

島根原子力発電所第2号機 審査資料	
資料番号	NS2-添 2-017-06
提出年月日	2023年2月22日

VI-2-別添2-6 循環水ポンプ出口弁及び復水器水室出入口弁の耐震性についての計算書

S2 補 VI-2-別添2-6 R0

2023年2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. 概略系統図，鳥瞰図及び構造計画	2
2.1 概略系統図	2
2.2 鳥瞰図	5
2.3 構造計画	7
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	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	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 弁の動的機能維持の評価結果	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、VI-2-別添2-1「溢水防護に係る施設の耐震計算の方針」に従い、溢水量低減を目的として、循環水ポンプ出口弁及び復水器水室出入口弁が基準地震動 S_s に対して十分に動的機能を維持していることを確認するものである。

循環水ポンプ出口弁及び復水器水室出入口弁は、設計基準対象施設においてはCクラスの施設に分類される。以下、設計基準対象施設としての構造強度評価及び動的機能維持評価を示す。

なお、循環水ポンプ出口弁及び復水器水室出入口弁は、管と合わせて耐震評価を実施することから、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-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。）に基づき評価を実施する。

計算結果の記載方法は、以下に示すとおりである。

(1) 管

概略系統図に示す評価対象範囲の管のうち、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15弁を全15モデルの配管系として解析モデルを作成し、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

評価対象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。


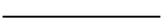

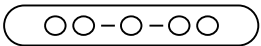


(3) 弁

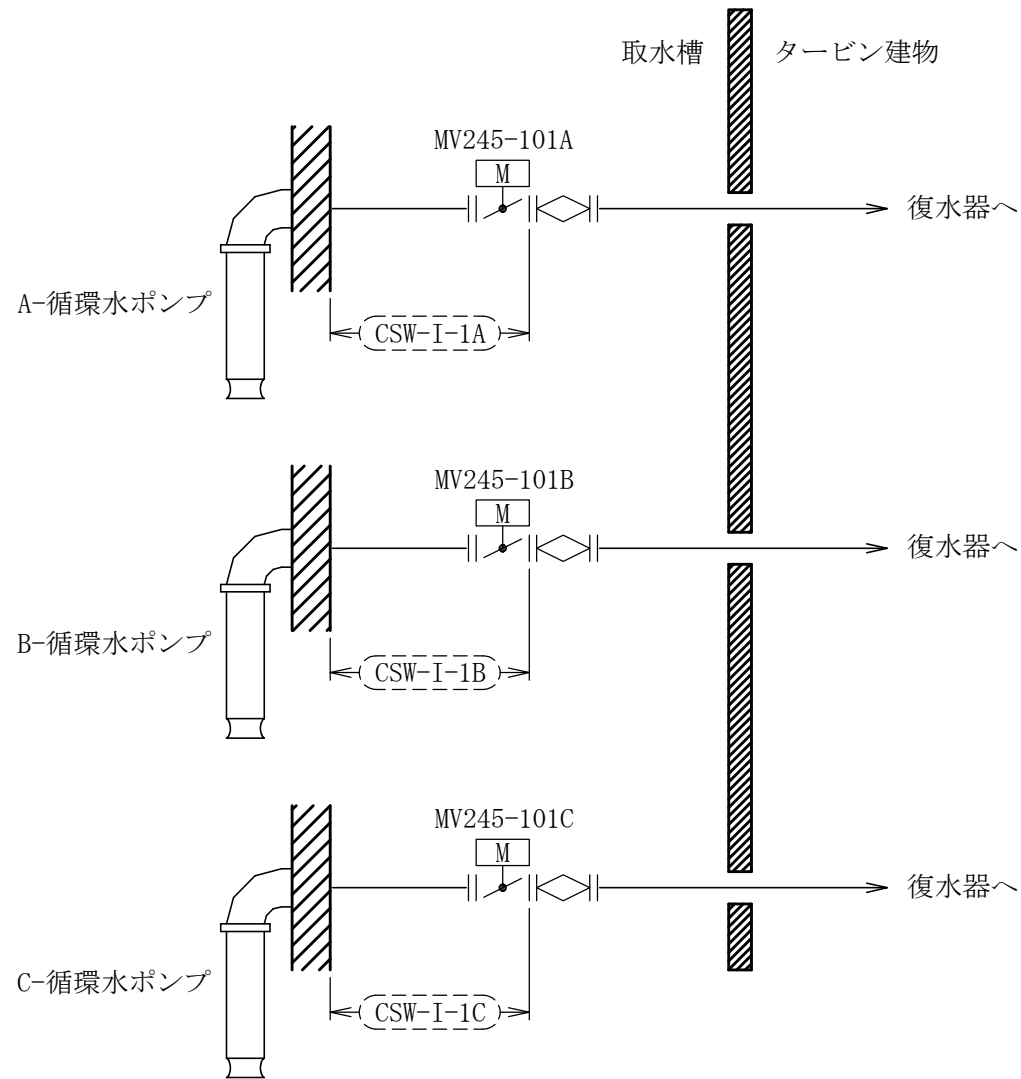
機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として、弁型式別に評価結果を記載する。

2. 概略系統図，鳥瞰図及び構造計画

2.1 概略系統図

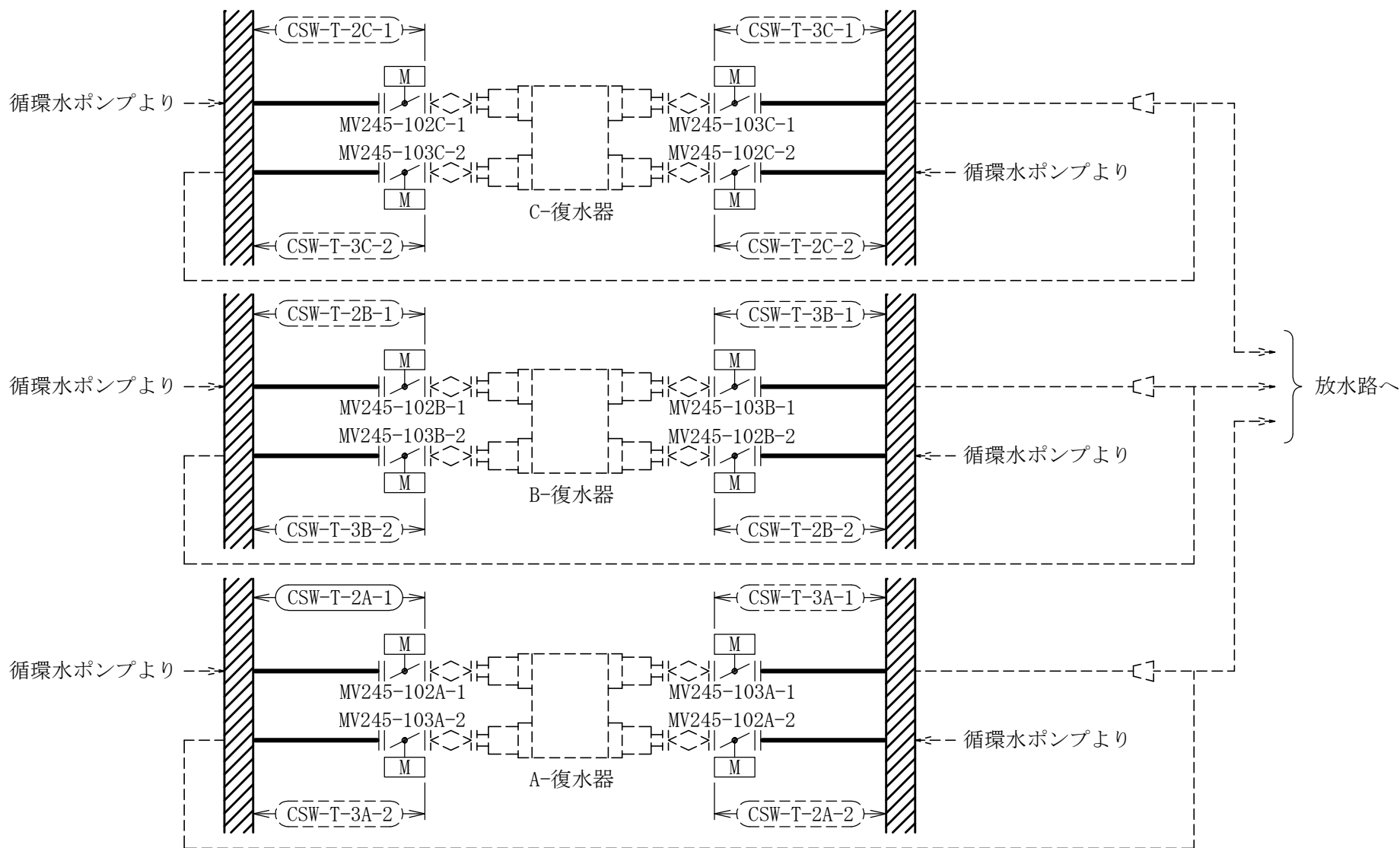
概略系統図記号凡例

記号	内容
 (太線)	本計算書に評価結果を記載する管（基準地震動 S_s による地震力に対して，十分な耐震性を有することを評価する範囲）
 (細線)	本計算書への評価結果記載対象の管であるが，他計算書にて評価結果を示す管
 (破線)	本計算書に評価結果を記載しない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（代表モデル）
	鳥瞰図番号（代表モデル以外）
	アンカ



[注] 本図記載の範囲の管は浸水防護施設として基準地震動 S_s に対する耐震性を確認していることから、管の耐震計算結果は「IV-2-10-2-11 隔離弁、機器・配管の耐震性についての計算書」にて示す。


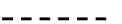


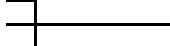
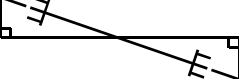

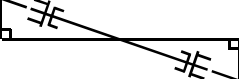

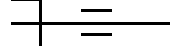
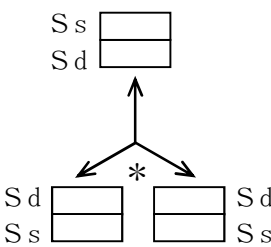

循環水系概略系統図 (その1)
(取水槽廻り)



循環水系概略系統図 (その2)
(復水器廻り)

2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

記号	内容
 (太線)	本計算書に評価結果を記載する管（基準地震動 S_s による地震力に対して、十分な耐震性を有することを評価する範囲）
 (破線)	本計算書に評価結果を記載しない管であって解析モデルの概略を示すために表記する管
	質点
	アンカ
	レストレイント
	レストレイント（斜め拘束の場合）
	スナップ
	スナップ（斜め拘束の場合）
	ハンガ
	リジットハンガ
	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。なお、 S_s 機能維持の範囲は S_s 地震動による変位量のみを記載する。） 注：鳥瞰図中の寸法の単位はmmである。



鳥瞰図	CSW-T-2A-1
-----	------------

2.3 構造計画

循環水ポンプ出口弁(MV245-101A, B, C)は電動バタフライ弁であり、弁体を回転し弁座に密着することで止水する。電動バタフライ弁の構造計画を表2-1に示す。

表2-1 構造計画

設備名称	計画の概要			概略構造図
	型式	主体構造	支持構造	
循環水ポンプ出口弁	電動バタフライ弁	弁体を含む弁本体、弁体を電動にて駆動する駆動部で構成する。	循環水系配管及び支持構造物に固定する。	<p>駆動部</p> <p>支持構造物</p> <p>弁本体</p> <p>弁体</p> <p>A-A断面図</p> <p>循環水ポンプ出口弁</p> <p>伸縮継手</p> <p>循環水系配管</p> <p>弁設置位置図</p>

構造計画

復水器水室出入口弁(MV245-102A-1, B-1, C-1, A-2, B-2, C-2, MV245-103A-1, B-1, C-1, A-2, B-2, C-2)は電動バタフライ弁であり、弁体を回転し弁座に密着することで止水する。電動バタフライ弁の構造計画を表2-2に示す。

表2-2 構造計画

設備名称	計画の概要			概略構造図
	型式	主体構造	支持構造	
復水器水室 出入口弁	電動バ タフラ イ弁	弁体を含む弁 本体, 弁体を 電動にて駆動 する駆動部で 構成する。	循環水系配管 に固定する。	

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「H 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，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
—	—	循環水系	DB	—	—	C	$I_L + S_s$ ^{*4}	IV _A S
							$II_L + S_s$ ^{*4}	

注記*1：DBは設計基準対象施設を示す。

*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。

*4：溢水量低減を目的として、基準地震動 S_s に対する評価を実施する。

3.3 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し，管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 CSW-T-2A-1

管番号	対応する評価点	許容応力状態	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)
1	2~8A	Ⅲ _A S	—	—
		Ⅳ _A S	0.31	30
		Ⅴ _A S	—	—

設計条件


鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し，管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 CSW-T-2A-1

管番号	対応する評価点	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度 分類	縦弾性係数 (MPa)
1	2～8A	2236.0	18.0	SS41	C	202333

フランジ部の質量

鳥 瞰 図 CSW-T-2A-1

質量	対応する評価点
	2
	7F

弁部の質量

鳥 瞰 図 CSW-T-2A-1

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
<input type="checkbox"/>	100	<input type="checkbox"/>	101
<input type="checkbox"/>	102	<input type="checkbox"/>	103

弁部の寸法

鳥 瞰 図 CSW-T-2A-1

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
1~100				100~101			
101~102				102~103			
100~2							

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 CSW-T-2A-1

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
8A						

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
SS41	30	—	235	400	—

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スペクトル及び等価繰返し回数を下表に示す。

なお、設計用床応答スペクトルは、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定したものをを用いる。減衰定数は、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。等価繰返し回数は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定したものをを用いる。

鳥瞰図	建物・構築物	標高	減衰定数 (%)	等価繰返し回数	
				S _d	S _s
CSW-T-2A-1	タービン建物				

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 CSW-T-2A-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		応答鉛直震度
		X方向	Z方向	Y方向
1次				
動的震度*2, *3				

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。

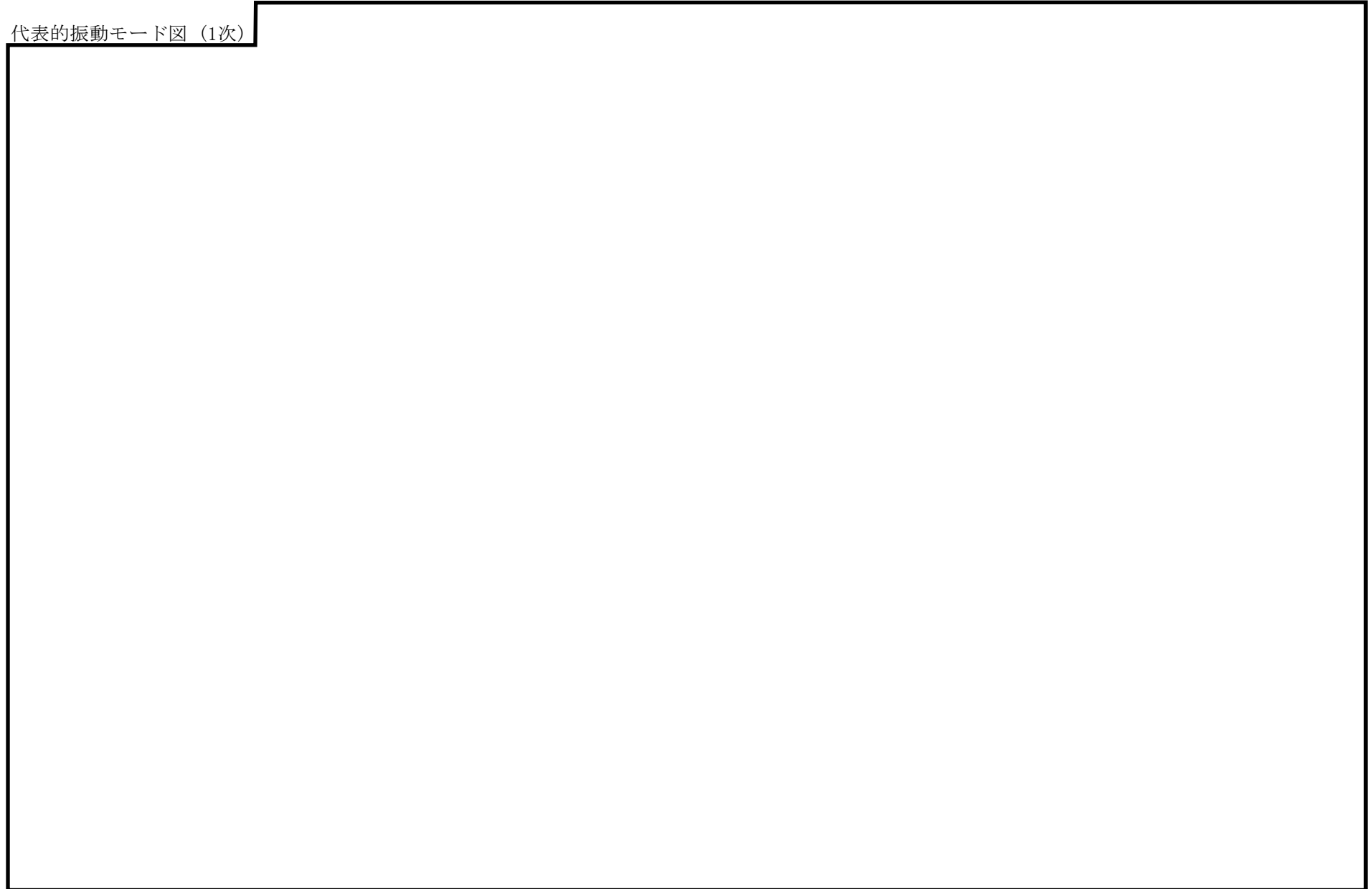
*2：設計用震度 I (基準地震動 S s)

*3：最大応答加速度を1.2倍した震度

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)



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2以下の管

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)	疲労累積係数 U S s
IV _A S	一次応力 $S_{pr m}(0.9 \cdot S_u)$	CSW-T-2A-1	8A	27	360	—
	一次+二次応力 $S_n(2 \cdot S_y)$	CSW-T-2A-1	8A	30	470	—

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)	
						一次評価*1	二次評価*2
—	メカニカルスナップ	—	VI-2-1-12「配 管及び支持構造 物の耐震計算に ついて」参照	—	—	—	
—	オイルスナップ	—		—	—	—	
—	ロッドレストレイント	—		—	—	—	
—	スプリングハンガ	—		—	—	—	
—	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			
—	レストレイント	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	アンカ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

4.2.3 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}						
			水平	鉛直	合成 ^{*3, *4}	水平	鉛直	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	評価部位	応力分類	計算応力	許容応力	
MV245-101A	電動バタフライ弁	β (S s)	4.9	1.3	—	6.0	6.0	—	—	—	—	—	—	—
MV245-101B	電動バタフライ弁	β (S s)	4.9	1.3	—	6.0	6.0	—	—	—	—	—	—	—
MV245-101C	電動バタフライ弁	β (S s)	4.9	1.3	—	6.0	6.0	—	—	—	—	—	—	—

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：詳細評価対象外の場合は「—」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。

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。

クラス2以下の管

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
1	CSW-T-2A-1	8A	27	360	13.33	○	8A	30	470	15.66	—	○
2	CSW-T-2A-2	8A	27	360	13.33	—	8A	30	470	15.66	—	—
3	CSW-T-2B-1	8A	27	360	13.33	—	8A	30	470	15.66	—	—
4	CSW-T-2B-2	8A	27	360	13.33	—	8A	30	470	15.66	—	—
5	CSW-T-2C-1	8A	27	360	13.33	—	8A	30	470	15.66	—	—
6	CSW-T-2C-2	8A	27	360	13.33	—	8A	30	470	15.66	—	—
7	CSW-T-3A-1	8A	27	360	13.33	—	8A	30	470	15.66	—	—
8	CSW-T-3A-2	8A	27	360	13.33	—	8A	30	470	15.66	—	—
9	CSW-T-3B-1	8A	27	360	13.33	—	8A	30	470	15.66	—	—
10	CSW-T-3B-2	8A	27	360	13.33	—	8A	30	470	15.66	—	—
11	CSW-T-3C-1	8A	27	360	13.33	—	8A	30	470	15.66	—	—
12	CSW-T-3C-2	8A	27	360	13.33	—	8A	30	470	15.66	—	—

注：鳥瞰図番号CSW-I-1A, CSW-I-1B, CSW-I-1Cの評価結果は、浸水防護施設の耐震計算書「IV-2-10-2-11 隔離弁、機器・配管の耐震性についての計算書」にて示す。