

島根原子力発電所第2号機 審査資料	
資料番号	NS2-添 2-022-17
提出年月日	2023年3月30日

VI-2-別添7-2-16 管の耐震性についての計算書
(格納容器フィルタベント系) (掘削前)

2023年3月

中国電力株式会社

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

目 次

1. 概要	1
2. 掘削後の条件との比較	1
3. 概略系統図及び鳥瞰図	3
4. 計算条件	3
5. 解析結果及び評価	4
5.1 固有周期及び設計震度	4
5.2 評価結果	15
5.2.1 管の応力評価結果	15
5.2.2 支持構造物評価結果	16
5.2.3 弁の動的機能維持の評価結果	17
5.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	18

1. 概要

本計算書は、VI-2-別添 7-1「安全対策工事に伴う掘削前の状態における耐震計算の方針」に示すとおり、安全対策工事に伴う掘削前の状態において、格納容器フィルタベント系の管、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を有し、動的機能を維持できることを説明するものである。

2. 掘削後の条件との比較

格納容器フィルタベント系の管、支持構造物及び弁については、VI-2-9-4-7-1-1「管の耐震性についての計算書（格納容器フィルタベントベント系）」（以下「掘削後計算書」という。）にて、掘削後の耐震計算結果を示しているため、当該計算書にて評価している耐震条件と、掘削前の耐震条件の比較を行う。比較結果のうち、震度の比較を表 2-1 に、設計用床応答スペクトルの比較を図 2-1 に示す。なお、設計用床応答スペクトルは代表で減衰 2.0%のものを示す。

表 2-1 耐震条件比較結果

耐震条件		掘削後計算書に記載の耐震条件	掘削前の耐震条件	包絡性	備考
構造強度評価	動的震度 (NS)	1.82	2.80	×	
	動的震度 (EW)	2.52	1.87	○	
	動的震度 (鉛直)	3.70	2.08	○	

構造物名：第 1 ベントフィルタ格納槽
減衰定数：2.0%

標高：EL:19.400&14.700m
波形名：基準地震動 S s

—— 掘削後 (NS方向)
----- 掘削前 (NS方向)

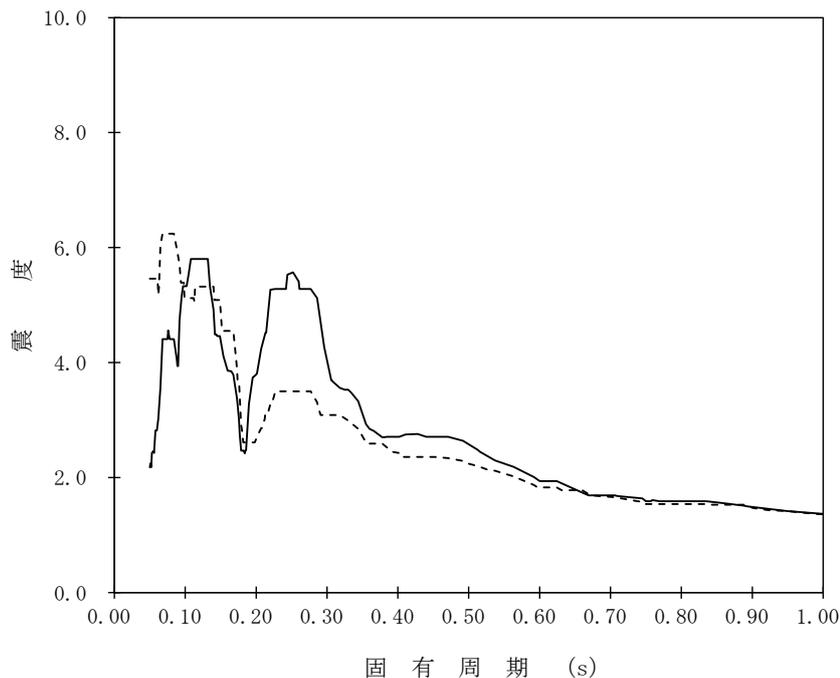


図 2-1 設計用床応答スペクトルの比較 (1/3)

構造物名：第1ベントフィルタ格納槽
減衰定数：2.0%

標高：EL:18.300&14.700m
波形名：基準地震動 S s

—— 掘削後 (EW方向)
----- 掘削前 (EW方向)

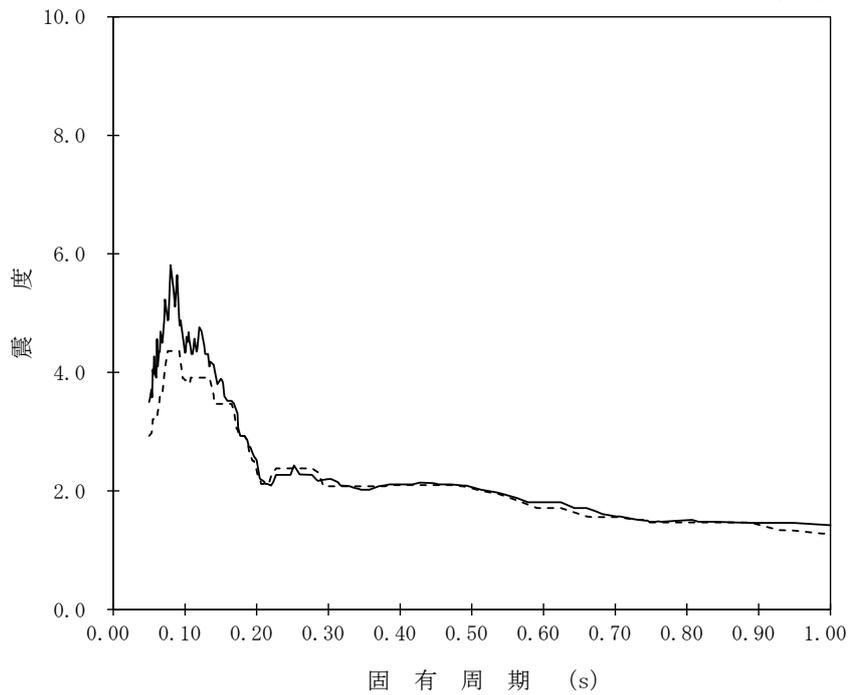


図 2-1 設計用床応答スペクトルの比較 (2/3)

構造物名：第1ベントフィルタ格納槽
減衰定数：2.0%

標高：EL:19.400m&EL14.700m&EL18.300m
波形名：基準地震動 S s

—— 掘削後 (鉛直方向)
----- 掘削前 (鉛直方向)

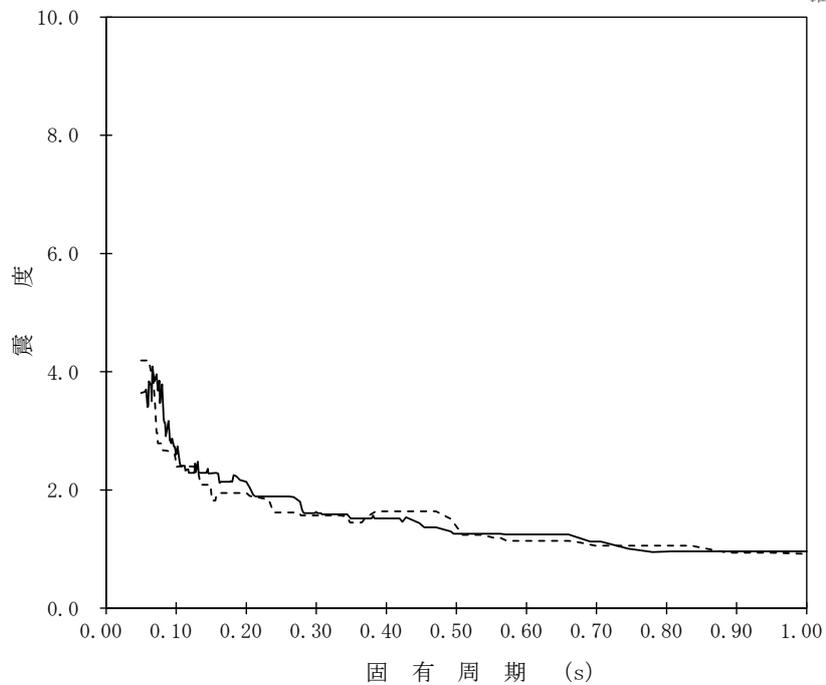


図 2-1 設計用床応答スペクトルの比較 (3/3)

上記のとおり，掘削後計算書に記載の耐震条件が掘削前の耐震条件を包絡していないことを確認したため掘削前の耐震条件に対し，耐震性を有することを確認する。

3. 概略系統図及び鳥瞰図

概略系統図及び鳥瞰図については，掘削後計算書から変更がないため，記載を省略する。

4. 計算条件

計算条件については，掘削後計算書から変更がないため，記載を省略する。

5. 解析結果及び評価

5.1 固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 FCVS-R-1

適用する地震動等		基準地震動 S s		
モード*1	固有周期 (s)	応答水平震度*2		応答鉛直震度*2
		X方向	Z方向	Y方向
1次				
2次				
動的震度*3, *4				

注記*1：固有周期が0.050 s 以上のモードを示す。0.020 s 以上0.050 s 未満のモードに対しては、最大応答加速度又はこれを上回る震度を適用する。なお、1次固有周期が0.050s未満である場合は、1次モードのみを示す。

*2：設計用床応答スペクトルⅡ(基準地震動 S s)により得られる震度

*3：設計用震度Ⅱ(基準地震動 S s)

*4：最大応答加速度を1.2倍した震度

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図 FCVS-R-1

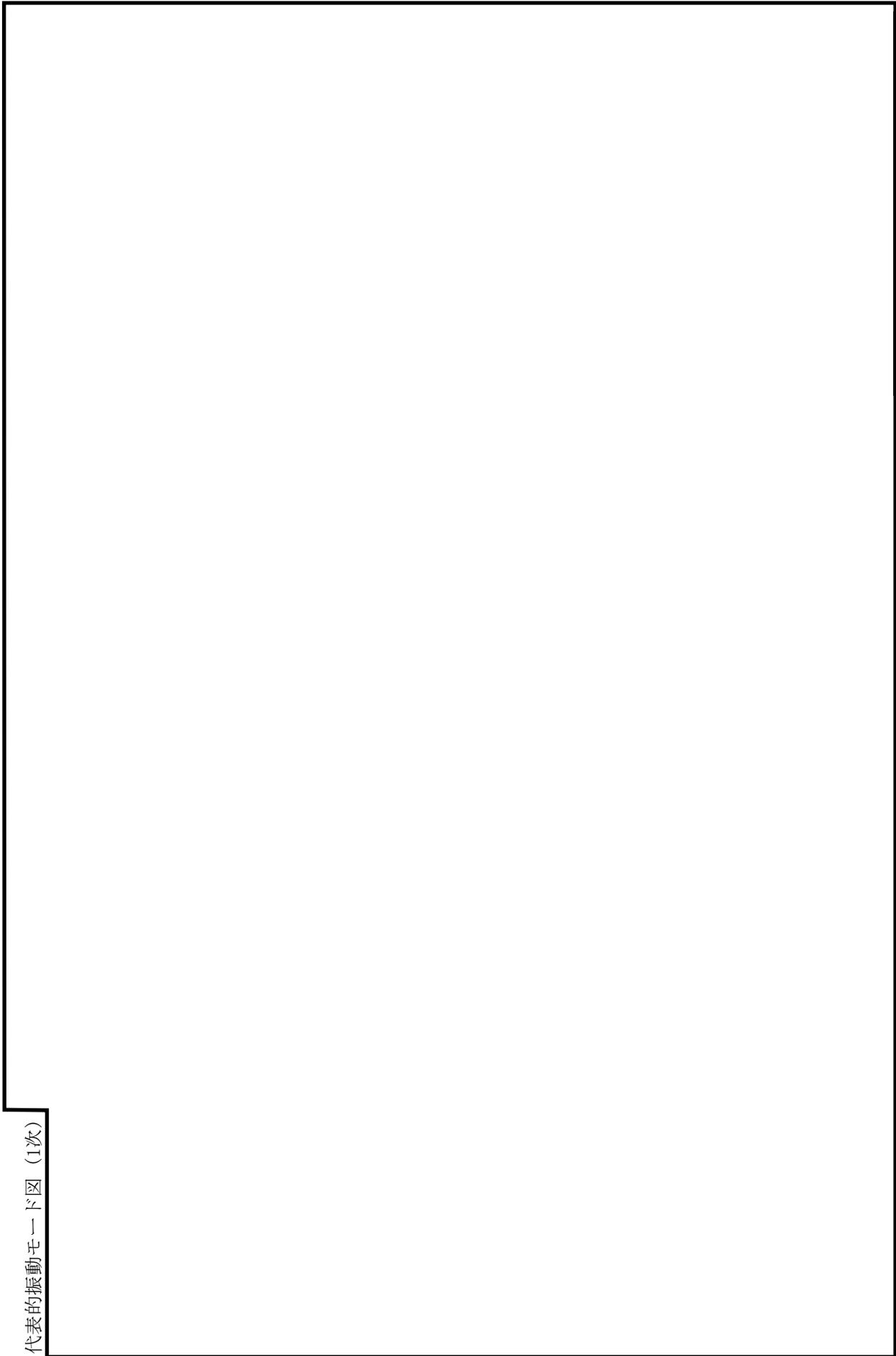
モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X方向	Y方向	Z方向
1次				
2次				

注記*：モード質量を正規化するモードベクトルを用いる。

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，次頁以降に示す。

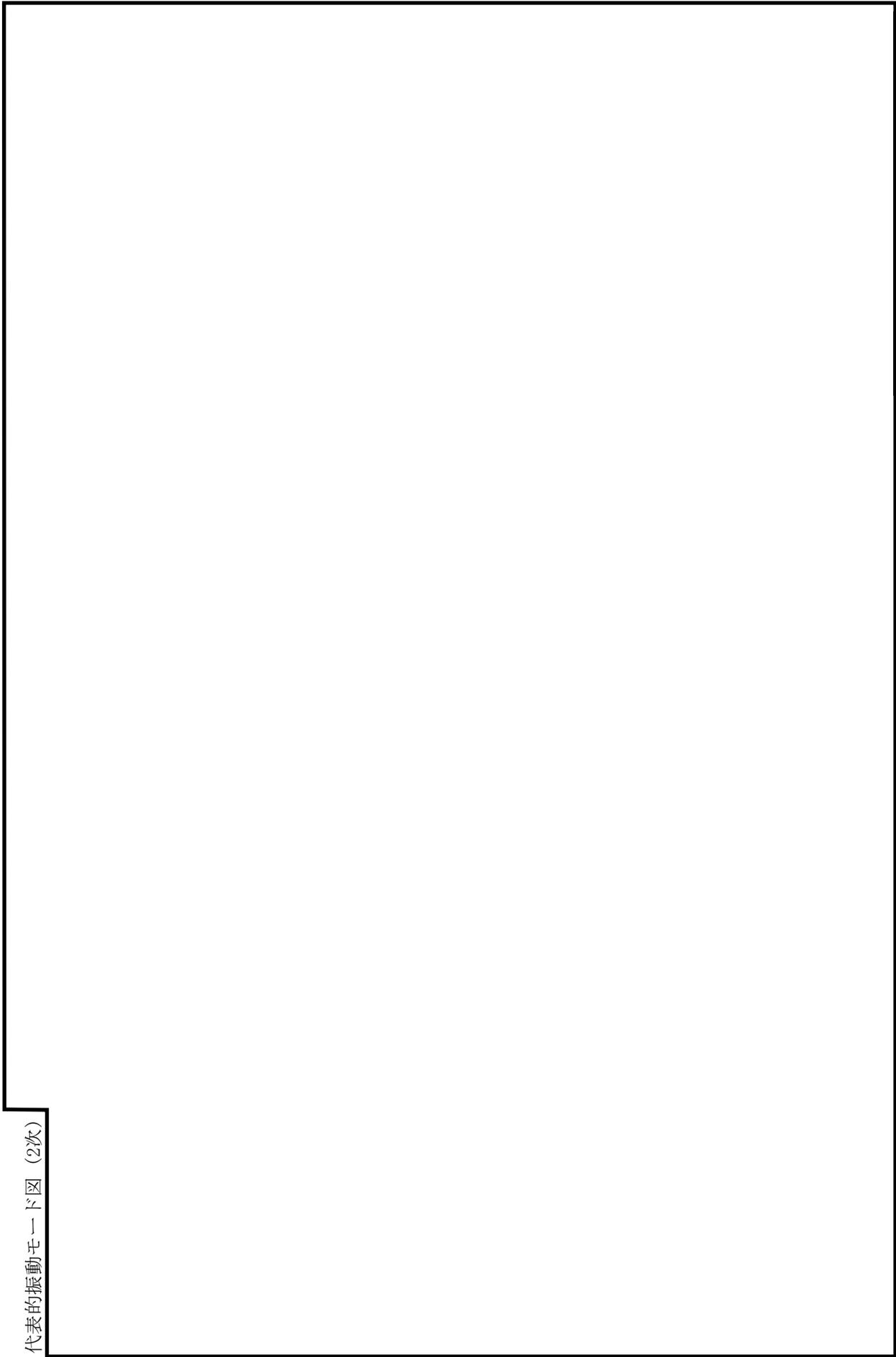
代表的振動モード図 (1次)



鳥瞰図

F C V S - R - 1

代表的振動モード図 (2次)



鳥瞰図

F C V S - R - 1

固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 FCVS-F-6

適用する地震動等		基準地震動 S s		
モード*1	固有周期 (s)	応答水平震度*2		応答鉛直震度*2
		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				
13次				
動的震度*3, *4				

注記*1：固有周期が0.050 s 以上のモードを示す。0.020 s 以上0.050 s 未満のモードに対しては、最大応答加速度又はこれを上回る震度を適用する。なお、1次固有周期が0.050s未満である場合は、1次モードのみを示す。

*2：設計用床応答スペクトル I (基準地震動 S s) を上回る設計用床応答スペクトルにより得られる震度

*3：設計用震度 I (基準地震動 S s) を上回る設計震度

*4：最大応答加速度を1.2倍した震度

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図 FCVS-F-6

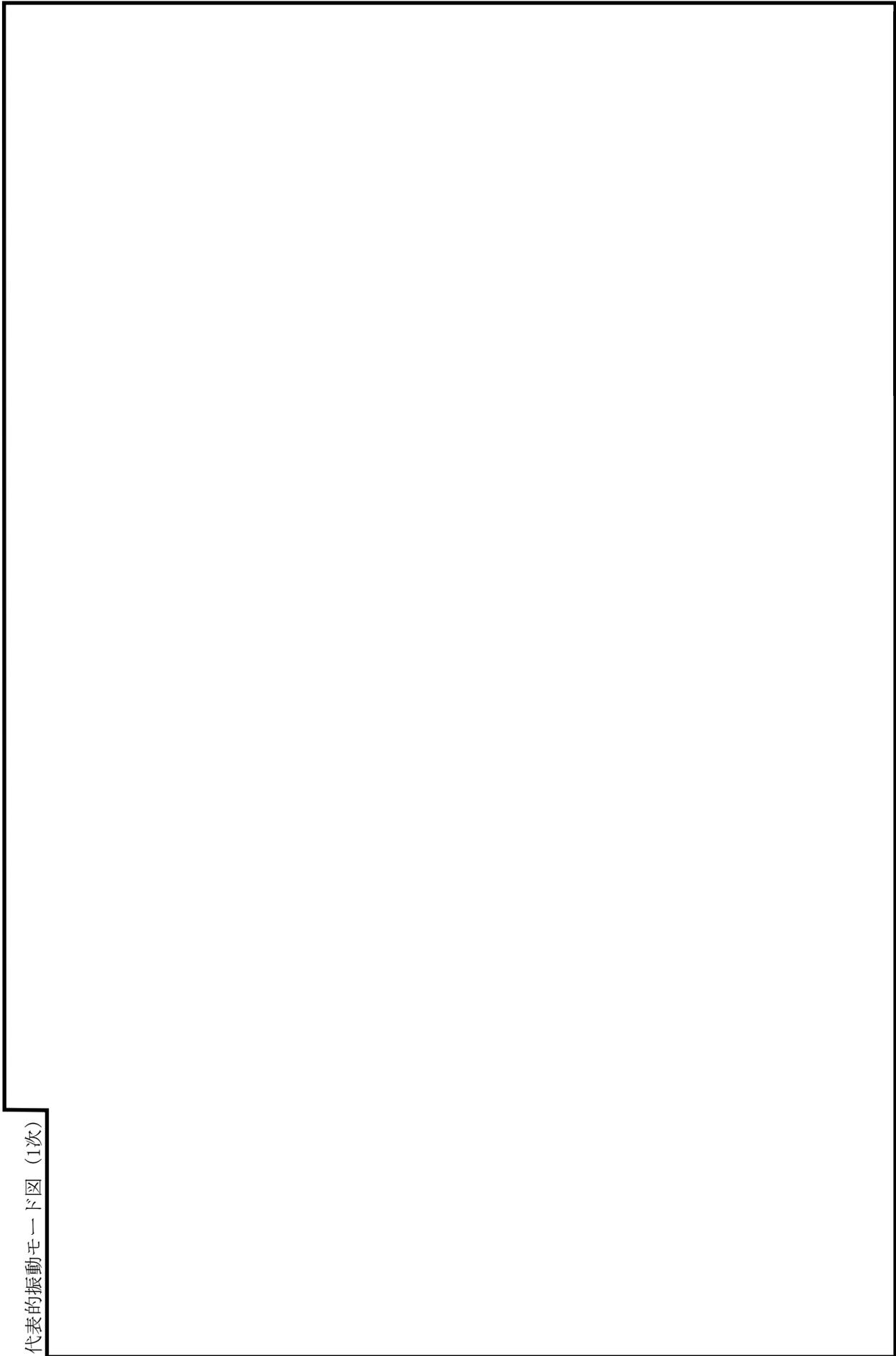
モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X方向	Y方向	Z方向
1次				
2次				
3次				
4次				
5次				
6次				
7次				
8次				
13次				

注記*：モード質量を正規化するモードベクトルを用いる。

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，次頁以降に示す。

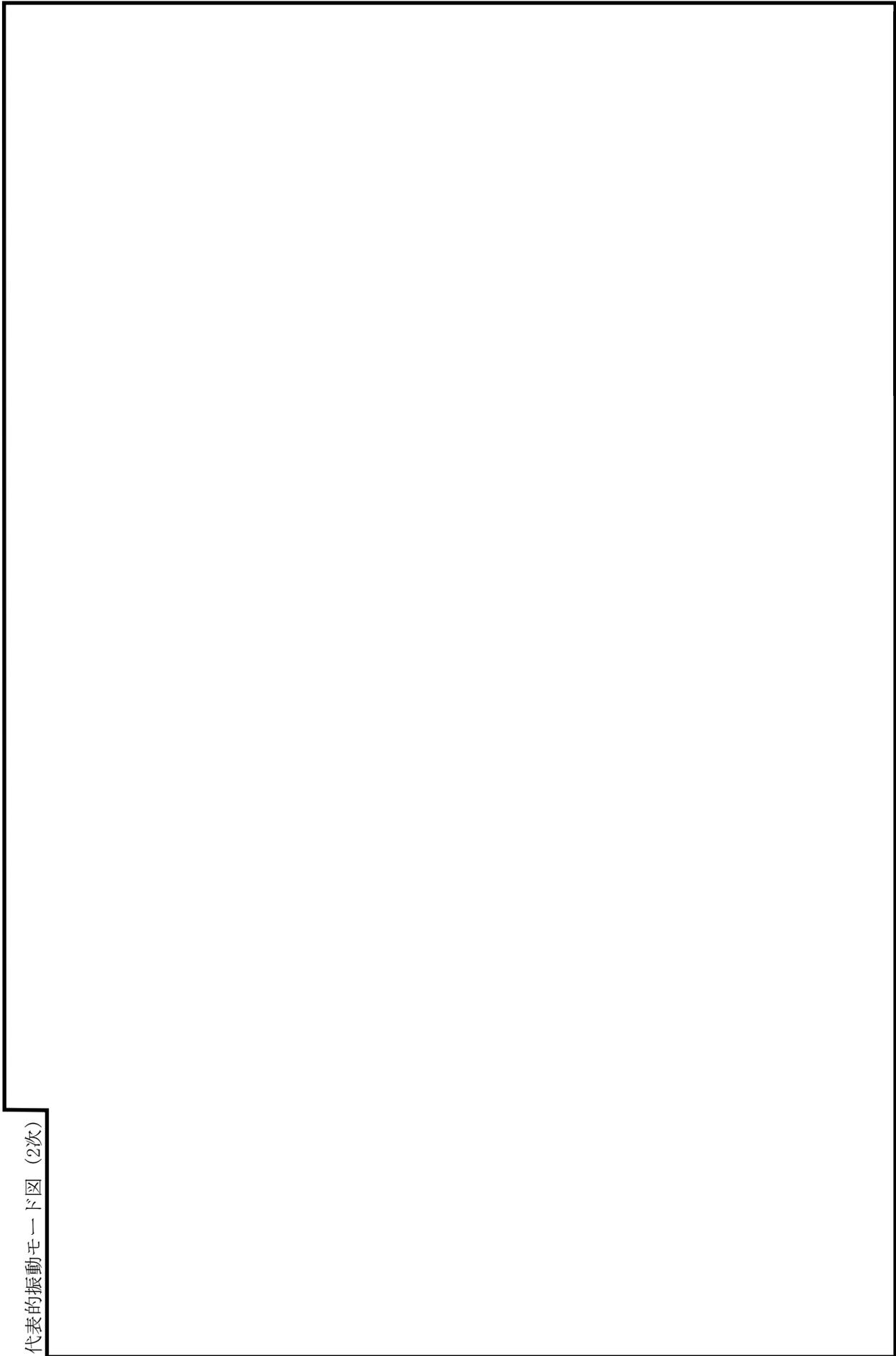
代表的振動モード図 (1次)



鳥瞰図

F C V S - F - 6

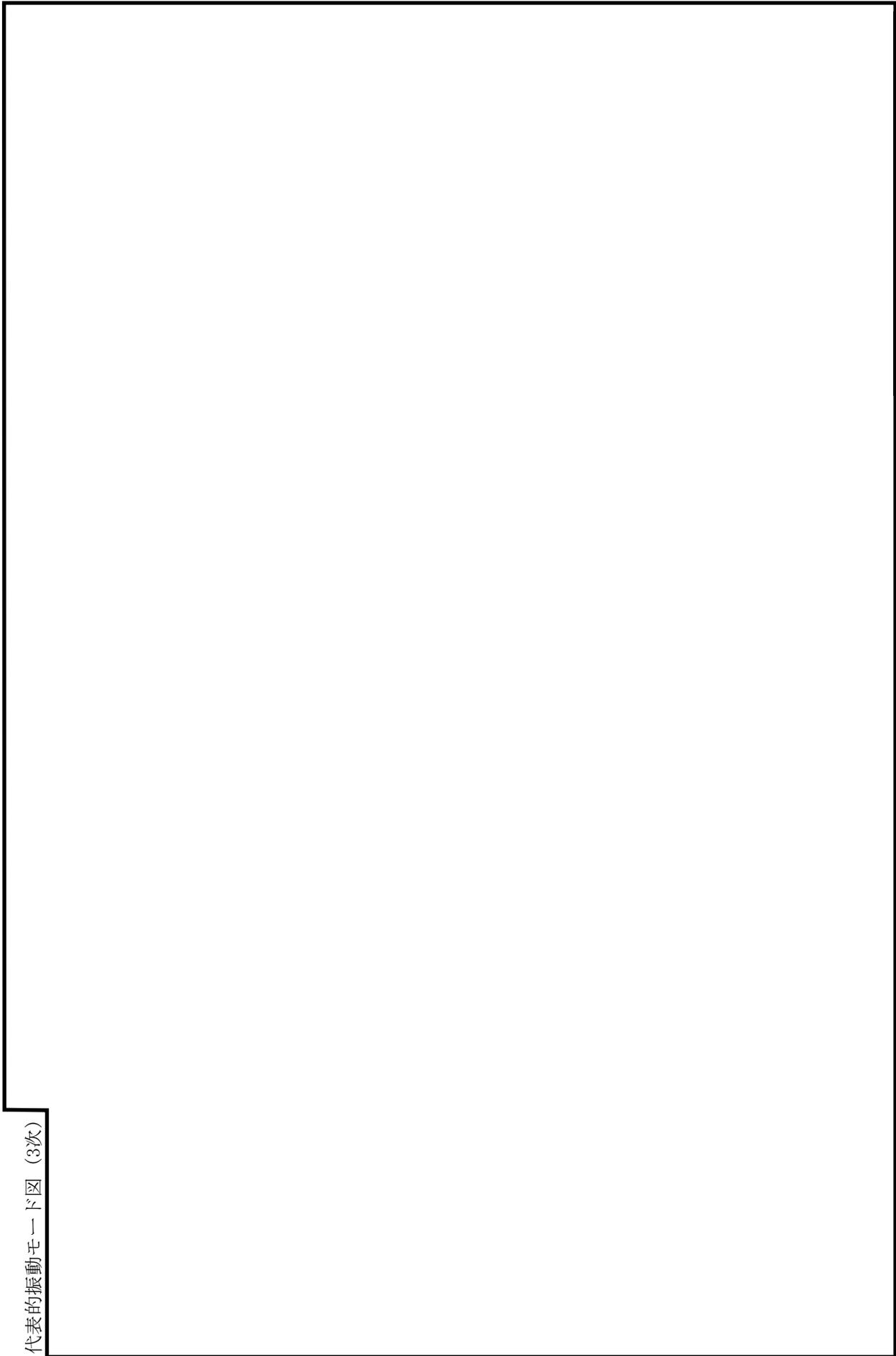
代表的振動モード図 (2次)



鳥瞰図

F C V S - F - 6

代表的振動モード図 (3次)



鳥瞰図

F C V S - F - 6

5.2 評価結果

5.2.1 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

許容応力 状態	最大応力区分(許容応力)	鳥瞰図 番号	最大応力 評価点	応力評価		疲労評価
				計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	
IVAS	一次応力 Sprm(0.9・Su)	FCVS-R-1	65	147	363	—
	一次+二次応力 Sn(2・Sy)	FCVS-F-6	270N	219	288	—
VAS	一次応力 Sprm(0.9・Su)	FCVS-R-1	65	147	363	—
	一次+二次応力 Sn(2・Sy)	FCVS-F-6	270N	219	288	—

5.2.2 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) 一次評価*1 二次評価*2
—	メカニカルスナッパ	—	VI-2-1-12「配 管及び支持構造 物の耐震計算に ついて」参照		—	—
SN0-FCVS-197	オイルスナッパ	SN-3			29	45
RE-FCVS-174	ロッドレストレイント	RSA-3			28	54
SH-FCVS-35	スプリングハンガ	VSAL2B-13			12	13
—	コンスタントハンガ	—			—	—
—	リジットハンガ	—			—	—

注記*1：あらかじめ設定した設計上の基準値を許容荷重として実施する評価

*2：計算荷重があらかじめ設定した設計上の基準値を超過した箇所に対して、J E A G 4 6 0 1 に定める許容限界を満足する範囲内で新たに設定した設計上の基準値を許容荷重として実施する評価。なお、一次評価を満足する場合は「—」と記載する。

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				
RE-FCVS-76	レストレイント	ビーム	STKR400	37.1	127	28	0	—	—	—	組合せ	65	161	
AN-FCVS-64	アンカ	ラグ	SGV410	200	18	38	20	15	0	13	組合せ	37	130	

5.2.3 弁の動的機能維持の評価結果

下表に示すとおり水平及び鉛直方向の機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下又は水平及び鉛直方向を合成した機能維持評価用加速度が動作機能確認済加速度以下かつ計算応力が許容応力以下である。

弁番号	形式	要求機能*1	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 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)			詳細評価*2, *3					
			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 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)			動作機能確認済加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		構造強度評価結果 (MPa)			
			水平	鉛直	合成*3, *4	水平	鉛直	水平	鉛直	水平	鉛直	評価部位	応力分類	計算応力
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

注記*1：弁に要求される機能に応じて以下を記載する。

α (S s)：基準地震動 S s，弾性設計用地震動 S d 時に動的機能が要求されるもの

β (S s)：基準地震動 S s，弾性設計用地震動 S d 後に動的機能が要求されるもの

*2：水平又は鉛直方向の機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を超過する場合は詳細評価を実施し，水平及び鉛直方向を合成した機能維持評価用加速度が動作機能確認済加速度の最小値以下かつ計算応力が許容応力以下であることを確認する。

*3：詳細評価を実施しない場合は「—」と記載する。

*4：水平及び鉛直方向の機能維持評価用加速度をベクトル和により合成した値であり，詳細評価を実施する場合に使用する。

5.2.4 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。

重大事故等クラス2管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態ⅣAS										
		一次応力評価					一次＋二次応力評価					
		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)	許容応力 (MPa)	裕度	疲労累積 係数
1	FCVS-R-1	65	147	363	2.46	○	65	257	414	1.61	—	—
2	FCVS-R-2	2	81	363	4.48	—	3	132	414	3.13	—	—
3	FCVS-R-3	702	18	366	20.33	—	12A	15	414	27.60	—	—
4	FCVS-R-4	702	18	366	20.33	—	12A	16	414	25.87	—	—
5	FCVS-R-5	702	18	366	20.33	—	12A	22	414	18.81	—	—
6	FCVS-R-6	12A	21	363	17.28	—	12A	30	414	13.80	—	—
7	FCVS-R-7	301	54	363	6.72	—	301	94	414	4.40	—	—
8	FCVS-R-8	702	18	366	20.33	—	12A	15	414	27.60	—	—
9	FCVS-R-9	702	18	366	20.33	—	12A	16	414	25.87	—	—
10	FCVS-R-10	702	18	366	20.33	—	12A	22	414	18.81	—	—
11	FCVS-R-11	12A	21	363	17.28	—	12A	30	414	13.80	—	—
12	FCVS-R-12	301	54	363	6.72	—	301	94	414	4.40	—	—
13	FCVS-R-13	702	18	366	20.33	—	12A	15	414	27.60	—	—
14	FCVS-R-14	702	18	366	20.33	—	12A	16	414	25.87	—	—
15	FCVS-R-15	702	18	366	20.33	—	12A	22	414	18.81	—	—

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。

重大事故等クラス2管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態Ⅳ _A S										
		一次応力評価					一次+二次応力評価					
		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	疲労累積 係数	代表
16	FCVS-R-16	12A	21	363	17.28	-	12A	30	414	13.80	-	-
17	FCVS-R-17	301	54	363	6.72	-	301	94	414	4.40	-	-
18	FCVS-R-18	702	18	366	20.33	-	12A	15	414	27.60	-	-
19	FCVS-R-19	702	18	366	20.33	-	12A	16	414	25.87	-	-
20	FCVS-R-20	702	18	366	20.33	-	12A	22	414	18.81	-	-
21	FCVS-R-21	12A	21	363	17.28	-	12A	30	414	13.80	-	-
22	FCVS-R-22	301	54	363	6.72	-	301	94	414	4.40	-	-
23	FCVS-R-1SP	45	77	366	4.75	-	45	146	462	3.16	-	-
24	FCVS-R-2SP	54W	128	366	2.85	-	54W	272	462	1.69	-	-
25	FCVS-R-3SP	1A	124	366	2.95	-	1A	241	462	1.91	-	-
26	FCVS-R-4SP	43W	136	366	2.69	-	43W	263	462	1.75	-	-
27	FCVS-R-5SP	27W	113	366	3.23	-	64W	244	462	1.89	-	-
28	FCVS-R-11SP	48	78	366	4.69	-	48	144	462	3.20	-	-
29	FCVS-R-12SP	191W	132	366	2.77	-	234A	251	462	1.84	-	-
30	SGT-R-1	1155	76	363	4.77	-	1155	104	414	3.98	-	-

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。

重大事故等クラス2管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態ⅣAS											
		一次応力評価						一次＋二次応力評価					
		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	疲労累積 係数	代表	
31	SGT-R-6	424	116	363	3.12	—	424	170	414	2.43	—	—	
32	FCVS-F-1	66	86	366	4.25	—	40	138	414	3.00	—	—	
33	FCVS-F-2	39	95	361	3.80	—	39	150	288	1.92	—	—	
34	FCVS-F-3	41	59	361	6.11	—	41	95	288	3.03	—	—	
35	FCVS-F-4	66	81	361	4.45	—	66	120	288	2.40	—	—	
36	FCVS-F-5	34	77	361	4.68	—	34	134	288	2.14	—	—	
37	FCVS-F-6	270N	114	361	3.16	—	270N	219	288	1.31	—	○	
38	FCVS-F-5SP	102	60	363	6.05	—	102	185	414	2.23	—	—	
39	FCVS-F-6SP	102	110	363	3.30	—	102	285	414	1.45	—	—	
40	FCVS-F-7SP	14	32	431	13.46	—	102	190	414	2.17	—	—	
41	FCVS-F-8SP	27W	24	431	17.95	—	102	269	414	1.53	—	—	
42	FCVS-F-9SP	102	125	363	2.90	—	102	222	414	1.86	—	—	

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。

重大事故等クラス2管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態 VAS										
		一次応力評価					一次＋二次応力評価					
		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)	許容応力 (MPa)	裕度	疲労累積係数
1	FCVS-R-1	65	147	363	2.46	○	65	257	414	1.61	—	—
2	FCVS-R-2	2	81	363	4.48	—	3	132	414	3.13	—	—
3	FCVS-R-3	702	18	366	20.33	—	12A	15	414	27.60	—	—
4	FCVS-R-4	702	18	366	20.33	—	12A	16	414	25.87	—	—
5	FCVS-R-5	702	18	366	20.33	—	12A	22	414	18.81	—	—
6	FCVS-R-6	12A	21	363	17.28	—	12A	30	414	13.80	—	—
7	FCVS-R-7	301	54	363	6.72	—	301	94	414	4.40	—	—
8	FCVS-R-8	702	18	366	20.33	—	12A	15	414	27.60	—	—
9	FCVS-R-9	702	18	366	20.33	—	12A	16	414	25.87	—	—
10	FCVS-R-10	702	18	366	20.33	—	12A	22	414	18.81	—	—
11	FCVS-R-11	12A	21	363	17.28	—	12A	30	414	13.80	—	—
12	FCVS-R-12	301	54	363	6.72	—	301	94	414	4.40	—	—
13	FCVS-R-13	702	18	366	20.33	—	12A	15	414	27.60	—	—
14	FCVS-R-14	702	18	366	20.33	—	12A	16	414	25.87	—	—
15	FCVS-R-15	702	18	366	20.33	—	12A	22	414	18.81	—	—

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。

重大事故等クラス2管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態 VAS										
		一次応力評価					一次＋二次応力評価					
		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	疲労累積係数	代表
16	FCVS-R-16	12A	21	363	17.28	—	12A	30	414	13.80	—	—
17	FCVS-R-17	301	54	363	6.72	—	301	94	414	4.40	—	—
18	FCVS-R-18	702	18	366	20.33	—	12A	15	414	27.60	—	—
19	FCVS-R-19	702	18	366	20.33	—	12A	16	414	25.87	—	—
20	FCVS-R-20	702	18	366	20.33	—	12A	22	414	18.81	—	—
21	FCVS-R-21	12A	21	363	17.28	—	12A	30	414	13.80	—	—
22	FCVS-R-22	301	54	363	6.72	—	301	94	414	4.40	—	—
23	FCVS-R-1SP	45	77	366	4.75	—	45	146	462	3.16	—	—
24	FCVS-R-2SP	54W	128	366	2.85	—	54W	272	462	1.69	—	—
25	FCVS-R-3SP	1A	124	366	2.95	—	1A	241	462	1.91	—	—
26	FCVS-R-4SP	43W	136	366	2.69	—	43W	263	462	1.75	—	—
27	FCVS-R-5SP	27W	113	366	3.23	—	64W	244	462	1.89	—	—
28	FCVS-R-11SP	48	78	366	4.69	—	48	144	462	3.20	—	—
29	FCVS-R-12SP	191W	132	366	2.77	—	234A	251	462	1.84	—	—
30	SGT-R-1	1155	76	363	4.77	—	1155	104	414	3.98	—	—

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。

重大事故等クラス2管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態 VAS											
		一次応力評価						一次＋二次応力評価					
		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	疲労累積係数	代表	
31	SGT-R-6	424	116	363	3.12	—	424	170	414	2.43	—	—	
32	FCVS-F-1	66	86	366	4.25	—	40	138	414	3.00	—	—	
33	FCVS-F-2	39	95	361	3.80	—	39	150	288	1.92	—	—	
34	FCVS-F-3	41	59	361	6.11	—	41	95	288	3.03	—	—	
35	FCVS-F-4	66	81	361	4.45	—	66	120	288	2.40	—	—	
36	FCVS-F-5	34	77	361	4.68	—	34	134	288	2.14	—	—	
37	FCVS-F-6	270N	114	361	3.16	—	270N	219	288	1.31	—	○	
38	FCVS-F-5SP	102	60	363	6.05	—	102	185	414	2.23	—	—	
39	FCVS-F-6SP	102	110	363	3.30	—	102	285	414	1.45	—	—	
40	FCVS-F-7SP	14	32	431	13.46	—	102	190	414	2.17	—	—	
41	FCVS-F-8SP	27W	24	431	17.95	—	102	269	414	1.53	—	—	
42	FCVS-F-9SP	102	125	363	2.90	—	102	222	414	1.86	—	—	