

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-19-0308_改1
提出年月日	2021年10月12日

VI-2-5-2-1-1 管の耐震性についての計算書  
(原子炉再循環系)

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	17
3.1 計算方法	17
3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態	18
3.3 設計条件	19
3.4 材料及び許容応力評価条件	40
3.5 設計用地震力	41
4. 解析結果及び評価	43
4.1 固有周期及び設計震度	43
4.2 評価結果	55
4.2.1 管の応力評価結果	55
4.2.2 支持構造物評価結果	60
4.2.3 弁の動的機能維持評価結果	62
4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	64

## 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、原子炉再循環系の管、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

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

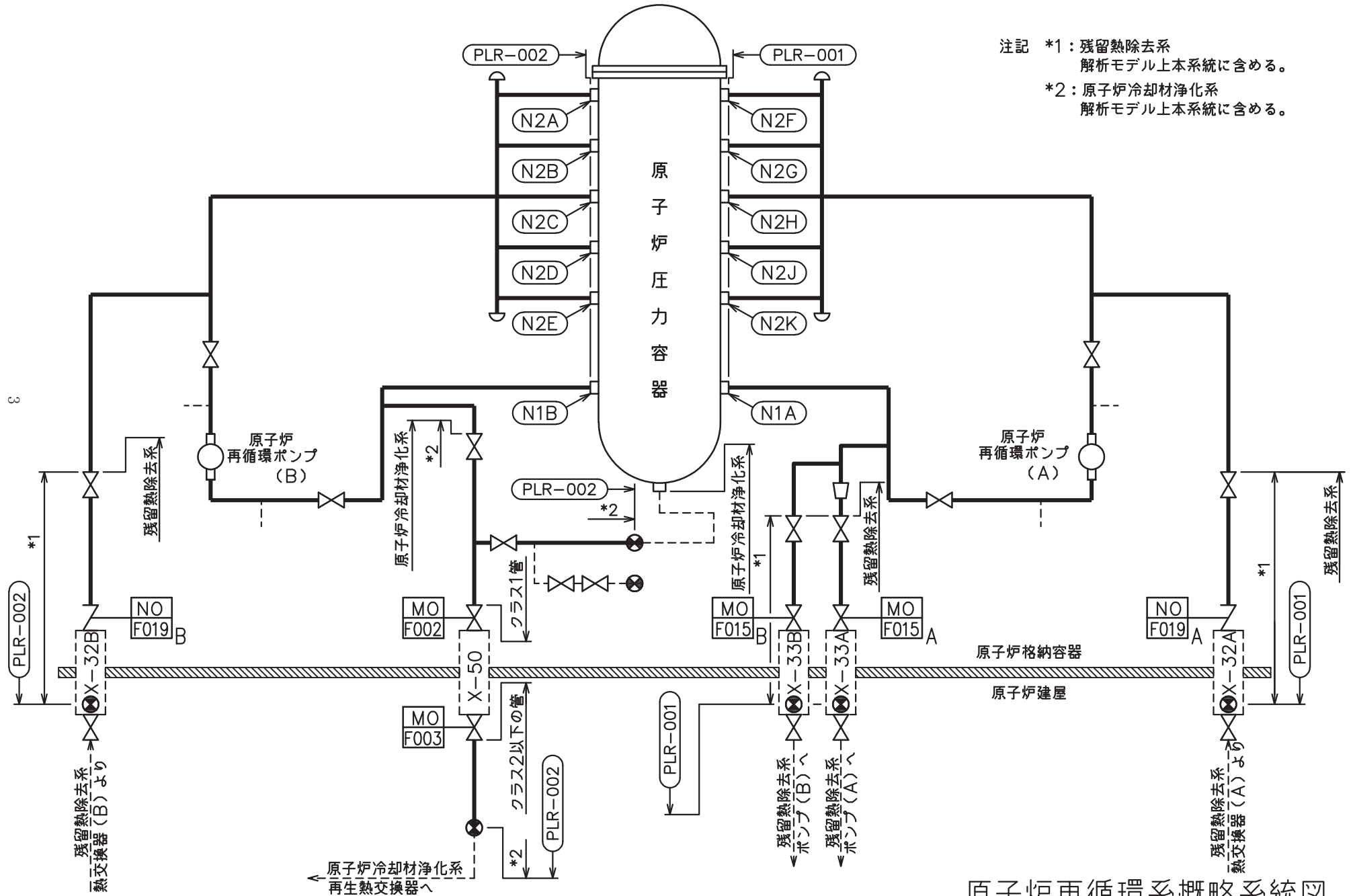
機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として、評価結果を記載する。

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


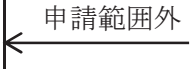




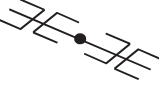

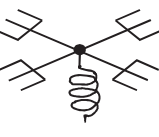
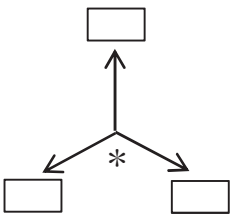


注記 \*1：残留熱除去系  
解析モデル上本系統に含める。  
\*2：原子炉冷却材浄化系  
解析モデル上本系統に含める。

原子炉再循環系概略系統図

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, <span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 20px; height: 10px; vertical-align: middle;"></span> 内に変位量を記載する。)

5

鳥瞰図 PLR-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 PLR-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 PLR-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	PLR-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 PLR-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 PLR-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。

鳥瞰図 PLR-002-1/6

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 PLR-002-2/6

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 PLR-002-3/6

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 PLR-002-4/6

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 PLR-002-5/6

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 PLR-002-6/6

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	原子炉冷却材再循環設備	原子炉再循環系	DB	—	クラス1管	S	$I_L + S d$	$III_A S$
							$II_L + S d$	
							$I_L + S s$	$IV_A S$
							$II_L + S s$	
							$IV_L(L) + S d$	
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 クラス3管	S	$I_L + S d$	$III_A S$
							$II_L + S d$	
							$I_L + S s$	$IV_A S$
							$II_L + S s$	
							$IV_L(L) + S d$	
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1管	S	$I_L + S d$	$III_A S$
							$II_L + S d$	
							$I_L + S s$	$IV_A S$
							$II_L + S s$	
							$IV_L(L) + S d$	

8

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 P L R - 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	520.6	32.5	SUS316TP	S	175840
2	8.62	302	520.6	32.5	SUSF316	S	175840
3	10.40	302	520.6	32.5	SUS316TP	S	175840
4	10.40	302	520.6	32.5	SUSF316	S	175840
5	10.40	302	279.3	18.2	SUSF316	S	175840
6	10.40	302	416.0	26.2	SUSF316	S	175840
7	8.62	302	457.2	29.4	SUSF316	S	175840
8	8.62	302	457.2	29.4	STS410	S	184760
9	8.62	302	457.2	34.9	STS410	S	184760

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 P L R - 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)
10	8.62	302	355.6	27.8	STS410	S	184760
11	8.62	302	355.6	23.8	STS410	S	184760
12	10.40	302	318.5	25.4	STS410	S	184760
13	10.40	302	318.5	25.4	SUSF316	S	175840

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 P L R - 0 0 1

管名称	対 応 す る 評 価 点														
1	1	7	8	9	10	11	14	15	16	17	501	800	801	802	903
2	2	3	4	5	6	7	11	12	17	18	501				
3	19	20	21	803	901										
4	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	804	
5	35	36	37	38	39	43	47	52	56	58	59	60	61	62	63
	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73					
6	35	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53
	54	55	56	57	502	503	913	914							
7	6	101													
8	101	102	103	104	105										
9	105	106	107	108											
10	106	108	135	504											
11	109	110	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124
	125	126	127	128	135	136	138	139	140	141	142	143	144	145	146
	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	164	504	905	906
	909	910	911	912											
12	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	221	222
	223	224	225	226	807	902	904	907	908						
13	29	224													



配管の質量（付加質量含む）

鳥 瞰 図 P L R - 0 0 1

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
1		38		69		140		224	
2		39		70		141		225	
3		40		71		142		226	
4		41		72		143		501	
5		42		73		144		502	
6		43		101		145		503	
7		44		102		146		504	
8		45		103		147		800	
9		46		104		148		801	
10		47		105		149		802	
11		48		106		150		803	
15		49		107		151		804	
16		50		108		152		807	
17		51		109		153		901	
18		52		113		154		902	
19		53		114		155		903	
20		54		115		156		904	
24		55		116		164		905	
25		56		117		208		906	
26		57		118		209		907	
27		58		119		210		908	
28		59		120		211		909	
29		60		121		212		910	
30		61		122		213		911	
31		62		123		214		912	
32		63		124		215		913	
33		64		125		216		914	
34		65		126		217			
35		66		127		218			
36		67		135		222			
37		68		139		223			

O 2 ③ VI-2-5-2-1-1 (設) R 0

鳥 瞰 図 P L R - 0 0 1

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)
12		21		110		128		136	
13		22		111		129			
14		23		112		130			
401		403				405			
402		404				406			
弁 6		弁 7		弁 8					
評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)				
157		205		219					
158		206		220					
159		207		221					
407									
408									

鳥 瞰 図 P L R - 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	13			
弁2	22			
弁3	111			
弁4	129			
弁5	137			
弁6	158			
弁7	206			
弁8	220			

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 P L R - 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
1						
5						
** 8 **						
** 10 **						
15						
24						
** 27 **						
30						
** 31 **						
** 33 **						
39						
** 46 **						
** 55 **						
61						
65						
69						
73						
** 104 **						
** 115 **						
117						
124						
127						
** 141 **						
143						
** 145 **						

--

O 2 ③ VI-2-5-2-1-1(設) R 0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 P L R - 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
** 147 **						
156						
208						
** 216 **						
** 307 **						
** 308 **						
** 309 **						
** 310 **						
311						
312						
313						
314						
** 315 **						
** 316 **						
** 317 **						
** 318 **						
** 319 **						
** 406 **						
** 408 **						
901						
** 902 **						
** 903 **						

--

O 2 ③ VI-2-5-2-1-1(設) R 0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 P L R - 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
** 904 **						
** 905 **						
** 906 **						
** 907 **						
** 908 **						
** 909 **						
** 910 **						
** 911 **						
** 912 **						
** 913 **						
** 914 **						

O 2 ③ VI-2-5-2-1-1(設) R 0

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 P L R - 0 0 2 (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	520.6	32.5	SUSF316	S	175840
2	8.62	302	520.6	32.5	SUS316TP	S	175840
3	10.40	302	520.6	32.5	SUS316TP	S	175840
4	10.40	302	520.6	32.5	SUSF316	S	175840
5	10.40	302	279.3	18.2	SUSF316	S	175840
6	10.40	302	416.0	26.2	SUSF316	S	175840
7	10.40	302	318.5	25.4	STS410	S	184760
8	10.40	302	318.5	25.4	SUSF316	S	175840
9	8.62	302	216.3	15.1	SUSF316	S	175840

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            P L R - 0 0 2 ( 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)
10	8.62	302	216.3	15.1	STS410	S	184760
11	8.62	302	60.5	8.7	SFVC2B	S	184760
12	8.62	302	60.5	8.7	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          P L R - 0 0 2 ( ク ラ ス 1 管 )

管名称	対 応 す る 評 価 点														
1	1	2	3	4	6	7	8	9	10	11	12	17	18		
2	4	5	6	14	15	16	17	801	802	902					
3	19	20	21	803	901										
4	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35		
5	35	36	37	38	39	43	47	52	56	58	59	60	61	62	63
	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73					
6	35	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53
	54	55	56	57	906	907									
7	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	220	221	222
	223	224	225	908	909										
8	29	223													
9	7	101													
10	101	102	103	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116
	117	118	119	120	121	122	123	124	165	166	167	170	501	804	
11	108	138	502												
12	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	153	154	155
	156	157	158	169	503	504	903	904	905	911					

配管の質量（付加質量含む）

鳥 瞰 図 P L R-0 0 2（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)
1		36		65		138		214	
2		37		66		139		215	
3		38		67		140		216	
4		39		68		141		217	
5		40		69		142		221	
6		41		70		143		222	
7		42		71		144		223	
8		43		72		145		224	
9		44		73		146		225	
10		45		101		147		501	
11		46		102		148		502	
15		47		106		149		801	
16		48		107		153		802	
17		49		108		154		803	
18		50		109		155		804	
19		51		110		156		901	
20		52		111		157		902	
24		53		112		158		903	
25		54		113		165		904	
26		55		114		166		905	
27		56		115		167		906	
28		57		116		169		907	
29		58		117		170		908	
30		59		118		208		909	
31		60		119		209		911	
32		61		120		210			
33		62		121		211			
34		63		122		212			
35		64		123		213			

O 2 ③ VI-2-5-2-1-1 (設) R 0

鳥 瞰 図 P L R-0 0 2 (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)
12		21		103		124		134	
13		22		104		125		135	
14		23		105		126		136	
401		403		405		407			
402		404		406		408			
弁 6		弁 7		弁 8					
評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)				
503		205		218					
151		206		219					
504		207		220					

鳥 瞰 図 P L R - 0 0 2 ( 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	13			
弁2	22			
弁3	104			
弁4	125			
弁5	135			
弁6	151			
弁7	206			
弁8	219			

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図            P L R - 0 0 2 ( 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
1						
5						
** 8 **						
** 10 **						
15						
24						
** 27 **						
30						
** 31 **						
** 33 **						
39						
** 46 **						
** 55 **						
61						
65						
69						
73						
** 111 **						
113						
** 116 **						
119						
123						
146						
158						
** 169 **						

--

O 2 ③ VI-2-5-2-1-1 (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            P L R - 0 0 2 ( 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
** 170 **						
208						
** 215 **						
** 307 **						
** 308 **						
** 309 **						
** 310 **						
311						
312						
313						
314						
** 315 **						
** 316 **						
** 317 **						
** 318 **						
** 319 **						
** 406 **						
408						
** 408 **						
511						
** 901 **						
** 902 **						

O 2 ③ VI-2-5-2-1-1 (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 P L R - 0 0 2 ( 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
903						
904						
** 906 **						
** 907 **						
** 908 **						
909						
** 911 **						

02 ③ VI-2-5-2-1-1(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 P L R - 0 0 2 (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	8.83	302	216.3	18.2	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            P L R - 0 0 2 (クラス2以下の管)

管名称	対 応 す る 評 価 点
1	136 137

配管の質量 (付加質量含む)

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
136	<input type="text"/>	137	<input type="text"/>

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図            P L R - 0 0 2 ( 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
137						

### 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 <sub>m</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>h</sub> (MPa)
SFVC2B	302	125	187	—	—
STS410	302	122	182	404	—
SUS316TP	302	118	130	—	—
SUSF316	302	118	130	—	—

### 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185回(S<sub>s</sub>)及び363回(S<sub>d</sub>)で実施する。

鳥 瞰 図	建物・構築物	標高(O.P. (m))	減衰定数(%)
PLR-001	原子炉本体基礎		

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185回(Ss)及び363回(Sd)で実施する。

鳥 瞰 図	建物・構築物	標高(O.P. (m))	減衰定数(%)
PLR-002	原子炉本体基礎		

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 P L R - 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								
16 次								
17 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 P L R - 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				
16 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 | PLR-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 | PLR-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 | PLR-001

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 P L R - 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								
16 次								
17 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 P L R - 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				
16 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 | PLR-002

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 | PLR-002

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 | PLR-002

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
					$S_{pr m}(S_d)$	$2.25 \cdot S_m$	$S_t(S_d)$	$0.55 \cdot S_m$	$S_n(S_d)$	$3 \cdot S_m$	$U+U S_d$
$S_{pr m}(S_s)$	$3 \cdot S_m$	$S_t(S_s)$	$0.73 \cdot S_m$	$S_n(S_s)$	$3 \cdot S_m$	$U+U S_s$					
PLR-001	Ⅲ <sub>A</sub> S	6	TEE	$S_{pr m}(S_d)$	194	265	—	—	—	—	—
	Ⅲ <sub>A</sub> S	18	ELBOW	$S_t(S_d)$	—	—	108 *	64	—	—	—
	Ⅲ <sub>A</sub> S	6	TEE	$S_n(S_d)$	—	—	—	—	402 **	354	0.0071
	Ⅲ <sub>A</sub> S	136	BUTT WELD	$U+U S_d$	—	—	—	—	—	—	0.0966
	Ⅳ <sub>A</sub> S	6	TEE	$S_{pr m}(S_s)$	270	354	—	—	—	—	—
	Ⅳ <sub>A</sub> S	18	ELBOW	$S_t(S_s)$	—	—	164 *	86	—	—	—
	Ⅳ <sub>A</sub> S	6	TEE	$S_n(S_s)$	—	—	—	—	663 **	354	0.1240
	Ⅳ <sub>A</sub> S	106	TEE	$U+U S_s$	—	—	—	—	—	—	0.2091

\*印はねじりによる最大応力発生点において応力が許容応力を超えていることを示し、次頁に曲げとねじりによる応力評価結果を示す。

\*\*印は一次+二次応力が許容応力を超えていることを示し、簡易弾塑性解析を行い疲労評価の結果疲労累積係数が1以下であり許容値を満足している。

下表に示すとおりねじりによる応力が許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>Sのとき $0.55 \cdot S_m$ 、又は許容応力状態Ⅳ<sub>A</sub>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            P L R - 0 0 1

評価点	一次応力評価 (MPa)			
	ねじり応力 S <sub>t</sub> (S <sub>d</sub> ) S <sub>t</sub> (S <sub>s</sub> )	許容応力 $0.55 \cdot S_m$ $0.73 \cdot S_m$	曲げとねじり応力 S <sub>t</sub> +S <sub>b</sub> (S <sub>d</sub> ) S <sub>t</sub> +S <sub>b</sub> (S <sub>s</sub> )	許容応力 $1.8 \cdot S_m$ $2.4 \cdot S_m$
6	73 * 122 *	64 86	156 232	212 283
18	108 * 164 *	64 86	120 184	212 283

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
					$S_{pr m}(S_d)$	$2.25 \cdot S_m$	$S_t(S_d)$	$0.55 \cdot S_m$	$S_n(S_d)$	$3 \cdot S_m$	$U+U S_d$
$S_{pr m}(S_s)$	$3 \cdot S_m$	$S_t(S_s)$	$0.73 \cdot S_m$	$S_n(S_s)$	$3 \cdot S_m$	$U+U S_s$					
PLR-002	Ⅲ <sub>A</sub> S	29	TEE	$S_{pr m}(S_d)$	200	265	—	—	—	—	—
	Ⅲ <sub>A</sub> S	18	ELBOW	$S_t(S_d)$	—	—	100 *	64	—	—	—
	Ⅲ <sub>A</sub> S	35	TEE	$S_n(S_d)$	—	—	—	—	404 **	354	0.0096
	Ⅲ <sub>A</sub> S	108	TEE	U+U S <sub>d</sub>	—	—	—	—	—	—	0.0365
	Ⅳ <sub>A</sub> S	29	TEE	$S_{pr m}(S_s)$	282	354	—	—	—	—	—
	Ⅳ <sub>A</sub> S	18	ELBOW	$S_t(S_s)$	—	—	161 *	86	—	—	—
	Ⅳ <sub>A</sub> S	35	TEE	$S_n(S_s)$	—	—	—	—	657 **	354	0.1202
	Ⅳ <sub>A</sub> S	222	ELBOW	U+U S <sub>s</sub>	—	—	—	—	—	—	0.3181

\*印はねじりによる最大応力発生点において応力が許容応力を超過していることを示し、次頁に曲げとねじりによる応力評価結果を示す。

\*\*印は一次+二次応力が許容応力を超過していることを示し、簡易弾塑性解析を行い疲労評価の結果疲労累積係数が1以下であり許容値を満足している。

下表に示すとおりねじりによる応力が許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>Sのとき $0.55 \cdot S_m$ ，又は許容応力状態Ⅳ<sub>A</sub>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 P L R - 0 0 2

評価点	一次応力評価 (MPa)			
	ねじり応力 S <sub>t</sub> (S <sub>d</sub> ) S <sub>t</sub> (S <sub>s</sub> )	許容応力 $0.55 \cdot S_m$ $0.73 \cdot S_m$	曲げとねじり応力 S <sub>t</sub> +S <sub>b</sub> (S <sub>d</sub> ) S <sub>t</sub> +S <sub>b</sub> (S <sub>s</sub> )	許容応力 $1.8 \cdot S_m$ $2.4 \cdot S_m$
18	100 * 161 *	64 86	119 189	212 283
29	70 * 111 *	64 86	154 236	212 283

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
P L R - 0 0 2	Ⅲ <sub>A</sub> S	137	S p r m ( S d )	126	182	—	—	—
	Ⅳ <sub>A</sub> S	137	S p r m ( S s )	194	363	—	—	—
	Ⅳ <sub>A</sub> S	137	S n ( S s )	—	—	314	364	—

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)
PLR-001-316S	メカニカルスナッパ	SMS-40-100	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	77	745*	600
PLR-001-317S	メカニカルスナッパ	SMS-40-100			746*	600
PLR-001-117B	ロッドレストレイント	RST-5			77	235
PLR-002-313H	コンスタントハンガ	CVS-160-62			184	193
PLR-001-005H	スプリングハンガ	VS030B-20			155	2×92

注記\*：当該メカニカルスナッパの計算荷重が許容荷重を超えるため、詳細評価を実施する。

支持構造物評価結果（応力評価）

支持構造物 番号	種類	型式	材質	温度 (°C)	支持点荷重						評価結果		
					反力(kN)			モーメント(kN・m)			応力 分類	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)
					F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>			
PLR-001-309R	レストレイント	リジット ストラット	SF45A	66	390	0	1834	—	—	—	せん断	55	125
PLR-002-137A	アンカ	ラグ	SGV410	302	77	31	144	38	65	16	組合せ	189	199

メカニカルスナップの詳細評価結果

支持構造物 番号	型式	評価結果					
		強度評価				機能確認	
		評価部位*	応力分類	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	計算荷重 (kN)	許容荷重 (kN)
PLR-001-316S	SMS-40-100	コネクティング チューブ	せん断	105	107	745	941
PLR-001-317S	SMS-40-100	コネクティング チューブ	せん断	106	107	746	941

注記\*：裕度が最小となる部位に対する評価を実施する。



4.2.3 弁の動的機能維持評価結果

下表に示すとおり機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下である。

また、機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を超える弁については、詳細評価を実施する。

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
G31-F003	ゲート弁	$\alpha$ (S s)	6.6*	6.4*	6.0	6.0
E11-F019B	テストブル チェック弁	$\beta$ (S s)	1.6	1.2	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。

注記\*：機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を超えるため、詳細評価を行う。

**詳細評価結果**

下表に示すとおり機能維持評価用加速度が駆動部の動作機能確認済加速度以下及び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 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )		駆動部の動作機能確認済 加速度 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )		構造強度評価結果 (MPa)			
			水平	鉛直	水平	鉛直	評価部位*	応力分類	計算応力	許容応力
G31-F003	ゲート弁	$\alpha$ (S s)	6.6	6.4	20.0	20.0	ボンネット	曲げ	178	280

注記\*：裕度が最小となる部位に対する評価を実施する。

4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度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 <sub>A</sub> S					許容応力状態 IV <sub>A</sub> 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	PLR-001	6	194	265	1.36	—	6	270	354	1.31	—	6	663	354	0.53	○	106	0.2091	—
2	PLR-002	29	200	265	1.32	○	29	282	354	1.25	○	35	657	354	0.53	—	222	0.3181	○

注記\* : III<sub>A</sub>Sの一次+二次応力の許容値はIV<sub>A</sub>Sと同様であることから、地震荷重が大きいIV<sub>A</sub>S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 <sub>A</sub> S					許容応力状態 IV <sub>A</sub> 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	PLR-002	137	126	182	1.44	○	137	194	363	1.87	○	137	314	364	1.15	○	—	—	—

注記\* : III<sub>A</sub>S の一次+二次応力の許容値はIV<sub>A</sub>S と同様であることから, 地震荷重が大きいIV<sub>A</sub>S の一次+二次応力裕度最小を代表とする。