

本資料のうち、枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

女川原子力発電所第2号機 工事計画審査資料	
資料番号	02-補-E-19-0600-14-2_改8
提出年月日	2021年11月11日

補足-600-14-2 弁の応答加速度の算出について

目 次

1. はじめに 1
2. 弁の動的機能維持評価に用いる配管系の応答値について 1
3. スペクトルモーダル解析において考慮する高振動数領域及び床応答曲線について..... 3
4. 高振動数領域を考慮した弁の動機機能維持評価結果 4

添付 1 弁の動的機能維持評価における高振動数領域の検討に適用する床応答曲線について

添付 2 機能維持評価用加速度の応答増加が確認された弁に対する要因の推定

添付 3 弁の動的機能維持評価に用いる床応答曲線について

添付 4 弁の高振動数領域を考慮した評価を行う配管モデルの妥当性の確認

: 今回提出範囲

機能維持評価用加速度の応答増加が確認された弁に対する要因の推定

1. はじめに

弁の動的機能維持評価対象弁 68 台のうち、表 1 に示す 3 台に振動数領域を 50Hz まで考慮した場合の加速度に対して 100Hz まで考慮した場合の加速度に有意な増加が確認されたことから、当該弁について増加要因に対する検討を以下に実施する。

表 1 有意な応答増加が確認された弁（検討対象弁）

系統	弁番号	弁名称	弁型式	方向	MAX (50Hz, 1.2ZPA)			MAX (100Hz, 1.2ZPA)			増加率 (②/①)	50Hz→100Hz での 増加値の機能 確認済加速度に 対する比率 (②-①)/③)	備考
					機能維持 評価用 加速度*1 (①)	機能 確認済 加速度 (③)	裕度	機能維持 評価用 加速度*1 (②)	機能 確認済 加速度 (③)	裕度			
HPCS	E22-F001	高圧炉心スプレイ系ポンプ復水貯蔵タンク吸込弁	電動 ゲート弁	水平	2.44	6.00	2.46	3.16	6.00	1.89	1.30	12.00%	
					2.44			3.16					
					1.57			1.57					
				鉛直	1.25	6.00	4.80	1.44	6.00	4.16	1.16	3.17%	
					1.25			1.44					
					1.09			1.09					
SGTS	T46-F003B	非常用ガス処理系フィルタ装置出口弁(B)	電動 バタフライ弁	水平	4.28	6.00	1.40	5.07	6.00	1.18	1.19	13.17%	
					4.28			5.07					
					2.65			2.65					
				鉛直	1.77	6.00	3.38	1.77	6.00	3.38	1.00	0.00%	
					0.92			1.20					
					1.77			1.77					
RCIC	E51-F008	原子炉隔離時冷却系タービン入口蒸気ライン第二隔離弁	電動 ゲート弁	水平	2.88	6.00	2.08	3.98	6.00	1.50	1.39	18.34%	
					2.88			3.98					
					1.89			1.89					
				鉛直	5.28	6.00	1.13	5.29	6.00	1.13	1.01	0.17%	
					5.28			5.29					
					1.59			1.59					

注記*1：上段が動的解析結果（50Hz 又は 100Hz）と最大加速度（1.2ZPA）における最大値，中段が動的解析結果（50Hz 又は 100Hz）の値，下段が最大加速度（1.2ZPA）の値。配管系が剛な場合は中段の動的解析結果に「-」を記載。

2. 評価加速度の増加率の検討

(1) 高圧炉心スプレイ系ポンプ復水貯蔵タンク吸込弁（E22-F001）

E22-F001 の機能維持評価用加速度算出に用いた解析モデル図を図 1-1～1-2 に、当該弁の構造を図 2 に、当該配管系の主要仕様を表 2 に、各振動モードにおける刺激係数等の整理結果を表 3 に示す。

図 1-2 に示すとおり、当該弁の前後の配管には支持構造物（架構及びスナッパ）が設置されており、さらには弁頂部にも 2 方向の弁頂部振れ止め用の支持構造物（ロッド）が設置されている。これにより、弁水平方向で高い剛性を有していることから、50Hz 以上の高次のモードで励起することにより、100Hz まで考慮した場合での加速度が増加に至ったものと考えられる。

当該弁が設置された配管系の 100Hz までの振動モードのうち、弁の応答加速度の増加に影響を与える弁周辺が振れるモードについて、振動モード図を図 3-1～3-12 に示す。また、表 3 中には、該当するモードを赤枠にて示す。

(2) 非常用ガス処理系フィルタ装置出口弁(B) (T46-F003B)

T46-F003B の機能維持評価用加速度算出に用いた解析モデル図を図 4-1～4-2 に、当該弁の構造を図 5 に、当該配管系の主要仕様を表 4 に、各振動モードにおける刺激係数等の整理結果を表 5 に示す。

図 4-2 に示すとおり、当該弁の前後の配管には支持構造物（架構）が設置されている。また、図 5 に示すとおり、当該弁はバタフライ弁でヨーク部が短く、駆動部が振れにくい構造となっている。これにより、弁水平方向は高い剛性を有していることから、50Hz 以上の高次のモードで励起することにより、100Hz まで考慮した場合での加速度が増加に至ったものと考えられる。

当該弁が設置された配管系の 100Hz までの振動モードのうち、弁の応答加速度の増加に影響を与える弁周辺が振れるモードについて、振動モード図を図 6-1～6-31 に示す。また、表 5 中には、該当するモードを赤枠にて示す。

(3) 原子炉隔離時冷却系タービン入口蒸気ライン第二隔離弁 (E51-F008)

E51-F008 の機能維持評価用加速度算出に用いた解析モデル図を図 7-1～7-2 に、当該弁の構造を図 8 に、当該配管系の主要仕様を表 6 に、各振動モードにおける刺激係数等の整理結果を表 7 に示す。

図 7-2 に示すとおり、当該弁の前後の配管には支持構造物（架構、ロッドレストレイント、アンカ）が設置されており、さらには弁頂部にも 2 方向の弁頂部振れ止め用の支持構造物（スナッパ）が設置されている。これにより、弁水平方向で高い剛性を有していることから、50Hz 以上の高次のモードで励起することにより、100Hz まで考慮した場合での加速度が増加に至ったものと考えられる。

当該弁が設置された配管系の 100Hz までの振動モードのうち、弁の応答加速度の増加に影響を与える弁周辺が振れるモードについて、振動モード図を図 9-1～9-13 に示す。また、表 7 中には、該当するモードを赤枠にて示す。

3. まとめ

動的機能維持評価において、50Hz まで考慮した場合の加速度に増加が確認された弁について、その増加に至った要因を検討した。加速度に有意な増加が確認された E22-F001、T46-F003B 及び E51-F008 では、弁近傍に加速度増加に至った方向（弁水平方向）と同方向に支持構造物を有している。

このため、応答が増幅する方向で高い剛性を有していることにより、考慮する振動数を 50Hz から 100Hz に変更することで加速度増加に至ったものと考えられる。

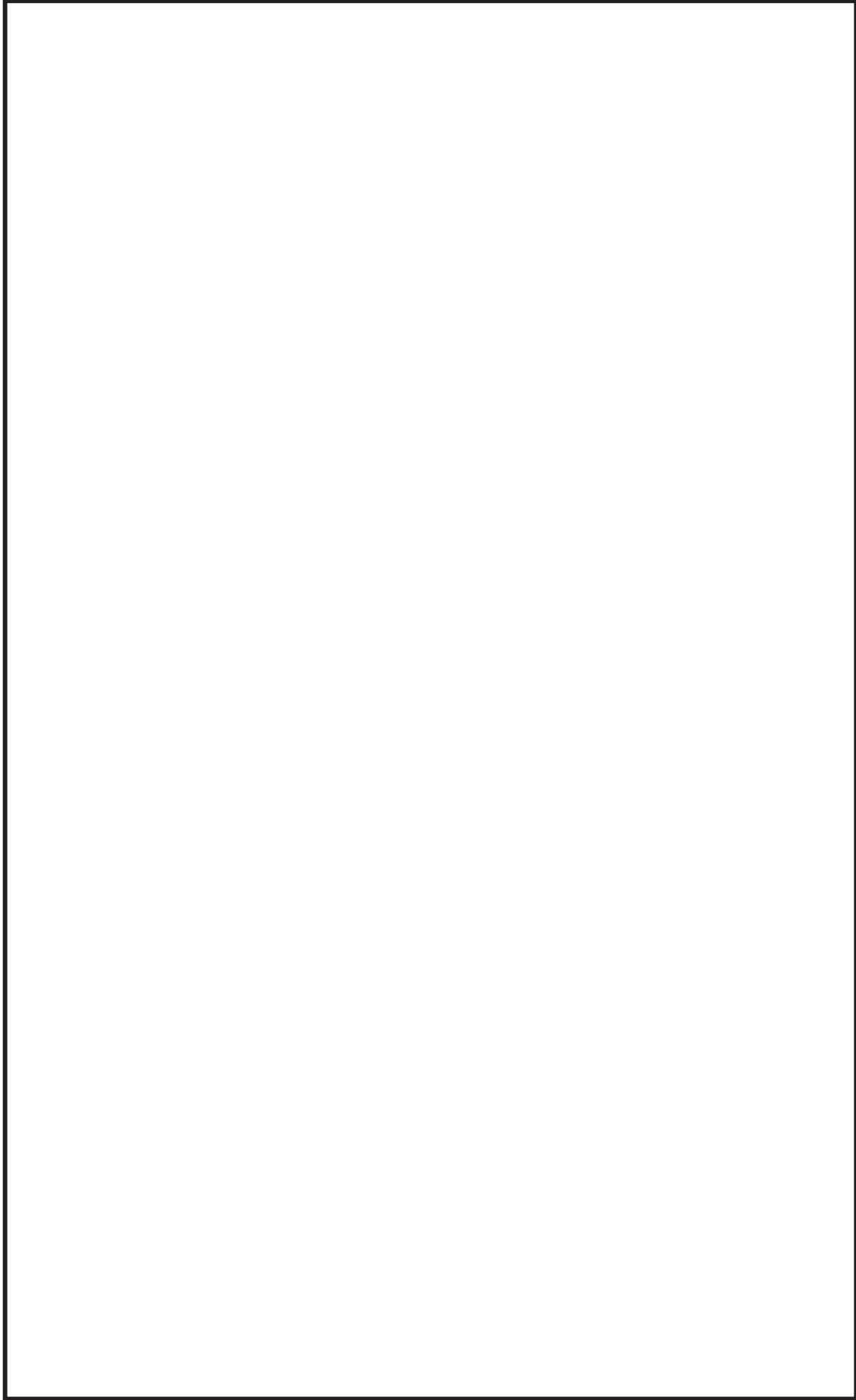


図 1-1 高圧炉心スプレイス配管 (HPCS-002) の配管モデル全体図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

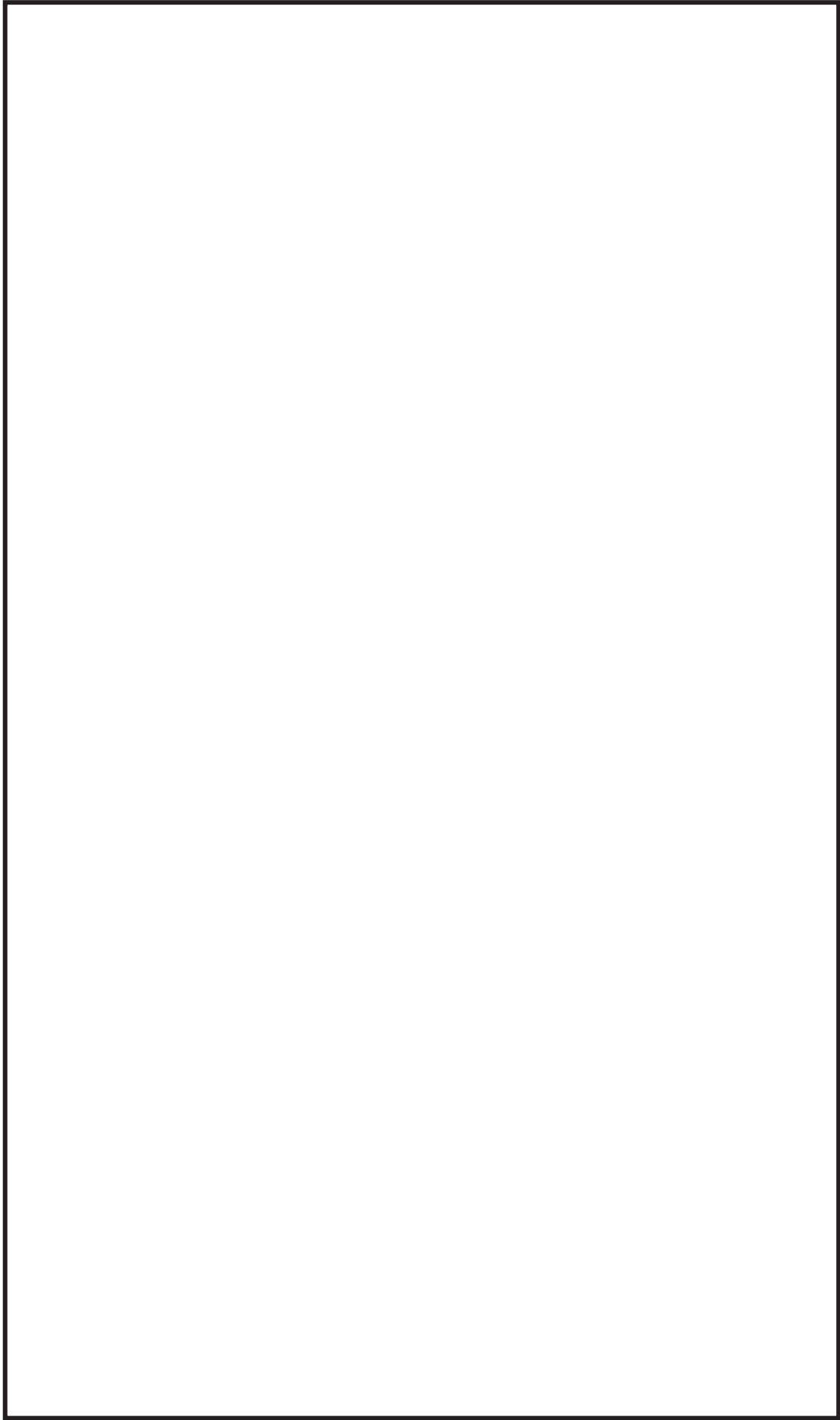


図 1-2 高圧炉心スプレイス配管 (HPCS-002) の配管モデル部分図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

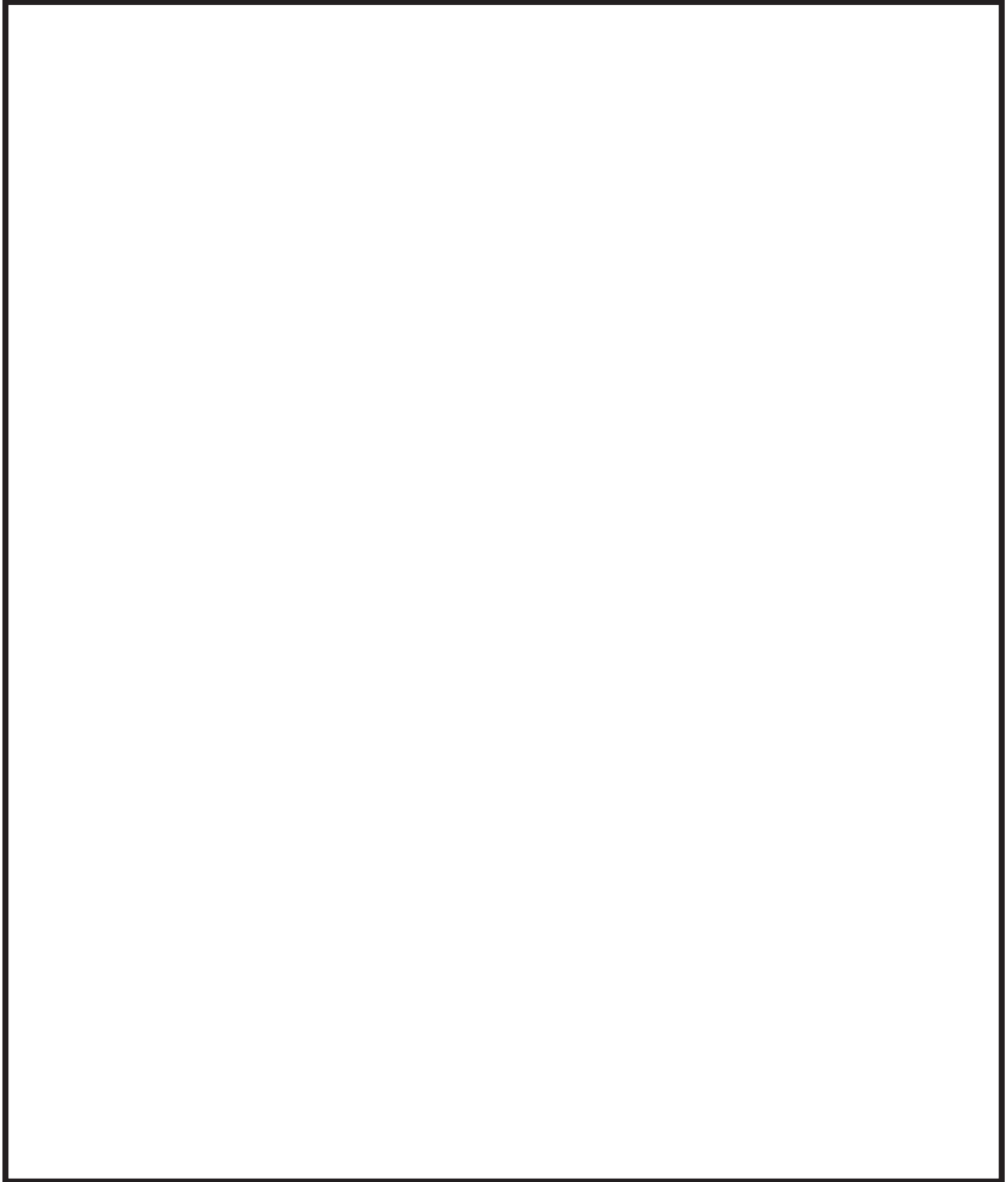


図 2 高圧炉心スプレイ系弁 (E22-F001) 構造図

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 高圧炉心スプレイ系配管及び主要弁の諸元

項目	主要仕様
最高使用圧力*1 (MPa)	1.37
最高使用温度*1 (°C)	100
外径*1 (mm)	406.4
厚さ*1 (mm)	9.5
配管材料*1	SGV410
弁箱材質	SCPH2
弁部の質量(kg) *2	

*1：当該弁取付部廻りの仕様を記載

*2：配管解析に用いる弁本体質量，駆動部質量，内部流体質量の合算値を記載

表 3 高圧炉心スプレイ系配管 (HPCS-002) の刺激係数及び設計震度 (1/3)

モード	固有 振動数 (Hz)	固有 周期 (s)	刺激係数*			設計震度		
						水平方向		鉛直方向
			X方向	Y方向	Z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								
9次								
10次								
11次								
12次								
13次								
14次								
15次								
16次								
17次								
18次								
19次								
20次								
21次								
22次								
23次								

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 高圧炉心スプレイ系配管（HPCS-002）の刺激係数及び設計震度（2/3）

モード	固有 振動数 (Hz)	固有 周期 (s)	刺激係数*			設計震度		
						水平方向		鉛直方向
			X 方向	Y 方向	Z 方向	X 方向	Z 方向	Y 方向
24 次								
25 次								
26 次								
27 次								
28 次								
29 次								
30 次								
31 次								
32 次								
33 次								
34 次								
35 次								
36 次								
37 次								
38 次								
39 次								
40 次								
41 次								
42 次								
43 次								
44 次								
45 次								
46 次								
47 次								
48 次								
49 次								
50 次								
51 次								
52 次								
53 次								
54 次								
55 次								
56 次								

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 高圧炉心スプレイ系配管 (HPCS-002) の刺激係数及び設計震度 (3/3)

モード	固有 振動数 (Hz)	固有 周期 (s)	刺激係数*			設計震度		
						水平方向		鉛直方向
			X 方向	Y 方向	Z 方向	X 方向	Z 方向	Y 方向
57 次								
58 次								
59 次								
60 次								
61 次								
62 次								
63 次								
64 次								
65 次								
66 次								
67 次								
68 次								
69 次								
70 次								
71 次								
72 次								
73 次								
74 次								
75 次								
76 次								
77 次								
78 次								
79 次								
80 次								
81 次								
82 次								
83 次								
84 次								
85 次								
86 次								
87 次								
88 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。

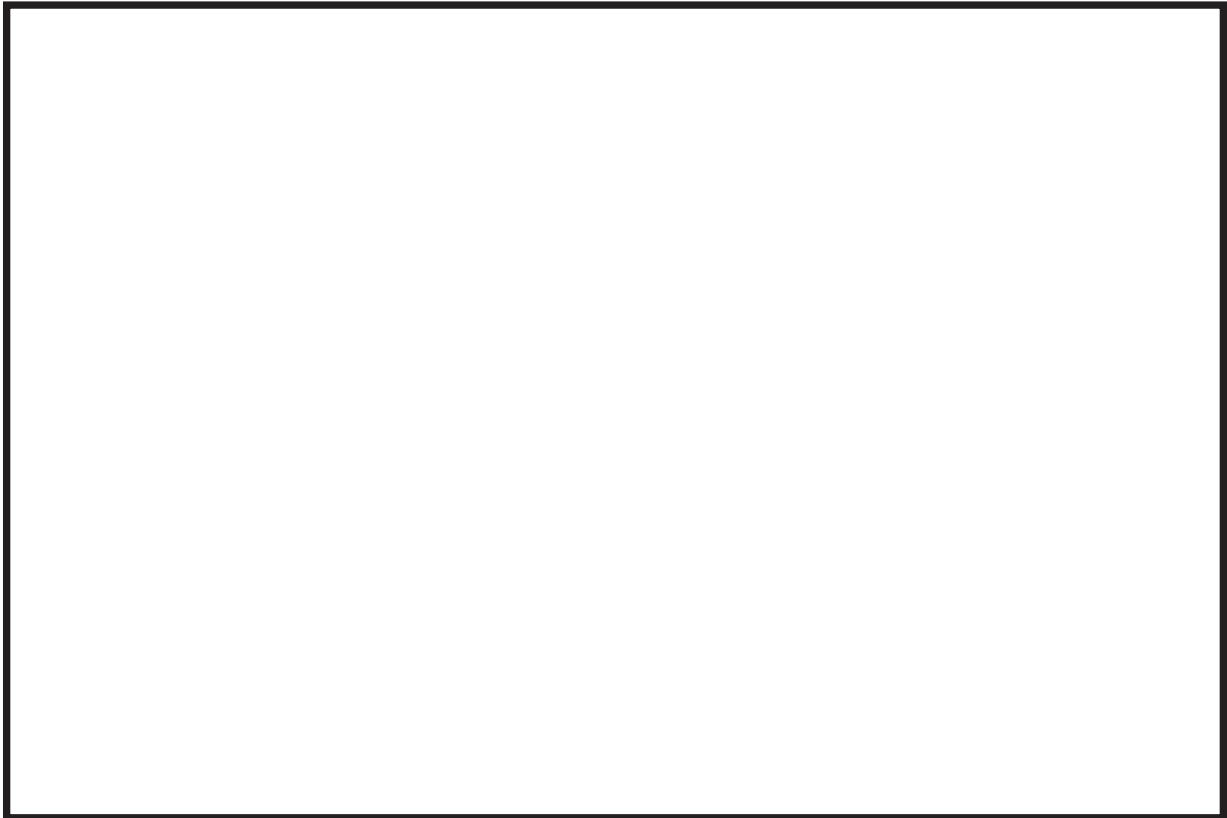


図 4-1 非常用ガス処理系配管（AC-002）*の配管モデル全体図



図 4-2 非常用ガス処理系配管（AC-002）の配管モデル部分図

注記*：配管モデル内に原子炉格納容器調気系配管も含むため、モデル番号は格納容器調気系の番号（AC-002）となっている。以降も同様。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

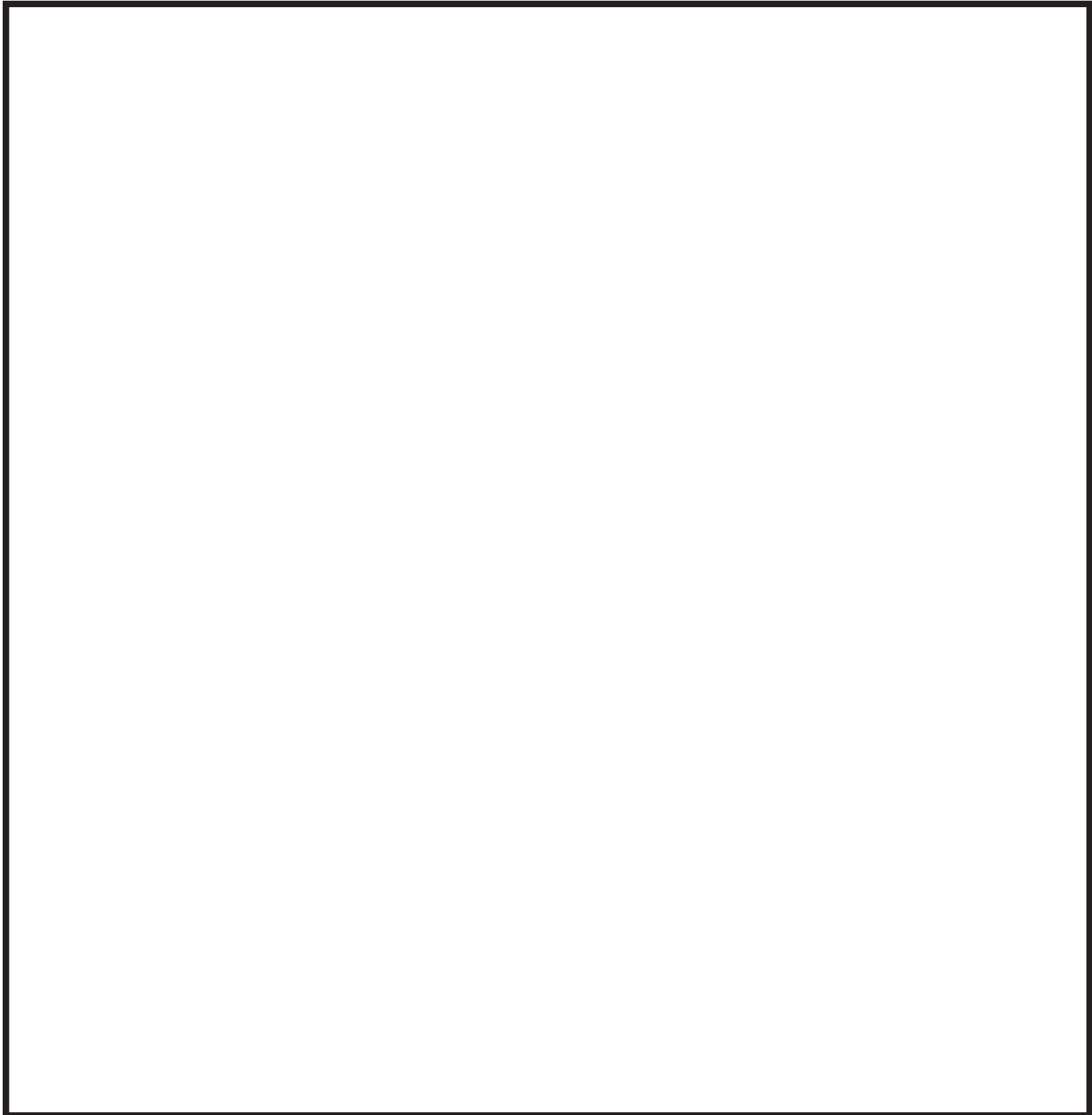


図 5 非常用ガス処理系弁 (T46-F003B) 構造図

表 4 非常用ガス処理系配管及び主要弁の諸元

項目	主要仕様
最高使用圧力*1 (kPa)	13.7
最高使用温度*1 (°C)	100
外径*1 (mm)	318.5
厚さ*1 (mm)	10.3
配管材料*1	STS410
弁箱材質	SCPH2
弁部の質量(kg) *2	

*1：当該弁取付部廻りの仕様を記載

*2：配管解析に用いる弁本体質量，駆動部質量，内部流体質量の合算値を記載

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表5 非常用ガス処理系配管（AC-002）の刺激係数及び設計震度（1/5）

モード	固有 振動数 (Hz)	固有 周期 (s)	刺激係数*			設計震度		
						水平方向		鉛直方向
			X方向	Y方向	Z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								
9次								
10次								
11次								
12次								
13次								
14次								
15次								
16次								
17次								
18次								
19次								
20次								
21次								
22次								
23次								
24次								
25次								
26次								
27次								
28次								
29次								
30次								
31次								
32次								
33次								

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 非常用ガス処理系配管 (AC-002) の刺激係数及び設計震度 (2/5)

モード	固有 振動数 (Hz)	固有 周期 (s)	刺激係数*			設計震度		
						水平方向		鉛直方向
			X 方向	Y 方向	Z 方向	X 方向	Z 方向	Y 方向
34 次								
35 次								
36 次								
37 次								
38 次								
39 次								
40 次								
41 次								
42 次								
43 次								
44 次								
45 次								
46 次								
47 次								
48 次								
49 次								
50 次								
51 次								
52 次								
53 次								
54 次								
55 次								
56 次								
57 次								
58 次								
59 次								
60 次								
61 次								
62 次								
63 次								
64 次								
65 次								
66 次								

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 非常用ガス処理系配管 (AC-002) の刺激係数及び設計震度 (3/5)

モード	固有 振動数 (Hz)	固有 周期 (s)	刺激係数*			設計震度		
						水平方向		鉛直方向
			X 方向	Y 方向	Z 方向	X 方向	Z 方向	Y 方向
67 次								
68 次								
69 次								
70 次								
71 次								
72 次								
73 次								
74 次								
75 次								
76 次								
77 次								
78 次								
79 次								
80 次								
81 次								
82 次								
83 次								
84 次								
85 次								
86 次								
87 次								
88 次								
89 次								
90 次								
91 次								
92 次								
93 次								
94 次								
95 次								
96 次								
97 次								
98 次								
99 次								

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 非常用ガス処理系配管 (AC-002) の刺激係数及び設計震度 (4/5)

モード	固有 振動数 (Hz)	固有 周期 (s)	刺激係数*			設計震度		
						水平方向		鉛直方向
			X 方向	Y 方向	Z 方向	X 方向	Z 方向	Y 方向
100 次								
101 次								
102 次								
103 次								
104 次								
105 次								
106 次								
107 次								
108 次								
109 次								
110 次								
111 次								
112 次								
113 次								
114 次								
115 次								
116 次								
117 次								
118 次								
119 次								
120 次								
121 次								
122 次								
123 次								
124 次								
125 次								
126 次								
127 次								
128 次								
129 次								
130 次								
131 次								
132 次								

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 非常用ガス処理系配管（AC-002）の刺激係数及び設計震度（5/5）

モード	固有 振動数 (Hz)	固有 周期 (s)	刺激係数*			設計震度		
						水平方向		鉛直方向
			X方向	Y方向	Z方向	X方向	Z方向	Y方向
133次								
134次								
135次								
136次								
137次								
138次								
139次								
140次								
141次								
142次								
143次								
144次								
145次								
146次								
147次								
148次								
149次								
150次								
151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。

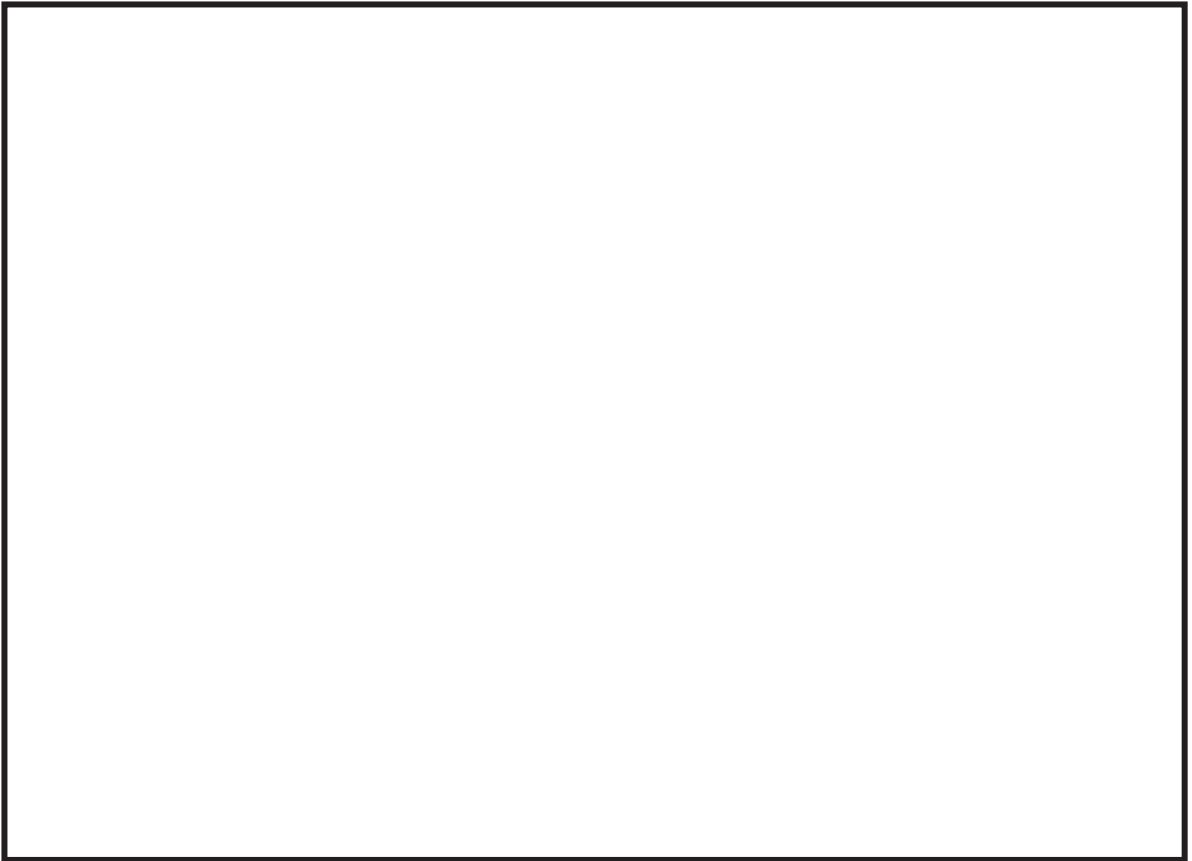


図 7-1 原子炉隔離時冷却系配管 (MS-004*) の配管モデル全体図

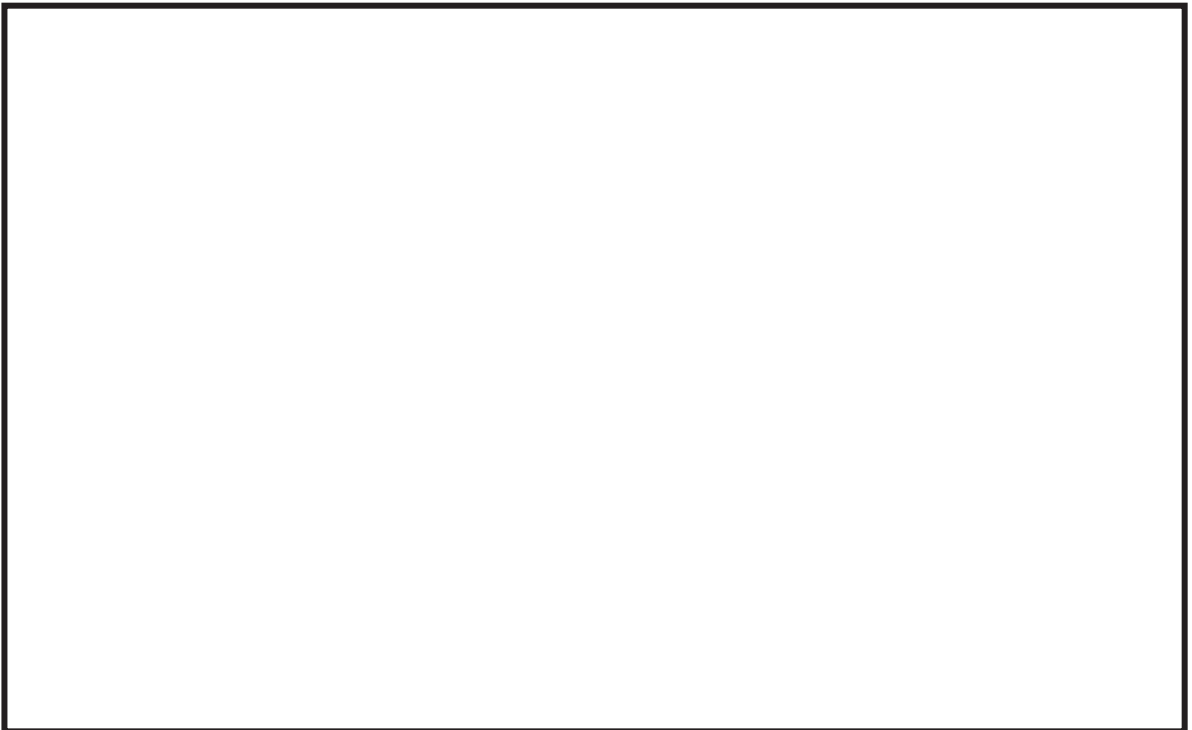


図 7-2 原子炉隔離時冷却系配管 (MS-004*) の配管モデル部分図

注記* : 配管モデル内に主蒸気系配管も含むため、モデル番号は主蒸気系の番号 (MS-004) となっている。以降も同様。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

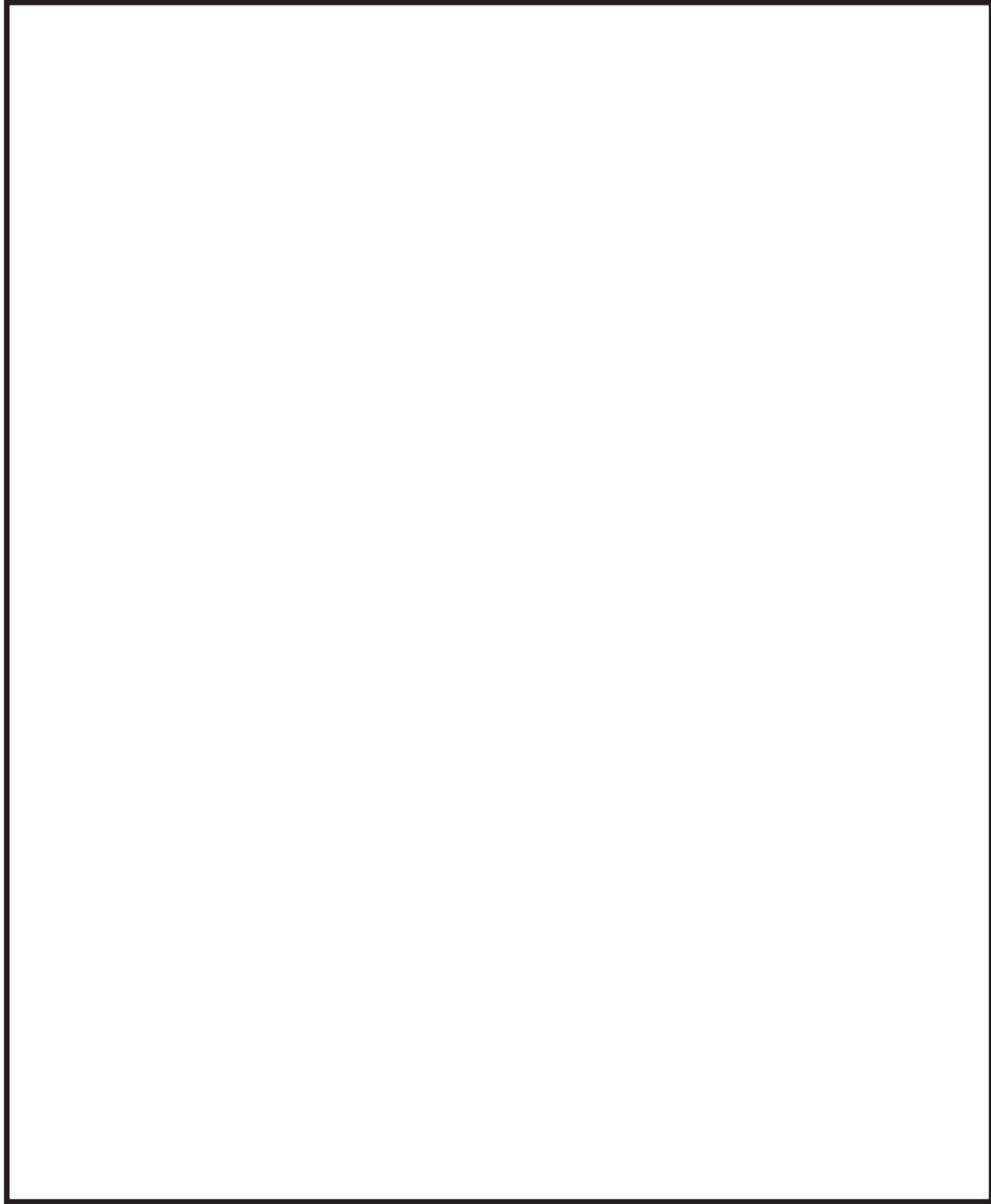


図 8 原子炉隔離時冷却系弁 (E51-F008) 構造図

表 6 原子炉隔離時冷却系配管及び主要弁の諸元

項目	主要仕様
最高使用圧力*1 (MPa)	8.62
最高使用温度*1 (°C)	302
外径*1 (mm)	139.8
厚さ*1 (mm)	13.2
配管材料*1	STS410
弁箱材質	SCPH2
弁部の質量(kg) *2	

*1：当該弁取付部廻りの仕様を記載

*2：配管解析に用いる弁本体質量，駆動部質量，
内部流体質量の合算値を記載

表 7 原子炉隔離時冷却系配管 (MS-004) の刺激係数及び設計震度 (1/6)

モード	固有 振動数 (Hz)	固有 周期 (s)	刺激係数*			設計震度		
						水平方向		鉛直方向
			X 方向	Y 方向	Z 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								
9 次								
10 次								
11 次								
12 次								
13 次								
14 次								
15 次								
16 次								
17 次								
18 次								
19 次								
20 次								
21 次								
22 次								
23 次								
24 次								
25 次								
26 次								
27 次								
28 次								
29 次								
30 次								
31 次								
32 次								
33 次								

表 7 原子炉隔離時冷却系配管 (MS-004) の刺激係数及び設計震度 (2/6)

モード	固有 振動数 (Hz)	固有 周期 (s)	刺激係数*			設計震度		
						水平方向		鉛直方向
			X 方向	Y 方向	Z 方向	X 方向	Z 方向	Y 方向
34 次								
35 次								
36 次								
37 次								
38 次								
39 次								
40 次								
41 次								
42 次								
43 次								
44 次								
45 次								
46 次								
47 次								
48 次								
49 次								
50 次								
51 次								
52 次								
53 次								
54 次								
55 次								
56 次								
57 次								
58 次								
59 次								
60 次								
61 次								
62 次								
63 次								
64 次								
65 次								
66 次								

表 7 原子炉隔離時冷却系配管 (MS-004) の刺激係数及び設計震度 (3/6)

モード	固有 振動数 (Hz)	固有 周期 (s)	刺激係数*			設計震度		
						水平方向		鉛直方向
			X方向	Y方向	Z方向	X方向	Z方向	Y方向
67次								
68次								
69次								
70次								
71次								
72次								
73次								
74次								
75次								
76次								
77次								
78次								
79次								
80次								
81次								
82次								
83次								
84次								
85次								
86次								
87次								
88次								
89次								
90次								
91次								
92次								
93次								
94次								
95次								
96次								
97次								
98次								
99次								

表 7 原子炉隔離時冷却系配管 (MS-004) の刺激係数及び設計震度 (4/6)

モード	固有 振動数 (Hz)	固有 周期 (s)	刺激係数*			設計震度		
						水平方向		鉛直方向
			X 方向	Y 方向	Z 方向	X 方向	Z 方向	Y 方向
100 次								
101 次								
102 次								
103 次								
104 次								
105 次								
106 次								
107 次								
108 次								
109 次								
110 次								
111 次								
112 次								
113 次								
114 次								
115 次								
116 次								
117 次								
118 次								
119 次								
120 次								
121 次								
122 次								
123 次								
124 次								
125 次								
126 次								
127 次								
128 次								
129 次								
130 次								
131 次								
132 次								

表 7 原子炉隔離時冷却系配管 (MS-004) の刺激係数及び設計震度 (5/6)

モード	固有 振動数 (Hz)	固有 周期 (s)	刺激係数*			設計震度		
						水平方向		鉛直方向
			X 方向	Y 方向	Z 方向	X 方向	Z 方向	Y 方向
133次								
134次								
135次								
136次								
137次								
138次								
139次								
140次								
141次								
142次								
143次								
144次								
145次								
146次								
147次								
148次								
149次								
150次								
151次								
152次								
153次								
154次								
155次								
156次								
157次								
158次								
159次								
160次								
161次								
162次								
163次								
164次								
165次								

表 7 原子炉隔離時冷却系配管 (MS-004) の刺激係数及び設計震度 (6/6)

モード	固有 振動数 (Hz)	固有 周期 (s)	刺激係数*			設計震度		
						水平方向		鉛直方向
			X 方向	Y 方向	Z 方向	X 方向	Z 方向	Y 方向
166次								
167次								
168次								
169次								
170次								
171次								
172次								
173次								
174次								
175次								
176次								
177次								
178次								
179次								
180次								
181次								
182次								
183次								
184次								
185次								
186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。