

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7
提出年月日	2021年11月9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

1. はじめに

本資料では、実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈等における動的機能保持に関する評価に係る一部改正（以下「技術基準規則解釈等の改正」という。）及びそれに伴い改正された耐震設計に係る工認審査ガイドの記載を踏まえて、弁の動的機能維持の検討方針を示す。

耐震設計に係る工認審査ガイド（抜粋）

弁等の機器の地震応答解析結果の応答加速度が当該機器を支持する配管の地震応答により増加すると考えられるときは、当該機器については、当該配管の地震応答の影響を考慮し、一定の余裕を見込むこと。

なお、本資料が関連する工認図書は以下のとおり。

- ・「VI-2-5-3-1-2 管の耐震性についての計算書（主蒸気系）」
- ・「VI-2-5-3-2-1 管の耐震性についての計算書（復水給水系）」
- ・「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）」
- ・「VI-2-5-5-1-3 管の耐震性についての計算書（高圧炉心スプレイ系）」
- ・「VI-2-5-5-2-3 管の耐震性についての計算書（低圧炉心スプレイ系）」
- ・「VI-2-5-6-1-3 管の耐震性についての計算書（原子炉隔離時冷却系）」
- ・「VI-2-5-8-1-1 管の耐震性についての計算書（原子炉冷却材浄化系）」
- ・「VI-2-9-4-4-1-2 管の耐震性についての計算書（非常用ガス処理系）」
- ・「VI-2-9-4-4-2-1 管の耐震性についての計算書（可燃性ガス濃度制御系）」
- ・「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）」

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

技術基準規則解釈等の改正を踏まえて、女川原子力発電所第2号機の配管系に設置される弁の動的機能維持評価に適用する加速度の算定方針について、規格基準に基づく設計手順を整理し、比較することにより示す。

規格基準に基づく手法としてJEAG 4601-1991（以下「JEAG 4601」という。）の当該記載部の抜粋を図1に示す。

(1) 規格基準に基づく設計手順の整理

JEAG 4601において、弁の動的機能維持評価に用いる弁駆動部の応答加速度の算定方針が示されている。

配管系の固有値が剛と判断される場合は最大加速度（以下「ZPA」という。）を用いること、また、柔の場合は設計用床応答曲線を入力とした配管系のスペクトルモーダル解析を行い算出された弁駆動部での応答加速度を用いることにより、弁の動的機能維持評価を実施することとされている。

(2) 今回工認における女川原子力発電所第2号機の設計手順

今回工認における女川原子力発電所第2号機の弁駆動部での応答加速度値の設定は、耐震設計に係る工認審査ガイドの記載を踏まえ、上記の規定に加えて一定の余裕を見込むとともに、配管解析に用いるスペクトルモーダル解析では各モードの応答をモード合成して最大応答を算出していることに鑑みて、20Hzを超える振動数領域まで考慮した地震応答解析を実施する方針とする。

a. 剛の場合（配管系の1次固有周期が20Hz以上の場合）

配管系が剛な場合は、最大加速度に一定の余裕を考慮し1.2倍した値(1.2ZPA)を用いて弁駆動部の応答加速度を算出し、機能維持評価を実施する。

b. 柔の場合（配管系の1次固有周期が20Hz未満の場合）

配管系が柔の場合は、J E A G 4 6 0 1の手順と同様にスペクトルモーダル解析を行い弁駆動部の応答加速度を算出した値に加えて、剛領域の振動モードの影響を考慮する観点から1.2倍した最大加速度(1.2ZPA)による弁駆動部の応答加速度を算定し、何れか大きい加速度を用いて機能維持評価を行う方針とする。

また、今回工認における弁駆動部の応答加速度の算定に用いる配管系のスペクトルモーダル解析において、剛領域の振動モードの影響を踏まえて、20Hzを超える振動数領域まで考慮した地震応答解析により、弁駆動部の応答加速度の算定を行う。

弁の機能維持評価における規格基準に基づく耐震設計手順及び女川原子力発電所第2号機の耐震設計手順の比較を表1に示す。表1に示すとおり、女川原子力発電所第2号機における弁の機能維持評価に用いる加速度としては、規格基準に基づく設定方法に比べて一定の裕度を見込んだ値としている。

(5) 地震応答解析

弁の地震応答を算出するに当たり、(4)項で作成した弁モデルを配管系モデルに組み込み、地震応答解析を実施する。この場合の解析方法は、配管系の固有値に応じて静的応答解析法あるいはスペクトルモーダル応答解析法を用いる。

配管系の固有値が剛と判断される場合は、静的応答解析を行うが、この場合弁に加わる加速度は設計用床応答スペクトルのZPA（ゼロ周期加速度）であり、これを弁駆動部応答加速度と見なして評価を行う。また、剛の範囲にない場合には、原則として(3)項で定めた設計用床応答スペクトルを入力とする配管系のスペクトルモーダル解析を行い、算出された弁駆動部応答加速度を用いて弁の評価を実施する。更に、弁の詳細評価が必要となる場合には、弁各部の強度評価に必要な応答荷重を算出する。

なお、減衰定数については現在配管系の解析に使用されている0.5~2.5%の値を用いるものとする。

図1 J E A G 4 6 0 1の抜粋 (P345)

表 1 弁の機能維持評価の耐震設計手順の比較

配管系の 固有値	J E A G 4 6 0 1	女川原子力発電所第 2 号機
剛の場合	最大加速度 (1.0ZPA) を適用する。	最大加速度を 1.2 倍した値 (1.2ZPA) を適用
柔の場合	スペクトルモーダル解析により算出した弁駆動部の応答を適用する。	スペクトルモーダル解析*から算定される弁駆動部の応答加速度値又は最大加速度を 1.2 倍した値 (1.2ZPA) の何れか大きい方を適用する。

注記* : 20Hz を超える振動数領域まで考慮した地震応答解析により算定する。

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

高振動数領域を考慮した弁の機能維持評価について、女川原子力発電所第 2 号機における従来の弁の機能維持評価に用いる振動数領域は 20Hz までとしていたが、新たに 50Hz, 100Hz まで考慮したスペクトルモーダル解析を実施する。

スペクトルモーダル解析に使用する床応答曲線について検討を行った結果を添付 1 に示す。添付 1 に示すとおり、女川原子力発電所の基準地震動 S_s の周期特性と建屋の振動特性の関係により、床応答曲線は 20Hz から 50Hz の領域で応答が卓越することが確認されたことから、高振動数領域の検討においては 50Hz までの適用を基本とする。

また、床応答曲線は 50Hz 付近で概ね応答が最大加速度 (1.0ZPA) 程度まで収束していること、基準地震動 S_s の評価範囲が 0.02 秒～5 秒であることを踏まえて、弁の動的機能維持評価に適用する床応答曲線については、作成範囲を 50Hz までとし、50Hz 以上の領域は最大加速度 (1.0ZPA) と設定した曲線を適用する。

補足説明資料「補足-600-14-3 動的機能維持評価対象弁の選定方法について」に整理している動的機能要求弁については、上記で示した床応答曲線を用いて振動数領域を 50Hz 及び 100Hz まで考慮した応答加速度の比較を行うこととし、有意な応答増加が確認された場合は有意な応答増加がなくなる範囲まで振動数領域を拡張することにより、機能維持の確認を行う (図 2 参照)。ここで、有意な応答増加の判断における考え方は以下のとおりとする。

【パターン 1】

J E A G 4 6 0 1 に基づき機能確認済加速度を適用している弁^{*1}

応答加速度の増加率が 10%以上且つ、応答加速度の増加値が機能確認済加速度の 10%以上 (0.6G 以上) である場合を有意な応答増加とする。

【パターン 2】

J E A G 4 6 0 1 に基づく機能確認済加速度を超過し詳細評価を実施する弁^{*2}

応答加速度の増加率が10%以上である場合を有意な応答増加とする。(詳細評価の場合、弁駆動部の機能確認済加速度は15Gや20Gと大きくなるため、機能確認済加速度の10%に相当する判断基準を適用すると、1.5Gや2.0Gと比較的大きな上振れも許容する可能性があるため、判断基準から除外する。)

*1: 添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に定義している以下に示す機能確認済加速度を適用する設備

一般弁(グローブ弁, ゲート弁, バタフライ弁, 逆止弁): 水平 6.0G, 鉛直 6.0G

主蒸気隔離弁: 水平 10.0G, 鉛直 6.2G

主蒸気逃がし安全弁: 水平 9.6G, 鉛直 6.1G

制御棒駆動系スクラム弁: 水平 6.0G, 鉛直 6.0G

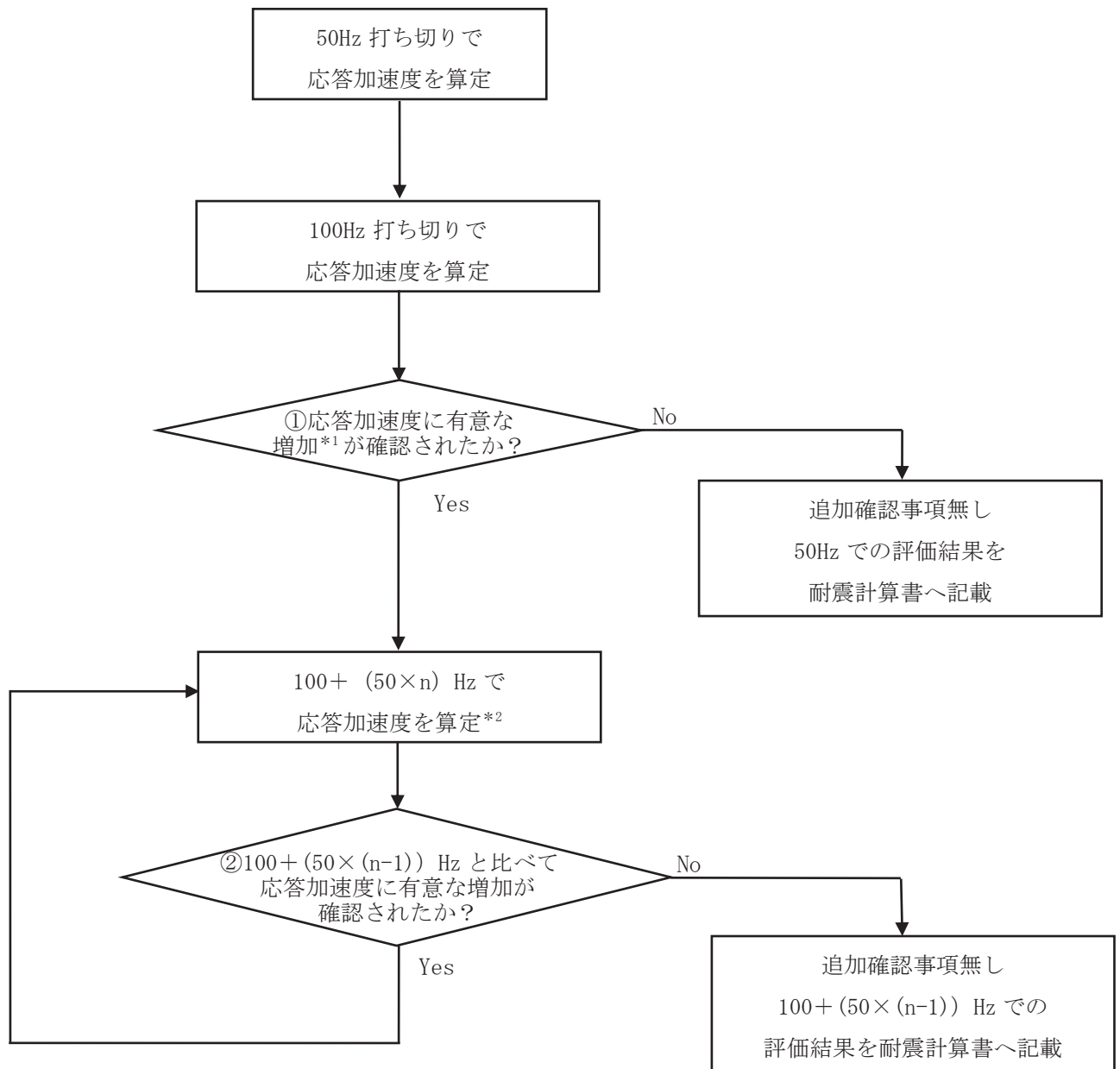
*2: 詳細評価の詳細は補足説明資料「補足-600-14-1 動的機能維持の詳細評価について(新たな検討又は詳細検討が必要な設備の機能維持評価について)」に示す。

4. 高振動数領域を考慮した弁の動機機能維持評価結果

振動数領域を50Hz及び100Hzまで考慮した場合の応答加速度を表2に示す。表3には100Hzで有意な増加が確認された弁について、更なる高振動数領域として150Hzまでを考慮した場合の応答増加の影響確認結果を示す。なお、表2において方向が「合成」となっている弁については、3項に記載したパターン2に該当する弁であり、J E A G 4 6 0 1に基づく機能確認済加速度を超過するため詳細評価を実施している弁(逆止弁を除く)である。これらの弁については駆動部の許容値として20G等を設定しているが、この許容値は弁に発生する各方向の加速度をベクトル合成した加速度に対して設定しているものであることから、表中では「合成」との記載にしている。弁の詳細評価については「補足-600-14-1 動的機能維持の詳細評価について(新たな検討又は詳細検討が必要な設備の機能維持評価について)」に詳細を示す。

表3に示すとおり、更なる高振動数領域まで考慮した弁の応答加速度値に有意な応答増加がないこと及び機能確認済加速度に収まることを確認した。100Hzで応答加速度に有意な増加が確認された弁に対する要因推定は添付2に示す。

なお、本検討に適用した床応答曲線を添付3に、高振動数領域を評価する配管モデルについて検証した結果を添付4に示す。



- *1 : (パターン1 JEAG4601に基づき機能確認済加速度を適用している弁) 応答加速度の増加率が10%以上且つ、応答加速度の増加値が機能確認済加速度の10%以上(0.6G以上)である場合を有意な応答増加という。
 (パターン2 JEAG4601に基づき機能確認済加速度を超過し詳細評価を実施する弁) 応答加速度の増加率が10%以上である場合を有意な増加という。
- *2 : nの初期値は1とし、②の結果がYesになるごとに1を加算していく。

図2 弁の高振動数領域を考慮した動的機能維持評価フロー

表2 高振動数領域を考慮した弁の動的機能維持評価結果 (1/9)

No.	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)	機能 確認済 加速度 (③)	裕度	機能維持 評価用 加速度* (②)	機能 確認済 加速度 (③)	裕度			
1	MS	B21-F001A	主蒸気逃がし安全 弁(A)	安全弁	合成	14.05	20.00	1.42	14.07	20.00	1.42	1.01	0.10%	
						14.05			14.07					
						2.26			2.26					
2	MS	B21-F001B	主蒸気逃がし安全 弁(B)	安全弁	合成	13.63	20.00	1.46	13.65	20.00	1.46	1.01	0.10%	
						13.63			13.65					
						2.26			2.26					
3	MS	B21-F001C	主蒸気逃がし安全 弁(C)	安全弁	合成	11.25	20.00	1.77	11.28	20.00	1.77	1.01	0.15%	
						11.25			11.28					
						2.26			2.26					
4	MS	B21-F001D	主蒸気逃がし安全 弁(D)	安全弁	合成	12.84	20.00	1.55	12.86	20.00	1.55	1.01	0.10%	
						12.84			12.86					
						2.26			2.26					
5	MS	B21-F001E	主蒸気逃がし安全 弁(E)	安全弁	合成	15.86	20.00	1.26	15.87	20.00	1.26	1.00	0.05%	
						15.86			15.87					
						2.26			2.26					
6	MS	B21-F001F	主蒸気逃がし安全 弁(F)	安全弁	合成	15.48	20.00	1.29	15.51	20.00	1.28	1.01	0.15%	
						15.48			15.51					
						2.26			2.26					
7	MS	B21-F001G	主蒸気逃がし安全 弁(G)	安全弁	合成	14.25	20.00	1.40	14.27	20.00	1.40	1.01	0.10%	
						14.25			14.27					
						2.47			2.47					
8	MS	B21-F001H	主蒸気逃がし安全 弁(H)	安全弁	合成	15.24	20.00	1.31	15.25	20.00	1.31	1.00	0.05%	
						15.24			15.25					
						2.47			2.47					
9	MS	B21-F001J	主蒸気逃がし安全 弁(J)	安全弁	合成	14.01	20.00	1.42	14.02	20.00	1.42	1.00	0.05%	
						14.01			14.02					
						2.47			2.47					
10	MS	B21-F001K	主蒸気逃がし安全 弁(K)	安全弁	合成	14.37	20.00	1.39	14.39	20.00	1.38	1.01	0.10%	
						14.37			14.39					
						2.47			2.47					

注記* : 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。

表2 高振動数領域を考慮した弁の動的機能維持評価結果 (2/9)

No.	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)	機能 確認済 加速度 (③)	裕度	機能維持 評価用 加速度* (②)	機能 確認済 加速度 (③)	裕度			
11	MS	B21-F001L	主蒸気逃がし 安全弁(L)	安全弁	合成	15.14	20.00	1.32	15.16	20.00	1.31	1.01	0.10%	
						15.14			15.16					
						2.47			2.47					
12	MS	B21-F002A	主蒸気第一隔 離弁(A)	主蒸気 隔離弁	合成	11.38	15.00	1.31	11.42	15.00	1.31	1.01	0.27%	
						11.38			11.42					
						2.26			2.26					
13	MS	B21-F002B	主蒸気第一隔 離弁(B)	主蒸気 隔離弁	水平	9.24	10.00	1.08	9.26	10.00	1.07	1.01	0.20%	
						9.24			9.26					
						1.82			1.82					
					鉛直	5.86	6.20	1.05	5.88	6.20	1.05	1.01	0.33%	
						5.86			5.88					
						1.33			1.33					
14	MS	B21-F002C	主蒸気第一隔 離弁(C)	主蒸気 隔離弁	合成	14.07	15.00	1.06	14.10	15.00	1.06	1.01	0.20%	
						14.07			14.10					
						2.47			2.47					
15	MS	B21-F002D	主蒸気第一隔 離弁(D)	主蒸気 隔離弁	合成	13.67	15.00	1.09	13.70	15.00	1.09	1.01	0.20%	
						13.67			13.70					
						2.47			2.47					
16	MS	B21-F003A	主蒸気第二隔 離弁(A)	主蒸気 隔離弁	合成	13.55	15.00	1.10	13.57	15.00	1.10	1.01	0.14%	
						13.55			13.57					
						2.26			2.26					
17	MS	B21-F003B	主蒸気第二隔 離弁(B)	主蒸気 隔離弁	合成	13.63	15.00	1.10	13.65	15.00	1.09	1.01	0.14%	
						13.63			13.65					
						2.26			2.26					
18	MS	B21-F003C	主蒸気第二隔 離弁(C)	主蒸気 隔離弁	合成	14.43	15.00	1.03	14.46	15.00	1.03	1.01	0.20%	
						14.43			14.46					
						2.47			2.47					
19	MS	B21-F003D	主蒸気第二隔 離弁(D)	主蒸気 隔離弁	合成	14.96	15.00	1.00	14.99	15.00	1.00	1.01	0.20%	
						14.96			14.99					
						2.47			2.47					

注記* : 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。

表2 高振動数領域を考慮した弁の動的機能維持評価結果 (3/9)

No.	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)	機能 確認済 加速度 (③)	裕度	機能維持 評価用 加速度* (②)	機能 確認済 加速度 (③)	裕度			
20	FDW	B21-F052A	給水系第二 隔離弁 (A)	空気作動 逆止弁	水平	2.03	6.00	2.95	2.06	6.00	2.91	1.02	0.50%	
						2.03			2.06					
						1.82			1.82					
					鉛直	2.80	6.00	2.14	2.80	6.00	2.14	1.00	0.00%	
						2.80			2.80					
						1.33			1.33					
21	FDW	B21-F052B	給水系第二 隔離弁 (B)	空気作動 逆止弁	水平	2.13	6.00	2.81	2.15	6.00	2.79	1.01	0.34%	
						2.13			2.15					
						1.82			1.82					
					鉛直	2.92	6.00	2.05	2.92	6.00	2.05	1.00	0.00%	
						2.92			2.92					
						1.33			1.33					
22	FDW	B21-F053A	給水系第一 隔離弁 (A)	逆止弁	水平	2.44	6.00	2.45	2.47	6.00	2.42	1.02	0.50%	
						2.44			2.47					
						1.82			1.82					
					鉛直	1.33	6.00	4.51	1.33	6.00	4.51	1.00	0.00%	
						1.09			1.09					
						1.33			1.33					
23	FDW	B21-F053B	給水系第一 隔離弁 (B)	逆止弁	水平	2.61	6.00	2.29	2.63	6.00	2.28	1.01	0.34%	
						2.61			2.63					
						1.82			1.82					
					鉛直	1.33	6.00	4.51	1.33	6.00	4.51	1.00	0.00%	
						1.07			1.07					
						1.33			1.33					
24	RHR	E11-F003A	残留熱除去 系熱交換器 (A) バイパス 弁	電動 グローブ 弁	水平	3.74	6.00	1.60	3.75	6.00	1.60	1.01	0.17%	
						3.74			3.75					
						2.12			2.12					
					鉛直	1.56	6.00	3.84	1.56	6.00	3.84	1.00	0.00%	
						0.11			0.13					
						1.56			1.56					
25	RHR	E11-F003B	残留熱除去 系熱交換器 (B) バイパス 弁	電動 グローブ 弁	水平	4.77	6.00	1.25	4.77	6.00	1.25	1.00	0.00%	
						4.77			4.77					
						2.12			2.12					
					鉛直	3.36	6.00	1.78	3.36	6.00	1.78	1.00	0.00%	
						3.36			3.36					
						1.56			1.56					

注記* : 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。

表2 高振動数領域を考慮した弁の動的機能維持評価結果 (4/9)

No.	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)	機能 確認済 加速度 (③)	裕度	機能維持 評価用 加速度* (②)	機能 確認済 加速度 (③)	裕度			
26	RHR	E11-F004A	残留熱除去系 A 系 低圧注水系注入 隔離弁	電動 ゲート弁	合成	6.20	20.00	3.22	6.20	20.00	3.22	1.00	0.00%	
						6.20			6.20					
						2.64			2.64					
27	RHR	E11-F004B	残留熱除去系 B 系 低圧注水系注入 隔離弁	電動 ゲート弁	合成	6.51	20.00	3.07	6.51	20.00	3.07	1.00	0.00%	
						6.51			6.51					
						2.64			2.64					
28	RHR	E11-F004C	残留熱除去系 C 系 低圧注水系注入 隔離弁	電動 ゲート弁	水平	5.75	6.00	1.04	5.75	6.00	1.04	1.00	0.00%	
						5.75			5.75					
						1.97			1.97					
					鉛直	1.45	6.00	4.13	1.46	6.00	4.10	1.01	0.17%	
						1.45			1.46					
						1.37			1.37					
29	RHR	E11-F005A	残留熱除去系 A 系 低圧注水系注入 試験可能逆止弁	逆止弁	水平	9.28	6.00	0.64	9.28	6.00	0.64	1.00	0.00%	機能確認 済加速度 超過のため、弁体挙 動評価および構造 強度評価 を実施
						9.28			9.28					
						1.99			1.99					
					鉛直	3.76	6.00	1.59	3.78	6.00	1.58	1.01	0.34%	
						3.76			3.78					
						1.78			1.78					
30	RHR	E11-F005B	残留熱除去系 B 系 低圧注水系注入 試験可能逆止弁	逆止弁	水平	9.18	6.00	0.65	9.18	6.00	0.65	1.00	0.00%	機能確認 済加速度 超過のため、弁体挙 動評価および構造 強度評価 を実施
						9.18			9.18					
						1.99			1.99					
					鉛直	10.51	6.00	0.57	10.51	6.00	0.57	1.00	0.00%	
						10.51			10.51					
						1.78			1.78					
31	RHR	E11-F005C	残留熱除去系 C 系 低圧注水系注入 試験可能逆止弁	逆止弁	水平	10.80	6.00	0.55	10.80	6.00	0.55	1.00	0.00%	機能確認 済加速度 超過のため、弁体挙 動評価および構造 強度評価 を実施
						10.80			10.80					
						1.99			1.99					
					鉛直	4.17	6.00	1.43	4.17	6.00	1.43	1.00	0.00%	
						4.17			4.17					
						1.78			1.78					

注記*：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。

表2 高振動数領域を考慮した弁の動的機能維持評価結果 (5/9)

No.	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)	機能 確認済 加速度 (③)	裕度	機能維持 評価用 加速度* (②)	機能 確認済 加速度 (③)	裕度					
32	RHR	E11-F008A	残留熱除去系 熱交換器(A)出 口弁	電動 グローブ 弁	水平	4.96	6.00	1.20	4.97	6.00	1.12	1.01	0.17%			
						4.96			4.97							
						2.12			2.12							
					鉛直	1.58	6.00	3.79	1.67	6.00	3.59				1.06	1.50%
						1.58			1.67							
						1.56			1.56							
33	RHR	E11-F008B	残留熱除去系 熱交換器(B)出 口弁	電動 グローブ 弁	水平	4.60	6.00	1.30	4.60	6.00	1.30	1.00	0.00%			
						4.60			4.60							
						2.12			2.12							
					鉛直	5.48	6.00	1.09	5.48	6.00	1.09				1.00	0.00%
						5.48			5.48							
						1.56			1.56							
34	RHR	E11-F010A	残留熱除去系 A系格納容器ス プレイ隔離弁	電動 ゲート弁	合成	6.74	20.00	2.96	6.75	20.00	2.96	1.01	0.05%			
						6.74			6.75							
						2.64			2.64							
35	RHR	E11-F010B	残留熱除去系 B系格納容器ス プレイ隔離弁	電動 ゲート弁	水平	4.08	6.00	1.47	4.10	6.00	1.46	1.01	0.34%			
						4.08			4.10							
						2.12			2.12							
					鉛直	4.58	6.00	1.31	4.58	6.00	1.31				1.00	0.00%
						4.58			4.58							
						1.56			1.56							
36	RHR	E11-F011A	残留熱除去系 A系サブレン ジョンチェンバ スプレイ隔離 弁	電動 ゲート弁	合成	6.70	20.00	2.98	6.70	20.00	2.98	1.00	0.00%			
						6.70			6.70							
						1.92			1.92							
37	RHR	E11-F011B	残留熱除去系 B系サブレン ジョンチェンバ スプレイ隔離 弁	電動 ゲート弁	合成	8.19	20.00	2.44	8.19	20.00	2.44	1.00	0.00%			
						8.19			8.19							
						1.92			1.92							

注記* : 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。

表2 高振動数領域を考慮した弁の動的機能維持評価結果 (6/9)

No.	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)	機能 確認済 加速度 (③)	裕度	機能維持 評価用 加速度* (②)	機能 確認済 加速度 (③)	裕度			
38	RHR	E11-F012A	残留熱除去系A 系試験用調整 弁	電動 グローブ 弁	合成	10.95	20.00	1.82	10.95	20.00	1.82	1.00	0.00%	
						10.95			10.95					
						1.92			1.92					
39	RHR	E11-F012B	残留熱除去系B 系試験用調整 弁	電動 グローブ 弁	合成	6.20	20.00	3.22	6.20	20.00	3.22	1.00	0.00%	
						6.20			6.20					
						1.92			1.92					
40	RHR	E11-F015A	残留熱除去系A 系停止時冷却 吸込第一隔離 弁	電動 ゲート弁	水平	5.93	6.00	1.01	5.93	6.00	1.01	1.00	0.00%	
						5.93			5.93					
						1.60			1.60					
					鉛直	1.41	6.00	4.25	1.43	6.00	4.19	1.02	0.34%	
						1.41			1.43					
						0.91			0.91					
41	RHR	E11-F015B	残留熱除去系B 系停止時冷却 吸込第一隔離 弁	電動 ゲート弁	合成	6.13	20.00	3.26	6.13	20.00	3.26	1.00	0.00%	
						6.13			6.13					
						1.85			1.85					
42	RHR	E11-F016A	残留熱除去系A 系停止時冷却 吸込第二隔離 弁	電動 ゲート弁	水平	4.38	6.00	1.36	4.39	6.00	1.36	1.01	0.17%	
						4.38			4.39					
						1.57			1.57					
					鉛直	1.49	6.00	4.02	1.56	6.00	3.84	1.05	1.17%	
						1.49			1.56					
						1.09			1.09					
43	RHR	E11-F016B	残留熱除去系B 系停止時冷却 吸込第二隔離 弁	電動 ゲート弁	水平	5.75	6.00	1.04	5.75	6.00	1.04	1.00	0.00%	
						5.75			5.75					
						1.57			1.57					
					鉛直	1.31	6.00	4.58	1.35	6.00	4.44	1.03	0.67%	
						1.31			1.35					
						1.09			1.09					
44	RHR	E11-F018A	残留熱除去系A 系停止時冷却 注入隔離弁	電動 グローブ 弁	合成	8.56	20.00	2.33	8.56	20.00	2.33	1.00	0.00%	
						8.56			8.56					
						1.92			1.92					
45	RHR	E11-F018B	残留熱除去系B 系停止時冷却 注入隔離弁	電動 グローブ 弁	合成	6.65	20.00	3.00	6.65	20.00	3.00	1.00	0.00%	
						6.65			6.65					
						1.92			1.92					

注記* : 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。

表2 高振動数領域を考慮した弁の動的機能維持評価結果 (7/9)

No.	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)	機能確認済加速度 (③)	裕度	機能維持評価用加速度* (②)	機能確認済加速度 (③)	裕度										
46	RHR	E11-F019A	残留熱除去系 A 系 停止時冷却試験可能逆止弁	逆止弁	水平	1.60	6.00	3.75	1.60	6.00	3.75	1.00	0.00%								
						0.86															
						1.60															
						鉛直			0.91						6.00	6.59	0.94	6.00	6.38	1.04	0.50%
									0.82												
									0.91												
47	RHR	E11-F019B	残留熱除去系 B 系 停止時冷却試験可能逆止弁	逆止弁	水平	1.60	6.00	3.75	1.60	6.00	3.75	1.00	0.00%								
						1.25															
						1.60															
						鉛直			1.14						6.00	5.26	1.16	6.00	5.17	1.02	0.34%
									1.14												
									0.91												
48	LPCS	E21-F003	低圧炉心スプレ イ系注入隔離弁	電動 ゲート弁	合成	6.95	20.00	2.87	6.95	20.00	2.87	1.00	0.00%								
						6.95															
						2.40															
49	LPCS	E21-F004	低圧炉心スプレ イ系注入ライン 試験可能逆止弁	逆止弁	水平	8.12	6.00	0.73	8.12	6.00	0.73	1.00	0.00%	機能確認 済加速度 超過のため、弁体挙 動評価および構造 強度評価 を実施							
						8.12															
						1.99															
						鉛直			7.66						6.00	0.78	7.66	6.00	0.78	1.00	0.00%
									7.66												
									1.78												
50	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															
						1.57															
						鉛直			1.25						6.00	4.80	1.44	6.00	4.16	1.16	3.17%
									1.25												
									1.09												
51	HPCS	E22-F003	高圧炉心スプレ イ系注入隔離弁	電動 ゲート弁	合成	7.31	20.00	2.73	7.42	20.00	2.69	1.02	0.55%								
						7.31															
						2.40															
52	HPCS	E22-F004	高圧炉心スプレ イ系注入ライン 試験可能逆止弁	逆止弁	水平	6.64	6.00	0.90	6.64	6.00	0.90	1.00	0.00%	機能確認 済加速度 超過のため、弁体挙 動評価および構造 強度評価 を実施							
						6.64															
						1.99															
						鉛直			7.05						6.00	0.85	7.06	6.00	0.84	1.01	0.17%
									7.05												
									1.78												

注記* : 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。

表2 高振動数領域を考慮した弁の動的機能維持評価結果 (8/9)

No.	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)	機能 確認済 加速度 (③)	裕度	機能維持 評価用 加速度* (②)	機能 確認済 加速度 (③)	裕度				
53	RCIC	E51-F007	原子炉隔離時 冷却系 タービン入口 蒸気ライン第 一隔離弁	電動 ゲート弁	合成	7.79	20.00	2.56	7.98	20.00	2.50	1.03	0.95%		
						7.79			7.98						
						2.47			2.47						
54	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						
55	CUW	G31-F002	原子炉冷却材 浄化系入口ラ イン第一隔離 弁	電動 ゲート弁	水平	5.65	6.00	1.06	5.65	6.00	1.06	1.00	0.00%		
						5.65			5.65						
						1.60			1.60						
					鉛直	3.12	6.00	1.92	3.14	6.00	1.91	1.01	0.34%		
						3.12			3.14						
						0.91			0.91						
56	CUW	G31-F003	原子炉冷却材 浄化系入口ラ イン第二隔離 弁	電動 ゲート弁	合成	9.13	20.00	2.19	9.14	20.00	2.18	1.01	0.05%		
						9.13			9.14						
						1.85			1.85						
57	SGTS	T46-F001A	非常用ガス処 理系 入口弁 (A)	空気作動 バタフラ イ弁	水平	5.15	6.00	1.16	5.19	6.00	1.15	1.01	0.67%		
						5.15			5.19						
						3.43			3.43						
					鉛直	5.46	6.00	1.09	5.46	6.00	1.09	1.00	0.00%		
						5.46			5.46						
						1.89			1.89						
58	SGTS	T46-F001B	非常用ガス処 理系 入口弁 (B)	空気作動 バタフラ イ弁	水平	4.97	6.00	1.20	5.01	6.00	1.19	1.01	0.67%		
						4.97			5.01						
						3.43			3.43						
					鉛直	4.81	6.00	1.24	4.82	6.00	1.24	1.01	0.17%		
						4.81			4.82						
						1.89			1.89						
59	SGTS	T46-F003A	非常用ガス処 理系 フィルタ装置 出口弁 (A)	電動 バタフラ イ弁	水平	5.85	6.00	1.02	6.25	6.00	0.96	1.07	6.67%	50Hz では 機能確認 済加速度 を満足し、 100Hz で は超過す るため、参 考に詳細 評価結果 も記載	
						5.85			6.25						
						2.65			2.65						
					鉛直	2.10	6.00	2.85	2.17	6.00	2.76	1.04	1.17%		
						2.10			2.17						
						1.77			1.77						
					合成 (参考)	6.21	20.00	3.22	6.61	20.00	3.02	1.07	2.00%		
						6.21			6.61						
						3.19			3.19						

注記* : 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。

表2 高振動数領域を考慮した弁の動的機能維持評価結果 (9/9)

No.	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)	機能 確認済 加速度 (③)	裕度	機能維持 評価用 加速度* (②)	機能 確認済 加速度 (③)	裕度					
60	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							
61	FCS	T49-F001A	可燃性ガスA系濃度制御系入口隔離弁	電動 ゲート弁	合成	6.42	20.00	3.11	6.43	20.00	3.11	1.01	0.05%			
						6.42			6.43							
						2.64			2.64							
62	FCS	T49-F001B	可燃性ガスB系濃度制御系入口隔離弁	電動 ゲート弁	合成	7.67	20.00	2.60	7.67	20.00	2.60	1.00	0.00%			
						7.67			7.67							
						2.64			2.64							
63	FCS	T49-F003A	可燃性ガスA系濃度制御系出口隔離弁	電動 ゲート弁	水平	4.45	6.00	1.34	4.47	6.00	1.34	1.01	0.34%			
						4.45			4.47							
						2.12			2.12							
					鉛直	4.08	6.00	1.47	4.08	6.00	1.47				1.00	0.00%
						4.08			4.08							
						1.56			1.56							
64	FCS	T49-F003B	可燃性ガスB系濃度制御系出口隔離弁	電動 ゲート弁	水平	4.82	6.00	1.24	4.83	6.00	1.24	1.01	0.17%			
						4.82			4.83							
						2.12			2.12							
					鉛直	4.03	6.00	1.48	4.04	6.00	1.48				1.01	0.17%
						4.03			4.04							
						1.56			1.56							

注記* : 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。

表3 更なる高振動領域を考慮した弁の動的機能維持評価結果

No.	系統	弁番号	弁名称	弁型式	方向	MAX (100Hz, 1.2ZPA)			MAX (150Hz, 1.2ZPA)			増加率 (②/①)	100Hz→150Hz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)	機能確認済加速度 (③)	裕度	機能維持評価用加速度* (②)	機能確認済加速度 (③)	裕度				
1	HPCS	E22-F001	高圧炉心スプレイスポンプ復水貯蔵タンク吸込弁	電動 ゲート弁	水平	3.16	6.00	1.89	3.17	6.00	1.89	1.01	0.17%		
						3.16			3.17						
						1.57			1.57						
					鉛直	1.44	6.00	4.16	1.46	6.00	4.10	1.02			0.34%
						1.44			1.46						
						1.09			1.09						
2	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	5.07	6.00	1.18	5.09	6.00	1.17	1.01	0.34%		
						5.07			5.09						
						2.65			2.65						
					鉛直	1.77	6.00	3.38	1.77	6.00	3.38	1.00			0.00%
						1.20			1.31						
						1.77			1.77						
3	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	3.98	6.00	1.50	3.98	6.00	1.50	1.00	0.00%		
						3.98			3.98						
						1.89			1.89						
					鉛直	5.29	6.00	1.13	5.29	6.00	1.13	1.00			0.00%
						5.29			5.29						
						1.59			1.59						

注記*：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。

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

1. はじめに

弁の動的機能維持評価に用いる床応答曲線は、50Hz までの範囲で床応答曲線を作成し、50Hz 以上を最大加速度（1.0ZPA）とすることが妥当であることを確認するため、50Hz までの床応答曲線を確認し、50Hz 程度で加速度が収束していることを確認する。100Hz までを考慮した評価を実施する場合の床応答曲線の作成イメージを図 1 に示す。

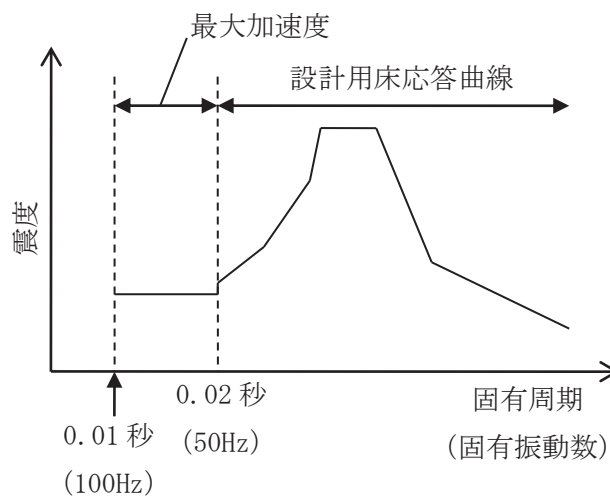


図 1 動的機能維持要求弁に用いる床応答曲線イメージ図
(100Hz までを考慮した評価に適用する場合)

2. 高振動数領域の床応答曲線

動的機能維持の評価対象弁が設置されている建物は原子炉建屋であることから、弁の動的機能維持評価に用いる代表的な例として、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に示されているもののうち、原子炉建屋（O.P. 15.0m）および原子炉しゃへい壁（O.P. 13.40m）の設計用床応答曲線の例を図 2-1, 2 に示す。なお、本検討に適用した全ての床応答曲線については添付 3 に示す。

水平方向は 10Hz（0.1 秒）及び 4Hz（0.25 秒）近傍で卓越しており、50Hz（0.02 秒）までで収束していることが確認できる。

鉛直方向について、原子炉建屋については 11Hz（0.09 秒）近傍で卓越し、原子炉しゃへい壁は 33Hz（0.03 秒）近傍で卓越しており、卓越する周期帯に違いはあるが、いずれも 50Hz（0.02 秒）までで収束していることが確認できる。

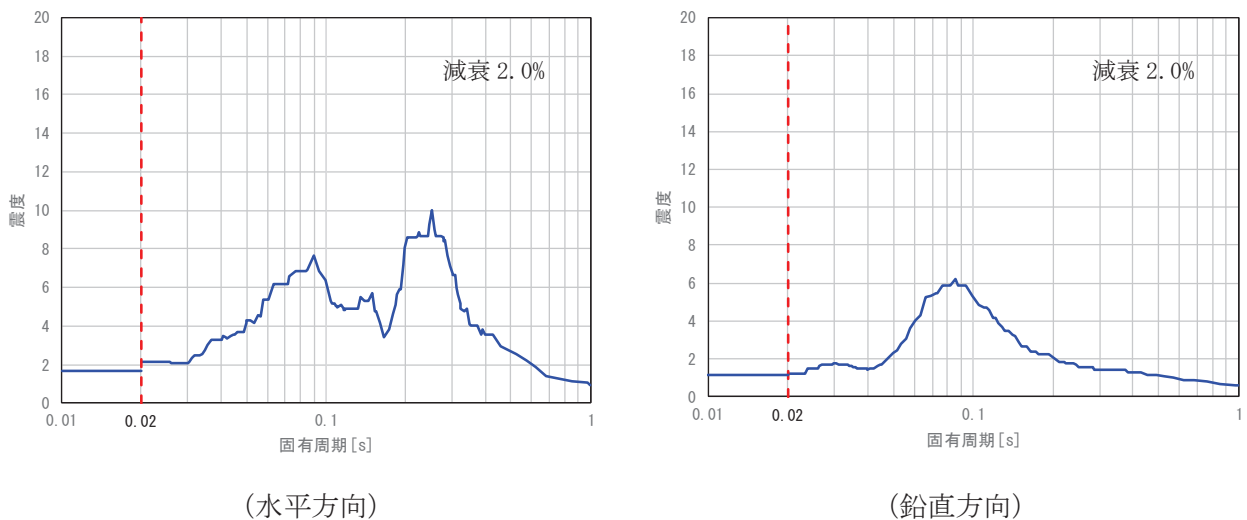


図 2-1 原子炉建屋 1F（O.P. 15.0m）の設計用床応答曲線（減衰 2.0%）

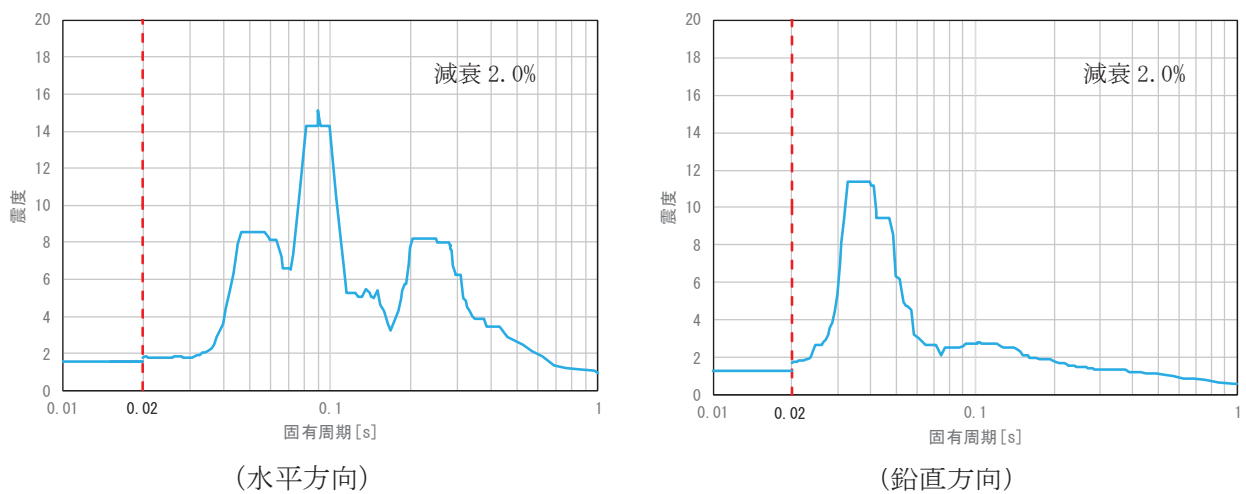


図 2-2 原子炉しゃへい壁（O.P. 13.4m）の設計用床応答曲線（減衰 2.0%）

3. 弁の動的機能維持に適用する床応答曲線

前述の通り, 20Hz 以上の床応答曲線を確認し, 50Hz までの範囲で加速度が収束しているため, 弁の動的機能維持評価に用いる床応答曲線は, 50Hz までの範囲で作成した床応答曲線に 50Hz 以上を最大加速度としたものとする。

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。

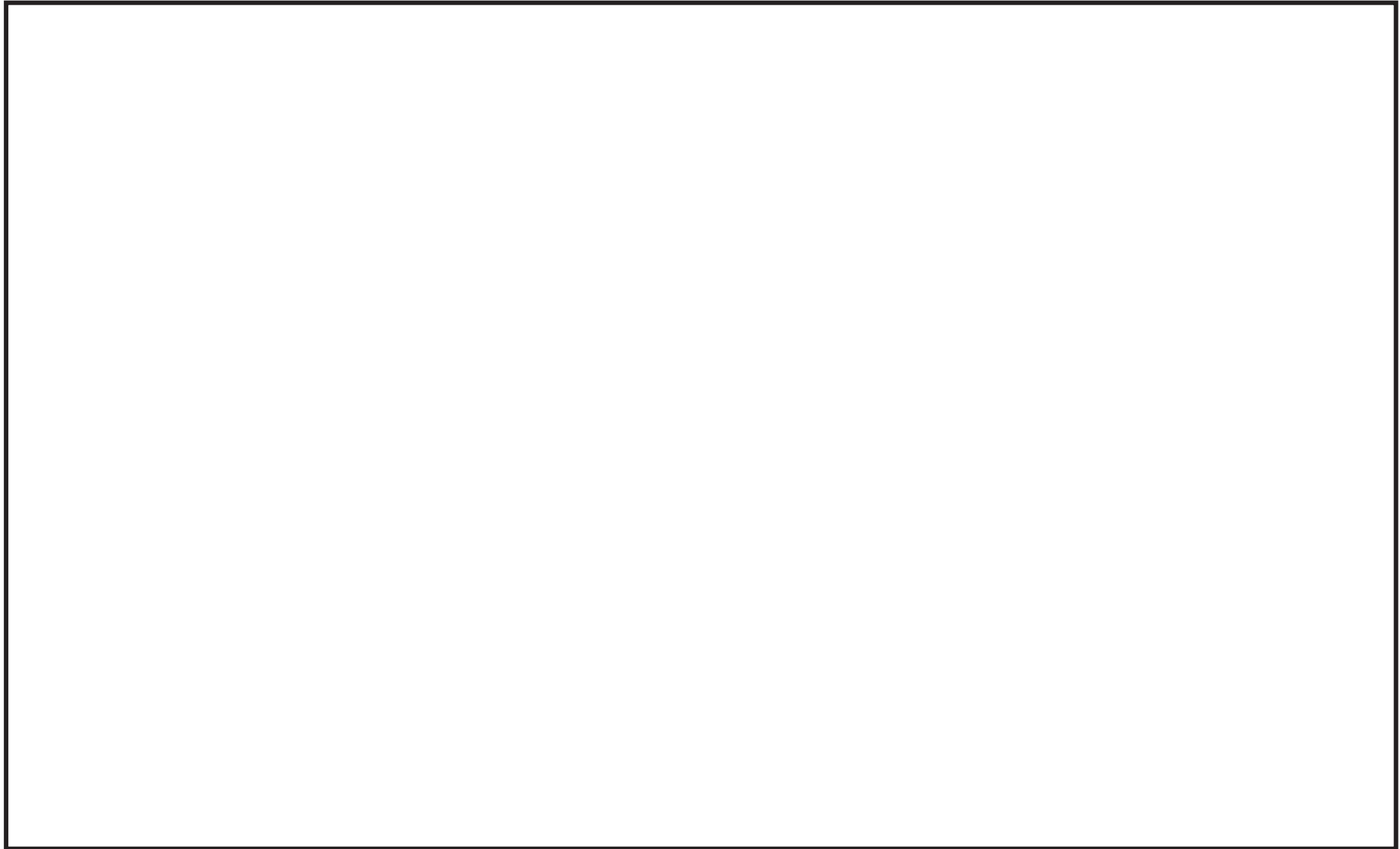


図 1-1 高圧炉心スプレイ系配管 (HPCS-002) の配管モデル全体図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

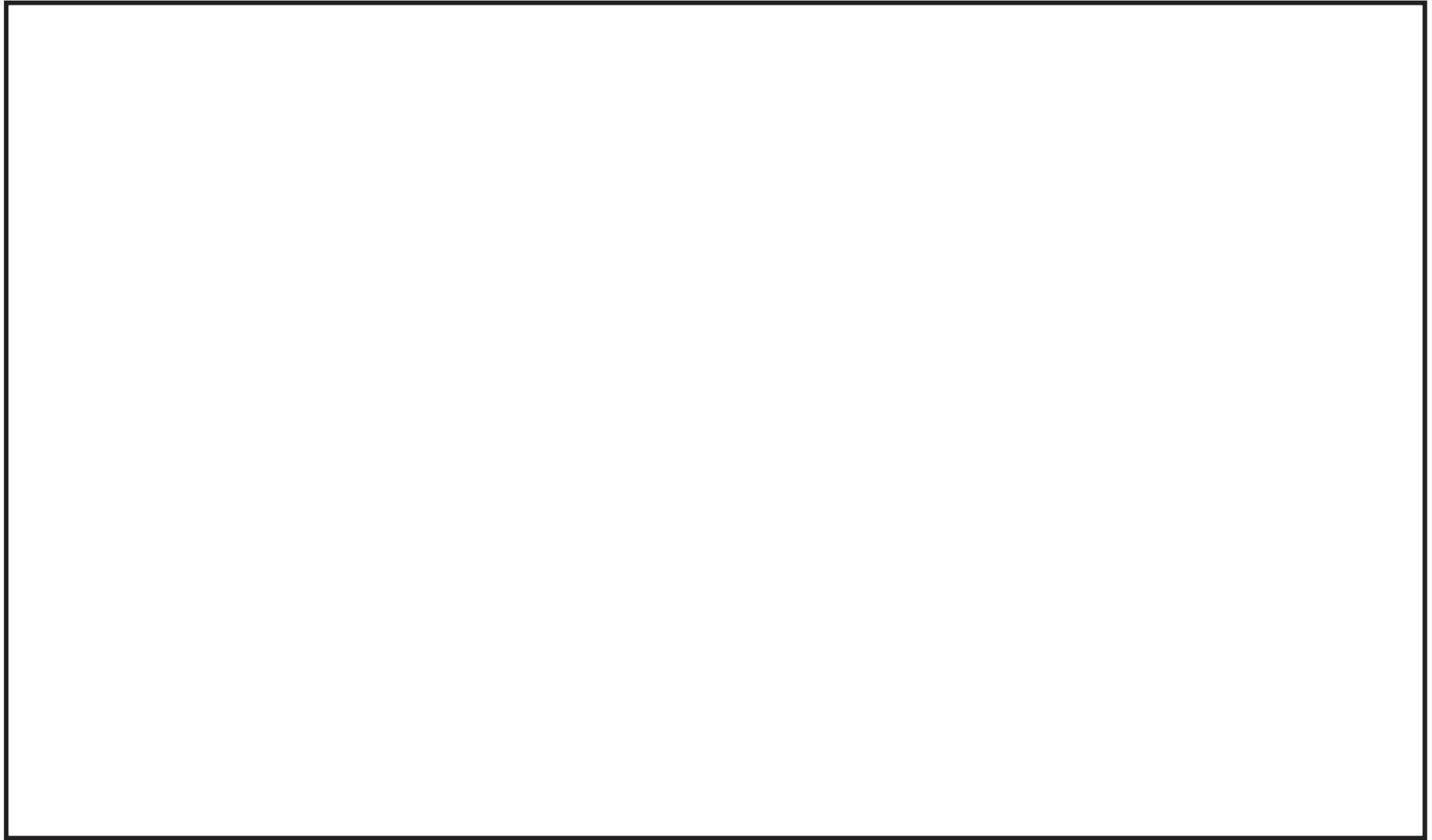


図 1-2 高圧炉心スプレイ系配管 (HPCS-002) の配管モデル部分図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

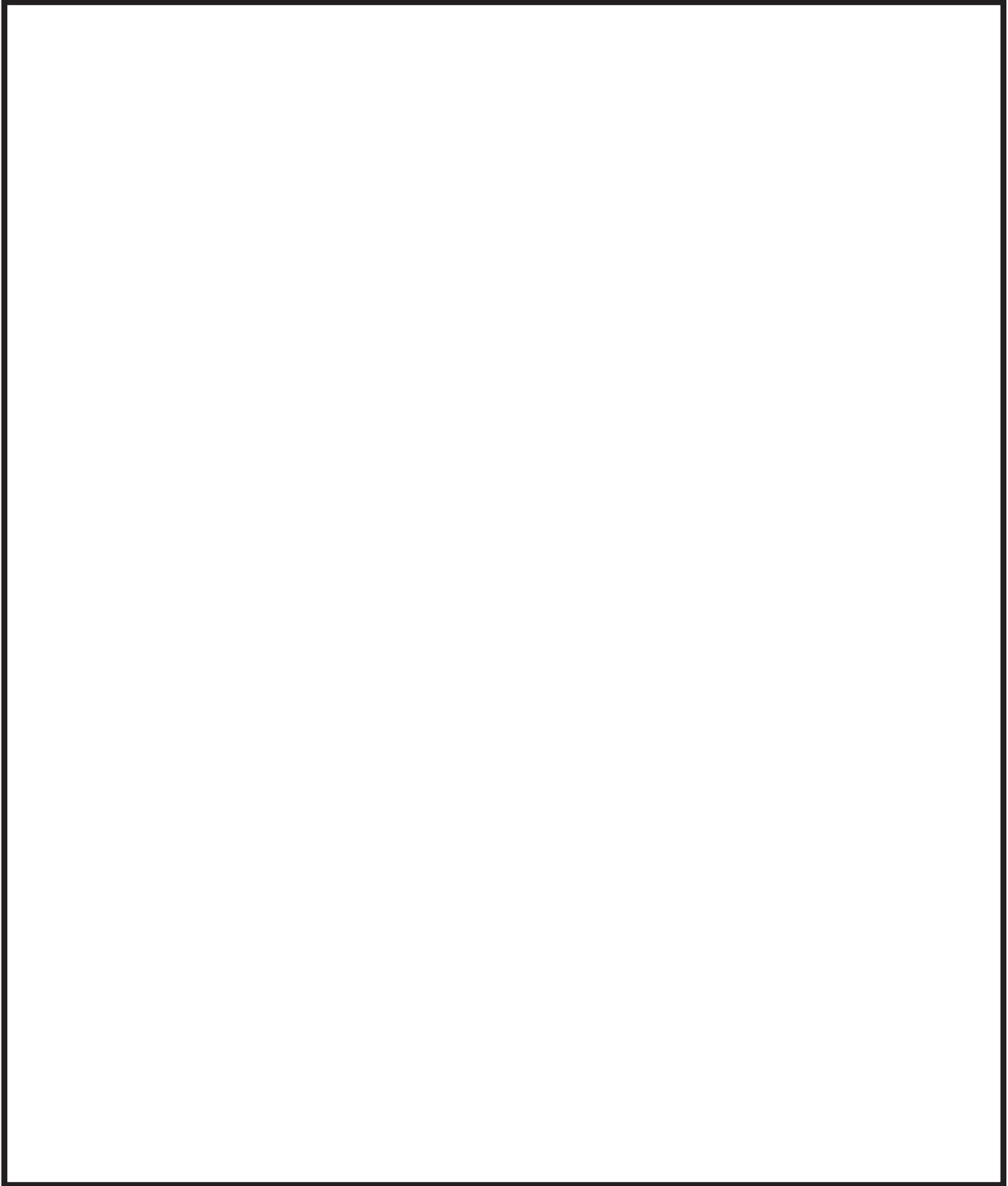


図 2 高圧炉心スプレイ系弁 (E22-F001) 構造図

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								

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

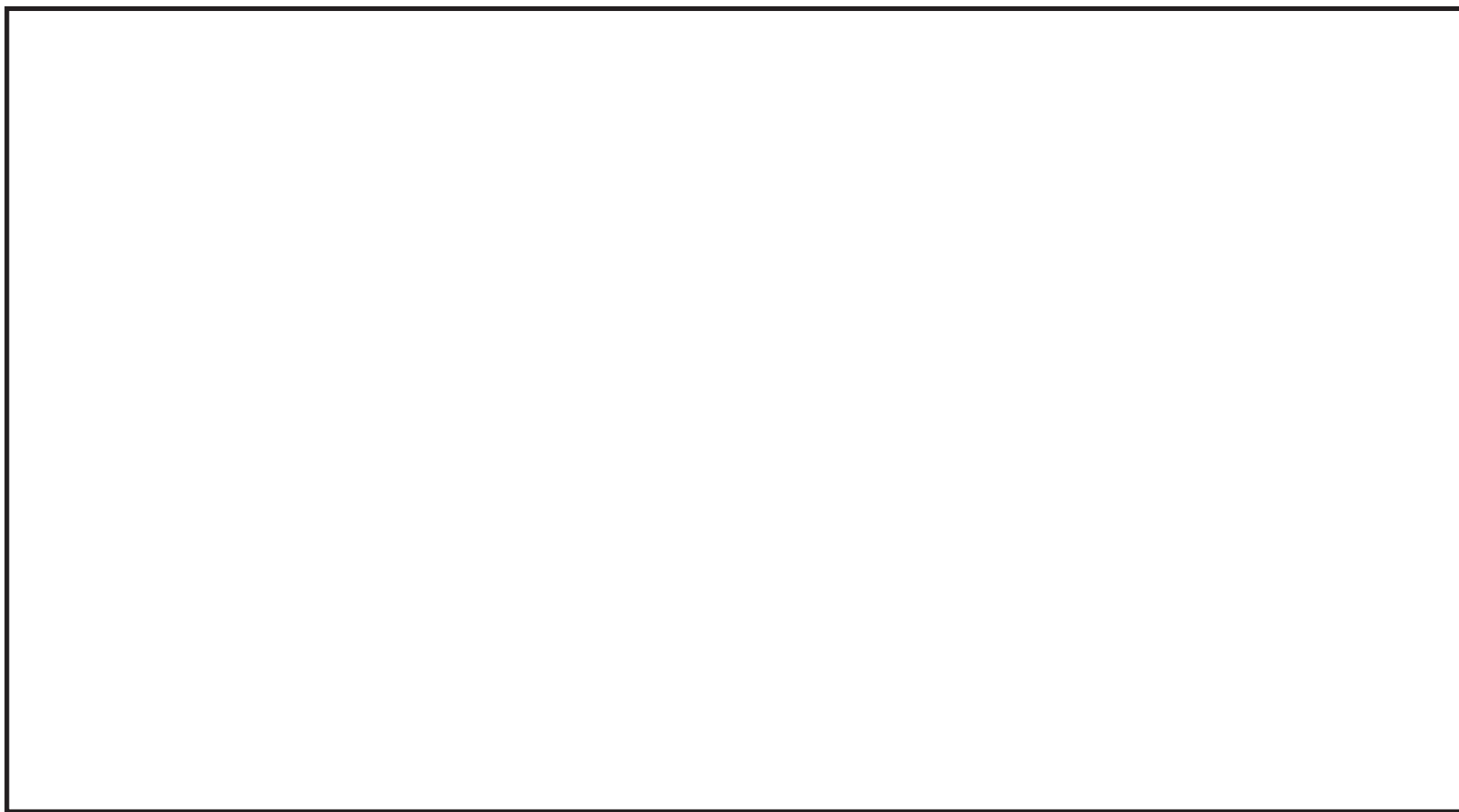


図 3-1 高圧炉心スプレイ系配管 (HPCS-002) の高振動数領域における代表的な振動モード図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

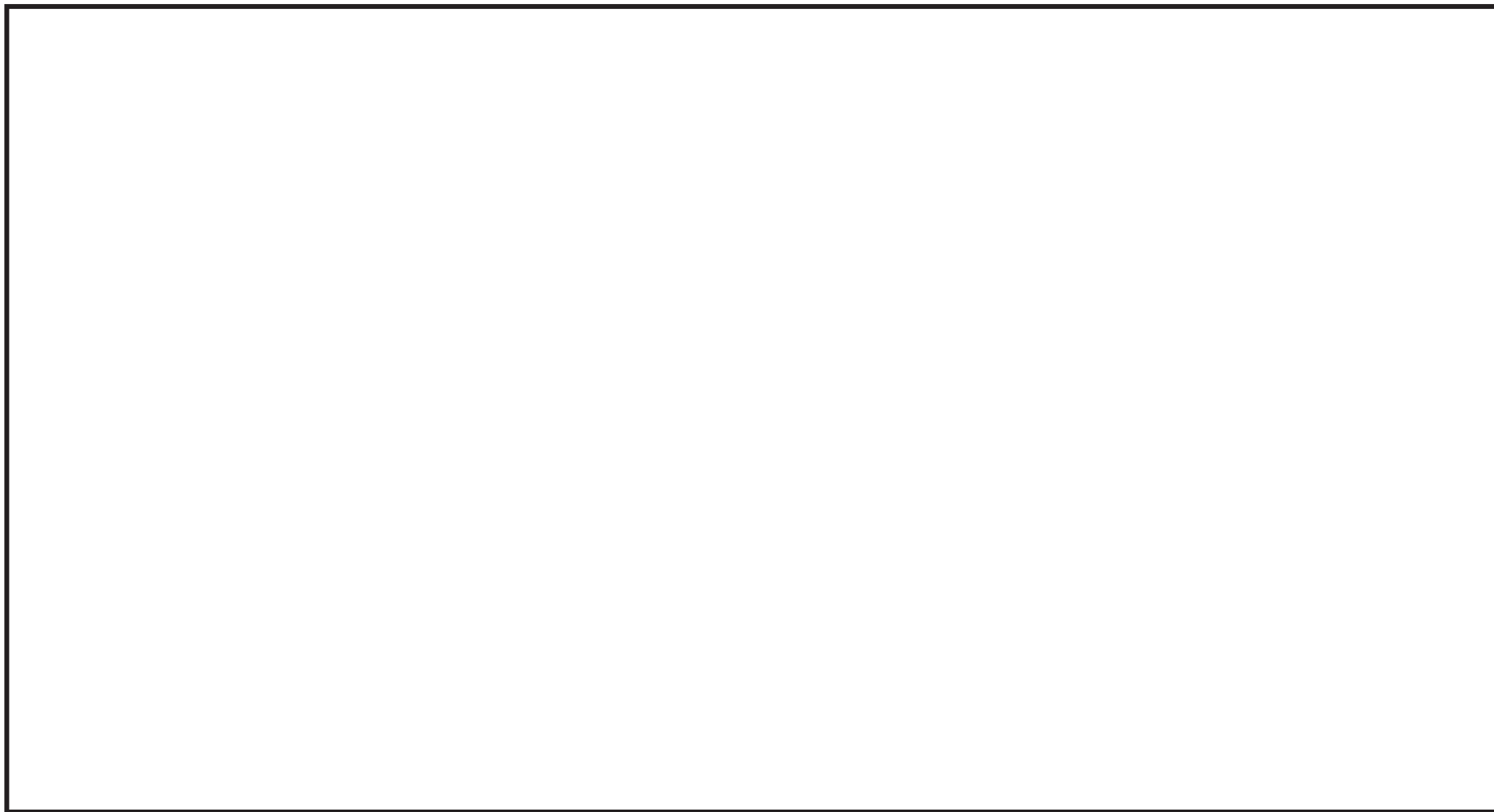


図 3-2 高圧炉心スプレイ系配管 (HPCS-002) の高振動数領域における代表的な振動モード図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

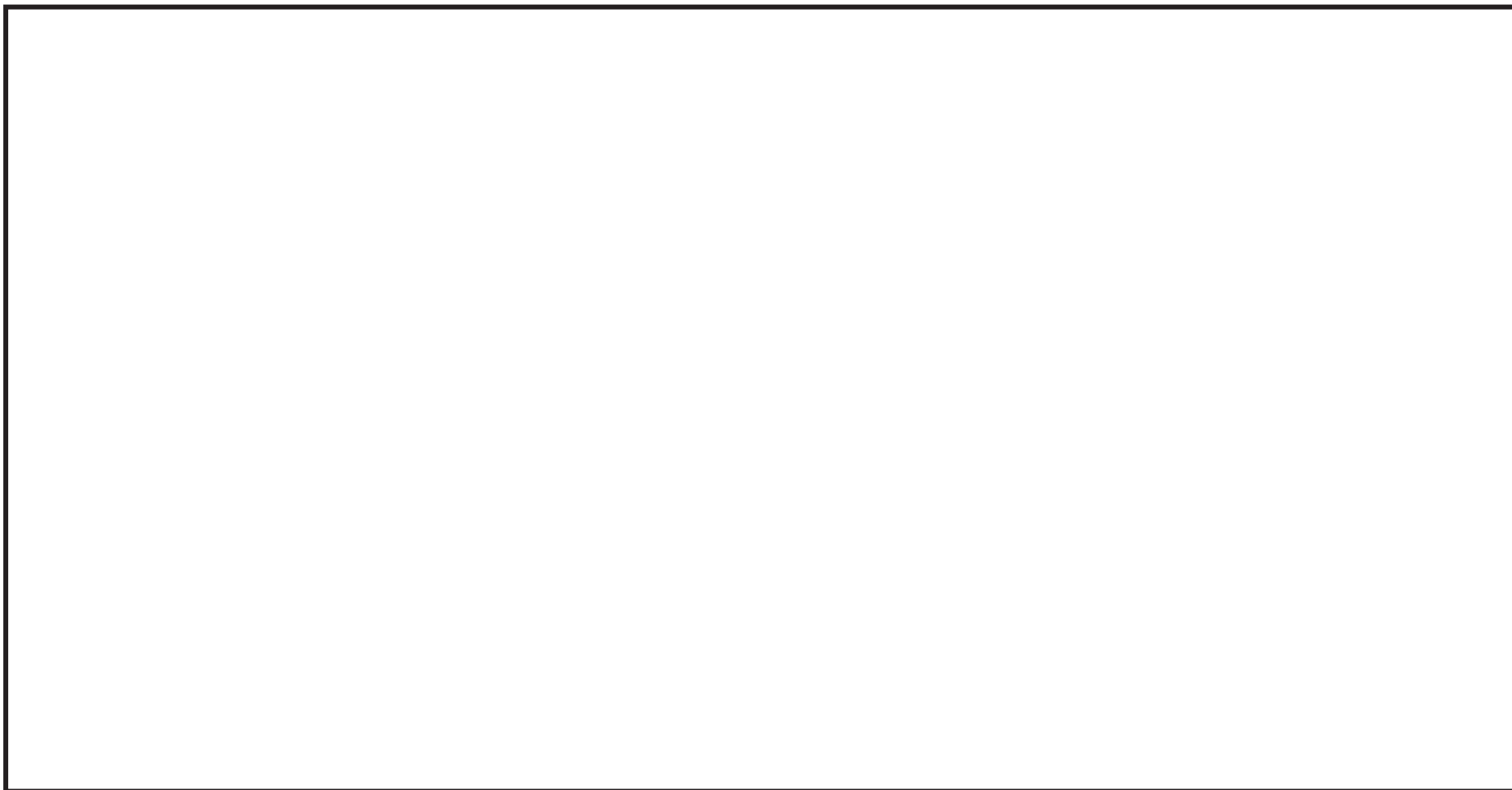


図 3-3 高圧炉心スプレイ系配管 (HPCS-002) の高振動数領域における代表的な振動モード図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

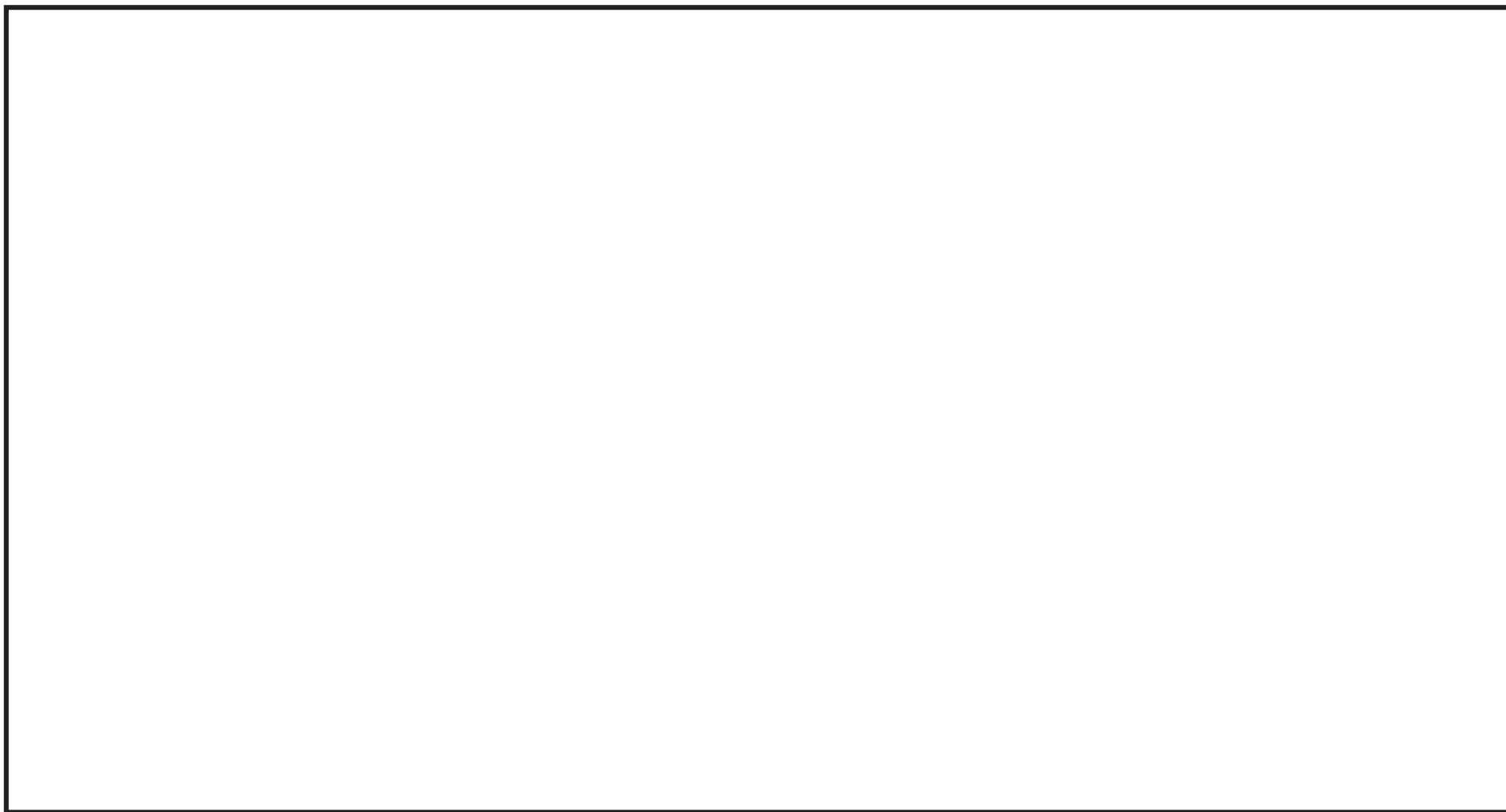


図 3-4 高圧炉心スプレイ系配管 (HPCS-002) の高振動数領域における代表的な振動モード図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

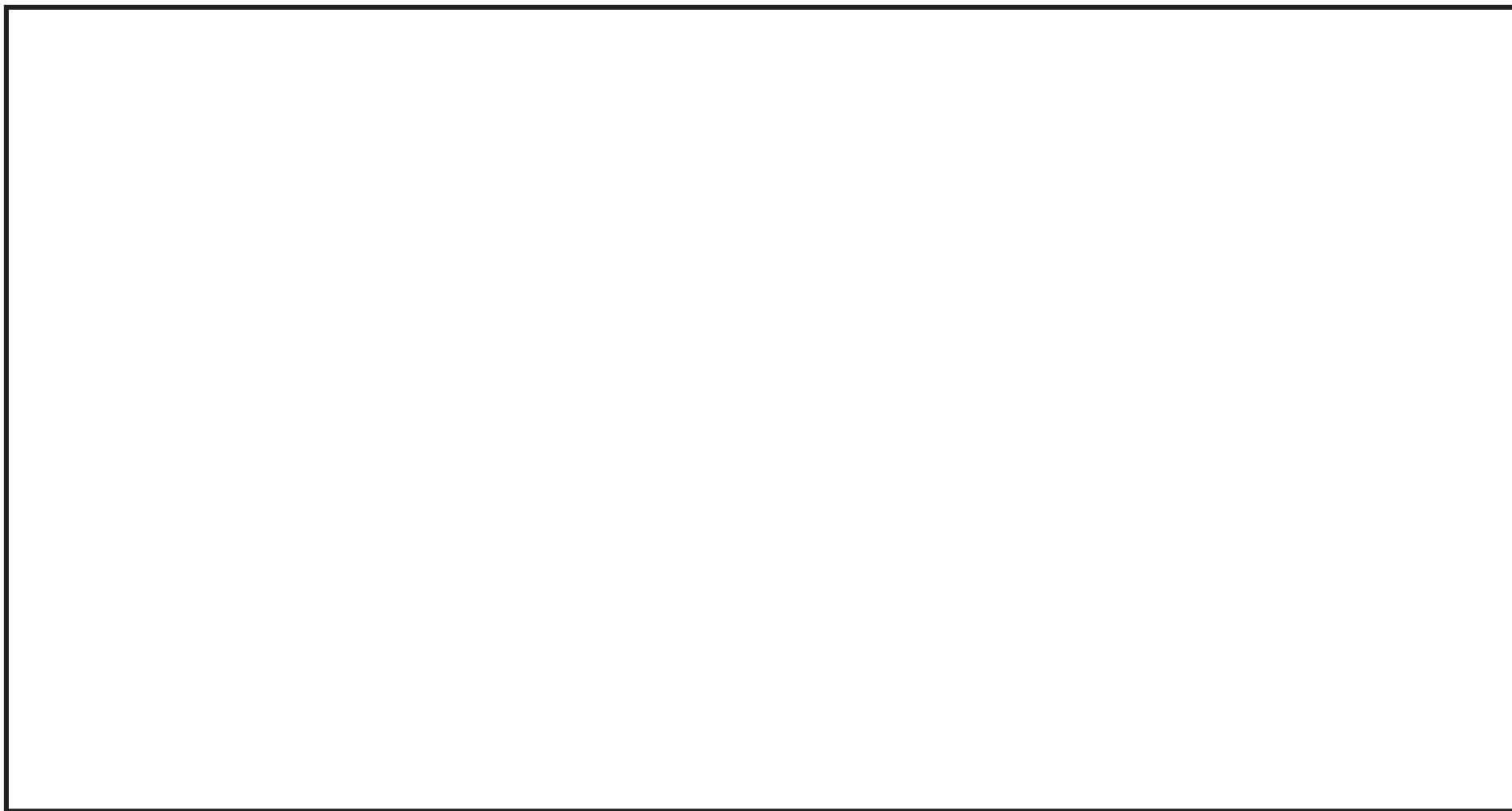


図 3-5 高圧炉心スプレイ系配管 (HPCS-002) の高振動数領域における代表的な振動モード図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

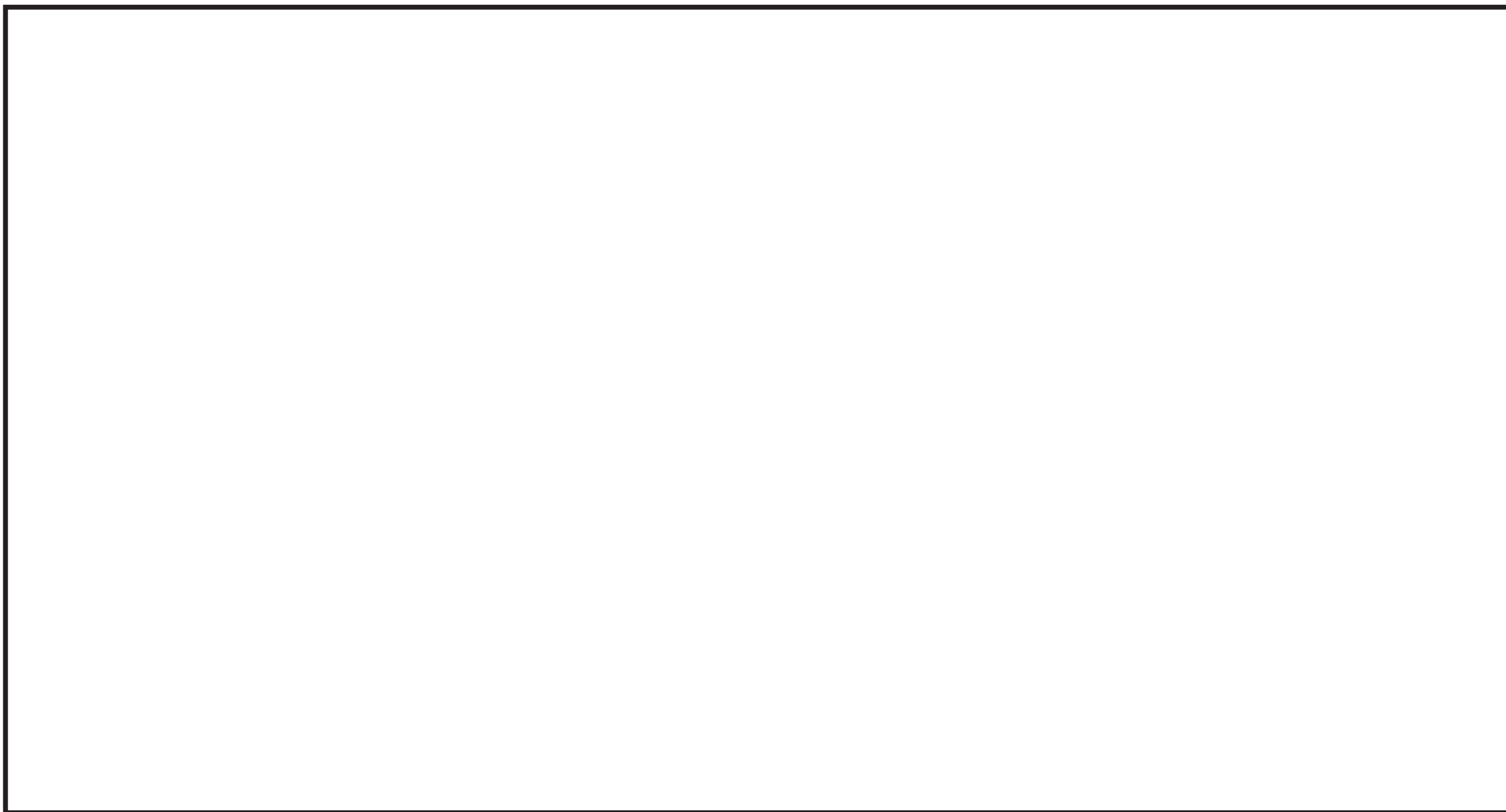


図 3-6 高圧炉心スプレイ系配管 (HPCS-002) の高振動数領域における代表的な振動モード図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

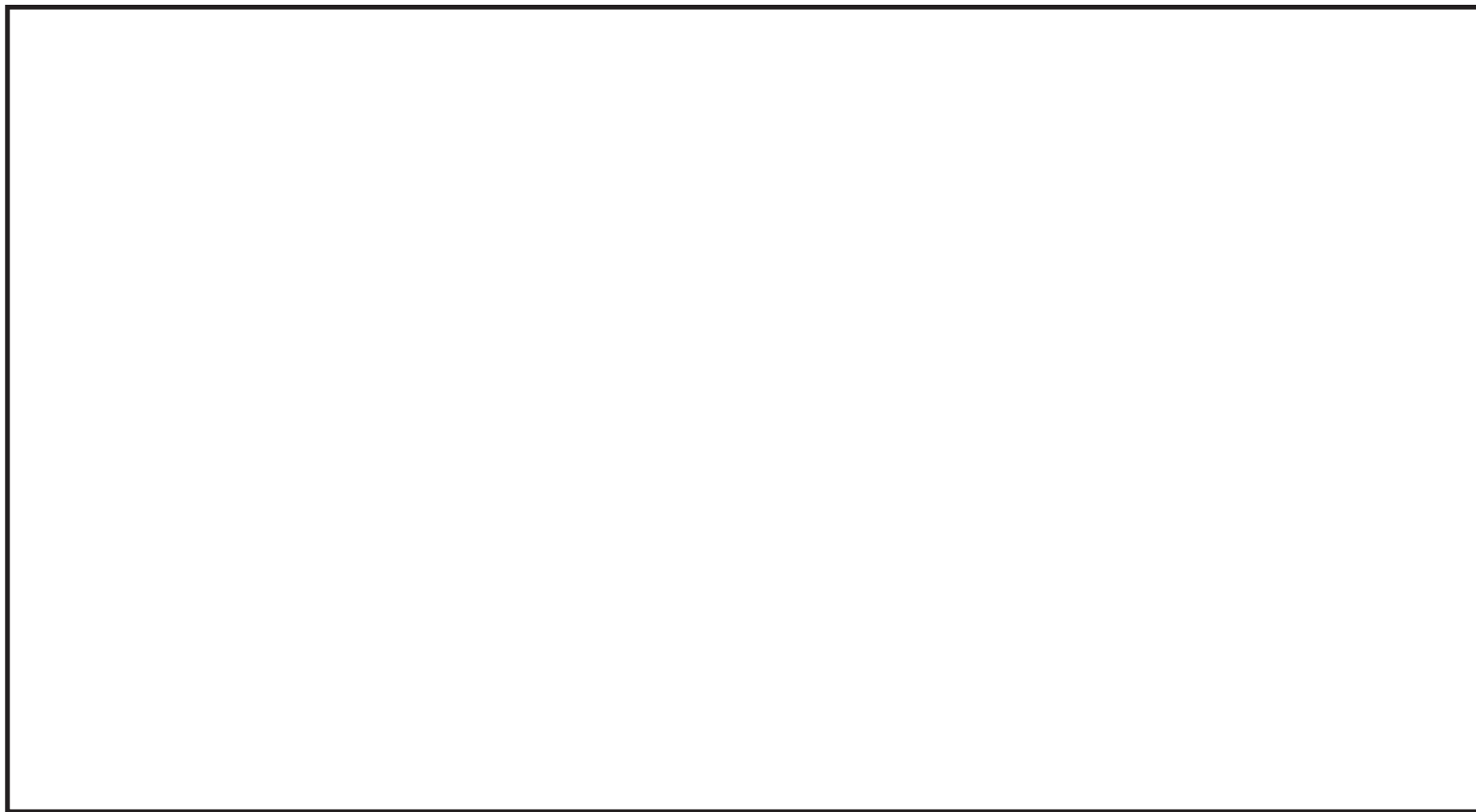


図 3-7 高圧炉心スプレイ系配管 (HPCS-002) の高振動数領域における代表的な振動モード図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

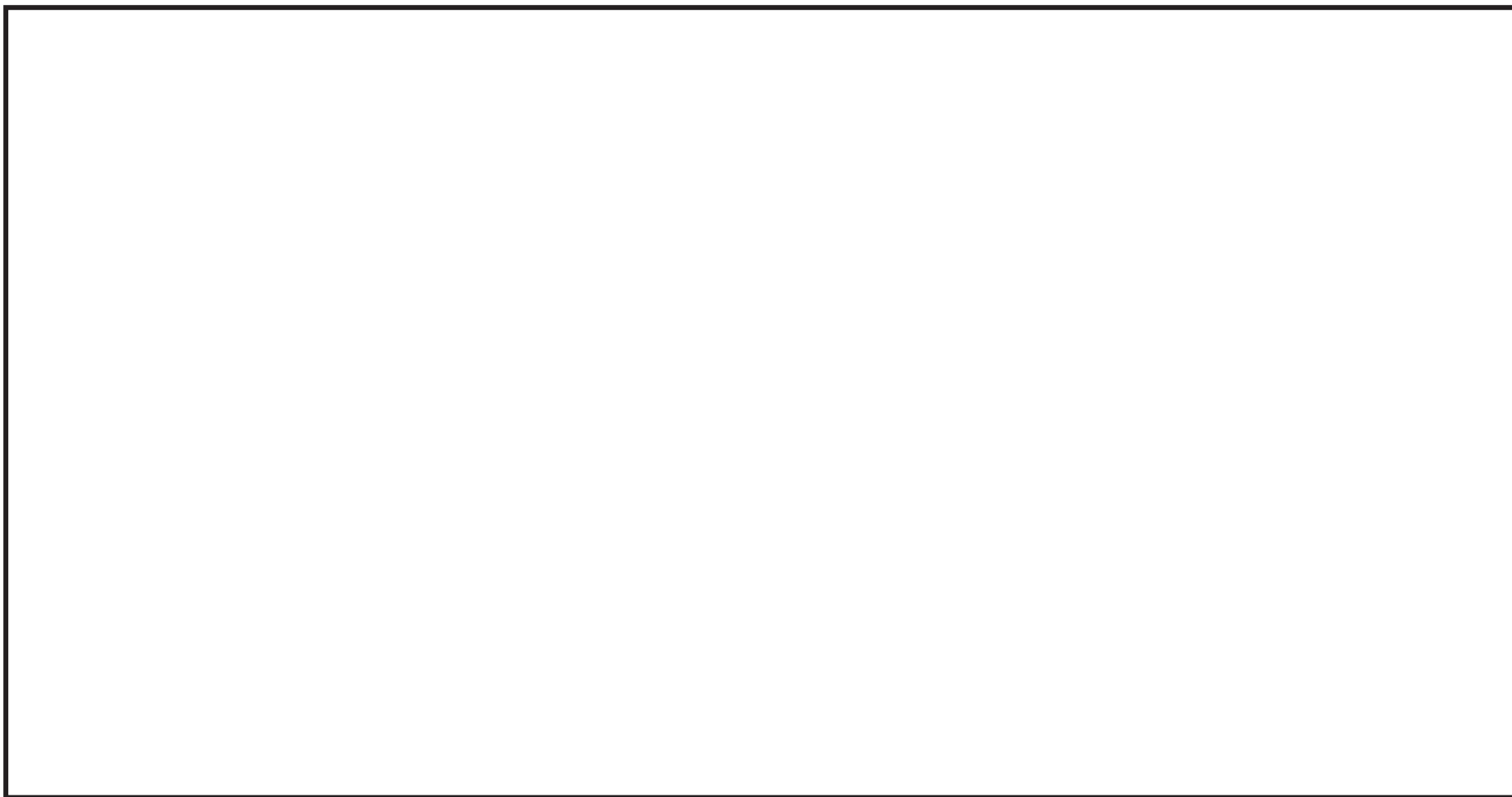


図 3-8 高圧炉心スプレイ系配管 (HPCS-002) の高振動数領域における代表的な振動モード図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

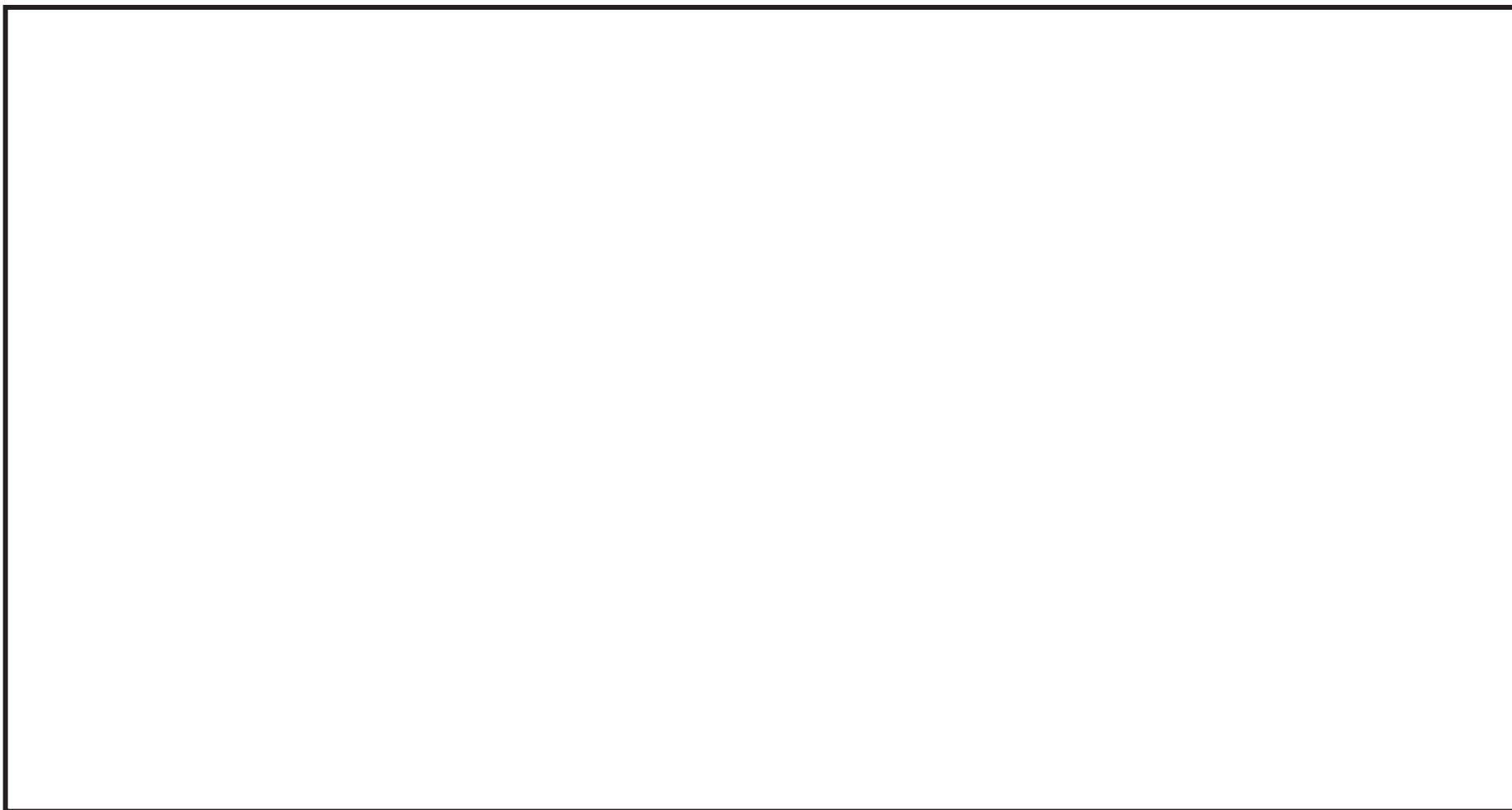


図 3-9 高圧炉心スプレイ系配管 (HPCS-002) の高振動数領域における代表的な振動モード図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

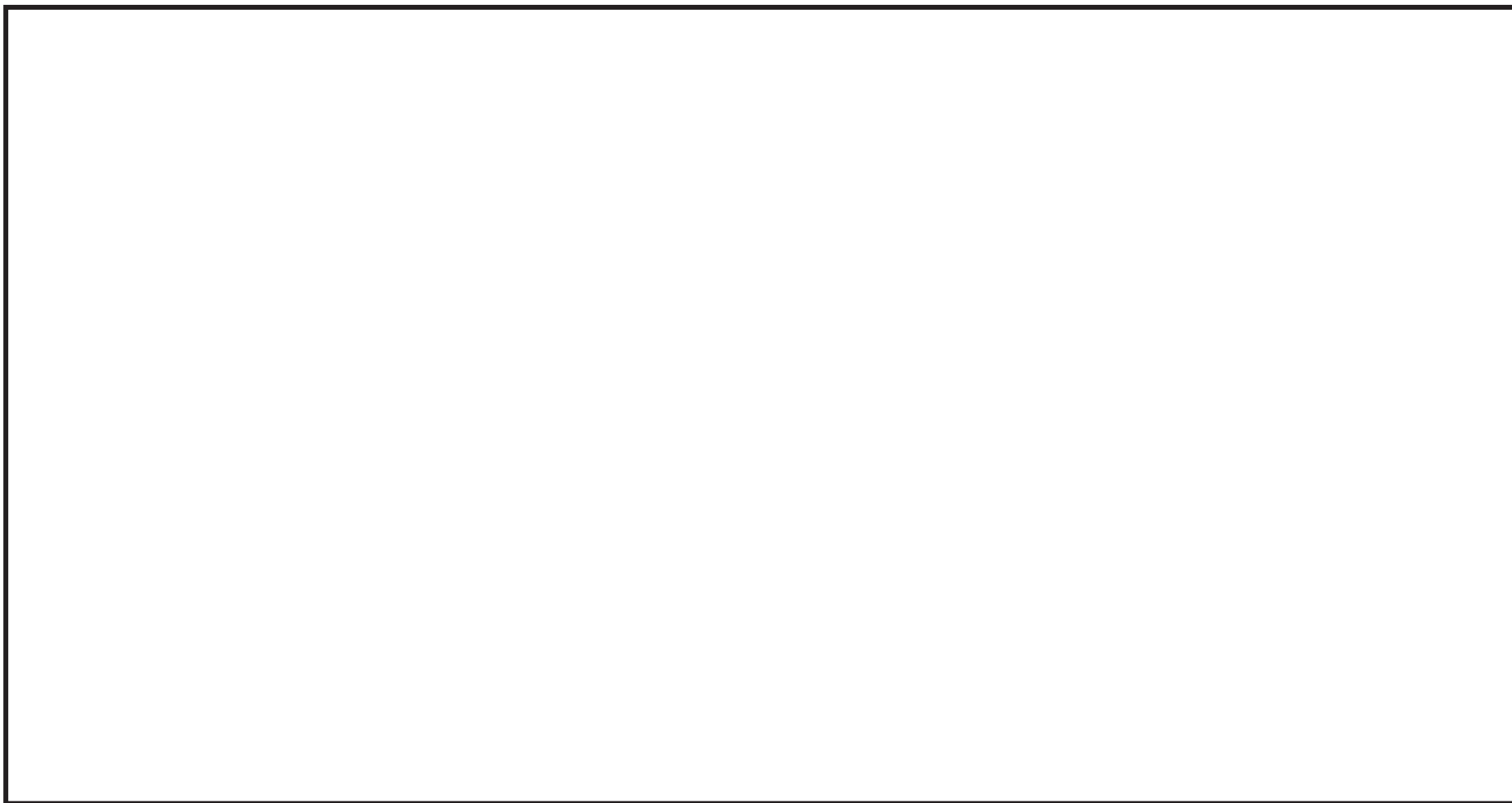


図 3-10 高圧炉心スプレイ系配管 (HPCS-002) の高振動数領域における代表的な振動モード図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

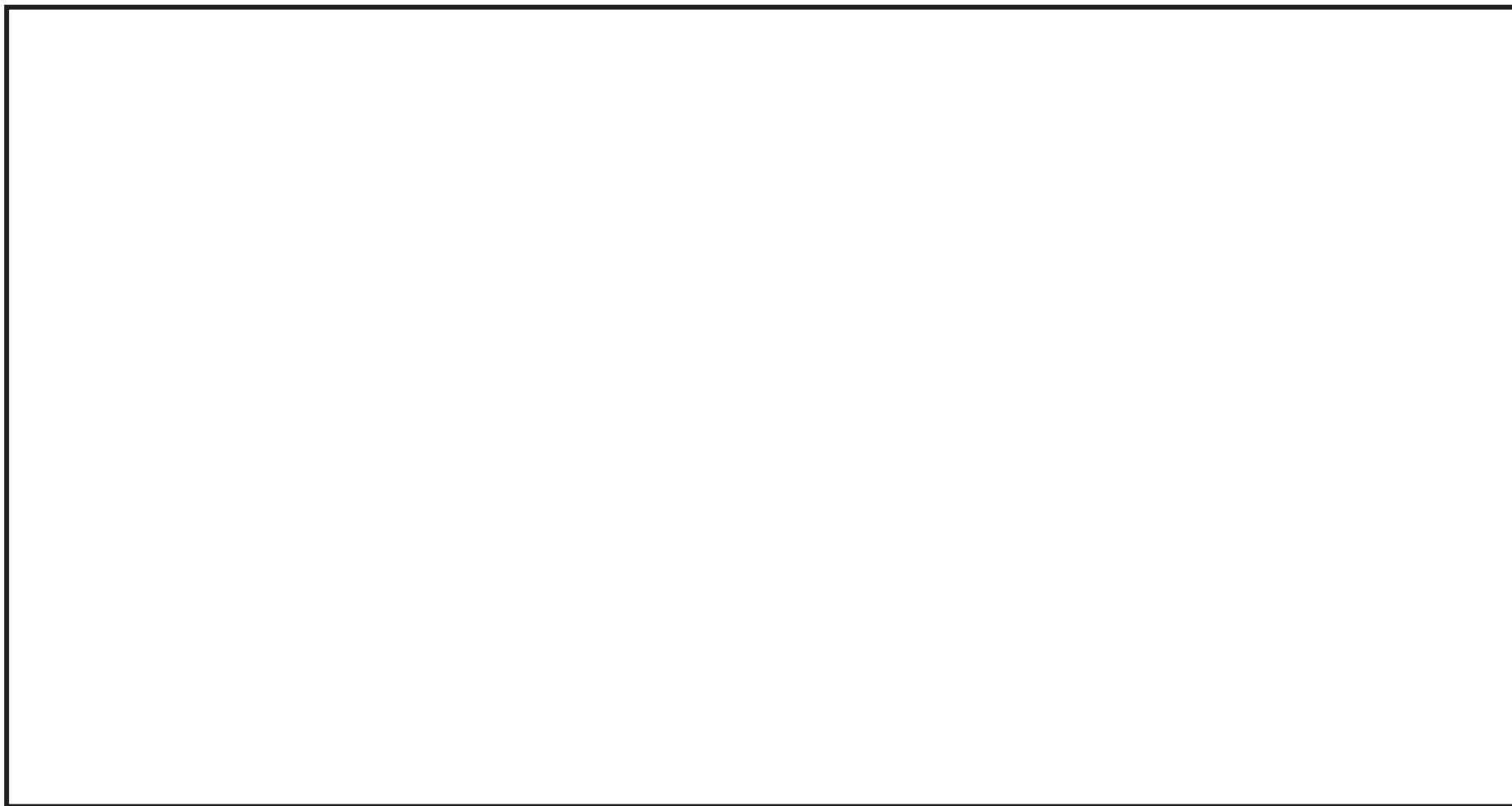


図 3-11 高圧炉心スプレイ系配管 (HPCS-002) の高振動数領域における代表的な振動モード図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

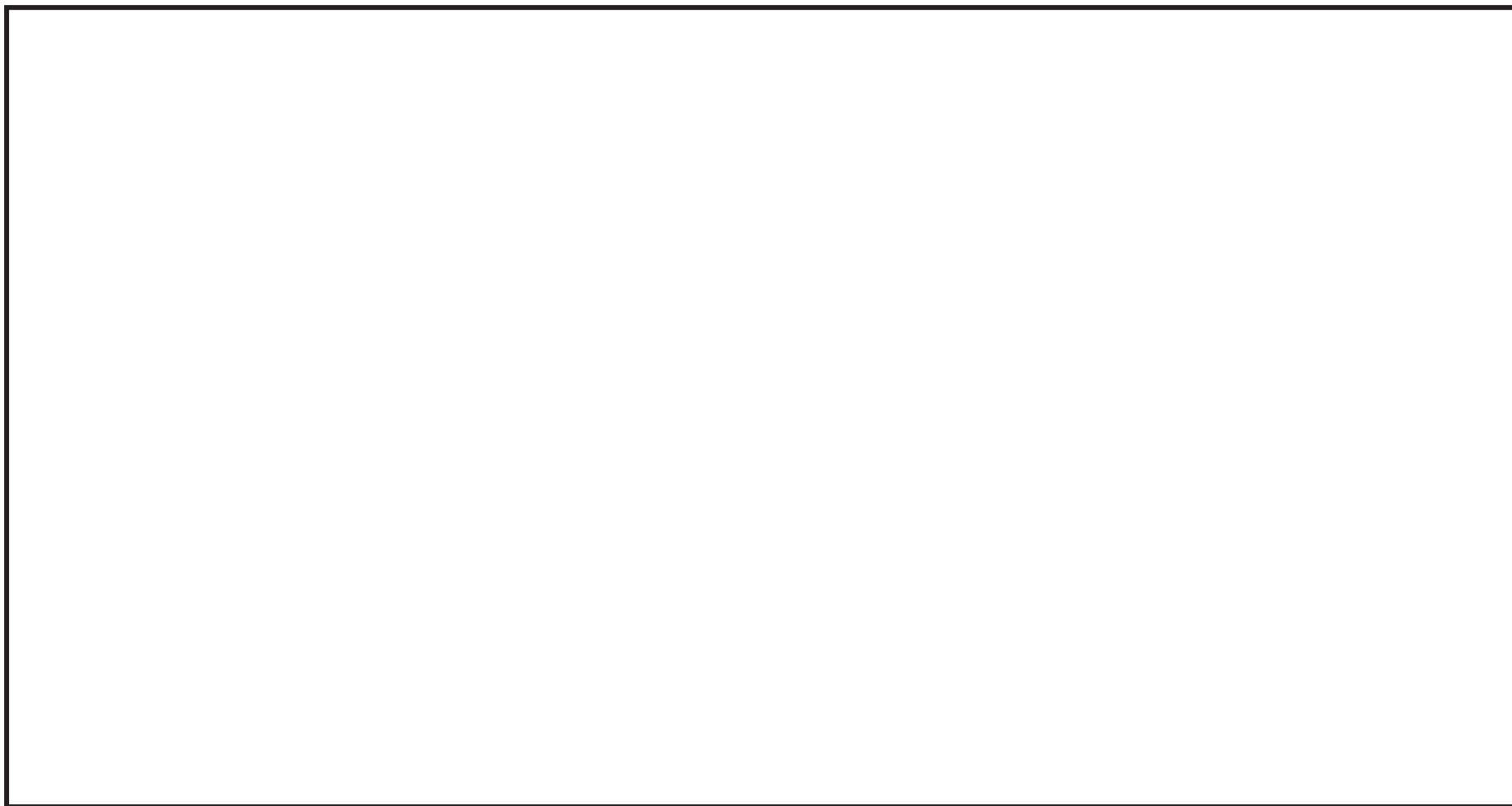


図 3-12 高圧炉心スプレイ系配管 (HPCS-002) の高振動数領域における代表的な振動モード図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



図 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。

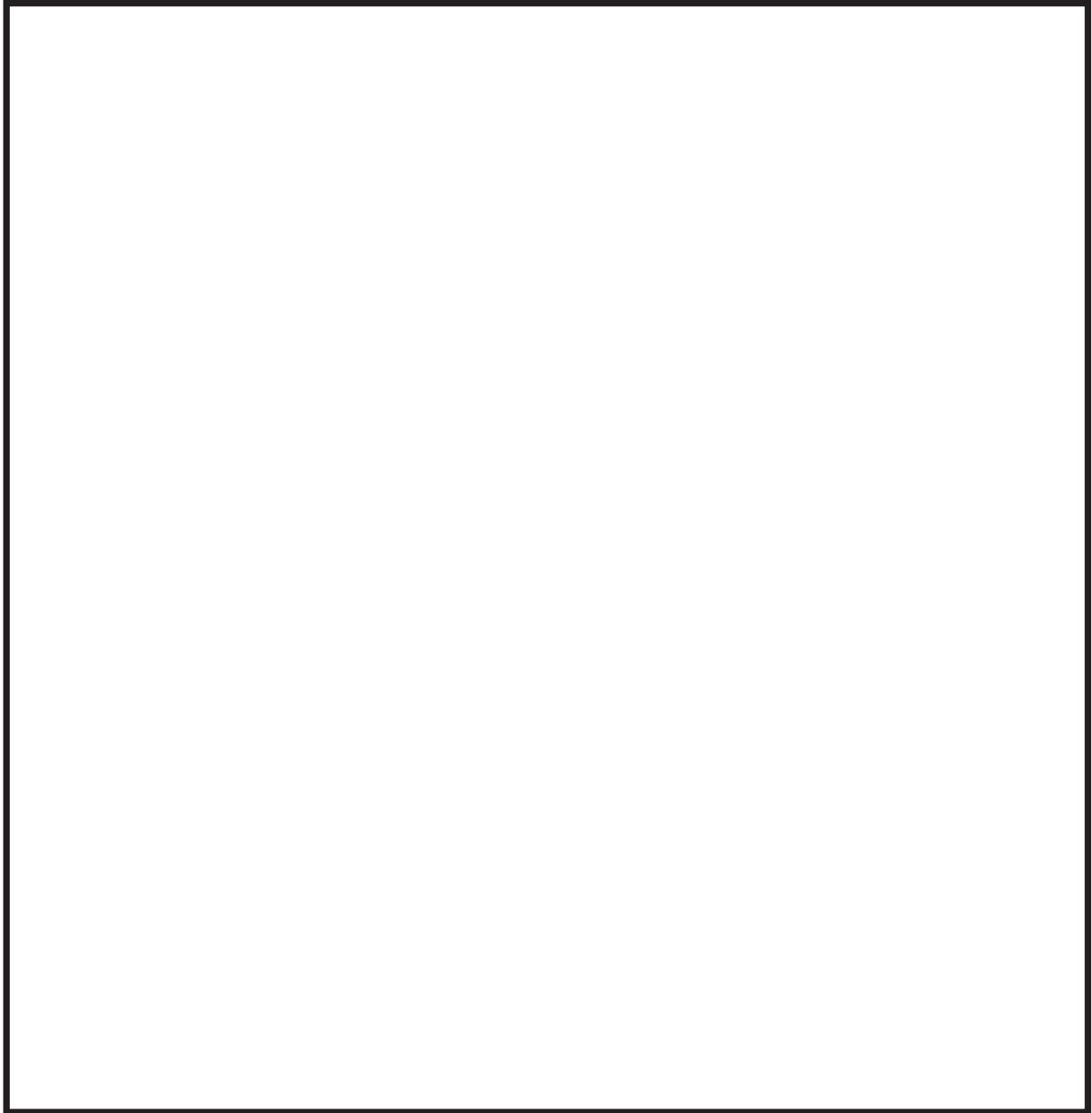


図 5 非常用ガス処理系弁 (T46-F003B) 構造図

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								

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



図 6-1 非常用ガス処理系配管（AC-002）の高振動数領域における代表的な振動モード図



図 6-2 非常用ガス処理系配管（AC-002）の高振動数領域における代表的な振動モード図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

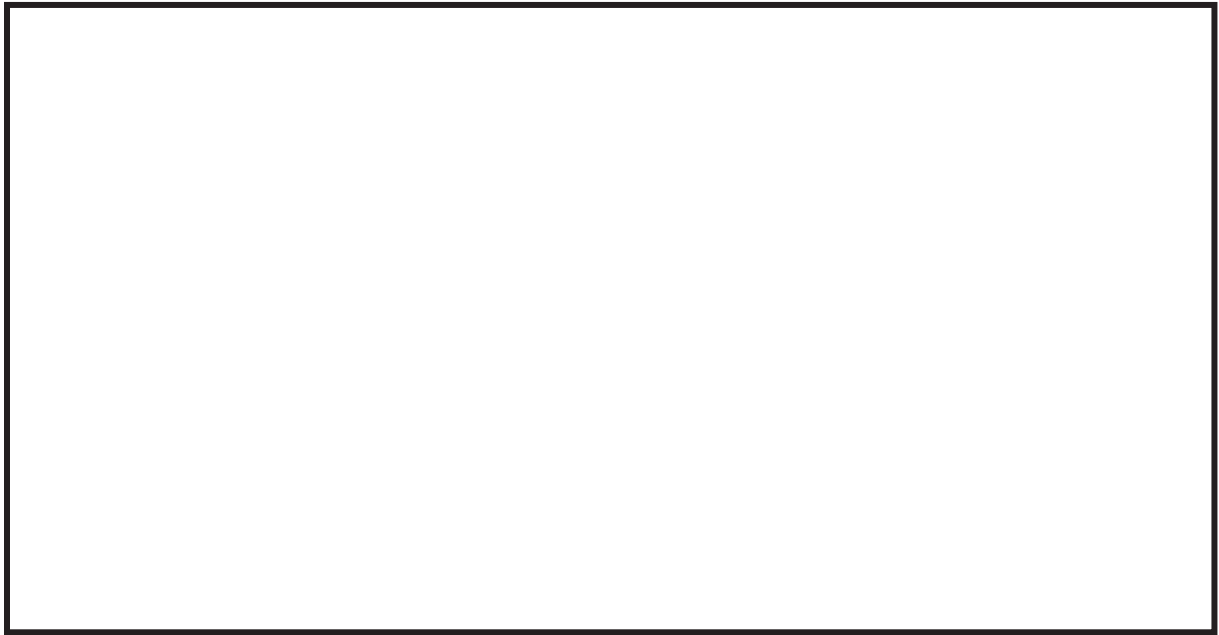


図 6-3 非常用ガス処理系配管（AC-002）の高振動数領域における代表的な振動モード図



図 6-4 非常用ガス処理系配管（AC-002）の高振動数領域における代表的な振動モード図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

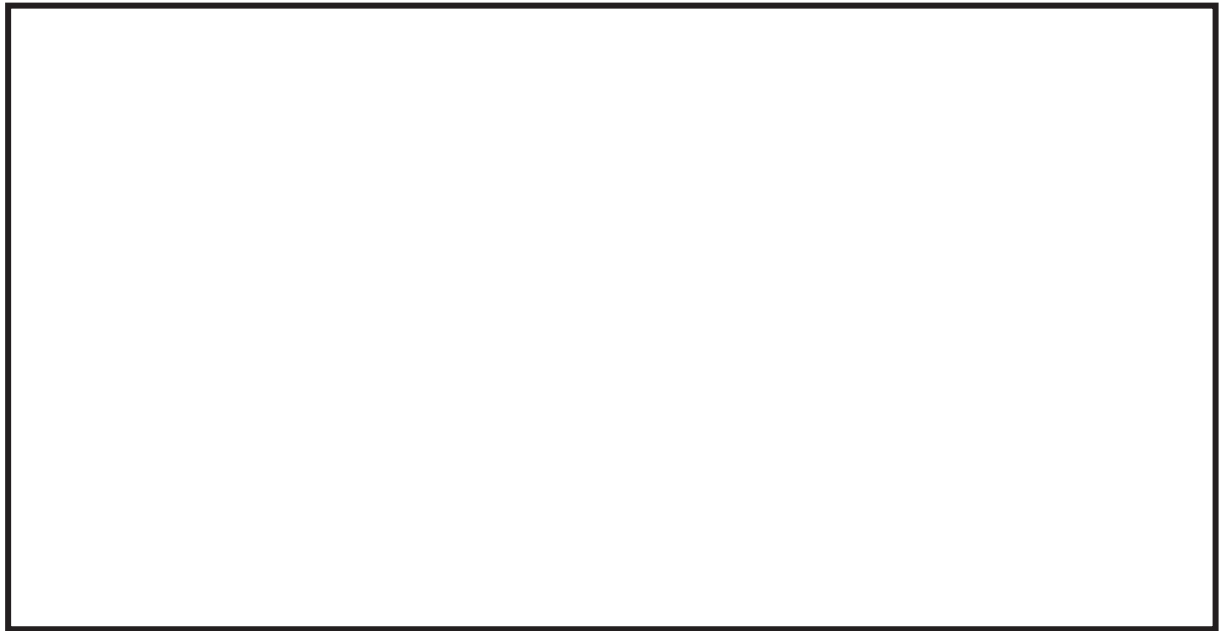


図 6-5 非常用ガス処理系配管（AC-002）の高振動数領域における代表的な振動モード図



図 6-6 非常用ガス処理系配管（AC-002）の高振動数領域における代表的な振動モード図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

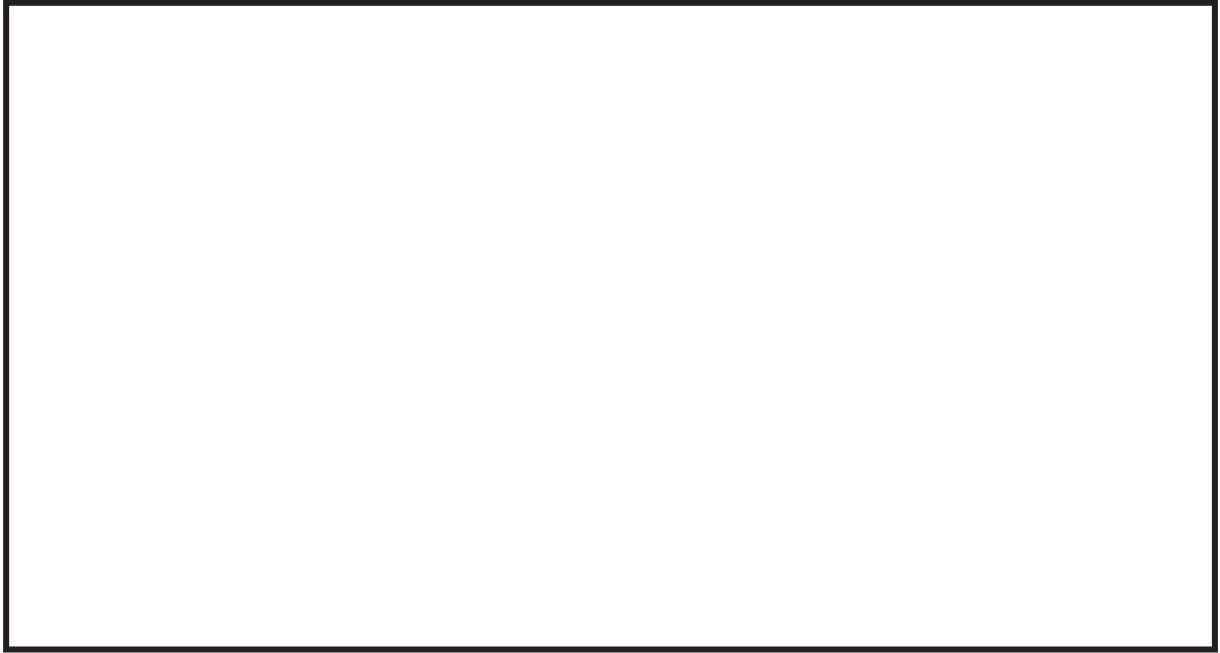


図 6-7 非常用ガス処理系配管（AC-002）の高振動数領域における代表的な振動モード図

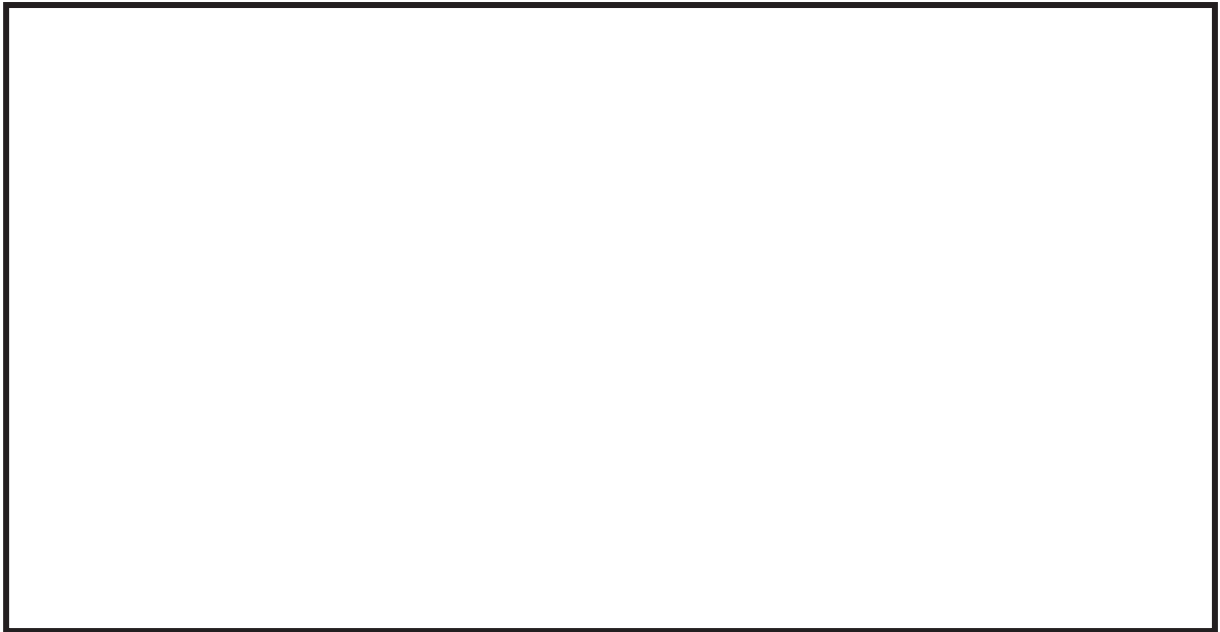


図 6-8 非常用ガス処理系配管（AC-002）の高振動数領域における代表的な振動モード図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

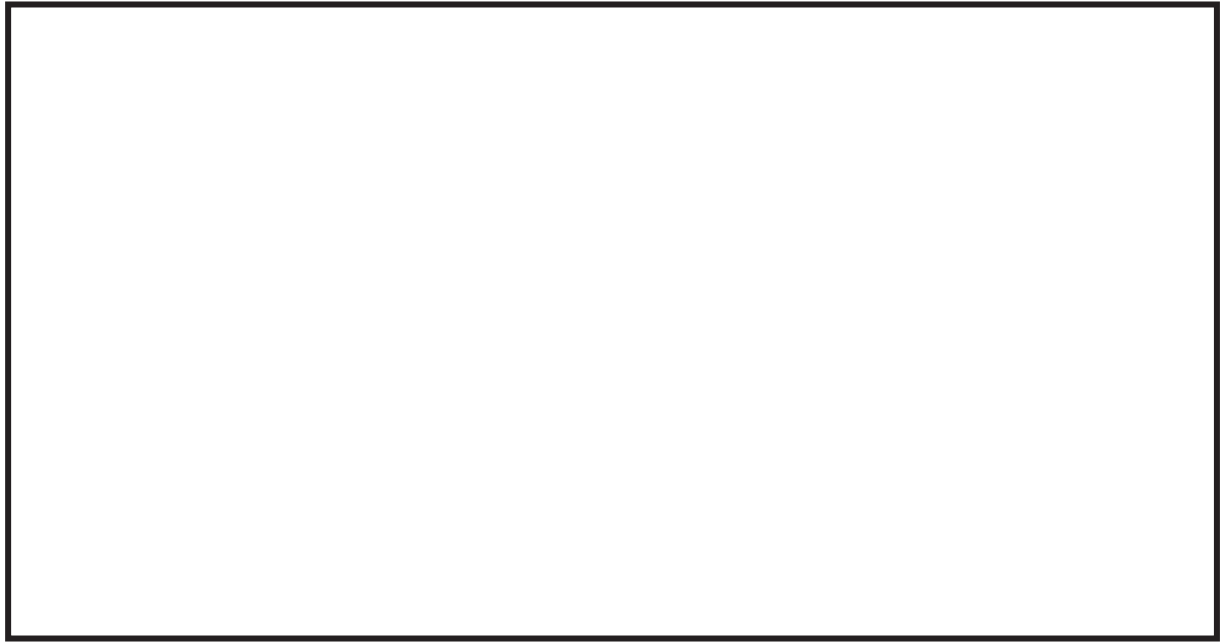


図 6-9 非常用ガス処理系配管（AC-002）の高振動数領域における代表的な振動モード図

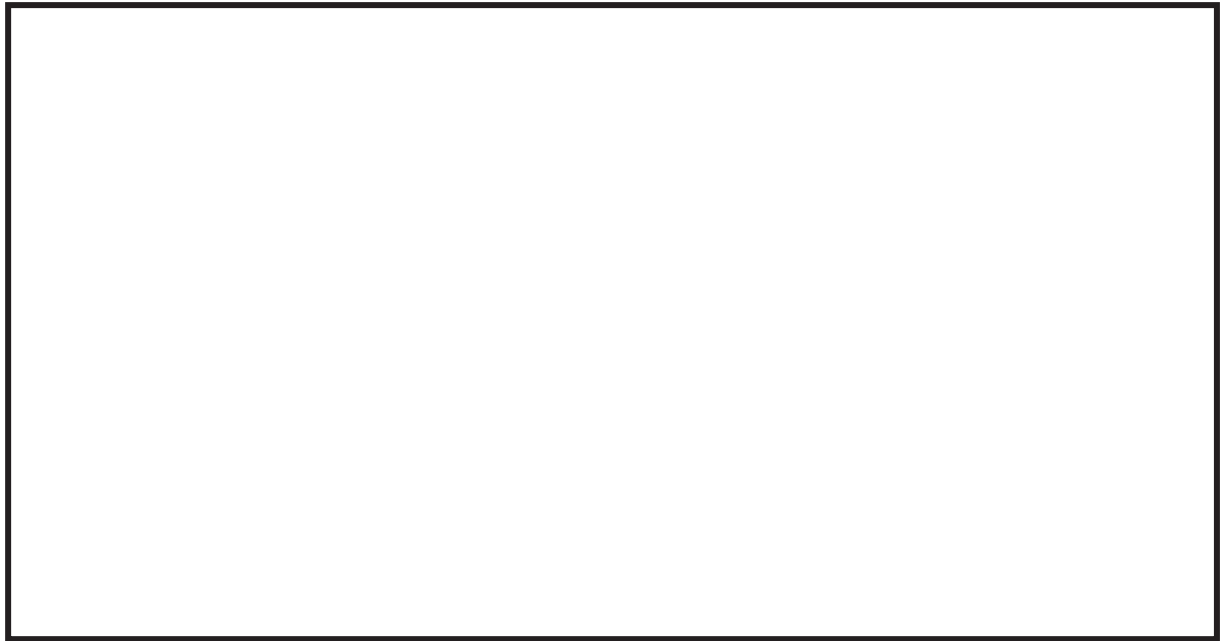


図 6-10 非常用ガス処理系配管（AC-002）の高振動数領域における代表的な振動モード図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

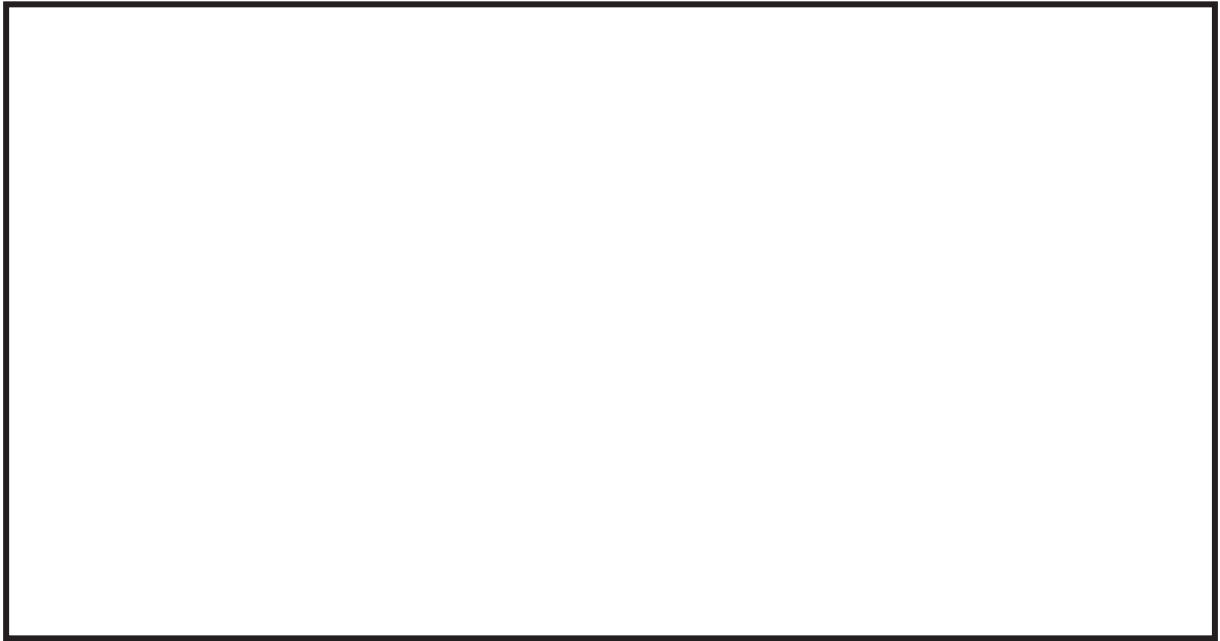


図 6-11 非常用ガス処理系配管（AC-002）の高振動数領域における代表的な振動モード図

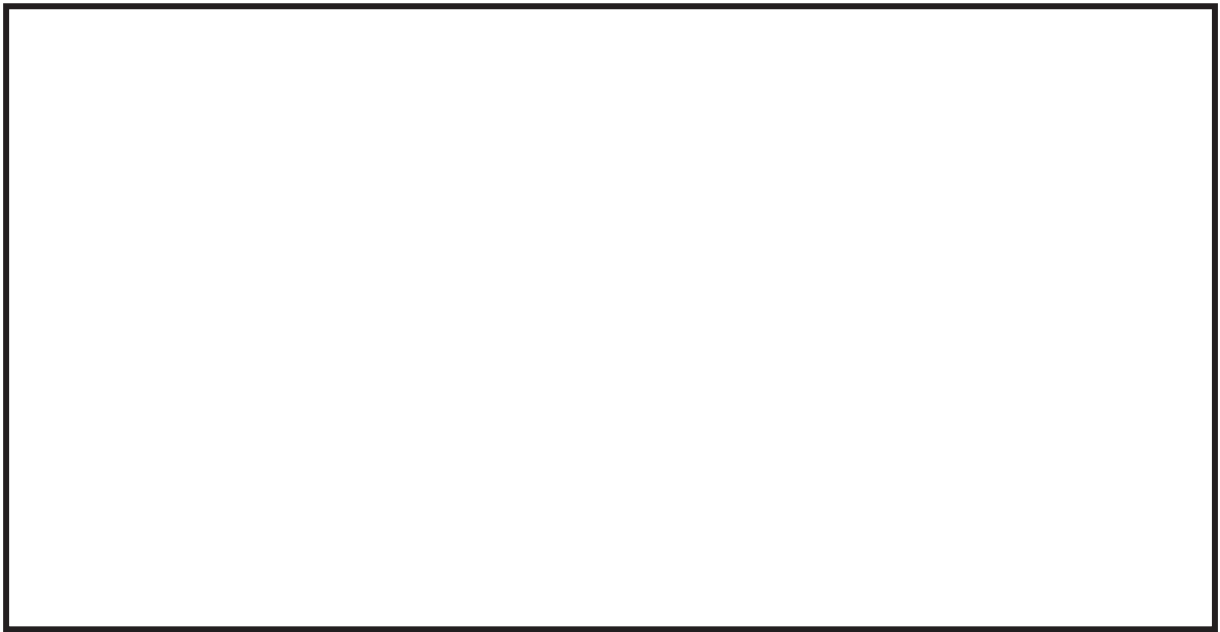


図 6-12 非常用ガス処理系配管（AC-002）の高振動数領域における代表的な振動モード図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

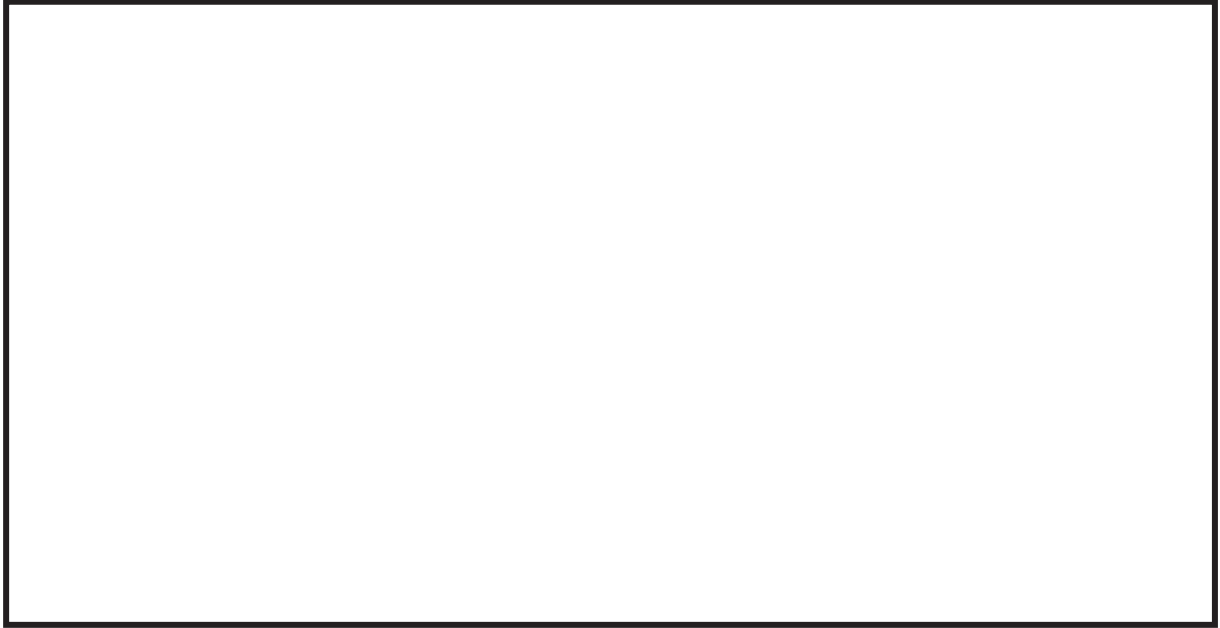


図 6-13 非常用ガス処理系配管（AC-002）の高振動数領域における代表的な振動モード図

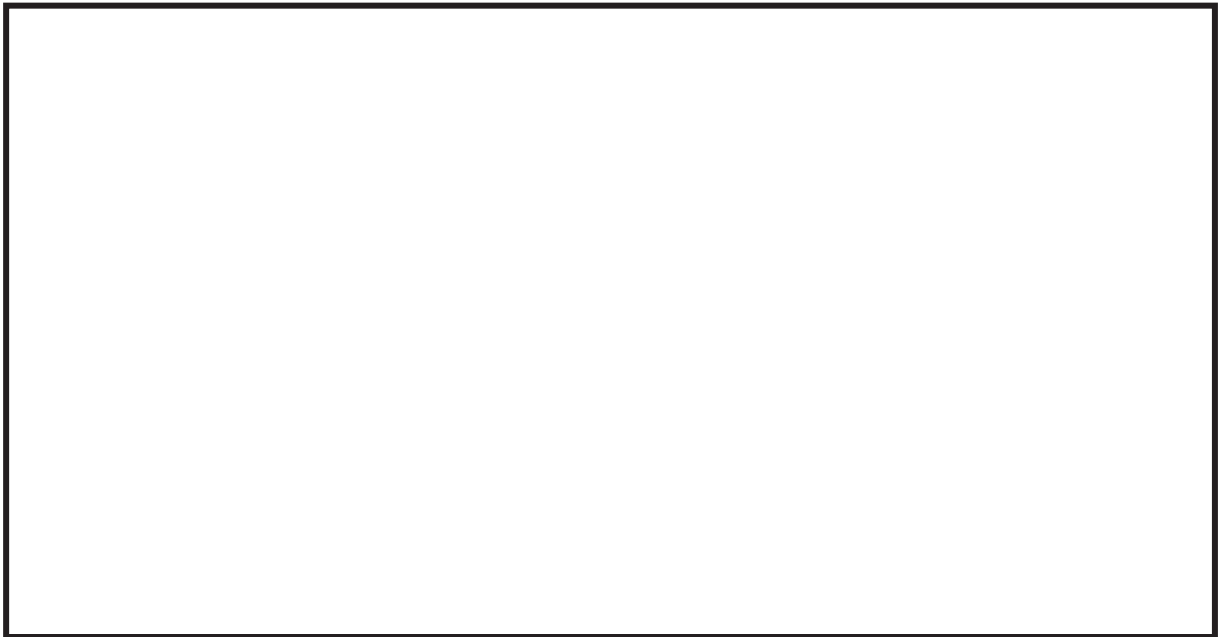


図 6-14 非常用ガス処理系配管（AC-002）の高振動数領域における代表的な振動モード図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

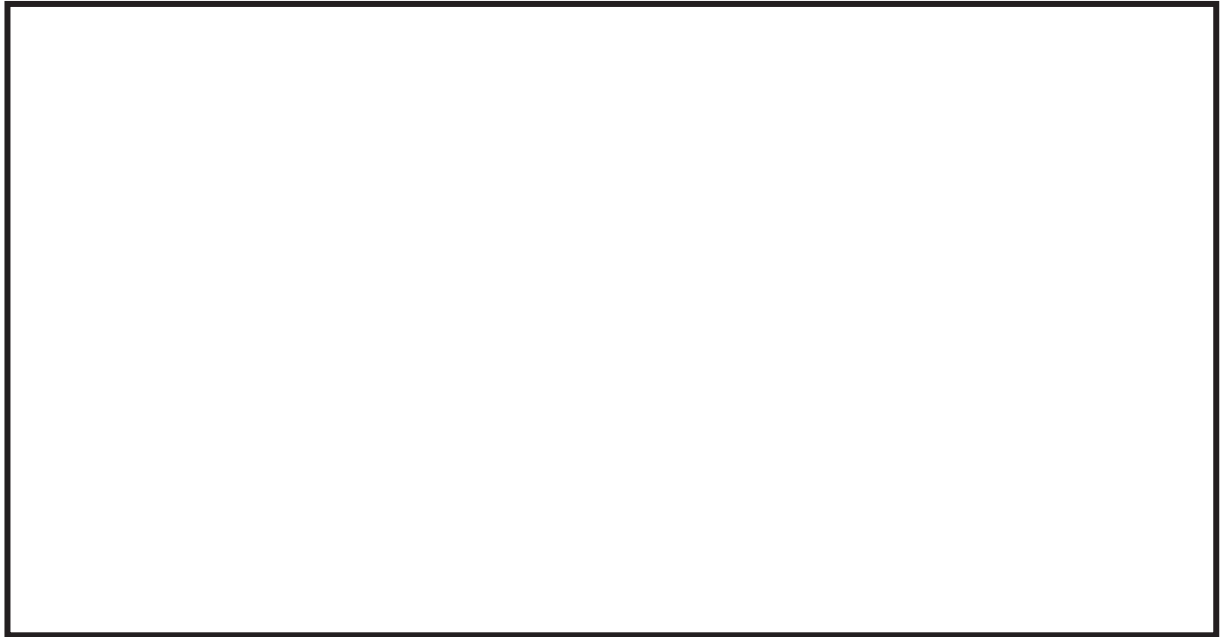


図 6-15 非常用ガス処理系配管（AC-002）の高振動数領域における代表的な振動モード図



図 6-16 非常用ガス処理系配管（AC-002）の高振動数領域における代表的な振動モード図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

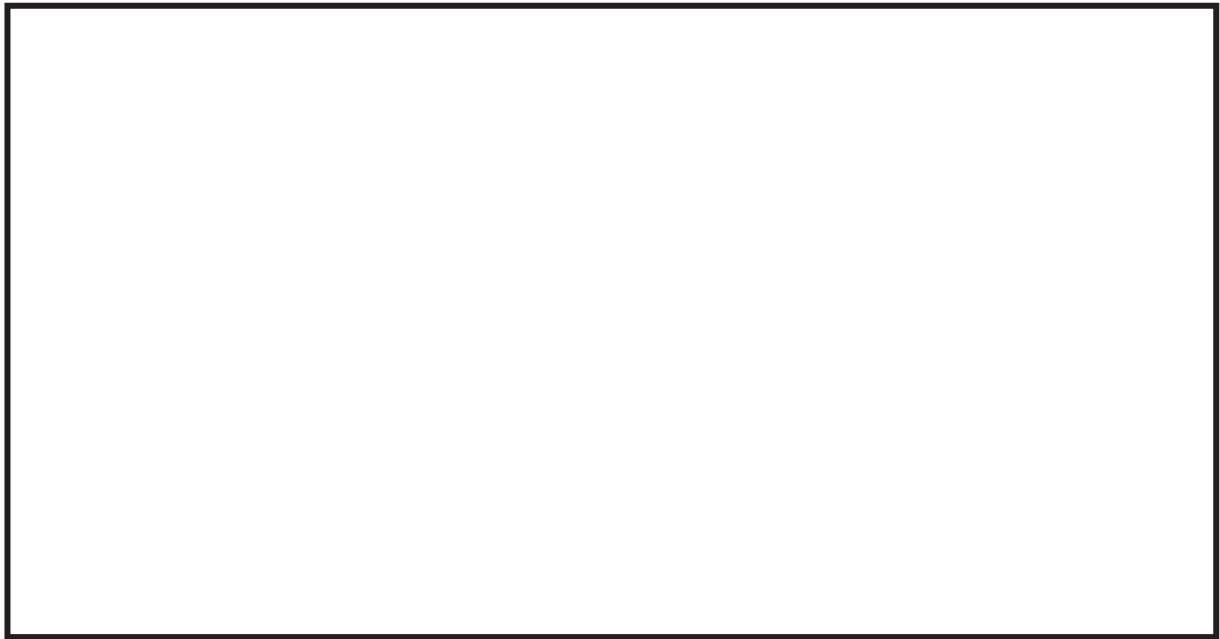


図 6-17 非常用ガス処理系配管（AC-002）の高振動数領域における代表的な振動モード図



図 6-18 非常用ガス処理系配管（AC-002）の高振動数領域における代表的な振動モード図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

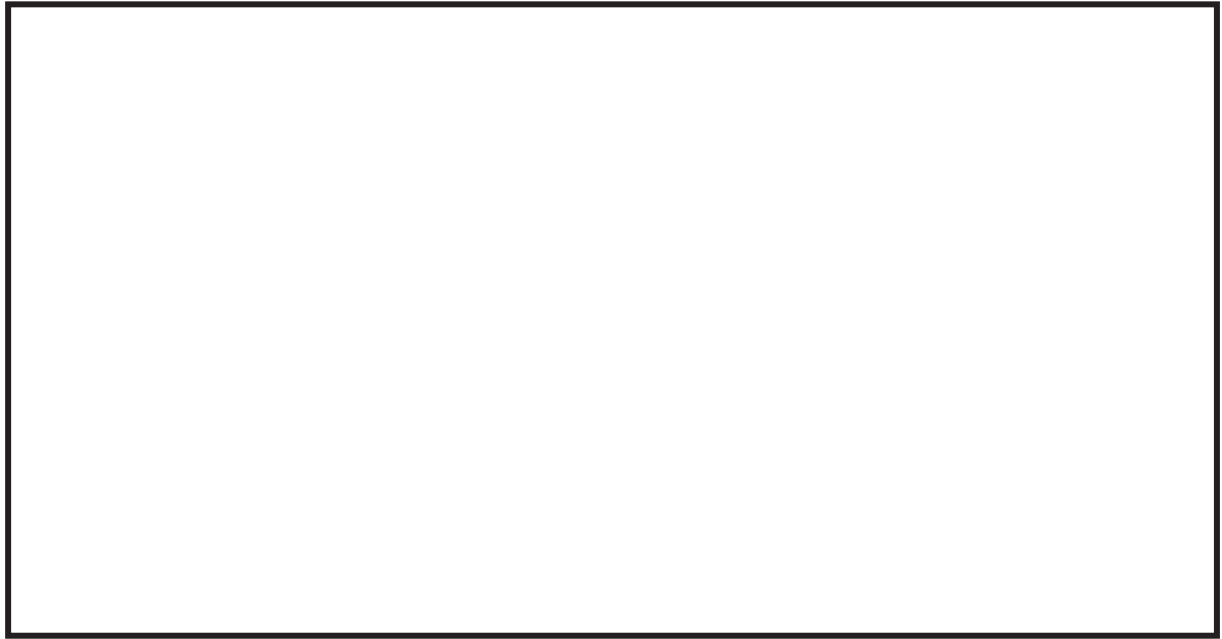


図 6-19 非常用ガス処理系配管（AC-002）の高振動数領域における代表的な振動モード図



図 6-20 非常用ガス処理系配管（AC-002）の高振動数領域における代表的な振動モード図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



図 6-21 非常用ガス処理系配管（AC-002）の高振動数領域における代表的な振動モード図



図 6-22 非常用ガス処理系配管（AC-002）の高振動数領域における代表的な振動モード図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

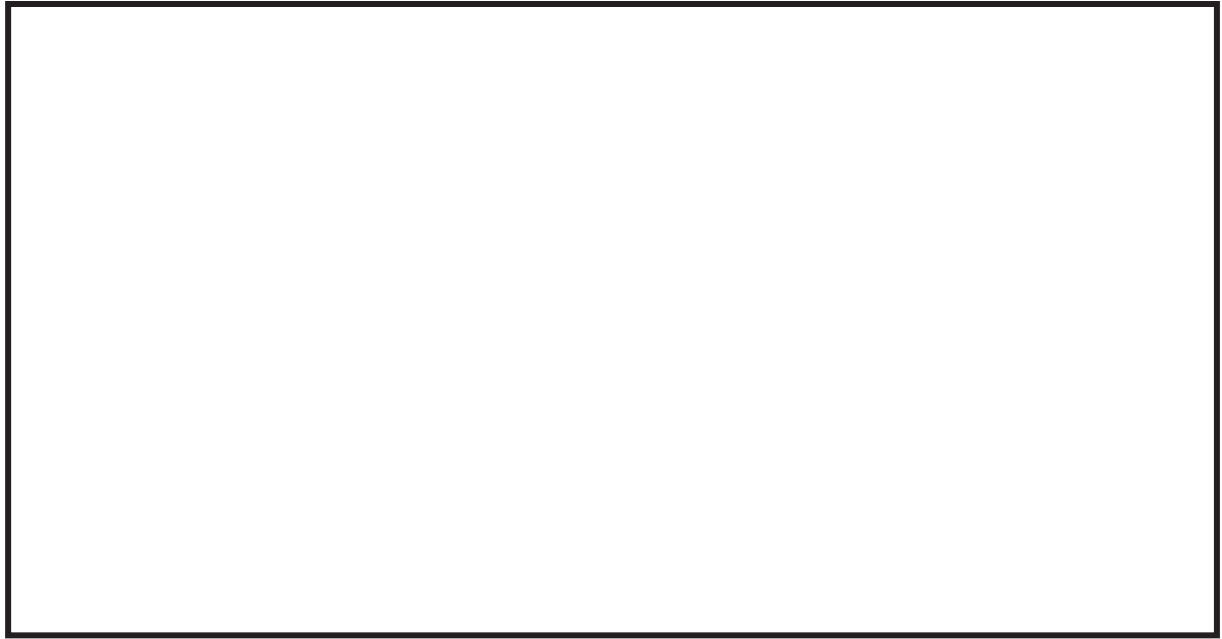


図 6-23 非常用ガス処理系配管（AC-002）の高振動数領域における代表的な振動モード図



図 6-24 非常用ガス処理系配管（AC-002）の高振動数領域における代表的な振動モード図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

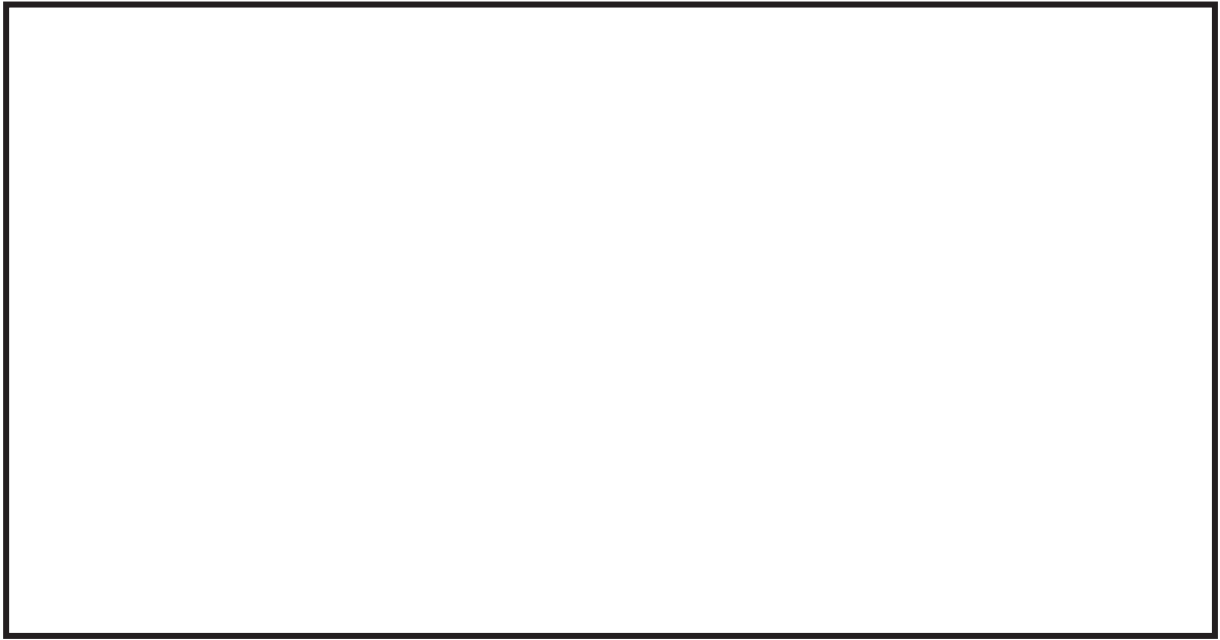


図 6-25 非常用ガス処理系配管（AC-002）の高振動数領域における代表的な振動モード図

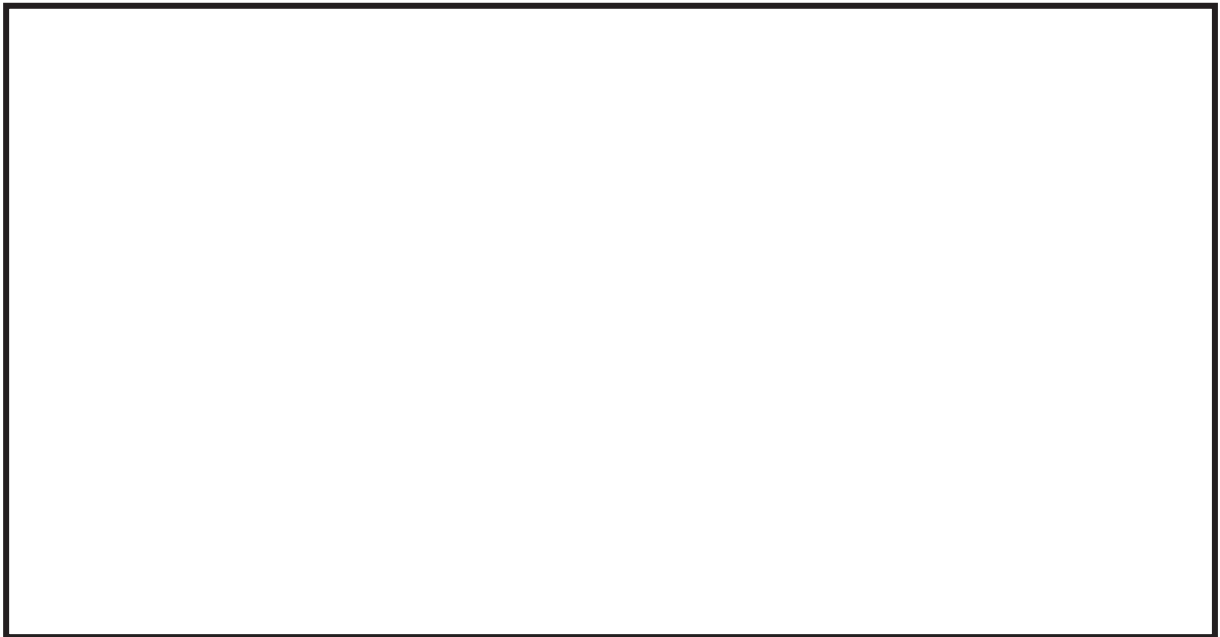


図 6-26 非常用ガス処理系配管（AC-002）の高振動数領域における代表的な振動モード図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

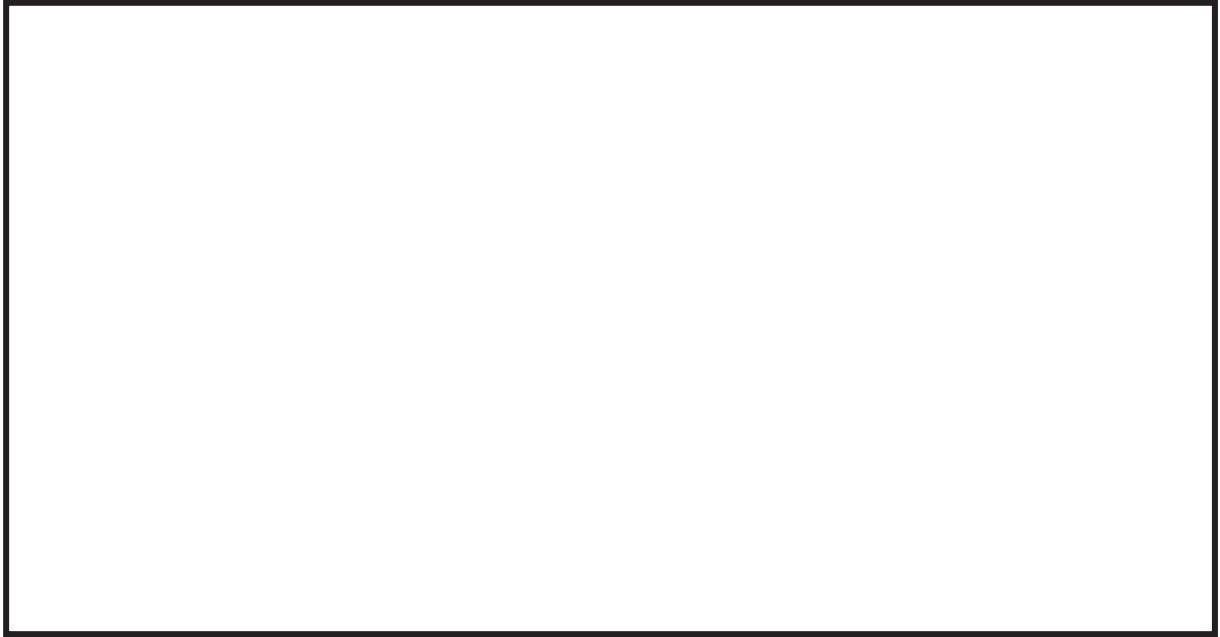


図 6-27 非常用ガス処理系配管（AC-002）の高振動数領域における代表的な振動モード図

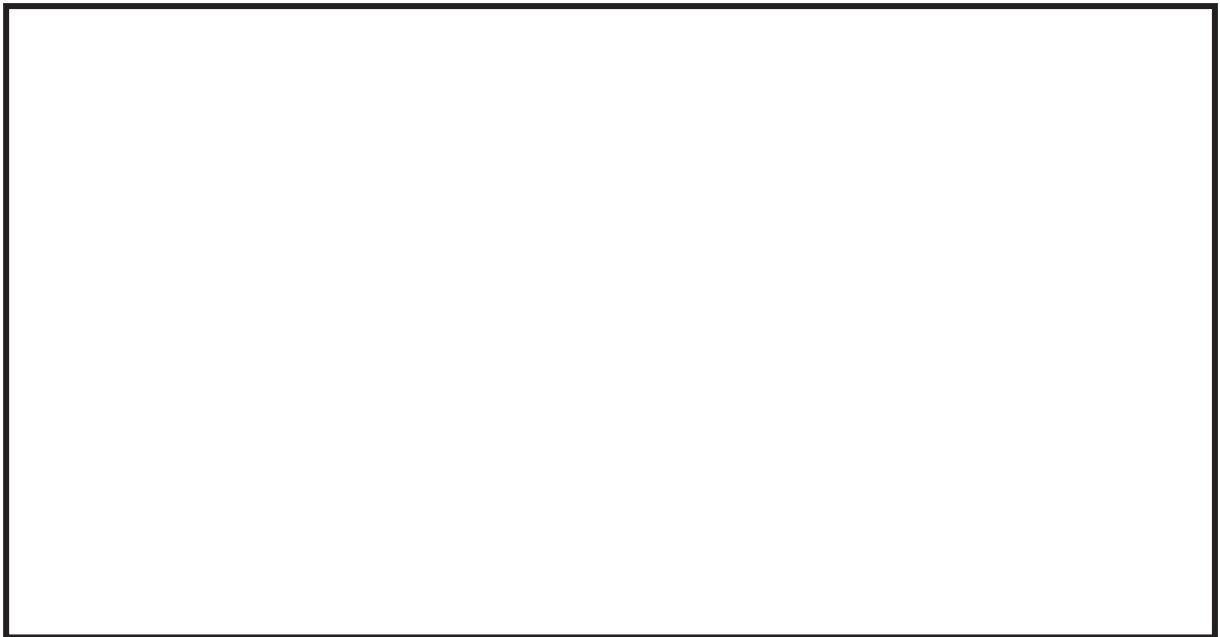


図 6-28 非常用ガス処理系配管（AC-002）の高振動数領域における代表的な振動モード図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

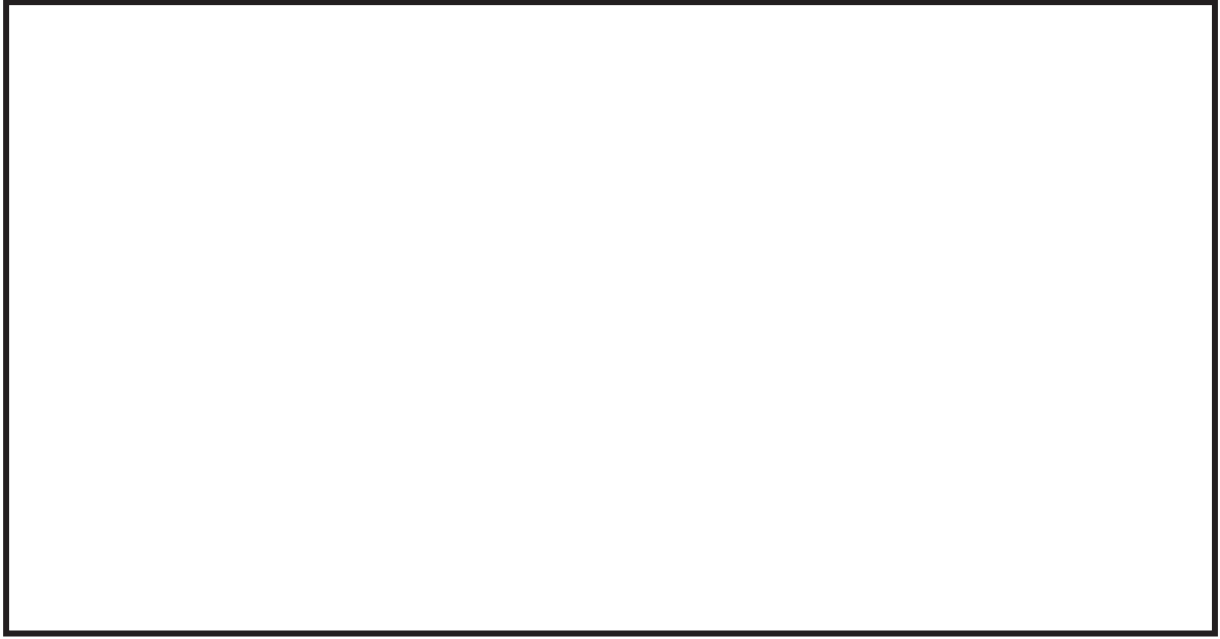


図 6-29 非常用ガス処理系配管（AC-002）の高振動数領域における代表的な振動モード図

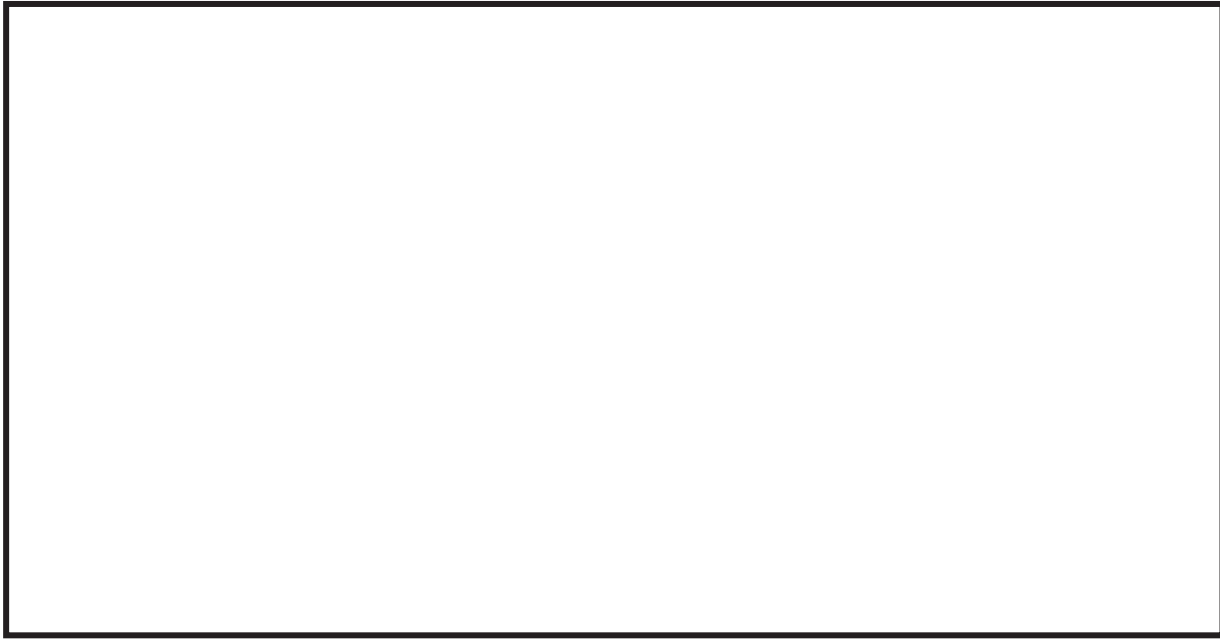


図 6-30 非常用ガス処理系配管（AC-002）の高振動数領域における代表的な振動モード図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

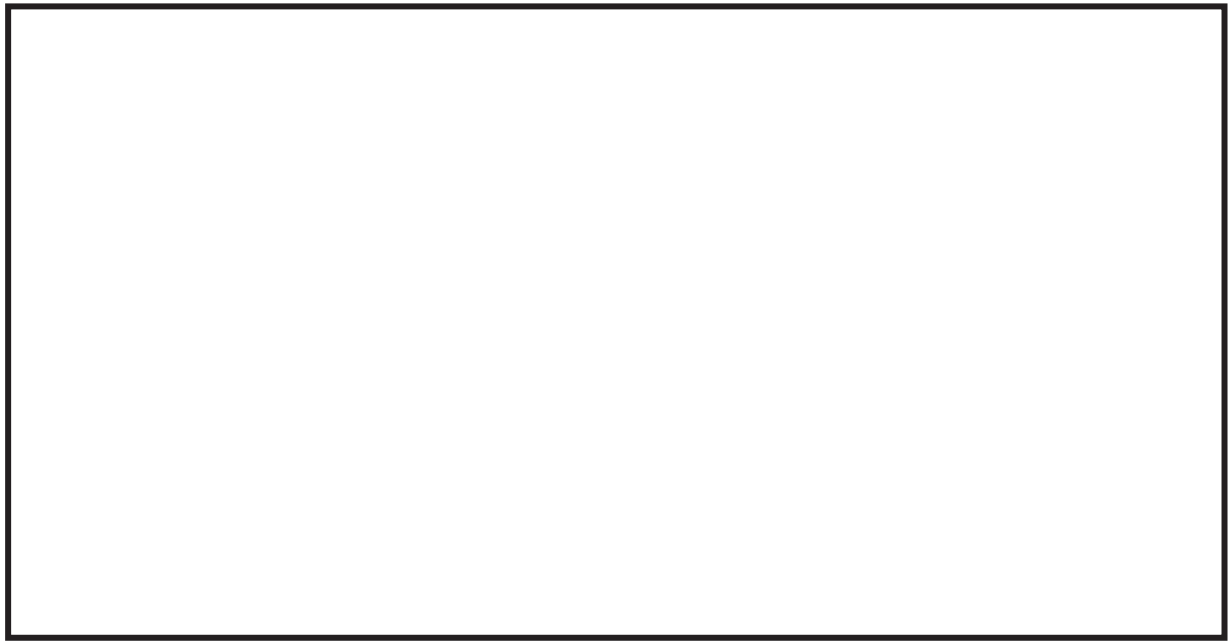


図 6-31 非常用ガス処理系配管（AC-002）の高振動数領域における代表的な振動モード図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



図 7-1 原子炉隔離時冷却系配管 (MS-004*) の配管モデル全体図

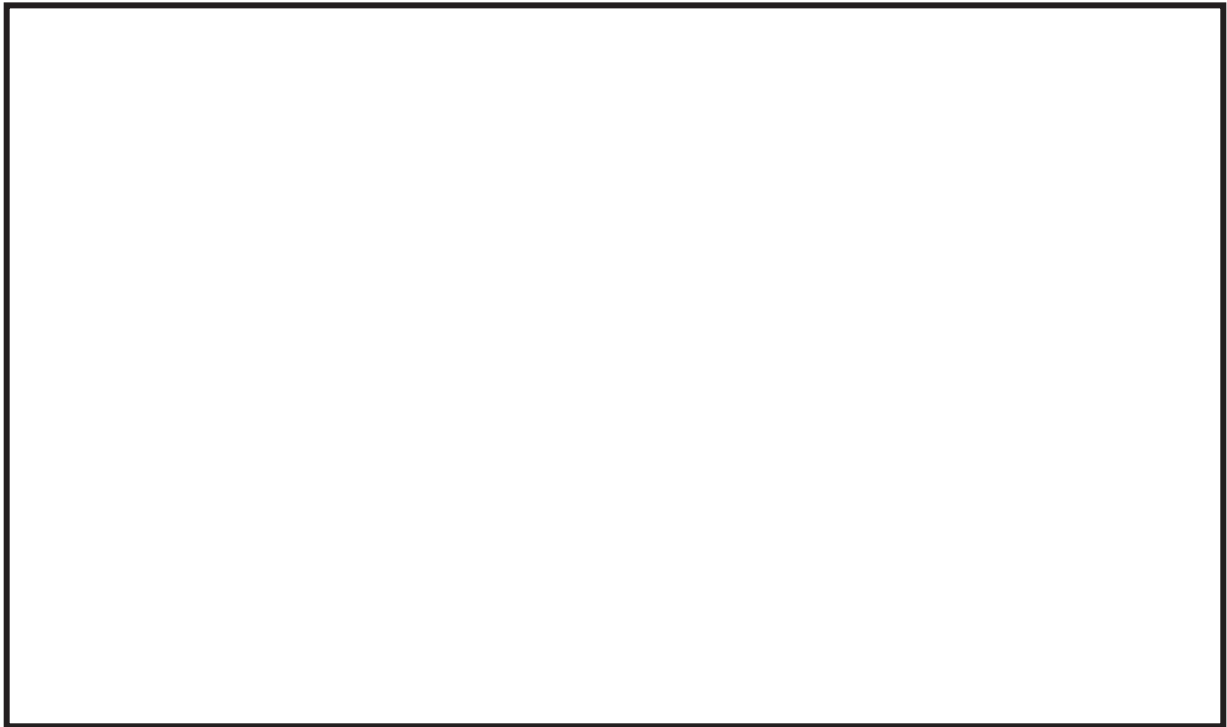


図 7-2 原子炉隔離時冷却系配管 (MS-004*) の配管モデル部分図

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。

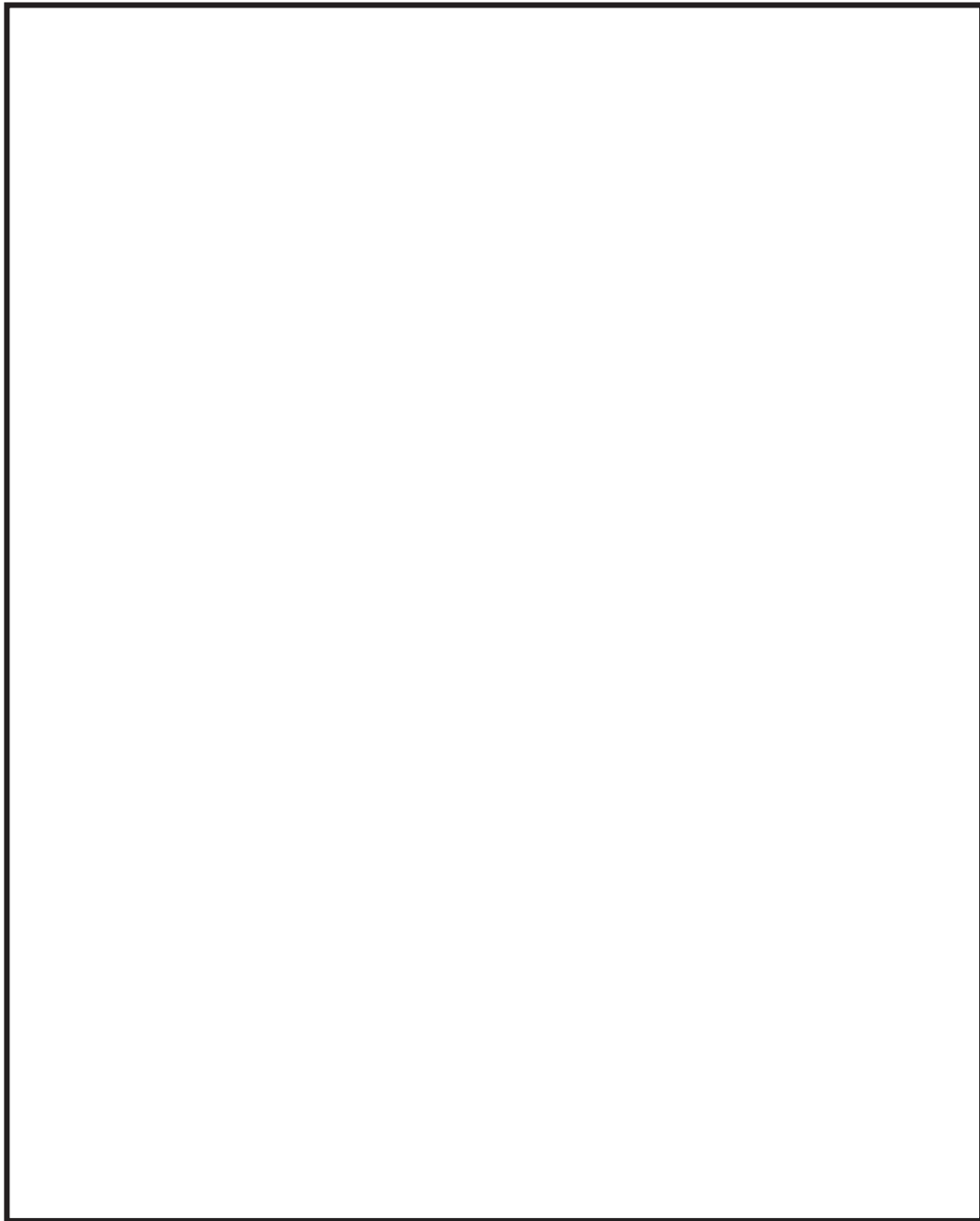


図 8 原子炉隔離時冷却系弁 (E51-F008) 構造図

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								

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

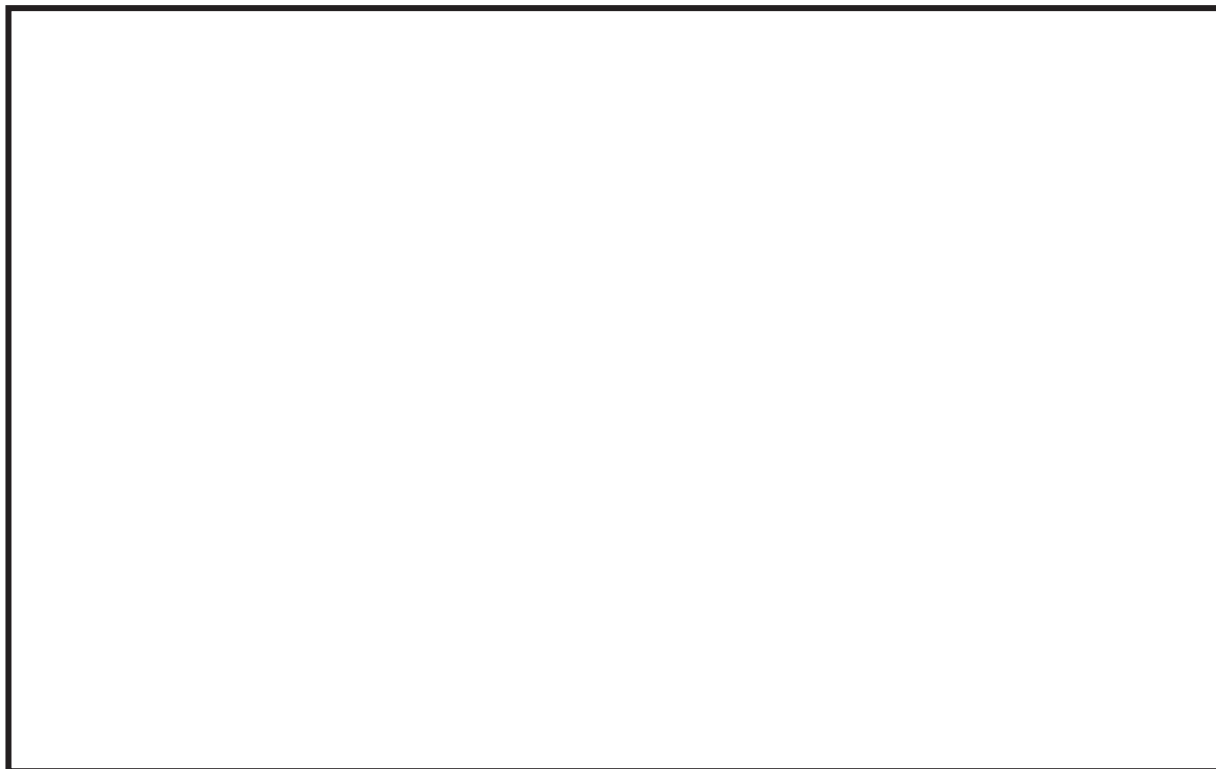


図 9-1 原子炉隔離時冷却系配管（MS-004）の高振動数領域における代表的な振動モード図



図 9-2 原子炉隔離時冷却系配管（MS-004）の高振動数領域における代表的な振動モード図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

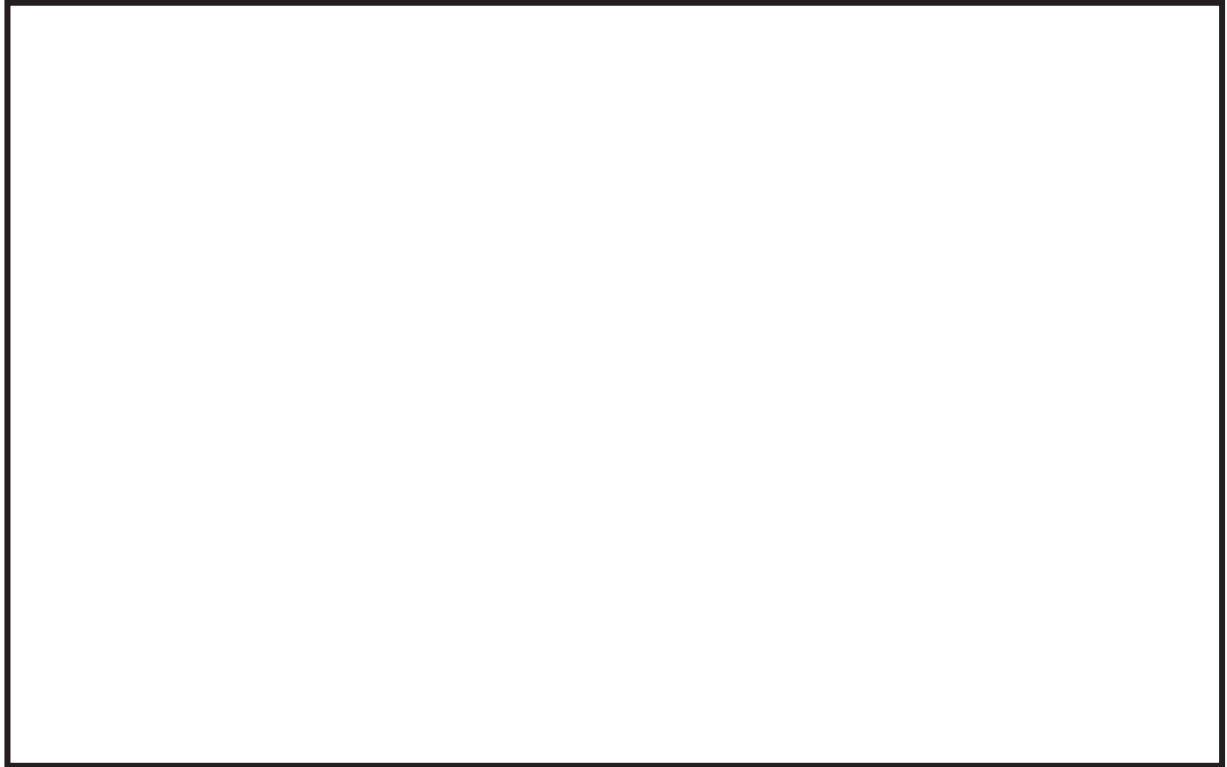


図 9-3 原子炉隔離時冷却系配管（MS-004）の高振動数領域における代表的な振動モード図

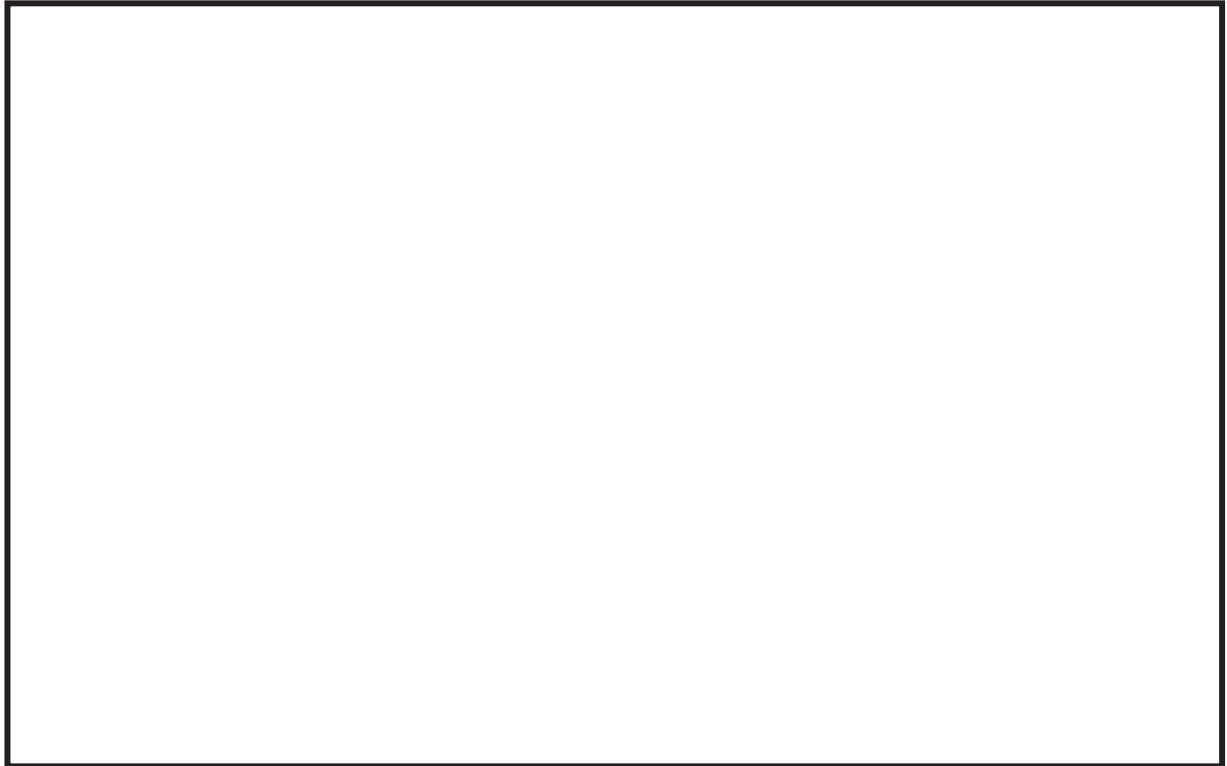


図 9-4 原子炉隔離時冷却系配管（MS-004）の高振動数領域における代表的な振動モード図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



図 9-5 原子炉隔離時冷却系配管（MS-004）の高振動数領域における代表的な振動モード図



図 9-6 原子炉隔離時冷却系配管（MS-004）の高振動数領域における代表的な振動モード図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

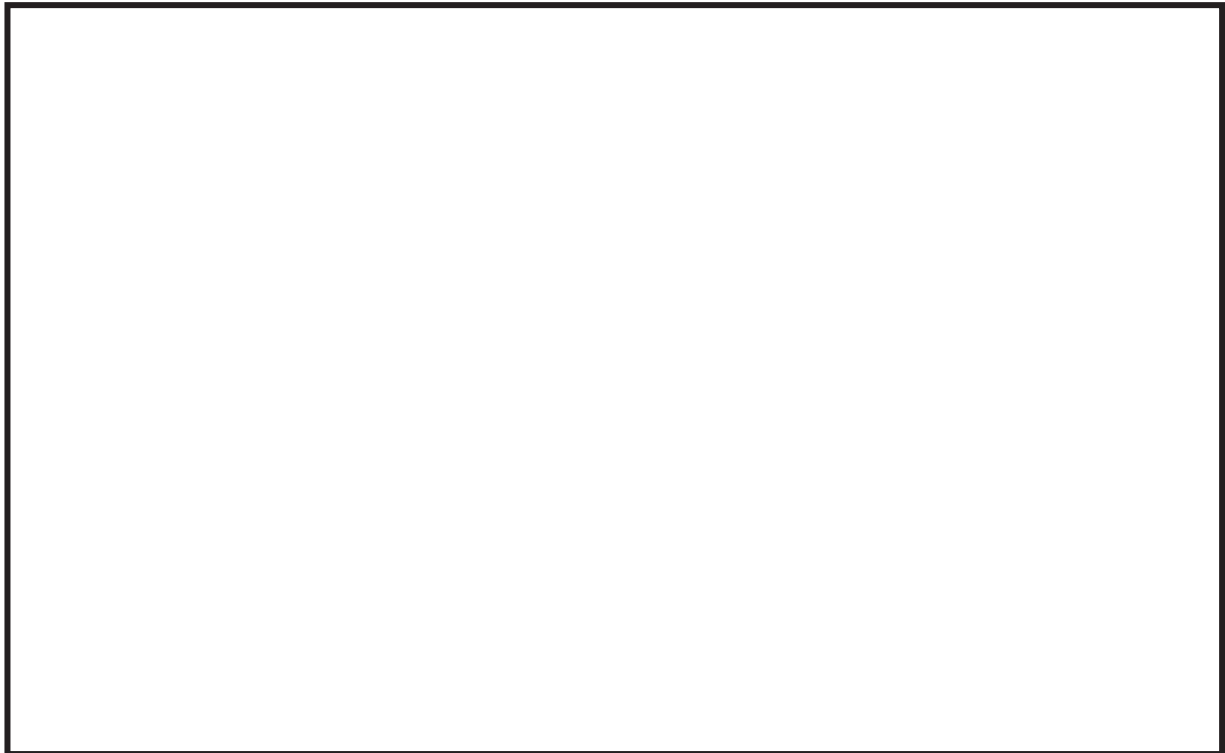


図 9-7 原子炉隔離時冷却系配管 (MS-004) の高振動数領域における代表的な振動モード図



図 9-8 原子炉隔離時冷却系配管 (MS-004) の高振動数領域における代表的な振動モード図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

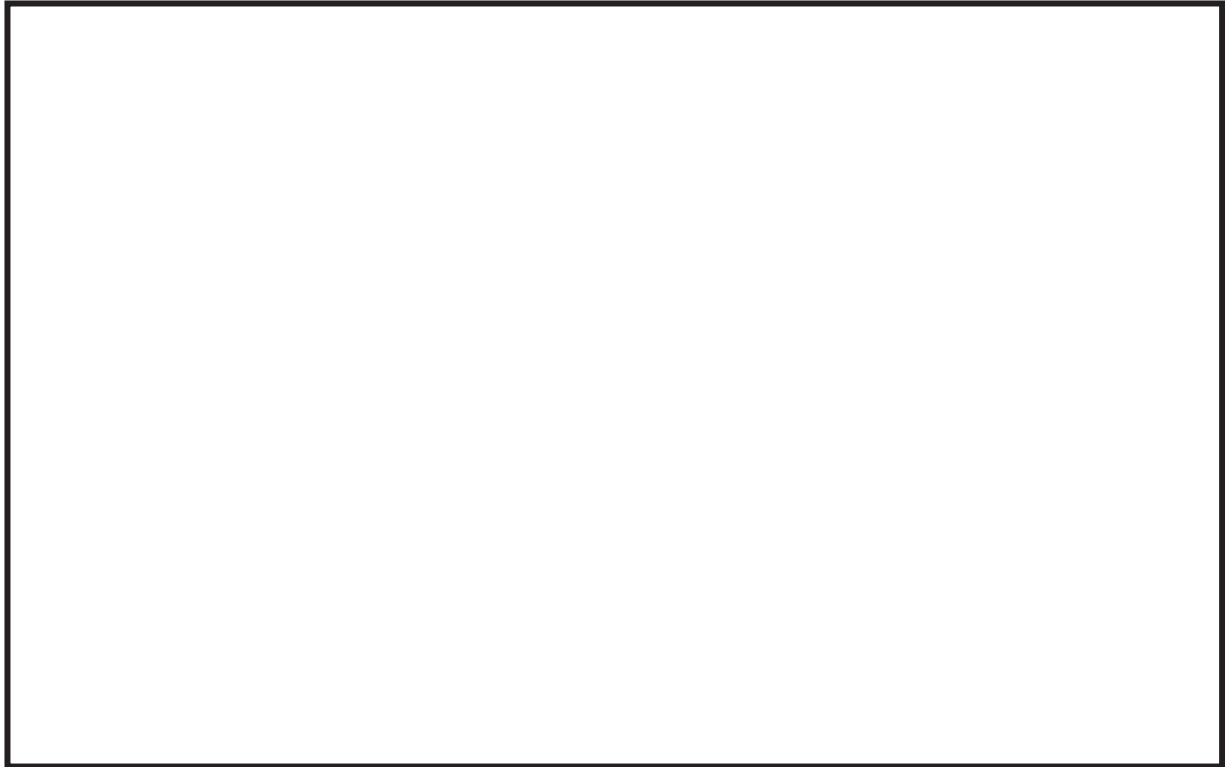


図 9-9 原子炉隔離時冷却系配管 (MS-004) の高振動数領域における代表的な振動モード図

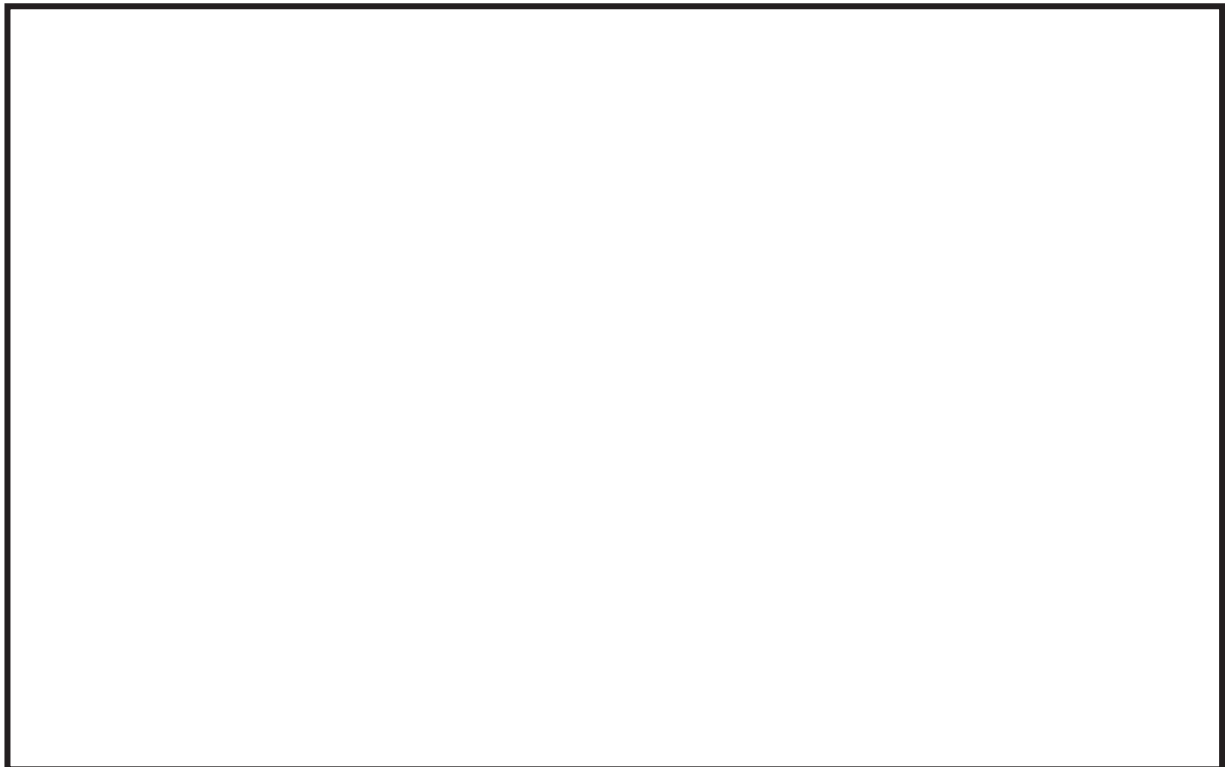


図 9-10 原子炉隔離時冷却系配管 (MS-004) の高振動数領域における代表的な振動モード図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

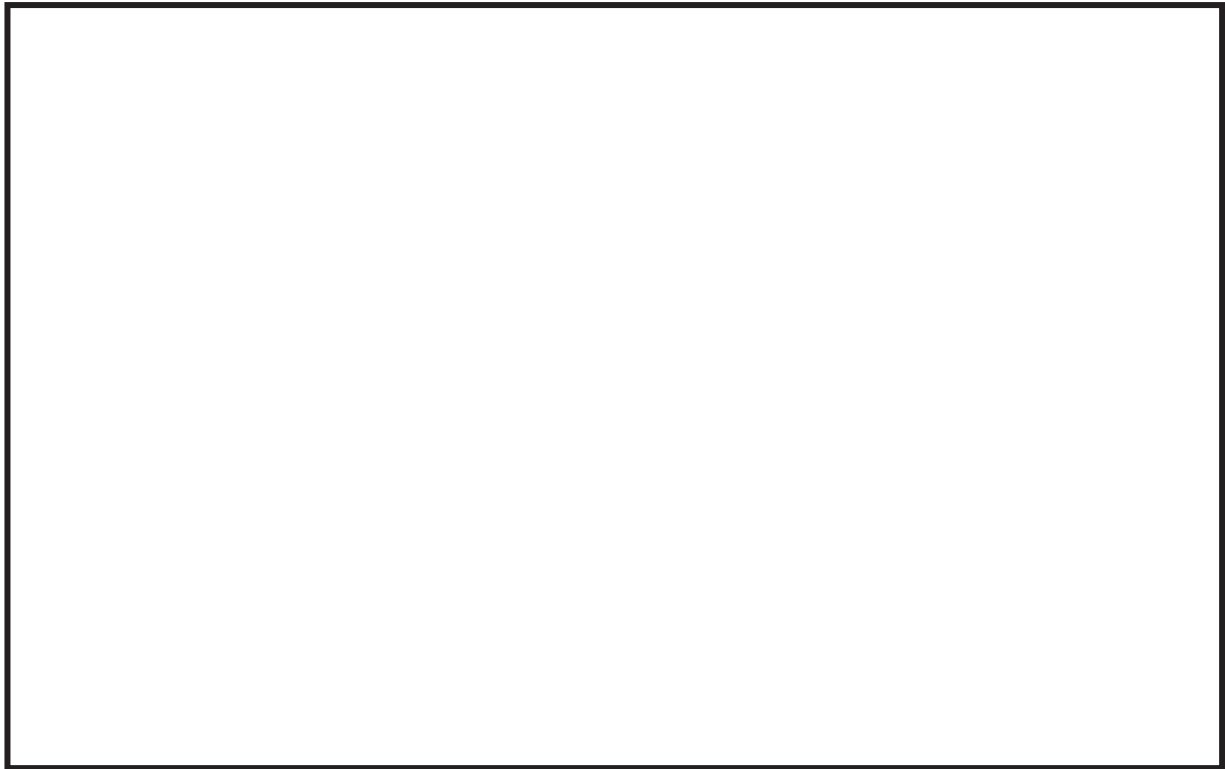


図 9-11 原子炉隔離時冷却系配管（MS-004）の高振動数領域における代表的な振動モード図

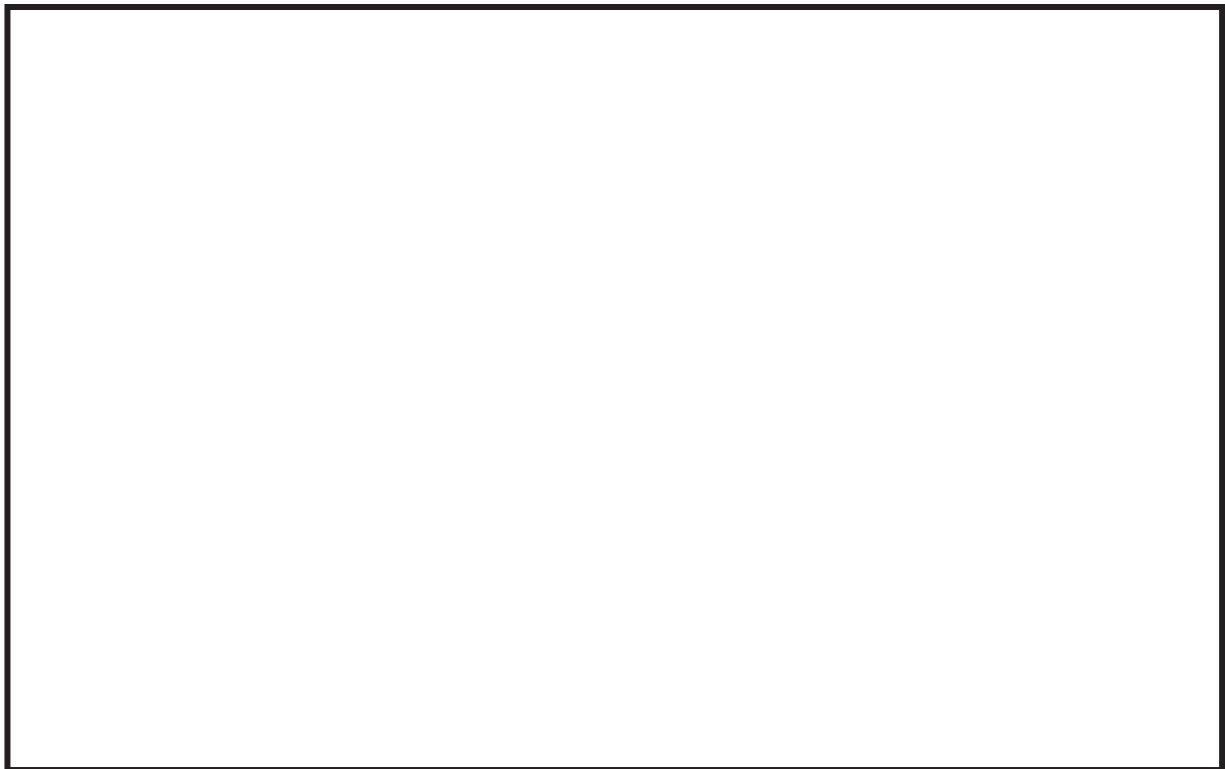


図 9-12 原子炉隔離時冷却系配管（MS-004）の高振動数領域における代表的な振動モード図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



図 9-13 原子炉隔離時冷却系配管 (MS-004) の高振動数領域における代表的な振動モード図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

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 1 の確認結果より、弁の動的機能維持評価には、床応答スペクトルの作成範囲を 50Hz とした床応答曲線を用いることから、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に記載している設計用床応答曲線の作成方法に準拠して、床応答曲線を作成した。今回の検討に適用した全ての床応答曲線及び適用対象弁の内訳を表 2 に、床応答曲線を図 1-1~3-8 に示す。

表 1 弁の評価に用いる床応答曲線の使用内訳 (1/6)

弁番号	FRS	標高 O. P. (m)	減衰定数 (%)	図番号
B21-F001A	RSW	10.600	2.0	図 1-2
B21-F001B	RSW	10.600	2.0	図 1-2
B21-F001C	RSW	10.600	2.0	図 1-2
B21-F001D	RSW	10.600	2.0	図 1-2
B21-F001E	RSW	10.600	2.0	図 1-2
B21-F001F	RSW	10.600	2.0	図 1-2
B21-F001G	RSW	13.400	2.0	図 1-1
B21-F001H	RSW	13.400	2.0	図 1-1
B21-F001J	RSW	13.400	2.0	図 1-1
B21-F001K	RSW	13.400	2.0	図 1-1
B21-F001L	RSW	13.400	2.0	図 1-1
B21-F002A	RSW	10.600	2.0	図 1-2
B21-F002B	RSW	10.600	2.0	図 1-2
B21-F002C	RSW	13.400	2.0	図 1-1
B21-F002D	RSW	13.400	2.0	図 1-1
B21-F003A	RSW	10.600	2.0	図 1-2
B21-F003B	RSW	10.600	2.0	図 1-2
B21-F003C	RSW	13.400	2.0	図 1-1
B21-F003D	RSW	13.400	2.0	図 1-1
B21-F052A	RSW	10.600	2.0	図 1-2
B21-F052B	RSW	10.600	2.0	図 1-2
B21-F053A	RSW	10.600	2.0	図 1-2
B21-F053B	RSW	10.600	2.0	図 1-2

表1 弁の評価に用いる床応答曲線の使用内訳 (2/6)

弁番号	FRS	標高 O.P. (m)	減衰定数 (%)	図番号
E11-F003A	R/B	22.500	2.0	図 3-3
		15.000		図 3-4
		6.000		図 3-5
		1.150		図 3-6
		-0.800		図 3-7
E11-F003B	R/B	22.500	2.0	図 3-3
		15.000		図 3-4
		6.000		図 3-5
		1.150		図 3-6
		-0.800		図 3-7
E11-F004A	PCV	21.550	2.0	図 2-1
		17.150		図 2-2
	R/B	22.500		図 3-3
		15.000		図 3-4
		6.000		図 3-5
E11-F004B	PCV	21.550	2.0	図 2-1
		17.150		図 2-2
	R/B	22.500		図 3-3
		15.000		図 3-4
		6.000		図 3-5
E11-F004C	R/B	15.000	2.0	図 3-4
		6.000		図 3-5
E11-F005A	RSW	15.950	2.5	図 1-3
E11-F005B	RSW	15.950	2.5	図 1-3
E11-F005C	RSW	15.950	2.5	図 1-3
E11-F008A	R/B	22.500	2.0	図 3-3
		15.000		図 3-4
		6.000		図 3-5
		1.150		図 3-6
		-0.800		図 3-7
E11-F008B	R/B	22.500	2.0	図 3-3
		15.000		図 3-4
		6.000		図 3-5
		1.150		図 3-6
		-0.800		図 3-7

表1 弁の評価に用いる床応答曲線の使用内訳 (3/6)

弁番号	FRS	標高 O. P. (m)	減衰定数 (%)	図番号
E11-F010A	PCV	21.550	2.0	図 2-1
		17.150		図 2-2
	R/B	22.500		図 3-3
		15.000		図 3-4
		6.000		図 3-5
E11-F010B	PCV	21.550	2.0	図 2-1
		17.150		図 2-2
	R/B	22.500		図 3-3
		15.000		図 3-4
		6.000		図 3-5
E11-F011A	R/B	6.000	2.0	図 3-5
		1.150		図 3-6
		-0.800		図 3-7
		-8.100		図 3-8
E11-F011B	R/B	6.000	2.0	図 3-5
		1.150		図 3-6
		-0.800		図 3-7
		-8.100		図 3-8
E11-F012A	R/B	6.000	2.0	図 3-5
		1.150		図 3-6
		-0.800		図 3-7
		-8.100		図 3-8
E11-F012B	R/B	6.000	2.0	図 3-5
		1.150		図 3-6
		-0.800		図 3-7
		-8.100		図 3-8
E11-F015A	RSW	6.240	2.5	図 1-4
E11-F015B	RSW	6.240	2.5	図 1-4
E11-F016A	R/B	6.000	2.0	図 3-5
		1.150		図 3-6
		-0.800		図 3-7
		-8.100		図 3-8
E11-F016B	R/B	6.000	2.0	図 3-5
		1.150		図 3-6
		-0.800		図 3-7
		-8.100		図 3-8

表1 弁の評価に用いる床応答曲線の使用内訳 (4/6)

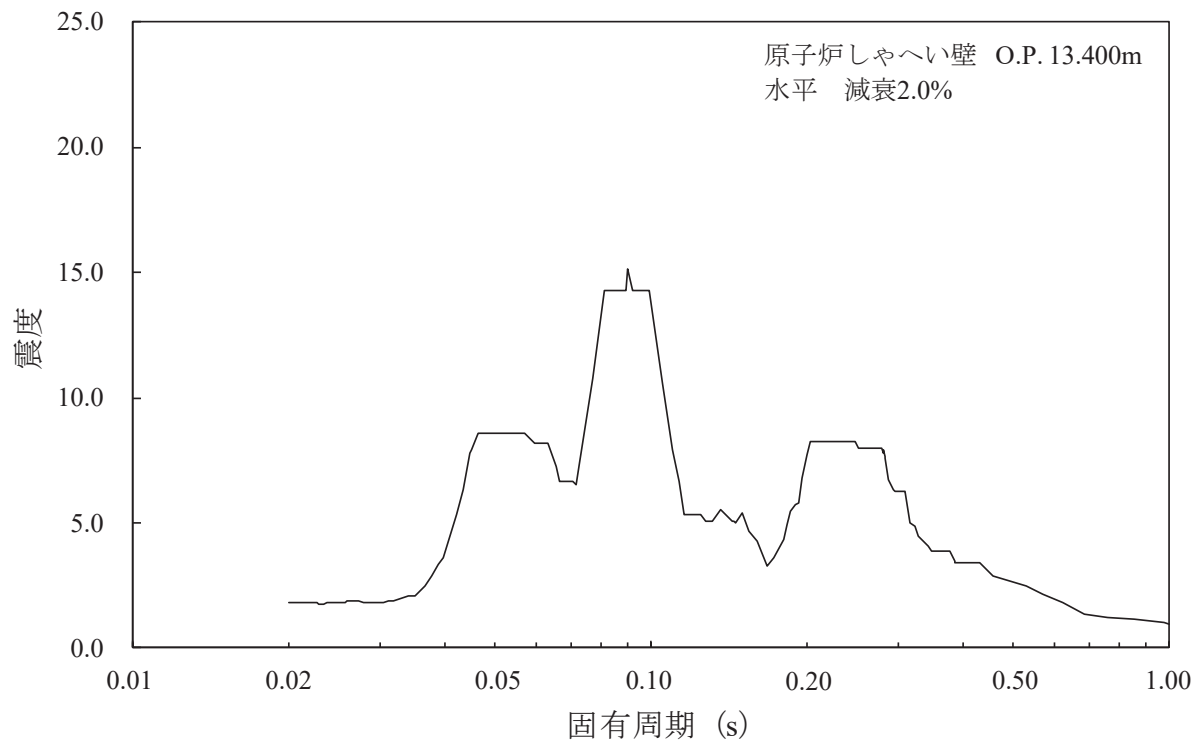
弁番号	FRS	標高 O. P. (m)	減衰定数 (%)	図番号
E11-F018A	R/B	6.000	2.0	図 3-5
		1.150		図 3-6
		-0.800		図 3-7
		-8.100		図 3-8
E11-F018B	R/B	6.000	2.0	図 3-5
		1.150		図 3-6
		-0.800		図 3-7
		-8.100		図 3-8
E11-F019A	RSW	6.240	2.5	図 1-4
E11-F019B	RSW	6.240	2.5	図 1-4
E21-F003	R/B	15.000	2.0	図 3-4
		6.000		図 3-5
		1.150		図 3-6
		-0.800		図 3-7
		-8.100		図 3-8
E21-F004	RSW	15.950	2.5	図 1-3
E22-F001	R/B	6.000	2.0	図 3-5
		1.150		図 3-6
		-0.800		図 3-7
		-8.100		図 3-8
E22-F003	R/B	15.000	2.0	図 3-4
		6.000		図 3-5
		1.150		図 3-6
		-0.800		図 3-7
		-8.100		図 3-8
E22-F004	RSW	15.950	2.5	図 1-3
E51-F007	RSW	13.400	2.0	図 1-1
E51-F008	RSW	13.400	2.0	図 1-1
G31-F002	RSW	6.240	2.5	図 1-4
G31-F003	RSW	6.240	2.5	図 1-4
T46-F001A	R/B	41.200	2.0	図 3-1
		33.200		図 3-1
		22.500		図 3-1
T46-F001B	R/B	41.200	2.0	図 3-1
		33.200		図 3-1
		22.500		図 3-2

表1 弁の評価に用いる床応答曲線の使用内訳 (5/6)

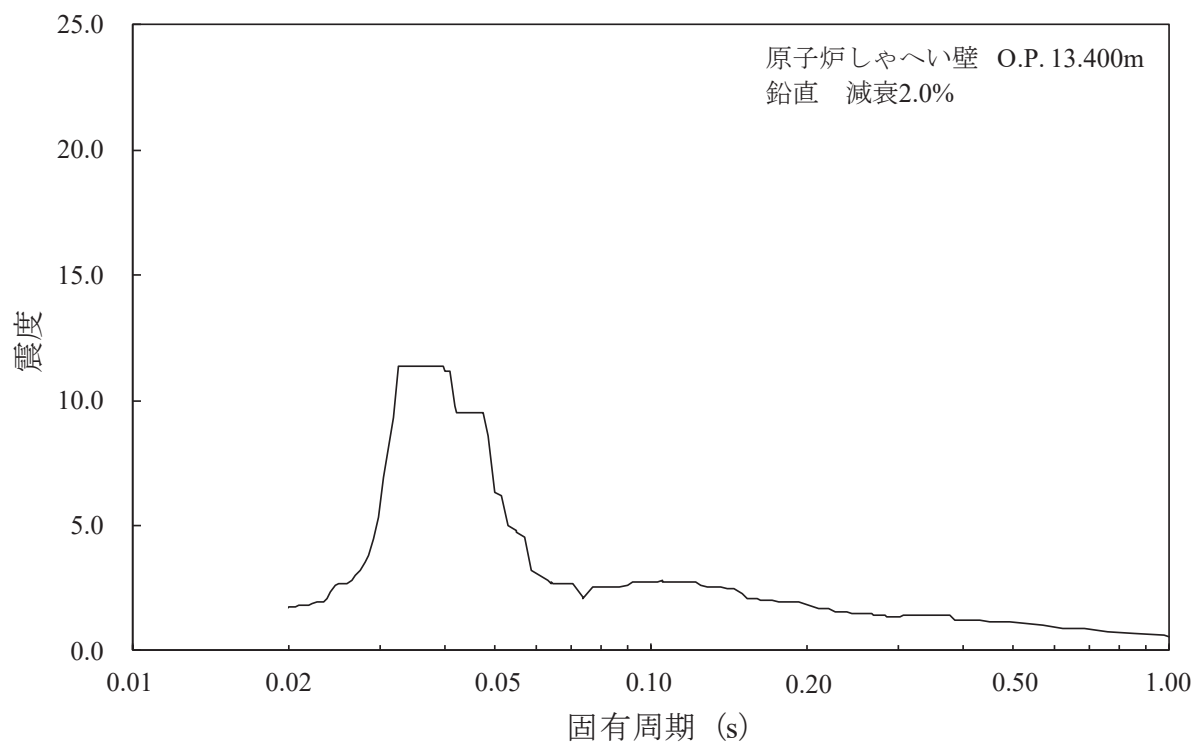
弁番号	FRS	標高 O. P. (m)	減衰定数 (%)	図番号
T46-F003A	PCV	21.550	2.0	図 2-1
		17.150		図 2-2
	R/B	33.200		図 3-2
		22.500		図 3-3
		15.000		図 3-4
		6.000		図 3-5
		1.150		図 3-6
T46-F003B	PCV	21.550	2.0	図 2-1
		17.150		図 2-2
	R/B	33.200		図 3-2
		22.500		図 3-3
		15.000		図 3-4
		6.000		図 3-5
		1.150		図 3-6
T48-F019	PCV	21.550	2.0	図 2-1
		17.150		図 2-2
	R/B	33.200		図 3-2
		22.500		図 3-3
		15.000		図 3-4
		6.000		図 3-5
		1.150		図 3-6
T48-F022	PCV	21.550	2.0	図 2-1
		17.150		図 2-2
	R/B	33.200		図 3-2
		22.500		図 3-3
		15.000		図 3-4
		6.000		図 3-5
		1.150		図 3-6
T49-F001A	PCV	21.550	2.0	図 2-1
		17.150		図 2-2
	R/B	22.500		図 3-3
		15.000		図 3-4
T49-F001B	PCV	21.550	2.0	図 2-1
		17.150		図 2-2
	R/B	22.500		図 3-3
		15.000		図 3-4

表1 弁の評価に用いる床応答曲線の使用内訳 (6/6)

弁番号	FRS	標高 O.P. (m)	減衰定数 (%)	図番号
T49-F003A	R/B	22.500	2.0	図 3-3
		15.000		図 3-4
		6.000		図 3-5
		1.150		図 3-6
		-0.800		図 3-7
T49-F003B	R/B	22.500	2.0	図 3-3
		15.000		図 3-4
		6.000		図 3-5
		1.150		図 3-6
		-0.800		図 3-7

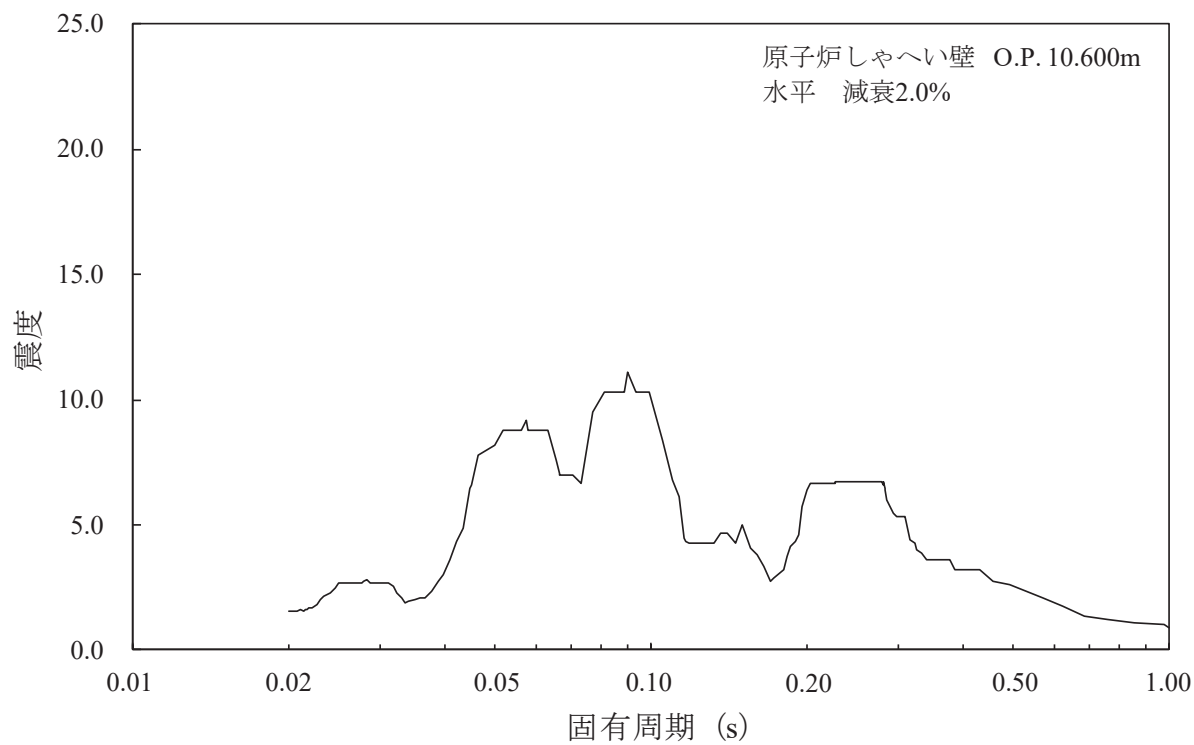


水平方向

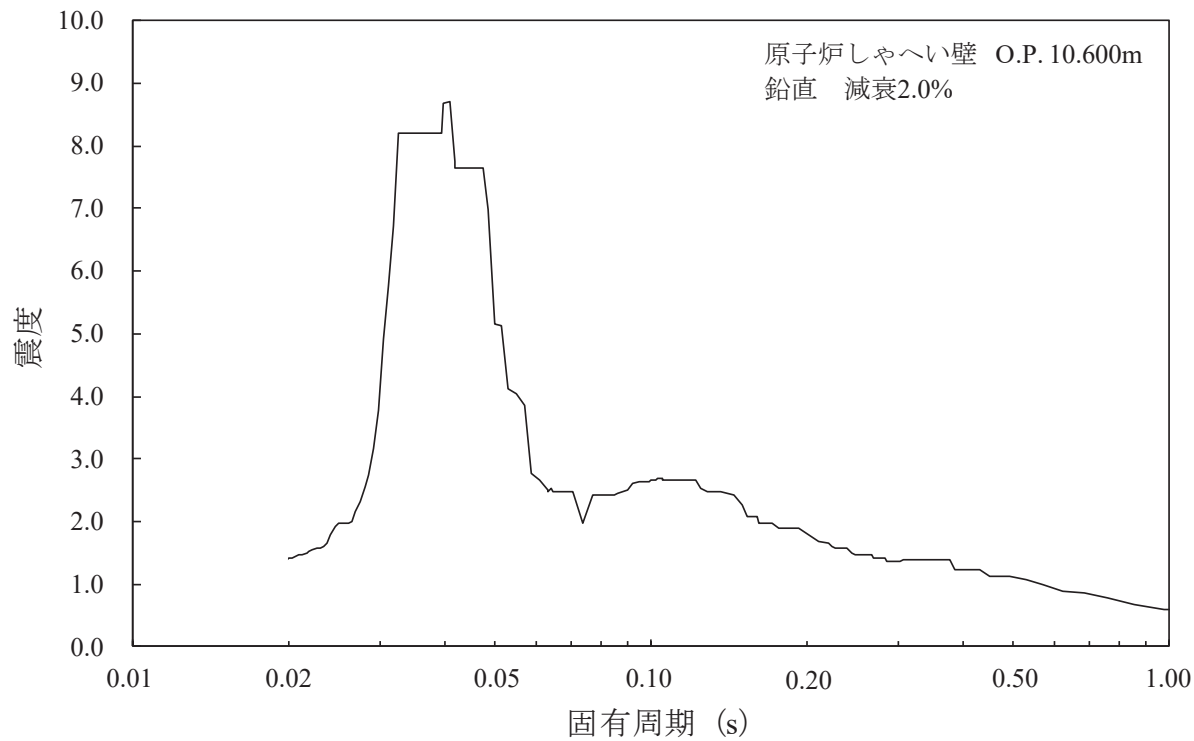


鉛直方向

図 1-1 弁の動的機能維持に適用する床応答曲線

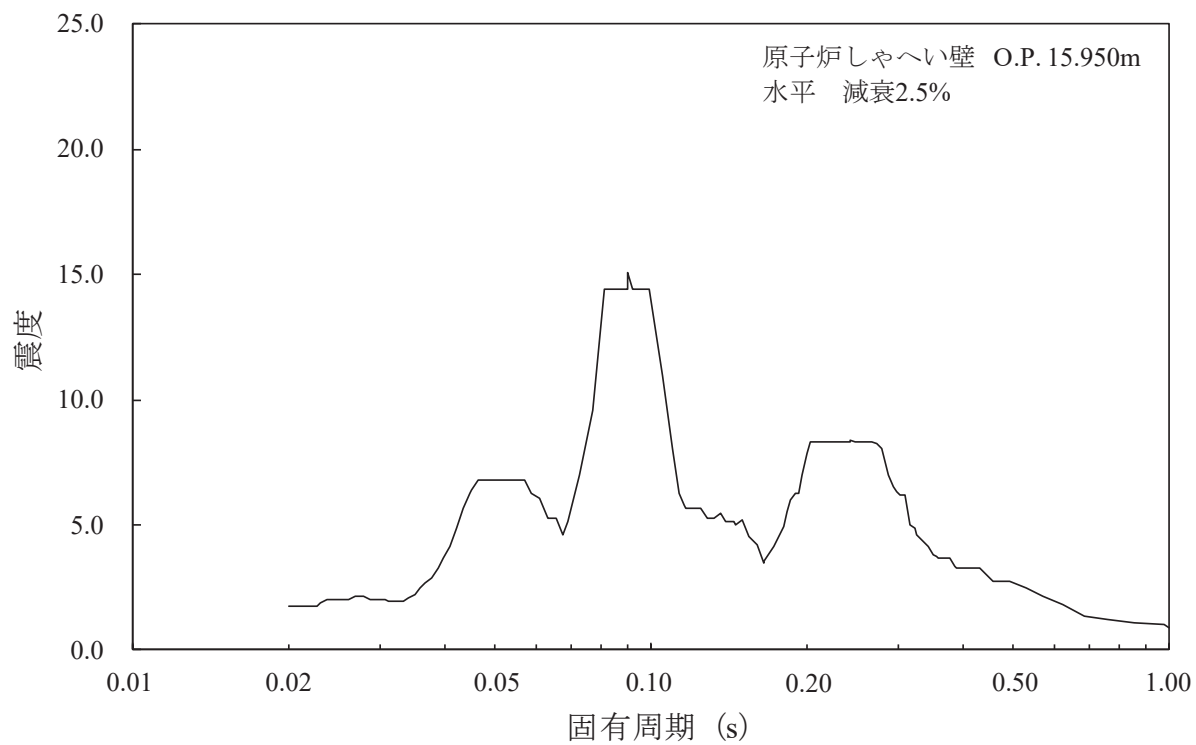


水平方向

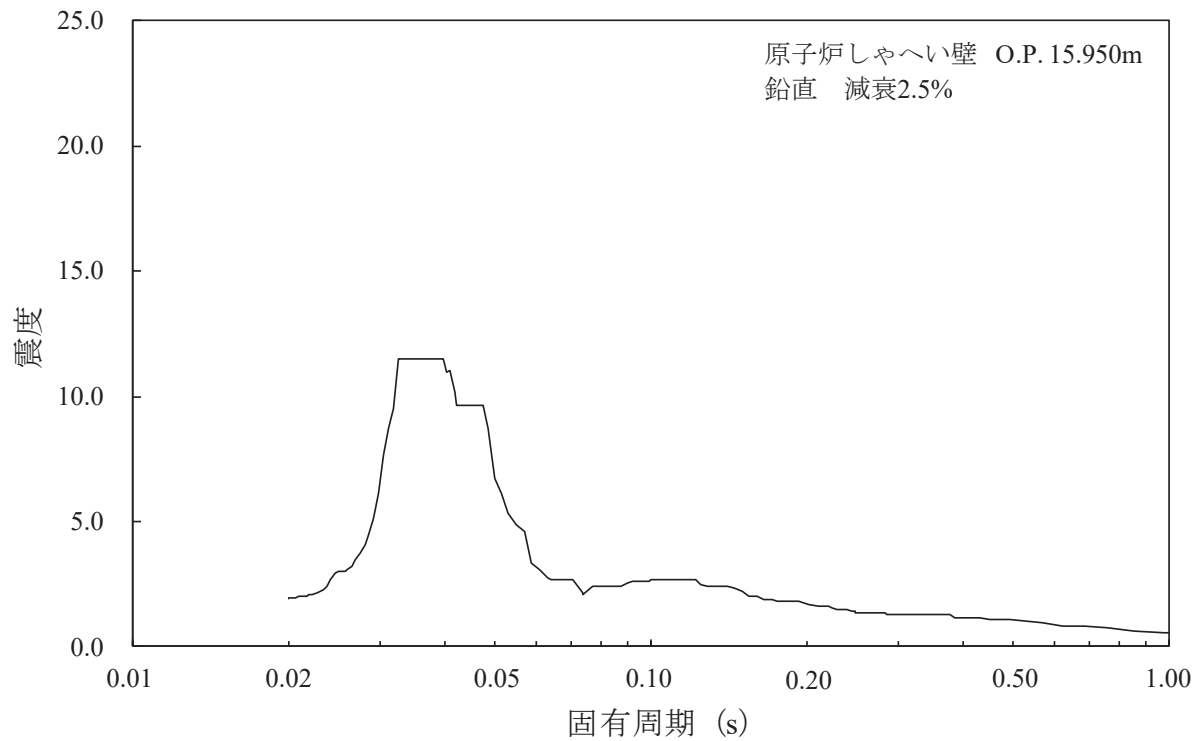


鉛直方向

図 1-2 弁の動的機能維持に適用する床応答曲線

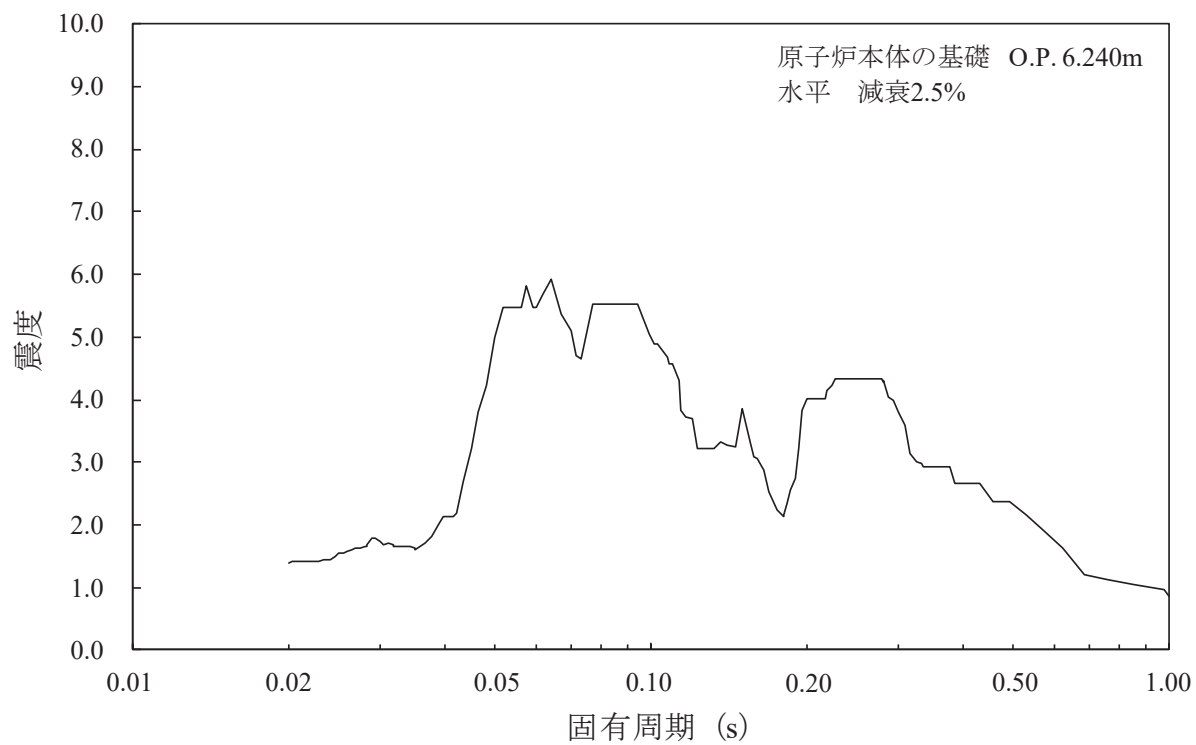


水平方向

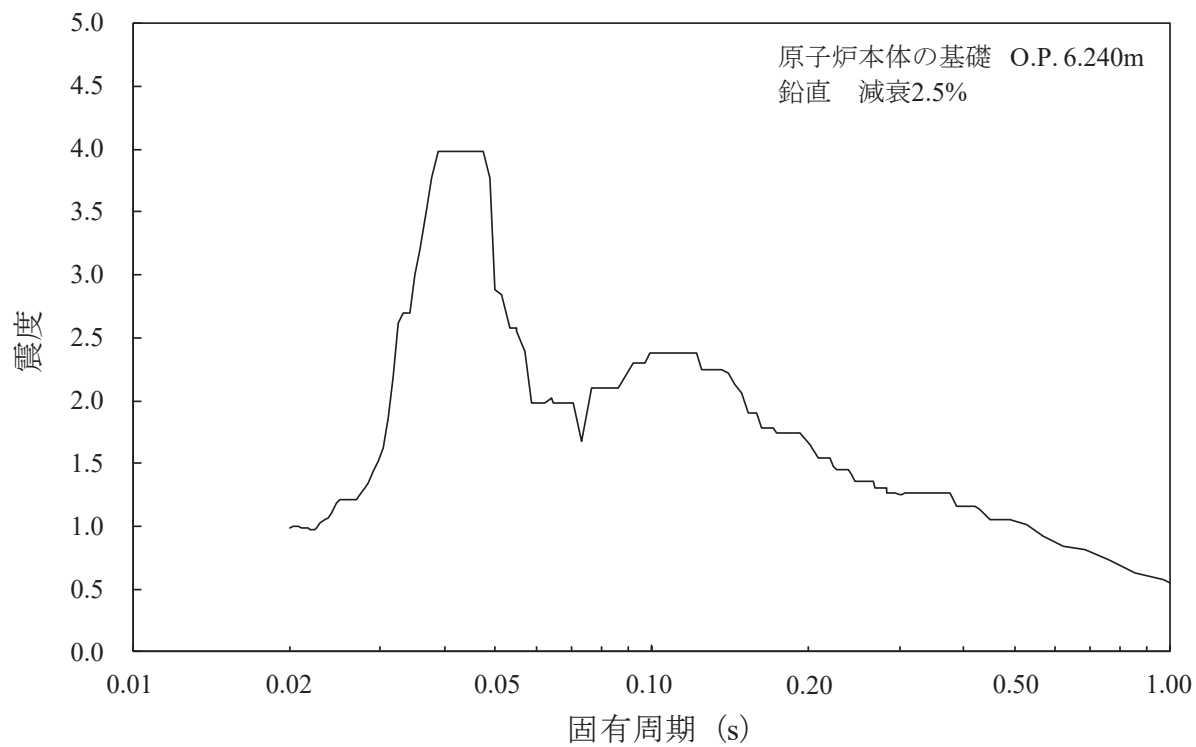


鉛直方向

図 1-3 弁の動的機能維持に適用する床応答曲線

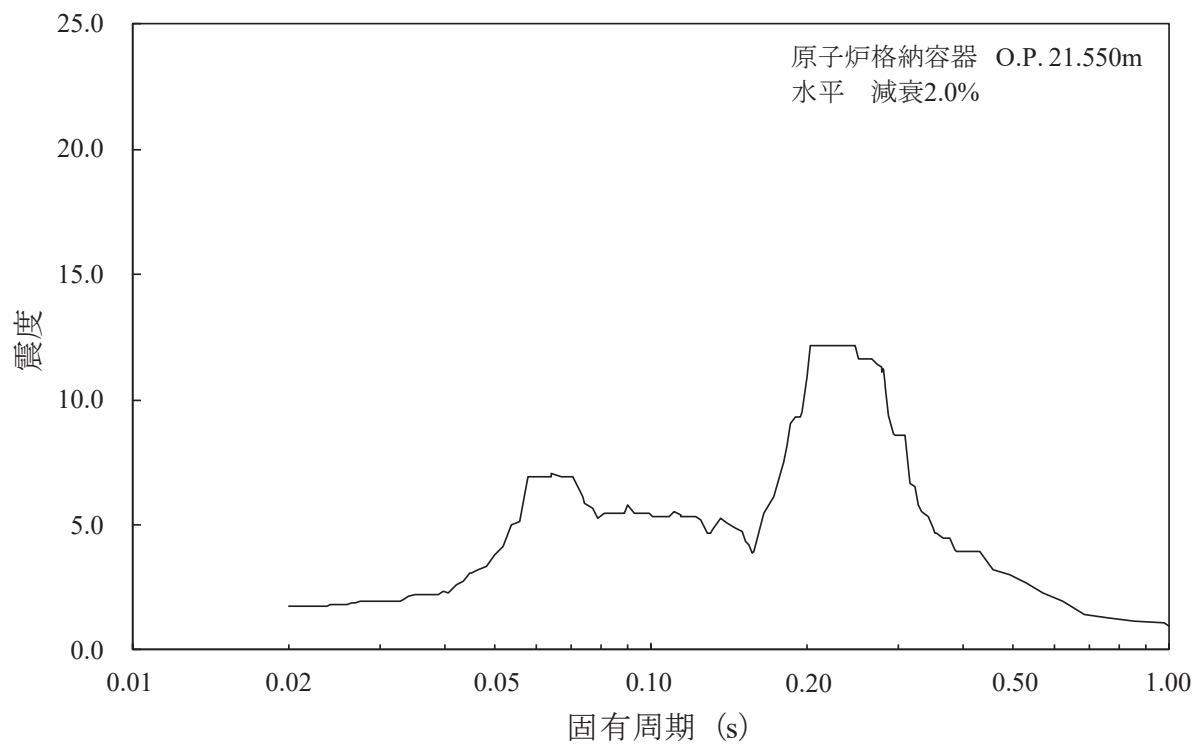


水平方向

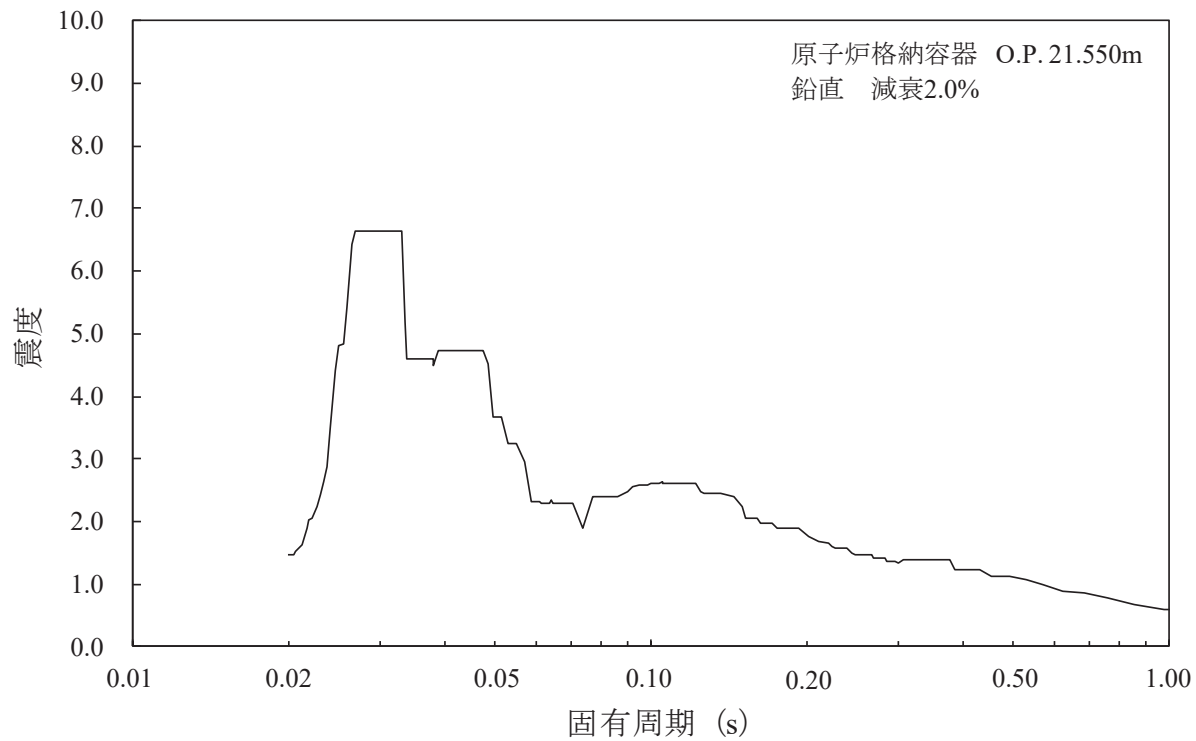


鉛直方向

図 1-4 弁の動的機能維持に適用する床応答曲線

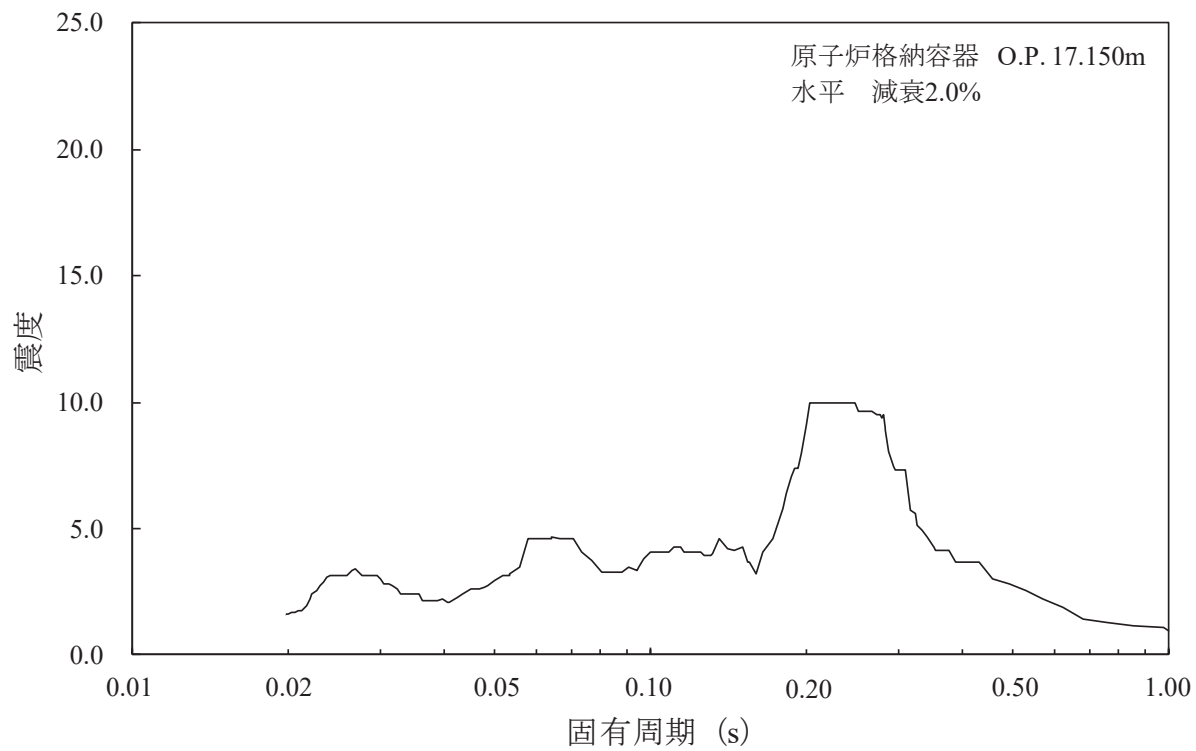


水平方向

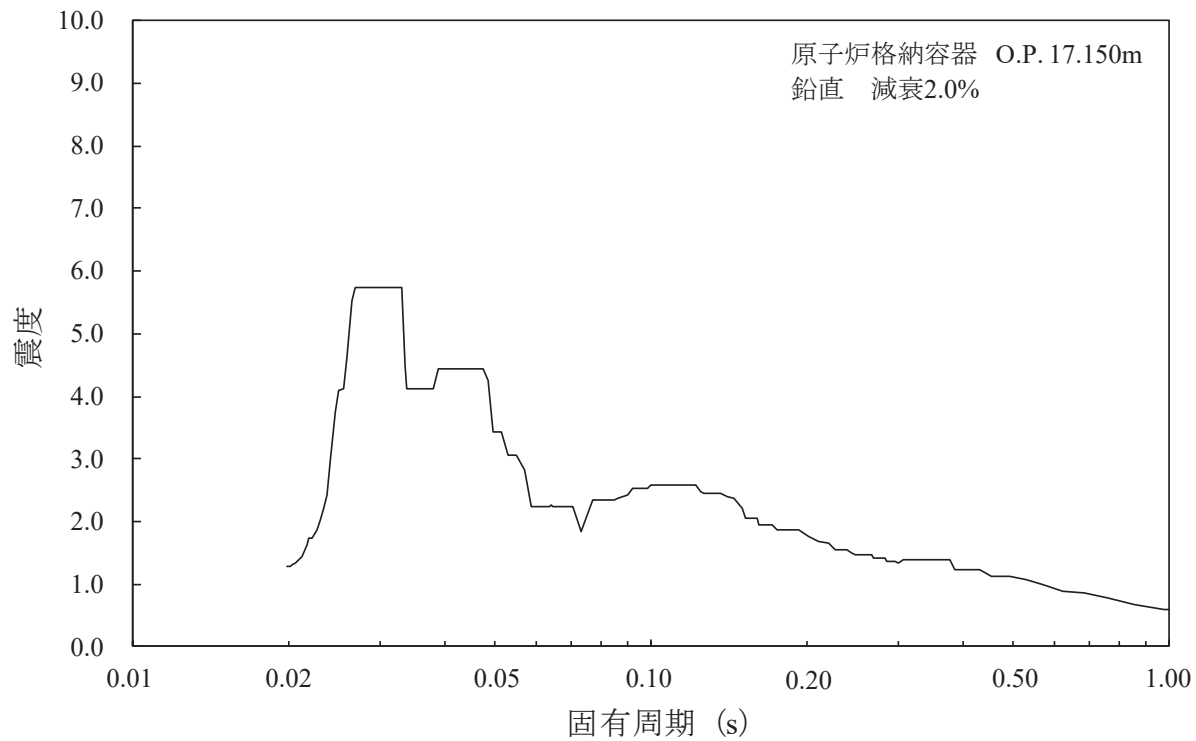


鉛直方向

図 2-1 弁の動的機能維持に適用する床応答曲線

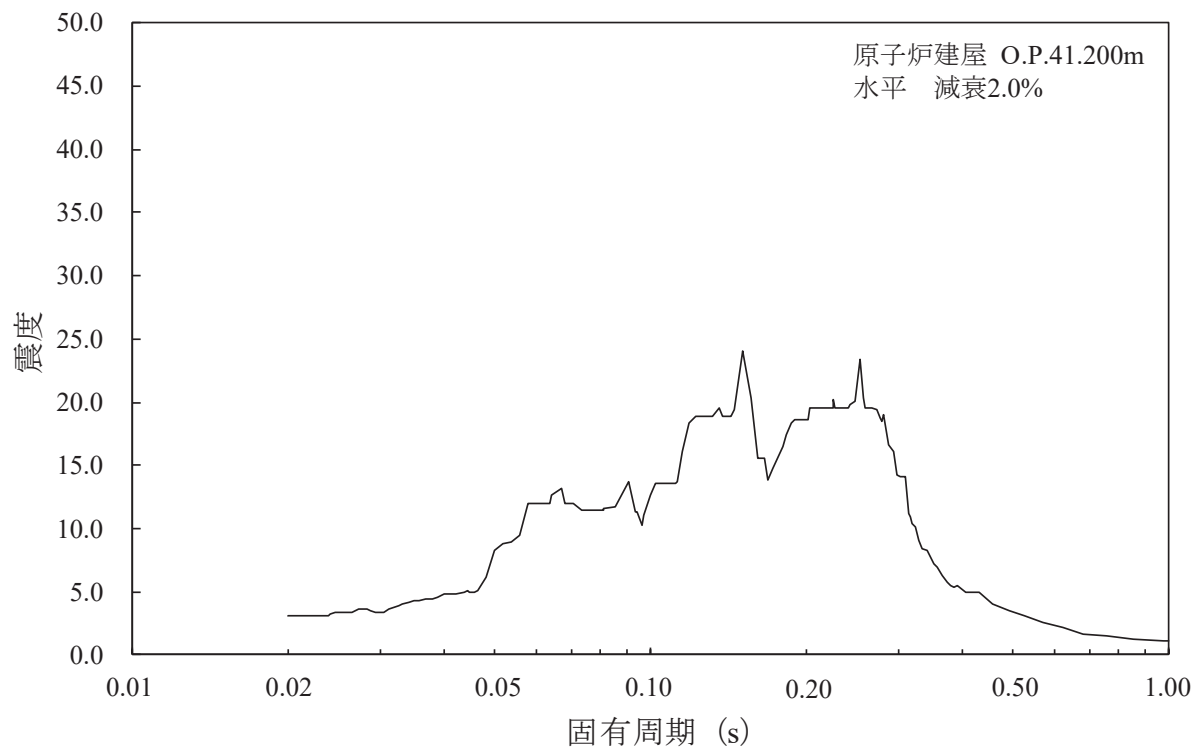


水平方向

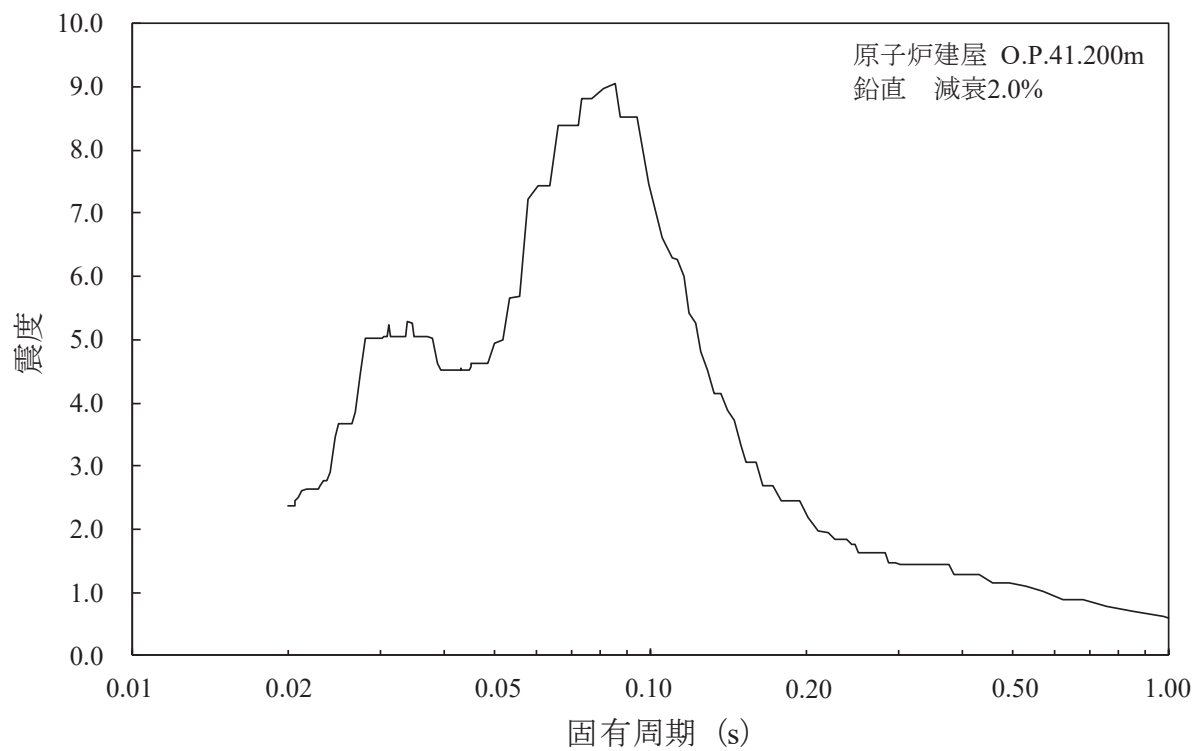


鉛直方向

図 2-2 弁の動的機能維持に適用する床応答曲線

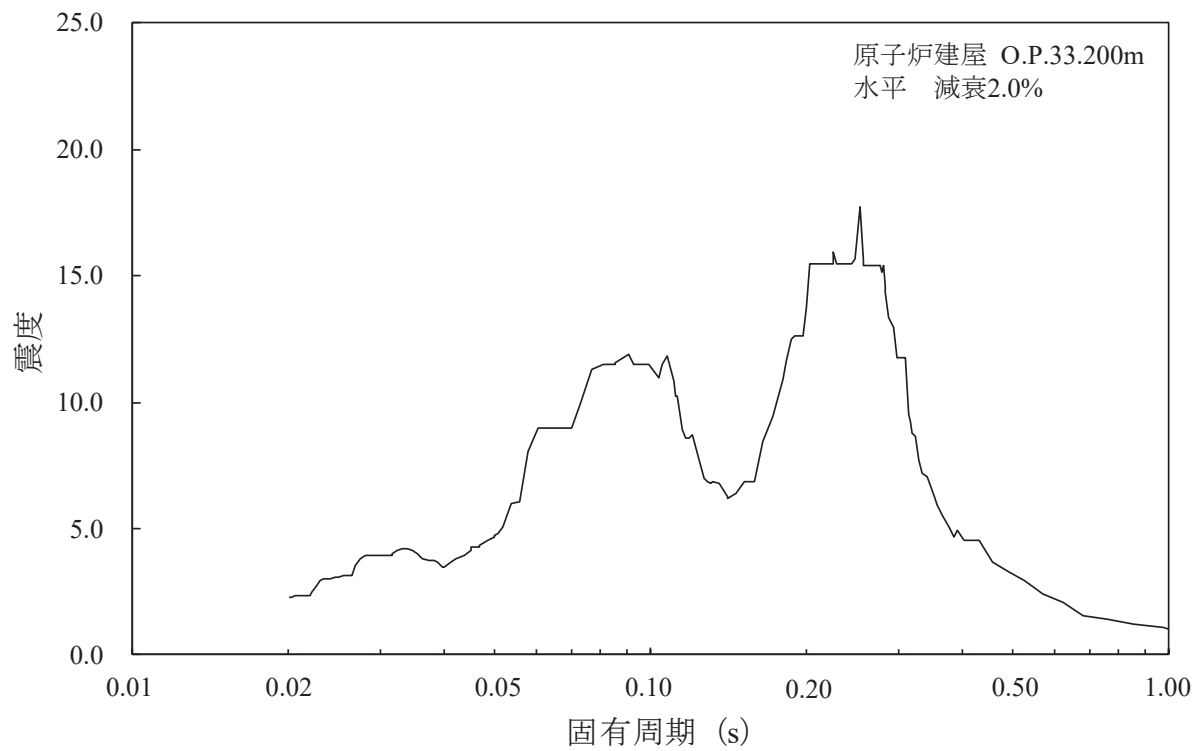


水平方向

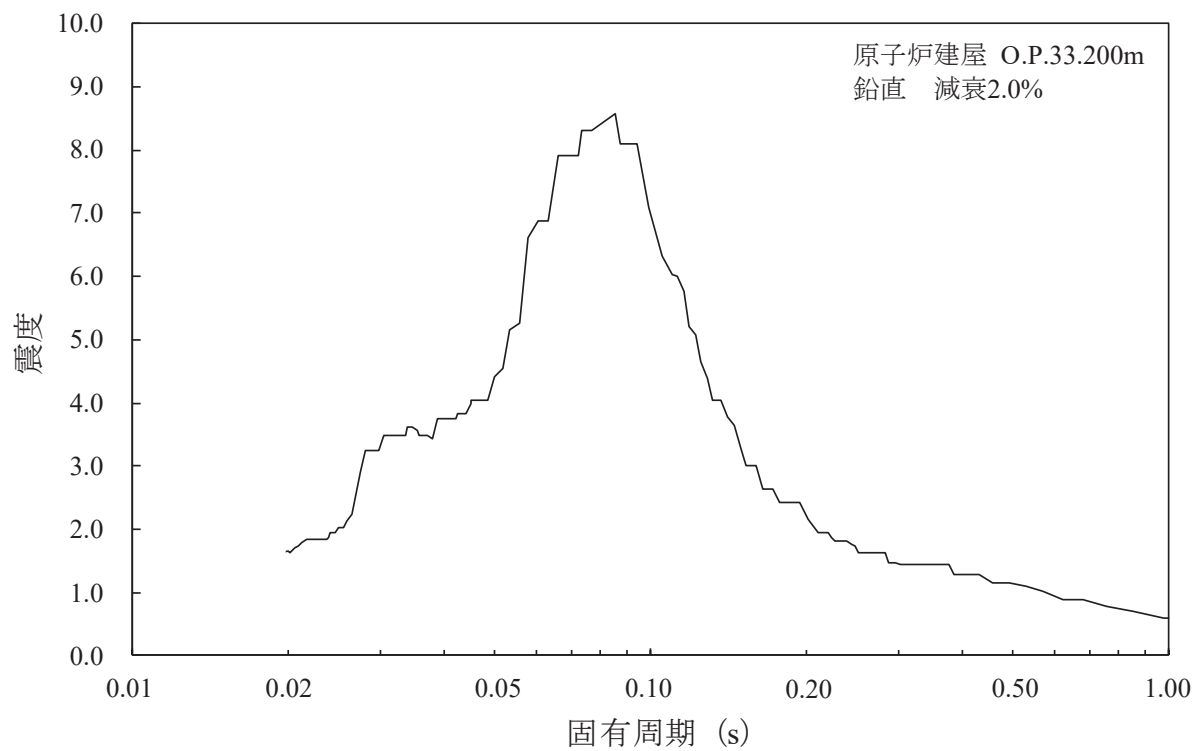


鉛直方向

図 3-1 弁の動的機能維持に適用する床応答曲線

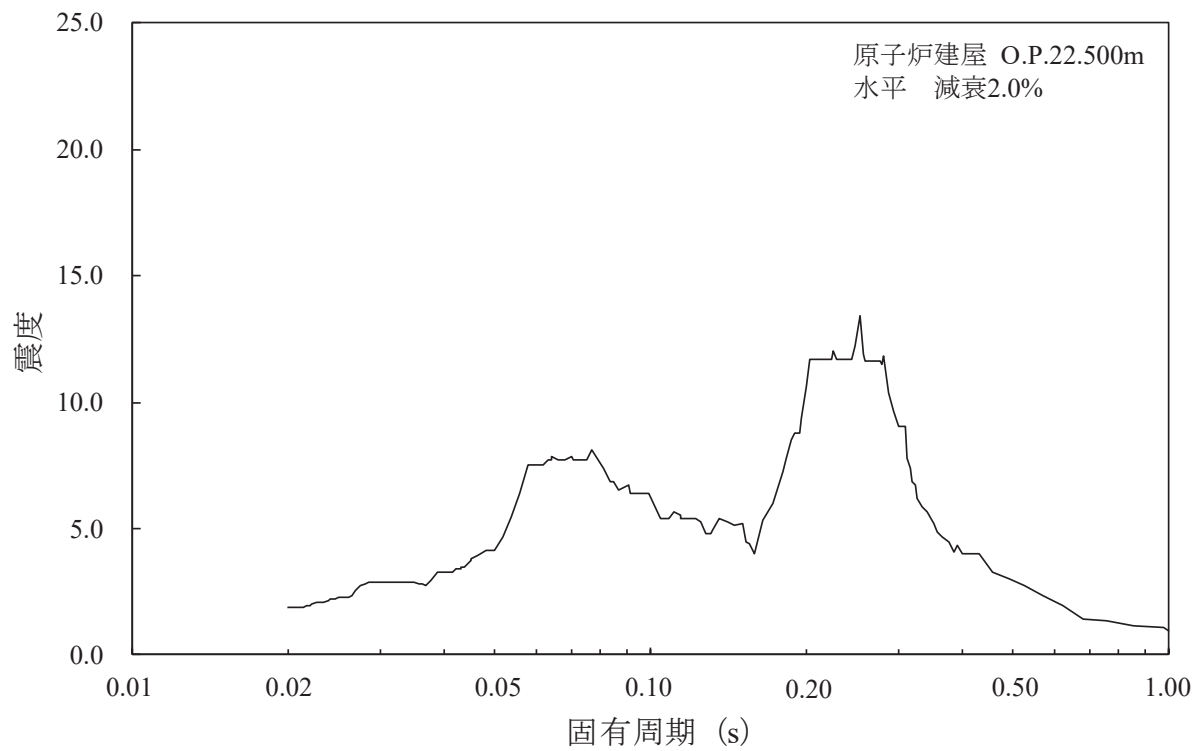


水平方向

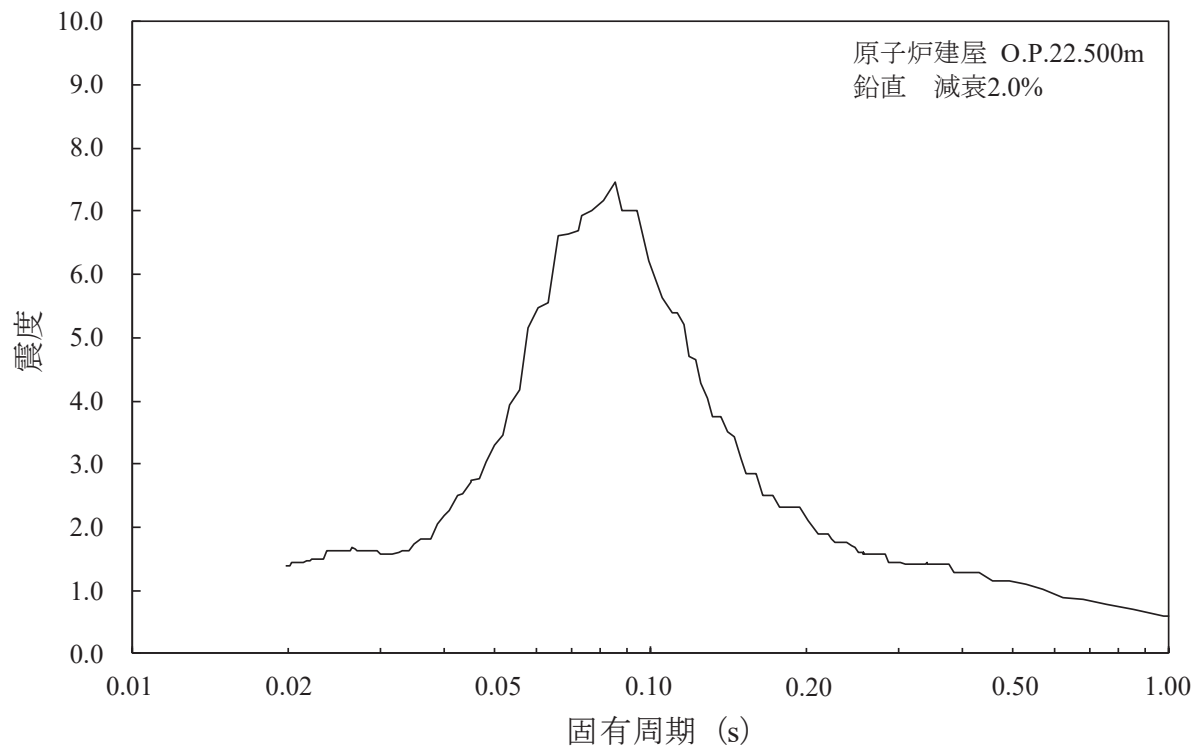


鉛直方向

図 3-2 弁の動的機能維持に適用する床応答曲線



水平方向



鉛直方向

図 3-3 弁の動的機能維持に適用する床応答曲線

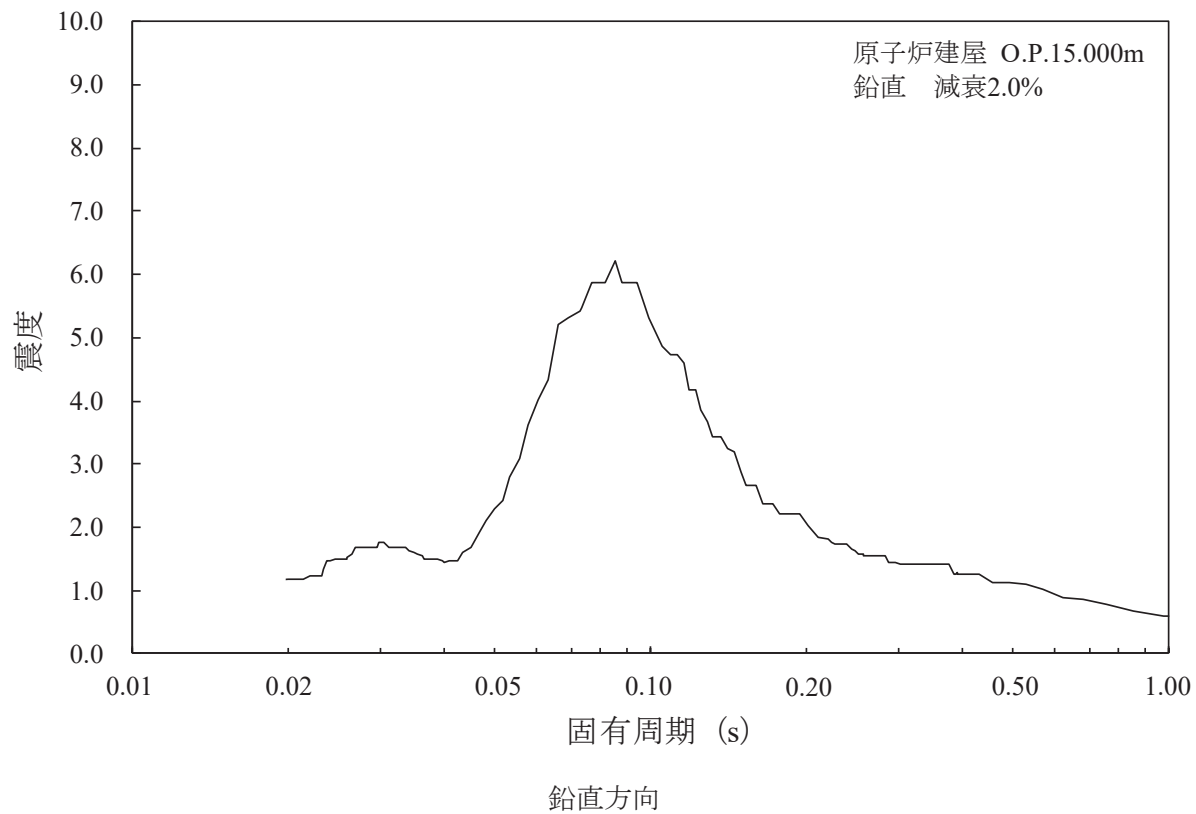
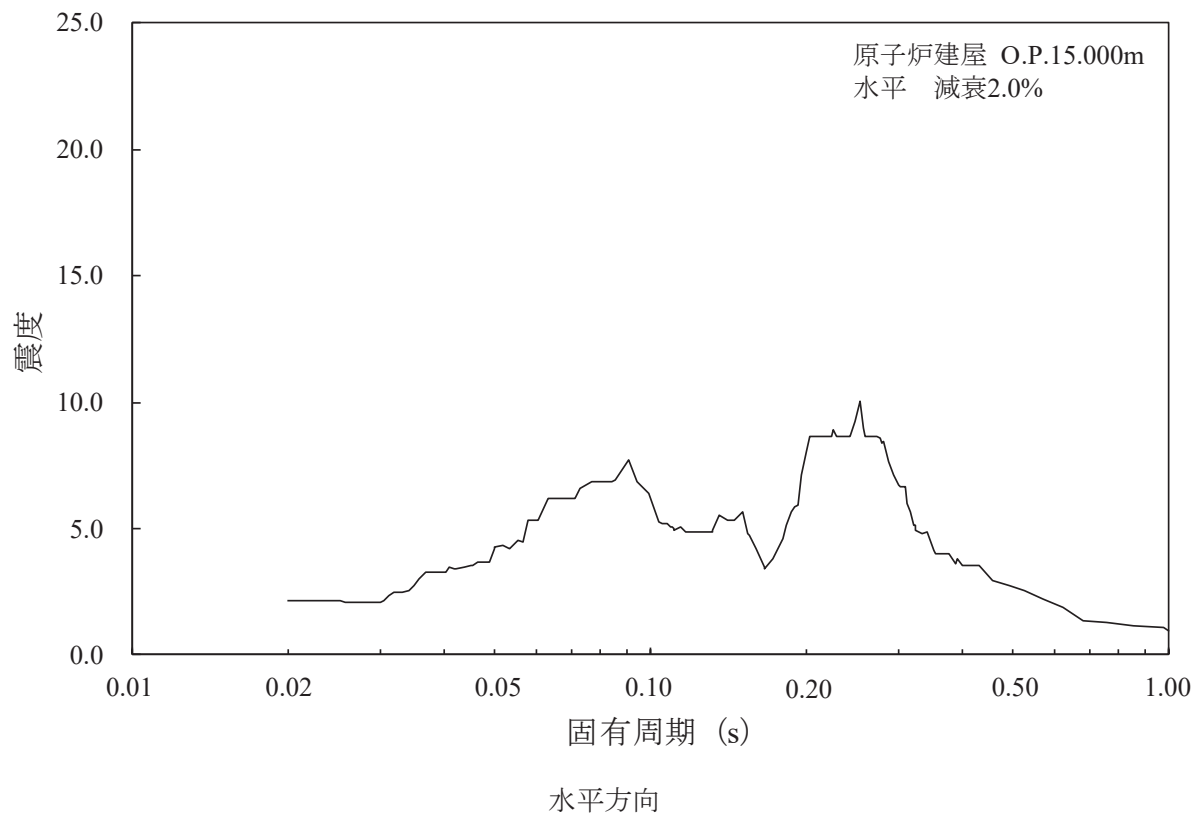
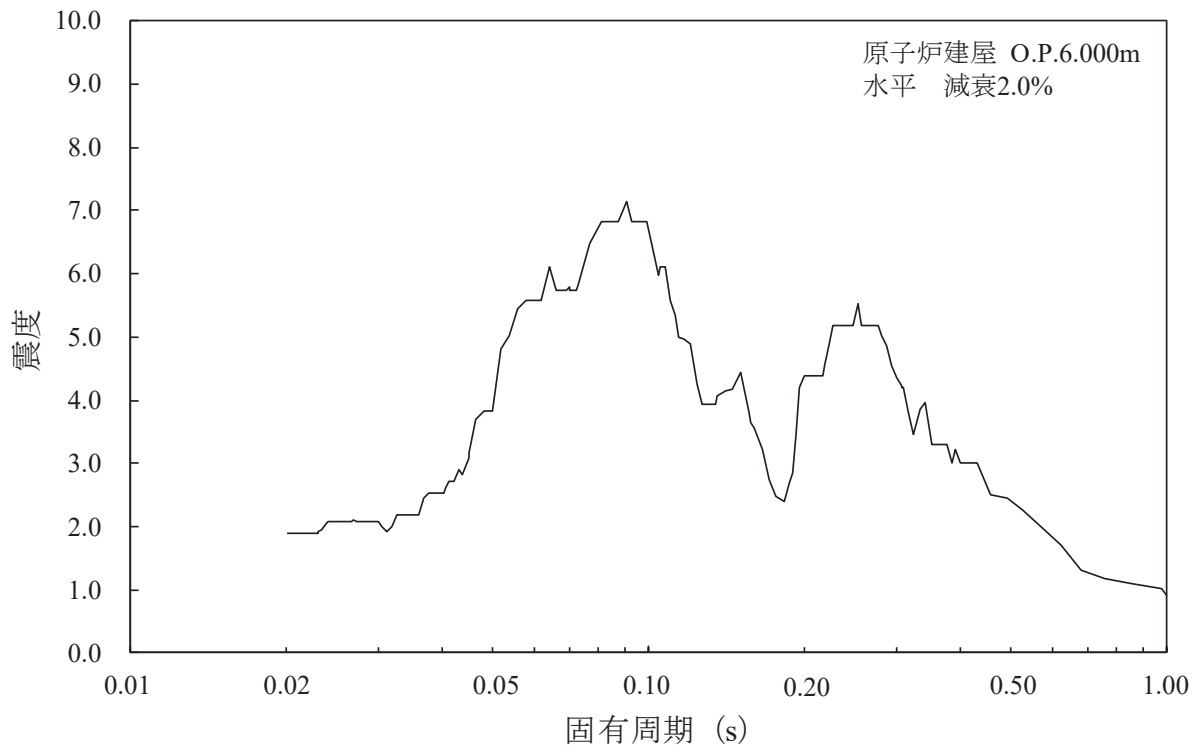
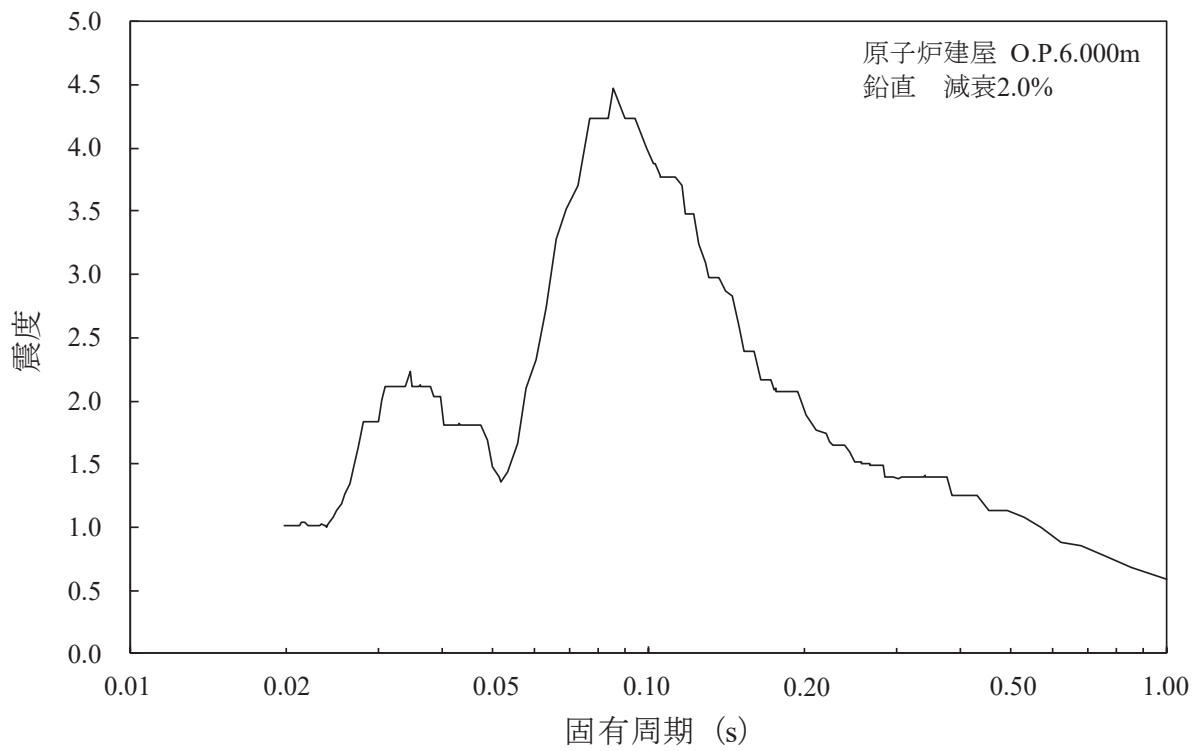


図 3-4 弁の動的機能維持に適用する床応答曲線

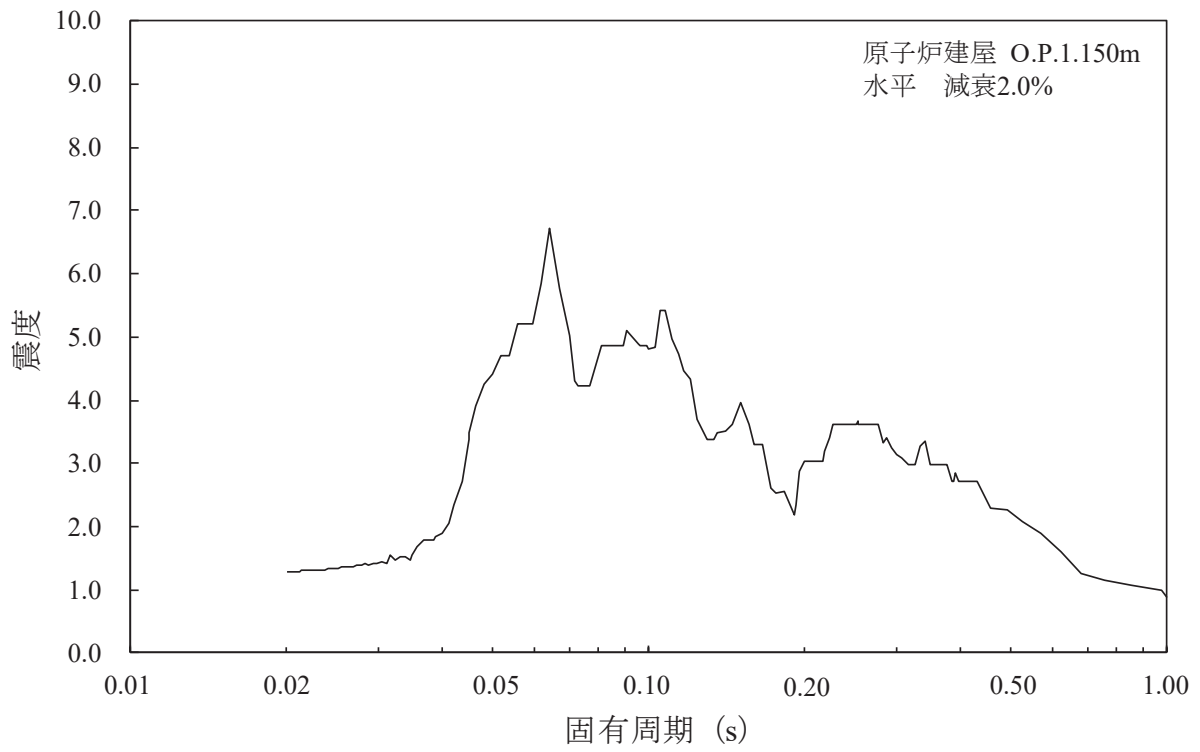


水平方向

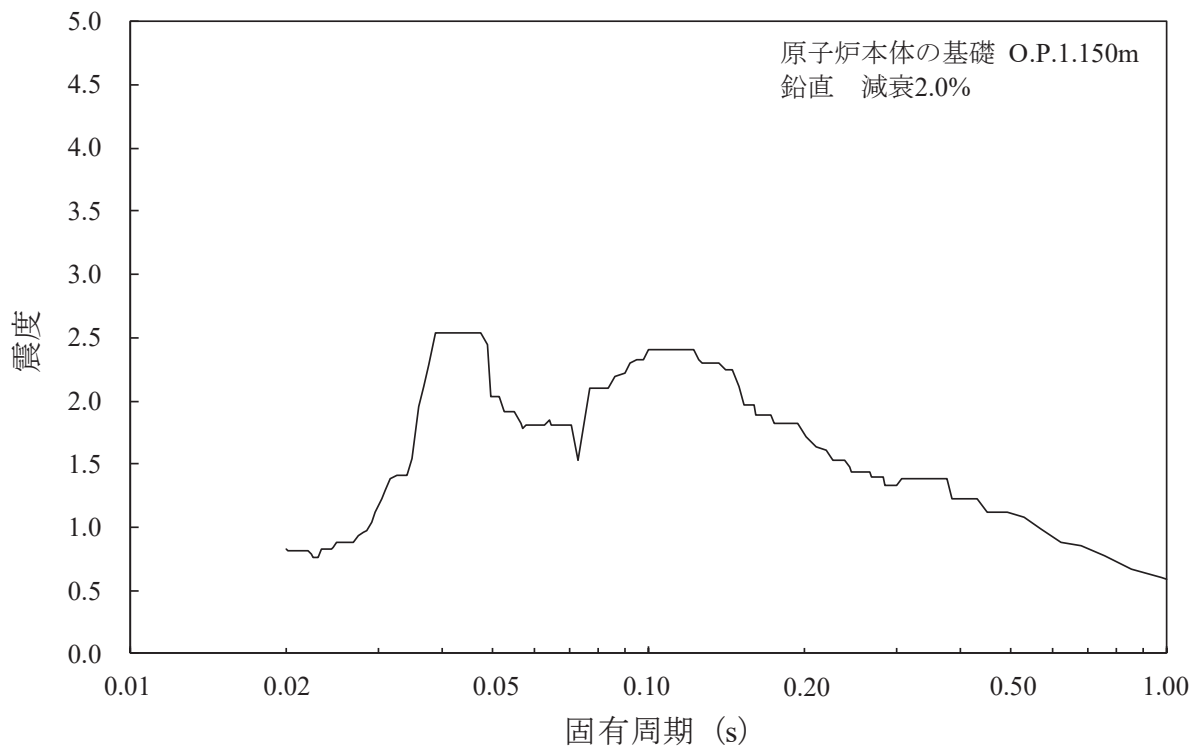


鉛直方向

図 3-5 弁の動的機能維持に適用する床応答曲線

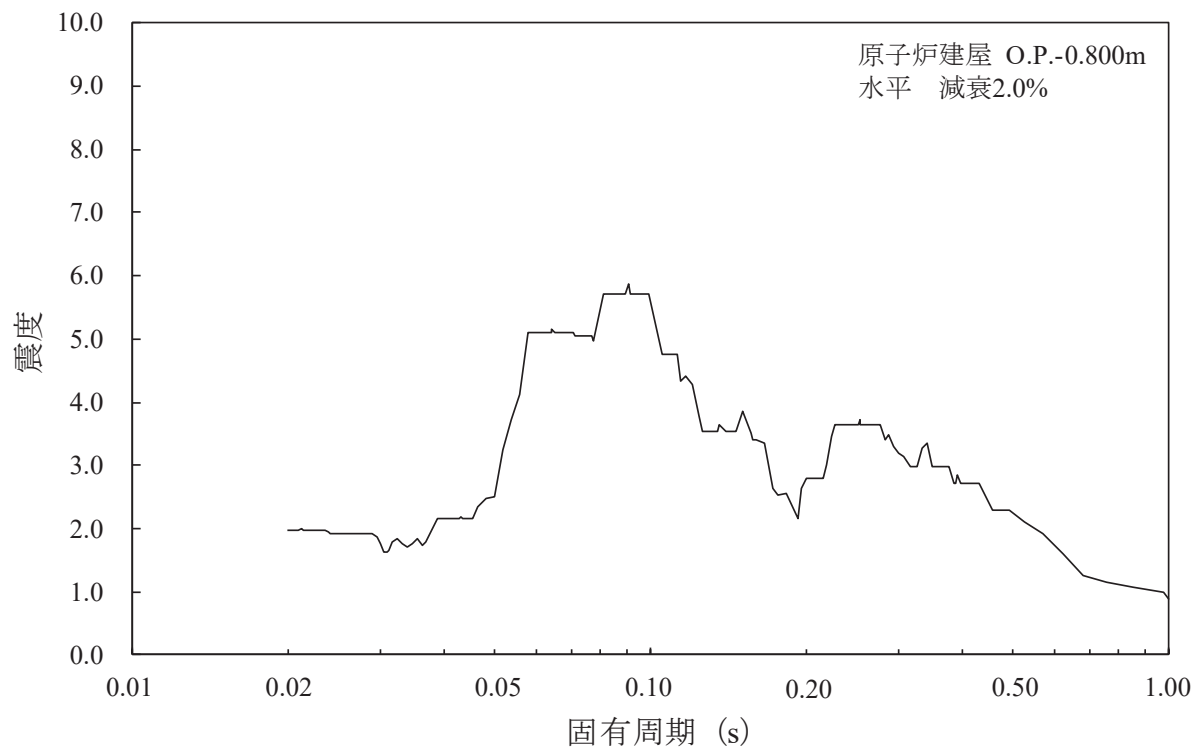


水平方向

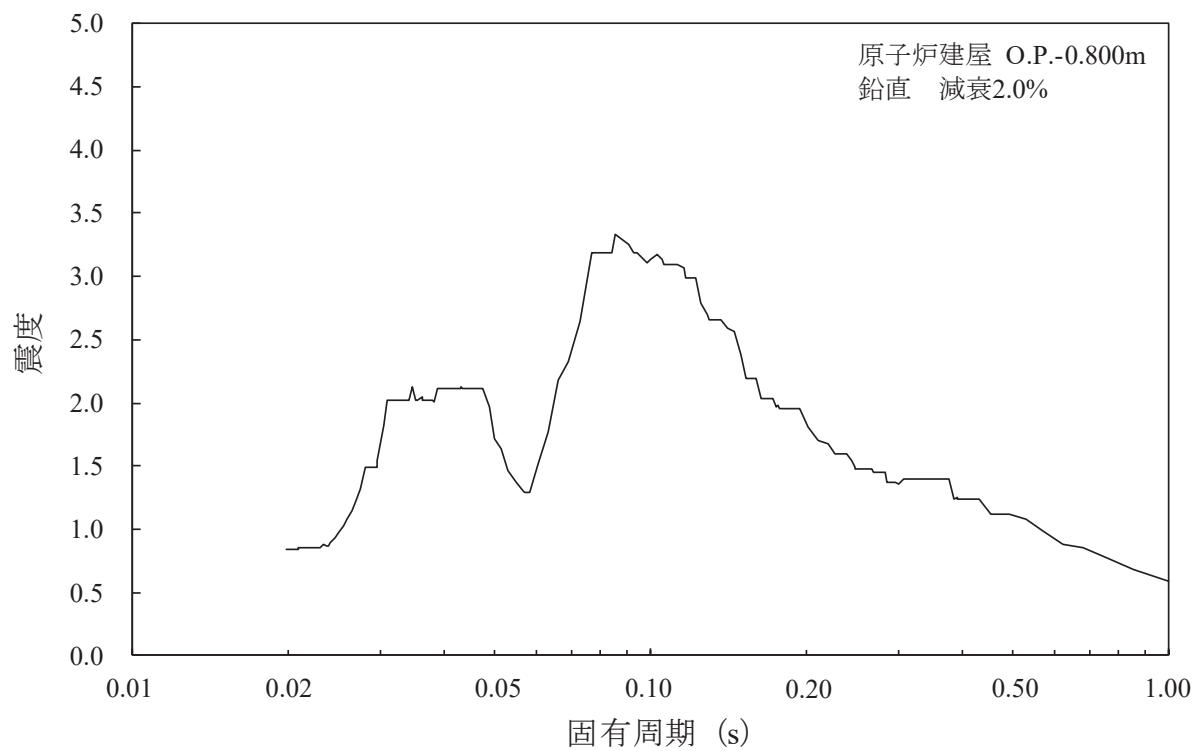


鉛直方向

図 3-6 弁の動的機能維持に適用する床応答曲線

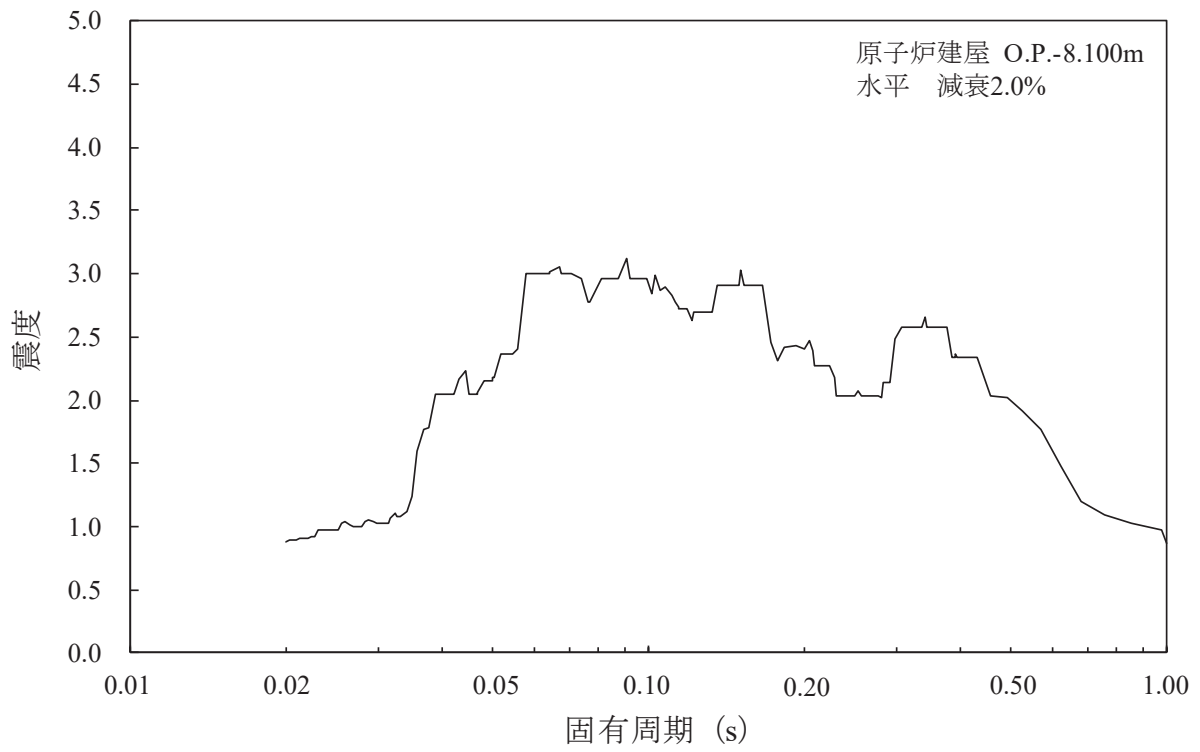


水平方向

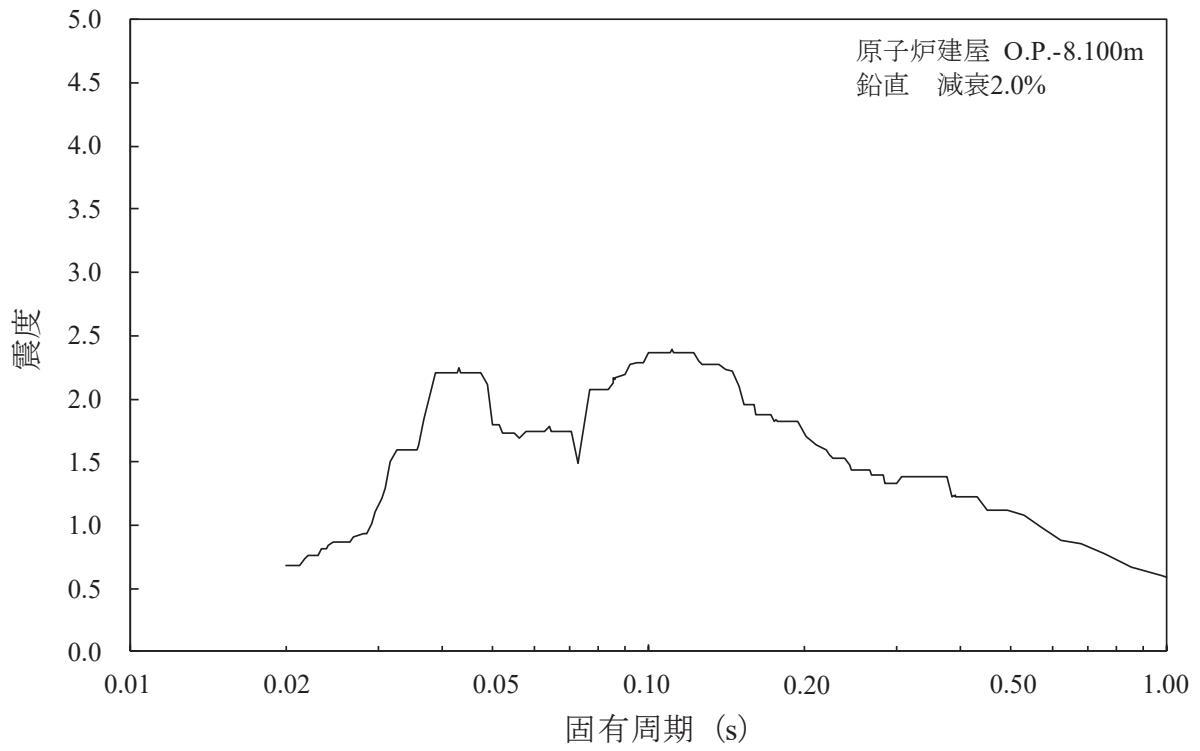


鉛直方向

図 3-7 弁の動的機能維持に適用する床応答曲線



水平方向



鉛直方向

図 3-8 弁の動的機能維持に適用する床応答曲線

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

1. はじめに

高振動数領域を考慮した弁の動的機能維持評価を行うにあたり、現行の配管モデルの設定で高振動領域の地震応答が適切に解析できているのかを確認するため、モデルの節点数を変更した比較用のモデルを作成し検証した結果を以下にまとめる。

2. 配管モデルの妥当性確認方法

配管系の解析モデルは、以下に示す J E A G 4 6 0 1 -1987 に記載の考え方にに基づき作成しており、弁自体の節点が設けられている他、弁設置位置は質量が集中するため周辺に設置する配管支持装置の節点などを設けており、比較的多くの節点が設定されている。

(3) 配管

配管は、前述の基本方針に基づき弁やポンプを含め配管系 3 次元モデルを作成する。

(標・機-10)

a. BWR

配管系モデル化例としてここでは再循環系配管解析モデルについて述べる。

図6.5.2-8に BWR の再循環系配管の概要を示しておりこれらをモデル化したものが図6.5.2-9である。

BWR の再循環系配管モデルについては、質点の設定に当たっては、配管支持装置取付点、ポンプ、弁等の設置点、配管口径変更点、ノズル位置等を基準として応力評価上重要な位置に質点を定めている。また、配管の曲り部においては剛性の変化率を評価に加えると共に弁、ポンプ等については等価な剛性と質量を評価したモデル化を実施している。

「6.5.4地震応答解析法」に後述する様に配管設計は、スペクトルモーダル解析法によって行われるのが一般的である。その解析結果の例を次に示す。

BWR 再循環系配管に対する入力加速度と振動モードを表6.5.2-1及び図6.5.2-10に示している。表6.5.2-1は、各固有振動モードに対する水平震度と鉛直震度を示しており、水平震度は床応答スペクトルからもとめられたものである。そして、表6.5.2-2が解析結果として得られた地震力（表中の SS）を反力とモーメントについて示したもので、W は配管自重等による死荷重である。

※ J E A G 4 6 0 1 -1987 より抜粋

実際の配管モデルの例は、添付 2 の図 1 や図 4 に示しているとおりであり、弁周りについては、弁自体の節点や支持装置の節点が設けられているため、弁周辺には比較的多くの節点が設定されている。また、直管部についても、支持装置設置位置や溶接部等に質点を設けており十分に接点が設けられている様子が分かる。

したがって、現行の配管モデルにおいても十分に高振動数領域の地震応答を評価できる解析モデルになっているものと考えているが、その妥当性を確認するため、3 項に示す代表の配管

モデルについて節点を増やしたモデルを作成し、節点数の変更前後での地震応答を比較検証する。

3. 対象モデルの選定

以下 (1), (2) に示す観点で代表 2 モデルを選定し、配管モデルの節点を増やした場合との比較を実施する。

(1) 振動数領域を 50Hz から 100Hz へ変更した評価結果において応答増幅が小さい弁の含まれる配管モデル

振動数領域を 50Hz から 100Hz へ変更した際に、応答増幅が小さい弁については、現行の配管モデルでは高振動数領域の応答が適切に解析されていないため、応答増幅が小さかった可能性がある。

そこで、本文の表 2 に示す 50Hz と 100Hz の評価結果から、応答増幅が小さい弁として、B21-F053B (配管モデル：FDW-001) を選定した。評価結果を下記の表 1 に再掲する。

表 1 振動数領域を 50Hz から 100Hz へ変更した場合に応答増幅が小さい弁の結果

No.	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)
						機能維持評価用加速度 (①)	機能確認済加速度 (③)	裕度	機能維持評価用加速度 (②)	機能確認済加速度 (③)	裕度		
23	FDW	B21-F053B	給水系第一隔離弁(B)	逆止弁	水平	2.61	6.00	2.29	2.63	6.00	2.28	1.01	0.34%
						2.61			2.63				
						1.82			1.82				
					鉛直	1.33	6.00	4.51	1.33	6.00	4.51		
						1.07			1.07				
						1.33			1.33				

(2) 振動数領域を 50Hz から 100Hz へ変更した評価結果において応答増幅が大きい弁の含まれる配管モデル

振動数領域を 50Hz から 100Hz へ変更した際に、応答増幅が大きい弁については、現行の配管モデルで十分に高次モードが表現されていると考えているが、(1) と比較する観点で検討を実施する。

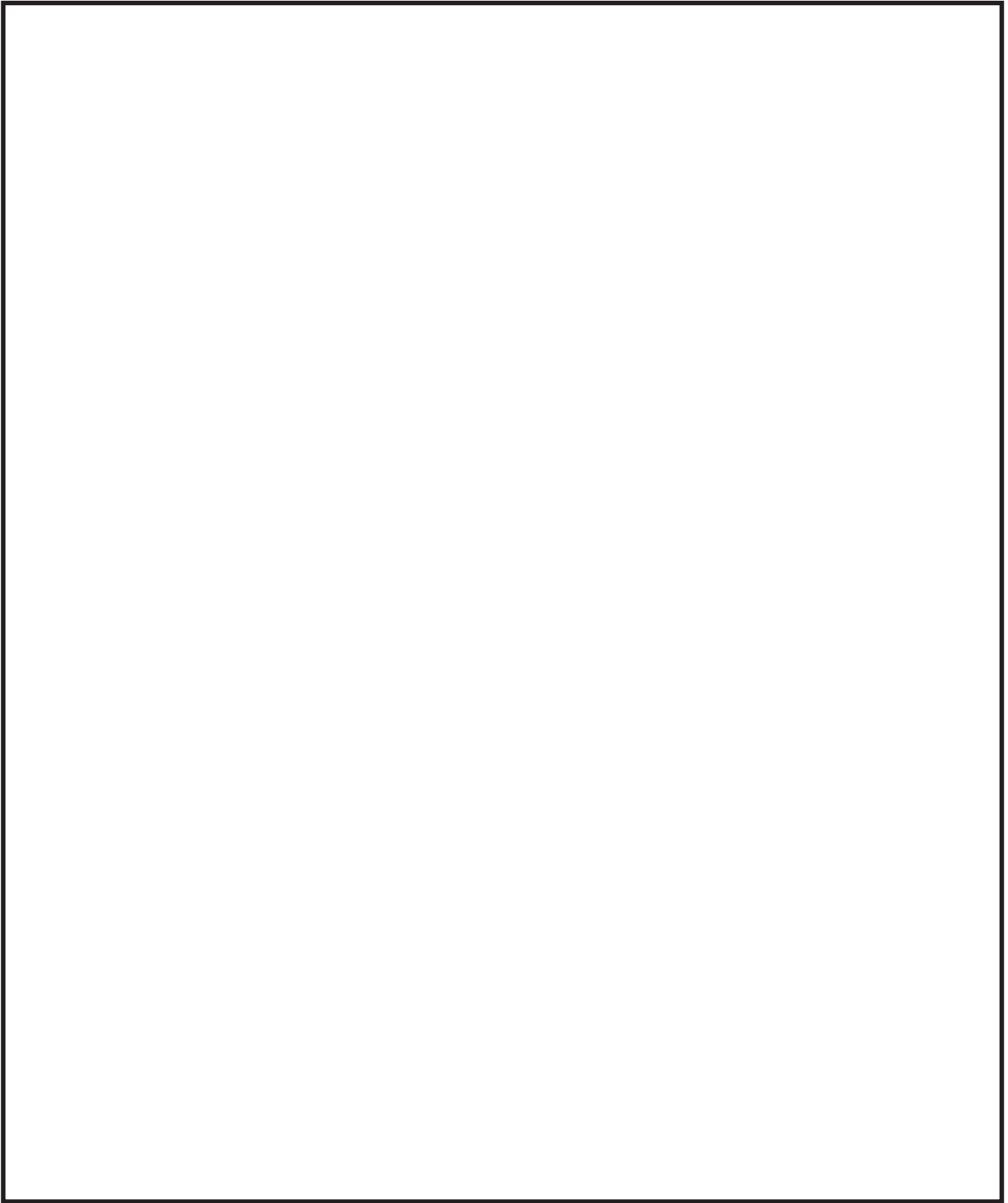
そこで、本文の表 2 に示す 50Hz と 100Hz の評価結果から、応答増幅が大きい弁として、E22-F001 (配管モデル：HPCS-002) を選定した。評価結果を下記の表 2 に再掲する。

表 2 振動数領域を 50Hz から 100Hz へ変更した場合に応答増幅が大きい弁の評価結果

No.	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)
						機能維持評価用加速度 ①	機能確認済加速度 ③	裕度	機能維持評価用加速度 ②	機能確認済加速度 ③	裕度		
50	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	1.90	1.30	12.00%
						2.44			3.16				
						1.57			1.57				
					鉛直	1.25	6.00	4.80	1.44	6.00	4.17	1.15	
						1.25			1.44				
						1.09			1.09				

4. 節点追加前後の配管モデル

対象として選定した配管モデル FDW-001 (対象弁: B21-F053B) 及び HPCS-002 (対象弁: E22-F001) について、節点追加前の現状の配管モデルと節点追加後の検証用の配管モデルを図 1, 2 に示す。変更前のモデルでは直管部等が比較的節点の間隔が大きいため、節点間隔が大きい部分に着目して節点を追加し、モデル全体に渡って節点間隔が密になるように変更を加えている。



変更前（現状の配管モデル）

図 1-1 節点変更前後の配管モデルの比較（FDW-001_全体図）（1/2）

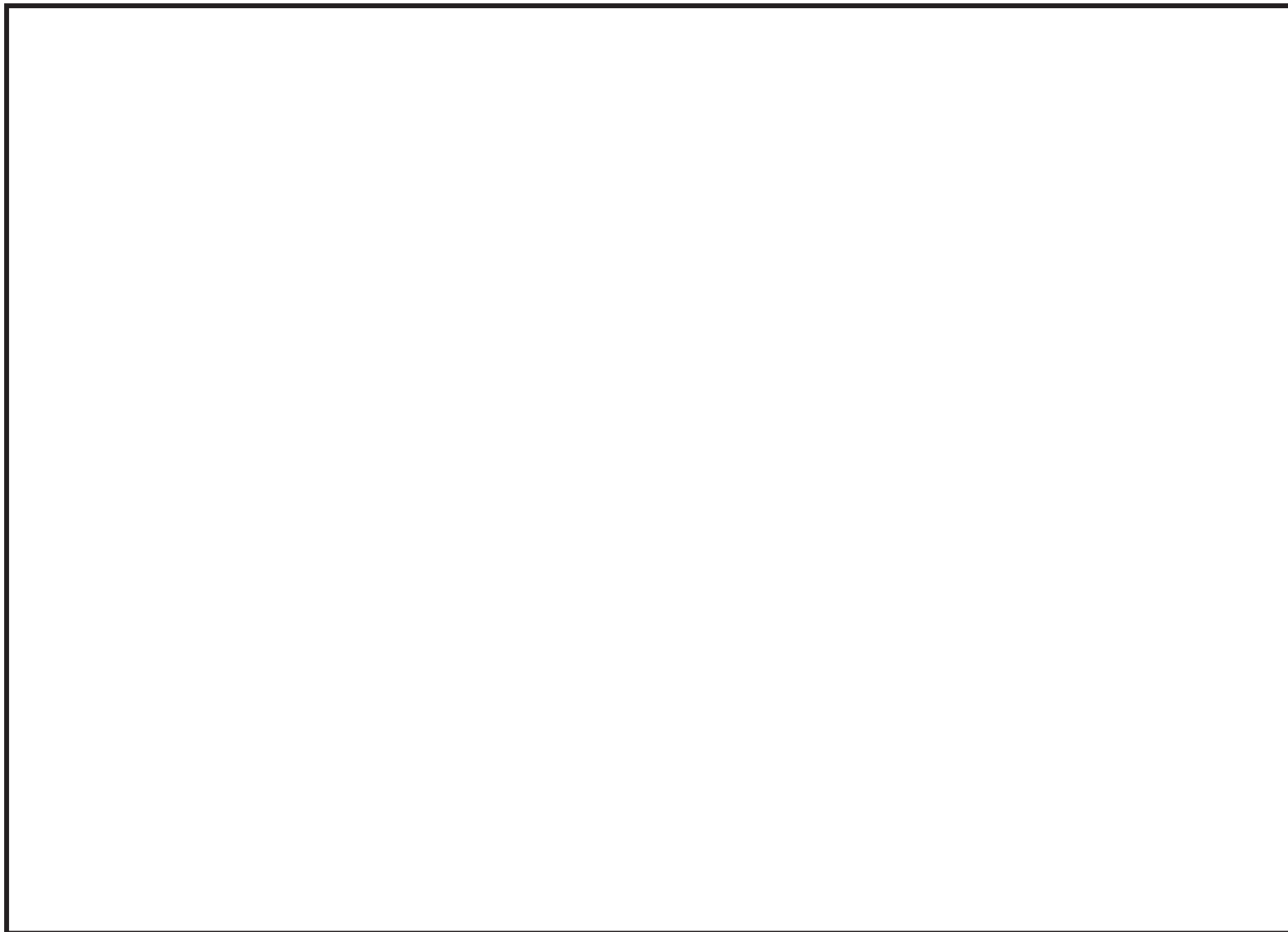
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



変更後（検証用の配管モデル）

図 1-1 節点変更前後の配管モデルの比較（FDW-001_全体図）（2/2）

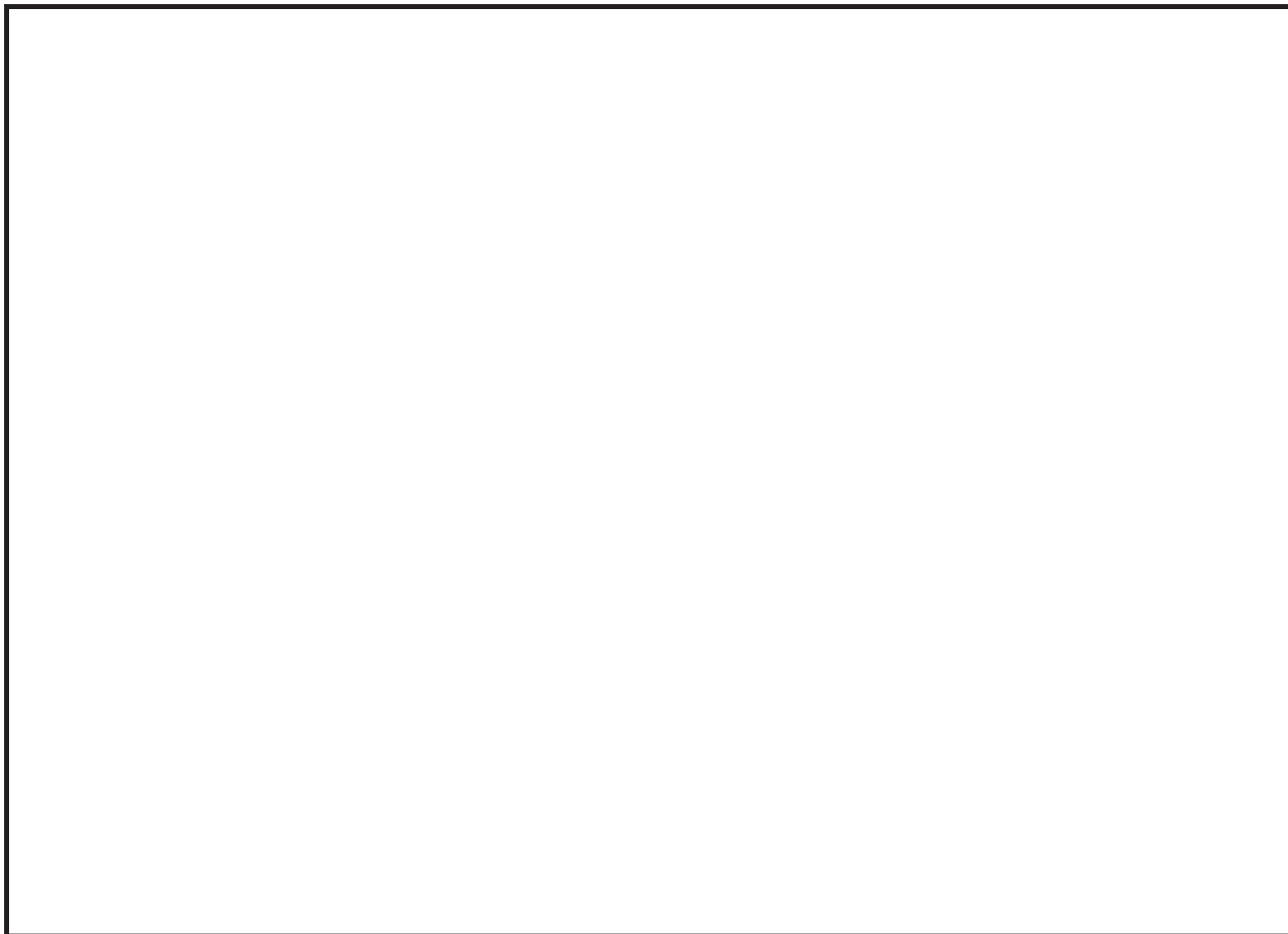
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



変更前（現状の配管モデル）

図 1-2 節点変更前後の配管モデルの比較（FDW-001_部分図）（1/2）

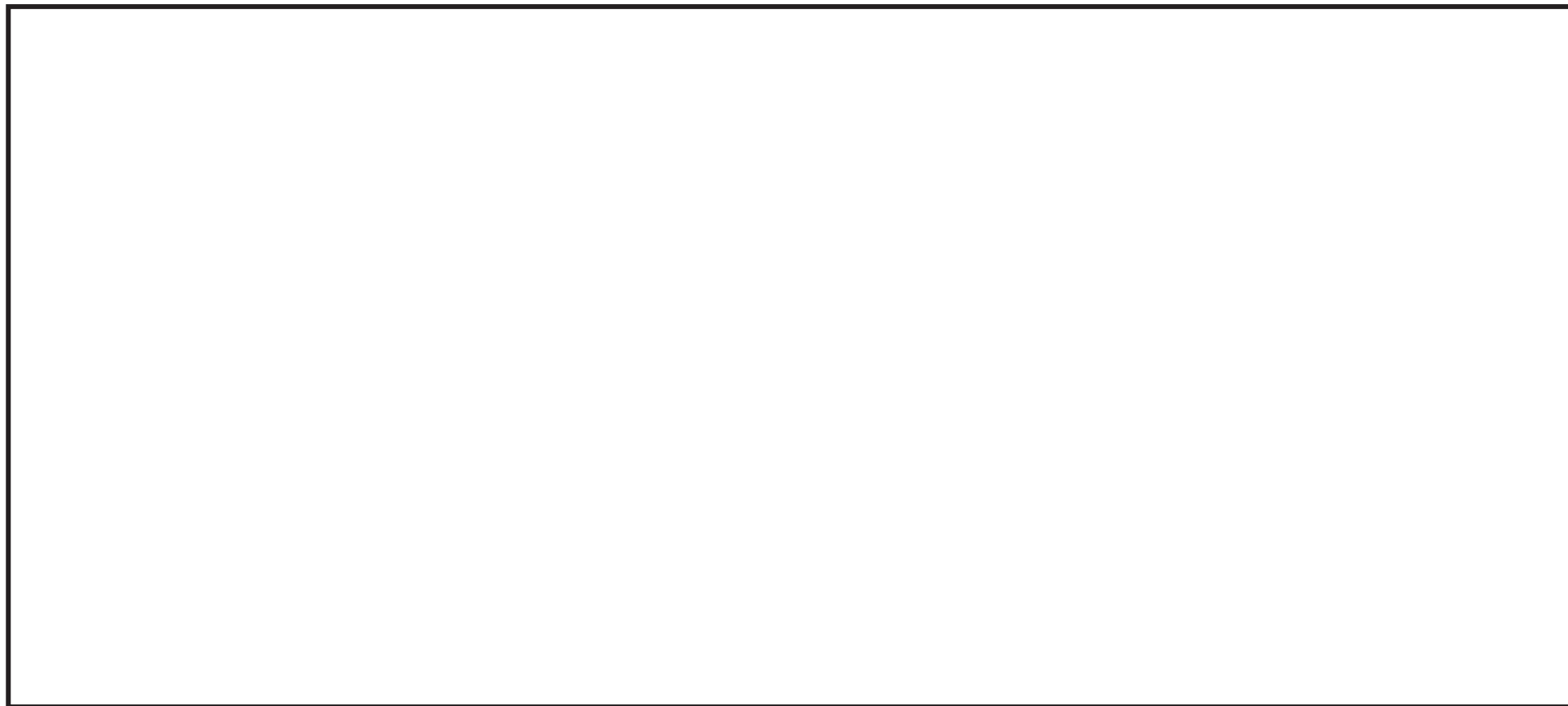
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



変更後（検証用の配管モデル）

図 1-2 節点変更前後の配管モデルの比較（FDW-001_部分図）（2/2）

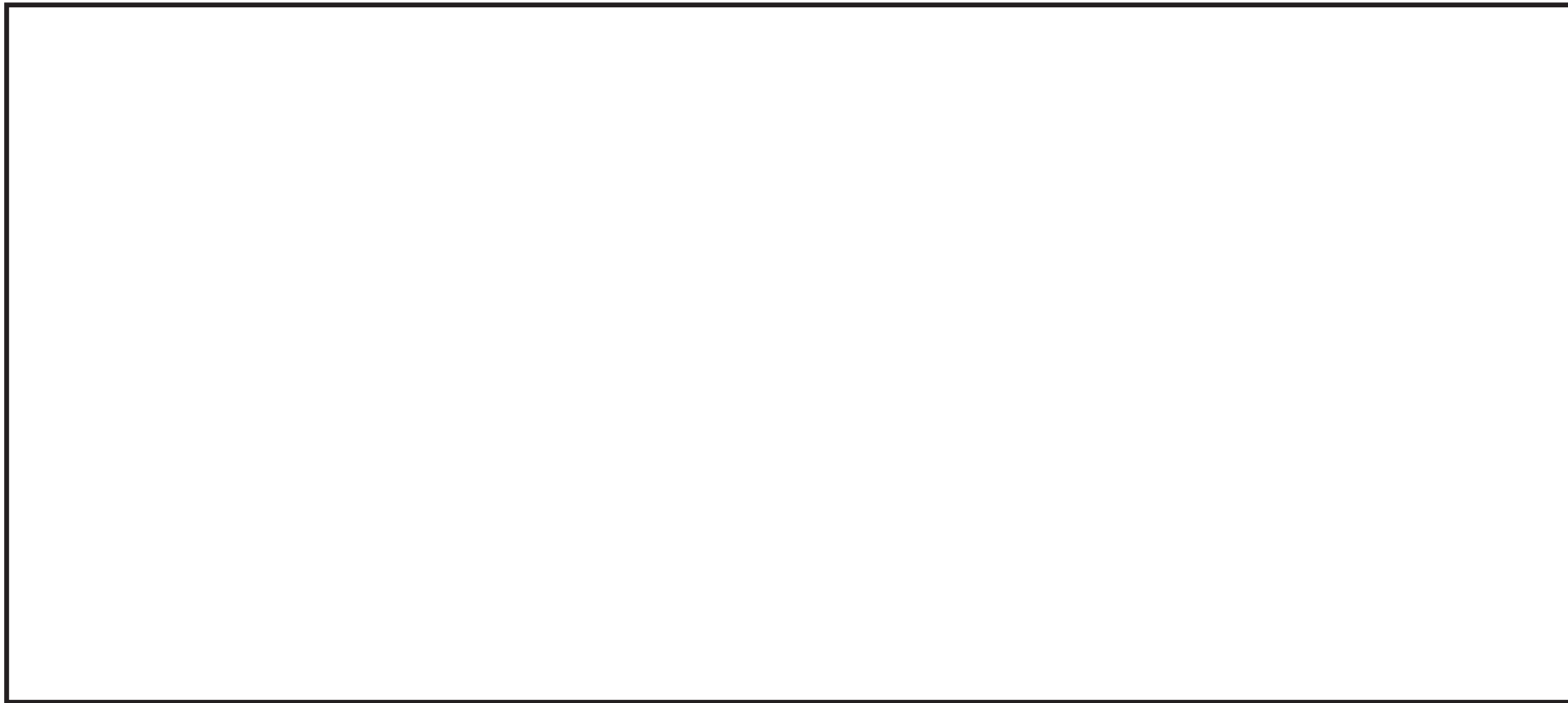
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



変更前（現状の配管モデル）

図 2-1 節点変更前後の配管モデルの比較（HPCS-002_全体図）（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。



変更後（検証用の配管モデル）

図 2-1 節点変更前後の配管モデルの比較（HPCS-002_全体図）（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。

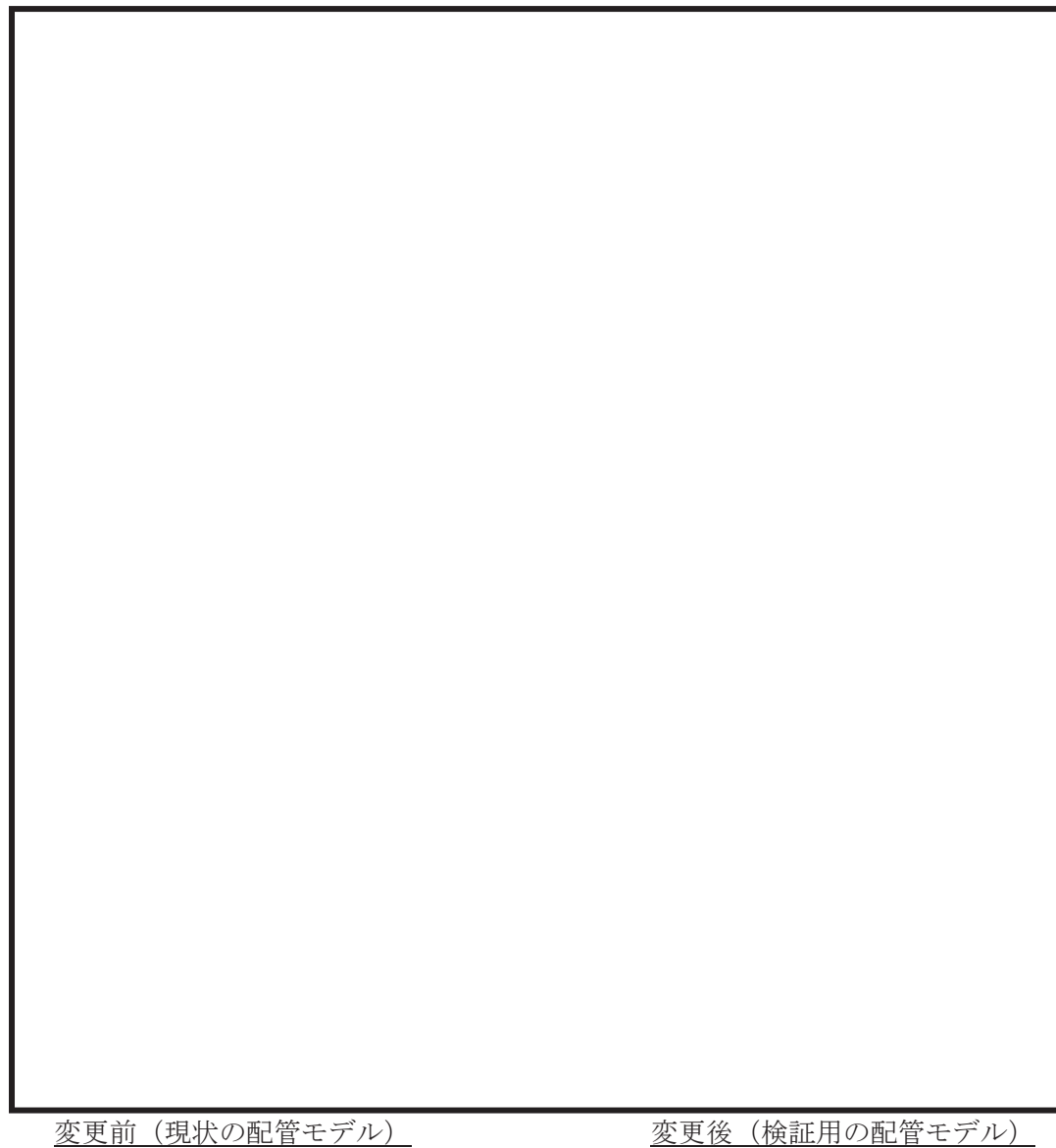


図 2-2 節点変更前後の配管モデルの比較（HPCS-002_部分図）（1/2）

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



変更前（現状の配管モデル）



変更後（検証用の配管モデル）

図 2-2 節点変更前後の配管モデルの比較（HPCS-002_部分図）（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。

5. 評価結果の比較

現状の配管モデルと節点追加後の検証用の配管モデルについて、固有値解析を実施した結果を表3に示す。節点の変更に伴って、各モードに微小な差異はあるもののその差は小さくほぼ同様のモードが現れているものと考えられる。

また、添付3に示す設計用床応答曲線を適用して、振動数領域を100Hzまでとし水平2方向を考慮した応答解析を実施した結果を図3に示す。配管モデルFDW-001及びHPCS-002に設置されている検討対象弁（B21-F053B及びE22-F001）について、節点変更前後のモデルより算出された発生加速度を比較した結果、数値に軽微な変化はあったもののほぼ同様な結果となることが確認できた。これは表3に示すとおり、解析モデルの変更前後で振動モードにほぼ差異がなかったことから、発生加速度についても軽微な違いになったものと考えられる。

以上の結果から、現状の解析モデルにおいても、高振動数領域を考慮した解析が実施できていることから妥当なモデルであることが確認できた。

表 3-1 節点変更前後の配管モデルによる固有値解析結果の比較 (FDW-001)

次数	現状の配管モデル		検証用の配管モデル		次数	現状の配管モデル		検証用の配管モデル	
	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)		固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)
1					67				
2					68				
3					69				
4					70				
5					71				
6					72				
7					73				
8					74				
9					75				
10					76				
11					77				
12					78				
13					79				
14					80				
15					81				
16					82				
17					83				
18					84				
19					85				
20					86				
21					87				
22					88				
23					89				
24					90				
25					91				
26					92				
27					93				
28					94				
29					95				
30					96				
31					97				
32					98				
33					99				
34					100				
35					101				
36					102				
37					103				
38					104				
39					105				
40					106				
41					107				
42					108				
43					109				
44					110				
45					111				
46					112				
47					113				
48					114				
49					115				
50					116				
51					117				
52					118				
53					119				
54					120				
55					121				
56					122				
57					123				
58					124				
59					125				
60					126				
61					127				
62					128				
63					129				
64					130				
65					131				
66					132				

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 3-2 節点変更前後の配管モデルによる固有値解析結果の比較 (HPCS-002)

次数	現状の配管モデル		検証用の配管モデル		次数	現状の配管モデル		検証用の配管モデル	
	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)		固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)
1					67				
2					68				
3					69				
4					70				
5					71				
6					72				
7					73				
8					74				
9					75				
10					76				
11					77				
12					78				
13					79				
14					80				
15					81				
16					82				
17					83				
18					84				
19					85				
20					86				
21					87				
22					88				
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									

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

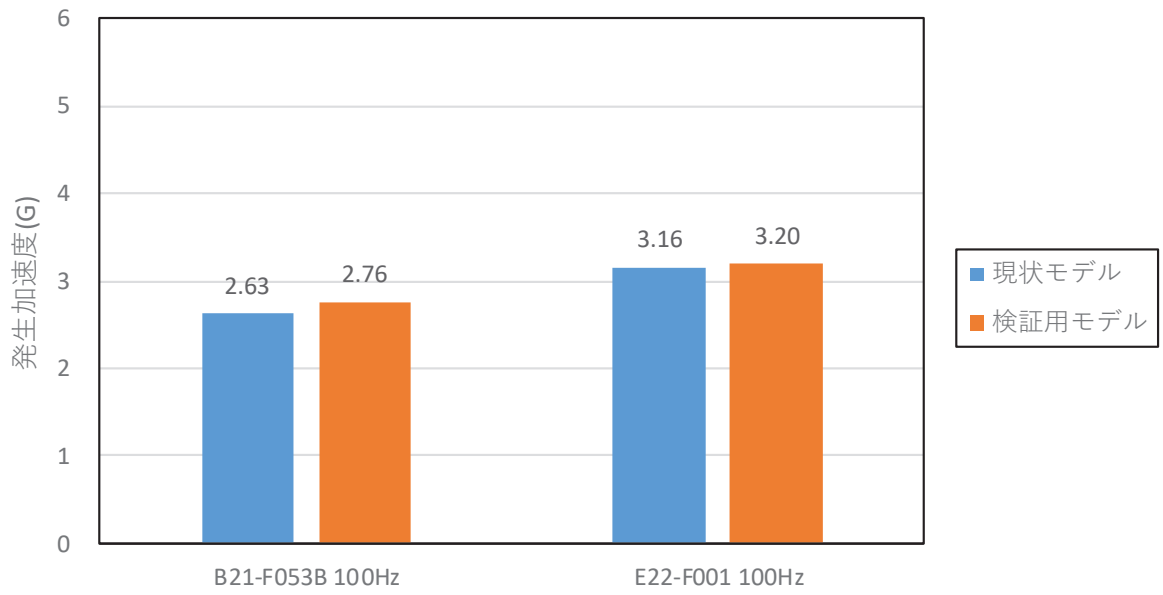


図 3-1 現状の配管モデルと検証用の配管モデルの応答加速度比較（水平方向）

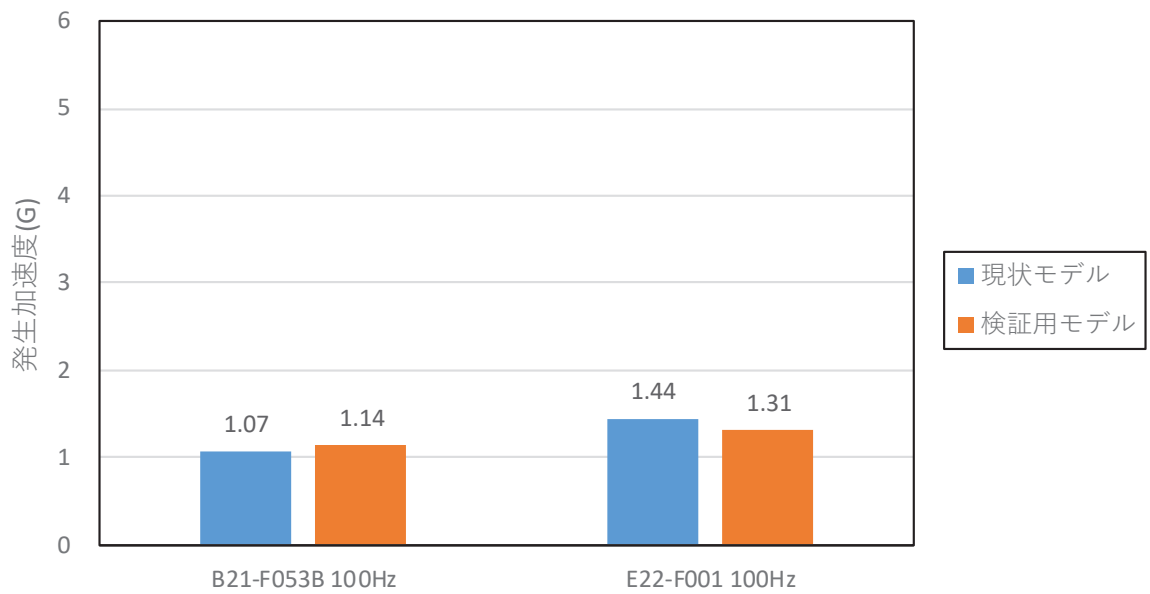


図 3-2 現状の配管モデルと検証用の配管モデルの応答加速度比較（鉛直方向）