積 係数	代表		
1	RCW-031	19	39	366	9.38	—	113	147	458	3.11	—	—	—	—		
2	RCW-032	44	104	366	3.51	—	26	246	458	1.86	—	—	—	—		
3	RCW-033	23	33	366	11.09	—	23	228	458	2.00	—	—	—	—		
4	RCW-034	1	34	366	10.76	—	1	223	458	2.05	—	—	—	—		
5	RCW-035	72	86	366	4.25	—	72	171	458	2.67	—	—	—	—		
6	RCW-036	31	51	366	7.17	—	68	93	458	4.92	—	—	—	—		
7	RCW-037	3	71	366	5.15	—	3	108	458	4.24	—	—	—	—		
8	RCW-038	6	78	366	4.69	—	5	211	458	2.17	—	—	—	—		
9	RCW-039	73	43	366	8.51	—	73	78	458	5.87	—	—	—	—		
10	RCW-040	1	48	366	7.62	—	1	244	458	1.87	—	—	—	—		

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果(重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管)

No.	配管モデル	許容応力状態 VAS														
		一次応力						一次+二次応力						疲労評価		
		評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労 累積 係数	代表		
11	RCW-041	44	40	366	9.15	—	3	76	458	6.02	—	—	—	—		
12	RCW-042	18	41	366	8.92	—	45	113	458	4.05	—	—	—	—		
13	RCW-043	73	133	366	2.75	○	73	265	458	1.72	○	—	—	—		
14	RCW-044	33	77	366	4.75	—	32	201	458	2.27	—	—	—	—		
15	RCW-045	15	37	366	9.89	—	15	76	458	6.02	—	—	—	—		
16	RCW-048	38	77	366	4.75	—	38	113	458	4.05	—	—	—	—		

VI-2-6 計測制御系統施設の耐震性についての計算書

目 次

- VI-2-6-1 計測制御系統施設の耐震性についての計算結果
- VI-2-6-2 制御材の耐震性についての計算書
- VI-2-6-3 制御材駆動装置の耐震性についての計算書
- VI-2-6-4 ほう酸水注入設備の耐震性についての計算書
- VI-2-6-5 計測装置の耐震性についての計算書
- VI-2-6-7 その他の計測制御設備の耐震性についての計算書

VI-2-6-1 計測制御系統施設の耐震性についての計算結果

目次

1. 概要.....	1
2. 耐震評価条件整理.....	1

1. 概要

本説明書は、計測制御系統施設の耐震計算の手法及び条件の整理について説明するものである。

2. 耐震評価条件整理

計測制御系統施設の設備に対して、設計基準対象施設の耐震重要度分類、重大事故等対処設備の設備分類を整理した。既設の設計基準対象施設については、耐震評価における手法及び条件について、既に認可を受けた実績との差異の有無を整理した。また、重大事故等対処設備のうち、設計基準対象施設であるものについては、重大事故等対処設備の評価条件と設計基準対象施設の評価条件の差異の有無を整理した。結果を表1に示す。

計測制御系統施設の耐震計算は表1に示す計算書に記載することとする。

表 1 耐震計算結果一覧表

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震 重要度 分類	新規制基準施行 前に認可された 実績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対象 施設との評価 条件の差異	耐震計算の 記載箇所
計測制御系統施設	制御材	制御棒	制御棒	S	有	VI-2-6-2-1	常設耐震／防止	無	VI-2-6-2-1
	制御材駆動装置	—	制御棒駆動機構	S	—*2	VI-2-6-3-1	常設耐震／防止	有	VI-2-6-3-1
		制御棒駆動水圧系	水圧制御ユニット	S	無	VI-2-6-3-2-1	常設耐震／防止	無	VI-2-6-3-2-1
			主要弁	S	—*2	VI-2-6-3-2-2	常設耐震／防止	無	VI-2-6-3-2-2
			主配管	S	有	VI-2-6-3-2-2	常設耐震／防止	無	VI-2-6-3-2-2
			原子炉格納容器配管貫通部 (原子炉格納施設に記載)	—	—*2	—	常設耐震／防止	—	VI-2-9-2-4-1
			ほう酸水注入系ポンプ	S	無	VI-2-6-4-1-1	常設耐震／防止 常設／緩和	無	VI-2-6-4-1-1
	ほう酸水注入設備	ほう酸水注入系	ほう酸水注入系貯蔵タンク	S	無	VI-2-6-4-1-2	常設耐震／防止 常設／緩和	無	VI-2-6-4-1-2
			主配管	S	無	VI-2-6-4-1-3	常設耐震／防止 常設／緩和	有	VI-2-6-4-1-3
			炉心支持構造物 (炉心支持構造物に記載)	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-3-3-2
			原子炉圧力容器 (原子炉圧力容器に記載)	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-3-4-1-2

評価対象設備			設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
			耐震重要度分類	新規制基準施行前に認可された実績との差異	耐震計算の記載箇所	設備分類*1	設計基準対象施設との評価条件の差異	耐震計算の記載箇所	
計測制御系統施設	ほう酸水注入設備	ほう酸水注入系	原子炉格納容器配管貫通部 (原子炉格納施設に記載)	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-9-2-4-1
			原子炉圧力容器付属構造物 (原子炉圧力容器付属構造物に記載)	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-3-4-2
			原子炉圧力容器内部構造物 (原子炉圧力容器内部構造物に記載)	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-3-4-3

評価対象設備		設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
		耐震重要度分類	新規制基準施行前に認可された実績との差異	耐震計算の記載箇所	設備分類*1	設計基準対象施設との評価条件の差異	耐震計算の記載箇所	
計測制御系統施設	計測装置	起動領域モニタ	S	無	VI-2-6-5-1-1	常設耐震／防止	有	VI-2-6-5-1-1
		出力領域モニタ	S	有	VI-2-6-5-1-2	常設耐震／防止	有	VI-2-6-5-1-2
		原子炉隔離時冷却系ポンプ駆動用タービン入口蒸気圧力	S	—*2	VI-2-6-5-2-1-1	—	—	—
		高圧代替注水系ポンプ出口圧力	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-5-2-1-2
		直流駆動低圧注水系ポンプ出口圧力	—	—*2	—	常設耐震／防止	—	VI-2-6-5-2-1-3
		代替循環冷却ポンプ出口圧力	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-6-5-2-1-4
		原子炉隔離時冷却系ポンプ出口圧力	S	—*2	VI-2-6-5-2-1-5	常設／防止 (DB 拡張)	有	VI-2-6-5-2-1-5
		高圧炉心スプレイ系ポンプ出口圧力	S	—*2	VI-2-6-5-2-1-6	常設／防止 (DB 拡張)	有	VI-2-6-5-2-1-6
		残留熱除去系ポンプ出口圧力	C	—*2	—	常設／防止 (DB 拡張)	—	VI-2-6-5-2-1-7
		低圧炉心スプレイ系ポンプ出口圧力	C	—*2	—	常設／防止 (DB 拡張)	—	VI-2-6-5-2-1-8
		復水移送ポンプ出口圧力	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-5-2-1-9
		残留熱除去系熱交換器入口温度	C	—*2	—	常設／緩和 常設／防止 (DB 拡張)	—	VI-2-6-5-2-2-1
		残留熱除去系熱交換器出口温度	C	—*2	—	常設耐震／防止	—	VI-2-6-5-2-2-2

評価対象設備		設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
		耐震重要度分類	新規制基準施行前に認可された実績との差異	耐震計算の記載箇所	設備分類*1	設計基準対象施設との評価条件の差異	耐震計算の記載箇所	
計測制御系統施設	計測装置	原子炉冷却材浄化系入口流量	S	無	VI-2-6-5-2-3-1	—	—	—
		高压代替注水系ポンプ出口流量	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-5-2-3-2
		残留熱除去系洗浄ライン流量 (残留熱除去系ヘッドスプレイ ライン洗浄流量)	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-5-2-3-3
		残留熱除去系洗浄ライン流量 (残留熱除去系 B 系格納容器 冷却ライン洗浄流量)	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-5-2-3-4
		直流駆動低圧注水系ポンプ出口 流量	—	—*2	—	常設耐震／防止	—	VI-2-6-5-2-3-5
		代替循環冷却ポンプ出口流量	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-6-5-2-3-6
		原子炉隔離時冷却系ポンプ出口 流量	S	—*2	VI-2-6-5-2-3-7	常設／防止 (DB 拡張)	有	VI-2-6-5-2-3-7
		高压炉心スプレイ系ポンプ出口 流量	S	—*2	VI-2-6-5-2-3-8	常設／防止 (DB 拡張)	有	VI-2-6-5-2-3-8
		残留熱除去系ポンプ出口流量	S	—*2	VI-2-6-5-2-3-9	常設／防止 (DB 拡張)	有	VI-2-6-5-2-3-9
		低圧炉心スプレイ系ポンプ出口 流量	S	—*2	VI-2-6-5-2-3-10	常設／防止 (DB 拡張)	有	VI-2-6-5-2-3-10
		原子炉圧力	S	—*2	VI-2-6-5-3-1-1	常設耐震／防止 常設／緩和	有	VI-2-6-5-3-1-1
		原子炉圧力 (SA)	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-5-3-1-2
		原子炉水位	S	—*2	VI-2-6-5-3-2-1	—	—	—

評価対象設備		設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
		耐震重要度分類	新規制基準施行前に認可された実績との差異	耐震計算の記載箇所	設備分類*1	設計基準対象施設との評価条件の差異	耐震計算の記載箇所	
計測制御系統施設	計測装置	原子炉水位（広帯域）	S	—*2	VI-2-6-5-3-2-2	常設耐震／防止 常設／緩和	有	VI-2-6-5-3-2-2
		原子炉水位（燃料域）	S	—*2	VI-2-6-5-3-2-3	常設耐震／防止 常設／緩和	有	VI-2-6-5-3-2-3
		原子炉水位（SA 広帯域）	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-5-3-2-4
		原子炉水位（SA 燃料域）	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-5-3-2-5
		ドライウエル圧力	S	—*2	VI-2-6-5-4-1-1	常設／防止 常設／緩和	有	VI-2-6-5-4-1-1
		圧力抑制室圧力	S	—*2	VI-2-6-5-4-1-2	常設耐震／防止 常設／緩和	有	VI-2-6-5-4-1-2
		ドライウエル温度	S	—*2	VI-2-6-5-4-2-1	常設／防止 常設／緩和	有	VI-2-6-5-4-2-1
		圧力抑制室内空気温度	S	—*2	VI-2-6-5-4-2-2	常設耐震／防止 常設／緩和	有	VI-2-6-5-4-2-2
		サプレッションプール水温度	S	—*2	VI-2-6-5-4-2-3	常設耐震／防止 常設／緩和	有	VI-2-6-5-4-2-3
		原子炉格納容器下部温度	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-6-5-4-2-4
		格納容器内雰囲気酸素濃度	S	無	VI-2-6-5-4-3-1	常設／緩和	有	VI-2-6-5-4-3-1
		格納容器内水素濃度（D/W）	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-5-4-4-1
		格納容器内水素濃度（S/C）	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-5-4-4-2
		格納容器内雰囲気水素濃度	S	無	VI-2-6-5-4-4-3	常設／緩和	有	VI-2-6-5-4-4-3

評価対象設備			設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
			耐震重要度分類	新規制基準施行前に認可された実績との差異	耐震計算の記載箇所	設備分類*1	設計基準対象施設との評価条件の差異	耐震計算の記載箇所	
計測装置	計測制御系統施設	復水貯蔵タンク水位	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-5-5-1	
		原子炉再循環ポンプ入口流量	S	—*2	VI-2-6-5-6-1	—	—	—	
		原子炉格納容器代替スプレイ流量	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-5-7-1	
		原子炉格納容器下部注水流量	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-6-5-7-2	
		圧力抑制室水位	S	—*2	VI-2-6-5-8-1	常設耐震／防止 常設／緩和	有	VI-2-6-5-8-1	
		原子炉格納容器下部水位	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-6-5-8-2	
		ドライウェル水位	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-6-5-8-3	
		原子炉建屋内水素濃度	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-6-5-9-1	
	制御用空気設備	高圧窒素ガス供給系	主配管	S	—*2	VI-2-6-6-1-1	常設耐震／防止	有	VI-2-6-6-1-1
			原子炉格納容器配管貫通部（原子炉格納施設に記載）	—	—*2	—	常設耐震／防止	—	VI-2-9-2-4-1

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度分類	新規制基準施行前に認可された実績との差異	耐震計算の記載箇所	設備分類*1	設計基準対象施設との評価条件の差異	耐震計算の記載箇所
計測制御系統施設	制御用空気設備	代替高圧窒素ガス供給系	主配管	—	—*2	—	常設耐震／防止	—	VI-2-6-6-2-1
			原子炉格納容器配管貫通部（原子炉格納施設に記載）	—	—*2	—	常設耐震／防止	—	VI-2-9-2-4-1
	その他の計測制御系統施設	盤	計測制御設備の盤の耐震性についての計算書	S	無	VI-2-6-7-1	常設耐震／防止 常設／防止 常設／防止（DB 拡張） 常設／緩和	無	VI-2-6-7-1
			衛星電話設備（固定型）（中央制御室）	C	—*2	—	常設／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-7-2-1
			衛星電話設備（屋外アンテナ）（中央制御室）	C	—*2	—	常設／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-7-2-2

評価対象設備			設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
			耐震重要度分類	新規制基準施行前に認可された実績との差異	耐震計算の記載箇所	設備分類*1	設計基準対象施設との評価条件の差異	耐震計算の記載箇所
計測制御系統施設	その他の計測制御系統施設	衛星電話設備 (固定型)	C	—*2	—	常設/防止 常設/緩和	—	VI-2-6-7-2-3
		衛星電話設備 (屋外アンテナ) (緊急時対策所)	C	—*2	—	常設/防止 常設/緩和	—	VI-2-6-7-2-4
	無線連絡設備 (固定型)	無線連絡設備 (固定型) (中央制御室)	C	—*2	—	常設/防止 常設/緩和	—	VI-2-6-7-3-1
		無線連絡設備 (屋外アンテナ) (中央制御室)	C	—*2	—	常設/防止 常設/緩和	—	VI-2-6-7-3-2
		無線連絡設備 (固定型) (緊急時対策所)	C	—*2	—	常設/防止 常設/緩和	—	VI-2-6-7-3-3
		無線連絡設備 (屋外アンテナ) (緊急時対策所)	C	—*2	—	常設/防止 常設/緩和	—	VI-2-6-7-3-4

評価対象設備			設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
			耐震重要度分類	新規制基準施行前に認可された実績との差異	耐震計算の記載箇所	設備分類*1	設計基準対象施設との評価条件の差異	耐震計算の記載箇所	
計測制御系統施設	その他の計測制御系統施設	安全パラメータ表示システム (SPDS)	SPDS 表示装置	C	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-6-7-4
			安全パラメータ表示システム (SPDS) 無線通信用アンテナ	C	—*2	—	常設/緩和	—	VI-2-6-7-5
			統合原子力防災ネットワークを用いた通信連絡設備	C	—*2	—	常設/その他	—	VI-2-6-7-6
	統合原子力防災ネットワークを用いた通信連絡設備		統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナ	C	—*2	—	常設/その他	—	VI-2-6-7-7
			統合原子力防災ネットワーク用通信機器収容架	C	—*2	—	常設/その他	—	VI-2-6-7-8

評価対象設備		設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
		耐震重要度分類	新規制基準施行前に認可された実績との差異	耐震計算の記載箇所	設備分類*1	設計基準対象施設との評価条件の差異	耐震計算の記載箇所	
計測制御系統施設	その他の計測制御系統施設	代替原子炉再循環ポンプトリップ遮断器	—	—*2	—	常設耐震／防止	—	VI-2-6-7-9
		原子炉压力容器温度	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-7-10
		フィルタ装置水位（広帯域）	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-7-11
		フィルタ装置入口圧力（広帯域）	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-7-12
		フィルタ装置出口圧力（広帯域）	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-7-13
		フィルタ装置水温度の耐震性	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-7-14
		フィルタ装置出口水素濃度	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-7-15
		原子炉補機冷却水系系統流量	—	—*2	—	常設／防止 (DB 拡張)	—	VI-2-6-7-16
		残留熱除去系熱交換器冷却水入口流量	C	—*2	—	常設／防止 (DB 拡張)	—	VI-2-6-7-17
		静的触媒式水素再結合装置動作監視装置	—	—*2	—	常設／緩和	—	VI-2-6-7-18

注記*1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備，「常設／防止（DB 拡張）」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張），「常設／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備及び「常設／その他」は常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備以外の常設重大事故等対処設備を示す。

注記*2：本工事計画で新規に申請する設備であることから，差異比較の対象外。

VI-2-6-2 制御材の耐震性についての計算書

目 次

VI-2-6-2-1 制御棒の耐震性についての計算書

VI-2-6-2-1 制御棒の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	2
2.1 構造計画	2
3. 燃料集合体の地震応答解析	3
4. 制御棒の挿入性試験	4
4.1 試験装置	4
4.2 試験方法	4
4.3 試験結果	4
5. 制御棒挿入性に対する鉛直方向地震による影響評価	10
5.1 鉛直方向の作用荷重及びそれに伴う挿入時間遅れ	10
5.2 燃料集合体の浮上り	10
6. 評価結果	11
7. 引用文献	11

1. 概要

本計算書は、制御棒の耐震性について示すものである。

地震時において制御棒に要求される機能は、制御棒の挿入機能の確保である。

制御棒の挿入機能の確保については、原子力発電所耐震設計技術指針重要度分類・許容応力編（J E A G 4 6 0 1・補-1984）に従って、地震時における制御棒の挿入性についての検討を行い、基準地震動 S_s に対し制御棒の挿入性が確保されることを確認する。ここで、地震時に制御棒の挿入性を阻害する支配的要因は、燃料集合体の水平方向地震による相対変位であることから、制御棒挿入試験は水平方向地震に対して実施する。また、鉛直方向地震に対してはその影響を評価する。

制御棒の挿入機能確保に必要な形状を維持するための構造部材は、シース、ハンドル、タイロッド、落下速度リミッタであり、制御棒挿入性試験により挿入機能が確認される。

なお、ボロンカーバイド型制御棒の運転寿命は、核的寿命及び機械的寿命のうち短い方で規定される。

ボロンカーバイド型制御棒のボロンカーバイド粉末を充てんした中性子吸収棒については、中性子照射によるガス等の発生に伴い中性子吸収棒の内圧が上昇するが、寿命末期において中性子吸収棒の変形は生じない。

以上より、制御棒の寿命中において中性子吸収材によるシースの変形はないことから、制御棒の挿入性に影響を与えることはない。

2. 一般事項

2.1 構造計画

制御棒の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>制御棒は、カップリングソケットにより制御棒駆動機構に支持される。</p>	<p>十字形制御棒 制御棒の長さは 4400mm であり、ブレードの幅は 249mm である。</p>	

3. 燃料集合体の地震応答解析

燃料集合体の地震応答解析は原子炉压力容器内部構造物の一部として実施されており，詳細はVI-2-3-2「炉心，原子炉压力容器及び原子炉内部構造物並びに原子炉格納容器及び原子炉本体の基礎の地震応答計算書」に示す。

制御棒挿入性の評価においては，材料物性の不確かさ等を考慮した最大応答相対変位 54.2mm 及び最大鉛直加速度 16.2m/s^2 を用いる。

4. 制御棒の挿入性試験

水平方向地震により燃料集合体に相対変位が生じた状態で制御棒の挿入性が確保されることを確認するため、制御棒の挿入性試験を実施している。試験は 2015 年 11 月に当時の株式会社 東芝にて実施したものである。

4.1 試験装置

試験装置の概要を図 4-1 に示す。

試験装置は炉心を模擬するために、試験容器内に上部格子板、燃料集合体、制御棒案内管を据え付け、下部に制御棒駆動機構ハウジングを接続している。

試験用機器仕様の概要を表 4-1 に示す。燃料集合体は質量を模擬するため燃料ペレットに鉛を使用している。制御棒及び制御棒駆動機構等の供試体は実機仕様である。

計測装置の概要を図 4-2 に示す。

4.2 試験方法

試験条件を表 4-2 に示す。

図 4-1 に示す試験容器内に 4 体の質量模擬燃料集合体を組み込んで、加振台により試験容器を全体加振し、スクラム試験を実施した。

試験では、図 4-2 に示す計測装置により、燃料集合体の相対変位（振幅）及び制御棒の挿入時間を測定した。

4.3 試験結果

図 4-3 に燃料集合体相対変位と 75%ストロークスクラム時間の関係を示す。

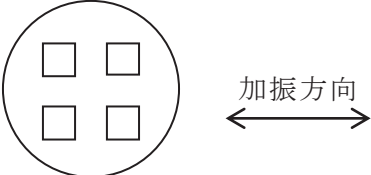
図 4-3 に示すとおり、燃料集合体の相対変位が約 60mm までの範囲において、75%ストロークスクラム時間が 1.62 秒以内であることを確認した。

なお、制御棒挿入試験後において制御棒の外観に有意な変化がないことを確認した。

表 4-1 試験用機器仕様の概要（ボロンカーバイド型制御棒用）

試験用機器	仕様の概要
燃料集合体	質量模擬燃料集合体 （質量模擬のため燃料ペレットに鉛を使用）
制御棒	実機仕様
燃料支持金具	実機仕様
制御棒案内管	実機仕様
制御棒駆動機構	実機仕様
水圧制御ユニット	実機仕様
加振台	加 振 力：水平 $3.9 \times 10^5 \text{N}$ 最大加速度：水平 $\pm 9.8 \text{m/s}^2$

表 4-2 試験条件 (ボロンカーバイド型制御棒用)

項目	条件
温度	室温
圧力	常圧*
加振条件	<p>加振方向：水平方向</p>  <p>加振振幅：燃料集合体の最大振幅が 0～70mm の範囲</p> <p>加振振動数：約 5Hz (燃料集合体の水中固有 振動数相当)</p> <p>加振波形：正弦波</p>
スクラム開始時 の制御棒位置	全引き抜き状態

注記*：アキュムレータ圧力の調整により原子炉定格圧力
(6.93MPa[gage]) 時のスクラムを模擬。

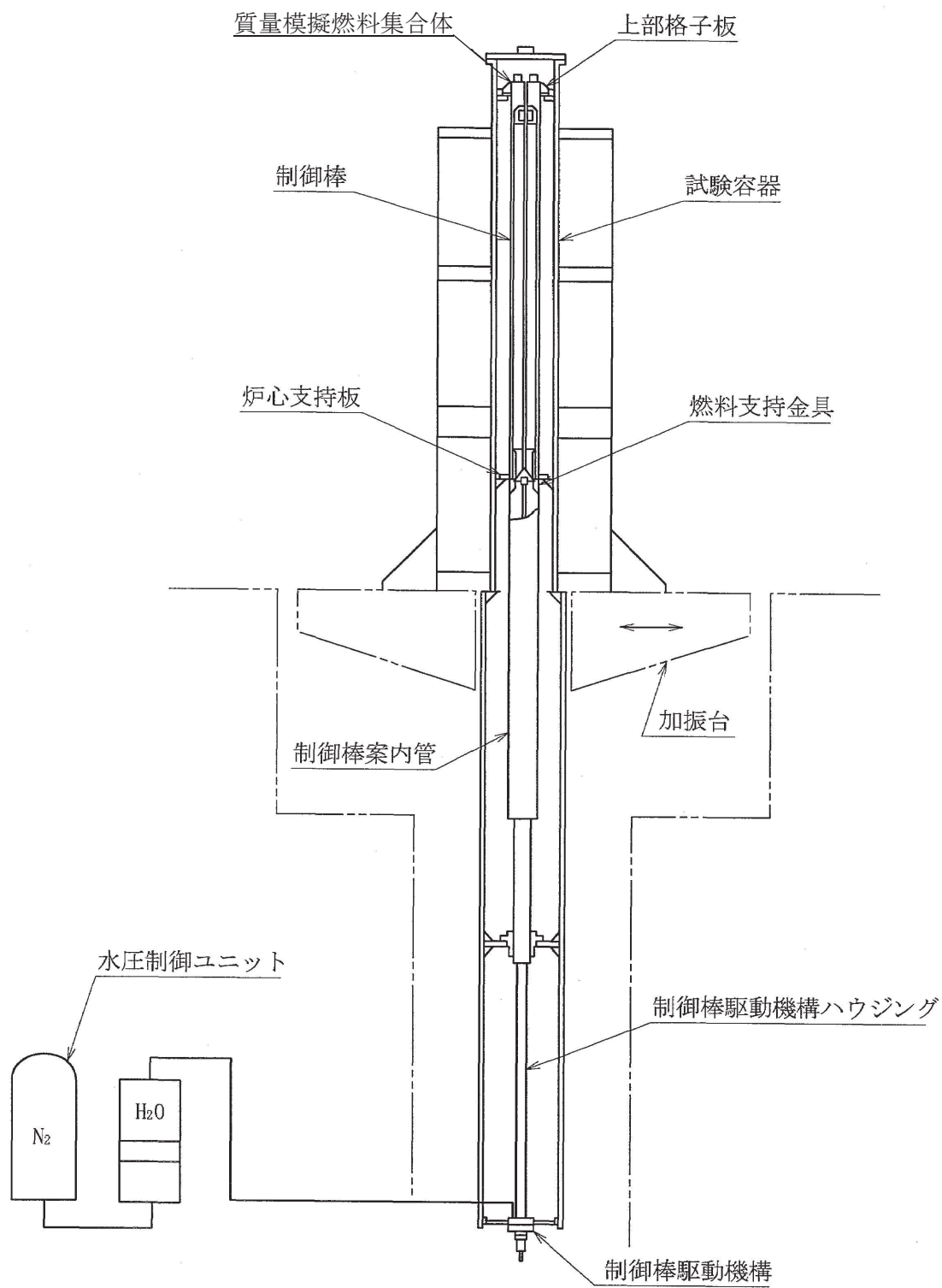


図 4-1 試験装置の概要

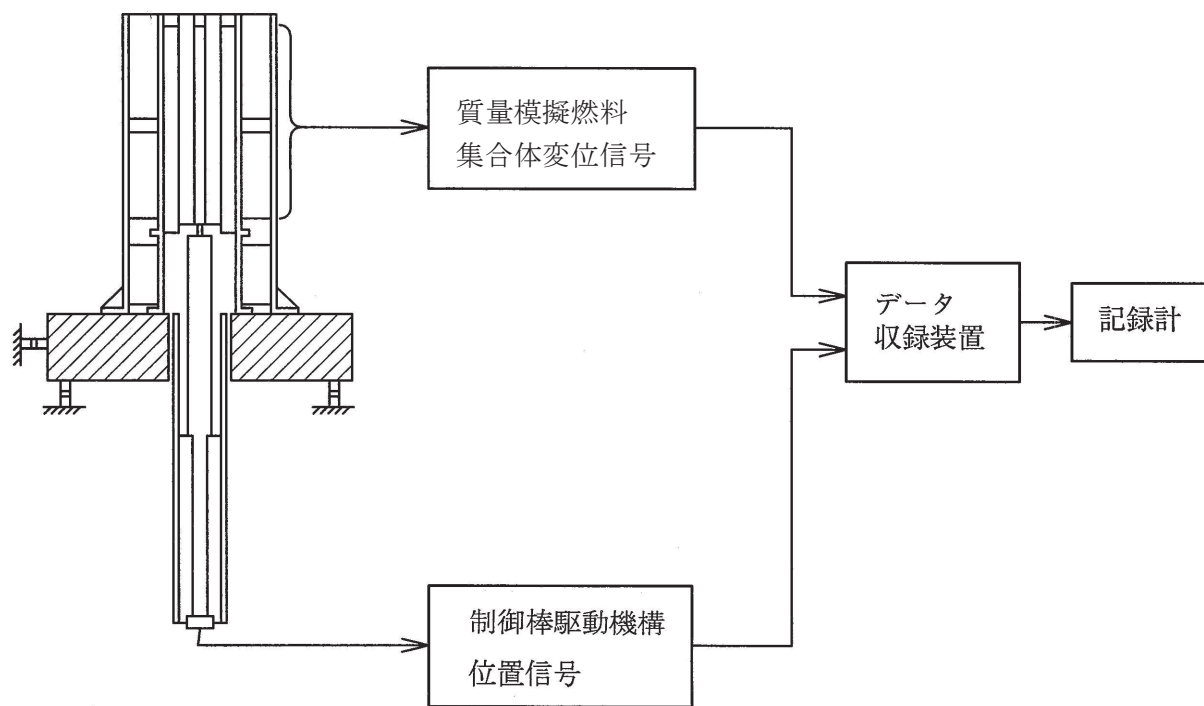


図 4-2 計測装置の概要

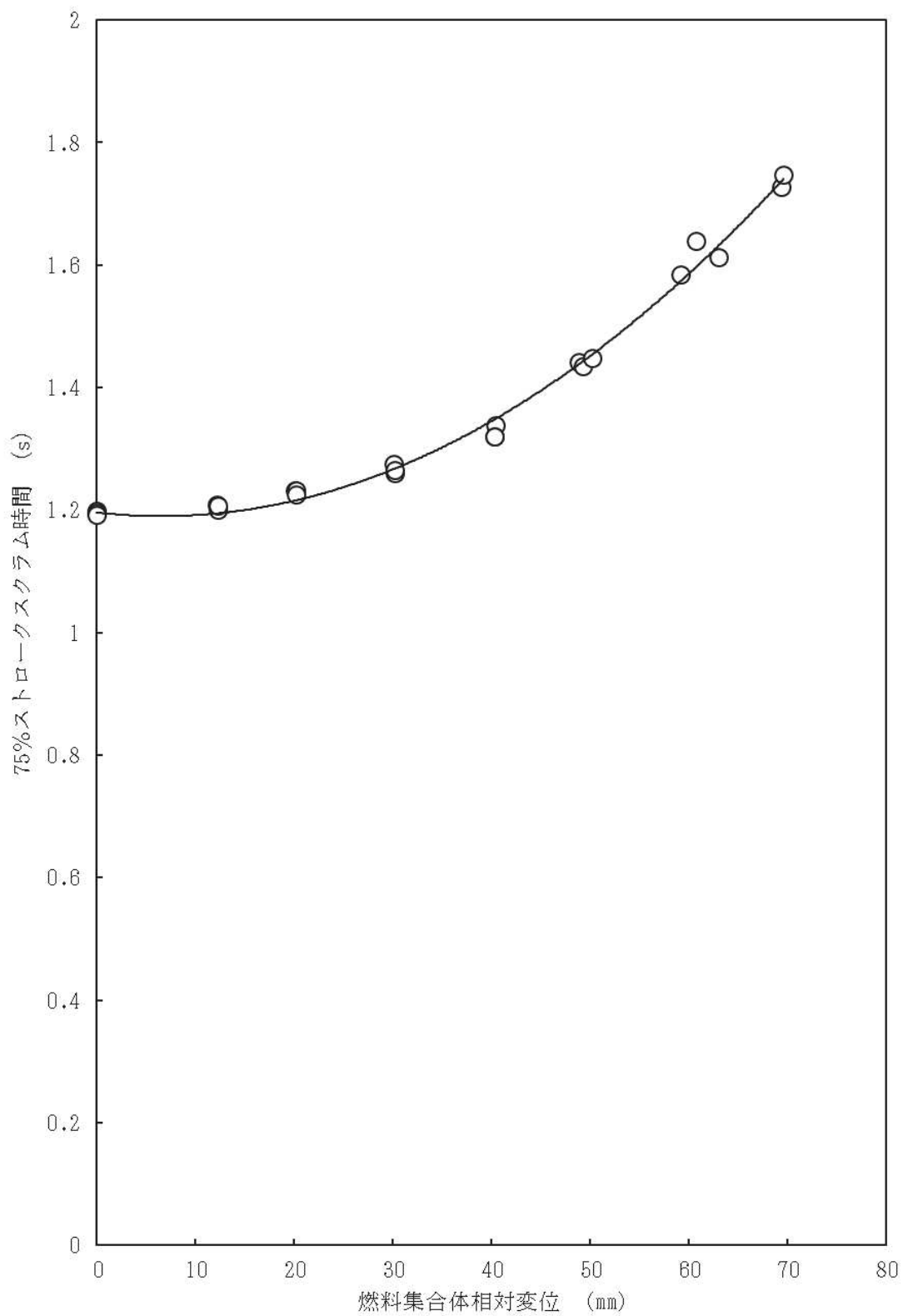


図 4-3 燃料集合体相対変位のスクラム時間に及ぼす影響

(ボロンカーバイド型制御棒)

5. 制御棒挿入性に対する鉛直方向地震による影響評価

鉛直方向地震により制御棒の挿入性に与える影響について、次の観点で評価する。

- (1) 鉛直方向の作用荷重及びそれに伴う挿入時間遅れ
- (2) 燃料集合体の浮上り

5.1 鉛直方向の作用荷重及びそれに伴う挿入時間遅れ

制御棒に作用する荷重について、制御棒に作用する鉛直方向地震力と地震スクラムにより生じるその他の荷重との大小関係を確認し、評価した。

その結果、交番荷重である鉛直地震動の加速度 16.2m/s^2 が、仮に常時制御棒の挿入方向と逆向き（下向き）に作用した場合でも、制御棒の挿入力（上向き）は下向きの力に対して、大きくなっており、鉛直方向の作用荷重による制御棒挿入性への影響はない。

また、鉛直方向の作用荷重は、実際には交番荷重として作用することから、挿入時間の遅れに対する影響は小さく、スクラム目安時間を超えることはない。

5.2 燃料集合体の浮上り

鉛直方向地震による燃料集合体の浮上りによる制御棒挿入性への影響については、引用文献(1)及び(2)で評価している。引用文献に基づいた影響評価により、女川原子力発電所第2号機における鉛直方向地震に対して燃料集合体が燃料支持金具設置深さ 60mm を超えるような浮上りは生じないことを確認した。

また、鉛直方向地震に加えて水平方向地震が作用し、燃料支持金具の面に沿って上方向に移動する事象を想定する場合でも、燃料支持金具からの離脱は生じないことを確認した。

6. 評価結果

燃料集合体の地震応答解析の結果、燃料集合体の最大応答相対変位は 54.2mm である。

また、制御棒挿入試験の結果より、燃料集合体の相対変位が約 60mm までの範囲において、通常のスクラム仕様値 75%ストローク 1.62 秒以下で挿入できること、並びに、制御棒挿入性試験後、制御棒の外観に有意な変化がないことを確認した。

さらに、鉛直方向地震による制御棒挿入性への影響について、制御棒に作用する荷重、挿入時間遅れ及び燃料集合体の浮上りに対して問題ないことを確認した。

したがって、基準地震動 S_s に対する制御棒の挿入性と健全性は確保される。

7. 引用文献

- (1) 独立行政法人 原子力安全基盤機構 平成 17 年度「原子力施設等の耐震性評価技術に関する試験及び調査 機器耐力その 2 (BWR 制御棒挿入性) に係る報告書」(平成 18 年 9 月)
- (2) 独立行政法人 原子力安全基盤機構 平成 17 年度「原子力施設等の耐震性評価技術に関する試験及び調査 機器耐力その 3 (総合評価) に係る報告書」(平成 18 年 8 月)

VI-2-6-3 制御材駆動装置の耐震性についての計算書

目 次

- VI-2-6-3-1 制御棒駆動機構の耐震性についての計算書
- VI-2-6-3-2 制御棒駆動水圧設備の耐震性についての計算書

VI-2-6-3-1 制御棒駆動機構の耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用基準	4
2.4 記号の説明	5
2.5 計算精度と数値の丸め方	6
3. 評価部位	7
4. 構造強度評価	8
4.1 構造強度評価方法	8
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	9
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	9
4.2.2 許容応力	9
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	9
4.3 固有周期	12
4.4 設計用地震力	13
4.5 計算方法	14
4.5.1 応力の計算方法	14
4.6 計算条件	16
4.6.1 制御棒駆動機構の応力計算条件	16
4.6.2 運転条件	17
4.7 応力の評価	18
4.7.1 管の応力評価	18
5. 評価結果	18
5.1 設計基準対象施設としての評価結果	18
5.2 重大事故等対処設備としての評価結果	18

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき、制御棒駆動機構が設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

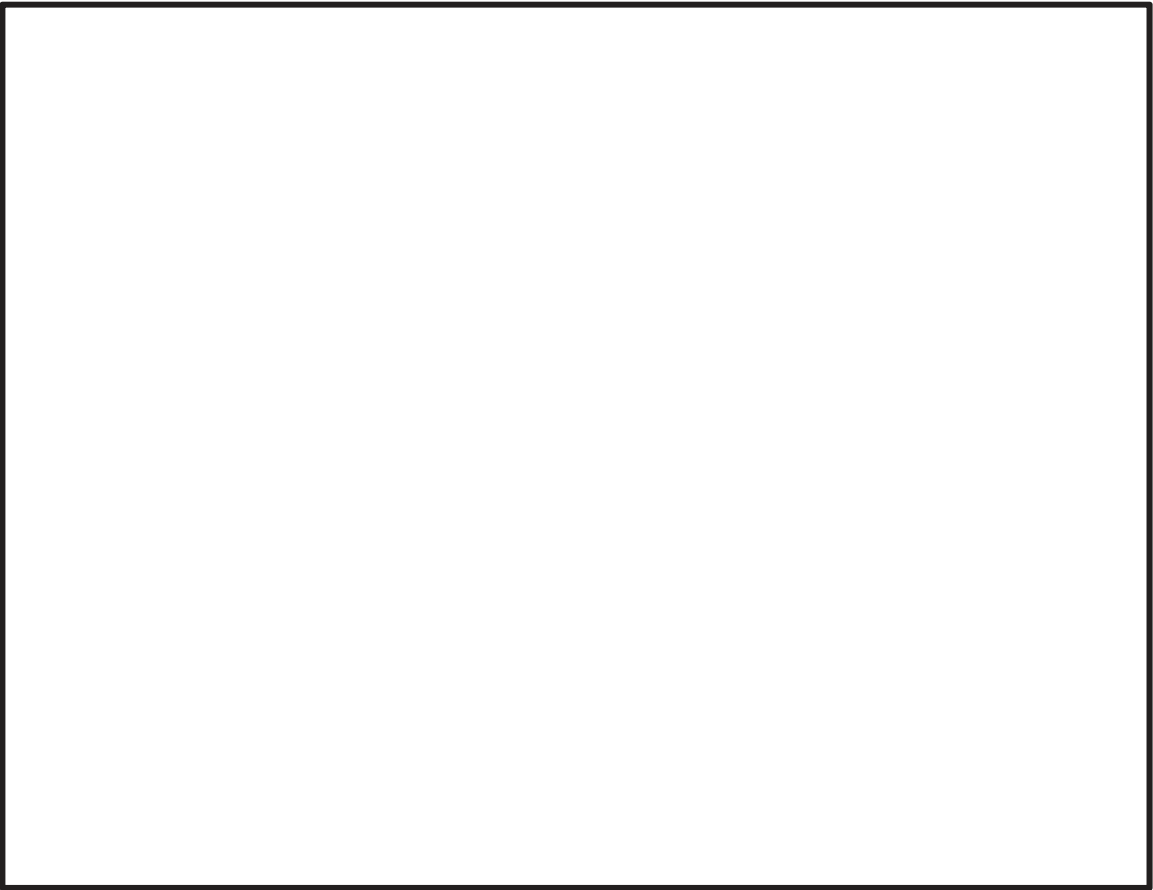
制御棒駆動機構は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

制御棒駆動機構の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>制御棒駆動機構は、圧力容器下部から延長している制御棒駆動機構ハウジング内に収容する一体構造物で、制御棒駆動機構ハウジングの下端フランジに締付ボルトで接合される。</p>	<p>ラッチ機構を備えた水圧ピストンシリンダ構造。水圧ピストンシリンダは、ピストンチューブ、インデックスチューブ、シリンダチューブ等から構成される。また、ラッチ機構は、コレットフィンガ、コレットスプリング等から構成される。</p>	

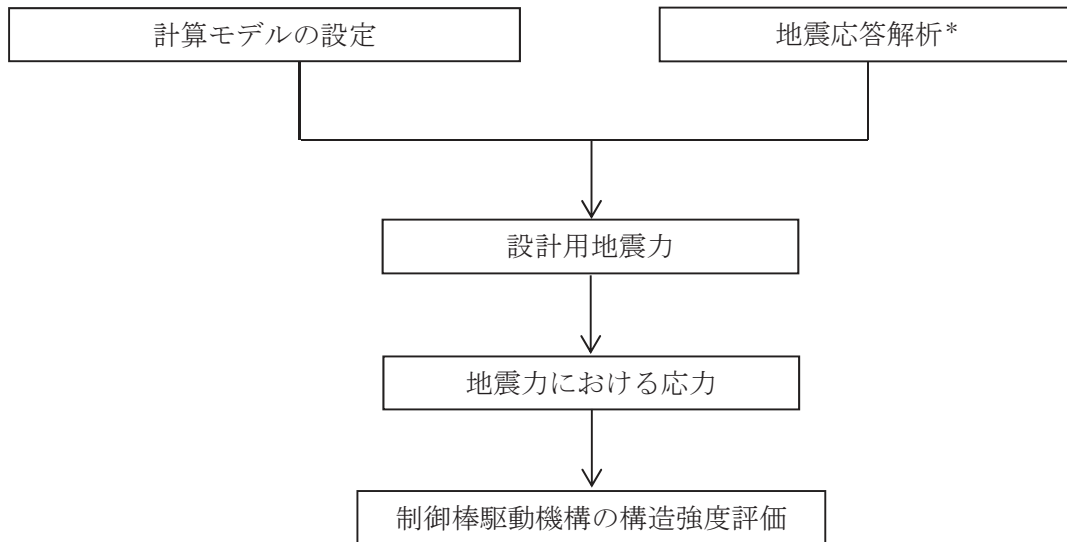
2

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2.2 評価方針

制御棒駆動機構の応力評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」のうち「3.1 構造強度上の制限」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示す制御棒駆動機構の部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、添付書類「VI-2-3-2 炉心、原子炉圧力容器及び原子炉内部構造物並びに原子炉格納容器及び原子炉本体の基礎の地震応答計算書」に基づく発生荷重による応力等が許容限界内に収まることを、「4. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。

制御棒駆動機構の耐震評価フローを図 2-1 に示す。



注記*：発生荷重は、添付書類「VI-2-3-2 炉心、原子炉圧力容器及び原子炉内部構造物並びに原子炉格納容器及び原子炉本体の基礎の地震応答計算書」における原子炉本体地震応答解析より得られる値。

図 2-1 制御棒駆動機構の耐震評価フロー

2.3 適用基準

適用基準を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 ((社) 日本電気協会)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・
補-1984 ((社) 日本電気協会)
- (3) 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版((社) 日本電気協会)
- (4) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 (2005 年版 (2007 年追補版含む。)) J S M E
S N C 1-2005/2007 (日本機械学会)

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
B_1, B_2	設計・建設規格 PPB-3810 に規定する応力係数 (一次応力の計算に使用するもの)	—
C_2	設計・建設規格 PPB-3810 に規定する応力係数 (一次+二次応力の計算に使用するもの)	—
D_o	管の外径	mm
E	設計・建設規格 付録材料図表 Part6 表1 に規定する縦弾性係数	MPa
F_w	制御棒駆動機構の自重	N
F_{scr}	スクラム反力により制御棒駆動機構に生じる荷重	N
F_v	鉛直方向震度により制御棒駆動機構に生じる地震荷重	N
K_2	設計・建設規格 PPB-3810 に規定する応力係数 (ピーク応力の計算に使用するもの)	—
K_e	繰返しピーク応力強さ係数	—
M_{hsg}	水平方向震度により制御棒駆動機構ハウジングに生じるモーメント	N・mm
M_{ip}	管の機械的荷重 (地震による慣性力を含む。) により生じるモーメント	N・mm
M_{is}	管の地震動の慣性力と相対変位により生じるモーメントの全振幅	N・mm
n_i	繰返し荷重 i の実際の繰返し回数	回
N_i	設計・建設規格 PPB-3534 による繰返し荷重 i の許容繰返し回数	回
P	地震と組み合わせるべき運転状態における圧力	MPa
S_σ	繰返しピーク応力強さ	MPa
S_m	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表1 に規定する材料の設計応力強さ	MPa
S_n	一次+二次応力	MPa
S_p	ピーク応力	MPa
S_{prm}	一次応力	MPa
t	管の厚さ	mm
U	疲労累積係数	—
Z_i	管の断面係数	mm ³

2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表2-2に示すとおりである。

表2-2 表示する数値の丸め方

数値の種類		単位	処理桁	処理方法	表示桁
縦弾性係数		MPa	小数点以下第1位	四捨五入	整数位
断面係数		mm ³	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁* ¹
力		N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁* ¹
モーメント		N・mm	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁* ¹
計算応力		MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力* ²		MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位
震度		—	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位
圧力		MPa	小数点以下第3位	四捨五入	小数点以下第2位
長さ	下記以外の長さ	mm	小数点以下第2位	四捨五入	小数点以下第1位
	計算上必要な厚さ	mm	小数点以下第2位	切上げ	小数点以下第1位
	最小厚さ	mm	小数点以下第2位	切捨て	小数点以下第1位
温度		℃	小数点以下第1位	四捨五入	整数位
疲労累積係数		—	小数点以下第5位	切上げ	小数点以下第4位

注記*1：絶対値が1000以上のときは、べき数表示とする。

*2：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における応力強さ及び降伏点は、比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨て、整数位までの値とする。

3. 評価部位

制御棒駆動機構の要求機能は、クラス1の耐圧バウンダリとスクラム機能である。本計算書では、クラス1の耐圧バウンダリであり、耐震評価上厳しくなるフランジについて、「4.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき耐震計算を実施する。制御棒駆動機構の耐震評価部位については、表2-1の概略構造図に示す。また、スクラム機能の耐震評価については、添付書類「VI-2-6-2-1 制御棒の耐震性についての計算書」にて確認している。

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

- (1) 制御棒駆動機構は、制御棒駆動機構ハウジング下端に固定される。
- (2) 制御棒駆動機構ハウジングの下端フランジとの接合部品である制御棒駆動機構フランジを評価部位とし、フランジの最小板厚部を管とみなし、添付書類「VI-2-1-13-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。
- (3) 地震荷重は、添付書類「VI-2-3-2 炉心、原子炉圧力容器及び原子炉内部構造物並びに原子炉格納容器及び原子炉本体の基礎の地震応答計算書」で求めた制御棒駆動機構ハウジング下端のフランジ部分の値に基づき設定する。
- (4) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
- (5) 耐震評価は、設計基準対象施設と重大事故等対処設備の包絡条件で実施する。

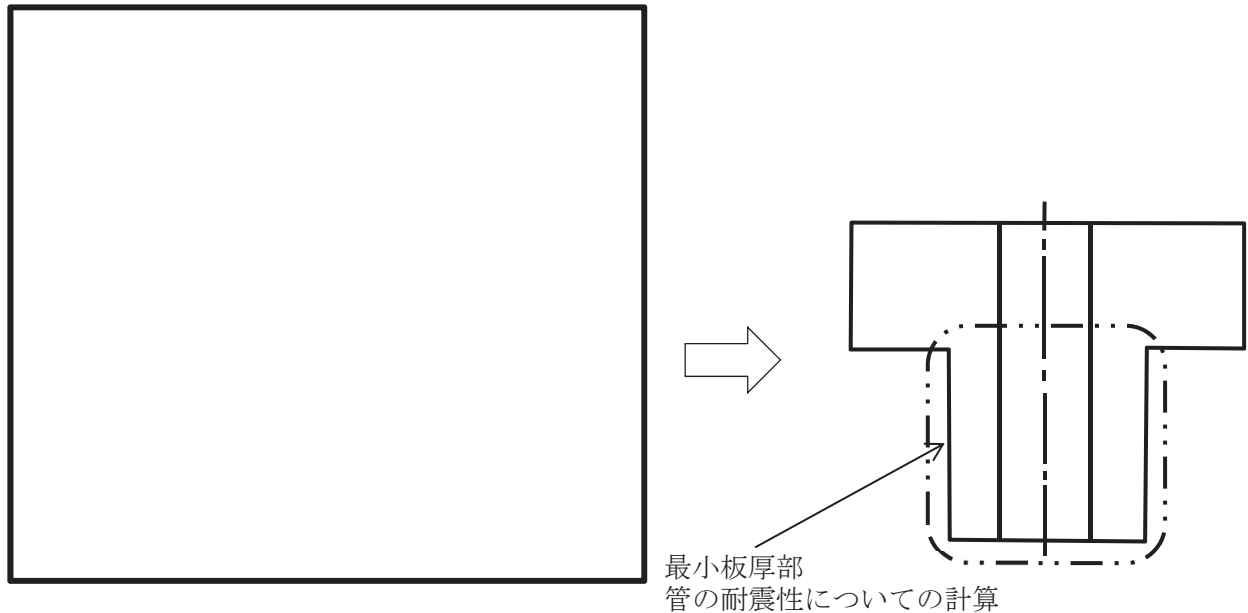


図 4-1 評価モデル

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

制御棒駆動機構の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-1 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-2 に示す。

4.2.2 許容応力

制御棒駆動機構の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 4-3 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

制御棒駆動機構の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-4 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-5 に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御系統 設備	制御材駆動 装置	制御棒駆動機構	S	—*1	$D + P + M + S_d^*$	III _A S
					$D + P + M + S_s$	IV _A S
					$D + P_L + M_L + S_d^*$	

注記*1：クラス1管の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御系統 設備	制御材駆動 装置	制御棒駆動機構	常設耐震／防止	—*2	$D + P + M + S_s$	IV _A S
					$D + P_L + M_L + S_d^*$	
					—*3	V _A S *3

注記*1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備を示す。

*2：重大事故等クラス2管（クラス1管）の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

*3：原子炉冷却材圧力バウンダリ範囲は重大事故等発生時の使用条件が設計条件（圧力・温度等）を超える時間が短期（ 10^{-2} 年未満）であるため、運転状態Vにおいて S_d 又は S_s 地震力との組合せは考慮不要とする。

表 4-3 許容応力 (クラス 1 管及び重大事故等クラス 2 管であってクラス 1 管)

許容応力状態	許容限界		
	一 次 応 力	一次+二次応力	一次+二次+ピーク応力
Ⅲ _A S	2.25 S _m	3 S _m	S _d 又は S _s 地震動のみによる疲労累積係数と、運転状態 I, II における疲労累積係数の和が 1.0 以下であること。
Ⅳ _A S	3 S _m	S _d 又は S _s 地震動のみによる 応力振幅について評価する。	

表 4-4 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

材料	最高使用温度 (°C)	S _m (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _h (MPa)
SUSF304	302	114	—	—	—

表 4-5 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

材料	最高使用温度 (°C)	S _m (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _h (MPa)
SUSF304	302	114	—	—	—

4.3 固有周期

表 2-1 の概略構造図に示すように、制御棒駆動機構は制御棒駆動機構ハウジングに据付部材を介さずに、締付ボルトにて直接接続される構造である。したがって、固有周期は、添付書類「VI-2-3-2 炉心，原子炉圧力容器及び原子炉内部構造物並びに原子炉格納容器及び原子炉本体の基礎の地震応答計算書」における原子炉本体地震応答解析により確認している。

4.4 設計用地震力

「弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度」及び「基準地震動 S_s」による地震力は、添付書類「VI-2-3-2 炉心，原子炉圧力容器及び原子炉内部構造物並びに原子炉格納容器及び原子炉本体の基礎の地震応答計算書」に基づき設定する。

評価に用いる設計用地震力を表 4-6 及び表 4-7 に示す。

表 4-6 設計用地震力（設計基準対象施設）

据付場所 及び 床面高さ (m)	弾性設計用地震動 S _d 又は 静的震度		基準地震動 S _s	
	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉建屋 O.P. 3.258* ¹	—* ²	C _v =0.77	—* ²	C _v =1.32

注記*1：基準床レベル（制御棒駆動機構ハウジング下端フランジの取付面のレベル）を示す。

*2：水平方向震度により発生する荷重は、添付書類「VI-2-3-2 炉心，原子炉圧力容器及び原子炉内部構造物並びに原子炉格納容器及び原子炉本体の基礎の地震応答計算書」に基づき得られる値。

表 4-7 設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所 及び 床面高さ (m)	弾性設計用地震動 S _d 又は 静的震度		基準地震動 S _s	
	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉建屋 O.P. 3.258* ¹	—	—	—* ²	C _v =1.32

注記*1：基準床レベル（制御棒駆動機構ハウジング下端フランジの取付面のレベル）を示す。

*2：水平方向震度により発生する荷重は、添付書類「VI-2-3-2 炉心，原子炉圧力容器及び原子炉内部構造物並びに原子炉格納容器及び原子炉本体の基礎の地震応答計算書」に基づき得られる値。

4.5 計算方法

4.5.1 応力の計算方法

(1) 管の計算方法

地震荷重として制御棒駆動機構ハウジングの応答の最大値が作用するものとして実施する。

耐震評価モデルを図 4-2 に示す。

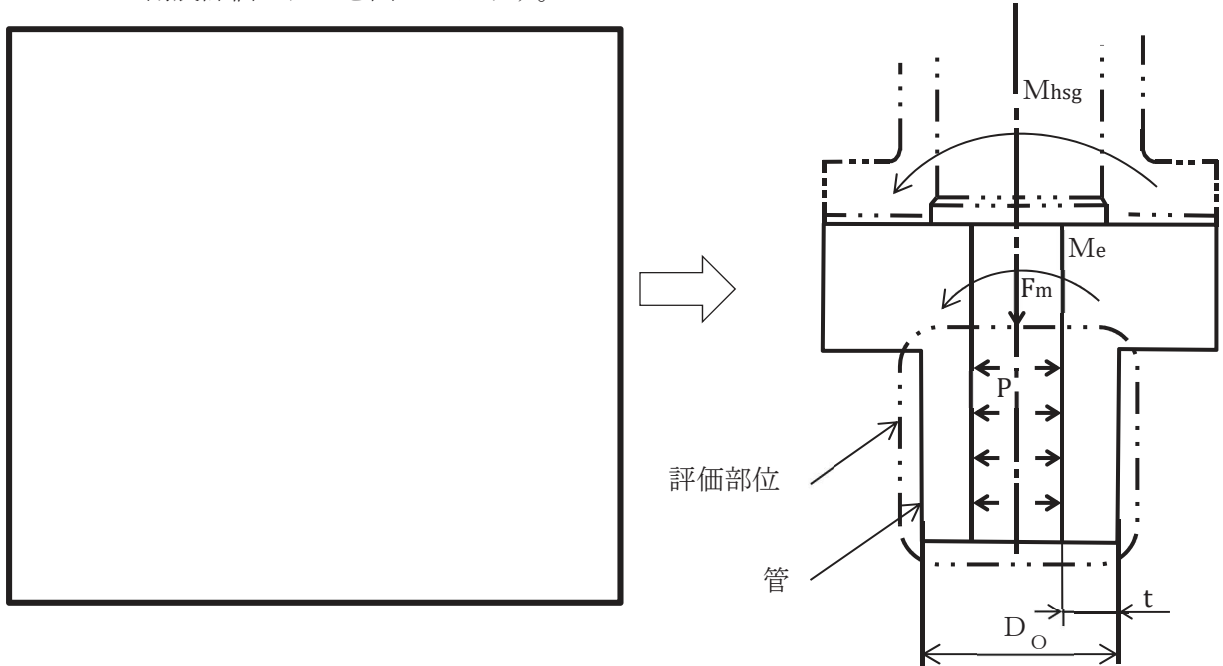


図 4-2 耐震評価モデル

a. 管に作用するモーメント

(a) 管の機械的荷重（地震による慣性力を含む）により生じるモーメント

機械的荷重として自重とスクラム反力による荷重，地震による慣性力として地震動による鉛直荷重と応答モーメントを考量すると以下となる。

$$\begin{aligned}
 M_{ip} &= M_{hsg} + M_e \\
 &= M_{hsg} + \frac{D_o^2 + (D_o - 2 \cdot t)^2}{8 \cdot D_o} \cdot F_m \quad \dots \dots (4.5.1)
 \end{aligned}$$

ここで，

$$F_m = F_w + F_{scr} + F_v^* \quad \dots \dots (4.5.2)$$

注記*：F_vは，表 4-6 及び 4-7 に示す鉛直方向設計震度C_vより算出する鉛直

方向地震荷重

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(b) 管の地震動の慣性力と相対変位により生じるモーメントの全振幅

相対変位は生じないことから、地震動の慣性力として地震動による鉛直荷重と応答モーメントを考慮すると以下となる。

$$M_{i s} = \left\{ M_{h s g} + \frac{D_o^2 + (D_o - 2 \cdot t)^2}{8 \cdot D_o} \cdot F_v \right\} \times 2 \quad \dots (4.5.3)$$

b. 耐震性についての計算

(a) 一次応力

$$S_{p r m} = \frac{B_1 \cdot P \cdot D_o}{2 \cdot t} + \frac{B_2 \cdot M_{i p}}{Z_i} \quad \dots (4.5.4)$$

ここで、

$$Z_i = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{D_o^4 - (D_o - 2 \cdot t)^4}{D_o} \quad \dots (4.5.5)$$

とする。

(b) 一次+二次応力

$$S_n = \frac{C_2 \cdot M_{i s}}{Z_i} \quad \dots (4.5.6)$$

(c) ピーク応力

$$S_p = \frac{K_2 \cdot C_2 \cdot M_{i s}}{Z_i} \quad \dots (4.5.7)$$

(d) 繰返しピーク応力強さ

$$S_\ell = \frac{K_e \cdot S_p}{2} \quad \dots (4.5.8)$$

(e) 疲労累積係数

$$\sum \frac{n_i}{N_i} \leq 1.0 \quad \dots (4.5.9)$$

4.6 計算条件

4.6.1 制御棒駆動機構の応力計算条件

応力計算に用いる計算条件は、表 4-8 及び本計算書の【制御棒駆動機構の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4-8 計算条件

項目	記号	単位	数値等
材料	—	—	
設計・建設規格 PPB-3810 に規定する応力係数	B_1	—	
設計・建設規格 PPB-3810 に規定する応力係数	B_2	—	
設計・建設規格 PPB-3810 に規定する応力係数	C_2	—	
管の外径	D_o	mm	
使用温度における材料の縦弾性係数	E	MPa	
自重	F_w	N	
スクラム反力により生じる荷重	$F_{s c r}$	N	
鉛直方向震度 (S_d) により生じる地震荷重* ¹	F_v	N	
鉛直方向震度 (S_s) により生じる地震荷重* ¹	F_v	N	
設計・建設規格 PPB-3810 に規定する応力係数	K_2	—	
繰返しピーク応力強さ係数	K_e	—	
水平方向震度 (S_d 又は静的震度) により制御棒駆動機構ハウジングに生じるモーメントの最大値* ²	$M_{h s g}$	N・mm	
水平方向震度 (S_s) により制御棒駆動機構ハウジングに生じるモーメントの最大値* ²	$M_{h s g}$	N・mm	
地震と組合わせるべき運転状態における圧力	P	MPa	
管の厚さ	t	mm	

注記*1：添付書類「VI-2-3-2 炉心，原子炉圧力容器及び原子炉内部構造物並びに原子炉格納容器及び原子炉本体の基礎の地震応答計算書」の原子炉本体地震応答解析により得られる応答軸力と鉛直方向設計震度より算出する鉛直方向荷重のうち大きい方の値。

注記*2：添付書類「VI-2-3-2 炉心，原子炉圧力容器及び原子炉内部構造物並びに原子炉格納容器及び原子炉本体の基礎の地震応答計算書」の原子炉本体地震応答解析により得られた値。

4.6.2 運転条件

制御棒駆動機構の応力計算に用いる運転条件は、表 4-9 に示すとおりである。

表 4-9 運転条件



4.7 応力の評価

4.7.1 管の応力評価

4.5.1項で求めた応力が許容応力以下であること。許容応力は4.2.2項 表4-3による。

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

制御棒駆動機構の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

制御棒駆動機構の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

【制御棒駆動機構の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
				水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度		
制御棒駆動機構	S		—*2	—*3	C _v =0.77	—*3	C _v =1.32	302	—

注記*1：制御棒駆動機構ハウジングの取付面のレベルを示す。

*2：固有周期は、添付書類「VI-2-3-2 炉心，原子炉圧力容器及び原子炉内部構造物並びに原子炉格納容器及び原子炉本体の基礎の地震応答計算書」によるものとする。

*3：水平方向震度により発生する荷重は、添付書類「VI-2-3-2 炉心，原子炉圧力容器及び原子炉内部構造物並びに原子炉格納容器及び原子炉本体の基礎の地震応答計算書」に基づき得られる値。

1.2 機器要目

部材	D _o (mm)	t (mm)	M _{hsg} (N・mm)		F _w (N)	F _{scr} (N)	F _v (N)		P (MPa)	n _i (回)
			弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s			弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s		
フランジ										

部材	Z _i (mm ³)	B ₁	B ₂	C ₂	K ₂	K _e	S _m (MPa)	縦弾性係数 E (MPa)
フランジ								

注記*1：運転条件の回数に一律に設定する等価繰返し回数 を加えた回数

*2：最高使用温度で算出

1.3 計算数値

管に作用するモーメント

部材	$M_{i p}$ (N・mm)		$M_{i s}$ (N・mm)	
	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
フランジ				

許容繰返し回数

部材	S_p (MPa)		S_e (MPa)		N_i (回)	
	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
フランジ						

1.4 結論
1.4.1 応力

許容応力状態	最大応力評価点	最大応力区分	一次応力評価 (MPa)		一次+二次応力評価 (MPa)		疲労評価
			一次応力 $S_{p r m} (S d)$ $S_{p r m} (S s)$	許容応力 $2.25 \cdot S_m$ $3 \cdot S_m$	一次+二次応力 $S_n (S d)$ $S_n (S s)$	許容応力 $3 \cdot S_m$ $3 \cdot S_m$	疲労累積係数 $U + U_{S d}$ $U + U_{S s}$
III _A S	フランジ 最小断面	$S_{p r m} (S d)$	27	258	—	—	—
III _A S		$S_n (S d)$	—	—	25	344	—
III _A S		$U + U_{S d}$	—	—	—	—	0.0000
IV _A S		$S_{p r m} (S s)$	42	344	—	—	—
IV _A S		$S_n (S s)$	—	—	54	344	—
IV _A S		$U + U_{S s}$	—	—	—	—	0.0000

すべて許容応力以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
				水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度		
制御棒駆動機構	常設耐震/防止		—*2	—	—	—*3	C _v =1.32	302	—

注記*1: 制御棒駆動機構ハウジングの取付面のレベルを示す。

*2: 固有周期は、添付書類「VI-2-3-2 炉心, 原子炉圧力容器及び原子炉内部構造物並びに原子炉格納容器及び原子炉本体の基礎の地震応答計算書」によるものとする。

*3: 水平方向震度により発生する荷重は、添付書類「VI-2-3-2 炉心, 原子炉圧力容器及び原子炉内部構造物並びに原子炉格納容器及び原子炉本体の基礎の地震応答計算書」に基づき得られる値。

2.2 機器要目

部材	D _o (mm)	t (mm)	M _{hsg} (N・mm)		F _w (N)	F _{scr} (N)	F _v (N)		P (MPa)	n _i (回)
			弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s			弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s		
フランジ			—				—			

部材	Z _i (mm ³)	B ₁	B ₂	C ₂	K ₂	K _e	S _m (MPa)	縦弾性係数 E (MPa)
フランジ							114	175840*2

注記*1: 運転条件の回数に一律に設定する等価繰返し回数 を加えた回数

*2: 最高使用温度で算出

2.3 計算数値

管に作用するモーメント

部 材	$M_{i p}$ (N・mm)		$M_{i s}$ (N・mm)	
	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
フランジ	—		—	

許容繰返し回数

部 材	S_p (MPa)		S_θ (MPa)		N_i (回)	
	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
フランジ	—		—		—	

2.4 結論

2.4.1 応力

許容応力状態	最大応力評価点	最大応力区分	一次応力評価 (MPa)		一次+二次応力評価 (MPa)		疲労評価
			一次応力 $S_{p r m} (S s)$	許容応力 $3 \cdot S_m$	一次+二次応力 $S_n (S s)$	許容応力 $3 \cdot S_m$	疲労累積係数 $U + U_{S s}$
IV _A S	フランジ 最小断面	$S_{p r m} (S s)$	42	344	—	—	—
IV _A S		$S_n (S s)$	—	—	54	344	—
IV _A S		$U + U_{S s}$	—	—	—	—	0.0000

すべて許容応力以下である。

VI-2-6-3-2 制御棒駆動水圧設備の耐震性についての計算書

目 次

VI-2-6-3-2-1 水圧制御ユニットの耐震性についての計算書

VI-2-6-3-2-1 水圧制御ユニットの耐震性についての計算書

目次

1.	概要	1
2.	一般事項	1
2.1	構造計画	1
2.2	評価方針	3
2.3	適用基準	4
2.4	記号の説明	5
2.5	計算精度と数値の丸め方	7
3.	評価部位	8
4.	地震応答解析及び構造強度評価	8
4.1	地震応答解析及び構造強度評価方法	8
4.2	荷重の組合せ及び許容応力	8
4.2.1	荷重の組合せ及び許容応力状態	8
4.2.2	許容応力	8
4.2.3	使用材料の許容応力評価条件	8
4.3	解析モデル及び諸元	13
4.4	固有周期	15
4.5	設計用地震力	16
4.6	計算方法	17
4.6.1	応力の計算方法	17
4.7	計算条件	23
4.8	応力の評価	23
4.8.1	フレームの応力評価	23
4.8.2	取付ボルトの応力評価	24
5.	機能維持評価	25
5.1	動的機能維持評価方法	25
6.	評価結果	26
6.1	設計基準対象施設としての評価結果	26
6.2	重大事故等対処設備としての評価結果	26

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、水圧制御ユニットが設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

水圧制御ユニットは、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び動的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

水圧制御ユニットの構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>水圧制御ユニットのフレームは、十分剛な支持架構に取付ボルトにより固定されている。</p>	<p>アキュムレータ、窒素容器、スクラムパイロット弁、スクラム弁、配管ユニット、計装ユニット等の構成部品がフレームに取付けられた構造。</p>	<p>The diagram illustrates the structural layout. On the left, a vertical frame (フレーム) is shown with horizontal cross-bracing. This frame is supported by a larger support structure (支持架構). On the right, a vertical assembly is shown, which includes a frame (フレーム) and a support structure (支持架構). This assembly is secured with mounting bolts (取付ボルト) at three distinct locations: near the top, in the middle, and at the bottom. A note at the bottom right of the diagram specifies '(単位: mm)' (Unit: mm).</p>

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2.2 評価方針

水圧制御ユニットの応力評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示す水圧制御ユニットの部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4.3 解析モデル及び諸元」及び「4.4 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「4. 地震応答解析及び構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、制御棒駆動水圧系スクラム弁の機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した動的機器の機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が動的機能確認済加速度以下であることを、「5. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「6. 評価結果」に示す。

水圧制御ユニット及び制御棒駆動水圧系スクラム弁の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

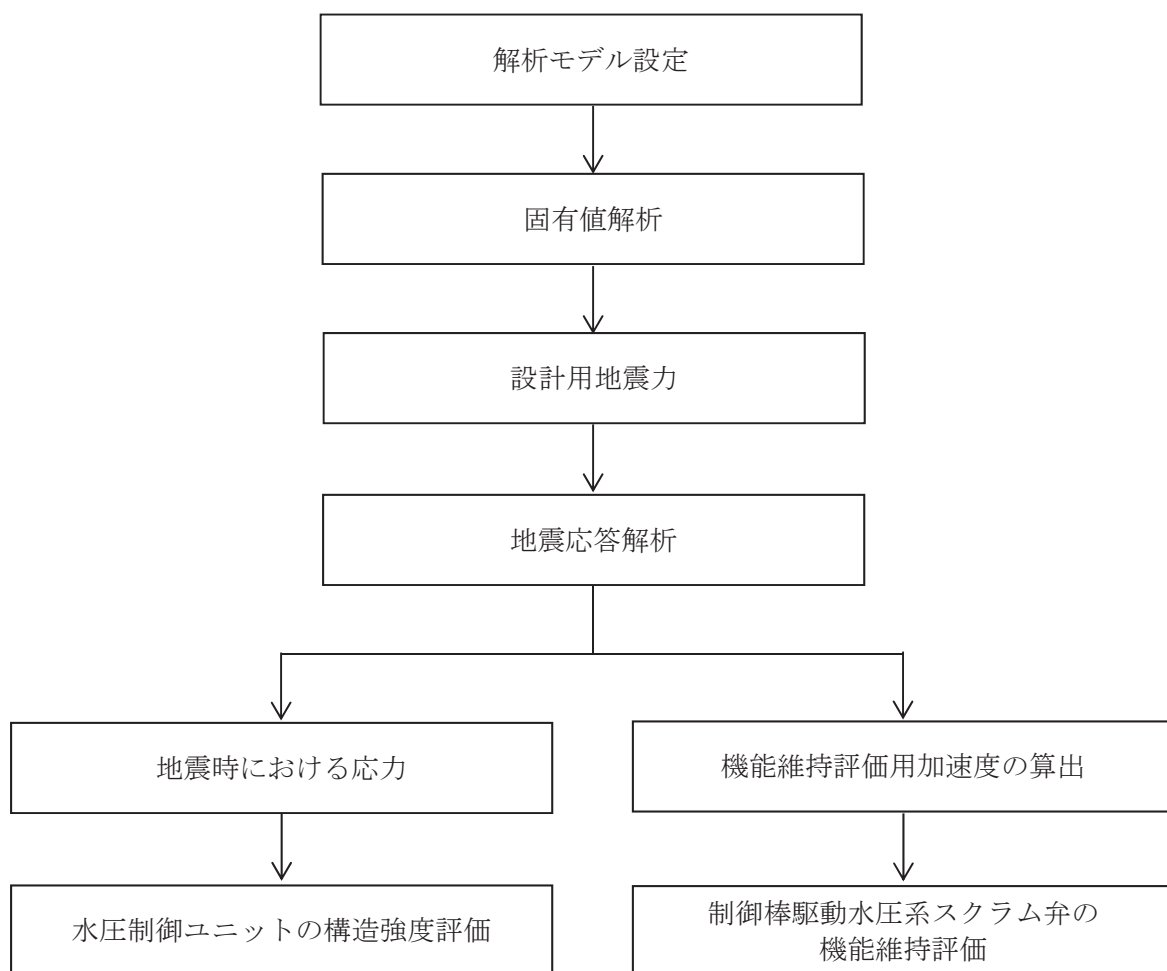


図 2-1 水圧制御ユニット及び制御棒駆動水圧系スクラム弁の耐震評価フロー

2.3 適用基準

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補-1984 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版 ((社) 日本電気協会)
- ・発電用原子力設備規格 設計・建設規格 (日本機械学会, 2005/2007) (以下「設計・建設規格」という。)

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A	フレームの断面積	mm ²
A _{b1}	フレームを床に取付けるボルトの軸断面積	mm ²
A _{b2}	フレームの上端を支持架構に取付けるボルトの軸断面積	mm ²
A _{b3}	フレームの中間を支持架構に取付けるボルトの軸断面積	mm ²
C _H	水平方向設計震度	—
C _V	鉛直方向設計震度	—
d _{o1}	フレームを床に取付けるボルトの呼び径	mm
d _{o2}	フレームの上端を支持架構に取付けるボルトの呼び径	mm
d _{o3}	フレームの中間を支持架構に取付けるボルトの呼び径	mm
E	縦弾性係数	MPa
F	設計・建設規格 SSB-3121.1 (1) に定める値	MPa
F*	設計・建設規格 SSB-3121.3又はSSB-3133に定める値	MPa
F _{b●}	節点●の取付ボルトに作用する引張力	N
F _x	フレームの軸力 (x 方向)	N
F _y	フレームのせん断力 (y 方向)	N
F _z	フレームのせん断力 (z 方向)	N
f _b	フレームの許容曲げ応力	MPa
f _c	フレームの許容圧縮応力	MPa
f _s	フレーム又はボルト等の許容せん断応力	MPa
f _{sb}	せん断力のみを受ける取付ボルトの許容せん断応力	MPa
f _t	フレーム又はボルト等の許容引張応力	MPa
f _{to}	引張力のみを受ける取付ボルトの許容引張応力	MPa
f _{ts}	引張力とせん断力を同時に受ける取付ボルトの許容引張応力	MPa
i	断面二次半径	mm
l ₁	フレームを床に取付けるボルト間の X 軸方向の取付距離	mm
l ₂	フレームの上端を支持架構に取付けるボルト間の Z 軸方向の取付距離	mm
l ₃	フレームの上端を支持架構に取付けるボルト間の Y 軸方向の取付距離	mm
l ₄	フレームの中間を支持架構に取付けるボルトとサポート端との Z 軸方向の距離	mm
l ₅	フレームの中間を支持架構に取付けるボルトとサポート端との Y 軸方向の距離	mm
l _k	座屈長さ	mm

記号	記号の説明	単位
M_x	フレームのねじりモーメント (x 軸)	N・mm
M_y	フレームの曲げモーメント (y 軸)	N・mm
M_z	フレームの曲げモーメント (z 軸)	N・mm
m	水圧制御ユニット解析モデル各節点の付加質量の合計	kg
N_1	フレームを床に取付けるボルトの本数	—
N_2	フレームの上端を支持架構に取付けるボルトの本数	—
N_3	フレームの中間を支持架構に取付けるボルトの本数	—
$Q_{b\bullet}$	節点●の取付ボルトに作用するせん断力	N
r	フレームパイプの外半径	mm
$R_{\bullet}, R'_{\bullet}, R''_{\bullet}$	節点●の取付ボルトに作用する反力	N
S	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 5 に定める値	MPa
S_u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 9 に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める値	MPa
$S_y(RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める材料の 40°Cにおける値	MPa
X, Y, Z	絶対 (節点) 座標軸	—
x, y, z	局所 (要素) 座標軸	—
Z_p	フレームのねじり断面係数	mm ³
Z_y	フレームの断面係数 (y 軸)	mm ³
Z_z	フレームの断面係数 (z 軸)	mm ³
Λ	フレームの限界細長比	—
λ	フレームの有効細長比	—
ν	ポアソン比	—
ν'	座屈に対する安全率	—
π	円周率	—
σ_b	フレームに生じる曲げ応力	MPa
σ_c	フレームに生じる圧縮応力	MPa
σ_f	フレームに生じる組合せ応力	MPa
σ_{fa}	フレームに生じる引張応力又は圧縮応力と曲げ応力の和	MPa
σ_t	フレームに生じる引張応力	MPa
$\sigma_{tb\bullet}$	節点●の取付ボルトに生じる引張応力	MPa
τ	フレームに生じるせん断応力	MPa
$\tau_{b\bullet}$	節点●の取付ボルトに生じるせん断応力	MPa

2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表2-2に示すとおりとする。

表2-2 表示する数値の丸め方

数値の種類		単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期		s	小数点以下第4位	四捨五入	小数点以下第3位
震度		—	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位
温度		℃	—	—	整数位
質量		kg	—	—	整数位 ^{*1}
長さ	下記以外の長さ	mm	—	—	整数位 ^{*1}
	部材断面寸法	mm	小数点以下第2位 ^{*3}	四捨五入	小数点以下第1位 ^{*2}
面積		mm ²	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 ^{*4}
モーメント		N・mm	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 ^{*4}
力		N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 ^{*4}
縦弾性係数		MPa	有効数字4桁目	四捨五入	有効数字3桁
計算応力		MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力 ^{*5}		MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

注記*1：設計上定める値が小数点以下第1位の場合は、小数点以下第1位表示とする。

*2：設計上定める値が小数点以下第2位の場合は、小数点以下第2位表示とする。

*3：設計上定める値が小数点以下第3位の場合は、小数点以下第3位表示とする。

*4：絶対値が1000以上のときはべき数表示とする。

*5：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の間における引張強さ及び降伏点は、比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨て、整数位までの値とする。

3. 評価部位

水圧制御ユニットの耐震評価は、「4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなるフレーム及び取付ボルトについて実施する。なお、水圧制御ユニットは、構造物として十分な剛性を有しており、支持構造物であるフレーム及び取付ボルトが健全であればスクラム機能を維持できるため、フレーム及び取付ボルトを評価対象とする。水圧制御ユニットの耐震評価部位については、表 2-1 の概略構造図に示す。

4. 地震応答解析及び構造強度評価

4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法

- (1) 水圧制御ユニットのフレームは、十分剛な壁及び床に取付ボルトにより固定されるものとする。
- (2) 水圧制御ユニットの質量には、フレーム自身の質量のほか、配管ユニット、スクラムパイロット弁、スクラム弁、方向制御弁、チェック弁、ゲート弁、アキュムレータ、窒素容器、計装ユニット及びそれらに内包する水の質量を考慮する。
- (3) 地震力は、水圧制御ユニットに対して水平方向及び鉛直方向から個別に作用するものとし、作用する荷重の算出において組み合わせるものとする。
- (4) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
- (5) 概略構造図を表 2-1 に示す。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

水圧制御ユニットの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-1 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-2 に示す。

4.2.2 許容応力

水圧制御ユニットの許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 4-3 に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

水圧制御ユニットの使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-4 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-5 に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御系統 施設	制御棒駆動 水圧設備	水圧制御ユニット	S	クラス 2 容器 ^{*1}	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S

注記*1：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。また、クラス 2 容器の支持構造物を含む。

表 4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類 ^{*1}	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御系統 施設	制御棒駆動 水圧設備	水圧制御ユニット	常設耐震／防止	重大事故等 ^{*2} クラス 2 容器	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	Ⅳ _A S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _A S (V _A S として Ⅳ _A S の許容限界を 用いる。)

注記*1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。また、重大事故等クラス 2 容器の支持構造物を含む。

*3：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため、評価結果の記載を省略する。

表 4-3 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等以外)	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	一次応力	
	組合せ	引張り	せん断
Ⅲ _A S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
Ⅳ _A S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
V _A S (V _A SとしてⅣ _A Sの許容限界を用いる。)			

注記*1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

*2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-4 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
フレーム		周囲環境温度		—	209	366	—
		周囲環境温度		—	241	394	—
		周囲環境温度		—	241	394	—
取付ボルト		周囲環境温度		—	764	906	—

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 4-5 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
フレーム		周囲環境温度		—	199	360	—
		周囲環境温度		—	234	385	—
		周囲環境温度		—	234	385	—
取付ボルト		周囲環境温度		—	730	868	—

4.3 解析モデル及び諸元

水圧制御ユニットの解析モデルを図 4-1 に、解析モデルの概要を以下に示す。また、機器の諸元を本計算書の【水圧制御ユニットの耐震性についての計算結果】の機器要目に示す。

- (1) 図 4-1 中○内の数字は部材番号（要素番号）、数字は節点番号を示す。
- (2) 図 4-1 中の実線は、構造評価対象のフレーム部材及び取付ボルト、点線は構造評価対象外のスクラムパイロット弁、スクラム弁、アキュムレータ、計装ユニット、窒素容器及び配管等を概略表示したものである。
- (3) 水圧制御ユニットのフレーム部材をはり要素でモデル化した F E M モデルを用いる。なお、解析モデルには評価対象であるフレーム以外の部分も、質量を考慮するためにはり要素としてモデルに含める。
- (4) 水圧制御ユニット解析モデル各質点の質量は、スクラムパイロット弁、スクラム弁、アキュムレータ、計装ユニット、窒素容器及び配管等であり、実際の位置を考慮して集中質量を付加する。それらの合計は kg である。
- (5) 拘束条件は、HCU フレーム下端、中段、上端を固定（ボルトによる固定）とする。
- (6) 解析コードは、「S O L V E R」を使用し、固有値と各要素に発生する荷重及びモーメントを求める。なお、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

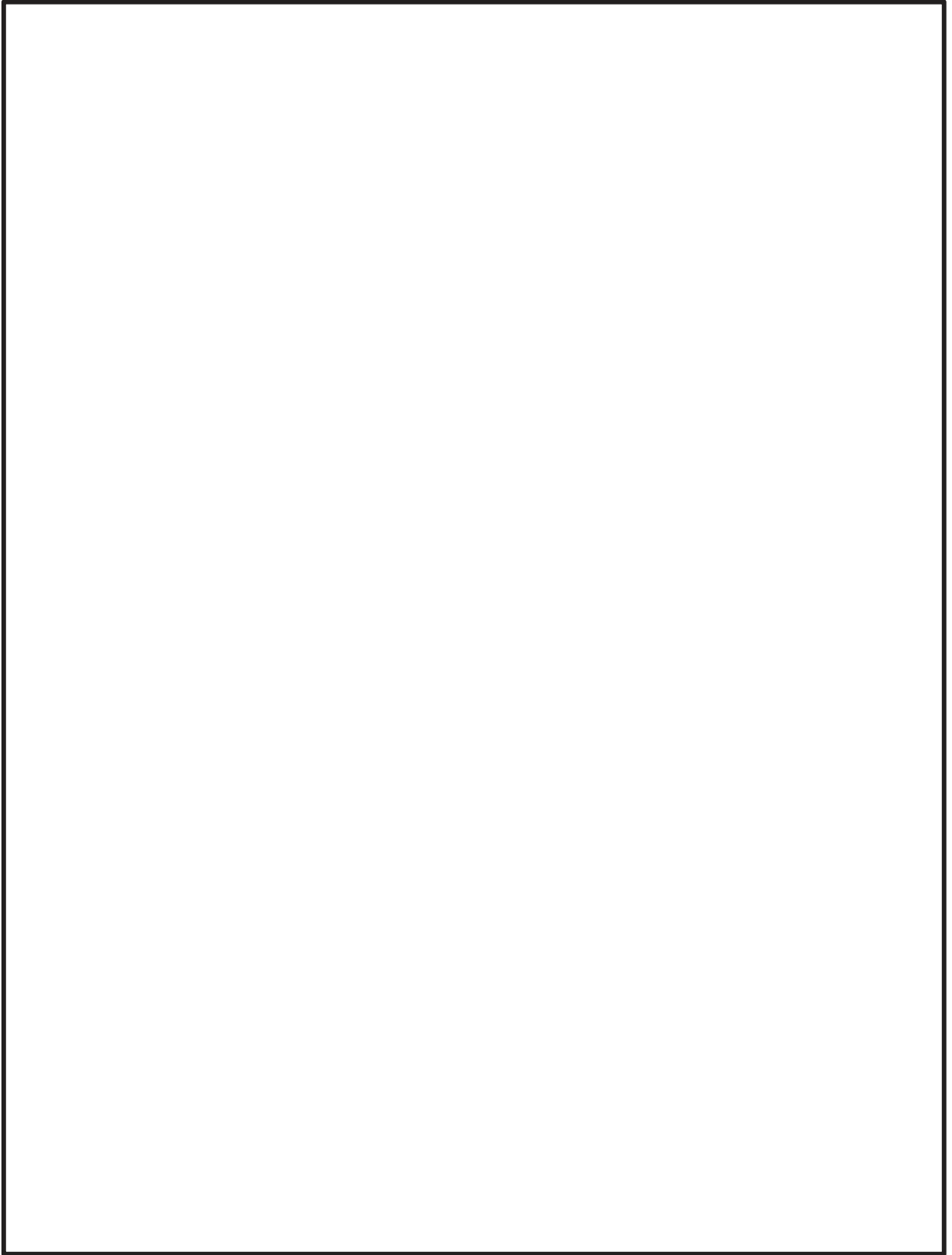


図 4-1 水圧制御ユニット解析モデル (単位 : mm)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4.4 固有周期

固有値解析の結果を表 4-6 に示す。固有周期は、0.05 秒以下であり、剛であることを確認した。

表 4-6 固有値解析結果

モード	卓越方向	固有周期(s)	水平方向刺激係数		鉛直方向刺激係数
			X方向	Y方向	
1次	水平	0.037	—	—	—
1次	鉛直	0.010	—	—	—

4.5 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 4-7 及び表 4-8 に示す。

「弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度」及び「基準地震動 S_s」による地震力は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

表 4-7 設計用地震力（設計基準対象施設）

据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
	水平 方向	鉛直 方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉建屋 O.P. 6.00* (O.P. 8.13)	0.037	0.010	C _H =0.78	C _V =0.68	C _H =1.67	C _V =1.16

注記*：基準床レベルを示す。

表 4-8 設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
	水平 方向	鉛直 方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉建屋 O.P. 6.00* (O.P. 8.13)	0.037	0.010	—	—	C _H =1.67	C _V =1.16

注記*：基準床レベルを示す。

4.6 計算方法

4.6.1 応力の計算方法

4.6.1.1 フレームの応力

解析による計算で得られる各要素端での軸力 F_x 、せん断力 F_y 、 F_z 、ねじりモーメント M_x 及び曲げモーメント M_y 、 M_z より各応力を次のように求める。

- (1) 引張応力又は圧縮応力

$$\sigma_t = \frac{|F_x|}{A} \dots\dots\dots (4.6.1.1.1)$$

$$\sigma_c = -\frac{|F_x|}{A} \dots\dots\dots (4.6.1.1.2)$$

- (2) せん断応力

$$\tau = \text{Max} \left\{ \sqrt{\left(\frac{|F_y|}{A} + \frac{|M_x|}{Z_p} \right)^2 + \left(\frac{|F_z|}{A} \right)^2}, \sqrt{\left(\frac{|F_z|}{A} + \frac{|M_x|}{Z_p} \right)^2 + \left(\frac{|F_y|}{A} \right)^2} \right\} \dots\dots\dots (4.6.1.1.3)$$

- (3) 曲げ応力

鋼管の場合は、

$$\sigma_b = \sqrt{\left(\frac{|M_y|}{Z_y} \right)^2 + \left(\frac{|M_z|}{Z_z} \right)^2} \dots\dots\dots (4.6.1.1.4)$$

形鋼の場合は、

$$\sigma_b = \frac{|M_y|}{Z_y} + \frac{|M_z|}{Z_z} \dots\dots\dots (4.6.1.1.5)$$

- (4) 組合せ応力

$$\sigma_f = \sqrt{\sigma_{fa}^2 + 3 \cdot \tau^2} \dots\dots\dots (4.6.1.1.6)$$

ここで、

$$\sigma_{fa} = \frac{|F_x|}{A} + \sigma_b \dots\dots\dots (4.6.1.1.7)$$

4.6.1.2 取付ボルトの応力

取付ボルトに生じる応力は、解析による計算で得られる各要素端での軸力 F_x 、せん断力 F_y 、 F_z 、ねじりモーメント M_x 及び曲げモーメント M_y 、 M_z から手計算により、地震による引張応力とせん断応力について計算する。

4.6.1.2.1 フレームを床に取付けるボルトの応力

フレームを床に取付けるボルトの概要を図4-2に示す。

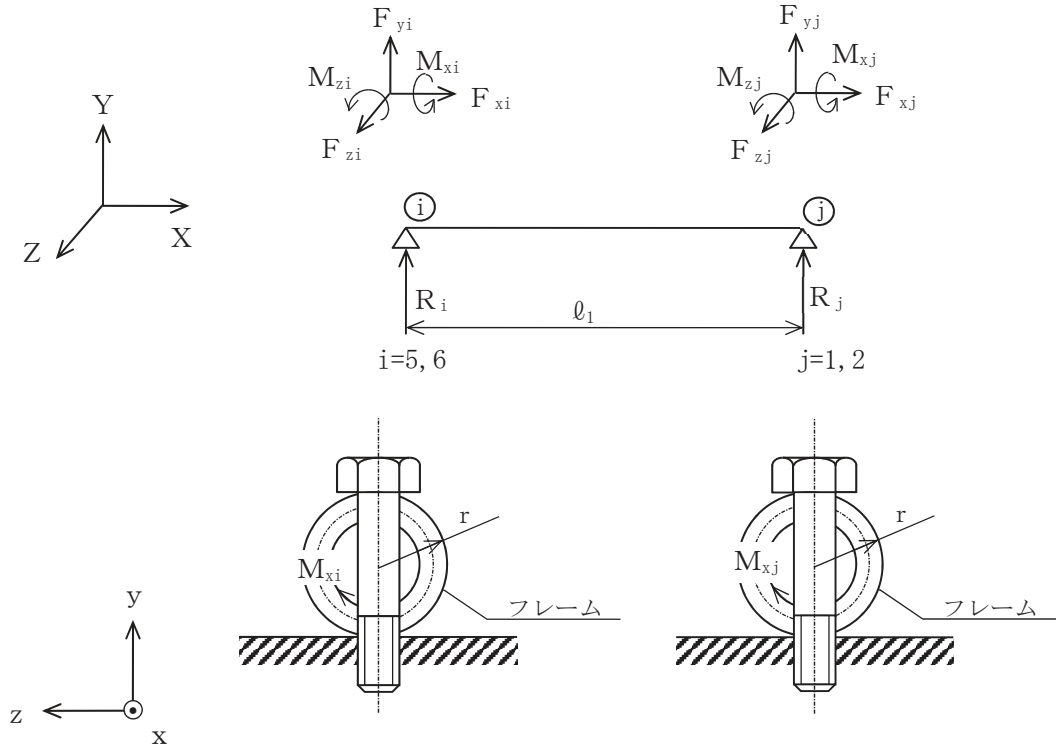


図4-2 水圧制御ユニットの取付ボルトに作用する力とモーメント

(1) 引張応力

取付ボルトに対する引張応力は、図4-2に示すフレームの節点i及び節点j（ここで、(i, j)の組合せは(5, 1)及び(6, 2)）での軸力とモーメントを考え、これを取付ボルトで受けるものとして計算する。

a. 引張力

$$F_{bi} = |F_{yi}| + \frac{|M_{zj}|}{\ell_1} \dots\dots\dots (4.6.1.2.1.1)$$

$$F_{bj} = |F_{yj}| + \frac{|M_{zi}|}{\ell_1} \dots\dots\dots (4.6.1.2.1.2)$$

b. 引張応力

$$\sigma_{tbi} = \frac{F_{bi}}{A_{b1}} \dots\dots\dots (4.6.1.2.1.3)$$

$$\sigma_{tbj} = \frac{F_{bj}}{A_{b1}} \dots\dots\dots (4.6.1.2.1.4)$$

ここで、ボルトの軸断面積 A_{b1} は次式により求める。

$$A_{b1} = \frac{\pi}{4} \cdot d_{o1}^2 \dots\dots\dots (4.6.1.2.1.5)$$

(2) せん断応力

a. せん断力

$$Q_{bi} = \sqrt{|F_{xi}|^2 + \left[|F_{zi}| + \frac{|M_{xi}|}{r} \right]^2} \dots\dots\dots (4.6.1.2.1.6)$$

$$Q_{bj} = \sqrt{|F_{xj}|^2 + \left[|F_{zj}| + \frac{|M_{xj}|}{r} \right]^2} \dots\dots\dots (4.6.1.2.1.7)$$

b. せん断応力

$$\tau_{bi} = \frac{F_{si}}{A_{b1}} \dots\dots\dots (4.6.1.2.1.8)$$

$$\tau_{bj} = \frac{F_{sj}}{A_{b1}} \dots\dots\dots (4.6.1.2.1.9)$$

ここで、ボルトの軸断面積 A_{b1} は、(4.6.1.2.1.5)式による。

4.6.1.2.2 フレームの上端を支持架構に取付けるボルトの応力

フレームの上端を支持架構に取付けるボルトの概要を図4-3に示す。

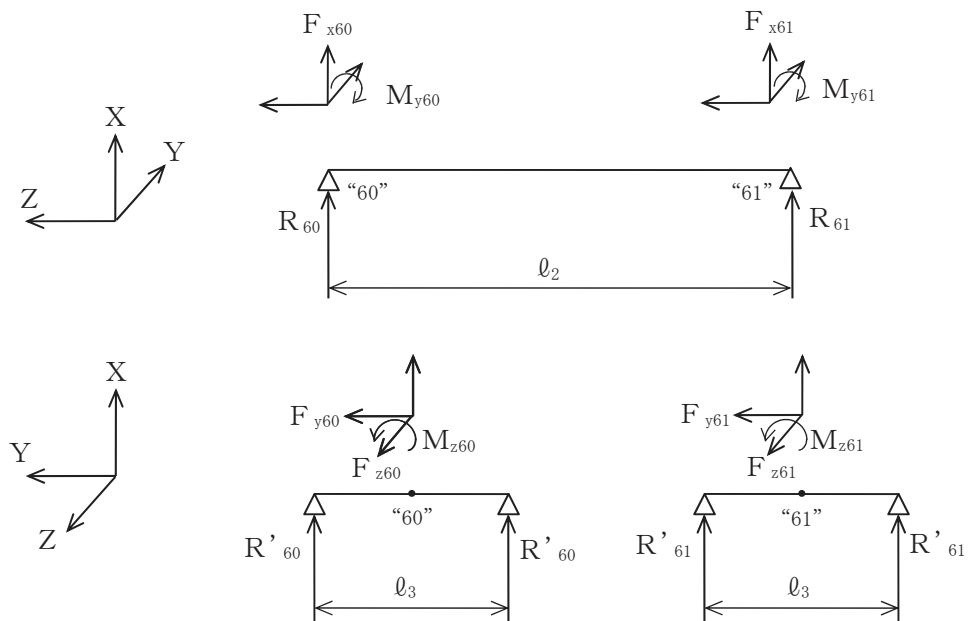


図4-3 フレームの上端を支持架構に取付けるボルトに作用する力とモーメント

(1) 引張応力

図 4-3 において節点 60 及び節点 61 での反力は

$$R_{60} = |F_{x60}| + \frac{|M_{y61}|}{l_2} \dots\dots\dots (4.6.1.2.2.1)$$

$$R_{61} = |F_{x61}| + \frac{|M_{y60}|}{l_2} \dots\dots\dots (4.6.1.2.2.2)$$

また、実際の取付ボルトの取付状態を考慮して、 M_{z60} 及び M_{z61} による反力は

$$R'_{60} = \frac{|M_{z60}|}{l_3} \dots\dots\dots (4.6.1.2.2.3)$$

$$R'_{61} = \frac{|M_{z61}|}{l_3} \dots\dots\dots (4.6.1.2.2.4)$$

したがって、取付ボルトに作用する反力は

$$R''_{60} = \frac{|R_{60}|}{2} + |R'_{60}| \dots\dots\dots (4.6.1.2.2.5)$$

$$R''_{61} = \frac{|R_{61}|}{2} + |R'_{61}| \dots\dots\dots (4.6.1.2.2.6)$$

よって、取付ボルトの引張応力は

$$\sigma_{tb60} = \frac{R''_{60}}{A_{b2}} \dots\dots\dots (4.6.1.2.2.7)$$

$$\sigma_{tb61} = \frac{R''_{61}}{A_{b2}} \dots\dots\dots (4.6.1.2.2.8)$$

ここで、ボルトの軸断面積 A_{b2} は次式により求める。

$$A_{b2} = \frac{\pi}{4} \cdot d_{o2}^2 \dots\dots\dots (4.6.1.2.2.9)$$

(2) せん断応力

図 4-3 において節点 60 及び節点 61 でのせん断力は

$$Q_{b60} = \sqrt{|F_{y60}|^2 + |F_{z60}|^2} \dots\dots\dots (4.6.1.2.2.10)$$

$$Q_{b61} = \sqrt{|F_{y61}|^2 + |F_{z61}|^2} \dots\dots\dots (4.6.1.2.2.11)$$

よって、取付ボルトのせん断応力は

$$\tau_{b60} = \frac{F_{s60}}{2 \cdot A_{b2}} \dots\dots\dots (4.6.1.2.2.12)$$

$$\tau_{b61} = \frac{F_{s61}}{2 \cdot A_{b2}} \dots\dots\dots (4.6.1.2.2.13)$$

ここで、ボルトの軸断面積 A_{b2} は、(4.6.1.2.2.9)式による。

4.6.1.2.3 フレームの中間を支持架構に取付けるボルトの応力

フレームの中間を支持架構に取付けるボルトの概要を図4-4に示す。

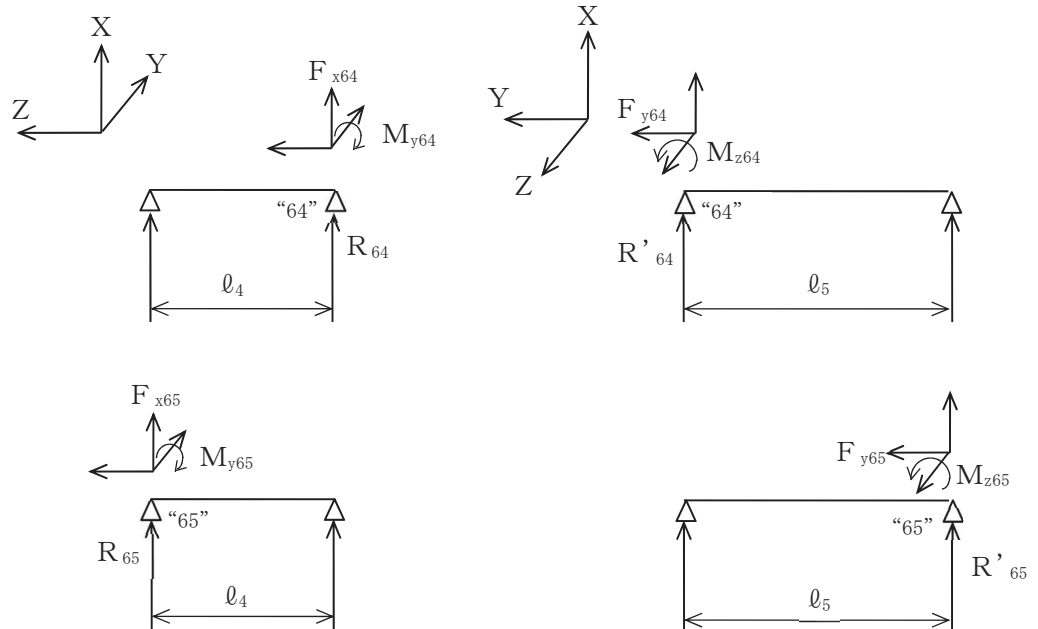


図4-4 フレームの中間を支持架構に取付けるボルトに作用する力とモーメント

(1) 引張応力

図4-4において節点64及び節点65での反力は

$$R_{64} = |F_{x64}| + \frac{|M_{y64}|}{l_4} \dots\dots\dots (4.6.1.2.3.1)$$

$$R_{65} = |F_{x65}| + \frac{|M_{y65}|}{l_4} \dots\dots\dots (4.6.1.2.3.2)$$

また、実際の取付ボルトの取付状態を考慮して、 M_{z60} 及び M_{z61} による反力は

$$R'_{64} = \frac{|M_{z64}|}{l_5} \dots\dots\dots (4.6.1.2.3.3)$$

$$R'_{65} = \frac{|M_{z65}|}{l_5} \dots\dots\dots (4.6.1.2.3.4)$$

したがって、取付ボルトに作用する反力は

$$R''_{64} = |R_{64}| + |R'_{64}| \dots\dots\dots (4.6.1.2.3.5)$$

$$R''_{65} = |R_{65}| + |R'_{65}| \dots\dots\dots (4.6.1.2.3.6)$$

よって、取付ボルトの引張応力は

$$\sigma_{tb64} = \frac{R''_{64}}{A_{b3}} \dots\dots\dots (4.6.1.2.3.7)$$

$$\sigma_{tb65} = \frac{R''_{65}}{A_{b3}} \dots\dots\dots (4.6.1.2.3.8)$$

ここで、ボルトの軸断面積 A_{b3} は次式により求める。

$$A_{b3} = \frac{\pi}{4} \cdot d_{o3}^2 \dots\dots\dots (4.6.1.2.3.9)$$

(2) せん断応力

図 4-4 において節点 64 及び節点 65 でのせん断力は

$$Q_{b64} = \sqrt{|F_{y64}|^2 + |F_{z64}|^2} \dots\dots\dots (4.6.1.2.3.10)$$

$$Q_{b65} = \sqrt{|F_{y65}|^2 + |F_{z65}|^2} \dots\dots\dots (4.6.1.2.3.11)$$

となる。

よって、取付ボルトのせん断応力は

$$\tau_{b64} = \frac{F_{s64}}{A_{b3}} \dots\dots\dots (4.6.1.2.3.12)$$

$$\tau_{b65} = \frac{F_{s65}}{A_{b3}} \dots\dots\dots (4.6.1.2.3.13)$$

ここで、ボルトの軸断面積 A_{b3} は、(4.6.1.2.3.9)式による。

4.7 計算条件

応力解析に用いる自重（水圧制御ユニット）及び荷重（地震荷重）は、本計算書の【水圧制御ユニットの耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

4.8 応力の評価

4.8.1 フレームの応力評価

4.6.1.1 項で求めた各応力が下表で定めた許容応力以下であること。ただし、許容組合せ応力は f_t 以下であること。

	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度による 荷重との組合せの場合	基準地震動 S s による 荷重との組合せの場合
許容引張応力 f_t	$\frac{F}{1.5} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5} \cdot 1.5$
許容圧縮応力 f_c	$\left\{ 1 - 0.4 \cdot \left(\frac{\lambda}{\Lambda} \right)^2 \right\} \cdot \frac{F}{v'} \cdot 1.5$	$\left\{ 1 - 0.4 \cdot \left(\frac{\lambda}{\Lambda} \right)^2 \right\} \cdot \frac{F^*}{v'} \cdot 1.5$
許容せん断応力 f_s	$\frac{F}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$
許容曲げ応力 f_b	$\frac{F}{1.5} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5} \cdot 1.5$

ただし、

$$\lambda = \frac{l_k}{i} \dots\dots\dots (4.8.1.1)$$

弾性設計用地震動 S d 又は静的震度による荷重との組合せの場合

$$\Lambda = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E}{0.6 \cdot F}} \dots\dots\dots (4.8.1.2)$$

基準地震動 S s による荷重との組合せの場合

$$\Lambda = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E}{0.6 \cdot F^*}} \dots\dots\dots (4.8.1.3)$$

$$v' = 1.5 + \frac{2}{3} \cdot \left(\frac{\lambda}{\Lambda} \right)^2 \dots\dots\dots (4.8.1.4)$$

4.8.2 取付ボルトの応力評価

4.6.1.2 項で求めた取付ボルトの引張応力 σ_{tb} は、次式より求めた許容引張応力 f_{ts} 以下であること。ただし、 f_{to} は下表による。

$$f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}] \quad \dots\dots\dots (4.8.2.1)$$

せん断応力 τ_b はせん断力のみを受ける取付ボルトの許容せん断応力 f_{sb} 以下であること。ただし、 f_{sb} は下表による。

	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度による 荷重との組合せの場合	基準地震動 S_s による荷重と の組合せの場合
許容引張応力 f_{to}	$\frac{F}{2} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 f_{sb}	$\frac{F}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

5. 機能維持評価

5.1 動的機能維持評価方法

制御棒駆動水圧系スクラム弁の動的機能維持評価について以下に示す。

なお、機能維持評価用加速度は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

制御棒駆動水圧系スクラム弁は、地震時動的機能維持が確認された機種と類似の構造であるため、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に記載の機能確認済加速度を適用する。機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
制御棒駆動水圧系スクラム弁 (弁番号：126)	水平	6.0
	鉛直	6.0
制御棒駆動水圧系スクラム弁 (弁番号：127)	水平	6.0
	鉛直	6.0

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

水圧制御ユニットの設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

水圧制御ユニットの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【水圧制御ユニットの耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度		
水圧制御ユニット	S	原子炉建屋 O.P. 6.00*1 (O.P. 8.13)	0.037	0.010	C _H =0.78 *2	C _V =0.68 *2	C _H =1.67	C _V =1.16	—	□

注記*1：基準床レベルを示す。

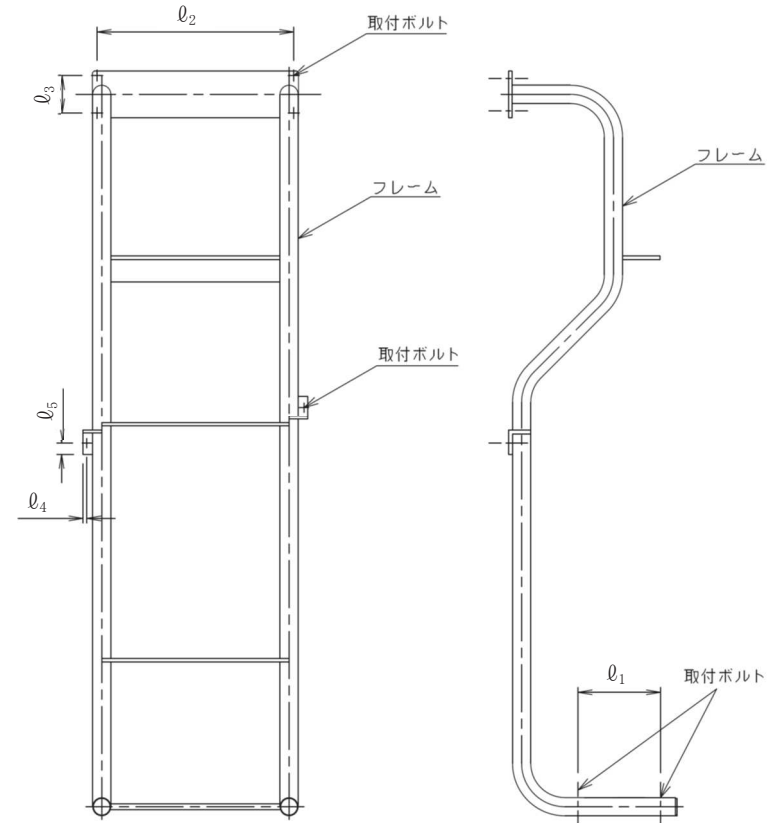
*2：Ⅲ_AS については、基準地震動 S_s で評価する。

1.2 機器要目

m (kg)	N ₁ (—)	N ₂ (—)	N ₃ (—)	ℓ ₁ (mm)	ℓ ₂ (mm)	ℓ ₃ (mm)	ℓ ₄ (mm)	ℓ ₅ (mm)
□	□	□	□	□	□	□	□	□

d ₁ (mm)	d ₂ (mm)	d ₃ (mm)	A _{b1} (mm ²)	A _{b2} (mm ²)	A _{b3} (mm ²)	r (mm)
□	□	□	□	□	□	□

部材	材料	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
フレーム	□	209	366	209	250
	□	241	394	241	276
	□	241	394	241	276
取付ボルト	□	764	906	634	634

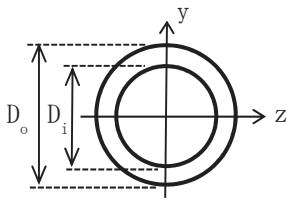
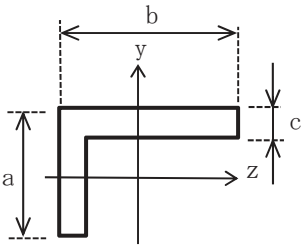
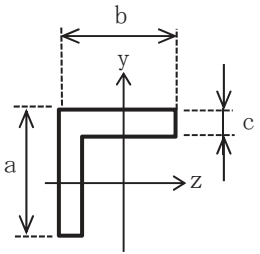
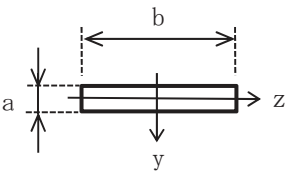
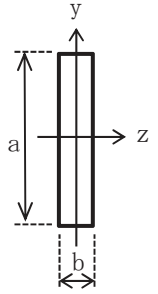


枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

材料	E (MPa)	ν	ℓ_k (mm)	i (mm)	λ	Λ		ν'	

注記*1：弾性設計用地震動 S d 又は静的震度による荷重との組合せの場合

*2：基準地震動 S s による荷重との組合せの場合

材料					
要素番号	①, ②, ③ ~ ②③ ③④ ~ ④①	⑤⑧ ~ ⑥①	⑦④, ⑦⑤	④⑥ ~ ⑤①	⑦① ~ ⑦③
A (mm ²)					
Z _y (mm ³)					
Z _z (mm ³)					
Z _p (mm ³)					
断面形状					
寸法 (mm)					

1.3 計算数値

1.3.1 フレームの荷重

(単位：N)

要素 番号	節点 番号	F _x		F _y		F _z	
		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
6	5	—		—		—	
12	13	—		—		—	
23	61	—		—		—	
41	51	—		—		—	
51	22	—		—		—	
58	42	—		—		—	
59	46	—		—		—	
60	45	—		—		—	
72	63	—		—		—	
73	63	—		—		—	
75	16	—		—		—	

注：添字 x, y, z は要素に与えられた座標軸で, x 軸は常に要素の長手方向にとる。

1.3.2 フレームのモーメント

(単位：N・mm)

要素 番号	節点 番号	M _x		M _y		M _z	
		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
6	5	—		—		—	
12	13	—		—		—	
23	61	—		—		—	
41	51	—		—		—	
51	22	—		—		—	
58	42	—		—		—	
59	46	—		—		—	
60	45	—		—		—	
72	63	—		—		—	
73	63	—		—		—	
75	16	—		—		—	

注：添字 x, y, z は要素に与えられた座標軸で, x 軸は常に要素の長手方向にとる。

1.3.3 取付ボルトの荷重

(単位：N)

要素 番号	節点 番号	F _x		F _y		F _z	
		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
74	64	—		—		—	
75	65	—		—		—	

注：添字 x, y, z は要素に与えられた座標軸で、全体座標系と同一の方向。

1.3.4 取付ボルトのモーメント

(単位：N・mm)

要素 番号	節点 番号	M _x		M _y		M _z	
		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
74	64	—	—	—		—	
75	65	—	—	—		—	

注：添字 x, y, z は要素に与えられた座標軸で、全体座標系と同一の方向。

1.3.5 取付ボルトに作用する力

(単位：N)

要素 番号	節点 番号	F _b		Q _b	
		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
74	64	—		—	
75	65	—		—	

1.4 結論

1.4.1 固有周期

(単位：s)

モード	方向	固有周期
1次	水平	0.037
1次	鉛直	0.010

1.4.2 応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	要素番号	節点番号	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
					算出応力*1	許容応力	算出応力	許容応力
フレーム		引張り	41	51	$\sigma_t = 4$	$f_t = 209$	$\sigma_t = 4$	$f_t = 250$
		圧縮	12	13	$\sigma_c = 4$ *2	$f_c = 194$	$\sigma_c = 4$ *2	$f_c = 229$
		せん断	6	5	$\tau = 12$	$f_s = 120$	$\tau = 12$	$f_s = 144$
		曲げ	23	61	$\sigma_b = 53$	$f_b = 209$	$\sigma_b = 53$	$f_b = 250$
		組合せ	23	61	$\sigma_f = 56$	$f_t = 209$	$\sigma_f = 56$	$f_t = 250$
		引張り	75	16	$\sigma_t = 5$	$f_t = 241$	$\sigma_t = 5$	$f_t = 276$
		圧縮	75	16	$\sigma_c = 5$ *2	$f_c = 240$	$\sigma_c = 5$ *2	$f_c = 276$
		せん断	58	42	$\tau = 13$	$f_s = 139$	$\tau = 13$	$f_s = 159$
		曲げ	59	46	$\sigma_b = 35$	$f_b = 241$	$\sigma_b = 35$	$f_b = 276$
		組合せ	60	45	$\sigma_f = 41$	$f_t = 241$	$\sigma_f = 41$	$f_t = 276$
		引張り	51	22	$\sigma_t = 7$	$f_t = 241$	$\sigma_t = 7$	$f_t = 276$
		圧縮	51	22	$\sigma_c = 7$ *2	$f_c = 130$	$\sigma_c = 7$ *2	$f_c = 135$
		せん断	73	63	$\tau = 24$	$f_s = 139$	$\tau = 24$	$f_s = 159$
		曲げ	72	63	$\sigma_b = 215$	$f_b = 241$	$\sigma_b = 215$	$f_b = 276$
		組合せ	72	63	$\sigma_f = 219$	$f_t = 241$	$\sigma_f = 219$	$f_t = 276$
取付ボルト		引張り	74	64	$\sigma_{tb} = 334$	$f_{ts} = 475$ *3	$\sigma_{tb} = 334$	$f_{ts} = 475$ *3
		せん断	75	65	$\tau_b = 97$	$f_{sb} = 366$	$\tau_b = 97$	$f_{sb} = 366$

すべて許容応力以下である。

注記*1：基準地震動 S_s での算出応力を記載

*2：絶対値を記載

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

1.4.3 動的機能の評価結果

($\times 9.8 \text{ m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
制御棒駆動水圧系スクラム弁 (弁番号：126)	水平方向	1.40	6.0
	鉛直方向	0.97	6.0
制御棒駆動水圧系スクラム弁 (弁番号：127)	水平方向	1.40	6.0
	鉛直方向	0.97	6.0

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 (1.0ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度		
水圧制御ユニット	常設耐震/防止	原子炉建屋 O.P. 6.00* (O.P. 8.13)	0.037	0.010	—	—	C _H =1.67	C _V =1.16	—	

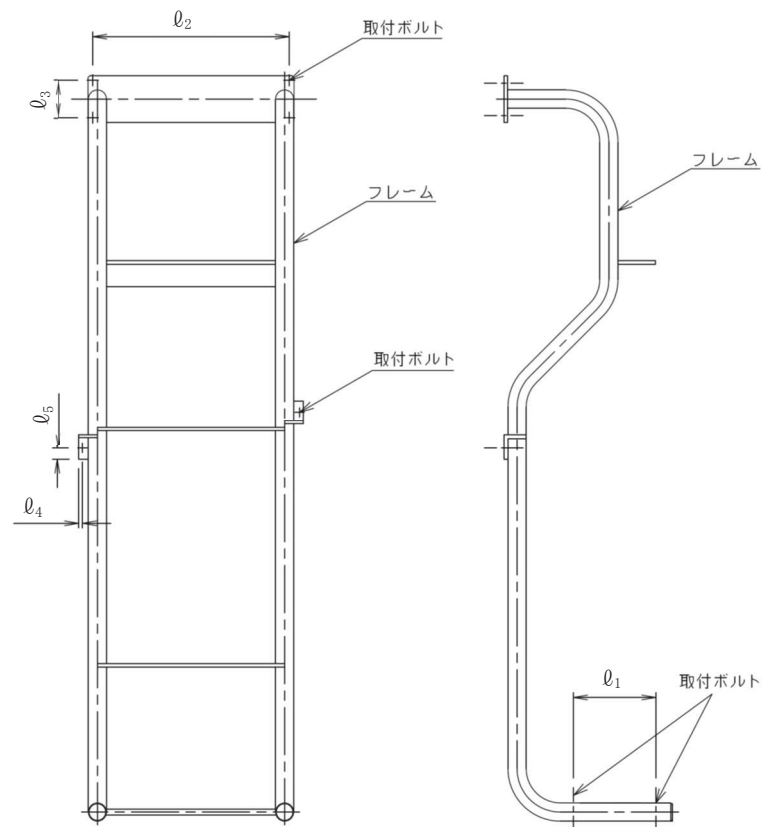
注記*：基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

m (kg)	N ₁ (—)	N ₂ (—)	N ₃ (—)	ℓ ₁ (mm)	ℓ ₂ (mm)	ℓ ₃ (mm)	ℓ ₄ (mm)	ℓ ₅ (mm)

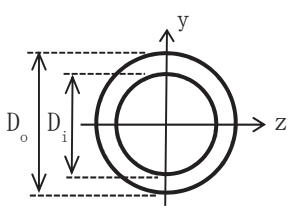
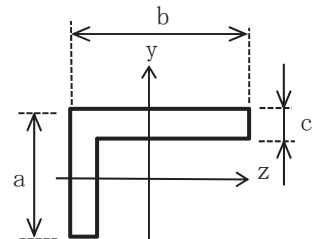
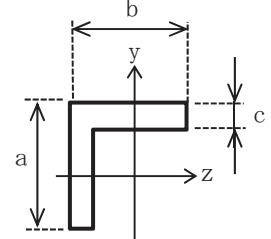
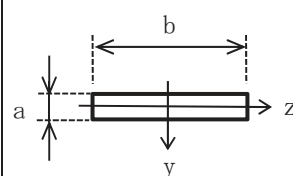
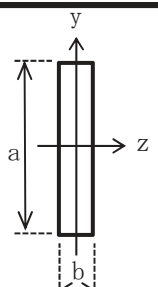
d ₁ (mm)	d ₂ (mm)	d ₃ (mm)	A _{b1} (mm ²)	A _{b2} (mm ²)	A _{b3} (mm ²)	r (mm)

部材	材料	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
フレーム		199	360	—	239
		234	385	—	270
		234	385	—	270
取付ボルト		730	868	—	607



枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

材料	E (MPa)	ν	ℓ_k (mm)	i (mm)	λ	Λ	ν'

材料					
要素番号	①, ②, ③ ~ ②③ ③④ ~ ④①	⑤⑧ ~ ⑥①	⑦④, ⑦⑤	④⑥ ~ ⑤① ⑦① ~ ⑦③	
A (mm ²)					
Z _y (mm ³)					
Z _z (mm ³)					
Z _p (mm ³)					
断面形状					
寸法 (mm)					

2.3 計算数値

2.3.1 フレームの荷重

(単位：N)

要素 番号	節点 番号	F _x		F _y		F _z	
		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
6	5	—		—		—	
12	13	—		—		—	
23	61	—		—		—	
41	51	—		—		—	
51	22	—		—		—	
58	42	—		—		—	
59	46	—		—		—	
60	45	—		—		—	
72	63	—		—		—	
73	63	—		—		—	
75	16	—		—		—	

注：添字 x, y, z は要素に与えられた座標軸で, x 軸は常に要素の長手方向にとる。

2.3.2 フレームのモーメント

(単位：N・mm)

要素 番号	節点 番号	M _x		M _y		M _z	
		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
6	5	—		—		—	
12	13	—		—		—	
23	61	—		—		—	
41	51	—		—		—	
51	22	—		—		—	
58	42	—		—		—	
59	46	—		—		—	
60	45	—		—		—	
72	63	—		—		—	
73	63	—		—		—	
75	16	—		—		—	

注：添字 x, y, z は要素に与えられた座標軸で, x 軸は常に要素の長手方向にとる。

2.3.3 取付ボルトの荷重

(単位：N)

要素 番号	節点 番号	F _x		F _y		F _z	
		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
74	64	—		—		—	
75	65	—		—		—	

注：添字 x, y, z は要素に与えられた座標軸で、全体座標系と同一の方向。

2.3.4 取付ボルトのモーメント

(単位：N・mm)

要素 番号	節点 番号	M _x		M _y		M _z	
		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
74	64	—	—	—		—	
75	65	—	—	—		—	

注：添字 x, y, z は要素に与えられた座標軸で、全体座標系と同一の方向。

2.3.5 取付ボルトに作用する力

(単位：N)

要素 番号	節点 番号	F _b		Q _b	
		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
74	64	—		—	
75	65	—		—	

2.4 結論

2.4.1 固有周期

(単位：s)

モード	卓越方向	固有周期
1次	水平	0.037
1次	鉛直	0.010

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2.4.2 応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	要素 番号	節点 番号	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s	
					算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
フレーム		引張り	41	51	—	—	$\sigma_t = 4$	$f_t = 239$
		圧縮	12	13	—	—	$\sigma_c = 4^{*1}$	$f_c = 219$
		せん断	6	5	—	—	$\tau = 12$	$f_s = 138$
		曲げ	23	61	—	—	$\sigma_b = 53$	$f_b = 239$
		組合せ	23	61	—	—	$\sigma_f = 56$	$f_t = 239$
		引張り	75	16	—	—	$\sigma_t = 5$	$f_t = 270$
		圧縮	75	16	—	—	$\sigma_c = 5^{*1}$	$f_c = 270$
		せん断	58	42	—	—	$\tau = 13$	$f_s = 155$
		曲げ	59	46	—	—	$\sigma_b = 35$	$f_b = 270$
		組合せ	60	45	—	—	$\sigma_f = 41$	$f_t = 270$
		引張り	51	22	—	—	$\sigma_t = 7$	$f_t = 270$
		圧縮	51	22	—	—	$\sigma_c = 7^{*1}$	$f_c = 134$
		せん断	73	63	—	—	$\tau = 24$	$f_s = 155$
		曲げ	72	63	—	—	$\sigma_b = 215$	$f_b = 270$
		組合せ	72	63	—	—	$\sigma_f = 219$	$f_t = 270$
取付ボルト		引張り	74	64	—	—	$\sigma_{tb} = 334$	$f_{ts} = 455^{*2}$
		せん断	75	65	—	—	$\tau_b = 97$	$f_{sb} = 350$

すべて許容応力以下である。

注記*1：絶対値を記載

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

2.4.3 動的機能の評価結果

($\times 9.8 \text{ m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
制御棒駆動水圧系スクラム弁 (弁番号：126)	水平方向	1.40	6.0
	鉛直方向	0.97	6.0
制御棒駆動水圧系スクラム弁 (弁番号：127)	水平方向	1.40	6.0
	鉛直方向	0.97	6.0

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 (1.0ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。

VI-2-6-4 ほう酸水注入設備の耐震性についての計算書

目 次

VI-2-6-4-1 ほう酸水注入系の耐震性についての計算書

VI-2-6-4-1 ほう酸水注入系の耐震性についての計算書

目 次

- VI-2-6-4-1-1 ほう酸水注入系ポンプの耐震性についての計算書
- VI-2-6-4-1-2 ほう酸水注入系貯蔵タンクの耐震性についての計算書
- VI-2-6-4-1-3 管の耐震性についての計算書（ほう酸水注入系）

VI-2-6-4-1-1 ほう酸水注入系ポンプの耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 構造強度評価	3
3.1 構造強度評価方法	3
3.2 荷重の組合せ及び許容応力	3
3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	3
3.2.2 許容応力	3
3.2.3 使用材料の許容応力評価条件	3
3.3 計算条件	3
4. 機能維持評価	8
4.1 動的機能維持評価方法	8
5. 評価結果	9
5.1 設計基準対象施設としての評価結果	9
5.2 重大事故等対処設備としての評価結果	9

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、ほう酸水注入系ポンプが設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

ほう酸水注入系ポンプは、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、設計基準対象設備及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び動的機能維持評価を示す。

なお、ほう酸水注入系ポンプは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の横軸ポンプであるため、添付書類「VI-2-1-13-4 横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

ほう酸水注入系ポンプの構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
ポンプはポンプベースに固	往復形	
定され、ポンプベースは基 礎ボルトで基礎に据え付け る。		

3. 構造強度評価

3.1 構造強度評価方法

ほう酸水注入系ポンプの構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-4 横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

3.2 荷重の組合せ及び許容応力

3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

ほう酸水注入系ポンプの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 3-1 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-2 に示す。

3.2.2 許容応力

ほう酸水注入系ポンプの許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、表 3-3 のとおりとする。

3.2.3 使用材料の許容応力評価条件

ほう酸水注入系ポンプの使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 3-4 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-5 に示す。

3.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【ほう酸水注入系ポンプの耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 3-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	ほう酸水 注入設備	ほう酸水注入系 ポンプ	S	クラス 2 ポンプ*1	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S

注記*1：クラス 2 ポンプの支持構造物を含む。

表 3-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	ほう酸水 注入設備	ほう酸水注入系 ポンプ	常設耐震／防止 常設／緩和	重大事故等 クラス 2 ポンプ*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IV _A S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _A S (V _A Sとして IV _A Sの許容限界 を用いる)
原子炉冷却 系統施設	非常用炉心冷却 設備その他原子 炉注水設備	ほう酸水注入系 ポンプ	常設耐震／防止	重大事故等 クラス 2 ポンプ*2	$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _A S (V _A Sとして IV _A Sの許容限界 を用いる)
原子炉 格納施設	圧力低減設備そ の他の安全設備	ほう酸水注入系 ポンプ	常設／緩和	重大事故等 クラス 2 ポンプ*2	$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _A S (V _A Sとして IV _A Sの許容限界 を用いる)

注記*1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*2：重大事故等クラス 2 ポンプの支持構造物を含む。

*3：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 3-3 許容応力 (クラス 2, 3 支持構造物及び重大事故等クラス 2 支持構造物)

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
Ⅲ _A S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
Ⅳ _A S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
V _A S (V _A S としてⅣ _A S の許容限界を用いる)		

注記*1: 応力の組合せが考えられる場合には, 組合せ応力に対しても評価を行う。

*2: 当該の応力が生じない場合, 規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 3-4 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
基礎ボルト		周囲環境温度	50			—
ポンプ取付ボルト		最高使用温度	66			—
原動機取付ボルト		周囲環境温度	50			—
減速機取付ボルト		周囲環境温度	50			—

表 3-5 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
基礎ボルト		周囲環境温度	66			—
ポンプ取付ボルト		最高使用温度	66			—
原動機取付ボルト		周囲環境温度	66			—
減速機取付ボルト		周囲環境温度	66			—

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4. 機能維持評価

4.1 動的機能維持評価方法

ほう酸水注入系ポンプの動的機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-13-4 横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

ほう酸水注入系ポンプは地震時動的機能維持が確認された機種と類似の構造及び振動特性であるため、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に記載の機能確認済加速度を適用する。機能確認済加速度を表 4-1 に示す。

表 4-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	形式	方向	機能確認済加速度
ポンプ	横形3連往復動式ポンプ(2)	水平	3.2
		鉛直	2.0
原動機	横形ころがり軸受電動機	水平	7.0
		鉛直	2.0

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

ほう酸水注入系ポンプの設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。なお、弾性設計用地震動 S_d 及び静的震度は基準地震動 S_s を下回っており、基準地震動 S_s による発生値が、弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度に対する評価における許容限界を満足するため、弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度による発生値の算出を省略した。

(2) 機能維持評価結果

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

ほう酸水注入系ポンプの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【ほう酸水注入系ポンプの耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		ポンプ振動による震度	最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度			
ほう酸水注入系ポンプ	S	原子炉建屋 O.P. 22.50*1	—*2	—*2	—*3	—*3	C _H =2.12	C _V =1.56		66	50

注記 *1：基準床レベルを示す。
 *2：固有周期は十分に小さく、計算は省略する。
 *3：III_sS については、基準地震動 S_s で評価する。

1.2 機器要目

部 材	m _i (kg)	h _i (mm)	ℓ _{1i} *3 (mm)	ℓ _{2i} *3 (mm)	d _i (mm)	A _{b,i} (mm ²)	n _i	n _{f,i} *3
							10	4
								2
							4	2
								2
							4	2
								2
						6	2	
								3

部 材	S _{y,i} (MPa)	S _{u,i} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向		M _p (N・mm)
					弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	
基礎ボルト (i=1)							
ポンプ取付ボルト (i=2)							
原動機取付ボルト (i=3)							
減速機取付ボルト (i=4)							

予想最大両振幅 (μm)	ポンプ回転速度 (rpm)	原動機回転速度 (rpm)
H _p =90		

注記 *1：最高使用温度で算出
 *2：周囲環境温度で算出
 *3：各ボルトの機器要目における上段は軸直角方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は軸方向転倒に対する評価時の要目を示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位: N)

部 材	F _{bi}		Q _{bi}	
	弾性設計用地震動S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)				
ポンプ取付ボルト (i=2)				
原動機取付ボルト (i=3)				
減速機取付ボルト (i=4)				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位: MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動S _d 又は静的震度		基準地震動S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)		引張り	$\sigma_{b1}=67$	$f_{ts1}=173^*$	$\sigma_{b1}=67$	$f_{ts1}=207^*$
		せん断	$\tau_{b1}=23$	$f_{sb1}=133$	$\tau_{b1}=23$	$f_{sb1}=159$
ポンプ取付ボルト (i=2)		引張り	$\sigma_{b2}=33$	$f_{ts2}=154^*$	$\sigma_{b2}=33$	$f_{ts2}=185^*$
		せん断	$\tau_{b2}=22$	$f_{sb2}=118$	$\tau_{b2}=22$	$f_{sb2}=142$
原動機取付ボルト (i=3)		引張り	$\sigma_{b3}=16$	$f_{ts3}=173^*$	$\sigma_{b3}=16$	$f_{ts3}=207^*$
		せん断	$\tau_{b3}=9$	$f_{sb3}=133$	$\tau_{b3}=9$	$f_{sb3}=159$
減速機取付ボルト (i=4)		引張り	$\sigma_{b4}=14$	$f_{ts4}=173^*$	$\sigma_{b4}=14$	$f_{ts4}=207^*$
		せん断	$\tau_{b4}=5$	$f_{sb4}=133$	$\tau_{b4}=5$	$f_{sb4}=159$

すべて許容応力以下である。

注記 *: $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$ より算出

1.4.2 動的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
ポンプ	水平方向	1.77	3.2
	鉛直方向	1.30	2.0
原動機	水平方向	1.77	7.0
	鉛直方向	1.30	2.0

注記 *: 基準地震動S_sにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度(1.0ZPA)は、すべて機能確認済加速度以下である。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

【ほう酸水注入系ポンプの耐震性についての計算結果】

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度		基準地震動 S s		ポンプ振動による震度	最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度			
ほう酸水注入系ポンプ	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋 O.P. 22.50*1	—*2	—*2	—	—	C _H =2.12	C _V =1.56		66	66

注記 *1: 基準床レベルを示す。

*2: 固有周期は十分に小さく、計算は省略する。

2.2 機器要目

部 材	m _i (kg)	h _i (mm)	ℓ _{1i} *3 (mm)	ℓ _{2i} *3 (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	n _{f i} *3
基礎ボルト (i=1)							10	4 2
ポンプ取付ボルト (i=2)							4	2 2
原動機取付ボルト (i=3)							4	2 2
減速機取付ボルト (i=4)							6	2 3

部 材	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向		M _p (N・mm)
					弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	
基礎ボルト (i=1)					—	軸方向	—
ポンプ取付ボルト (i=2)					—	軸方向	—
原動機取付ボルト (i=3)					—	軸直角方向	2.355×10 ⁵
減速機取付ボルト (i=4)					—	軸直角方向	1.599×10 ⁶

予想最大両振幅 (μm)	ポンプ回転速度 (rpm)	原動機回転速度 (rpm)
H _p =90		

注記 *1: 最高使用温度で算出
*2: 周囲環境温度で算出
*3: 各ボルトの機器要目における上段は軸直角方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は軸方向転倒に対する評価時の要目を示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)				
ポンプ取付ボルト (i=2)				
原動機取付ボルト (i=3)				
減速機取付ボルト (i=4)				

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)		引張り	—	—	$\sigma_{b1}=67$	$f_{ts1}=202^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=23$	$f_{sb1}=155$
ポンプ取付ボルト (i=2)		引張り	—	—	$\sigma_{b2}=33$	$f_{ts2}=185^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=22$	$f_{sb2}=142$
原動機取付ボルト (i=3)		引張り	—	—	$\sigma_{b3}=16$	$f_{ts3}=202^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b3}=9$	$f_{sb3}=155$
減速機取付ボルト (i=4)	引張り	—	—	$\sigma_{b4}=14$	$f_{ts4}=202^*$	
	せん断	—	—	$\tau_{b4}=5$	$f_{sb4}=155$	

すべて許容応力以下である。

注記 * : $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$ より算出

2.4.2 動的機能の評価結果

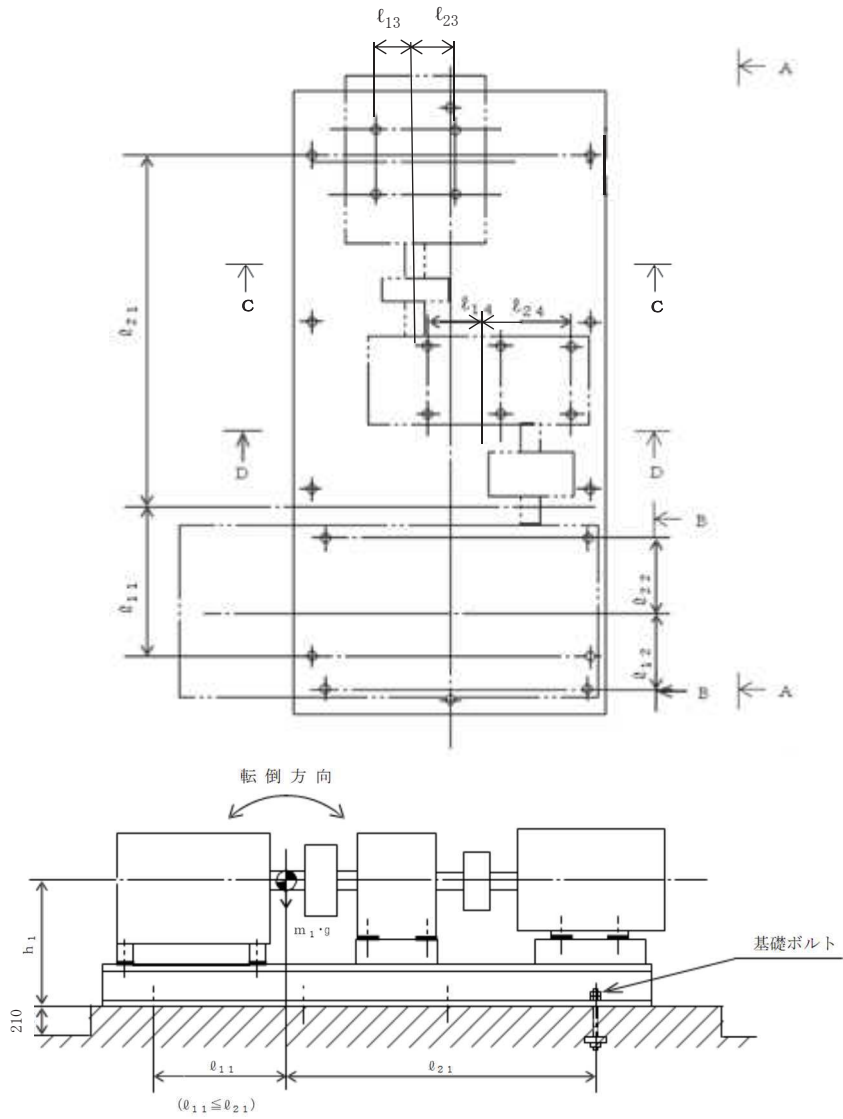
($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
ポンプ	水平方向	1.77	3.2
	鉛直方向	1.30	2.0
原動機	水平方向	1.77	7.0
	鉛直方向	1.30	2.0

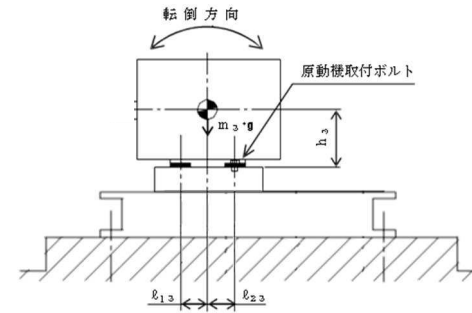
注記 * : 基準地震動 S_sにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度(1.0ZPA)は、すべて機能確認済加速度以下である

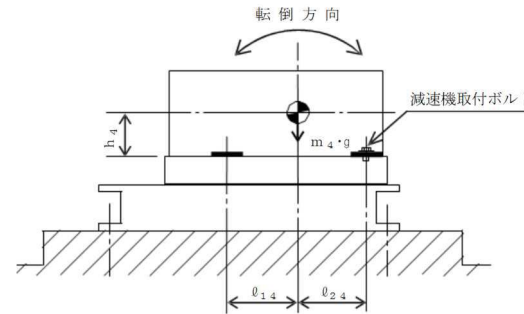
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



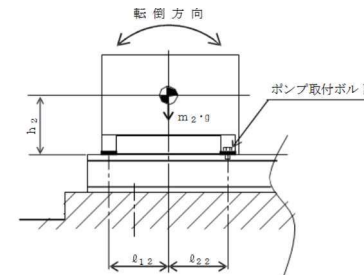
A~A 矢視図
(基礎ボルト)



C~C 矢視図
(原動機取付ボルト)



D~D 矢視図
(減速機取付ボルト)



B~B 矢視図
(ポンプ取付ボルト)

VI-2-6-4-1-3 管の耐震性についての計算書
(ほう酸水注入系)

設計基準対象施設

目次

1. 概要	1
2. 概略系統図及び鳥瞰図	2
2.1 概略系統図	2
2.2 鳥瞰図	4
3. 計算条件	7
3.1 計算方法	7
3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態	8
3.3 設計条件	9
3.4 材料及び許容応力	13
3.5 設計用地震力	14
4. 解析結果及び評価	24
4.1 固有周期及び設計震度	15
4.2 評価結果	21
4.2.1 管の応力評価結果	21
4.2.2 支持構造物評価結果	22
4.2.3 弁の動的機能維持評価結果	23
4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	24

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-13-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」（以下「基本方針」という。）に基づき、管、支持構造物及び弁が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

評価結果の記載方法は、以下に示すとおりである。

(1) 管

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全4モデルのうち、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を4.2.4に記載する。

(2) 支持構造物

工事計画記載範囲の支持点のうち、種類及び型式単位に反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。


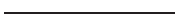

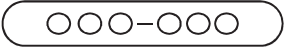

(3) 弁

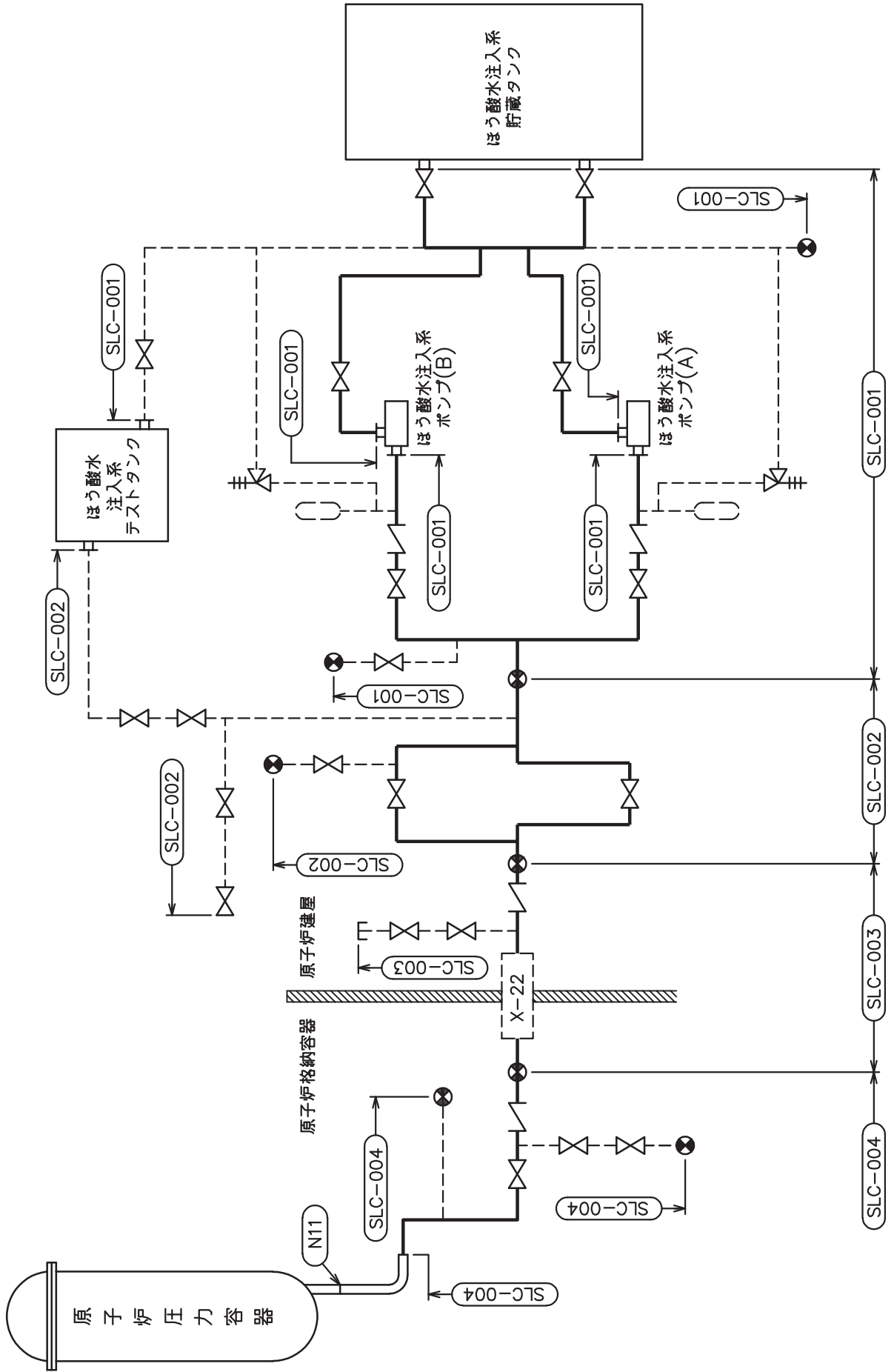
機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として、評価結果を記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例


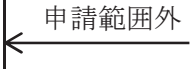



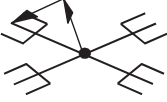
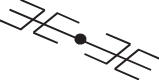

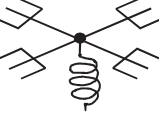
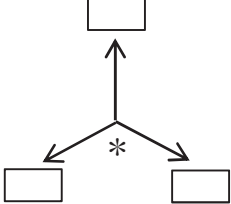
記 号	内 容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管
	鳥瞰図番号
	アンカ

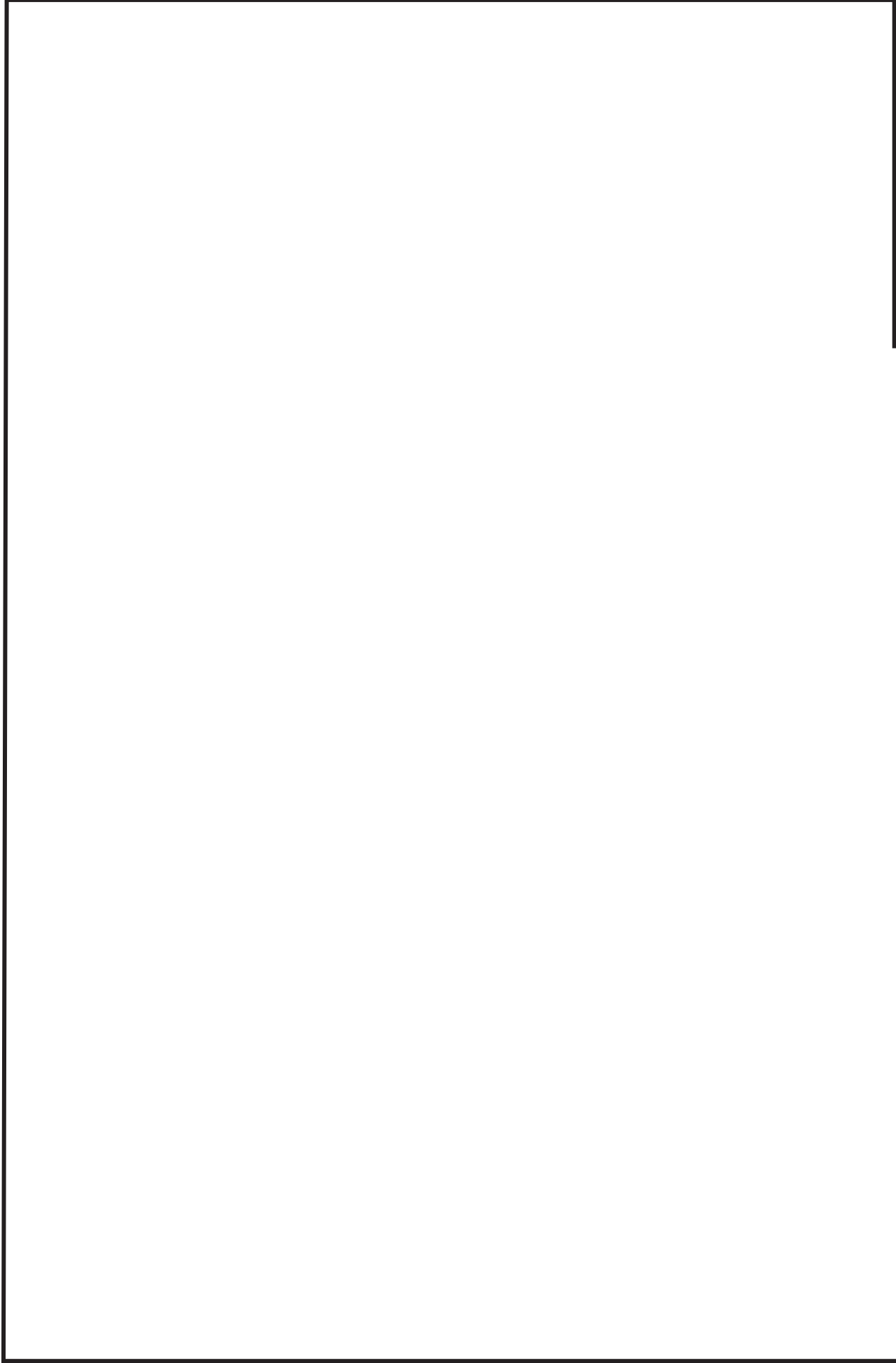


ほう酸水注入系概略系統図

2.2 鳥瞰図

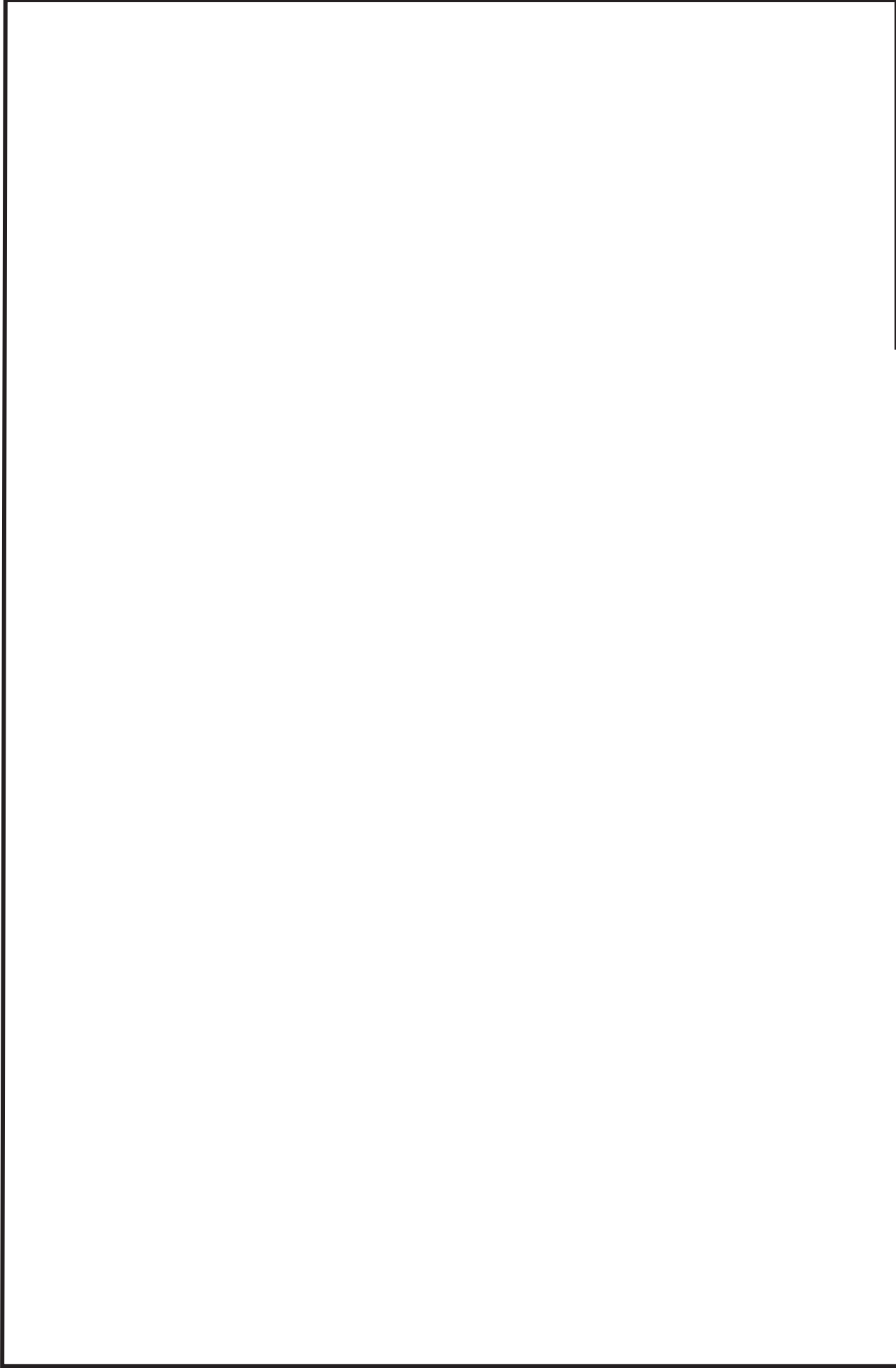
鳥瞰図記号凡例

記号	内容
	<p>工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管</p>
	<p>工事計画記載範囲外の管</p>
	<p>工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって解析モデルとして本系統に記載する管</p>
	<p>質点</p>
	<p>アンカ</p>
	<p>レストレイント (矢印は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。スナップについても同様とする。)</p>
	<p>スナップ</p>
	<p>ハンガ</p>
	<p>ガイド</p>
	<p>拘束点の地震による相対変位量(mm) (*は評価点番号, 矢印は拘束方向を示す。また, 内に変位量を記載する。)</p>



鳥瞰図 SLC-003-1/2

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 SLC-003-2/2

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3. 計算条件

3.1 計算方法

管の構造強度評価は、「基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。解析コードは、「I S A P」を使用し、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設分類*1	設備分類	機器等の区分	耐震重要度分類	荷重の組合せ*2, *3	許容応力状態
測制御系統施設	ほう酸水注入設備	ほう酸水注入系	DB	—	クラス2管	S	I _L +S d	III _A S
							II _L +S d	
							I _L +S s	IV _A S
							II _L +S s	

注記*1：DBは設計基準対象施設，SAは重大事故等対処設備を示す。

*2：運転状態の添字Lは荷重を示す。

*3：許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

3.3 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管名称で区分し，管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 S L C - 0 0 3

管名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	8.62	302	48.6	5.1	SUS304TP	S	175840
2	8.62	302	48.6	5.1	SUS304TP	S	175840
3	8.62	302	48.6	5.1	SUS316LTP	S	175840

設計条件

管名称と対応する評価点
評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図 S L C - 0 0 3

管名称	対 応 す る 評 価 点														
1	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	77	902													
2	77	201													
3	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	35	36	37	38	39
	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69
	70	78	79	80	81	202	800	801	804	901					

配管の質量（付加質量含む）

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
5		21		40		55		70	
6		22		41		56		77	
7		23		42		57		78	
8		24		43		58		79	
9		25		44		59		80	
10		26		45		60		81	
11		27		46		61		800	
12		28		47		62		801	
13		29		48		63		804	
14		30		49		64		901	
15		35		50		65		902	
16		36		51		66			
17		37		52		67			
18		38		53		68			
19		39		54		69			

弁部の質量を下表に示す。

弁 1

評価点	質量(kg)
201	
20	
202	

弁部の寸法を下表に示す。

弁NO.	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
弁1	20			

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 S L C - 0 0 3

支持点部のばね定数を下表に示す。

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
5						
** 9 **						
11						
15						
** 15 **						
18						
** 18 **						
22						
** 22 **						
** 25 **						
28						
** 38 **						
53						
56						
59						
63						
** 63 **						
67						
70						
77						
** 77 **						
78						
79						
** 79 **						
80						
** 80 **						

[Redacted]

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 S L C - 0 0 3

支持点部のばね定数を下表に示す。

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
81						
** 81 **						
** 102 **						
901						
902						
** 902 **						

--

02 ③ VI-2-6-4-1-3(設) R0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3.4 材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

材料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)			
		S m	S y	S u	S h
SUS304TP	302	—	126	391	—
SUS316LTP		—	104	373	—

3.5 設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答曲線を下表に示す。

なお、設計用床応答曲線は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき策定したものをを用いる。また、減衰定数は、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

鳥 瞰 図	建物・構築物	標高(O.P. (m))	減衰定数(%)
S L C - 0 0 3	原子炉しゃへい壁		
	原子炉本体基礎		
	原子炉格納容器		
	原子炉建屋		

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥瞰図 SLC-003

適用する地震動等		S d 及び静的震度			S s		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度*1		応答鉛直震度*1	応答水平震度*1		応答鉛直震度*1
		X方向	Z方向	Y方向	X方向	Z方向	Y方向
1次							
2次							
3次							
4次							
5次							
6次							
7次*2							
動的震度*3							
静的震度*4							

注記*1：各モードの固有周期に対し、設計用床応答曲線より得られる震度を示す。

*2：固有周期が0.050s以下であることを示す。

*3：S d又はS s地震動に基づく設計用最大床応答加速度より定めた震度を示す。

*4：3.6C_I及び1.2C_Vより定めた震度を示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

各モードに対応する刺激係数

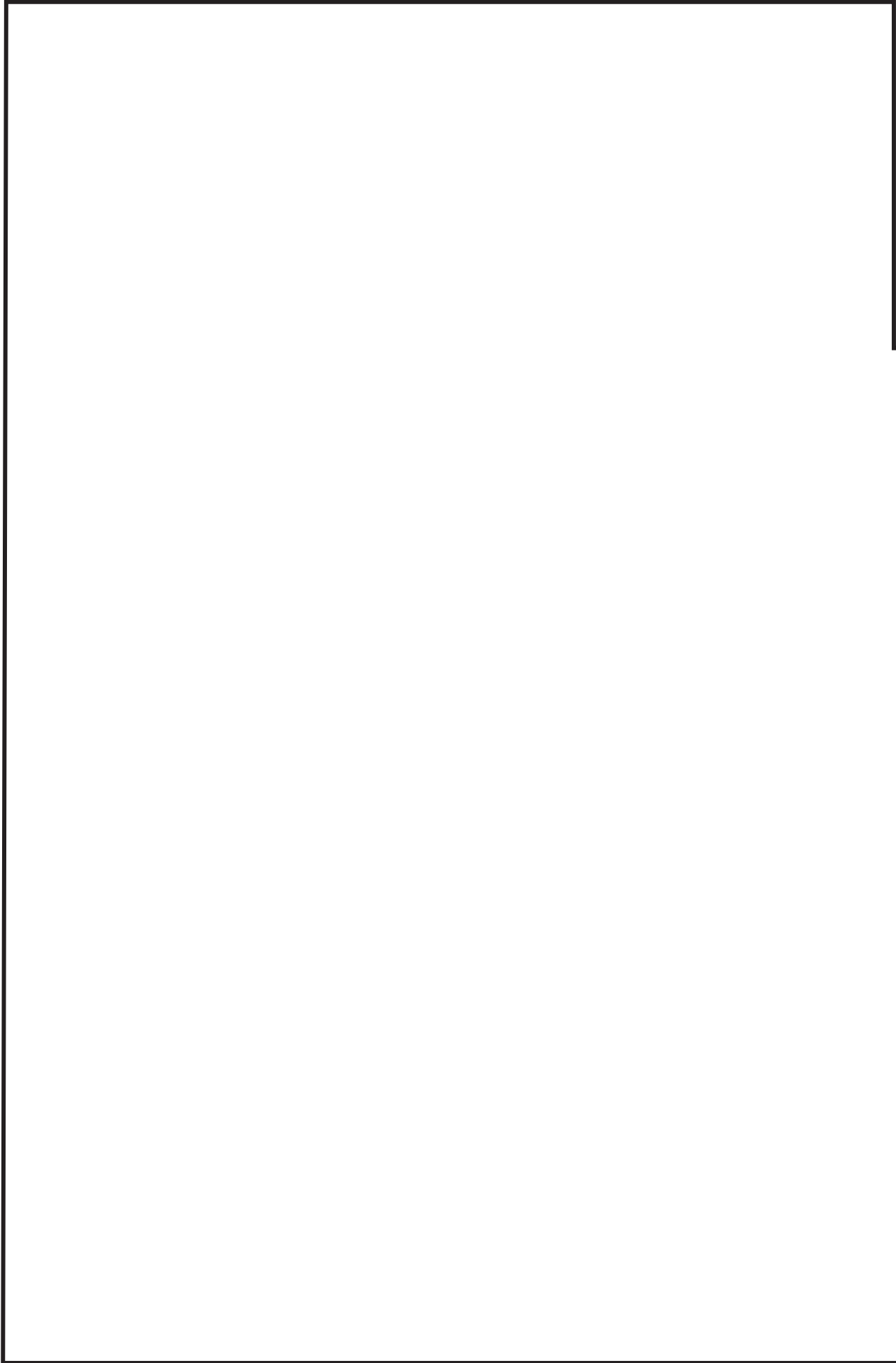
鳥瞰図 SLC-003

モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X 方向	Y 方向	Z 方向
1 次				
2 次				
3 次				
4 次				
5 次				
6 次				

注記*：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

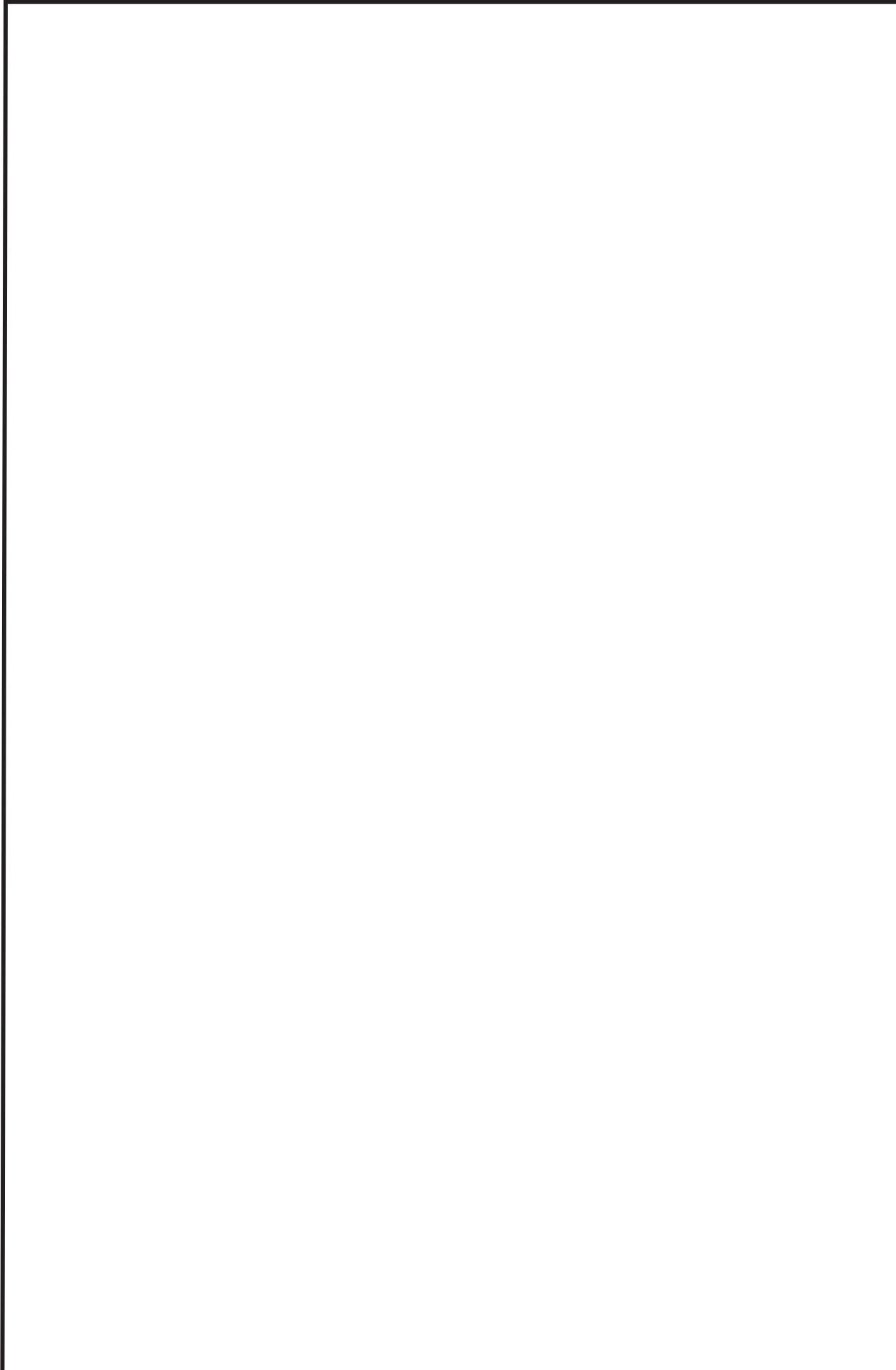
代表的振動モード図

振動モード図は、3次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し、次ページ以降に示す。



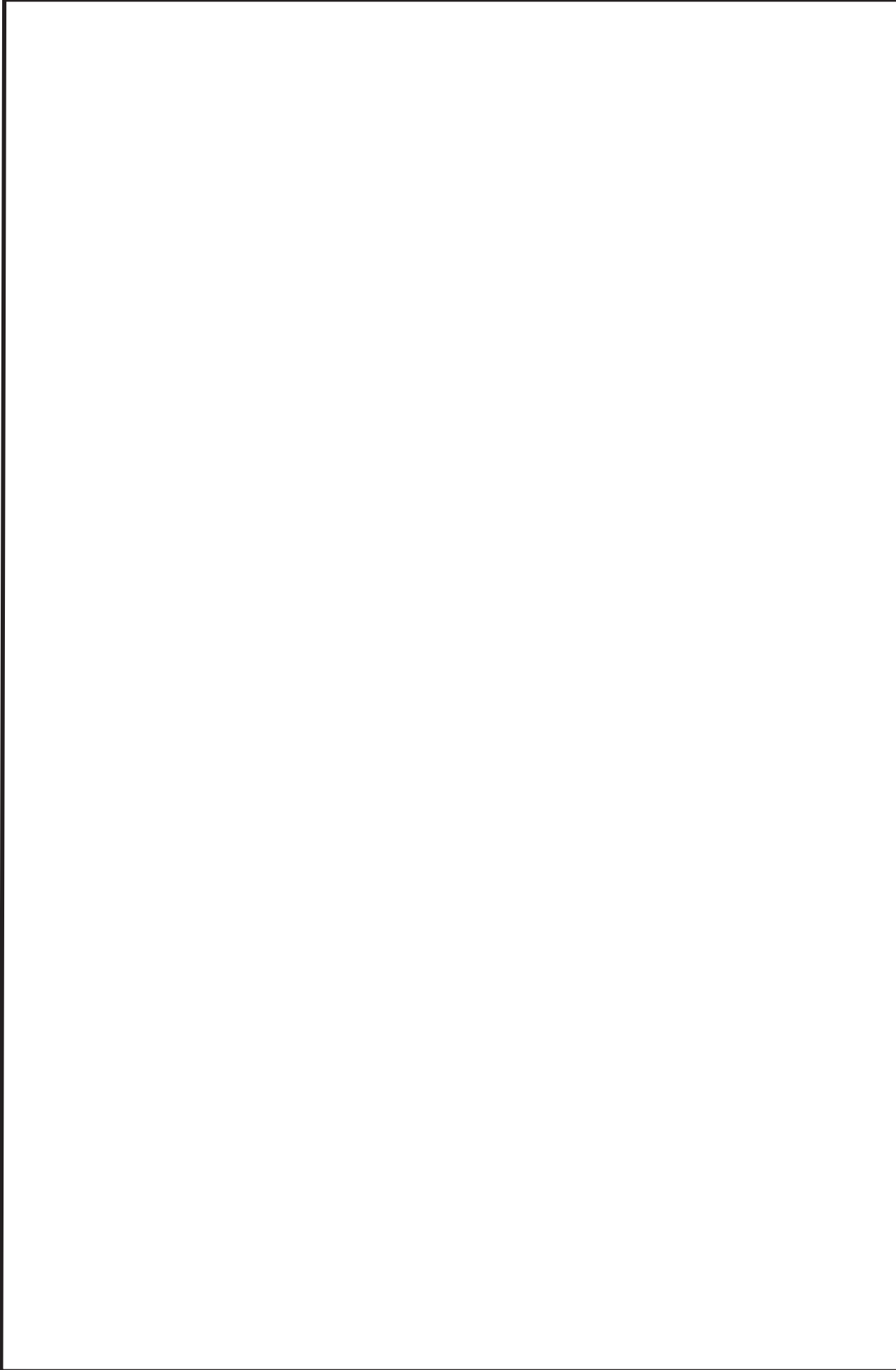
鳥瞰図 SLC-003

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 SLC-003

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 SLC-003

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4.2 評価結果

4.2.1 管の応力評価結果

下記に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれ許容値以下である。

クラス2以下の管

鳥瞰図	許容応力状態	最大応力評価点	最大応力区分	一次応力評価 (MPa)		一次+二次応力評価 (MPa)		疲労評価
				計算応力 S _{pr m} (S _d) S _{pr m} (S _s)	許容応力 S _y *1 0.9・S _u	計算応力 S _n (S _d) S _n (S _s)	許容応力 2・S _y 2・S _y	
S L C - 0 0 3	III _A S	50	S _{pr m} (S _d)	86	112	-	-	-
	III _A S	50	S _n (S _d)	-	-	114	208	-
	IV _A S	50	S _{pr m} (S _s)	133	335	-	-	-
	IV _A S	50	S _n (S _s)	-	-	209 *	208	0.0001

注記 *：許容応力を超える計算応力に対して付記する。

*1：オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については、S_yと1.2・S_hのうち大きい方とする。

4.2.2 支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果 (荷重評価)

支持構造物 番号	種類	型式	材質	温度 (°C)	評価結果	
					計算 荷重 (kN)	許容 荷重 (kN)
SLC-001-970S	メカニカルスナッパ	NMB-003-125	添付書類「VI-2-1-12-1 配管及び支持構造物の耐 震計算(について)参照		3	11
SLC-002-054BA	ロッドレストレイメント	RST-S1			4	16

支持構造物評価結果 (応力評価)

支持構造物 番号	種類	型式	材質	温度 (°C)	支持点荷重						評価結果			
					反力(kN)			モーメント (kN・m)			応力 分類	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	
					F _x	F _y	F _z	M _x	M _y	M _z				
SLC-002-033R	レストレイメント	架構	SS400	40	0	5	1	—	—	—	—	組合せ	212	280
SLC-003-070A	アンカ	ラグ	SUS304	302	6	2	2	488N・m	368N・m	1018N・m	—	曲げ	127	395

4.2.3 弁の動的機能維持評価結果

下表に示すとおり機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下又は計算応力が許容応力以下である。

弁番号	形式	要求機能	機能維持評価用加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		機能確認済加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		構造強度評価結果 (MPa)	
			水平	鉛直	水平	鉛直	計算応力	許容応力
—	—	—	—	—	—	—	—	—

4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度が最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果(クラス2以下の管)

No.	配管モデル	許容応力状態 III _A S										許容応力状態 IV _A S												
		一次応力					一次応力					一次+二次応力*					一次+二次応力*							
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	疲労係数	評価点	代表
1	SLC-001	83	109	188	1.72	—	83	142	431	3.03	—	74	189	376	1.98	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	SLC-002	38	100	132	1.32	—	38	138	351	2.54	—	38	215	252	1.17	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	SLC-003	50	86	112	1.30	○	50	133	335	2.51	○	50	209	208	0.99	○	50	208	208	0.99	○	0.0001	50	○
4	SLC-004	34	78	112	1.43	—	1	111	335	3.01	—	4	175	208	1.18	—	—	—	—	—	—	—	—	—

注記* : III_ASの一次+二次応力の許容値はIV_ASと同様であることから、地震荷重が大きいいIV_ASの一次+二次応力裕度最小を代表とする。

重大事故等対処設備

目次

1. 概要	1
2. 概略系統図及び鳥瞰図	2
2.1 概略系統図	2
2.2 鳥瞰図	4
3. 計算条件	7
3.1 計算方法	7
3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態	8
3.3 設計条件	9
3.4 材料及び許容応力	13
3.5 設計用地震力	14
4. 解析結果及び評価	15
4.1 固有周期及び設計震度	15
4.2 評価結果	21
4.2.1 管の応力評価結果	21
4.2.2 支持構造物評価結果	22
4.2.3 弁の動的機能維持評価結果	23
4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	24

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-13-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」（以下「基本方針」という。）に基づき、管、支持構造物及び弁が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

評価結果の記載方法は、以下に示すとおりである。

(1) 管

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全4モデルのうち、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を4.2.4に記載する。

(2) 支持構造物

工事計画記載範囲の支持点のうち、種類及び型式単位に反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。






(3) 弁

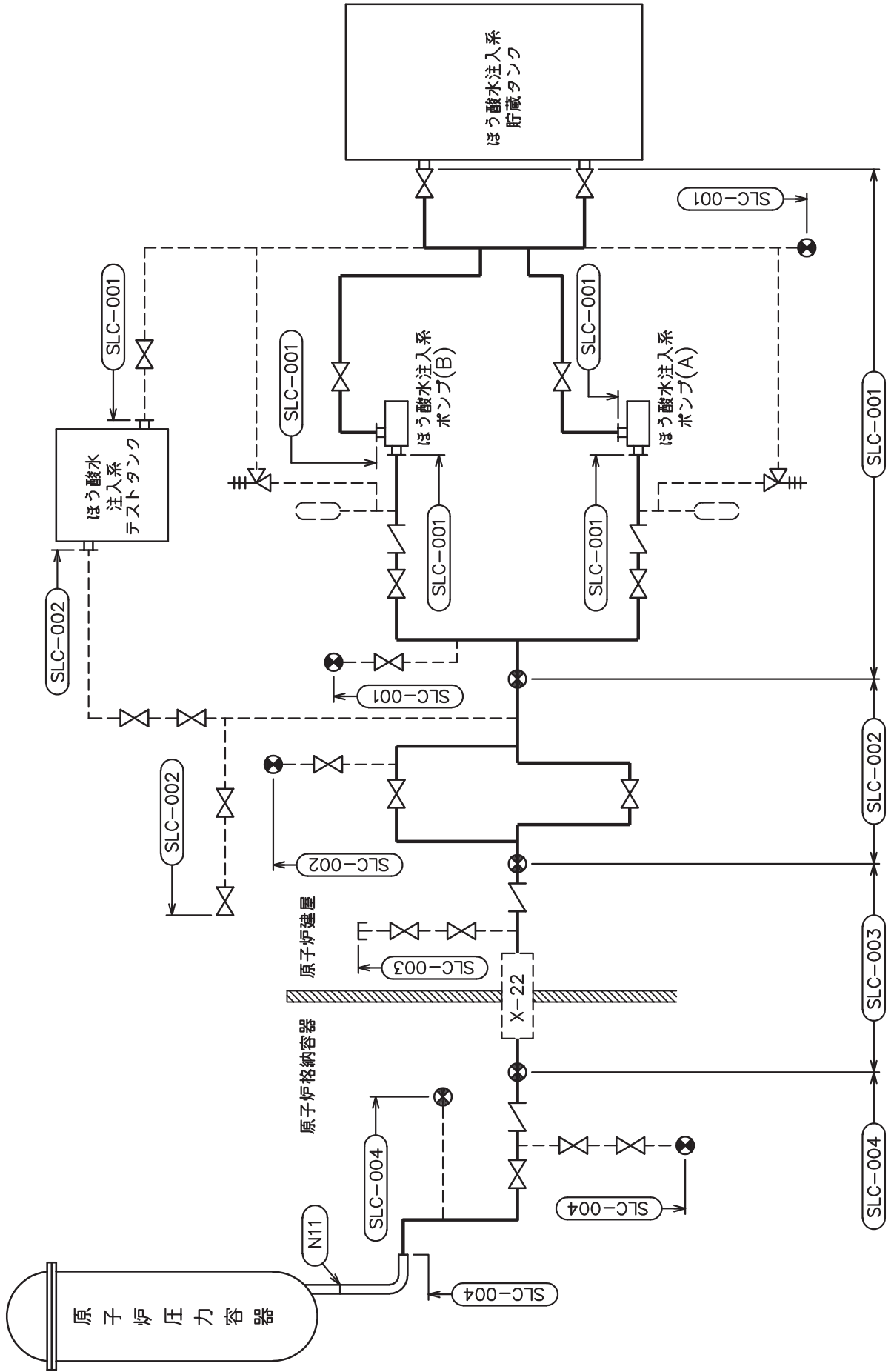
機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として、評価結果を記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例


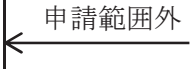
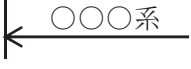


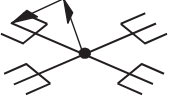
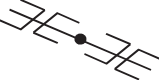

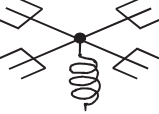
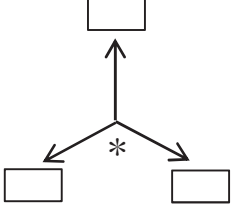
記 号	内 容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管
	鳥瞰図番号
	アンカ

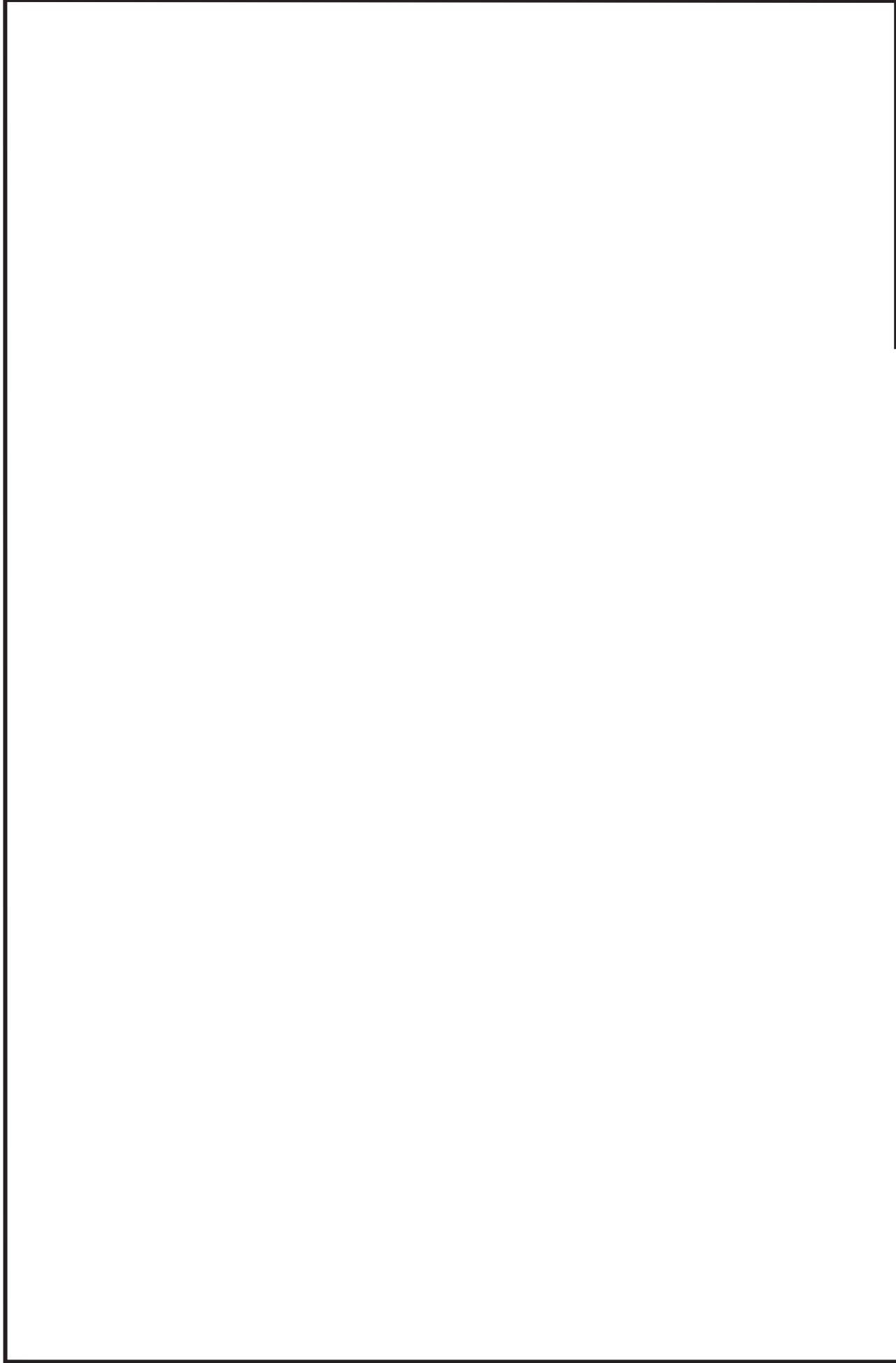


ほう酸水注入系概略系統図

2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

記号	内容
	<p>工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管</p>
	<p>工事計画記載範囲外の管</p>
	<p>工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって解析モデルとして本系統に記載する管</p>
	<p>質点</p>
	<p>アンカ</p>
	<p>レストレイント (矢印は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。スナップについても同様とする。)</p>
	<p>スナップ</p>
	<p>ハンガ</p>
	<p>ガイド</p>
	<p>拘束点の地震による相対変位量(mm) (*は評価点番号, 矢印は拘束方向を示す。また, 内に変位量を記載する。)</p>



鳥瞰図 SLC-003-1/2

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 SLC-003-2/2

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3. 計算条件

3.1 計算方法

管の構造強度評価は、「基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。解析コードは、「I S A P」を使用し、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設分類*1	設備分類*2	機器等の区分	耐震重要度分類	荷重の組合せ*3, *4	許容応力状態*5
計測制御系統施設	ほう酸水注入設備	ほう酸水注入系	S A	常設耐震／防止 常設／緩和	重大事故等ク ラス2管	—	$V_L(L) + S d$	$V_A S$
							$V_L(LL) + S s$	
							$V_L + S s$	
原子炉冷却系統施設	非常用炉心冷却設備 その他原子炉注水設備	ほう酸水注入系	S A	常設耐震／防止	重大事故等ク ラス2管	—	$V_L(L) + S d$	$V_A S$
							$V_L(LL) + S s$	
							$V_L + S s$	
原子炉格納施設	圧力低減設備 その他の安全設備	ほう酸水注入系	S A	常設／緩和	重大事故等ク ラス2管	—	$V_L(L) + S d$	$V_A S$
							$V_L(LL) + S s$	
							$V_L + S s$	

注記*1：DBは設計基準対象施設，SAは重大事故等対処設備を示す。

*2：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*3：運転状態の添字Lは荷重，(L)は荷重が長期間作用している状態，(LL)は(L)より更に長期間的荷重が作用している状態を示す。

*4：許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

*5：許容応力状態 $V_A S$ は許容応力状態 $IV_A S$ の許容限界を使用し，許容応力状態 $IV_A S$ として評価を実施する。

3.3 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管名称で区分し，管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 S L C - 0 0 3

管名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	10.34	315	48.6	5.1	SUS304TP	—	174800
2	10.34	315	48.6	5.1	SUS304TP	—	174800
3	10.34	315	48.6	5.1	SUS316LTP	—	174800

設計条件

管名称と対応する評価点
 評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図 S L C - 0 0 3

管名称	対 応 す る 評 価 点														
1	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	77	902													
2	77	201													
3	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	35	36	37	38	39
	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69
	70	78	79	80	81	202	800	801	804	901					

配管の質量（付加質量含む）

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
5		21		40		55		70	
6		22		41		56		77	
7		23		42		57		78	
8		24		43		58		79	
9		25		44		59		80	
10		26		45		60		81	
11		27		46		61		800	
12		28		47		62		801	
13		29		48		63		804	
14		30		49		64		901	
15		35		50		65		902	
16		36		51		66			
17		37		52		67			
18		38		53		68			
19		39		54		69			

弁部の質量を下表に示す。

弁 1

評価点	質量(kg)
201	
20	
202	

弁部の寸法を下表に示す。

弁NO.	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
弁1	20			

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 S L C - 0 0 3

支持点部のばね定数を下表に示す。

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
5						
** 9 **						
11						
15						
** 15 **						
18						
** 18 **						
22						
** 22 **						
** 25 **						
28						
** 38 **						
53						
56						
59						
63						
** 63 **						
67						
70						
77						
** 77 **						
78						
79						
** 79 **						
80						
** 80 **						

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 S L C - 0 0 3

支持点部のばね定数を下表に示す。

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
81						
** 81 **						
** 102 **						
901						
902						
** 902 **						

--

02 ③ VI-2-6-4-1-3(重) R0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3.4 材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

材料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)			
		S m	S y	S u	S h
SUS304TP	315	—	125	391	—
SUS316LTP		—	103	373	—

3.5 設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答曲線を下表に示す。

なお、設計用床応答曲線は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき策定したものをを用いる。また、減衰定数は、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

鳥 瞰 図	建物・構築物	標高(O.P. (m))	減衰定数(%)
S L C - 0 0 3	原子炉しゃへい壁		
	原子炉本体基礎		
	原子炉格納容器		
	原子炉建屋		

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥瞰図 SLC-003

適用する地震動等		S d 及び静的震度			S s		
		応答水平震度*1	応答鉛直震度*1	応答水平震度*1	応答水平震度*1	応答鉛直震度*1	応答鉛直震度*1
モード	固有周期 (s)	X 方向	Z 方向	Y 方向	X 方向	Z 方向	Y 方向
1 次							
2 次							
3 次							
4 次							
5 次							
6 次							
7 次*2							
動的震度*3							
静的震度*4							

注記*1：各モードの固有周期に対し、設計用床応答曲線より得られる震度を示す。

*2：固有周期が0.050s以下であることを示す。

*3：S d又はS s地震動に基づく設計用最大床応答加速度より定めた震度を示す。

*4：3.6C_I及び1.2C_Vより定めた震度を示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

各モードに対応する刺激係数

鳥瞰図 SLC-003

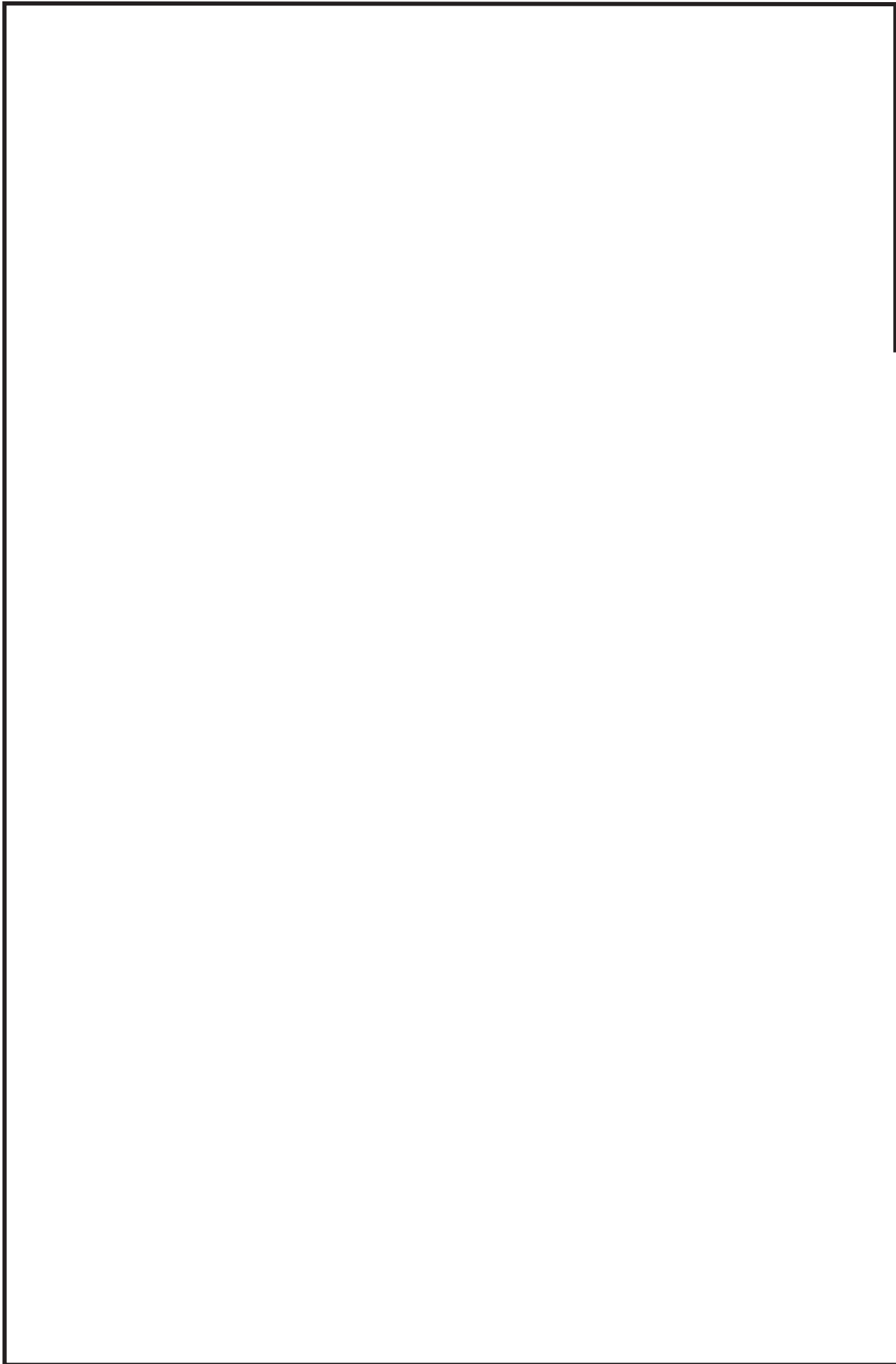
モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X 方向	Y 方向	Z 方向
1 次	[Redacted Content]			
2 次				
3 次				
4 次				
5 次				
6 次				

注記*: 刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

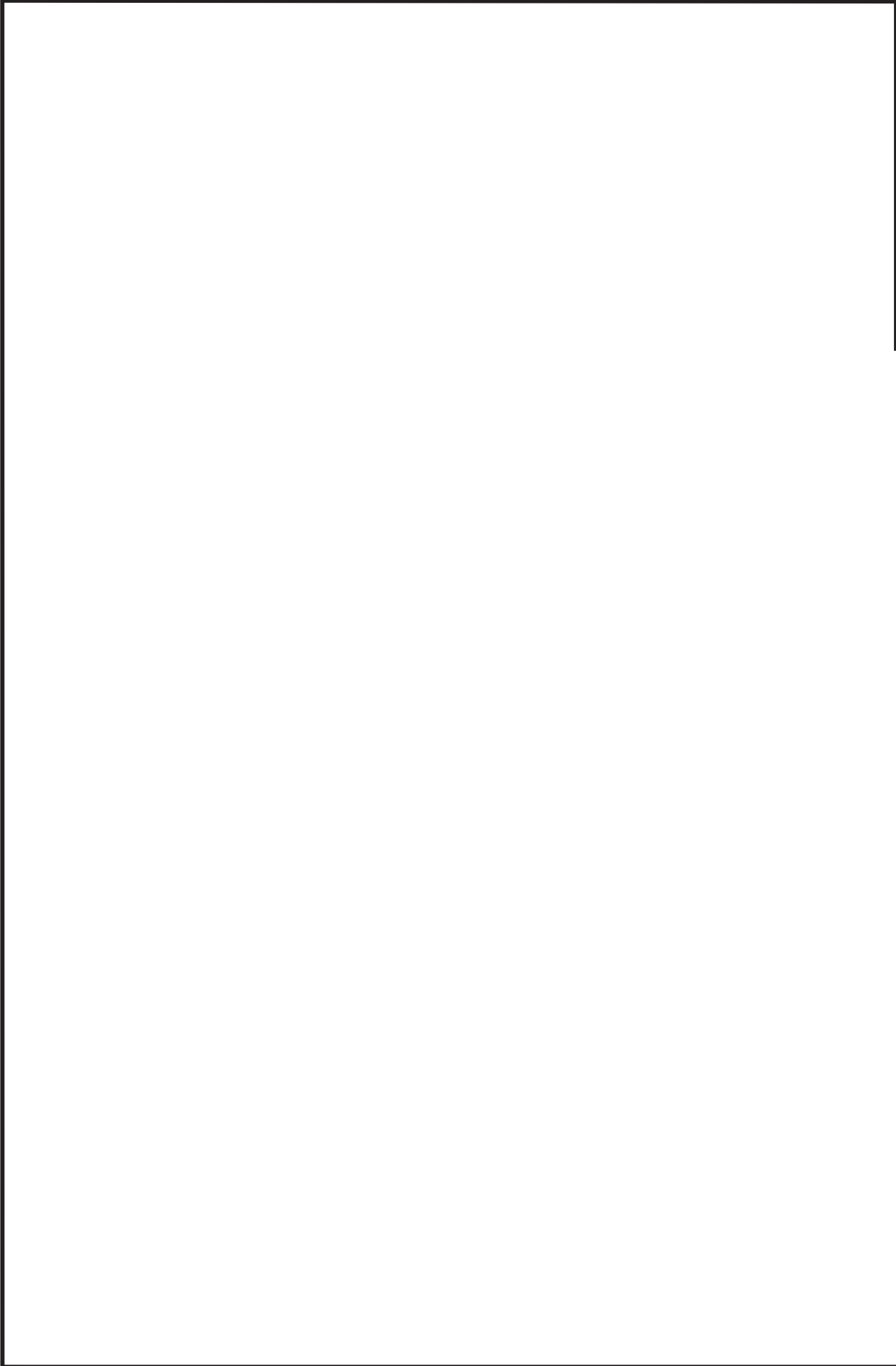
代表的振動モード図

振動モード図は、3次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し、次ページ以降に示す。



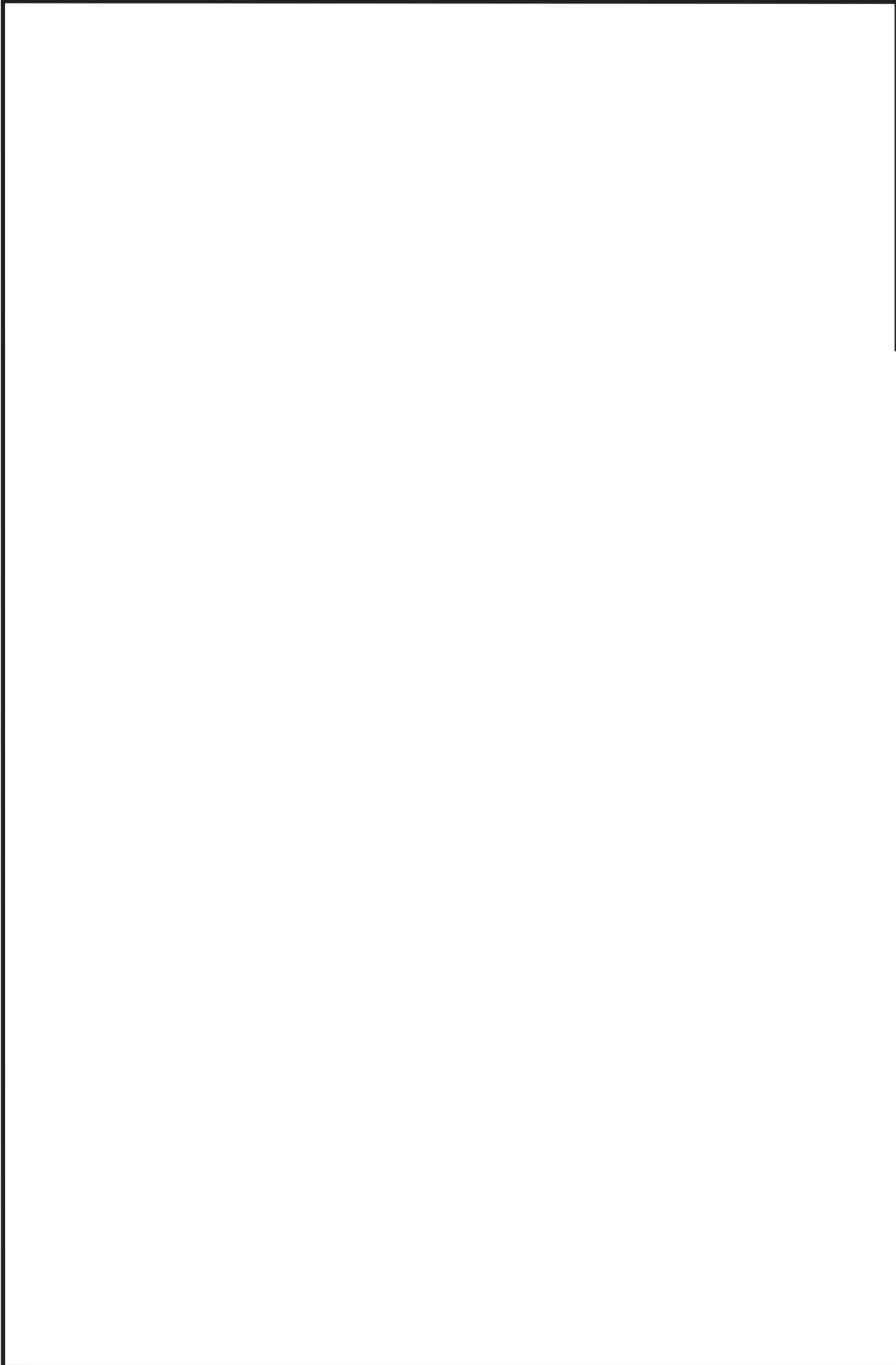
鳥瞰図 SLC-003

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 SLC-003

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 SLC-003

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4.2 評価結果

4.2.1 管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管

鳥瞰図	許容応力 状態	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)		一次+二次応力評価 (MPa)		疲労評価
				計算応力 S p r m (S s)	許容応力 0.9・S u	計算応力 S n (S s)	許容応力 2・S y	
S L C - 0 0 3	V _A S V _A S	50 50	S p r m (S s) S n (S s)	136 —	335 —	— 211 *	— 206	— 0.0001

注記*：許容応力を超える計算応力に対して付記する。

4.2.2 支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果 (荷重評価)

支持構造物 番号	種類	型式	材質	温度 (°C)	評価結果	
					計算 荷重 (kN)	許容 荷重 (kN)
SLC-001-970S	メカニカルスナッパ	NMB-003-125	添付書類「VI-2-1-12-1 配 管及び支持構造物の耐震 計算について」参照		3	11
SLC-002-054BA	ロッドレストレイメント	RST-S1			4	16

支持構造物評価結果 (応力評価)

支持構造物 番号	種類	型式	材質	温度 (°C)	支持点荷重						評価結果		
					反力(kN)			モーメント (kN・m)			応力 分類	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)
					F _x	F _y	F _z	M _x	M _y	M _z			
SLC-002-033R	レストレイメント	架構	SS400	66	0	5	2	-	-	-	組合せ	212	270
SLC-003-070A	アンカ	ラグ	SUS304	315	6	2	2	488N・m	368N・m	1016N・m	曲げ	127	391

4.2.3 弁の動的機能維持評価結果

下表に示すとおり機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下又は計算応力が許容応力以下である。

弁番号	形式	要求機能	機能維持評価用加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		機能確認済加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		構造強度評価結果 (MPa)	
			水平	鉛直	水平	鉛直	計算応力	許容応力
—	—	—	—	—	—	—	—	—

4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度が最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果(重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管)

No.	配管モデル	許容応力状態 VAS														
		一次応力						一次+二次応力						疲労評価		
		評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労 累積 係数	代表		
1	SLC-001	83	139	431	3.10	—	74	189	376	1.98	—	—	—	—		
2	SLC-002	38	140	351	2.50	—	38	215	250	1.16	—	—	—	—		
3	SLC-003	50	136	335	2.46	○	50	211	206	0.97	○	50	0.0001	○		
4	SLC-004	1	113	335	2.96	—	4	175	206	1.17	—	—	—	—		

VI-2-6-5 計測装置の耐震性についての計算書

目 次

- VI-2-6-5-1 起動領域計測装置及び出力領域計測装置の耐震性についての計算書
- VI-2-6-5-2 原子炉圧力容器本体の入口又は出口の原子炉冷却材の圧力，温度又は流量を計測する装置（常設）の耐震性についての計算書
- VI-2-6-5-3 原子炉圧力容器本体内の圧力又は水位を計測する装置（常設）の耐震性についての計算書
- VI-2-6-5-4 原子炉格納容器本体内の圧力，温度，酸素ガス濃度又は水素ガス濃度を計測する装置（常設）の耐震性についての計算書
- VI-2-6-5-6 原子炉冷却材再循環流量を計測する装置の耐震性についての計算書
- VI-2-6-5-7 原子炉格納容器本体への冷却材流量を計測する装置の耐震性についての計算書
- VI-2-6-5-8 原子炉格納容器本体の水位を計測する装置の耐震性についての計算書
- VI-2-6-5-9 原子炉建屋内の水素ガス濃度を計測する装置の耐震性についての計算書

VI-2-6-5-1 起動領域計測装置及び出力領域計測装置の耐震性についての
計算書

目 次

VI-2-6-5-1-1 起動領域モニタの耐震性についての計算書

VI-2-6-5-1-2 出力領域モニタの耐震性についての計算書

VI-2-6-5-1-1 起動領域モニタの耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格・基準等	4
2.4 記号の説明	5
2.5 計算精度と数値の丸め方	6
3. 評価部位	7
4. 固有周期	9
4.1 固有値解析方法	9
4.2 解析モデル及び諸元	9
4.3 固有値解析結果	11
5. 地震応答解析及び構造強度評価	12
5.1 地震応答解析方法	12
5.2 構造強度評価方法	14
5.3 荷重の組合せ及び許容応力	14
5.3.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	14
5.3.2 許容応力	14
5.3.3 使用材料の許容応力評価条件	14
5.3.4 溶接部の継手効率	14
5.4 設計用地震力	18
5.5 計算方法	20
5.5.1 応力の計算方法	20
5.6 計算条件	25
5.6.1 起動領域モニタの応力計算条件	25
5.7 応力の評価	25
5.7.1 パイプの応力評価	25
6. 評価結果	26
6.1 設計基準対象施設としての評価結果	26
6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	26
7. 引用文献	26

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき、起動領域モニタが設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

起動領域モニタは、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

起動領域モニタの構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、起動領域モニタドライチューブに内包され、炉心領域に設置される。</p> <p>起動領域モニタドライチューブは、上端を上部格子板の穴に挿入し、プランジャ（ばね）により支持され、下端部は中性子束計測案内管に炉心支持板位置でリングにより支持される。</p> <p>炉心支持板より下方では、中性子束計測案内管及び中性子束計測ハウジングでガイドされ、中性子束計測ハウジング下端に取り付けられたフランジに固定される。</p>	<p>核分裂電離箱</p> <p>（起動領域モニタドライチューブは外径 の長尺円筒形の炉内構造物である。）</p>	<p>【起動領域モニタ】</p> <p style="text-align: right;">(単位：mm)</p>

2

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2.2 評価方針

起動領域モニタの応力評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示す起動領域モニタの部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力、死荷重及び外圧による応力が許容限界内に収まることを、「5. 地震応答解析及び構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「6. 評価結果」に示す。

起動領域モニタの耐震評価フローを図 2-1 に示す。

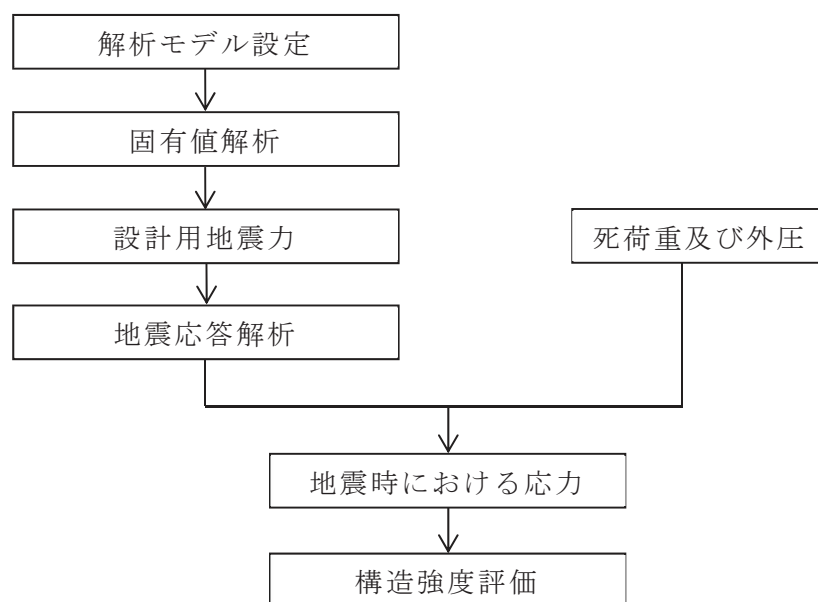


図 2-1 起動領域モニタの耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 ((社) 日本電気協会)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補
-1984 ((社) 日本電気協会)
- (3) 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版 ((社) 日本電気
協会)
- (4) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 ((社) 日本機械学会 2005/2007) (以下
「設計・建設規格」という。)

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A	断面積	mm ²
D _i	内径	mm
D _o	外径	mm
E	縦弾性係数	MPa
F _E	応力評価点のせん断力	N
H	水平力	N
I	断面二次モーメント	mm ⁴
L	リングからプランジャ先端までの長さ	mm
ℓ	リングからチャンネルボックスに接触する点までの距離	mm
ℓ'	リングから応力評価点までの距離	mm
M _E	応力評価点の曲げモーメント	N・mm
P _B	チャンネルボックスからの支持反力	N
P _o	外圧	MPa
S ₁₂	主応力差 $\sigma_1 - \sigma_2$	MPa
S ₂₃	主応力差 $\sigma_2 - \sigma_3$	MPa
S ₃₁	主応力差 $\sigma_3 - \sigma_1$	MPa
S _m	設計応力強さ 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表1に定める値	MPa
S _u	設計引張強さ 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa
V _D	死荷重による鉛直力	N
V _S	地震荷重による鉛直力	N
w	等分布荷重	N/mm
Y	外径と内径の比	—
δ _D	設計たわみ量	mm
η	溶接部の継手効率	—
ν	ポアソン比	—
σ ₁	主応力	MPa
σ ₂	主応力	MPa
σ ₃	主応力	MPa
σ _ℓ	軸方向応力	MPa
σ _r	半径方向応力	MPa
σ _t	周方向応力	MPa
τ _{ℓr}	せん断応力	MPa
τ _{rt}	せん断応力	MPa
τ _{tℓ}	せん断応力	MPa

2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は有効数字 6 桁以上を確保する。表示する数値の丸め方は、表 2-2 に示すとおりとする。

表 2-2 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第 4 位	四捨五入	小数点以下第 3 位
震度	—	小数点以下第 3 位	切上げ	小数点以下第 2 位
温度	°C	—	—	整数位
長さ	mm	—	—	整数位 ^{*1}
面積	mm ²	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*2}
断面二次モーメント	mm ⁴	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*2}
モーメント	N・mm	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*2}
力	N	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*2}
算出応力	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
許容応力 ^{*3}	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位

注記 *1：設計上定める値が小数点以下の場合は、小数点以下表示とする。

*2：絶対値が 1000 以上のときは、べき数表示とする。

*3：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は比例法により補間した値の小数点以下第 1 位を切り捨て、整数位までの値とする。

3. 評価部位

起動領域モニタの耐震評価は、「5.2 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなるパイプについて実施する。起動領域モニタの耐震評価部位を図 3-1 に示す。

なお、応力評価点は構造の不連続を考慮して応力の最も厳しい箇所を選び、応力評価点を含む断面を、応力評価面と呼ぶ。

また、地震荷重による応力が極大となる方位の応力評価点は（P01）と表し、極小となる方位の応力評価点にはプライム（'）を付けて（P01'）と表す。

一次応力の評価は、内外面の応力評価点を含む断面（応力評価面）について行う。

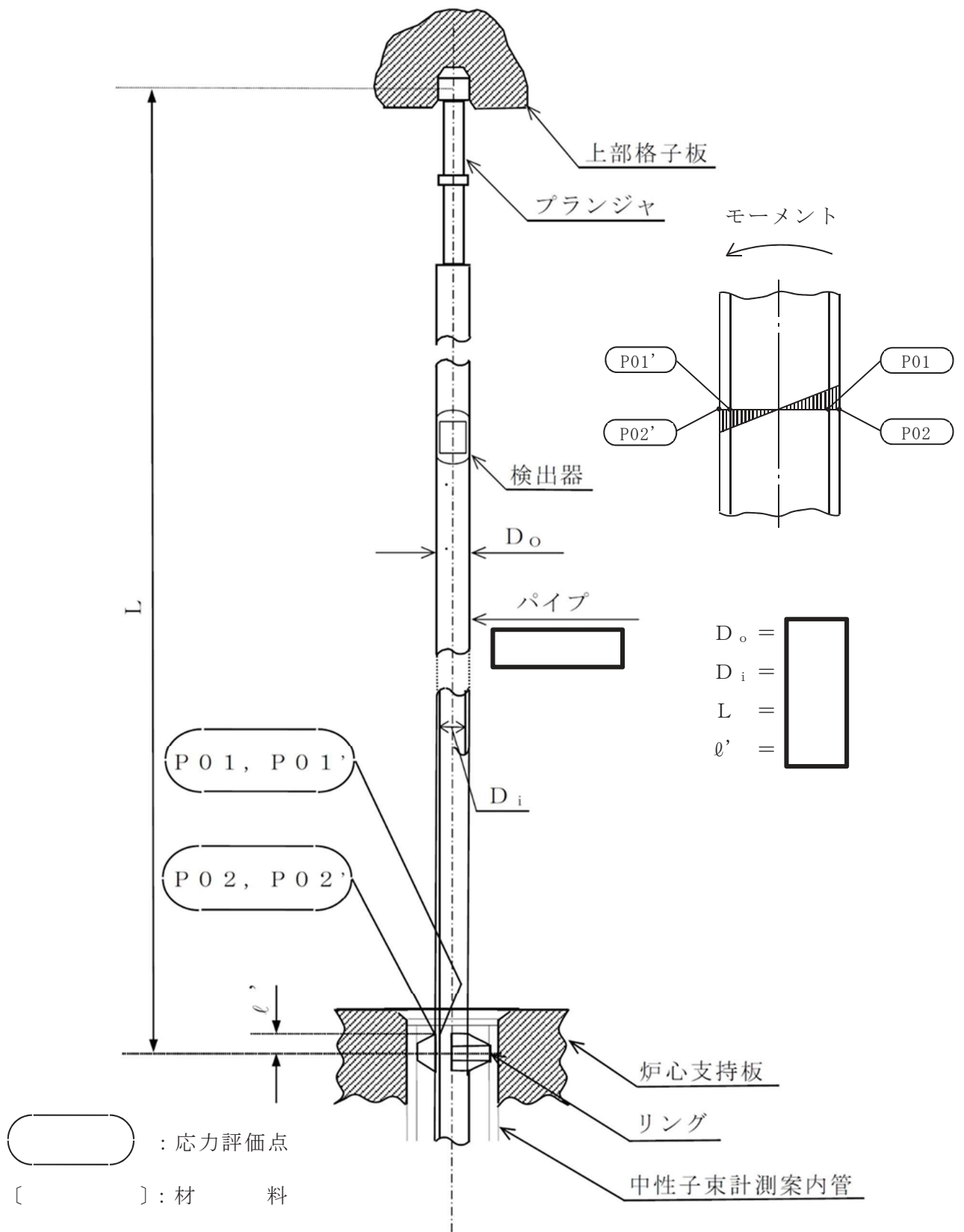


図 3-1 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4. 固有周期

4.1 固有値解析方法

起動領域モニタの固有値解析方法を以下に示す。

- (1) 起動領域モニタは、「4.2 解析モデル及び諸元」に示す三次元はりモデルとして考
える。

4.2 解析モデル及び諸元

起動領域モニタの解析モデルを図 4-1 に、解析モデルの概要を以下に示す。また、機
器の諸元を本計算書の【起動領域モニタの耐震性についての計算結果】のその他の機器
要目に示す。

- (1) 強度上重要で、耐震上の条件が最も厳しくなる炉心支持板と上部格子板間の起動
領域モニタドライチューブをモデル化する。
- (2)
- (3)
- (4) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
- (5) 解析コードは、「NASTRAN」を使用し、固有値を求める。なお、評価に用い
る解析コードの検証及び妥当性評価等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プ
ログラム（解析コード）の概要」に示す。

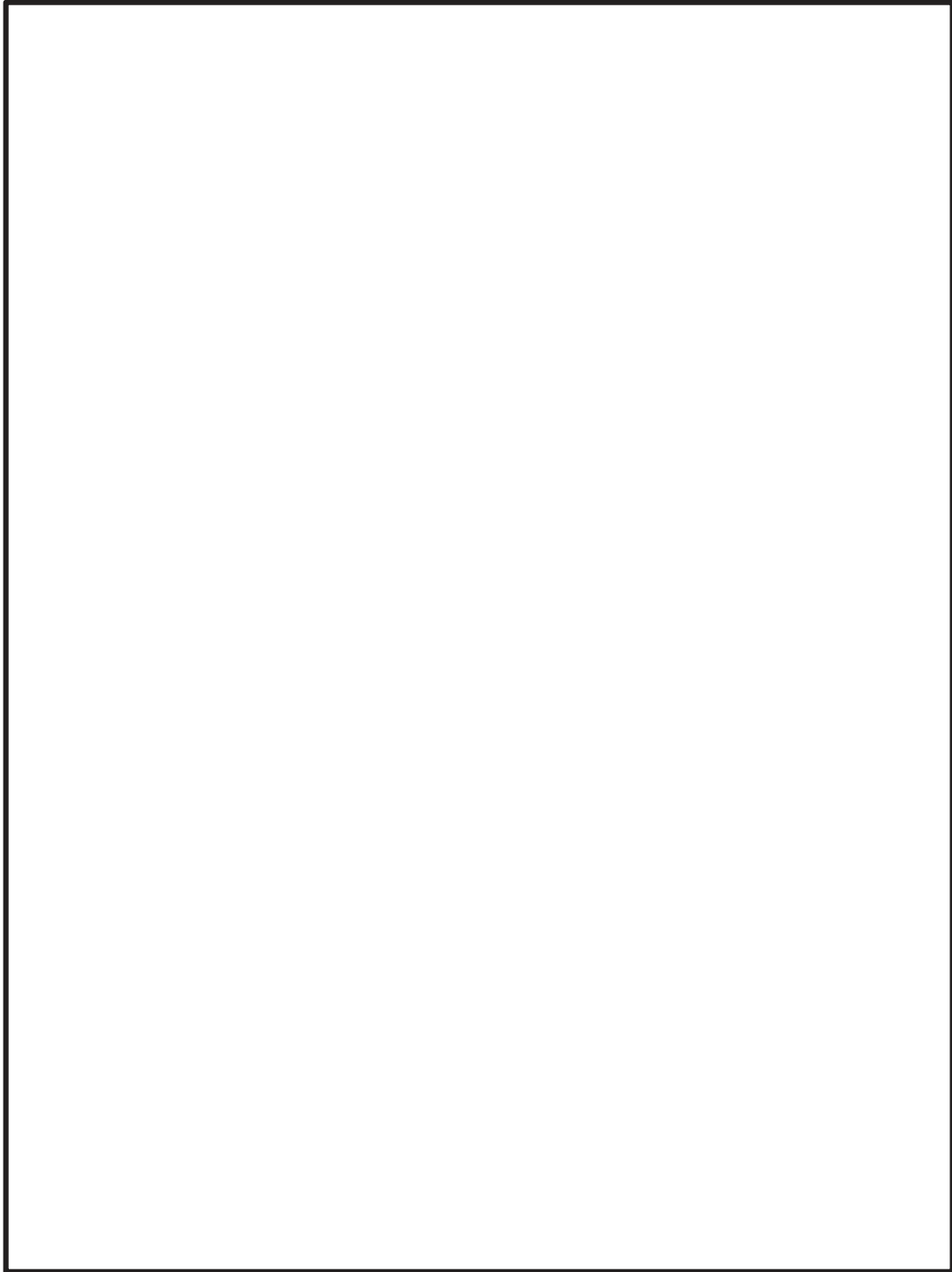


図 4-1 起動領域モニタ解析モデル

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4.3 固有値解析結果

固有値解析の結果を表 4-1 に、振動モード図を図 4-2 に示す。

また、鉛直方向の固有周期は 0.05 秒以下であり、剛であることを確認した。

なお、各次数の振動モード図（刺激関数モード）は、各節点において、各次数の刺激係数の絶対値に振動モードを乗じて求めた刺激関数を、最大の刺激関数（1 次）で正規化したものである。

表 4-1 固有値解析結果

モード	卓越方向	固有周期 (s)	刺激係数 ^{*1}	
			水平方向 ^{*2}	鉛直方向
1 次	水平			—
2 次	水平			—
3 次	水平		—	—

注記 *1：固有値解析より得られる各次数の刺激係数に振動モードの最大値を乗じて求めた刺激関数を示す。

*2：X 方向と Y 方向は同一である。

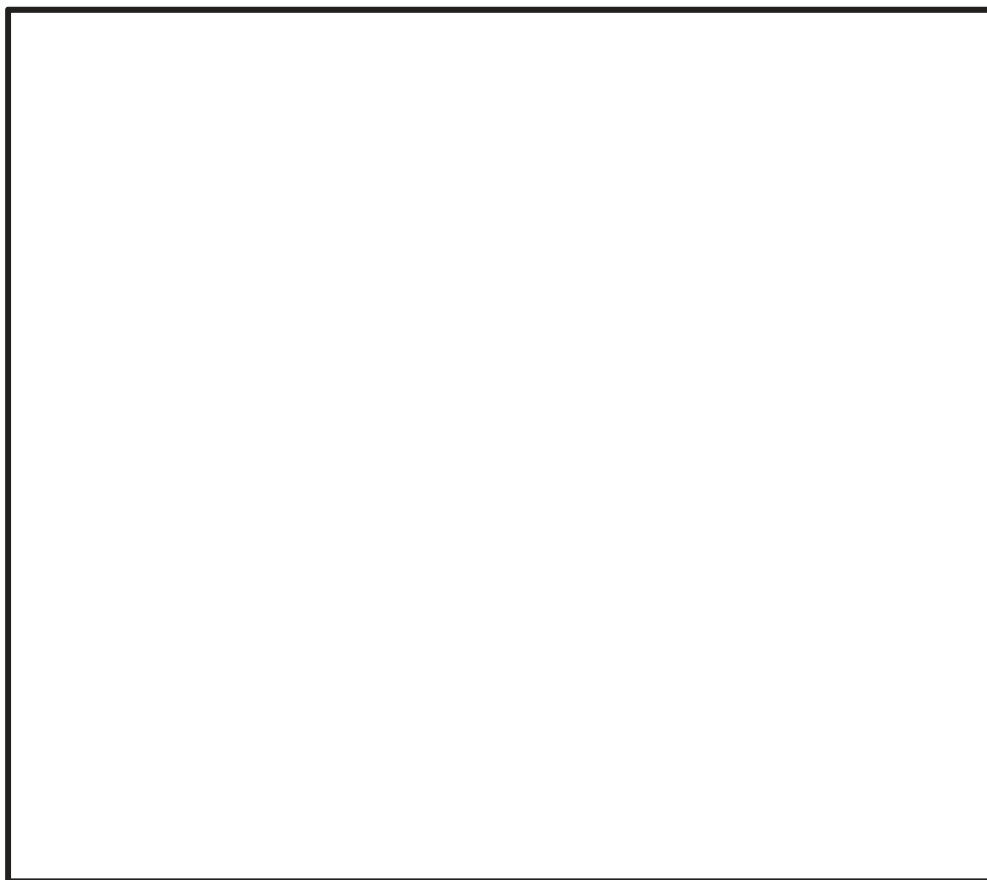


図 4-2 振動モード図（刺激関数モード）

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

5. 地震応答解析及び構造強度評価

5.1 地震応答解析方法

4.2 項(1)～(4)のほか、次の条件で計算する。

動的応答加速度は、スペクトルモーダル法により求めた応答加速度に、保守的に支持点の加速度(動的加速度と静的加速度の包絡値)を加えて求める。起動領域モニタの動的応答加速度分布図を図 5-1 及び図 5-2 に示す。

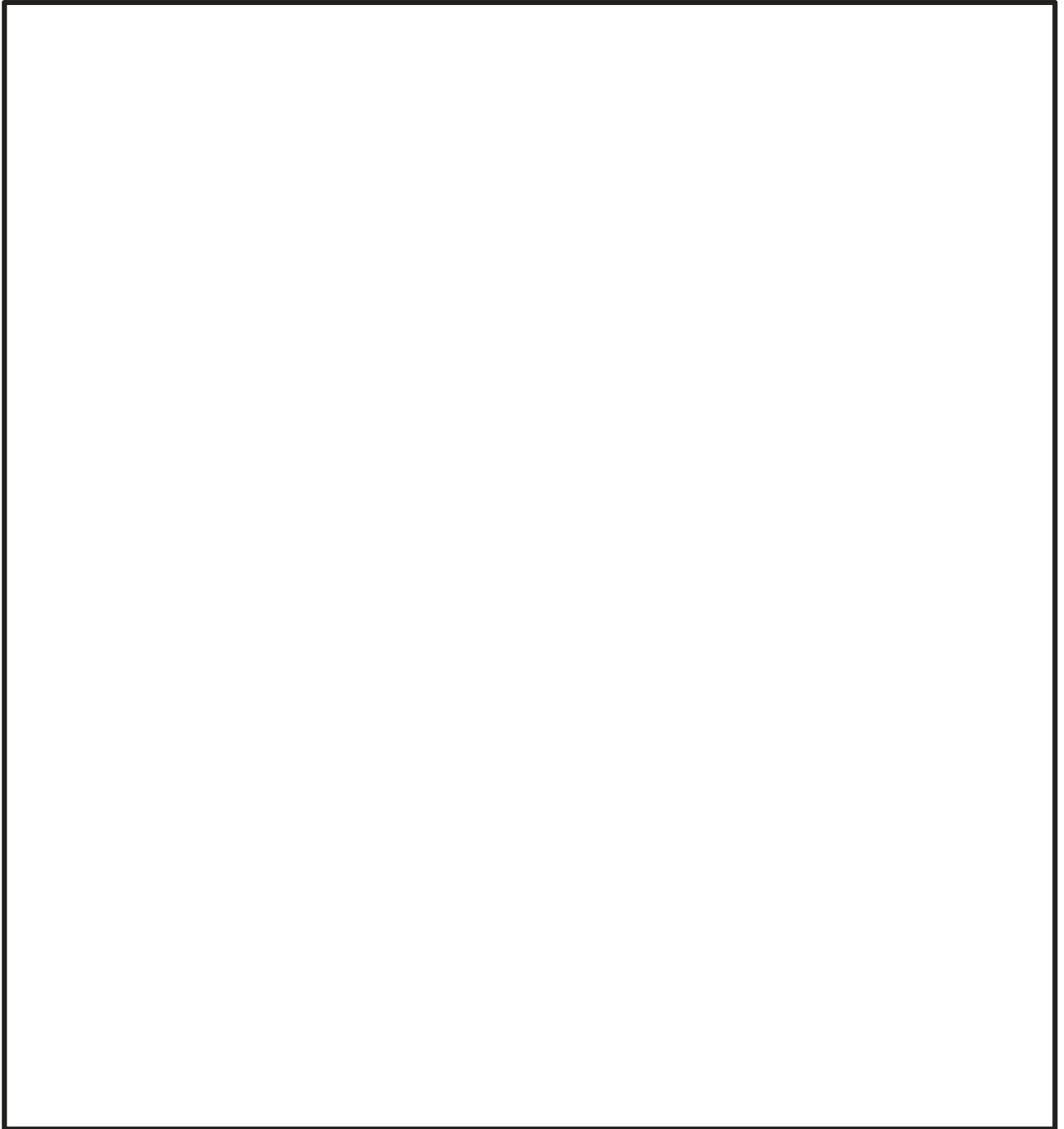


図 5-1 動的応答加速度分布図(弾性設計用地震動 S d)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

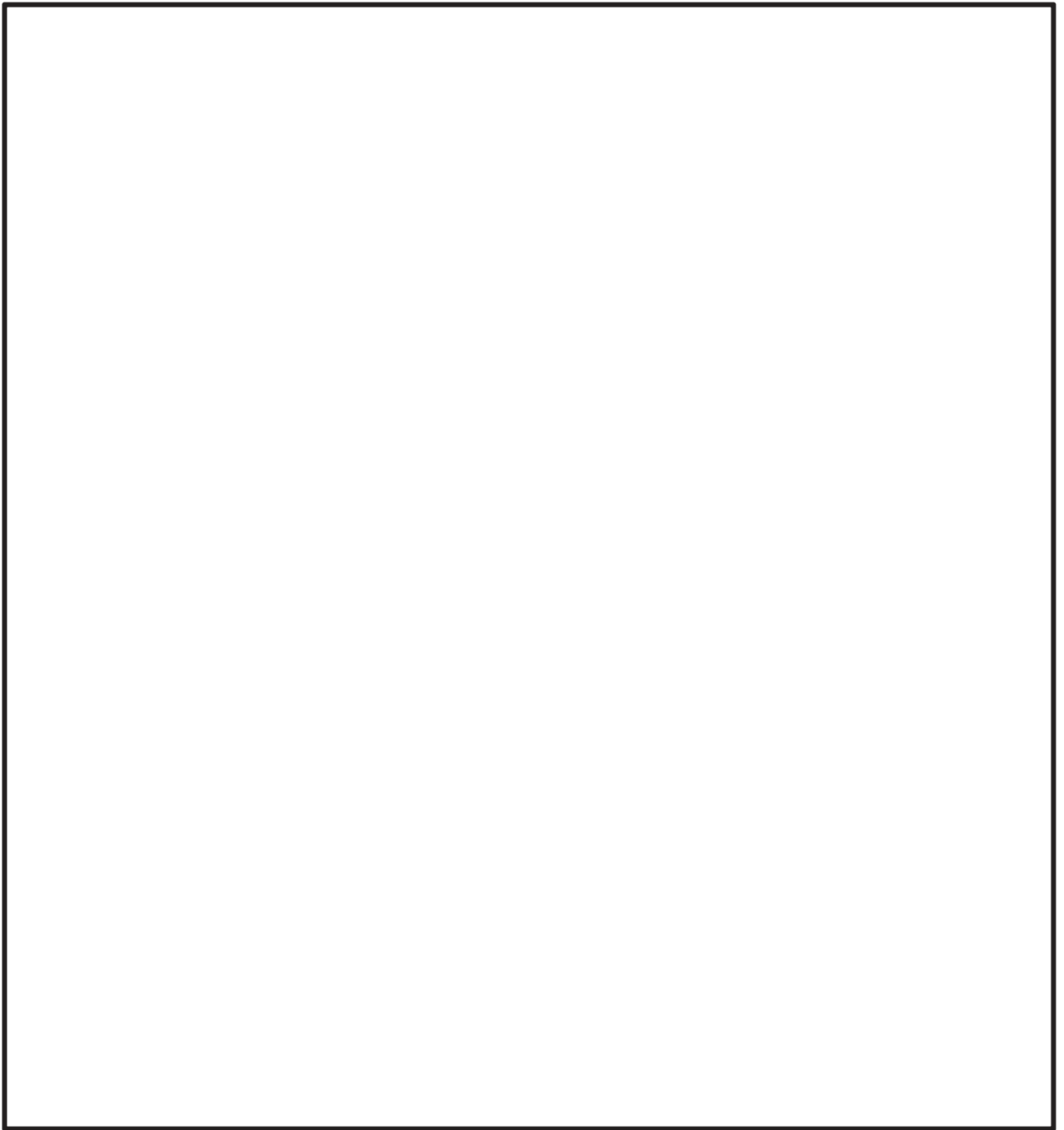


図 5-2 動的応答加速度分布図（基準地震動 S s）

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

5.2 構造強度評価方法

4.2 項(1)～(4)のほか，次の条件で計算する。

- (1) 地震力は，起動領域モニタに対して，水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。

5.3 荷重の組合せ及び許容応力

5.3.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

起動領域モニタの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 5-1 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-2 に示す。

5.3.2 許容応力

起動領域モニタの許容応力は，添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 5-3 のとおりとする。

5.3.3 使用材料の許容応力評価条件

起動領域モニタの使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 5-4 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-5 に示す。

5.3.4 溶接部の継手効率

応力評価点は，溶接部でないため $\eta = \square$ を用いる。

表 5-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度 分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測 装置	起動領域モニタ	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	III _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	IV _A S

注記*：原子炉圧力容器内部に位置するため、炉内構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 5-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類* ¹	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測 装置	起動領域モニタ	常設耐震／防止	—* ²	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	IV _A S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _A S (V _A SとしてIV _A Sの許容 限界を用いる。)

注記 *1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備を示す。

*2：原子炉圧力容器内部に位置するため、炉内構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

*3：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため、評価結果の記載を省略する。

表 5-3 許容応力（炉内構造物）

許容応力状態	許容限界* (ボルト等以外)	
	一次一般膜応力	一次一般膜＋一次曲げ応力
III _A S	$1.5 \cdot S_m$	左欄の 1.5 倍の値
IV _A S	$2/3 \cdot S_u$	左欄の 1.5 倍の値
V _A S (V _A S としてIV _A S の 許容限界を用いる。)	ただし、オーステナイト系ステンレス鋼 及び高ニッケル合金については $2/3 \cdot S_u$ と $2.4 \cdot S_m$ の小さい方。	

注記 *：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 5-4 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部位	材料	温度条件 (°C)	S _m (MPa)	S _u (MPa)
パイプ		流体の最高温度		

表 5-5 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部位	材料	温度条件 (°C)	S _m (MPa)	S _u (MPa)
パイプ		流体の最高温度		

5.4 設計用地震力

耐震評価に用いる設計用地震力を表 5-6 及び表 5-7 に示す。

「弾性設計用地震動 S d 又は静的震度」及び「基準地震動 S s」による地震力は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。また、減衰定数は、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

評価に用いる設計用地震力を表 5-6 に示す。

表 5-6 設計用地震力（設計基準対象施設）

据付場所及び 床面高さ(m)		原子炉格納容器内 0.P. 6.00 (0.P. 16.885* ¹)					
固有周期(s)* ²		水平： <input type="text"/>		鉛直：0.05 以下			
減衰定数(%)		水平：1.0		鉛直：—			
地震力		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度			基準地震動 S s		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度* ³		応答鉛直 震度* ²	応答水平震度* ⁴		応答鉛直 震度* ³
		NS 方向	EW 方向		NS 方向	EW 方向	
1 次	<input type="text"/>	8.17	8.17	—	19.22	19.22	—
2 次		7.70	7.70	—	14.86	14.86	—
3 次		—	—	—	—	—	—
動的地震力* ⁵		1.47	1.90	0.86	2.63	3.08	1.48
静的地震力* ⁶		0.91	0.92	0.29	—	—	—

注記 *1：基準床レベルを示す。

*2：1 次固有周期について記載

*3：各モードの固有周期に対し，設計用床応答曲線（S d）より得られる震度を示す。

*4：各モードの固有周期に対し，設計用床応答曲線（S s）より得られる震度を示す。

*5：S s 又は S d に基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。

*6：静的震度（ $3.6 \cdot C_i$ 及び $1.2 \cdot C_v$ ）を示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 5-7 設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所及び 床面高さ(m)		原子炉格納容器内 O.P. 6.00 (O.P. 16.885* ¹)					
固有周期(s)* ²		水平： <input type="text"/> 鉛直：0.05 以下					
減衰定数(%)		水平：1.0 鉛直：—					
地震力		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度			基準地震動 S _s		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度		応答鉛直 震度	応答水平震度* ³		応答鉛直 震度* ²
		NS 方向	EW 方向		NS 方向	EW 方向	
1 次	<input type="text"/>	—	—	—	19.22	19.22	—
2 次		—	—	—	14.86	14.86	—
3 次		—	—	—	—	—	—
動的地震力* ⁴		—	—	—	2.63	3.08	1.48
静的地震力		—	—	—	—	—	—

注記 *1：基準床レベルを示す。

*2：1 次固有周期について記載

*3：各モードの固有周期に対し，設計用床応答曲線（S_s）より得られる震度を示す。

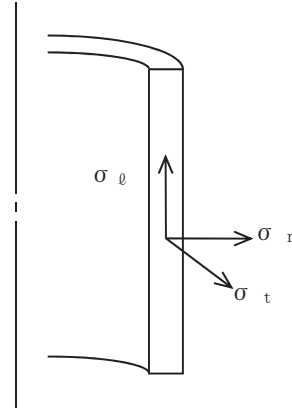
*4：S_sに基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。

5.5 計算方法

5.5.1 応力の計算方法

起動領域モニタの応力計算における、応力の記号とその方向は、以下のとおりとする。

- σ_t : 周方向応力
- σ_l : 軸方向応力
- σ_r : 半径方向応力
- τ_{tl} : せん断応力



起動領域モニタに作用する外圧を表 5-8、死荷重を表 5-9 及び地震荷重を表 5-10 に示す。

以下、外圧、死荷重及び地震荷重による応力をそれぞれ求める。

表 5-8 起動領域モニタに作用する外圧

許容応力状態	外圧
	P_0 (MPa)
Ⅲ _A S	
Ⅳ _A S	
Ⅴ _A S	

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 5-9 起動領域モニタに作用する死荷重

荷重名称	鉛直力*1
	V_D (N)
死荷重	

注記*1：検出器質量を考慮する。

表 5-10 起動領域モニタに作用する地震荷重

荷重名称	鉛直力*1	水平力*1, *2	地震時 起動領域モニタ 設計たわみ量*3
	V_s (N)	H (N)	δ_D (mm)
弾性設計用地震動 S _d 又は静的地震力			
基準地震動 S _s			

注記*1：検出器質量を考慮する。

*2：水平力Hは質量と動的応答加速度の積であり起動領域モニタに一様に加わる。

*3：燃料集合体の相対変位(地震時たわみ量)及び水平移動量と起動領域モニタの移動量の合計。燃料集合体の相対変位は添付書類「VI-2-3-2 炉心，原子炉圧力容器及び原子炉内部構造物並びに原子炉格納容器及び原子炉本体の基礎の地震応答計算書」に基づき設定する。



枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

5.5.1.1 外圧による応力

(1) 一次一般膜応力

外圧 P_0 による一次一般膜応力は、下式により計算する。

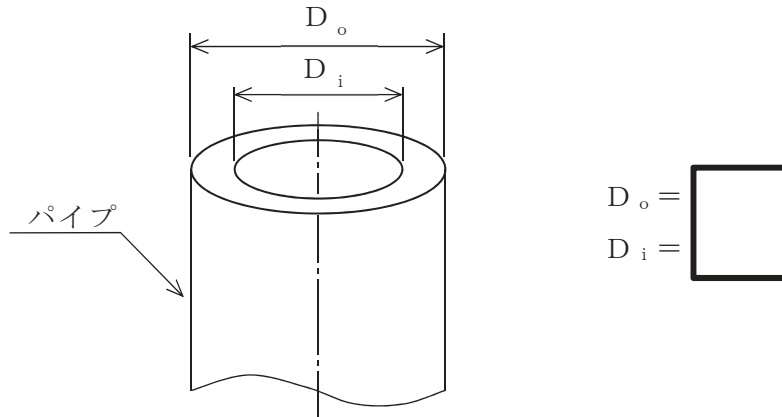
$$\sigma_t = -\frac{Y}{Y-1} \cdot P_0 \dots\dots\dots (5.5.1.1.1)$$

$$\sigma_\ell = -\frac{Y^2}{Y^2-1} \cdot P_0 \dots\dots\dots (5.5.1.1.2)$$

$$\sigma_r = -\frac{Y}{Y+1} \cdot P_0 \dots\dots\dots (5.5.1.1.3)$$

ここで、外径と内径の比 Y は次式により求める。

$$Y = \frac{D_o}{D_i} \dots\dots\dots (5.5.1.1.4)$$



(2) 一次一般膜+一次曲げ応力

外圧 P_0 による一次曲げ応力は、存在しない。したがって、一次一般膜+一次曲げ応力は、一次一般膜応力と同じである。

5.5.1.2 死荷重による応力

死荷重による応力は、下式により計算する。

$$\sigma_\ell = -\frac{V_D}{A} \dots\dots\dots (5.5.1.2.1)$$

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

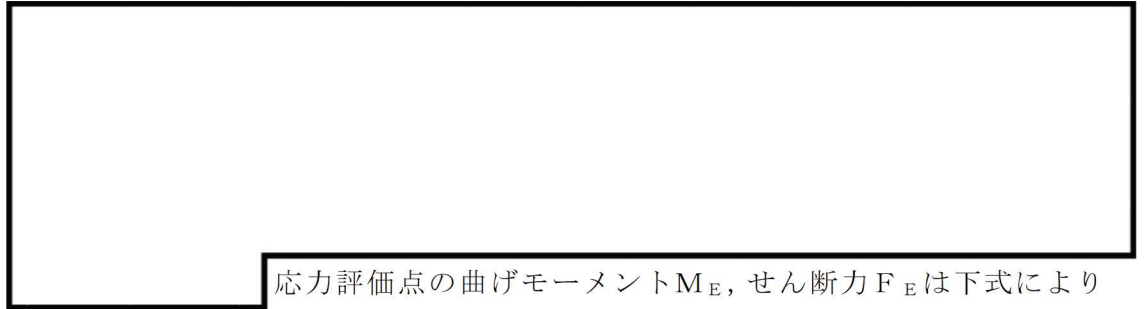
5.5.1.3 地震荷重による応力

(1) 水平方向地震荷重による応力



(表 5-10 参照)

応力計算モデルを，図 5-3 に示す。



応力評価点の曲げモーメント M_E ，せん断力 F_E は下式により求める。

$$M_E = P_B \cdot (\ell - \ell') - \frac{1}{2} \cdot w \cdot (\ell - \ell')^2 \quad \dots\dots\dots (5.5.1.3.1)$$

$$F_E = w \cdot (\ell - \ell') - P_B \quad \dots\dots\dots (5.5.1.3.2)$$

ここで， P_B ， w ， ℓ は下式により求める。

$$P_B = \frac{w \cdot \ell}{3} \quad \dots\dots\dots (5.5.1.3.3)$$

$$w = \frac{H}{L} \quad \dots\dots\dots (5.5.1.3.4)$$

$$\ell = \left(\frac{72 \cdot \delta_D \cdot E \cdot I}{w} \right)^{\frac{1}{4}} \quad \dots\dots\dots (5.5.1.3.5)$$

したがって，応力評価点に生じる一次曲げ応力は，次式により計算する。

$$\sigma_\ell = \pm \frac{M_E}{I} \cdot \frac{D_o}{2} \quad \dots\dots\dots (5.5.1.3.6)$$

また，応力評価点に生じる一次一般膜応力は，次式により計算する。

$$\tau_{t\ell} = \pm \frac{F_E}{A} \quad \dots\dots\dots (5.5.1.3.7)$$

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(2) 鉛直方向地震荷重による応力

鉛直方向地震荷重による応力は、次式により計算する。

$$\sigma_{\ell} = -\frac{V_s}{A} \dots\dots\dots (5.5.1.3.8)$$

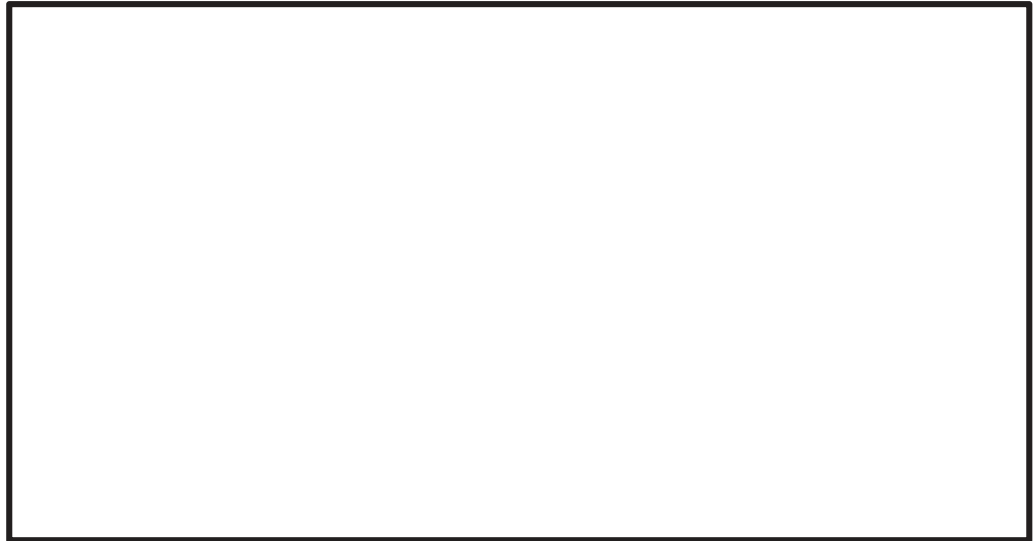


図 5-3 地震荷重による応力の計算モデル

5.5.1.4 主応力及び応力強さ

(1) 主応力

計算した応力は、応力の分類ごとに重ね合わせ、組合せ応力を求める。

組合せ応力は、一般に σ_t , σ_{ℓ} , σ_r , $\tau_{t\ell}$, $\tau_{\ell r}$, τ_{rt} の 6 成分を持つが、主応力 σ は、引用文献(1)の 1・3・6 項により、次式を満足する 3 根 σ_1 , σ_2 , σ_3 として計算する。

$$\begin{aligned} &\sigma^3 - (\sigma_t + \sigma_{\ell} + \sigma_r) \cdot \sigma^2 + (\sigma_t \cdot \sigma_{\ell} + \sigma_{\ell} \cdot \sigma_r + \sigma_r \cdot \sigma_t - \tau_{t\ell}^2 \\ &- \tau_{\ell r}^2 - \tau_{rt}^2) \cdot \sigma - \sigma_t \cdot \sigma_{\ell} \cdot \sigma_r + \sigma_t \cdot \tau_{\ell r}^2 + \sigma_{\ell} \cdot \tau_{rt}^2 \\ &+ \sigma_r \cdot \tau_{t\ell}^2 - 2 \cdot \tau_{t\ell} \cdot \tau_{\ell r} \cdot \tau_{rt} = 0 \dots\dots\dots (5.5.1.4.1) \end{aligned}$$

(2) 応力強さ

以下の 3 つの主応力差の絶対値で最大のものを応力強さとする。

$$S_{12} = \sigma_1 - \sigma_2 \dots\dots\dots (5.5.1.4.2)$$

$$S_{23} = \sigma_2 - \sigma_3 \dots\dots\dots (5.5.1.4.3)$$

$$S_{31} = \sigma_3 - \sigma_1 \dots\dots\dots (5.5.1.4.4)$$

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

5.6 計算条件

5.6.1 起動領域モニタの応力計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【起動領域モニタの耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.7 応力の評価

5.7.1 パイプの応力評価

5.5.1 項で求めたパイプの各応力強さが下表で定めた許容応力以下であること。

	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度による荷重との組合せの場合	基準地震動 S_s による荷重との組合せの場合
一次一般膜応力の許容応力	$1.5 \cdot S_m$	$2/3 \cdot S_u$ ただし、オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については $2/3 \cdot S_u$ と $2.4 \cdot S_m$ の小さい方。
一次一般膜＋一次曲げ応力の許容応力	上欄の1.5倍の値	上欄の1.5倍の値

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

起動領域モニタの設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

起動領域モニタの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

7. 引用文献

- (1) 機械工学便覧 基礎編 α3 (日本機械学会)

【起動領域モニタの耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度 分類	据付場所及び 床面高さ(m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		流体の最高温度 (°C)		外圧(MPa)	
			水平 方向	鉛直 方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	Ⅲ _A S	Ⅳ _A S	Ⅲ _A S	Ⅳ _A S
起動領域モニタ	S	原子炉格納容器内 O.P. 6.00 (O.P. 16.885* ¹)		0.05 以下	C _H =1.90 又は*2	C _V =0.86	C _H =3.08 又は*3	C _V =1.48				

注記*1: 基準床レベルを示す。

*2: 弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度に基づく設計用床応答曲線から得られる値。

*3: 基準地震動 S_s に基づく設計用床応答曲線から得られる値。

1.2 機器要目

部材	V _D (N)	D _o (mm)	D _i (mm)	A (mm ²)	I (mm ⁴)	E (MPa)	L (mm)	ℓ' (mm)	S _m (MPa)	S _u (MPa)
パイプ										

1.3 計算数値

部材	V _s (N)		H (N)		δ _D (mm)		w (N/mm)	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
パイプ								

部材	ℓ (mm)		P _B (N)		F _E (N)		M _E (N・mm)	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
パイプ								

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

1.4 結論

1.4.1 パイプの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	応力評価面	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
				算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
パイプ		一次一般膜応力強さ	P01, P02	33	179	34	284
			P01', P02'	33	179	34	284
		一次一般膜＋一次曲げ 応力強さ	P01, P02	195	268	345	427
			P01', P02'	198	268	348	427

すべて許容応力以下である。

1.5 その他の機器要目

(1) 材料物性値

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	
縦弾性係数	E	MPa	
ポアソン比	ν	—	
要素数	—	個	
節点数	—	個	
継手効率	η	—	

(2) 部材の断面性状

部材番号	長さ (mm)	せん断面積 (mm ²)	断面二次モーメント (mm ⁴)

(3) 節点の質量

節点番号	座標 (mm)	節点質量 (g)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		流体の最高温度 (°C)	外圧 (MPa)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	V _{AS}	V _{AS}
起動領域モニタ	常設耐震 / 防止	原子炉格納容器内 O.P. 6.00 (O.P. 16.885* ¹)		0.05 以下	—	—	C _H =3.08 又は*2	C _V =1.48		

注記*1: 基準床レベルを示す。

*2: 基準地震動 S_s に基づく設計用床応答曲線から得られる値。

2.2 機器要目

部材	V _D (N)	D _o (mm)	D _i (mm)	A (mm ²)	I (mm ⁴)	E (MPa)	L (mm)	ℓ' (mm)	S _m (MPa)	S _u (MPa)
パイプ										

2.3 計算数値

部材	V _s (N)		H (N) *		δ _D (mm)		w (N/mm)	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
パイプ	—		—		—		—	

注記*: 各節点の水平力の合計

部材	ℓ (mm)		P _B (N)		F _E (N)		M _E (N・mm)	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
パイプ	—		—		—		—	

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2.4 結論

2.4.1 パイプの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	応力評価面	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
				算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
パイプ		一次一般膜応力強さ	P01, P02	—	—	42	282
			P01', P02'	—	—	42	282
		一次一般膜＋一次曲げ 応力強さ	P01, P02	—	—	349	424
			P01', P02'	—	—	352	424

すべて許容応力以下である。

2.5 その他の機器要目

(1) 材料物性値

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	
縦弾性係数	E	MPa	
ポアソン比	ν	—	
要素数	—	個	
節点数	—	個	
継手効率	η	—	

(2) 部材の断面性状

部材番号	長さ (mm)	せん断面積 (mm ²)	断面二次モーメント (mm ⁴)

(3) 節点の質量

節点番号	座標 (mm)	節点質量 (g)

O2 ③ VI-2-6-5-1-1 ROE

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

VI-2-6-5-1-2 出力領域モニタの耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格・基準等	4
2.4 記号の説明	5
2.5 計算精度と数値の丸め方	6
3. 評価部位	7
4. 固有周期	9
4.1 固有値解析方法	9
4.2 解析モデル及び諸元	9
4.3 固有値解析結果	11
5. 地震応答解析及び構造強度評価	12
5.1 地震応答解析方法	12
5.2 構造強度評価方法	14
5.3 荷重の組合せ及び許容応力	14
5.3.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	14
5.3.2 許容応力	14
5.3.3 使用材料の許容応力評価条件	14
5.3.4 溶接部の継手効率	14
5.4 設計用地震力	18
5.5 計算方法	20
5.5.1 応力の計算方法	20
5.6 計算条件	25
5.6.1 出力領域モニタの応力計算条件	25
5.7 応力の評価	25
5.7.1 出力領域モニタの応力評価	25
6. 評価結果	26
6.1 設計基準対象施設としての評価結果	26
6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	26
7. 引用文献	26

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき、出力領域モニタが設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

出力領域モニタは、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

出力領域モニタの構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、カバーチューブに内包され、炉心領域に設置される。</p> <p>カバーチューブは、上端を上部格子板の穴に挿入し、プランジャ(ばね)により支持され、下端部は中性子束計測案内管に炉心支持板位置でリングにより支持される。</p> <p>炉心支持板より下方では、中性子束計測案内管及び中性子束計測ハウジングでガイドされ、中性子束計測ハウジング下端に取り付けられたフランジに固定される。</p>	<p>核分裂電離箱</p> <p>(出力領域モニタのカバーチューブは、外径 の長尺円筒形の炉内構造物である。校正用導管はカバーチューブに内蔵された外径 の長尺円筒形構造物である。)</p>	<p>【出力領域モニタ】</p> <p style="text-align: right;">(単位：mm)</p>

3

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2.2 評価方針

出力領域モニタの応力評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示す出力領域モニタの部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力、死荷重及び外圧による応力が許容限界内に収まることを、「5. 地震応答解析及び構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「6. 評価結果」に示す。

出力領域モニタの耐震評価フローを図 2-1 に示す。

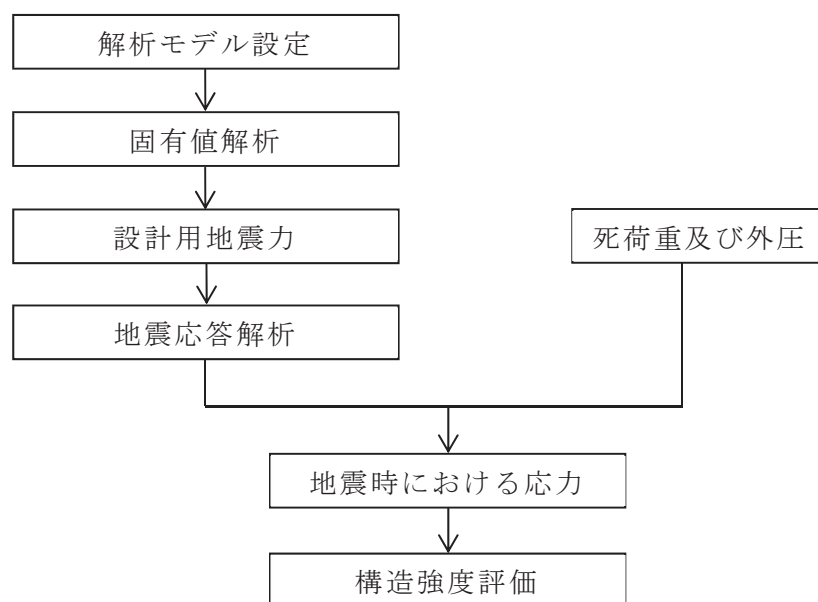


図 2-1 出力領域モニタの耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 ((社) 日本電気協会)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補
-1984 ((社) 日本電気協会)
- (3) 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版 ((社) 日本電気
協会)
- (4) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 ((社) 日本機械学会 2005/2007) (以下
「設計・建設規格」という。)

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A	断面積	mm ²
D _i	内径	mm
D _o	外径	mm
E	縦弾性係数	MPa
F _E	応力評価点のせん断力	N
H	水平力	N
I	断面二次モーメント	mm ⁴
L	リングからプランジャ先端までの長さ	mm
ℓ	リングからチャンネルボックスに接触する点までの距離	mm
ℓ'	リングから応力評価点までの距離	mm
M _E	応力評価点の曲げモーメント	N・mm
P _B	チャンネルボックスからの支持反力	N
P _o	外圧	MPa
S ₁₂	主応力差 $\sigma_1 - \sigma_2$	MPa
S ₂₃	主応力差 $\sigma_2 - \sigma_3$	MPa
S ₃₁	主応力差 $\sigma_3 - \sigma_1$	MPa
S _m	設計応力強さ 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表1に定める値	MPa
S _u	設計引張強さ 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa
V _D	死荷重による鉛直力	N
V _S	地震荷重による鉛直力	N
w	等分布荷重	N/mm
Y	外径と内径の比	—
δ _D	設計たわみ量	mm
η	溶接部の継手効率	—
ν	ポアソン比	—
σ ₁	主応力	MPa
σ ₂	主応力	MPa
σ ₃	主応力	MPa
σ _ℓ	軸方向応力	MPa
σ _r	半径方向応力	MPa
σ _t	周方向応力	MPa
τ _{ℓr}	せん断応力	MPa
τ _{rt}	せん断応力	MPa
τ _{tℓ}	せん断応力	MPa

2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は有効数字 6 桁以上を確保する。表示する数値の丸め方は、表 2-2 に示すとおりとする。

表 2-2 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第 4 位	四捨五入	小数点以下第 3 位
震度	—	小数点以下第 3 位	切上げ	小数点以下第 2 位
温度	℃	—	—	整数位
長さ	mm	—	—	整数位 ^{*1}
面積	mm ²	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*2}
断面二次モーメント	mm ⁴	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*2}
モーメント	N・mm	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*2}
力	N	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*2}
算出応力	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
許容応力 ^{*3}	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位

注記 *1：設計上定める値が小数点以下の場合は、小数点以下表示とする。

*2：絶対値が 1000 以上のときは、べき数表示とする。

*3：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は比例法により補間した値の小数点以下第 1 位を切り捨て、整数位までの値とする。

3. 評価部位

出力領域モニタの耐震評価は、「5.2 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなるカバーチューブと校正用導管について実施する。出力領域モニタの耐震評価部位を図 3-1 に示す。

なお、応力評価点は構造の不連続を考慮して応力の最も厳しい箇所を選び、応力評価点を含む断面を、応力評価面と呼ぶ。

また、地震荷重による応力が極大となる方位の応力評価点は (P01) と表し、極小となる方位の応力評価点にはプライム (') を付けて (P01') と表す。

一次応力の評価は、内外面の応力評価点を含む断面 (応力評価面) について行う。

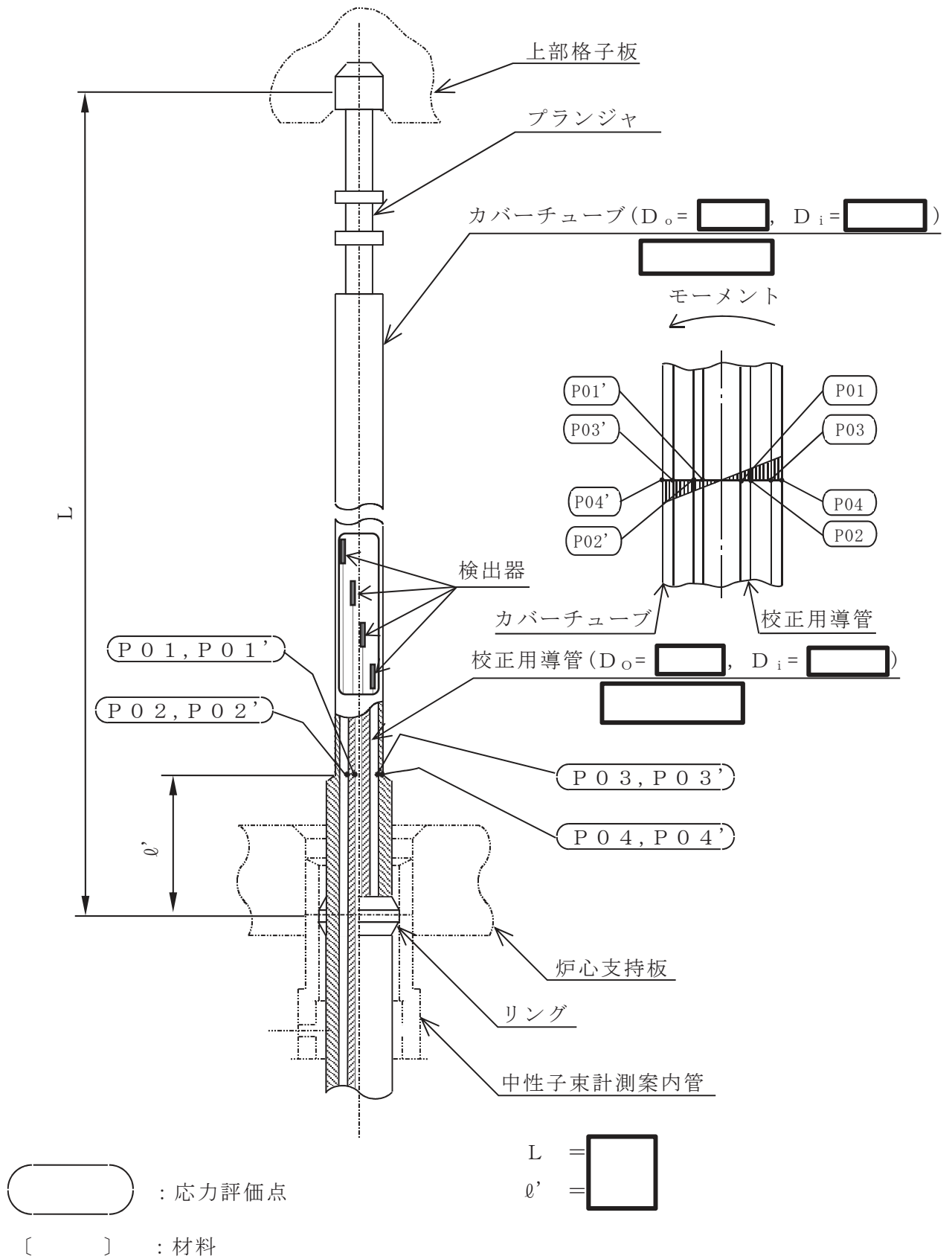


図 3-1 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4. 固有周期

4.1 固有値解析方法

出力領域モニタの固有値解析方法を以下に示す。

- (1) 出力領域モニタは、「4.2 解析モデル及び諸元」に示す三次元はりモデルとして考える。

4.2 解析モデル及び諸元

出力領域モニタの解析モデルを図 4-1 に、解析モデルの概要を以下に示す。また、機器の諸元を本計算書の【出力領域モニタの耐震性についての計算結果】のその他の機器要目に示す。

- (1) 強度上重要で、耐震上の条件が最も厳しくなる炉心支持板と上部格子板間の出力領域モニタをモデル化する。

(2) 

- (3) 校正用導管は、カバーチューブに内蔵されており、炉心支持板と上部格子板間でカバーチューブと一定の間隔が維持される構造となっている。地震時には、カバーチューブと校正用導管は一体で振動する。

(4) 

- (5) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
- (6) 解析コードは、「N A S T R A N」を使用し、固有値を求める。なお、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性評価等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

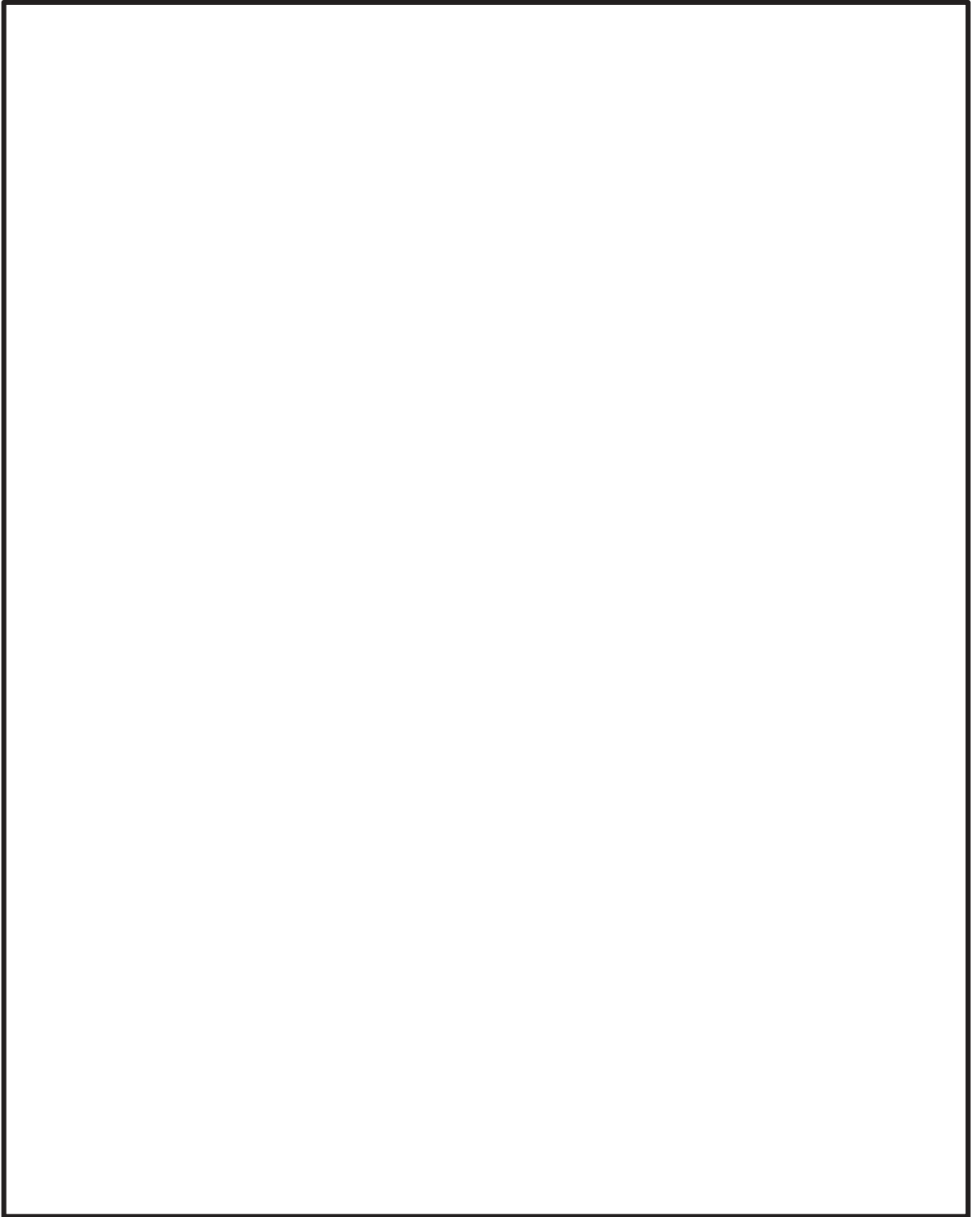


図 4-1 出力領域モニタ解析モデル

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4.3 固有値解析結果

固有値解析の結果を表 4-1 に、振動モード図を図 4-2 に示す。

また、鉛直方向の固有周期は 0.05 秒以下であり、剛であることを確認した。

なお、各次数の振動モード図（刺激関数モード）は、各節点において、各次数の刺激係数の絶対値に振動モードを乗じて求めた刺激関数を、最大の刺激関数（1 次）で正規化したものである。

表 4-1 固有値解析結果

モード	卓越方向	固有周期 (s)	刺激係数 ^{*1}	
			水平方向 ^{*2}	鉛直方向
1 次	水平			—
2 次	水平			—
3 次	水平		—	—

注記 *1：固有値解析より得られる各次数の刺激係数に振動モードの最大値を乗じて求めた刺激関数を示す。

*2：X 方向と Z 方向は同一である。



図 4-2 振動モード図(刺激関数モード)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

5. 地震応答解析及び構造強度評価

5.1 地震応答解析方法

4.2 項(1)～(5)のほか、次の条件で計算する。

動的応答加速度は、スペクトルモーダル法により求めた応答加速度に、保守的に支持点の加速度(動的加速度と静的加速度の包絡値)を加えて求める。出力領域モニタの動的応答加速度分布図を図 5-1 及び図 5-2 に示す。

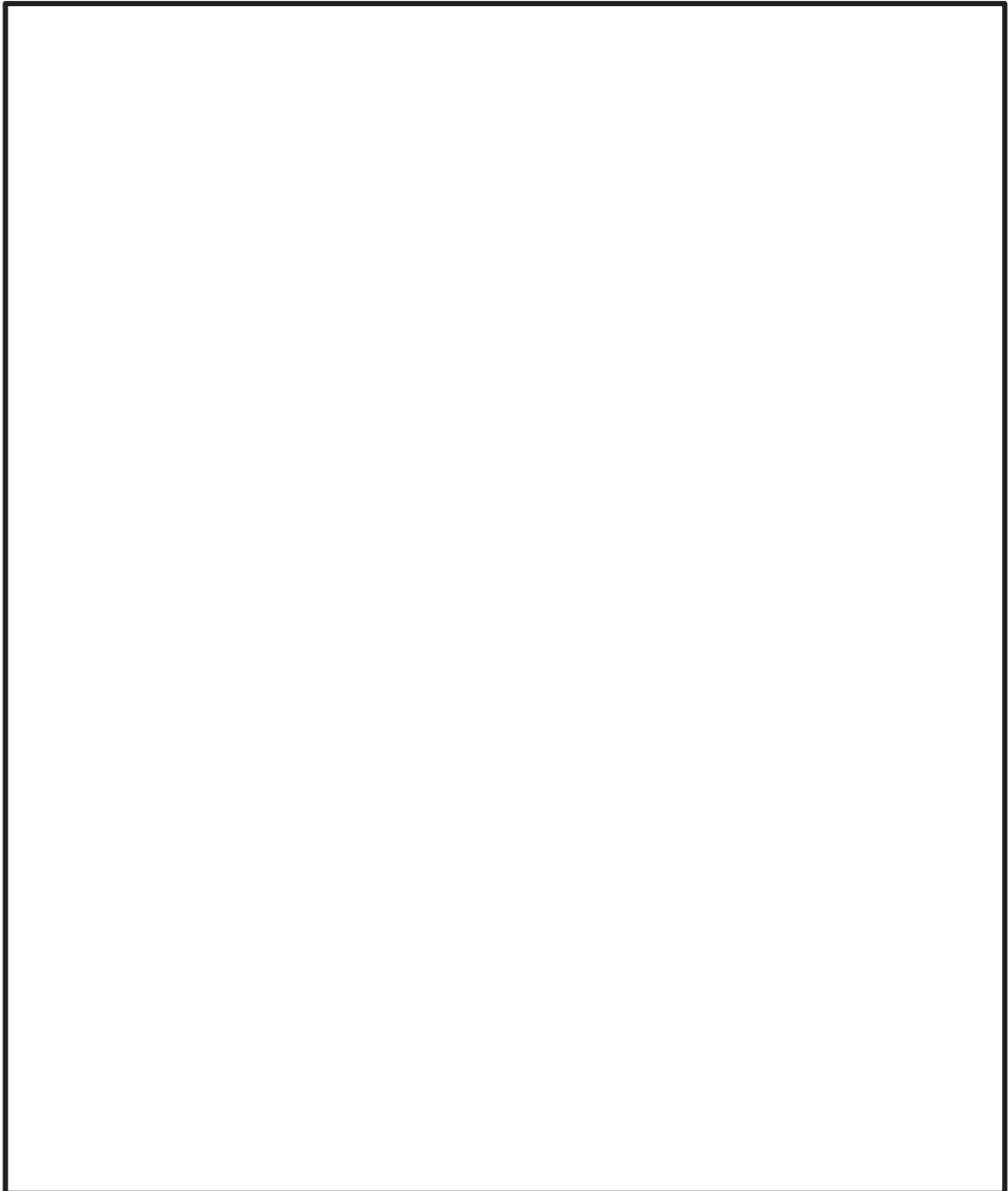


図 5-1 動的応答加速度分布図(弾性設計用地震動 S d)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

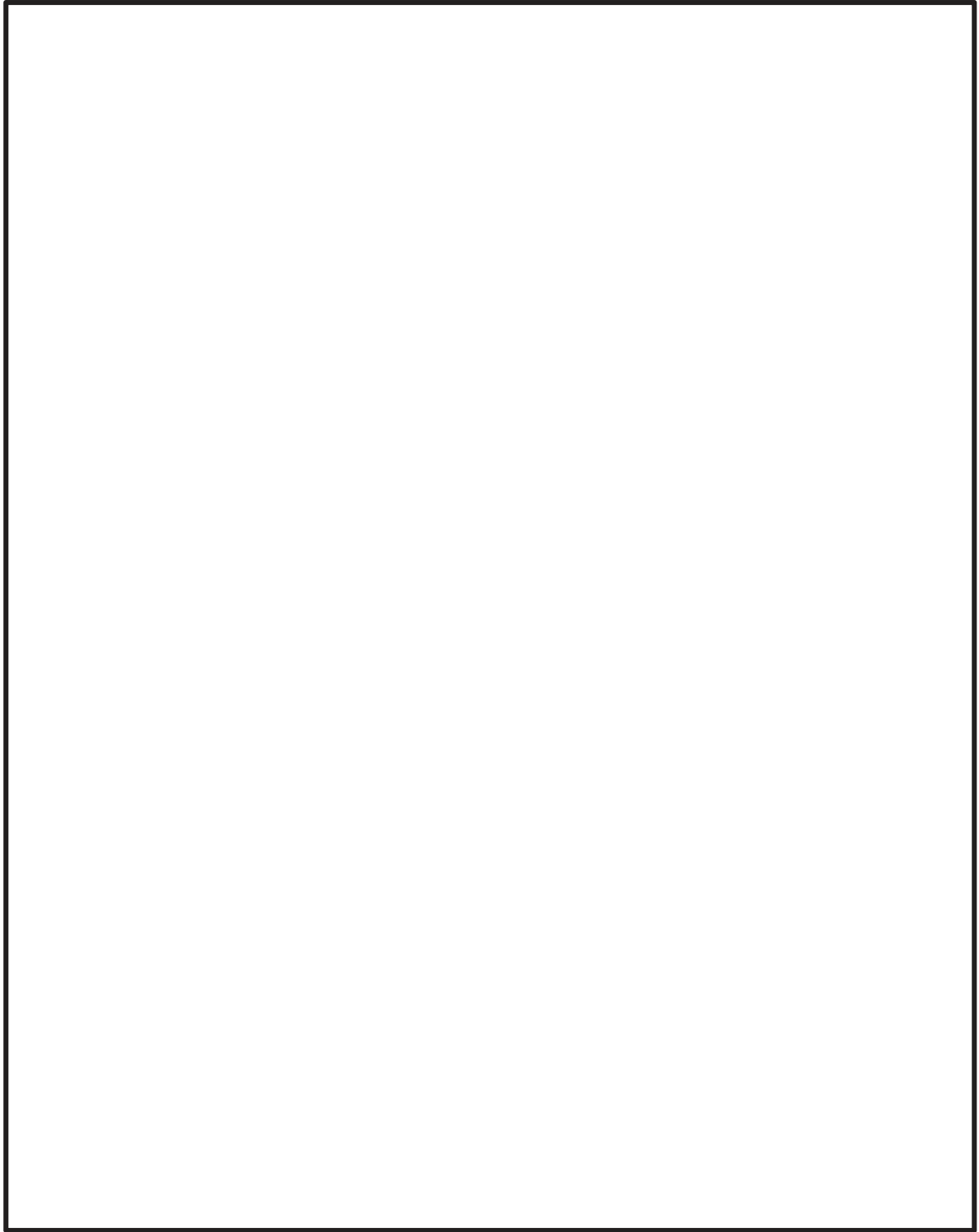


図 5-2 動的応答加速度分布図（基準地震動 S s）

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

5.2 構造強度評価方法

4.2 項(1)～(5)のほか、次の条件で計算する。

- (1) 地震力は、出力領域モニタに対して、水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。

5.3 荷重の組合せ及び許容応力

5.3.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

出力領域モニタの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 5-1 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-2 に示す。

5.3.2 許容応力

出力領域モニタの許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 5-3 のとおりとする。

5.3.3 使用材料の許容応力評価条件

出力領域モニタの使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 5-4 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-5 に示す。

5.3.4 溶接部の継手効率

応力評価点は、溶接部でないため $\eta = \square$ を用いる。

表 5-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測 装置	出力領域モニタ	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	III _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	IV _A S

注記*：原子炉圧力容器内部に位置するため、炉内構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 5-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類* ¹	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測 装置	出力領域モニタ	常設耐震／防止	—* ²	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	IV _A S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _A S (V _A SとしてIV _A Sの許容 限界を用いる。)

注記 *1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備を示す。

*2：原子炉圧力容器内部に位置するため、炉内構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

*3：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため、評価結果の記載を省略する。

表 5-3 許容応力（炉内構造物）

許容応力状態	許容限界* (ボルト等以外)	
	一次一般膜応力	一次一般膜＋一次曲げ応力
III _{AS}	$1.5 \cdot S_m$	左欄の 1.5 倍の値
IV _{AS}	$2/3 \cdot S_u$ ただし、オーステナイト系ステンレス鋼 及び高ニッケル合金については $2/3 \cdot S_u$ と $2.4 \cdot S_m$ の小さい方。	左欄の 1.5 倍の値
V _{AS} (V _{AS} としてIV _{AS} の許 容限界を用いる。)		

注記 *：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 5-4 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部位	材料	温度条件 (°C)	S _m (MPa)	S _u (MPa)
カバーチューブ		流体の最高温度		
校正用導管		流体の最高温度		

注記 * : 応力評価点の材料を示す。

表 5-5 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部位	材料	温度条件 (°C)	S _m (MPa)	S _u (MPa)
カバーチューブ		流体の最高温度		
校正用導管		流体の最高温度		

注記 * : 応力評価点の材料を示す。

5.4 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 5-6 及び表 5-7 に示す。

「弾性設計用地震動 S d 又は静的震度」及び「基準地震動 S s」による地震力は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。また、減衰定数は、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

評価に用いる設計用地震力を表 5-6 に示す。

表 5-6 設計用地震力（設計基準対象施設）

据付場所及び 床面高さ(m)		原子炉格納容器内 O.P. 6.00 (O.P. 16.885* ¹)					
固有周期(s)* ²		水平： <input type="text"/> 鉛直：0.05 以下					
減衰定数(%)		水平：1.0 鉛直：—					
地震力		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度			基準地震動 S s		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度* ³		応答鉛直 震度* ²	応答水平震度* ⁴		応答鉛直 震度* ³
		NS 方向	EW 方向		NS 方向	EW 方向	
1 次	<input type="text"/>	11.30	11.30	—	24.83	24.83	—
2 次		7.70	7.70	—	14.86	14.86	—
3 次		—	—	—	—	—	—
動的地震力* ⁵		1.47	1.90	0.86	2.63	3.08	1.48
静的地震力* ⁶		0.91	0.92	0.29	—	—	—

注記 *1：基準床レベルを示す。

*2：1 次固有周期について記載

*3：各モードの固有周期に対し，設計用床応答曲線（S d）より得られる震度を示す。

*4：各モードの固有周期に対し，設計用床応答曲線（S s）より得られる震度を示す。

*5：S s 又は S d に基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。

*6：静的震度（ $3.6 \cdot C_i$ 及び $1.2 \cdot C_v$ ）を示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 5-7 設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所及び 床面高さ(m)		原子炉格納容器内 0.P. 6.00 (0.P. 16.885* ¹)					
固有周期(s)* ²		水平： <input type="text"/> 鉛直：0.05 以下					
減衰定数(%)		水平：1.0 鉛直：—					
地震力		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度			基準地震動 S _s		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度		応答鉛直 震度	応答水平震度* ³		応答鉛直 震度* ²
		NS 方向	EW 方向		NS 方向	EW 方向	
1 次	<input type="text"/>	—	—	—	24.83	24.83	—
2 次		—	—	—	14.86	14.86	—
3 次		—	—	—	—	—	—
動的地震力* ⁴		—	—	—	2.63	3.08	1.48
静的地震力		—	—	—	—	—	—

注記 *1：基準床レベルを示す。

*2：1 次固有周期について記載

*3：各モードの固有周期に対し，設計用床応答曲線（S_s）より得られる震度を示す。

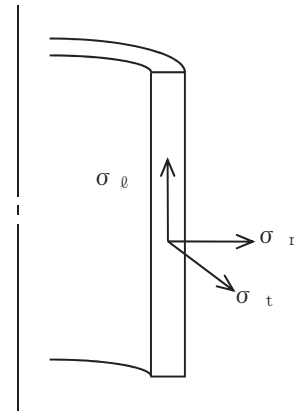
*4：S_sに基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。

5.5 計算方法

5.5.1 応力の計算方法

出力領域モニタの応力計算における、応力の記号とその方向は、以下のとおりとする。

- σ_t : 周方向応力
- σ_l : 軸方向応力
- σ_r : 半径方向応力
- τ_{tl} : せん断応力



出力領域モニタに作用する外圧を表 5-8、死荷重を表 5-9 及び地震荷重を表 5-10 に示す。

以下、外圧、死荷重及び地震荷重による応力をそれぞれ求める。

表 5-8 出力領域モニタに作用する外圧

許容応力状態	外圧	
	P ₀ (MPa)	
III _A S		
IV _A S		
V _A S		

表 5-9 出力領域モニタに作用する死荷重

荷重名称	鉛直力	
	V _D (N)	
	校正用 導管*1	カバー チューブ
死荷重		

注記*1：検出器質量を考慮する。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

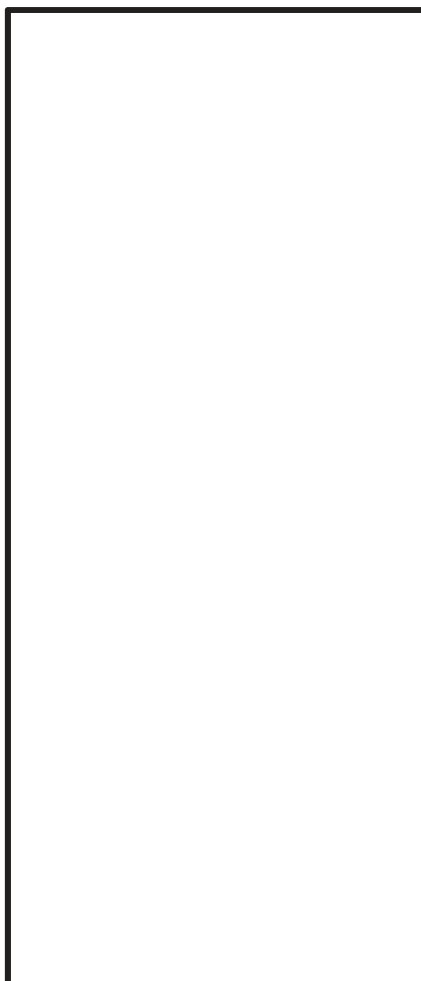
表 5-10 出力領域モニタに作用する地震荷重

荷重名称	鉛直力		水平力 ^{*1, *2}	地震時 出力領域モニタ 設計たわみ量 ^{*3}
	V_s (N)			
	校正用 導管 ^{*1}	カバー チューブ	H (N)	δ_D (mm)
弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度				
基準地震動 S_s				

注記*1：検出器質量を考慮する。

*2：水平力Hは質量と動的応答加速度の積であり出力領域モニタに一様に加わる。

*3：燃料集合体の相対変位(地震時たわみ量)及び水平移動量と出力領域モニタの移動量の合計。燃料集合体の相対変位は添付書類「VI-2-3-2 炉心, 原子炉圧力容器及び原子炉内部構造物並びに原子炉格納容器及び原子炉本体の基礎の地震応答計算書」に基づき設定する。



枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

5.5.1.1 外圧による応力

(1) 一次一般膜応力

外圧 P_0 による一次一般膜応力は，下式により計算する。

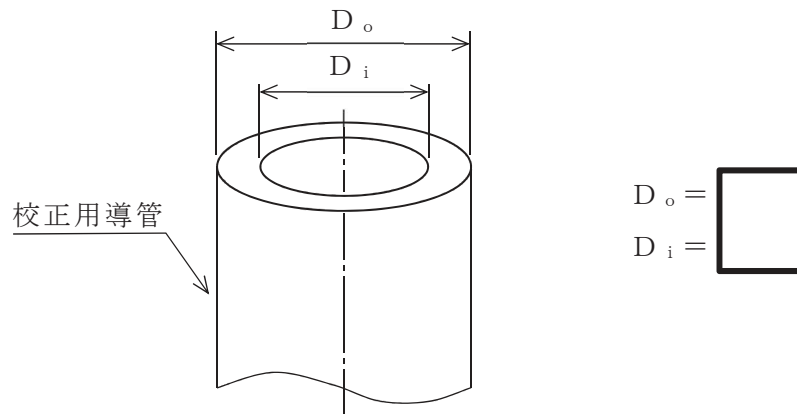
$$\sigma_t = -\frac{Y}{Y-1} \cdot P_0 \dots\dots\dots (5.5.1.1.1)$$

$$\sigma_\theta = -\frac{Y^2}{Y^2-1} \cdot P_0 \dots\dots\dots (5.5.1.1.2)$$

$$\sigma_r = -\frac{Y}{Y+1} \cdot P_0 \dots\dots\dots (5.5.1.1.3)$$

ここで，外径と内径の比 Y は次式により求める。

$$Y = \frac{D_o}{D_i} \dots\dots\dots (5.5.1.1.4)$$



(2) 一次一般膜+一次曲げ応力

外圧 P_0 による一次曲げ応力は，存在しない。したがって，一次一般膜+一次曲げ応力は，一次一般膜応力と同じである。

5.5.1.2 死荷重による応力

死荷重による応力は，下式により計算する。

$$\sigma_\theta = -\frac{V_D}{A} \dots\dots\dots (5.5.1.2.1)$$

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

5.5.1.3 地震荷重による応力

(1) 水平方向地震荷重による応力



(表 5-10 参照)

応力計算モデルを，図 5-3 に示す。



応力評価点の曲げモーメント M_E ，せん断力 F_E は下式により

求める。

$$M_E = P_B \cdot (\ell - \ell') - \frac{1}{2} \cdot w \cdot (\ell - \ell')^2 \quad \dots\dots\dots (5.5.1.3.1)$$

$$F_E = w \cdot (\ell - \ell') - P_B \quad \dots\dots\dots (5.5.1.3.2)$$

ここで， P_B ， w ， ℓ は下式により求める。

$$P_B = \frac{w \cdot \ell}{3} \quad \dots\dots\dots (5.5.1.3.3)$$

$$w = \frac{H}{L} \quad \dots\dots\dots (5.5.1.3.4)$$

$$\ell = \left(\frac{72 \cdot \delta_D \cdot E \cdot I}{w} \right)^{\frac{1}{4}} \quad \dots\dots\dots (5.5.1.3.5)$$

したがって，応力評価点に生じる一次曲げ応力は，次式により計算する。

$$\sigma_{\ell} = \pm \frac{M_E}{I} \cdot \frac{D_o}{2} \quad \dots\dots\dots (5.5.1.3.6)$$

また，応力評価点に生じる一次一般膜応力は，次式により計算する。

$$\tau_{t\ell} = \pm \frac{F_E}{A} \quad \dots\dots\dots (5.5.1.3.7)$$

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(2) 鉛直方向地震荷重による応力

鉛直方向地震荷重による応力は，次式により計算する。

$$\sigma_{\ell} = -\frac{V_s}{A} \dots\dots\dots (5.5.1.3.8)$$



(単位：mm)

図 5-3 地震荷重による応力の計算モデル

5.5.1.4 主応力及び応力強さ

(1) 主応力

計算した応力は，応力の分類ごとに重ね合わせ，組合せ応力を求める。

組合せ応力は，一般に $\sigma_t, \sigma_{\ell}, \sigma_r, \tau_{t\ell}, \tau_{\ell r}, \tau_{rt}$ の 6 成分を持つが，主応力 σ は，引用文献(1)の 1・3・6 項により，次式を満足する 3 根 $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ として計算する。

$$\begin{aligned} &\sigma^3 - (\sigma_t + \sigma_{\ell} + \sigma_r) \cdot \sigma^2 + (\sigma_t \cdot \sigma_{\ell} + \sigma_{\ell} \cdot \sigma_r + \sigma_r \cdot \sigma_t - \tau_{t\ell}^2 \\ &- \tau_{\ell r}^2 - \tau_{rt}^2) \cdot \sigma - \sigma_t \cdot \sigma_{\ell} \cdot \sigma_r + \sigma_t \cdot \tau_{\ell r}^2 + \sigma_{\ell} \cdot \tau_{rt}^2 \\ &+ \sigma_r \cdot \tau_{t\ell}^2 - 2 \cdot \tau_{t\ell} \cdot \tau_{\ell r} \cdot \tau_{rt} = 0 \dots\dots\dots (5.5.1.4.1) \end{aligned}$$

(2) 応力強さ

以下の 3 つの主応力差の絶対値で最大のものを応力強さとする。

$$S_{12} = \sigma_1 - \sigma_2 \dots\dots\dots (5.5.1.4.2)$$

$$S_{23} = \sigma_2 - \sigma_3 \dots\dots\dots (5.5.1.4.3)$$

$$S_{31} = \sigma_3 - \sigma_1 \dots\dots\dots (5.5.1.4.4)$$

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

5.6 計算条件

5.6.1 出力領域モニタの応力計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【出力領域モニタの耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.7 応力の評価

5.7.1 出力領域モニタの応力評価

5.5.1項で求めたカバーチューブ及び校正用導管の各応力強さが下表で定めた許容応力以下であること。

	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度による荷重との組合せの場合	基準地震動 S_s による荷重との組合せの場合
一次一般膜応力の許容応力	$1.5 \cdot S_m$	$2/3 \cdot S_u$ ただし、オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については $2/3 \cdot S_u$ と $2.4 \cdot S_m$ の小さい方。
一次一般膜＋一次曲げ応力の許容応力	上欄の1.5倍の値	上欄の1.5倍の値

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

出力領域モニタの設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

出力領域モニタの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

7. 引用文献

- (1) 機械工学便覧 基礎編 α3 (日本機械学会)

【出力領域モニタの耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度 分類	据付場所及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		流体の最高温度 (°C)		外圧 (MPa)	
			水平 方向	鉛直 方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	Ⅲ _A S	Ⅳ _A S	Ⅲ _A S	Ⅳ _A S
出力領域モニタ	S	原子炉格納容器内 O.P. 6.00 (O.P. 16.885* ¹)		0.05 以下	C _H =1.90 又は*2	C _V =0.86	C _H =3.08 又は*3	C _V =1.48				

注記 * 1 : 基準床レベルを示す。

* 2 : 弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度に基づく設計用床応答曲線から得られる値。

* 3 : 基準地震動 S_s に基づく設計用床応答曲線から得られる値。

1.2 機器要目

部材	V _D (N)	D _o (mm)	D _i (mm)	A (mm ²)	I (mm ⁴)	E (MPa)	L (mm)	ℓ' (mm)	S _m (MPa)	S _u (MPa)
カバーチューブ										
校正用導管										

1.3 計算数値

部材	V _s (N)		H (N)		δ _D (mm)		w (N/mm)	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
カバーチューブ								
校正用導管								

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

部材	ℓ (mm)		P_B (N)		F_E (N)		M_E (N・mm)	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
カバーチューブ								
校正用導管								

1.4 結論

1.4.1 カバーチューブ及び校正用導管の応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	応力評価面	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
				算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
カバーチューブ		一次一般膜応力強さ	P03, P04	6	173	11	260
			P03', P04'	6	173	11	260
		一次一般膜＋一次曲げ 応力強さ	P03, P04	188	259	337	391
			P03', P04'	192	259	342	391
校正用導管		一次一般膜応力強さ	P01, P02	29	146	32	233
			P01', P02'	29	146	32	233
		一次一般膜＋一次曲げ 応力強さ	P01, P02	87	219	146	350
			P01', P02'	88	219	146	350

注記 *：応力評価点の材料を示す。

すべて許容応力以下である。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

1.5 その他の機器要目

(1) 材料物性値

項目		記号	単位	入力値
材質	カバーチューブ	—	—	
	校正用導管	—	—	
縦弾性係数		E	MPa	
ポアソン比		ν	—	
要素数		—	個	
節点数		—	個	
接手効率		η	—	

注記 * : 応力評価点の材料を示す。

(2) 部材の断面性状

部材番号	長さ (mm)	せん断断面積 (mm ²)	断面二次モーメント (mm ⁴)

(3) 節点の質量

節点番号	座標 (mm)	節点質量 (g)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		流体の最高温度 (°C)	外圧 (MPa)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	V _A S	V _A S
出力領域モニタ	常設耐震 / 防止	原子炉格納容器内 O.P. 6.00 (O.P. 16.885* ¹)		0.05 以下	—	—	C _H = 3.08 又は* ²	C _V = 1.48		

注記 * 1 : 基準床レベルを示す。

* 2 : 基準地震動 S_s に基づく設計用床応答曲線から得られる値。

2.2 機器要目

部材	V _D (N)	D _o (mm)	D _i (mm)	A (mm ²)	I (mm ⁴)	E (MPa)	L (mm)	φ' (mm)	S _m (MPa)	S _u (MPa)
カバーチューブ										
校正用導管										

2.3 計算数値

部材	V _s (N)		H (N)		δ _D (mm)		w (N/mm)	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
カバーチューブ	—		—		—		—	
校正用導管	—		—		—		—	

部材	ℓ (mm)		P_B (N)		F_E (N)		M_E (N・mm)	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
カバーチューブ	—		—		—		—	
校正用導管	—		—		—		—	

2.4 結論

2.4.1 カバーチューブ及び校正用導管の応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	応力評価面	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
				算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
カバーチューブ		一次一般膜応力強さ	P03, P04	—	—	11	260
			P03', P04'	—	—	11	260
		一次一般膜＋一次曲げ 応力強さ	P03, P04	—	—	337	391
			P03', P04'	—	—	342	391
校正用導管		一次一般膜応力強さ	P01, P02	—	—	38	229
			P01', P02'	—	—	39	229
		一次一般膜＋一次曲げ 応力強さ	P01, P02	—	—	149	344
			P01', P02'	—	—	150	344

注記 *：応力評価点の材料を示す。

すべて許容応力以下である。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2.5 その他の機器要目

(1) 材料物性値

項目		記号	単位	入力値
材質	カバーチューブ	—	—	
	校正用導管	—	—	
縦弾性係数		E	MPa	
ポアソン比		ν	—	
要素数		—	個	
節点数		—	個	
接手効率		η	—	

注記 * : 応力評価点の材料を示す。

(2) 部材の断面性状

部材番号	長さ (mm)	せん断断面積(mm ²)	断面二次モーメント(mm ⁴)

(3) 節点の質量

節点番号	座標 (mm)	節点質量 (g)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

VI-2-6-5-2 原子炉压力容器本体の入口又は出口の原子炉冷却材の圧力、
温度又は流量を計測する装置（常設）の耐震性についての計
算書

目 次

- VI-2-6-5-2-1 一次冷却材圧力計測装置の耐震性についての計算書
- VI-2-6-5-2-2 一次冷却材温度計測装置の耐震性についての計算書
- VI-2-6-5-2-3 一次冷却材流量計測装置の耐震性についての計算書

VI-2-6-5-2-1 一次冷却材圧力計測装置の耐震性についての計算書

目 次

- VI-2-6-5-2-1-1 原子炉隔離時冷却系ポンプ駆動用タービン入口蒸気圧力の耐震性についての計算書
- VI-2-6-5-2-1-2 高圧代替注水系ポンプ出口圧力の耐震性についての計算書
- VI-2-6-5-2-1-3 直流駆動低圧注水系ポンプ出口圧力の耐震性についての計算書
- VI-2-6-5-2-1-4 代替循環冷却ポンプ出口圧力の耐震性についての計算書
- VI-2-6-5-2-1-5 原子炉隔離時冷却系ポンプ出口圧力の耐震性についての計算書
- VI-2-6-5-2-1-6 高圧炉心スプレイ系ポンプ出口圧力の耐震性についての計算書
- VI-2-6-5-2-1-7 残留熱除去系ポンプ出口圧力の耐震性についての計算書
- VI-2-6-5-2-1-8 低圧炉心スプレイ系ポンプ出口圧力の耐震性についての計算書
- VI-2-6-5-2-1-9 復水移送ポンプ出口圧力の耐震性についての計算書

VI-2-6-5-2-1-1 原子炉隔離時冷却系ポンプ駆動用タービン入口蒸気圧力の耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
3.1 固有周期の算出方法	3
4. 構造強度評価	3
4.1 構造強度評価方法	3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	3
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	3
4.2.2 許容応力	3
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	3
5. 機能維持評価	6
5.1 電氣的機能維持評価方法	6
6. 評価結果	7
6.1 設計基準対象施設としての評価結果	7

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、原子炉隔離時冷却系ポンプ駆動用タービン入口蒸気圧力が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

原子炉隔離時冷却系ポンプ駆動用タービン入口蒸気圧力は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に分類される。以下、設計基準対象施設としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

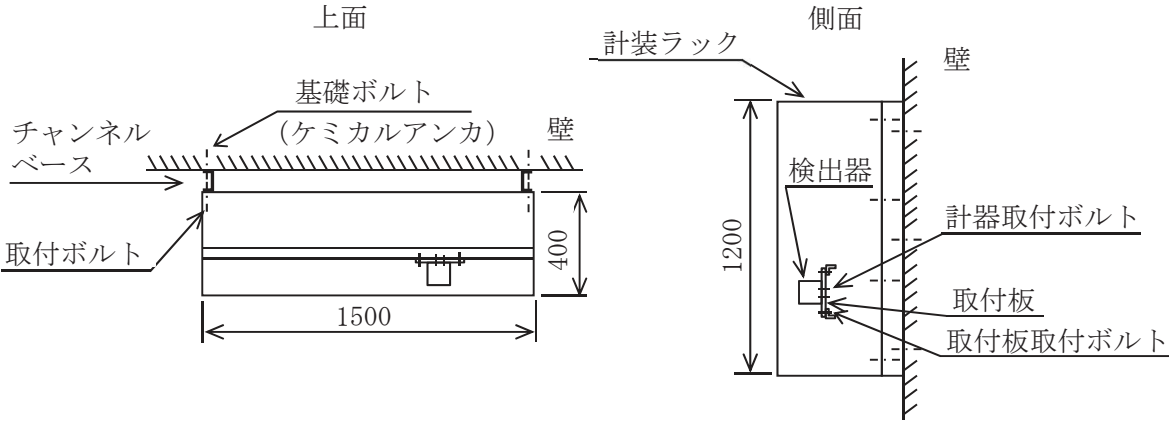
なお、原子炉隔離時冷却系ポンプ駆動用タービン入口蒸気圧力が設置される計装ラックは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の壁掛形計装ラックであるため、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

原子炉隔離時冷却系ポンプ駆動用タービン入口蒸気圧力の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより取付板に固定され、取付板は取付板取付ボルトにより計装ラックに固定される。</p> <p>計装ラックは、チャンネルベースに取付ボルトで固定され、チャンネルベースは壁に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>弾性圧力検出器</p>	<p>【原子炉隔離時冷却系ポンプ駆動用タービン入口蒸気圧力】</p>  <p>(単位：mm)</p>

3. 固有周期

3.1 固有周期の算出方法

原子炉隔離時冷却系ポンプ駆動用タービン入口蒸気圧力が設置される計装ラックの固有周期は、プラスチックハンマ等により当該装置に振動を与え自由減衰振動を固有振動数測定装置(圧電式加速度ピックアップ, 振動計, 分析器)により記録解析する。試験の結果, 剛であることを確認した。固有周期の確認結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期 (単位: s)

水平方向	鉛直方向

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

原子炉隔離時冷却系ポンプ駆動用タービン入口蒸気圧力の構造強度評価は, 添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉隔離時冷却系ポンプ駆動用タービン入口蒸気圧力の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

原子炉隔離時冷却系ポンプ駆動用タービン入口蒸気圧力の許容応力は, 添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

原子炉隔離時冷却系ポンプ駆動用タービン入口蒸気圧力の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-3 に示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	原子炉隔離時冷却系ポンプ駆 動用タービン入口蒸気圧力	S	—*1	$D + P_D + M_D + S_d^*$	III _{AS}
					$D + P_D + M_D + S_s$	IV _{AS}

注記*1：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

表 4-2 許容応力（その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
Ⅲ _A S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
Ⅳ _A S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

注記*1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

*2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	S _{y i} (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト (i = 1)	SS400 (40mm < 径 ≤ 100mm)	周囲環境温度	65	206	386	—
取付ボルト (i = 2)	SS400 (40mm < 径 ≤ 100mm)	周囲環境温度	65	206	386	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

原子炉隔離時冷却系ポンプ駆動用タービン入口蒸気圧力の電氣的機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

計装ラックに設置される検出器の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
原子炉隔離時冷却系ポンプ駆動用タービン入口蒸気圧力 (E51-PT007)	水平	
	鉛直	

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

原子炉隔離時冷却系ポンプ駆動用タービン入口蒸気圧力の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【原子炉隔離時冷却系ポンプ駆動用タービン入口蒸気圧力（E51-PT007）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境 温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉隔離時冷却系ポンプ駆動用タービン入口蒸気圧力 (E51-PT007)	S	原子炉建屋 0.P. -8.10 (0.P. -0.80*)			C _H =0.63	C _V =0.51	C _H =1.34	C _V =0.88	65

注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部 材	m _i (kg)	h _i (mm)	l _{1i} (mm)	l _{2i} (mm)	l _{3i} (mm)	d _i (mm)	A _{bi} (mm ²)	n _i	n _{fvi}	n _{fhi}
基礎ボルト (i=1)		500						6	2	3
取付ボルト (i=2)		400						8	2	4

部 材	S _{yi} (MPa)	S _{ui} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	206	386	206	247	鉛直方向	鉛直方向
取付ボルト (i=2)	206	386	206	247	鉛直方向	鉛直方向

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)				
取付ボルト (i=2)				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は 静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SS400	引張り	$\sigma_{b1}=13$	$f_{ts1}=154^*$	$\sigma_{b1}=21$	$f_{ts1}=185^*$
		せん断	$\tau_{b1}=5$	$f_{sb1}=119$	$\tau_{b1}=7$	$f_{sb1}=143$
取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	$\sigma_{b2}=10$	$f_{ts2}=154^*$	$\sigma_{b2}=16$	$f_{ts2}=185^*$
		せん断	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=119$	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=143$

注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$ より算出。

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

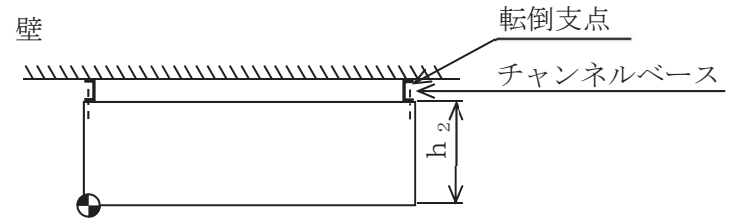
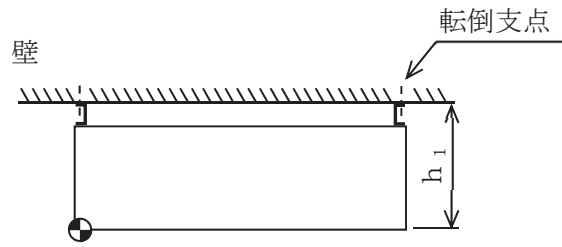
($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉隔離時冷却系 ポンプ駆動用タービ ン入口蒸気圧力 (E51-PT007)	水平方向	1.11	
	鉛直方向	0.73	

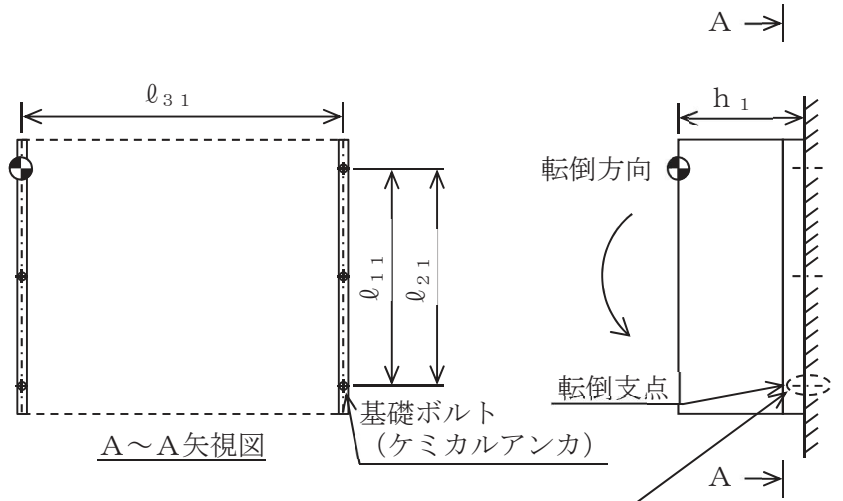
注記*：基準地震動 S_sにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 (1.0ZPA) は、すべて機能確認済加速度以下である。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

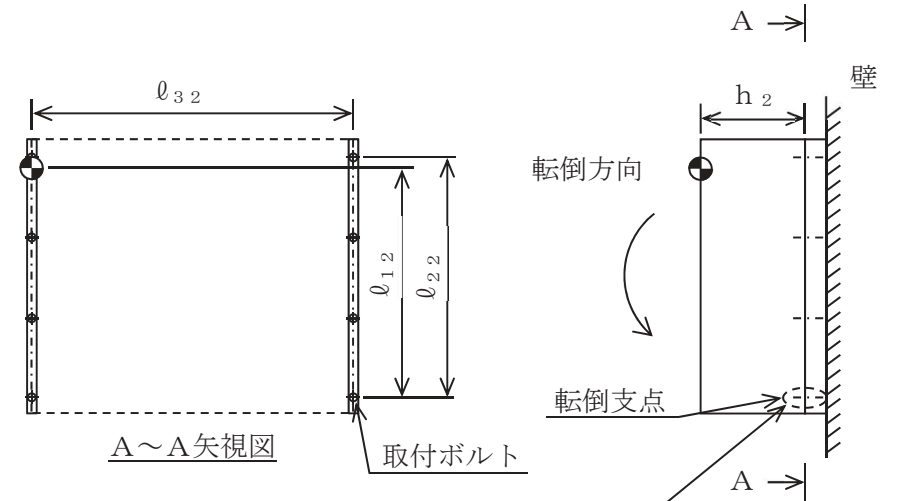
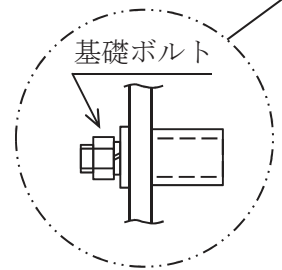


10



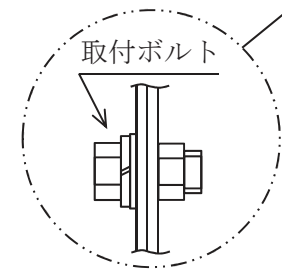
正面 (水平方向)

側面 (鉛直方向)



正面 (水平方向)

側面 (鉛直方向)



VI-2-6-5-2-1-2 高圧代替注水系ポンプ出口圧力の耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
4. 構造強度評価	3
4.1 構造強度評価方法	3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	3
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	3
4.2.2 許容応力	3
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	3
5. 機能維持評価	6
5.1 電気的機能維持評価方法	6
6. 評価結果	7
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	7

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、高圧代替注水系ポンプ出口圧力が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

高圧代替注水系ポンプ出口圧力は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、高圧代替注水系ポンプ出口圧力が設置される計装ラックは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の壁掛形計装ラックであるため、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

高圧代替注水系ポンプ出口圧力の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより取付板に固定され、取付板は取付板取付ボルトにより計装ラックに固定される。</p> <p>計装ラックは、チャンネルベースに取付ボルトで固定され、チャンネルベースは壁に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>弾性圧力検出器</p>	<p>【高圧代替注水系ポンプ出口圧力】</p>

3. 固有周期

高圧代替注水系ポンプ出口圧力が設置される計装ラックの固有周期は、構造が同等であり、同様な振動特性を持つ計装ラックに対する振動試験（打振試験）の結果確認された固有周期を使用する。固有周期の確認結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期 (単位：s)

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

高圧代替注水系ポンプ出口圧力の構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

高圧代替注水系ポンプ出口圧力の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

高圧代替注水系ポンプ出口圧力の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

高圧代替注水系ポンプ出口圧力の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-3 に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	高圧代替注水系ポンプ出口圧力	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IV_{AS}
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V_{AS} (V_{AS} として IV_{AS} の許容限界 を用いる。)

注記*1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

*3：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
IV _A S	1.5・f _t * (V _A SとしてIV _A Sの許容限界を用いる。)	1.5・f _s *
V _A S		

注記*1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

*2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	S _{y i} (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト (i = 1)	SS400 (径 ≤ 16mm)	周囲環境温度	66	234	385	—
取付ボルト (i = 2)	SS400 (16mm < 径 ≤ 40mm)	周囲環境温度	66	225	385	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

高圧代替注水系ポンプ出口圧力の電氣的機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

計装ラックに設置される検出器の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
高圧代替注水系ポンプ出口圧力 (E61-PT003)	水平	
	鉛直	

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

高圧代替注水系ポンプ出口圧力の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【高圧代替注水系ポンプ出口圧力 (E61-PT003) の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備
1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
高圧代替注水系ポンプ出口圧力 (E61-PT003)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋 O.P. -0.80 (O.P. 6.00*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =1.57	C _V =1.09	66

注記* : 基準床レベルを示す。

- 1.2 機器要目

部 材	m _i (kg)	h _i (mm)	ℓ _{1i} (mm)	ℓ _{2i} (mm)	ℓ _{3i} (mm)	d _i (mm)	A _{bi} (mm ²)	n _i	n _{fvi}	n _{fHi}	
基礎ボルト (i=1)		500							8	2	4
取付ボルト (i=2)		400							8	2	4

部 材	S _{yi} (MPa)	S _{ui} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	234	385	—	270	—	鉛直方向
取付ボルト (i=2)	225	385	—	270	—	鉛直方向

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	—		—	
取付ボルト (i=2)	—		—	

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b1}=16$	$f_{ts1}=202^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=5$	$f_{sb1}=155$
取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=13$	$f_{ts2}=202^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=155$

注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$ より算出。

すべて許容応力以下である。

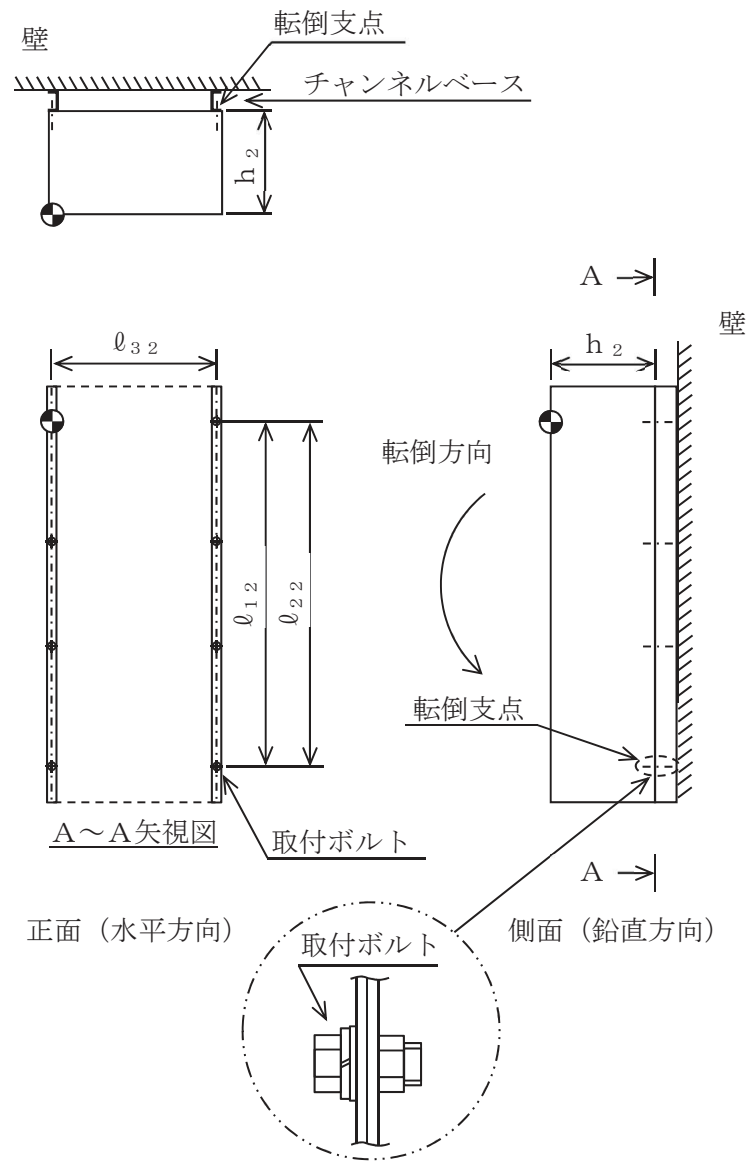
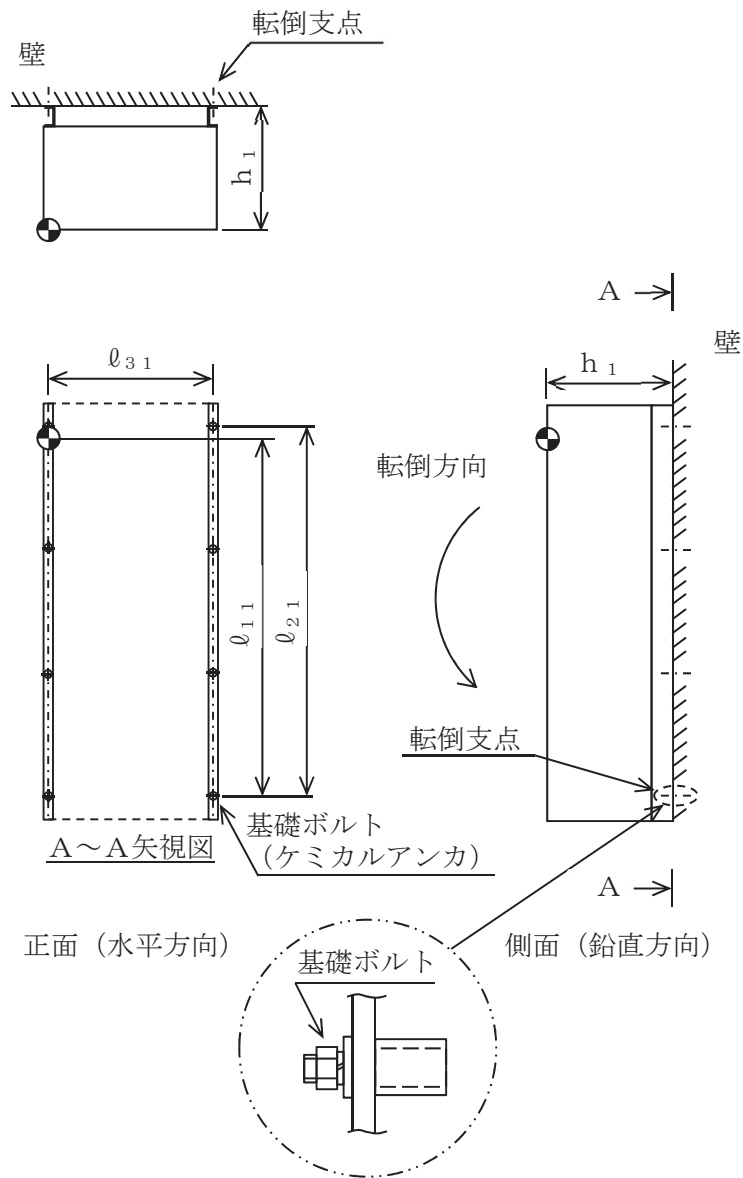
1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
高圧代替注水系ポン プ出口圧力 (E61-PT003)	水平方向	1.31	
	鉛直方向	0.91	

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 (1.0ZPA) は、すべて機能確認済加速度以下である。



VI-2-6-5-2-1-3 直流駆動低圧注水系ポンプ出口圧力の耐震性についての
計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
4. 構造強度評価	3
4.1 構造強度評価方法	3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	3
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	3
4.2.2 許容応力	3
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	3
5. 機能維持評価	6
5.1 電氣的機能維持評価方法	6
6. 評価結果	7
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	7

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、直流駆動低圧注水系ポンプ出口圧力が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

直流駆動低圧注水系ポンプ出口圧力は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、直流駆動低圧注水系ポンプ出口圧力が設置される計器スタンションは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の壁掛形計器スタンションであるため、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

直流駆動低圧注水系ポンプ出口圧力の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより取付板に固定され、取付板は、取付板取付ボルトにより計器スタンションに固定される。</p> <p>計器スタンションは、基礎に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>弾性圧力検出器</p>	<p>【直流駆動低圧注水系ポンプ出口圧力】</p> <p>計器スタンション</p> <p>正面</p> <p>側面</p> <p>基礎ボルト (ケミカルアンカ)</p> <p>取付板取付ボルト</p> <p>基礎 (壁面)</p> <p>計器取付ボルト</p> <p>検出器</p> <p>取付板</p> <p>250</p> <p>850</p> <p>495</p> <p>(単位：mm)</p>

3. 固有周期

直流駆動低圧注水系ポンプ出口圧力が設置される計器スタンションの固有周期は、構造が同等であり、同様な振動特性を持つ計器スタンションに対する振動試験（打振試験）の結果確認された固有周期を使用する。固有周期の確認結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期 (単位：s)

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

直流駆動低圧注水系ポンプ出口圧力の構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

直流駆動低圧注水系ポンプ出口圧力の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

直流駆動低圧注水系ポンプ出口圧力の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

直流駆動低圧注水系ポンプ出口圧力の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-3 に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	直流駆動低圧注水系ポンプ 出口圧力	常設耐震/ 防止	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IV_{AS}
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V_{AS} (V_{AS} として IV_{AS} の許容限界 を用いる。)

注記*1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

*3：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため、評価結果の記載を省略する。

表 4-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
IV _{AS}	1.5・f _t * (V _{AS} としてIV _{AS} の許容限界を用いる。)	1.5・f _s *
V _{AS}		

注記*1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

*2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	60	208	389	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

直流駆動低圧注水系ポンプ出口圧力の電氣的機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

計器スタンションに設置される検出器の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
直流駆動低圧注水系ポンプ出口圧力 (E71-PT004)	水平	
	鉛直	

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

直流駆動低圧注水系ポンプ出口圧力の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【直流駆動低圧注水系ポンプ出口圧力（E71-PT004）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境 温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
直流駆動低圧注水系 ポンプ出口圧力 (E71-PT004)	常設耐震/防止	原子炉建屋 0. P. -8. 10 (0. P. -0. 80*)	0. 05 以下	0. 05 以下	—	—	C _H =1. 34	C _V =0. 88	60

注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部 材	m (kg)	h ₂ (mm)	ℓ ₃ (mm)	ℓ _a (mm)	ℓ _b (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	n _{fV}	n _{fH}
基礎ボルト		495						4	2	2

部 材	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用 地震動 S _d 又 は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	208	389	—	249	—	水平方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F _b		Q _b	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	—		—	

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	—	—	$\sigma_b = 10$	$f_{ts} = 187^*$
		せん断	—	—	$\tau_b = 3$	$f_{sb} = 144$

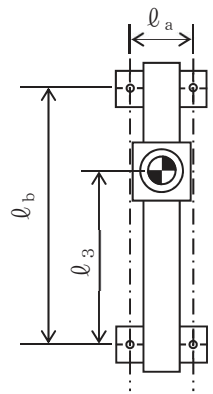
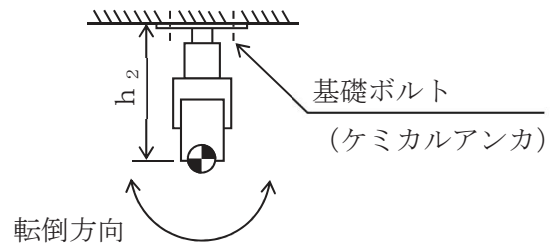
注記*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$ より算出。
 すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

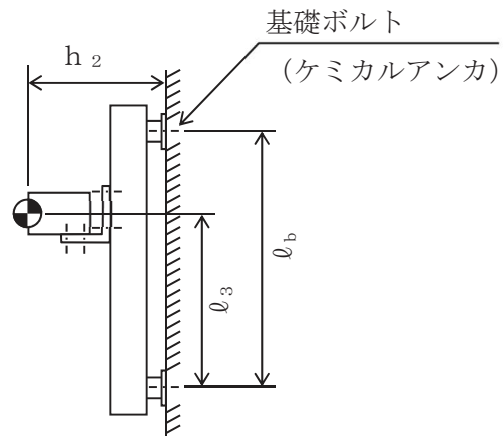
($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
直流駆動低圧注水系 ポンプ出口圧力 (E71-PT004)	水平方向	1.11	
	鉛直方向	0.73	

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。
 機能維持評価用加速度 (1.0ZPA) は、すべて機能確認済加速度以下である。



正面 (水平方向)



側面 (鉛直方向)

VI-2-6-5-2-1-4 代替循環冷却ポンプ出口圧力の耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
4. 構造強度評価	3
4.1 構造強度評価方法	3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	3
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	3
4.2.2 許容応力	3
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	3
5. 機能維持評価	6
5.1 電氣的機能維持評価方法	6
6. 評価結果	7
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	7

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、代替循環冷却ポンプ出口圧力が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

代替循環冷却ポンプ出口圧力は、重大事故等対処設備においては常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、代替循環冷却ポンプ出口圧力が設置される計器スタンションは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の壁掛形計器スタンションであるため、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

代替循環冷却ポンプ出口圧力の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより取付板に固定され、取付板は、取付板取付ボルトにより計器スタンションに固定される。</p> <p>計器スタンションは、基礎に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>弾性圧力検出器</p>	<p>【代替循環冷却ポンプ出口圧力】</p> <p>計器スタンション</p> <p>正面</p> <p>側面</p> <p>基礎ボルト (ケミカルアンカ)</p> <p>取付板取付ボルト</p> <p>基礎 (壁面)</p> <p>計器取付ボルト</p> <p>検出器</p> <p>取付板</p> <p>455</p> <p>250</p> <p>850</p> <p>上面</p> <p>(単位：mm)</p>

3. 固有周期

代替循環冷却ポンプ出口圧力が設置される計器スタンションの固有周期は、構造が同等であり、同様な振動特性を持つ計器スタンションに対する振動試験（打振試験）の結果確認された固有周期を使用する。固有周期の確認結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期 (単位：s)

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

代替循環冷却ポンプ出口圧力の構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

代替循環冷却ポンプ出口圧力の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

代替循環冷却ポンプ出口圧力の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

代替循環冷却ポンプ出口圧力の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-3 に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	代替循環冷却ポンプ出口圧力	常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IV_{AS}
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V_{AS} (V_{AS} として IV_{AS} の許容限界 を用いる。)

注記*1：「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

*3：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
IV _{AS}	1.5・f _t * (V _{AS} としてIV _{AS} の許容限界を用いる。)	1.5・f _s *
V _{AS}		

注記*1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

*2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
		基礎ボルト	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	40	215

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

代替循環冷却ポンプ出口圧力の電氣的機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンスションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

計器スタンスションに設置される検出器の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
代替循環冷却ポンプ出口圧力 (E11-PT021)	水平	
	鉛直	

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

代替循環冷却ポンプ出口圧力の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【代替循環冷却ポンプ出口圧力 (E11-PT021) の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備
1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境 温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
代替循環冷却ポンプ 出口圧力 (E11-PT021)	常設/緩和	原子炉建屋 O.P. -8.10 (O.P. -0.80*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =1.34	C _V =0.88	40

注記* : 基準床レベルを示す。

- 1.2 機器要目

部 材	m (kg)	h ₂ (mm)	ℓ ₃ (mm)	ℓ _a (mm)	ℓ _b (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	n _{fV}	n _{fH}
基礎ボルト		455						4	2	2

部 材	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用 地震動 S _d 又 は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	215	400	—	258	—	水平方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F _b		Q _b	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	—		—	

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	—	—	$\sigma_b = 9$	$f_{ts} = 193^*$
		せん断	—	—	$\tau_b = 3$	$f_{sb} = 148$

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

すべて許容応力以下である。

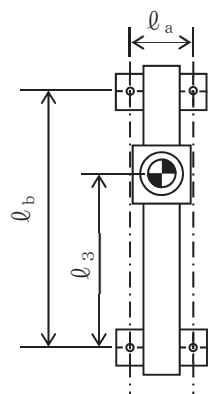
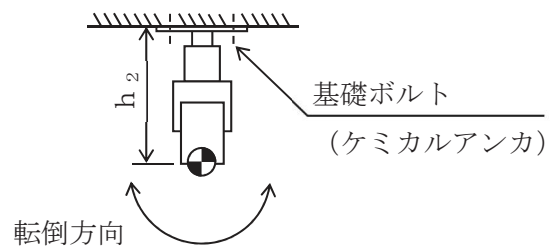
1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

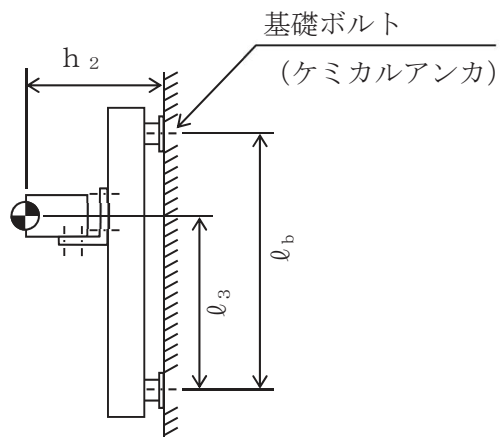
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
代替循環冷却ポンプ 出口圧力 (E11-PT021)	水平方向	1.11	
	鉛直方向	0.73	

注記*： 基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 (1.0ZPA) は、すべて機能確認済加速度以下である。



正面 (水平方向)



側面 (鉛直方向)

VI-2-6-5-2-1-5 原子炉隔離時冷却系ポンプ出口圧力の耐震性についての
計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
3.1 固有周期の算出方法	3
4. 構造強度評価	3
4.1 構造強度評価方法	3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	3
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	3
4.2.2 許容応力	3
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	3
5. 機能維持評価	7
5.1 電氣的機能維持評価方法	7
6. 評価結果	8
6.1 設計基準対象施設としての評価結果	8
6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	8

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、原子炉隔離時冷却系ポンプ出口圧力が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

原子炉隔離時冷却系ポンプ出口圧力は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、原子炉隔離時冷却系ポンプ出口圧力が設置される計装ラックは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の壁掛形計装ラックであるため、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

原子炉隔離時冷却系ポンプ出口圧力の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより取付板に固定され、取付板は取付板取付ボルトにより計装ラックに固定される。</p> <p>計装ラックは、チャンネルベースに取付ボルトで固定され、チャンネルベースは壁に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>弾性圧力検出器</p>	<p>【原子炉隔離時冷却系ポンプ出口圧力】</p> <p>上面</p> <p>側面</p> <p>(単位：mm)</p>

3. 固有周期

3.1 固有周期の算出方法

原子炉隔離時冷却系ポンプ出口圧力が設置される計装ラックの固有周期は、プラスチックハンマ等により当該装置に振動を与え自由減衰振動を固有振動数測定装置（圧電式加速度ピックアップ、振動計、分析器）により記録解析する。試験の結果、剛であることを確認した。固有周期の確認結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期 (単位：s)

水平方向	鉛直方向

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

原子炉隔離時冷却系ポンプ出口圧力の構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉隔離時冷却系ポンプ出口圧力の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-1 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-2 に示す。

4.2.2 許容応力

原子炉隔離時冷却系ポンプ出口圧力の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 4-3 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

原子炉隔離時冷却系ポンプ出口圧力の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-4 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-5 に示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	原子炉隔離時冷却系ポンプ出 口圧力	S	—*1	$D + P_D + M_D + S_d^*$	III _{AS}
					$D + P_D + M_D + S_s$	IV _{AS}

注記*1：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

表 4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	原子炉隔離時冷却系ポンプ出 口圧力	常設／防止 (DB 拡張)	—*2	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	IV _{AS}
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _{AS} (V _{AS} として IV _{AS} の許容限界 を用いる。)

注記*1：「常設／防止（DB 拡張）」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

*3：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため、評価結果の記載を省略する。

表 4-3 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
Ⅲ _{AS}	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
Ⅳ _{AS}	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
V _{AS} (V _{AS} としてⅣ _{AS} の許容限界を用いる。)		

注記*1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

*2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-4 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	S _{y i} (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト (i =1)	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	65	206	386	—
取付ボルト (i =2)	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	65	206	386	—

表 4-5 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	S _{y i} (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト (i =1)	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	66	206	385	—
取付ボルト (i =2)	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	66	206	385	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

原子炉隔離時冷却系ポンプ出口圧力の電氣的機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

計装ラックに設置される検出器の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
原子炉隔離時冷却系ポンプ出口圧力 (E51-PT003)	水平	
	鉛直	

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

原子炉隔離時冷却系ポンプ出口圧力の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

原子炉隔離時冷却系ポンプ出口圧力の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【原子炉隔離時冷却系ポンプ出口圧力 (E51-PT003) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境 温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉隔離時冷却系ポンプ出口圧力 (E51-PT003)	S	原子炉建屋 0.P.-8.10 (0.P.-0.80*)			C _H =0.63	C _V =0.51	C _H =1.34	C _V =0.88	65

注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	ℓ _{1i} (mm)	ℓ _{2i} (mm)	ℓ _{3i} (mm)	d _i (mm)	A _{bi} (mm ²)	n _i	n _{fvi}	n _{fhi}
基礎ボルト (i=1)		500						6	2	3
取付ボルト (i=2)		400						8	2	4

部材	S _{yi} (MPa)	S _{ui} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	206	386	206	247	鉛直方向	鉛直方向
取付ボルト (i=2)	206	386	206	247	鉛直方向	鉛直方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)				
取付ボルト (i=2)				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SS400	引張り	$\sigma_{b1}=13$	$f_{ts1}=154^*$	$\sigma_{b1}=21$	$f_{ts1}=185^*$
		せん断	$\tau_{b1}=5$	$f_{sb1}=119$	$\tau_{b1}=7$	$f_{sb1}=143$
取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	$\sigma_{b2}=10$	$f_{ts2}=154^*$	$\sigma_{b2}=16$	$f_{ts2}=185^*$
		せん断	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=119$	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=143$

注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$ より算出。

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

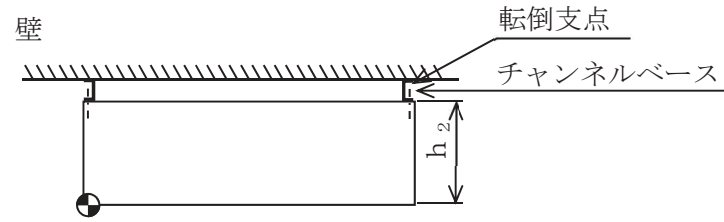
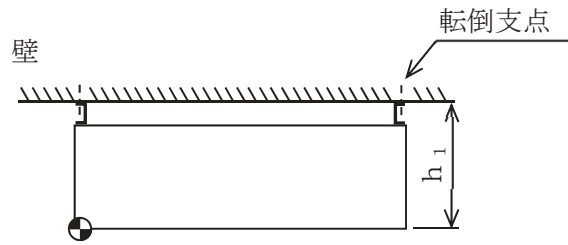
($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉隔離時冷却系 ポンプ出口圧力 (E51-PT003)	水平方向	1.11	
	鉛直方向	0.73	

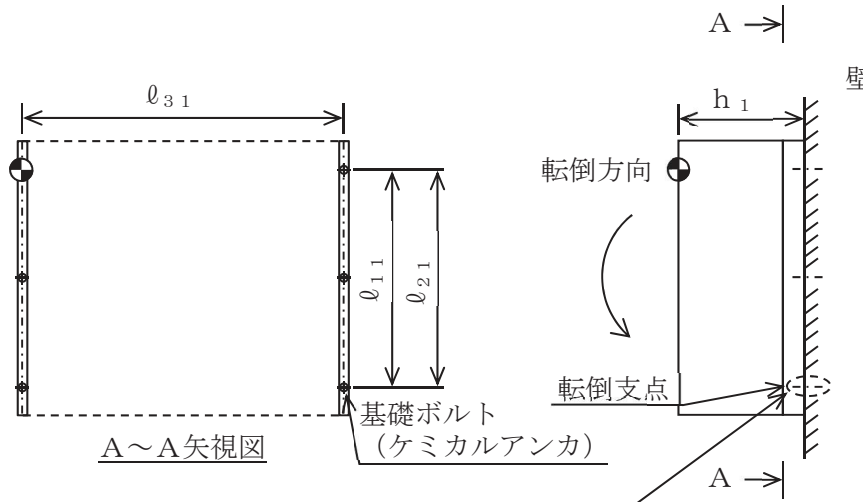
注記*：基準地震動 S_sにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 (1.0ZPA) は、すべて機能確認済加速度以下である。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

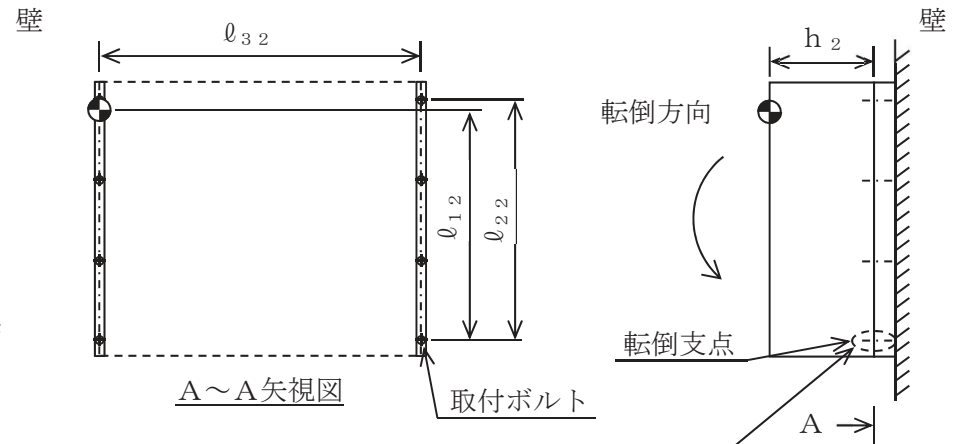
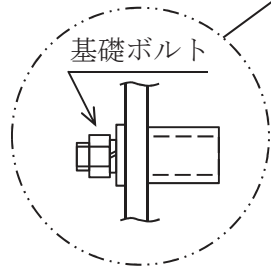


11



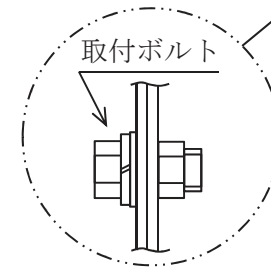
正面 (水平方向)

側面 (鉛直方向)



正面 (水平方向)

側面 (鉛直方向)



2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境 温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉隔離時冷却系ポンプ出口圧力 (E51-PT003)	常設/防止 (DB 拡張)	原子炉建屋 0. P. -8. 10 (0. P. -0. 80*)			—	—	C _H =1. 34	C _V =0. 88	66

注記* : 基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

部 材	m _i (kg)	h _i (mm)	ℓ _{1i} (mm)	ℓ _{2i} (mm)	ℓ _{3i} (mm)	d _i (mm)	A _{bi} (mm ²)	n _i	n _{fvi}	n _{fhi}
基礎ボルト (i=1)		500						6	2	3
取付ボルト (i=2)		400						8	2	4

部 材	S _{yi} (MPa)	S _{ui} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用 地震動 S _d 又 は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	206	385	—	247	—	鉛直方向
取付ボルト (i=2)	206	385	—	247	—	鉛直方向

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	—		—	
取付ボルト (i=2)	—		—	

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b1}=21$	$f_{ts1}=185^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=7$	$f_{sb1}=142$
取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=16$	$f_{ts2}=185^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=142$

注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$ より算出。

すべて許容応力以下である。

2.4.2 電氣的機能維持の評価結果

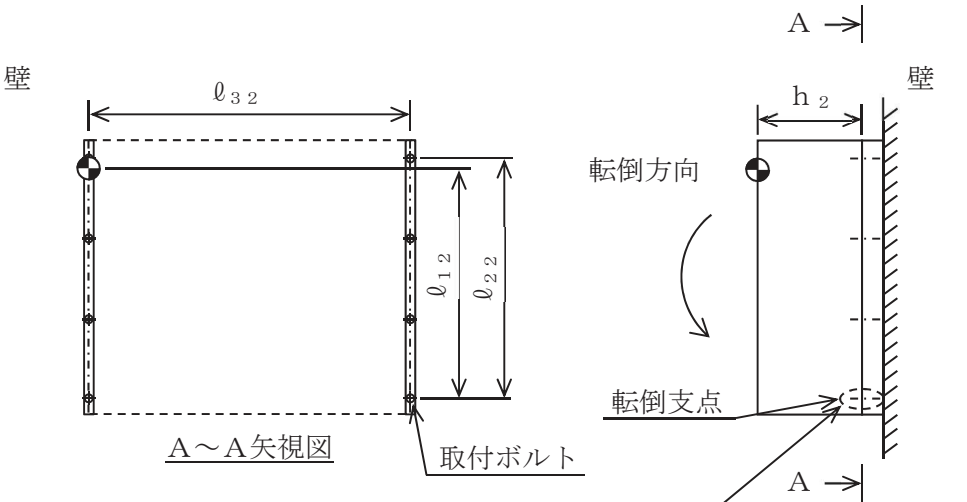
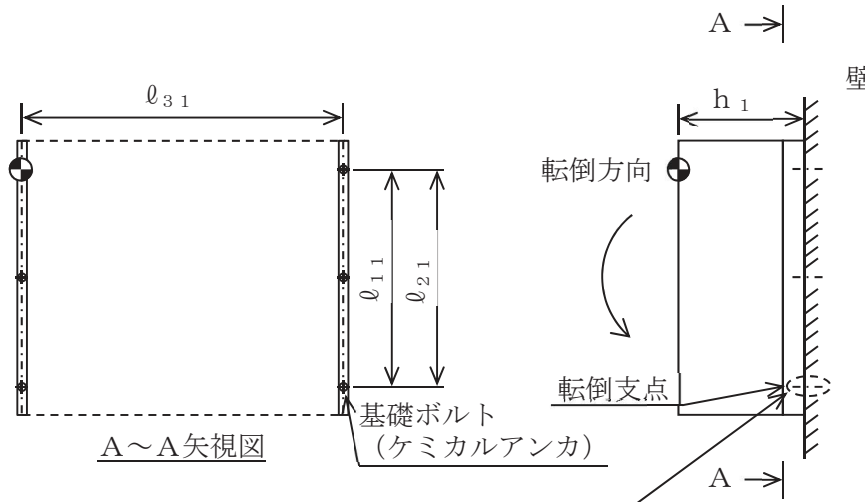
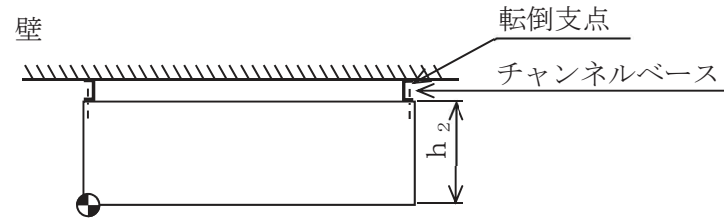
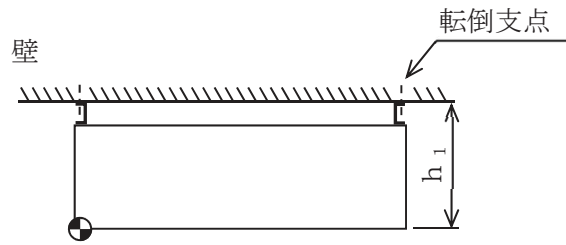
($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉隔離時冷却系 ポンプ出口圧力 (E51-PT003)	水平方向	1.11	
	鉛直方向	0.73	

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 (1.0ZPA) は、すべて機能確認済加速度以下である。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

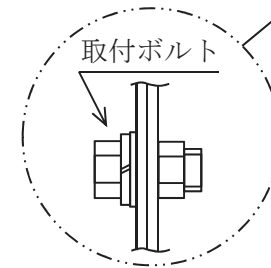
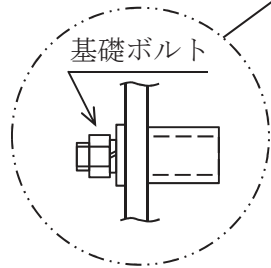


正面 (水平方向)

側面 (鉛直方向)

正面 (水平方向)

側面 (鉛直方向)



VI-2-6-5-2-1-6 高圧炉心スプレイ系ポンプ出口圧力の耐震性についての
計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
4. 構造強度評価	3
4.1 構造強度評価方法	3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	3
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	3
4.2.2 許容応力	3
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	3
5. 機能維持評価	6
5.1 電氣的機能維持評価方法	6
6. 評価結果	7
6.1 設計基準対象施設としての評価結果	7
6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	7

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、高圧炉心スプレイ系ポンプ出口圧力が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

高圧炉心スプレイ系ポンプ出口圧力は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、高圧炉心スプレイ系ポンプ出口圧力が設置される計装ラックは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の壁掛形計装ラックであるため、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

高圧炉心スプレイ系ポンプ出口圧力の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより取付板に固定され、取付板は取付板取付ボルトにより計装ラックに固定される。</p> <p>計装ラックは、チャンネルベースに取付ボルトで設置する。</p>	<p>弾性圧力検出器</p>	<p>【高圧炉心スプレイ系ポンプ出口圧力】</p> <p>(単位：mm)</p>

3. 固有周期

高圧炉心スプレイ系ポンプ出口圧力が設置される計装ラックの固有周期は、構造が同等であり、同様な振動特性を持つ計装ラックに対する振動試験（打振試験）の結果確認された固有周期を使用する。固有周期の確認結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期 (単位：s)

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

高圧炉心スプレイ系ポンプ出口圧力の構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

高圧炉心スプレイ系ポンプ出口圧力の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-1 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-2 に示す。

4.2.2 許容応力

高圧炉心スプレイ系ポンプ出口圧力の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 4-3 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

高圧炉心スプレイ系ポンプ出口圧力の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-4 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-5 に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	高圧炉心スプレイ系ポンプ 出口圧力	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _{AS}
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _{AS}

注記*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

表 4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	高圧炉心スプレイ系ポンプ 出口圧力	常設／防止 (DB 拡張)	—*2	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	Ⅳ _{AS}
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _{AS} (V _{AS} として Ⅳ _{AS} の許容限界 を用いる。)

注記*1：「常設／防止（DB 拡張）」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

*3：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため、評価結果の記載を省略する。

表 4-3 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
Ⅲ _A S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
Ⅳ _A S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
Ⅴ _A S (Ⅴ _A SとしてⅣ _A Sの許容限界を用いる。)		

注記*1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

*2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

5

表 4-4 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	S _{y i} (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト (i = 2)	SS400 (16mm < 径 ≤ 40mm)	周囲環境温度	40	235	400	—

表 4-5 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	S _{y i} (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト (i = 2)	SS400 (16mm < 径 ≤ 40mm)	周囲環境温度	66	225	385	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

高圧炉心スプレイ系ポンプ出口圧力の電氣的機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

計装ラックに設置される検出器の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
高圧炉心スプレイ系ポンプ出口圧力 (E22-PT004)	水平	
	鉛直	

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

高圧炉心スプレイ系ポンプ出口圧力の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

高圧炉心スプレイ系ポンプ出口圧力の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【高圧炉心スプレイ系ポンプ出口圧力（E22-PT004）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境 温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
高圧炉心スプレイ系 ポンプ出口圧力 (E22-PT004)	S	原子炉建屋 O.P. -0.80 (O.P. 6.00*)	0.05 以下	0.05 以下	C _H =0.72	C _V =0.63	C _H =1.57	C _V =1.09	40

注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部 材	m _i (kg)	h _i (mm)	ℓ _{1i} (mm)	ℓ _{2i} (mm)	ℓ _{3i} (mm)	d _i (mm)	A _{bi} (mm ²)	n _i	n _{fvi}	n _{fhi}
取付ボルト (i=2)		500						14	3	4

部 材	S _{yi} (MPa)	S _{ui} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用 地震動 S _d 又 は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	235	400	235	280	鉛直方向	鉛直方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	$\sigma_{b2}=9$	$f_{ts2}=176^*$	$\sigma_{b2}=17$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=135$	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=161$

注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$ より算出。

すべて許容応力以下である。

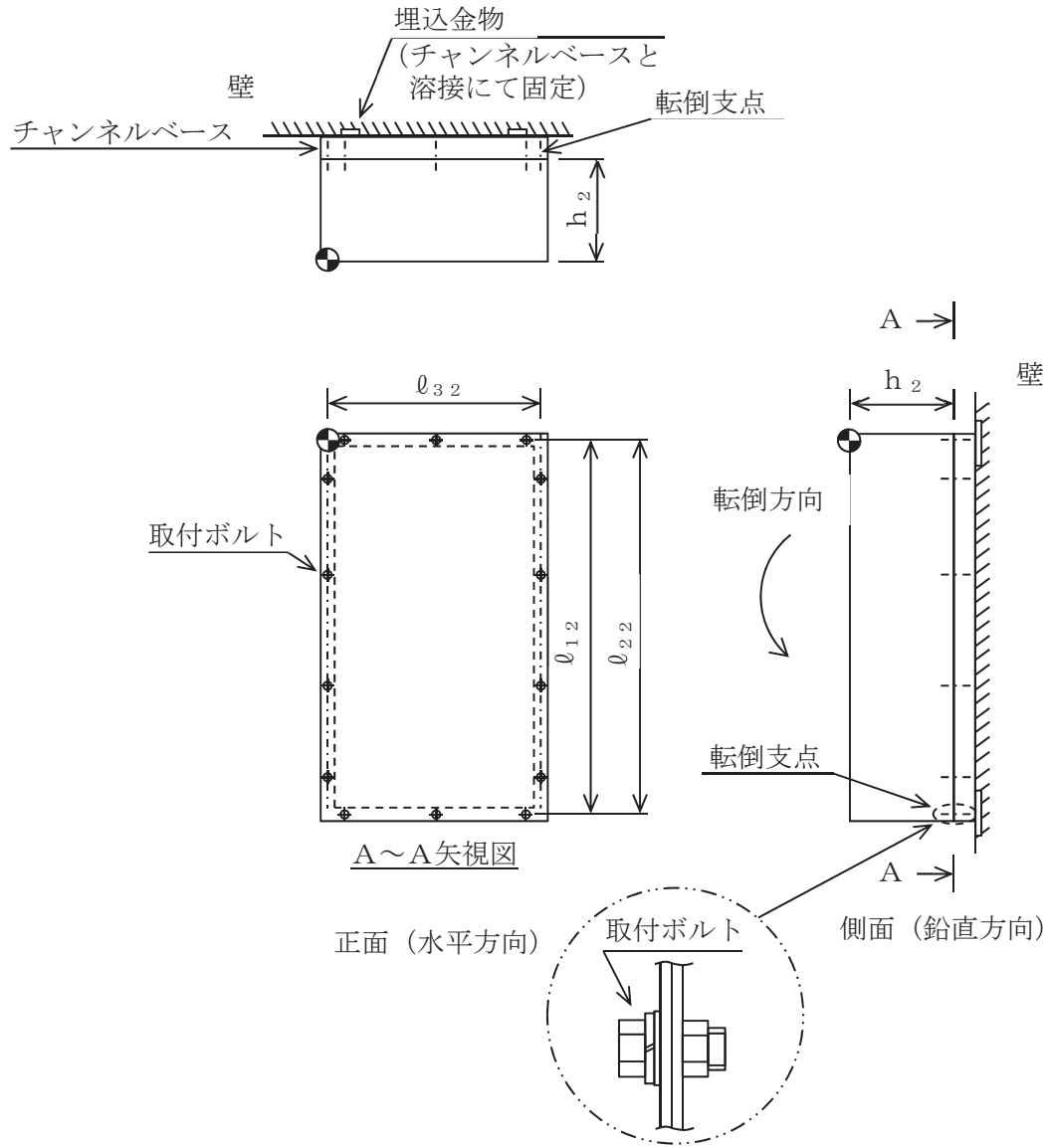
1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
高圧炉心スプレイ系 ポンプ出口圧力 (E22-PT004)	水平方向	1.31	
	鉛直方向	0.91	

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 (1.0ZPA) は、すべて機能確認済加速度以下である。



2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境 温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
高圧炉心スプレイ系 ポンプ出口圧力 (E22-PT004)	常設/防止 (DB 拡張)	原子炉建屋 O.P. -0.80 (O.P. 6.00*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =1.57	C _V =1.09	66

注記*：基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

部 材	m _i (kg)	h _i (mm)	ℓ _{1i} (mm)	ℓ _{2i} (mm)	ℓ _{3i} (mm)	d _i (mm)	A _{bi} (mm ²)	n _i	n _{fVi}	n _{fHi}	
取付ボルト (i=2)		500							14	3	4

部 材	S _{yi} (MPa)	S _{ui} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用 地震動 S _d 又 は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	225	385	—	270	—	鉛直方向

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F _{bi}		Q _{bi}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	—		—	

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=17$	$f_{ts2}=202^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=155$

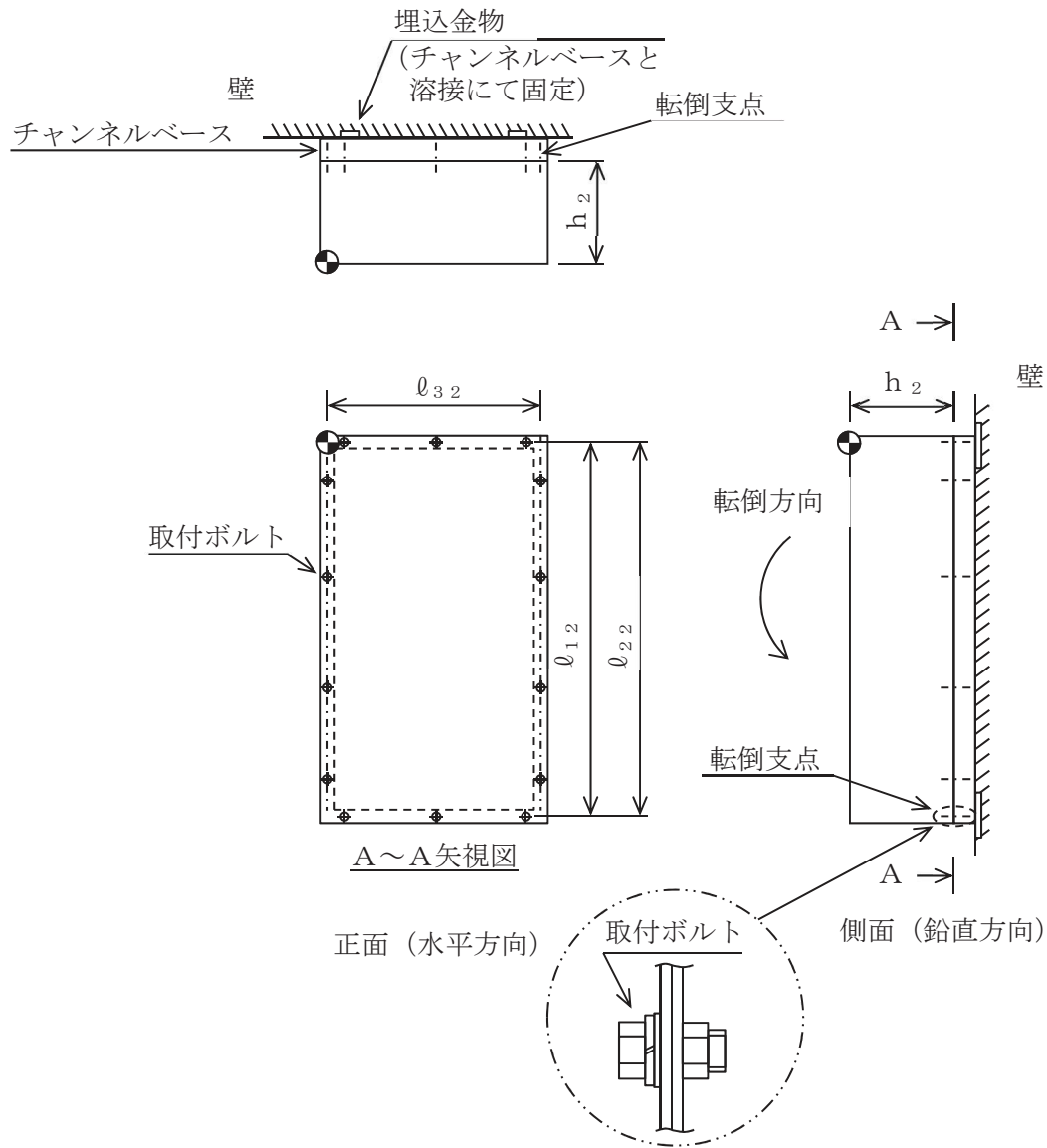
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$ より算出。
すべて許容応力以下である。

2.4.2 電氣的機能維持の評価結果

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
高圧炉心スプレイ系 ポンプ出口圧力 (E22-PT004)	水平方向	1.31	
	鉛直方向	0.91	

注記*：基準地震動 S_sにより定まる応答加速度とする。
機能維持評価用加速度 (1.0ZPA) は、すべて機能確認済加速度以下である。



VI-2-6-5-2-1-7 残留熱除去系ポンプ出口圧力の耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
3.1 固有周期の算出方法	3
4. 構造強度評価	3
4.1 構造強度評価方法	3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	3
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	3
4.2.2 許容応力	3
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	3
5. 機能維持評価	6
5.1 電氣的機能維持評価方法	6
6. 評価結果	7
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	7

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、残留熱除去系ポンプ出口圧力が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

残留熱除去系ポンプ出口圧力は、設計基準対象施設においてはCクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

なお、残留熱除去系ポンプ出口圧力が設置される計装ラックは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の壁掛形計装ラックであるため、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

構造強度評価については、計装ラックの取付ボルトに作用する応力の裕度が厳しい条件（許容値／発生値の小さい方）となるものを代表として評価する。また、電気的機能維持評価については、評価用加速度が最大となる計器について代表として評価する。電気的機能維持評価に用いる評価用加速度は、設置床高さが同じで計装ラックが剛構造の場合は同じ加速度となることから、構造強度評価の代表として選定した検出器を代表として評価する。評価対象を表 1-1 に示す。

表 1-1 概略構造識別

評価部位	評価方法	構造計画
E11-PT005A（代表） E11-PT005B E11-PT005C	VI-2-1-13-8 計装ラック の耐震性についての計算書 作成の基本方針	表 2-1 構造計画

2. 一般事項

2.1 構造計画

残留熱除去系ポンプ出口圧力の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより取付板に固定され、取付板は取付板取付ボルトにより計装ラックに固定される。</p> <p>計装ラックは、チャンネルベースに取付ボルトで設置する。</p>	<p>弾性圧力検出器</p>	<p>【残留熱除去系ポンプ出口圧力 H22-P018A (E11-PT005A)】</p> <p>上面</p> <p>側面</p> <p>壁</p> <p>埋込金物 (チャンネルベースと溶接にて固定)</p> <p>チャンネルベース</p> <p>取付ボルト</p> <p>計装ラック</p> <p>1500</p> <p>500</p> <p>1700</p> <p>検出器*</p> <p>取付板取付ボルト</p> <p>計器取付ボルト</p> <p>取付板</p> <p>(単位：mm)</p> <p>注記*：検出器は代表して1台を示す。</p>

3. 固有周期

3.1 固有周期の算出方法

残留熱除去系ポンプ出口圧力が設置される計装ラックの固有周期は、プラスチックハンマ等により当該装置に振動を与え自由減衰振動を固有振動数測定装置(圧電式加速度ピックアップ、振動計、分析器)により記録解析する。試験の結果、剛であることを確認した。固有周期の確認結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期 (単位：s)

水平方向	鉛直方向

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

残留熱除去系ポンプ出口圧力の構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

残留熱除去系ポンプ出口圧力の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

残留熱除去系ポンプ出口圧力の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

残留熱除去系ポンプ出口圧力の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-3 に示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	残留熱除去系ポンプ出口圧力	常設／防止 (DB 拡張)	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IV_{AS}
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V_{AS} (V_{AS} として IV_{AS} の許容限界 を用いる。)

注記*1：「常設／防止（DB 拡張）」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

*3：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため、評価結果の記載を省略する。

表 4-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
IV _{AS}	1.5・f _t * (V _{AS} としてIV _{AS} の許容限界を用いる。)	1.5・f _s *
V _{AS}		

注記*1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

*2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	S _{y i} (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト (i =2)	SS400 (16mm<径≤40mm)	周囲環境温度	66	225	385	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

残留熱除去系ポンプ出口圧力の電氣的機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

計装ラックに設置される検出器の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
残留熱除去系ポンプ出口圧力 (E11-PT005A)	水平	
	鉛直	

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

残留熱除去系ポンプ出口圧力の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【残留熱除去系ポンプ出口圧力 (H22-P018A (E11-PT005A)) の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境 温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
残留熱除去系ポンプ 出口圧力 (E11-PT005A)	常設/防止 (DB 拡張)	原子炉建屋 O.P. -0.80 (O.P. 6.00*)			—	—	C _H =1.57	C _V =1.09	66

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部 材	m _i (kg)	h _i (mm)	ℓ _{1i} (mm)	ℓ _{2i} (mm)	ℓ _{3i} (mm)	d _i (mm)	A _{bi} (mm ²)	n _i	n _{fVi}	n _{fHi}
取付ボルト (i=2)		500						16	4	4

部 材	S _{yi} (MPa)	S _{ui} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	225	385	—	270	—	鉛直方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s
取付ボルト ($i=2$)	—		—	

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト ($i=2$)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=17$	$f_{ts2}=202^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=155$

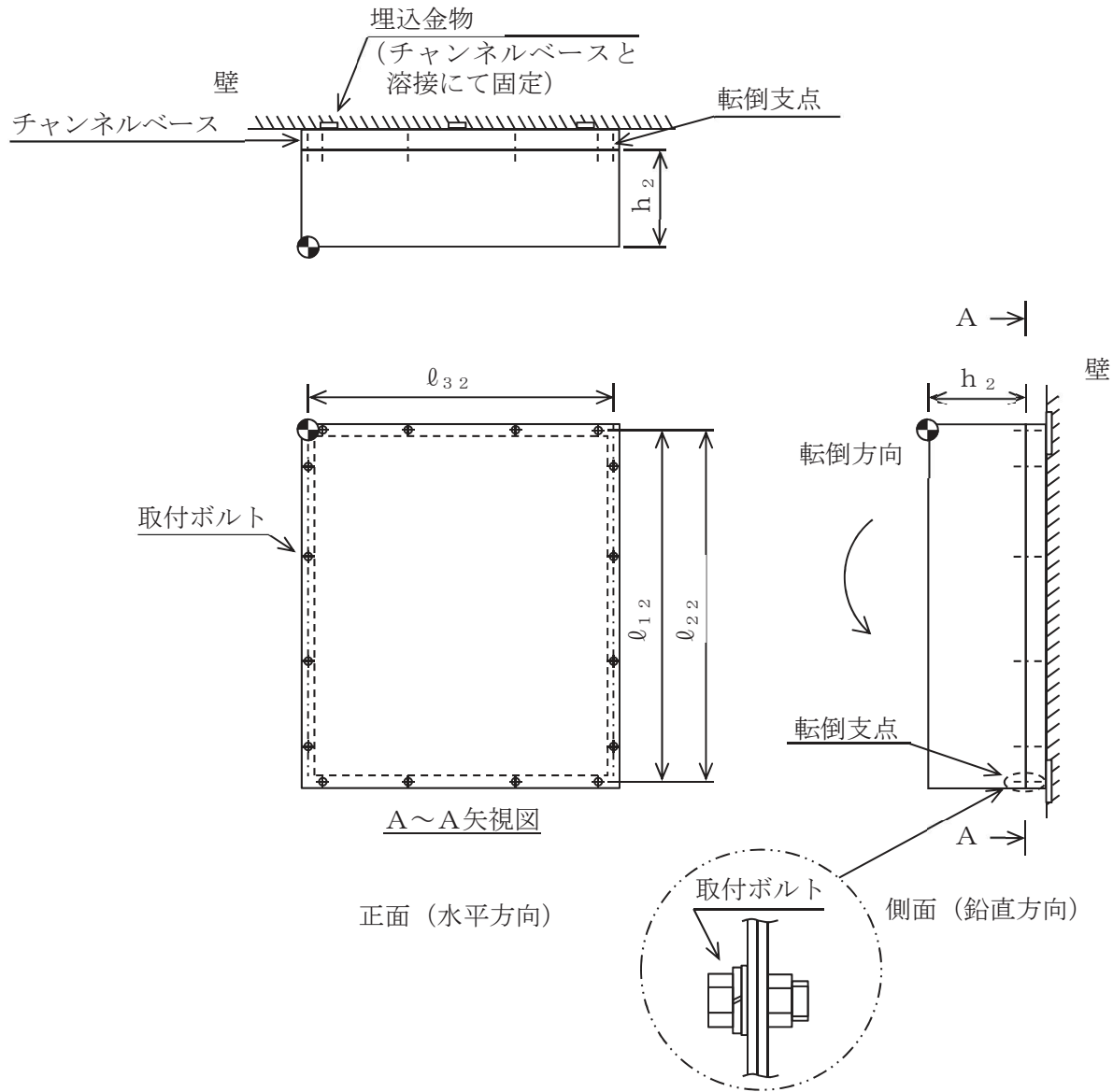
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$ より算出。
 すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
残留熱除去系ポンプ 出口圧力 (E11-PT005A)	水平方向	1.31	
	鉛直方向	0.91	

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。
 機能維持評価用加速度 (1.0ZPA) は、すべて機能確認済加速度以下である。



VI-2-6-5-2-1-8 低圧炉心スプレイ系ポンプ出口圧力の耐震性についての
計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
4. 構造強度評価	3
4.1 構造強度評価方法	3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	3
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	3
4.2.2 許容応力	3
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	3
5. 機能維持評価	6
5.1 電氣的機能維持評価方法	6
6. 評価結果	7
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	7

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、低圧炉心スプレイ系ポンプ出口圧力が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

低圧炉心スプレイ系ポンプ出口圧力は、設計基準対象施設においてはCクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、低圧炉心スプレイ系ポンプ出口圧力が設置される計装ラックは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の壁掛形計装ラックであるため、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

低圧炉心スプレイ系ポンプ出口圧力の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより取付板に固定され、取付板は取付板取付ボルトにより計装ラックに固定される。</p> <p>計装ラックは、チャンネルベースに取付ボルトで設置する。</p>	<p>弾性圧力検出器</p>	<p>【低圧炉心スプレイ系ポンプ出口圧力】</p> <p>(単位：mm)</p>

3. 固有周期

低圧炉心スプレイ系ポンプ出口圧力が設置される計装ラックの固有周期は、構造が同等であり、同様な振動特性を持つ計装ラックに対する振動試験（打振試験）の結果確認された固有周期を使用する。固有周期の確認結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期 (単位：s)

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

低圧炉心スプレイ系ポンプ出口圧力の構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

低圧炉心スプレイ系ポンプ出口圧力の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

低圧炉心スプレイ系ポンプ出口圧力の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

低圧炉心スプレイ系ポンプ出口圧力の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-3 に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	低圧炉心スプレイ系ポンプ 出口圧力	常設／防止 (DB 拡張)	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IV_{AS}
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V_{AS} (V_{AS} として IV_{AS} の許容限界 を用いる。)

注記*1：「常設／防止（DB 拡張）」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

*3：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため、評価結果の記載を省略する。

表 4-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
IV _A S	1.5・f _t * (V _A SとしてIV _A Sの許容限界を用いる。)	1.5・f _s *
V _A S		

注記*1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

*2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	S _{y i} (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト (i =2)	SS400 (16mm<径≤40mm)	周囲環境温度	66	225	385	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

低圧炉心スプレイ系ポンプ出口圧力の電氣的機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

計装ラックに設置される検出器の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
低圧炉心スプレイ系ポンプ出口圧力 (E21-PT005)	水平	
	鉛直	

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

低圧炉心スプレイ系ポンプ出口圧力の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【低圧炉心スプレイ系ポンプ出口圧力 (E21-PT005) の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境 温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
低圧炉心スプレイ系 ポンプ出口圧力 (E21-PT005)	常設/防止 (DB 拡張)	原子炉建屋 O.P. -0.80 (O.P. 6.00*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =1.57	C _V =1.09	66

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部 材	m _i (kg)	h _i (mm)	ℓ _{1i} (mm)	ℓ _{2i} (mm)	ℓ _{3i} (mm)	d _i (mm)	A _{bi} (mm ²)	n _i	n _{fVi}	n _{fHi}	
取付ボルト (i=2)		500							14	3	4

部 材	S _{yi} (MPa)	S _{ui} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用 地震動 S _d 又 は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	225	385	—	270	—	鉛直方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s
取付ボルト ($i=2$)	—		—	

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト ($i=2$)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=17$	$f_{ts2}=202^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=155$

注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$ より算出。

すべて許容応力以下である。

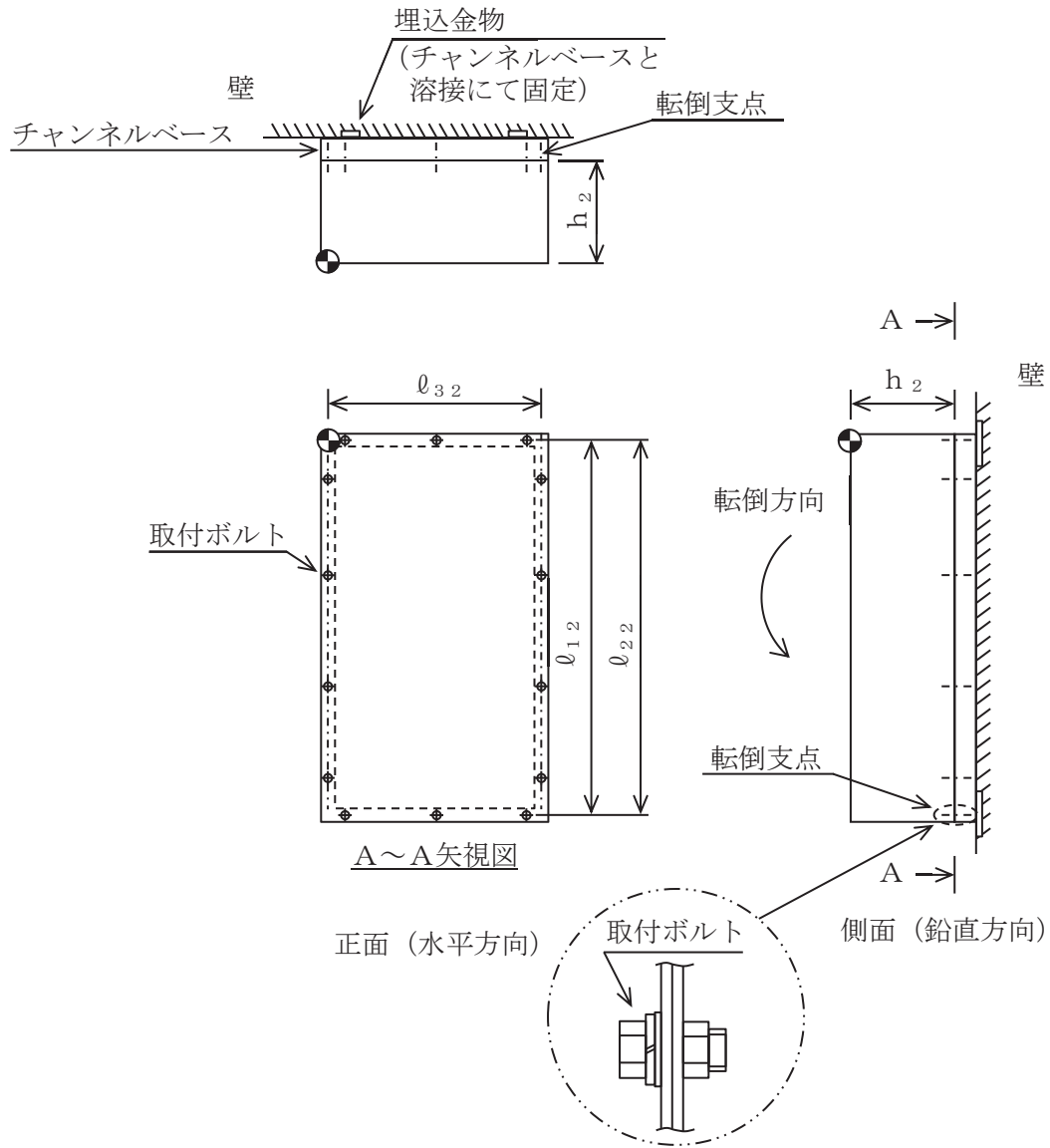
1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
低圧炉心スプレイ系 ポンプ出口圧力 (E21-PT005)	水平方向	1.31	
	鉛直方向	0.91	

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 (1.0ZPA) は、すべて機能確認済加速度以下である。



VI-2-6-5-2-1-9 復水移送ポンプ出口圧力の耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
4. 構造強度評価	3
4.1 構造強度評価方法	3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	3
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	3
4.2.2 許容応力	3
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	3
5. 機能維持評価	6
5.1 電氣的機能維持評価方法	6
6. 評価結果	7
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	7

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、復水移送ポンプ出口圧力が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

復水移送ポンプ出口圧力は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、復水移送ポンプ出口圧力が設置される計器スタンションは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の壁掛形計器スタンションであるため、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

復水移送ポンプ出口圧力の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより取付板に固定され、取付板は、取付板取付ボルトにより計器スターションに固定される。</p> <p>計器スターションは、基礎に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>弾性圧力検出器</p>	<p>【復水移送ポンプ出口圧力】</p> <p>上面</p> <p>250</p> <p>計器スターション</p> <p>850</p> <p>正面</p> <p>410.5</p> <p>検出器</p> <p>計器取付ボルト</p> <p>取付板</p> <p>基礎ボルト (メタルアンカ)</p> <p>取付板取付ボルト</p> <p>基礎 (壁面)</p> <p>側面</p> <p>(単位: mm)</p>

3. 固有周期

復水移送ポンプ出口圧力が設置される計器スタンションの固有周期は、構造が同等であり、同様な振動特性を持つ計器スタンションに対する振動試験（打振試験）の結果確認された固有周期を使用する。固有周期の確認結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期 (単位：s)

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

復水移送ポンプ出口圧力の構造強度評価は添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

復水移送ポンプ出口圧力の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

復水移送ポンプ出口圧力の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

復水移送ポンプ出口圧力の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-3 に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	復水移送ポンプ出口圧力	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IV_{AS}
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V_{AS} (V_{AS} として IV_{AS} の許容限界 を用いる。)

注記*1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

*3：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
IV _{AS}	1.5・f _t * (V _{AS} としてIV _{AS} の許容限界を用いる。)	1.5・f _s *
V _{AS}		

注記*1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

*2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	66	206	385	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

復水移送ポンプ出口圧力の電氣的機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

計器スタンションに設置される検出器の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
復水移送ポンプ出口圧力 (P13-PT011)	水平	
	鉛直	

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

復水移送ポンプ出口圧力の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【復水移送ポンプ出口圧力 (P13-PT011) の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備
1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境 温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
復水移送ポンプ出口 圧力 (P13-PT011)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋 O.P. -0.80 (O.P. 6.00*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =1.57	C _V =1.09	66

注記* : 基準床レベルを示す。

- 1.2 機器要目

部 材	m (kg)	h ₂ (mm)	ℓ ₃ (mm)	ℓ _a (mm)	ℓ _b (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	n _{fV}	n _{fH}	
基礎ボルト		410.5							4	2	2

部 材	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用 地震動 S _d 又 は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	206	385	—	247	—	水平方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F _b		Q _b	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	—		—	

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	—	—	σ _b =6	f _{t s} =185*
		せん断	—	—	τ _b =2	f _{s b} =142

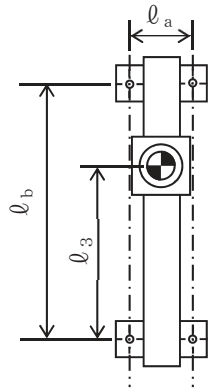
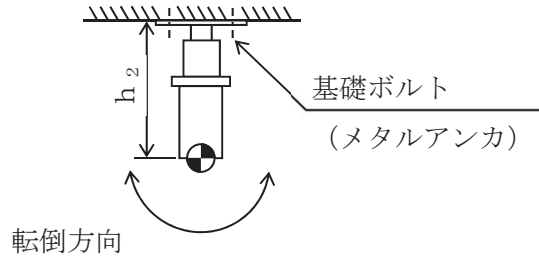
注記*：f_{t s}=Min[1.4・f_{t o}-1.6・τ_b, f_{t o}]より算出。
すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

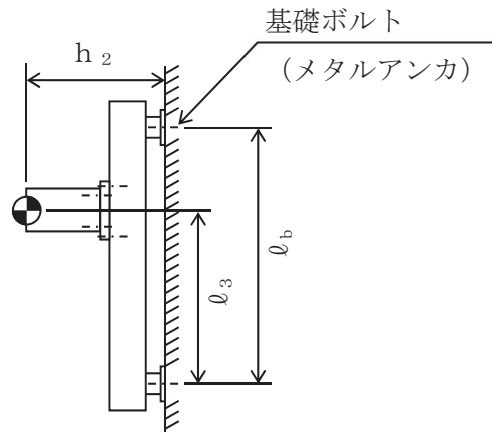
(×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
復水移送ポンプ出口 圧力 (P13-PT011)	水平方向	1.31	
	鉛直方向	0.91	

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。
機能維持評価用加速度 (1.0ZPA) は、すべて機能確認済加速度以下である。



正面 (水平方向)



側面 (鉛直方向)

VI-2-6-5-2-2 一次冷却材温度計測装置の耐震性についての計算書

目 次

VI-2-6-5-2-2-1 残留熱除去系熱交換器入口温度の耐震性についての計算書

VI-2-6-5-2-2-2 残留熱除去系熱交換器出口温度の耐震性についての計算書

VI-2-6-5-2-2-1 残留熱除去系熱交換器入口温度の耐震性についての
計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格・基準等	3
3. 評価部位	3
4. 機能維持評価	4
4.1 機能維持評価用加速度	4
4.2 機能確認済加速度	5
5. 評価結果	6
5.1 重大事故等対処設備としての評価結果	6

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している機能維持の設計方針に基づき、残留熱除去系熱交換器入口温度が設計用地震力に対して十分な電氣的機能を有していることを説明するものである。

残留熱除去系熱交換器入口温度は、設計基準対象施設においてはCクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備（設計基準拡張）及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての電氣的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

残留熱除去系熱交換器入口温度の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、残留熱除去系管に溶接された保護管に固定する。</p>	<p>熱電対</p>	<p>【残留熱除去系熱交換器入口温度】</p> <p style="text-align: right;">(単位：mm)</p>

2.2 評価方針

残留熱除去系熱交換器入口温度の機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを、「4. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5. 評価結果」に示す。

残留熱除去系熱交換器入口温度の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

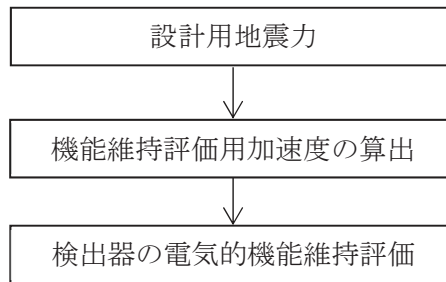


図 2-1 残留熱除去系熱交換器入口温度の耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 ((社) 日本電気協会)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補-1984 ((社) 日本電気協会)
- (3) 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版 ((社) 日本電気協会)

3. 評価部位

残留熱除去系熱交換器入口温度は、残留熱除去系管に直接取り付けられた保護管に挿入され固定されることから、残留熱除去系管が支持している。残留熱除去系管の構造強度評価は、添付書類「VI-2-5-4-1-4 管の耐震性についての計算書(残留熱除去系)」にて実施しているため、本計算書では、残留熱除去系管の地震応答解析結果を用いた残留熱除去系熱交換器入口温度の電氣的機能維持評価について示す。

4. 機能維持評価

残留熱除去系熱交換器入口温度の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

4.1 機能維持評価用加速度

残留熱除去系熱交換器入口温度は残留熱除去系管に直接取り付けられた保護管に挿入され固定されることから、機能維持評価用加速度は、添付書類「VI-2-5-4-1-4 管の耐震性についての計算書(残留熱除去系)」に示す重大事故等対処設備の地震応答解析で評価した残留熱除去系熱交換器入口温度取付部に相当する質点に生じる応答加速度又は添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき、基準地震動 S_s により定まる基準床レベルの応答加速度のいずれか大きい値とする。機能維持評価用加速度を表 4-1 及び表 4-2 に示す。

表 4-1 機能維持評価用加速度 (質点に生じる応答加速度) ($\times 9.8m/s^2$)

機器名称	対象機器設置箇所 (m)	方向	基準地震動 S_s
			機能維持評価用加速度
残留熱除去系熱交換器 入口温度 (E11-TE010A)	残留熱除去系管 (RHR-008) O. P. 17. 27	水平	6. 73
		鉛直	3. 34
残留熱除去系熱交換器 入口温度 (E11-TE010B)	残留熱除去系管 (RHR-013) O. P. 17. 27	水平	6. 54
		鉛直	4. 42

表 4-2 機能維持評価用加速度 (基準床レベルの応答加速度) ($\times 9.8m/s^2$)

機器名称	対象機器設置箇所 (m)	方向	基準地震動 S_s
			機能維持評価用加速度
残留熱除去系熱交換器 入口温度 (E11-TE010A) (E11-TE010B)	原子炉建屋 O. P. 15. 00 (O. P. 22. 50*)	水平	1. 77
		鉛直	1. 30

注記* : 基準床レベルを示す。

4.2 機能確認済加速度

残留熱除去系熱交換器入口温度の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、当該検出器と類似の検出器単体の正弦波加振試験において電氣的機能の健全性を確認した加速度を適用する。機能確認済加速度を表 4-3 に示す。

表 4-3 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
残留熱除去系熱交換器入口温度 (E11-TE010A) (E11-TE010B)	水平	
	鉛直	

5. 評価結果

5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

残留熱除去系熱交換器入口温度の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。機能維持評価用加速度は機能確認済加速度以下であり，設計用地震力に対して電氣的機能が維持されていることを確認した。

(1) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【残留熱除去系熱交換器入口温度（E11-TE010A, B）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 電氣的機能維持の評価結果

(×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度	機能確認済加速度
残留熱除去系熱交換器入口温度 (E11-TE010A)	水平方向	6.73	
	鉛直方向	3.34	
残留熱除去系熱交換器入口温度 (E11-TE010B)	水平方向	6.54	
	鉛直方向	4.42	

機能維持評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

VI-2-6-5-2-2-2 残留熱除去系熱交換器出口温度の耐震性についての
計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格・基準等	3
3. 評価部位	3
4. 機能維持評価	4
4.1 機能維持評価用加速度	4
4.2 機能確認済加速度	5
5. 評価結果	6
5.1 重大事故等対処設備としての評価結果	6

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している機能維持の設計方針に基づき、残留熱除去系熱交換器出口温度が設計用地震力に対して十分な電氣的機能を有していることを説明するものである。

残留熱除去系熱交換器出口温度は、設計基準対象施設においてはCクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての電氣的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

残留熱除去系熱交換器出口温度の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、残留熱除去系管に溶接された保護管に固定する。</p>	<p>熱電対</p>	<p>【残留熱除去系熱交換器出口温度】</p> <p>(単位：mm)</p>

2.2 評価方針

残留熱除去系熱交換器出口温度の機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを、「4. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5. 評価結果」に示す。

残留熱除去系熱交換器出口温度の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

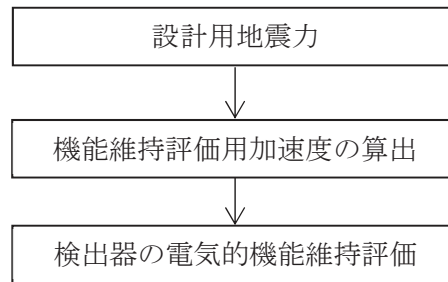


図 2-1 残留熱除去系熱交換器出口温度の耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 ((社) 日本電気協会)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補-1984 ((社) 日本電気協会)
- (3) 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版 ((社) 日本電気協会)

3. 評価部位

残留熱除去系熱交換器出口温度は、残留熱除去系管に直接取り付けられた保護管に挿入され固定されることから、残留熱除去系管が支持している。残留熱除去系管の構造強度評価は、添付書類「VI-2-5-4-1-4 管の耐震性についての計算書(残留熱除去系)」にて実施しているため、本計算書では、残留熱除去系管の地震応答解析結果を用いた残留熱除去系熱交換器出口温度の電氣的機能維持評価について示す。

4. 機能維持評価

残留熱除去系熱交換器出口温度の電氣的機能維持評価について、以下に示す。

4.1 機能維持評価用加速度

残留熱除去系熱交換器出口温度は残留熱除去系管に直接取り付けられた保護管に挿入され固定されることから、機能維持評価用加速度は、添付書類「VI-2-5-4-1-4 管の耐震性についての計算書(残留熱除去系)」に示す重大事故等対処設備の地震応答解析で評価した残留熱除去系熱交換器出口温度取付部に相当する質点に生じる応答加速度又は添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき、基準地震動 S_s により定まる基準床レベルの応答加速度のいずれか大きい値とする。機能維持評価用加速度を表 4-1 及び表 4-2 に示す。

表 4-1 機能維持評価用加速度 (質点に生じる応答加速度) ($\times 9.8\text{m/s}^2$)

機器名称	対象機器設置箇所 (m)	方向	基準地震動 S_s
			機能維持評価用加速度
残留熱除去系熱交換器 出口温度 (E11-TE007A)	残留熱除去系管 (RHR-008) O. P. 15. 73	水平	6. 41
		鉛直	3. 35
残留熱除去系熱交換器 出口温度 (E11-TE007B)	残留熱除去系管 (RHR-013) O. P. 15. 73	水平	6. 30
		鉛直	5. 50

表 4-2 機能維持評価用加速度 (基準床レベルの応答加速度) ($\times 9.8\text{m/s}^2$)

機器名称	対象機器設置箇所 (m)	方向	基準地震動 S_s
			機能維持評価用加速度
残留熱除去系熱交換器 出口温度 (E11-TE007A) (E11-TE007B)	原子炉建屋 O. P. 15. 00 (O. P. 22. 50*)	水平	1. 77
		鉛直	1. 30

注記* : 基準床レベルを示す。

4.2 機能確認済加速度

残留熱除去系熱交換器出口温度の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、当該検出器と類似の検出器単体の正弦波加振試験において電氣的機能の健全性を確認した加速度を適用する。機能確認済加速度を表 4-3 に示す。

表 4-3 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
残留熱除去系熱交換器出口温度 (E11-TE007A) (E11-TE007B)	水平	
	鉛直	

5. 評価結果

5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

残留熱除去系熱交換器出口温度の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。機能維持評価用加速度は機能確認済加速度以下であり，設計用地震力に対して電氣的機能が維持されていることを確認した。

(1) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【残留熱除去系熱交換器出口温度（E11-TE007A, B）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 電氣的機能維持の評価結果

(×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度	機能確認済加速度
残留熱除去系熱交換器出口温度 (E11-TE007A)	水平方向	6.41	
	鉛直方向	3.35	
残留熱除去系熱交換器出口温度 (E11-TE007B)	水平方向	6.30	
	鉛直方向	5.50	

機能維持評価用加速度（1.0ZPA）はすべて機能確認済加速度以下である。

VI-2-6-5-2-3 一次冷却材流量計測装置の耐震性についての計算書

目 次

- VI-2-6-5-2-3-1 原子炉冷却材浄化系入口流量の耐震性についての計算書
- VI-2-6-5-2-3-2 高圧代替注水系ポンプ出口流量の耐震性についての計算書
- VI-2-6-5-2-3-3 残留熱除去系洗浄ライン流量（残留熱除去系ヘッドスプレイライン洗浄流量）の耐震性についての計算書
- VI-2-6-5-2-3-4 残留熱除去系洗浄ライン流量（残留熱除去系 B 系格納容器冷却ライン洗浄流量）の耐震性についての計算書
- VI-2-6-5-2-3-5 直流駆動低圧注水系ポンプ出口流量の耐震性についての計算書
- VI-2-6-5-2-3-6 代替循環冷却ポンプ出口流量の耐震性についての計算書
- VI-2-6-5-2-3-7 原子炉隔離時冷却系ポンプ出口流量の耐震性についての計算書
- VI-2-6-5-2-3-8 高圧炉心スプレイ系ポンプ出口流量の耐震性についての計算書
- VI-2-6-5-2-3-9 残留熱除去系ポンプ出口流量の耐震性についての計算書
- VI-2-6-5-2-3-10 低圧炉心スプレイ系ポンプ出口流量の耐震性についての計算書

VI-2-6-5-2-3-1 原子炉冷却材浄化系入口流量の耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
4. 構造強度評価	3
4.1 構造強度評価方法	3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	3
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	3
4.2.2 許容応力	3
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	3
5. 機能維持評価	6
5.1 電気的機能維持評価方法	6
6. 評価結果	7
6.1 設計基準対象施設としての評価結果	7

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、原子炉冷却材浄化系入口流量が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

原子炉冷却材浄化系入口流量は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に分類される。以下、設計基準対象施設としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、原子炉冷却材浄化系入口流量が設置される計装ラックは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の壁掛形計装ラックであるため、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

原子炉冷却材浄化系入口流量の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより取付板に固定され、取付板は、取付板取付ボルトにより計装ラックに固定される。</p> <p>計装ラックは、チャンネルベースに取付ボルトで設置する。</p>	<p>差圧式流量検出器</p>	<p>【原子炉冷却材浄化系入口流量】</p> <p>上面</p> <p>側面</p> <p>埋込金物 (チャンネルベースと溶接にて固定)</p> <p>チャンネルベース</p> <p>壁</p> <p>取付ボルト</p> <p>計装ラック</p> <p>1500</p> <p>500</p> <p>1700</p> <p>壁</p> <p>取付板</p> <p>取付ボルト</p> <p>計器取付ボルト</p> <p>取付板</p> <p>検出器</p> <p>(単位：mm)</p>

3. 固有周期

原子炉冷却材浄化系入口流量が設置される計装ラックの固有周期は、構造が同等であり、同様な振動特性を持つ計装ラックに対する振動試験（打振試験）の結果確認された固有周期を使用する。固有周期の確認結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期 (単位：s)

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

原子炉冷却材浄化系入口流量の構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉冷却材浄化系入口流量の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

原子炉冷却材浄化系入口流量の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

原子炉冷却材浄化系入口流量の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-3 に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	原子炉冷却材浄化系入口流量	S	—*1	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _{AS}
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _{AS}

注記*1：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

表 4-2 許容応力（その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
Ⅲ _A S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
Ⅳ _A S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

注記*1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

*2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	S _{y i} (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト (i = 2)	SS400 (16mm < 径 ≤ 40mm)	周囲環境温度	40	235	400	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

原子炉冷却材浄化系入口流量の電氣的機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

計装ラックに設置される検出器の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
原子炉冷却材浄化系入口流量 (G31-FT001A)	水平	
	鉛直	

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

原子炉冷却材浄化系入口流量の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【原子炉冷却材浄化系入口流量（G31-FT001A）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境 温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉冷却材浄化系 入口流量 (G31-FT001A)	S	原子炉建屋 0. P. 6. 00 (0. P. 15. 00*)	0. 05 以下	0. 05 以下	C _H =0. 96	C _V =0. 80	C _H =1. 97	C _V =1. 37	40

注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部 材	m _i (kg)	h _i (mm)	ℓ _{1i} (mm)	ℓ _{2i} (mm)	ℓ _{3i} (mm)	d _i (mm)	A _{bi} (mm ²)	n _i	n _{fvi}	n _{fhi}	
取付ボルト (i=2)		500							16	4	4

部 材	S _{yi} (MPa)	S _{ui} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用 地震動 S _d 又 は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	235	400	235	280	鉛直方向	鉛直方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	$\sigma_{b2}=12$	$f_{ts2}=176^*$	$\sigma_{b2}=21$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=135$	$\tau_{b2}=6$	$f_{sb2}=161$

注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$ より算出。

すべて許容応力以下である。

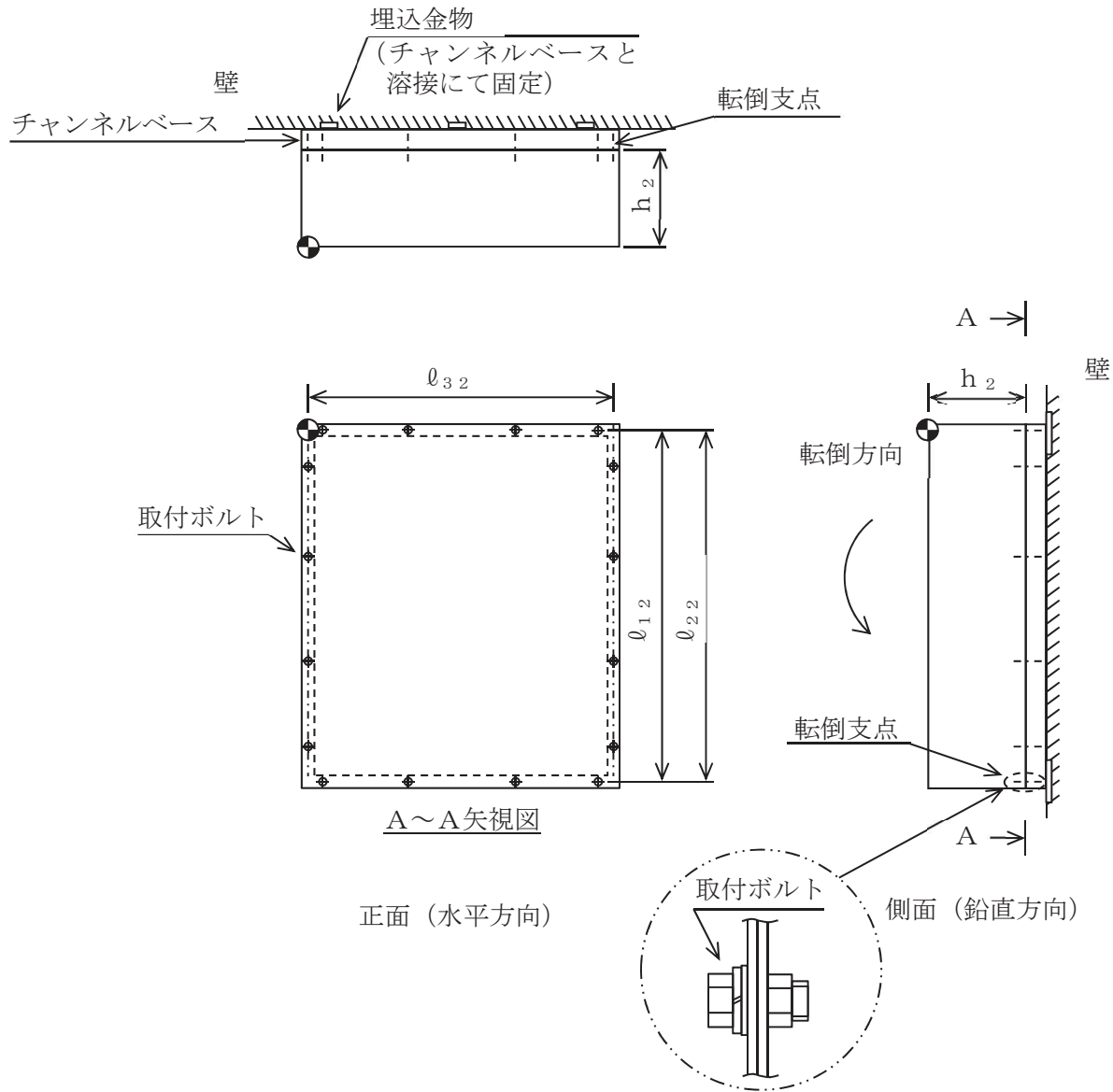
1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉冷却材浄化系 入口流量 (G31-FT001A)	水平方向	1.65	
	鉛直方向	1.15	

注記*：基準地震動 S_sにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 (1.0ZPA) は、すべて機能確認済加速度以下である。



VI-2-6-5-2-3-2 高圧代替注水系ポンプ出口流量の耐震性についての
計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
3.1 固有周期の算出方法	3
4. 構造強度評価	3
4.1 構造強度評価方法	3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	3
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	3
4.2.2 許容応力	3
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	3
5. 機能維持評価	6
5.1 電氣的機能維持評価方法	6
6. 評価結果	7
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	7

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、高圧代替注水系ポンプ出口流量が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

高圧代替注水系ポンプ出口流量は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

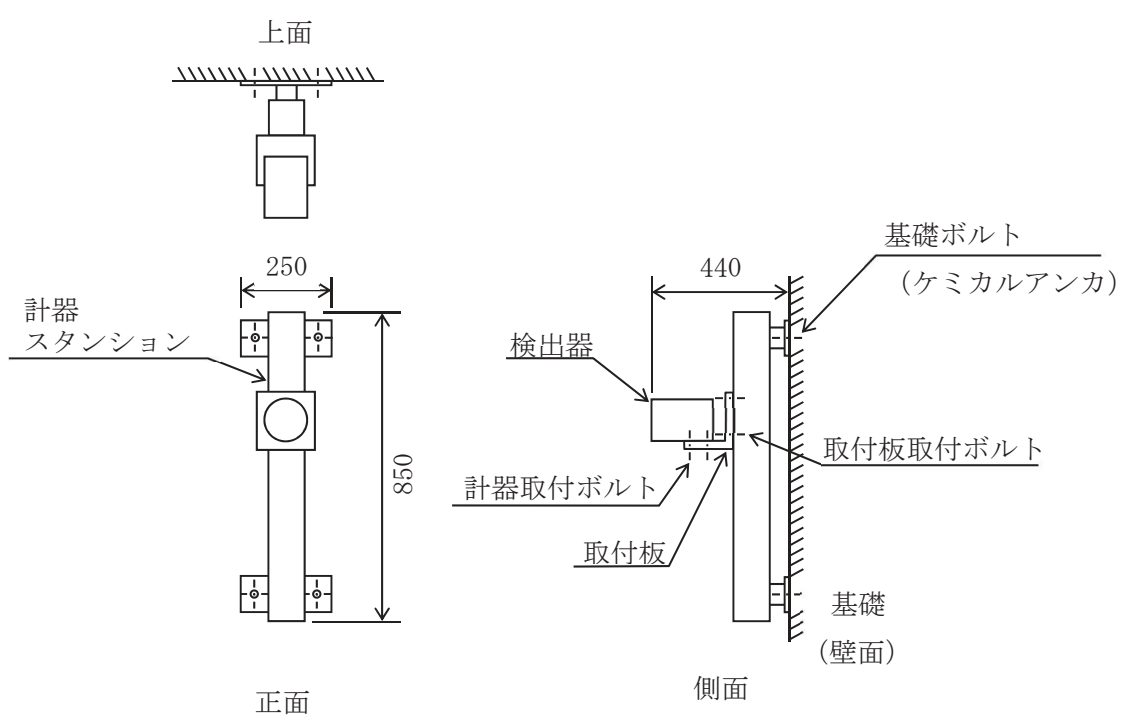
なお、高圧代替注水系ポンプ出口流量が設置される計器スタンションは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の壁掛形計器スタンションであるため、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

高圧代替注水系ポンプ出口流量の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより取付板に固定され、取付板は、取付板取付ボルトにより計器スターションに固定される。</p> <p>計器スターションは、基礎に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>差圧式流量検出器</p>	<p>【高圧代替注水系ポンプ出口流量】</p>  <p>(単位：mm)</p>

3. 固有周期

3.1 固有周期の算出方法

高圧代替注水系ポンプ出口流量が設置される計器スタンションの固有周期は、プラスチックハンマ等により当該装置に振動を与え自由減衰振動を固有振動数測定装置（圧電式加速度ピックアップ、振動計、分析器）により記録解析する。試験の結果、剛であることを確認した。固有周期の確認結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期 (単位：s)

水平方向	鉛直方向

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

高圧代替注水系ポンプ出口流量の構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

高圧代替注水系ポンプ出口流量の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

高圧代替注水系ポンプ出口流量の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

高圧代替注水系ポンプ出口流量の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-3 に示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	高圧代替注水系ポンプ 出口流量	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IV_{AS}
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V_{AS} (V_{AS} として IV_{AS} の許容限界 を用いる。)

注記*1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

*3：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
IV _{AS}	1.5・f _t * (V _{AS} としてIV _{AS} の許容限界を用いる。)	1.5・f _s *
V _{AS}		

注記*1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

*2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS400 (径 ≤ 16mm)	周囲環境温度	66	234	385	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

高圧代替注水系ポンプ出口流量の電氣的機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

計器スタンションに設置される検出器の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
高圧代替注水系ポンプ出口流量 (E61-FT004)	水平	
	鉛直	

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

高圧代替注水系ポンプ出口流量の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【高圧代替注水系ポンプ出口流量（E61-FT004）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境 温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
高圧代替注水系ポンプ 出口流量 (E61-FT004)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋 O.P. -0.80 (O.P. 6.00*)			—	—	C _H =1.57	C _V =1.09	66

注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部 材	m (kg)	h ₂ (mm)	ℓ ₃ (mm)	ℓ _a (mm)	ℓ _b (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	n _{fV}	n _{fH}
基礎ボルト		440						4	2	2

部 材	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	234	385	—	270	—	水平方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F _b		Q _b	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	—		—	

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	—	—	$\sigma_b = 9$	$f_{ts} = 202^*$
		せん断	—	—	$\tau_b = 3$	$f_{sb} = 155$

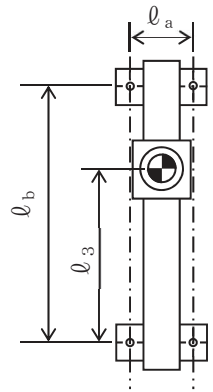
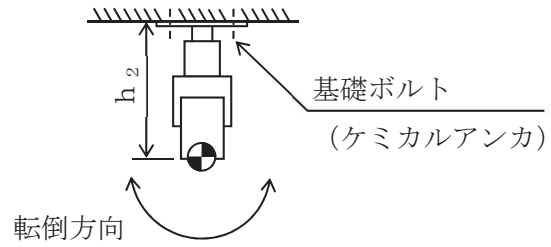
注記*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$ より算出。
 すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

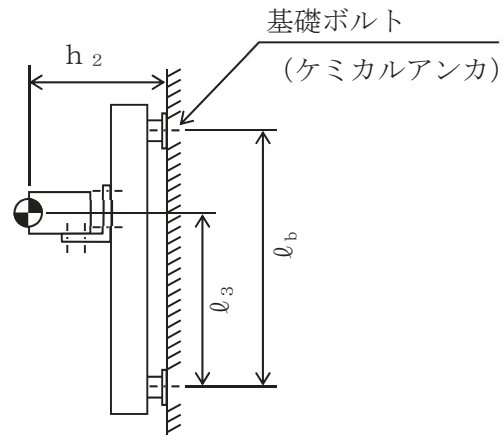
($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
高压代替注水系 ポンプ出口流量 (E61-FT004)	水平方向	1.31	
	鉛直方向	0.91	

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。
 機能維持評価用加速度 (1.0ZPA) は、すべて機能確認済加速度以下である。



正面 (水平方向)



側面 (鉛直方向)

VI-2-6-5-2-3-3 残留熱除去系洗浄ライン流量（残留熱除去系ヘッドスプレイライン洗浄流量）の耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
4. 構造強度評価	3
4.1 構造強度評価方法	3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	3
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	3
4.2.2 許容応力	3
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	3
5. 機能維持評価	6
5.1 電氣的機能維持評価方法	6
6. 評価結果	7
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	7

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、残留熱除去系洗浄ライン流量（残留熱除去系ヘッドスプレイライン洗浄流量）が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

残留熱除去系洗浄ライン流量（残留熱除去系ヘッドスプレイライン洗浄流量）は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、残留熱除去系洗浄ライン流量（残留熱除去系ヘッドスプレイライン洗浄流量）が設置される計器スタンションは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の壁掛形計器スタンションであるため、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

残留熱除去系洗浄ライン流量（残留熱除去系ヘッドスプレイライン洗浄流量）の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより取付板に固定され、取付板は、取付板取付ボルトにより計器スターションに固定される。</p> <p>計器スターションは、基礎に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>差圧式流量検出器</p>	<p>【残留熱除去系洗浄ライン流量（残留熱除去系ヘッドスプレイライン洗浄流量）】</p> <p>(単位：mm)</p>

3. 固有周期

残留熱除去系洗浄ライン流量（残留熱除去系ヘッドスプレイライン洗浄流量）が設置される計器スタンションの固有周期は、構造が同等であり、同様な振動特性を持つ計器スタンションに対する振動試験（打振試験）の結果確認された固有周期を使用する。固有周期の確認結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期 (単位：s)

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

残留熱除去系洗浄ライン流量（残留熱除去系ヘッドスプレイライン洗浄流量）の構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

残留熱除去系洗浄ライン流量（残留熱除去系ヘッドスプレイライン洗浄流量）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

残留熱除去系洗浄ライン流量（残留熱除去系ヘッドスプレイライン洗浄流量）の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

残留熱除去系洗浄ライン流量（残留熱除去系ヘッドスプレイライン洗浄流量）の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-3 に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	残留熱除去系洗浄ライン流量 (残留熱除去系ヘッドスプレ イライン洗浄流量)	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IV_{AS}
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V_{AS} (V_{AS} として IV_{AS} の許容限界 を用いる。)

注記*1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

*3：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
IV _{AS}	1.5・f _t * (V _{AS} としてIV _{AS} の許容限界を用いる。)	1.5・f _s *
V _{AS}		

注記*1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

*2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	66	206	385	—

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

残留熱除去系洗浄ライン流量（残留熱除去系ヘッドスプレイライン洗浄流量）の電気的機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

計器スタンションに設置される検出器の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
残留熱除去系洗浄ライン流量（残留熱除去系 ヘッドスプレイライン洗浄流量） (E11-FT017A)	水平	
	鉛直	

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

残留熱除去系洗浄ライン流量（残留熱除去系ヘッドスプレイライン洗浄流量）の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【残留熱除去系洗浄ライン流量（残留熱除去系ヘッドスプレイライン洗浄流量）（E11-FT017A）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境 温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
残留熱除去系洗浄ライン流量（残留熱除去系ヘッドスプレイライン洗浄流量） (E11-FT017A)	常設耐震／防止 常設／緩和	原子炉建屋 O.P. 6.00 (O.P. 15.00*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =1.97	C _V =1.37	66

注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

8

部 材	m (kg)	h ₂ (mm)	ℓ ₃ (mm)	ℓ _a (mm)	ℓ _b (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	n _{fV}	n _{fH}	
基礎ボルト		414							4	2	2

部 材	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	206	385	—	247	—	水平方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F _b		Q _b	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	—		—	

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	—	—	σ _b = 10	f _{t s} = 185*
		せん断	—	—	τ _b = 3	f _{s b} = 142

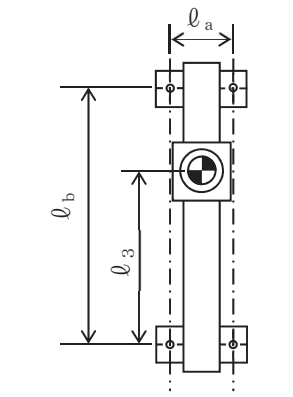
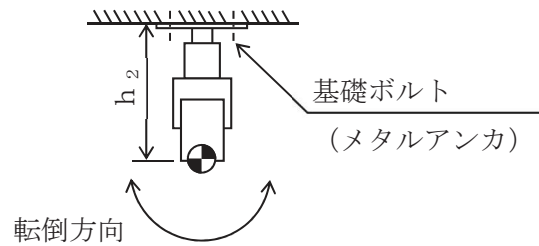
注記*：f_{t s} = Min[1.4・f_{t o} - 1.6・τ_b, f_{t o}]より算出。
すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

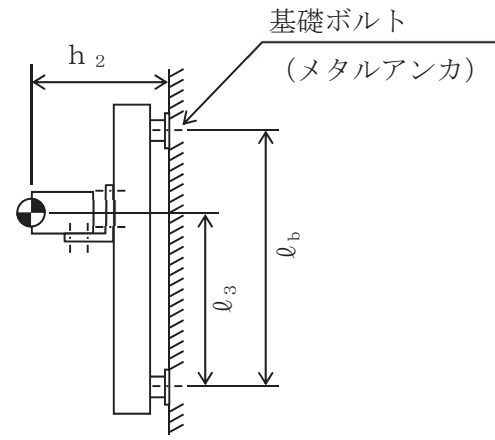
(×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
残留熱除去系洗浄ライン流量 (残留熱除去系ヘッドスプレイライン洗浄流量) (E11-FT017A)	水平方向	1.65	
	鉛直方向	1.15	

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。
機能維持評価用加速度 (1.0ZPA) は、すべて機能確認済加速度以下である。



正面 (水平方向)



側面 (鉛直方向)

VI-2-6-5-2-3-4 残留熱除去系洗浄ライン流量（残留熱除去系 B 系格納容器冷却ライン洗浄流量）の耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
4. 構造強度評価	3
4.1 構造強度評価方法	3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	3
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	3
4.2.2 許容応力	3
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	3
5. 機能維持評価	6
5.1 電氣的機能維持評価方法	6
6. 評価結果	7
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	7

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、残留熱除去系洗浄ライン流量（残留熱除去系 B 系格納容器冷却ライン洗浄流量）が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

残留熱除去系洗浄ライン流量（残留熱除去系 B 系格納容器冷却ライン洗浄流量）は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

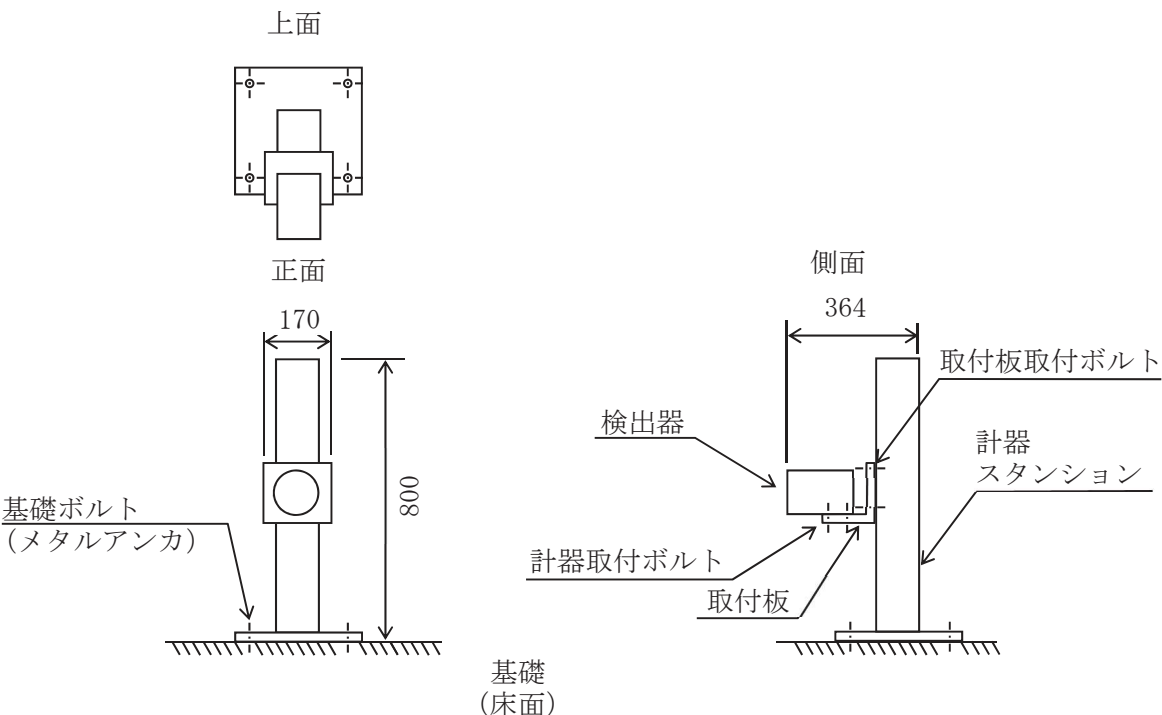
なお、残留熱除去系洗浄ライン流量（残留熱除去系 B 系格納容器冷却ライン洗浄流量）が設置される計器スタンションは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形計器スタンションであるため、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

残留熱除去系洗浄ライン流量（残留熱除去系 B 系格納容器冷却ライン洗浄流量）の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより取付板に固定され、取付板は、取付板取付ボルトにより計器スターションに固定される。</p> <p>計器スターションは、基礎に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>差圧式流量検出器</p>	<p>【残留熱除去系洗浄ライン流量（残留熱除去系 B 系格納容器冷却ライン洗浄流量）】</p>  <p>(単位：mm)</p>

3. 固有周期

残留熱除去系洗浄ライン流量（残留熱除去系 B 系格納容器冷却ライン洗浄流量）が設置される計器スタンションの固有周期は、構造が同等であり、同様な振動特性を持つ計器スタンションに対する振動試験（打振試験）の結果確認された固有周期を使用する。固有周期の確認結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期 (単位：s)

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

残留熱除去系洗浄ライン流量（残留熱除去系 B 系格納容器冷却ライン洗浄流量）の構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

残留熱除去系洗浄ライン流量（残留熱除去系 B 系格納容器冷却ライン洗浄流量）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

残留熱除去系洗浄ライン流量（残留熱除去系 B 系格納容器冷却ライン洗浄流量）の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

残留熱除去系洗浄ライン流量（残留熱除去系 B 系格納容器冷却ライン洗浄流量）の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-3 に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	残留熱除去系洗浄ライン流量 (残留熱除去系 B 系格納容器 冷却ライン洗浄流量)	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IV_{AS}
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V_{AS} (V_{AS} として IV_{AS} の許容限界 を用いる。)

注記*1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

*3：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
IV _{AS}	1.5・f _t * (V _{AS} としてIV _{AS} の許容限界を用いる。)	1.5・f _s *
V _{AS}		

注記*1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

*2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
		基礎ボルト	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	66	206

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

残留熱除去系洗浄ライン流量（残留熱除去系 B 系格納容器冷却ライン洗浄流量）の電氣的機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

計器スタンションに設置される検出器の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
残留熱除去系洗浄ライン流量（残留熱除去系 B 系格納容器冷却ライン洗浄流量） (E11-FT017B)	水平	
	鉛直	

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

残留熱除去系洗浄ライン流量（残留熱除去系 B 系格納容器冷却ライン洗浄流量）の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【残留熱除去系洗浄ライン流量（残留熱除去系 B 系格納容器冷却ライン洗浄流量）(E11-FT017B) の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境 温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
残留熱除去系洗浄ライン流量（残留熱除去系 B 系格納容器冷却ライン洗浄流量） (E11-FT017B)	常設耐震／防止 常設／緩和	原子炉建屋 O.P. 15.00*	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =1.97	C _V =1.37	66

注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

∞

部 材	m (kg)	h ₁ (mm)	ℓ ₁ * ¹ (mm)	ℓ ₂ * ¹ (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	n _f * ¹	
基礎ボルト		350						4	2
									2

部 材	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用 地震動 S _d 又 は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	206	385	—	247	—	前後方向

注記*1：各ボルトの機器要目における上段は左右方向転倒に対する評価時の要目を示し、
下段は前後方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F _b		Q _b	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	—		—	

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	—	—	σ _b = 10	f _{t s} = 185*
		せん断	—	—	τ _b = 2	f _{s b} = 142

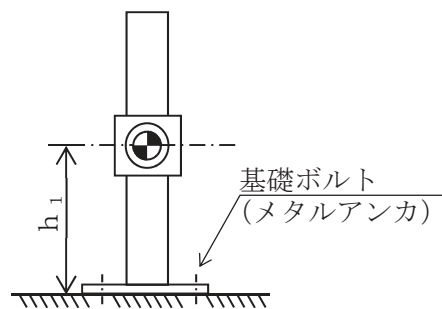
注記*：f_{t s} = Min[1.4・f_{t o} - 1.6・τ_b, f_{t o}]より算出。
すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

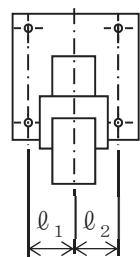
(×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
残留熱除去系洗浄ライン流量 (残留熱除去系 B 系格納容器冷却ライン洗浄流量) (E11-FT017B)	水平方向	1.65	
	鉛直方向	1.15	

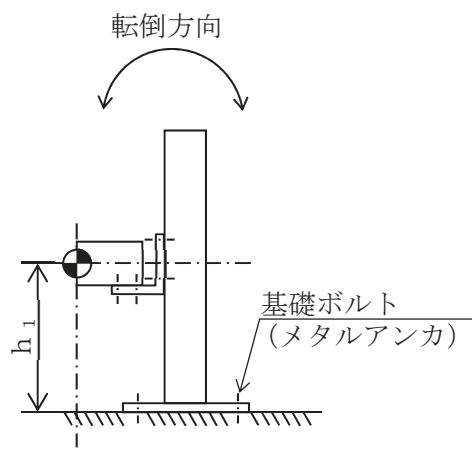
注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。
機能維持評価用加速度 (1.0ZPA) は、すべて機能確認済加速度以下である。



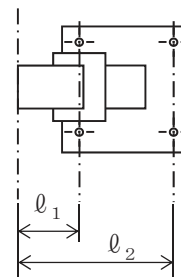
正面 (左右方向)



$(l_1 \leq l_2)$



側面 (前後方向)



$(l_1 \leq l_2)$

VI-2-6-5-2-3-5 直流駆動低圧注水系ポンプ出口流量の耐震性についての
計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
4. 構造強度評価	3
4.1 構造強度評価方法	3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	3
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	3
4.2.2 許容応力	3
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	3
5. 機能維持評価	6
5.1 電氣的機能維持評価方法	6
6. 評価結果	7
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	7

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、直流駆動低圧注水系ポンプ出口流量が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

直流駆動低圧注水系ポンプ出口流量は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

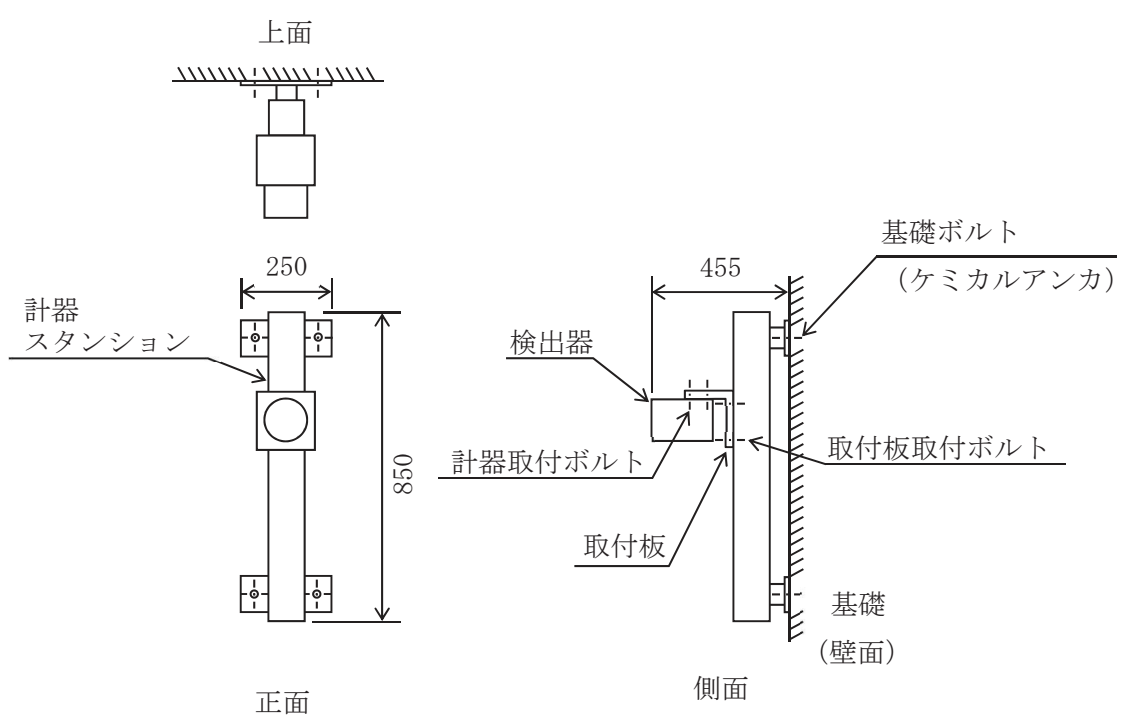
なお、直流駆動低圧注水系ポンプ出口流量が設置される計器スタンションは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の壁掛形計器スタンションであるため、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

直流駆動低圧注水系ポンプ出口流量の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより取付板に固定され、取付板は、取付板取付ボルトにより計器スターションに固定される。</p> <p>計器スターションは、基礎に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>差圧式流量検出器</p>	<p>【直流駆動低圧注水系ポンプ出口流量】</p>  <p>(単位: mm)</p>

3. 固有周期

直流駆動低圧注水系ポンプ出口流量が設置される計器スタンションの固有周期は、構造が同等であり、同様な振動特性を持つ計器スタンションに対する振動試験（打振試験）の結果確認された固有周期を使用する。固有周期の確認結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期 (単位：s)

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

直流駆動低圧注水系ポンプ出口流量の構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

直流駆動低圧注水系ポンプ出口流量の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

直流駆動低圧注水系ポンプ出口流量の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

直流駆動低圧注水系ポンプ出口流量の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-3 に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	直流駆動低圧注水系ポンプ出 口流量	常設耐震／防 止	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IV_{AS}
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V_{AS} (V_{AS} として IV_{AS} の許容限界 を用いる。)

注記*1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

*3：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため、評価結果の記載を省略する。

表 4-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
IV _A S	1.5・f _t * (V _A SとしてIV _A Sの許容限界を用いる。)	1.5・f _s *
V _A S		

注記*1：応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

*2：当該の応力が生じない場合、規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
		基礎ボルト	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	60	208

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

直流駆動低圧注水系ポンプ出口流量の電氣的機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

計器スタンションに設置される検出器の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
直流駆動低圧注水系ポンプ出口流量 (E71-FT005)	水平	
	鉛直	

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

直流駆動低圧注水系ポンプ出口流量の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【直流駆動低圧注水系ポンプ出口流量（E71-FT005）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境 温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
直流駆動低圧注水系ポンプ出口流量 (E71-FT005)	常設耐震/防止	原子炉建屋 O.P.-8.10 (O.P.-0.80*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =1.34	C _V =0.88	60

注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部 材	m (kg)	h ₂ (mm)	ℓ ₃ (mm)	ℓ _a (mm)	ℓ _b (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	n _{fV}	n _{fH}	
基礎ボルト		455							4	2	2

部 材	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	208	389	—	249	—	水平方向

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F _b		Q _b	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	—		—	

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	—	—	$\sigma_b = 8$	$f_{ts} = 187^*$
		せん断	—	—	$\tau_b = 2$	$f_{sb} = 144$

注記*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$ より算出。
すべて許容応力以下である。

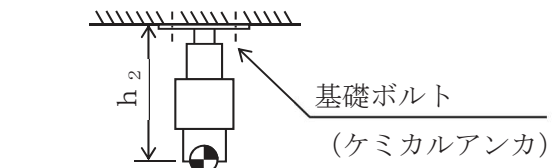
1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

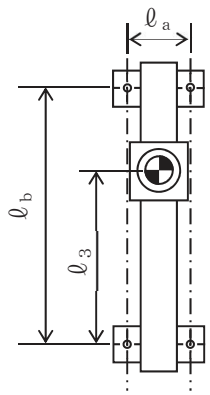
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
直流駆動低圧注水系 ポンプ出口流量 (E71-FT005)	水平方向	1.11	
	鉛直方向	0.73	

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。
機能維持評価用加速度 (1.0ZPA) は、すべて機能確認済加速度以下である。

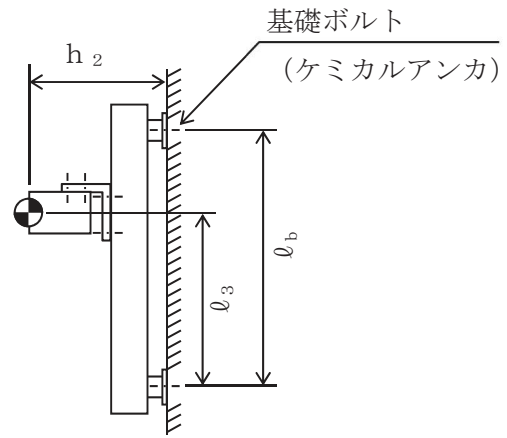
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



転倒方向



正面 (水平方向)



側面 (鉛直方向)

VI-2-6-5-2-3-6 代替循環冷却ポンプ出口流量の耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
4. 構造強度評価	3
4.1 構造強度評価方法	3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	3
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	3
4.2.2 許容応力	3
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	3
5. 機能維持評価	6
5.1 電氣的機能維持評価方法	6
6. 評価結果	7
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	7

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、代替循環冷却ポンプ出口流量が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

代替循環冷却ポンプ出口流量は、重大事故等対処設備においては常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

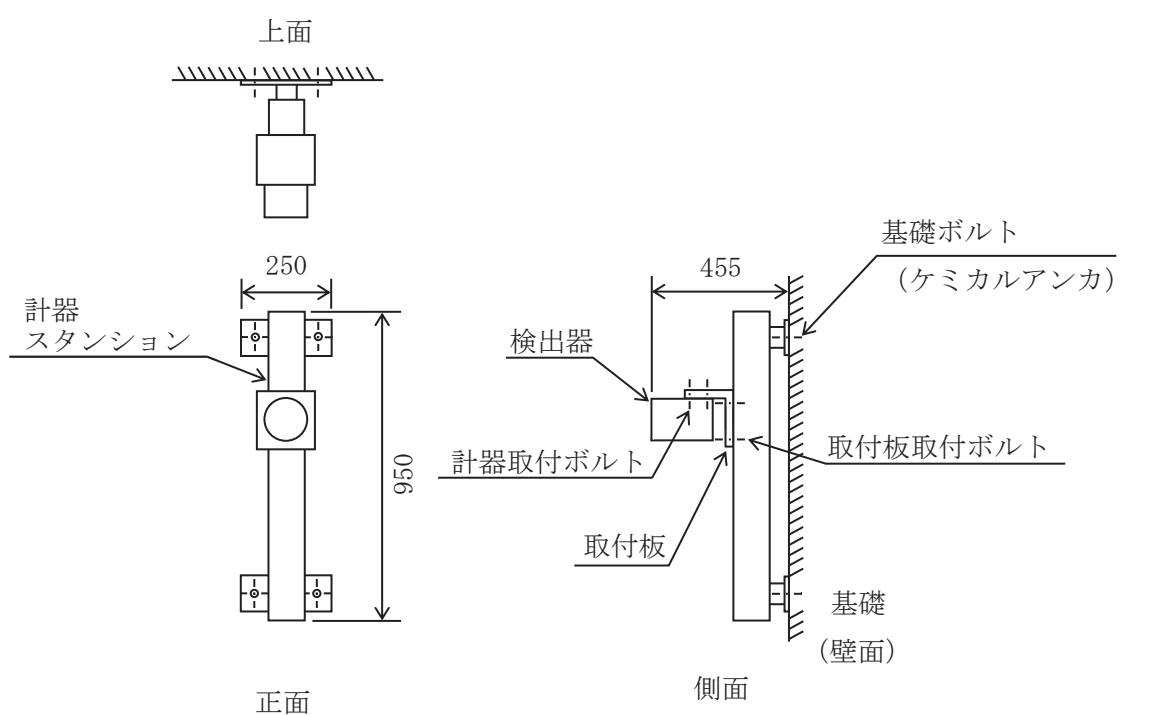
なお、代替循環冷却ポンプ出口流量が設置される計器スタンションは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の壁掛形計器スタンションであるため、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

代替循環冷却ポンプ出口流量の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより取付板に固定され、取付板は、取付板取付ボルトにより計器スターションに固定される。</p> <p>計器スターションは、基礎に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>差圧式流量検出器</p>	<p>【代替循環冷却ポンプ出口流量】</p>  <p>(単位: mm)</p>

3. 固有周期

代替循環冷却ポンプ出口流量が設置される計器スタンションの固有周期は、構造が同等であり、同様な振動特性を持つ計器スタンションに対する振動試験（打振試験）の結果確認された固有周期を使用する。固有周期の確認結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期 (単位：s)

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

代替循環冷却ポンプ出口流量の構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

代替循環冷却ポンプ出口流量の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

代替循環冷却ポンプ出口流量の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

代替循環冷却ポンプ出口流量の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-3 に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	代替循環冷却ポンプ出口流量	常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IV_{AS}
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V_{AS} (V_{AS} として IV_{AS} の許容限界 を用いる。)

注記*1：「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

*3：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため、評価結果の記載を省略する。

表 4-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
IV _{AS}	1.5・f _t * (V _{AS} としてIV _{AS} の許容限界を用いる。)	1.5・f _s *
V _{AS}		

注記*1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

*2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	40	215	400	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

代替循環冷却ポンプ出口流量の電氣的機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

計器スタンションに設置される検出器の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
代替循環冷却ポンプ出口流量 (E11-FT022)	水平	
	鉛直	

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

代替循環冷却ポンプ出口流量の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【代替循環冷却ポンプ出口流量 (E11-FT022) の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境 温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
代替循環冷却ポンプ 出口流量 (E11-FT022)	常設/緩和	原子炉建屋 O.P. -8.10 (O.P. -0.80*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =1.34	C _V =0.88	40

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部 材	m (kg)	h ₂ (mm)	ℓ ₃ (mm)	ℓ _a (mm)	ℓ _b (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	n _{fV}	n _{fH}	
基礎ボルト		455							4	2	2

部 材	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用 地震動 S _d 又 は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	215	400	—	258	—	水平方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F _b		Q _b	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	—		—	

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	—	—	$\sigma_b = 8$	$f_{ts} = 193^*$
		せん断	—	—	$\tau_b = 2$	$f_{sb} = 148$

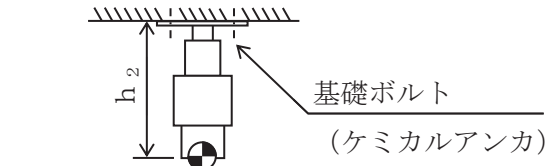
注記*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$ より算出。
 すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

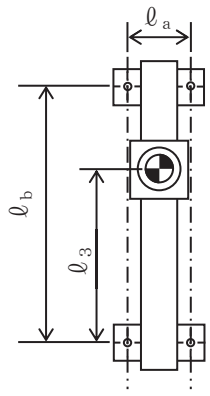
($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
代替循環冷却ポンプ 出口流量 (E11-FT022)	水平方向	1.11	
	鉛直方向	0.73	

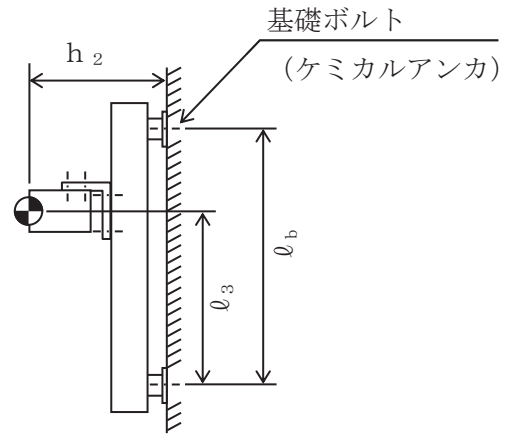
注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。
 機能維持評価用加速度 (1.0ZPA) は、すべて機能確認済加速度以下である。



転倒方向



正面 (水平方向)



側面 (鉛直方向)

VI-2-6-5-2-3-7 原子炉隔離時冷却系ポンプ出口流量の耐震性についての
計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
4. 構造強度評価	3
4.1 構造強度評価方法	3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	3
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	3
4.2.2 許容応力	3
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	3
5. 機能維持評価	7
5.1 電氣的機能維持評価方法	7
6. 評価結果	8
6.1 設計基準対象施設としての評価結果	8
6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	8

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、原子炉隔離時冷却系ポンプ出口流量が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

原子炉隔離時冷却系ポンプ出口流量は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、原子炉隔離時冷却系ポンプ出口流量が設置される計装ラックは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の壁掛形計装ラックであるため、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

原子炉隔離時冷却系ポンプ出口流量の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより取付板に固定され、取付板は、取付板取付ボルトにより計装ラックに固定される。</p> <p>計装ラックは、チャンネルベースに取付ボルトで固定され、チャンネルベースは壁に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>差圧式流量検出器</p>	<p>【原子炉隔離時冷却系ポンプ出口流量】</p> <p>(単位：mm)</p>

3. 固有周期

原子炉隔離時冷却系ポンプ出口流量が設置される計装ラックの固有周期は、構造が同等であり、同様な振動特性を持つ計装ラックに対する振動試験（打振試験）の結果確認された固有周期を使用する。固有周期の確認結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期 (単位：s)

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

原子炉隔離時冷却系ポンプ出口流量の構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉隔離時冷却系ポンプ出口流量の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-1 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-2 に示す。

4.2.2 許容応力

原子炉隔離時冷却系ポンプ出口流量の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 4-3 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

原子炉隔離時冷却系ポンプ出口流量の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-4 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-5 に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	原子炉隔離時冷却系ポンプ 出口流量	S	—*1	$D + P_D + M_D + S_d^*$	III _{AS}
					$D + P_D + M_D + S_s$	IV _{AS}

注記*1：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

表 4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	原子炉隔離時冷却系ポンプ 出口流量	常設／防止 (DB 拡張)	—*2	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	IV _{AS}
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _{AS} (V _{AS} として IV _{AS} の許容限界 を用いる。)

注記*1：「常設／防止 (DB 拡張)」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

*3：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため、評価結果の記載を省略する。

表 4-3 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
Ⅲ _A S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
Ⅳ _A S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
V _A S (V _A SとしてⅣ _A Sの許容限界を用いる。)		

注記*1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

*2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-4 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	S _{y i} (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト (i =1)	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	65	206	386	—
取付ボルト (i =2)	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	65	206	386	—

表 4-5 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	S _{y i} (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト (i =1)	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	66	206	385	—
取付ボルト (i =2)	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	66	206	385	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

原子炉隔離時冷却系ポンプ出口流量の電氣的機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

計装ラックに設置される検出器の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
原子炉隔離時冷却系ポンプ出口流量 (E51-FT004)	水平	
	鉛直	

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

原子炉隔離時冷却系ポンプ出口流量の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

原子炉隔離時冷却系ポンプ出口流量の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【原子炉隔離時冷却系ポンプ出口流量（E51-FT004）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境 温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉隔離時冷却系 ポンプ出口流量 (E51-FT004)	S	原子炉建屋 O.P.-8.10 (O.P.-0.80*)	0.05以下	0.05以下	C _H =0.63	C _V =0.51	C _H =1.34	C _V =0.88	65

注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部 材	m _i (kg)	h _i (mm)	ℓ _{1i} (mm)	ℓ _{2i} (mm)	ℓ _{3i} (mm)	d _i (mm)	A _{bi} (mm ²)	n _i	n _{fvi}	n _{fhi}	
基礎ボルト (i=1)		500							6	2	3
取付ボルト (i=2)		400							8	2	4

部 材	S _{yi} (MPa)	S _{ui} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用 地震動 S _d 又 は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	206	386	206	247	鉛直方向	鉛直方向
取付ボルト (i=2)	206	386	206	247	鉛直方向	鉛直方向

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)				
取付ボルト (i=2)				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SS400	引張り	$\sigma_{b1}=13$	$f_{ts1}=154^*$	$\sigma_{b1}=21$	$f_{ts1}=185^*$
		せん断	$\tau_{b1}=5$	$f_{sb1}=119$	$\tau_{b1}=7$	$f_{sb1}=143$
取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	$\sigma_{b2}=10$	$f_{ts2}=154^*$	$\sigma_{b2}=16$	$f_{ts2}=185^*$
		せん断	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=119$	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=143$

注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$ より算出。

すべて許容応力以下である。

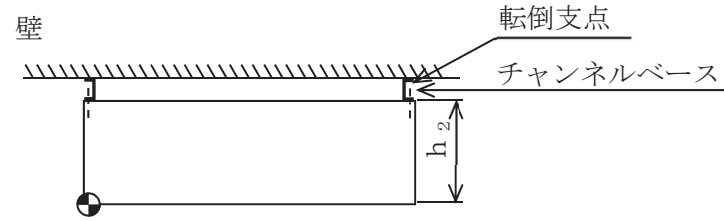
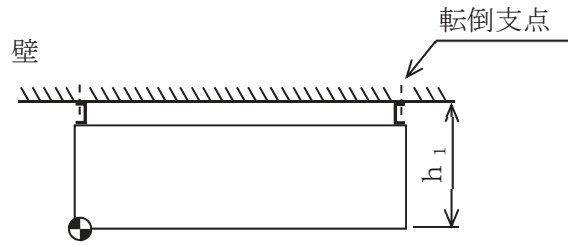
1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

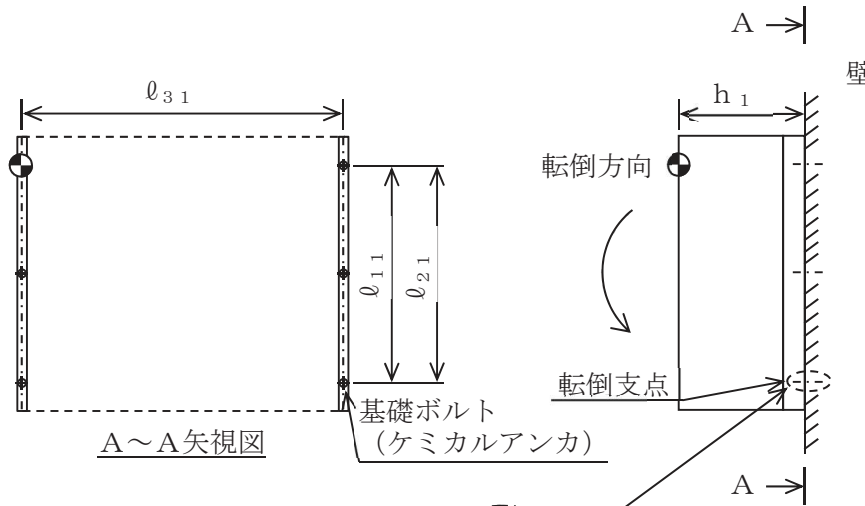
		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉隔離時冷却系 ポンプ出口流量 (E51-FT004)	水平方向	1.11	
	鉛直方向	0.73	

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 (1.0ZPA) は、すべて機能確認済加速度以下である。

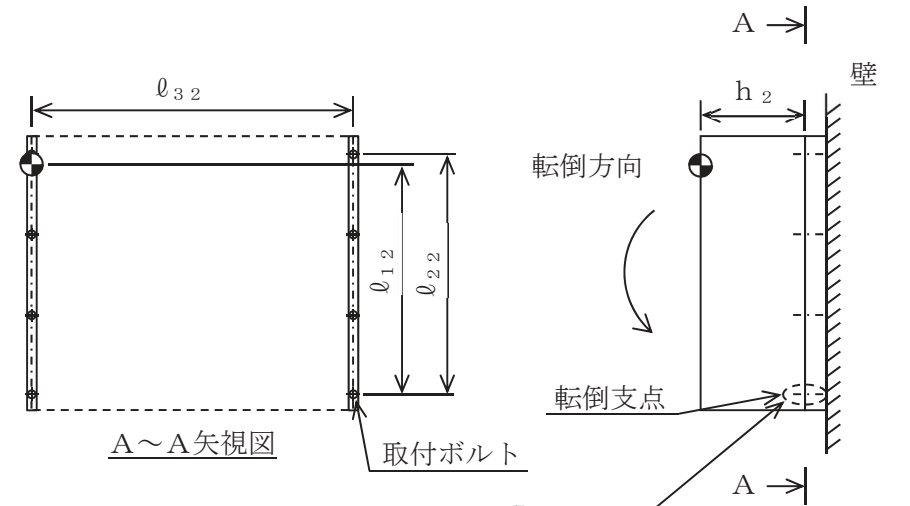
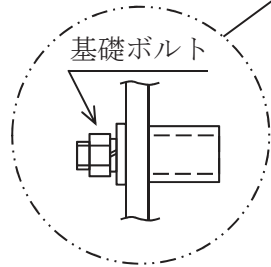


11



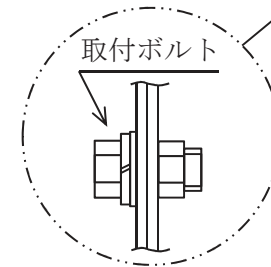
正面 (水平方向)

側面 (鉛直方向)



正面 (水平方向)

側面 (鉛直方向)



2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境 温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉隔離時冷却系 ポンプ出口流量 (E51-FT004)	常設/防止 (DB拡張)	原子炉建屋 O.P. -8.10 (O.P. -0.80*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =1.34	C _V =0.88	66

注記* : 基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

部 材	m _i (kg)	h _i (mm)	ℓ _{1i} (mm)	ℓ _{2i} (mm)	ℓ _{3i} (mm)	d _i (mm)	A _{bi} (mm ²)	n _i	n _{fvi}	n _{fhi}	
基礎ボルト (i=1)		500							6	2	3
取付ボルト (i=2)		400							8	2	4

部 材	S _{yi} (MPa)	S _{ui} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用 地震動 S _d 又 は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	206	385	—	247	—	鉛直方向
取付ボルト (i=2)	206	385	—	247	—	鉛直方向

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s
基礎ボルト ($i=1$)	—		—	
取付ボルト ($i=2$)	—		—	

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト ($i=1$)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b1}=21$	$f_{ts1}=185^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=7$	$f_{sb1}=142$
取付ボルト ($i=2$)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=16$	$f_{ts2}=185^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=142$

注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$ より算出。

すべて許容応力以下である。

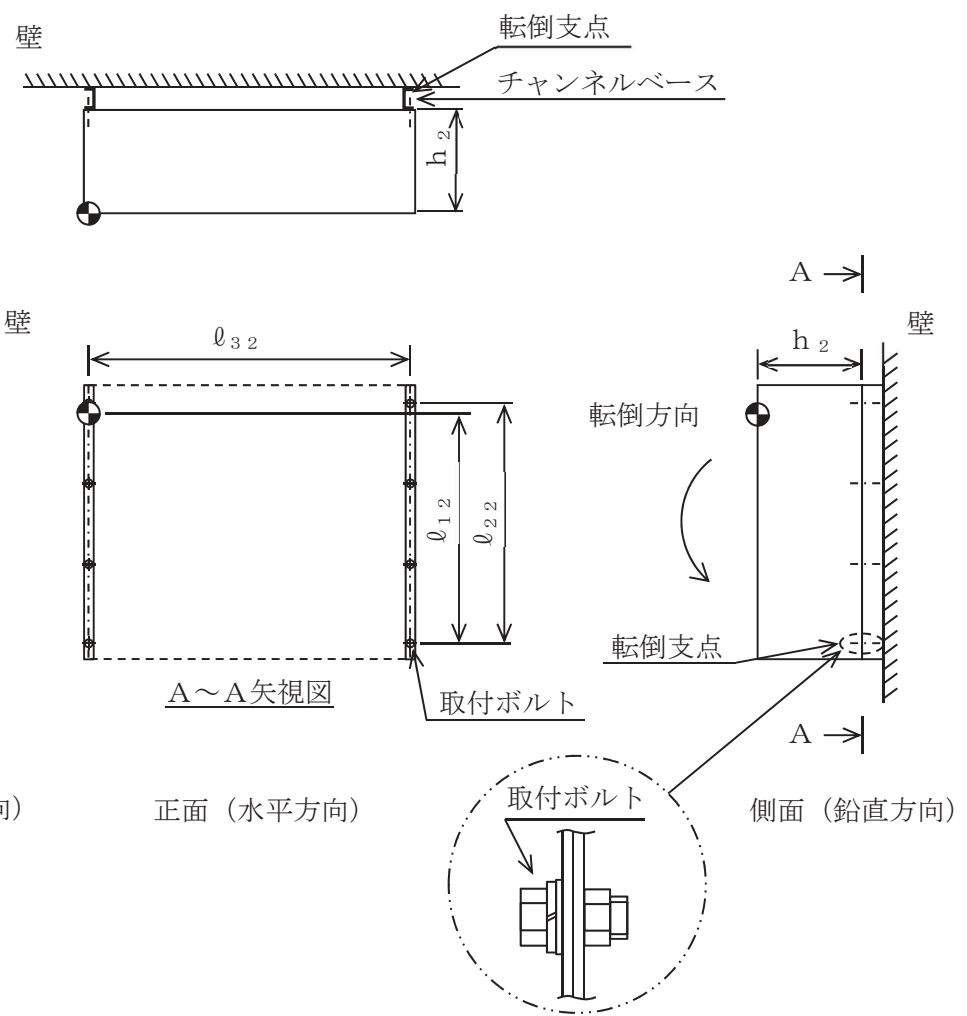
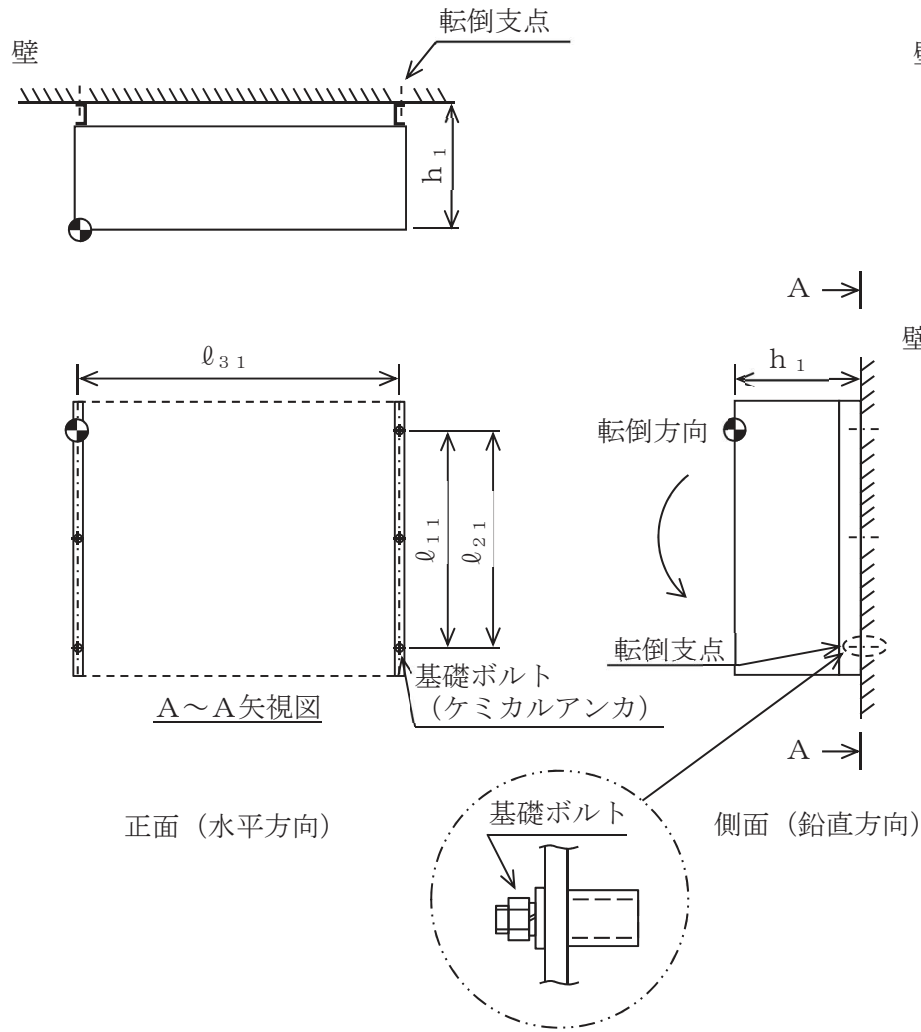
2.4.2 電氣的機能維持の評価結果

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉隔離時冷却系 ポンプ出口流量 (E51-FT004)	水平方向	1.11	
	鉛直方向	0.73	

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 (1.0ZPA) は、すべて機能確認済加速度以下である。



VI-2-6-5-2-3-8 高圧炉心スプレイ系ポンプ出口流量の耐震性についての
計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
4. 構造強度評価	3
4.1 構造強度評価方法	3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	3
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	3
4.2.2 許容応力	3
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	3
5. 機能維持評価	6
5.1 電氣的機能維持評価方法	6
6. 評価結果	7
6.1 設計基準対象施設としての評価結果	7
6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	7

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、高圧炉心スプレイ系ポンプ出口流量が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

高圧炉心スプレイ系ポンプ出口流量は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、高圧炉心スプレイ系ポンプ出口流量が設置される計装ラックは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の壁掛形計装ラックであるため、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

高圧炉心スプレイ系ポンプ出口流量の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより取付板に固定され、取付板は、取付板取付ボルトにより計装ラックに固定される。</p> <p>計装ラックは、チャンネルベースに取付ボルトで設置する。</p>	<p>差圧式流量検出器</p>	<p>【高圧炉心スプレイ系ポンプ出口流量】</p> <p>（単位：mm）</p>

3. 固有周期

高圧炉心スプレイ系ポンプ出口流量が設置される計装ラックの固有周期は、構造が同等であり、同様な振動特性を持つ計装ラックに対する振動試験（打振試験）の結果確認された固有周期を使用する。固有周期の確認結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期 (単位：s)

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

高圧炉心スプレイ系ポンプ出口流量の構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

高圧炉心スプレイ系ポンプ出口流量の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-1 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-2 に示す。

4.2.2 許容応力

高圧炉心スプレイ系ポンプ出口流量の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 4-3 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

高圧炉心スプレイ系ポンプ出口流量の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-4 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-5 に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	高圧炉心スプレイ系ポンプ 出口流量	S	—*1	$D + P_D + M_D + S_d^*$	III _{AS}
					$D + P_D + M_D + S_s$	IV _{AS}

注記*1：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

表 4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	高圧炉心スプレイ系ポンプ 出口流量	常設／防止 (DB 拡張)	—*2	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	IV _{AS}
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _{AS} (V _{AS} として IV _{AS} の許容限界 を用いる。)

注記*1：「常設／防止（DB 拡張）」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

*3：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため、評価結果の記載を省略する。

表 4-3 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
Ⅲ _A S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
Ⅳ _A S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
Ⅴ _A S (Ⅴ _A SとしてⅣ _A Sの許容限界を用いる。)		

注記*1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

*2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-4 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	S _{y i} (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト (i = 2)	SS400 (16mm < 径 ≤ 40mm)	周囲環境温度	40	235	400	—

表 4-5 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	S _{y i} (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト (i = 2)	SS400 (16mm < 径 ≤ 40mm)	周囲環境温度	66	225	385	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

高圧炉心スプレイ系ポンプ出口流量の電氣的機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

計装ラックに設置される検出器の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
高圧炉心スプレイ系ポンプ出口流量 (E22-FT005B)	水平	
	鉛直	

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

高圧炉心スプレイ系ポンプ出口流量の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

高圧炉心スプレイ系ポンプ出口流量の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【高圧炉心スプレイ系ポンプ出口流量 (E22-FT005B) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境 温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
高圧炉心スプレイ系 ポンプ出口流量 (E22-FT005B)	S	原子炉建屋 O.P. -0.80 (O.P. 6.00*)	0.05 以下	0.05 以下	C _H =0.72	C _V =0.63	C _H =1.57	C _V =1.09	40

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部 材	m _i (kg)	h _i (mm)	ℓ _{1i} (mm)	ℓ _{2i} (mm)	ℓ _{3i} (mm)	d _i (mm)	A _{bi} (mm ²)	n _i	n _{fvi}	n _{fhi}	
取付ボルト (i=2)		500							14	3	4

部 材	S _{yi} (MPa)	S _{ui} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用 地震動 S _d 又 は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	235	400	235	280	鉛直方向	鉛直方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	$\sigma_{b2}=9$	$f_{ts2}=176^*$	$\sigma_{b2}=17$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=135$	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=161$

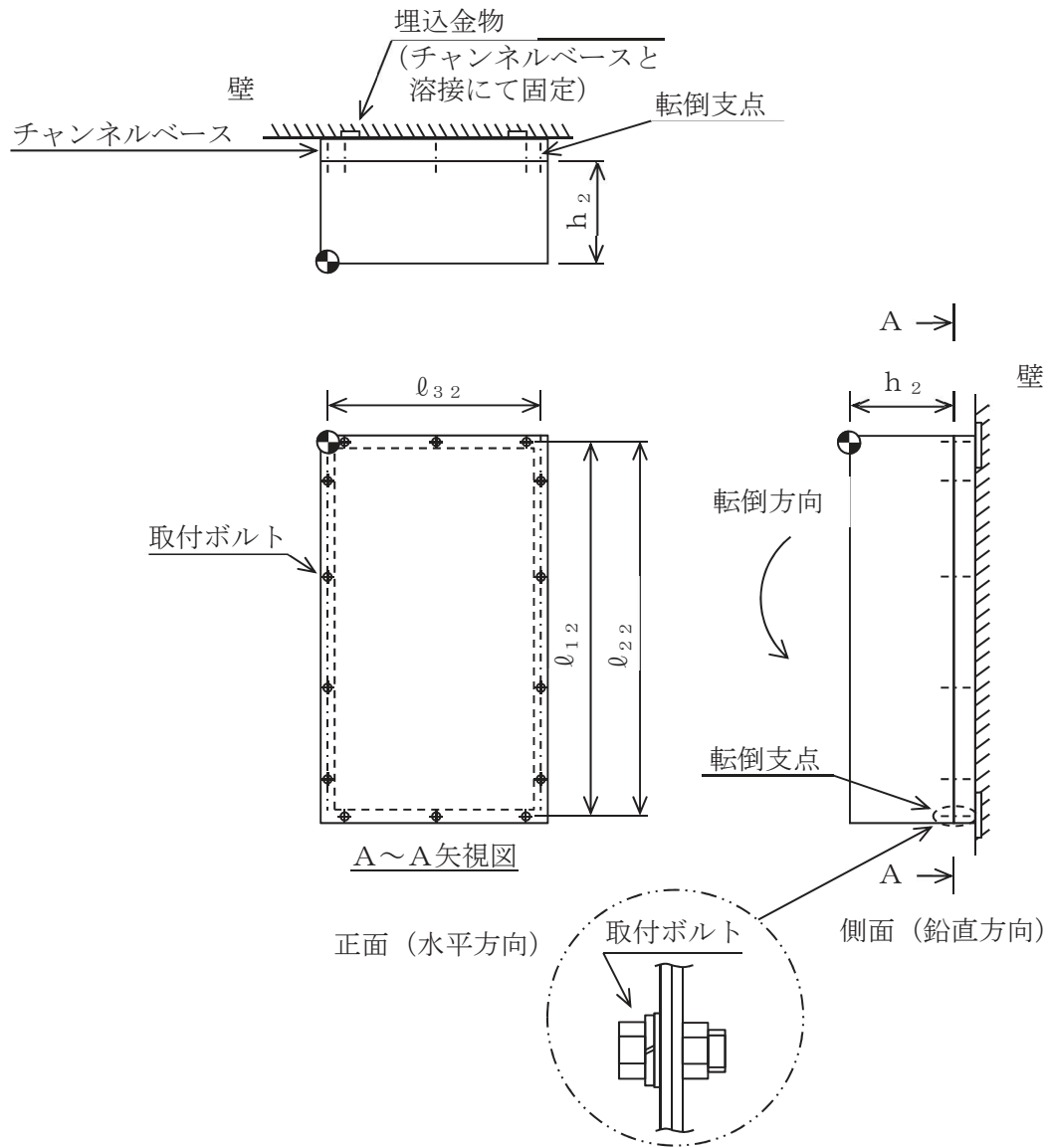
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$ より算出。
すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
高圧炉心スプレイ系 ポンプ出口流量 (E22-FT005B)	水平方向	1.31	
	鉛直方向	0.91	

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。
機能維持評価用加速度 (1.0ZPA) は、すべて機能確認済加速度以下である。



2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境 温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
高圧炉心スプレイ系 ポンプ出口流量 (E22-FT005B)	常設/防止 (DB 拡張)	原子炉建屋 O.P. -0.80 (O.P. 6.00*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =1.57	C _V =1.09	66

注記* : 基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

部 材	m _i (kg)	h _i (mm)	ℓ _{1i} (mm)	ℓ _{2i} (mm)	ℓ _{3i} (mm)	d _i (mm)	A _{bi} (mm ²)	n _i	n _{fvi}	n _{fhi}	
取付ボルト (i=2)		500							14	3	4

部 材	S _{yi} (MPa)	S _{ui} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用 地震動 S _d 又 は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	225	385	—	270	—	鉛直方向

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s
取付ボルト ($i=2$)	—		—	

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト ($i=2$)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=17$	$f_{ts2}=202^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=155$

注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$ より算出。

すべて許容応力以下である。

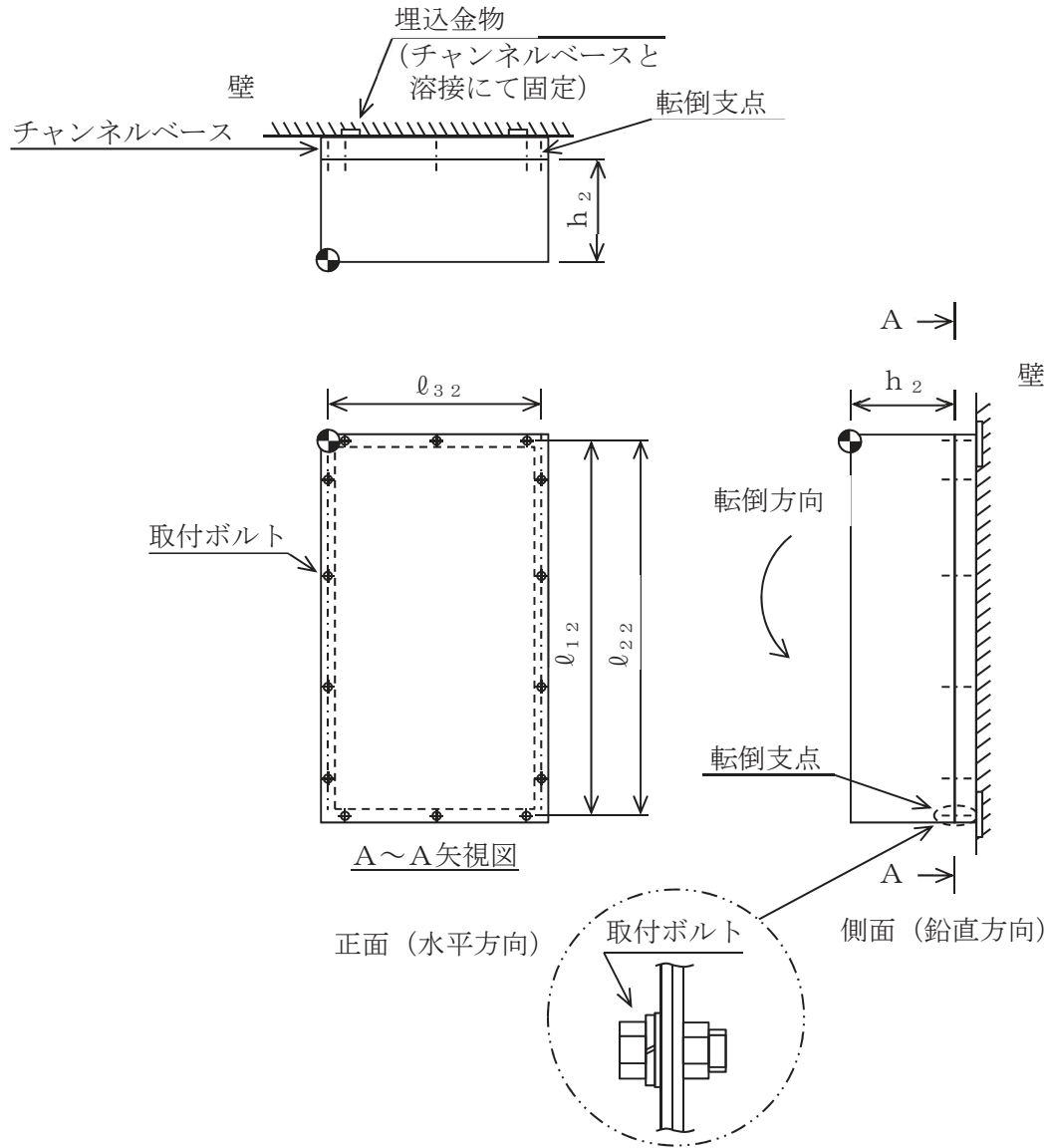
2.4.2 電氣的機能維持の評価結果

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
高圧炉心スプレイ系 ポンプ出口流量 (E22-FT005B)	水平方向	1.31	
	鉛直方向	0.91	

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 (1.0ZPA) は、すべて機能確認済加速度以下である。



VI-2-6-5-2-3-9 残留熱除去系ポンプ出口流量の耐震性についての計算書

目次

1. 残留熱除去系ポンプ出口流量 (E11-FT006A, B)	1
1.1 概要	1
1.2 一般事項	1
1.2.1 構造計画	1
1.3 固有周期	3
1.3.1 固有周期の算出方法	3
1.4 構造強度評価	3
1.4.1 構造強度評価方法	3
1.4.2 荷重の組合せ及び許容応力	3
1.5 機能維持評価	6
1.5.1 電氣的機能維持評価方法	6
1.6 評価結果	7
1.6.1 設計基準対象施設としての評価結果	7
1.6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	7
2. 残留熱除去系ポンプ出口流量 (E11-FT006C)	14
2.1 概要	14
2.2 一般事項	14
2.2.1 構造計画	14
2.3 固有周期	16
2.3.1 固有周期の算出方法	16
2.4 構造強度評価	16
2.4.1 構造強度評価方法	16
2.4.2 荷重の組合せ及び許容応力	16
2.5 機能維持評価	20
2.5.1 電氣的機能維持評価方法	20
2.6 評価結果	21
2.6.1 設計基準対象施設としての評価結果	21
2.6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	21

1. 残留熱除去系ポンプ出口流量 (E11-FT006A, B)

1.1 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、残留熱除去系ポンプ出口流量 (E11-FT006A, B) が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

残留熱除去系ポンプ出口流量 (E11-FT006A, B) は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備 (設計基準拡張) に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、残留熱除去系ポンプ出口流量 (E11-FT006A, B) が設置される計装ラックは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の壁掛形計装ラックであるため、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

構造強度評価については、計装ラックの取付ボルトに作用する応力の裕度が厳しい条件 (許容値/発生値の小さい方) となるものを代表として評価する。また、電氣的機能維持評価については、機能維持評価用加速度が最大となる計器について代表として評価する。電氣的機能維持評価に用いる機能維持評価用加速度は、設置床高さが同じで計装ラックが剛構造の場合と同じ加速度となることから、構造強度評価の代表として選定した検出器を代表として評価する。評価対象を表 1-1 に示す。

表 1-1 概略構造識別

評価部位	評価方法	構造計画
E11-FT006A (代表) E11-FT006B	VI-2-1-13-8 計装ラック の耐震性についての計算書 作成の基本方針	表 1-2 構造計画

1.2 一般事項

1.2.1 構造計画

残留熱除去系ポンプ出口流量 (E11-FT006A) の構造計画を表 1-2 に示す。

表 1-2 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより取付板に固定され、取付板は、取付板取付ボルトにより計装ラックに固定される。</p> <p>計装ラックは、チャンネルベースに取付ボルトで設置する。</p>	<p>差圧式流量検出器</p>	<p>【残留熱除去系ポンプ出口流量 (H22-P018A (E11-FT006A))】</p> <p>注記* : 検出器は代表して 1 台を示す。</p>

1.3 固有周期

1.3.1 固有周期の算出方法

残留熱除去系ポンプ出口流量 (E11-FT006A) が設置される計装ラックの固有周期は、プラスチックハンマ等により当該装置に振動を与え自由減衰振動を固有振動数測定装置 (圧電式加速度ピックアップ, 振動計, 分析器) により記録解析する。試験の結果, 剛であることを確認した。固有周期の確認結果を表 1-3 に示す。

表 1-3 固有周期 (単位: s)

水平方向	鉛直方向

1.4 構造強度評価

1.4.1 構造強度評価方法

残留熱除去系ポンプ出口流量 (E11-FT006A) の構造強度評価は, 添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

1.4.2 荷重の組合せ及び許容応力

(1) 荷重の組合せ及び許容応力状態

残留熱除去系ポンプ出口流量 (E11-FT006A) の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 1-4 に, 重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 1-5 に示す。

(2) 許容応力

残留熱除去系ポンプ出口流量 (E11-FT006A) の許容応力は, 添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 1-6 のとおりとする。

(3) 使用材料の許容応力評価条件

残留熱除去系ポンプ出口流量 (E11-FT006A) の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 1-7 に, 重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 1-8 に示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 1-4 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	残留熱除去系ポンプ出口流量 (E11-FT006A)	S	—*1	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _{AS}
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _{AS}

注記*1：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

表 1-5 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	残留熱除去系ポンプ出口流量 (E11-FT006A)	常設／防止 (DB 拡張)	—*2	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	Ⅳ _{AS}
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _{AS} (V _{AS} として Ⅳ _{AS} の許容限界 を用いる。)

注記*1：「常設／防止（DB 拡張）」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

*3：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため、評価結果の記載を省略する。

表 1-6 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
Ⅲ _A S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
Ⅳ _A S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
Ⅴ _A S (Ⅴ _A SとしてⅣ _A Sの許容限界を用いる。)		

注記*1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

*2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 1-7 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	S _{y i} (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト (i = 2)	SS400 (16mm < 径 ≤ 40mm)	周囲環境温度	40	235	400	—

表 1-8 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	S _{y i} (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト (i = 2)	SS400 (16mm < 径 ≤ 40mm)	周囲環境温度	66	225	385	—

1.5 機能維持評価

1.5.1 電氣的機能維持評価方法

残留熱除去系ポンプ出口流量 (E11-FT006A) の電氣的機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

計装ラックに設置される検出器の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 1-9 に示す。

表 1-9 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
残留熱除去系ポンプ出口流量 (E11-FT006A)	水平	
	鉛直	

1.6 評価結果

1.6.1 設計基準対象施設としての評価結果

残留熱除去系ポンプ出口流量（E11-FT006A）の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

1.6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

残留熱除去系ポンプ出口流量（E11-FT006A）の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【残留熱除去系ポンプ出口流量 (E11-FT006A) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境 温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
残留熱除去系ポンプ 出口流量 (E11-FT006A)	S	原子炉建屋 O.P. -0.80 (O.P. 6.00*)			C _H =0.72	C _V =0.63	C _H =1.57	C _V =1.09	40

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部 材	m _i (kg)	h _i (mm)	ℓ _{1i} (mm)	ℓ _{2i} (mm)	ℓ _{3i} (mm)	d _i (mm)	A _{bi} (mm ²)	n _i	n _{fvi}	n _{fhi}
取付ボルト (i=2)		500						16	4	4

部 材	S _{yi} (MPa)	S _{ui} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用 地震動 S _d 又 は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	235	400	235	280	鉛直方向	鉛直方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	$\sigma_{b2}=10$	$f_{ts2}=176^*$	$\sigma_{b2}=17$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=135$	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=161$

注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$ より算出。
すべて許容応力以下である。

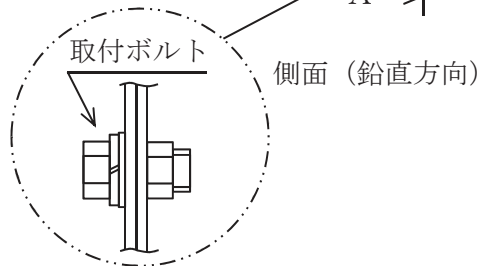
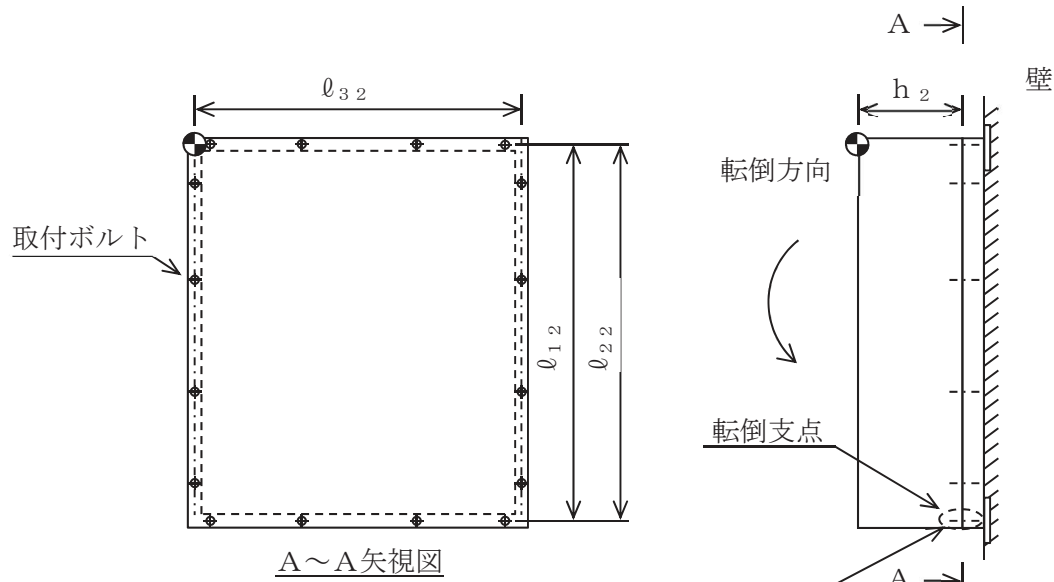
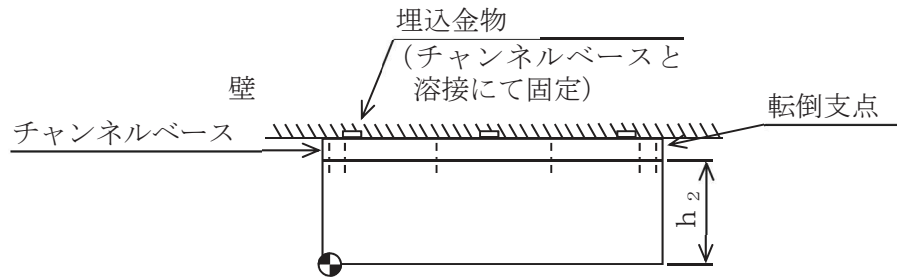
1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
残留熱除去系ポンプ 出口流量 (E11-FT006A)	水平方向	1.31	
	鉛直方向	0.91	

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。
機能維持評価用加速度 (1.0ZPA) は、すべて機能確認済加速度以下である。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境 温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
残留熱除去系ポンプ 出口流量 (E11-FT006A)	常設/防止 (DB 拡張)	原子炉建屋 O.P. -0.80 (O.P. 6.00*)			—	—	C _H =1.57	C _V =1.09	66

注記* : 基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

部 材	m _i (kg)	h _i (mm)	ℓ _{1i} (mm)	ℓ _{2i} (mm)	ℓ _{3i} (mm)	d _i (mm)	A _{bi} (mm ²)	n _i	n _{fVi}	n _{fHi}	
取付ボルト (i=2)		500							16	4	4

部 材	S _{yi} (MPa)	S _{ui} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用 地震動 S _d 又 は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	225	385	—	270	—	鉛直方向

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s
取付ボルト ($i=2$)	—		—	

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト ($i=2$)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=17$	$f_{ts2}=202^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=155$

注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$ より算出。

すべて許容応力以下である。

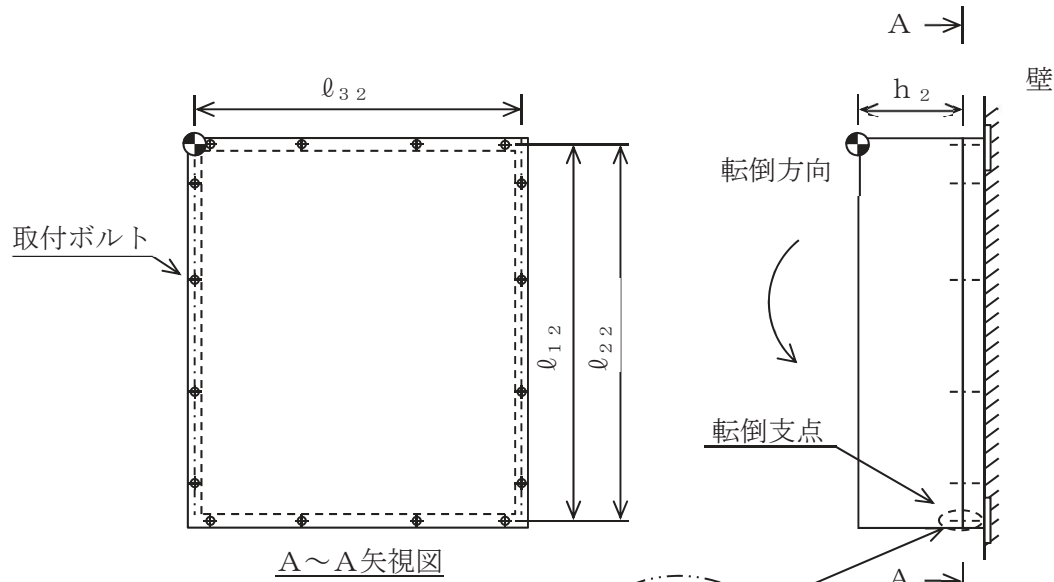
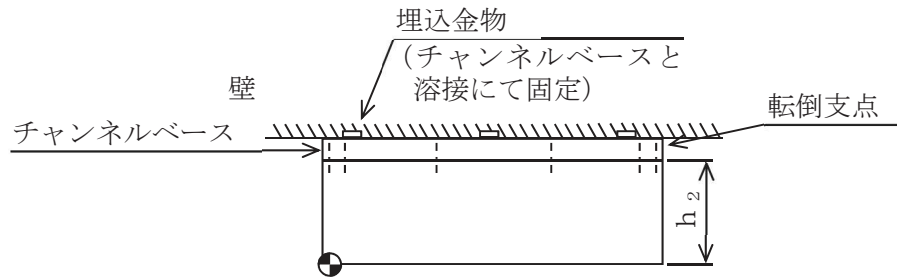
2.4.2 電氣的機能維持の評価結果

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
残留熱除去系ポンプ 出口流量 (E11-FT006A)	水平方向	1.31	
	鉛直方向	0.91	

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

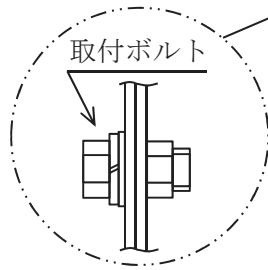
機能維持評価用加速度 (1.0ZPA) は、すべて機能確認済加速度以下である。



A~A矢视图

正面 (水平方向)

側面 (鉛直方向)



2. 残留熱除去系ポンプ出口流量 (E11-FT006C)

2.1 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、残留熱除去系ポンプ出口流量 (E11-FT006C) が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

残留熱除去系ポンプ出口流量 (E11-FT006C) は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備 (設計基準拡張) に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

なお、残留熱除去系ポンプ出口流量 (E11-FT006C) が設置される計装ラックは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の壁掛形計装ラックであるため、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2.2 一般事項

2.2.1 構造計画

残留熱除去系ポンプ出口流量 (E11-FT006C) の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより取付板に固定され、取付板は、取付板取付ボルトにより計装ラックに固定される。</p> <p>計装ラックは、チャンネルベースに取付ボルトで固定され、チャンネルベースは壁に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>差圧式流量検出器</p>	<p>【残留熱除去系ポンプ出口流量 (H22-P614 (E11-FT006C))】</p> <p>上面</p> <p>側面</p> <p>計装ラック</p> <p>壁</p> <p>検出器</p> <p>計器取付ボルト</p> <p>取付板</p> <p>取付板取付ボルト</p> <p>基礎ボルト (ケミカルアンカ)</p> <p>チャンネルベース</p> <p>取付ボルト</p> <p>壁</p> <p>1500</p> <p>400</p> <p>1200</p> <p>(単位：mm)</p>

2.3 固有周期

2.3.1 固有周期の算出方法

残留熱除去系ポンプ出口流量（E11-FT006C）が設置される計装ラックの固有周期は、プラスチックハンマ等により当該装置に振動を与え自由減衰振動を固有振動数測定装置（圧電式加速度ピックアップ、振動計、分析器）により記録解析する。試験の結果、剛であることを確認した。固有周期の確認結果を表 2-2 に示す。

表 2-2 固有周期 (単位：s)

水平方向	鉛直方向

2.4 構造強度評価

2.4.1 構造強度評価方法

残留熱除去系ポンプ出口流量（E11-FT006C）の構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

2.4.2 荷重の組合せ及び許容応力

(1) 荷重の組合せ及び許容応力状態

残留熱除去系ポンプ出口流量（E11-FT006C）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 2-3 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 2-4 に示す。

(2) 許容応力

残留熱除去系ポンプ出口流量（E11-FT006C）の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 2-5 のとおりとする。

(3) 使用材料の許容応力評価条件

残留熱除去系ポンプ出口流量（E11-FT006C）の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 2-6 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 2-7 に示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 2-3 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	残留熱除去系ポンプ出口流量 (E11-FT006C)	S	—*1	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _{AS}
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _{AS}

注記*1：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

表 2-4 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	残留熱除去系ポンプ出口流量 (E11-FT006C)	常設／防止 (DB 拡張)	—*2	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	Ⅳ _{AS}
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _{AS} (V _{AS} として Ⅳ _{AS} の許容限界 を用いる。)

注記*1：「常設／防止 (DB 拡張)」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

*3：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため、評価結果の記載を省略する。

表 2-5 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
Ⅲ _A S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
Ⅳ _A S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
V _A S (V _A SとしてⅣ _A Sの許容限界を用いる。)		

注記*1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

*2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 2-6 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	S _{y i} (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト (i =1)	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	65	206	386	—
取付ボルト (i =2)	SS400 (40mm<径≤100mm)			206	386	—

表 2-7 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	S _{y i} (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト (i =1)	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	66	206	385	—
取付ボルト (i =2)	SS400 (40mm<径≤100mm)			206	385	—

2.5 機能維持評価

2.5.1 電氣的機能維持評価方法

残留熱除去系ポンプ出口流量 (E11-FT006C) の電氣的機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

計装ラックに設置される検出器の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 2-8 に示す。

表 2-8 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
残留熱除去系ポンプ出口流量 (E11-FT006C)	水平	
	鉛直	

2.6 評価結果

2.6.1 設計基準対象施設としての評価結果

残留熱除去系ポンプ出口流量（E11-FT006C）の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

2.6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

残留熱除去系ポンプ出口流量（E11-FT006C）の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【残留熱除去系ポンプ出口流量 (E11-FT006C) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境 温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
残留熱除去系ポンプ 出口流量 (E11-FT006C)	S	原子炉建屋 O.P. -8.10 (O.P. -0.80*)			C _H =0.63	C _V =0.51	C _H =1.34	C _V =0.88	65

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部 材	m _i (kg)	h _i (mm)	ℓ _{1i} (mm)	ℓ _{2i} (mm)	ℓ _{3i} (mm)	d _i (mm)	A _{bi} (mm ²)	n _i	n _{fvi}	n _{fhi}	
基礎ボルト (i=1)		500							6	2	3
取付ボルト (i=2)		400							8	2	4

部 材	S _{yi} (MPa)	S _{ui} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用 地震動 S _d 又 は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	206	386	206	247	鉛直方向	鉛直方向
取付ボルト (i=2)	206	386	206	247	鉛直方向	鉛直方向

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)				
取付ボルト (i=2)				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SS400	引張り	$\sigma_{b1}=14$	$f_{ts1}=154^*$	$\sigma_{b1}=23$	$f_{ts1}=185^*$
		せん断	$\tau_{b1}=6$	$f_{sb1}=119$	$\tau_{b1}=8$	$f_{sb1}=143$
取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	$\sigma_{b2}=11$	$f_{ts2}=154^*$	$\sigma_{b2}=18$	$f_{ts2}=185^*$
		せん断	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=119$	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=143$

注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$ より算出。

すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

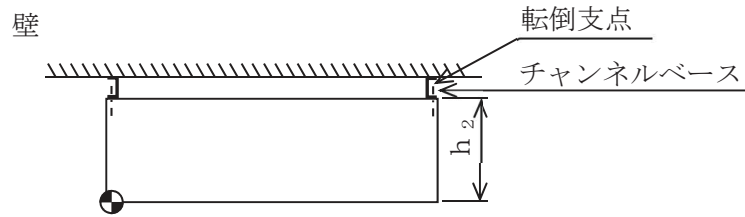
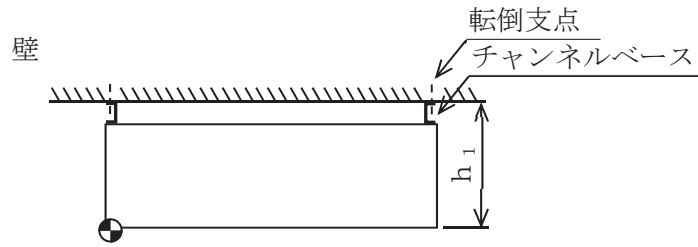
($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
残留熱除去系ポンプ 出口流量 (E11-FT006C)	水平方向	1.11	
	鉛直方向	0.73	

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

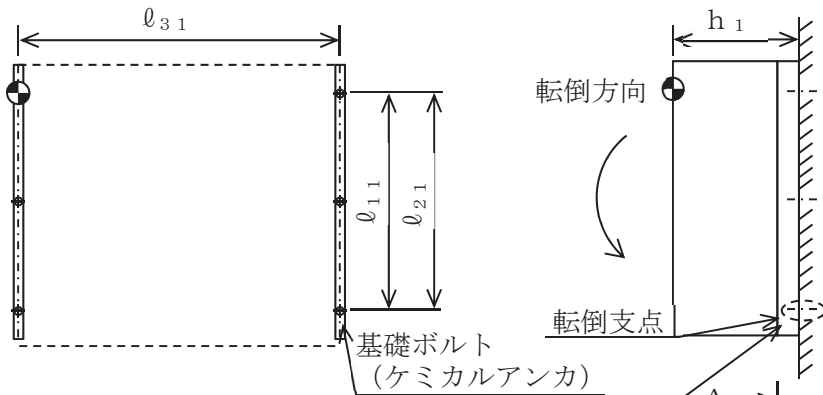
機能維持評価用加速度 (1.0ZPA) は、すべて機能確認済加速度以下である。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



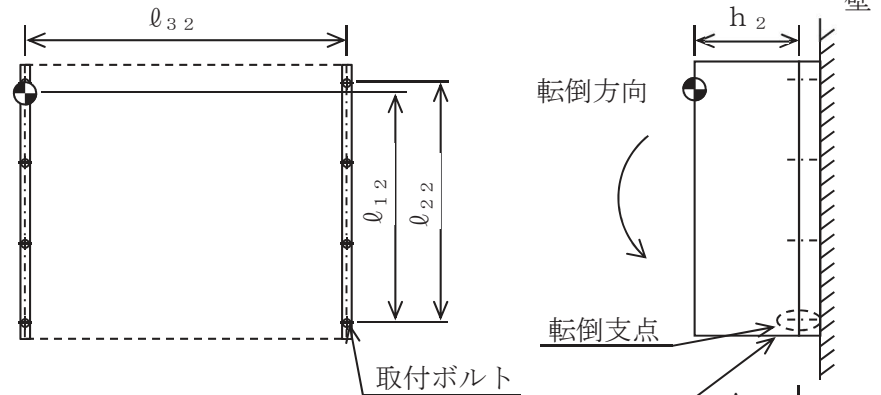
A →

A →



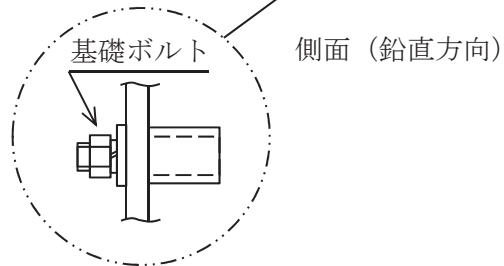
壁

壁

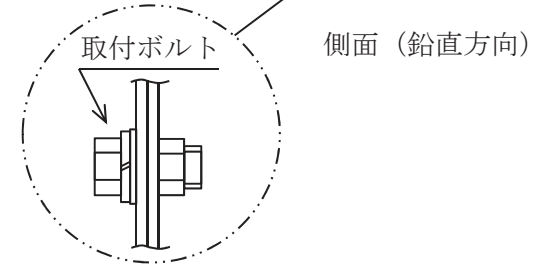


A~A矢視図

正面 (水平方向)



正面 (水平方向)



2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境 温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
残留熱除去系ポンプ 出口流量 (E11-FT006C)	常設/防止 (DB 拡張)	原子炉建屋 O.P. -8.10 (O.P. -0.80*)			—	—	C _H =1.34	C _V =0.88	66

注記* : 基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

部 材	m _i (kg)	h _i (mm)	ℓ _{1i} (mm)	ℓ _{2i} (mm)	ℓ _{3i} (mm)	d _i (mm)	A _{bi} (mm ²)	n _i	n _{fvi}	n _{fhi}	
基礎ボルト (i=1)		500							6	2	3
取付ボルト (i=2)		400							8	2	4

部 材	S _{yi} (MPa)	S _{ui} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用 地震動 S _d 又 は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	206	385	—	247	—	鉛直方向
取付ボルト (i=2)	206	385	—	247	—	鉛直方向

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	—		—	
取付ボルト (i=2)	—		—	

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b1}=23$	$f_{ts1}=185^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=8$	$f_{sb1}=142$
取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=18$	$f_{ts2}=185^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=142$

注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$ より算出。
すべて許容応力以下である。

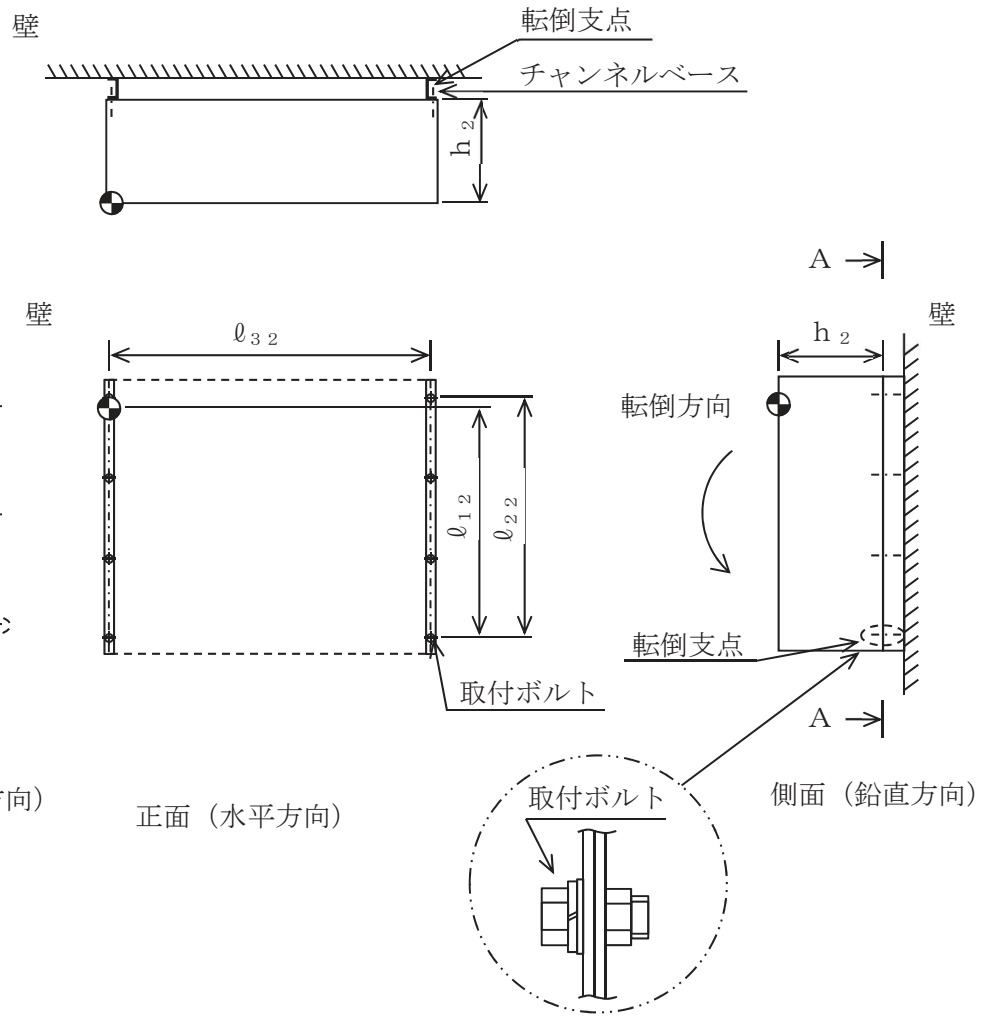
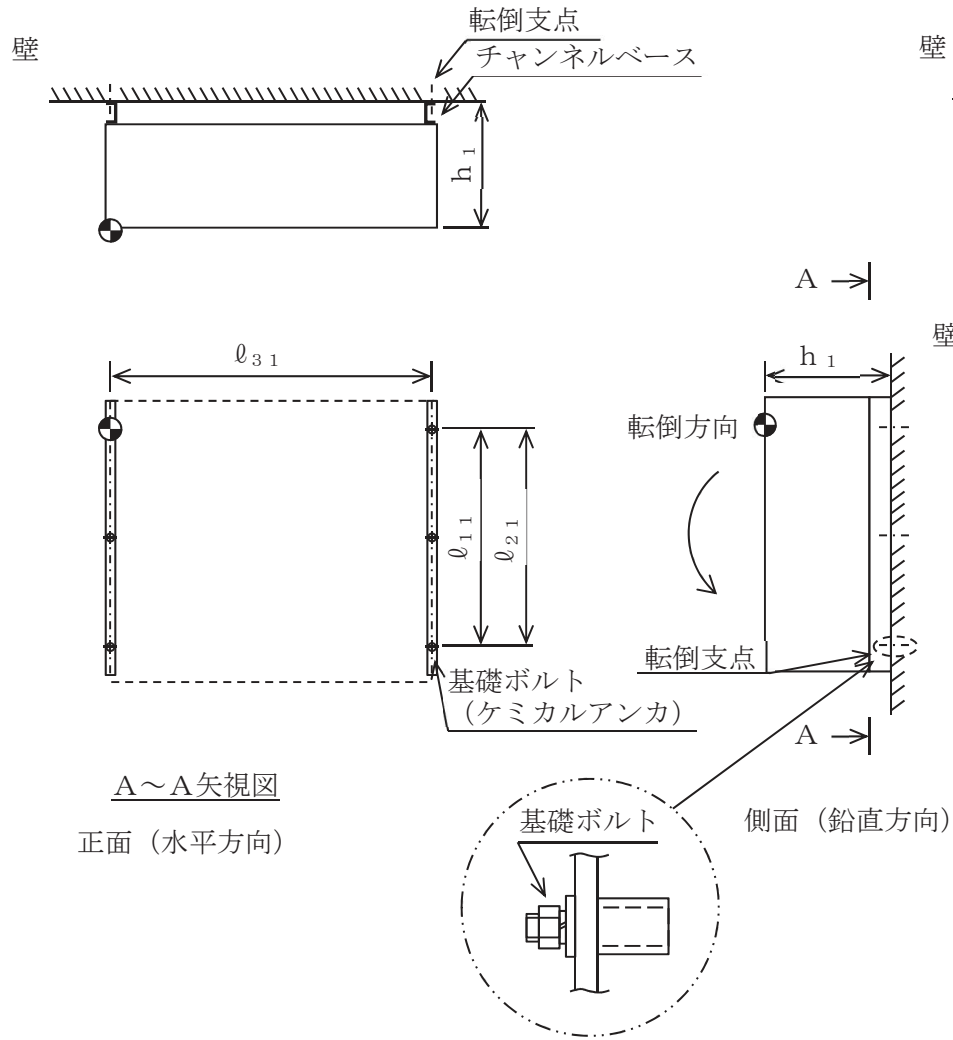
2.4.2 電氣的機能維持の評価結果

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
残留熱除去系ポンプ 出口流量 (E11-FT006C)	水平方向	1.11	
	鉛直方向	0.73	

注記*：基準地震動 S_sにより定まる応答加速度とする。
機能維持評価用加速度 (1.0ZPA) は、すべて機能確認済加速度以下である。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



VI-2-6-5-2-3-10 低圧炉心スプレイ系ポンプ出口流量の耐震性について
の計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
4. 構造強度評価	3
4.1 構造強度評価方法	3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	3
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	3
4.2.2 許容応力	3
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	3
5. 機能維持評価	6
5.1 電氣的機能維持評価方法	6
6. 評価結果	7
6.1 設計基準対象施設としての評価結果	7
6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	7

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、低圧炉心スプレイ系ポンプ出口流量が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

低圧炉心スプレイ系ポンプ出口流量は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、低圧炉心スプレイ系ポンプ出口流量が設置される計装ラックは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の壁掛形計装ラックであるため、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

低圧炉心スプレイ系ポンプ出口流量の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより取付板に固定され、取付板は、取付板取付ボルトにより計装ラックに固定される。</p> <p>計装ラックは、チャンネルベースに取付ボルトで設置する。</p>	<p>差圧式流量検出器</p>	<p>【低圧炉心スプレイ系ポンプ出口流量】</p> <p>壁</p> <p>埋込金物 (チャンネルベースと溶接にて固定)</p> <p>チャンネルベース</p> <p>取付ボルト</p> <p>計装ラック</p> <p>1000</p> <p>500</p> <p>側面</p> <p>壁</p> <p>取付板取付ボルト</p> <p>計器取付ボルト</p> <p>取付板</p> <p>検出器</p> <p>1700</p> <p>(単位：mm)</p>

3. 固有周期

低圧炉心スプレイ系ポンプ出口流量が設置される計装ラックの固有周期は、構造が同等であり、同様な振動特性を持つ計装ラックに対する振動試験（打振試験）の結果確認された固有周期を使用する。固有周期の確認結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期 (単位：s)

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

低圧炉心スプレイ系ポンプ出口流量の構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

低圧炉心スプレイ系ポンプ出口流量の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-1 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-2 に示す。

4.2.2 許容応力

低圧炉心スプレイ系ポンプ出口流量の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 4-3 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

低圧炉心スプレイ系ポンプ出口流量の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-4 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-5 に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	低圧炉心スプレイ系ポンプ 出口流量	S	—*1	$D + P_D + M_D + S_d^*$	III _{AS}
					$D + P_D + M_D + S_s$	IV _{AS}

注記*1：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

表 4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	低圧炉心スプレイ系ポンプ 出口流量	常設／防止 (DB 拡張)	—*2	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	IV _{AS}
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _{AS} (V _{AS} として IV _{AS} の許容限界 を用いる。)

注記*1：「常設／防止（DB 拡張）」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

*3：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため、評価結果の記載を省略する。

表 4-3 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
Ⅲ _A S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
Ⅳ _A S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
Ⅴ _A S (Ⅴ _A SとしてⅣ _A Sの許容限界を用いる。)		

注記*1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

*2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-4 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	S _{y i} (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト (i = 2)	SS400 (16mm < 径 ≤ 40mm)	周囲環境温度	40	235	400	—

表 4-5 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	S _{y i} (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト (i = 2)	SS400 (16mm < 径 ≤ 40mm)	周囲環境温度	66	225	385	—

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

低圧炉心スプレイ系ポンプ出口流量の電気的機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

計装ラックに設置される検出器の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
低圧炉心スプレイ系ポンプ出口流量 (E21-FT006)	水平	
	鉛直	

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

低圧炉心スプレイ系ポンプ出口流量の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

低圧炉心スプレイ系ポンプ出口流量の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【低圧炉心スプレイ系ポンプ出口流量（E21-FT006）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境 温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
低圧炉心スプレイ系 ポンプ出口流量 (E21-FT006)	S	原子炉建屋 O.P. -0.80 (O.P. 6.00*)	0.05 以下	0.05 以下	C _H =0.72	C _V =0.63	C _H =1.57	C _V =1.09	40

注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部 材	m _i (kg)	h _i (mm)	ℓ _{1i} (mm)	ℓ _{2i} (mm)	ℓ _{3i} (mm)	d _i (mm)	A _{bi} (mm ²)	n _i	n _{fvi}	n _{fhi}	
取付ボルト (i=2)		500							14	3	4

部 材	S _{yi} (MPa)	S _{ui} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用 地震動 S _d 又 は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	235	400	235	280	鉛直方向	鉛直方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

部 材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力 (単位：MPa)

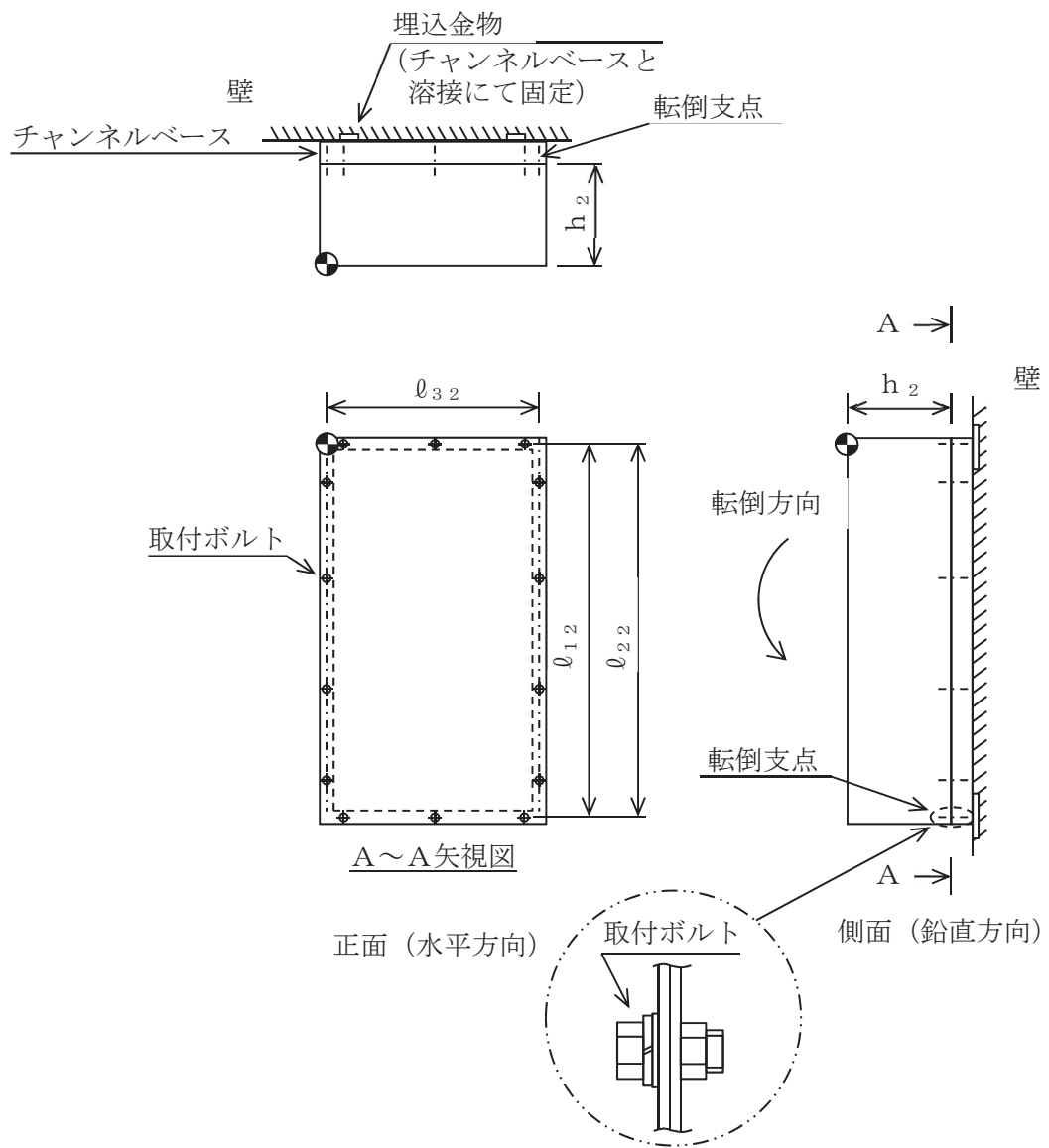
部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	$\sigma_{b2}=9$	$f_{ts2}=176^*$	$\sigma_{b2}=17$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	$\tau_{b2}=3$	$f_{sb2}=135$	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=161$

注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$ より算出。
 すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
低圧炉心スプレイ系 ポンプ出口流量 (E21-FT006)	水平方向	1.31	
	鉛直方向	0.91	

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。
 機能維持評価用加速度 (1.0ZPA) は、すべて機能確認済加速度以下である。



2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境 温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
低圧炉心スプレイ系 ポンプ出口流量 (E21-FT006)	常設/防止 (DB 拡張)	原子炉建屋 O.P. -0.80 (O.P. 6.00*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =1.57	C _V =1.09	66

注記* : 基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

部 材	m _i (kg)	h _i (mm)	ℓ _{1i} (mm)	ℓ _{2i} (mm)	ℓ _{3i} (mm)	d _i (mm)	A _{bi} (mm ²)	n _i	n _{fVi}	n _{fHi}	
取付ボルト (i=2)		500							14	3	4

部 材	S _{yi} (MPa)	S _{ui} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用 地震動 S _d 又 は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	225	385	—	270	—	鉛直方向

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s
取付ボルト ($i=2$)	—		—	

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト ($i=2$)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=17$	$f_{ts2}=202^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=155$

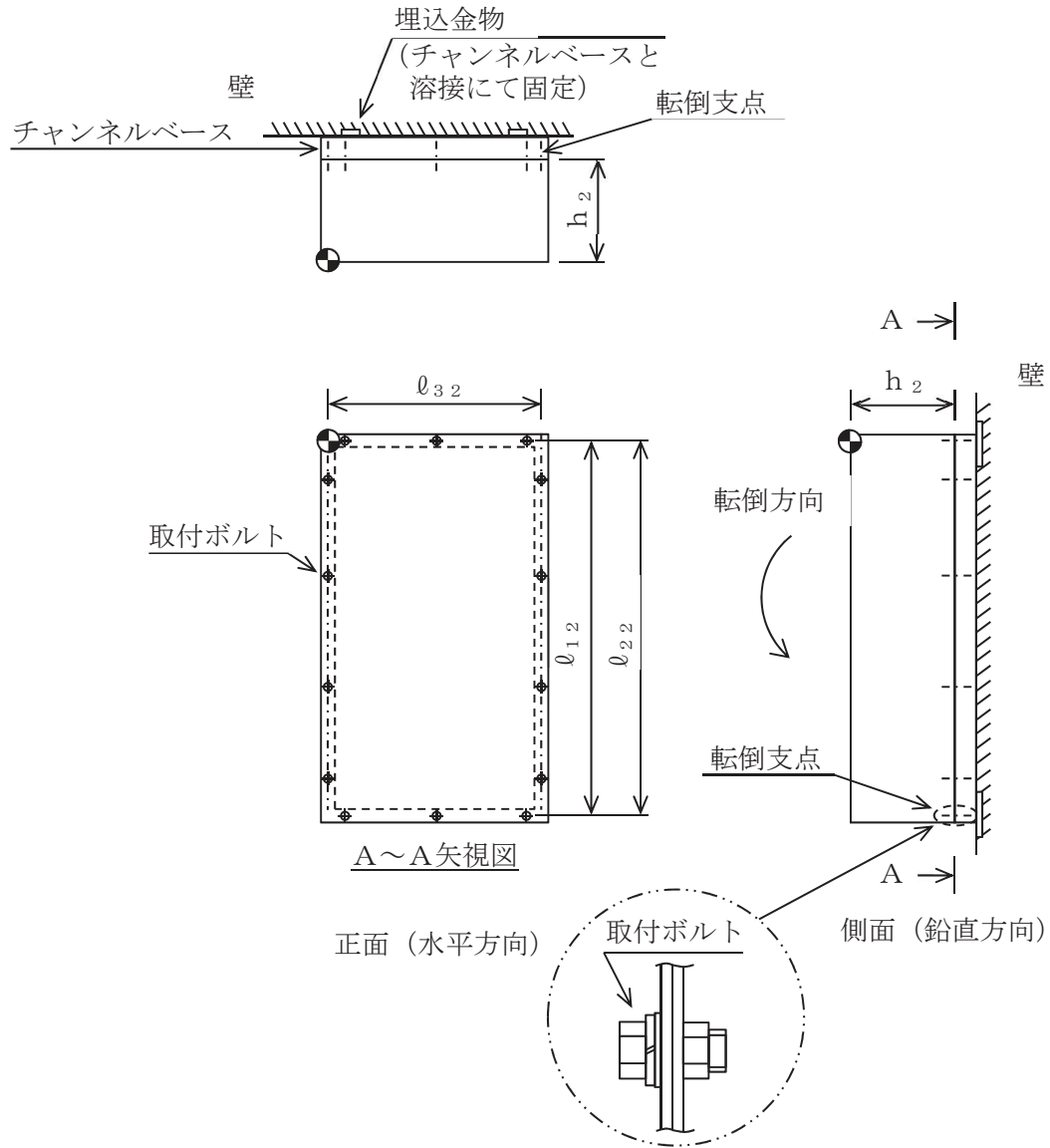
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$ より算出。
 すべて許容応力以下である。

2.4.2 電氣的機能維持の評価結果

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
低圧炉心スプレイ系 ポンプ出口流量 (E21-FT006)	水平方向	1.31	
	鉛直方向	0.91	

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。
 機能維持評価用加速度 (1.0ZPA) は、すべて機能確認済加速度以下である。



VI-2-6-5-3 原子炉压力容器本体内の圧力又は水位を計測する装置（常設）の耐震性についての計算書

目 次

VI-2-6-5-3-1 原子炉压力容器本体内部圧力計測装置の耐震性についての計算書

VI-2-6-5-3-2 原子炉压力容器本体内部水位計測装置の耐震性についての計算書

VI-2-6-5-3-1 原子炉压力容器本体内部圧力計測装置の耐震性についての計算書

目 次

- VI-2-6-5-3-1-1 原子炉圧力の耐震性についての計算書
- VI-2-6-5-3-1-2 原子炉圧力 (SA) の耐震性についての計算書

VI-2-6-5-3-1-1 原子炉圧力の耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
4. 構造強度評価	3
4.1 構造強度評価方法	3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	3
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	3
4.2.2 許容応力	3
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	3
5. 機能維持評価	6
5.1 電氣的機能維持評価方法	6
6. 評価結果	7
6.1 設計基準対象施設としての評価結果	7
6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	7

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、原子炉圧力が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

原子炉圧力 (B21-PT023A, B, C, D) は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に分類される。原子炉圧力 (B21-PT051A, B) は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

なお、原子炉圧力が設置される計装ラックは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の壁掛形計装ラックであるため、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

構造強度評価については、計装ラックの取付ボルトに作用する応力の裕度が厳しい条件（許容値／発生値の小さい方）となるものを代表として評価する。また、電気的機能維持評価については、機能維持評価用加速度が最大となる計器について代表として評価する。電気的機能維持評価に用いる機能維持評価用加速度は、設置床高さが同じで計装ラックが剛構造の場合は同じ加速度となることから、構造強度評価の代表として選定した検出器を代表として評価する。評価対象を表 1-1 に示す。

表 1-1 概略構造識別

評価部位	評価方法	構造計画
B21-PT023A (代表) B21-PT023B B21-PT023C B21-PT023D B21-PT051A (代表) B21-PT051B	VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針	表 2-1 構造計画

2. 一般事項

2.1 構造計画

原子炉圧力の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより取付板に固定され、取付板は、取付板取付ボルトにより計装ラックに固定される。</p> <p>計装ラックは、チャンネルベースに取付ボルトで設置する。</p>	<p>弾性圧力検出器</p>	<p>【原子炉圧力 (H22-P005A (B21-PT023A, B21-PT051A))】</p> <p>注記*：検出器は代表して1台を示す。</p> <p>(単位：mm)</p>

3. 固有周期

原子炉圧力が設置される計装ラックの固有周期は、構造が同等であり、同様な振動特性を持つ計装ラックに対する振動試験（打振試験）の結果確認された固有周期を使用する。固有周期の確認結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期 (単位：s)

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

原子炉圧力の構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉圧力の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-1 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-2 に示す。

4.2.2 許容応力

原子炉圧力の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 4-3 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

原子炉圧力の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-4 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-5 に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	原子炉圧力 (B21-PT023A, B21-PT051A)	S	—*1	$D + P_D + M_D + S_d^*$	III _{AS}
					$D + P_D + M_D + S_s$	IV _{AS}

注記*1：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

表 4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	原子炉圧力 (B21-PT051A)	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	IV _{AS}
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _{AS} (V _{AS} として IV _{AS} の許容限界 を用いる。)

注記*1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

*3：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4-3 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
Ⅲ _A S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
Ⅳ _A S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
Ⅴ _A S (Ⅴ _A SとしてⅣ _A Sの許容限界を用いる。)		

注記*1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

*2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-4 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	S _{y i} (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト (i = 2)	SS400 (16mm < 径 ≤ 40mm)	周囲環境温度	40	235	400	—

表 4-5 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	S _{y i} (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト (i = 2)	SS400 (16mm < 径 ≤ 40mm)	周囲環境温度	66	225	385	—

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

原子炉圧力の電気的機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

計装ラックに設置される検出器の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電気的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
原子炉圧力 (B21-PT023A, B21-PT051A)	水平	
	鉛直	

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

原子炉圧力の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

原子炉圧力の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【原子炉圧力（B21-PT023A, B21-PT051A）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境 温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉圧力 (B21-PT023A, B21-PT051A)	S	原子炉建屋 0. P. 15. 00 (0. P. 22. 50*)	0. 05 以下	0. 05 以下	C _H =1. 13	C _V =0. 91	C _H =2. 12	C _V =1. 56	40

注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部 材	m _i (kg)	h _i (mm)	ℓ _{1i} (mm)	ℓ _{2i} (mm)	ℓ _{3i} (mm)	d _i (mm)	A _{bi} (mm ²)	n _i	n _{fvi}	n _{fhi}	
取付ボルト (i=2)		500							16	4	4

部 材	S _{yi} (MPa)	S _{ui} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用 地震動 S _d 又 は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	235	400	235	280	鉛直方向	鉛直方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	$\sigma_{b2}=13$	$f_{ts2}=176^*$	$\sigma_{b2}=22$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=135$	$\tau_{b2}=7$	$f_{sb2}=161$

注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$ より算出。

すべて許容応力以下である。

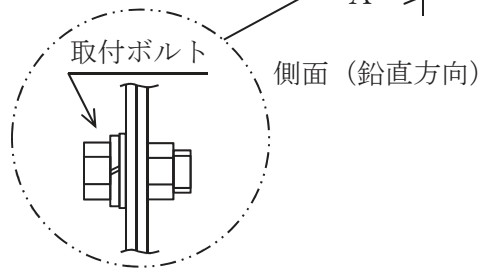
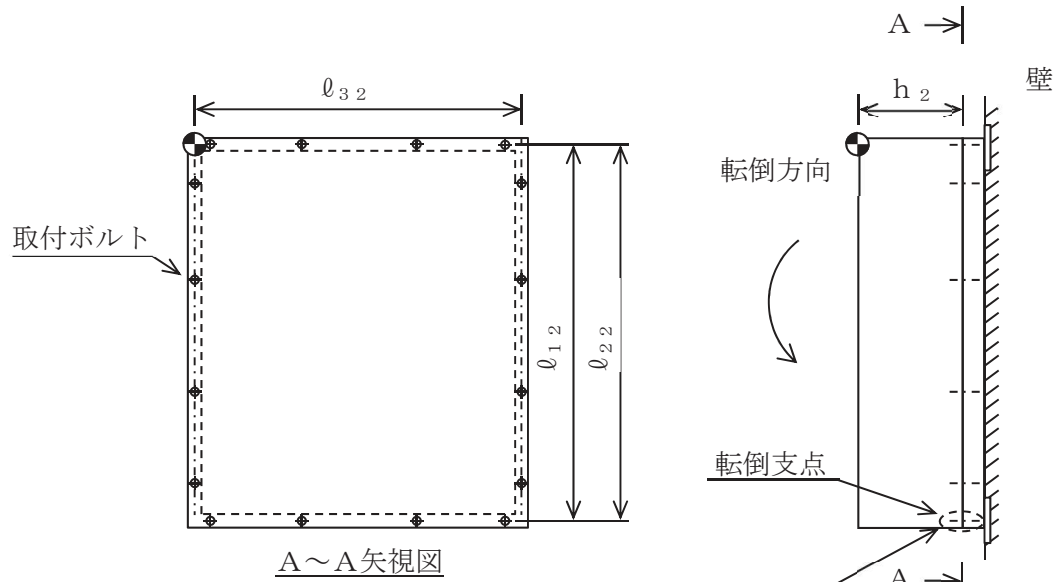
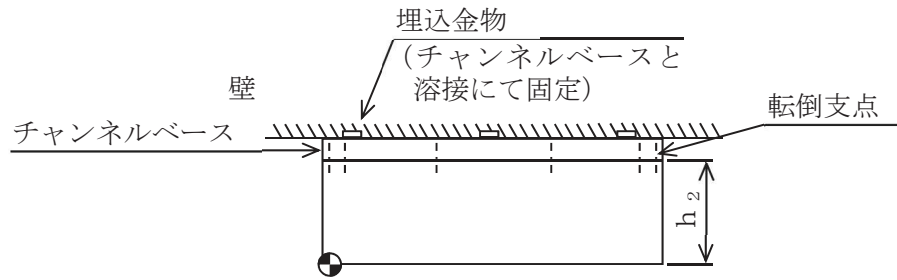
1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉圧力 (B21-PT023A, B21-PT051A)	水平方向	1.77	
	鉛直方向	1.30	

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 (1.0ZPA) は、すべて機能確認済加速度以下である。



2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境 温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉圧力 (B21-PT051A)	常設耐震／防止 常設／緩和	原子炉建屋 O.P. 15.00 (O.P. 22.50*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =2.12	C _V =1.56	66

注記*：基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

部 材	m _i (kg)	h _i (mm)	ℓ _{1i} (mm)	ℓ _{2i} (mm)	ℓ _{3i} (mm)	d _i (mm)	A _{bi} (mm ²)	n _i	n _{fVi}	n _{fHi}	
取付ボルト (i=2)		500							16	4	4

部 材	S _{yi} (MPa)	S _{ui} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用 地震動 S _d 又 は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	225	385	—	270	—	鉛直方向

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s
取付ボルト ($i=2$)	—		—	

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト ($i=2$)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=22$	$f_{ts2}=202^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=7$	$f_{sb2}=155$

注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$ より算出。

すべて許容応力以下である。

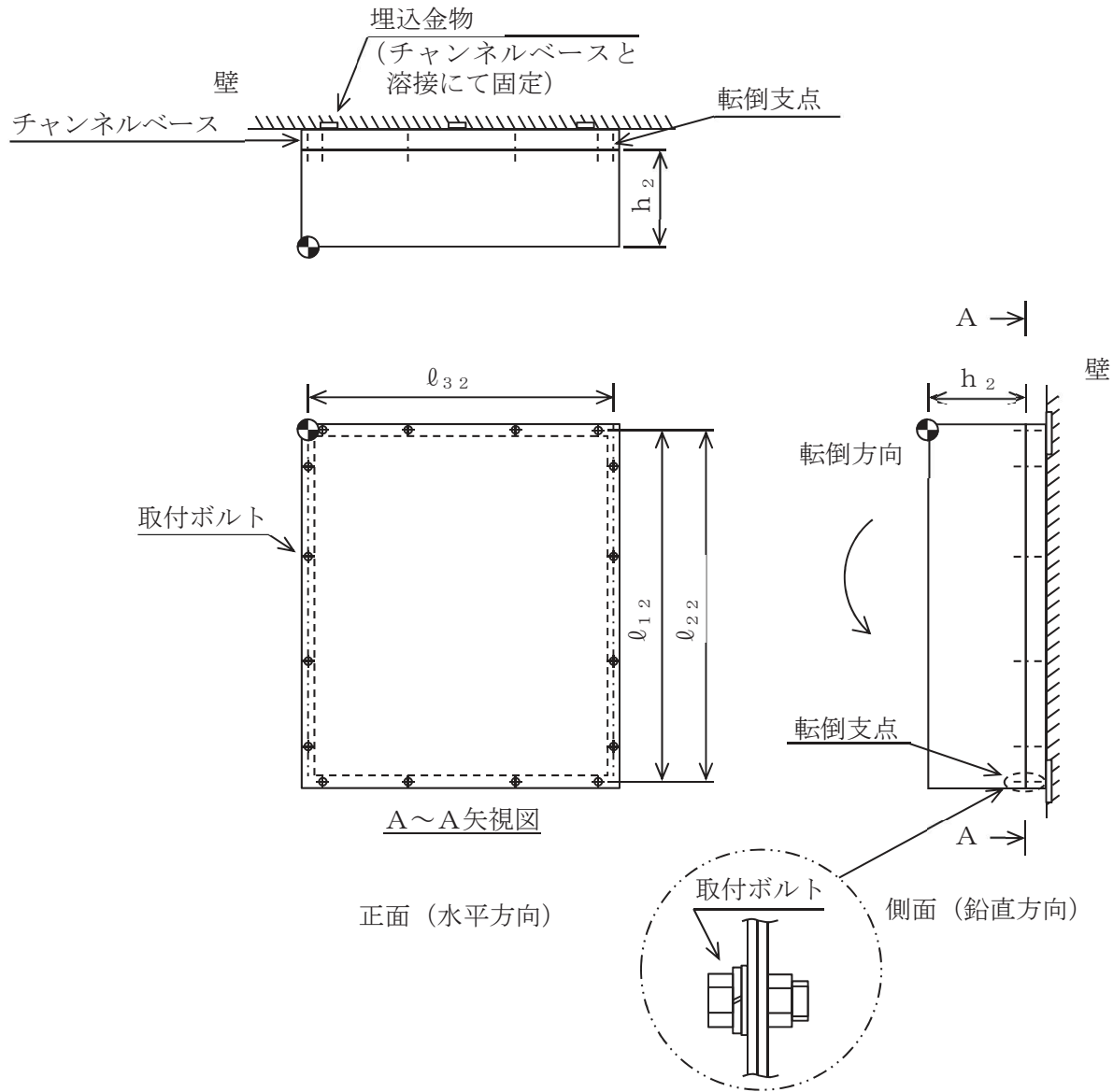
2.4.2 電氣的機能維持の評価結果

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉圧力 (B21-PT051A)	水平方向	1.77	
	鉛直方向	1.30	

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 (1.0ZPA) は、すべて機能確認済加速度以下である。



VI-2-6-5-3-1-2 原子炉圧力 (SA) の耐震性についての計算書

目次

1. 原子炉圧力 (SA) (計装ラック)	1
1.1 概要	1
1.2 一般事項	1
1.2.1 構造計画	1
1.3 固有周期	3
1.4 構造強度評価	3
1.4.1 構造強度評価方法	3
1.4.2 荷重の組合せ及び許容応力	3
1.5 機能維持評価	6
1.5.1 電氣的機能維持評価方法	6
1.6 評価結果	7
1.6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	7
2. 原子炉圧力 (SA) (計器スタンション (B21-PT060A))	11
2.1 概要	11
2.2 一般事項	11
2.2.1 構造計画	11
2.3 固有周期	13
2.4 構造強度評価	13
2.4.1 構造強度評価方法	13
2.4.2 荷重の組合せ及び許容応力	13
2.5 機能維持評価	16
2.5.1 電氣的機能維持評価方法	16
2.6 評価結果	17
2.6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	17
3. 原子炉圧力 (SA) (計器スタンション (B21-PT060B))	21
3.1 概要	21
3.2 一般事項	21
3.2.1 構造計画	21
3.3 固有周期	23
3.4 構造強度評価	23
3.4.1 構造強度評価方法	23
3.4.2 荷重の組合せ及び許容応力	23
3.5 機能維持評価	26
3.5.1 電氣的機能維持評価方法	26

3.6 評価結果	27
3.6.1 重大事故等対処設備としての評価結果.....	27

1. 原子炉圧力 (SA) (計装ラック)

1.1 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、原子炉圧力 (SA) (計装ラック) が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

原子炉圧力 (SA) (計装ラック) は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、原子炉圧力 (SA) (計装ラック) が設置される計装ラックは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の壁掛形計装ラックであるため、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

構造強度評価については、計装ラックの取付ボルトに作用する応力の裕度が厳しい条件（許容値／発生値の小さい方）となるものを代表として評価する。また、電氣的機能維持評価については、評価用加速度が最大となる計器について代表として評価する。電氣的機能維持評価に用いる評価用加速度は、設置床高さが同じで計装ラックが剛構造の場合は同じ加速度となることから、構造強度評価の代表として選定した検出器を代表として評価する。

評価対象を表 1-1 に示す。

表 1-1 概略構造識別

評価部位	評価方法	構造計画
B21-PT045A (代表) B21-PT045B B21-PT045C B21-PT045D	VI-2-1-13-8 計装ラック の耐震性についての計算書 作成の基本方針	表 1-2 構造計画

1.2 一般事項

1.2.1 構造計画

原子炉圧力 (SA) (計装ラック) の構造計画を表 1-2 に示す。

表 1-2 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより取付板に固定され、取付板は取付板取付ボルトにより計装ラックに固定される。</p> <p>計装ラックは、チャンネルベースに取付ボルトで設置する。</p>	<p>弾性圧力検出器</p>	<p>【原子炉圧力 (SA) H22-P005A (B21-PT045A)】</p> <p>上面</p> <p>側面</p> <p>(単位 : mm)</p> <p>注記* : 検出器は代表して 1 台を示す。</p>

1.3 固有周期

原子炉圧力 (SA) (計装ラック) が設置される計装ラックの固有周期は、構造が同等であり、同様な振動特性を持つ計装ラックに対する振動試験 (打振試験) の結果確認された固有周期を使用する。固有周期の確認結果を表 1-3 に示す。

表 1-3 固有周期 (単位 : s)

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

1.4 構造強度評価

1.4.1 構造強度評価方法

原子炉圧力 (SA) (計装ラック) の構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

1.4.2 荷重の組合せ及び許容応力

(1) 荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉圧力 (SA) (計装ラック) の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 1-4 に示す。

(2) 許容応力

原子炉圧力 (SA) (計装ラック) の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 1-5 のとおりとする。

(3) 使用材料の許容応力評価条件

原子炉圧力 (SA) (計装ラック) の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 1-6 に示す。

表 1-4 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	原子炉圧力 (SA)	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IV_{AS}
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V_{AS} (V_{AS} として IV_{AS} の許容限界 を用いる。)

注記*1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

*3：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 1-5 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
IV _A S	1.5 · f _t * (V _A S としてIV _A S の許容限界を用いる。)	1.5 · f _s *
V _A S		

注記*1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

*2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 1-6 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	S _{y i} (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト (i =2)	SS400 (16mm < 径 ≤ 40mm)	周囲環境温度	66	225	385	—

1.5 機能維持評価

1.5.1 電氣的機能維持評価方法

原子炉圧力 (SA) (計装ラック) の電氣的機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

計装ラックに設置される検出器の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 1-7 に示す。

表 1-7 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
原子炉圧力 (SA) (B21-PT045A)	水平	
	鉛直	

1.6 評価結果

1.6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

原子炉圧力 (SA) (計装ラック) の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【原子炉圧力 (SA) (計装ラック) (H22-P005A (B21-PT045A)) の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境 温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉圧力 (SA) (B21-PT045A)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋 O.P. 15.00 (O.P. 22.50*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =2.12	C _V =1.56	66

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部 材	m _i (kg)	h _i (mm)	ℓ _{1i} (mm)	ℓ _{2i} (mm)	ℓ _{3i} (mm)	d _i (mm)	A _{bi} (mm ²)	n _i	n _{fvi}	n _{fhi}
取付ボルト (i=2)		500						16	4	4

部 材	S _{yi} (MPa)	S _{ui} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用 地震動 S _d 又 は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	225	385	—	270	—	鉛直方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s
取付ボルト ($i=2$)	—		—	

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト ($i=2$)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=22$	$f_{ts2}=202^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=7$	$f_{sb2}=155$

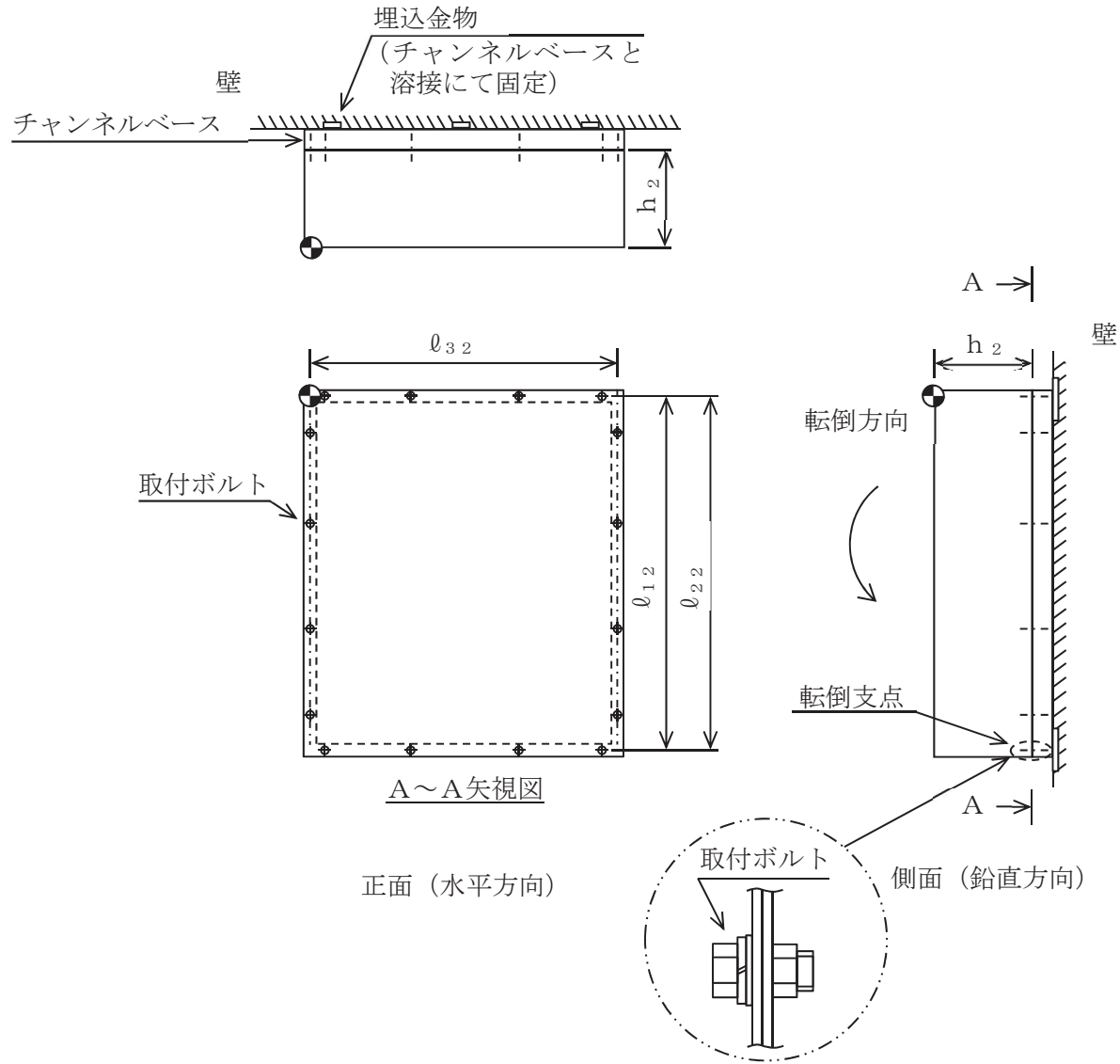
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$ より算出。
すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉圧力 (SA) (B21-PT045A)	水平方向	1.77	
	鉛直方向	1.30	

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。
機能維持評価用加速度 (1.0ZPA) は、すべて機能確認済加速度以下である。



2. 原子炉圧力 (SA) (計器スタンション (B21-PT060A))

2.1 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、原子炉圧力 (SA) (計器スタンション (B21-PT060A)) が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

原子炉圧力 (SA) (計器スタンション (B21-PT060A)) は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、原子炉圧力 (SA) (計器スタンション (B21-PT060A)) が設置される計器スタンションは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の壁掛形計器スタンションであるため、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2.2 一般事項

2.2.1 構造計画

原子炉圧力 (SA) (計器スタンション (B21-PT060A)) の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより取付板に固定され、取付板は、取付板取付ボルトにより計器ステーションに固定される。</p> <p>計器ステーションは、基礎に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>弾性圧力検出器</p>	<p>【原子炉圧力 (SA) (計器ステーション (B21-PT060A))】</p> <p>The diagram shows three views of the instrument station: <ul style="list-style-type: none"> Top View (上面): Shows the instrument station mounted on a base with four bolts. Front View (正面): Shows the instrument station with a width of 250 mm and a total height of 850 mm. It includes labels for the '計器ステーション' (instrument station) and '計器取付ボルト' (instrument mounting bolts). Side View (側面): Shows the instrument station mounted on a '基礎 (壁面)' (base/wall) with a width of 455 mm. It includes labels for '検出器' (detector), '取付板' (mounting plate), '計器取付ボルト' (instrument mounting bolts), '取付板取付ボルト' (mounting plate mounting bolts), and '基礎ボルト (ケミカルアンカ)' (base bolts (chemical anchors)). </p> <p>(単位：mm)</p>

2.3 固有周期

原子炉圧力 (SA) (計器スタンション (B21-PT060A)) が設置される計器スタンションの固有周期は、構造が同等であり、同様な振動特性を持つ計器スタンションに対する振動試験 (打振試験) の結果確認された固有周期を使用する。

固有周期の確認結果を表 2-2 に示す。

表 2-2 固有周期 (単位: s)

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

2.4 構造強度評価

2.4.1 構造強度評価方法

原子炉圧力 (SA) (計器スタンション (B21-PT060A)) の構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

2.4.2 荷重の組合せ及び許容応力

(1) 荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉圧力 (SA) (計器スタンション (B21-PT060A)) の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 2-3 に示す。

(2) 許容応力

原子炉圧力 (SA) (計器スタンション (B21-PT060A)) の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 2-4 のとおりとする。

(3) 使用材料の許容応力評価条件

原子炉圧力 (SA) (計器スタンション (B21-PT060A)) の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 2-5 に示す。

表 2-3 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	原子炉圧力 (SA)	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IV_{AS}
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V_{AS} (V_{AS} として IV_{AS} の許容限界 を用いる。)

注記*1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

*3：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 2-4 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
IV _A S	1.5・f _t * (V _A SとしてIV _A Sの許容限界を用いる。)	1.5・f _s *
V _A S		

注記*1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

*2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 2-5 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	66	206	385	—

2.5 機能維持評価

2.5.1 電氣的機能維持評価方法

原子炉圧力 (SA) (計器スタンション (B21-PT060A)) の電氣的機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

計器スタンションに設置される検出器の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 2-6 に示す。

表 2-6 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
原子炉圧力 (SA) (B21-PT060A)	水平	
	鉛直	

2.6 評価結果

2.6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

原子炉圧力 (SA) (計器スタンション (B21-PT060A)) の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【原子炉圧力 (SA) (計器スタンション (B21-PT060A)) の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境 温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉圧力 (SA) (B21-PT060A)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋 O.P. 15.00 (O.P. 22.50*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =2.12	C _V =1.56	66

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部 材	m (kg)	h ₂ (mm)	ℓ ₃ (mm)	ℓ _a (mm)	ℓ _b (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	n _{fV}	n _{fH}
基礎ボルト		455						4	2	2

部 材	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用 地震動 S _d 又 は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	206	385	—	247	—	水平方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F _b		Q _b	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	—		—	

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	—	—	$\sigma_b = 10$	$f_{ts} = 185^*$
		せん断	—	—	$\tau_b = 3$	$f_{sb} = 142$

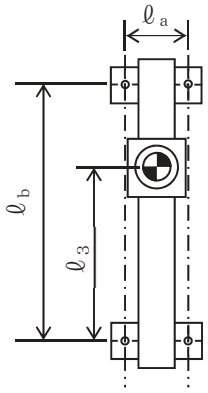
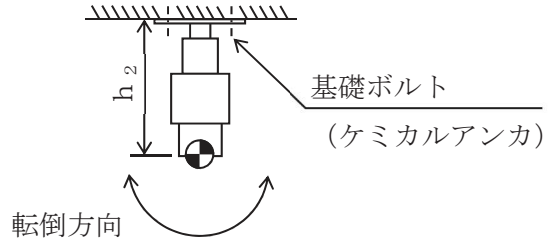
注記*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$ より算出。
 すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

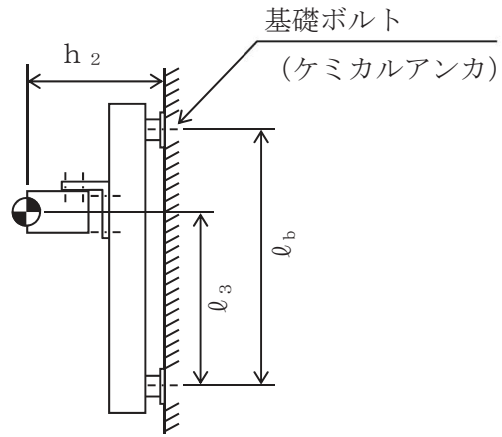
($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉圧力 (SA) (B21-PT060A)	水平方向	1.77	
	鉛直方向	1.30	

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。
 機能維持評価用加速度 (1.0ZPA) は、すべて機能確認済加速度以下である。



正面 (水平方向)



側面 (鉛直方向)

3. 原子炉圧力 (SA) (計器スタンション (B21-PT060B))

3.1 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、原子炉圧力 (SA) (計器スタンション (B21-PT060B)) が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

原子炉圧力 (SA) (計器スタンション (B21-PT060B)) は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、原子炉圧力 (SA) (計器スタンション (B21-PT060B)) が設置される計器スタンションは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形計器スタンションであるため、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

3.2 一般事項

3.2.1 構造計画

原子炉圧力 (SA) (計器スタンション (B21-PT060B)) の構造計画を表 3-1 に示す。

表 3-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより取付板に固定され、取付板は、取付板取付ボルトにより計器ステーションに固定される。</p> <p>計器ステーションは、基礎に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>弾性圧力検出器</p>	<p>【原子炉圧力 (SA) (計器ステーション (B21-PT060B))】</p> <p>The diagram illustrates the assembly of a pressure detector. It includes three views: a top view showing a square component with four mounting holes; a front view showing a vertical assembly with a width of 160 mm and a total height of 1100 mm, mounted on a base with '基礎ボルト (ケミカルアンカ)' (foundation bolts (chemical anchors)); and a side view showing a vertical assembly with a width of 375 mm, including labels for '検出器' (detector), '計器取付ボルト' (instrument mounting bolt), '取付板' (mounting plate), '取付板取付ボルト' (mounting plate mounting bolt), and '計器ステーション' (instrument station). The base is labeled '基礎 (床面)' (foundation (floor surface)).</p> <p>(単位 : mm)</p>

3.3 固有周期

原子炉圧力 (SA) (計器スタンション (B21-PT060B)) が設置される計器スタンションの固有周期は、構造が同等であり、同様な振動特性を持つ計器スタンションに対する振動試験 (打振試験) の結果確認された固有周期を使用する。固有周期の確認結果を表 3-2 に示す。

表 3-2 固有周期 (単位: s)

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

3.4 構造強度評価

3.4.1 構造強度評価方法

原子炉圧力 (SA) (計器スタンション (B21-PT060B)) の構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

3.4.2 荷重の組合せ及び許容応力

(1) 荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉圧力 (SA) (計器スタンション (B21-PT060B)) の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-3 に示す。

(2) 許容応力

原子炉圧力 (SA) (計器スタンション (B21-PT060B)) の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 3-4 のとおりとする。

(3) 使用材料の許容応力評価条件

原子炉圧力 (SA) (計器スタンション (B21-PT060B)) の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-5 に示す。

表 3-3 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	原子炉圧力 (SA)	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IV_{AS}
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V_{AS} (V_{AS} として IV_{AS} の許容限界 を用いる。)

注記*1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

*3：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 3-4 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
IV _A S	1.5・f _t * (V _A SとしてIV _A Sの許容限界を用いる。)	1.5・f _s * (V _A SとしてIV _A Sの許容限界を用いる。)
V _A S		

注記*1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

*2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 3-5 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
		基礎ボルト	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	66	206

3.5 機能維持評価

3.5.1 電氣的機能維持評価方法

原子炉圧力 (SA) (計器スタンション (B21-PT060B)) の電氣的機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

計器スタンションに設置される検出器の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 3-6 に示す。

表 3-6 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
原子炉圧力 (SA) (B21-PT060B)	水平	
	鉛直	

3.6 評価結果

3.6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

原子炉圧力 (SA) (計器スタンション (B21-PT060B)) の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【原子炉圧力 (SA) (計器スタンション (B21-PT060B)) の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境 温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉圧力 (SA) (B21-PT060B)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋 O. P. 15.00*	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =1.97	C _V =1.37	66

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部 材	m (kg)	h ₁ (mm)	ℓ ₁ * ¹ (mm)	ℓ ₂ * ¹ (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	n _f * ¹	
基礎ボルト		920						4	2
									2

部 材	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用 地震動 S _d 又 は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	206	385	—	247	—	前後方向

注記* 1 : 各ボルトの機器要目における上段は左右方向転倒に対する評価時の要目を示し、
下段は前後方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F _b		Q _b	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	—		—	

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	—	—	$\sigma_b = 18$	$f_{ts} = 185^*$
		せん断	—	—	$\tau_b = 2$	$f_{sb} = 142$

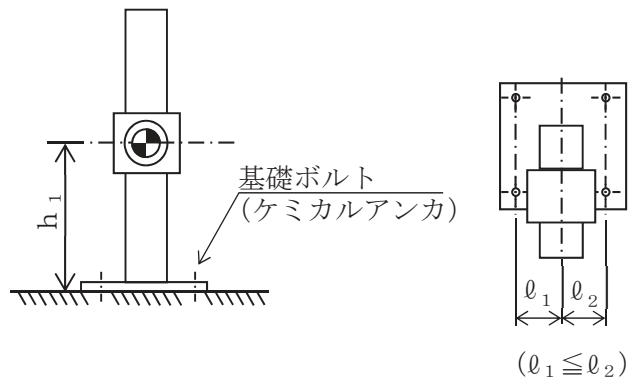
注記*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$ より算出。
 すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

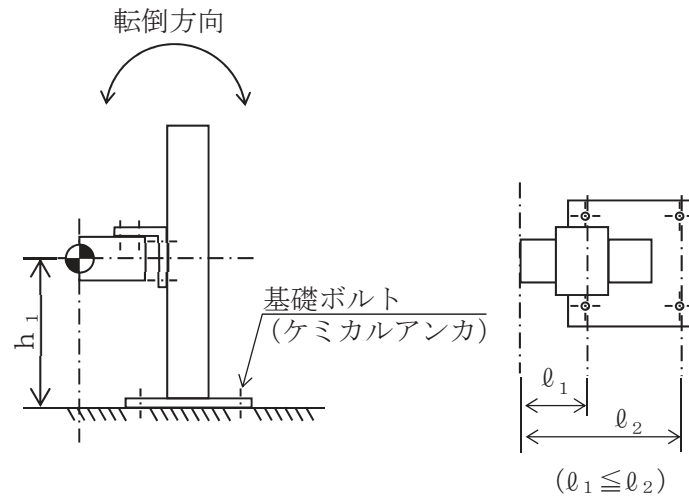
($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉圧力 (SA) (B21-PT060B)	水平方向	1.65	
	鉛直方向	1.15	

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。
 機能維持評価用加速度 (1.0ZPA) は、すべて機能確認済加速度以下である。



正面 (左右方向)



側面 (前後方向)

VI-2-6-5-3-2 原子炉压力容器本体内部水位計測装置の耐震性についての計算書

目 次

- VI-2-6-5-3-2-1 原子炉水位の耐震性についての計算書
- VI-2-6-5-3-2-2 原子炉水位（広帯域）の耐震性についての計算書
- VI-2-6-5-3-2-3 原子炉水位（燃料域）の耐震性についての計算書
- VI-2-6-5-3-2-4 原子炉水位（SA 広帯域）の耐震性についての計算書
- VI-2-6-5-3-2-5 原子炉水位（SA 燃料域）の耐震性についての計算書

VI-2-6-5-3-2-1 原子炉水位の耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
4. 構造強度評価	3
4.1 構造強度評価方法	3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	3
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	3
4.2.2 許容応力	3
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	3
5. 機能維持評価	6
5.1 電気的機能維持評価方法	6
6. 評価結果	7
6.1 設計基準対象施設としての評価結果	7

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、原子炉水位が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

原子炉水位は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に分類される。以下、設計基準対象施設としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

なお、原子炉水位が設置される計装ラックは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の壁掛形計装ラックであるため、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

構造強度評価については、計装ラックの取付ボルトに作用する応力の裕度が厳しい条件（許容値／発生値の小さい方）となるものを代表として評価する。また、電気的機能維持評価については、機能維持評価用加速度が最大となる計器について代表として評価する。電気的機能維持評価に用いる機能維持評価用加速度は、設置床高さが同じで計装ラックが剛構造の場合は同じ加速度となることから、構造強度評価の代表として選定した検出器を代表として評価する。評価対象を表 1-1 に示す。

表 1-1 概略構造識別

評価部位	評価方法	構造計画
B21-LT024A (代表)	VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針	表 2-1 構造計画
B21-LT024B		
B21-LT024C		
B21-LT024D		
B21-LT026A		
B21-LT026B		
B21-LT026C		
B21-LT026D		
B21-LT031A		
B21-LT031B		
B21-LT031C		
B21-LT031D		
B21-LT038A		
B21-LT038B		
B21-LT054		

2. 一般事項

2.1 構造計画

原子炉水位の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより取付板に固定され、取付板は、取付板取付ボルトにより計装ラックに固定される。</p> <p>計装ラックは、チャンネルベースに取付ボルトで設置する。</p>	<p>差圧式水位検出器</p>	<p>【原子炉水位 (H22-P005A (B21-LT024A))】</p> <p>注記*：検出器は代表して1台を示す。</p> <p>(単位：mm)</p>

3. 固有周期

原子炉水位が設置される計装ラックの固有周期は、構造が同等であり、同様な振動特性を持つ計装ラックに対する振動試験（打振試験）の結果確認された固有周期を使用する。固有周期の確認結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期 (単位：s)

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

原子炉水位の構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉水位の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

原子炉水位の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

原子炉水位の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-3 に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	原子炉水位	S	—*1	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _{AS}
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _{AS}

注記*1：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

表 4-2 許容応力（その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
Ⅲ _A S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
Ⅳ _A S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

注記*1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

*2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	S _{y i} (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト (i = 2)	SS400 (16mm < 径 ≤ 40mm)	周囲環境温度	40	235	400	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

原子炉水位の電氣的機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

計装ラックに設置される検出器の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
原子炉水位 (B21-LT024A)	水平	
	鉛直	

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

原子炉水位の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【原子炉水位（B21-LT024A）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境 温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉水位 (B21-LT024A)	S	原子炉建屋 0.P.15.00 (0.P.22.50*)	0.05 以下	0.05 以下	C _H =1.13	C _V =0.91	C _H =2.12	C _V =1.56	40

注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部 材	m _i (kg)	h _i (mm)	ℓ _{1i} (mm)	ℓ _{2i} (mm)	ℓ _{3i} (mm)	d _i (mm)	A _{bi} (mm ²)	n _i	n _{fvi}	n _{fhi}
取付ボルト (i=2)		500						16	4	4

部 材	S _{yi} (MPa)	S _{ui} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用 地震動 S _d 又 は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	235	400	235	280	鉛直方向	鉛直方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	$\sigma_{b2}=13$	$f_{ts2}=176^*$	$\sigma_{b2}=22$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=135$	$\tau_{b2}=7$	$f_{sb2}=161$

注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$ より算出。

すべて許容応力以下である。

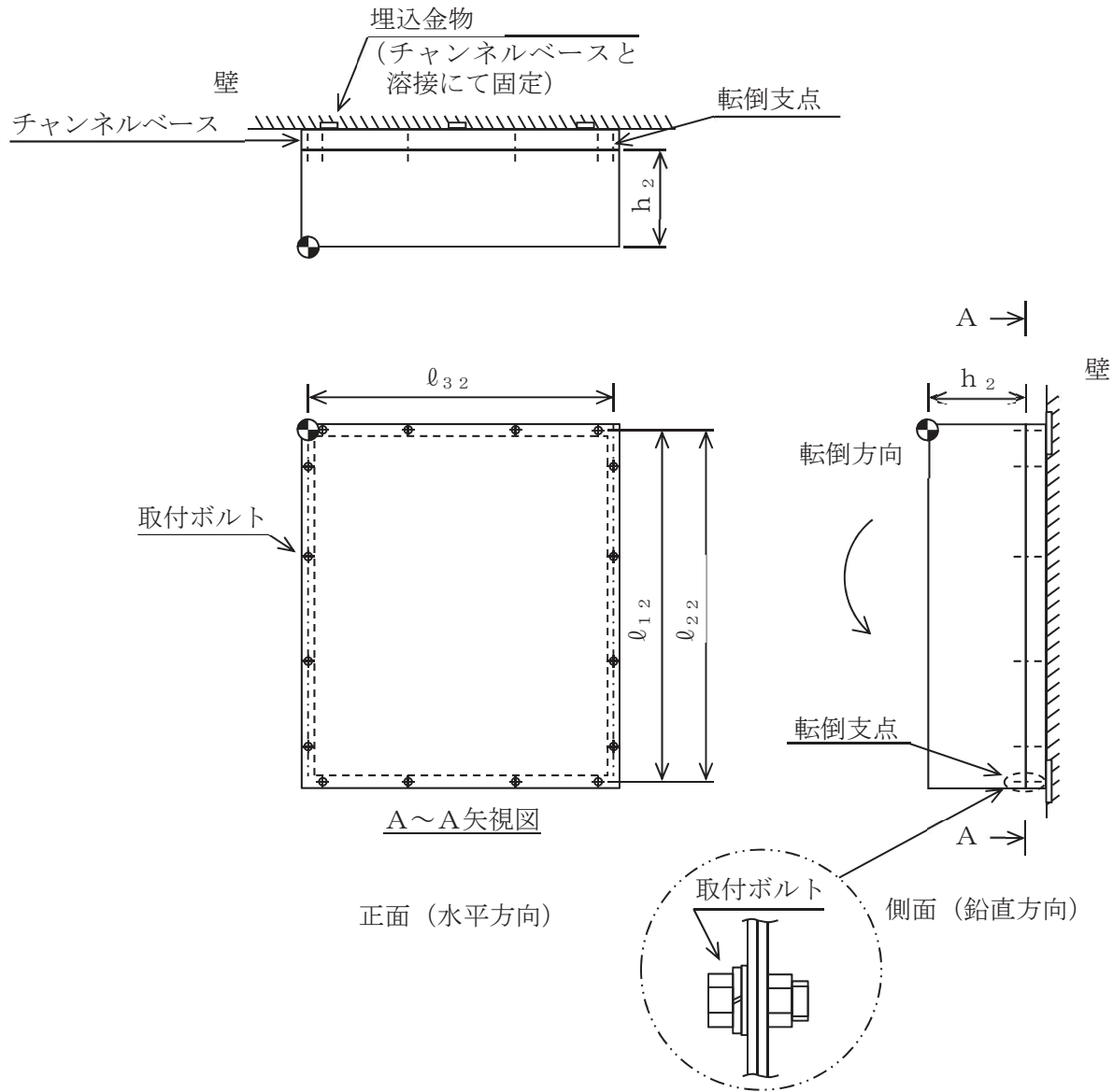
1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉水位 (B21-LT024A)	水平方向	1.77	
	鉛直方向	1.30	

注記*：基準地震動 S_sにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 (1.0ZPA) は、すべて機能確認済加速度以下である。



VI-2-6-5-3-2-2 原子炉水位（広帯域）の耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
4. 構造強度評価	3
4.1 構造強度評価方法	3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	3
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	3
4.2.2 許容応力	3
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	3
5. 機能維持評価	6
5.1 電氣的機能維持評価方法	6
6. 評価結果	7
6.1 設計基準対象施設としての評価結果	7
6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	7

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、原子炉水位（広帯域）が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

原子炉水位（広帯域）(B21-LT036A, B, C, D, LT037A, B, C, D) は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備に分類される。原子炉水位（広帯域）(B21-LT052A, B) は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、原子炉水位（広帯域）が設置される計装ラックは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の壁掛形計装ラックであるため、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

構造強度評価については、計装ラックの取付ボルトに作用する応力の裕度が厳しい条件（許容値／発生値の小さい方）となるものを代表として評価する。また、電氣的機能維持評価については、機能維持評価用加速度が最大となる計器について代表として評価する。電氣的機能維持評価に用いる機能維持評価用加速度は、設置床高さが同じで計装ラックが剛構造の場合は同じ加速度となることから、構造強度評価の代表として選定した検出器を代表として評価する。評価対象を表 1-1 に示す。

表 1-1 概略構造識別

評価部位	評価方法	構造計画
B21-LT036A（代表） B21-LT036B B21-LT036C B21-LT036D B21-LT037A B21-LT037B B21-LT037C B21-LT037D B21-LT052A（代表） B21-LT052B	VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針	表 2-1 構造計画

2. 一般事項

2.1 構造計画

原子炉水位（広帯域）の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより取付板に固定され、取付板は、取付板取付ボルトにより計装ラックに固定される。</p> <p>計装ラックは、チャンネルベースに取付ボルトで設置する。</p>	<p>差圧式水位検出器</p>	<p>【原子炉水位（広帯域）（H22-P004A（B21-LT036A, LT052A））】</p> <p>注記*：検出器は代表して1台を示す。</p> <p>(単位：mm)</p>

3. 固有周期

原子炉水位（広帯域）が設置される計装ラックの固有周期は、構造が同等であり、同様な振動特性を持つ計装ラックに対する振動試験（打振試験）の結果確認された固有周期を使用する。固有周期の確認結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期 (単位：s)

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

原子炉水位（広帯域）の構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉水位（広帯域）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-1 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-2 に示す。

4.2.2 許容応力

原子炉水位（広帯域）の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 4-3 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

原子炉水位（広帯域）の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-4 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-5 に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	原子炉水位（広帯域） (B21-LT036A, LT052A)	S	—*1	$D + P_D + M_D + S_d^*$	III _{AS}
					$D + P_D + M_D + S_s$	IV _{AS}

注記*1：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

表 4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	原子炉水位（広帯域） (B21-LT036A, LT052A)	常設耐震／防止 常設／緩和*2	—*3	$D + P_D + M_D + S_s^{*4}$	IV _{AS}
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _{AS} (V _{AS} として IV _{AS} の許容限界 を用いる。)

注記*1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*2：B21-LT036Aは常設耐震／防止，B21-LT052Aは常設耐震／防止及び常設／緩和に分類される。

*3：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

*4：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4-3 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
Ⅲ _A S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
Ⅳ _A S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
Ⅴ _A S (Ⅴ _A SとしてⅣ _A Sの許容限界を用いる。)		

注記*1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

*2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-4 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	S _{y i} (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト (i = 2)	SS400 (16mm < 径 ≤ 40mm)	周囲環境温度	40	235	400	—

表 4-5 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	S _{y i} (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト (i = 2)	SS400 (16mm < 径 ≤ 40mm)	周囲環境温度	66	225	385	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

原子炉水位（広帯域）の電氣的機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

計装ラックに設置される検出器の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
原子炉水位（広帯域） (B21-LT036A, LT052A)	水平	
	鉛直	

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

原子炉水位（広帯域）の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

原子炉水位（広帯域）の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【原子炉水位（広帯域）（B21-LT036A, LT052A）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境 温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉水位（広帯域） （B21-LT036A, LT052A）	S	原子炉建屋 0. P. 6. 00 (0. P. 15. 00*)	0. 05 以下	0. 05 以下	C _H =0. 96	C _V =0. 80	C _H =1. 97	C _V =1. 37	40

注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部 材	m _i (kg)	h _i (mm)	ℓ _{1i} (mm)	ℓ _{2i} (mm)	ℓ _{3i} (mm)	d _i (mm)	A _{bi} (mm ²)	n _i	n _{fvi}	n _{fhi}	
取付ボルト (i=2)		500							14	3	4

部 材	S _{yi} (MPa)	S _{ui} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用 地震動 S _d 又 は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	235	400	235	280	鉛直方向	鉛直方向

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	$\sigma_{b2}=11$	$f_{ts2}=176^*$	$\sigma_{b2}=20$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=135$	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=161$

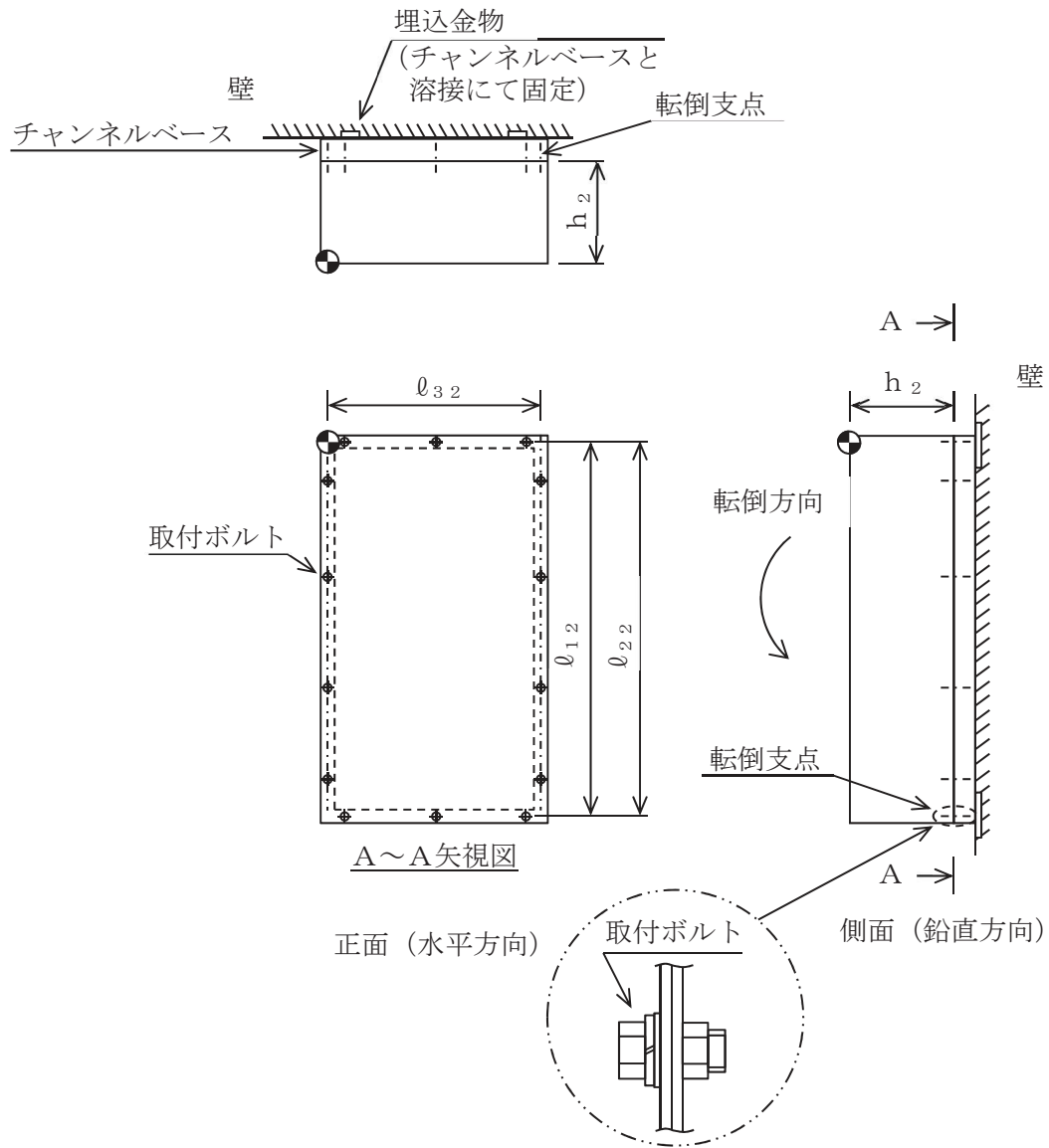
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$ より算出。
 すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉水位 (広帯域) (B21-LT036A, LT052A)	水平方向	1.65	
	鉛直方向	1.15	

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。
 機能維持評価用加速度 (1.0ZPA) は、すべて機能確認済加速度以下である。



2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境 温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉水位 (広帯域) (B21-LT036A, LT052A)	常設耐震/防止 常設/緩和*1	原子炉建屋 O.P. 6.00 (O.P. 15.00*2)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =1.97	C _V =1.37	66

注記*1: B21-LT036A は常設耐震/防止, B21-LT052A は常設耐震/防止及び常設/緩和に分類される。

注記*2: 基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

部 材	m _i (kg)	h _i (mm)	ℓ _{1i} (mm)	ℓ _{2i} (mm)	ℓ _{3i} (mm)	d _i (mm)	A _{bi} (mm ²)	n _i	n _{fvi}	n _{fhi}	
取付ボルト (i=2)		500							14	3	4

部 材	S _{yi} (MPa)	S _{ui} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用 地震動 S _d 又 は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	225	385	—	270	—	鉛直方向

11

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F _{bi}		Q _{bi}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	—		—	

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=20$	$f_{ts2}=202^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=5$	$f_{sb2}=155$

注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$ より算出。
すべて許容応力以下である。

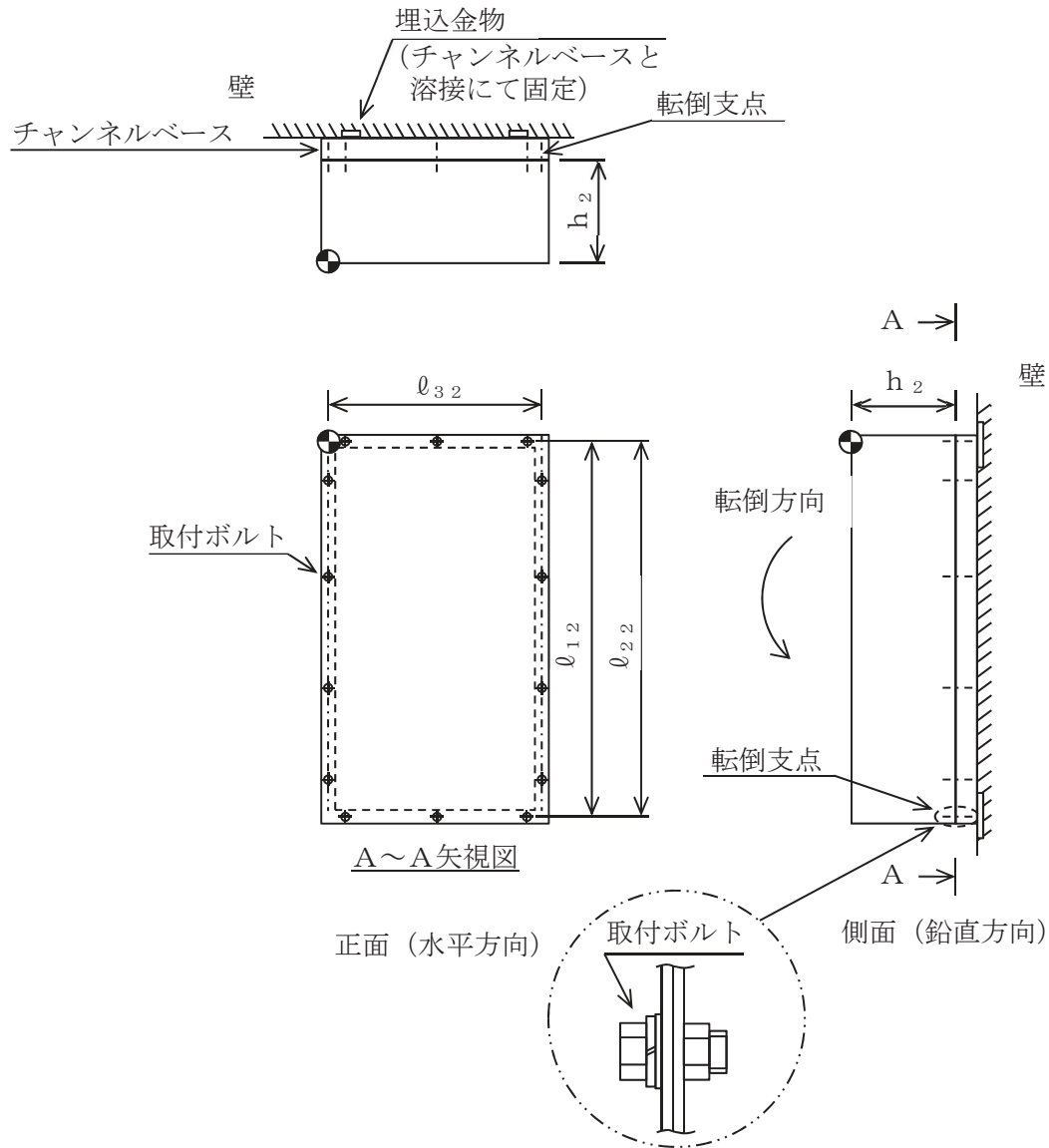
2.4.2 電氣的機能維持の評価結果

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉水位 (広帯域) (B21-LT036A, LT052A)	水平方向	1.65	
	鉛直方向	1.15	

注記*：基準地震動 S_sにより定まる応答加速度とする。
機能維持評価用加速度 (1.0ZPA) は、すべて機能確認済加速度以下である。

12



VI-2-6-5-3-2-3 原子炉水位（燃料域）の耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
4. 構造強度評価	3
4.1 構造強度評価方法	3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	3
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	3
4.2.2 許容応力	3
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	3
5. 機能維持評価	6
5.1 電氣的機能維持評価方法	6
6. 評価結果	7
6.1 設計基準対象施設としての評価結果	7
6.2 重大事故等対処設備としての評価結果	7

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、原子炉水位（燃料域）が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

原子炉水位（燃料域）は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、原子炉水位（燃料域）が設置される計装ラックは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の壁掛形計装ラックであるため、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

構造強度評価については、計装ラックの取付ボルトに作用する応力の裕度が厳しい条件（許容値／発生値の小さい方）となるものを代表として評価する。また、電氣的機能維持評価については、機能維持評価用加速度が最大となる計器について代表として評価する。電氣的機能維持評価に用いる機能維持評価用加速度は、設置床高さが同じで計装ラックが剛構造の場合は同じ加速度となることから、構造強度評価の代表として選定した検出器を代表として評価する。評価対象を表 1-1 に示す。

表 1-1 概略構造識別

評価部位	評価方法	構造計画
B21-LT044A（代表） B21-LT044B	VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針	表 2-1 構造計画

2. 一般事項

2.1 構造計画

原子炉水位（燃料域）の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより取付板に固定され、取付板は、取付板取付ボルトにより計装ラックに固定される。</p> <p>計装ラックは、チャンネルベースに取付ボルトで設置する。</p>	<p>差圧式水位検出器</p>	<p>【原子炉水位（燃料域）H22-P009-1（B21-LT044A）】</p> <p>注記*：検出器は代表して1台を示す。</p>

3. 固有周期

原子炉水位（燃料域）が設置される計装ラックの固有周期は、構造が同等であり、同様な振動特性を持つ計装ラックに対する振動試験（打振試験）の結果確認された固有周期を使用する。固有周期の確認結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期 (単位：s)

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

原子炉水位（燃料域）の構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉水位（燃料域）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-1 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-2 に示す。

4.2.2 許容応力

原子炉水位（燃料域）の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 4-3 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

原子炉水位（燃料域）の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-4 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-5 に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	原子炉水位（燃料域）	S	—*1	$D + P_D + M_D + S_d^*$	III _{AS}
					$D + P_D + M_D + S_s$	IV _{AS}

注記*1：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

表 4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	原子炉水位（燃料域）	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s^{*3}$	IV _{AS}
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _{AS} (V _{AS} として IV _{AS} の許容限界 を用いる。)

注記*1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

*3：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4-3 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
Ⅲ _A S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
Ⅳ _A S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
V _A S (V _A SとしてⅣ _A Sの許容限界を用いる。)		

注記*1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

*2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-4 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	S _{y i} (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト (i = 2)	SS400 (16mm < 径 ≤ 40mm)	周囲環境温度	40	235	400	—

表 4-5 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	S _{y i} (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
取付ボルト (i = 2)	SS400 (16mm < 径 ≤ 40mm)	周囲環境温度	66	225	385	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

原子炉水位（燃料域）の電氣的機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

計装ラックに設置される検出器の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
原子炉水位（燃料域） (B21-LT044A)	水平	
	鉛直	

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

原子炉水位（燃料域）の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

原子炉水位（燃料域）の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【原子炉水位（燃料域）（B21-LT044A）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境 温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉水位（燃料域） (B21-LT044A)	S	原子炉建屋 0. P. 6. 00 (0. P. 15. 00*)	0. 05 以下	0. 05 以下	C _H =0. 96	C _V =0. 80	C _H =1. 97	C _V =1. 37	40

注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部 材	m _i (kg)	h _i (mm)	ℓ _{1i} (mm)	ℓ _{2i} (mm)	ℓ _{3i} (mm)	d _i (mm)	A _{bi} (mm ²)	n _i	n _{fvi}	n _{fhi}	
取付ボルト (i=2)		500							16	4	4

部 材	S _{yi} (MPa)	S _{ui} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用 地震動 S _d 又 は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	235	400	235	280	鉛直方向	鉛直方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)				

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト (i=2)	SS400	引張り	$\sigma_{b2}=11$	$f_{ts2}=176^*$	$\sigma_{b2}=18$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	$\tau_{b2}=4$	$f_{sb2}=135$	$\tau_{b2}=6$	$f_{sb2}=161$

注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$ より算出。

すべて許容応力以下である。

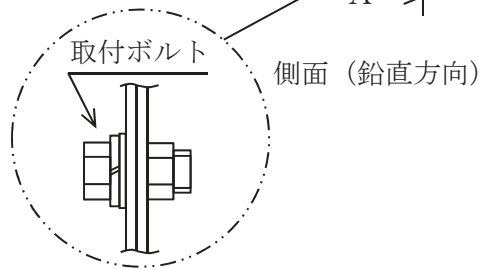
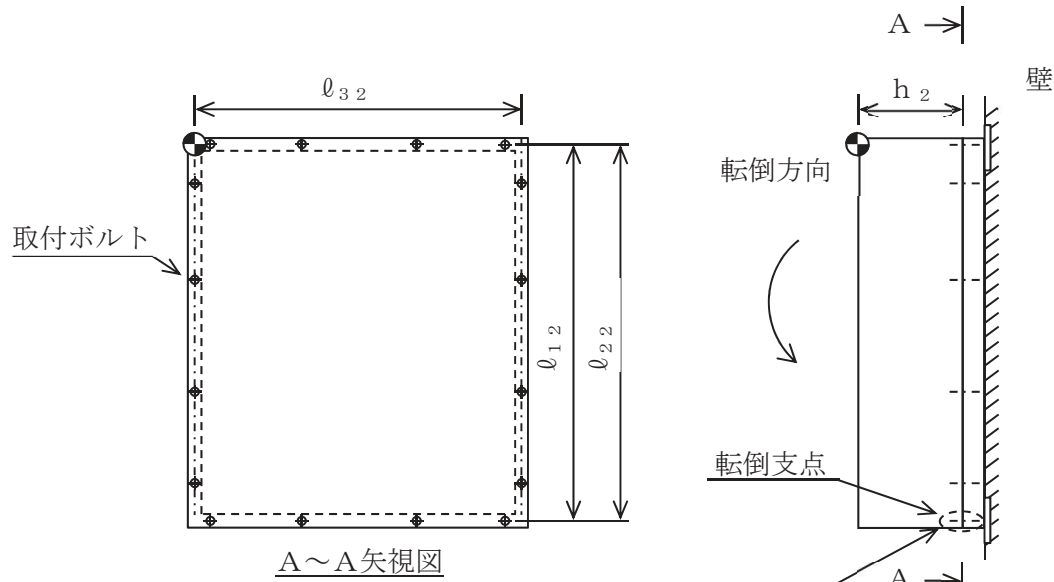
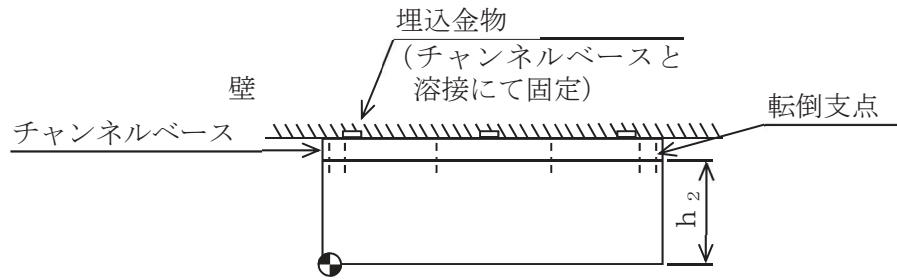
1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉水位 (燃料域) (B21-LT044A)	水平方向	1.65	
	鉛直方向	1.15	

注記*：基準地震動 S_sにより定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 (1.0ZPA) は、すべて機能確認済加速度以下である。



2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境 温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉水位 (燃料域) (B21-LT044A)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋 O.P. 6.00 (O.P. 15.00*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =1.97	C _V =1.37	66

注記* : 基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

部 材	m _i (kg)	h _i (mm)	ℓ _{1i} (mm)	ℓ _{2i} (mm)	ℓ _{3i} (mm)	d _i (mm)	A _{bi} (mm ²)	n _i	n _{fVi}	n _{fHi}	
取付ボルト (i=2)		500							16	4	4

部 材	S _{yi} (MPa)	S _{ui} (MPa)	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用 地震動 S _d 又 は静的震度	基準地震動 S _s
取付ボルト (i=2)	225	385	—	270	—	鉛直方向

11

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F_{bi}		Q_{bi}	
	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s
取付ボルト ($i=2$)	—		—	

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト ($i=2$)	SS400	引張り	—	—	$\sigma_{b2}=18$	$f_{ts2}=202^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=6$	$f_{sb2}=155$

注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$ より算出。
 すべて許容応力以下である。

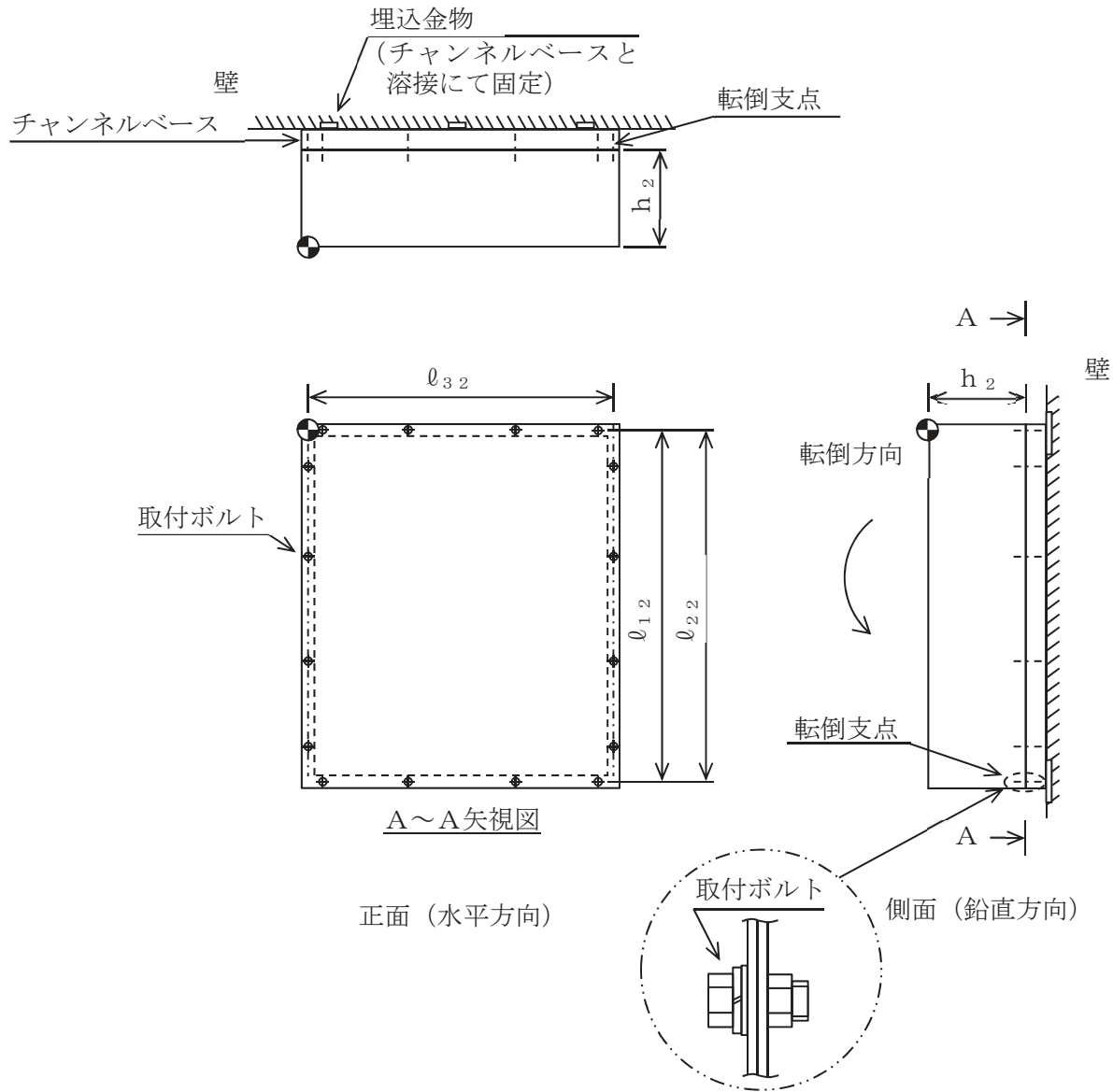
2.4.2 電氣的機能維持の評価結果

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉水位 (燃料域) (B21-LT044A)	水平方向	1.65	
	鉛直方向	1.15	

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。
 機能維持評価用加速度 (1.0ZPA) は、すべて機能確認済加速度以下である。

12



VI-2-6-5-3-2-4 原子炉水位 (SA 広帯域) の耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
4. 構造強度評価	3
4.1 構造強度評価方法	3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	3
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	3
4.2.2 許容応力	3
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	3
5. 機能維持評価	6
5.1 電氣的機能維持評価方法	6
6. 評価結果	7
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	7

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、原子炉水位（SA 広帯域）が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

原子炉水位（SA 広帯域）は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、原子炉水位（SA 広帯域）が設置される計器スタンションは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の壁掛形計器スタンションであるため、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

原子炉水位（SA 広帯域）の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより取付板に固定され、取付板は、取付板取付ボルトにより計器ステーションに固定される。</p> <p>計器ステーションは、基礎に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>差圧式水位検出器</p>	<p>【原子炉水位 (SA 広帯域)】</p> <p>(単位 : mm)</p>

3. 固有周期

原子炉水位（SA 広帯域）が設置される計器スタンションの固有周期は、構造が同等であり、同様な振動特性を持つ計器スタンションに対する振動試験（打振試験）の結果確認された固有周期を使用する。固有周期の確認結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期 (単位：s)

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

原子炉水位（SA 広帯域）の構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉水位（SA 広帯域）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

原子炉水位（SA 広帯域）の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

原子炉水位（SA 広帯域）の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-3 に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	原子炉水位（SA 広帯域）	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IV_{AS}
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V_{AS} (V_{AS} として IV_{AS} の許容限界 を用いる。)

注記*1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

*3：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
IV _{AS}	1.5・f _t * (V _{AS} としてIV _{AS} の許容限界を用いる。)	1.5・f _s *
V _{AS}		

注記*1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

*2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
		基礎ボルト	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	66	206

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

原子炉水位（SA 広帯域）の電氣的機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

計器スタンションに設置される検出器の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
原子炉水位（SA 広帯域） （B21-LT058）	水平	
	鉛直	

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

原子炉水位 (SA 広帯域) の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。
発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【原子炉水位（SA 広帯域）（B21-LT058）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境 温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉水位 (SA 広帯域) (B21-LT058)	常設耐震／防止 常設／緩和	原子炉建屋 O. P. 6. 00 (O. P. 15. 00*)	0. 05 以下	0. 05 以下	—	—	C _H =1. 97	C _V =1. 37	66

注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部 材	m (kg)	h ₂ (mm)	ℓ ₃ (mm)	ℓ _a (mm)	ℓ _b (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	n _{fV}	n _{fH}	
基礎ボルト		455							4	2	2

部 材	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用 地震動 S _d 又 は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	206	385	—	247	—	水平方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F _b		Q _b	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	—		—	

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	—	—	$\sigma_b = 11$	$f_{ts} = 185^*$
		せん断	—	—	$\tau_b = 3$	$f_{sb} = 142$

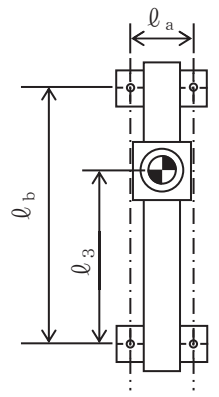
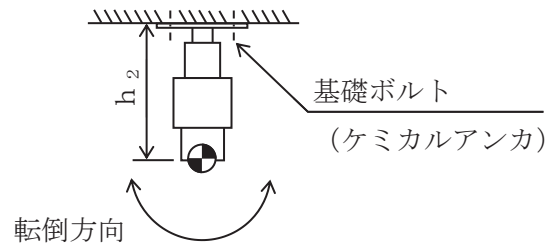
注記*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$ より算出。
 すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

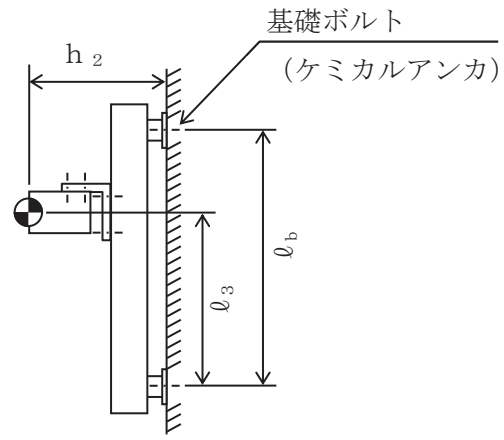
($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉水位 (SA 広帯域) (B21-LT058)	水平方向	1.65	
	鉛直方向	1.15	

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。
 機能維持評価用加速度 (1.0ZPA) は、すべて機能確認済加速度以下である。



正面 (水平方向)



側面 (鉛直方向)

VI-2-6-5-3-2-5 原子炉水位 (SA 燃料域) の耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
4. 構造強度評価	3
4.1 構造強度評価方法	3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	3
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	3
4.2.2 許容応力	3
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	3
5. 機能維持評価	6
5.1 電氣的機能維持評価方法	6
6. 評価結果	7
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	7

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、原子炉水位（SA 燃料域）が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

原子炉水位（SA 燃料域）は、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、原子炉水位（SA 燃料域）が設置される計器スタンションは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の壁掛形計器スタンションであるため、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

原子炉水位（SA 燃料域）の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより取付板に固定され、取付板は、取付板取付ボルトにより計器スターションに固定される。</p> <p>計器スターションは、基礎に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>差圧式水位検出器</p>	<p>【原子炉水位 (SA 燃料域)】</p> <p>上面</p> <p>正面</p> <p>側面</p> <p>計器スターション</p> <p>検出器</p> <p>取付板</p> <p>基礎ボルト (ケミカルアンカ)</p> <p>計器取付ボルト</p> <p>取付板取付ボルト</p> <p>基礎 (壁面)</p> <p>250</p> <p>850</p> <p>455</p> <p>(単位 : mm)</p>

3. 固有周期

原子炉水位（SA 燃料域）が設置される計器スタンションの固有周期は、構造が同等であり、同様な振動特性を持つ計器スタンションに対する振動試験（打振試験）の結果確認された固有周期を使用する。固有周期の確認結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期 (単位：s)

水平方向	鉛直方向
0.05 以下	0.05 以下

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

原子炉水位（SA 燃料域）の構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉水位（SA 燃料域）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

原子炉水位（SA 燃料域）の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

原子炉水位（SA 燃料域）の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-3 に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	原子炉水位（SA 燃料域）	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IV_{AS}
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V_{AS} (V_{AS} として IV_{AS} の許容限界 を用いる。)

注記*1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

*3：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
IV _{AS}	1.5・f _t * (V _{AS} としてIV _{AS} の許容限界を用いる。)	1.5・f _s *
V _{AS}		

注記*1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

*2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	66	206	385	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

原子炉水位（SA 燃料域）の電氣的機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-13-9 計器スタンス
ションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

計器スタンスションに設置される検出器の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維
持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全
性を確認した評価部位の加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
原子炉水位（SA 燃料域） （B21-LT059）	水平	
	鉛直	

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

原子炉水位 (SA 燃料域) の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【原子炉水位（SA燃料域）（B21-LT059）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境 温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
原子炉水位 (SA燃料域) (B21-LT059)	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋 O. P. 6.00 (O. P. 15.00*)	0.05 以下	0.05 以下	—	—	C _H =1.97	C _V =1.37	66

注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

部 材	m (kg)	h ₂ (mm)	ℓ ₃ (mm)	ℓ _a (mm)	ℓ _b (mm)	d (mm)	A _b (mm ²)	n	n _{fV}	n _{fH}	
基礎ボルト		455							4	2	2

部 材	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用 地震動 S _d 又 は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	206	385	—	247	—	水平方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部 材	F _b		Q _b	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	—		—	

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	—	—	σ _b = 11	f _{t s} = 185*
		せん断	—	—	τ _b = 3	f _{s b} = 142

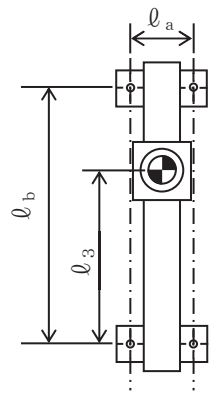
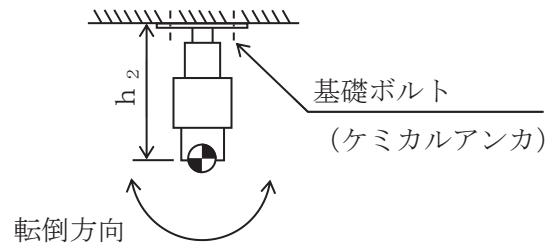
注記*： f_{t s} = Min[1.4 · f_{t o} - 1.6 · τ_b, f_{t o}]より算出。
 すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

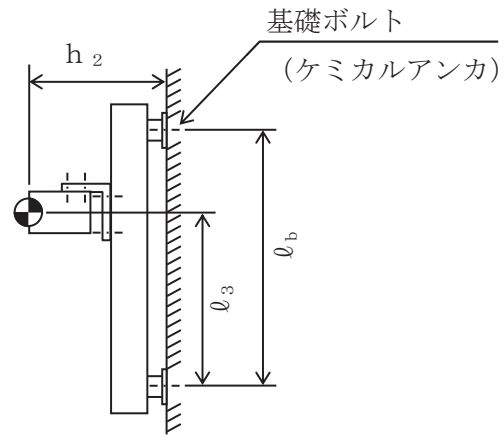
(×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
原子炉水位 (SA 燃料域) (B21-LT059)	水平方向	1.65	
	鉛直方向	1.15	

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。
 機能維持評価用加速度 (1.0ZPA) は、すべて機能確認済加速度以下である。



正面 (水平方向)



側面 (鉛直方向)