

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-工-B-19-0337_改0
提出年月日	2021年8月3日

VI-2-5-7-2-5 管の耐震性についての計算書
(高圧炉心スプレイ補機冷却水系及び
高圧炉心スプレイ補機冷却海水系)

2021年8月

東北電力株式会社

- (1) 高圧炉心スプレイ補機冷却水系
- (2) 高圧炉心スプレイ補機冷却海水系

(1) 高圧炉心スプレイ補機冷却水系

設計基準対象施設

目次

1. 概要	1
2. 概略系統図及び鳥瞰図	2
2.1 概略系統図	2
2.2 鳥瞰図	5
3. 計算条件	11
3.1 計算方法	11
3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態	12
3.3 設計条件	13
3.4 材料及び許容応力評価条件	21
3.5 設計用地震力	22
4. 解析結果及び評価	24
4.1 固有周期及び設計震度	24
4.2 評価結果	36
4.2.1 管の応力評価結果	36
4.2.2 支持構造物評価結果	38
4.2.3 弁の動的機能維持評価結果	39
4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	40

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-13-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」（以下「基本方針」という。）に基づき、高圧炉心スプレイ補機冷却水系の管、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及び動的機能を有していることを説明するものである。

評価結果の記載方法は、以下に示すとおりである。

(1) 管

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全6モデルのうち、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を4.2.4に記載する。

(2) 支持構造物

工事計画記載範囲の支持点のうち、種類及び型式単位に反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。






(3) 弁

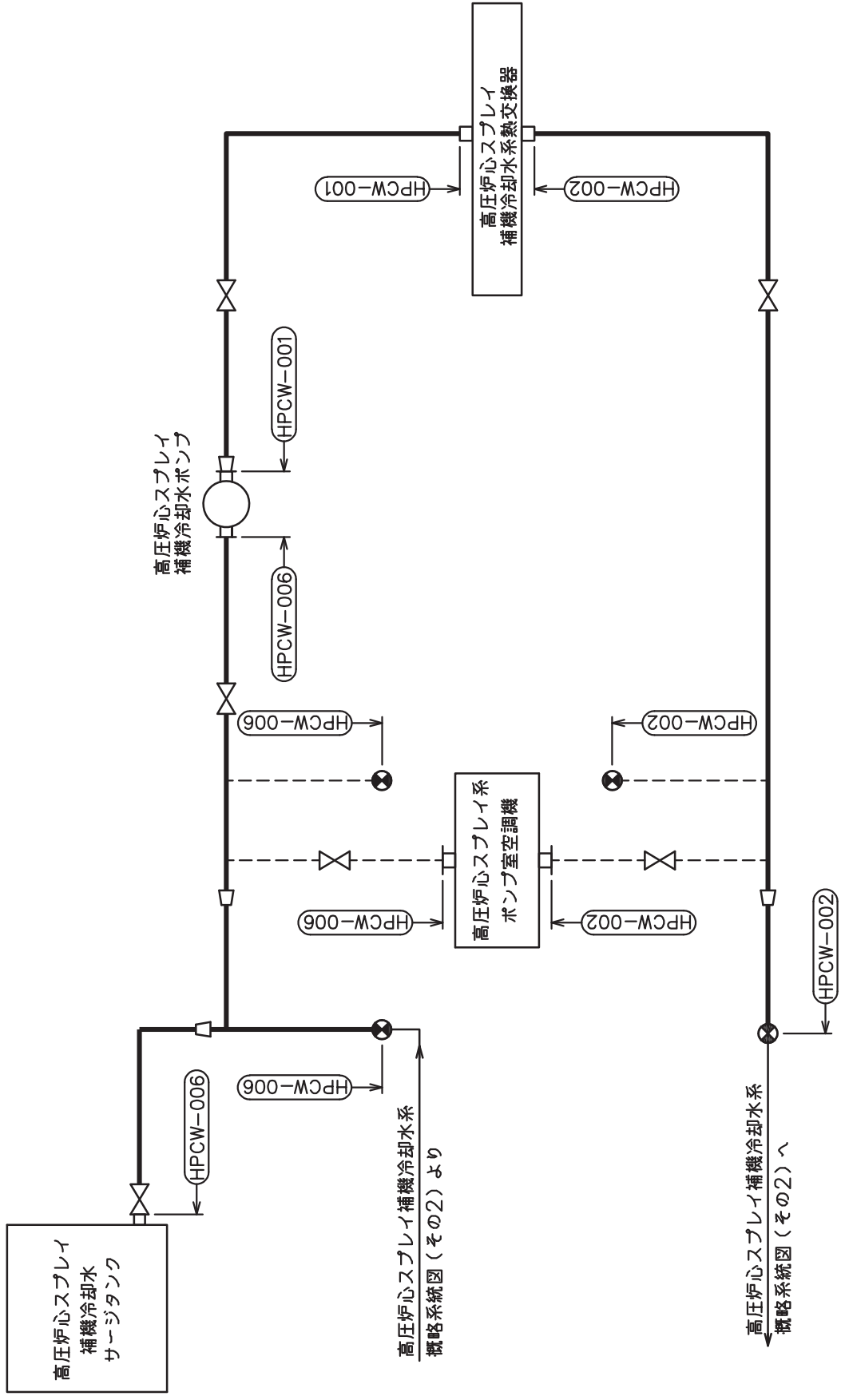
機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として、評価結果を記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

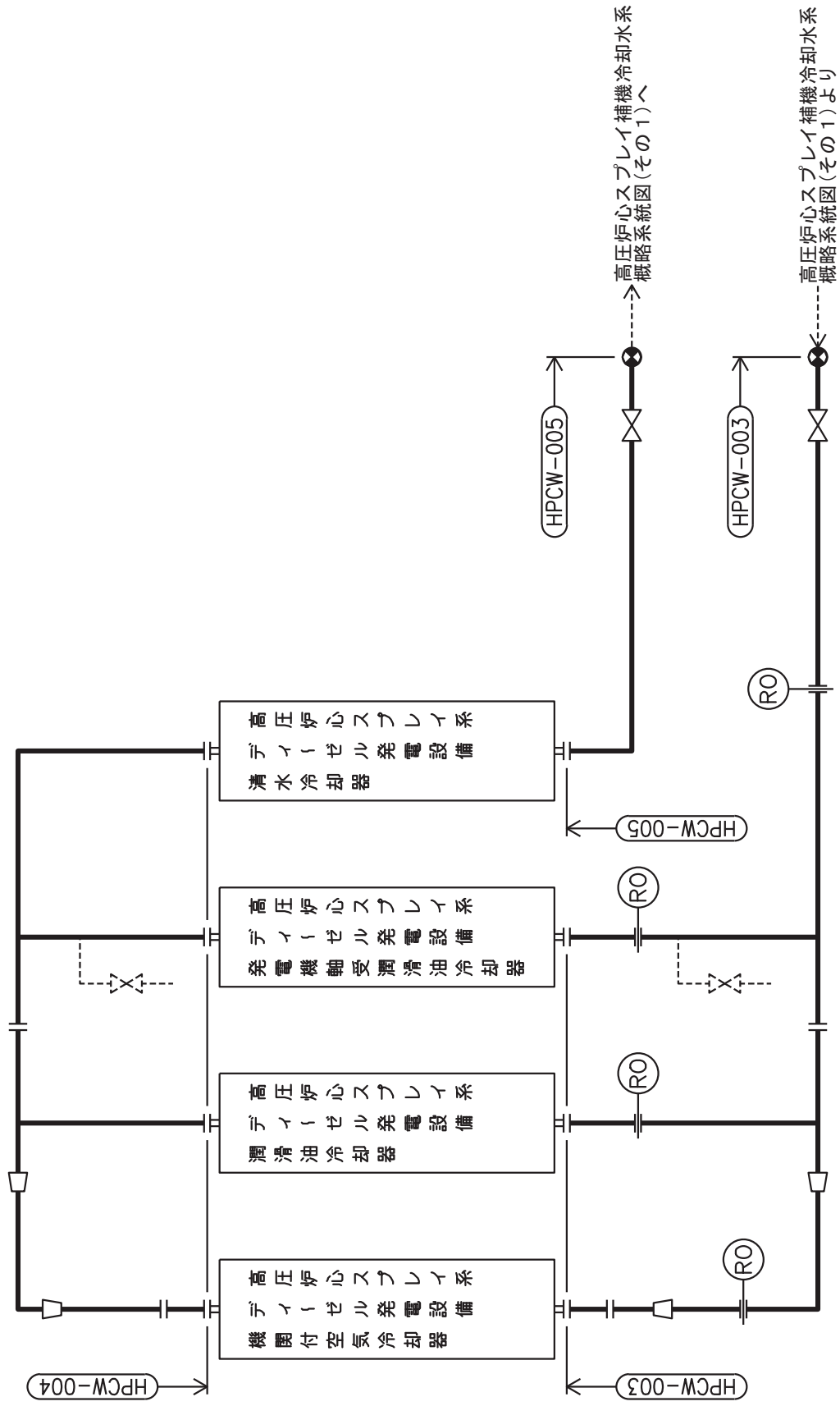
2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例

記 号	内 容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管
	鳥瞰図番号
	アンカ




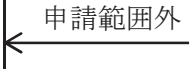



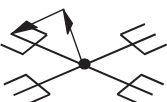
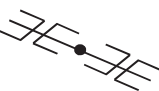

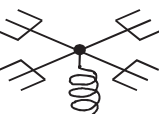
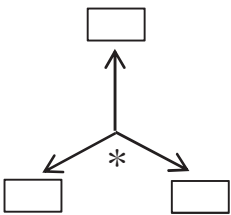
高圧炉心スプレイ補機冷却水系概略系統図 (その1)

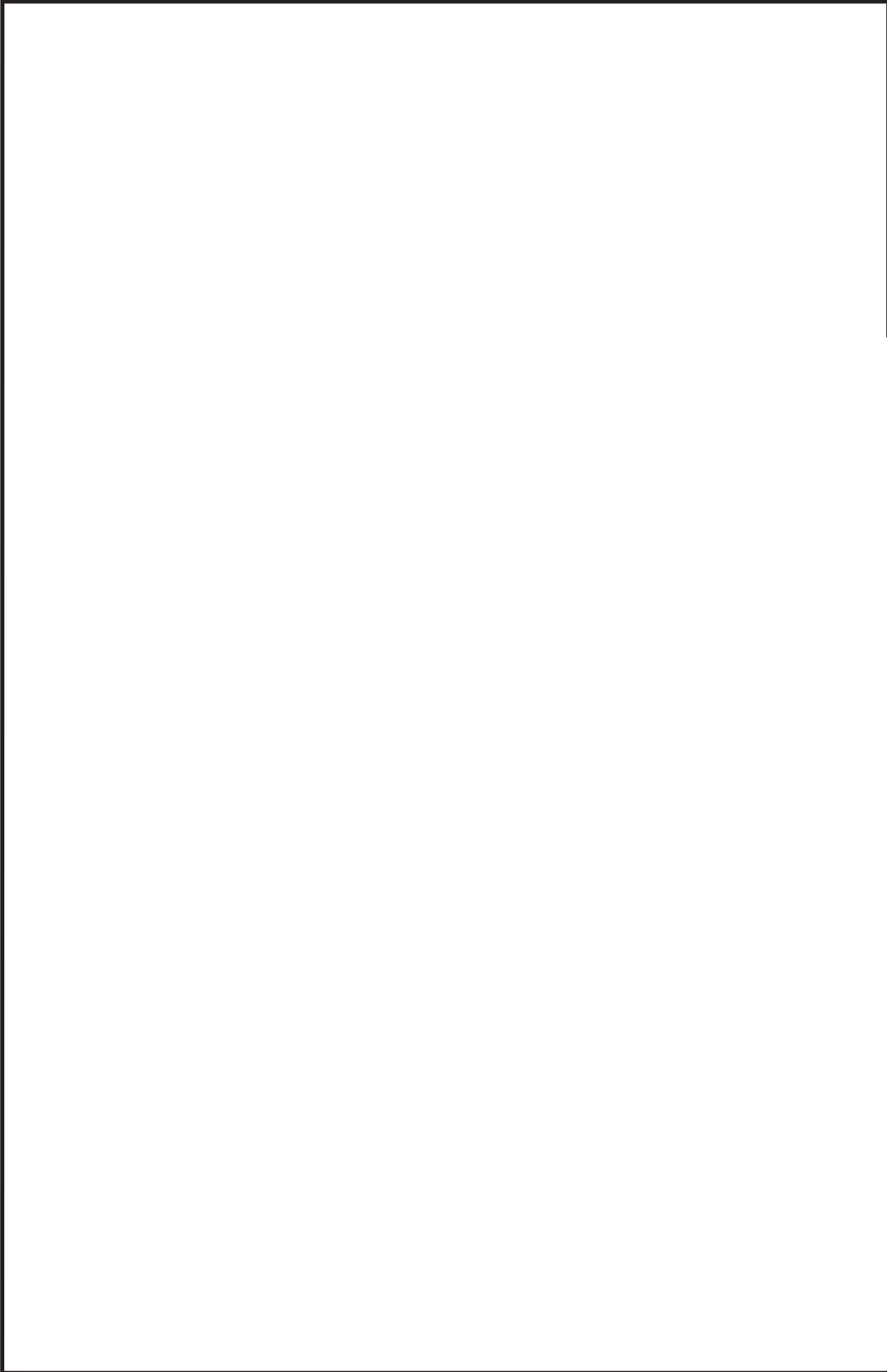


高圧炉心スプレイ補機冷却水系概略系統図 (その2)

2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

記号	内容
	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
	工事計画記載範囲外の管
	工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって解析モデルとして本系統に記載する管
	質点
	アンカ
	レストレイント (矢印は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。スナップについても同様とする。)
	スナップ
	ハンガ
	ガイド
	拘束点の地震による相対変位量(mm) (*は評価点番号, 矢印は拘束方向を示す。また, 内に変位量を記載する。)



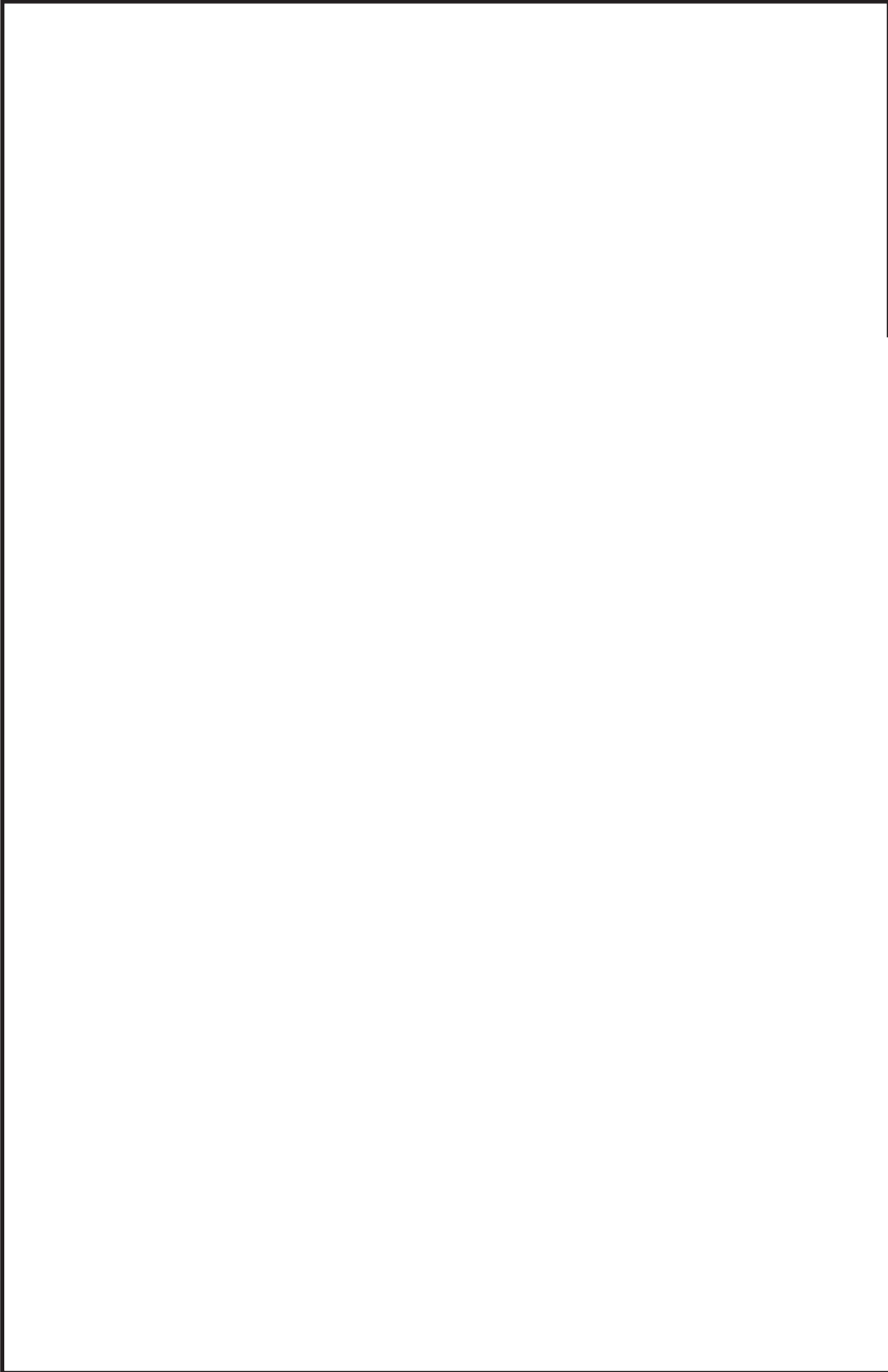
鳥瞰図 | HPCW-003<1/2>

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 HPCW-003<2/2>

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



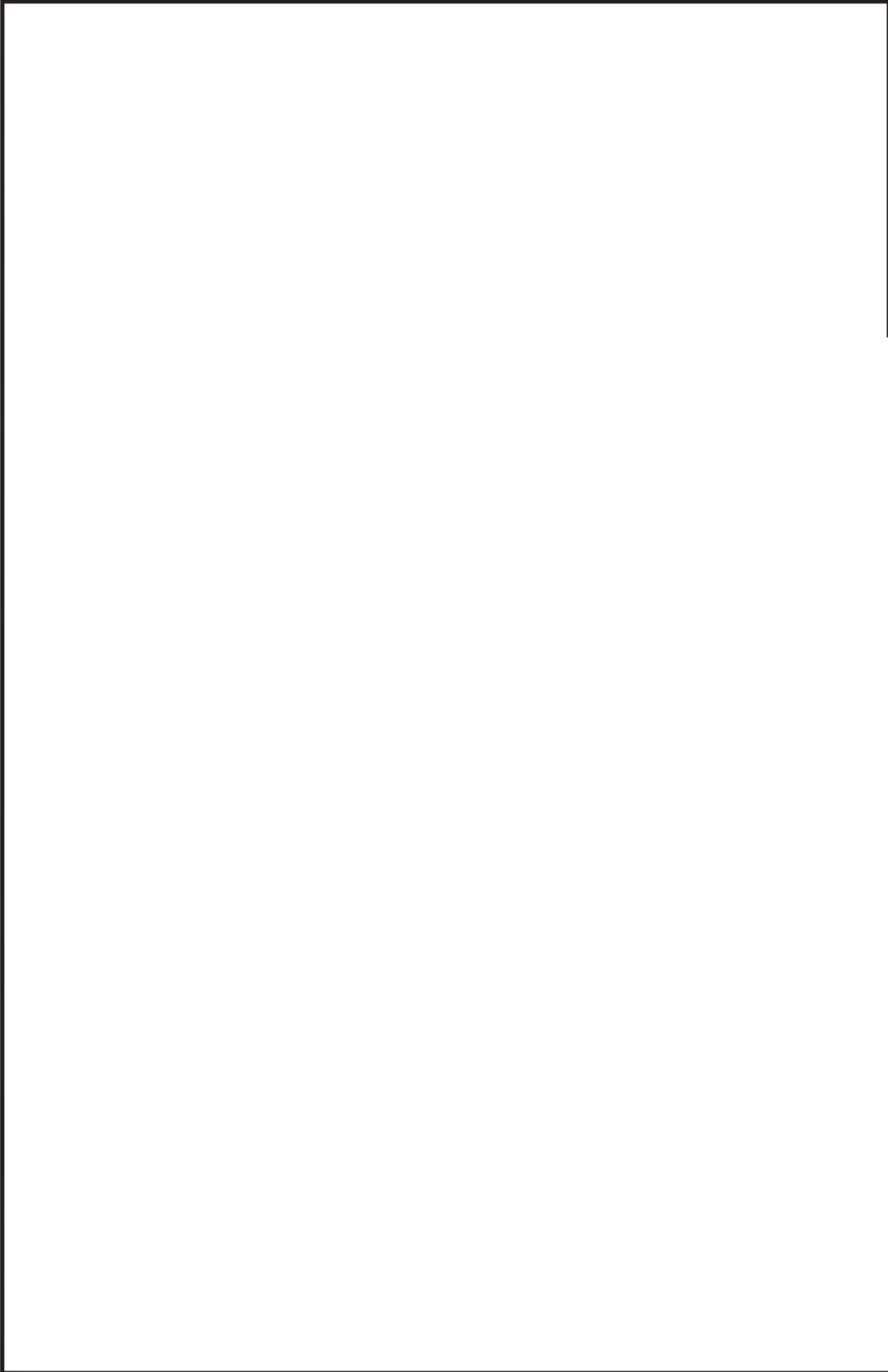
鳥瞰図 HPCW-006-1/3

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 HPCW-006-2/3

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 HPCW-006-3/3

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3. 計算条件

3.1 計算方法

管の構造強度評価は、「基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。解析コードは、「I S A P」、「S A P - V」、「S O L V E R」及び「N X N A S T R A N」を使用し、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設分類*1	設備分類	機器等の区分	耐震重要度分類	荷重の組合せ*2, *3	許容応力状態
原子炉冷却系統施設	原子炉補機冷却設備	高圧炉心スプレイ補機冷却水系	DB	—	クラス3管	S	I _L + S d	III _A S
							II _L + S d	
							I _L + S s	IV _A S
							II _L + S s	

注記*1：DBは設計基準対象施設，SAは重大事故等対処設備を示す。

*2：運転状態の添字Lは荷重を示す。

*3：許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

3.3 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管名称で区分し、管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 H P C W - 0 0 3

管名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	1.18	70	165.2	7.1	STS410	S	200200
2	1.18	70	139.8	6.6	STS410	S	200200
3	1.18	70	114.3	6.0	STS410	S	200200
4	1.18	70	60.5	5.5	STS410	S	200200

管名称と対応する評価点
 評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図 H P C W - 0 0 3

管名称	対応する評価点												
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	14	15	16	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	104	105
	106	107	108										
2	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63
	64	65	66										
3	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78
	79	80	81	82	83	84							
4	31	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
	97	98	99	100	101	102	103						

配管の質量（付加質量含む）

鳥 瞰 図 H P C W - 0 0 3

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
1		25		46		67		88	
2		26		47		68		89	
3		27		48		69		90	
4		28		49		70		91	
5		29		50		71		92	
6		30		51		72		93	
7		31		52		73		94	
8		32		53		74		95	
9		33		54		75		96	
10		34		55		76		97	
11		35		56		77		98	
12		36		57		78		99	
13		37		58		79		100	
14		38		59		80		101	
15		39		60		81		102	
19		40		61		82		103	
20		41		62		83		104	
21		42		63		84		105	
22		43		64		85		106	
23		44		65		86		107	
24		45		66		87		108	

O 2 ⑤ VI-2-5-7-2-5(1) (設) R 0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

弁部の質量を下表に示す。

弁 1

評価点	質量(kg)
16	
17	
18	

弁部の寸法を下表に示す。

弁NO.	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
弁 1	17			

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 H P C W - 0 0 3

支持点部のばね定数を下表に示す。

支持点番号	各軸方向ばね定数 (N/mm)			各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1						
5						
13						
21						
29						
36						
49						
59						
69						
76						
79						
84						
89						
92						
94						
100						
103						
108						

O 2 ⑤ VI-2-5-7-2-5(1) (設) R 0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

設計条件

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

鳥 瞰 図 H P C W - 0 0 6

管名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	1.18	70	114.3	6.0	STS410	S	200200
2	1.18	70	165.2	7.1	STS410	S	200200
3	1.18	70	216.3	8.2	STS410	S	200200

設計条件

管名称と対応する評価点
 評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図 H P C W - 0 0 6

管名称	対 応 す る 評 価 点														
1	51	52	53	54	55	56	57	58	59	89	90	91	109	801	802
2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
3	16	17	18	19	59	78	79	80	81	82	83	84	85	86	105
	106	108	110	901											
	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	45	46	47	48	49
	50	303	803	804	805	905	907								

配管の質量（付加質量含む）

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
1		18		35		55		106	
2		19		36		56		108	
3		20		37		57		109	
4		21		38		58		110	
5		22		39		59		303	
6		23		40		78		801	
7		24		41		79		802	
8		25		42		80		803	
9		26		46		81		804	
10		27		47		82		805	
11		28		48		83		900	
12		29		49		84		901	
13		30		50		85		905	
14		31		51		86		907	
15		32		52		90			
16		33		53		91			
17		34		54		105			

弁部の質量を下表に示す。

弁 1 弁 2

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
43		87	
44		88	
45		89	

弁部の寸法を下表に示す。

弁NO.	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
弁1	44			
弁2	88			

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 H P C W - 0 0 6

支持点部のばね定数を下表に示す。

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
4						
7						
10						
16						
23						
27						
33						
36						
40						
46						
50						
52						
56						
78						
81						
84						
87						
900						
901						
905						
907						

O 2 ⑤ VI-2-5-7-2-5(1) (設) R 0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3.4 材料及び許容応力評価条件

使用する材料の最高使用温度での許容応力評価条件を下表に示す。

材料	最高使用温度 (°C)	S _m (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _h (MPa)
STS410	70	—	229	407	—

3.5 設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答曲線を下表に示す。

なお、設計用床応答曲線は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき策定したものをを用いる。また、減衰定数は添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

鳥瞰図	建物・構築物	標高(O. P. (m))	減衰定数(%)
HPCW-003	原子炉建屋		

設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答曲線を下表に示す。
 なお、設計用床応答曲線は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき
 策定したものをを用いる。また、減衰定数は、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」
 に記載の減衰定数を用いる。

鳥 瞰 図	建物・構築物	標高(O.P. (m))	減衰定数(%)
H P C W - 0 0 6	原子炉建屋		

4. 解析結果及び評価
 4.1 固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 H P C W - 0 0 3

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

注記*1：各モードが固有周期に対し、設計用床応答曲線より得られる震度を示す。

*2：固有周期が0.050 s 以下であることを示す。

*3：S d又はS s地震動に基づく設計用最大床応答加速度より定めた震度を示す。

*4：3.6C I及び1.2CVより定めた震度を示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

各モードに対応する刺激係数

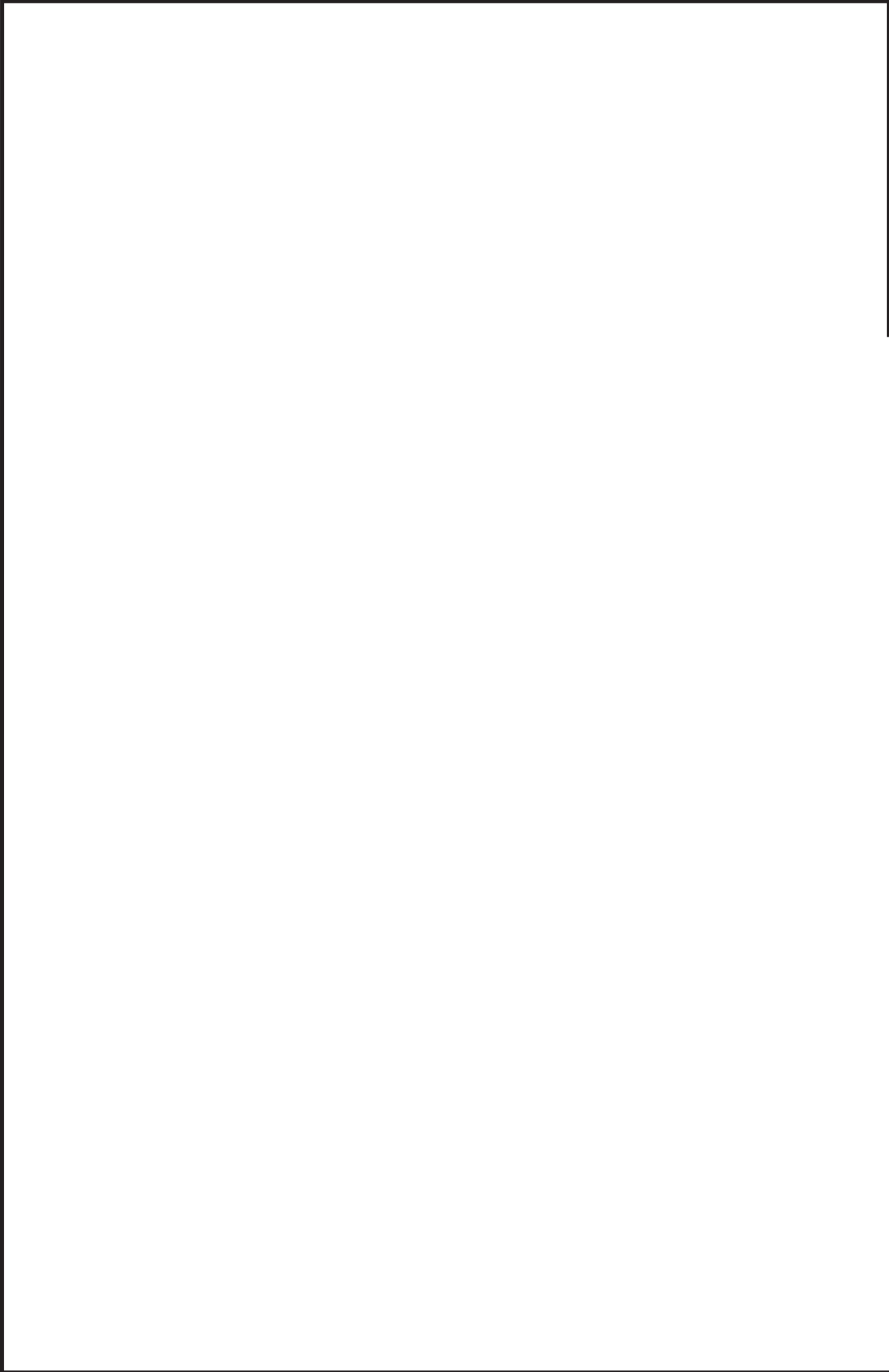
鳥 瞰 図 HPCW-003

モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X 方向	Y 方向	Z 方向
1 次	[Blank]			
2 次				
3 次				
4 次				
5 次				

注記*：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

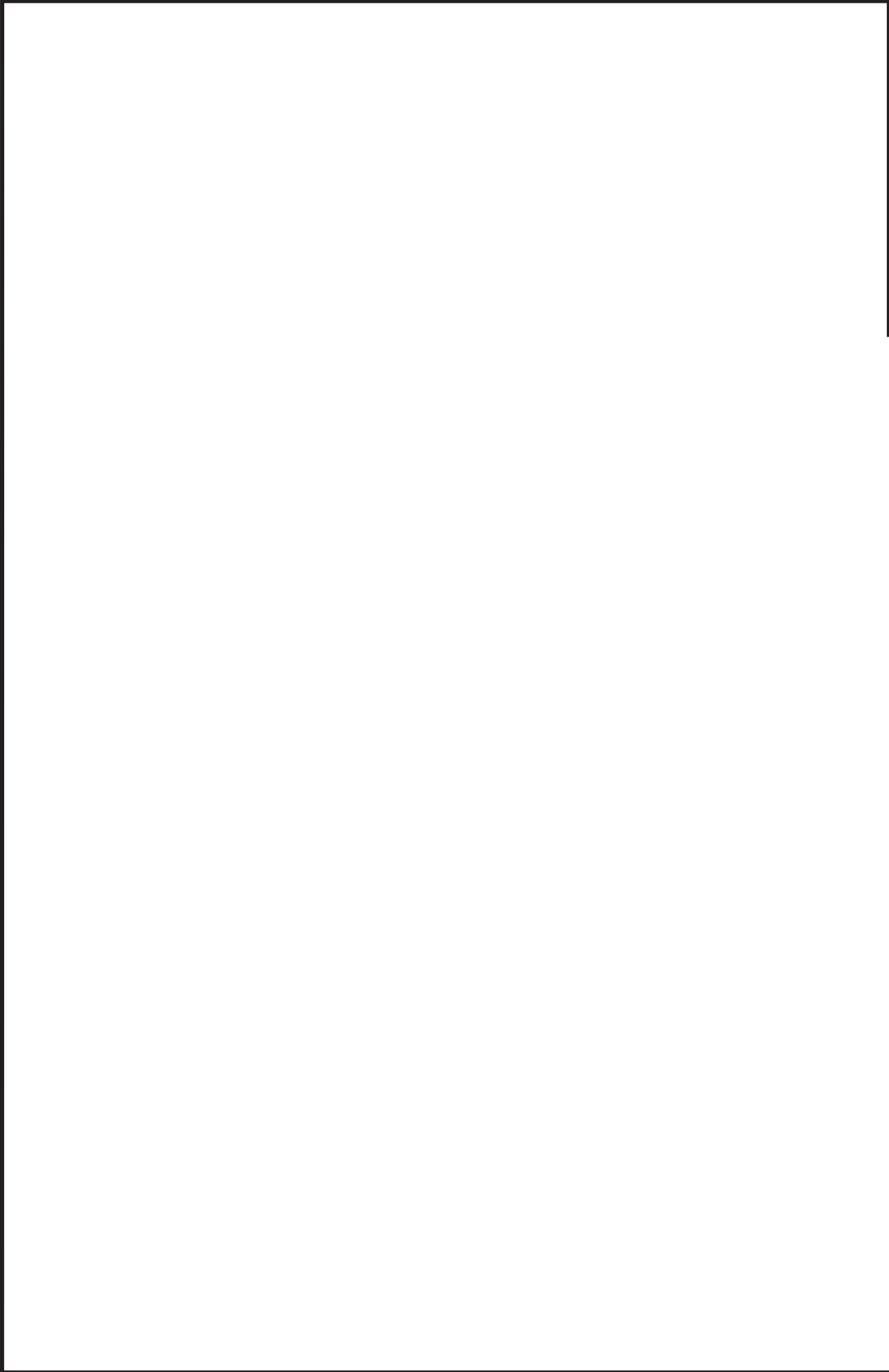
代表的振動モード図

振動モード図は、3次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し、次ページ以降に示す。



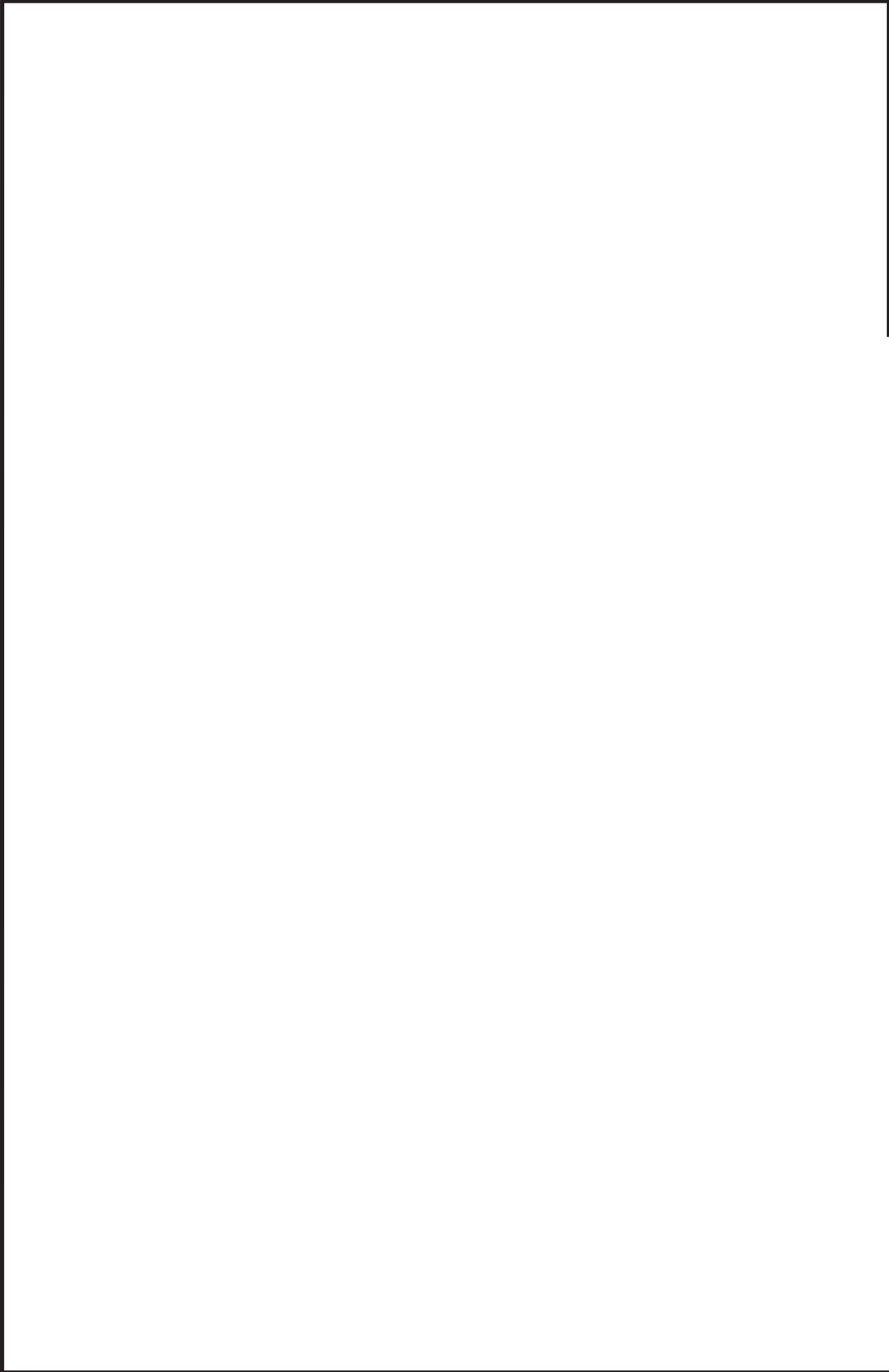
鳥瞰図 HPCW-003

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 HPCW-003

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 HPCW-003

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

固有周期及び設計震度

鳥瞰図 HPCW-006

適用する地震動等		S d 及び静的震度				S s	
		応答水平震度*1		応答鉛直震度*1		応答鉛直震度*1	
モード	固有周期 (s)	X 方向	Z 方向	Y 方向	X 方向	Z 方向	Y 方向
1 次							
2 次							
3 次							
4 次							
5 次							
6 次							
7 次							
8 次							
17 次							
18 次*2							
動的震度*3							
静的震度*4							

注記*1：各モードの固有周期に対し、設計用床応答曲線より得られる震度を示す。
 *2：固有周期が0.050s以下であることを示す。
 *3：S d又はS s地震動に基づく設計用最大床応答加速度より定めた震度を示す。
 *4：3.6C₁及び1.2C_vより定めた震度を示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

各モードに対応する刺激係数

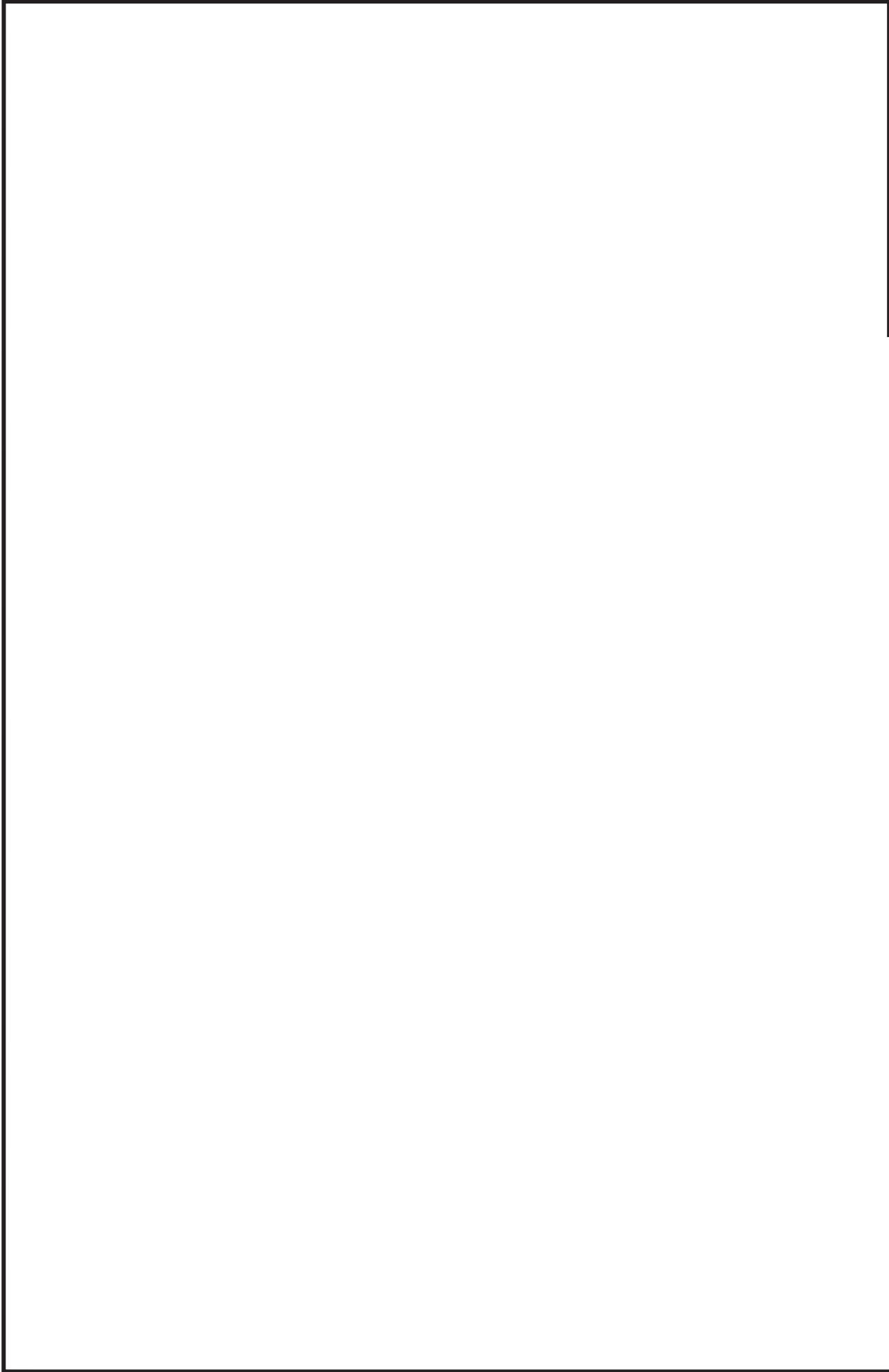
鳥 瞰 図 HPCW-006

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

注記*：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

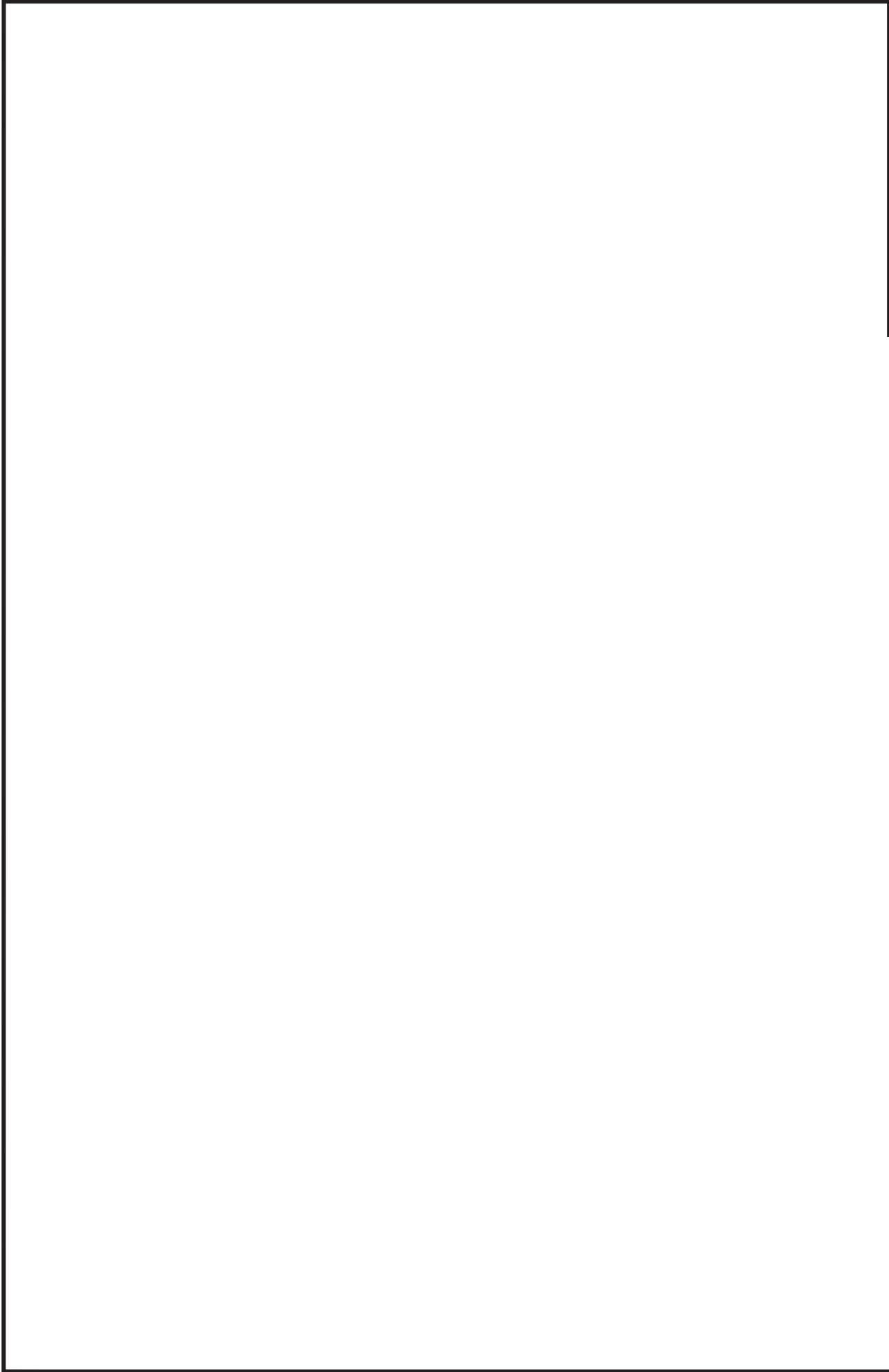
代表的振動モード図

振動モード図は、3次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し、次ページ以降に示す。



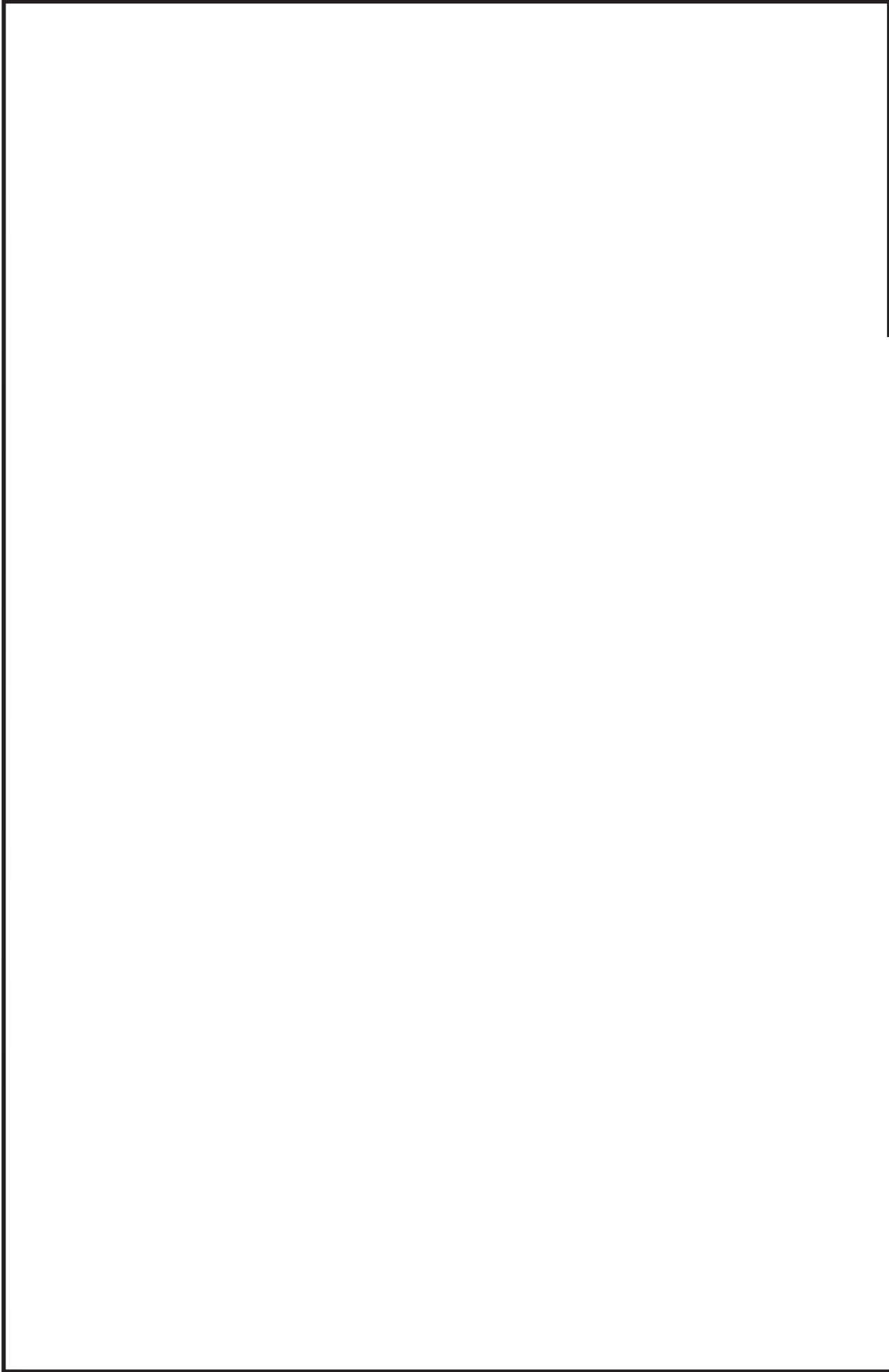
鳥瞰図 HPCW-006

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 HPCW-006

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 HPCW-006

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4.2 評価結果

4.2.1 管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

クラス2以下の管

鳥瞰図	許容応力 状態	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)		一次+二次応力評価 (MPa)		疲労評価 疲労累積係数 U S d U S s
				計算応力 S p r m (S d) S p r m (S s)	許容応力 S y *1 0.9 S u	計算応力 S n (S d) S n (S s)	許容応力 2 S y 2 S y	
HPCW-003	III _A S	90	S p r m (S d)	108	229	—	—	—
	III _A S	90	S n (S d)	—	—	213	458	—
	IV _A S	90	S p r m (S s)	195	366	—	—	—
	IV _A S	90	S n (S s)	—	—	399	458	—

注記 *1：オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については S_y と 1.2・S_h のうち大きいほうの値とする。

管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

クラス2以下の管

鳥瞰図	許容応力 状態	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)		一次+二次応力評価 (MPa)		疲労評価
				計算応力 Sprm(Sd) Sprm(Ss)	許容応力 Sy*1 0.9・Su	計算応力	許容応力	
HPCW-006	III _A S	33	Spr m(Sd)	115	229	—	—	—
	IV _A S	33	Spr m(Ss)	185	366	—	—	—
	IV _A S	59	Sn(Ss)	—	—	340	458	USs

注記 *1: オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については、Syと1.2・Shのうち大きい方とする。

4.2.3 弁の動的機能維持評価結果

下表に示すとおり機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下又は計算応力が許容応力以下である。

弁番号	形式	要求機能	機能維持評価用加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		機能確認済加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		構造強度評価結果 (MPa)	
			水平	鉛直	水平	鉛直	計算応力	許容応力
—	—	—	—	—	—	—	—	—

4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度が最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果(クラス3管)

No.	配管モデル	許容応力状態 IV _A S																
		許容応力状態 III _A S						許容応力状態 IV _A S										
		一次応力			一次応力			一次+二次応力*			疲労評価							
評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労累積係数	代表	
1	HPCW-001	1	40	229	5.72	—	1	61	366	6.00	—	1	114	458	4.01	—	—	—
2	HPCW-002	18	111	229	2.06	—	18	170	366	2.15	—	28	306	458	1.49	—	—	—
3	HPCW-003	90	108	229	2.12	—	90	195	366	1.87	○	90	399	458	1.14	○	—	—
4	HPCW-004	38	66	229	3.46	—	38	117	366	3.12	—	38	254	458	1.80	—	—	—
5	HPCW-005	30	69	229	3.31	—	30	106	366	3.45	—	30	178	458	2.57	—	—	—
6	HPCW-006	33	115	229	1.99	○	33	185	366	1.97	—	59	340	458	1.34	—	—	—

注記*：III_ASの一次+二次応力の許容値はIV_ASと同様であることから、地震荷重が大きいIV_ASの一次+二次応力裕度最小を代表とする。

重大事故等対処設備

目次

1. 概要	1
2. 概略系統図及び鳥瞰図	2
2.1 概略系統図	2
2.2 鳥瞰図	5
3. 計算条件	8
3.1 計算方法	8
3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態	9
3.3 設計条件	10
3.4 材料及び許容応力評価条件	15
3.5 設計用地震力	16
4. 解析結果及び評価	17
4.1 固有周期及び設計震度	17
4.2 評価結果	23
4.2.1 管の応力評価結果	23
4.2.2 支持構造物評価結果	24
4.2.3 弁の動的機能維持評価結果	25
4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	26

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-13-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」（以下「基本方針」という。）に基づき、高圧炉心スプレイ補機冷却水系の管、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及び動的機能を有していることを説明するものである。

評価結果の記載方法は、以下に示すとおりである。

(1) 管

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全6モデルのうち、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を4.2.4に記載する。

(2) 支持構造物

工事計画記載範囲の支持点のうち、種類及び型式単位に反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。






(3) 弁

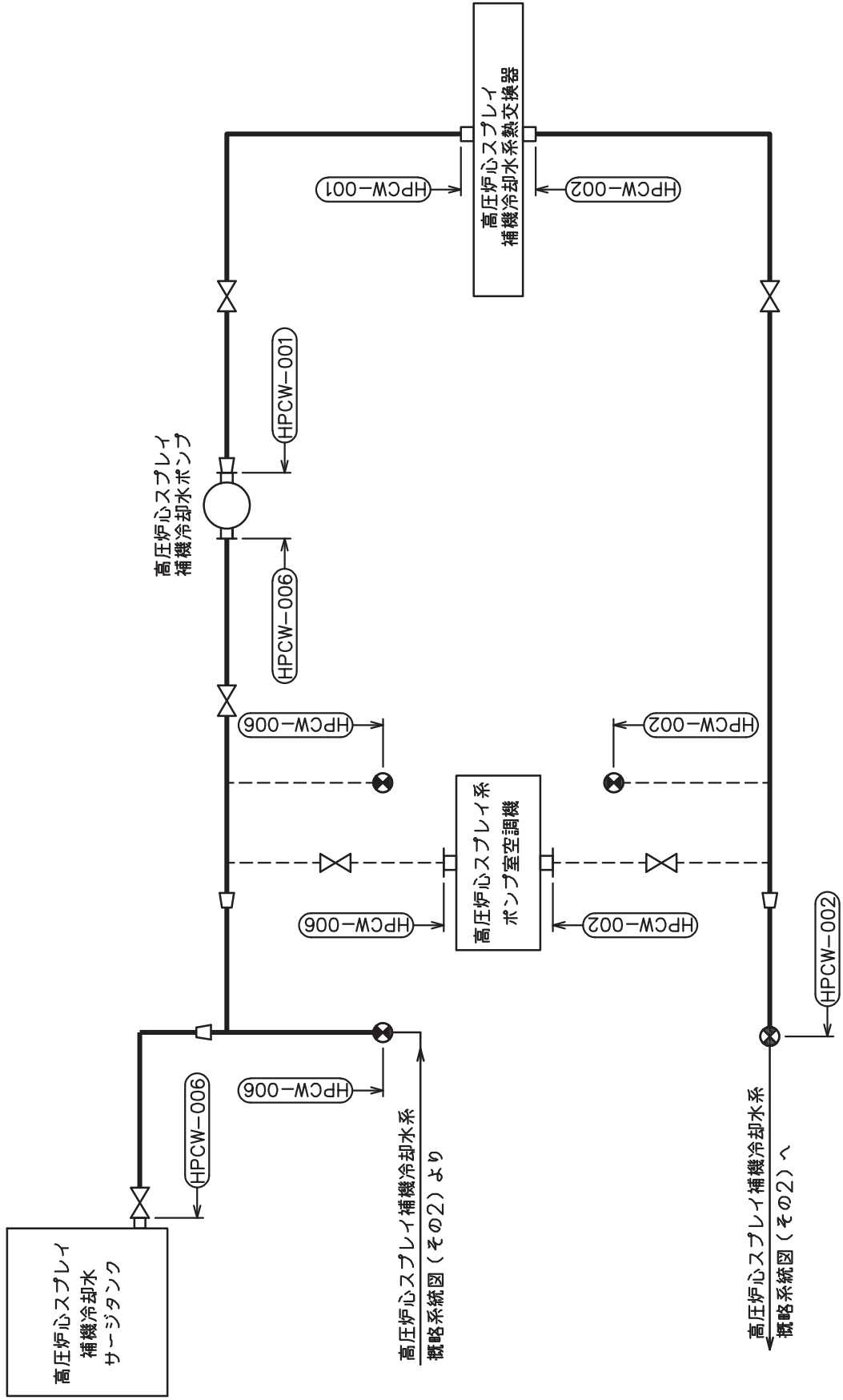
機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として、評価結果を記載する。

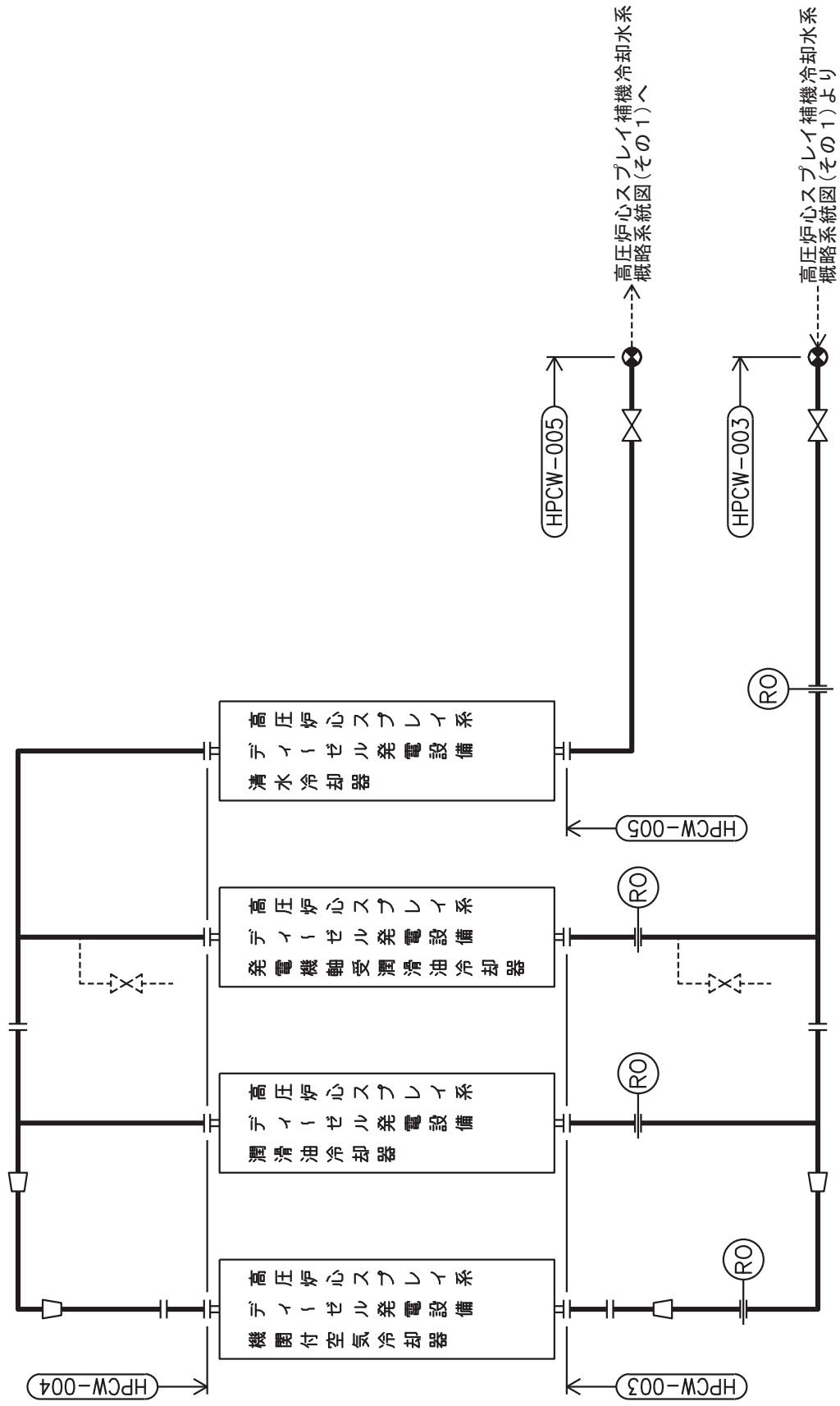
2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例

記 号	内 容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管
	鳥瞰図番号
	アンカ


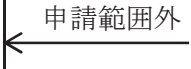



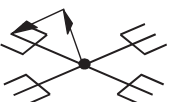
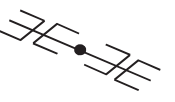
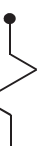
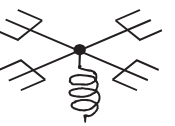
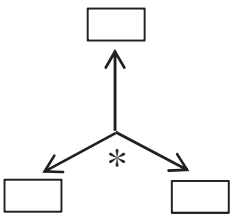


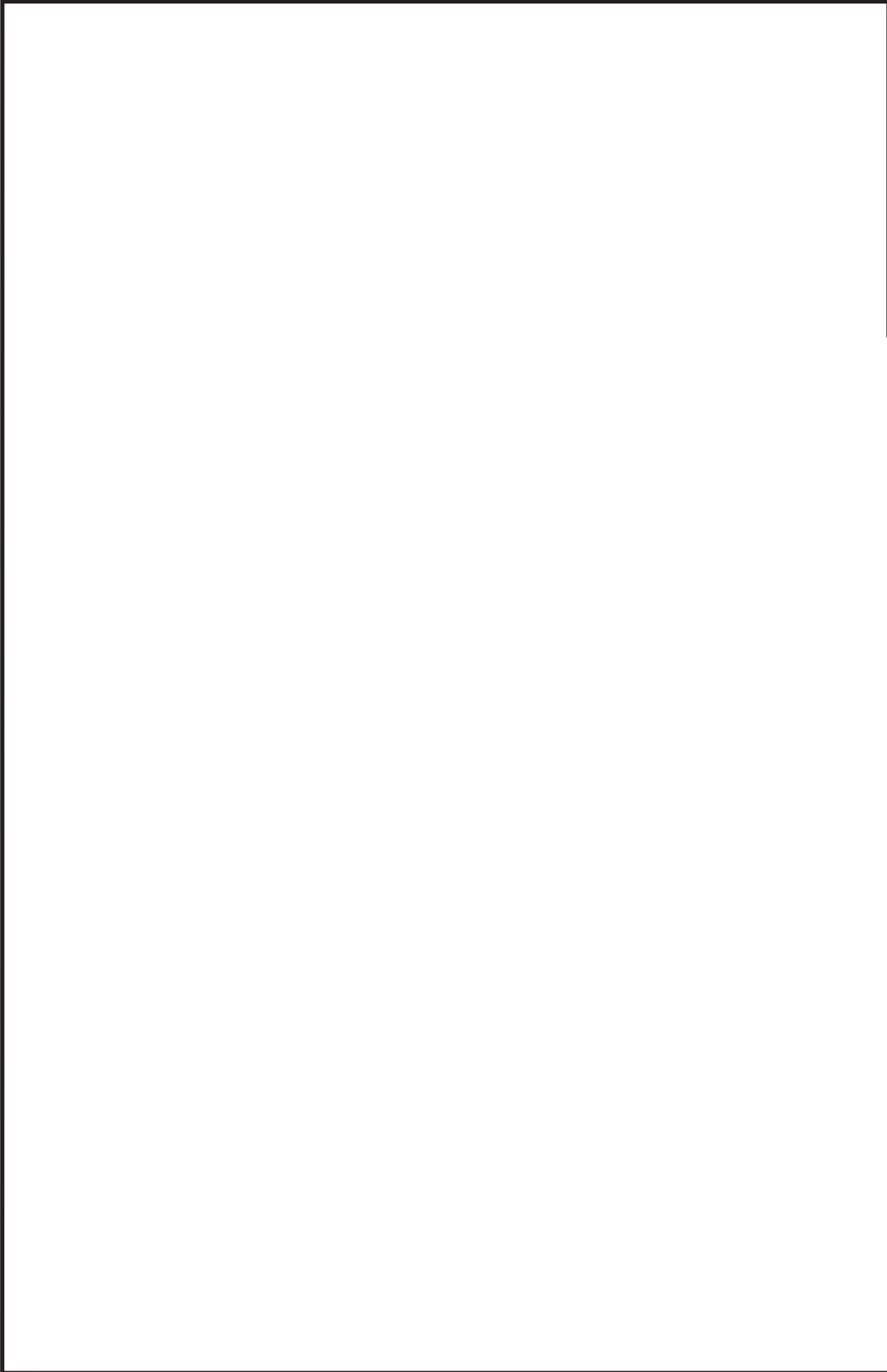


高圧炉心スプレイ補機冷却水系概略系統図 (その2)

2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

記号	内容
	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
	工事計画記載範囲外の管
	工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって解析モデルとして本系統に記載する管
	質点
	アンカ
	レストレイント (矢印は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。スナップについても同様とする。)
	スナップ
	ハンガ
	ガイド
	拘束点の地震による相対変位量(mm) (*は評価点番号, 矢印は拘束方向を示す。また, 内に変位量を記載する。)



鳥瞰図 HPCW-003<1/2>

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 HPCW-003<2/2>

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3. 計算条件

3.1 計算方法

管の構造強度評価は、「基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。解析コードは、「I S A P」、「S A P - V」、「S O L V E R」及び「N X N A S T R A N」を使用し、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設分類*1	設備分類*2	機器等の区分	耐震重要度分類	荷重の組合せ*3, *4	許容応力状態*5
原子炉冷却系統施設	原子炉補機冷却設備	高圧炉心スプレイ補機冷却水系	SA	常設/防止 (DB 拡張)	重大事故等クラス2管	—	$V_L + S_S$	V_{AS}

注記*1：DBは設計基準対象施設，SAは重大事故等対処設備を示す。

*2：「常設/防止 (DB 拡張)」は常設重大事故防止設備 (設計基準拡張) を示す。

*3：運転状態の添字Lは荷重を示す。

*4：許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

*5：許容応力状態 V_{AS} は許容応力状態 IV_{AS} の許容限界を使用し，許容応力状態 IV_{AS} として評価を実施する。

3.3 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管名称で区分し、管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 H P C W - 0 0 3

管名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	1.18	70	165.2	7.1	STS410	—	200200
2	1.18	70	139.8	6.6	STS410	—	200200
3	1.18	70	114.3	6.0	STS410	—	200200
4	1.18	70	60.5	5.5	STS410	—	200200

管名称と対応する評価点
 評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図 H P C W - 0 0 3

管名称	対応する評価点												
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	14	15	16	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	104	105
	106	107	108										
2	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63
	64	65	66										
3	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78
	79	80	81	82	83	84							
4	31	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
	97	98	99	100	101	102	103						

配管の質量（付加質量含む）

鳥 瞰 図 H P C W - 0 0 3

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(k)	評価点	質量(kg)
1		25		46		67		88	
2		26		47		68		89	
3		27		48		69		90	
4		28		49		70		91	
5		29		50		71		92	
6		30		51		72		93	
7		31		52		73		94	
8		32		53		74		95	
9		33		54		75		96	
10		34		55		76		97	
11		35		56		77		98	
12		36		57		78		99	
13		37		58		79		100	
14		38		59		80		101	
15		39		60		81		102	
19		40		61		82		103	
20		41		62		83		104	
21		42		63		84		105	
22		43		64		85		106	
23		44		65		86		107	
24		45		66		87		108	

O 2 ⑤ VI-2-5-7-2-5(1) (重) R 0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

弁部の質量を下表に示す。

弁 1

評価点	質量(kg)
16	
17	
18	

弁部の寸法を下表に示す。

弁NO.	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
弁 1	17			

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 H P C W - 0 0 3

支持点部のばね定数を下表に示す。

支持点番号	各軸方向ばね定数 (N/mm)			各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1						
5						
13						
21						
29						
36						
49						
59						
69						
76						
79						
84						
89						
92						
94						
100						
103						
108						

O 2 ⑤ VI-2-5-7-2-5(1) (重) R 0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3.4 材料及び許容応力評価条件

使用する材料の最高使用温度での許容応力評価条件を下表に示す。

材 料	最 高 使 用 温 度 (° C)	S m (MPa)	S y (MPa)	S u (MPa)	S h (MPa)
STS410	70	—	229	407	—

3.5 設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答曲線を下表に示す。

なお、設計用床応答曲線は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき策定したものをを用いる。また、減衰定数は添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

鳥瞰図	建物・構築物	標高(O. P. (m))	減衰定数(%)
HPCW-003	原子炉建屋		

4. 解析結果及び評価
 4.1 固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 H P C W - 0 0 3

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

注記*1：各モードが固有周期に対し、設計用床応答曲線より得られる震度を示す。

*2：固有周期が0.050 s 以下であることを示す。

*3：S d又はS s地震動に基づく設計用最大床応答加速度より定められた震度を示す。

*4：3.6C I及び1.2C Vより定められた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数

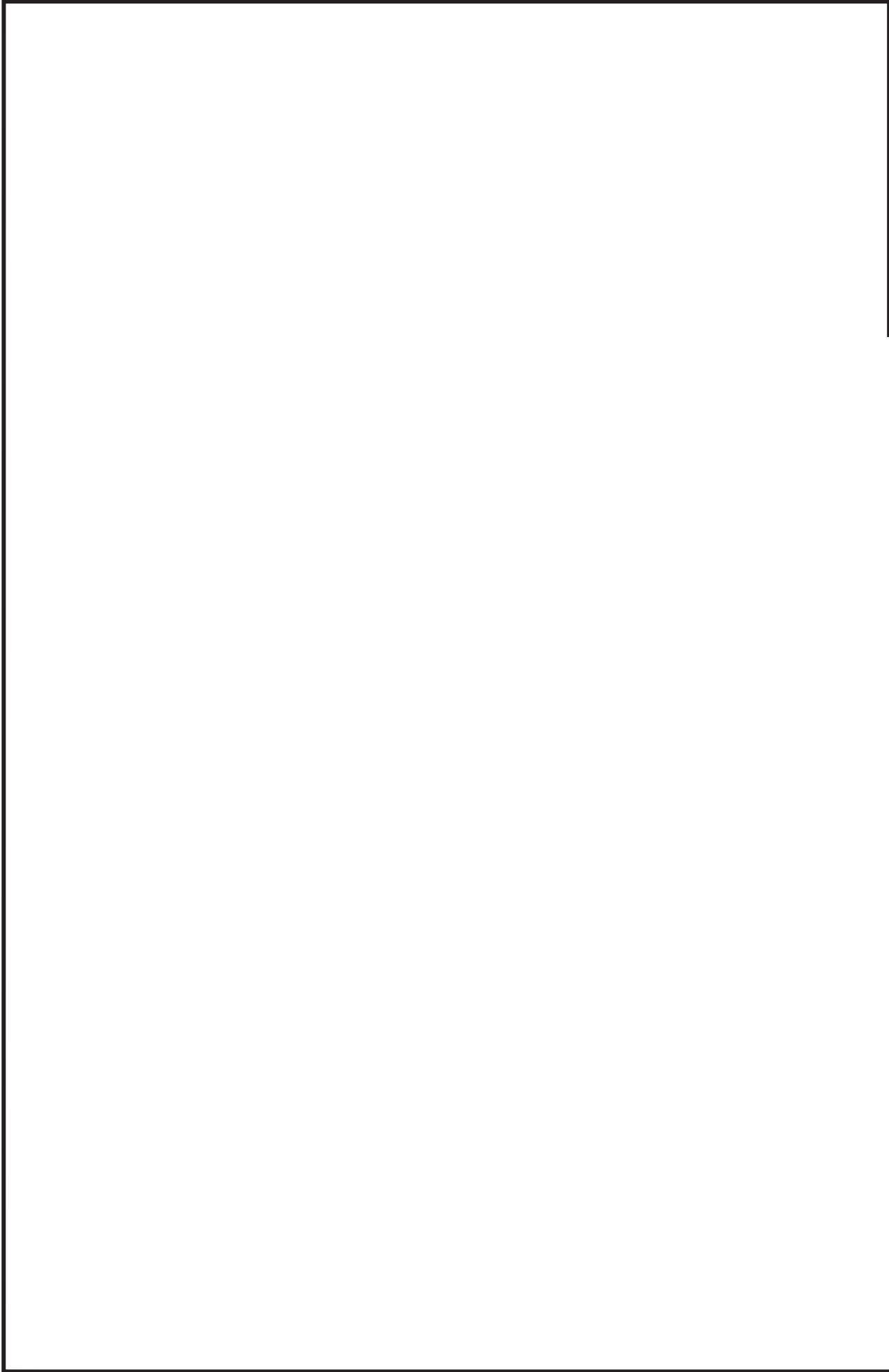
鳥 瞰 図 HPCW-003

モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X 方向	Y 方向	Z 方向
1 次	[Blank Area]			
2 次				
3 次				
4 次				
5 次				

注記*：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

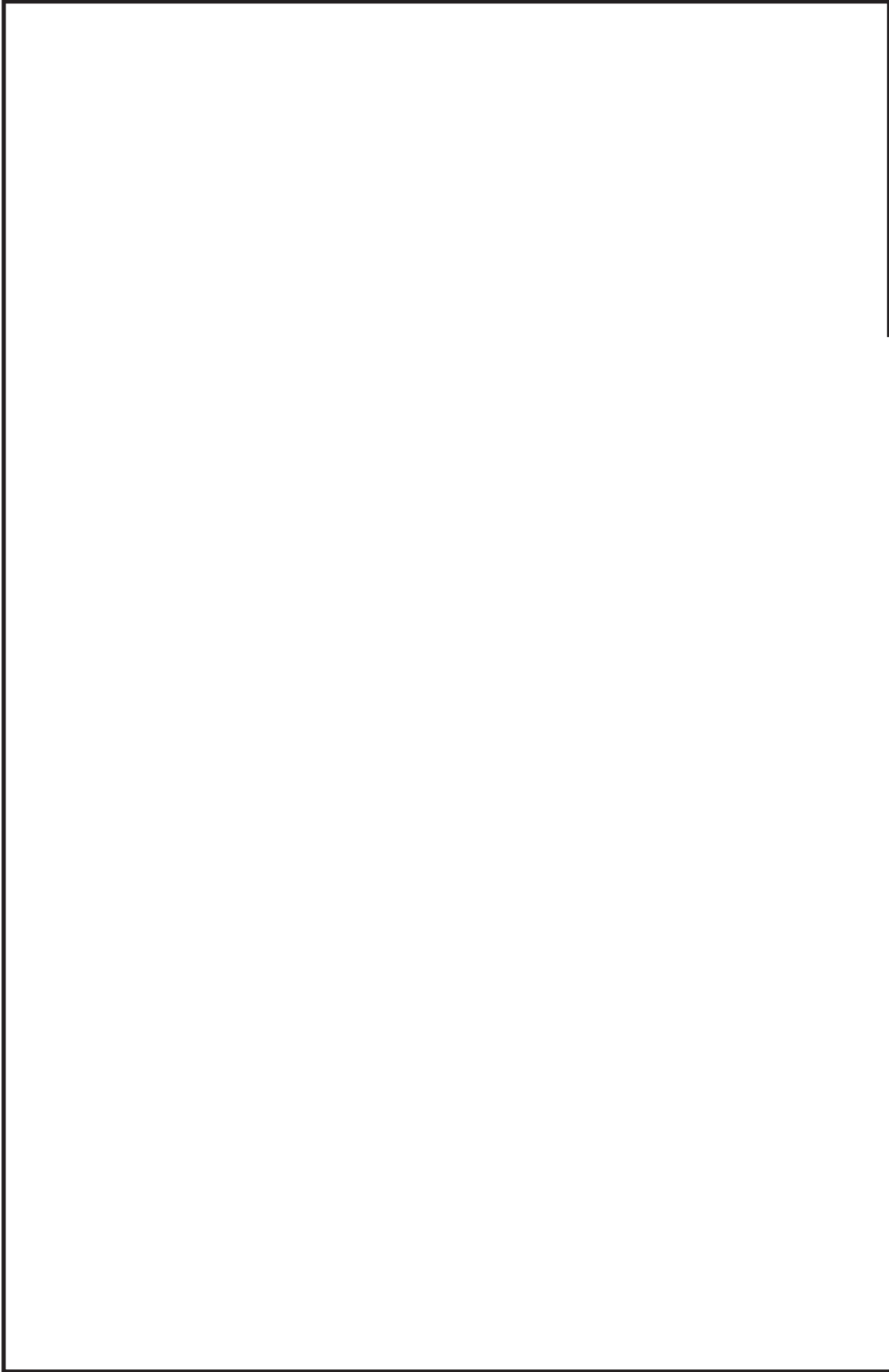
代表的振動モード図

振動モード図は、3 次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し、次ページ以降に示す。



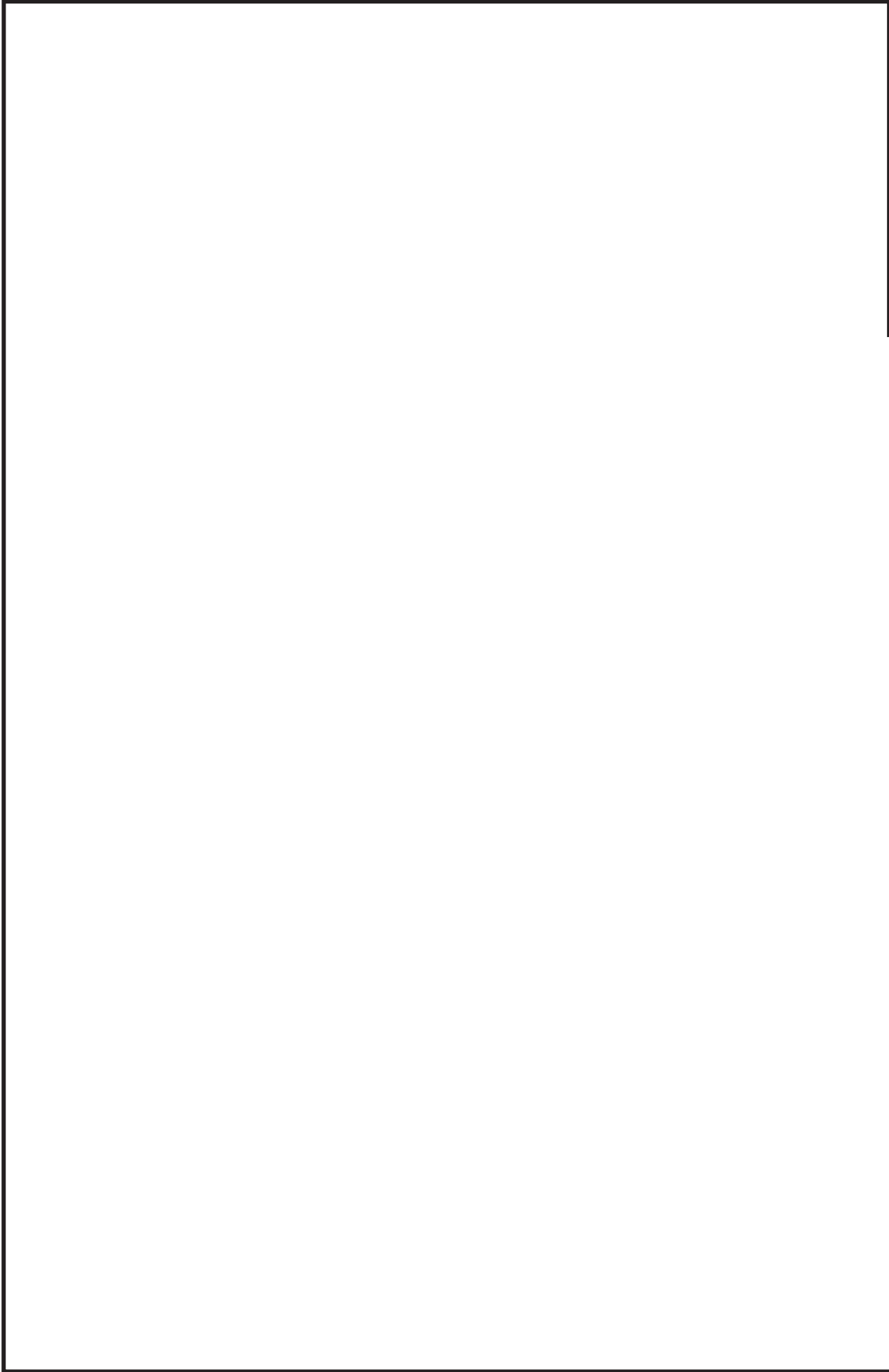
鳥瞰図 HPCW-003

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 HPCW-003

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 HPCW-003

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4.2 評価結果

4.2.1 管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管

鳥瞰図	許容応力 状態	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)		一次+二次応力評価 (MPa)		疲労評価 疲労累積係数 U S s
				計算応力 S p r m (S s)	許容応力 0.9 S u	計算応力 S n (S s)	許容応力 2 S y	
HP CW-003	V _A S V _A S	90 90	S p r m (S s) S n (S s)	195 —	366 —	— 399	— 458	— —

4.2.3 弁の動的機能維持評価結果

下表に示すとおり機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下又は計算応力が許容応力以下である。

弁番号	形式	要求機能	機能維持評価用加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		機能確認済加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		構造強度評価結果 (MPa)	
			水平	鉛直	水平	鉛直	計算応力	許容応力
—	—	—	—	—	—	—	—	—

4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度が最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果(重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管)

No.	配管モデル	許容応力状態 VAS														
		一次応力						一次+二次応力						疲労評価		
		評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労 累積 係数	代表		
1	HPCW-001	1	60	366	6.10	—	1	114	458	4.01	—	—	—	—		
2	HPCW-002	18	169	366	2.16	—	28	306	458	1.49	—	—	—	—		
3	HPCW-003	90	195	366	1.87	○	90	399	458	1.14	○	—	—	—		
4	HPCW-004	38	117	366	3.12	—	38	254	458	1.80	—	—	—	—		
5	HPCW-005	30	106	366	3.45	—	30	178	458	2.57	—	—	—	—		
6	HPCW-006	33	184	366	1.98	—	59	340	458	1.34	—	—	—	—		

(2) 高圧炉心スプレイ補機冷却海水系

設計基準対象施設

目次

1. 概要	1
2. 概略系統図及び鳥瞰図	2
2.1 概略系統図	2
2.2 鳥瞰図	4
3. 計算条件	8
3.1 計算方法	8
3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態	9
3.3 設計条件	10
3.4 材料及び許容応力評価条件	13
3.5 設計用地震力	14
4. 解析結果及び評価	15
4.1 固有周期及び設計震度	15
4.2 評価結果	21
4.2.1 管の応力評価結果	21
4.2.2 支持構造物評価結果	22
4.2.3 弁の動的機能維持評価結果	23
4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	24

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-13-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」（以下「基本方針」という。）に基づき、高圧炉心スプレイ補機冷却海水系の管、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及び動的機能を有していることを説明するものである。

評価結果の記載方法は、以下に示すとおりである。

(1) 管

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全3モデルのうち、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を4.2.4に記載する。

(2) 支持構造物

工事計画記載範囲の支持点のうち、種類及び型式単位に反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。






(3) 弁

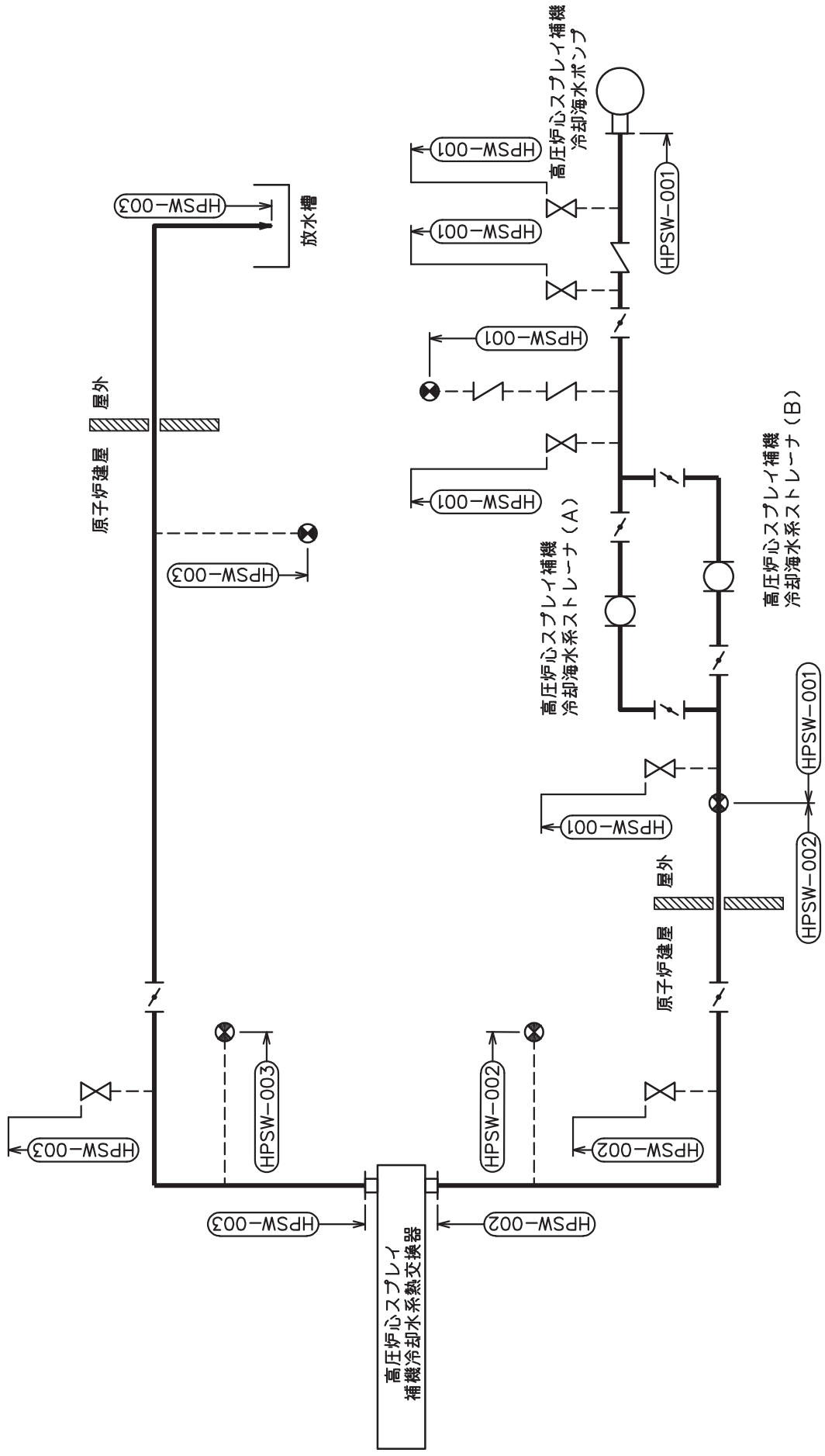
機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として、評価結果を記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例


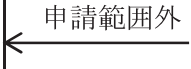
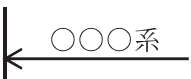


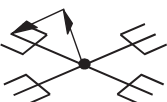
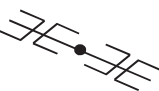

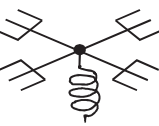
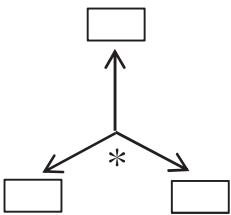
記 号	内 容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管
	鳥瞰図番号
	アンカ

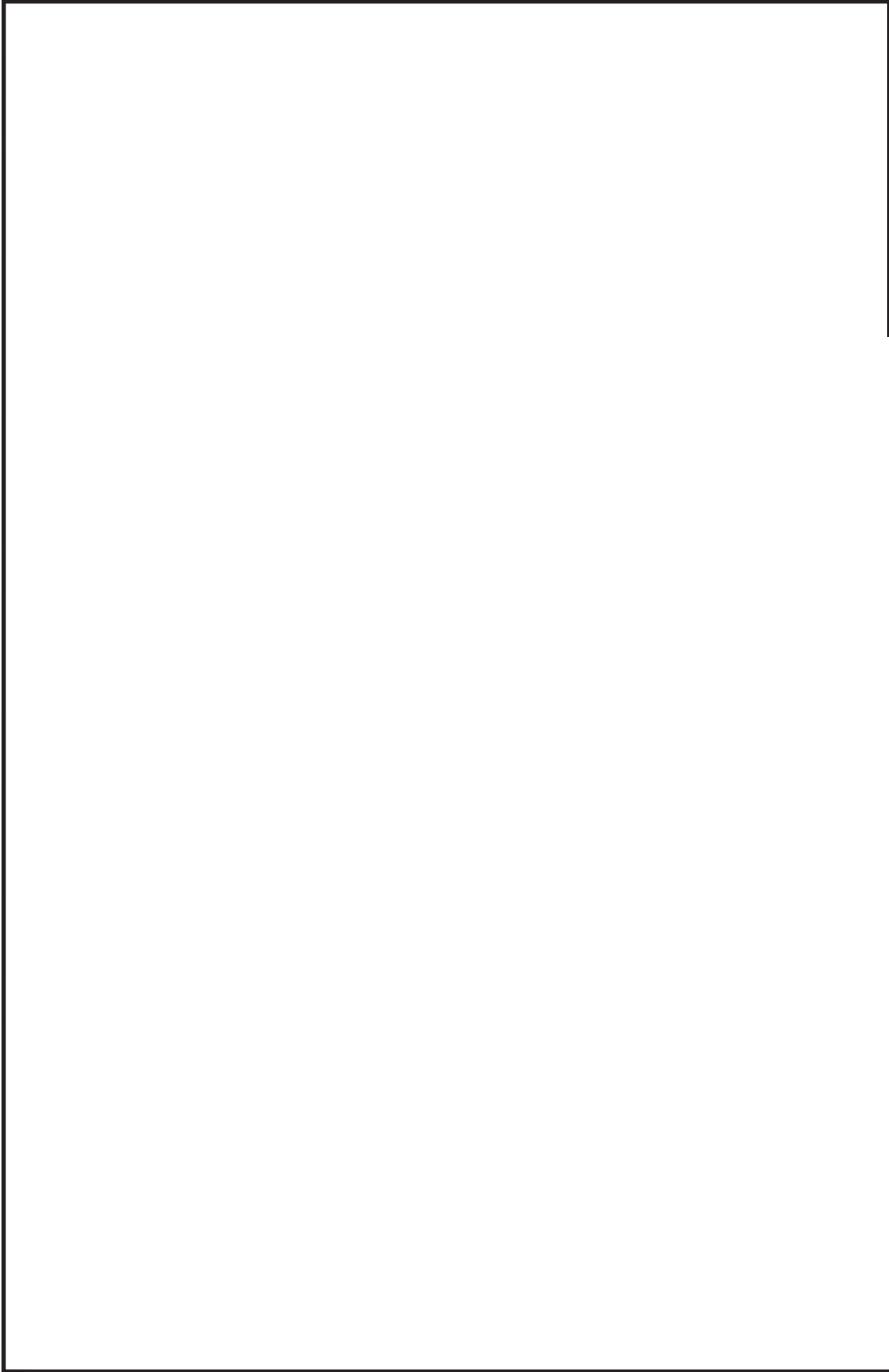


高圧炉心スプレイ補機冷却海水系概略系統図

2.2 鳥瞰図

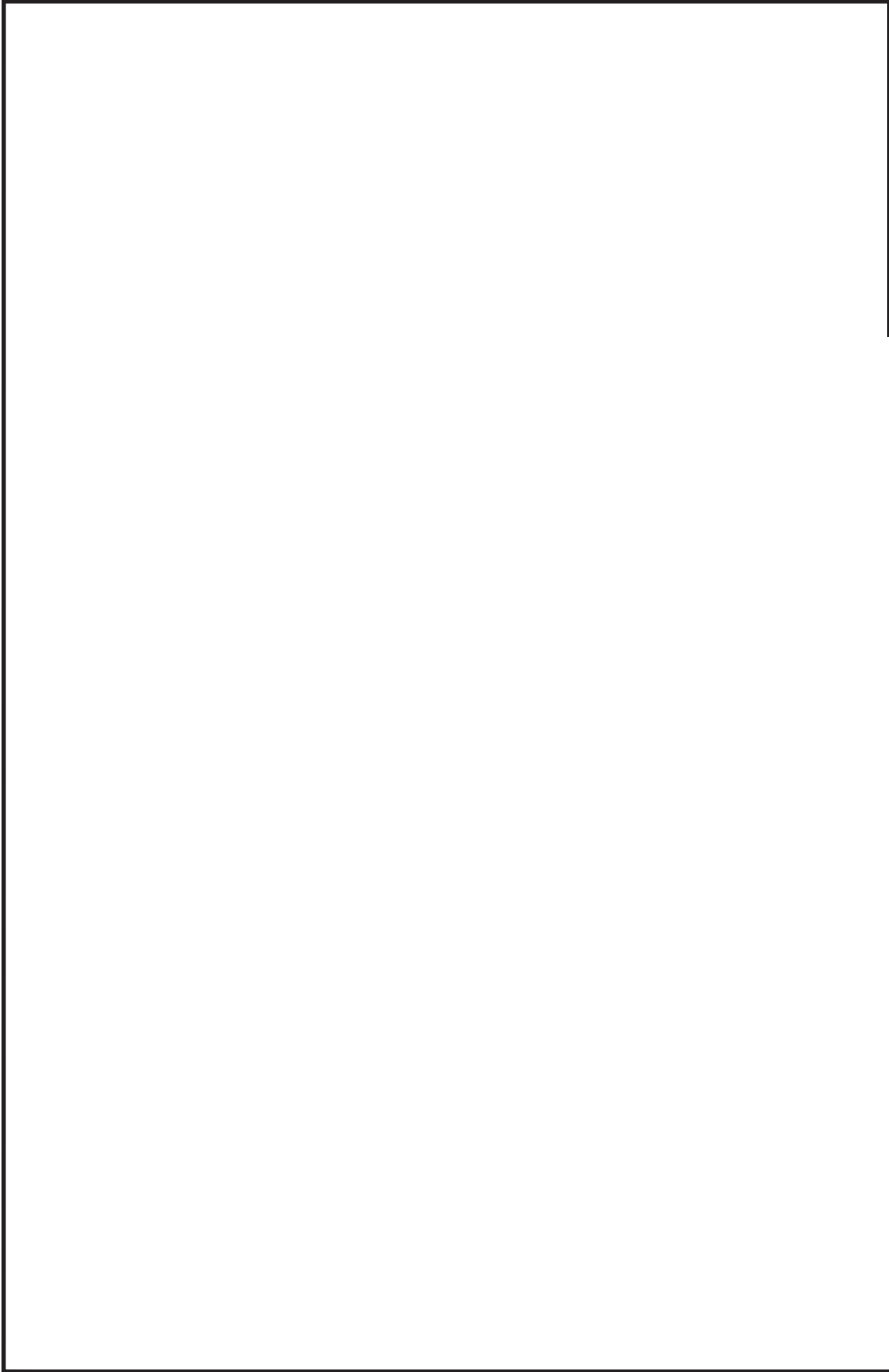
鳥瞰図記号凡例

記号	内容
	<p>工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管</p>
	<p>工事計画記載範囲外の管</p>
	<p>工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって解析モデルとして本系統に記載する管</p>
	<p>質点</p>
	<p>アンカ</p>
	<p>レストレイント (矢印は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。スナップについても同様とする。)</p>
	<p>スナップ</p>
	<p>ハンガ</p>
	<p>ガイド</p>
	<p>拘束点の地震による相対変位量(mm) (*は評価点番号, 矢印は拘束方向を示す。また, 内に変位量を記載する。)</p>



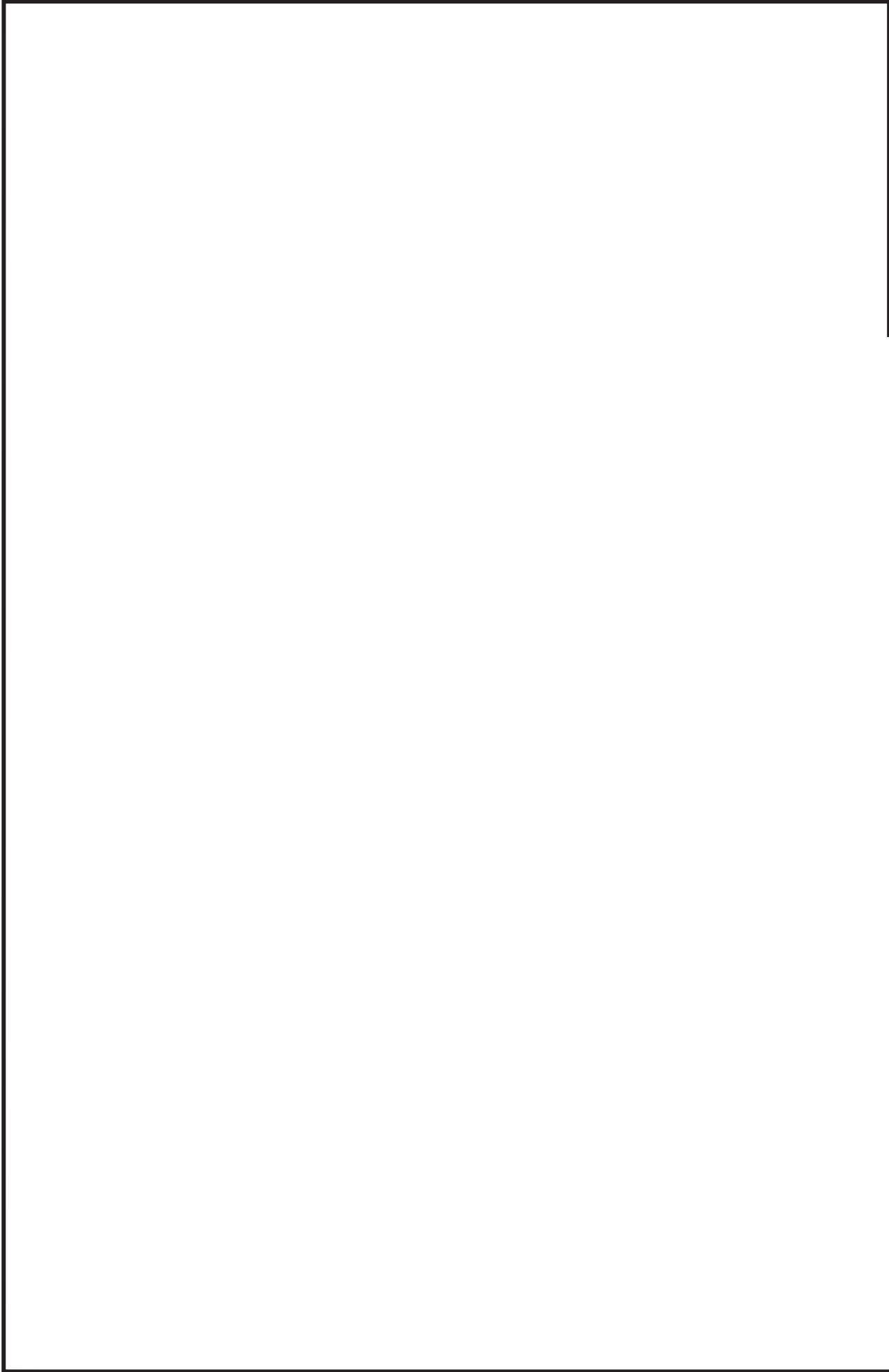
鳥瞰図 HPSW-003-1/3

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 HPSW-003-2/3

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 HPSW-003-3/3

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3. 計算条件

3.1 計算方法

管の構造強度評価は、「基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。解析コードは、「I S A P」,「S A P - V」及び「M S A P」を使用し、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設分類*1	設備分類	機器等の区分	耐震重要度分類	荷重の組合せ*2, *3	許容応力状態
原子炉冷却 系統施設	原子炉補機冷却設備	高圧炉心スプレイ 補機冷却海水系	DB	—	クラス3管	S	I _L + S d	III _A S
							II _L + S d	
							I _L + S s	
							II _L + S s	IV _A S

注記*1：DBは設計基準対象施設，SAは重大事故等対処設備を示す。

*2：運転状態の添字Lは荷重を示す。

*3：許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

3.3 設計条件

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

鳥 瞰 図 H P S W - 0 0 3

管名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	0.78	50	216.3	8.2	STS410	S	201000

設計条件

管名称と対応する評価点
 評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図 H P S W - 0 0 3

管名称	対 応 す る 評 価 点															
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	15	16	
	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	
	47	48	49	50	51	52	53	54	55	57	58	59	60	61	62	
	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	
	78	94	97	98	801	802	803	804	805	806	810	811	812	901	902	
	903	904	907	912												

配管の質量（付加質量含む）

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
1		23		42		62		98	
2		24		43		63		801	
3		25		44		64		802	
4		26		45		65		803	
5		27		46		66		804	
6		28		47		67		805	
7		29		48		68		806	
8		30		49		69		810	
9		31		50		70		811	
10		32		51		71		812	
11		33		52		72		901	
12		34		53		73		902	
16		35		54		74		903	
17		36		55		75		904	
18		37		57		76		907	
19		38		58		77		912	
20		39		59		78			
21		40		60		94			
22		41		61		97			

弁部の質量を下表に示す。

弁 1

評価点	質量(kg)
13	
14	
15	

弁部の寸法を下表に示す。

弁NO.	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
弁1	14			

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 H P S W - 0 0 3

支持点部のばね定数を下表に示す。

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1						
9						
21						
27						
30						
34						
40						
48						
52						
61						
66						
73						
77						
94						
** 901 **						
** 902 **						
903						
904						
907						
912						

O 2 ⑤ VI-2-5-7-2-5(2) (設) R 0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3.4 材料及び許容応力評価条件

使用する材料の最高使用温度での許容応力評価条件を下表に示す。

材料	最高使用温度 (°C)	S m (MPa)	S y (MPa)	S u (MPa)	S h (MPa)
STS410	50	—	239	409	—

3.5 設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答曲線を下表に示す。

なお、設計用床応答曲線は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき策定したものをを用いる。また、減衰定数は、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

鳥 瞰 図	建物・構築物	標高(O.P. (m))	減衰定数(%)
H P S W - 0 0 3	原子炉建屋		

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥瞰図 HPSW-003

モード	適用する地震動等		S d 及び静的震度				S s	
	固有周期 (s)	応答水 平震 度*1	応答鉛直震度*1		応答水 平震 度*1		応答鉛直震度*1	
			X方 向	Z方 向	X方 向	Z方 向	Y方 向	Y方 向
1次								
2次								
3次								
4次								
5次								
6次								
7次								
8次								
21次								
22次*2								
動的震度*3								
静的震度*4								

注記*1：各モードの固有周期に対し、設計用床応答曲線より得られる震度を示す。
 *2：固有周期が0.050s以下であることを示す。
 *3：S d又はS s地震動に基づく設計用最大床応答加速度より定めた震度を示す。
 *4：3.6C_I及び1.2C_Vより定めた震度を示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

各モードに対応する刺激係数

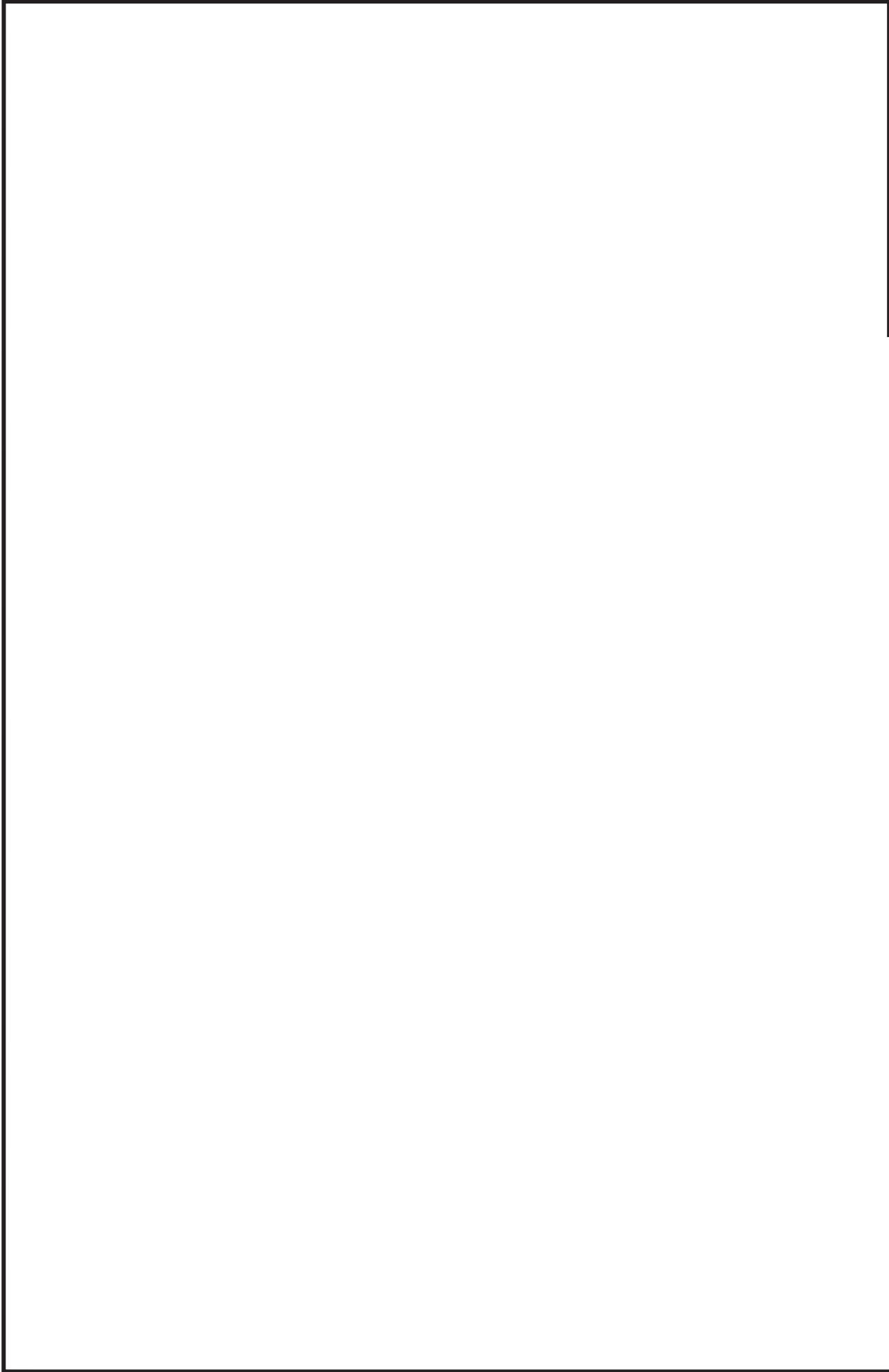
鳥 瞰 図 HPSW-003

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

注記*：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

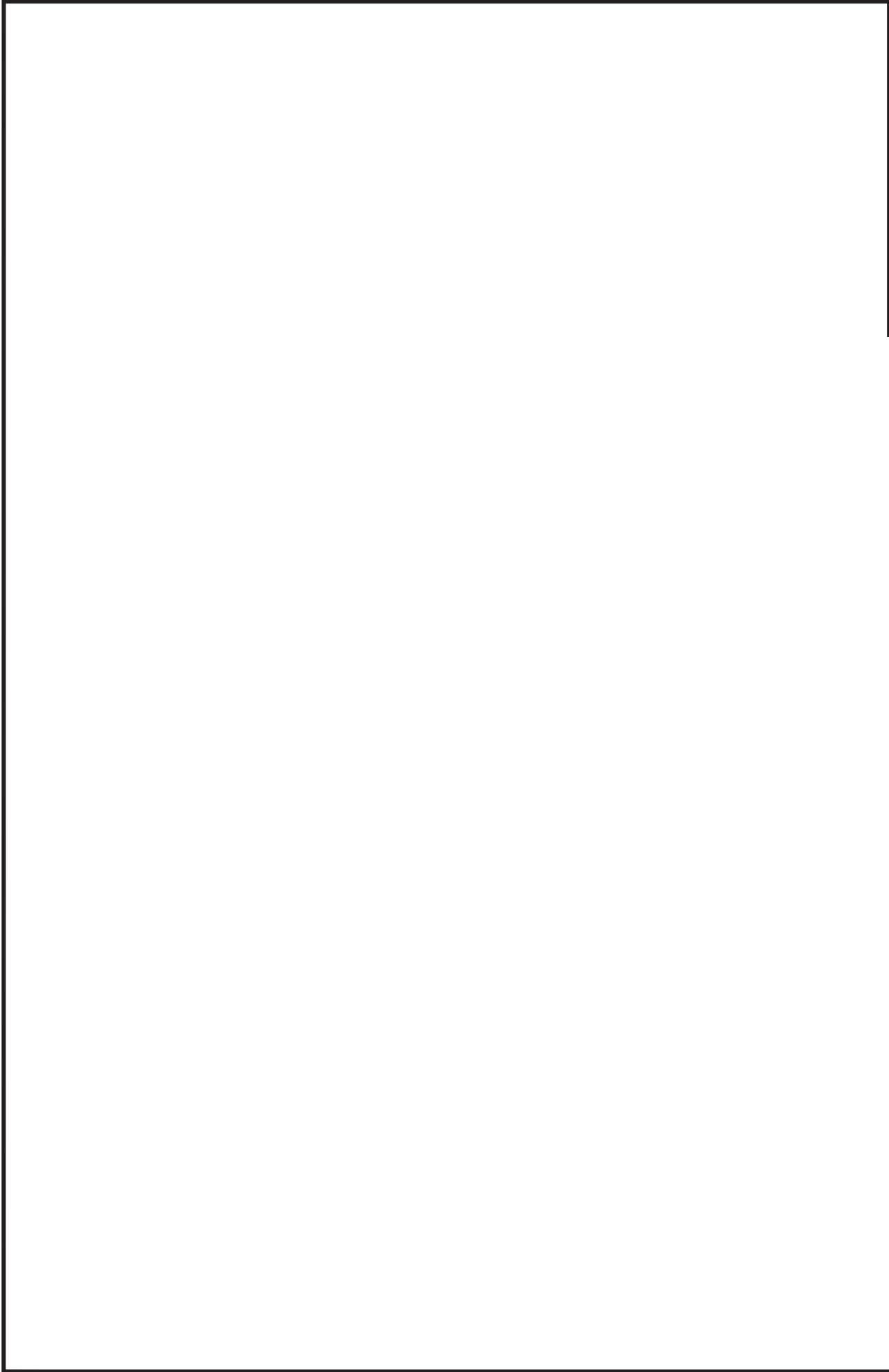
代表的振動モード図

振動モード図は、3次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し、次ページ以降に示す。



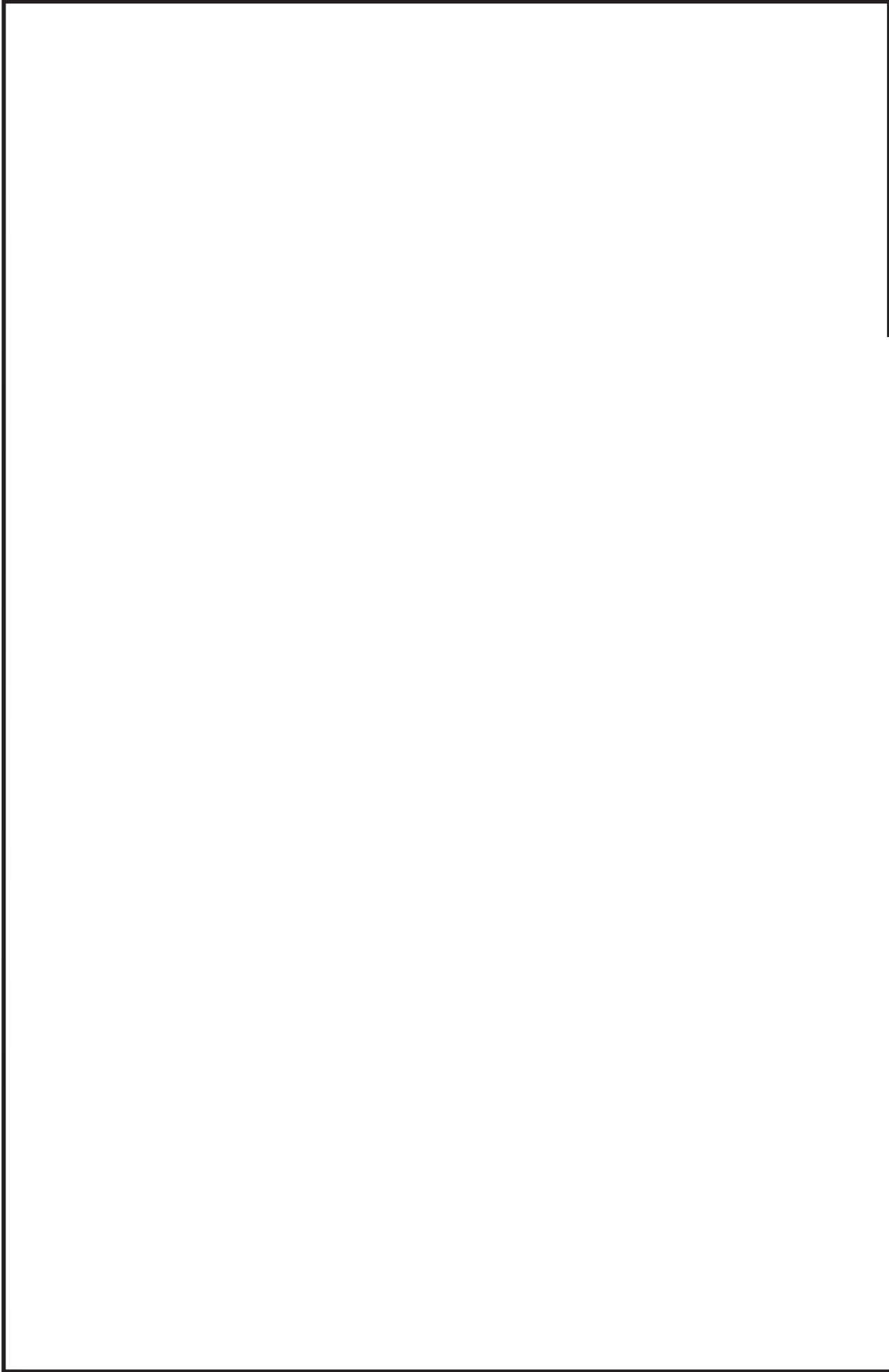
鳥瞰図 HPSW-003

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 HPSW-003

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 HPSW-003

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4.2 評価結果

4.2.1 管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

クラス2以下の管

鳥瞰図	許容応力 状態	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)		一次+二次応力評価 (MPa)		疲労評価
				計算応力 S p r m (S d) S p r m (S s)	許容応力 S y *1 0.9・S u	計算応力	許容応力	
H P S W - 0 0 3	III _A S	54	S p r m (S d)	122	239	—	—	—
	IV _A S	54	S p r m (S s)	205	368	—	—	—
	IV _A S	98	S n (S s)	—	—	394	478	U S s

注記 *1: オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については、S y と 1.2・S h のうち大きい方とする。

4.2.3 弁の動的機能維持評価結果

下表に示すとおり機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下又は計算応力が許容応力以下である。

弁番号	形式	要求機能	機能維持評価用加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		機能確認済加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		構造強度評価結果 (MPa)	
			水平	鉛直	水平	鉛直	計算応力	許容応力
—	—	—	—	—	—	—	—	—

4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と余裕を算出し、応力分類ごとに余裕が最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果(クラス2管)

No.	配管モデル	許容応力状態 III _A S										許容応力状態 IV _A S							
		一次応力					一次応力					一次+二次応力*			疲労評価				
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	余裕	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	余裕	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	余裕	代表	評価点	疲労係数	代表
1	HPSW-001	421	46	239	5.19	—	421	67	368	5.49	—	421	196	478	2.43	—	—	—	—
2	HPSW-002	801	98	239	2.43	—	801	150	368	2.45	—	411	268	478	1.78	—	—	—	—
3	HPSW-003	54	122	239	1.95	○	54	205	368	1.79	○	98	394	478	1.21	○	—	—	—

注記*：III_ASの一次+二次応力の許容値はIV_ASと同様であることから、地震荷重が大きいIV_ASの一次+二次応力余裕最小を代表とする。

重大事故等対処設備

目次

1. 概要	1
2. 概略系統図及び鳥瞰図	2
2.1 概略系統図	2
2.2 鳥瞰図	4
3. 計算条件	8
3.1 計算方法	8
3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態	9
3.3 設計条件	10
3.4 材料及び許容応力評価条件	13
3.5 設計用地震力	14
4. 解析結果及び評価	15
4.1 固有周期及び設計震度	15
4.2 評価結果	21
4.2.1 管の応力評価結果	21
4.2.2 支持構造物評価結果	22
4.2.3 弁の動的機能維持評価結果	23
4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	24

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-13-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」（以下「基本方針」という。）に基づき、高圧炉心スプレイ補機冷却海水系の管、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及び動的機能を有していることを説明するものである。

評価結果の記載方法は、以下に示すとおりである。

(1) 管

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全3モデルのうち、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を4.2.4に記載する。

(2) 支持構造物

工事計画記載範囲の支持点のうち、種類及び型式単位に反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。






(3) 弁

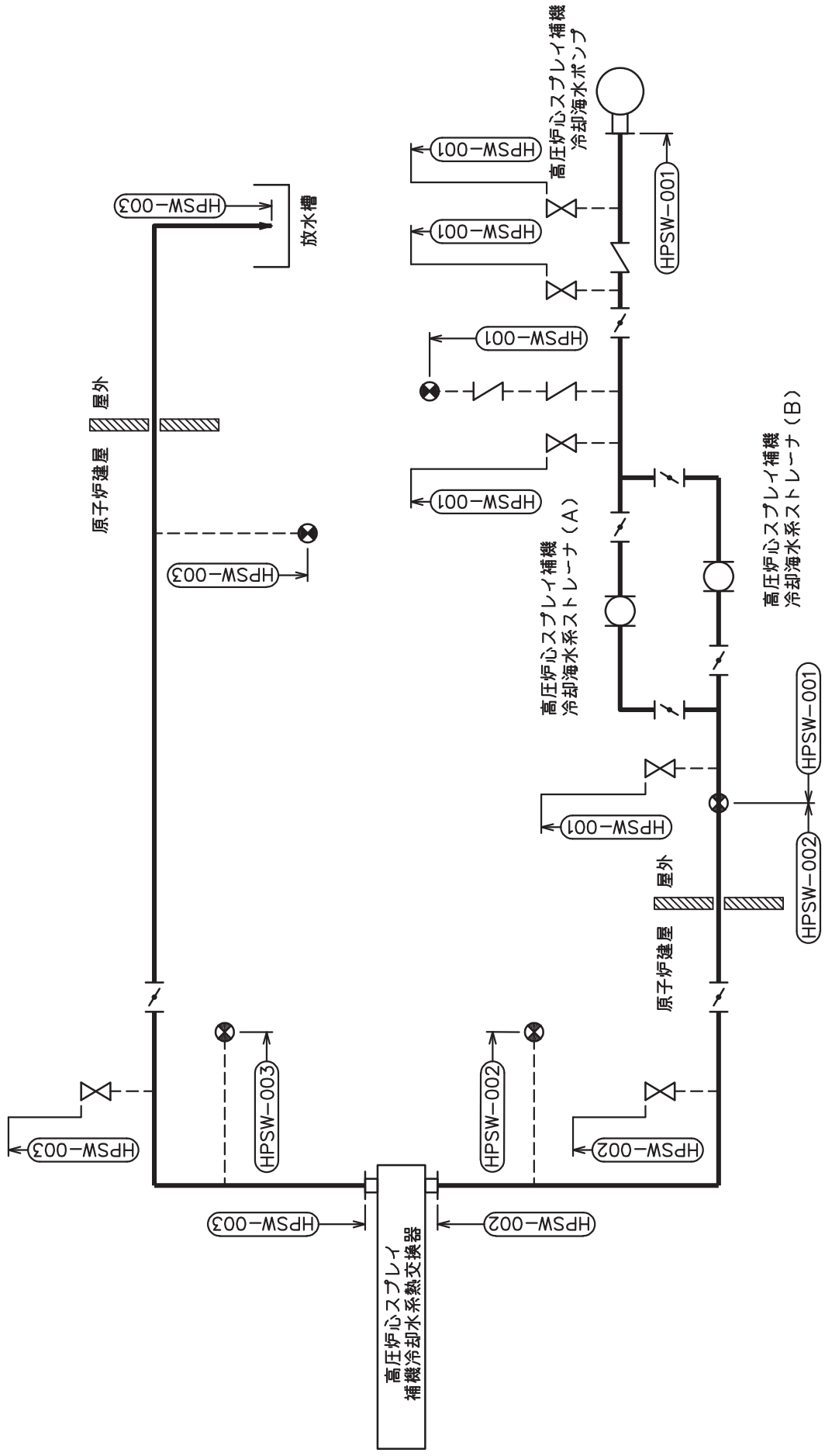
機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として、評価結果を記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例


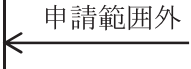



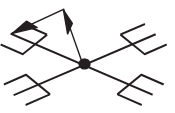
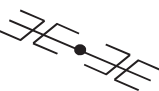

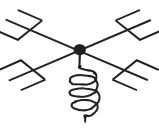
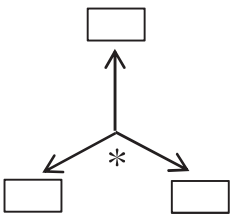
記 号	内 容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管
	鳥瞰図番号
	アンカ

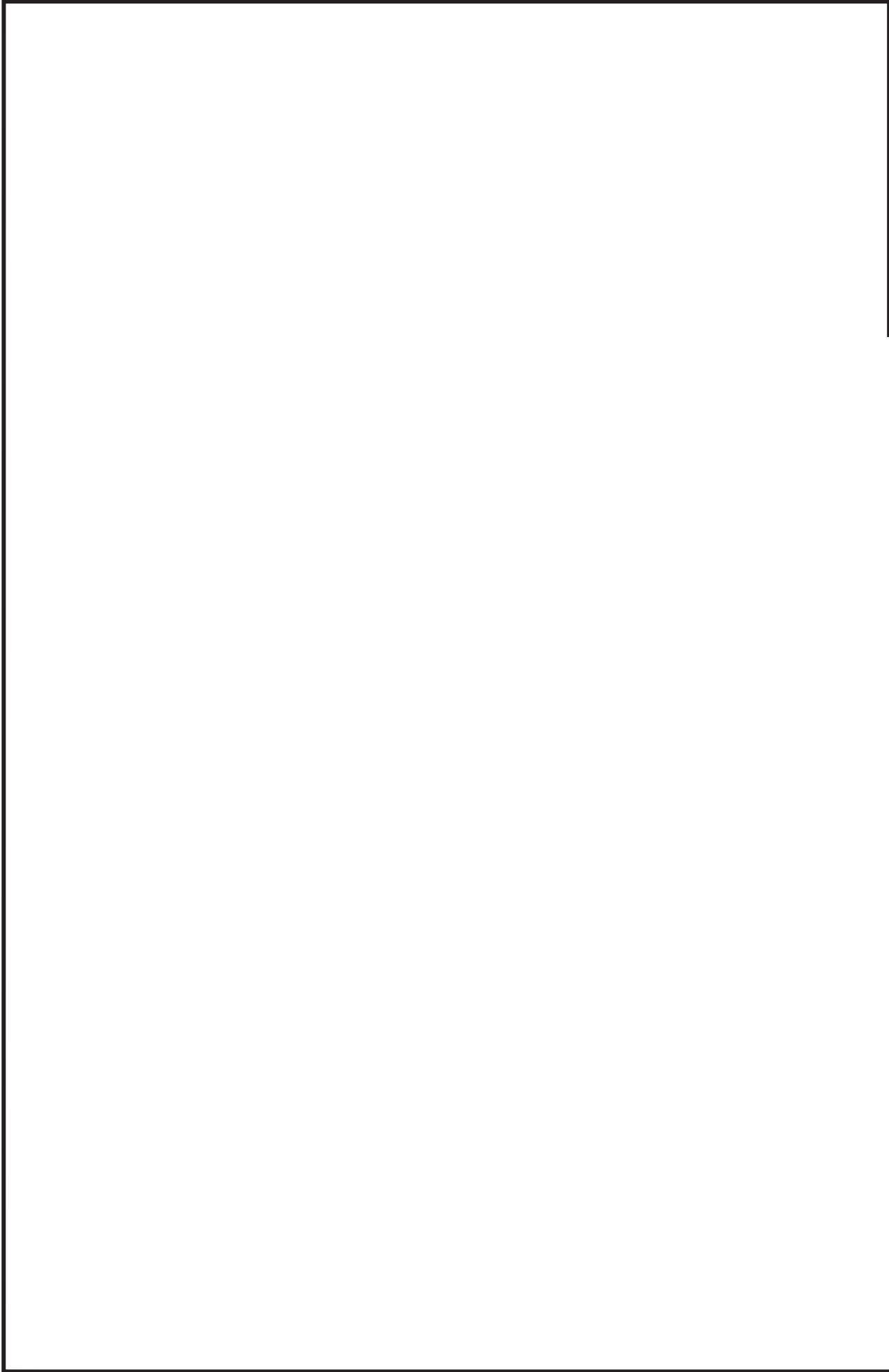


高圧炉心スプレー補機冷却海水系概略系統図

2.2 鳥瞰図

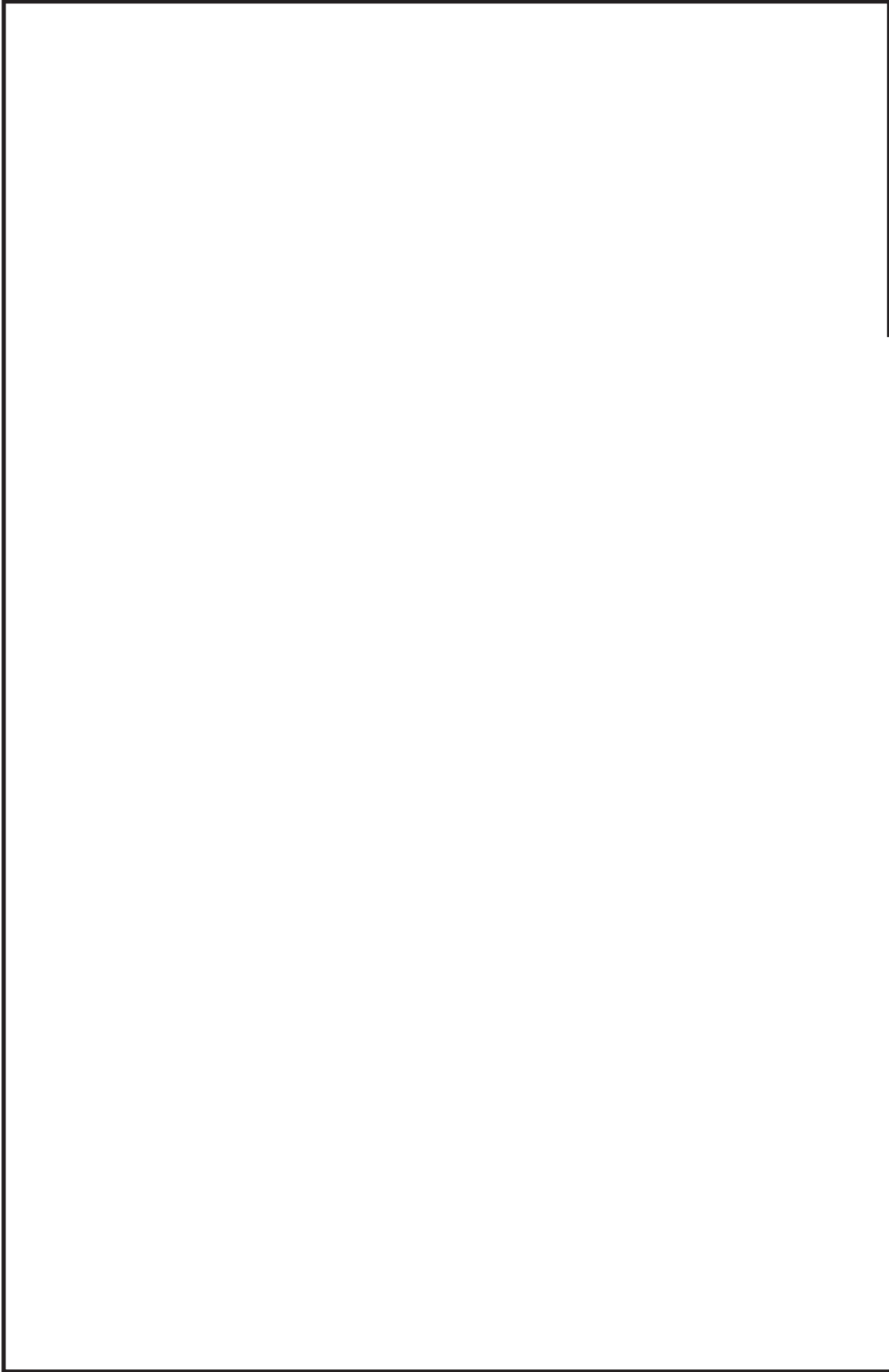
鳥瞰図記号凡例

記号	内容
	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
	工事計画記載範囲外の管
	工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって解析モデルとして本系統に記載する管
	質点
	アンカ
	レストレイント (矢印は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。スナップについても同様とする。)
	スナップ
	ハンガ
	ガイド
	拘束点の地震による相対変位量(mm) (*は評価点番号, 矢印は拘束方向を示す。また, 内に変位量を記載する。)



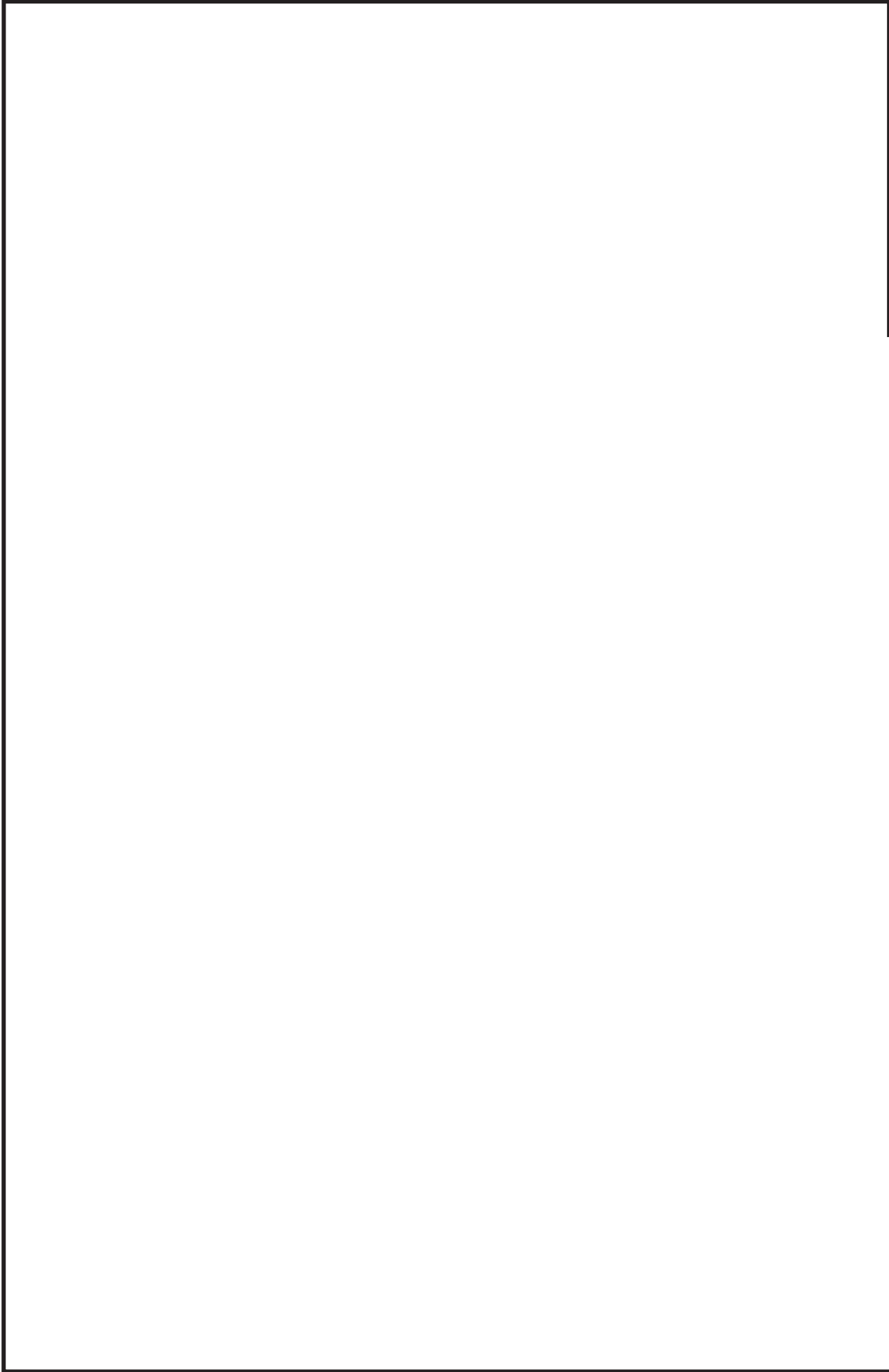
鳥瞰図 HPSW-003-1/3

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 HPSW-003-2/3

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 HPSW-003-3/3

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3. 計算条件

3.1 計算方法

管の構造強度評価は、「基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。解析コードは、「I S A P」,「S A P - V」及び「M S A P」を使用し、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設分類*1	設備分類*2	機器等の区分	耐震重要度分類	荷重の組合せ*3, *4	許容応力状態*5
原子炉冷却系統施設	原子炉補機冷却設備	高圧炉心スプレイ補機冷却海水系	SA	常設/防止(DB 拡張)	重大事故等クラス2管	—	V _L + S s	V _A S

注記*1：DBは設計基準対象施設，SAは重大事故等対処設備を示す。

*2：「常設/防止(DB 拡張)」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）を示す。

*3：運転状態の添字Lは荷重を示す。

*4：許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

*5：許容応力状態V_ASは許容応力状態IV_ASの許容限界を使用し，許容応力状態IV_ASとして評価を実施する。

3.3 設計条件

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

鳥 瞰 図 H P S W - 0 0 3

管名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	0.78	50	216.3	8.2	STS410	—	201000

設計条件

管名称と対応する評価点
 評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図 H P S W - 0 0 3

管名称	対 応 す る 評 価 点															
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	15	16	
	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	
	47	48	49	50	51	52	53	54	55	57	58	59	60	61	62	
	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	
	78	94	97	98	801	802	803	804	805	806	810	811	812	901	902	
	903	904	907	912												

配管の質量（付加質量含む）

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
1		23		42		62		98	
2		24		43		63		801	
3		25		44		64		802	
4		26		45		65		803	
5		27		46		66		804	
6		28		47		67		805	
7		29		48		68		806	
8		30		49		69		810	
9		31		50		70		811	
10		32		51		71		812	
11		33		52		72		901	
12		34		53		73		902	
16		35		54		74		903	
17		36		55		75		904	
18		37		57		76		907	
19		38		58		77		912	
20		39		59		78			
21		40		60		94			
22		41		61		97			

弁部の質量を下表に示す。

弁 1

評価点	質量(kg)
13	
14	
15	

弁部の寸法を下表に示す。

弁NO.	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
弁1	14			

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 H P S W - 0 0 3

支持点部のばね定数を下表に示す。

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1						
9						
21						
27						
30						
34						
40						
48						
52						
61						
66						
73						
77						
94						
** 901 **						
** 902 **						
903						
904						
907						
912						

O 2 ⑤ VI-2-5-7-2-5(2) (重) R 0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3.4 材料及び許容応力評価条件

使用する材料の最高使用温度での許容応力評価条件を下表に示す。

材料	最高使用温度 (°C)	S m (MPa)	S y (MPa)	S u (MPa)	S h (MPa)
STS410	50	—	239	409	—

3.5 設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答曲線を下表に示す。

なお、設計用床応答曲線は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき策定したものをを用いる。また、減衰定数は、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

鳥 瞰 図	建物・構築物	標高(O.P. (m))	減衰定数(%)
H P S W - 0 0 3	原子炉建屋		

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥瞰図 HPSW-003

モード	適用する地震動等		S d 及び静的震度			S s		
	固有周期 (s)	応答水平震度*1		応答鉛直震度*1		応答水平震度*1		応答鉛直震度*1
		X 方向	Z 方向	X 方向	Z 方向	X 方向	Z 方向	Y 方向
1 次								
2 次								
3 次								
4 次								
5 次								
6 次								
7 次								
8 次								
21 次								
22 次*2								
動的震度*3								
静的震度*4								

注記*1：各モードの固有周期に対し、設計用床応答曲線より得られる震度を示す。
 *2：固有周期が0.050s以下であることを示す。
 *3：S d又はS s地震動に基づく設計用最大床応答加速度より定めた震度を示す。
 *4：3.6C_I及び1.2C_Vより定めた震度を示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

各モードに対応する刺激係数

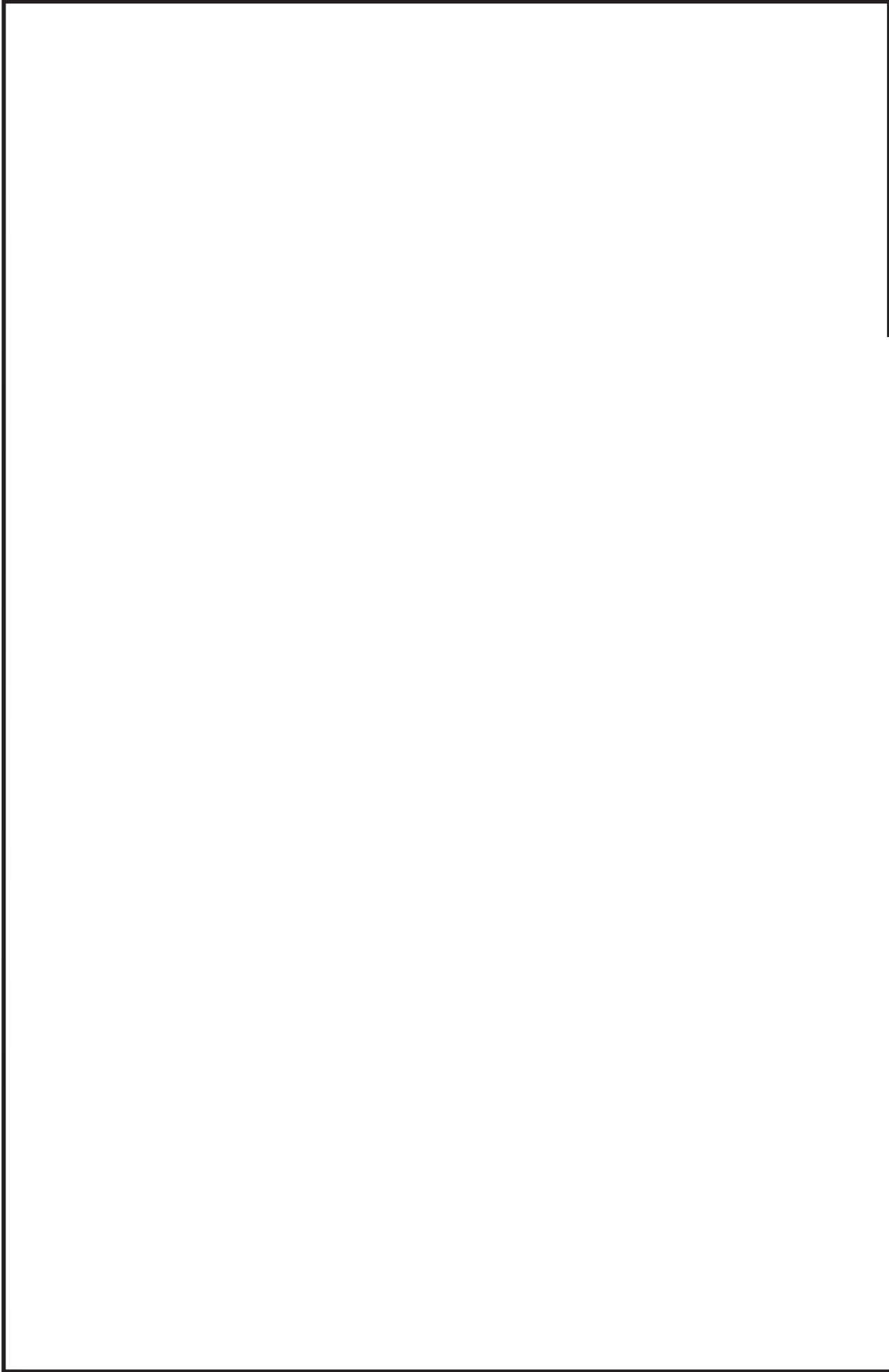
鳥 瞰 図 HPSW-003

モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X 方 向	Y 方 向	Z 方 向
1 次	0.158	0.007	0.017	0.347
2 次				
3 次				
4 次				
5 次				
6 次				
7 次				
8 次				
21 次				

注記*：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

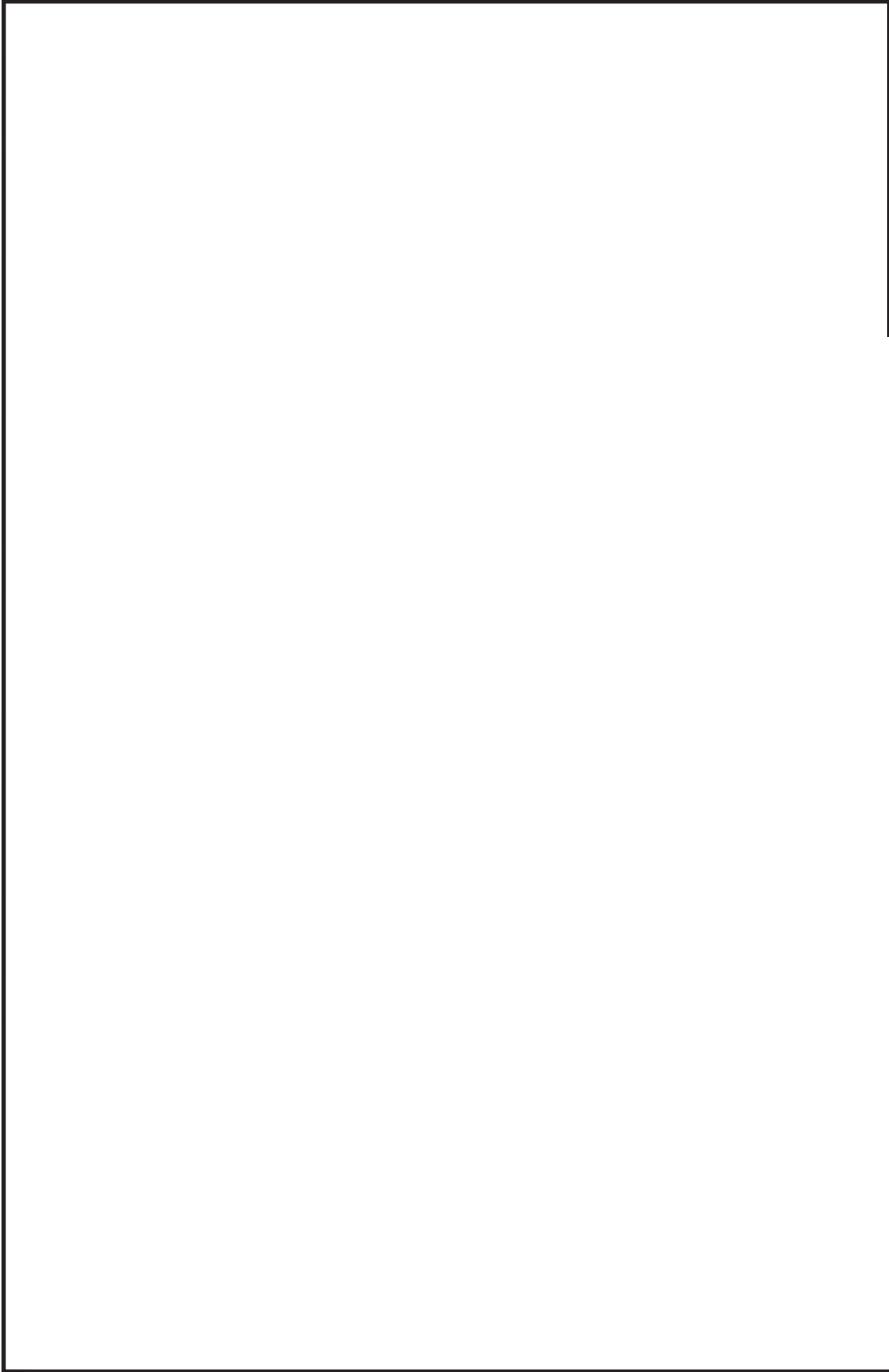
代表的振動モード図

振動モード図は、3次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し、次ページ以降に示す。



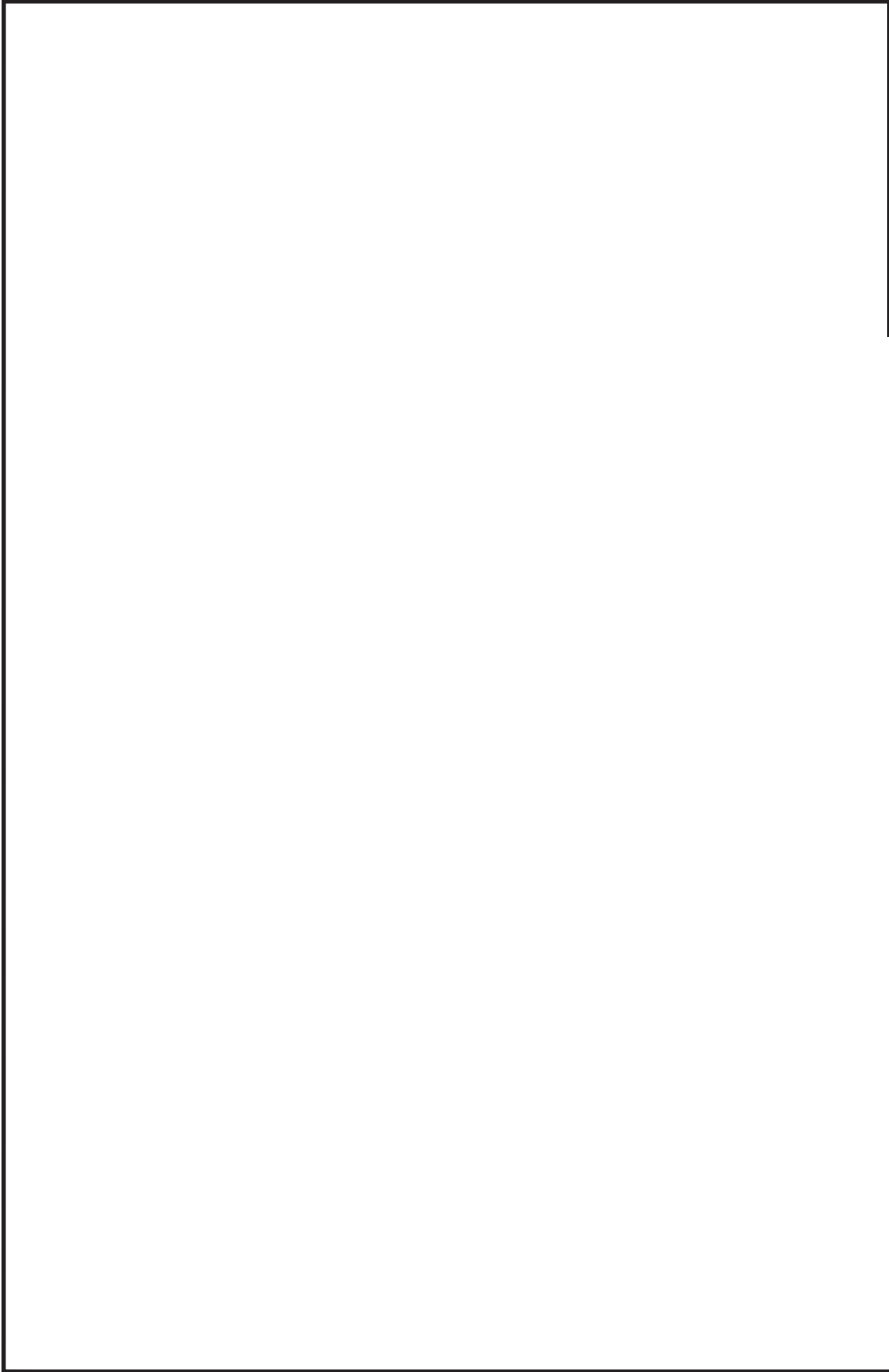
鳥瞰図 HPSW-003

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 HPSW-003

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 HPSW-003

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4.2 評価結果

4.2.1 管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管

鳥瞰図	許容応力 状態	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)		一次＋二次応力評価 (MPa)		疲労評価
				計算応力 S p r m (S s)	許容応力 0. 9 ・ S u	計算応力 S n (S s)	許容応力 2 ・ S y	
H P S W - 0 0 3	V _A S V _A S	54 98	S p r m (S s) S n (S s)	205 —	368 —	— 394	— 478	— U S s

4.2.2 支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果 (荷重評価)

支持構造物 番号	種類	型式	材質	温度 (°C)	評価結果	
					計算 荷重 (kN)	許容 荷重 (kN)
HPSW-003-901S	メカニカルスナッパ	SMS-3-100	添付書類「VI-2-1-12-1 配管及び支持構造物の耐 震計算について」参照		15	75
HPSW-001-902R	ロッドレストレイント	RSA 6			49	90

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				
HPSW-003-030R	レストレイント	架構	STKR400	40	36	55	29	—	—	—	—	組合せ	136	280
HPSW-003-907R	レストレイント	Uプレート	SS400	40	33	0	133	—	—	—	—	せん断	91	141
HPSW-001-044A	アンカ	ラグ	SGV410	50	99	19	13	0.39	20	30	—	組合せ	111	127

4.2.3 弁の動的機能維持評価結果

下表に示すとおり機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下又は計算応力が許容応力以下である。

弁番号	形式	要求機能	機能維持評価用加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		機能確認済加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		構造強度評価結果 (MPa)	
			水平	鉛直	水平	鉛直	計算応力	許容応力
—	—	—	—	—	—	—	—	—

4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と余裕を算出し、応力分類ごとに余裕が最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果(重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管)

No.	配管モデル	許容応力状態 VAS														
		一次応力						一次+二次応力						疲労評価		
		評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	余裕	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	余裕	代表	評価点	疲労 累積 係数	代表		
1	HPSW-001	421	67	368	5.49	—	421	196	478	2.43	—	—	—	—		
2	HPSW-002	801	150	368	2.45	—	411	268	478	1.78	—	—	—	—		
3	HPSW-003	54	205	368	1.79	○	98	394	478	1.21	○	—	—	—		