

VI-2-5-3-1-5 管の耐震性についての計算書

## 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	9
3. 計算条件	20
3.1 計算方法	20
3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態	21
3.3 設計条件	22
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	72
4.2.1 管の応力評価結果	72
4.2.2 支持構造物評価結果	77
4.2.3 弁の動的機能維持評価結果	78
4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	79

## 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、残留熱除去系の管、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 26 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。




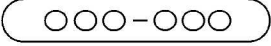

### (3) 弁

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。

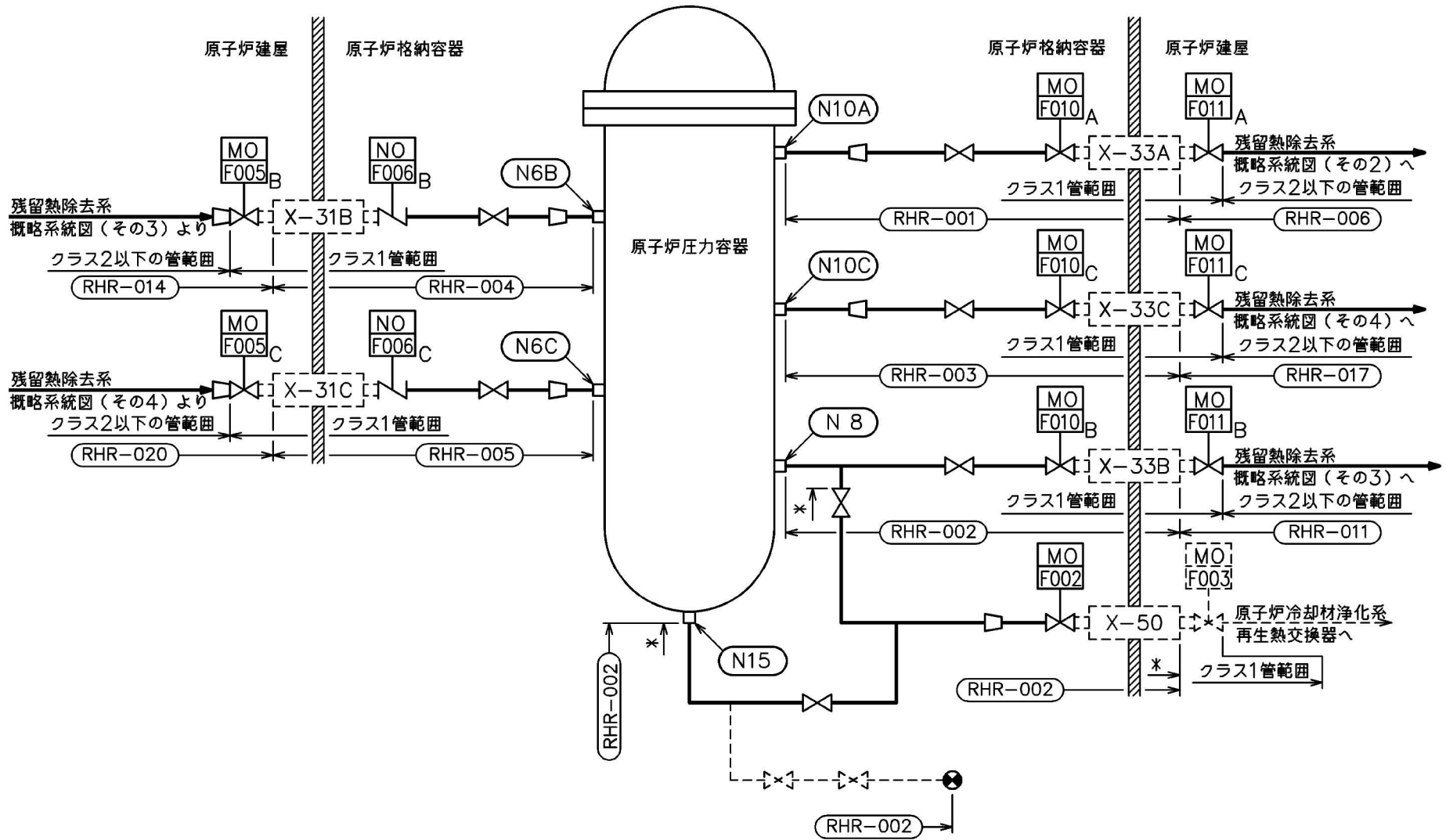
## 2. 概略系統図及び鳥瞰図

### 2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例

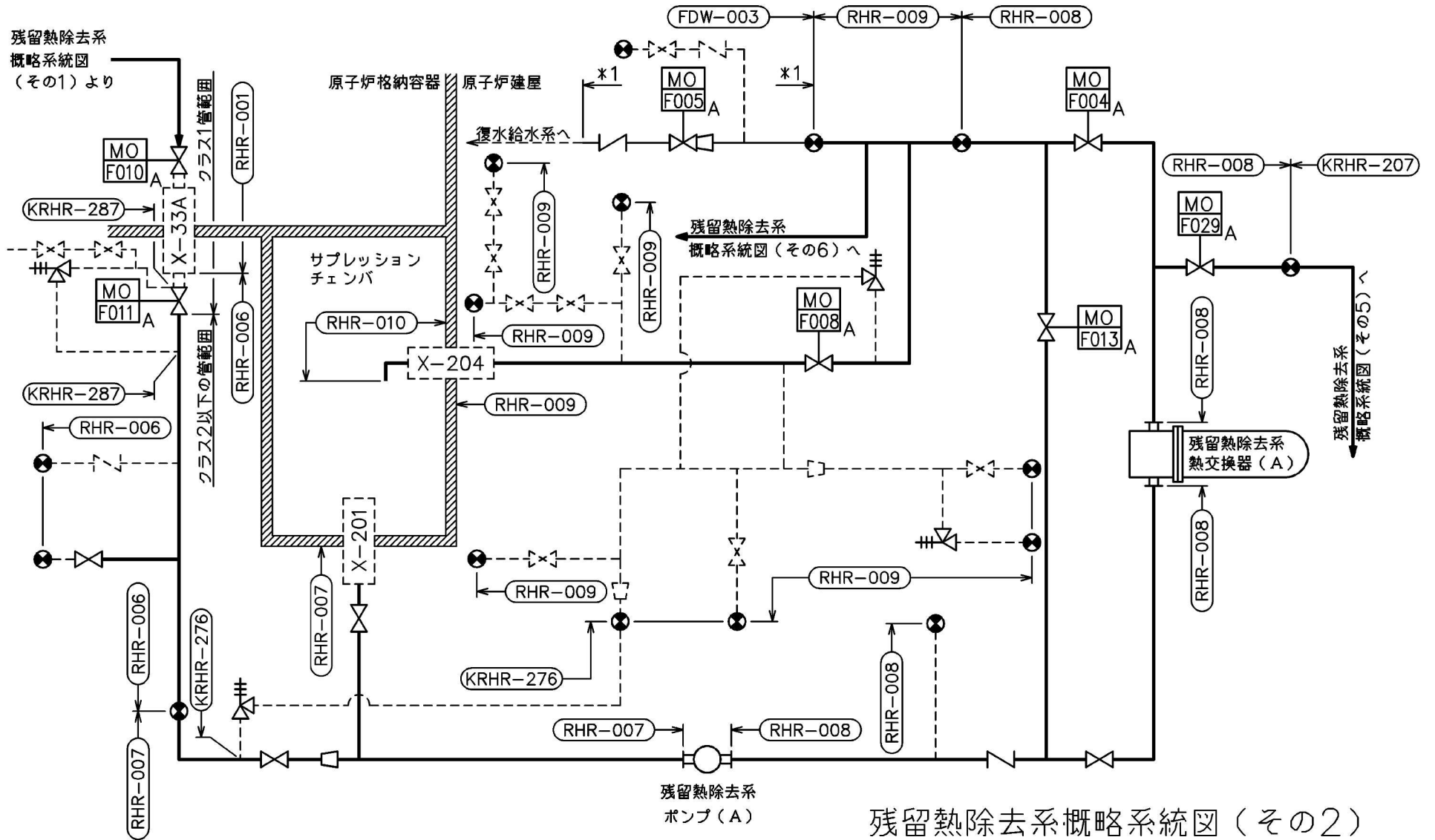
記号例	内容
 (太線)	設計及び工事の計画書に記載されている範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
 (細線)	設計及び工事の計画書に記載されている範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	設計及び工事の計画書に記載されている範囲外の管又は設計及び工事の計画書に記載されている範囲の管のうち、他系統の管であって解析モデルの概略を示すために表記する管
	鳥瞰図番号
	アンカ

注記 \* : 原子炉冷却材浄化系  
解析モデル上本系統に含める。

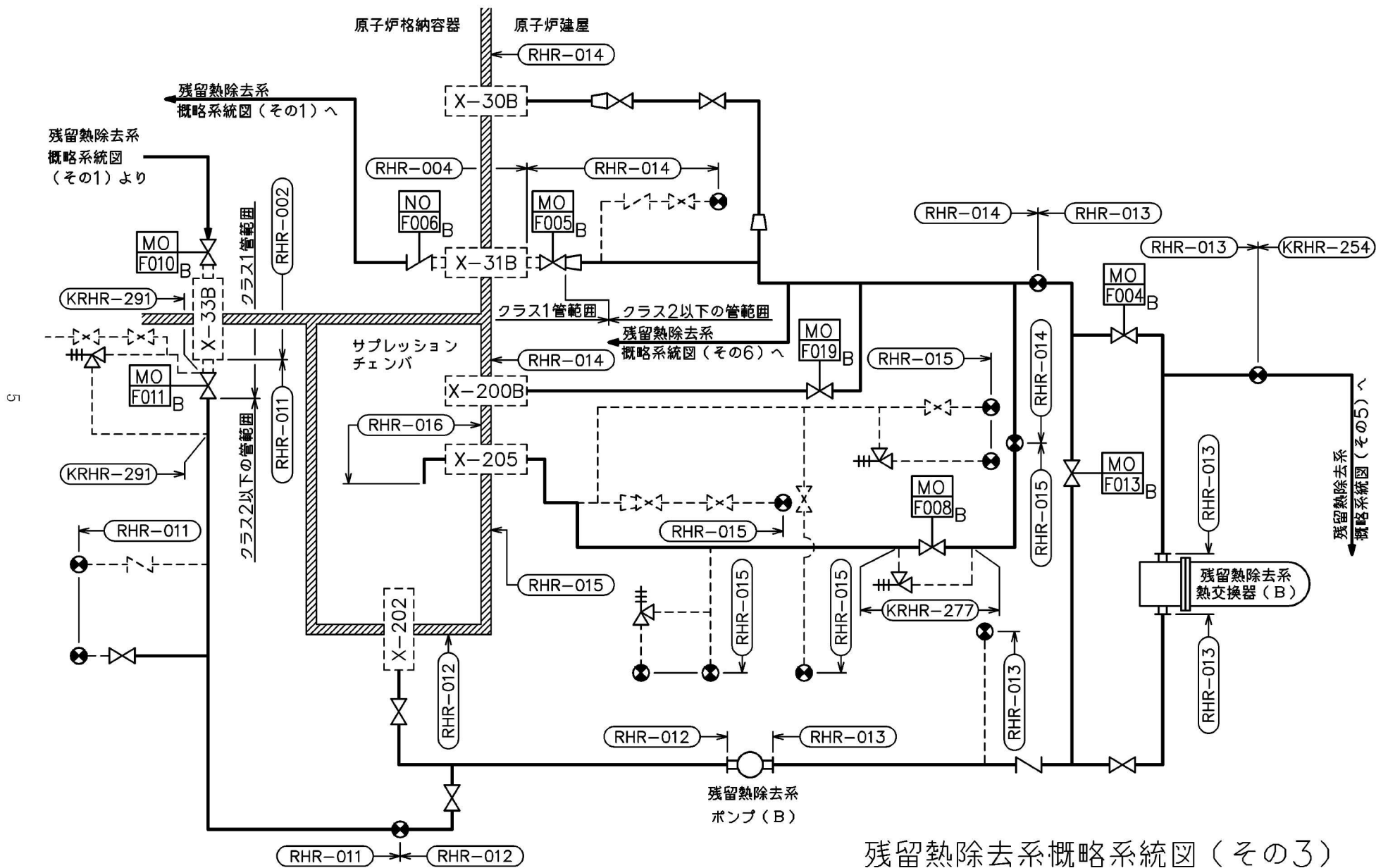


残留熱除去系概略系統図 (その1)

注記 \*1: 解析モデル上  
復水給水系に含める。

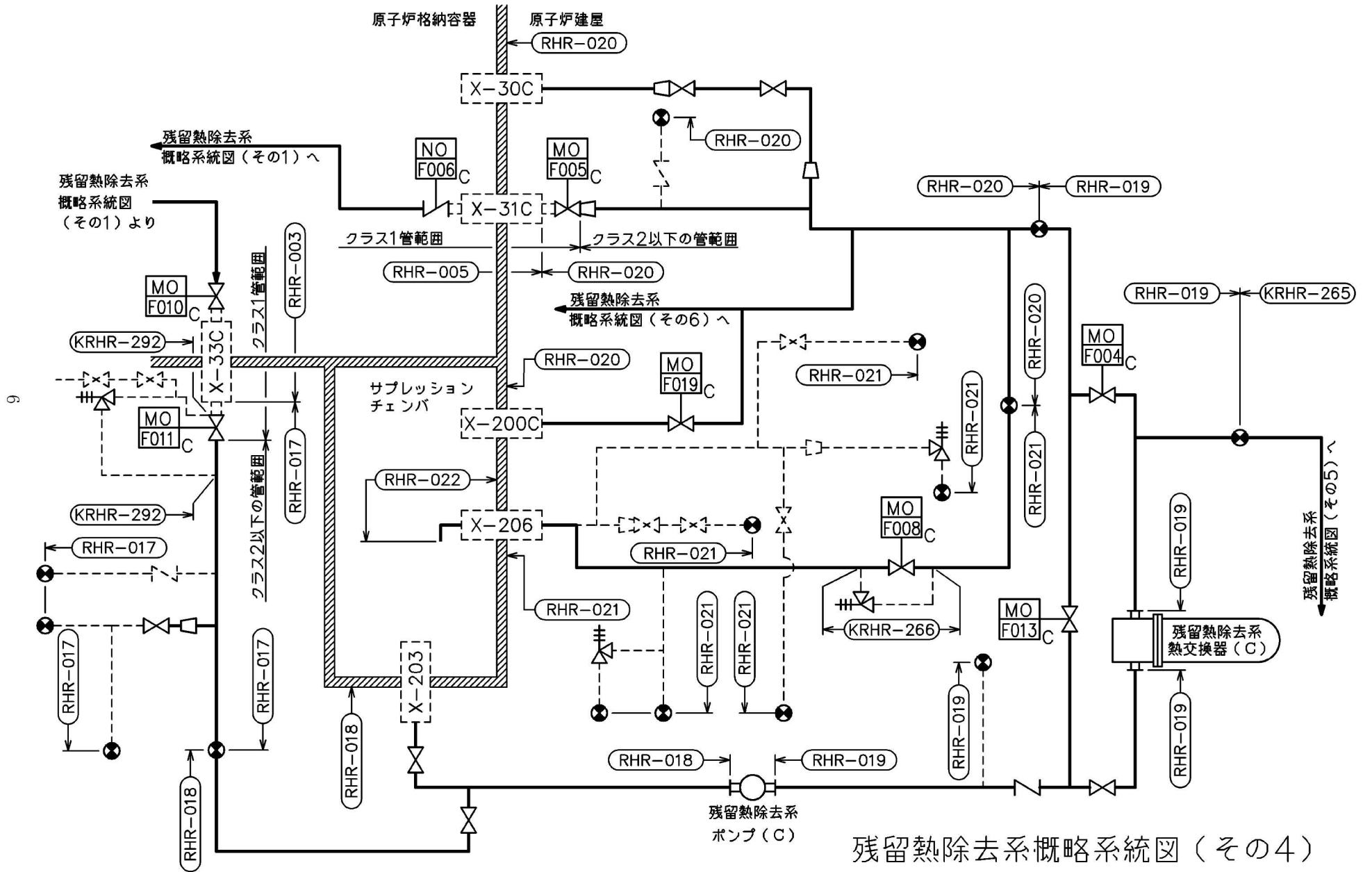


残留熱除去系概略系統図 (その2)

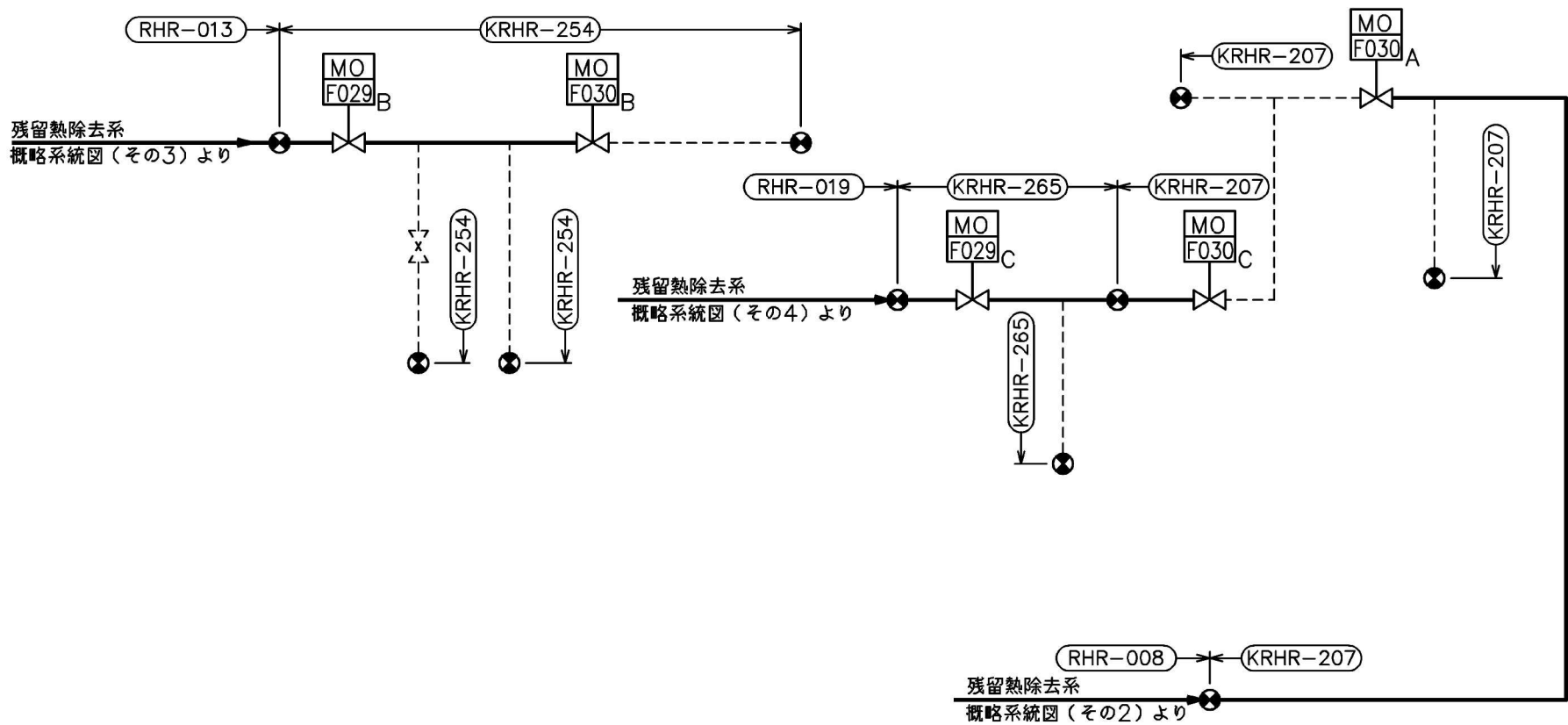


残留熱除去系概略系統図 (その3)



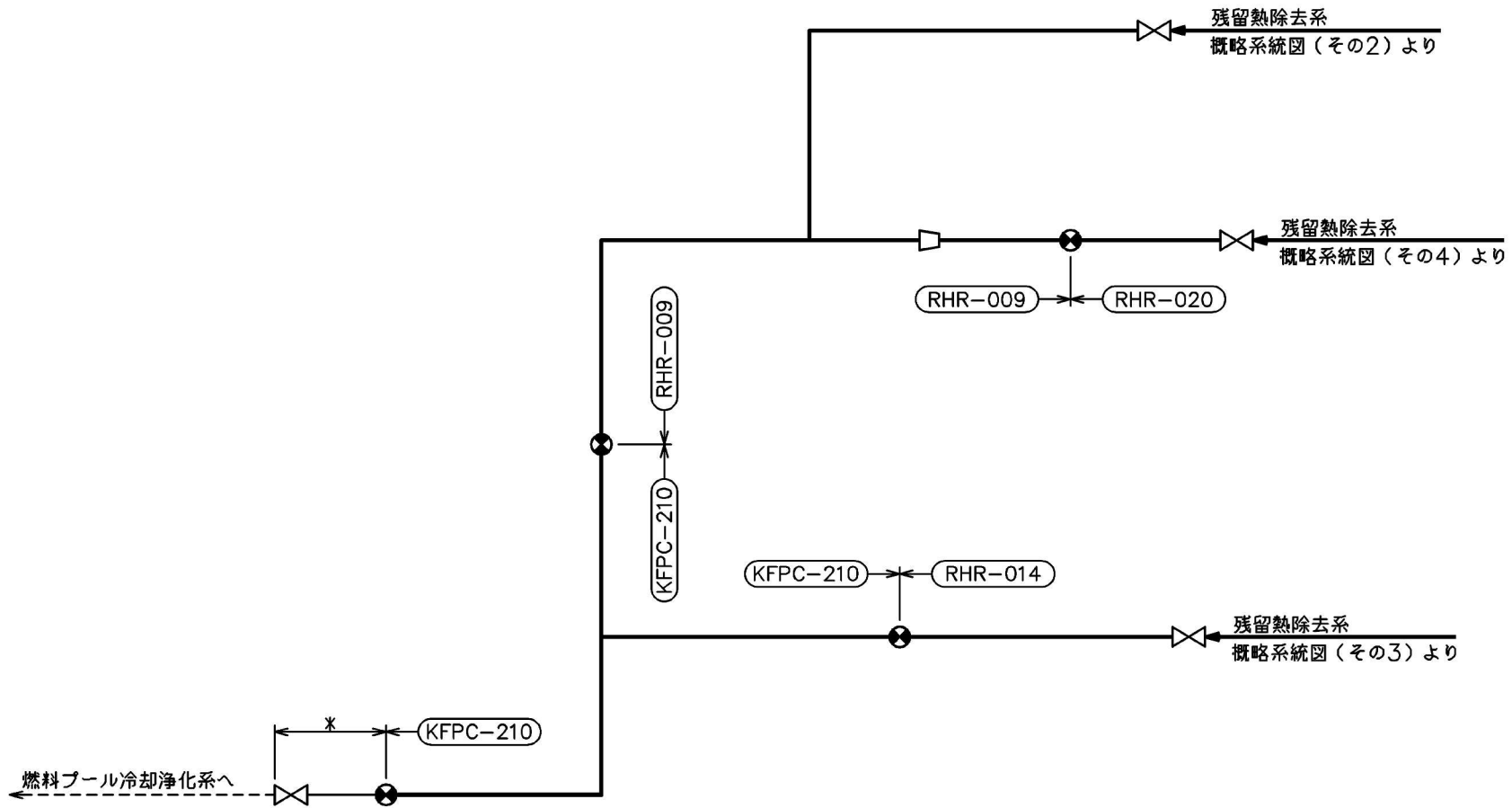


残留熱除去系概略系統図 (その4)



残留熱除去系概略系統図(その5)


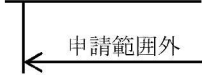
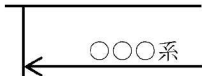


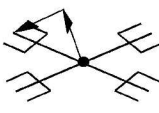
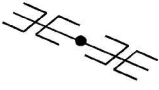

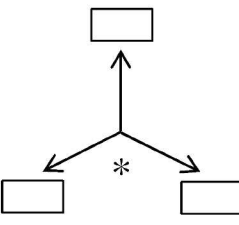
注記 \* : 解析モデル上  
燃料プール冷却浄化系に含める。



残留熱除去系概略系統図(その6)

2.2 鳥瞰図

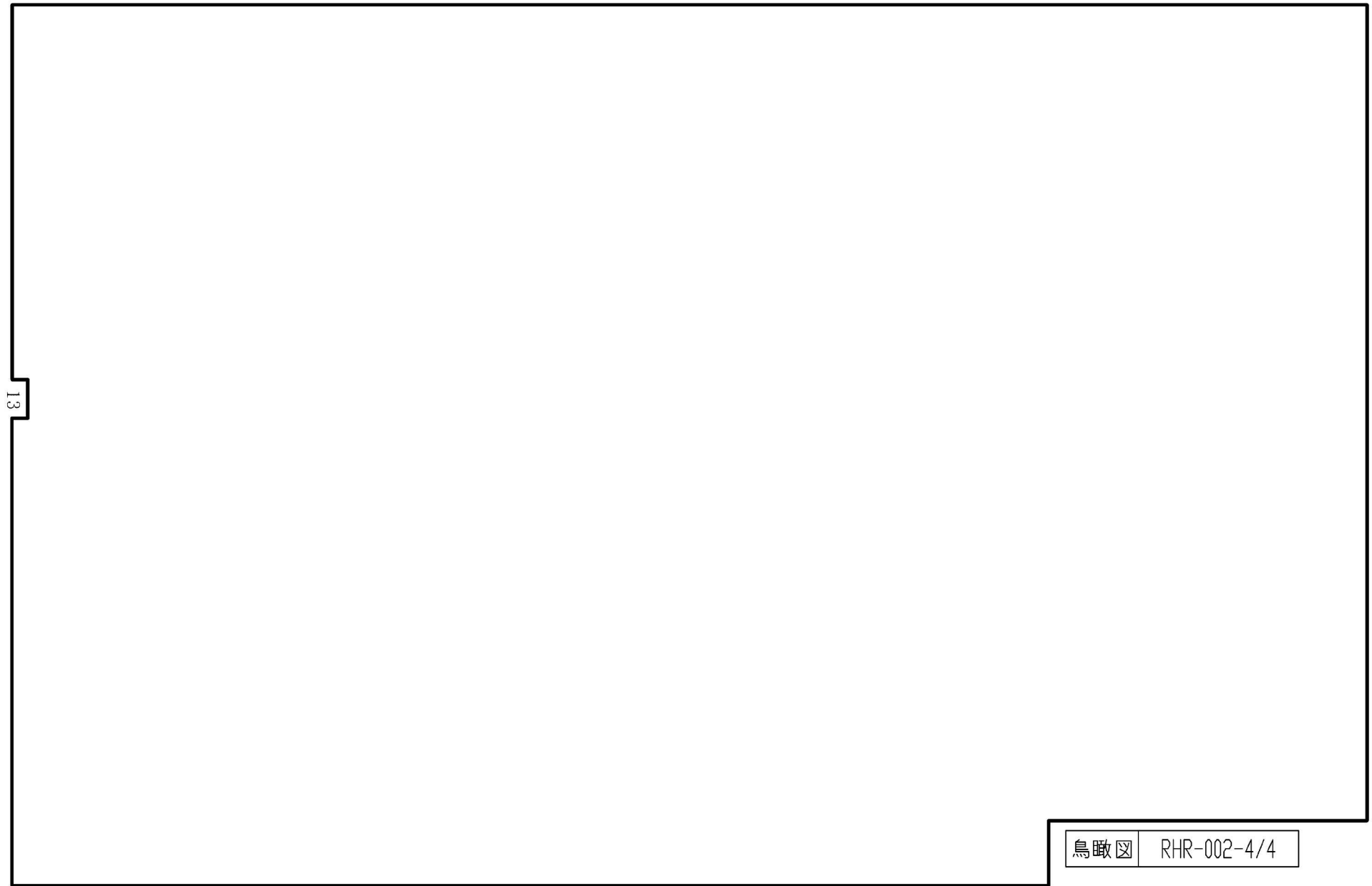
鳥瞰図記号凡例

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, <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。)

10



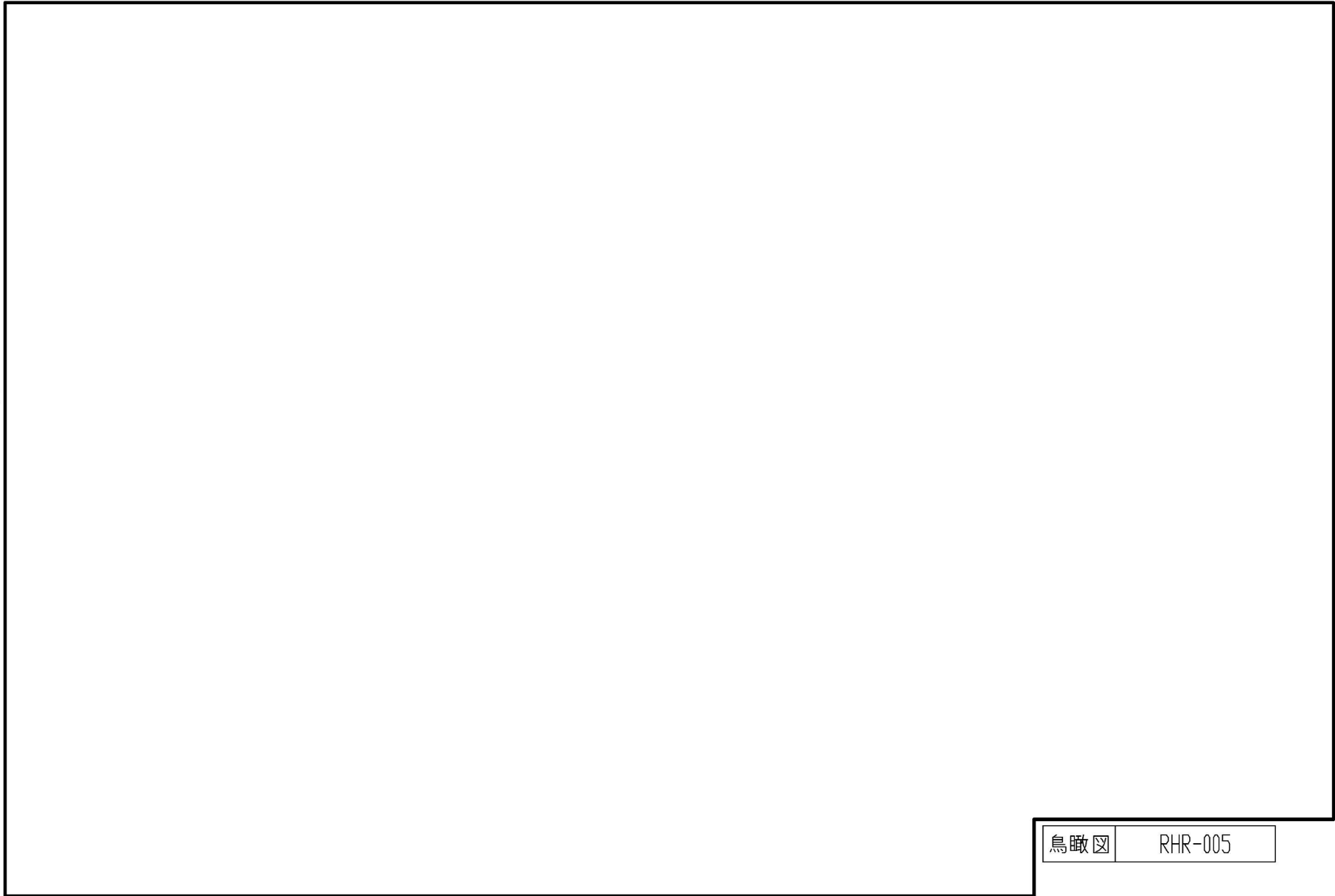




13

鳥瞰図	RHR-002-4/4
-----	-------------

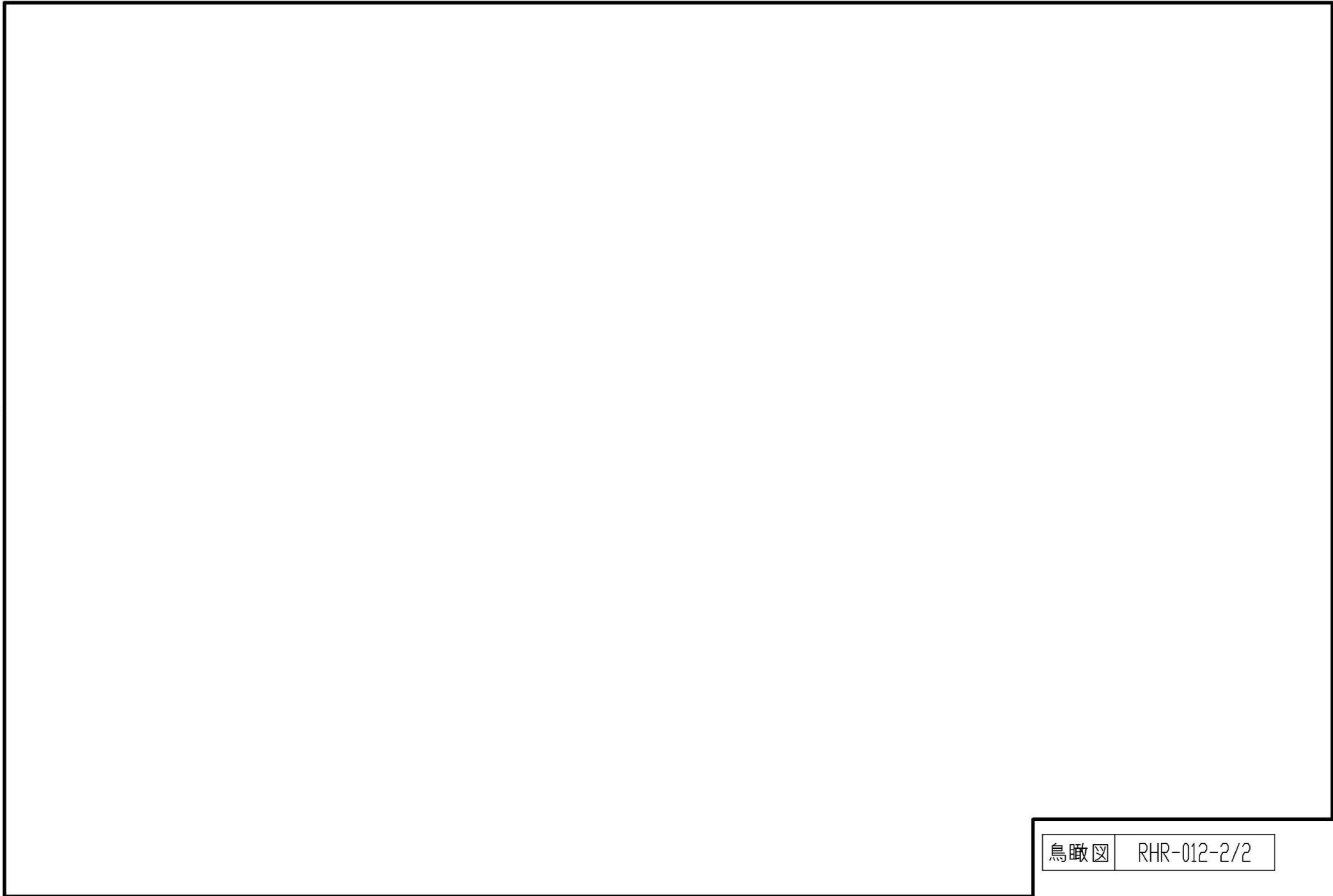




鳥瞰図	RHR-005
-----	---------

15

鳥瞰図	RHR-012-1/2
-----	-------------





18

19

### 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	残留熱除去設備	残留熱除去系	DB	-	クラス1管 クラス2管	S	I <sub>L</sub> +S <sub>d</sub>	III <sub>A</sub> S
							II <sub>L</sub> +S <sub>d</sub>	
							IV <sub>L(L)</sub> +S <sub>d</sub>	
							I <sub>L</sub> +S <sub>s</sub>	IV <sub>A</sub> S
							II <sub>L</sub> +S <sub>s</sub>	
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 <sub>L</sub> +S <sub>d</sub>	III <sub>A</sub> S
							II <sub>L</sub> +S <sub>d</sub>	
							I <sub>L</sub> +S <sub>s</sub>	IV <sub>A</sub> S
							II <sub>L</sub> +S <sub>s</sub>	
							IV <sub>L(L)</sub> +S <sub>d</sub>	

21

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 RHR-002

管名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	8.62	302	355.6	23.8	STS410	S	184760
2	8.62	302	355.6	27.8	STS410	S	184760
3	8.62	302	216.3	15.1	STS410	S	184760
4	8.62	302	76.3	9.5	STS410	S	184760
5	8.62	302	76.3	9.5	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 RHR-002

管名称	対 応 す る 評 価 点															
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	13	14	15	16	
	17	18	19	20	21	23	24	25	26	27	35	36	37	38	39	
	40	239														
2	11	12	13	33												
3	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	
	55	56	57	241												
4	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	100	101	102	103	104	105	106	107	108	
	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	201	202	298	
	299															
5	39	120	801													

K6 ① VI-2-5-3-1-5 (設) 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 RHR-002

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		26		63		85		108	
2		36		64		86		109	
3		37		65		87		110	
4		38		66		88		111	
5		39		67		89		112	
6		40		68		90		113	
7		41		69		91		114	
8		42		70		92		115	
9		43		71		93		116	
10		44		72		94		117	
11		45		73		95		118	
12		46		74		96		119	
13		47		75		97		120	
14		48		76		98		201	
15		49		77		100		202	
16		50		78		101		239	
17		51		79		102		241	
18		52		80		103		801	
19		53		81		104			
20		54		82		105			
24		55		83		106			
25		56		84		107			

K6 ① VI-2-5-3-1-5 (設) R0

鳥 瞰 図 RHR-002

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)
21		27		33		57		298	
22		28		34		58		99	
23		29		35		59		299	
		130				132			
		131				133			

鳥 瞰 図 RHR-002

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	22			
弁2	28			
弁3	34			
弁4	58			
弁5	99			

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 RHR-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
10						
** 16 **						
** 18 **						
20						
26						
** 26 **						
36						
** 39 **						
** 42 **						
** 48 **						
50						
56						
** 56 **						
73						
82						
89						
92						
96						
105						
111						
114						
** 118 **						

--

K6 ① VI-2-5-3-1-5 (設) 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 RHR-005

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	267.4	18.2	STS410	S	184760
2	8.62	302	216.3	15.1	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            RHR-005

管名称	対 応 す る 評 価 点														
1	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
	22	23	24	25	26	27	28	29	101	201	202	211			
2	29	30	31	32	102										



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 RHR-005

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		16		22		28		102	
11		17		23		29		201	
12		18		24		30		202	
13		19		25		31		211	
14		20		26		32			
15		21		27		101			

鳥 瞰 図 RHR-005

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 RHR-005

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 RHR-005

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						
** 7 **						
16						
18						
** 201 **						

--

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 RHR-012

管名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	0.310	104	457.2	9.5	SGV410	S	197680
2	1.37	182	457.2	9.5	SGV410	S	192440
3	1.37	182	355.6	11.1	SGV410	S	192440
4	1.37	182	355.6	11.1	STS410	S	192440

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            RHR-012

管名称	対 応 す る 評 価 点															
1	2	3														
2	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17			
3	8	34														
4	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	

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 RHR-012

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)
2		11		17		23		29	
6		12		18		24		30	
7		13		19		25		31	
8		14		20		26			
9		15		21		27			
10		16		22		28			

鳥 瞰 図 RHR-012

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)
3		32	
4		33	
5		34	
101		103	
102		104	



鳥 瞰 図 RHR-012

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			
弁2	33			

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 RHR-012

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
11						
17						
18						
20						
26						
** 26 **						
31						

--

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 RHR-020

管名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	3.43	182	318.5	10.3	STS410	S	192440
2	3.43	182	267.4	9.3	STS410	S	192440
3	3.43	182	114.3	6.0	SF490A	S	192440
4	3.43	182	114.3	6.0	STS410	S	192440
5	3.43	104	114.3	6.0	STS410	S	197680
6	3.43	171	267.4	9.3	STS410	S	193320
7	3.43	171	216.3	8.2	STS410	S	193320
8	3.43	66	318.5	10.3	STS410	S	200360
9	3.43	66	318.5	10.3	STS410	S	200360

K6 ① VI-2-5-3-1-5 (設) R0

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 RHR-020

管名称	対 応 す る 評 価 点														
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	16	17	18	19	20	28	29	53	54	55	111	112	199	200	211
	212	401	402	403											
2	2	20	21	25	26	27	55	56	57	58	59	60	61	63	64
	65	66	67	68	69	213	551	900							
3	29	291	292												
4	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
	292	300	301	302											
5	46	47	48	49	50	51									
6	71	72													
7	72	73	721												
8	75	77	78	79	80	81									
9	81	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	801	802		

K6 ① VI-2-5-3-1-5 (設) 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 RHR-020

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		20		43		72		199	
2		25		47		73		211	
3		26		48		77		212	
4		27		49		78		213	
5		28		50		79		291	
6		29		51		80		292	
7		30		53		81		300	
8		31		54		84		301	
9		32		55		85		302	
10		33		56		86		401	
11		34		57		87		402	
12		35		58		88		403	
13		36		59		89		551	
14		37		60		90		721	
15		38		64		91		801	
16		39		65		92		802	
17		40		66		93		900	
18		41		67		111			
19		42		68		112			

K6 ① VI-2-5-3-1-5 (設) R0

鳥 瞰 図 RHR-020

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)
21		200		61		69		44	
22		201		62		70		45	
23		75		63		71		46	
122		124		128		130		132	
123		125		129		131		133	

鳥 瞰 図 RHR-020

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	22			
弁2	201			
弁3	62			
弁4	70			
弁5	45			

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 RHR-020

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						
6						
13						
** 13 **						
27						
32						
** 32 **						
35						
43						
** 43 **						
58						
64						
66						
81						
90						
93						
** 133 **						
302						
900						

--

K6 ① VI-2-5-3-1-5 (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)			
		$S_m$	$S_y$	$S_u$	$S_h$
SFVC2B	302	125	—	—	—
STS410	66	—	231	407	—
	104	—	219	404	—
	171	—	211	404	—
	182	—	209	404	—
	302	122	—	—	—
SGV410	104	—	200	372	—
	182	—	191	364	—
SF490A	182	—	215	438	—

### 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 (%)
RHR-002	原子炉遮蔽壁		
RHR-005	原子炉遮蔽壁		
RHR-012	原子炉建屋		
RHR-020	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 RHR-002

適用する地震動等		S <sub>d</sub> 及び静的震度			S <sub>s</sub>		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度* <sup>1</sup>		応答鉛直震度* <sup>1</sup>	応答水平震度* <sup>1</sup>		応答鉛直震度* <sup>1</sup>
		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							
29次							
30次							
動的震度* <sup>2</sup>							
静的震度* <sup>3</sup>							

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<sub>d</sub>又はS<sub>s</sub>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<sub>1</sub>及び1.2C<sub>v</sub>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 RHR-002

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				
29 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)

51

代表的振動モード図(2次)

代表的振動モード図(3次)

53



固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 RHR-005

適用する地震動等		S <sub>d</sub> 及び静的震度			S <sub>s</sub>		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度* <sup>1</sup>		応答鉛直震度* <sup>1</sup>	応答水平震度* <sup>1</sup>		応答鉛直震度* <sup>1</sup>
		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							
動的震度* <sup>2</sup>							
静的震度* <sup>3</sup>							

注記\*<sup>1</sup>: 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。  
 \*<sup>2</sup>: S<sub>d</sub>又はS<sub>s</sub>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。  
 \*<sup>3</sup>: 3.6C<sub>1</sub>及び1.2C<sub>v</sub>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 RHR-005

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				

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)

58

代表的振動モード図(3次)

固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 RHR-012

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							
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 RHR-012

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				

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)

63

鳥瞰図 RHR-012

代表的振動モード図(2次)

代表的振動モード図(3次)

65

鳥瞰図 RHR-012

固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 RHR-020

適用する地震動等		S <sub>d</sub> 及び静的震度			S <sub>s</sub>		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度* <sup>1</sup>		応答鉛直震度* <sup>1</sup>	応答水平震度* <sup>1</sup>		応答鉛直震度* <sup>1</sup>
		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							
23次							
24次							
動的震度* <sup>2</sup>							
静的震度* <sup>3</sup>							

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<sub>d</sub>又はS<sub>s</sub>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<sub>1</sub>及び1.2C<sub>v</sub>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 RHR-020

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				
23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)

70

鳥瞰図 RHR-020

代表的振動モード図(3次)

4.2 評価結果

4.2.1 管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

クラス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
					$S_{pr m}(S d)$ $S_{pr m}(S s)$	$2.25 \cdot S_m$ $3 \cdot S_m$	$S_t(S d)$ $S_t(S s)$	$0.55 \cdot S_m$ $0.73 \cdot S_m$	$S_n(S s)$	$3 \cdot S_m$	$U+US_s$
RHR-002	III <sub>A</sub> S	54	ELBOW	$S_{pr m}(S d)$	107	274	—	—	—	—	—
	III <sub>A</sub> S	55	ELBOW	$S_t(S d)$	—	—	45	67	—	—	—
	IV <sub>A</sub> S	39	TEE	$S_{pr m}(S s)$	163	366	—	—	—	—	—
	IV <sub>A</sub> S	55	ELBOW	$S_t(S s)$	—	—	86	89	—	—	—
	IV <sub>A</sub> S	39	TEE	$S_n(S s)$	—	—	—	—	532	366	0.1614
	IV <sub>A</sub> S	120	BUTT WELD	$U+US_s$	—	—	—	—	—	—	0.3815

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
					$S_{pr m}(S d)$ $S_{pr m}(S s)$	$2.25 \cdot S_m$ $3 \cdot S_m$	$S_t(S d)$ $S_t(S s)$	$0.55 \cdot S_m$ $0.73 \cdot S_m$	$S_n(S s)$	$3 \cdot S_m$	$U+US_s$
RHR-005	III <sub>A</sub> S	30	ELBOW	$S_{pr m}(S d)$	119	274	—	—	—	—	—
	III <sub>A</sub> S	31	ELBOW	$S_t(S d)$	—	—	52	67	—	—	—
	IV <sub>A</sub> S	30	ELBOW	$S_{pr m}(S s)$	179	366	—	—	—	—	—
	IV <sub>A</sub> S	30	ELBOW	$S_t(S s)$	—	—	95	89	—	—	—
	IV <sub>A</sub> S	30	ELBOW	$S_n(S s)$	—	—	—	—	453	366	0.0816
	IV <sub>A</sub> S	32	NOZZLE	$U+US_s$	—	—	—	—	—	—	0.1326

注記\*：ねじり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<sub>Δ</sub>Sのとき $0.55 \cdot S_m$ 、又は許容応力状態Ⅳ<sub>Δ</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	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 $1.8 \cdot S_m$ $2.4 \cdot S_m$
RHR-005	30	49	67	85	219
		95	89	145	292

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 $U S_s$
RHR-012	III <sub>A</sub> S	20	$S_{pr m}(S_d)$	116	209	—	—	—
	IV <sub>A</sub> S	20	$S_{pr m}(S_s)$	213	363	—	—	—
	IV <sub>A</sub> S	20	$S_n(S_s)$	—	—	416	418	—

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 $U S_s$
RHR-020	III <sub>A</sub> S	32	$S_{pr m}(S_d)$	117	209	—	—	—
	IV <sub>A</sub> S	32	$S_{pr m}(S_s)$	192	363	—	—	—
	IV <sub>A</sub> S	32	$S_n(S_s)$	—	—	337	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)
RHR-001-009S	メカニカルスナップ	SMS-16-100	VI-2-1-12「配管及び支 持構造物の耐震計算に ついて」参照		152	240
RHR-001-011HA RHR-001-011HB	スプリングハンガ	VS60F-16			41	2×28
RHR-003-016B	ロッドレストレイント	RST-5			105	235

77

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>			
RHR-003-022R	レストレイント	ラインガイド	SM400B	302	319	130	57	-	-	-	せん断	31	187
RHR-011-026A	アンカ	ラグ	SGV410	182	134	206	122	168	81	176	曲げ	283	440



## 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-F002	止め弁	$\alpha$ (Ss)	3.8	1.1	6.0	6.0	—	—
E11-F019C	止め弁	$\beta$ (Ss)	2.2	1.2	6.0	6.0	—	—
E11-F004C	止め弁	$\beta$ (Ss)	3.3	1.5	6.0	6.0	—	—
E11-F008C	止め弁	$\beta$ (Ss)	2.7	1.9	6.0	6.0	—	—
E11-F006C	逆止め弁	$\beta$ (Ss)	2.1	1.2	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 <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	RHR-001	11	67	274	4.08	—	12	88	366	4.15	—	15	229	366	1.59	—	23	0.0166	—
2	RHR-002	54	107	274	2.56	—	39	163	366	2.24	—	39	532	366	0.68	○	120	0.3815	○
3	RHR-003	22	66	274	4.15	—	22	89	366	4.11	—	23	204	366	1.79	—	23	0.0194	—
4	RHR-004	25	85	274	3.22	—	25	115	366	3.18	—	25	326	366	1.12	—	27	0.0804	—
5	RHR-005	30	119	274	2.30	○	30	179	366	2.04	○	30	453	366	0.80	—	32	0.1326	—

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	KFPC-210	1	81	231	2.85	—	1	118	366	3.10	—	35	185	424	2.29	—	—	—	—
2	KRHR-207	50	90	209	2.32	—	50	125	363	2.90	—	50	178	418	2.34	—	—	—	—
3	KRHR-254	35	85	209	2.45	—	35	136	363	2.66	—	34	222	418	1.88	—	—	—	—
4	KRHR-265	21	54	209	3.87	—	21	84	363	4.32	—	21	131	418	3.19	—	—	—	—
5	RHR-006	21	65	209	3.21	—	21	113	363	3.21	—	21	292	418	1.43	—	—	—	—
6	RHR-007	9	54	191	3.53	—	9	82	327	3.98	—	17	202	418	2.06	—	—	—	—
7	RHR-008	38	75	209	2.78	—	38	115	363	3.15	—	38	176	418	2.37	—	—	—	—
8	RHR-009	4	101	209	2.06	—	48	148	363	2.45	—	40	302	438	1.45	—	—	—	—
9	RHR-010	10	16	143	8.93	—	10	22	365	16.59	—	2	79	286	3.62	—	—	—	—
10	RHR-011	13	80	209	2.61	—	13	131	363	2.77	—	13	240	418	1.74	—	—	—	—
11	RHR-012	20	116	209	1.80	—	20	213	363	1.70	○	20	416	418	1.00	○	—	—	—
12	RHR-013	28	82	209	2.54	—	28	119	363	3.05	—	52	168	418	2.48	—	—	—	—
13	RHR-014	13	94	209	2.22	—	77	153	363	2.37	—	13	303	418	1.37	—	—	—	—
14	RHR-015	7	94	209	2.22	—	20	146	363	2.48	—	20	298	438	1.46	—	—	—	—
15	RHR-016	13	40	143	3.57	—	13	60	365	6.08	—	13	85	286	3.36	—	—	—	—
16	RHR-017	11	74	209	2.82	—	11	132	363	2.75	—	11	268	418	1.55	—	—	—	—

(続き)

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 勞 累 積 係 数	代 表
17	RHR-018	20	115	209	1.81	—	20	210	363	1.72	—	20	410	418	1.01	—	—	—	—
18	RHR-019	28	82	209	2.54	—	28	120	363	3.02	—	52	166	418	2.51	—	—	—	—
19	RHR-020	32	117	209	1.78	○	32	192	363	1.89	—	32	337	418	1.24	—	—	—	—
20	RHR-021	7	94	209	2.22	—	7	140	363	2.59	—	20	265	438	1.65	—	—	—	—
21	RHR-022	15	31	143	4.61	—	15	45	365	8.11	—	2	81	286	3.53	—	—	—	—
22	KRHR-266	3	38	209	5.50	—	3	57	363	6.36	—	3	84	418	4.97	—	—	—	—
23	KRHR-276	16	54	219	4.05	—	16	82	363	4.42	—	16	127	438	3.44	—	—	—	—
24	KRHR-277	3	32	209	6.53	—	6	46	363	7.89	—	6	88	418	4.75	—	—	—	—
25	KRHR-287	14	73	182	2.49	—	14	114	363	3.18	—	14	205	364	1.77	—	—	—	—
26	KRHR-291	21	54	187	3.46	—	21	71	394	5.54	—	21	135	374	2.77	—	—	—	—
27	KRHR-292	6	48	182	3.79	—	6	65	363	5.58	—	1	128	364	2.84	—	—	—	—

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。