

VI-2-4-3-2 燃料プール代替注水系の耐震性についての計算書

VI-2-4-3-2-1 管の耐震性についての計算書

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	12
3.1 計算方法	12
3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態	13
3.3 設計条件	14
3.4 材料及び許容応力	27
3.5 設計用地震力	28
4. 解析結果及び評価	29
4.1 固有周期及び設計震度	29
4.2 評価結果	41
4.2.1 管の応力評価結果	41
4.2.2 支持構造物評価結果	43
4.2.3 弁の動的機能維持評価結果	44
4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	45

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-14「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、燃料プール代替注水系の管、支持構造物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。

評価結果記載方法は、以下に示すとおりである。

(1) 管

設計及び工事の計画書に記載される範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全5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

設計及び工事の計画書に記載される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。

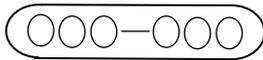
(3) 弁

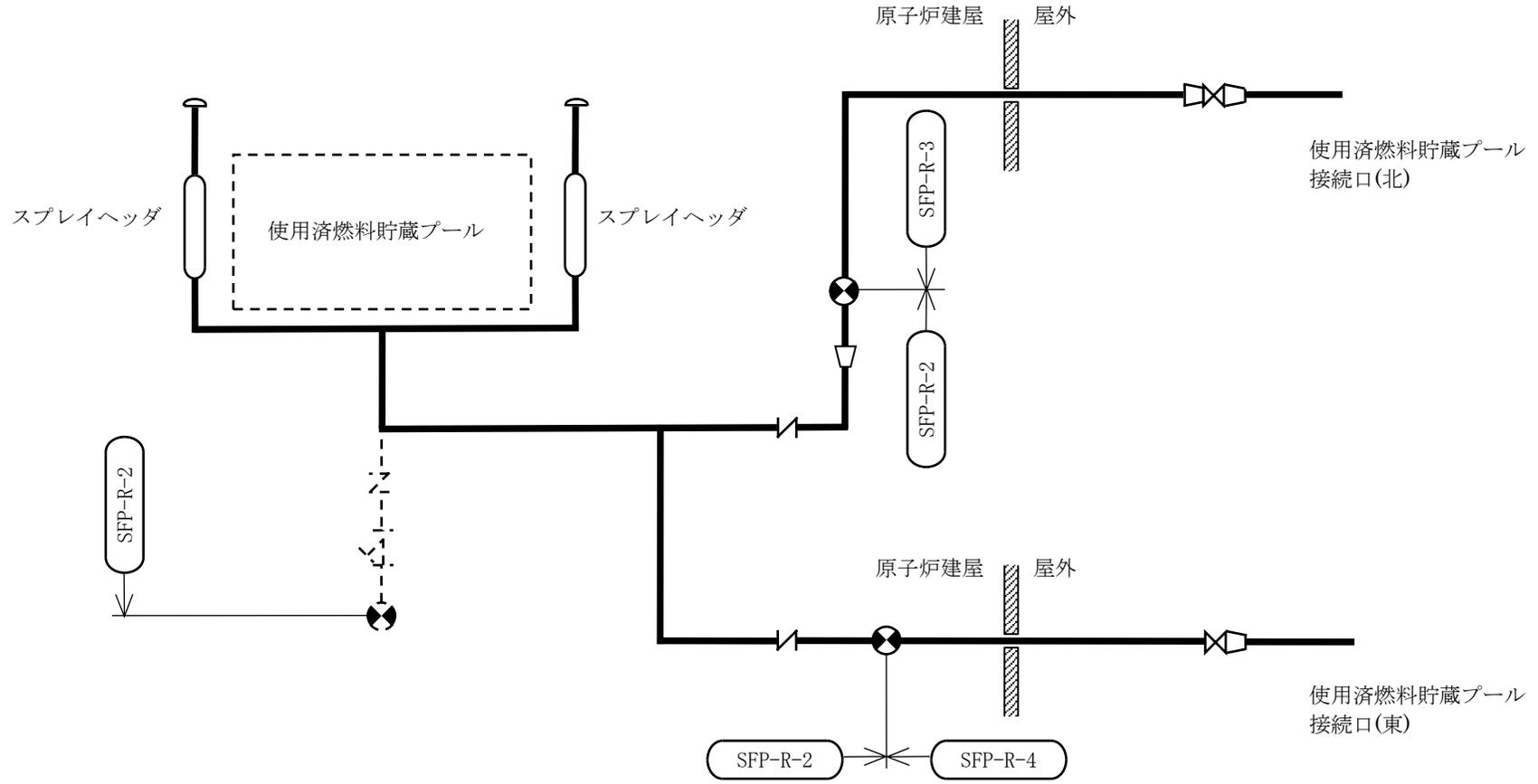
機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として評価結果を記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

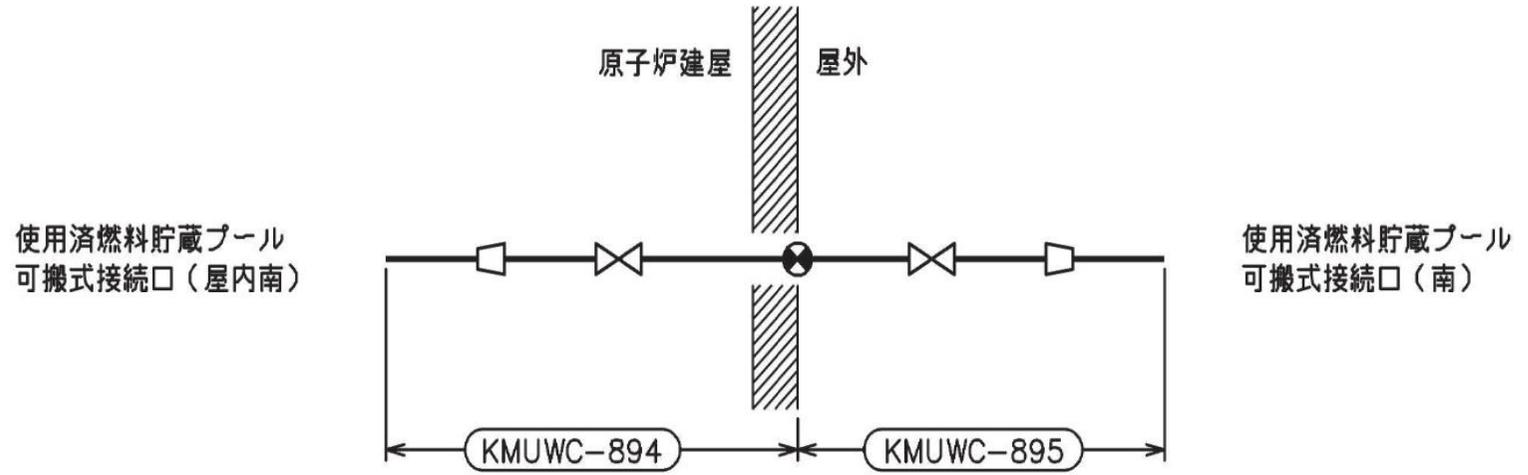
2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例

記号例	内容
 (太線)	設計及び工事の計画書に記載されている範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
 (細線)	設計及び工事の計画書に記載されている範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	設計及び工事の計画書に記載されている範囲外の管又は設計及び工事の計画書に記載されている範囲の管のうち、他系統の管であって解析モデルの概略を示すために表記する管
	鳥瞰図番号
	アンカ



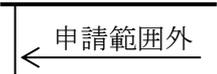
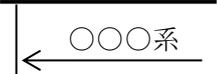
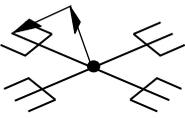
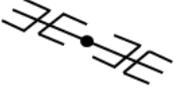
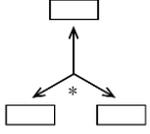
燃料プール代替注水系概略系統図(その1)

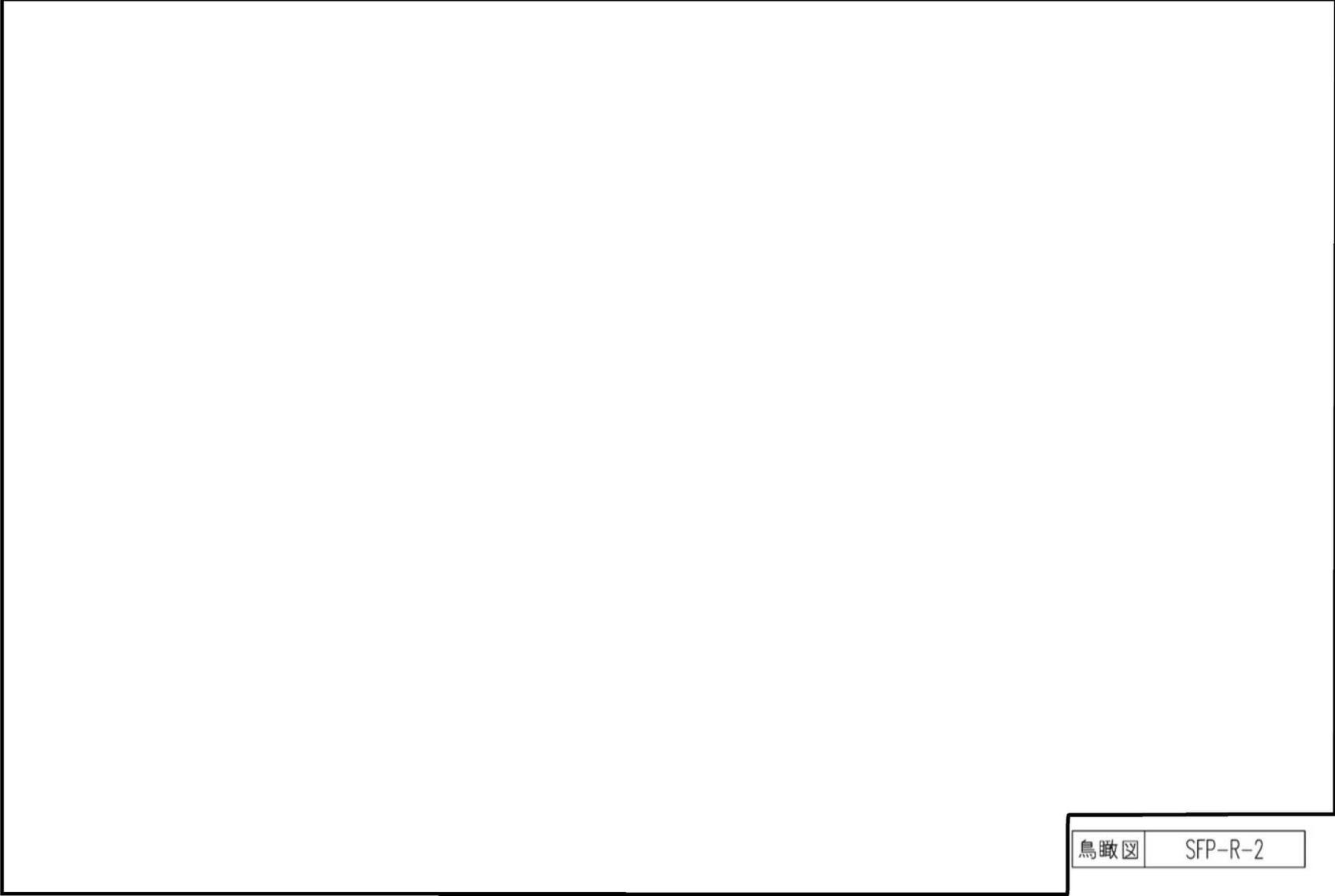


燃料プール代替注水系概略系統図(その2)

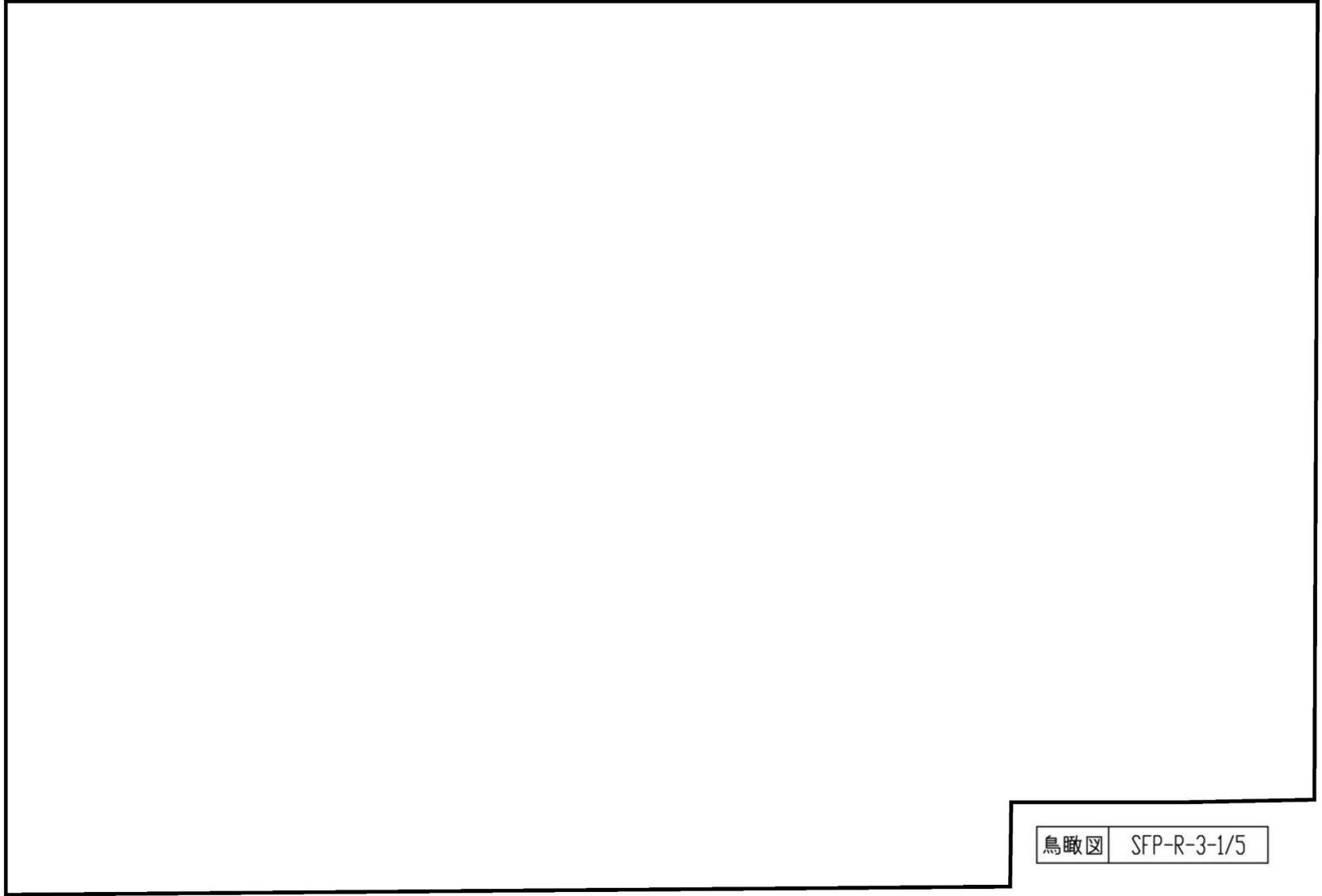
2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

記号例	内容
	設計及び工事の計画書記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
	設計及び工事の計画書記載範囲外の管
	設計及び工事の計画書記載範囲の管のうち、他系統の管であっ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
	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。)

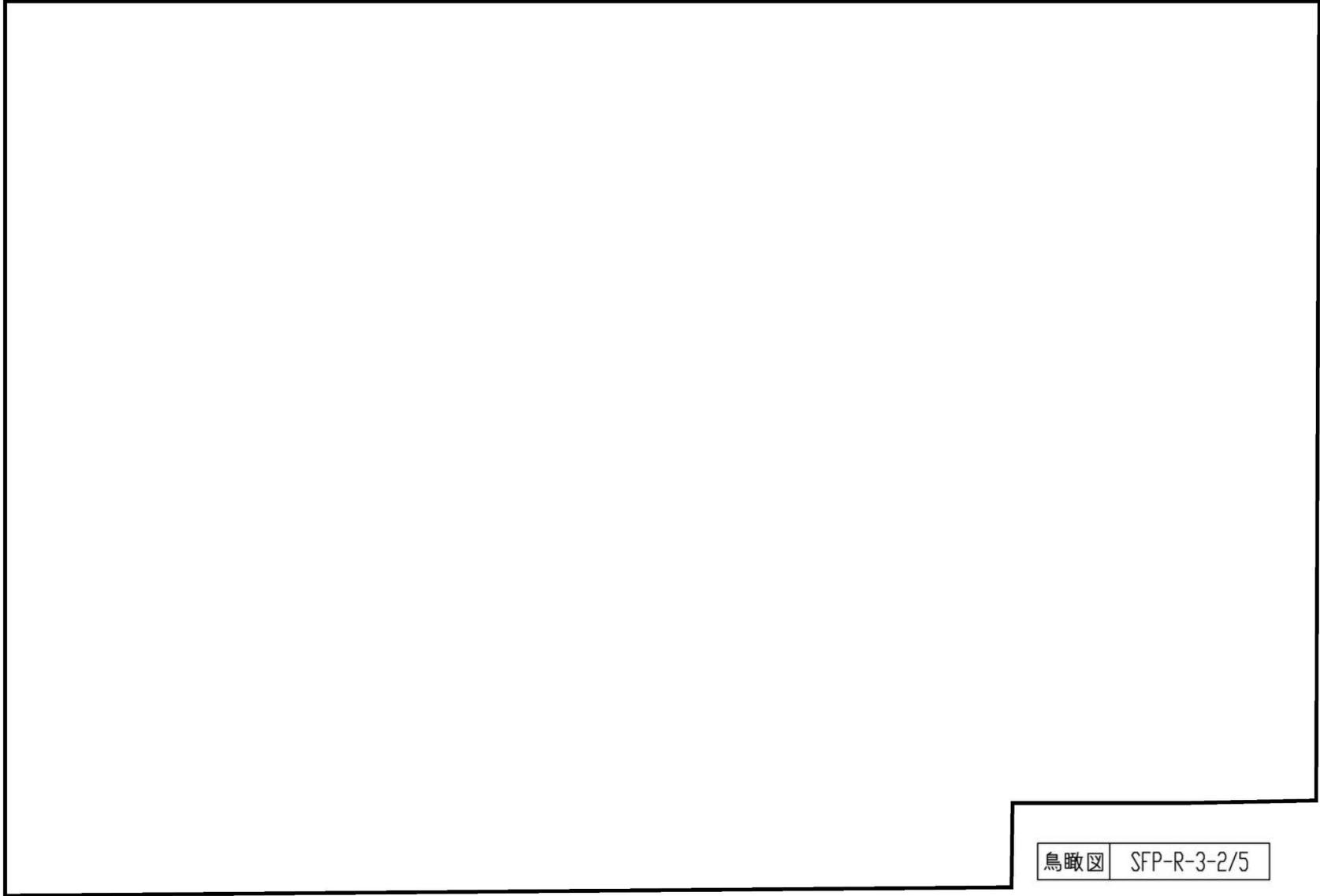


鳥瞰図	SFP-R-2
-----	---------

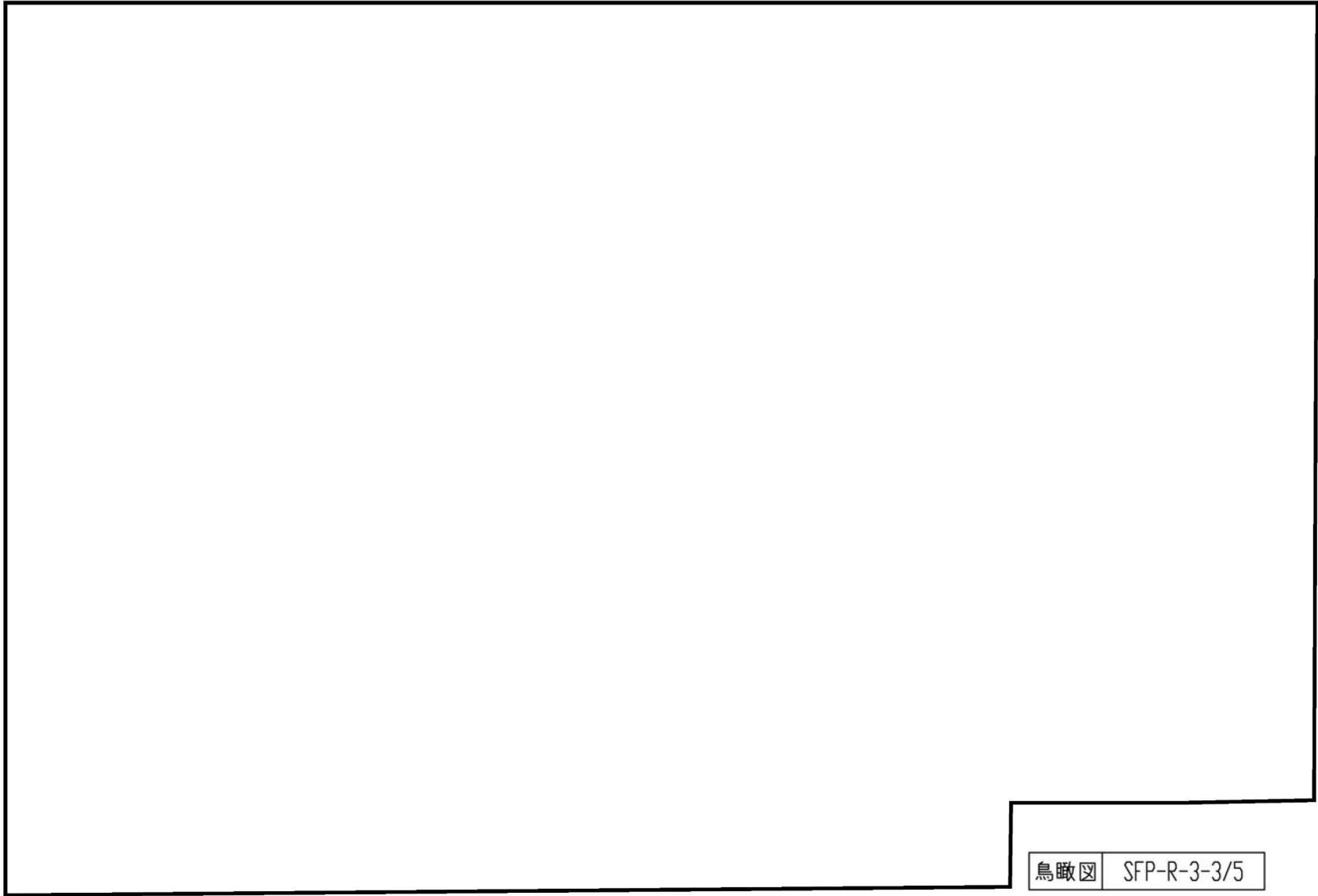


鳥瞰図 SFP-R-3-1/5

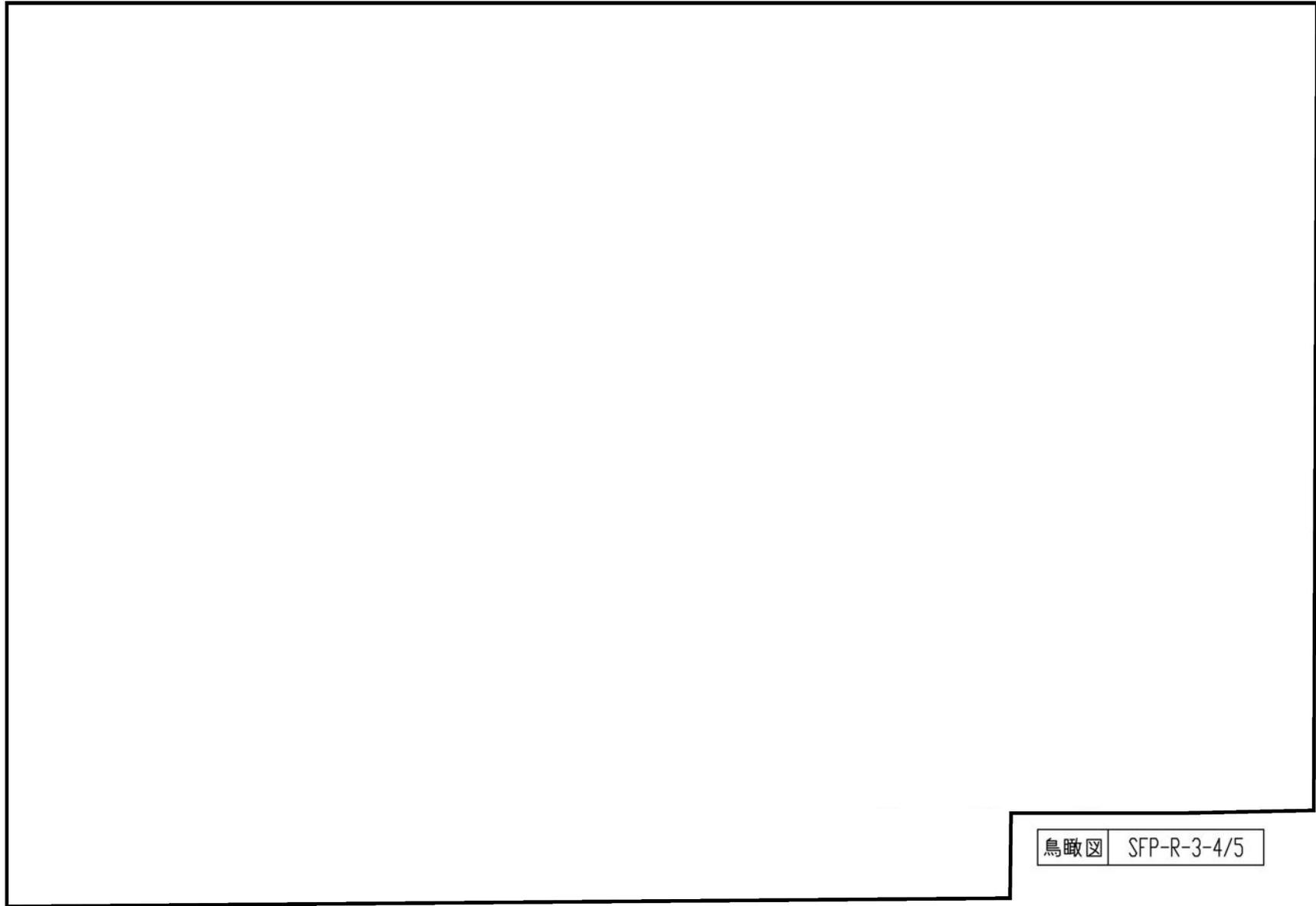
8



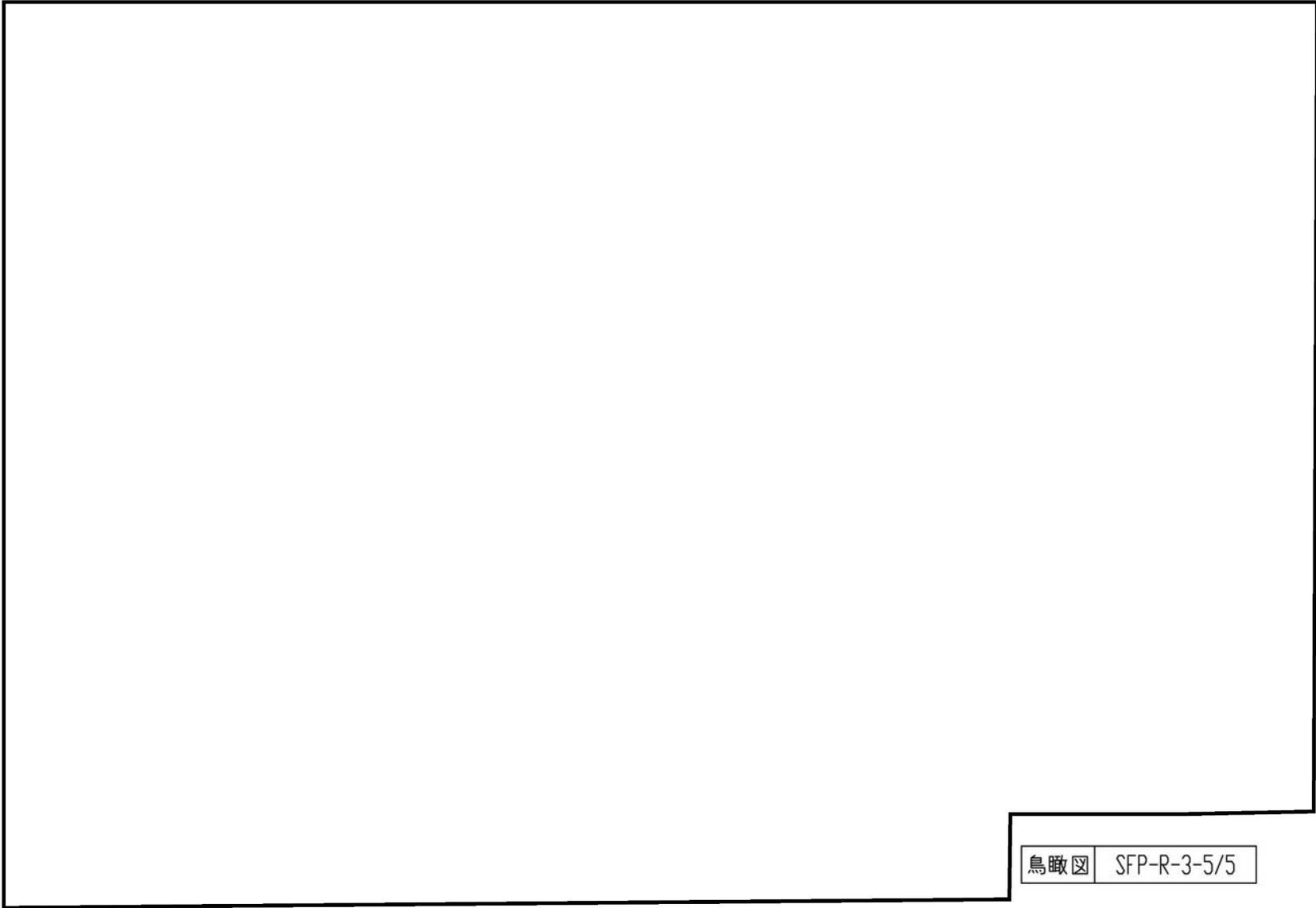
鳥瞰図	SFP-R-3-2/5
-----	-------------



鳥瞰図 SFP-R-3-3/5



鳥瞰図	SFP-R-3-4/5
-----	-------------



鳥瞰図 SFP-R-3-5/5

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、「N u P I A S」及び「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、別紙「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
核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設	使用済燃料貯蔵槽冷却浄化設備	燃料プール代替注水系	S A	常設耐震/防止 常設/緩和	重大事故等 クラス2管	—	V _L +S _s	V _A S

注記*1：D Bは設計基準対象施設，S Aは重大事故等対象設備を示す。

*2：「常設耐震/防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設/緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*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 SFP-R-2

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	2.00	100	89.1	5.5	SUS304TP	—	190000
2	2.00	100	114.3	6.0	SUS304TP	—	190000
6	2.00	100	101.7	5.8	SUS304TP	—	190000

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 SFP-R-2

管名称	対 応 す る 評 価 点										
1	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	56	57	58	59	60
	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	72
	73	74	77	78	80	81					
2	75	76									
6	74	75									

配管の質量(配管の付加質量及びフランジの質量を含む)

鳥 瞰 図 SFP-R-2

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量 (kg)								
17		30		43		56		69	
18		31		44		57		70	
19		32		45		58		72	
20		33		46		59		73	
21		34		47		60		74	
22		35		48		61		75	
23		36		49		62		76	
24		37		50		63		77	
25		38		51		64		78	
26		39		52		65		80	
27		40		53		66		81	
28		41		54		67			
29		42		55		68			

鳥 瞰 図 SFP-R-2

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)
70		78	
71		79	
72		80	

鳥 瞰 図 SFP-R-2

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	70~72			
弁 2	78~80			

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 SFP-R-2

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
23						
27						
30						
34						
37						
41						
44						
48						
52						
57						
61						
64						
76						
81						

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 SFP-R-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	2.0	40	76.3	5.2	SUS304TP	—	193667
3	2.0	40	114.3	6.0	SUS304TP	—	193667
4	2.0	100	114.3	6.0	SUS304TP	—	190000
5	2.0	40	101.7	5.8	SUS304TP	—	193667
6	2.0	40	82.7	5.4	SUS304TP	—	193667
8	2.0	40	114.3	6.0	SUS304TP	—	193667

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 SFP-R-3

管名称	対 応 す る 評 価 点										
1	1	2	3								
3	7	8	9	10	11	12	13	14	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	56	57	58	61	62	63
	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74
	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85
	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
	97	98									
4	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108
	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119
	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130
	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141
	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152
5	6	7									
6	3	4									
8	58	59	60	61							

K6 ① VI-2-4-3-2-1 (重) R0

配管の質量(配管の付加質量及びフランジの質量を含む)

鳥 瞰 図 SFP-R-3

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)								
1		34		66		98		130	
2		35		67		99		131	
3		36		68		100		132	
4		37		69		101		133	
6		38		70		102		134	
7		39		71		103		135	
8		40		72		104		136	
9		41		73		105		137	
10		42		74		106		138	
11		43		75		107		139	
12		44		76		108		140	
13		45		77		109		141	
14		46		78		110		142	
15		47		79		111		143	
16		48		80		112		144	
17		49		81		113		145	
18		50		82		114		146	
19		51		83		115		147	
20		52		84		116		148	
21		53		85		117		149	
22		54		86		118		150	
23		55		87		119		151	
24		56		88		120		152	
25		57		89		121			
26		58		90		122			
27		59		91		123			
28		60		92		124			
29		61		93		125			
30		62		94		126			
31		63		95		127			
32		64		96		128			
33		65		97		129			

鳥 瞰 図 SFP-R-3

弁部の質量を下表に示す。

弁 1

評価点	質量 (kg)
5	<input type="text"/>

鳥 瞰 図 SFP-R-3

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	4~6			

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 SFP-R-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
8						
12						
17						
23						
25						
29						
33						
35						
37						
40						
42						
44						
46						
48						
51						
53						
55						
58						
60						
62						
64						
66						
68						
75						
78						
80						
85						
96						
98						
100						

K6 ① VI-2-4-3-2-1 (重) R0

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
107						
110						
116						
118						
123						
129						
135						
137						
142						
149						
152						

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 _h
SUS304TP	40	—	205	520	—
	100	—	171	441	—

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
用いる。また、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。

鳥瞰図	建屋・構築物	標高(m)	減衰定数(%)
SFP-R-2	原子炉建屋		
SFP-R-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 SFP-R-2

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

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：S d又はS s地震動に基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図 SFP-R-2

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				

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。

代表的振動モード図 (1次)

鳥瞰図

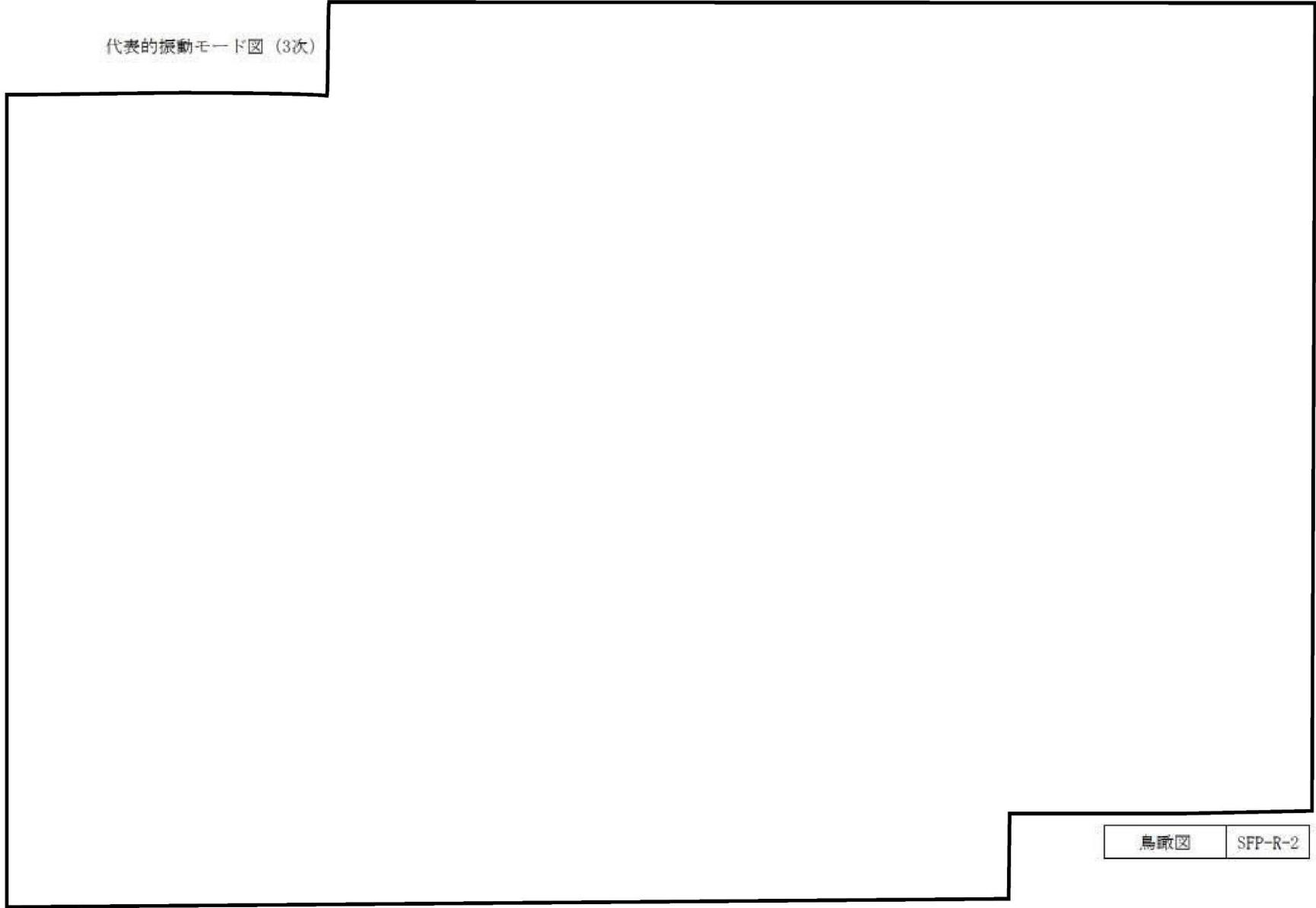
SFP-R-2

代表的振動モード図 (2次)

鳥瞰図

SFP-R-2

代表的振動モード図 (3次)



鳥瞰図	SFP-R-2
-----	---------

解析結果及び評価

固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 SFP-R-3

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

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：S d又はS s地震動に基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図 SFP-R-3

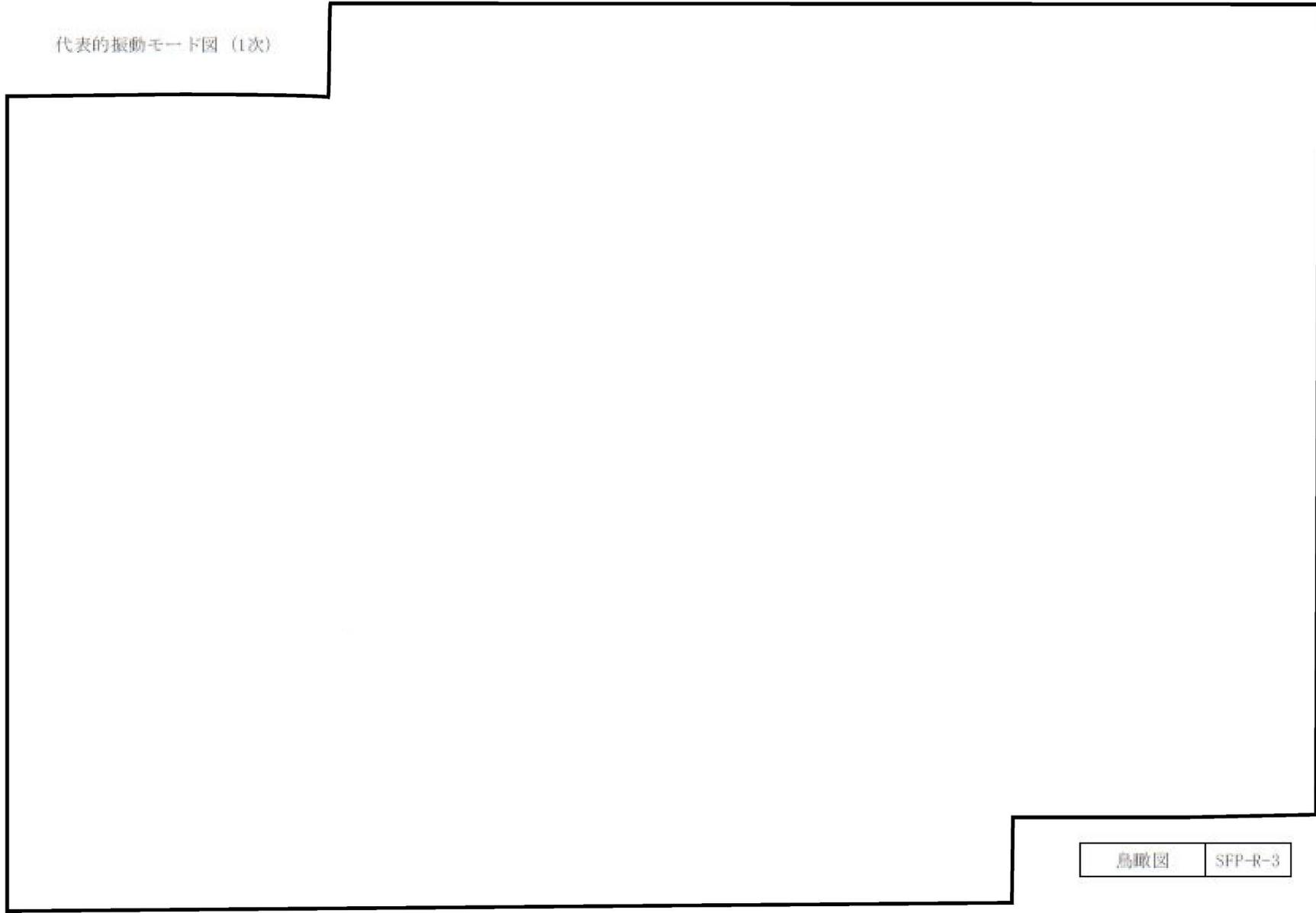
モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X方向	Y方向	Z方向
1次				
2次				
3次				
4次				
5次				
6次				
7次				
8次				

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

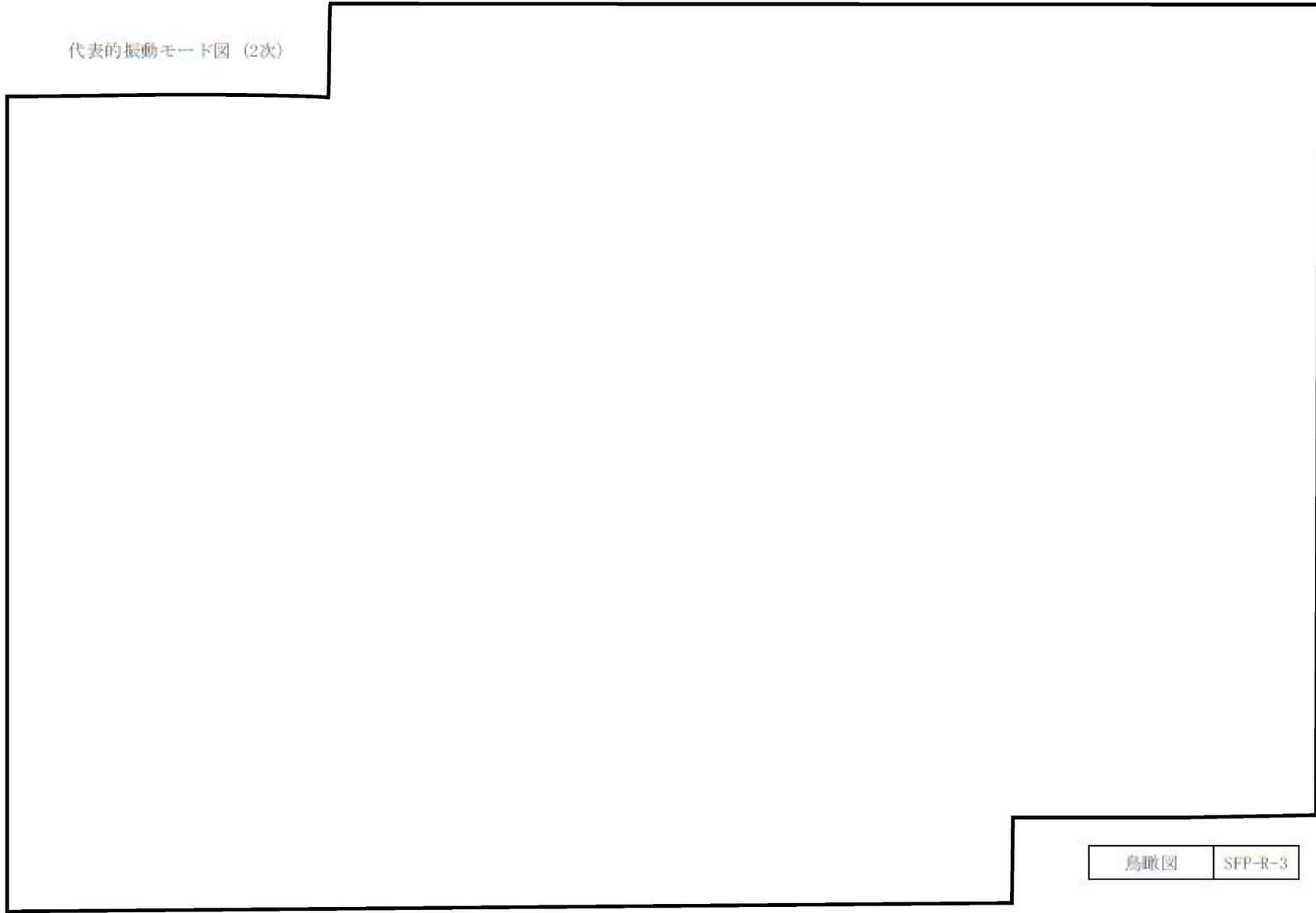
振動モード図は、3次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し、次ページ以降に示す。

代表的振動モード図 (1次)



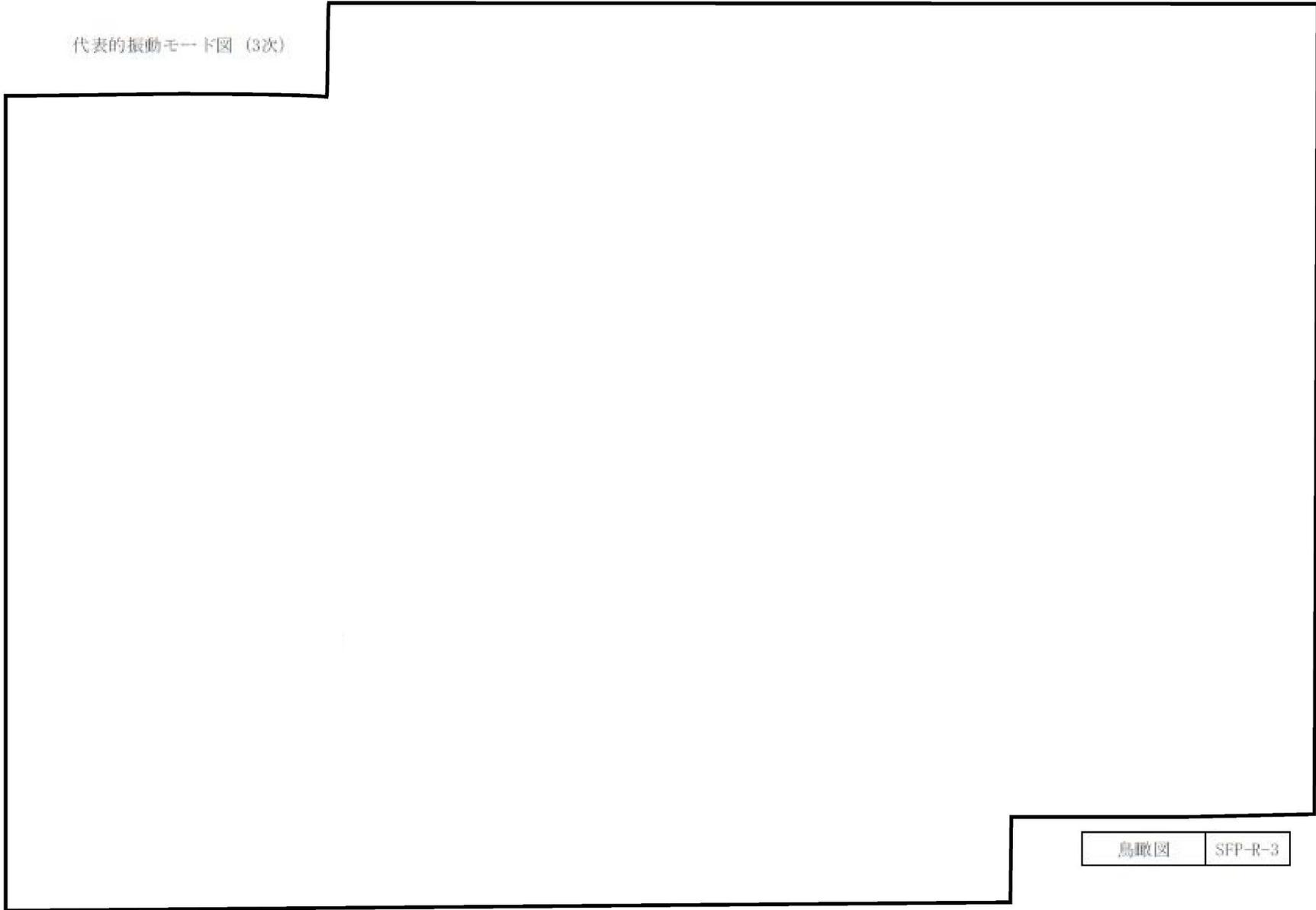
鳥瞰図	SFP-R-3
-----	---------

代表的振動モード図 (2次)



鳥瞰図	SFP-R-3
-----	---------

代表的振動モード図 (3次)



鳥瞰図	SFP-R-3
-----	---------

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 $S_{pr m}(S_s)$	許容応力 $0.9 \cdot S_u$	計算応力 $S_n(S_s)$	許容応力 $2 \cdot S_y$	疲労累積係数 $U S_s$
SFP-R-2	$V_A S$	81	$S_{pr m}(S_s)$	111	396	—	—	—
	$V_A S$	81	$S_n(S_s)$	—	—	144	342	—

評価結果

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 $S_{pr m}(S_s)$	許容応力 $0.9 \cdot S_u$	計算応力 $S_n(S_s)$	許容応力 $2 \cdot S_y$	疲労累積係数 $U S_s$
SFP-R-3	$V_A S$	10	$S_{pr m}(S_s)$	117	468	—	—	—
	$V_A S$	10	$S_n(S_s)$	—	—	204	410	—

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)
—	—	—	—	—	—	—

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			
SFPOP-47A	アンカ	ラグ	SUS304	100	4	6	8	0	4	1	座屈	141	205
SFPOP-62R	レストレイント	Uプレート	SUS304	50	14	0	1	—	—	—	座屈	79	205

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、応力分類毎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。

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 V _A S												
		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	SFP-R-2	81	111	396	3.56	○	81	144	342	2.37	—	—	—	—
2	SFP-R-3	10	117	468	4.00	—	10	204	410	2.00	○	—	—	—
3	SFP-R-4	7	64	468	7.31	—	7	108	410	3.79	—	—	—	—
4	KMUWC-894	900	33	324	9.81	—	900	31	398	12.83	—	—	—	—
5	KMUWC-895	12	31	324	10.45	—	4	34	398	11.70	—	—	—	—

VI-2-5 原子炉冷却系統施設の耐震性に関する説明書

VI-2-5-1 原子炉冷却系統施設の耐震計算結果

目 次

1. 概要	1
2. 耐震評価条件整理	1
3. 技術基準規則第 5 条の要求事項の変更に伴う評価対象設備の耐震計算	29
3.1 耐震計算の概要	29

1. 概要

本資料は、原子炉冷却系統施設の耐震計算の手法及び条件の整理について説明するものである。

2. 耐震評価条件整理

原子炉冷却系統施設に対して、設計基準対象施設の耐震クラス、重大事故等対処設備の設備分類を整理した。既設の設計基準対象施設については、耐震評価における手法及び条件について、既に認可を受けた実績との差異の有無を整理した。また、重大事故等対処設備のうち、設計基準対象施設であるものについては、重大事故等対処設備の評価条件と設計基準対象施設の評価条件の差異の有無を整理した。結果を表1に示す。

原子炉冷却系統施設の耐震計算は表1に示す計算書に記載することとする。

表 1 耐震評価条件整理一覧表 (1/27)

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載箇所
原子炉冷却系統施設	原子炉冷却材再循環設備	原子炉冷却材再循環系	原子炉冷却材再循環ポンプ (インターナルポンプ: RIP)	S	無	VI-2-5-1	—	—	—
	原子炉冷却材の循環設備	主蒸気系	主蒸気逃がし安全弁逃がし弁機能用アキュムレータ	S	無	VI-2-5-2-1-1	常設耐震/防止 常設/緩和	有	VI-2-5-2-1-1
			主蒸気逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータ	S	無	VI-2-5-2-1-1	常設耐震/防止 常設/緩和	有	VI-2-5-2-1-1

表1 耐震評価条件整理一覧表 (2/27)

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載箇所
原子炉冷却系統施設	原子炉冷却材の循環設備	主蒸気系	安全弁	S	無	VI-2-5-2-1-2	常設耐震/防止 常設/緩和	無	VI-2-5-2-1-2
			主要弁	S	無	VI-2-5-2-1-2	—	—	—
			主配管	S	有	VI-2-5-2-1-2	常設耐震/防止 常設/緩和	有	VI-2-5-2-1-2
		復水給水系	主要弁	S	無	VI-2-5-1	—	—	—
			主配管	S	有	VI-2-5-1	—	—	—
			残留熱除去系熱交換器	S	無	VI-2-5-3-1-1	常設/防止 (DB 拡張)	有	VI-2-5-3-1-1
	残留熱除去設備	残留熱除去系ポンプ	S	無	VI-2-5-3-1-2	常設/防止 (DB 拡張)	有	VI-2-5-3-1-2	

表1 耐震評価条件整理一覧表 (3/27)

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載箇所
原子炉冷却系統施設	残留熱除去設備	残留熱除去系	残留熱除去系ス トレーナ	S	無	VI-2-5-3-1-3 VI-2-5-3-1-4	常設/防止 (DB 拡張)	有	VI-2-5-3-1-3 VI-2-5-3-1-4
			主要弁	S	無	VI-2-5-3-1-5	—	—	—
			主配管	S	有	VI-2-5-3-1-5	常設/防止 (DB 拡張)	有	VI-2-5-3-1-5
			主配管 (核燃料物 質の取扱施設及 び貯蔵施設に記 載)	S	有	VI-2-4-3-1-3	—	—	—
			主配管 (原子炉冷 却材の循環設備 復水給水系に記 載)	S	有	VI-2-5-1	常設/防止 (DB 拡張)	有	VI-2-5-1

表1 耐震評価条件整理一覧表 (4/27)

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載箇所
原子炉冷却系統施設	残留熱除去設備	残留熱除去系	炉心支持構造物 (炉心支持構造物に記載)	—	—*2	—	常設耐震/防止	—	VI-2-3-2-3
			原子炉圧力容器 (原子炉圧力容器に記載)	—	—*2	—	常設耐震/防止	—	VI-2-3-3-1-3
			給水スパージャ (原子炉圧力容器内部構造物に記載)	—	—*2	—	常設耐震/防止	—	VI-2-3-3-3-3
			低圧注水スパージャ (原子炉圧力容器内部構造物に記載)	—	—*2	—	常設耐震/防止	—	VI-2-3-3-3-3

表1 耐震評価条件整理一覧表 (5/27)

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載箇所
原子炉冷却系統施設	残留熱除去設備	残留熱除去系	原子炉格納容器(原子炉格納施設に記載)	—	—*2	—	常設耐震/防止	—	VI-2-9-2-1 VI-2-9-2-2 VI-2-9-2-3 VI-2-9-2-4 VI-2-9-2-5 VI-2-9-2-6 VI-2-9-2-7 VI-2-9-2-8 VI-2-9-2-9 VI-2-9-2-10 VI-2-9-2-11
			原子炉格納容器配管貫通部(原子炉格納施設に記載)	—	—*2	—	常設耐震/防止	—	VI-2-9-2-12
			原子炉格納容器スプレイ管(ドライウエル側)(原子炉格納施設に記載)	—	—*2	—	常設耐震/防止	—	VI-2-9-4-4-1-1
			原子炉格納容器スプレイ管(サブプレッションチェンバ側)(原子炉格納施設に記載)	—	—*2	—	常設耐震/防止	—	VI-2-9-4-4-1-2

表 1 耐震評価条件整理一覧表 (6/27)

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載箇所
原子炉冷却系統施設	残留熱除去設備	耐圧強化ベント系	主配管（原子炉格納施設に記載）	—	—*2	—	常設耐震／防止	—	VI-2-9-4-5-1-2 VI-2-9-4-6-1-1 VI-2-9-4-5-4-1
			主排気筒（内筒） （放射性廃棄物の廃棄施設に記載）	—	—*2	—	常設耐震／防止	—	VI-2-7-2-1
			原子炉格納容器 （原子炉格納施設に記載）	—	—*2	—	常設耐震／防止	—	VI-2-9-2-1 VI-2-9-2-2 VI-2-9-2-3 VI-2-9-2-4 VI-2-9-2-5 VI-2-9-2-6 VI-2-9-2-7 VI-2-9-2-8 VI-2-9-2-9 VI-2-9-2-10 VI-2-9-2-11

表1 耐震評価条件整理一覧表 (7/27)

評価対象設備			設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
			耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載箇所	
原子炉冷却系統施設	残留熱除去設備	耐圧強化ベント系	原子炉格納容器 配管貫通部（原子 炉格納施設に記 載）	—	—*2	—	常設耐震／防止	—	VI-2-9-2-12
			T31-F019（原子炉 格納施設に記載）	—	—*2	—	常設耐震／防止	—	VI-2-9-4-6-1-1
			T31-F022（原子炉 格納施設に記載）	—	—*2	—	常設耐震／防止	—	VI-2-9-4-6-1-1
			T31-F070（原子炉 格納施設に記載）	—	—*2	—	常設耐震／防止	—	VI-2-9-4-6-1-1
			T31-F072（原子炉 格納施設に記載）	—	—*2	—	常設耐震／防止	—	VI-2-9-4-6-1-1

表 1 耐震評価条件整理一覧表 (8/27)

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載箇所
原子炉冷却系統施設	残留熱除去設備	格納容器圧力逃がし装置	ドレン移送ポン プ (原子炉格納施 設に記載)	—	—*2	—	常設耐震/防止	—	VI-2-9-4-5-5-1
			主要弁 (原子炉格 納施設に記載)	—	—*2	—	常設耐震/防止	—	VI-2-9-4-6-1-1
			主配管 (原子炉格 納施設に記載)	—	—*2	—	常設耐震/防止	—	VI-2-9-4-5-2-1 VI-2-9-4-5-4-1 VI-2-9-4-6-1-1 VI-2-9-4-7-1-2

表 1 耐震評価条件整理一覧表 (9/27)

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載箇所
原子炉冷却系統施設	残留熱除去設備	格納容器圧力逃がし装置	原子炉格納容器 (原子炉格納施設 に記載)	—	—*2	—	常設耐震/防止	—	VI-2-9-2-1
						VI-2-9-2-2			
						VI-2-9-2-3			
			VI-2-9-2-4						
			VI-2-9-2-5						
			VI-2-9-2-6						
			VI-2-9-2-7						
			VI-2-9-2-8						
			VI-2-9-2-9						
			VI-2-9-2-10						
			VI-2-9-2-11						
			原子炉格納容器配 管貫通部 (原子炉 格納施設に記載)	—	—*2	—	常設耐震/防止	—	VI-2-9-2-12
			ドレンタンク (原 子炉格納施設に記 載)	—	—*2	—			常設耐震/防止

表1 耐震評価条件整理一覧表 (10/27)

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載箇所
原子炉冷却系統施設	残留熱除去設備	格納容器圧力逃がし装置	フィルタ装置(原子炉格納施設に記載)	—	—*2	—	常設耐震/防止	—	VI-2-9-4-7-1-3
			よう素フィルタ(原子炉格納施設に記載)	—	—*2	—	常設耐震/防止	—	VI-2-9-4-7-1-4
			ラプチャーディスク(フィルタ装置出口側)(原子炉格納施設に記載)	—	—*2	—	常設耐震/防止	—	VI-2-9-4-7-1-2
			ラプチャーディスク(よう素フィルタ出口側)(原子炉格納施設に記載)	—	—*2	—	常設耐震/防止	—	VI-2-9-4-7-1-2

表1 耐震評価条件整理一覧表 (11/27)

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載箇所
原子炉冷却系統施設	非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備	高圧炉心注水系	高圧炉心注水系 ポンプ	S	無	VI-2-5-4-1-1	常設／防止 (DB 拡張)	有	VI-2-5-4-1-1
			復水貯蔵槽 (原子 炉冷却材補給設 備 補給水系に 記載)	—	—*2	—	常設耐震／防止	—	VI-2-5-5-1-2
			高圧炉心注水系 ストレーナ	S	無	VI-2-5-4-1-2 VI-2-5-4-1-3	常設／防止 (DB 拡張)	有	VI-2-5-4-1-2 VI-2-5-4-1-3
			主要弁	S	無	VI-2-5-4-1-4	—	—	—
			主配管	S	有	VI-2-5-4-1-4 VI-2-5-4-2-5	常設／防止 (DB 拡張)	有	VI-2-5-4-1-4 VI-2-5-4-2-5
			炉心支持構造物 (炉心支持構造 物に記載)	—	—*2	—	常設耐震／防止	—	VI-2-3-2-3

表1 耐震評価条件整理一覧表 (12/27)

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載箇所
原子炉冷却系統施設	非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備	高圧炉心注水系	原子炉压力容器（原子炉压力容器に記載）	—	—*2	—	常設耐震／防止	—	VI-2-3-3-1-3
			高圧炉心注水スパージャ（原子炉压力容器内部構造物に記載）	—	—*2	—	常設耐震／防止	—	VI-2-3-3-3-3
			高圧炉心注水系配管（原子炉压力容器内部）（原子炉压力容器内部構造物に記載）	—	—*2	—	常設耐震／防止	—	VI-2-3-3-3-3
			E22-F003B, C	—	—*2	—	常設／防止 (DB 拡張)	—	VI-2-5-4-1-4
			原子炉格納容器（原子炉格納施設に記載）	—	—*2	—	常設耐震／防止	—	VI-2-9-2-1 VI-2-9-2-2
			原子炉格納容器配管貫通部（原子炉格納施設に記載）	—	—*2	—	常設耐震／防止	—	VI-2-9-2-12

表1 耐震評価条件整理一覧表 (13/27)

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載箇所
原子炉冷却系統施設	非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備	原子炉隔離時冷却系	原子炉隔離時冷却系ポンプ	S	無	VI-2-5-4-2-1 VI-2-5-4-2-2	常設／防止 (DB 拡張)	有	VI-2-5-4-2-1 VI-2-5-4-2-2
			復水貯蔵槽（原子炉冷却材補給設備 補給水系に記載）	—	—*2	—	常設耐震／防止	—	VI-2-5-5-1-2
			原子炉隔離時冷却系ストレーナ	S	—*2	VI-2-5-4-2-3 VI-2-5-4-2-4	常設／防止 (DB 拡張)	有	VI-2-5-4-2-3 VI-2-5-4-2-4
			主要弁	S	無	VI-2-5-4-2-5	—	—	—
			主配管	S	有	VI-2-5-4-2-5	常設／防止 (DB 拡張)	有	VI-2-5-4-1-4 VI-2-5-4-2-5
			主配管（原子炉冷却材の循環設備 主蒸気系、復水給水系に記載）	S	有	VI-2-5-1 VI-2-5-2-1-2	常設／防止 (DB 拡張)	有	VI-2-5-1 VI-2-5-2-1-2

表1 耐震評価条件整理一覧表 (14/27)

評価対象設備			設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
			耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載箇所	
原子炉冷却系統施設	非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備	原子炉隔離時冷却系	炉心支持構造物 (炉心支持構造物 に記載)	—	—*2	—	常設耐震/防止	—	VI-2-3-2-3
			原子炉圧力容器(原 子炉圧力容器に記 載)	—	—*2	—	常設耐震/防止	—	VI-2-3-3-1-3
			給水スパージャ(原 子炉圧力容器内部 構造物に記載)	—	—*2	—	常設耐震/防止	—	VI-2-3-3-3-3
			E51-F004	—	—*2	—	常設/防止 (DB 拡張)	—	VI-2-5-4-2-5
			E51-F037	—	—*2	—	常設/防止 (DB 拡張)	—	VI-2-5-4-2-5
			原子炉格納容器(原 子炉格納施設に記 載)	—	—*2	—	常設耐震/防止	—	VI-2-9-2-1 VI-2-9-2-2
			原子炉格納容器配 管貫通部(原子炉格 納施設に記載)	—	—*2	—	常設耐震/防止	—	VI-2-9-2-12

表1 耐震評価条件整理一覧表 (15/27)

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載箇所
原子炉冷却系統施設	非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備	高圧代替注水系	高圧代替注水系 ポンプ	—	—*2	—	常設耐震/防止	—	VI-2-5-4-3-1
			復水貯蔵槽（原子 炉冷却材補給設 備 補給水系に 記載）	—	—*2	—	常設耐震/防止	—	VI-2-5-5-1-2
			主配管	—	—*2	—	常設耐震/防止	—	VI-2-5-4-1-4 VI-2-5-4-2-5 VI-2-5-4-3-2
			主配管（原子炉冷 却材の循環設備 主蒸気系，復水給 水系に記載）	—	—*2	—	常設耐震/防止	—	VI-2-5-1 VI-2-5-2-1-2
			炉心支持構造物 （炉心支持構造 物に記載）	—	—*2	—	常設耐震/防止	—	VI-2-3-2-3

表1 耐震評価条件整理一覧表 (16/27)

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載箇所
原子炉冷却系統施設	非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備	高圧代替注水系	原子炉圧力容器 (原子炉圧力容 器に記載)	—	—*2	—	常設耐震/防止	—	VI-2-3-3-1-3
			給水スパーージャ (原子炉圧力容 器内部構造物に 記載)	—	—*2	—	常設耐震/防止	—	VI-2-3-3-3-3
			原子炉格納容器 配管貫通部(原子 炉格納施設に記 載)	—	—*2	—	常設耐震/防止	—	VI-2-9-2-12
		低圧注水系	残留熱除去系ポン プ(残留熱除去 設備 残留熱除 去系に記載)	—	—*2	—	常設/防止 (DB 拡張)	—	VI-2-5-3-1-2
			残留熱除去系ス トレーナ(残留熱 除去設備 残留 熱除去系に記載)	—	—*2	—	常設/防止 (DB 拡張)	—	VI-2-5-3-1-3 VI-2-5-3-1-4

表1 耐震評価条件整理一覧表 (17/27)

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載箇所
原子炉冷却系統施設	非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備	低圧注水系	主配管（原子炉冷却材の循環設備復水給水系に記載）	—	—*2	—	常設／防止 (DB 拡張)	—	VI-2-5-1
			主配管（残留熱除去設備 残留熱除去系に記載）	—	—*2	—	常設／防止 (DB 拡張)	—	VI-2-5-3-1-5
			炉心支持構造物（炉心支持構造物に記載）	—	—*2	—	常設耐震／防止	—	VI-2-3-2-3
			原子炉圧力容器（原子炉圧力容器に記載）	—	—*2	—	常設耐震／防止	—	VI-2-3-3-1-3

表1 耐震評価条件整理一覧表 (18/27)

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載箇所
原子炉冷却系統施設	非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備	低圧注水系	給水スパージャ (原子炉圧力容 器内部構造物に 記載)	—	—*2	—	常設耐震/防止	—	VI-2-3-3-3-3
			低圧注水スパー ジャ(原子炉圧力 容器内部構造物 に記載)	—	—*2	—	常設耐震/防止	—	VI-2-3-3-3-3
			残留熱除去系熱 交換器(残留熱除 去設備 残留熱 除去系に記載)	—	—*2	—	常設/防止 (DB 拡張)	—	VI-2-5-3-1-1
			原子炉格納容器 (原子炉格納施 設に記載)	—	—*2	—	常設耐震/防止	—	VI-2-9-2-1 VI-2-9-2-2
			原子炉格納容器 配管貫通部(原子 炉格納施設に記 載)	—	—*2	—	常設耐震/防止	—	VI-2-9-2-12

表1 耐震評価条件整理一覧表 (19/27)

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載箇所
原子炉冷却系統施設	非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備	低圧代替注水系	復水移送ポンプ (原子炉冷却材 補給設備 補給 水系に記載)	—	—*2	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	VI-2-5-5-1-1
			復水貯蔵槽(原子 炉冷却材補給設 備 補給水系に 記載)	—	—*2	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	VI-2-5-5-1-2
			主配管	—	—*2	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	VI-2-5-4-1-4 VI-2-5-4-4-1
			主配管(原子炉冷 却材の循環設備 復水給水系に記 載)	—	—*2	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	VI-2-5-1

表1 耐震評価条件整理一覧表 (20/27)

評価対象設備			設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
			耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載箇所	
原子炉冷却系統施設	非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備	低圧代替注水系	主配管（残留熱除去設備 残留熱除去系に記載）	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-5-3-1-5
			主配管（原子炉冷却材補給設備 補給水系に記載）	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-5-5-1-3
			炉心支持構造物（炉心支持構造物に記載）	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-3-2-3
			原子炉圧力容器（原子炉圧力容器に記載）	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-3-3-1-3
			給水スパーージャ（原子炉圧力容器内部構造物に記載）	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-3-3-3-3

表1 耐震評価条件整理一覧表 (21/27)

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載箇所
原子炉冷却系統施設	非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備	低圧代替注水系	低圧注水スパー ジャ（原子炉圧力 容器内部構造物 に記載）	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-3-3-3-3
			原子炉格納容器 配管貫通部（原子 炉格納施設に記 載）	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-9-2-12
		水の供給設備	ほう酸水注入系 貯蔵タンク（計測 制御系統施設に 記載）	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-6-4-1-2
			復水貯蔵槽（原子 炉冷却材補給設 備 補給水系に 記載）	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-5-5-1-2
	主配管		—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-5-4-5-1	

表1 耐震評価条件整理一覧表 (22/27)

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載箇所
原子炉冷却系統施設	非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備	水の供給設備	原子炉格納容器 (原子炉格納施設に記載)	—	—*2	—	常設耐震/防止 常設/緩和	—	VI-2-9-2-1 VI-2-9-2-2
		ほう酸水注入系	ほう酸水注入系 ポンプ(計測制御 系統施設に記載)	—	—*2	—	常設耐震/防止	—	VI-2-6-4-1-1
			ほう酸水注入系 貯蔵タンク(計測 制御系統施設に 記載)	—	—*2	—	常設耐震/防止	—	VI-2-6-4-1-2
			主配管	—	—*2	—	常設耐震/防止	—	VI-2-5-4-1-4
			主配管(計測制御 系統施設に記載)	—	—*2	—	常設耐震/防止	—	VI-2-6-4-1-3

表1 耐震評価条件整理一覧表 (23/27)

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載箇所
原子炉冷却系統施設	非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備	ほう酸水注入系	炉心支持構造物 (炉心支持構造物に記載)	—	—*2	—	常設耐震/防止	—	VI-2-3-2-3
			原子炉圧力容器 (原子炉圧力容器に記載)	—	—*2	—	常設耐震/防止	—	VI-2-3-3-1-3
			高圧炉心注水スパージャ(原子炉圧力容器内部構造物に記載)	—	—*2	—	常設耐震/防止	—	VI-2-3-3-3-3
			高圧炉心注水系配管(原子炉圧力容器内部)(原子炉圧力容器内部構造物に記載)	—	—*2	—	常設耐震/防止	—	VI-2-3-3-3-3
			原子炉格納容器配管貫通部(原子炉格納施設に記載)	—	—*2	—	常設耐震/防止	—	VI-2-9-2-12

表 1 耐震評価条件整理一覧表 (24/27)

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載箇所
原子炉冷却系統施設	原子炉冷却材補給設備	補給水系	復水移送ポンプ	B	—*2	—	—	—	—
			復水貯蔵槽	B	—*2	—	—	—	—
			主配管	B	—*2	—	—	—	—
			主配管(非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備 高压炉心注水系, 低压代替注水系に記載)	B	—*2	—	—	—	—
	原子炉補機冷却設備	原子炉補機冷却水系及び 原子炉補機冷却海水系	原子炉補機冷却水系熱交換器	S	有	VI-2-5-6-1-1	常設/防止 (DB 拡張) 常設/緩和 (DB 拡張)	無	VI-2-5-6-1-1
			原子炉補機冷却水ポンプ	S	無	VI-2-5-6-1-2	常設/防止 (DB 拡張) 常設/緩和 (DB 拡張)	無	VI-2-5-6-1-2
			原子炉補機冷却海水ポンプ	S	無	VI-2-5-6-1-3	常設/防止 (DB 拡張) 常設/緩和 (DB 拡張)	無	VI-2-5-6-1-3

表1 耐震評価条件整理一覧表 (25/27)

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載箇所
原子炉冷却系統施設	原子炉補機冷却設備	原子炉補機冷却水系及び 原子炉補機冷却海水系	原子炉補機冷却 水系サージタン ク	S	—*2	VI-2-5-6-1-4	常設／防止 (DB 拡張) 常設／緩和 (DB 拡張)	無	VI-2-5-6-1-4
			原子炉補機冷却 海水系ストレ ーナ	S	無	VI-2-5-6-1-5	常設／防止 (DB 拡張) 常設／緩和 (DB 拡張)	無	VI-2-5-6-1-5
			主要弁	S	無	VI-2-5-6-1-6	—	—	—
			主配管	S	有	VI-2-5-6-1-6	常設／防止 (DB 拡張) 常設／緩和 (DB 拡張)	有	VI-2-5-6-1-6

表1 耐震評価条件整理一覧表 (26/27)

評価対象設備				設計基準対象施設			重大事故等対処設備		
				耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載箇所
原子炉冷却系統施設	原子炉補機冷却設備	代替原子炉補機冷却系	原子炉補機冷却 水系サージタン ク	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-5-6-1-4
			主配管	—	—*2	—	常設耐震／防止 常設／緩和	—	VI-2-5-6-1-6 VI-2-5-6-2-1
	原子炉冷却材浄化設備	原子炉冷却材浄化系	主要弁	S	無	VI-2-5-1	—	—	—
			主配管	S	有	VI-2-5-1	—	—	—
			主配管(残留熱除 去設備 残留熱 除去系に記載)	S	有	VI-2-5-3-1-5	—	—	—

表1 耐震評価条件整理一覧表 (27/27)

評価対象設備		設計基準対象施設			重大事故等対処設備			
		耐震重要度 分類	新規制基準 施行前に認 可された実 績との差異	耐震計算の 記載箇所	設備分類*1	設計基準対 象施設との 評価条件の 差異	耐震計算の 記載箇所	
原子炉冷却系統施設	その他	燃料取替床ブローアウト パネル（原子炉格納施設に 記載）	—	—*2	—	常設耐震／防止	—	VI-2-9-3-1-1
		遠隔空気駆動弁操作設備 （原子炉格納施設に記載）	—	—*2	—	常設耐震／防止	—	VI-2-9-5-2
		遠隔手動弁操作設備（原子 炉格納施設に記載）	—	—*2	—	常設耐震／防止	—	VI-2-9-5-3

注記*1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備，「常設／防止（DB 拡張）」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張），「常設／緩和（DB 拡張）」は常設重大事故緩和設備（設計基準拡張）を示す。

*2：本設計及び工事の計画で新規に申請する設備であることから，差異比較の対象外。

3. 技術基準規則第5条の要求事項の変更に伴う評価対象設備の耐震計算

3.1 耐震計算の概要

本章は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、原子炉冷却系統施設のうち、技術基準規則第5条の要求事項の変更に伴う評価対象設備である以下の設備について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。計算結果を次ページ以降に示す。

- (1) 原子炉冷却材再循環ポンプの耐震性についての計算書(原子炉冷却系統施設 原子炉冷却材再循環設備)
- (2) 管の耐震性についての計算書(原子炉冷却材の循環設備 復水給水系)
- (3) 管の耐震性についての計算書(原子炉冷却材浄化設備 原子炉冷却材浄化系)

- (1) 原子炉冷却材再循環ポンプの耐震性についての計算書
(原子炉冷却系統施設 原子炉冷却材再循環設備)

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格・基準等	4
2.4 記号の説明	5
2.5 計算精度と数値の丸め方	7
3. 評価部位	8
4. 構造強度評価	8
4.1 構造強度評価方法	8
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	8
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	8
4.2.2 許容応力	8
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	8
4.3 固有周期	13
4.4 設計用地震力	13
4.5 解析モデル及び諸元	13
4.6 計算方法	17
4.6.1 応力の計算方法	17
4.7 計算条件	20
4.8 応力の評価	22
5. 評価結果	23
5.1 設計基準対象施設としての評価結果	23
6. 引用文献	23
7. 参照図書	23

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき、原子炉冷却材再循環ポンプが設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

原子炉冷却材再循環ポンプは、設計基準対象施設においてSクラス施設に分類される。以下、設計基準対象施設としての構造強度評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

原子炉冷却材再循環ポンプの構造計画を表2-1に示す。

原子炉冷却材再循環ポンプは、ターボポンプであって、固定子浸水形モータで駆動される密封式ポンプであって、原子炉冷却材再循環ポンプモータケーシング（以下「モータケーシング」という。）が軸垂直割りで軸対称であるものに相当する。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>モータカバーはモータケーシングにスタッドボルトで固定する。 ディフューザは原子炉冷却材再循環ポンプ貫通孔頂部にストレッチチューブで固定する。 回転体（羽根車，軸）はモータケーシング内の軸受により支持する。</p>	<p>ターボ形ポンプ</p>	<p>(単位：mm)</p>

2.2 評価方針

原子炉冷却材再循環ポンプの応力評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示す原子炉冷却材再循環ポンプの部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「4. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5. 評価結果」に示す。

原子炉冷却材再循環ポンプの耐震評価フローを図 2-1 に示す。なお、本書においては、設計用地震力に対する評価について記載するものとし、設計用地震力を除く荷重による応力評価は、平成 5 年 6 月 17 日付け 4 資庁第 14561 号にて認可された第 5 回工事計画認可申請 IV-3-2-1「原子炉冷却材再循環ポンプの応力計算書」（以下「既工認」という。）による。

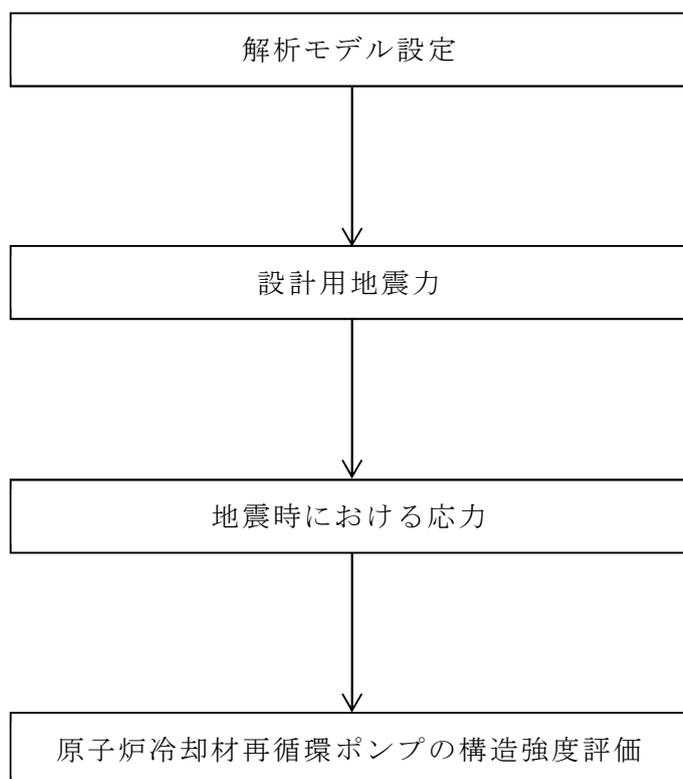


図 2-1 原子炉冷却材再循環ポンプの耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補-1984 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版 ((社) 日本電気協会)
- ・発電用原子力設備規格 設計・建設規格 ((社) 日本機械学会, 2005/2007) (以下「設計・建設規格」という。)
- ・日本工業規格 J I S B 8 2 6 5 (2003) 「圧力容器の構造—一般事項」附属書 3 (規定) 「圧力容器のボルト締めフランジ」

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
C_v	鉛直方向設計震度	—
E	縦弾性係数	MPa
E_0	設計疲労線図に使用されている縦弾性係数	MPa
F	ピーク応力	MPa
F_1	外荷重（ポンプ固定側）	N
F_2	外荷重（ポンプ回転側）	N
F_3	外荷重（補助カバー）	N
F_G	ガスケット反力	N
F_{G1}	ガスケット反力	N
F_{G2}	ガスケット反力	N
g	重力加速度	m/s^2
N_a	$S_{\ell'}$ に対応する許容繰返し回数	回
N_c	実際の繰返し回数	回
P_b	一次曲げ応力	MPa
P_L	一次局部膜応力	MPa
P_m	一次一般膜応力	MPa
S_{12}	主応力差	MPa
S_{23}	主応力差	MPa
S_{31}	主応力差	MPa
S_{ℓ}	繰返しピーク応力強さ	MPa
$S_{\ell'}$	補正繰返しピーク応力強さ	MPa
S_p	一次＋二次＋ピーク応力の応力差範囲	MPa
U_f	疲労累積係数（ U_{sd} 又は U_{ss} ）	—
U_{sd}	地震荷重 S_{d^*} のみによる疲労累積係数	—
U_{ss}	地震荷重 S_s のみによる疲労累積係数	—
W_{sd}	地震時（ S_{d^*} ）のボルトに作用する引張荷重	N
W_{ss}	地震時（ S_s ）のボルトに作用する引張荷重	N
σ_1	主応力	MPa
σ_2	主応力	MPa
σ_3	主応力	MPa
σ_{ℓ}	軸方向応力	MPa
σ_r	半径方向応力	MPa
σ_{sd}	地震時（ S_{d^*} ）のボルト平均引張応力	MPa
σ_{ss}	地震時（ S_s ）のボルト平均引張応力	MPa

記号	記号の説明	単位
σ_t	周方向応力	MPa
τ_{lr}	せん断応力	MPa
τ_{rt}	せん断応力	MPa
τ_{tl}	せん断応力	MPa

2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表 2-2 に示すとおりとする。

表 2-2 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
震度	—	小数点以下第 3 位	切上げ	小数点以下第 2 位
圧力	MPa	—	—	小数点以下第 2 位
温度	℃	—	—	整数位
荷重	N	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*1}
縦弾性係数	MPa	有効数字 4 桁目	四捨五入	有効数字 3 桁
疲労累積係数	—	小数点以下第 5 位	切上げ	小数点以下第 4 位
算出応力	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
許容応力 ^{*2}	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位

注記*1：絶対値が 1000 以上のときはべき数表示とする。

*2：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における許容応力は、比例法により補間した値の小数点以下第 1 位を切り捨て、整数位までの値とする。

3. 評価部位

本計算書で解析する箇所形状・寸法・材料・応力評価点の位置を図 3-1 及び図 3-2 に示す。

原子炉冷却材再循環ポンプの耐震評価は、「4.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、原子炉冷却材圧力バウンダリを構成するモータカバー、補助カバー、スタッドボルト及び補助カバー取付ボルトについて実施する。

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

- (1) 原子炉冷却材再循環ポンプのモータカバーは、モータケーシングにスタッドボルトにより固定されるものとする。補助カバーは、モータカバーに補助カバー取付ボルトにより固定されるものとする。
- (2) モータカバー及び補助カバーの耐震評価は、「4.4 設計用地震力」に示す鉛直地震力を用いて、参照図書(1)に示す既工認の手法に従い、「4.6 計算方法」に示す手法により構造強度評価を行う。
- (3) モータカバー及び補助カバーは図 3-1 及び図 3-2 に示すとおり、モータカバーはモータケーシングに、補助カバーはモータカバーにそれぞれ嵌め込まれ、ボルト締結される構造であり、原子炉冷却材再循環ポンプに作用する水平方向荷重はモータケーシングに負荷されることから、鉛直方向設計震度のみ設計用地震力として考慮し、水平方向設計震度は設計用地震力として考慮しない。なお、スタッドボルト及び補助カバー取付ボルトは、水平方向荷重を考慮しないことから、せん断応力は発生しない。
- (4) 構造強度評価に用いる寸法は既工認と同様にくされ代を考慮した寸法を用いる。なお、ボルトには、くされ代を考慮しない。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉冷却材再循環ポンプの設計基準対象施設としての評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

原子炉冷却材再循環ポンプの許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

原子炉冷却材再循環ポンプの使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-3 に示す。

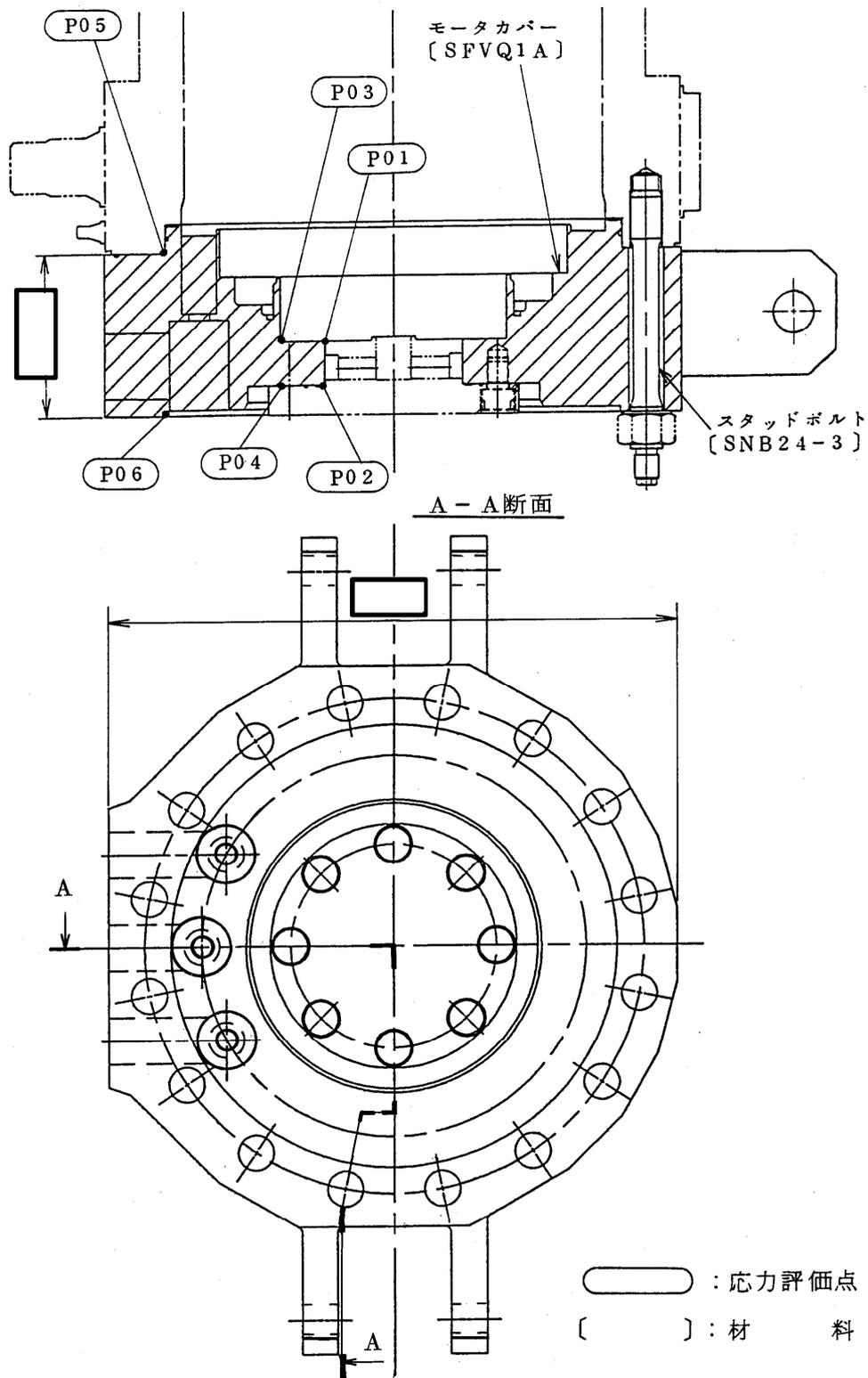


図 3-1 モータカバーの形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)

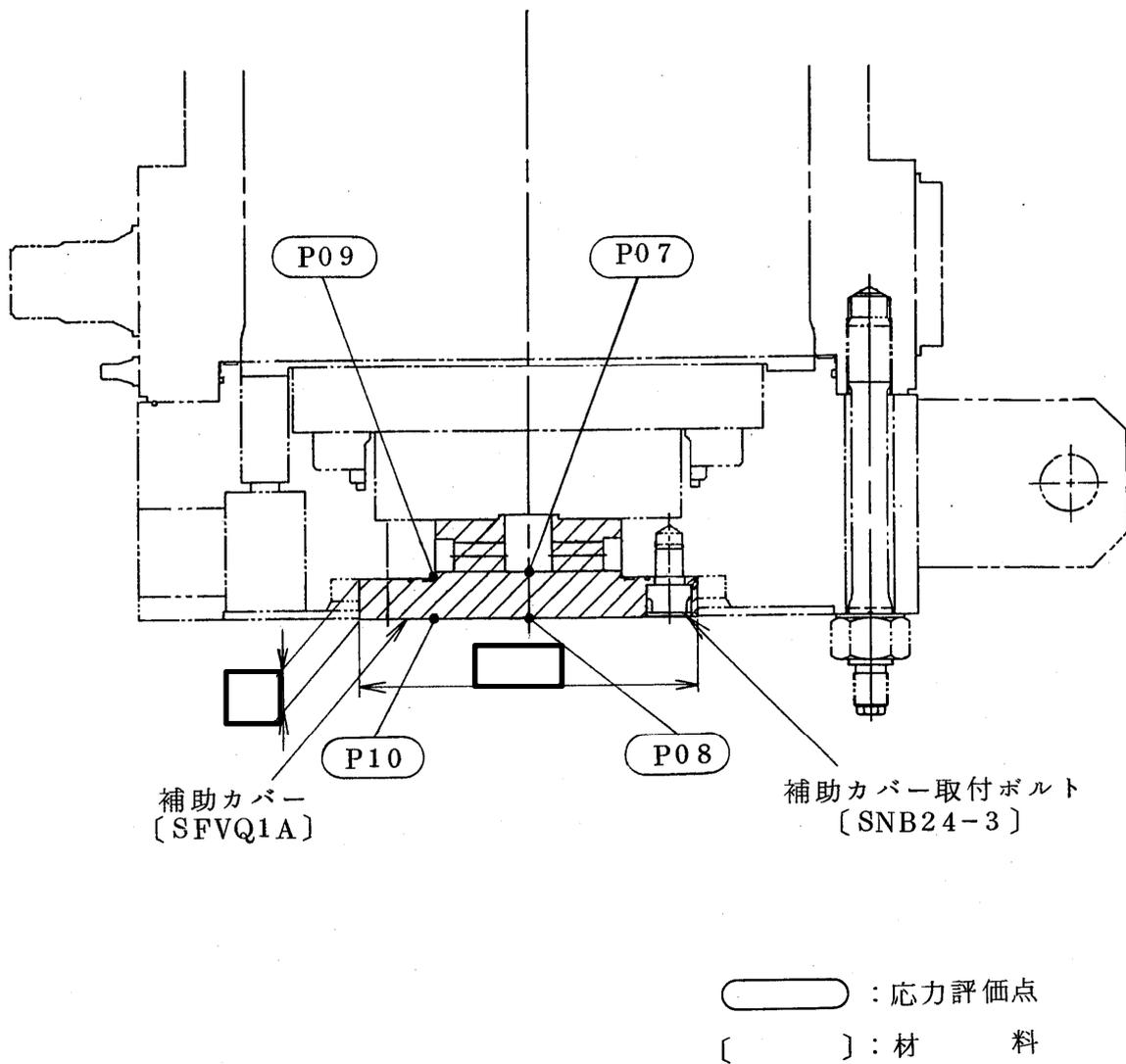


図 3-2 補助カバーの形状・寸法・材料・応力評価点（単位：mm）

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉冷却 系統施設	原子炉冷却材 再循環設備	原子炉冷却材 再循環ポンプ	S	クラス1ポンプ	$D + P + M + S_d^*$	Ⅲ _A S
					$D + P_L + M_L + S_d^{**}$	Ⅳ _A S
					$D + P + M + S_s$	

注記*：「 $D + P + M + S_s$ 」の評価に包絡されるため、評価結果の記載を省略する。

表 4-2(1) 許容応力（クラス1ポンプ）

許容応力状態	許容限界* (ボルトを除く)			
	一次一般膜応力	一次膜応力+ 一次曲げ応力	一次+二次応力	一次+二次+ ピーク応力
Ⅲ _A S	S_y と $2/3 \cdot S_u$ の小さい方。 ただし、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 $1.2 \cdot S_m$ とする。	左欄の 1.5 倍の値	$3 \cdot S_m$ 弾性設計用地震動 S_d 又は基準地震動 S_s のみによる応力振幅について評価する。	弾性設計用地震動 S_d 又は基準地震動 S_s のみによる疲労解析を行い、疲労累積係数が 1.0 以下であること。
Ⅳ _A S	$2/3 \cdot S_u$ 。ただし、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 $2/3 \cdot S_u$ と $2.4 \cdot S_m$ の小さい方。	左欄の 1.5 倍の値		

注記*：当該の応力が生じない場合、規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-2(2) 許容応力 (クラス 1 耐圧部テンションボルト (容器以外))

許容応力状態	許容限界* (ボルト)
	平均引張応力
Ⅲ _A S	1.5・S
Ⅳ _A S	2・S

12 注記* : 当該の応力が生じない場合, 規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件 (設計基準対象施設)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S (MPa)	S _m (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)
		最高使用温度					
モータカバー	SFVQ1A	最高使用温度	302	—	184	302	480
補助カバー	SFVQ1A	最高使用温度	302	—	184	302	480
スタッドボルト	SNB24-3	最高使用温度	302	200	—	—	—
補助カバー取付ボルト	SNB24-3	最高使用温度	302	200	—	—	—

4.3 固有周期

原子炉冷却材再循環ポンプの評価部位であるモータカバー及び補助カバーは、厚板の円板状の構造物で剛体と見なせるため、固有周期は十分に小さく、固有周期の計算は省略する。

4.4 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 4-4 に示す。

「弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度」及び「基準地震動 S_s」による地震力は、VI-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

表 4-4 設計用地震力（設計基準対象施設）

据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
	水平 方向	鉛直 方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉圧力容器 T. M. S. L. 3. 671* ¹	—* ²	—* ²	—* ³	C _v = 0. 71	—* ³	C _v = 1. 41

注記*1：設計震度参照レベルを示す。

*2：固有周期は十分に小さく、計算は省略する。

*3：モータカバーはモータケーシングに、補助カバーはモータカバーにそれぞれ嵌め込まれ、ボルト締結される構造であり、原子炉冷却材再循環ポンプに作用する水平方向荷重はモータケーシングに負荷されることから、鉛直方向設計震度のみ設計用地震力として考慮し、水平方向設計震度は設計用地震力として考慮しない。

4.5 解析モデル及び諸元

応力の計算は、モータカバー及び補助カバーが円板状の構造物であることから二次元軸対称の有限要素でモデル化し、解析コード「STAX」により行う。

解析においては、モータカバー及び補助カバーを単体でモデル化している。また、拘束条件は、モータカバーとモータケーシングはスタッドボルトで、補助カバーとモータカバーは補助カバー取付ボルトで固定されているため、固定部の変位を拘束した条件とする。

原子炉冷却材再循環ポンプの解析モデル及び仮定した境界条件を図 4-1 及び図 4-2 に示す。また、評価に用いる機器の諸元について表 4-5 に示す。

なお、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

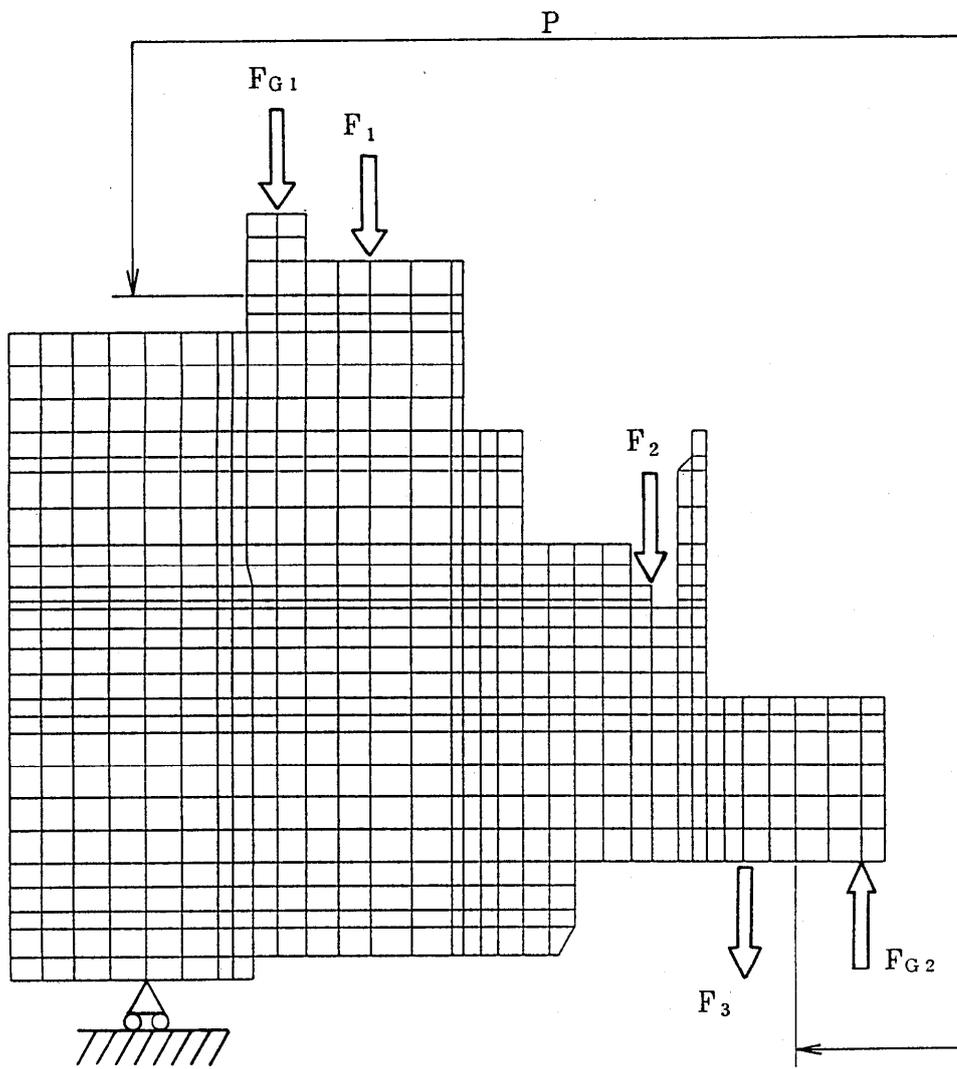


図 4-1 モータカバーの応力計算のモデル

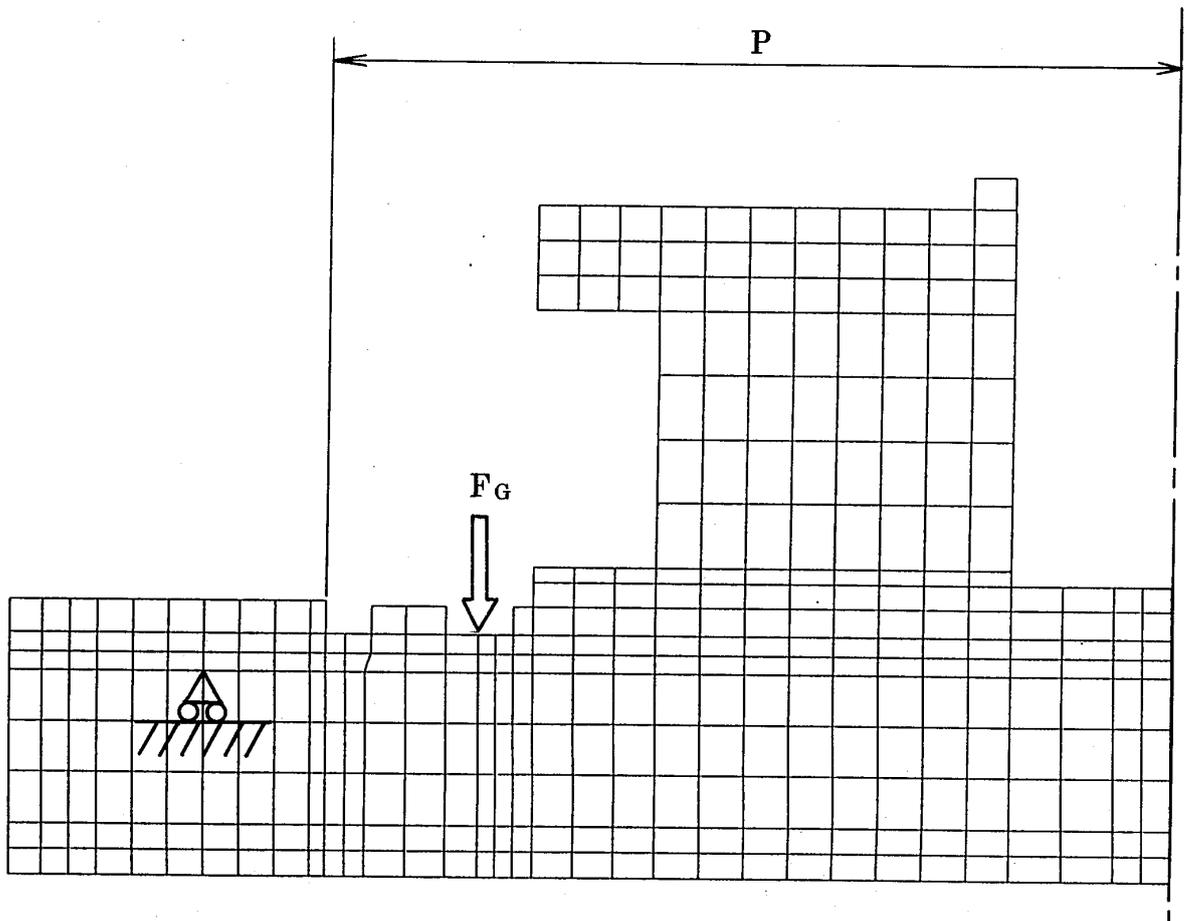


図 4-2 補助カバーの応力計算のモデル

表 4-5 機器諸元

項目		記号	単位	入力値
材質		—	—	SFVQ1A
温度条件		—	℃	302
縦弾性係数	SFVQ1A	E	MPa	
ポアソン比		ν	—	
モータカバー	要素数	—	—	
	節点数	—	—	
補助カバー	要素数	—	—	
	節点数	—	—	

4.6 計算方法

4.6.1 応力の計算方法

「4.7 計算条件」に示す最高使用圧力，死荷重，機械的荷重及び地震荷重を考慮した解析により応力計算を実施する。

4.6.1.1 モータカバー及び補助カバーの応力

- (1) モータカバー及び補助カバーの周方向応力 σ_t ，軸方向応力 σ_ℓ 及び半径方向応力 σ_r の方向を図 4-3 及び図 4-4 に示す。

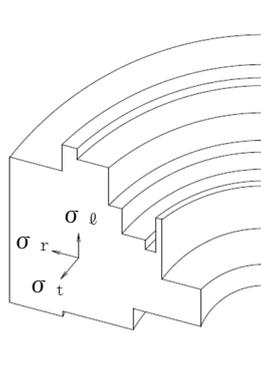


図 4-3 モータカバーの応力方向

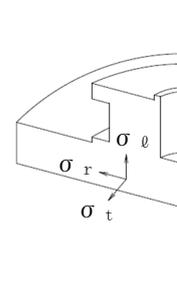


図 4-4 補助カバーの応力方向

- (2) 応力の分類は，表 4-6 の応力の分類方法に従って分類する。
 (3) 計算した応力は，応力の分類ごとに重ね合わせ，組合せ応力を求める。

組合せ応力は，一般に $\sigma_t, \sigma_\ell, \sigma_r, \tau_{t\ell}, \tau_{\ell r}, \tau_{rt}$ の 6 成分を持つが，主応力 σ は，引用文献(1)の 1・3・6 項により，次式を満足する 3 根 $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ として計算する。

$$\begin{aligned} &\sigma^3 - (\sigma_t + \sigma_\ell + \sigma_r) \cdot \sigma^2 + (\sigma_t \cdot \sigma_\ell + \sigma_\ell \cdot \sigma_r + \sigma_r \cdot \sigma_t \\ &- \tau_{t\ell}^2 - \tau_{\ell r}^2 - \tau_{rt}^2) \cdot \sigma - \sigma_t \cdot \sigma_\ell \cdot \sigma_r + \sigma_t \cdot \tau_{\ell r}^2 \\ &+ \sigma_\ell \cdot \tau_{rt}^2 + \sigma_r \cdot \tau_{t\ell}^2 - 2 \cdot \tau_{t\ell} \cdot \tau_{\ell r} \cdot \tau_{rt} = 0 \end{aligned}$$

上式により主応力を求める。

- (4) 応力強さは，以下の 3 つの主応力差の絶対値で最大のものを応力強さとする。

$$S_{12} = \sigma_1 - \sigma_2$$

$$S_{23} = \sigma_2 - \sigma_3$$

$$S_{31} = \sigma_3 - \sigma_1$$

- (5) 応力集中を生じる応力評価点には、ピーク応力の計算に応力集中係数を考慮する。応力集中係数は、設計・建設規格 PVB-3130 表 PVB-3130-1 (局所的な構造上の不連続部) に掲げられた値を用いる。

表 4-6 応力の分類方法

評価部材	荷重の種類	応力の分類	
モータカバー 及び 補助カバー	死荷重 + 最高使用圧力 + 機械的荷重 + 地震荷重	膜応力 (板厚平均応力)	P_m^*
	地震荷重のみ	曲げ応力	P_b
スタッドボルト 及び 補助カバー取付ボルト	死荷重 + 最高使用圧力 + 機械的荷重 + 地震荷重	膜応力 (板厚平均応力)	P_L
		曲げ応力 応力集中による応力増加分	P_b F
		断面平均応力	平均引張応力

注記* : 応力評価点は、局所的な構造上の不連続部であるため膜応力は P_L に分類されるが、これを P_m として P_m の許容応力を適用し、安全側に評価する。

4.6.1.2 モータカバー及び補助カバーの疲労累積係数

- (1) 地震荷重により生じる一次＋二次＋ピーク応力の応力差の変動の繰返し回数として、200回を考慮する。この繰返し回数を疲労累積係数を求める際の実際の繰返し回数とする。
- (2) 繰返しピーク応力強さは、次式により求める。

$$S_l = \frac{S_p}{2}$$

設計・建設規格に記載の設計疲労線図に使用されている縦弾性係数(E₀)と最高使用温度における縦弾性係数(E)との比を考慮し、繰返しピーク応力強さを次式で補正する。

$$S_{l'} = S_l \cdot \frac{E_0}{E}$$

4.6.1.3 スタッドボルト及び補助カバー取付ボルトの応力

- (1) ボルトの応力評価は、設計・建設規格 PMB-3510 に基づき、ボルトの軸方向に垂直な断面の平均引張応力について行う。
- (2) 平均引張応力の計算は、J I S B 8 2 6 5 (2003)「圧力容器の構造一般事項」附属書 3 (規定)「圧力容器のボルト締めフランジ」のフランジの計算のうち、ボルト荷重の計算方法による。
- (3) 設計圧力及び使用温度は、設計・建設規格における最高使用圧力及び最高使用温度とする。

4.7 計算条件

最高使用圧力, 死荷重及び機械的荷重の条件は, 既工認による。地震荷重の条件は, 「4.4 設計用地震力」に基づいて設定する。応力計算に用いる荷重条件を表 4-7 及び表 4-8 にまとめて示す。

表 4-7 モータカバーの荷重 (ボルトを除く。)

記号	荷重名称	荷重値	
		地震時 (S_{d^*})	地震時 (S_s)
P	最高使用圧力 (MPa)	8.62	8.62
死荷重 D 及び 機械的荷重 M	F ₁	外荷重 (ポンプ固定側) (N)	
	F ₂	外荷重 (ポンプ回転側) (N)	
	F ₃	外荷重 (補助カバー) (N)	
	F _{G1}	ガスケット反力 (N)	
	F _{G2}	ガスケット反力 (N)	
	—	自重	1.00・g
地震荷重 S_{d^*}	F ₁	外荷重 (ポンプ固定側) (N)	—
	F ₂	外荷重 (ポンプ回転側) (N)	—
	—	自重	0.71・g
地震荷重 S_s	F ₁	外荷重 (ポンプ固定側) (N)	—
	F ₂	外荷重 (ポンプ回転側) (N)	—
	—	自重	—

表 4-8 補助カバーの荷重 (ボルトを除く。)

記号		荷重名称	荷重値	
			地震時 (S _d [*])	地震時 (S _s)
P		最高使用圧力 (MPa)	8.62	8.62
死荷重 D 及び 機械的荷重 M	F _G	ガスケット反力 (N)		
	—	自重	1.00・g	1.00・g
地震荷重 S _d [*]	—	自重	0.71・g	—
地震荷重 S _s	—	自重	—	1.41・g

K6 ① VI-2-5-1(1) R0

4.8 応力の評価

モータカバー，補助カバー，スタッドボルト及び補助カバー取付ボルトについて
4.6.1 項で求めた各応力等が，原子炉冷却材再循環ポンプの最高使用温度における許容限界以下であることを確認する。許容限界を表 4-2 に示す。

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

原子炉冷却材再循環ポンプの設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

6. 引用文献

- (1) 機械工学便覧 基礎編 α3 (日本機械学会)

7. 参照図書

柏崎刈羽原子力発電所第6号機 第5回工事計画認可申請書

- (1) IV-3-2-1「原子炉冷却材再循環ポンプの応力計算書」

【原子炉冷却材再循環ポンプの耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度 分類	据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (℃)	周囲環境 温度 (℃)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度			
原子炉冷却材 再循環ポンプ	S	原子炉圧力容器 T.M.S.L. 3.671* ¹	—* ²	—* ²	—* ³	C _v =0.71	—* ³	C _v =1.41	8.62	302	—

注記*1：設計震度参照レベルを示す。

*2：固有周期は十分に小さく、計算は省略する。

*3：モータカバーはモータケーシングに、補助カバーはモータカバーにそれぞれ嵌め込まれ、ボルト締結される構造であり、原子炉冷却材再循環ポンプに作用する水平方向荷重はモータケーシングに負荷されることから、鉛直方向設計震度のみ設計用地震力として考慮し、水平方向設計震度は設計用地震力として考慮しない。

1.2 機器要目

部材	材料	E ₀ (MPa)	E (MPa)	S _m (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)
モータカバー 及び 補助カバー	SFVQ1A			184*	302*	480*

部材	材料	S (MPa)
スタッドボルト 及び 補助カバー取付ボルト	SNB24-3	200*

注記*：最高使用温度で算出

1.3 計算数値

1.3.1 モータカバーの応力強さ

(単位：MPa)

弾性設計用地震動 S d 又は静的震度								基準地震動 S s							
一次一般膜		一次膜＋一次曲げ		一次＋二次		一次＋二次＋ピーク		一次一般膜		一次膜＋一次曲げ		一次＋二次		一次＋二次＋ピーク	
応力評価面	応力強さ	応力評価面	応力強さ	応力評価点	応力*強さ	応力評価点	応力*強さ	応力評価面	応力強さ	応力評価面	応力強さ	応力評価点	応力*強さ	応力評価点	応力*強さ
P01-P02	78	P01-P02	117	P01	1	P01	1	P01-P02	79	P01-P02	118	P01	1	P01	1
				P02	2	P02	2					P02	3	P02	3
P03-P04	46	P03-P04	64	P03	1	P03	1	P03-P04	46	P03-P04	64	P03	1	P03	2
				P04	1	P04	3					P04	2	P04	5
P05-P06	39	P05-P06	78	P05	1	P05	1	P05-P06	39	P05-P06	79	P05	2	P05	2
				P06	2	P06	4					P06	3	P06	7

注記*：全振幅の値を示す。

1.3.2 補助カバーの応力強さ

(単位：MPa)

弾性設計用地震動 S d 又は静的震度								基準地震動 S s							
一次一般膜		一次膜＋一次曲げ		一次＋二次		一次＋二次＋ピーク		一次一般膜		一次膜＋一次曲げ		一次＋二次		一次＋二次＋ピーク	
応力評価面	応力強さ	応力評価面	応力強さ	応力評価点	応力*強さ	応力評価点	応力*強さ	応力評価面	応力強さ	応力評価面	応力強さ	応力評価点	応力*強さ	応力評価点	応力*強さ
P07-P08	16	P07-P08	64	P07	0	P07	0	P07-P08	16	P07-P08	64	P07	0	P07	0
				P08	0	P08	0					P08	0	P08	0
P09-P10	37	P09-P10	134	P09	0	P09	1	P09-P10	37	P09-P10	134	P09	0	P09	1
				P10	0	P10	0					P10	0	P10	0

注記*：全振幅の値を示す。

1.3.3 モータカバーの疲労累積係数

(単位：MPa)

応力評価点	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度						基準地震動 S _s					
	S _p	S _ℓ	S _{ℓ'}	N _a	N _c	U _f (U _{S_d})	S _p	S _ℓ	S _{ℓ'}	N _a	N _c	U _f (U _{S_s})
P01	1	1	1	10 ⁶	200	0.0000*	1	1	1	10 ⁶	200	0.0000*
P02	2	1	1	10 ⁶	200	0.0000*	3	2	2	10 ⁶	200	0.0000*
P03	1	1	1	10 ⁶	200	0.0000*	2	1	1	10 ⁶	200	0.0000*
P04	3	2	2	10 ⁶	200	0.0000*	5	3	4	10 ⁶	200	0.0000*
P05	1	1	1	10 ⁶	200	0.0000*	2	1	1	10 ⁶	200	0.0000*
P06	4	2	2	10 ⁶	200	0.0000*	7	4	5	10 ⁶	200	0.0000*

注記*：単位無し

1.3.4 補助カバーの疲労累積係数

(単位：MPa)

応力評価点	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度						基準地震動 S _s					
	S _p	S _ℓ	S _{ℓ'}	N _a	N _c	U _f (U _{S_d})	S _p	S _ℓ	S _{ℓ'}	N _a	N _c	U _f (U _{S_s})
P07	0	0	0	10 ⁶	200	0.0000*	0	0	0	10 ⁶	200	0.0000*
P08	0	0	0	10 ⁶	200	0.0000*	0	0	0	10 ⁶	200	0.0000*
P09	1	1	1	10 ⁶	200	0.0000*	1	1	1	10 ⁶	200	0.0000*
P10	0	0	0	10 ⁶	200	0.0000*	0	0	0	10 ⁶	200	0.0000*

注記*：単位無し

1.3.5 スタッドボルト及び補助カバー取付ボルトの平均引張応力

部材	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
	$W S_d$ (N)	σ_{S_d} (MPa)	$W S_s$ (N)	σ_{S_s} (MPa)
スタッドボルト		159		160
補助カバー取付ボルト		127		127

1.4 結論

1.4.1 応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度			基準地震動 S _s		
			応力評価面又は応力評価点	算出応力	許容応力	応力評価面又は応力評価点	算出応力	許容応力
モータカバー	SFVQ1A	一次一般膜	P01-P02	78	302	P01-P02	79	320
		一次膜＋一次曲げ	P01-P02	117	454	P01-P02	118	480
		一次＋二次	P02	2	552	P02	3	552
		疲労評価	P06	0.0000*	1.0*	P06	0.0000*	1.0*
補助カバー	SFVQ1A	一次一般膜	P09-P10	37	302	P09-P10	37	320
		一次膜＋一次曲げ	P09-P10	134	454	P09-P10	134	480
		一次＋二次	P09	0	552	P09	0	552
		疲労評価	P09	0.0000*	1.0*	P09	0.0000*	1.0*
スタッドボルト	SNB24-3	平均引張	—	159	300	—	160	400
補助カバー取付ボルト	SNB24-3	平均引張	—	127	300	—	127	400

注記*：単位無し

すべて許容応力以下である。

(2) 管の耐震性についての計算書

(原子炉冷却材の循環設備 復水給水系)

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	23
3.1 計算方法	23
3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態	24
3.3 設計条件	25
3.4 材料及び許容応力	43
3.5 設計用地震力	44
4. 解析結果及び評価	45
4.1 固有周期及び設計震度	45
4.2 評価結果	63
4.2.1 管の応力評価結果	63
4.2.2 支持構造物評価結果	67
4.2.3 弁の動的機能維持評価結果	68
4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	69

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-14「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、復水給水系の管、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。

評価結果記載方法は、以下に示すとおりである。

(1) 管

設計及び工事の計画書に記載される範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点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

設計及び工事の計画書に記載される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。

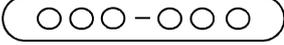
(3) 弁

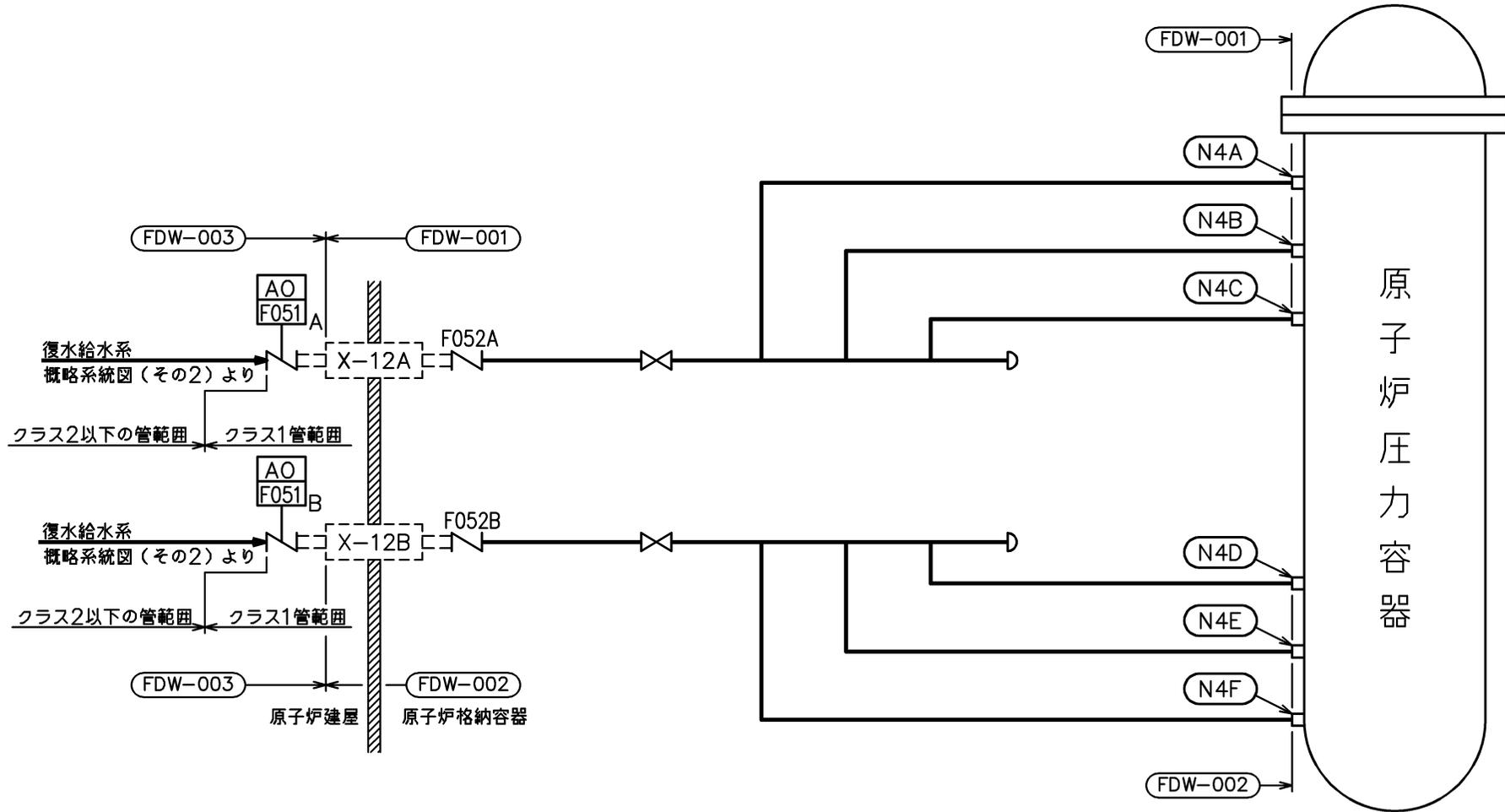
機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として評価結果を記載する。

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

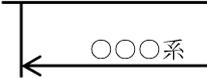
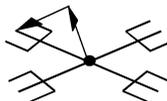
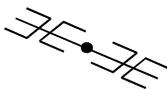
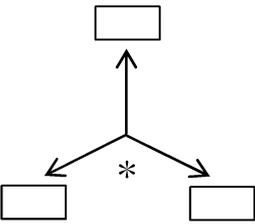
記号例	内容
 (太線)	設計及び工事の計画書に記載されている範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
 (細線)	設計及び工事の計画書に記載されている範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	設計及び工事の計画書に記載されている範囲外の管又は設計及び工事の計画書に記載されている範囲の管のうち、他系統の管であって解析モデルの概略を示すために表記する管
	鳥瞰図番号
	アンカ



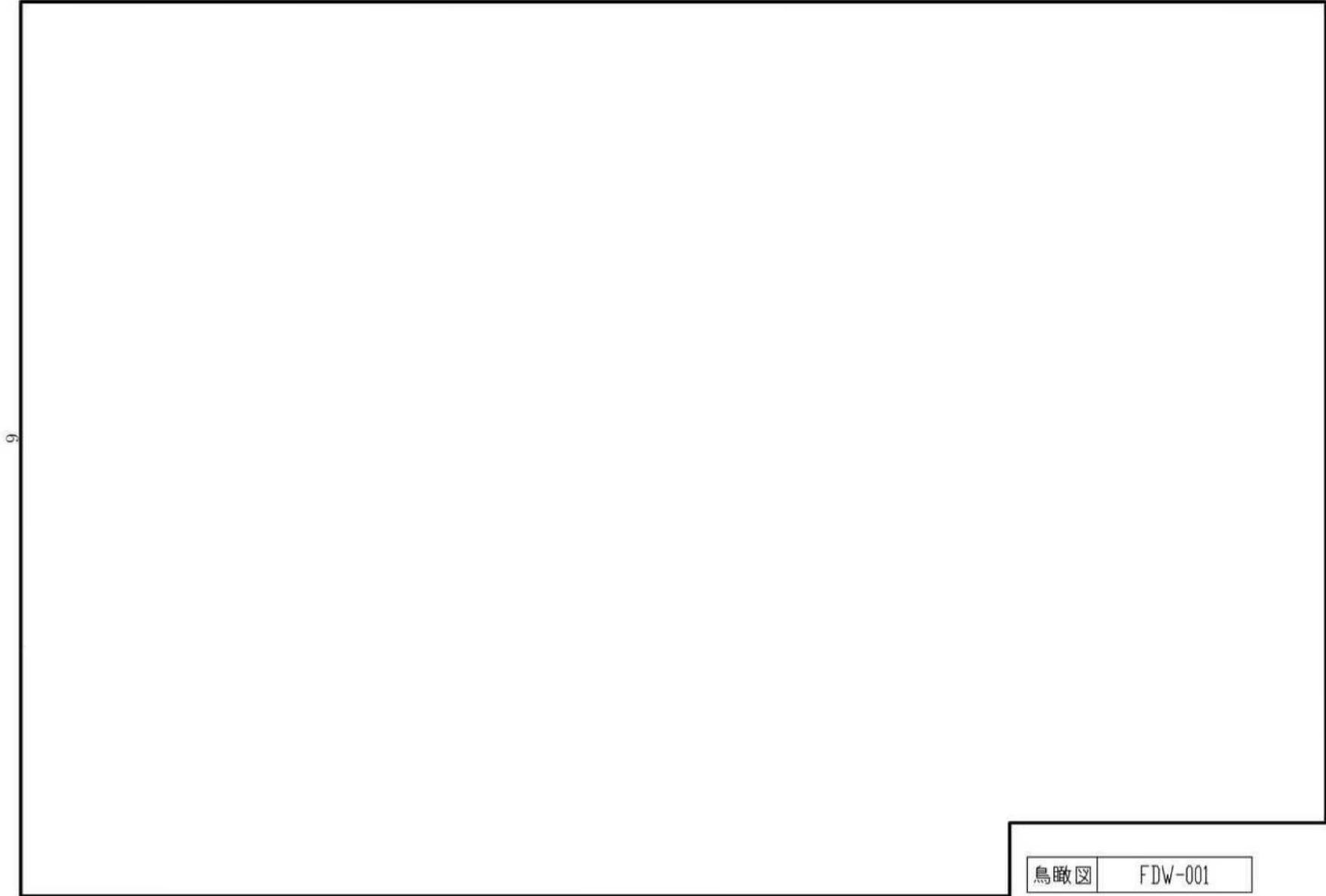
復水給水系概略系統図（その1）

2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

記号例	内容
	<p>設計及び工事の計画書記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管</p>
	<p>設計及び工事の計画書記載範囲外の管</p>
	<p>設計及び工事の計画書記載範囲の管のうち、他系統の管であっ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>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>

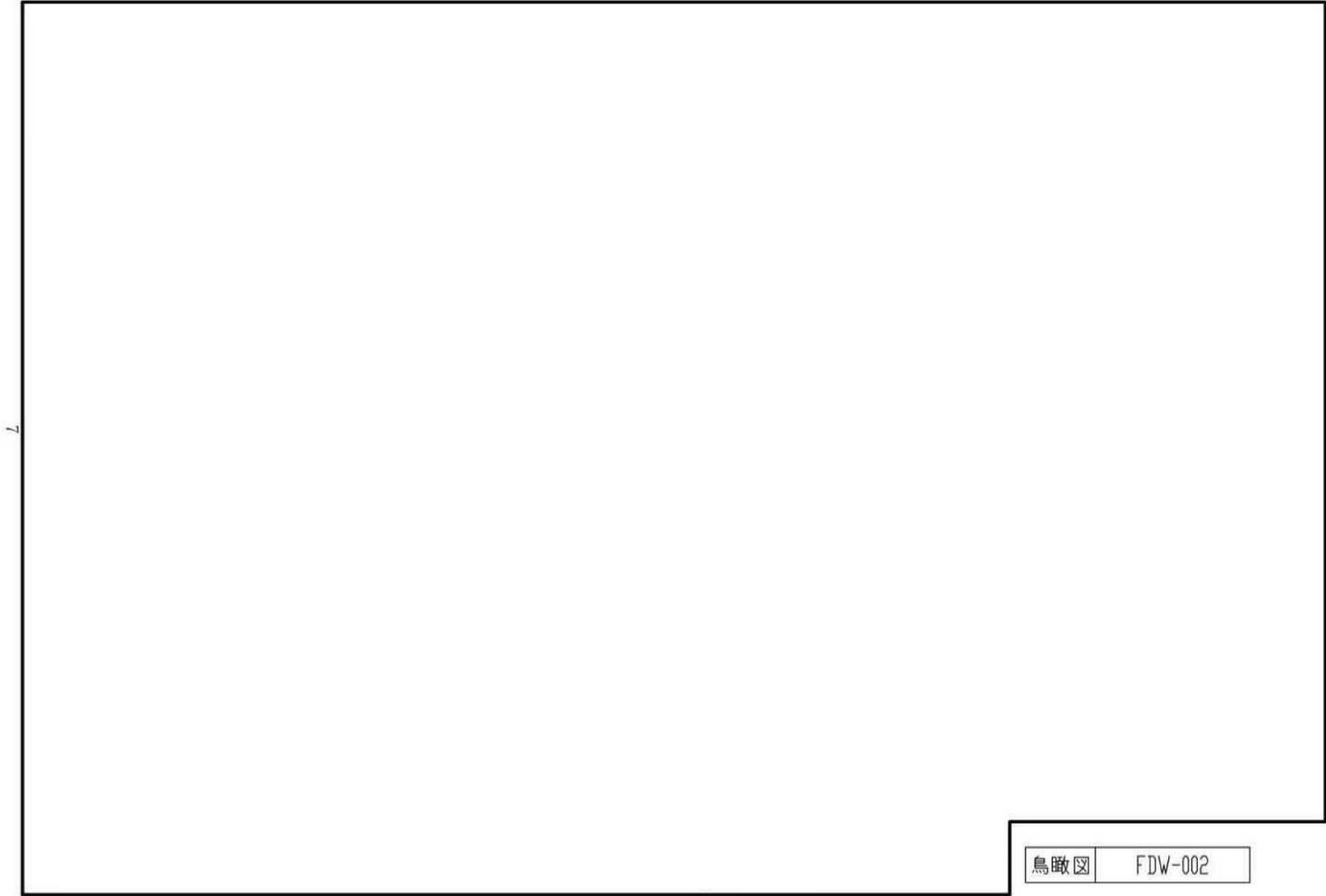
K6 ① VI-2-5-1(2) (設) R0



9

鳥瞰図	FDW-001
-----	---------

K6 ① VI-2-5-1(2) (設) R0



K6 ① VI-2-5-1(2) (設) R0

∞

鳥瞰図	FDW-003-1/15
-----	--------------

K6 ① VI-2-5-1(2) (設) R0

6

鳥瞰図 FDW-003-2/15

K6 ① VI-2-5-1(2) (設) R0

10

鳥瞰図	FDW-003-3/15
-----	--------------

11

12

鳥瞰図 FDW-003-5/15

14

鳥瞰図 FDW-003-7/15

K6 ① VI-2-5-1(2) (設) R0

17

鳥瞰図 FDW-003-10/15

K6 ① VI-2-5-1(2) (設) R0

18

鳥瞰図 FDW-003-11/15

K6 ① VI-2-5-1(2) (設) R0

19

鳥瞰図 FDW-003-12/15

20

K6 ① VI-2-5-1(2) (設) R0

22

鳥瞰図 FDW-003-15/15

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」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、別紙「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	原子炉冷却材の循環設備	復水給水系	DB	-	クラス1管 クラス2管	S	I _L +S _d	Ⅲ _A S
							II _L +S _d	
							I _L +S _s	Ⅳ _A S
							II _L +S _s	
IV _{L(L)} +S _d ^{*4}								
原子炉冷却系統施設	残留熱除去設備	残留熱除去系	DB	-	クラス2管	S	I _L +S _d	Ⅲ _A S
							II _L +S _d	
							IV _{L(L)} +S _d	Ⅳ _A S
							I _L +S _s	
II _L +S _s								
原子炉冷却系統施設	非常用炉心冷却設備 その他原子炉注水設備	原子炉隔離時冷却系	DB	-	クラス2管	S	I _L +S _d	Ⅲ _A S
							II _L +S _d	
							IV _{L(L)} +S _d	Ⅳ _A S
							I _L +S _s	
II _L +S _s								

24

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，(L)は荷重が長期間作用している状態を示す。

*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：クラス1管においてのみ考慮する。

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 F D W - 0 0 1

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	8.62	302	558.8	34.9	STS480	S	184760
2	8.62	302	558.8	34.9	SFVC2B	S	184760
3	8.62	302	318.5	21.4	SFVC2B	S	184760
4	8.62	302	318.5	21.4	STS410	S	184760

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 F D W - 0 0 1

管名称	対 応 す る 評 価 点														
1	6	7	8	10	11	12	13	14	15						
2	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27		
3	18	24	26	28	42	52									
4	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							

配管の質量（配管の付加質量及びフランジの質量を含む）

鳥 瞰 図 FDW-001

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)								
7		22		34		46		58	
11		23		35		47		59	
12		24		36		48		60	
13		25		37		49		61	
14		26		38		50		62	
15		27		39		51		63	
16		28		40		52		64	
17		29		41		53		65	
18		30		42		54			
19		31		43		55			
20		32		44		56			
21		33		45		57			

鳥 瞰 図 F D W - 0 0 1

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)
4		8	
5		9	
6		10	

鳥 瞰 図 F D W - 0 0 1

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	5			
弁2	9			

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 FDW-001

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
7						
** 14 **						
** 19 **						
** 21 **						
23						
** 25 **						

--

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 F D W - 0 0 2

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	8.62	302	558.8	34.9	STS480	S	184760
2	8.62	302	558.8	34.9	SFVC2B	S	184760
3	8.62	302	318.5	21.4	SFVC2B	S	184760
4	8.62	302	318.5	21.4	STS410	S	184760

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 F D W - 0 0 2

管名称	対 応 す る 評 価 点														
1	6	7	8	10	11	12	13	14	15						
2	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27		
3	18	24	26	28	42	52									
4	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							

配管の質量（配管の付加質量及びフランジの質量を含む）

鳥 瞰 図 FDW-002

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)								
7		22		34		46		58	
11		23		35		47		59	
12		24		36		48		60	
13		25		37		49		61	
14		26		38		50		62	
15		27		39		51		63	
16		28		40		52		64	
17		29		41		53		65	
18		30		42		54			
19		31		43		55			
20		32		44		56			
21		33		45		57			

鳥 瞰 図 F D W - 0 0 2

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)
4		8	
5		9	
6		10	

鳥 瞰 図 F D W - 0 0 2

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	5			
弁2	9			

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 FDW-002

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
7						
** 14 **						
** 19 **						
** 21 **						
23						
** 25 **						

--

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 F D 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	8.62	302	558.8	34.9	SFVC2B	S	184760
2	3.43	182	318.5	10.3	STS410	S	192440
3	3.43	182	267.4	9.3	STS410	S	192440
4	8.62	302	267.4	18.2	STS410	S	184760
5	8.62	302	267.4	21.4	STS410	S	184760
6	8.62	302	267.4	18.2	SFVC2B	S	184760
7	8.62	302	165.2	14.3	STS410	S	184760
8	8.62	302	165.2	14.3	SFVAF11A	S	185840
9	8.62	302	165.2	14.3	SFVC2B	S	184760

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 F D W - 0 0 3

管名称	対 応 す る 評 価 点															
1	18	19	20	21	22	43	44	45	46	47	918	920	943	945		
2	51	52	53	54	55	56	57	58	59	259	823	824	830			
3	59	60														
4	62	63	64	65	66	68	69	71	72	252	831					
5	69	70	71													
6	20	72														
7	70	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	
	87	88	93	94	95	121	122	123	124	146	149	150	151	253	346	
	790	791	792	793	794	795	821	822	912							
8	90	91	92	93	124	953										
9	45	95														

配管の質量（配管の付加質量及びフランジの質量を含む）

鳥 瞰 図 FDW-003

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)								
19		59		79		122		794	
20		63		80		123		795	
21		64		81		124		821	
44		65		82		149		822	
45		69		83		150		823	
46		70		84		151		824	
51		71		85		252		830	
52		72		86		253		831	
53		73		87		259		912	
54		74		91		346		918	
55		75		92		790		920	
56		76		93		791		943	
57		77		94		792		945	
58		78		95		793		953	

鳥 瞰 図 FDW-003

弁部の質量を下表に示す。

弁 1		弁 2		弁 3		弁 4		弁 5	
評価点	質量(kg)								
16		22		41		47		119	
17		23		42		48		120	
18		24		43		49		121	

弁 6		弁 7		弁 8		弁 9	
評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
144		66		60		88	
145		67		61		89	
146		68		62		90	
				183			
				184			

鳥 瞰 図 F D W - 0 0 3

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			
弁2	23			
弁3	42			
弁4	48			
弁5	120			
弁6	145			
弁7	67			
弁8	61			
弁9	89			

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 FDW-003

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
21						
46						
51						
54						
57						
63						
73						
81						
83						
** 184 **						
252						
346						
912						

--

K6 ① VI-2-5-1(2) (設) R0

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 _h
SFVAF11A	302	—	218	427	—
SFVC2B	302	125	187	438	—
STS410	182	—	209	404	—
	302	122	182	404	—
STS480	302	138	—	—	—

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
用いる。また、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。

鳥瞰図	建屋・構築物	標高 (m)	減衰定数 (%)
FDW-001	原子炉遮蔽壁		
FDW-002	原子炉遮蔽壁		
FDW-003	原子炉建屋		
	タービン建屋		

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 F D W - 0 0 1

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							
7 次							
8 次							
9 次							
10 次							
動的震度*2							
静的震度*3							

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：S d 又はS s 地震動に基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。
 *3： $3.6C_I$ 及び $1.2C_V$ より定めた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図 F D W - 0 0 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				
3 次				
4 次				
5 次				
6 次				
7 次				
8 次				
9 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。

代表的振動モード図(1次)

鳥瞰図 FDW-001

代表的振動モード図(2次)

鳥瞰図 FDW-001

代表的振動モード図(3次)

50

鳥瞰図 | FDW-001

固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 F D W - 0 0 2

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							
7 次							
8 次							
9 次							
10 次							
動的震度*2							
静的震度*3							

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：S d 又は S s 地震動に基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。
 *3： $3.6C_I$ 及び $1.2C_V$ より定めた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図 F D W - 0 0 2

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 for data]		
2 次				
3 次				
4 次				
5 次				
6 次				
7 次				
8 次				
9 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。

代表的振動モード図(1次)

代表的振動モード図(2次)

55

鳥瞰図 FDW-002

代表的振動モード図(3次)

56

鳥瞰図 FDW-002

固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 F D 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							
7 次							
8 次							
82 次							
83 次							
動的震度*2							
静的震度*3							

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：S d 又は S s 地震動に基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。
 *3： $3.6C_I$ 及び $1.2C_V$ より定めた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図 F D W - 0 0 3

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 for data]		
2 次				
3 次				
4 次				
5 次				
6 次				
7 次				
8 次				
82 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。

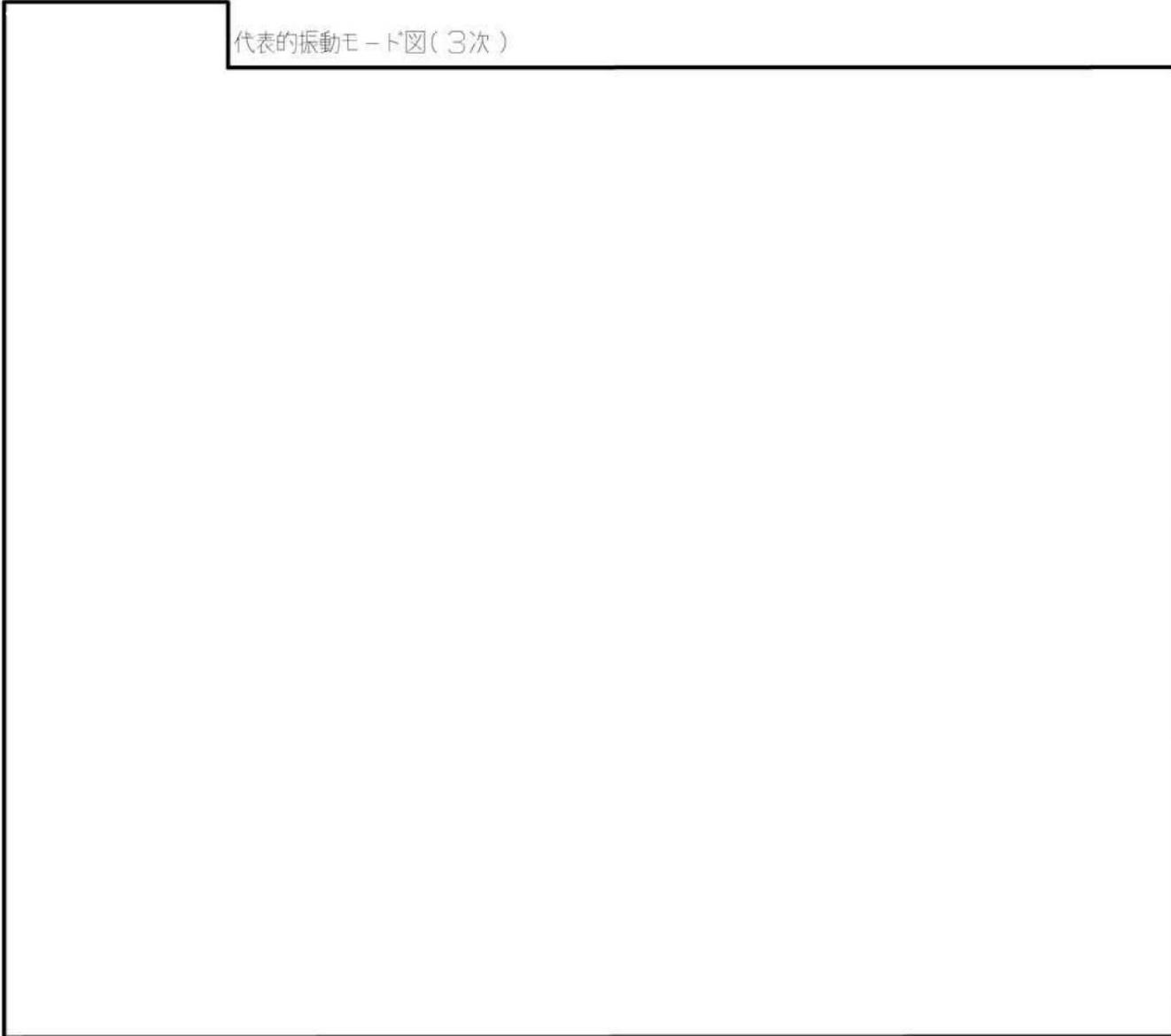
代表的振動モード図(1次)

09

代表的振動モード図(2次)

鳥瞰図 FDW-003

代表的振動モード図(3次)



鳥瞰図 | FDW-003

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1管

鳥瞰図	許容 応力 状態	最大 応力 評価点	配管 要素 名称	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
					一次応力	許容応力	ねじり応力*	許容応力	一次+二次 応力	許容応力	疲労累積係数
					$S_{p r m}(S d)$ $S_{p r m}(S s)$	$2.25 \cdot S_m$ $3 \cdot S_m$	$S_t(S d)$ $S_t(S s)$	$0.55 \cdot S_m$ $0.73 \cdot S_m$	$S_n(S s)$	$3 \cdot S_m$	$U+U S_s$
FDW-001	III _A S	18	TEE	$S_{p r m}(S d)$	123	281	—	—	—	—	—
	III _A S	64	ELBOW	$S_t(S d)$	—	—	51	67	—	—	—
	IV _A S	18	TEE	$S_{p r m}(S s)$	194	375	—	—	—	—	—
	IV _A S	18	TEE	$S_t(S s)$	—	—	92	91	—	—	—
	IV _A S	18	TEE	$S_n(S s)$	—	—	—	—	438	375	0.2584
	IV _A S	24	TEE	$U+U S_s$	—	—	—	—	—	—	0.2850

注記*：ねじり応力が許容応力状態III_ASのとき $0.55 \cdot S_m$ 、又は許容応力状態IV_ASのとき $0.73 \cdot S_m$ を超える場合は、曲げ+ねじり応力評価を実施する。

下表に示すとおりねじりによる応力が許容応力状態Ⅲ_ASのとき $0.55 \cdot S_m$ 、又は許容応力状態Ⅳ_ASのとき $0.73 \cdot S_m$ を超える評価点のうち曲げとねじりによる応力は許容値を満足している。

鳥瞰図	評価点	一次応力評価 (MPa)			
		ねじり応力 $S_t(S_d)$ $S_t(S_s)$	許容応力 $0.55 \cdot S_m$ $0.73 \cdot S_m$	曲げとねじり応力 $S_t + S_b(S_d)$ $S_t + S_b(S_s)$	許容応力 $1.8 \cdot S_m$ $2.4 \cdot S_m$
FDW-001	18	48	68	85	225
		92	91	156	300

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1管

鳥瞰図	許容 応力 状態	最大 応力 評価点	配管 要素 名称	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
					一次応力	許容応力	ねじり応力	許容応力	一次+二次 応力	許容応力	疲労累積係数
					$S_{p r m}(S d)$ $S_{p r m}(S s)$	$2.25 \cdot S_m$ $3 \cdot S_m$	$S_t(S d)$ $S_t(S s)$	$0.55 \cdot S_m$ $0.73 \cdot S_m$	$S_n(S s)$	$3 \cdot S_m$	$U+U S_s$
FDW-002	III _A S	24	TEE	$S_{p r m}(S d)$	121	281	—	—	—	—	—
	III _A S	64	ELBOW	$S_t(S d)$	—	—	50	67	—	—	—
	IV _A S	18	TEE	$S_{p r m}(S s)$	187	375	—	—	—	—	—
	IV _A S	18	TEE	$S_t(S s)$	—	—	89	91	—	—	—
	IV _A S	18	TEE	$S_n(S s)$	—	—	—	—	418	375	0.0938
	IV _A S	26	TEE	$U+U S_s$	—	—	—	—	—	—	0.2986

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 $S_{pr m}(S_d)$ $S_{pr m}(S_s)$	許容応力 S_y $0.9 \cdot S_u$	計算応力 $S_n(S_s)$	許容応力 $2 \cdot S_y$	疲労累積係数 $U S_s$
FDW-003	III _A S	60	$S_{pr m}(S_d)$	97	209	—	—	—
	IV _A S	60	$S_{pr m}(S_s)$	140	363	—	—	—
	IV _A S	58	$S_n(S_s)$	—	—	230	418	—

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)
FDW-002-019S	メカニカルスナップ	SMS-25-100	VI-2-1-12「配管及び支 持構造物の耐震計算に ついて」参照		221	375
FDW-003-184BA	ロッドレストレイント	RST-3			56	108
FDW-001-023HA FDW-001-023HB	スプリングハンガ	VS120F-19			107	2×69

67

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			
FDW-001-007R	レストレイント	ラインガイド	SM400B	302	0	391	656	—	—	—	せん断	30	172
FDW-003-051A	アンカ	ラグ	SGV410	182	43	40	48	42	35	12	組合せ	83	229

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
B21-F051B	逆止め弁	α (Ss)	2.7	1.1	6.0	6.0	—	—
E11-F005A	止め弁	β (Ss)	4.1	2.6	6.0	6.0	—	—

∞ 注記*：機能維持評価用加速度は、打ち切り振動数を 30Hz として計算した結果を示す。

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、応力分類毎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。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果(クラス1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)	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	FDW-001	18	123	281	2.28	○	18	194	375	1.93	○	18	438	375	0.85	○	24	0.2850	—
2	FDW-002	24	121	281	2.32	—	18	187	375	2.00	—	18	418	375	0.89	—	26	0.2986	○

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。

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以下の管)

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)	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	FDW-003	60	97	209	2.15	○	60	140	363	2.59	○	58	230	418	1.81	○	—	—	—

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	23
3.1 計算方法	23
3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態	24
3.3 設計条件	26
3.4 材料及び許容応力	46
3.5 設計用地震力	47
4. 解析結果及び評価	48
4.1 固有周期及び設計震度	48
4.2 評価結果	66
4.2.1 管の応力評価結果	66
4.2.2 支持構造物評価結果	70
4.2.3 弁の動的機能維持評価結果	71
4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	72

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-14「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、復水給水系の管、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。

評価結果記載方法は、以下に示すとおりである。

(1) 管

設計及び工事の計画書に記載される範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点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

設計及び工事の計画書に記載される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。

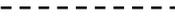
(3) 弁

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

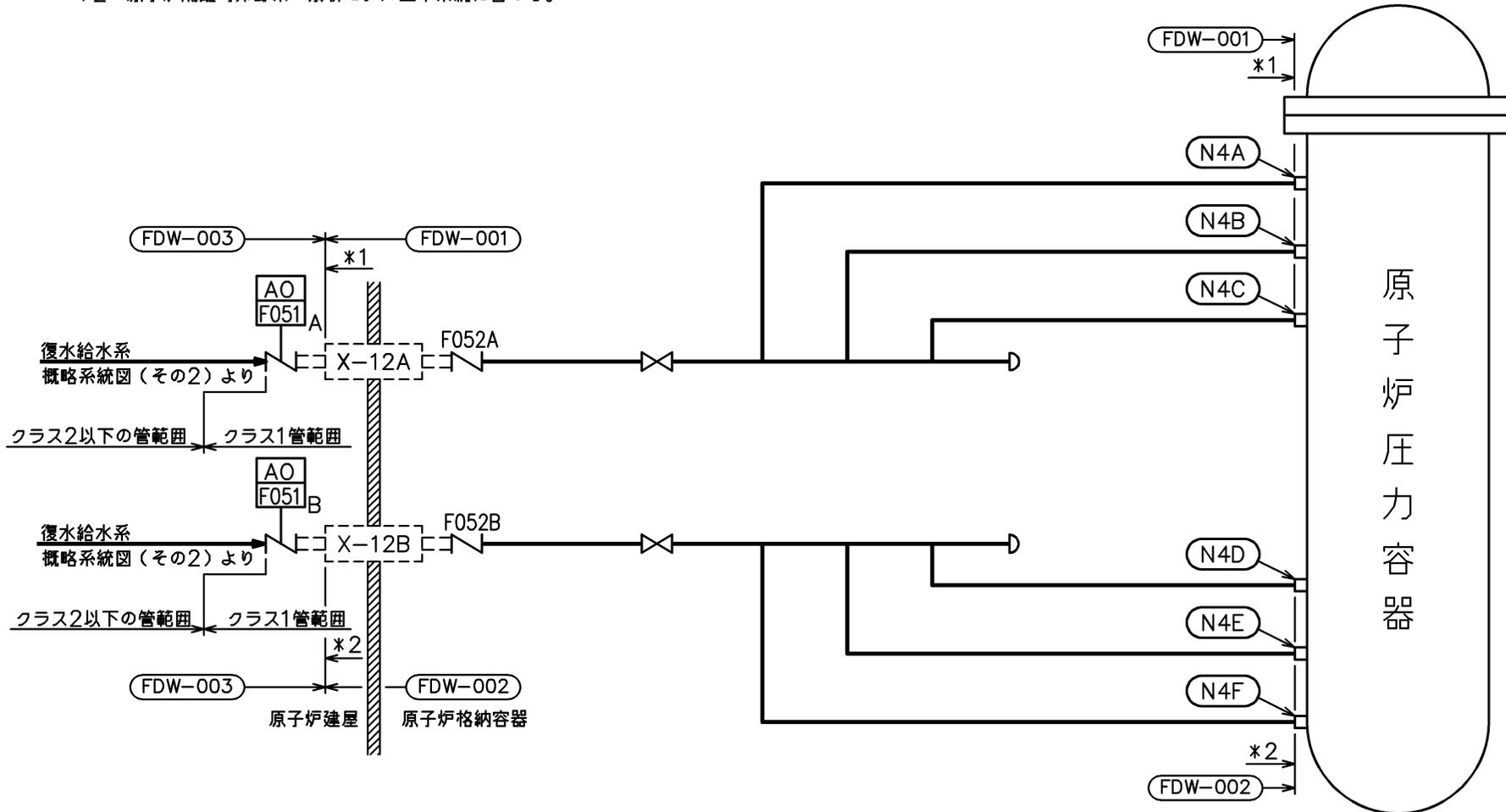
2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例

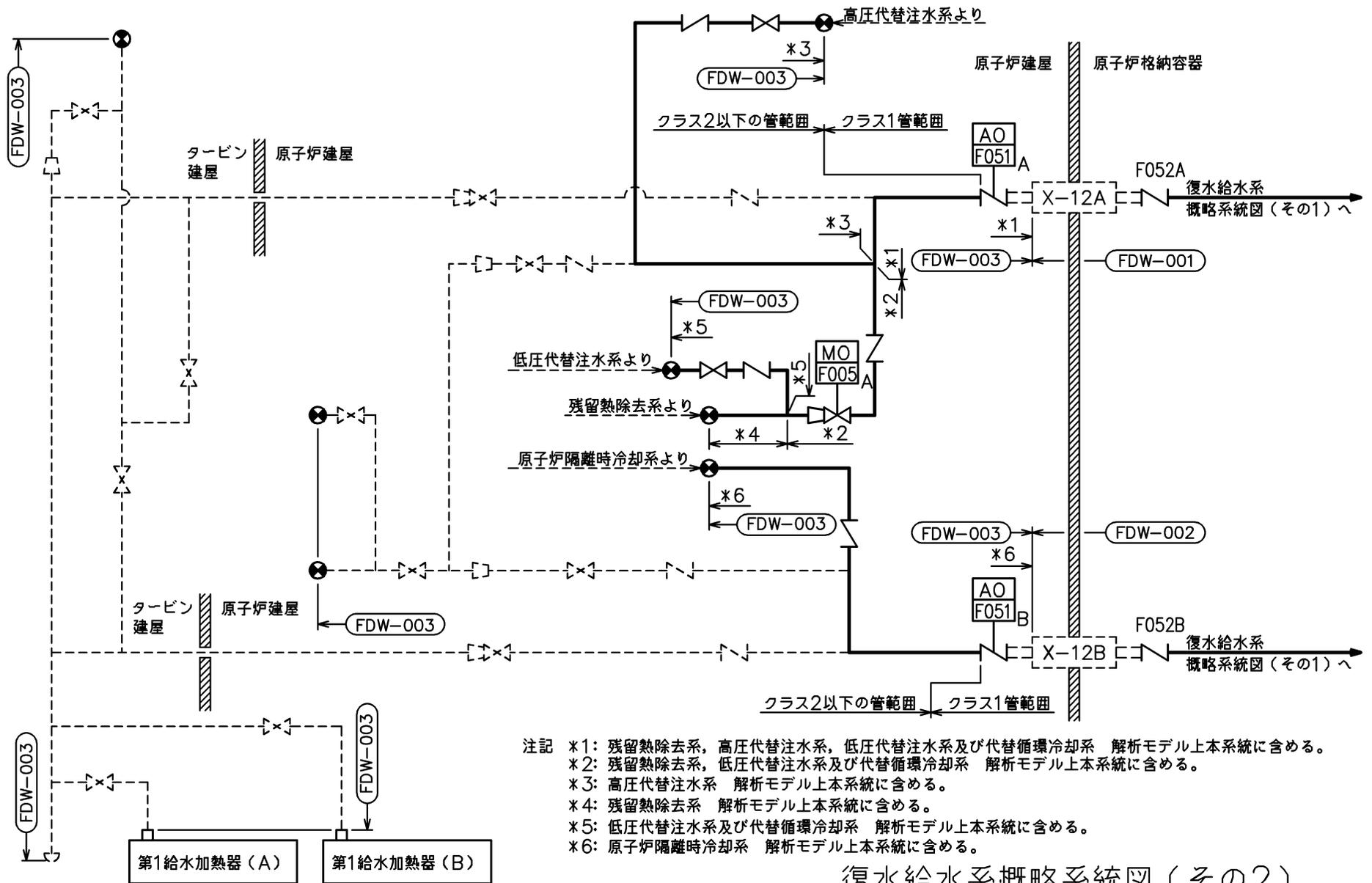
記号例	内容
 (太線)	設計及び工事の計画書に記載されている範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
 (細線)	設計及び工事の計画書に記載されている範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	設計及び工事の計画書に記載されている範囲外の管又は設計及び工事の計画書に記載されている範囲の管のうち、他系統の管であって解析モデルの概略を示すために表記する管
	鳥瞰図番号
	アンカ

注記 *1: 残留熱除去系, 高压代替注水系, 低压代替注水系及び代替循環冷却系
解析モデル上本系統含める。

*2: 原子炉隔離時冷却系 解析モデル上本系統に含める。



復水給水系概略系統図(その1)

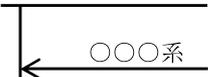
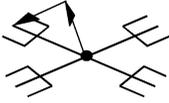
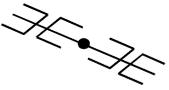
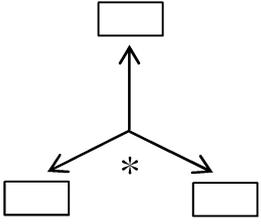


- 注記 *1: 残留熱除去系, 高圧代替注水系, 低圧代替注水系及び代替循環冷却系 解析モデル上本系統に含める。
 *2: 残留熱除去系, 低圧代替注水系及び代替循環冷却系 解析モデル上本系統に含める。
 *3: 高圧代替注水系 解析モデル上本系統に含める。
 *4: 残留熱除去系 解析モデル上本系統に含める。
 *5: 低圧代替注水系及び代替循環冷却系 解析モデル上本系統に含める。
 *6: 原子炉隔離時冷却系 解析モデル上本系統に含める。

復水給水系概略系統図(その2)

2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

記号例	内容
	<p>設計及び工事の計画書記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管</p>
	<p>設計及び工事の計画書記載範囲外の管</p>
	<p>設計及び工事の計画書記載範囲の管のうち、他系統の管であっ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>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>

K6 ① VI-2-5-1(2) (重) R0

9

鳥瞰図	FDW-001
-----	---------

K6 ① VI-2-5-1(2) (重) R0

鳥瞰図 FDW-002

K6 ① VI-2-5-1(2) (重) R0

8

鳥瞰図 FDW-003-1/15

6

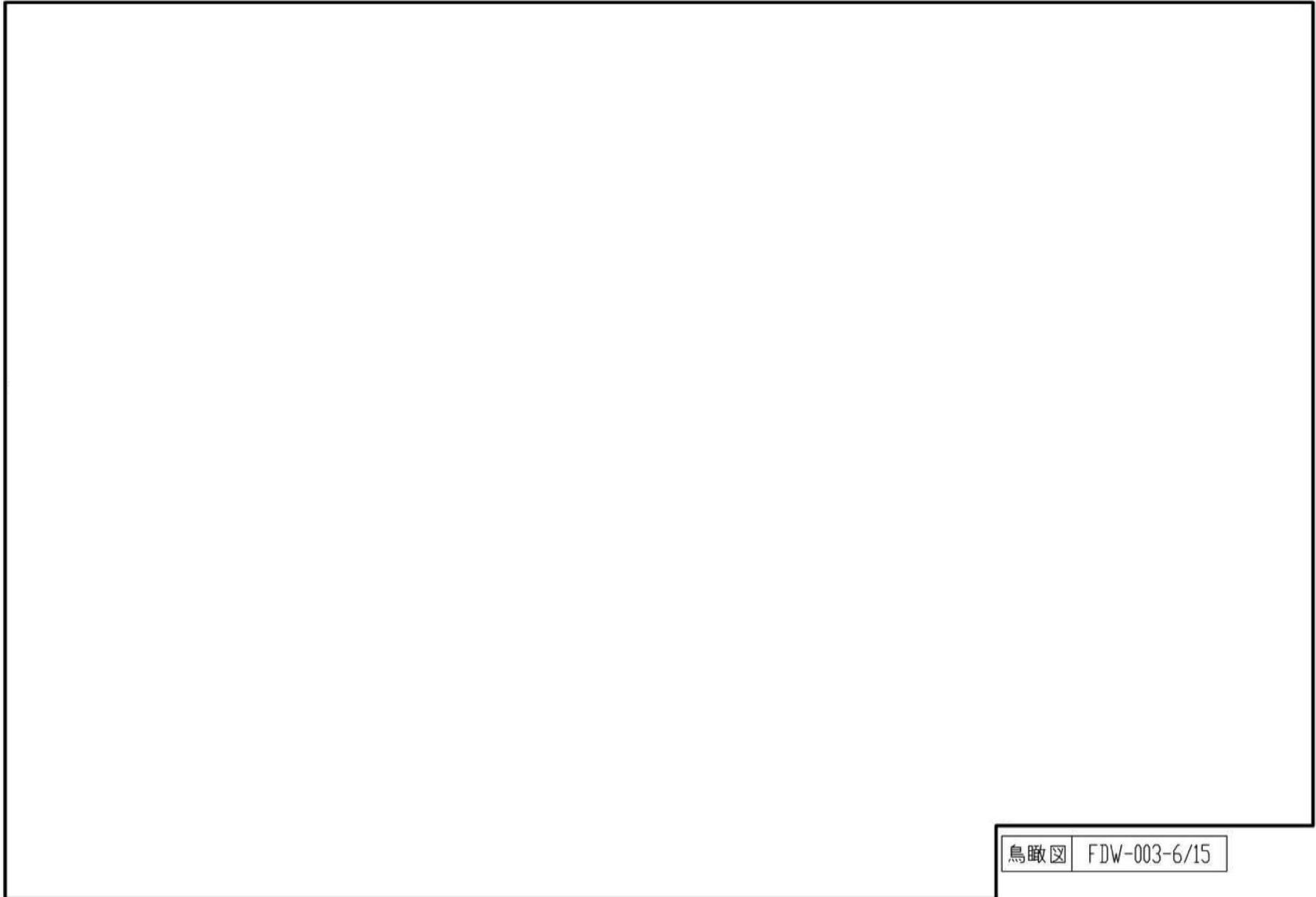
K6 ① VI-2-5-1(2) (重) R0

10

鳥瞰図 FDW-003-3/15

II

鳥瞰図 FDW-003-4/15



鳥瞰図 FDW-003-6/15

17

K6 ① VI-2-5-1(2) (重) R0

18

鳥瞰図 FDW-003-11/15

19

鳥瞰図 FDW-003-12/15

20

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」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、別紙「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	残留熱除去設備	残留熱除去系	S A	常設/防止 (DB拡張)	重大事故等 クラス2管	—	$V_L(L) + S_d$	V_{AS}
							$V_L(LL) + S_s$	
							$V_L + S_s$	
原子炉冷却系統施設	非常用炉心冷却設備 その他原子炉注水設備	原子炉隔離時 冷却系	S A	常設/防止 (DB拡張)	重大事故等 クラス2管	—	$V_L(L) + S_d$	V_{AS}
							$V_L(LL) + S_s$	
							$V_L + S_s$	
原子炉冷却系統施設	非常用炉心冷却設備 その他原子炉注水設備	高压代替注水系	S A	常設耐震/防止	重大事故等 クラス2管	—	$V_L(L) + S_d$	V_{AS}
							$V_L(LL) + S_s$	
							$V_L + S_s$	
原子炉冷却系統施設	非常用炉心冷却設備 その他原子炉注水設備	低压代替注水系	S A	常設耐震/防止 常設/緩和	重大事故等 クラス2管	—	$V_L(L) + S_d$	V_{AS}
							$V_L(LL) + S_s$	
							$V_L + S_s$	
原子炉冷却系統施設	非常用炉心冷却設備 その他原子炉注水設備	低压注水系	S A	常設/防止 (DB拡張)	重大事故等 クラス2管	—	$V_L(L) + S_d$	V_{AS}
							$V_L(LL) + S_s$	
							$V_L + S_s$	

(続き)

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
原子炉格納施設	圧力低減設備 その他安全設備	代替循環冷却系	S A	常設/緩和	重大事故等 クラス2管	—	$V_L(L) + S_d$	V_{AS}
							$V_L(LL) + S_s$	
							$V_L + S_s$	
原子炉格納施設	圧力低減設備 その他安全設備	高圧代替注水系	S A	常設/緩和	重大事故等 クラス2管	—	$V_L(L) + S_d$	V_{AS}
							$V_L(LL) + S_s$	
							$V_L + S_s$	
原子炉格納施設	圧力低減設備 その他安全設備	低圧代替注水系	S A	常設/緩和	重大事故等 クラス2管	—	$V_L(L) + S_d$	V_{AS}
							$V_L(LL) + S_s$	
							$V_L + S_s$	

25

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：「常設耐震/防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設/防止（DB拡張）」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張），「常設/緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*3：運転状態の添字Lは荷重，(L)は荷重が長期間作用している状態，(LL)は(L)より更に長期間荷重が作用している状態を示す。

*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 F D W - 0 0 1

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	9.22	306	558.8	34.9	STS480	—	184280
2	9.22	306	558.8	34.9	SFVC2B	—	184280
3	9.22	306	318.5	21.4	SFVC2B	—	184280
4	9.22	306	318.5	21.4	STS410	—	184280

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 F D W - 0 0 1

管名称	対 応 す る 評 価 点														
1	6	7	8	10	11	12	13	14	15						
2	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27		
3	18	24	26	28	42	52									
4	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							

配管の質量（配管の付加質量及びフランジの質量を含む）

鳥 瞰 図 FDW-001

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)								
7		22		34		46		58	
11		23		35		47		59	
12		24		36		48		60	
13		25		37		49		61	
14		26		38		50		62	
15		27		39		51		63	
16		28		40		52		64	
17		29		41		53		65	
18		30		42		54			
19		31		43		55			
20		32		44		56			
21		33		45		57			

鳥 瞰 図 F D W - 0 0 1

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)
4		8	
5		9	
6		10	

鳥 瞰 図 F D W - 0 0 1

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	5			
弁2	9			

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 FDW-001

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	
7							
** 14 **							
** 19 **							
** 21 **							
23							
** 25 **							

--

K6 ① VI-2-5-1(2) (重) R0

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 F D W - 0 0 2

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	9.22	306	558.8	34.9	STS480	—	184280
2	9.22	306	558.8	34.9	SFVC2B	—	184280
3	9.22	306	318.5	21.4	SFVC2B	—	184280
4	9.22	306	318.5	21.4	STS410	—	184280

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 F D W - 0 0 2

管名称	対 応 す る 評 価 点														
1	6	7	8	10	11	12	13	14	15						
2	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27		
3	18	24	26	28	42	52									
4	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							

配管の質量（配管の付加質量及びフランジの質量を含む）

鳥 瞰 図 FDW-002

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)								
7		22		34		46		58	
11		23		35		47		59	
12		24		36		48		60	
13		25		37		49		61	
14		26		38		50		62	
15		27		39		51		63	
16		28		40		52		64	
17		29		41		53		65	
18		30		42		54			
19		31		43		55			
20		32		44		56			
21		33		45		57			

鳥 瞰 図 F D W - 0 0 2

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)
4		8	
5		9	
6		10	

鳥 瞰 図 F D W - 0 0 2

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	5			
弁2	9			

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 FDW-002

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
7						
** 14 **						
** 19 **						
** 21 **						
23						
** 25 **						

--

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 F D 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	8.62	302	558.8	34.9	SFVC2B	—	184760
2	3.43	182	318.5	10.3	STS410	—	192440
3	3.43	182	267.4	9.3	STS410	—	192440
4	3.43	182	114.3	6.0	SF490A	—	192440
5	8.62	302	267.4	18.2	STS410	—	184760
6	8.62	302	267.4	21.4	STS410	—	184760
7	8.62	302	267.4	18.2	SFVC2B	—	184760
8	8.62	302	165.2	14.3	STS410	—	184760
9	8.62	302	165.2	14.3	SFVAF11A	—	185840
10	8.62	302	165.2	14.3	SFVC2B	—	184760
11	2.00	85	114.3	6.0	STPT370	—	199200
12	2.00	85	114.3	6.0	STPT370	—	199200

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 F D 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)
13	2.00	85	114.3	6.0	STPT370	—	199200
14	3.43	182	114.3	6.0	STS410	—	192440
15	11.80	77	165.2	18.2	STS410	—	199840

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 FDW-003

管名称	対 応 す る 評 価 点														
1	20	21	22	45	46	47	920	945							
2	51	52	53	54	55	56	57	58	59	259	823	824	830		
3	59	60													
4	58	177	801												
5	62	63	64	65	66	68	69	71	72	252	831				
6	69	70	71												
7	20	72													
8	70	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86
	87	88	93	94	95	149	150	151	253	735	736	737	738	739	740
	741	742	743	744	745	746	747	748	749	750	752	753	754	755	756
	757	758	759	760	761	762	763	764	765	766	767	768	769	770	771
	772	773	774	775	776	777	778	779	780	781	782	783	784	785	788
	789	793	794	795	805	821	822	960	963	964	965	966	975	977	985
	986	990													
	90	91	92	93	953										
9	90	91	92	93	953										
10	45	95													
11	159	160	161	162	802	803	911								
12	162	163	164	165	166	363	832	833							
13	166	167													
14	169	170	172	173	174	175	176	177	250	834					
15	721	722	723	724	725	726	727	728	729	730	731	732	733		

K6 ① VI-2-5-1(2) (重) R0

配管の質量（配管の付加質量及びフランジの質量を含む）

鳥 瞰 図 FDW-003

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)								
20		84		722		759		795	
21		85		723		760		801	
45		86		724		761		802	
46		87		725		762		803	
51		91		726		763		805	
52		92		727		764		821	
53		93		728		765		822	
54		94		729		766		823	
55		95		730		767		824	
56		149		731		768		830	
57		150		732		769		831	
58		151		736		770		832	
59		159		737		771		833	
63		160		738		772		834	
64		161		739		773		911	
65		162		740		774		920	
69		163		741		775		945	
70		164		742		776		953	
71		165		743		777		960	
72		166		744		778		963	
73		173		745		779		964	
74		174		746		780		965	
75		175		747		781		966	
76		176		748		782		975	
77		177		749		783		977	
78		250		753		784		985	
79		252		754		785		986	
80		253		755		788		990	
81		259		756		789			
82		363		757		793			
83		721		758		794			

K6 ① VI-2-5-1(2) (重) R0

鳥 瞰 図 FDW-003

弁部の質量を下表に示す。

弁 1		弁 2		弁 3		弁 4		弁 5	
評価点	質量(kg)								
22		47		66		60		170	
23		48		67		61		171	
24		49		68		62		172	
						183			
						184			

弁 6		弁 7		弁 8		弁 9	
評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
167		88		733		750	
168		89		734		751	
169		90		735		752	
301				786			
302				787			

鳥 瞰 図 F D W - 0 0 3

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	23			
弁2	48			
弁3	67			
弁4	61			
弁5	171			
弁6	168			
弁7	89			
弁8	734			
弁9	751			

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 FDW-003

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
21						
46						
51						
54						
57						
63						
73						
81						
83						
159						
166						
173						
** 184 **						
250						
252						
302						
363						
721						
732						
738						
747						
757						
762						
764						
766						
773						
787						
** 787 **						
911						
960						
963						
964						
** 964 **						
965						

K6 ① VI-2-5-1(2) (重) R0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 FDW-003

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
966						
** 975 **						
** 977 **						
985						
986						
990						

--

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_h
SF490A	182	—	215	438	—
SFVAF11A	302	—	218	427	—
SFVC2B	302	—	187	438	—
	306	125	—	—	—
STPT370	85	—	191	354	—
STS410	77	—	226	406	—
	182	—	209	404	—
	302	—	182	404	—
	306	122	—	—	—
STS480	306	138	—	—	—

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
用いる。また、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。

鳥瞰図	建屋・構築物	標高 (m)	減衰定数 (%)
FDW-001	原子炉遮蔽壁		
FDW-002	原子炉遮蔽壁		
FDW-003	原子炉建屋		
	タービン建屋		

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 F D W - 0 0 1

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

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：S s 地震動に基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図 F D W - 0 0 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				
3 次				
4 次				
5 次				
6 次				
7 次				
8 次				
9 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。

代表的振動モード図(1次)

鳥瞰図 FDW-001

代表的振動モード図(2次)

鳥瞰図 | FDW-001

代表的振動モード図(3次)

鳥瞰図 | FDW-001

固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 F D W - 0 0 2

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

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：S s地震動に基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図 F D W - 0 0 2

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				
9 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。

代表的振動モード図(1次)

鳥瞰図 FDW-002

代表的振動モード図(2次)

58

鳥瞰図 FDW-002

代表的振動モード図(3次)

59

鳥瞰図 FDW-002

固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 F D W - 0 0 3

適用する地震動等		S s		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度*1		応答鉛直震度*1
		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				
82 次				
83 次				
動的震度*2				

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：S s 地震動に基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図 F D W - 0 0 3

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 for data]	[Blank area for data]	[Blank area for data]
2 次				
3 次				
4 次				
5 次				
6 次				
7 次				
8 次				
82 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。

代表的振動モード図(1次)

代表的振動モード図(2次)

代表的振動モード図(3次)

65

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1管

鳥瞰図	許容 応力 状態	最大 応力 評価点	配管 要素 名称	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
					一次応力	許容応力	ねじり応力*	許容応力	一次+二次 応力	許容応力	疲労累積係数
					$S_{pr m}(S s)$	$3 \cdot S_m$	$S_t(S s)$	$0.73 \cdot S_m$	$S_n(S s)$	$3 \cdot S_m$	$U+U S s$
FDW-001	V _A S	18	TEE	$S_{pr m}(S s)$	196	375	—	—	—	—	—
	V _A S	18	TEE	$S_t(S s)$	—	—	92	91	—	—	—
	V _A S	18	TEE	$S_n(S s)$	—	—	—	—	438	375	0.2616
	V _A S	24	TEE	$U+U S s$	—	—	—	—	—	—	0.2856

注記*：ねじり応力が許容応力状態V_ASのとき $0.73 \cdot S_m$ を超える場合は、曲げ+ねじり応力評価を実施する。

下表に示すとおりねじりによる応力が許容応力状態 $V_A S$ のとき $0.73 \cdot S_m$ を超える評価点のうち曲げとねじりによる応力は許容値を満足している。

鳥瞰図	評価点	一次応力評価 (MPa)			
		ねじり応力 $S_t (S_s)$	許容応力 $0.73 \cdot S_m$	曲げとねじり応力 $S_t + S_b (S_s)$	許容応力 $2.4 \cdot S_m$
FDW-001	18	92	91	155	300

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1管

鳥瞰図	許容 応力 状態	最大 応力 評価点	配管 要素 名称	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
					一次応力	許容応力	ねじり応力	許容応力	一次+二次 応力	許容応力	疲労累積係数
					$S_{pr m}(S_s)$	$3 \cdot S_m$	$S_t(S_s)$	$0.73 \cdot S_m$	$S_n(S_s)$	$3 \cdot S_m$	$U+US_s$
FDW-002	V _A S	18	TEE	$S_{pr m}(S_s)$	190	375	—	—	—	—	—
	V _A S	18	TEE	$S_t(S_s)$	—	—	89	91	—	—	—
	V _A S	18	TEE	$S_n(S_s)$	—	—	—	—	418	375	0.0964
	V _A S	26	TEE	$U+US_s$	—	—	—	—	—	—	0.2987

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 $S_{pr m}(S_s)$	許容応力 $0.9 \cdot S_u$	計算応力 $S_n(S_s)$	許容応力 $2 \cdot S_y$	疲労累積係数 $U S_s$
FDW-003	V _A S	60	$S_{pr m}(S_s)$	140	363	—	—	—
	V _A S	177	$S_n(S_s)$	—	—	246	418	—

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)
FDW-002-019S	メカニカルスナッパ	SMS-25-100	VI-2-1-12「配管及び支 持構造物の耐震計算に ついて」参照		221	375
FDW-003-184BA	ロッドレストレイント	RST-3			56	108
FDW-001-023HA FDW-001-023HB	スプリングハンガ	VS120F-19			107	2×69

70

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			
FDW-002-007R	レストレイント	ラインガイド	SM400B	306	0	401	644	—	—	—	せん断	29	170
FDW-003-051A	アンカ	ラグ	SGV410	182	43	40	48	42	35	12	組合せ	83	229

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、応力分類毎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。

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1管)

No.	配管 モデル	許容応力状態 V A S												
		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	FDW-001	18	196	375	1.91	○	18	438	375	0.85	○	24	0.2856	—
2	FDW-002	18	190	375	1.97	—	18	418	375	0.89	—	26	0.2987	○

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 V A S												
		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	FDW-003	60	140	363	2.59	○	177	246	418	1.69	○	—	—	—

(3) 管の耐震性についての計算書

(原子炉冷却材浄化設備 原子炉冷却材浄化系)

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	6
3.1 計算方法	6
3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態	7
3.3 設計条件	8
3.4 材料及び許容応力	12
3.5 設計用地震力	13
4. 解析結果及び評価	14
4.1 固有周期及び設計震度	14
4.2 評価結果	20
4.2.1 管の応力評価結果	20
4.2.2 支持構造物評価結果	21
4.2.3 弁の動的機能維持評価結果	22
4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	23

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-14「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、原子炉冷却材浄化系の管、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。評価結果記載方法は、以下に示すとおりである。

(1) 管

設計及び工事の計画書に記載される範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全2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

設計及び工事の計画書に記載される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。

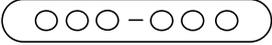
(3) 弁

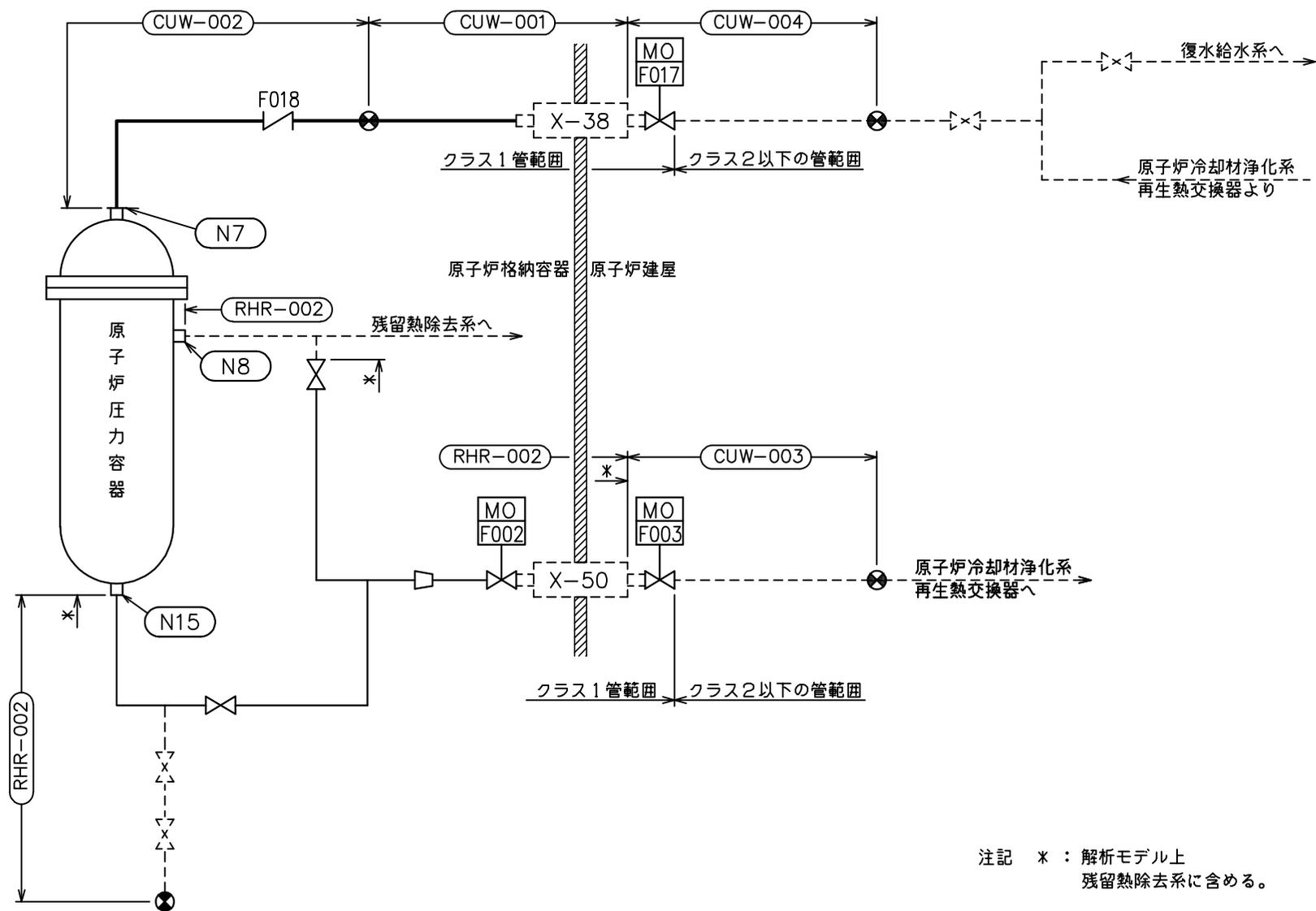
機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として評価結果を記載する。

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

記号例	内容
 (太線)	設計及び工事の計画書に記載されている範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
 (細線)	設計及び工事の計画書に記載されている範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	設計及び工事の計画書に記載されている範囲外の管又は設計及び工事の計画書に記載されている範囲の管のうち、他系統の管であって解析モデルの概略を示すために表記する管
	鳥瞰図番号
	アンカ

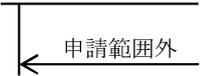
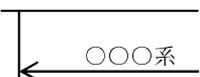
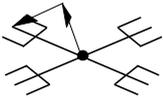
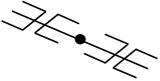
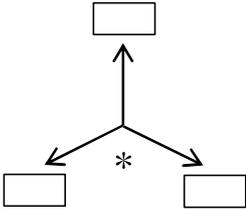


原子炉冷却材浄化系概略系統図

2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

K6 ① VI-2-5-1(3) (設) R0

記号例	内容
	設計及び工事の計画書記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
	設計及び工事の計画書記載範囲外の管
	設計及び工事の計画書記載範囲の管のうち、他系統の管であっ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
	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。)

5

鳥瞰図	CUW-001
-----	---------

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」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、別紙「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	原子炉冷却材浄化設備	原子炉冷却材浄化系	DB	—	クラス1管	S	I _{L+S d}	III _{AS}
							II _{L+S d}	
							I _{L+S s}	IV _{AS}
							II _{L+S s}	
							IV _{L(L)+S d}	

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，(L)は荷重が長期間作用している状態を示す。

*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 C U W - 0 0 1

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	8.62	302	165.2	14.3	STS410	S	184760

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 C U W - 0 0 1

管名称	対 応 す る 評 価 点														
1	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
	34	35	36	37	38	803	902								

配管の質量（配管の付加質量及びフランジの質量を含む）

鳥 瞰 図 C U W - 0 0 1

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)								
4		12		20		28		36	
5		13		21		29		37	
6		14		22		30		38	
7		15		23		31		803	
8		16		24		32		902	
9		17		25		33			
10		18		26		34			
11		19		27		35			

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 C U W - 0 0 1

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
5						
** 5 **						
16						
23						
** 23 **						
29						
38						
** 902 **						

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_h
STS410	302	122	—	—	—

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
用いる。また、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。

鳥瞰図	建屋・構築物	標高 (m)	減衰定数 (%)
CUW-001	原子炉遮蔽壁		

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 C U W - 0 0 1

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							
7 次							
8 次							
11 次							
12 次							
動的震度*2							
静的震度*3							

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：S d 又は S s 地震動に基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。
 *3： $3.6C_1$ 及び $1.2C_v$ より定めた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図 C U W - 0 0 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				
3 次				
4 次				
5 次				
6 次				
7 次				
8 次				
11 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。

代表的振動モード図(1次)

17

代表的振動モード図(2次)

8T

代表的振動モード図(3次)

6T

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1管

鳥瞰図	許容 応力 状態	最大 応力 評価点	配管 要素 名称	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
					一次応力	許容応力	ねじり応力	許容応力	一次+二次 応力	許容応力	疲労累積係数
					$S_{p r m}(S d)$ $S_{p r m}(S s)$	$2.25 \cdot S_m$ $3 \cdot S_m$	$S_t(S d)$ $S_t(S s)$	$0.55 \cdot S_m$ $0.73 \cdot S_m$	$S_n(S s)$	$3 \cdot S_m$	
CUW-001	III _A S	10	ELBOW	$S_{p r m}(S d)$	121	274	—	—	—	—	—
	III _A S	14	ELBOW	$S_t(S d)$	—	—	49	67	—	—	—
	IV _A S	10	ELBOW	$S_{p r m}(S s)$	213	366	—	—	—	—	—
	IV _A S	14	ELBOW	$S_t(S s)$	—	—	84	89	—	—	—
	IV _A S	10	ELBOW	$S_n(S s)$	—	—	—	—	550	366	0.1273
	IV _A S	10	ELBOW	U+US _s	—	—	—	—	—	—	0.1273

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)
CUW-002-018S	メカニカルスナッパ	SMS-6-100	VI-2-1-12「配管及び支 持構造物の耐震計算に ついて」参照		68	90
CUW-002-013H	コンスタントハンガ	CTS-110-17			6	10

21

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			
CUW-001-016R	レストレイント	Uプレート	SS400	302	61	32	0	—	—	—	せん断	83	97

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
G31-F003	止め弁	α (Ss)	2.7	1.1	6.0	6.0	—	—

注記* : 機能維持評価用加速度は、打ち切り振動数を 30Hz として計算した結果を示す。

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、応力分類毎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。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果(クラス1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)	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	CUW-001	10	121	274	2.26	○	10	213	366	1.71	○	10	550	366	0.66	○	10	0.1273	○
2	CUW-002	29	118	274	2.32	—	29	159	366	2.30	—	29	442	366	0.82	—	29	0.0453	—

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。

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以下の管)

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)	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	CUW-003	9	61	182	2.98	—	9	77	363	4.71	—	9	82	364	4.43	—	—	—	—
2	CUW-004	15	72	182	2.52	—	15	105	363	3.45	—	15	137	364	2.65	—	—	—	—

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。