

本資料のうち、枠囲みの内容は、機密事項に属しますので公開できません。

柏崎刈羽原子力発電所第7号機 工事計画審査資料	
資料番号	KK7添-2-036-9 改1
提出年月日	2020年7月2日

V-2-5-3-1-6 管の耐震性についての計算書

K7 ① V-2-5-3-1-6 R0

2020年7月

東京電力ホールディングス株式会社

V-2-5-3-1-6 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	19
3.1	計算方法	19
3.2	荷重の組合せ及び許容応力状態	20
3.3	設計条件	21
3.4	材料及び許容応力	45
3.5	設計用地震力	46
4.	解析結果及び評価	47
4.1	固有周期及び設計震度	47
4.2	評価結果	71
4.2.1	管の応力評価結果	71
4.2.2	支持構造物評価結果	74
4.2.3	弁の動的機能維持評価結果	75
4.2.4	代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	76

1. 概要

本計算書は、V-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、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

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評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全16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。




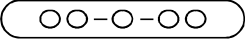

(3) 弁

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。

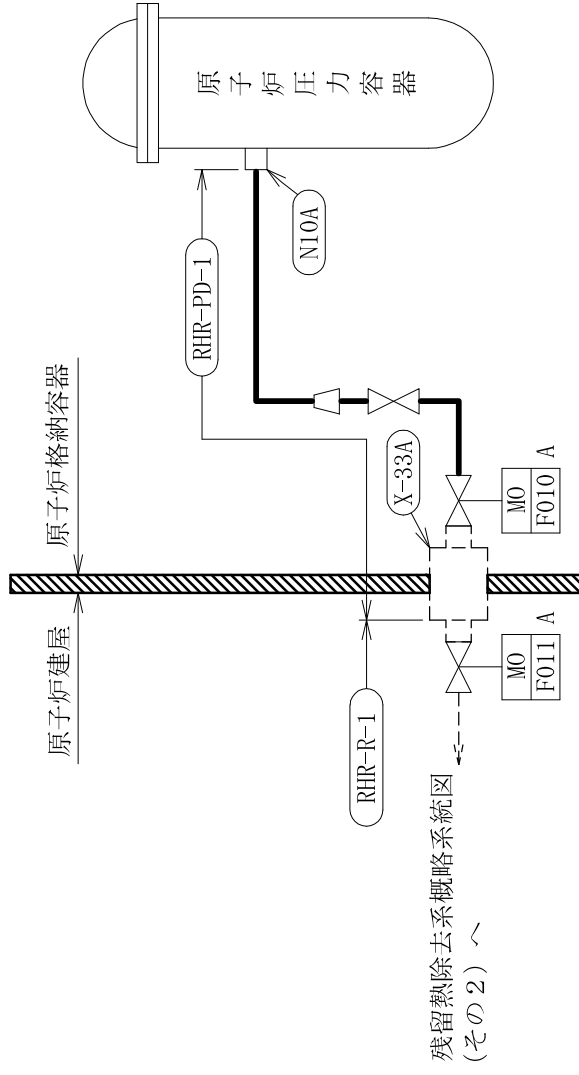
2. 概略系統図及び鳥瞰図

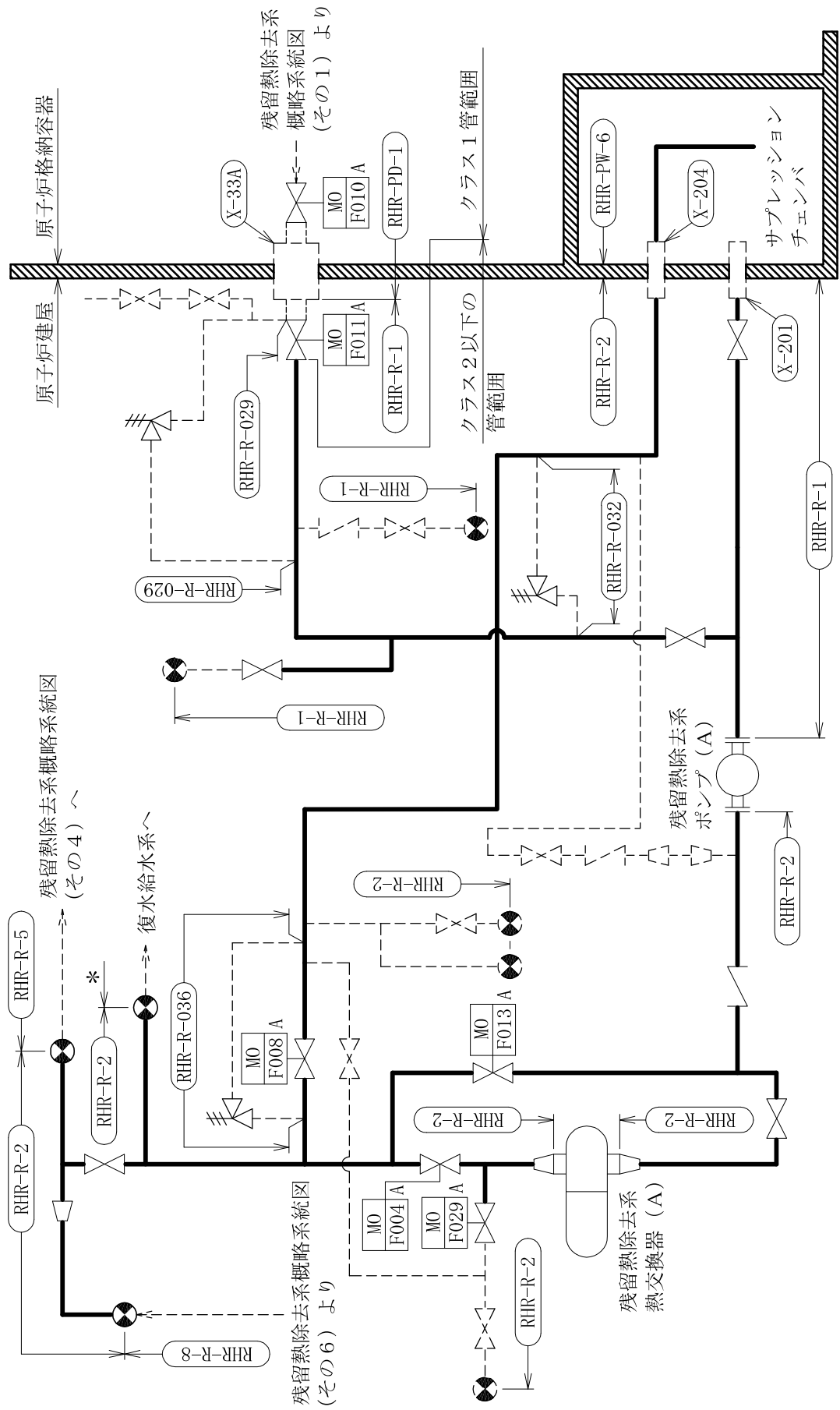
2.1 概略系統図

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

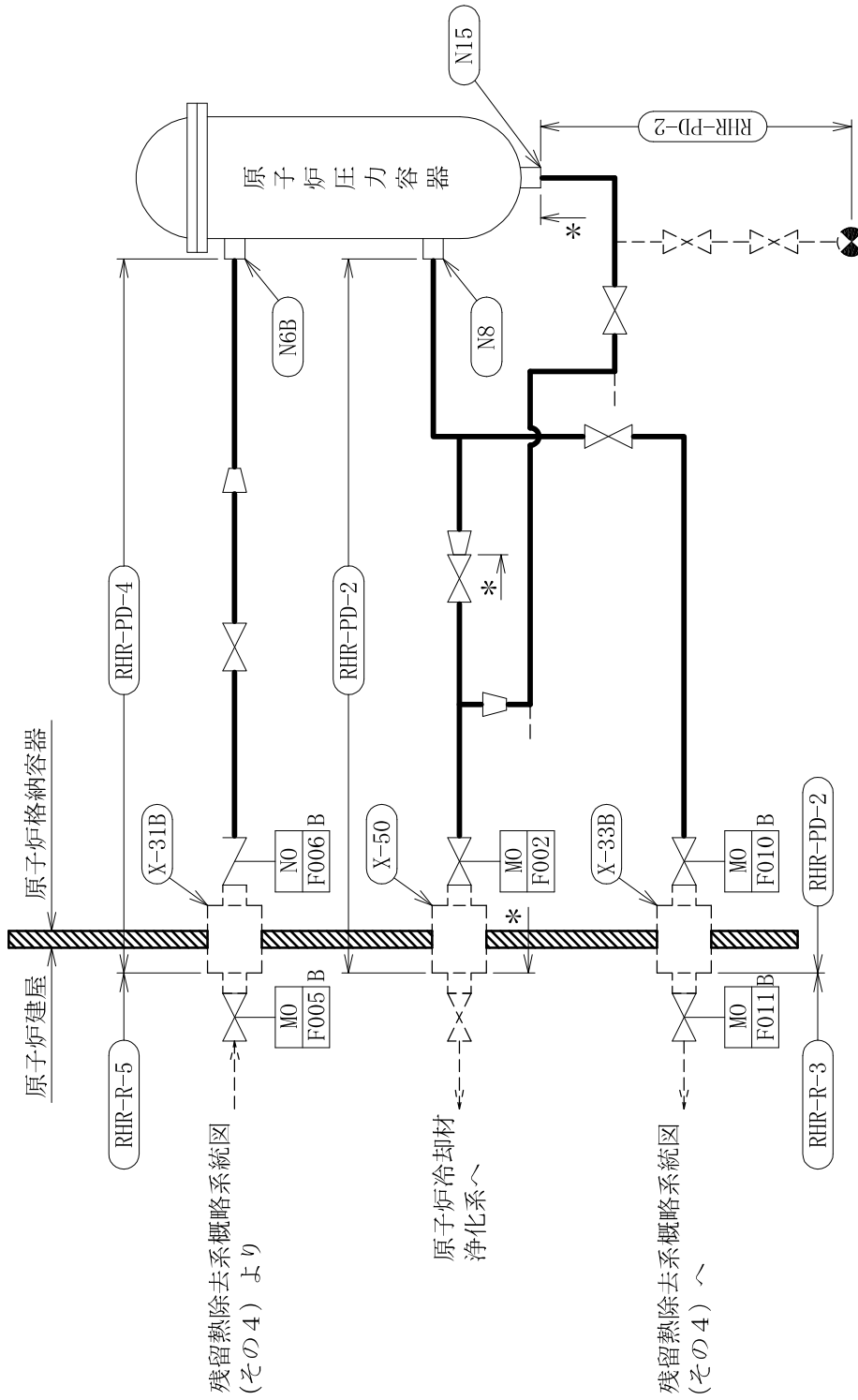
K7 ① V-2-5-3-1-6 (設) R0





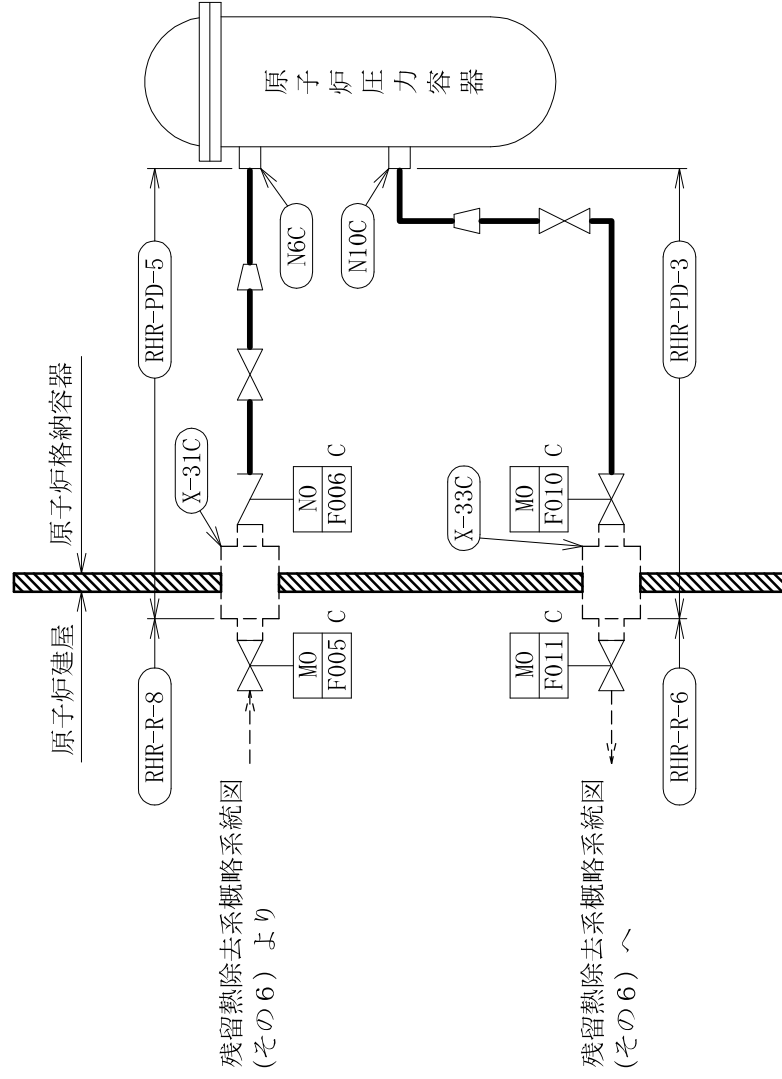
注*：解析モデル上復水給水系に含める。

残留熱除去系概略系統図 (その2)

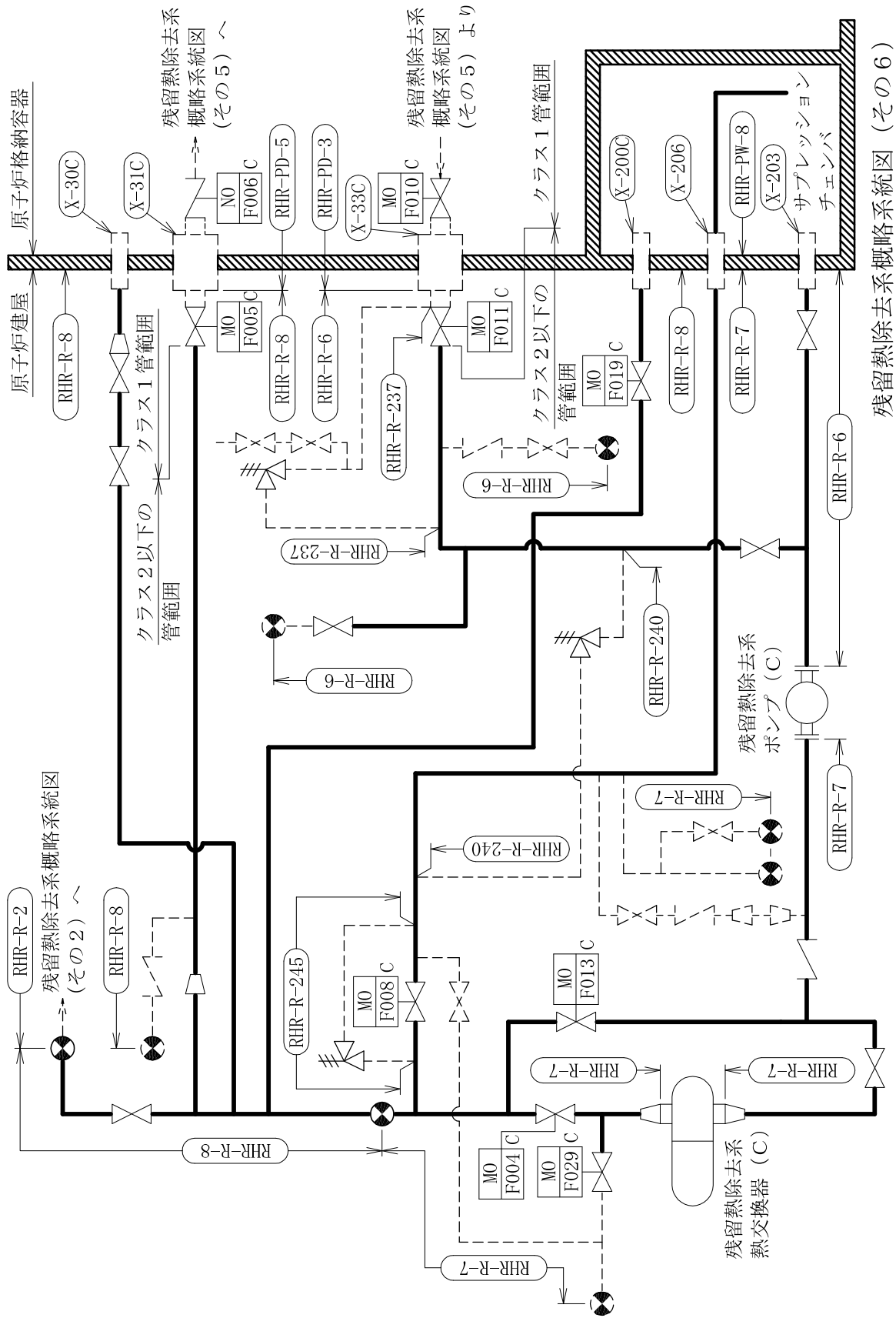


注記*：原子炉冷却材浄化系 解析モデル上本系統に含める。

残留熱除去系概略系統図 (その3)





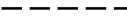


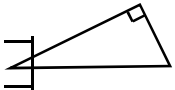
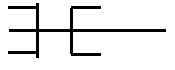

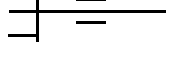
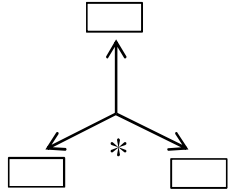
残留熱除去系概略系統図 (その5)



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	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解析モデルの概略を示すために表記する管
	質点
	アンカ
	レストレイント (本図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
	リジットハンガ
	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, <input type="text"/> 内に 変位量を記載する。)

注1：鳥瞰図中の寸法の単位はmmである。

K7 ① V-2-5-3-1-6 (設) R0

鳥瞰図

RHR-PD-1

K7 ① V-2-5-3-1-6 (設) R0

鳥瞰図

RHR-PD-2 (1/2)

K7 ① V-2-5-3-1-6 (設) R0

鳥瞰図

RHR-PD-2 (2/2)

K7 ① V-2-5-3-1-6 (設) R0

鳥瞰図

RHR-R-1 (1/2)

K7 ① V-2-5-3-1-6 (設) R0

鳥瞰図

RHR-R-1 (2/2)

K7 ① V-2-5-3-1-6 (設) R0

鳥瞰図

RHR-R-2 (1/4)

K7 ① V-2-5-3-1-6 (設) R0

鳥瞰図

RHR-R-2 (2/4)

K7 ① V-2-5-3-1-6 (設) R0

鳥瞰図

RHR-R-2 (3/4)

K7 ① V-2-5-3-1-6 (設) R0

鳥瞰図

RHR-R-2 (4/4)

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、「H 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	D B	—	クラス1管 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	
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	D B	—	クラス1管	S	II _L +S s	III _A S
							I _L +S d	
							II _L +S d	
							I _L +S s	
							II _L +S s	IV _A S
							IV _L (L)+S d	

注記*1：D Bは設計基準対象施設，S A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番号で区分し、管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥瞰図 RHR-PD-1

管番号	対応する評価点	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	1N~3	8.62	302	318.5	21.4	STS410	S	186920
2	3~9	8.62	302	318.5	21.4	STS410	S	200400
3	10~15, 19~23	8.62	302	355.6	23.8	STS410	S	200400

設計条件

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

鳥瞰図 RHR-PD-2

管番号	対応する評価点	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	1N~17, 21~25 12~32	8.62	302	355.6	23.8	STS410	S	186920
2	34~51	8.62	302	216.3	15.1	STS410	S	186920
3	42~58	8.62	302	101.6	12.7	STS410	S	186920
4	59~72, 73~112N	8.62	302	76.3	9.5	STS410	S	186920

設計条件

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

鳥瞰図 RHR-R-1

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	1~2	0.31	104	457.2	9.5	SM400C	S	200360
2	6~24N	1.37	182	457.2	9.5	SM400C	S	200360
3	9~25	1.37	182	355.6	11.1	SM400C	S	200360
4	25~26, 30~42IS	1.37	182	355.6	11.1	STPT410	S	200360
5	42IS~78	1.37	182	355.6	11.1	STPT410	S	201667
6	71~101	1.37	182	318.5	10.3	STPT410	S	201667

設計条件

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

鳥瞰図 RHR-R-2

管番号	対応する評価点	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	3~20, 22~33S	3.43	182	318.5	14.3	STPT410	S	200360
	265~269, 270~277							
	278~281, 274~286							
	290~24, 265~339N							
2	33S~61, 63~72	3.43	182	318.5	14.3	STPT410	S	201667
	300~321A, 57~336A							
3	72~88A, 72~299	3.43	182	406.4	16.7	STS410	S	201667
4	16~93	3.43	182	165.2	7.1	STPT410	S	200360
5	164~168, 164~183	3.43	104	267.4	9.3	STPT410	S	201667
6	172~36	3.43	182	267.4	12.7	STPT410	S	201667
7	183~196	0.31	104	267.4	9.3	STPT410	S	201667

配管の付加質量

鳥瞰図 RHR-PD-1

質量	対応する評価点
	1N~1
	1~301, 6~6002, 6003~8
	301~6, 6002~6003, 8~9
	10~12
	12~1401
	1401~15, 19~23

配管の付加質量

鳥瞰図 RHR-PD-2

質量	対応する評価点
	1N~1
	1~3001, 4000~8001, 9001~10, 1301~1601, 2101~2401
	3001~4000, 8001~9001
	10~1301, 12~32, 34~3402
	1601~17
	21~2101
	2401~25
	3402~4001, 4411~4601, 47~5001
	4001~4411, 42~58, 59~60
	4601~47
	5001~51
	60~6200
	6200~6801, 7301~7601, 80~9301, 98~1000, 1010~107
	6801~72, 73~7301
	7601~80
	9301~98
	1000~1010

K7 ① V-2-5-3-1-6 (設) R0

配管の付加質量

鳥瞰図 RHR-R-1

質量	対応する評価点
[Redacted]	1～2, 6～1101, 1301～2001, 2002～24N
[Redacted]	1101～1301, 2001～2002
[Redacted]	9～2501, 2502～26, 30～31, 3501～3601, 39～3901 4201～43, 44～4501, 4502～461, 4801～4802, 5201～5301 5501～5502, 5901～5902, 64～65, 6901～6902, 7001～78 71～101
[Redacted]	2501～2502, 31～3501, 3601～39, 3901～4201, 43～44 4501～4502, 461～4801, 4802～5201, 5301～5501, 5502～5901 5902～64, 65～6901, 6902～7001

K7 ① V-2-5-3-1-6 (設) R0

配管の付加質量



鳥瞰図 RHR-R-2

質量	対応する評価点
	3～600, 1001～11, 1401～1801, 1802～20, 22～2201 2202～29, 3001～3101, 4401～4501, 4801～4802, 5102～52 55～5801, 6001～61, 283～286, 290～2921, 2941～2961 A297～2974, 2975～24, 57～3231, 3261～3271, 3291～3292 3331～3332
	600～1001, 11～1401, 1801～1802, 2201～2202, 29～3001 3101～33S, 43S～4401, 4501～4801, 4802～5102, 52～55 5801～6001, 2921～2941, 2961～A297, 2974～2975, 3231～3261 3271～3291, 3292～3331, 3332～335S
	33S～43S
	63～72, 300～321A
	72～88A, 72～299
	16～8901, 9201～93
	8901～9201, 265～269, 270～277, 278～281, 274～283, 265～339N
	164～168, 172～36, 164～196
	335S～336A

K7 ① V-2-5-3-1-6 (設) R0

フランジ部の質量

鳥瞰図 RHR-R-1

質量	対応する評価点
	20
	24N

フランジ部の質量

鳥瞰図 RHR-R-2

質量	対応する評価点
	1N, 282N
	501, 640, 327, 2781
	34
	182, 183
	339N

弁部の寸法

鳥瞰図 RHR-PD-1

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
15~16				16~17			
17~18				16~19			
23~24				24~2401			
2401~25				25~26			
24~27							

弁部の寸法

鳥瞰図 RHR-PD-2

評価点	外径 (mm)	厚さ (mm)	長さ (mm)	評価点	外径 (mm)	厚さ (mm)	長さ (mm)
17~18				18~19			
19~20				18~21			
25~26				26~27			
27~28				26~29			
33~34				51~52			
52~53				53~54			
52~55				72~73			

弁部の寸法

鳥瞰図 RHR-R-1

評価点	外径 (mm)	厚さ (mm)	長さ (mm)	評価点	外径 (mm)	厚さ (mm)	長さ (mm)
2~3				3~4			
4~5				3~6			
26~27				27~28			
28~29				27~30			
78~79				79~80			
80~81				79~82			
101~102							

弁部の寸法

鳥瞰図 RHR-R-2

評価点	外径 (mm)	厚さ (mm)	長さ (mm)	評価点	外径 (mm)	厚さ (mm)	長さ (mm)
20~21				21~2101			
2101~2102				21~22			
61~62				62~6201			
6201~6202				62~63			
93~94				94~95			
95~96				94~97			
168~169				169~170			
170~171				169~172			
269~270				277~278			
286~287				287~288			
288~289				287~290			

K7 ① V-2-5-3-1-6 (設) R0

弁部の質量

鳥瞰図 RHR-PD-1

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
	17		18
	2401		26

弁部の質量

鳥瞰図 RHR-PD-2

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
	19		20
	27		28
	33～34		53
	54		72～73

弁部の質量

鳥瞰図 RHR-R-1

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
	4		5
	28		29
	80		81
	101～102		

弁部の質量

鳥瞰図 RHR-R-2

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
	2101, 288		2102, 289
	6201		6202
	95		96
	170		171
	269~270		277~278

支持点及び貫通部ばね定数

鳥瞰図 RHR-PD-1

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						
** 13 **						
14						
22						
** 22 **						
** 25 **						

K7 ① V-2-5-3-1-6 (設) R0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥瞰図 RHR-PD-2

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
** 9 **						
16						
** 16 **						
16						
24						
** 24 **						
3401						
37						
3701						
39						
** 39 **						
40						
4002						
4401						
** 4402 **						
46						
50						
** 50 **						
** 6201 **						
** 63 **						
63						
64						

K7 ① V-2-5-3-1-6 (設) R0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥瞰図 RHR-PD-2

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
6601						
** 67 **						
** 68 **						
74						
77						
** 77 **						
** 81 **						
** 81 **						
** 84 **						
** 84 **						
** 87 **						
** 87 **						
** 90 **						
** 90 **						
93						
** 93 **						
1001						
106						

K7 ① V-2-5-3-1-6 (設) R0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥瞰図 RHR-R-1

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						
24N						
33						
36						
430						
431						
45						
53						
6101						
69						

K7 ① V-2-5-3-1-6 (設) R0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥瞰図 RHR-R-2

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
1N						
** 1N **						
** 1N **						
6						
18						
31						
3701						
45						
51						
5103						
5401						
** 5401 **						
64						
67						
7501						
81						
** 8401 **						
88A						
1650						
181						
184						
276						
282N						

K7 ① V-2-5-3-1-6 (設) R0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥瞰図 RHR-R-2

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
** 282N **						
** 282N **						
303						
307						
3121						
313						
317						
321A						
324						
** 324 **						
329						
336A						
339N						

K7 ① V-2-5-3-1-6 (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
STS410	302	122	—	—	—
SM400C	104	—	219	373	—
SM400C	182	—	198	373	—
STPT410	182	—	209	404	—
STS410	182	—	209	404	—
STPT410	104	—	219	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V-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V-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	減衰定数(%)
RHR-PD-1	原子炉遮蔽壁		
RHR-PD-2	原子炉遮蔽壁		
RHR-R-1	原子炉建屋		
RHR-R-2	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-PD-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	[Redacted]						
2次							
3次							
4次							
5次							
6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-PD-1

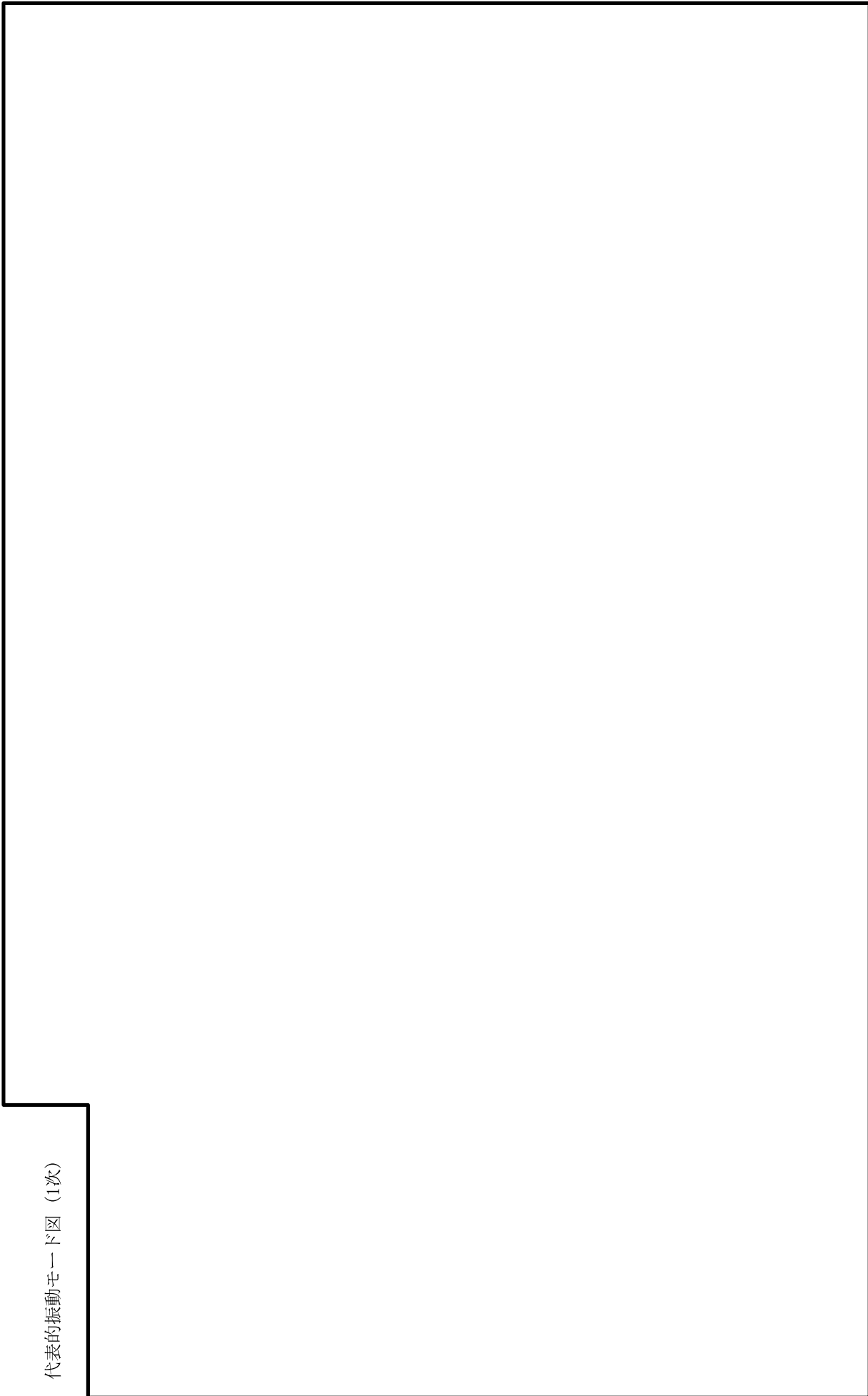
モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X方向	Y方向	Z方向
1次				
2次				
3次				
4次				
5次				

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

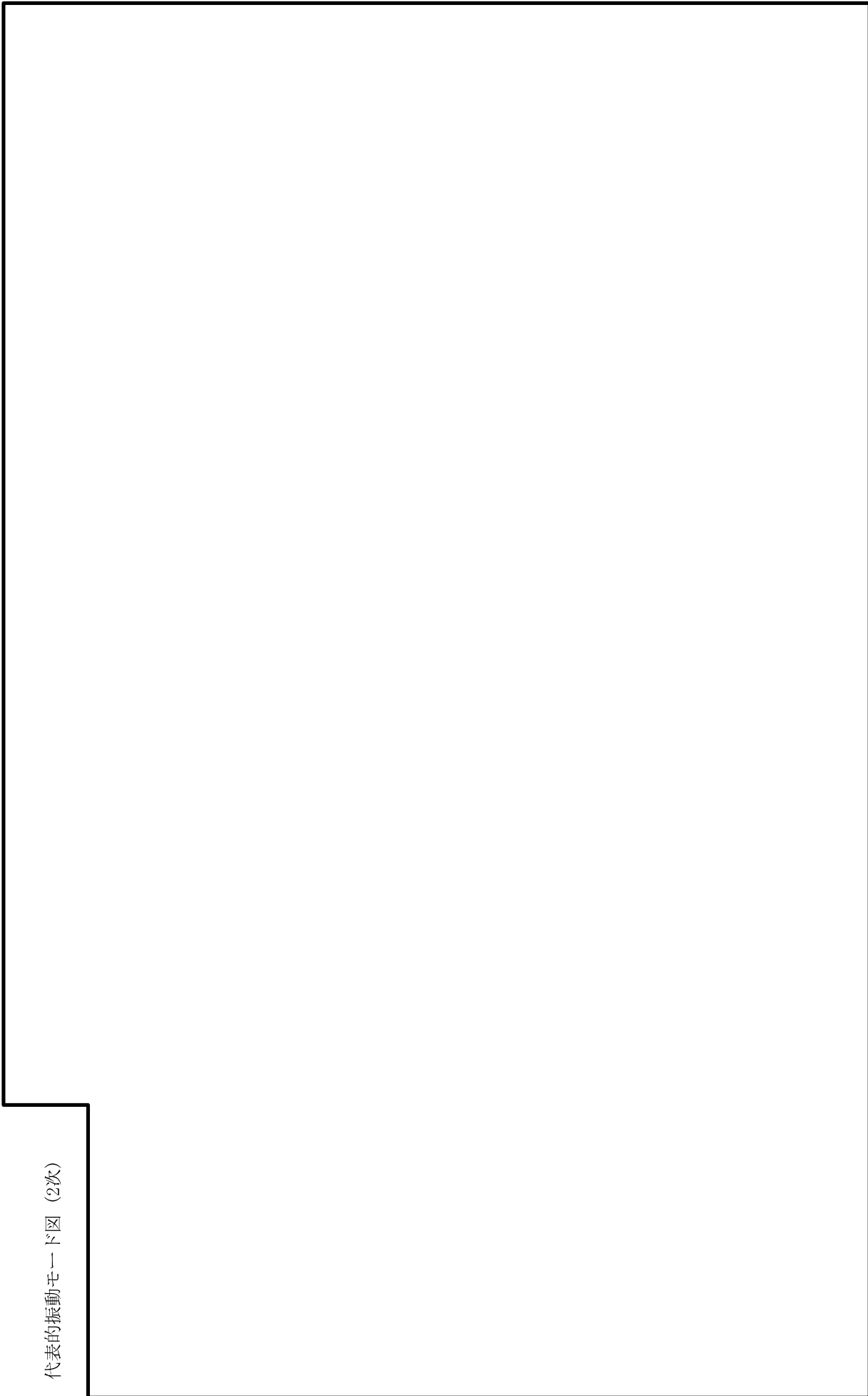
振動モード図は、3次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し、次ページ以降に示す。

代表的振動モード図 (1次)



K7 ① V-2-5-3-1-6 (設) R0

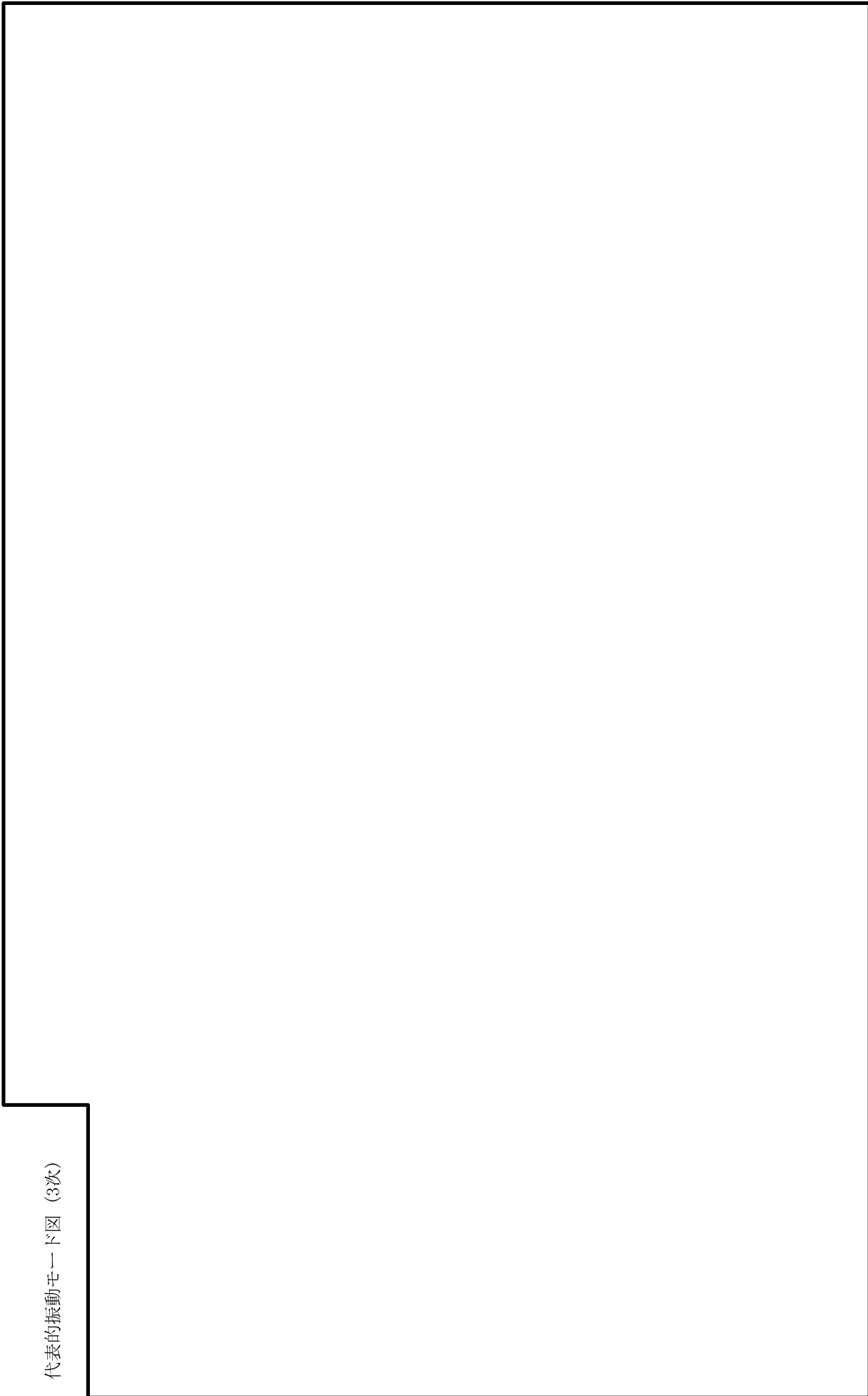
代表的振動モード図 (2次)



鳥瞰図

RHR-PD-1

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-PD-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							
24次							
25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-PD-2

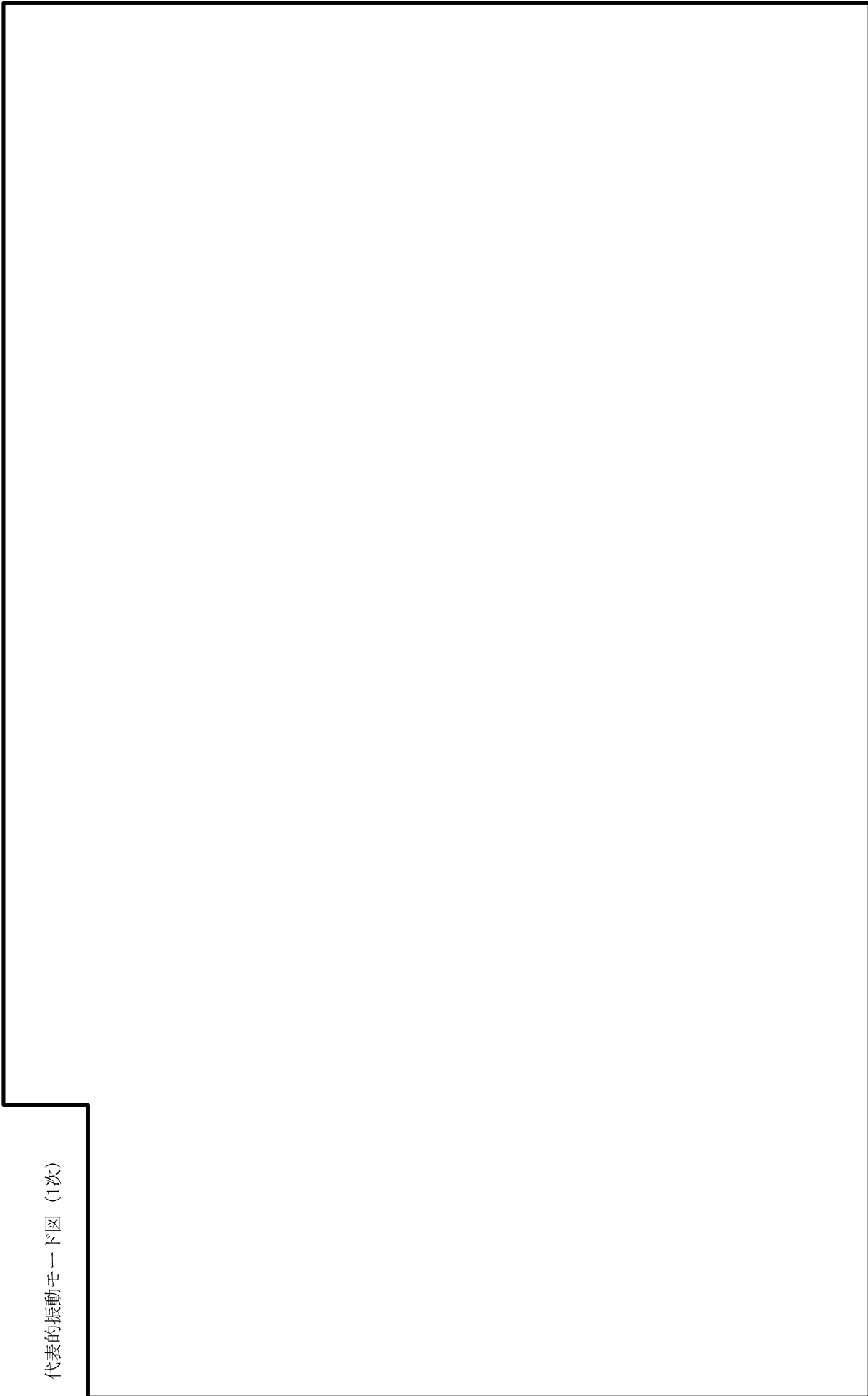
モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X方向	Y方向	Z方向
1次				
2次				
3次				
4次				
5次				
6次				
7次				
8次				
24次				

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。

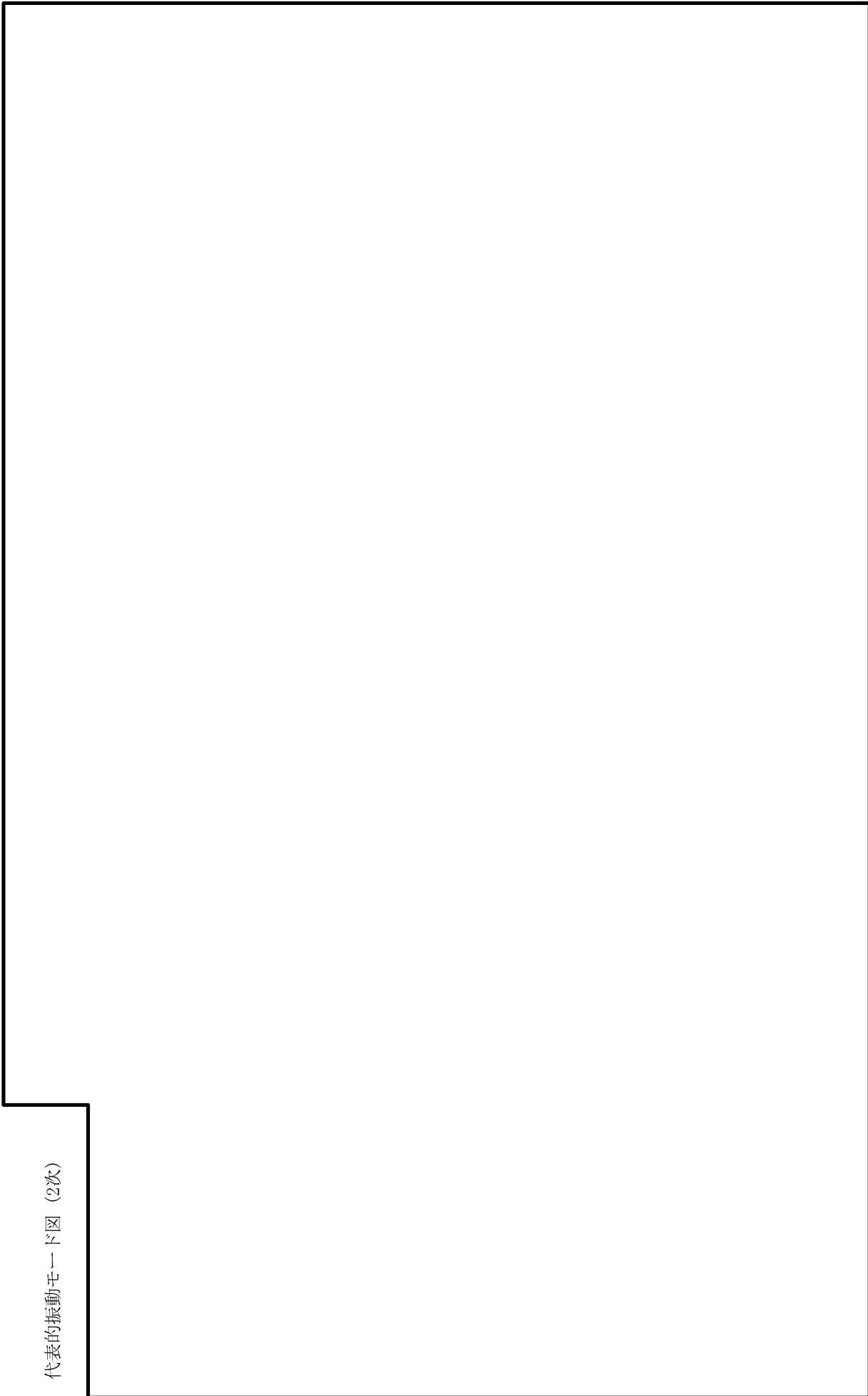
代表的振動モード図

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)

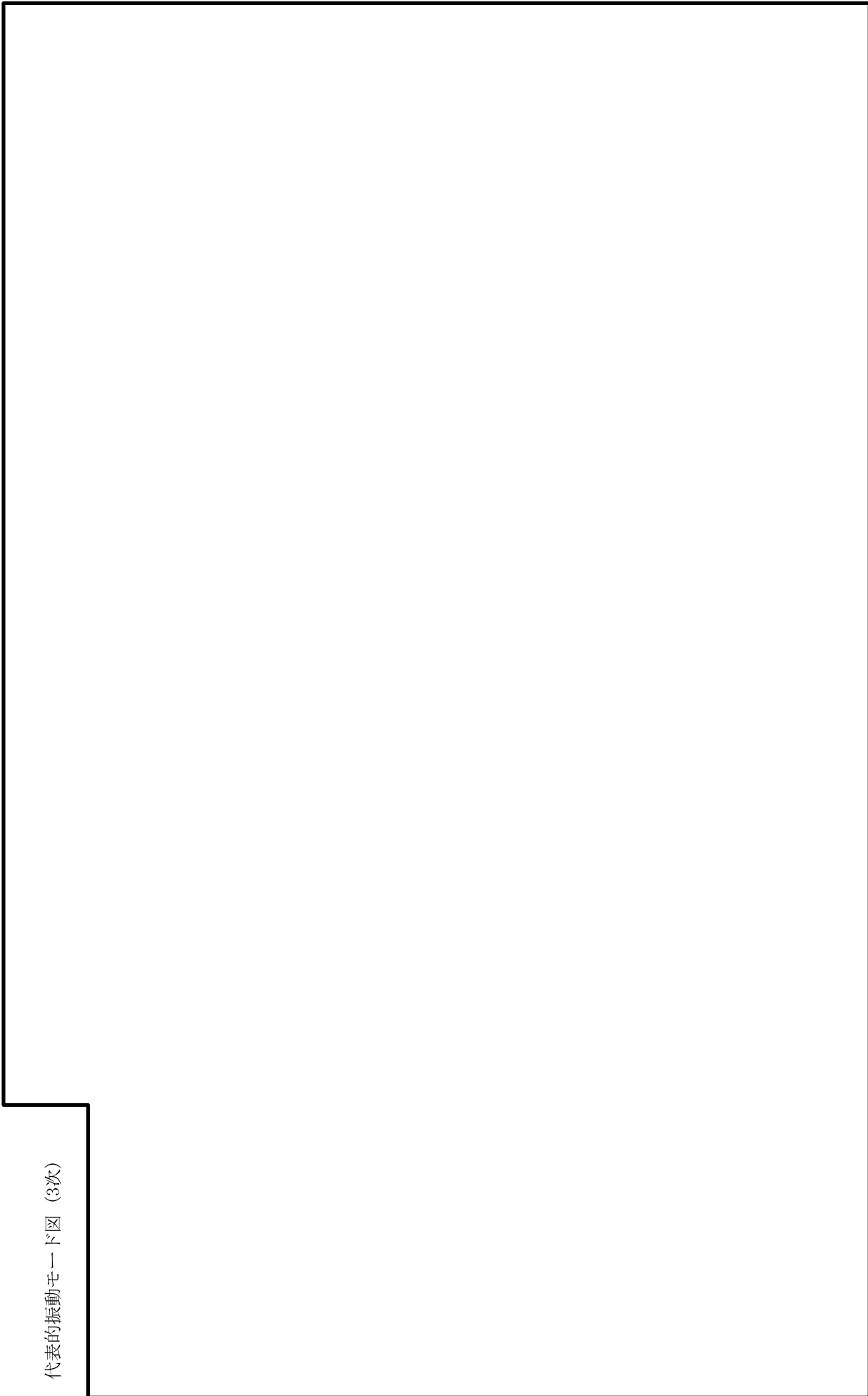


代表的振動モード図 (2次)



K7 ① V-2-5-3-1-6 (設) R0

代表的振動モード図 (3次)



鳥瞰図

RHR-PD-2

固有周期及び設計震度

鳥瞰図 RHR-R-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	[Blank Box]						
2次							
3次							
4次							
5次							
6次							
7次							
8次							
9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-R-1

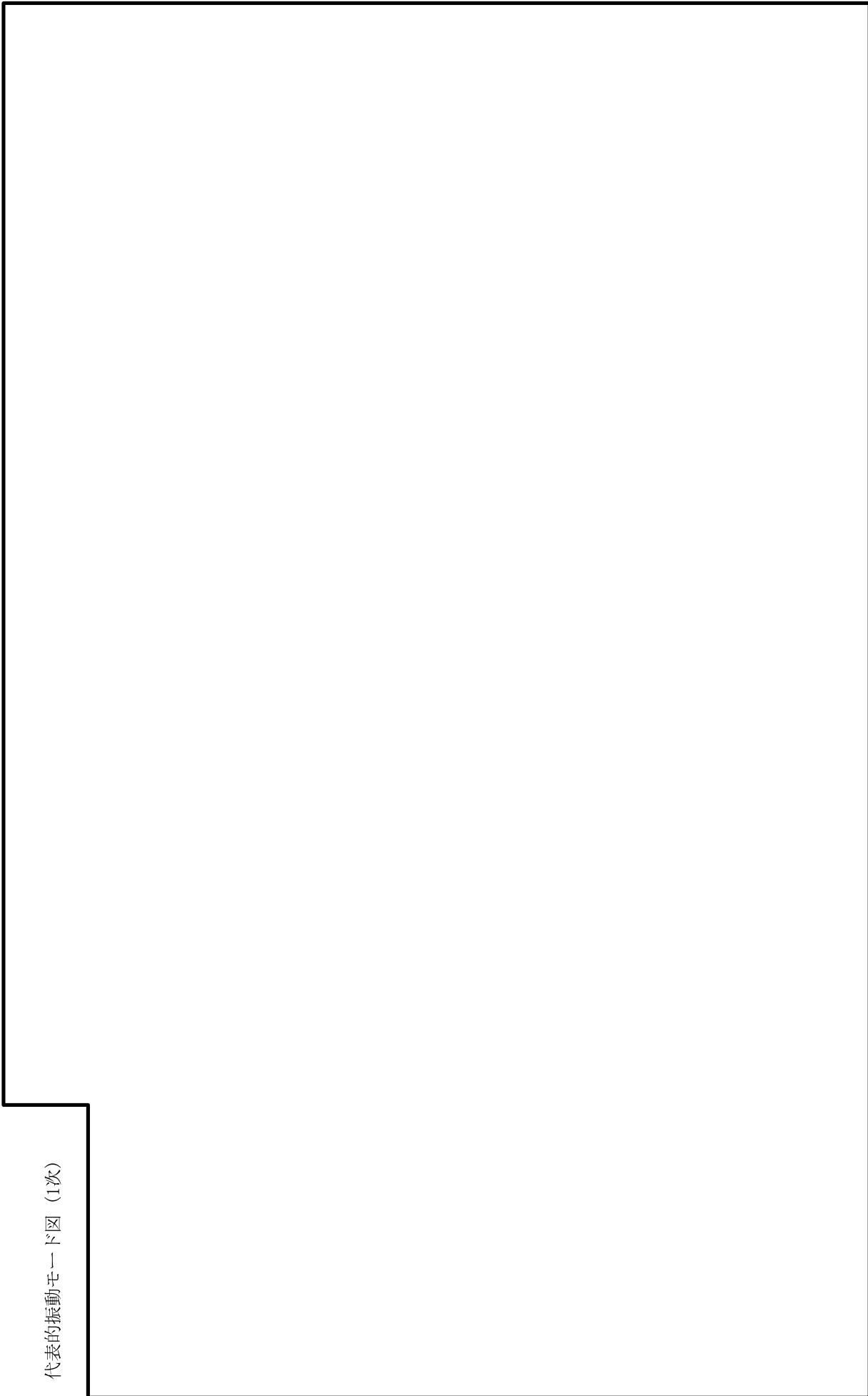
モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X方向	Y方向	Z方向
1次				
2次				
3次				
4次				
5次				
6次				
7次				
8次				

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)

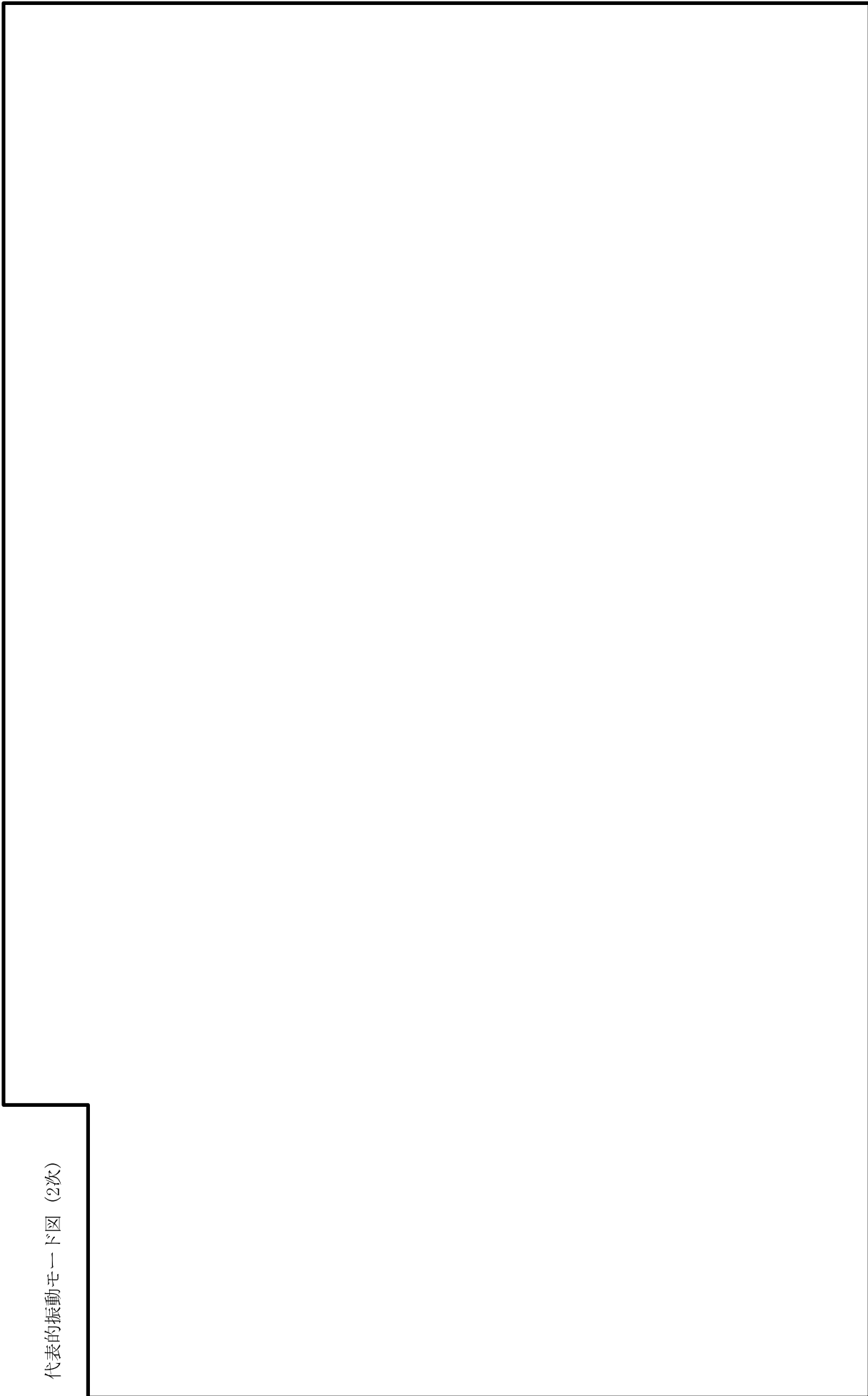


鳥瞰図

RHR-R-1

K7 ① V-2-5-3-1-6 (設) R0

代表的振動モード図 (2次)

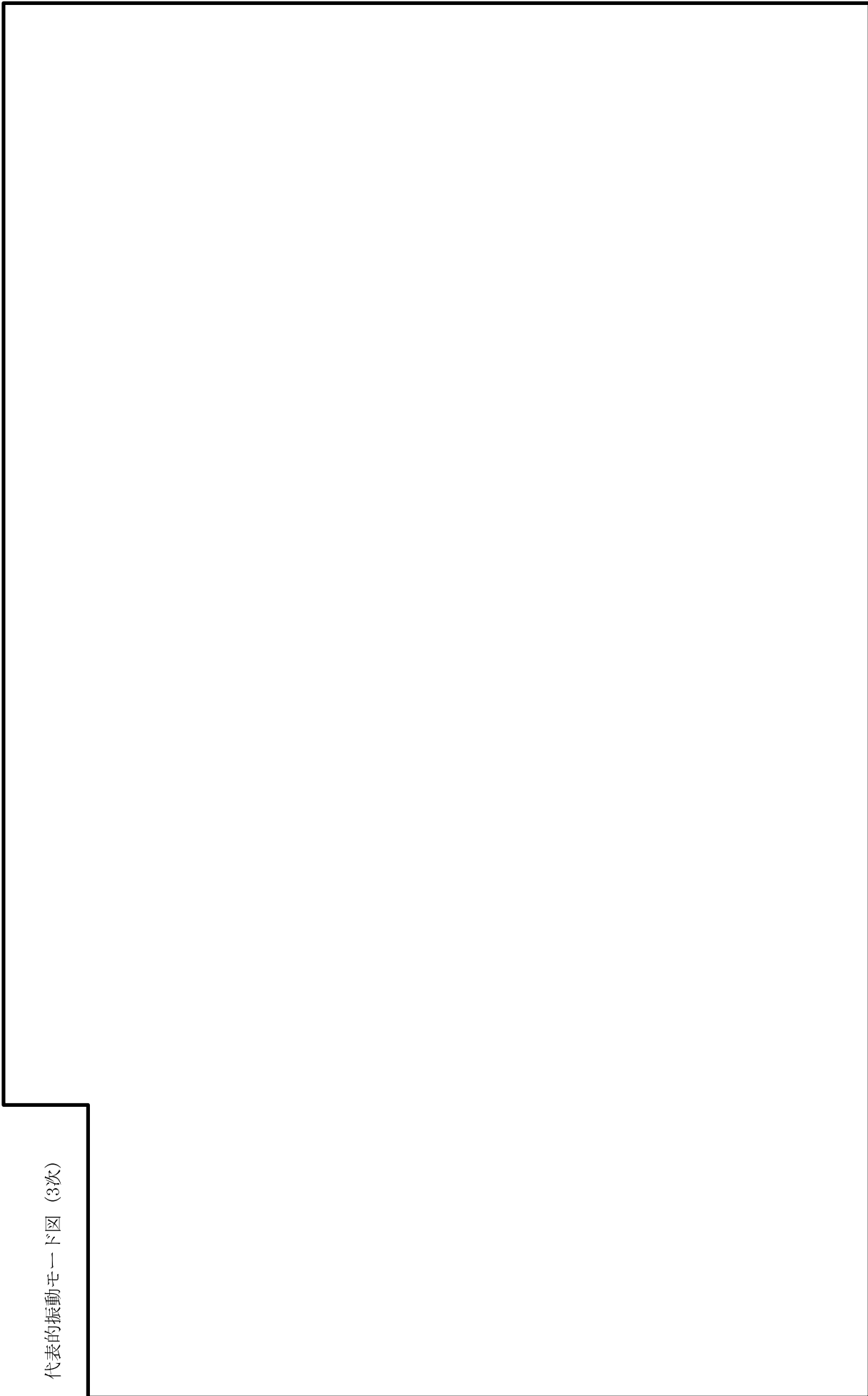


鳥瞰図

RHR-R-1

K7 ① V-2-5-3-1-6 (設) R0

代表的振動モード図 (3次)



鳥瞰図

RHR-R-1

固有周期及び設計震度

鳥瞰図 RHR-R-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	[Redacted]						
2次							
3次							
4次							
5次							
6次							
7次							
8次							
47次							
48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: 3.6C₁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-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				
6次				
7次				
8次				
47次				

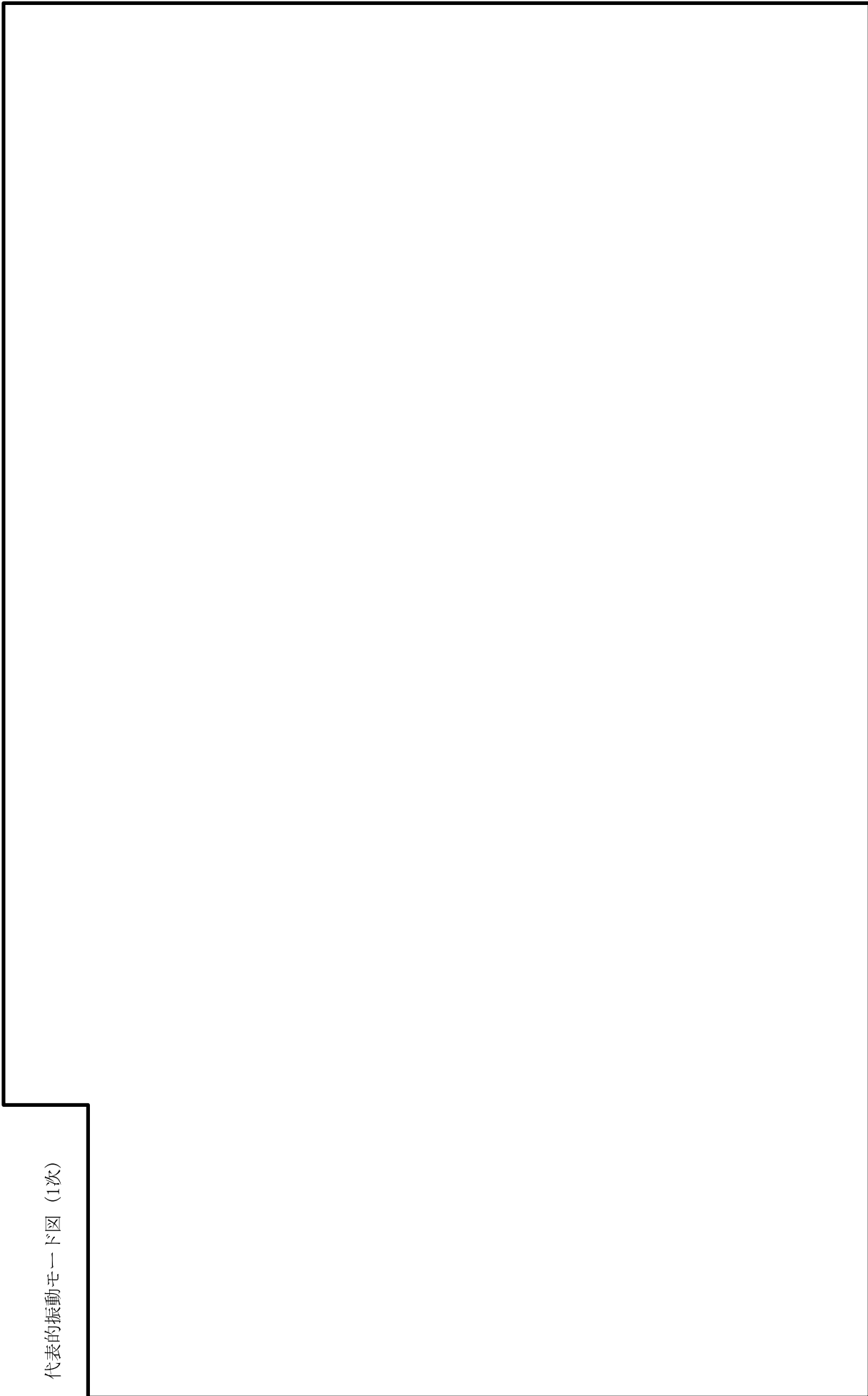
注記*：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

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。

K7 ① V-2-5-3-1-6 (設) R0

代表的振動モード図 (1次)

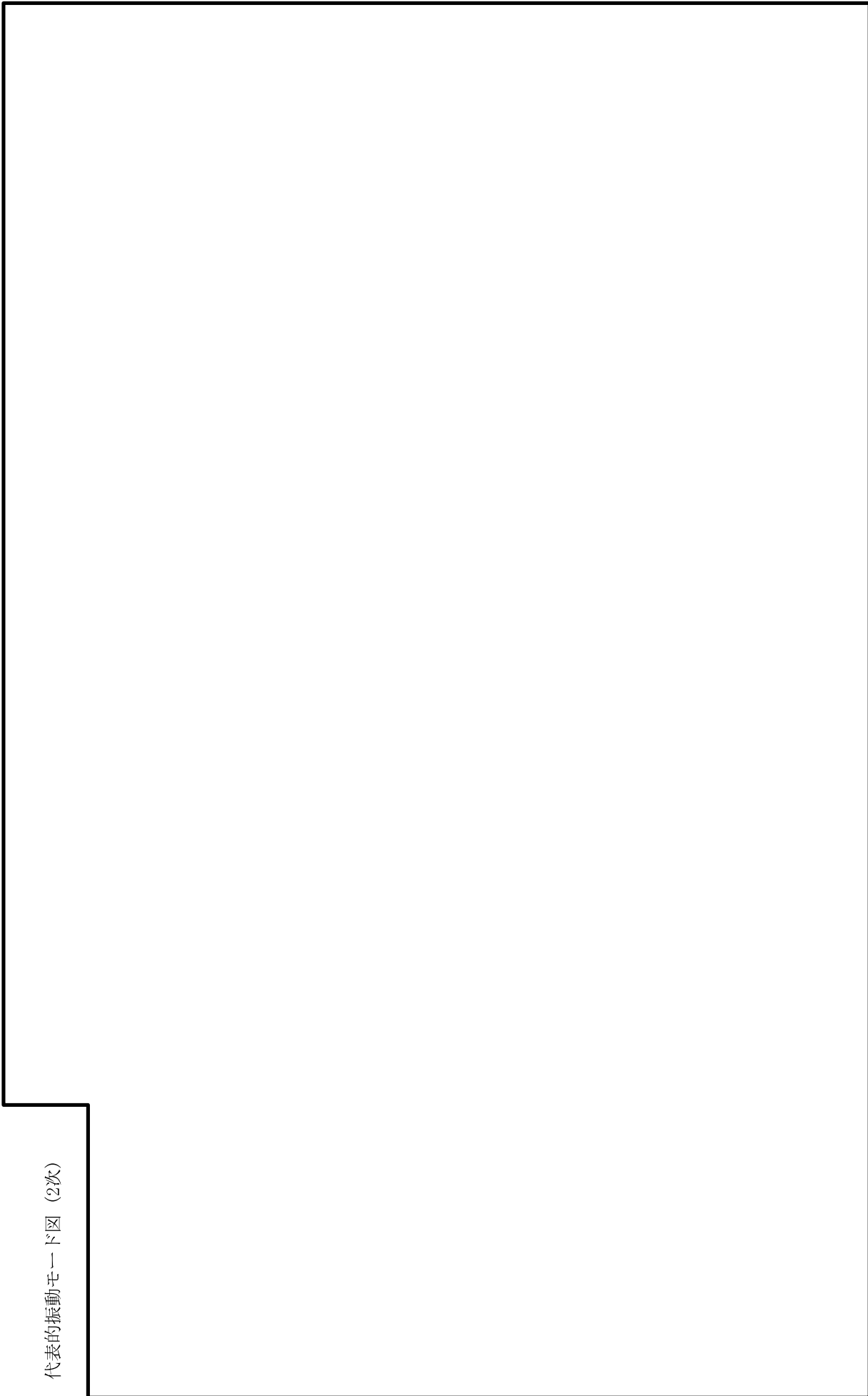


鳥瞰図

RHR-R-2

K7 ① V-2-5-3-1-6 (設) R0

代表的振動モード図 (2次)

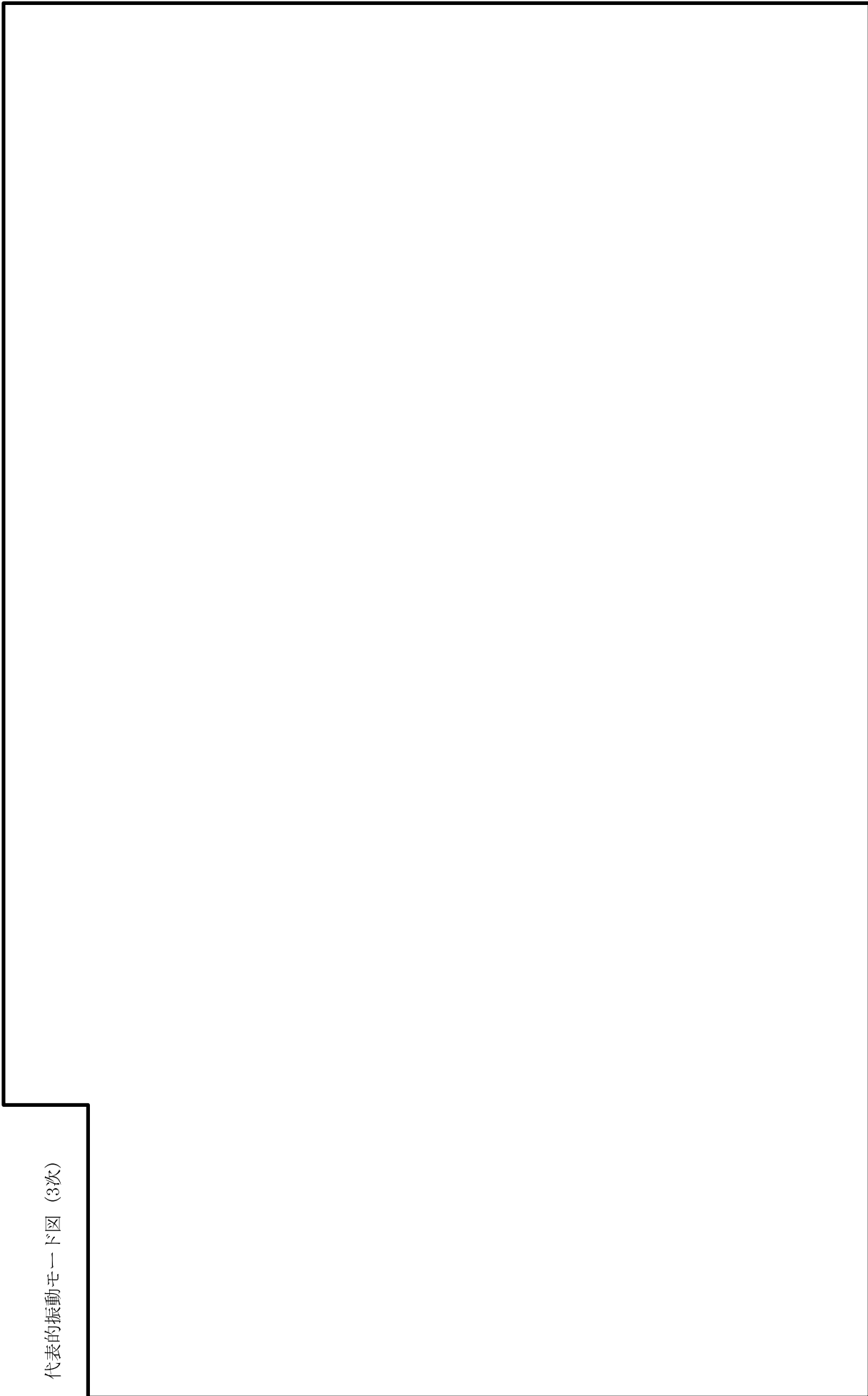


鳥瞰図

RHR-R-2

K7 ① V-2-5-3-1-6 (設) R0

代表的振動モード図 (3次)



鳥瞰図

RHR-R-2

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 疲労累積 係数
					一次応力 $S_{pr m}$ (S d) $S_{pr m}$ (S s)	許容応力 2.25 S_m 3 S_m	ねじり* 応力 S_t (S d) S_t (S s)	許容 応力 0.55 S_m 0.73 S_m	一次+二次 応力 S_n (S s)	許容 応力 3 S_m	
RHR-PD-1	III _A S	4	ELBOW	$S_{pr m}$ (S d)	130	274	—	—	—	—	—
RHR-PD-1	III _A S	20	ELBOW	S_t (S d)	—	—	50	67	—	—	—
RHR-PD-2	IV _A S	63	SUP. PT	$S_{pr m}$ (S s)	192	366	—	—	—	—	—
RHR-PD-2	IV _A S	35	ELBOW	S_t (S s)	—	—	92	89	—	—	—
RHR-PD-2	IV _A S	59	REDUCER	S_n (S s)	—	—	—	—	599	366	0.6413
RHR-PD-2	IV _A S	59	REDUCER	U+U S s	—	—	—	—	—	—	0.6413

注記*：ねじり応力が許容応力状態III_ASのとき0.55 S_m ，又は許容応力状態IV_ASのとき0.73 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ⅢA S のとき0.55 S_m、又は許容応力状態ⅣA S のとき0.73 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 S _m 0.73 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 S _m 2.4 S _m
RHR-PD-1	20	—	—	—	—
RHR-PD-2	35	92	89	111	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 疲労累積係数
				計算応力 $S_{prm} (S d)$ $S_{prm} (S s)$	許容応力 S_y^* $0.9 S_u$	計算応力 $S_n (S s)$	許容応力 $2 S_y$	
RHR-R-1	III _A S	9	$S_{prm} (S d)$	108	198	—	—	—
RHR-R-1	IV _A S	9	$S_{prm} (S s)$	171	335	—	—	—
RHR-R-2	IV _A S	280	$S_n (S s)$	—	—	298	418	—

注記*： 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 $1.2 S_h$ のうち大きい方の値とする。

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)
SNM-RHR-P001T-1	メカニカルスナッパ	SMS-16A-160	V-2-1-12 「配管及び支 持構造物の耐震計算に ついて」 参照		136	240
R0-FPC-R115	ロッドレストレイント	RTS-10			23	180
SH-RHR-P005-2	スプリングハンガ	VSIG-16(A) (B)			49	2×30

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			
AN-RHR-R501	アンカ	ラグ	SGV410	182	171	81	137	106	278	49	せん断	83	109
RE-RHR-P006	レストレイント	架構	STKR400 SM400B	65	0	127	208	—	—	—	組合せ	90	150

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
E11-F013A	止め弁	β (Ss)	3.8	2.4	6.0	6.0	—	—
G31-F002	止め弁	α (Ss)	4.3	1.5	6.0	6.0	—	—
E11-F006B	逆止め弁	β (Ss)	1.5	1.1	6.0	6.0	—	—
E11-F006C	逆止め弁	β (Ss)	2.2	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、設計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	疲労係数
1	RHR-PD-1	4	130	274	2.10	○	4	161	366	2.27	—	1N	306	366	1.19	—	1N	0.0366
2	RHR-PD-2	95	124	274	2.20	—	63	192	366	1.90	○	59	599	366	0.61	○	59	0.6413
3	RHR-PD-3	4	120	274	2.28	—	4	153	366	2.39	—	5	362	366	1.01	—	1N	0.0590
4	RHR-PD-4	23N	89	274	3.07	—	23N	115	366	3.18	—	23N	240	366	1.52	—	23N	0.0803
5	RHR-PD-5	23N	113	274	2.42	—	23N	170	366	2.15	—	23N	446	366	0.82	—	23N	0.4731

注記*：III A Sの一次+二次応力の許容値はIV A Sと同様であることから、地震荷重が大きいいIV A 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 A S				許容応力状態 IV A S				一次+二次応力*				疲労評価			
		一次応力				一次応力				評価点	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労累積係数	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
1	RHR-PW-6	7	8	169	21.12	—	7	13	395	30.38	—	7	19	338	17.78	—	—
2	RHR-PW-7	2	16	169	10.56	—	2	22	395	17.95	—	3	22	338	15.36	—	—
3	RHR-PW-8	6	8	169	21.12	—	6	13	395	30.38	—	6	19	338	17.78	—	—
4	RHR-R-1	9	108	198	1.83	○	9	171	335	1.95	○	9	260	396	1.52	—	—
5	RHR-R-2	284	78	209	2.67	—	280	176	363	2.06	—	280	298	418	1.40	○	—
6	RHR-R-3	11	92	198	2.15	—	11	131	335	2.55	—	79	189	418	2.21	—	—
7	RHR-R-4	42	83	209	2.51	—	12	149	363	2.43	—	12	250	418	1.67	—	—
8	RHR-R-5	780	75	219	2.92	—	780	105	363	3.45	—	780	132	438	3.31	—	—
9	RHR-R-6	12	97	198	2.04	—	12	146	335	2.29	—	12	199	396	1.98	—	—
10	RHR-R-7	68	68	209	3.07	—	65	103	363	3.52	—	65	158	418	2.64	—	—
11	RHR-R-8	31	87	209	2.40	—	76	130	363	2.79	—	76	213	422	1.98	—	—
12	RHR-R-029	211	49	182	3.71	—	211	74	363	4.90	—	8	163	364	2.23	—	—
13	RHR-R-032	28	27	209	7.74	—	28	35	363	10.37	—	42N	275	438	1.59	—	—
14	RHR-R-036	1N	29	209	7.20	—	1N	37	363	9.81	—	39N	222	438	1.97	—	—
15	RHR-R-136	10	50	182	3.64	—	10	65	363	5.58	—	38N	163	418	2.56	—	—
16	RHR-R-139	19	24	209	8.70	—	19	35	363	10.37	—	6	218	418	1.91	—	—
17	RHR-R-144	20	36	209	5.80	—	20	47	363	7.72	—	1N	276	418	1.51	—	—
18	RHR-R-237	13	50	182	3.64	—	13	77	363	4.71	—	38N	234	418	1.78	—	—
19	RHR-R-240	18	25	209	8.36	—	18	35	363	10.37	—	7	178	418	2.34	—	—
20	RHR-R-245	22	31	209	6.74	—	22	41	363	8.85	—	1N	114	418	3.66	—	—

注記* : III A S の一次+二次応力の許容値はIV A S と同様であることから、地震荷重が大きいIV A S 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	11
3.	計算条件	19
3.1	計算方法	19
3.2	荷重の組合せ及び許容応力状態	20
3.3	設計条件	21
3.4	材料及び許容応力	38
3.5	設計用地震力	39
4.	解析結果及び評価	40
4.1	固有周期及び設計震度	40
4.2	評価結果	58
4.2.1	管の応力評価結果	58
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	61
4.2.4	代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	62

1. 概要

本計算書は、V-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、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

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評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全16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。




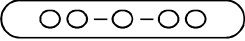

(3) 弁

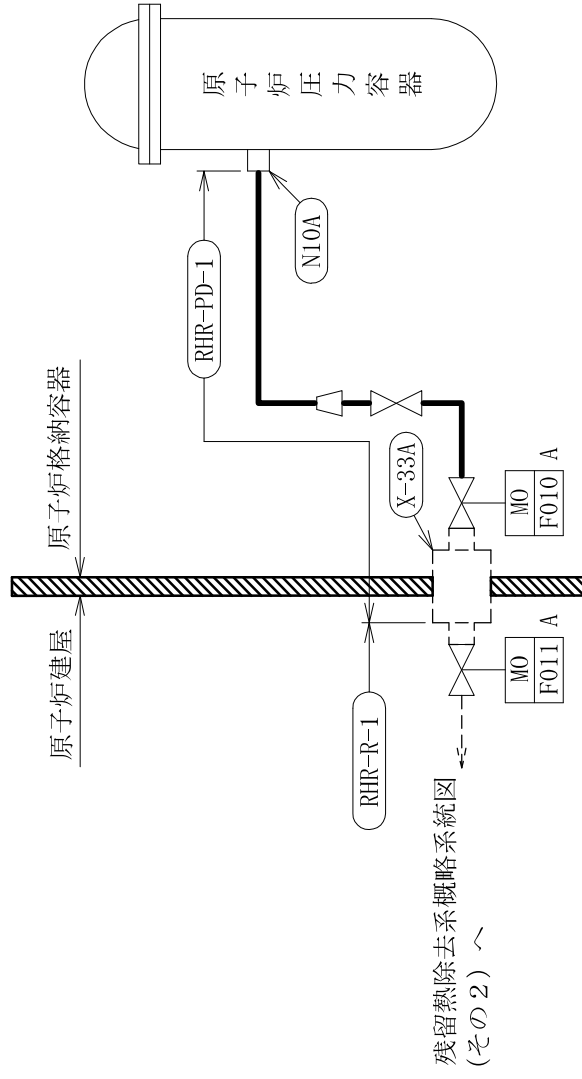
機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として評価結果を記載する。

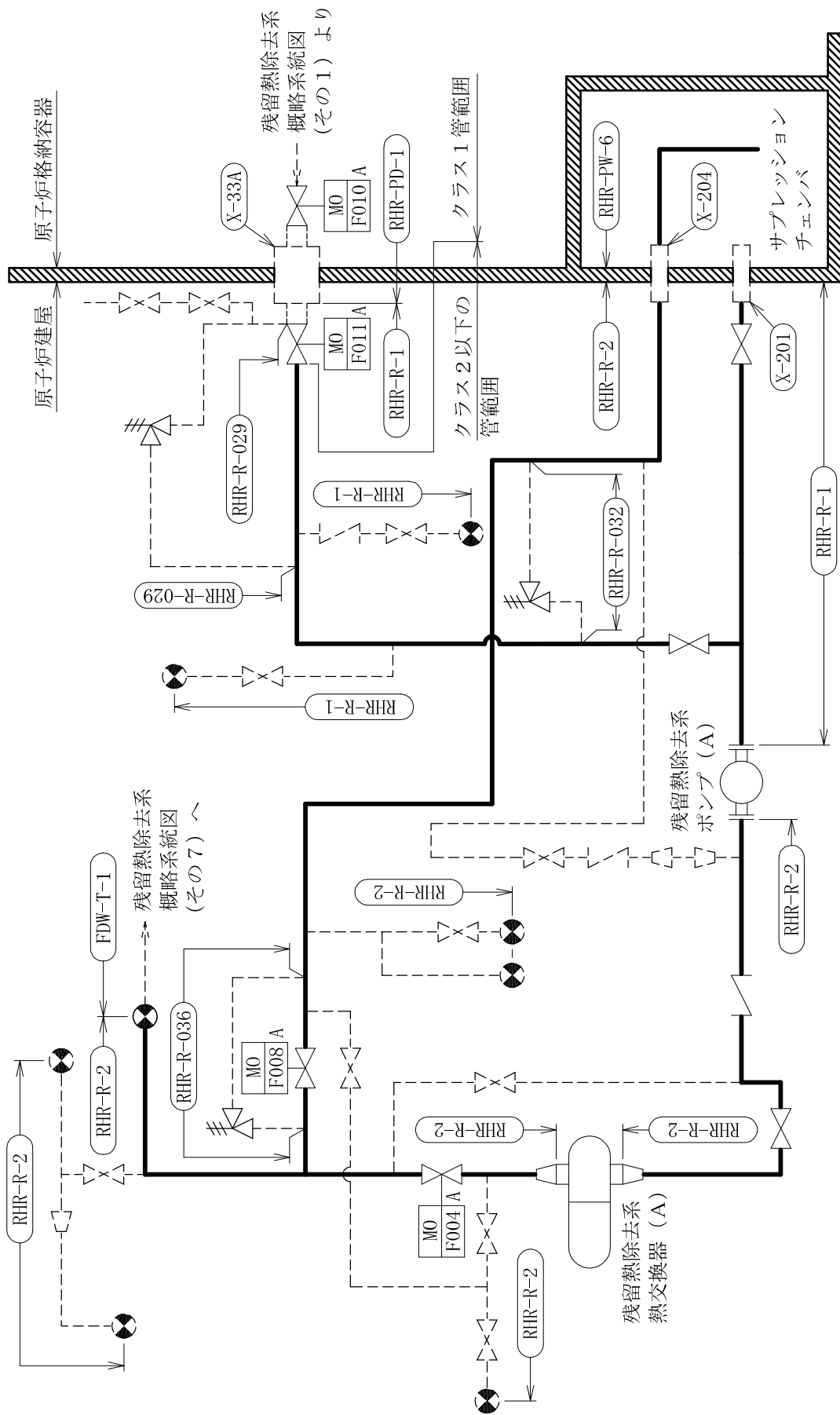
2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1 概略系統図

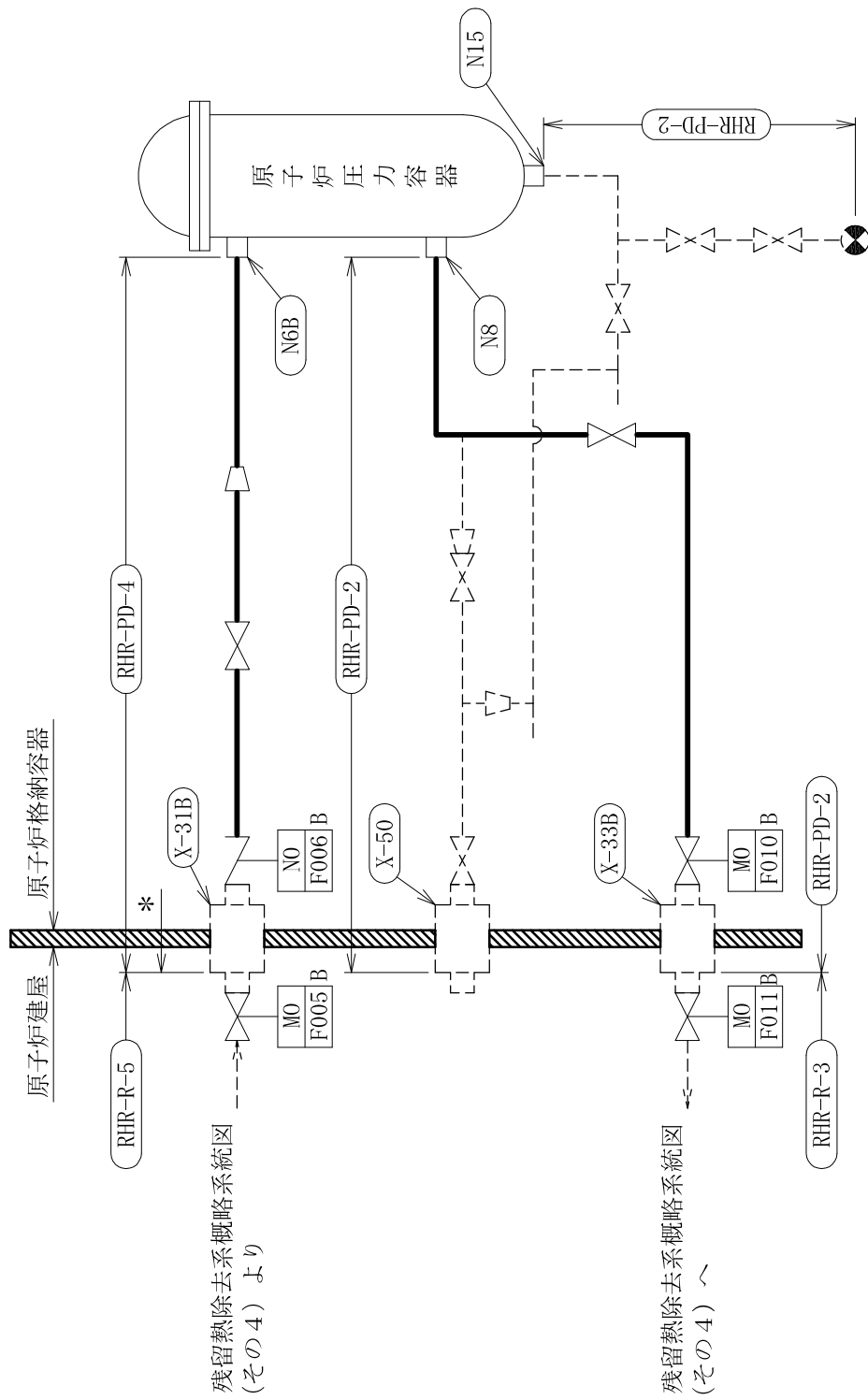
概略系統図記号凡例

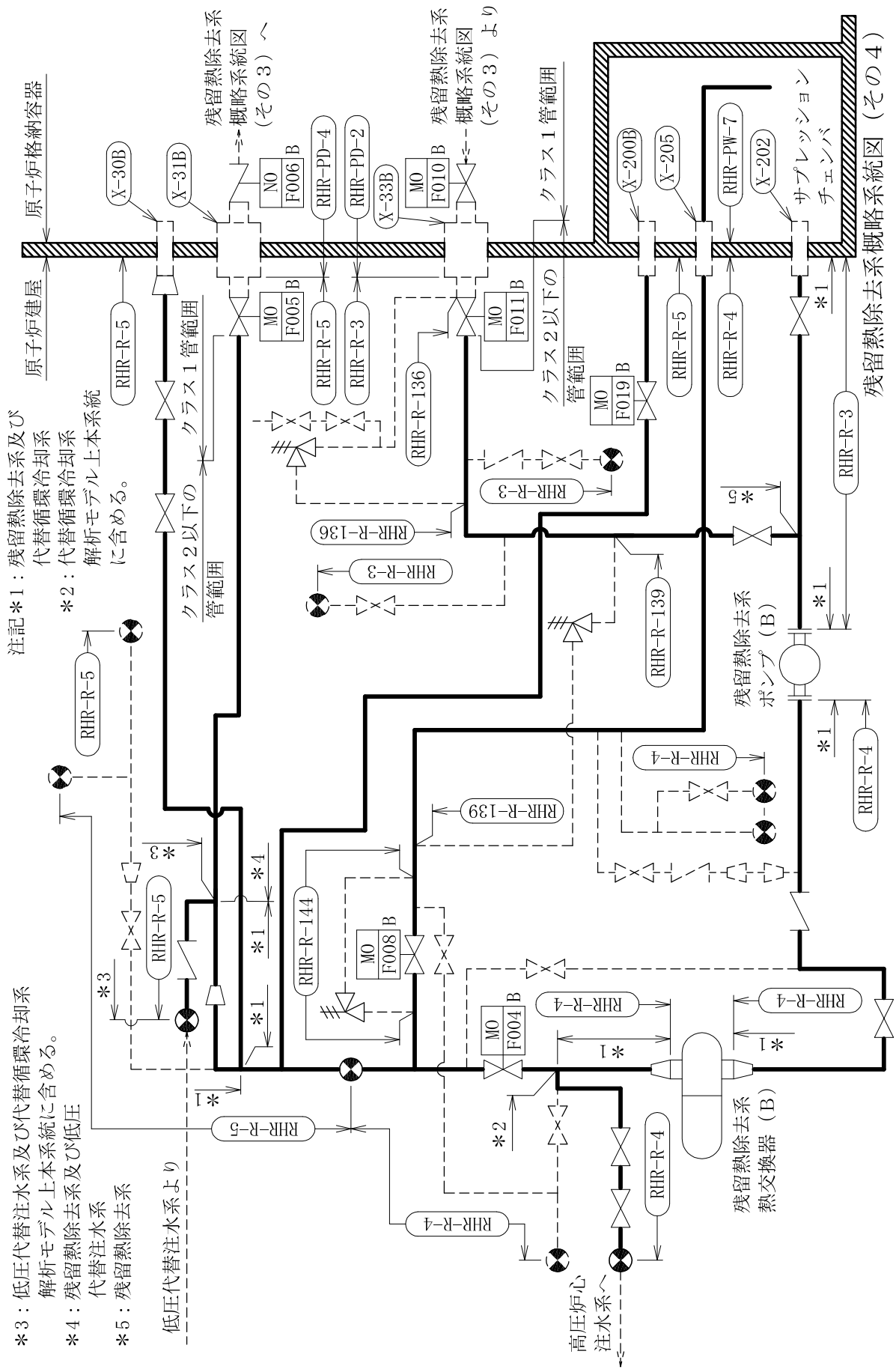
記号	内容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管
	鳥瞰図番号
	アンカ

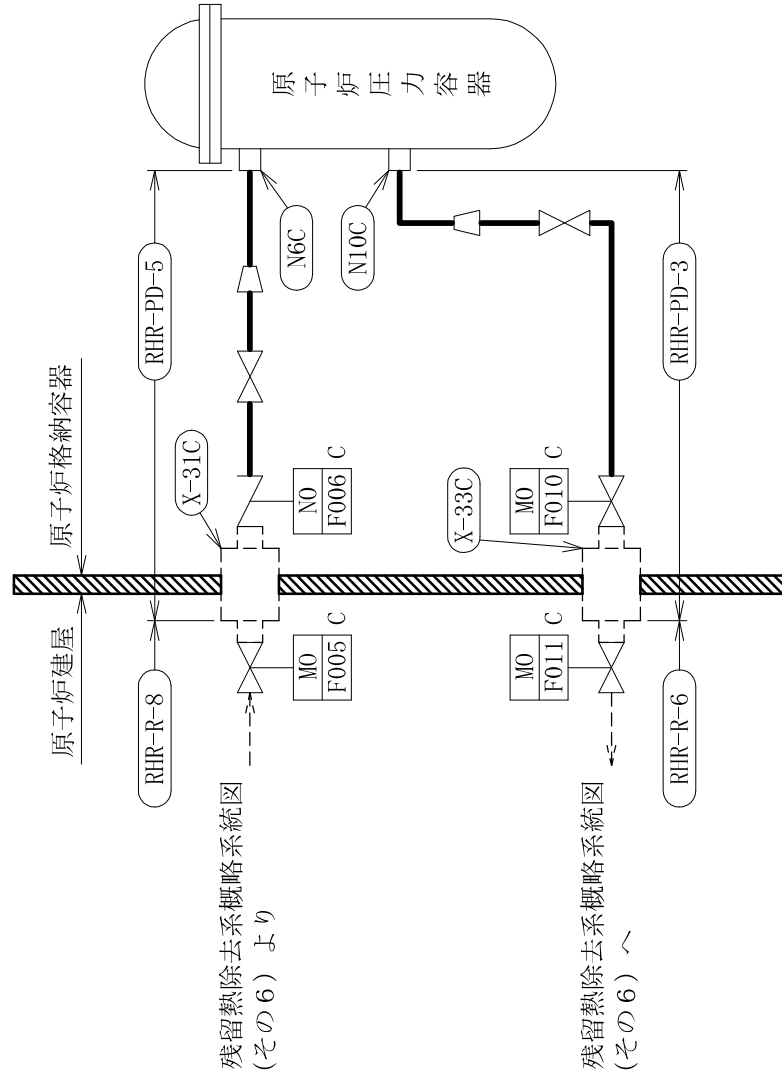




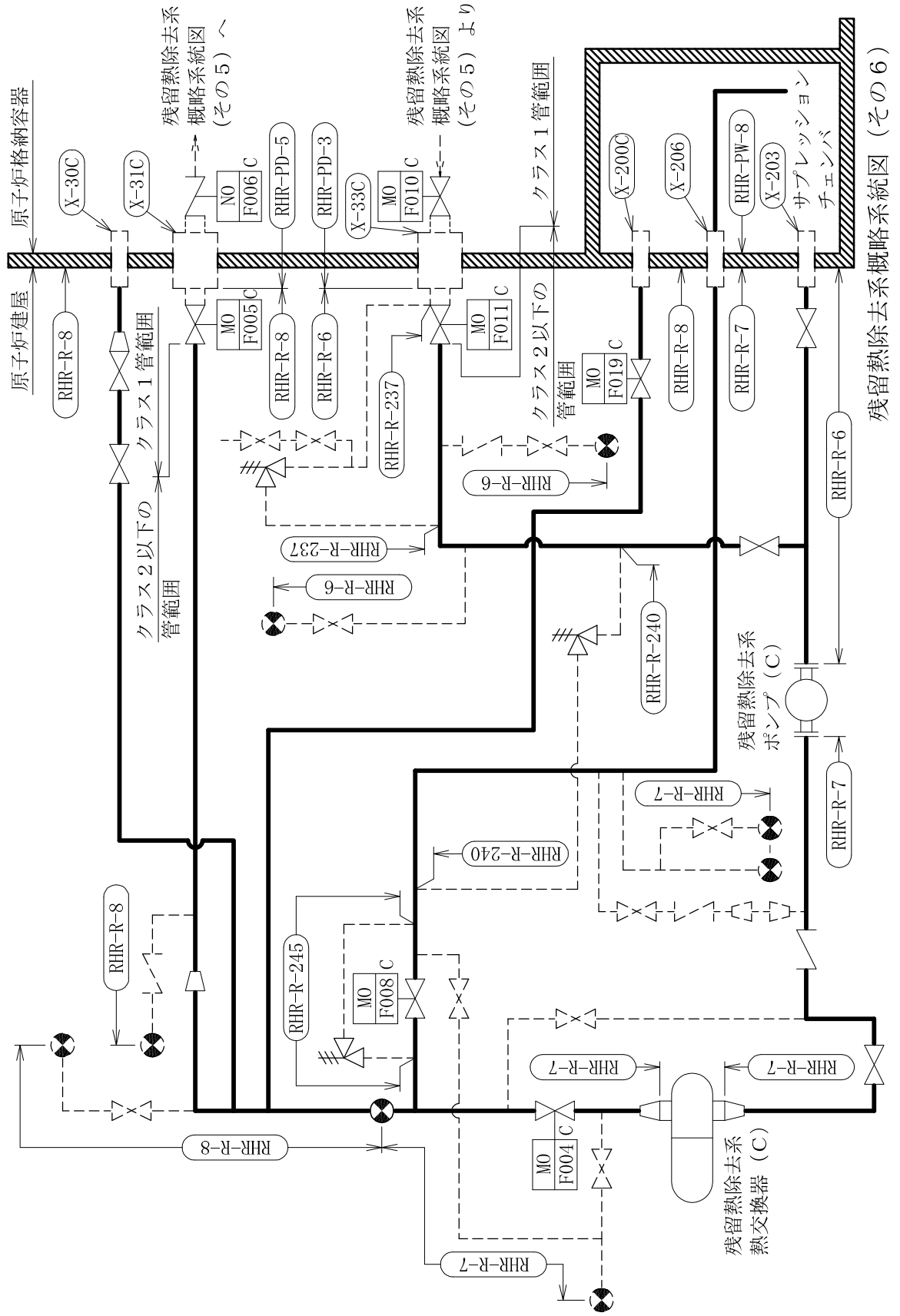
残留熱除去系概略系統図 (その2)

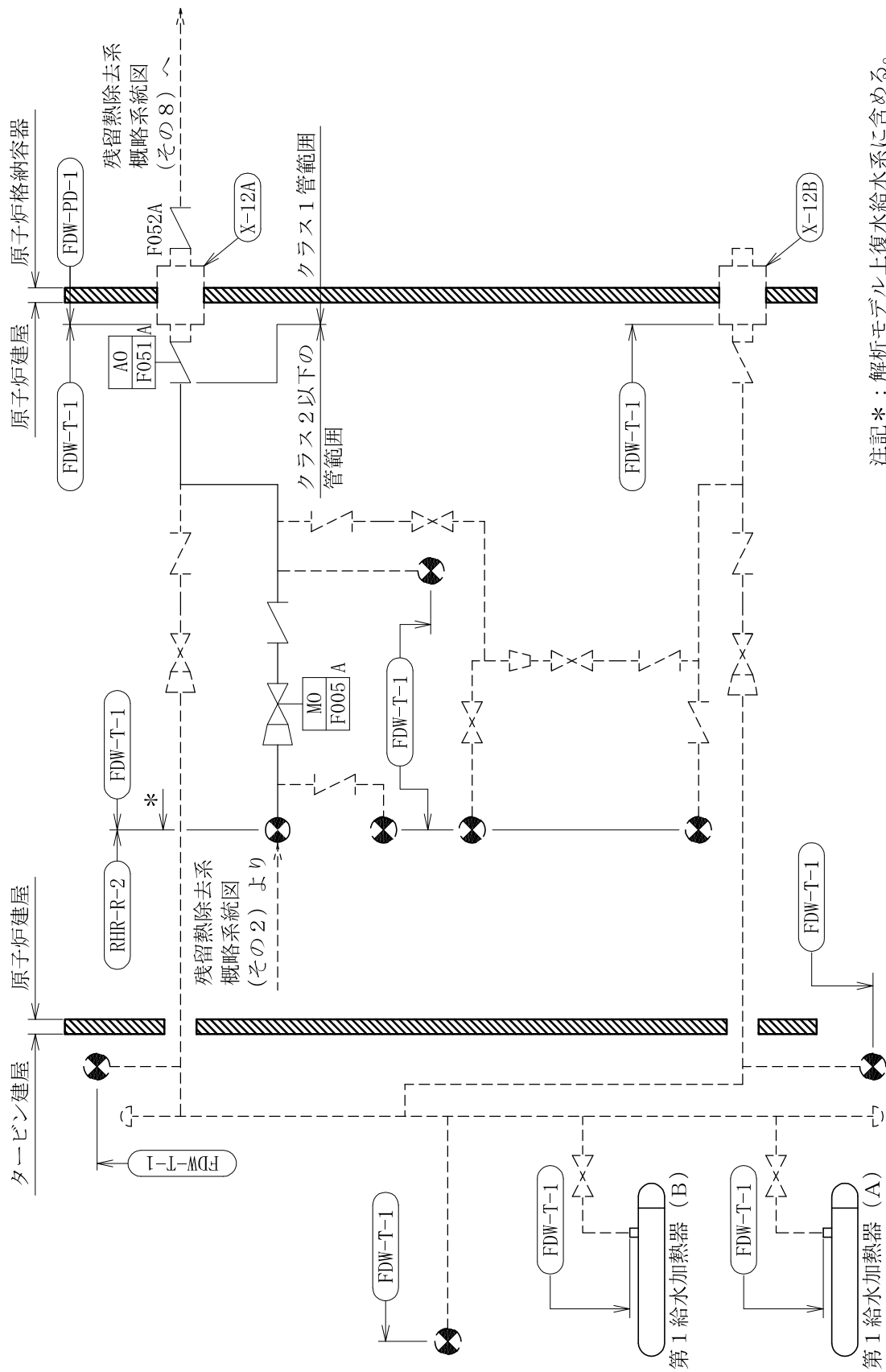






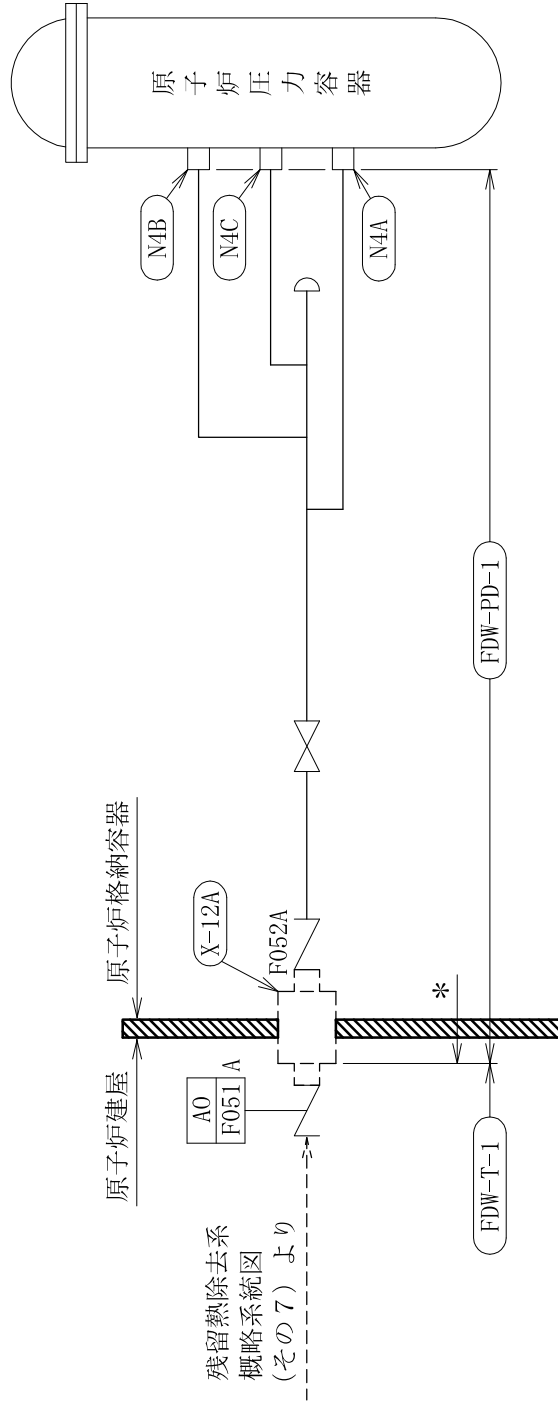
残留熱除去系概略系統図 (その5)





注記*：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7)



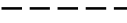


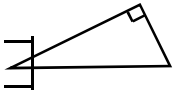
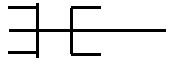

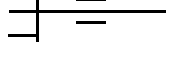
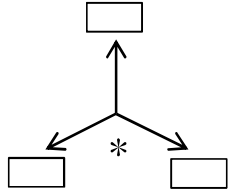


注記*：解析モデル上復水給水系に含める。

残留熱除去系概略系統図 (その8)

2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

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解析モデルの概略を示すために表記する管
	質点
	アンカ
	レストレイント (本図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。スナッパについても同様とする。)
	スナッパ
	ハンガ
	リジットハンガ
	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。)

注1：鳥瞰図中の寸法の単位はmmである。

K7 ① V-2-5-3-1-6(重) R0

鳥瞰図

RHR-PD-5

K7 ① V-2-5-3-1-6 (重) R0

鳥瞰図

RHR-R-1 (1/2)

K7 ① V-2-5-3-1-6 (重) R0

鳥瞰図

RHR-R-1 (2/2)

K7 ① V-2-5-3-1-6 (重) R0

鳥瞰図

RHR-R-2 (1/4)

K7 ① V-2-5-3-1-6 (重) R0

鳥瞰図

RHR-R-2 (2/4)

K7 ① V-2-5-3-1-6 (重) R0

鳥瞰図

RHR-R-2 (3/4)

K7 ① V-2-5-3-1-6 (重) R0

鳥瞰図

RHR-R-2 (4/4)

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、「H 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 (D B拡張)	重大事故等 クラス2管	—	V _L (L) + S d	V _A S
							V _L (L L) + S s	
							V _L + S s	
原子炉格納施設	圧力低減設備 その他の安全設備	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 + 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	低圧代替注水系	S A	常設耐震/防止	重大事故等 クラス2管	—	V _L (L) + S d	V _A S
							V _L (L L) + S s	
							V _L + S s	
原子炉格納施設	圧力低減設備 その他の安全設備	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 _L (L L) + S s 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 (D B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，(L L)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_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番号で区分し、管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥瞰図 RHR-PD-5

管番号	対応する評価点	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	4~6, 7~14	8.62	302	267.4	18.2	STS410	—	200400
2	15~21	8.62	302	216.3	15.1	STS410	—	200400
3	21~23N	8.62	302	216.3	15.1	STS410	—	186920

設計条件

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

鳥瞰図 RHR-R-1

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	1~2	0.62	166	457.2	9.5	SM400C	—	200360
2	6~24N	1.37	182	457.2	9.5	SM400C	—	200360
3	9~25	1.37	182	355.6	11.1	SM400C	—	200360
4	25~26, 30~42IS	1.37	182	355.6	11.1	STPT410	—	200360
5	42IS~78	1.37	182	355.6	11.1	STPT410	—	201667

設計条件

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

鳥瞰図 RHR-R-2

管番号	対応する評価点	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	3~20, 22~33S 265~269, 270~277 278~281, 265~339N	3.43	182	318.5	14.3	STPT410	—	200360
2	33S~57, 57~336A	3.43	182	318.5	14.3	STPT410	—	201667
3	164~168, 164~183	3.43	166	267.4	9.3	STPT410	—	201667
4	172~36	3.43	182	267.4	12.7	STPT410	—	201667
5	183~196	0.62	166	267.4	9.3	STPT410	—	201667

配管の付加質量

鳥瞰図 RHR-PD-5

質量	対応する評価点
	4~6, 7~8, 1301~14
	8~1301
	15~151, 221~23N
	151~1711
	1711~19, 2001~221
	19~2001

配管の付加質量

鳥瞰図 RHR-R-1

質量	対応する評価点
□	1～2, 6～1101, 1301～2001, 2002～24N
□	1101～1301, 2001～2002
□	9～2501, 2502～26, 30～31, 3501～3601, 39～3901 4201～43, 44～4501, 4502～461, 4801～4802, 5201～5301 5501～5502, 5901～5902, 64～65, 6901～6902, 7001～78
□	2501～2502, 31～3501, 3601～39, 3901～4201, 43～44 4501～4502, 461～4801, 4802～5201, 5301～5501, 5502～5901 5902～64, 65～6901, 6902～7001

配管の付加質量

鳥瞰図 RHR-R-2

質量	対応する評価点
	3～600, 1001～11, 1401～1801, 1802～20, 22～2201 2202～29, 3001～3101, 4401～4501, 4801～4802, 5102～52 55～57, 57～3231, 3261～3271, 3291～3292, 3331～3332
	600～1001, 11～1401, 1801～1802, 2201～2202, 29～3001 3101～33S, 43S～4401, 4501～4801, 4802～5102, 52～55 3231～3261, 3271～3291, 3292～3331, 3332～335S
	33S～43S
	265～269, 270～277, 278～281, 265～339N
	164～168, 172～36, 164～196
	335S～336A

K7 ① V-2-5-3-1-6 (重) R0

フランジ部の質量

鳥瞰図 RHR-R-1

質量	対応する評価点
□	20
□	24N

フランジ部の質量

鳥瞰図 RHR-R-2

質量	対応する評価点
	1N, 282N
	501, 327, 2781
	34
	182, 183
	339N

弁部の寸法

鳥瞰図 RHR-PD-5

評価点	外径 (mm)	厚さ (mm)	長さ (mm)	評価点	外径 (mm)	厚さ (mm)	長さ (mm)
3~4				6~7			

弁部の寸法

鳥瞰図 RHR-R-1

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
2~3				3~4			
4~5				3~6			
26~27				27~28			
28~29				27~30			
78~79				79~80			
80~81				79~82			

弁部の寸法

鳥瞰図 RHR-R-2

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
20~21				21~2101			
2101~2102				21~22			
168~169				169~170			
170~171				169~172			
269~270				277~278			

弁部の質量

鳥瞰図 RHR-PD-5

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
	3～4		6～7

弁部の質量

鳥瞰図 RHR-R-1

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
	4		5
	28		29
	80		81

弁部の質量

鳥瞰図 RHR-R-2

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
	2101		2102
	170		171
	269~270		277~278

支持点及び貫通部ばね定数

鳥瞰図 RHR-PD-5

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 **						
13						
171						

K7 ① V-2-5-3-1-6 (重) R0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥瞰図 RHR-R-1

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						
24N						
33						
36						
430						
431						
45						
53						
6101						
69						

K7 ① V-2-5-3-1-6(重) R0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥瞰図 RHR-R-2

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
1N						
** 1N **						
** 1N **						
6						
18						
31						
3701						
45						
51						
5103						
5401						
** 5401 **						
1650						
181						
184						
276						
282N						
** 282N **						
** 282N **						
324						
** 324 **						
329						
336A						
339N						

K7 ① V-2-5-3-1-6 (重) 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
STS410	302	122	—	—	—
SM400C	166	—	202	373	—
SM400C	182	—	198	373	—
STPT410	182	—	209	404	—
STPT410	166	—	211	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V-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V-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	減衰定数(%)
RHR-PD-5	原子炉遮蔽壁		
RHR-R-1	原子炉建屋		
RHR-R-2	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

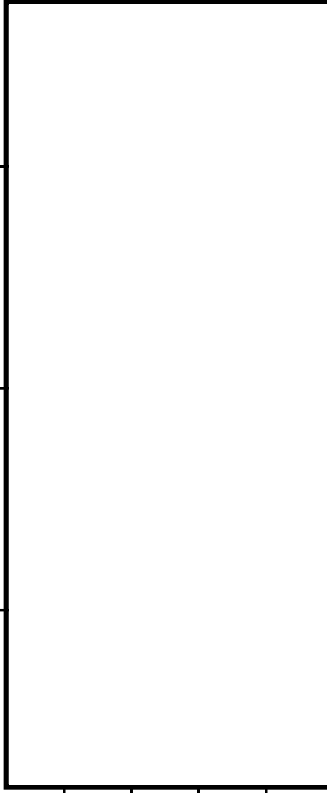
鳥瞰図 RHR-PD-5

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	
		X方向	Z方向
1次	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
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 RHR-PD-5

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				

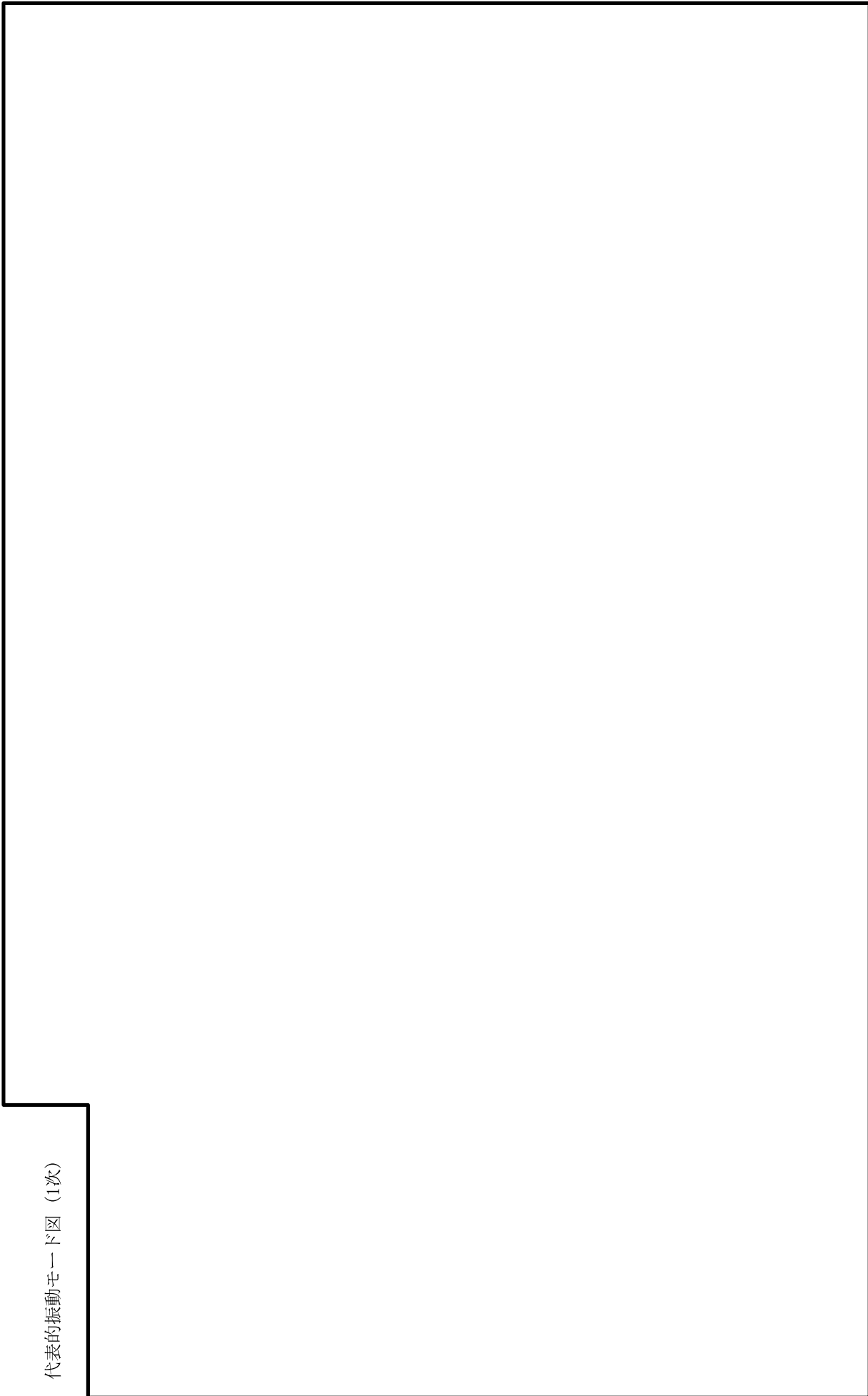
注記*：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

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。

K7 ① V-2-5-3-1-6 (重) R0

代表的振動モード図 (1次)

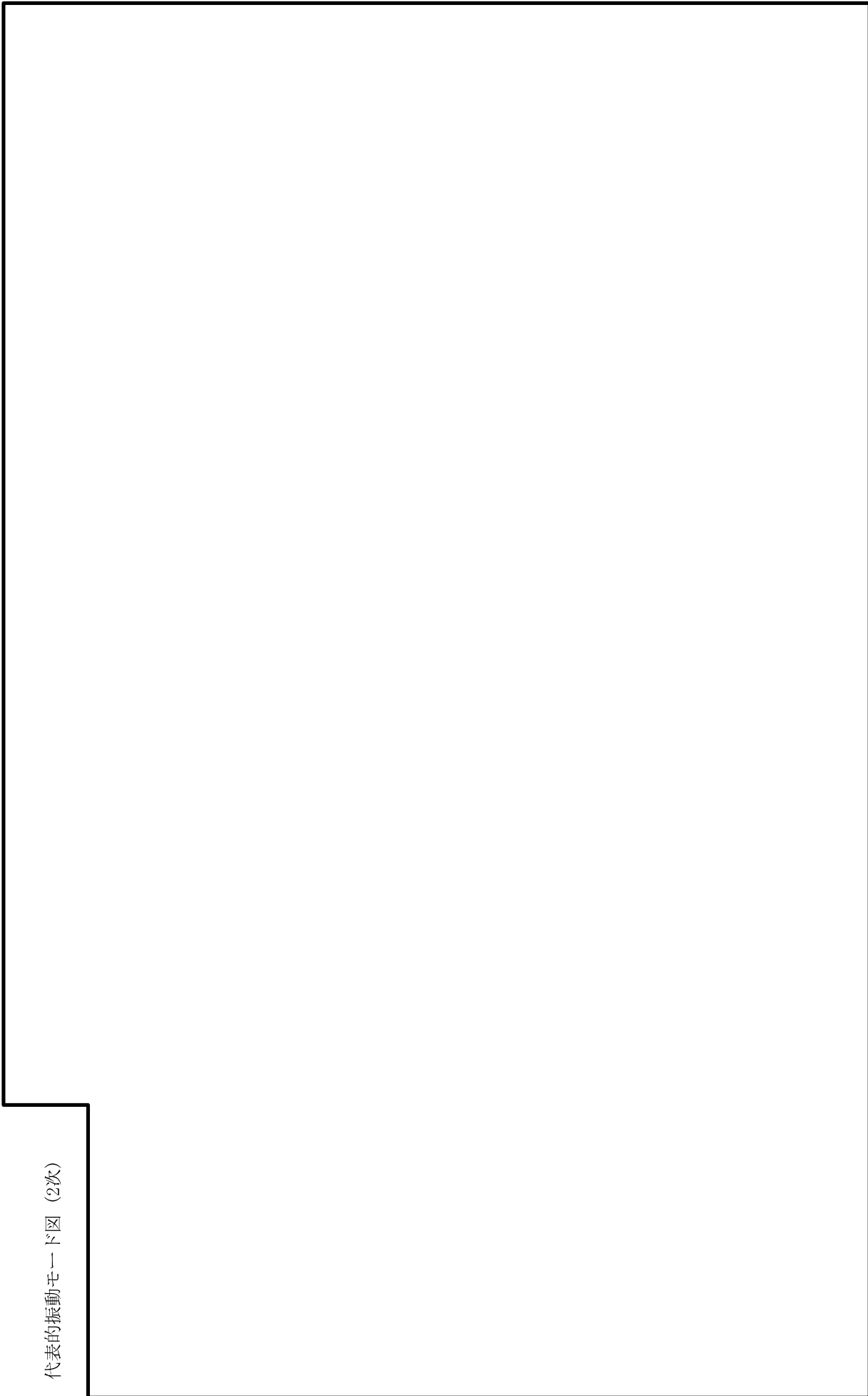


鳥瞰図

RHR-PD-5

K7 ① V-2-5-3-1-6 (重) R0

代表的振動モード図 (2次)

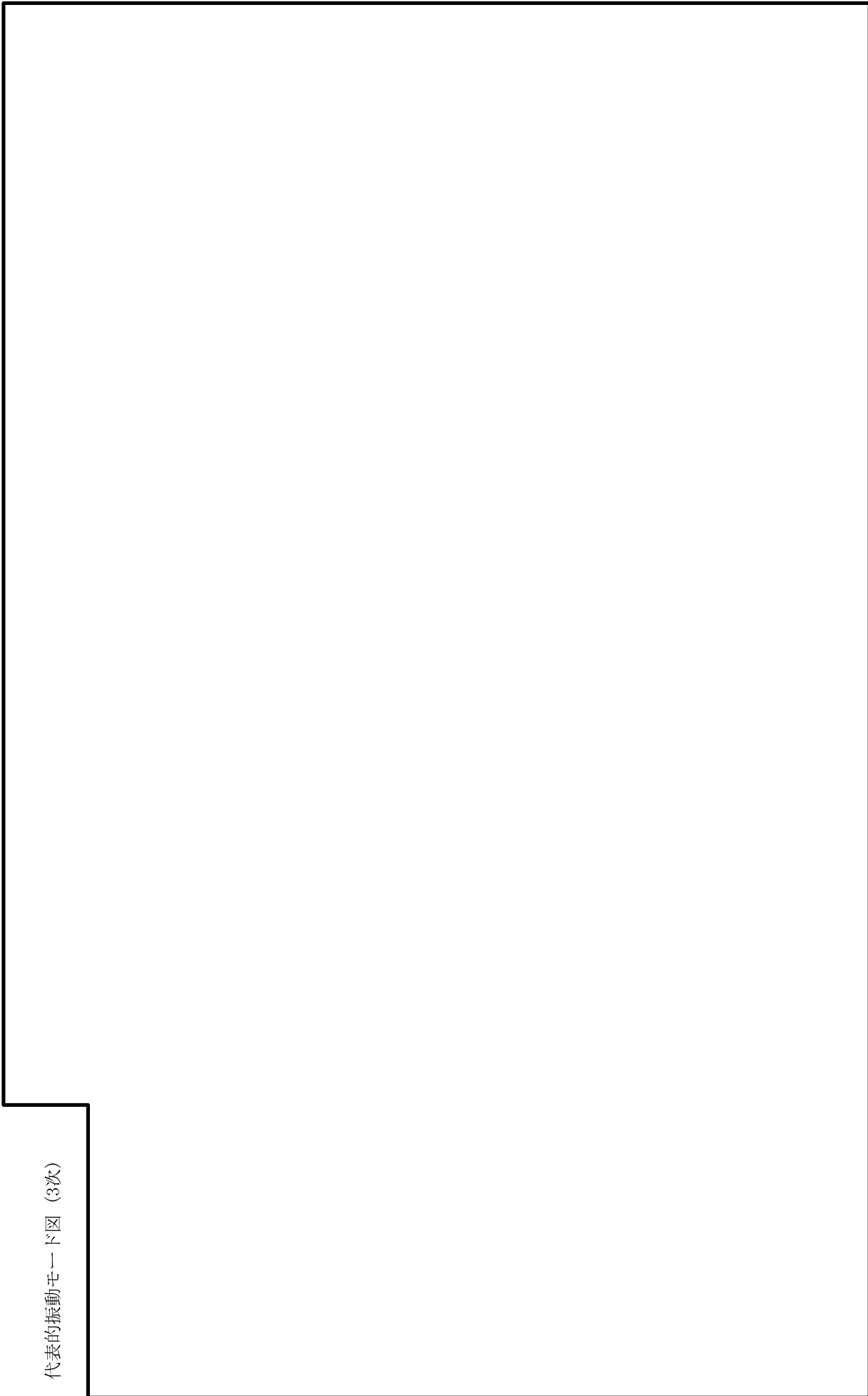


鳥瞰図

RHR-PD-5

K7 ① V-2-5-3-1-6 (重) R0

代表的振動モード図 (3次)



鳥瞰図

RHR-PD-5

固有周期及び設計震度

鳥瞰図 RHR-R-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	
		X方向	Y方向
1次	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
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 RHR-R-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				

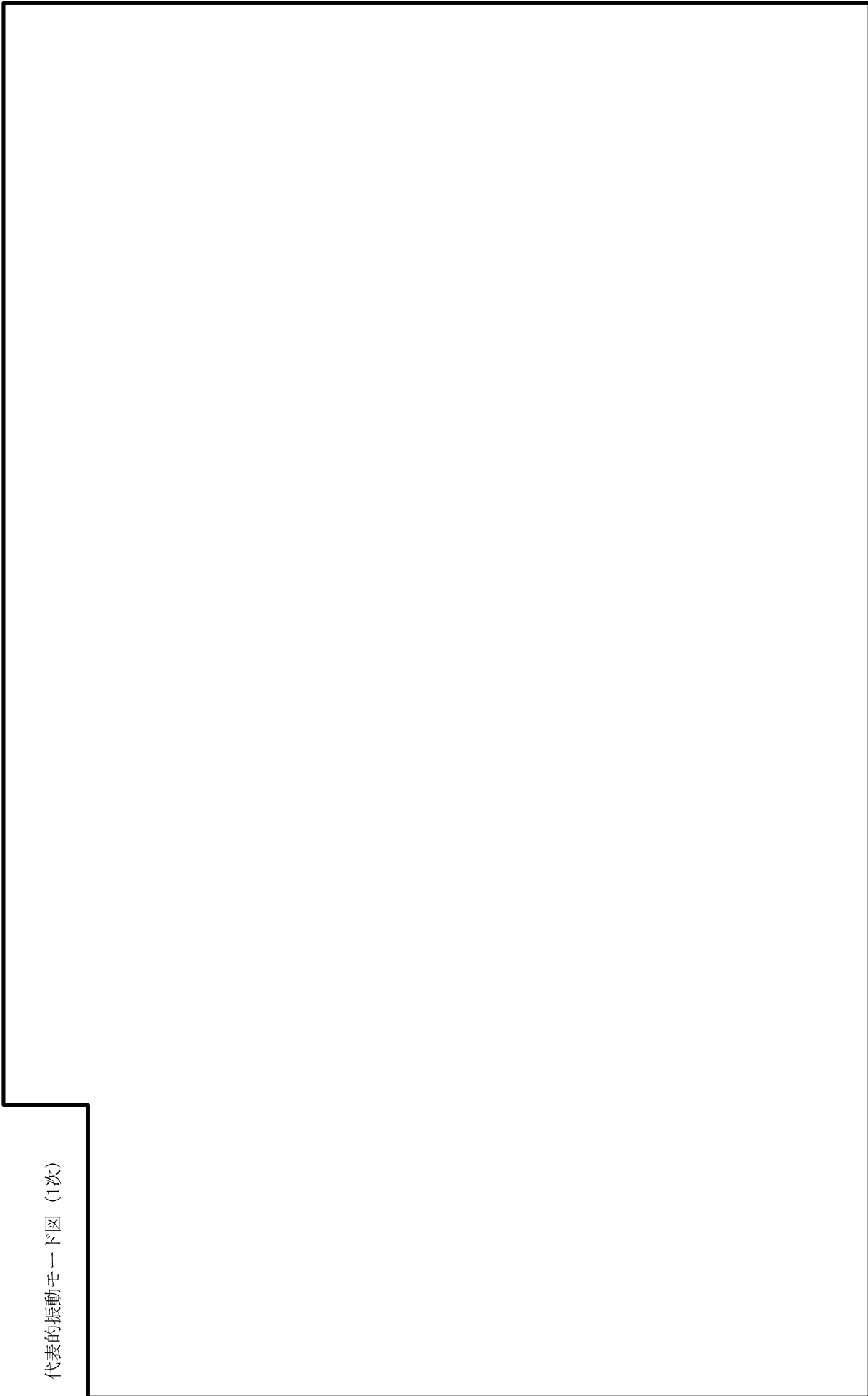
注記*：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

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。

K7 ① V-2-5-3-1-6 (重) R0

代表的振動モード図 (1次)

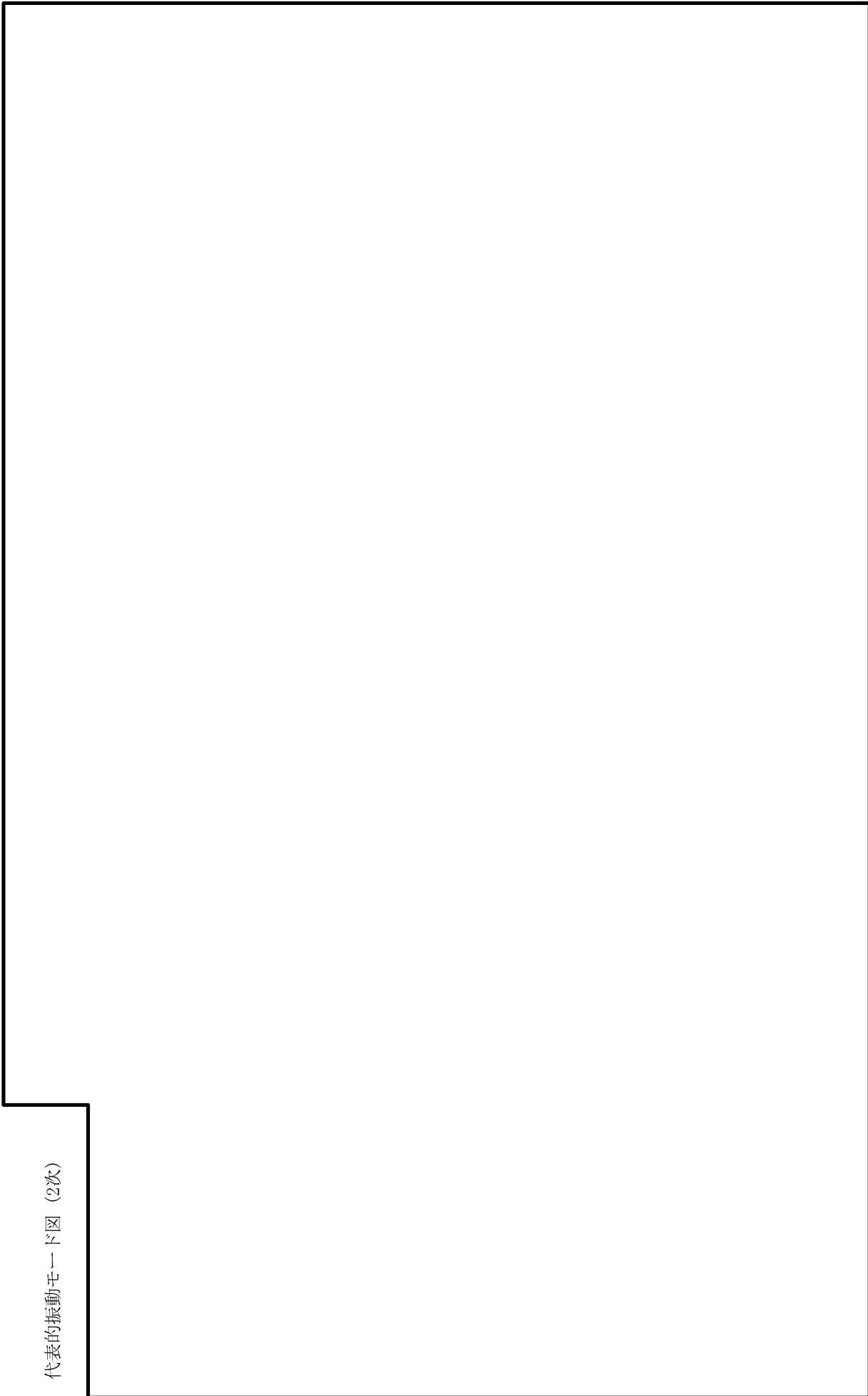


鳥瞰図

RHR-R-1

K7 ① V-2-5-3-1-6 (重) R0

代表的振動モード図 (2次)

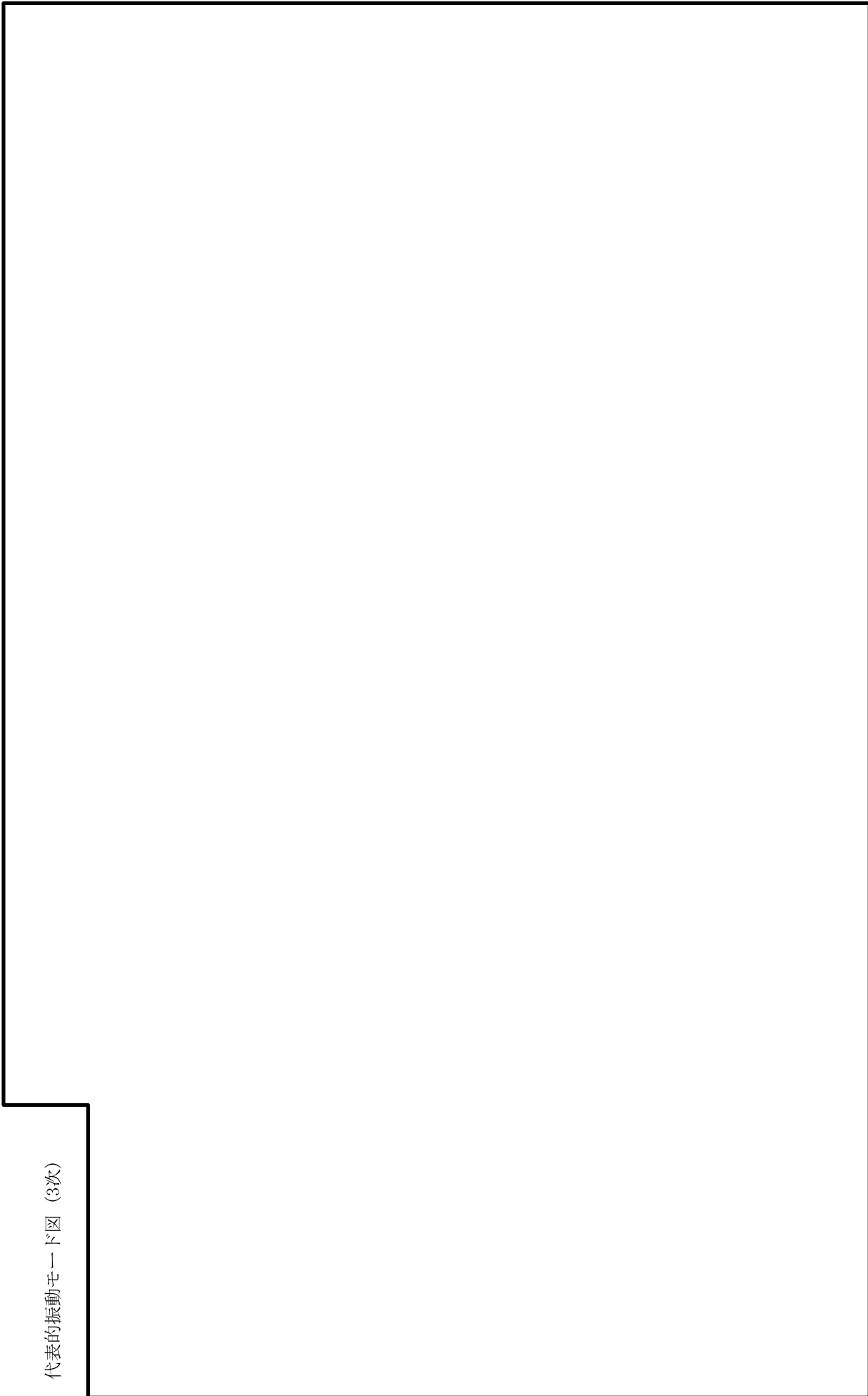


鳥瞰図

RHR-R-1

K7 ① V-2-5-3-1-6 (重) R0

代表的振動モード図 (3次)



鳥瞰図

RHR-R-1

固有周期及び設計震度

鳥瞰図 RHR-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	
		X方向	Z方向
1次			Y方向
2次			
3次			
4次			
5次			
6次			
7次			
8次			
47次			
48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 RHR-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				
6次				
7次				
8次				
47次				

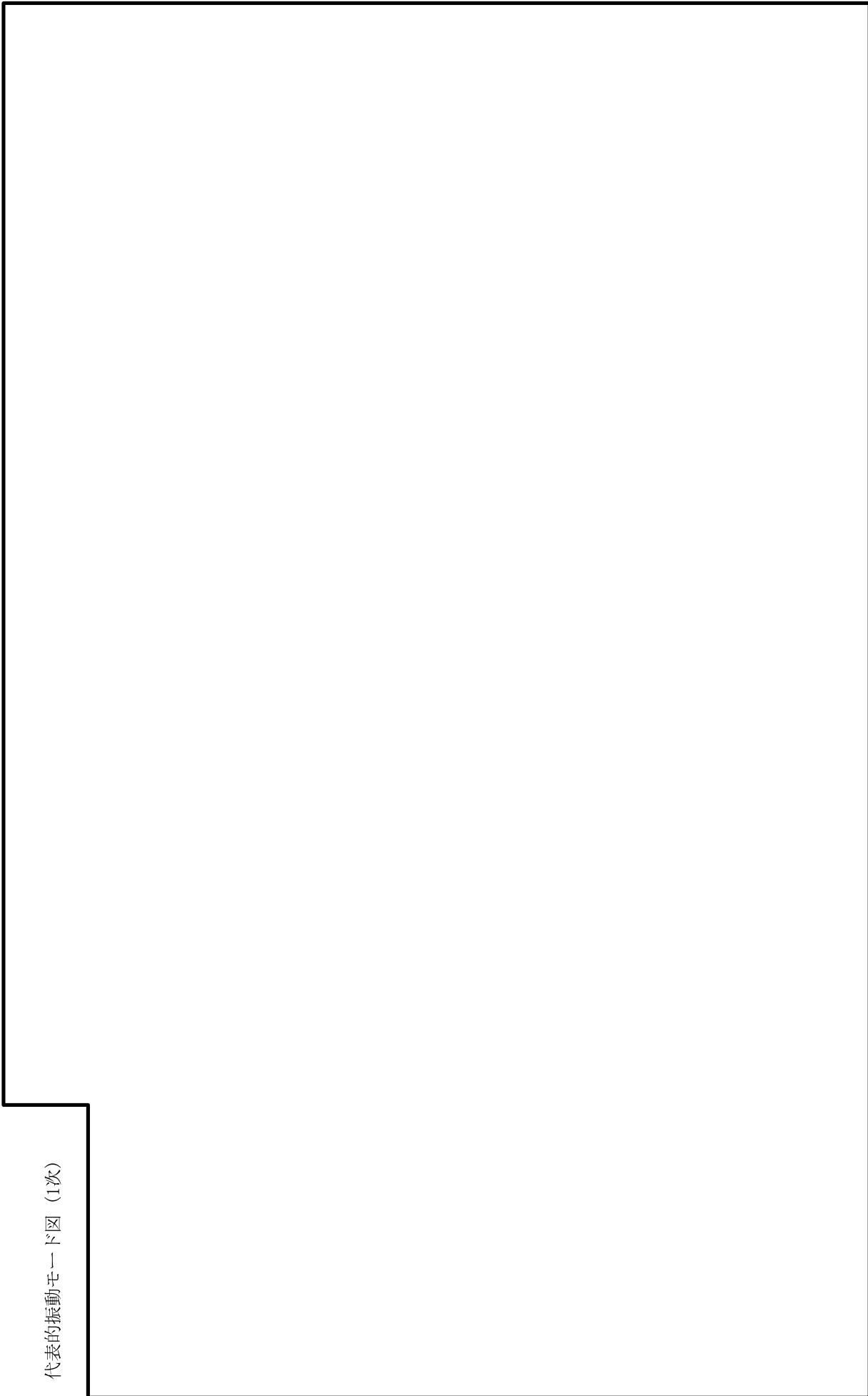
注記*：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

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。

K7 ① V-2-5-3-1-6 (重) R0

代表的振動モード図 (1次)

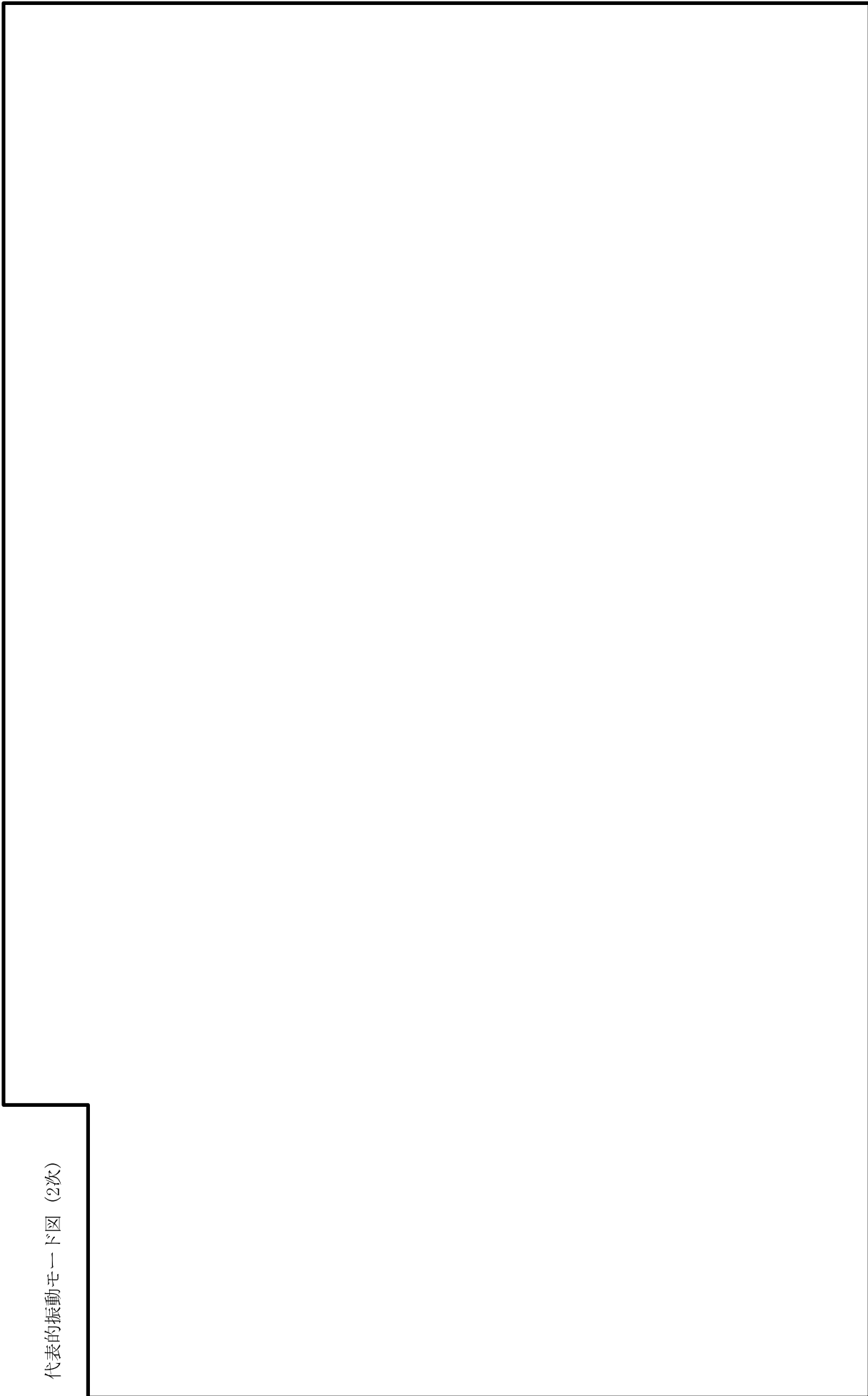


鳥瞰図

RHR-R-2

K7 ① V-2-5-3-1-6 (重) R0

代表的振動モード図 (2次)

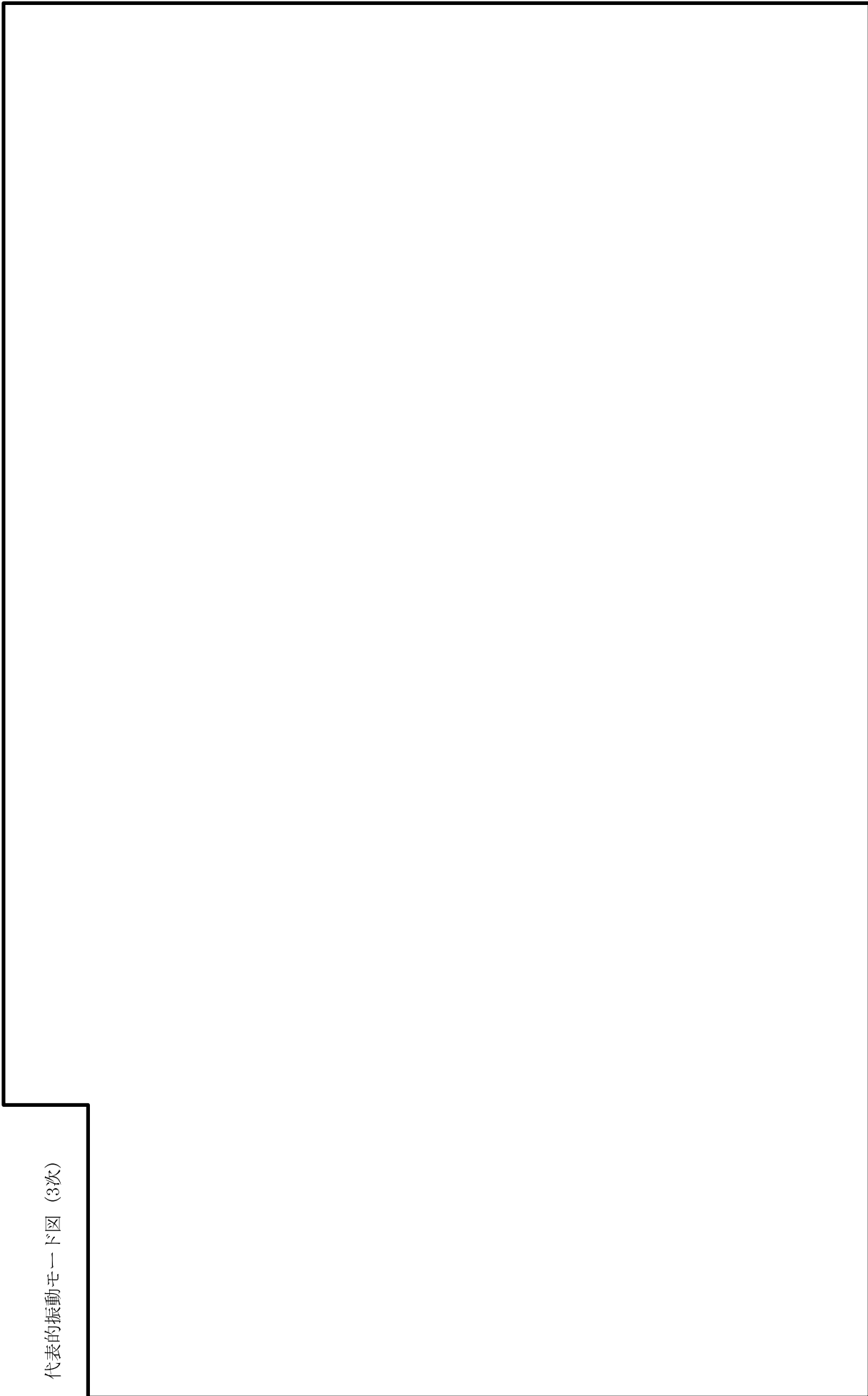


鳥瞰図

RHR-R-2

K7 ① V-2-5-3-1-6 (重) R0

代表的振動モード図 (3次)



鳥瞰図

RHR-R-2

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 疲労累積 係数 U+U S s
					一次応力 S _{prim} (S s)	許容応力 3 S _m	ねじり 応力 S _t (S s)	許容 応力 0.73 S _m	一次+二次 応力 S _n (S s)	許容 応力 3 S _m	
RHR-PD-5	V A S	23N	NOZZLE	S _{prim} (S s)	170	366	—	—	—	—	—
RHR-PD-5	V A S	16	ELBOW	S _t (S s)	—	—	56	89	—	—	—
RHR-PD-5	V A S	23N	NOZZLE	S _n (S s)	—	—	—	—	446	366	0.4731
RHR-PD-5	V A S	23N	NOZZLE	U+U S s	—	—	—	—	—	—	0.4731

管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管

鳥瞰図	許容応力 状態	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)		一次+二次応力評価 (MPa)		疲労評価 疲労累積係数
				計算応力 $S_{prn} (S s)$	許容応力 $0.9 S_u$	計算応力 $S_n (S s)$	許容応力 $2 S_y$	
RHR-R-1	V A S	9	$S_{prn} (S s)$	171	335	—	—	—
RHR-R-2	V A S	280	$S_n (S s)$	—	—	298	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)
SNM-RHR-P001T-1	メカニカルスナッパ	SMS-16A-160	V-2-1-12 「配管及び支 持構造物の耐震計算に ついて」 参照		136	240
RO-RHR-R068T-1	ロッドレストレイント	RSA 6			24	105
SH-RHR-P005-2	スプリングハンガ	VSIG-16(A) (B)			49	2×30

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			
AN-RHR-R504	アソカ	ラダ	SGV410	182	41	54	103	71	29	88	曲げ	100	109
RE-RHR-P006	レストレイント	架構	SS400 STKR400	200	0	42	2	—	—	—	組合せ	46	65

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、設計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 VAS												
		一次応力					一次+二次応力					疲労評価		
		評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労 累積 係数	代表
1	RHR-PD-1	4	161	366	2.27	—	1N	306	366	1.19	—	1N	0.0366	—
2	RHR-PD-2	12	160	366	2.28	—	12	404	366	0.90	—	12	0.0886	—
3	RHR-PD-3	4	153	366	2.39	—	5	362	366	1.01	—	1N	0.0590	—
4	RHR-PD-4	23N	115	366	3.18	—	23N	240	366	1.52	—	23N	0.0803	—
5	RHR-PD-5	23N	170	366	2.15	○	23N	446	366	0.82	○	23N	0.4731	○

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	RHR-PW-6	7	15	373	24.86	—	7	19	302	15.89	—	—	—	—	
2	RHR-PW-7	2	24	373	15.54	—	3	22	302	13.72	—	—	—	—	
3	RHR-PW-8	6	15	373	24.86	—	6	19	302	15.89	—	—	—	—	
4	RHR-R-1	9	171	335	1.95	○	9	260	396	1.52	—	—	—	—	
5	RHR-R-2	280	176	363	2.06	—	280	298	418	1.40	○	—	—	—	
6	RHR-R-3	11	131	335	2.55	—	79	189	418	2.21	—	—	—	—	
7	RHR-R-4	12	149	363	2.43	—	12	250	418	1.67	—	—	—	—	
8	RHR-R-5	780	105	363	3.45	—	780	132	414	3.13	—	—	—	—	
9	RHR-R-6	12	146	335	2.29	—	12	199	396	1.98	—	—	—	—	
10	RHR-R-7	42	95	363	3.82	—	42	146	418	2.86	—	—	—	—	
11	RHR-R-8	76	130	363	2.79	—	76	213	414	1.94	—	—	—	—	
12	RHR-R-029	211	74	363	4.90	—	8	163	364	2.23	—	—	—	—	
13	RHR-R-032	28	35	363	10.37	—	42N	275	422	1.53	—	—	—	—	
14	RHR-R-036	1N	37	363	9.81	—	39N	222	422	1.90	—	—	—	—	
15	RHR-R-136	10	65	363	5.58	—	38N	163	418	2.56	—	—	—	—	
16	RHR-R-139	19	36	363	10.08	—	6	218	418	1.91	—	—	—	—	
17	RHR-R-144	20	47	363	7.72	—	1N	276	418	1.51	—	—	—	—	
18	RHR-R-237	13	77	363	4.71	—	38N	234	418	1.78	—	—	—	—	
19	RHR-R-240	18	35	363	10.37	—	7	178	418	2.34	—	—	—	—	
20	RHR-R-245	22	41	363	8.85	—	1N	114	418	3.66	—	—	—	—	