

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-19-0310_改2
提出年月日	2021年10月29日

VI-2-5-3-2-1 管の耐震性についての計算書
(復水給水系)

02 ⑤ VI-2-5-3-2-1 R0

2021年10月

東北電力株式会社

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	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	14
3.4 材料及び許容応力評価条件	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	35
4.2.1 管の応力評価結果	35
4.2.2 支持構造物評価結果	37
4.2.3 弁の動的機能維持評価結果	38
4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	39

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、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1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

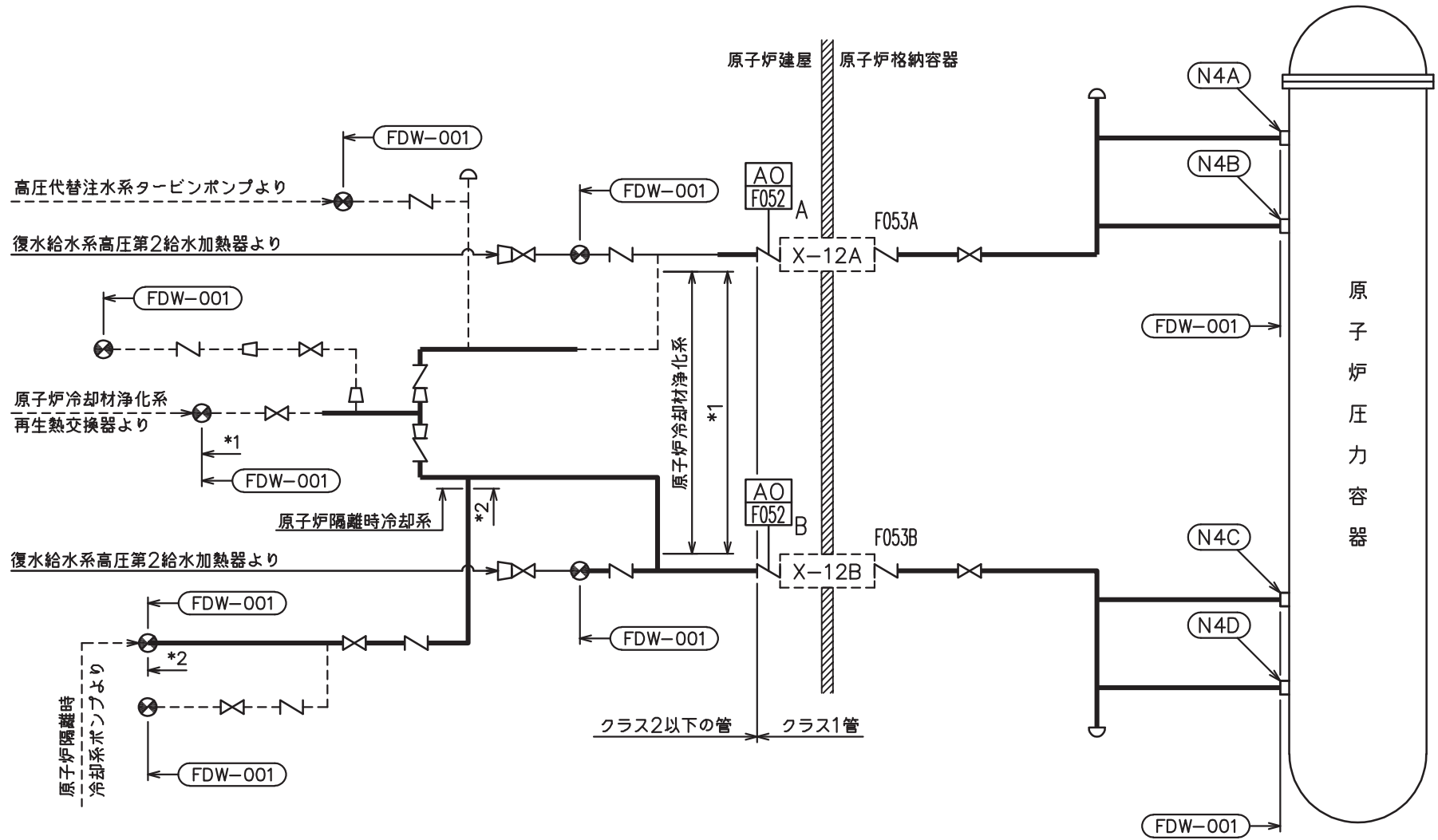
機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として、評価結果を記載する。

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




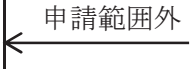



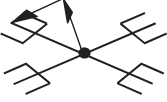
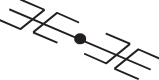

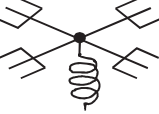
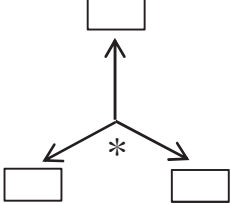
注記 *1: 原子炉冷却材浄化系
解析モデル上本系統に含める。

*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

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，<input type="text"/> 内に変位量を記載する。)</p>

5

鳥瞰図 FDW-001-1/6

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

9

鳥瞰図 FDW-001-2/6

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

7

鳥瞰図 FDW-001-3/6

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 FDW-001-4/6

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 FDW-001-5/6

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 FDW-001-6/6

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」及び「S A P-V」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	原子炉冷却材の循環設備	復水給水系	DB	—	クラス1管	S	I _L + S d	Ⅲ _A S
							Ⅱ _L + S d	
							Ⅳ _L (L) + S d	
							I _L + S s	Ⅳ _A S
							Ⅱ _L + S s	
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2管	S	I _L + S d	Ⅲ _A S
							Ⅱ _L + S d	
							Ⅳ _L (L) + S d	
							I _L + S s	Ⅳ _A S
							Ⅱ _L + S s	
原子炉冷却系統施設	原子炉冷却材補給設備	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	
							I _L + S s	Ⅳ _A S
							Ⅱ _L + S s	

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 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	

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 F D W - 0 0 1 (ク ラ ス 1 管)

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	457.2	29.4	STS410	S	184760
2	8.62	302	457.2	29.4	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

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 FDW-001 (クラス1管)

管名称	対 応 す る 評 価 点														
1	17	18	19	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
	33	34	35	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	117
	118	119	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133
	134	135	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	803	804
	840	850	941	951											
2	35	36	37	47	48	49	135	136	137	147	148	149			
3	36	48	66	78	136	148	166	178							
4	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64
	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	150
	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165
	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	812	813
	912	913	914	915											

配管の質量（付加質量含む）

鳥 瞰 図 F D W - 0 0 1 （クラス1管）

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)
18		47		73		141		167	
22		48		74		142		168	
23		49		75		143		169	
24		50		76		144		170	
25		51		77		145		171	
26		52		78		146		172	
27		53		118		147		173	
28		54		122		148		174	
29		55		123		149		175	
30		56		124		150		176	
31		57		125		151		177	
32		58		126		152		178	
33		59		127		153		803	
34		60		128		154		804	
35		61		129		155		812	
36		62		130		156		813	
37		63		131		157		840	
38		64		132		158		850	
39		65		133		159		912	
40		66		134		160		913	
41		67		135		161		914	
42		68		136		162		915	
43		69		137		163		941	
44		70		138		164		951	
45		71		139		165			
46		72		140		166			

O 2 ⑤ VI-2-5-3-2-1 (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。

鳥 瞰 図 FDW-001 (クラス1管)

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)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
8		15		19		108		115	
9		16		20		109		116	
10		17		21		110		117	

弁 6

評価点	質量(kg)
119	
120	
121	

鳥 瞰 図 F D W - 0 0 1 (ク ラ ス 1 管)

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	9			
弁2	16			
弁3	20			
弁4	109			
弁5	116			
弁6	120			

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 F D W - 0 0 1 (ク ラ ス 1 管)

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
18						
22						
** 27 **						
31						
** 34 **						
** 40 **						
43						
** 44 **						
** 46 **						
50						
** 59 **						
67						
** 75 **						
** 77 **						
118						
122						
** 127 **						
131						
** 134 **						
** 140 **						
143						
** 144 **						
** 146 **						



O 2 ⑤ VI-2-5-3-2-1 (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。

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 F D W - 0 0 1 (ク ラ ス 1 管)

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
150						
** 159 **						
167						
** 175 **						
** 177 **						
** 912 **						
** 913 **						
** 914 **						
** 915 **						
** 941 **						
** 951 **						



02 ⑤ VI-2-5-3-2-1(設) R0

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 F D W - 0 0 1 (クラス2以下の管)

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	457.2	29.4	SFVC2B	S	184760
2	8.62	302	457.2	29.4	STS410	S	184760
3	8.62	302	216.3	18.2	STS410	S	184760
4	8.62	302	165.2	14.3	STS410	S	184760
5	8.62	302	165.2	14.3	SFVC2B	S	184760
6	11.77	66	114.3	13.5	STS410	S	200360
7	8.62	302	114.3	11.1	STS410	S	184760

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 F D W - 0 0 1 (クラス2以下の管)

管名称	対 応 す る 評 価 点														
1	8	104	105	106	107	108	501	502	811	904	905	906			
2	101	102													
3	206	207	208	209	210	211	212	220	221	503	504				
4	212	213	215	221	222	224	225	227	228	229	230	231	232	233	514
	515	517	524	627	628	629	630	631	632	633	634	636	637	638	801
	814	822	823												
5	107	225	226	233	524	634	635	814	910						
6	234	235	236	507	508										
7	227	238	239	240	241	242	243	244	246	247	248	516	807	821	901
	911	916	923												

配管の質量（付加質量含む）

鳥 瞰 図 F D W - 0 0 1 （クラス2以下の管）

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)
8		225		243		628		821	
101		226		247		629		822	
105		227		248		630		823	
106		228		501		631		901	
107		229		502		632		904	
108		230		503		633		905	
206		231		504		634		906	
207		232		507		635		910	
208		233		508		636		911	
209		234		514		637		916	
210		235		515		638		923	
211		239		516		801			
212		240		517		807			
220		241		524		811			
221		242		627		814			

鳥 瞰 図 FDW-001 (クラス2以下の管)

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)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
102		236		244		222		213	
103		237		245		223		214	
104		238		246		224		215	
	402								
	401								

鳥 瞰 図 F D W - 0 0 1 (ク ラ ス 2 以 下 の 管)

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				
弁2				
弁3				
弁4				
弁5				

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 F D W - 0 0 1 (クラス2以下の管)

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
101						
106						
206						
** 228 **						
231						
234						
239						
** 401 **						
** 629 **						
** 632 **						
638						
** 901 **						
904						
905						
906						
** 910 **						
** 911 **						
** 916 **						
** 923 **						

O 2 ⑤ VI-2-5-3-2-1 (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)
SFVC2B	302	125	187	438	—
STS410	302	122	182	404	—
	66	—	231	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。

本計算書の疲労評価は、設備ごとに個別に設定した等価繰返し回数226回(S s)及び352回(S d)で実施する。

鳥 瞰 図	建物・構築物	標高(O.P. (m))	減衰定数(%)
F D W - 0 0 1	原子炉しゃへい壁		

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 FDW-001

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								
12 次								
13 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0.050 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： $3.6C_1$ 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 FDW-001

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				
12 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 | FDW-001

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 | FDW-001

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 | FDW-001

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
					$S_{pr m}(S_d)$	$2.25 \cdot S_m$	$S_t(S_d)$	$0.55 \cdot S_m$	$S_n(S_d)$	$3 \cdot S_m$	$U+U S_d$
					$S_{pr m}(S_s)$	$3 \cdot S_m$	$S_t(S_s)$	$0.73 \cdot S_m$	$S_n(S_s)$	$3 \cdot S_m$	$U+U S_s$
FDW-001	Ⅲ _A S	36	TEE	$S_{pr m}(S_d)$	104	281	—	—	—	—	—
	Ⅲ _A S	51	ELBOW	$S_t(S_d)$	—	—	42	67	—	—	—
	Ⅲ _A S	50	NOZZLE	$S_n(S_d)$	—	—	—	—	195	366	—
	Ⅲ _A S	36	TEE	$U+U S_d$	—	—	—	—	—	—	0.4037
	Ⅳ _A S	36	TEE	$S_{pr m}(S_s)$	146	375	—	—	—	—	—
	Ⅳ _A S	51	ELBOW	$S_t(S_s)$	—	—	62	89	—	—	—
	Ⅳ _A S	148	TEE	$S_n(S_s)$	—	—	—	—	330	375	—
	Ⅳ _A S	36	TEE	$U+U S_s$	—	—	—	—	—	—	0.4086

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 S n (S s)	許容応力 2 ・ S y	疲労累積係数 U S s
FDW-001	III _A S	235	S p r m (S d)	149	231	—	—	—
	IV _A S	235	S p r m (S s)	207	366	—	—	—
	IV _A S	235	S n (S s)	—	—	366	462	—

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。

4.2.2 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-001-144S	メカニカルスナッパ	SMS-10-100	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		148	150
FDW-001-131H	スプリングハンガ	V60B-19			51	69
FDW-001-906B	ロッドレストレイント	RTS-25			225	375

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-001-118G	レストレイント	ラグ	SGV480	302	171	368	0	—	—	6	組合せ	40	219
FDW-001-101A	アンカ	架構	SM400B	55	333	262	1147	474	452	352	曲げ	132	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 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)	
			水平	鉛直	水平	鉛直
B21-F052B	逆止弁	α (S s)	2.2	3.0	6.0	6.0

注：機能維持評価用加速度は、配管系の地震応答解析による打ち切り振動数を 50Hz 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	36	104	281	2.70	○	36	146	375	2.56	○	148	330	375	1.13	○	36	0.4086	○

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-001	235	149	231	1.55	○	235	207	366	1.76	○	235	366	462	1.26	○	—	—	—

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	4
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	19
3.5 設計用地震力	20
4. 解析結果及び評価	21
4.1 固有周期及び設計震度	21
4.2 評価結果	27
4.2.1 管の応力評価結果	27
4.2.2 支持構造物評価結果	28
4.2.3 弁の動的機能維持評価結果	29
4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	30

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、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1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

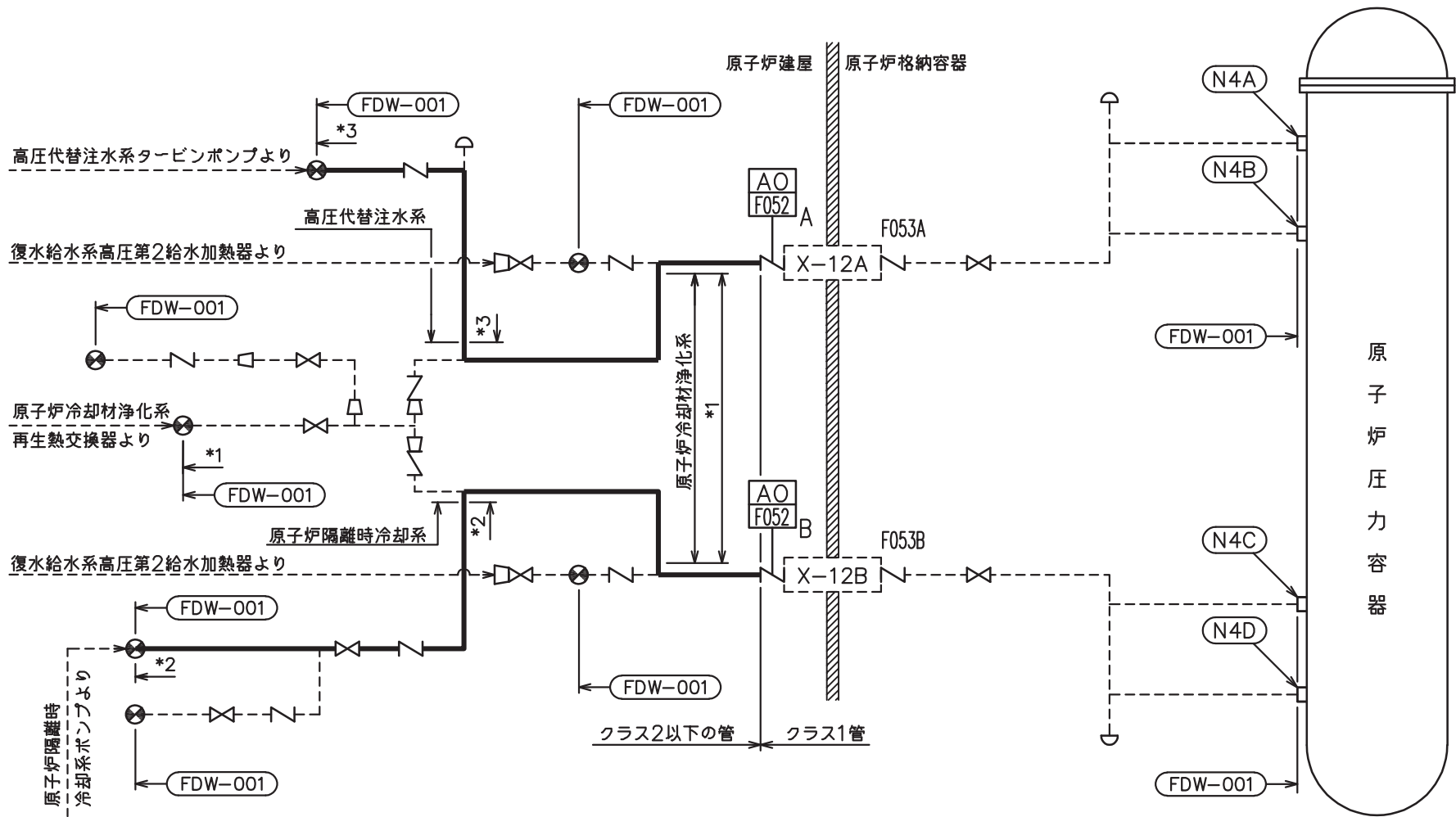
機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として、評価結果を記載する。

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



注記 *1: 原子炉冷却材浄化系
解析モデル上本系統に含める。


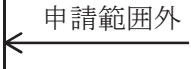
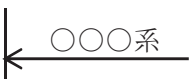


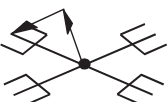
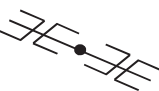

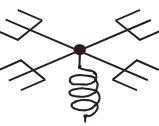
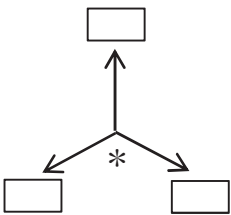
*3: 高圧代替注水系
解析モデル上本系統に含める。

*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

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。)

5

鳥瞰図 FDW-001-1/6

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

9

鳥瞰図 FDW-001-2/6

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

7

鳥瞰図 FDW-001-3/6

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

8

鳥瞰図 FDW-001-4/6

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 FDW-001-5/6

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 FDW-001-6/6

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」及び「S A P-V」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	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	SA	常設耐震／防止 常設／緩和	重大事故等 クラス 2 管	—	$V_L + S_s$	$V_A S$
原子炉格納 施設	原子炉格納容器 安全設備	高压代替注水系	SA	常設／緩和	重大事故等 クラス 2 管	—	$V_L + S_s$	$V_A S$
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	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) 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 $V_A S$ は許容応力状態 $IV_A S$ の許容限界を使用し，許容応力状態 $IV_A S$ 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	8.62	302	457.2	29.4	SFVC2B	—	184760
2	8.62	302	457.2	29.4	SFVC2B	—	184760
3	8.62	302	165.2	14.3	STS410	—	184760
4	8.62	302	165.2	14.3	STS410	—	184760
5	8.62	302	165.2	14.3	SFVC2B	—	184760
6	8.62	302	165.2	14.3	SFVC2B	—	184760
7	11.77	66	114.3	13.5	STS410	—	200360
8	8.62	302	114.3	11.1	STS410	—	184760

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 F D W - 0 0 1

管名称	対 応 す る 評 価 点															
1	7	904														
2	8	107	108	501	502	904	906									
3	227	228	229	230	231	232	233	515	517	601	602	603	604	605	606	
	607	608	609	610	611	612	613	614	615	617	618	619	620	623	624	
	625	626	627	636	637	638	816	819	820	823						
4	218	219	638	639	640	641	642	643	644	645	646	647	648	649		
5	7	219														
6	107	233														
7	234	235	236	507	508											
8	227	238	239	240	241	242	243	244	246	247	248	516	807	821	901	
	911	916	923													

配管の質量（付加質量含む）

鳥 瞰 図 FDW-001

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
7		240		604		625		649	
8		241		605		626		807	
107		242		606		627		816	
108		243		607		636		819	
218		247		608		637		820	
219		248		609		638		821	
227		501		610		639		823	
228		502		611		640		901	
229		507		612		641		904	
230		508		613		642		906	
231		515		614		643		911	
232		516		618		644		916	
233		517		619		645		923	
234		601		620		646			
235		602		623		647			
239		603		624		648			

鳥 瞰 図 FDW-001

弁部の質量を下表に示す。

弁 1		弁 2		弁 3	
評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
236		244		615	
237		245		616	
238		246		617	
402					
401					

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				
弁2				
弁3				

02 ⑤ VI-2-5-3-2-1(重) R0

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 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
** 228 **						
231						
234						
239						
** 401 **						
601						
608						
611						
614						
618						
620						
623						
638						
645						
** 901 **						
904						
906						
** 911 **						
** 916 **						
** 923 **						

O2 ⑤ VI-2-5-3-2-1(重) R0

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)
SFVC2B	302	—	187	438	—
STS410	66	—	231	407	—
	302	—	182	404	—

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(%)
F D W - 0 0 1	原子炉しゃへい壁		

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 FDW-001

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								
12 次								
13 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0.050 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： $3.6C_1$ 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 FDW-001

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				
12 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 | FDW-001

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 | FDW-001

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 | FDW-001

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	許容応力	計算応力	許容応力	疲労累積係数
				$S_{pr m}(S_s)$	$0.9 \cdot S_u$	$S_n(S_s)$	$2 \cdot S_y$	$U S_s$
FDW-001	$V_A S$	235	$S_{pr m}(S_s)$	204	366	—	—	—
	$V_A S$	235	$S_n(S_s)$	—	—	364	462	—

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-001-906S	メカニカルスナッパ	SMS-16-100	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		118	240
FDW-001-906B	ロッドレストレイント	RTS-25			228	375

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-001-645R	レストレイント	Uプレート	SS400	130	28	0	40	—	—	—	せん断	85	122
FDW-001-234A	アンカ	架構	STKR400	130	14	10	22	3	3	5	組合せ	147	225

4.2.3 弁の動的機能維持評価結果

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 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)	
			水平	鉛直	水平	鉛直
—	—	—	—	—	—	—

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 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	235	204	366	1.79	○	235	364	462	1.26	○	—	—	—